BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

106. ÉVFOLYAM



AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET LAPJA
BUDAPEST, 1973. JANUÁR HÓ 1

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

Горный и Металлургический Журнал **Металлургия**
Zeitschrift für Bergbau und Hüttenwesen **Hüttenwesen**
Mining & Metallurgical Journal **Metallurgy**

ALAPÍTOTTA: PÉCH ANTAL 1868-ban

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET

A MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI EGYESÜLETEK SZÖVETSÉGE TAGJÁNAK LAPJA

Szerkesztőség: Budapest V., Szabadság tér 17.
II. em. 227. Tel.: 127-084, 318-926

TARTALOM

OSZTATNI MIHÁLY: A szovjet vaskohászat a Szovjetunió megalakulásának 50. évfordulóján ... 1
SZŐKE LÁSZLÓ: Fémesített brikett és pellet ívkemencében való felhasználásának néhány üzemi tapasztalata ... 6
MAGÓ KÁLMÁN: Egy gyengén ötvözött CrMoV-acél tulajdonságai állandó és változó hőmérsékleten történő 1%-os kúszás után ... 11
SZŐNYI ZOLTÁN: Az SM-acélgyártás periódus- és adagtartamának matematikai modellezése és hosszának előrejelzése ... 15
FARKASNÉ JAHNKE MÁRIA: Rétegek kristályszerkezetének elektrondiffrakciós vizsgálata ... 18
ARATÓ PÉTER: A textúrák jellemzésének és meghatározásának lehetőségei ... 23
MIKÓ JÓZSEF: Új martinacélgyártási technológia a hulladék-oxigén eljárás ... 29
Beszámoló konferenciáról ... 32
Beszámoló külföldi konferenciáról ... 32
Kovácsipari hírek ... 33
Hírek a Vasipari Kutató Intézetből ... 34

FÉMKOHÁSZAT

DR. POZSGAI VILMOS—HUSZÁR LÁSZLÓ—DR. BALÁZS ENDRE: Al-B ötvözet előállítása aluminotermikus redukcióval ... 35
SZANYI ISTVÁN: A fémkohászat helyzete Finnországban ... 38
DR. POZSGAI VILMOS—MÉSZÁROS ISTVÁNNÉ—HORVÁTH ZOLTÁN: Ötalkotós (Te, Bi, Sb, Se, Sn) rendszer szétválasztási lehetőségének vizsgálata ... 43
Beszámoló konferenciáról ... 46
Műszaki és gazdasági hírek ... 48
Szabványosítási hírek ... 48

ÖNTÖDE

MARECHAL KÁROLY: A harangöntés technológiai ismertetése ... 1
KÁLMÁN LAJOS: Az öntödék fejlődésének főbb irányai a nemzetközi irodalom tükrében ... 8
KISZELY GYULA: A kohászattörténetírás helyzete az elmúlt hat esztendőben ... 15
DR. FUCHS ERIK—ROÓSZ ANDRÁS: A mikrodúsulások kiegyenlítődése öntött ötvözetek szilárdoldat-fázisaiban 18
Tájékoztató a VII. Öntő Napokról ... 21
Szakosztályi hírek ... 22
Szabványosítási hírek ... 24

Megjelenik havonként
Felelős kiadó: SALA SÁNDOR igazgató
Egyszámlaszám egyesületi tagok részére: Magyar Nemzeti Bank 61 770

Egyévi előfizetés: 180,— Ft. Egyes példányok ára: 15,— Ft

Bányászati és Kohászati Lapok — **KOHÁSZAT**

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-293. Felelős kiadó: Sala Sándor igazgató
73.1., 18272 — Révai Nyomda, Budapest V., Vadász utca 16.
F. v.: Povárny Jenő
Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (Budapest V., József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára
A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultúra" P. O. B. 149. Budapest 62

Index: 25,155

ÉVFOLYAM ГОД JAHRGANG YEAR 104

SZÁM № Nr. No. 1

JANUÁR ЯНВАРЬ JANUARY JANUAR 1973

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

ЖУРНАЛ ГОРНОГО ДЕЛА И МЕТАЛЛУРГИИ МЕТАЛЛУРГИЯ
ZEITSCHRIFT FÜR BERG UND HÜTTENWESEN HÜTTENWESEN
JOURNAL OF MINING AND METALLURGY METALLURGY

СОДЕРЖАНИЕ

Михай Остатни: **Советская черная металлургия к 50-ой годовщие образования Советского Союза** С 1

Основные задачи советской черной металлургии в связи с другими отраслями народного хозяйства. Качественные и количественные результаты, достигнутые в период 8 пятилетнего плана в области производства чугуна, стали и проката. Главнейшие задачи черной металлургии в области производства чугуна, стали и проката в период 9 пятилетнего плана, сбережение стали на уровне народного хозяйства, увеличение экономичности капиталовложений. Более главные задачи производства, мероприятия для улучшения качества, приведение запланированных капиталовложений.

Ласло Сёке: **Некоторые эксплуатационные результаты применения металлизированного окатыша и брикетта в дуговой печи** ..... С 6

Описание проведенных экспериментов под руководством Исследовательского института по черной металлургии на Электросталеплавительном заводе Металлургического комбината им. Ленина в связи с заводским применением металлизированного окатыша и брикетта в дуговой печи. Фодробное описание технологии: результаты, опыты, выводы.

Кальман Маго: **Свойства слабо легированной стали CrMoV после ползучести на 1% при постоянной и меняющейся температуре** ..... С 11

Обзор обычных исследований по ползучести. Описание проведенных испытаний на стали CrMoV, часто применяемой на энергетических станциях. Результаты прочностных испытаний и электронно-микроскопических исследований.

Золтан Сёни: **Математическое моделирование периодов СМ производства стали** ..... С 15

Исходя приблизительно из 500 факторов, влияющих на отдельные периоды производства стали создана математическая модель. Влияние кислорода, применяемого при производстве стали. Уравнения, содержащие эти зависимости были получены методом регрессионного анализа. Применение теоретических данных для управления производства стали.

Фаркашне Яанке Мария: **Электронно-диффракционное исследование кристаллической структуры слоев** ..... С 18

Для изучения материала, структуры, размеров зерен и текстуры поверхностных слоев, а также для выявления кристаллических деффектов и деформации хорошо применяются методы электронной диффракции, особенно электронно-диффракционные исследования с отражением. В настоящей работе на примерах показаны основы образования и интерпретации электронно-диффракционной картины. В работе показаны также возможности применения электронно-диффракционной техники.

П. Арато: **Возможности определения и характеризования текстур** ..... С 23

Понятие текстуры, отдельные методы характеризования текстуры: плотность ориентации, полюсные фигуры, параметры текстуры и т. д. Настоящие возможности определения. Взгляды для выбора методов характеризования.

Йожеф Мико: **Метод отходного кислорода. Новая технология производства мартеновской стали** ..... С 29

Целью данной работы является ознакомить венгерских специалистов по производству стали методом отходного кислорода, разработанным под руководством профессора М. А. Голикова в Московском институте стали. Статья содержит в себе принципы метода отходного кислорода и оправдание существования данного метода против обычного метода отходных руд. В статье приводятся технологические условия метода, время нагрева чугуна, основы определения времени и темпа загрузки отходов, преимущества метода на основе проведенных испытаний в Советском Союзе, важнейшие условия при отечественном внедрении данного метода.

Д-р В. Пожгаи—Л. Хусар—д-р Э. Балаж: **Создание сплава Al-B путем алюминотермического восстановления** ..... С 35

Создание сплава Al-B путем самонагревающего алюминотермического восстановления. Определение состава плавки, характеристика процесса и полученного продукта. Характеристика соединений Al-B.

И. Сани: **Положение цветной металлургии в Финляндии** ..... С 38

Автор дает общий обзор положения цветной металлургии в Финляндии, начиная от местонахождения руд до производства металлургических продуктов.
Автор ознакомливает с деятельностью финских исследовательских институтов по металлургии и возможностью сотрудничества.

Д-р В. Пожгаи—И. Месарошне—З. Хорват: **Исследования возможности разделения системы, состоящей из пяти компонентов** (Te, Bi, Sb, Se, Sn) ..... С 43

Исследования возможности разделения системы сплава, состоящего из пяти компонентов, Te, Bi, Sb, Se, Sn химическим путем. Растворение в смеси азотной кислоты и соляной кислоты, редуцирование Te и Se из раствора с помощью SO_2, остальная часть раствора отделена в форме сульфида.

INHALT

M. Osztatni: **Die Eisenhüttenindustrie der Sowjetunion an ihrer 50-sten Jahreswende** ..... S 1

Die grundlegenden Aufgaben der sowjetischen Eisenhüttenindustrie im Zusammenhang mit den Ansprüchen der übrigen Industriezweige. Die im achten Fünfjahrplan erreichten wichtigsten quantitativen und qualitativen Ergebnisse in der Roheisenerzeugung, in der Stahlerzeugung und in der Herstellung von Walzwaren. Die wichtigsten Aufgaben der Eisenhüttenindustrie im neunten Fünfjahrplan, die wirtschaftliche Erweiterung der Investitionen, die Stahlersparung in der Volkswirtschaft sowie auch in der Rohstahl- und Walzwarenherstellung. Die wichtigeren Entwicklungsaufgaben, die Massnahmen der Qualitätsverbesserung. Die geplanten Grossinvestitionen.

L. Szőke: **Betriebserfahrungen bei der Anwendung vom metallischen Brikett und Pellet im Lichtbogenofen** ..... S 6

Die Beschreibung der unter Lenkung des Eisenforschungs-Institutes im Lenin-Hüttenwerk durchgeführten Betriebsversuche zur Anwendung des metallischen (vorreduzierten) Briketts und Pellets im Lichtbogenofen. Die Ergebnisse der angewendeten Technologie und Rückschlüsse aus den Versuchen.

K. Magó: **Die Eigenschaften eines schwachlegierten CrMoV-Stahles nach dem Kriechen auf ständiger und auf wechselnder Temperatur** ..... S 11

Die Beschreibung der üblichen Kriechuntersuchungen. Versuche mit einem in den Kraftwerken oft angewendeten CrMoV-Stahl. Die Ergebnisse der Festigkeits- und der elektronenmikroskopischen Untersuchungen.

Z. Szőnyi: **Das mathematische Modell der einzelnen Perioden und der Chargendauer bei der S—M-Stahlerzeugung und die Voranzeige dieser Zeiten** S 15

Ausgehend von den etwa 500 bekannten und die verschiedenen Perioden der Stahlerzeugung beeinflussenden Faktoren wurde ein mathematisches Modell aufgestellt. Die Wirkung des bei der Stahlerzeugung verbrauchten Sauerstoffes. Die die Zusammenhänge beinhaltenden, durch Regressionsanalyse aufgestellten Gleichungen. Die Anwendung der theoretischen Angaben zur Lenkung der Stahlerzeugung.

Frau M. Farkas-Jahnke: **Untersuchung der Kristallstruktur von Schichten mit Elektronendiffraktion** ..... S 18

Die Elektronendiffraktionsmethoden, besonders die Prüfung mit Reflexions-Elektrondiffraktion eigen sich zur Untersuchung des Werkstoffes, der Struktur, der Korngrösse und der Textur von Oberflächenschichten, und zur Nachweisung von Kristallfehlern und Deformationen. An Beispielen wird die Entstehung des Elektronendiffraktionsbildes und die Grundzüge seiner Deutung vorgezeugt, weiter die Anwendungsmöglichkeit der Technik der Elektronendiffraktion geschildert.

P. Arató: **Möglichkeiten der Bestimmung und der Kennzeichnung von Texturen** ..... S 23

Begriff der Textur und die verschiedenen Methoden ihrer Kennzeichnung, und zwar die Dichte der Orientation, die Polfiguren, die Parameter der Textur, usw. Die heutigen Möglichkeiten der Bestimmung von Texturen, Blickpunkte der Auswahl der Kennzeichnung.

J. Mikó: **Das Alteisen-Sauerstoff-Verfahren, eine neue Technologie der Stahlerzeugung im SM-Ofen** ..... S 2

Im Moskauer Stahlinstitut wurde vom Professor M. A. Glinkow das Alteisen-Sauerstoff-Verfahren als Stahlerzeugungsmethode entwickelt. Theoretische Blickpunkte des Verfahrens und seine Begründung gegenüber dem Roheisen-Erz-Verfahren. Die technologischen voraussetzungen, und zwar die Erwärmungszeitdauer des Roheisens, der Zeitpunkt und Takt des Einsetzens von Alteisen. Die Vorteile des Verfahrens auf Grund der in der Sovjetunion durchgeführten Betriebsversuche. Die Bedingungen der einheimischen Einführung des Verfahrens.

Dr. V. Pozsgai—L. Huszár—Dr. E. Balázs: **Herstellung einer Al—B—Legierung mittels aluminothermischer Reduktion** ..... S 35

Herstellung einer Al—B-Legierung mittels aluminothermischer Reduktion ohne äussere Erhitzung. Bestimmung der Chargenzusammensetzung, Beschreibung des Vorganges und des erhaltenen Produktes. Charakterisierung der Al—B-Verbindungen.

I. Szanyi: **Die Lage der Nichteisenmetallurgie in Finnland** ..... P 38

Der Verfasser berichtet über die Lage der Nichteisenmetallurgie in Finnland, angefangen von den Erzvorkommen bis zur Herstellung der Metallprodukte. Er beschreibt die Tätigkeit der Metallurgischen Forschungsinstitute und die Möglichkeiten einer Zusammenarbeit.

Dr. V. Pozsgai—I. Mészáros—Z. Horváth: **Prüfung der Trennungsmöglichkeiten eines Fünfkomponentensystems (Te, Bi, Sb, Se, Sn)** ..... S 43

Die Untersuchung der Trennung einer Te—Bi—Sb—Se—Sn-Legierung auf chemischem Wege. Auflösung in einer Mischung von Salzsäure und Salpetersäure, Reduzieren des Te- und Se-Gehaltes der Lösung mit SO_2, sodann Fällung der übrigen Komponenten als Sulfide.

CONTENTS

M. Osztatni: **The Soviet ferrous metallurgy at the Fiftieth Anniversary of the establishment of the Soviet Union** ..... P 1

The fundamental tasks of the Soviet ferrous metallurgy with respect to the other branches of the people's economy. The main quantitative and qualitative achievements of ironmaking, steelmaking and the production of rolled goods in the eighth Five Years' Plan. The main tasks of the ninth Five Years' Plan in ironmaking, raising the economy of investments, economizing on steel at the level of the people's economy, tasks of steelmaking and of producing rolled goods. The main tasks of production, measures for improving the quality, description of the projected investments.

Szőke: **Some plant experiences of utilizing metallized pellets and briquettes in the arc furnace** .. P 6

Description of a test carried out with the direction of the Ferrous Research Institute at the Lenin Metallurgical Works for commercial processing of metallized briquettes and pellets in the arc furnace. Detailed description of the technology, the results and experiences.

K. Magó: **Properties of a low alloy CrMoV steel after 1 pc creep at constant and variable temperature respectively** ..... P 11

Description of creep testing. The test conducted with a CrMoV steel frequently employed in power plants. Results of electron microscopic and strength tests.

Z. Szőnyi: **The mathematical modelling of the period and charge times of open hearth steelmaking and the prediction of their duration** ..... P 15

Description of a mathematical model based on about 500 known factors which influence the various periods of steelmaking. The influence of oxygen used in steelmaking. The equations prepared by regression analysis and containing the above-mentioned relations. The use of theoretical data in the operative control of steelmaking.

Mrs. Farkas, Maria Jahnke: **An electron diffraction study of the crystal structure of layers** ..... P 18

Methods of electron diffraction and especially reflexion electron diffraction tests may be employed readily to study the material, structure, grain size and texture of surface layers and to detect crystal defects and deformations.
The paper uses examples to discuss the principles of the formation and interpretation of the image in electron diffraction and presents some possibilities of employing this technique.

P. Arató: **Possibilities of defining and characterizing textures** ..... P 23

The concept of texture and the various methods of its characterization: orientation density, pole figures, texture parameters etc. Present-day possibilities of defining textures. Aspects of selecting the method of characterization.

J. Mikó: **The scrap — oxygen process — a new technology of open hearth steelmaking** ..... P 29

The paper describes the scrap — oxygen process developed in the Moscow Steel Institute under the leadership of Prof. M. A. Glinkov for the benefit of Hungarian steelmakers. The principles of the scrap—oxygen process are discussed, together with its advantages as compared to the usual scrap — ore process, the technological conditions of the process, the principles of determining the pig iron heating time and the time and rate of scrap charging, the advantages of the process which appeared during tests in the USSR, and the main conditions for its Hungarian introduction.

Dr. V. Pozsgai—L. Huszár—Dr. E. Balázs: **Production of an Al—B alloy by aluminothermic reduction** ..... P 35

Production of the Al—B alloy by aluminothermic reduction without external heating. Determination of the charge composition, characterization of the process and the obtained product. Description of Al—B compounds.

I. Szanyi: **The situation of non-ferrous metallurgy in Finland** ..... S 38

The author presents a general description of the situation of ferrous metallurgy in Finland, from the ore deposits to the fabrication of nonferrous metal products. He discusses the activities of metallurgical research institutes and the possibilities of cooperation.

Dr. V. Pozsgai—I. Mészáros—Z. Horváth: **Testing the possibilities of separating a five-component (Te, Bi, Sb, Se, Sn) system** ..... P 43

Testing the separation of a five-component Te—Bi—Sb—Se—Sn alloy by chemical methods. Dissolution in a mixture of hydrochloric acid and nitric acid, reduction of Te and Se from the solution by SO_2 and precipitation of the other components as sulphides.

2000 - 917
2000 ÁPR 3.

Főszerkesztő:
ÓVÁRI ANTAL

Szerkesztők:
DR. FUCHS ERIK, RUHMANN JENŐ

Szerkesztő bizottság:
BALÁZS FÜLÖP, DR. BECKER ERVIN, BOROSSAY BÉLA, CSEH MIKLÓS, DR. HAJTÓ NÁNDOR, DR. KÁLDOR MIHÁLY, KÉZDI ÁRPÁD, KOLLÁR SÁNDOR, DR. MÓCSY ÁRPÁD, PINTÉR ANDRÁS, DR. PILISSY LAJOS, DR. REMPORT ZOLTÁN, ROMWALTER ALFRÉD, SELMECZI BÉLA, SZELESS LÁSZLÓ SZŐKE LÁSZLÓ, SZŰCS ENDRE, VAS IVÁN, DR. VERŐ BALÁZS.

A rajzokat készítette: KÜRTÖS MARGIT.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET FOLYÓIRATA

106. évfolyam 1. szám 1973. január

A szovjet vaskohászat a Szovjetunió megalakulásának 50. évfordulóján

OSZTATNI MIHÁLY okl. kohómérnök
Kohó- és Gépipari Minisztérium Tervező Irodái

A szovjet vaskohászat alapvető feladatai a népgazdaság többi ágazataival kapcsolatban. A 8. ötéves tervben elért főbb mennyiségi és minőségi eredmények a nyersvasgyártásban, az acélgyártásban és a hengereltáru- gyártásban. A 9. ötéves terv legfontosabb feladatai a vaskohászatban, a beruházások gazdaságosságának növelése a népgazdasági szintű acéltakarékosságban, valamint a nyersvas, acél- és hengereltárugyártásban. Főbb termelési feladatok, a minőségjavító intézkedések és a tervezett beruházások ismertetése.

A Szovjetunió megalakulásának ötödik évtizedében, amikor az 1971—1975-ös években a Szovjetunióban a 9. ötéves terv megvalósításán dolgoznak, a szovjet vaskohászat óriási eredményeket ért el úgy a termelési színvonal, mint a termékek minősége, választéka, valamint a gazdaságosság területén. A 9. ötéves terv folyamán a szovjet vaskohászat termelési és műszaki-gazdasági mutatói alapján a világ első helyére kerül, megelőzve a legfejlettebb tőkés országokat.

Mindezen eredmények mellett a Szovjetunió népgazdaságának töretlen, nagymértékű fejlődése továbbra is jelentős mennyiségi igényeket támaszt a szovjet vaskohászattal szemben. A technika fejlődése és a gazdasági követelmények fokozódása viszont fokozta a minőségi követelményeket is a kohászati termékekkel szemben. A Szovjetunióban az 1971—1975-ös években a nehézipar mint a bővített újratermelésnek, a népgazdaság műszaki fejlesztésének és a Szovjetállam védelmi képességének az alapja —, továbbra is nagy ütemben fog fejlődni. A nehézipar feladata az, hogy többek között elegendő és jó minőségű termelőeszközzel lássa el a lakosság életszínvonalára közvetlenül kiható mezőgazdaságot, könnyű- és élelmiszeripart és a szolgáltató iparágakat.

A termelőeszközök gyártása és a bővített újratermelés legfontosabb és alapvető szerkezeti anyaga továbbra is az acél marad, annak ellenére, hogy az acélt helyettesítő termékeket, cementet, alumíniumot, műanyagokat stb. gyártó iparágak is nagymértékben fejlődnek.

A szovjet vaskohászati fejlesztés legjelentősebb serkentője a belső piac még mindig fokozódó mennyiségi és minőségi igénye. Az 1971—1975-ös években a szovjet vaskohászat annak ellenére, hogy *öt év alatt az acéltermelés kb. 31 millió tonnával növekszik* mégsem tudja a belső piac igényeit teljesen kielégíteni. A 9. ötéves terv folyamán a népgazdaság többi ágazatainak fejlesztését elsősorban az acélhiány fékezi. Az acélhiány csökkentésére a 9. ötéves terv fontos feladatai közé tartozik a fajlagos acélfelhasználást biztosító népgazdasági szintű fejlesztések kidolgozása és megvalósítása. Az acélfelhasználó iparágak közül a gépgyártásban 18—20%-os, az építészetben pedig 9—11%-os fajlagos acélmegtakarítás elérését tűzték ki. Az acélmegtakarítást biztosító fejlesztések alapját elsősorban a kohászatnak kell megteremtenie a kohászaton belüli műszaki fejlesztésekkel.

A Szovjetunió 9. ötéves tervében a kohászat főfeladata az acélfelhasználás hatékonyságának nagymértékű növelése. Ezen feladat teljesítését az acéltermékek minőségének növelésével és a választék bővítésével biztosítják. A szovjet Vaskohászati Minisztérium számításai szerint a tervezett minőségjavító és választékbővítő intézkedések 1975-ben 8 millió tonna hengerelt készáru-megtakarítást eredményeznek, vagyis az egész hengereltáru- termelésnek 7—8%-át.

A vaskohászati beruházásokra a 9. ötéves terv időszaka alatt 17 milliárd rubelt fordítanak. Összehasonlításul megemlítjük, hogy az előző 1966—1970-es évek alatt a vaskohászati beruházások összege 10,8 milliárd rubel volt. Az 1971—1975-ös években annak ellenére, hogy az egyes berendezé-

sek és az építési munkák drágultak, és a népgazdaság által kívánt új termékeket csak fajlagosan is drágább berendezésekkel lehet előállítani, az egy tonna kapacitásra vonatkoztatott fajlagos beruházás kisebb lesz, mint az előző ötéves terv időszaka alatt. A beruházások fajlagos költségeinek csökkentését nagy teljesítményű berendezések építésével és a termelési folyamatok intenzifikálásával érik el. A beruházási összegnek több mint 50%-át a nyolc legnagyobb kohászati üzem továbbfejlesztésére fordítják és így a beruházások koncentrálásával tovább lehet csökkenteni a be nem fejezett beruházások volumenét.

A 9. ötéves terv időszaka alatt új berendezések építésével és üzembehelyezésével

a nyersvastermelés .... 14,8 millió tonnával,
a koksztermelés ..... 15,3 millió tonnával,
az acélgyártás ..... 21,2 millió tonnával,
a hengereltáru-gyártás 20,1 millió tonnával,
a csőgyártás ..... 4,7 millió tonnával

nő.

Az 1971—1975-ös években leállításra kerül mintegy 90 technikailag kiöregedett berendezés, amelyeknek a kapacitása a nyersvasgyártásban 0,8, az acélgyártásban 2,6, a hengereltáru-gyártásban pedig 1,5 millió tonna.

1970-ben elért eredmények

1970-ben a 8. ötéves terv utolsó évében a szovjet vaskohászat a főbb termékekben a következő termelési eredményeket érte el:

nyersvas	85,9 millió tonna,
vasérc	194,7 millió tonna,
ebből koncentrátum	120,8 millió tonna,
koksz	75,2 millió tonna,
acél	116,0 millió tonna,
hengerelt készáru	80,2 millió tonna,
acélcső	12,4 millió tonna.

Az 1966—1970-es években a termelékenység a szovjet vaskohászatban 23%-kal, a dolgozók átlagos havi bére pedig 16,4%-kal nőtt.

Nyersvasgyártás

Az 1966—1970-es években hét új kohó épült, 9,6 millió tonna nyersvas kapacitással. A hét új kohó közül három 2700 m^3-es, amelyeket a Krivoj-Rog-i, a cserepoveci, és a Nyizsnyij-Togil-i üzemekben helyeztek üzembe. A cserepoveci 2700 m^3-es kohó évi kapacitása 1,8 millió tonna és három nyersvascsapoló nyílásán keresztül napi 12 nyersvascsapolás lehetséges. 1970-ben a Szovjetunióban dolgozó 131 kohó átlagos napi térfogatkihasználása (KIPO) 0,596 volt, a fajlagos kokszfogyasztás pedig 577 kg/t. A legjobb eredményeket a Nyugat-Szibériai kohók érték el, ahol a KIPO 0,5, a fajlagos kokszfogyasztás pedig 510 kg/t volt. A kohók előkészített eleggyel való ellátására 138 millió tonna zsugorítványt és 10,8 millió tonna pelletet gyártottak. A zsugorítvány 92%-ában az Fe-tartalom $\pm$0,5%-on belül, a bázicitás pedig $\pm$0,05 százalék között ingadozott. A zsugorítvány átlagos Fe-tartalma 1970-ben 53,3% volt. A termelt nyersvasnak 56%-át oxigén, 85%-át pedig földgáz felhasználásával termelték. Minden köbméter földgáz felhasználása 0,8 kg-mal csökkentette a fajlagos kokszfogyasztást, a földgáz és oxigén együttes felhasználása pedig átlag 5%-kal növelte a kohók teljesítményét.

Acélgyártás

A 8. ötéves terv folyamán tizenhét 100—130 tonnás konvertert helyeztek üzembe Novo-Lipeckben, Cseljabinszkban, Jenakievben és a Zapadno-Szibériai Üzemekben, és ezeken kívül 2 db 250 tonnás konvertert Karagandában. A konverteracél-termelés az összes acéltermelésnek 1970-ben 17,2%-a, azaz 19,7 millió tonna volt. A felsorolt új konverterműveken felül konverteres acélgyártás folyik még a Petrovszkiról és az Iljicsről elnevezett üzemekben, valamint Krivoj-Rogban és Nyisznij-Tagilban. A 8. ötéves terv nagy eredménye volt, hogy a konverteres acélgyártásban

— az oxigénfelhasználást 240—260 m^3/perc-ről 480—500 m^3/percre növelték, aminek következtében a fúvatás idejét 24 percről 12—16 percre csökkentették,

— a konverter tűzállótégla bélés átlagos tartósságát jelentősen növelték, mint pl.

Novo-Lipeckben ..... 533 adagra,
Zapadno-Szibériában ..... 519 adagra,
Cseljabinszkban ..... 507 adagra,
Jenakievben ..... 500 adagra,
Krivoj-Rogban ..... 441 adagra és
az Iljicsről elnevezett üzemben 340 adagra

— növelték a konverterekbe adagolt hulladék mennyiségét, pl.

Novo-Lipeckben ..... 273 kg/t-ra,
Krivoj-Rogban ..... 235 kg/t-ra,

— a konverteracél minőségét csökkentő nitrogén mennyiségét 0,005%-ra csökkentették, 99,5 százalékos tisztaságú oxigén alkalmazásával.

Az 1966—1970-es években 16 folyamatos öntőmű épült, összesen 4 millió tonna kapacitással.

Hengereltáru-gyártás

A hengereltáruk mennyiségi növelésére és választékának bővítésére a 8. ötéves terv folyamán 15 új hengersor épült, s ezek közül technikai színvonalát tekintve a legkiemelkedőbb a Novo-Lipecki 2000-es szélesszalag-hengersor. A Novo-Lipecki 2000-es szélesszalag-hengersor évi kapacitása 6 millió tonna, a hengersoron 12 hengerállvány dolgozik, a maximális buga- és tekercssúly 35 tonna, a hengerlési sebesség pedig max. 21 m/mp. A hengerelhető szalag vastagsága 1,2—16 mm. A hengersort ötzónás, 300 t/ó teljesítményű tolókemencék szolgálják ki. A kemencékben felhevített (150—250)$\times$(900—1850)$\times$(9000—10 500 milliméteres, 35 tonnás folyamatosan öntött laposbugákat kiszedőgép szedi ki és helyezi a szállító görgősorra. A Novo-Lipecki 2000-es szélesszalag-hengersor és a hozzá tartozó hevítőkemencék a világ legkorszerűbb ilyen célú termelőberendezései.

További korszerű, automatizált, nagy teljesítményű hengersorok épültek még:

— 1150-es brammasor és 1700-as szélesszalag hengersorok Karagandában,
— 1300-as blokksor és 900/700/500-as folytatólagos bugasor a Zapadno-Szibériai üzemben,
— 950/800-as durvasor Orszk-Halilovszkban,
— 600-as félfolytatólagos durvasor a Kommunarszki üzemben,
— 350-es félfolytatólagos középsor Dzerzsinszkben,
— finomsorok 7—800 ezer tonna/év kapacitással Krivoj-Rogban és Cseljabinszkban,
— drótsorok 7—800 ezer tonna/év kapacitással Cserepovecben, Jenakievben és a Nyugat-Szibéria üzemben,
— 4 állványos 2500-as szélesszalag hideghengermű Magnitogorszkban 0,6—2,5 mm vastag és max. 2350 mm széles szalagok hideghengerlésére. A maximális tekercssúly 25 tonna.

A 8. ötéves terv időszaka alatt nagy figyelmet fordítottak a hengersorok automatizálására. Megoldották a blokksori hengerállítás és a hengerlés közbeni gyorsítás automatizálását. A szélesszalag hengersorokon a lemezvastagság-szabályozás automatizálásával, pl. a karagandai 1700-as szélesszalag-hengersoron biztosították, hogy a szalagvastagság tűrése a szalag hosszának 80%-án $\pm 0{,}05$ mm, a szalag teljes hosszán pedig $\pm 0{,}1$ mm. A lemezvastagság szabályozására a magnitogorszki 1450-es szélesszalag-hengersoron hidraulikus henger behajlás kiegyenlítő berendezést helyeztek üzembe. Az 1200-as magnitogorszki és az 1700-as cserepoveci szélesszalag hideghengersorokon is automatikus vastagságszabályozást valósítottak meg.

A 8. ötéves terv időszaka alatt Zaparozssztaljban fekete lemezlakkozót, a Liszevszki üzemben kísérleti szélesszalag krómozó-lakkozó berendezést, Magnitogorszkban, Cserepovecben és az Iljicsről elnevezett üzemben pedig szélesszalag tűzihorganyzó berendezéseket helyeztek üzembe, amelyeken 0,32—2,0×1000 mm méretű horganyzott szélesszalagot gyártanak.

A Szovjetunióban a hengereltáruk 80%-át termelési célokra, 20%-át pedig beruházásra használják fel.

A 8. ötéves terv időszaka alatt a hengereltárufelhasználás szerkezete és változása a következő volt *(1. táblázat)*:

1970-ben a Szovjetunió legnagyobb kohászati üzeme a Magnitogorszki Kohászati Kombinát volt, ahol

9,6 millió tonna nyersvasat,
12,5 millió tonna zsugorítványt,
6,9 millió tonna kokszot,
12,6 millió tonna acélt és
10,0 millió tonna hengerelt árut

gyártottak.

1971—1975. évek feladatai

Az SZKP XXIV. kongresszusának irányszámai szerint az acéltermelést 1975-re 142—150 millió tonnára kell növelni. A szovjet tervhivatal számításai szerint a népgazdasági igények kielégítésére 1975-ben

105,0 millió tonna hengerelt készáru és
17,5 millió tonna acélcső

szükséges. A növekedés öt év alatt 30,3%, illetve 40,8%.

Ilyen volumenű acéltermék előállításához

147,5 millió tonna acél,
110,0 millió tonna nyersvas,
90,0 millió tonna koksz és
250,0 millió tonna vasérc

szükséges.

A termelésnövekedést 96%-ban a termelékenység növekedéséből, azaz létszámnövelés nélkül fedezik.

A termelékenység öt év alatt a nagyolvasztó üzemekben 42,4%-kal, az acélművekben 28,5%-kal, a hengerművekben pedig 19,3%-kal növekszik.

A termelékenység növelésének egyik fontos tényezője a termelés koncentrációjának további növelése, mert pl. az évi 3—5 millió tonna acéltermelésű üzemekben a termelékenység 35—40%-kal nagyobb, az anyagmentes önköltség pedig 30—35 százalékkal kisebb, mint az évi 1 millió tonnát előállító üzemekben. A szovjet vaskohászat nagymértékű koncentrációját jól mutatják a következő adatok: *1970-ben a termelt acél 35%-át olyan üzemekben állították elő, amelyeknek az éves termelése több mint 5 millió tonna volt, 60%-át pedig olyan üzemekben, amelyeknek éves termelése 3—5 millió tonnát tett ki.*

1. táblázat

A hengereltáru felhasználás szerkezete

Megnevezés	1965	1969	Növekedés 1965-ről 1969-re, %
Hengerelt készáru	100,0	100,0	125,9
I. Rúd-idomacél	63,2	62,1	124,0
I-tartók, U-acélok	5,0	5,5	140,0
Durva rúd-idom	9,6	9,0	119,0
Közép rúd-idom	4,6	4,6	125,7
Finom rúd-idom	7,5	7,9	132,4
Gépszerkezeti acél	13,0	13,3	129,2
Rozsdamentes acél	0,3	0,3	128,7
Szerszámacél	0,5	0,5	113,7
Hengerhuzal	8,5	8,9	130,8
Nagyvasúti sínek	3,5	3,0	108,8
Kisvasúti sínek	0,8	0,6	102,7
Gyorsacél	0,1	0,1	117,8
Egyéb rúd-idom	9,8	8,4	108,4
II. Lemez	35,9	37,1	129,9
Durvalemez	13,5	13,0	121,4
Finomlemez	4,6	4,8	131,9
Tetőfedő lemez	1,2	1,1	120,0
Szerkezeti melegen hengerelt lemez	3,3	3,5	132,3
Szerkezeti hidegen hengerelt lemez	3,7	4,4	148,6
Szerszámacéllemez	0,1	0,1	105,0
Rozsdamentes acéllemez	0,4	0,4	139,0
Transzformátorlemez	0,5	0,6	130,1
Dinamólemez	0,9	0,8	118,3
Egyéb lemezek	7,7	8,4	136,3
III. Egyéb hengerelt áru (tekercs, abroncs, gyűrű)	0,9	0,8	105,8

A termelékenységet nagymértékben növeli a termelő berendezések kapacitásának növelése, így pl.

— az 5000 m^3-es kohók termelékenysége 30%-kal nagyobb, a fajlagos beruházás 12%-kal, a nyersvas önköltsége pedig 2%-kal kisebb, mint a 2800—3200 m^3-es kohóknál;
— a konverterművekben a 100 tonnás konverterek befogadóképességének 250—300 tonnára való növelésével a fajlagos beruházási költségek 13,6%-kal, az acél önköltsége 1,3%-kal, a munka termelékenysége pedig 20%-kal nő;
— 100 tonnás elektrokemencéknek 200 tonnára való növelésével a fajlagos beruházási költségek 4%-kal, az önköltség 8%-kal csökken, a munka termelékenysége pedig 14%-kal nő.

Az *acélgyártás 1975-re 142—150 millió tonnára növekszik.* Az elmúlt 20 év folyamán az acélgyártás mennyiségi fejlődését az jellemezte, hogy az ötévenkénti növekedés 18—25 millió tonna volt. Az 1971—1975. évek alatt a növekedés 26—34 millió tonna lesz. Az acélgyártás fejlődését a *2. táblázat* szemlélteti.

2. táblázat

Az acélgyártás növekedése a Szovjetunióban

millió t

Évek	Termelés	Növekedés	Egy főre eső termelés kg/t
1950	27,3	—	152
1955	45,2	17,9	231
1960	65,2	20,0	305
1965	91,0	25,8	395
1970	116,0	25,0	475
1975 terv	147,5	31,5	580

Az acéltermelés öt év alatt 27%-kal, de ezen belül a konvertacéltermelés több mint kétszeresére növekszik.

Az új konverteracélművekben 350—400 tonnás konverterek fognak dolgozni. 1975-ben a 300—350 tonnás konverterekből több mint 10 millió tonna acél gyártását tervezik.

Az elektroacéltermelés az ötéves terv időszaka alatt 40%-kal nő, elsősorban 100 és 200 tonnás kemencék építésével. A 100 tonnás kemencék transzformátorteljesítményét 25 000 kVA-ről 45 000 kVA-re növelik és ezzel egy 100 tonnás kemence évi kapacitása 200 ezer tonnára nő. Új elektroacélművek épülnek a Vörös Október, a Dnyeprospecsztal, az Üzbég, a Novo-Lipecki és a Nyugat-Szibériai üzemekben.

A martinkemencékben gyártott acél 80%-át oxigén felhasználásával fogják gyártani. A martinkemencék termelékenységének növelésére 2 t/m^3-re növelik az adagolható hulladék térfogatsúlyát, így a berakási sebesség eléri a 300 t/ó-t.

A fajlagos acélfelhasználás csökkentése érdekében 1975-ben a teljes acéltermelésnek 24%-a ötvözött és gyengén ötvözött acél lesz.

1975-ben a folyamatosan öntött acél mennyisége az 1970. évi mennyiséghez viszonyítva négyszeresére növekszik.

Az acéltermékek minőségének növelése területén nagy gondot fordítanak az acél tisztaságának és egyneműségének fokozására. A nagytisztaságú, egyenletes minőségű acélok minőségi mutatói nemcsak hogy magas színvonalúak, hanem szűk határok között állandóak is, ezért az ilyen acélok élettartama 1,5—2,5-szer nagyobb, mint az átlagos minőségű acéloké. A nagytisztaságú, egyenletes minőségű acélokat vákuumozással és elektrosalakos átdolgozással gyártják, ezért a vákuumban kezelt acélok mennyisége 2—2,5-szeresére, a szintetikus salakokkal kezelt acélok mennyisége pedig 3-szorosára növekszik.

A *nyersvasgyártás 1975-re eléri az évi 110 millió tonnás termelési szintet.* A 9. ötéves terv időszaka alatti épülő új kohók közül kettő 3200 m^3-es és egy 5000 m^3-es lesz. A 3200 m^3-es kohó kapacitása 2,2—2,5 millió tonna/év nyersvas, előkészített elegy, 1200 °C-s forrószél és 30—35 % oxigéntartalomra dúsított forrószél-ellátás esetén. A 3200 m^3-es kohón négy nyersvascsapoló nyílás van kör alakú öntőcsarnokkal. Ilyen nagyolvasztó építése folyik jelenleg Novo-Lipeckben.

A Gipromez egyik legnagyobb munkája az 5000 m^3-es kohó tervezése. Az 5000 m^3-es kohó kapacitása 3,9 millió tonna/év nyersvas. Az 5000 m^3-es kohóknál az elegyösszegyűjtés és adagolás szalagos rendszerű, a salakot közvetlenül a kohó mellett dolgozzák fel, így elmarad a salakok üstben való szállítása. A nyersvasat 400 tonnás torpedóüstökbe fogják csapolni. A léghevítők olyan konstrukciójúak lesznek, hogy lehetővé teszik az 1400—1500 °C forrószél- ellátást.

A nyersvasgyártásban az átlagos fajlagos földgázfogyasztás 1 tonna nyersvasra számítva 58 m^3-ről 102 m^3-re, az oxigénfelhasználás pedig 40 m^3-ről 70 m^3-re, az átlagos forrószél hőmérséklet pedig 990 °C-ról 1100 °C-ra nő. A 9. ötéves terv időszaka alatt KIPO 12%-kal javul, a kokszfogyasztás pedig 10%-kal csökken.

1975-ben a koncentrátum termelése eléri a 166,6 millió tonnát, ebből 98 millió tonnának 65% lesz a Fe-tartalma. Az érc átlagos Fe-tartalma öt év alatt 1%-kal nő és eléri a 60%-ot.

A pellettermelés 3,6-szorosára, vagyis 37 millió tonnára, a kohóelegyben a zsugorítvány, pellet mennyisége 89%-ról 95%-ra nő.

A *hengereltáru-gyártásban* az intézkedések elsősorban olyan termékek termelésének növelését vagy minőségjavítását és választékbővítését célozzák, amelyek a népgazdaságban fajlagos acélfelhasználási megtakarításhoz vezetnek. Ennek érdekében a *30,8%-os hengereltáru növekedésén* belül

a lemeztermelés 44%-kal,
a hidegen hengerelt lemez termelése 62%-kal,
a hidegen hengerelt trafóacél több mint kétszeresére,
az 1—1,8 mm vastag finomlemezek termelése 75%-kal,
gyengén ötvözött acéltermékek gyártása 87%-kal,
hajlított profilok gyártása 4,7-szeresére,
az acélhuzalgyártás 54%-kal

növekszik.

A *hengerelt idomacél-választékot 300 új melegen hengerelt és 200 új hidegen hajlított profillal bővítik.*

A vaskohászat a felhasználó iparágak számára a 9. ötéves terv folyamán, mint új termékeket fogja szállítani többek között

a melegen hajlított vékonyfalú szögvasakat és U-acélokat,
a műanyaggal bevont lemezeket,
a hidegen hengerelt dinamóacélokat,
a zárt hajlított profilokat,
1420—1620 mm átmérőjű gázcsöveket 75 atmoszférás nyomásra.

A 9. ötéves terv időszaka alatt jelentősen növelik a hőkezelt acélok arányát, mivel hőkezeléssel a szovjet tapasztalatok szerint a szénacélok szilárdságát 15—20%-kal, a gyengén ötvözött acélok szilárdságát pedig 30—35%-kal lehet növelni.

1971—1975. években új, nagy teljesítményű hengersorok és berendezések épülnek többek között

— 1000 mm gerincmagasságú és 420 mm széles párhuzamos talpú I-tartók gyártására Nyizsnij-Togilban,
— 450-es folytatólagos középsor vékonyfalú és párhuzamos talpú I-tartók és U-acélok gyártására a Nyugat-Szibéria üzemben,
— hideghengermű 0,35 mm vastag, kis vasveszteségű, szigetelt transzformátorlemezek gyártására Verh-Iszetszkben,
— hideghengermű dinamólemezek hengerlésére Novo-Tulában,
— finomlemezhengermű rozsdamentes acéllemezek gyártására Cseljabinszkban,
— szélesszalagbevonó üzem elektrolitikusan ónozott, krómozott és alumíniummal bevont lemezek gyártására Karagandában,
— 3600-as durvalemez hengermű 5—200 mm vastag és 3200 mm széles szénacél és ötvözött acéllemezek gyártására Azovsztolben,
— hajlított profilgyártó üzemek,
— 1220, 1420 és 1620 mm átmérőjű hegesztett gázcsöveket gyártó berendezések Harcirszkban.

A Szovjetunió Kommunista Pártjának XXIV. kongresszusán kitűzött nagy és bonyolult feladatok végrehajtása nagy erőfeszítést követel a szovjet kohászoktól, nem kétséges azonban, hogy a szovjet kohászok az építők, a gépgyártók és a népgazdaság többi ágazatai dolgozóinak segítségével újabb sikerekkel fejezik be a 9. ötéves tervet is.

IRODALOM

[1] „A vaskohászati termelés és műszaki haladás fejlődésének főbb tendenciái." KGST Vaskohászati Titkárság vaskohászati osztály, 1968.

[2] *Bazilevics Sz, V.*, a szovjet Vaskohászati Minisztérium darabosítmány-gyártás vezetője: „A darabosítmány-gyártás fejlődése a 8. ötéves tervben" Metallurg 1972 március.

[3] *Tyihomirov F. N.*, a szovjet Vaskohászati Minisztérium nyersvasgyártás vezetője: „Műszaki haladás a nyersvasgyártásban" Metallurg 1972 március.

[4] *Afanaszev Sz. G.*, a Központi Vaskohászati Tudományos Kutatóintézet konverteres acélgyártási laboratórium vezetője: „Konverteres acélgyártás 1966—1970-ben" Metallurg, 1972 március.

[5] *Gurenko V. D.*, a szovjet Vaskohászati Minisztérium főhengerésze—*Oratovszki E. L.*, a „Csermetinformacija" laboratóriumának vezetője: „Hengerlés a 8. ötéves tervben" Metallurg, 1972 március.

[6] *Lobanov G. A.*, a szovjet Vaskohászati Minisztérium főenergetikusa: „Földgáz a kohászati üzemekben" Metallurg, 1972 március.

[7] *Kamalov R. G.—Sitikova A. A.—Andrejeva E. N.*, a Vaskohászati gazdasági tudományos kutató intézet munkatársai: „Hengereltáru-felhasználás a 8. ötéves tervben" Metallurg, 1972 március.

[8] *Misin P. P.*, a karagandai kohászati kombinát igazgatója: „Kazahsztán kohászat a az SZKP XXIV. Kongresszusára" Metallurg, 1972 március.

[9] *Filatov A. F.*, a Magnitogorszki Kohászati Kombinát igazgatója: „Teljesítettük az ötéves tervet" Metallurg, 1972 március.

[10] *Kolpakov Sz. V.*, a Novo-Lipecki Kohászati Üzem igazgatója: „A »lipecki magnitka"« Metallurg, 1972 március.

[11] *Borodulin A. I.*, a Krivoj-Rog-i Kohászati Üzem igazgatója „A krivoj-Rog-i kohászok jelentése a munkáról" Metallurg, 1972 március.

[12] *Szokolov P. E.*, vaskohászati miniszterhelyettes: „A Szovjetunió vaskohászata az SZKP XXIV. Kongresszusára" Sztalj, 1971 március.

[13] *Kornyejenkov A. N.*, a szovjet tervhivatal kohászati osztálya: „A szovjet vaskohászat a 9. ötéves tervben" Metallurg, 1971 május.

[14] „Kohászat a 9. ötéves tervben" „Csermetinformacija" Bulletin, 1972 január.

Fémesített brikett és pellet ívkemencében való felhasználásának néhány üzemi tapasztalata

SZŐKE LÁSZLÓ okl. kohómérnök
Vasipari Kutató Intézet

DK.: 621. 775 : 621.365.2

A fémesített brikett és pellet ívkemencében való üzemi felhasználására a Vasipari Kutató Intézet irányításával a Lenin Kohászati Művek elektroacélművében végrehajtott kísérlet ismertetése. A technológia részletes leírása, az eredmények, tapasztalatok, következtetések.

Bevezetés

A Vasipari Kutató Intézet tájékozódó jellegű kísérleteket folytatott a Lenin Kohászati Művek Elektroacélművében fémesített brikett és pellet alkalmazására. A kísérletek célja az volt, hogy saját tapasztalatokat gyűjtsünk az alkalmazás hatásának felmérésére, főleg az alábbi vonatkozásokban:

A berakás módjának hatása a beolvasztási teljesítményre

A betét egy részeként alkalmazott fémesített érc hatása a metallurgiai folyamatokra

Az alkalmazás befolyása az acél minőségére

A felhasznált fémesített érc-fajták kémiai és fizikai jellemzői

A kísérletekhez kb. 12 t karbonnal redukált fémesített ércbrikett (VASKUT-LKM gyártás) és 150 t Purofer-pellet (Hüttenwerk Oberhausen AG. szállítmánya) állt rendelkezésre. A felhasznált anyagok a méret érzékeltetésével az *1. ábrán* láthatók.

A fémesített érc-fajták kémiai összetételét az *1. táblázat* tartalmazza.

A fizikai jellemzőket a *2. táblázatban* foglaltuk össze.

1. táblázat

Karbonnal redukált VASKUT-LKM ércbrikett és Purofer-pellet közepes kémiai összetétele

Elemek	VASKUT-LKM brikett	Purofer-pellet
$Fe_{összes}$, %	84,0	92,1
Fe_{met}, %	79,8	86,0
P, %	0,016	0,031
S, %	0,092	0,003
C, %	1,44	0,85
SiO_2, %	9,14	1,61
CaO, %	2,00	1,60
MgO, %	0,50	0,13
Al_2O_3, %	3,06	n. e.
MnO, %	0,38	n. e.
Redukciós fok, %	94,5	93,5

2. táblázat

VASKUT-LKM brikett és Purofer-pellet fizikai tulajdonságai

Megnevezés	VASKUT-LKM brikett	Purofer-pellet
Méret, m	25 × 25 × 18	11—13 ∅
Sűrűség, g/cm³	5,9	6,8
Hatékony sűrűség,* g/cm³	4,3	3,5
Térfogatsúly, kg/m³	2300	1730
Átlagos darabsúly, g/db	21,72	2,92

* Lakkal bevont felülettel mérve

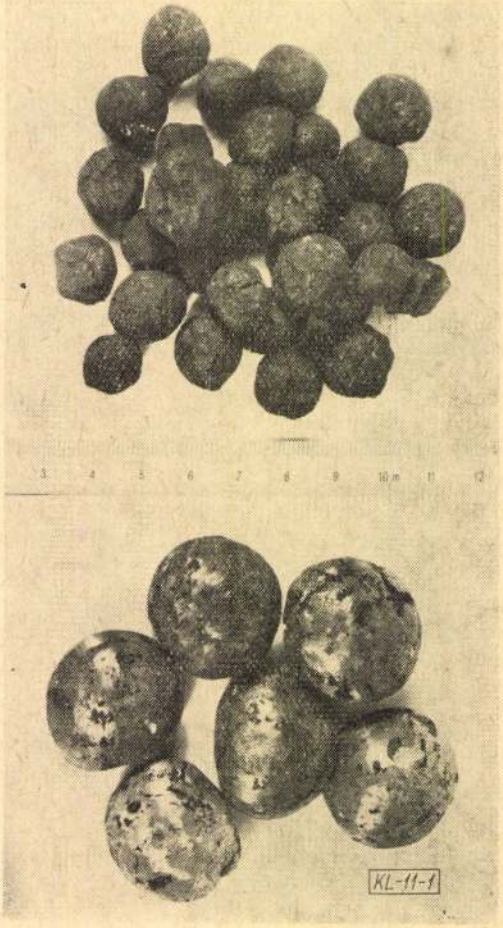
A kísérletek során igénybe vett ívkemencék

A brikett és pellet betétben alkalmazására az LKM elektroacélművének 2,6—65 t-s bázikus bélésű ívkemencéiben került sor. A kemencék jellemző adatait a *3. táblázatban* foglaltuk össze.

Látható, hogy az összes kemence hagyományos fajlagos hasznos transzformátor-teljesítményű, az UHP-kritériumhoz — min. 400—450 kW/t — a 2,6 t-s kemence áll legközelebb.

A fémesített érc beadagolási módjai és a követelt technológia

A fémesített érc ívkemencébe adagolása történhet a hulladékkal együtt egyszerre [1] [2], csúszda segítségével a hulladék részleges beolvadása után



1. ábra. A Purofer-pellet (felső kép) és a karbonnal redukált VASKUT-LKM érc-brikett (alsó kép)

3. táblázat

A kísérletekhez felhasznált ívkemencék jellemzői

Kapacitás, t	2,5	11	16	65
Kemence belső átmérő, mm	1640	2410	2920	4550
Transzformátor teljesítmény, MVA	1,0	3,5	5,0	21
Max. tényleges teljesítmény, MW	0,87	3,0	4,35	15
1 t betétre eső fajlagos hasznos trafóteljesítmény, kW/t	348	273	272	230
Fürdőfelület egységére eső teljesítmény, MW/m²	0,410	0,660	0,645	0,920

[2], a boltozaton kialakított egy [3] [4] vagy három nyíláson keresztül folyamatosan [5] [6] és függőleges tengely körül forgó kemencetestbe folyamatosan, előmelegítés közbeiktatásával [7].

Gazdasági okokból kísérletsorozatunk alatt csak az egyszerre adagolást tudtuk alkalmazni, az egyébként optimálisnak tartott folyamatos adagolást pedig egyszerű eszközökkel, lapáttal való adagolással helyettesítettük a 2,6—12 t-s adagok esetében.

A Purofer-pellethulladékkal együttadagolásával kapcsolatban szerzett tapasztalatainkat a *2. ábra* foglalja össze. Legkellemetlenebb megfigyeléseink az első, réteges betét-elhelyezéssel voltak a 65 t-s kemencében. A kemence túltöltése mellett a felülről „lapra" olvadás jelensége lassú beolvadást eredményezett, melynek végén hirtelenül veszélyes hevességgel meginduló fövés volt megfigyelhető. A pellet kis hővezetőképességéből származó, a beolvadási sebesség csökkenésében kifejezésre jutó hátrányokat már ismertették [2], jelen vizsgálatok azt csak megerősítették. Laboratóriumi körülmények között pelletre és azonos átmérőjű acélgolyókra végrehajtott hevítési kísérleteink eredménye is az volt, hogy az egységnyi súlyú pellethalmaz hevítési sebessége azonos feltételek mellett 2,5-szer kisebb, mint a tömör golyóké.

A brikett és a pellett metallurgiai karakterének jobban megfelelő adagolást az adagok egy részénél úgy hajtottuk végre, hogy a hulladék-betét és a fémesített ércmennyiség, általában felének berakása és 80—90%-os beolvadása után az elektródák alá folyamatosan vittük be a fémesített ércet. Az adagolási sebességet a kb. 1550 °C-u fürdőben a folyamatos oldódás kritérium szabta meg.

A kísérletek során a beolvadási C-tartalmakat úgy irányítottuk, hogy az a fövetéses adagoknál 0,25—0,30%-kal magasabbra fusson be, mint az acélfajta előírásának alsó határa, míg a fövetés nélkül gyártottaknál az alsó C-határra álltunk be. A brikettre 1,29%, a pelletre 1,75% saját oxigéntartalommal számoltunk, amely a saját karbontartalmat fogyasztja el, illetve a pellet esetében még további karbon mennyiséget is igényel a betétbe, a hulladék C-tartalmának és a szükséges beolvadási C-tartalomnak figyelembevételével.

Általában a betét 3%-ának megfelelő mennyiségű égetett meszet vittünk be a kemence fenekére, a berakás előtt.

A brikett nagy meddőtartalma és savanyú karaktere, valamint nagy S-tartalma miatt a beolvadási salakot minden esetben teljesen eltávolítottuk. A pelletes adagoknál ezt csak a fövetés nélkül gyártott adagok esetében tettük meg, de itt sem mindig végeztünk teljes salakhúzást.

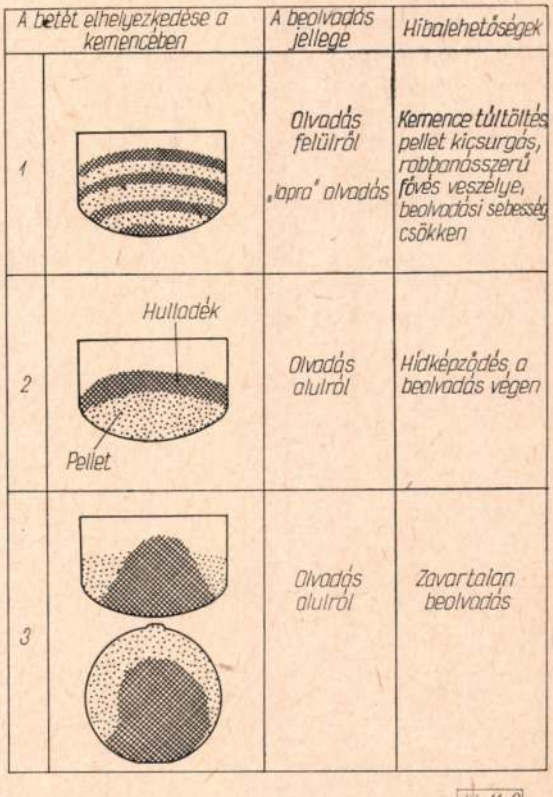
Egyébként az acélgyártási technológia a többiekben nem tért el az üzemben szokásostól.

Az alkalmazott brikett-betétszázalék 34—50%, a Purofer-pellet esetében pedig 10—50% volt. A 27 kísérleti adag közül 13-nál elhagytuk a fövetést, egynél pedig csak foszfortalanítást hajtottunk végre.

A beolvadás metallurgiai jellegzetességei

A beolvasztási teljesítmény és a különböző fémesített érc-betétarány közötti összefüggést a *3. ábra* érzékelteti. A 2,5 t-s, legnagyobb fajlagos hatékony elektromos teljesítményű kemence esetében a brikett részarányának növelése — 30—40%-ról 50%-ra — javított a beolvasztási teljesítményen.

Purofer-pellettel pedig 30 betét %-nál is elértük az 50% brikettel realizált értéket. A kisebb fajlagos hasznos transzformátor-teljesítményű 11 t-s kemencék folyamatosan adagolt Purofer-pellet mennyiségének 25%-os betétarányról 50%-os betét arányra növelése már nem hozott beolvasztási teljesítmény növekedést. A legkisebb fajlagos haté-



2. ábra. Különböző hulladék és pellet elhelyezési mód és hatása a beolvadásra a betét ívkemencébe való egyszeri berakásakor

4. táblázat

Hagyományos betéttel, valamint fémesített ércet is tartalmazó betéttel gyártott adagok beolvasztási teljesítménye

Fémesített érc fajtája	Kemence kapacitás, t	2,5 t	11 t	65 t
Brikett	Hagyományos betét	1,23 t/h 100%	4,99 t/h 100%	27,97 t/h 100%
	30—40 betét %, folyamatos adagolás	1,29 t/h 105%		
	50 betét %, folyamatos adagolás	1,55 t/h 126%		
Purofer-pellet	15 betét %, kosárral adagolva			26,73 t/h 96%
	20 betét %, kosárral adagolva folyamatosan adagolva			22,60 t/h 81%
			4,93 t/h 98,5%	
	30 betét %, kosárral adagolva folyamatosan adagolva	1,56 t/h 127%		18,80 t/h 67,5%
	50 betét %, folyamatosan adagolva		4,91 t/h 98,0%	

kony elektromos-teljesítményű 65 t-s kemence esetében pedig — ahol csak a betét egyszerre berakására volt mód — a Purofer-pellet betétarányának 15%-ról 30%-ra növelése a beolvasztási teljesítmény jelentős csökkenésével járt.

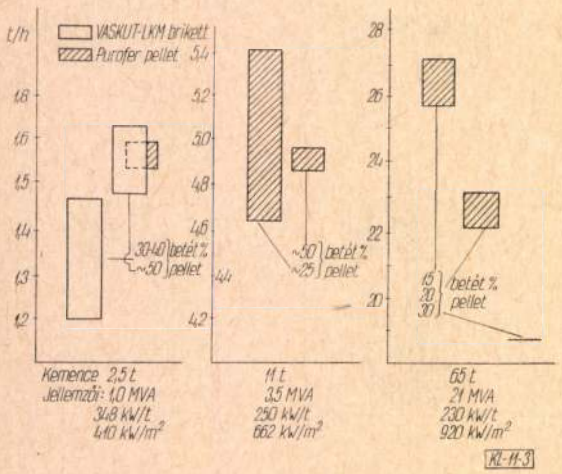
A hagyományos betétre vonatkozó átlagos beolvasztási teljesítményeket a *4. táblázatban* állítottuk szembe a fémesített érccel készített adagokéval.

A *4. ábrán* saját kísérleteink átlagos beolvasztási teljesítményeit láthatjuk a kemencék hasznos transzformátor-teljesítményével és a külföldi eredményekkel összehasonlítva. A saját eredményeink jól illeszkednek bele a külföldi adatsorba.

A legjobb fajlagos hasznos transzformátor-teljesítményű 348 kW/t kemencére 5—27%-os beolvasztási teljesítmény-növekedést lehetett tehát fémesített brikett és Purofer-pellet folyamatos adagolásával elérni.

A 273 kW/t-s, 11 t kapacitású kemencében már 1,5—2%-kal kisebb volt a beolvasztási teljesítmény, mint a hagyományos betétnél.

A kosárral adagolt 230 kW/t-s, 65 t kapacitású kemencére pedig a Purofer-pellet mennyiségének növelésével 4—32,5%-os beolvasztási teljesítménycsökkenést tapasztaltunk.



3. ábra. 15—50 betét % fémesített érccel gyártott ívkemence-adagok beolvasztási teljesítménye

Az *5. ábra* a fajlagos beolvadási áramfogyasztás és a fémesített érc-arány összefüggését szemlélteti. A legnagyobb értékek természetesen a nagy meddőtartalmú brikettek felhasználásakor jelentkeznek és a betét %-kal nőnek, míg a Purofer-pellet esetében mérsékeltebbek és nem látszik határozott növekedés a betétszázalékkal.

A Purofer-pellet alkalmazásakor mért átlagos fajlagos beolvasztási áramfogyasztást az *5. táblázatban* hasonlítjuk össze a hagyományos betétes adagokéval.

A fajlagos beolvasztási áramfogyasztás tehát az alkalmazott folyamatos adagolás és kosaras adagolás körülményei között egyaránt 11%-kal nagyobb, mint hagyományos betétre.

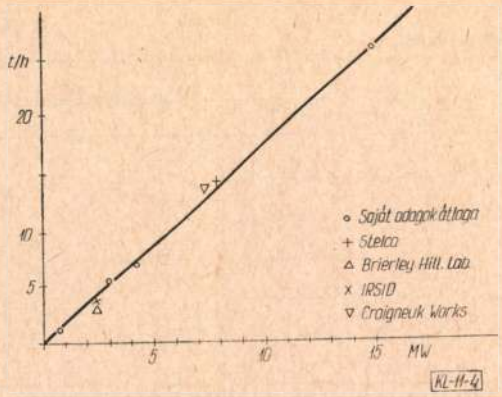
A beolvadás alatt a fémesített érc alkalmazásakor „mészköves" fövéstől közepes erősségű érces fövésig figyeltünk meg fürdőmozgást. Ez az aktív beolvadás igen kedvező a beolvadási hidrogén- és nitrogéntartalom szempontjából és a fürdő megfelelő oxigéntartalmát is biztosítja, amint azt a *6. táblázat* is alátámasztja.

A fémesített érc alkalmazása tehát hasonló gáztartalmakat biztosít a beolvadáskor, mint amilyent az üzemben alkalmazott érccel való fövetéssel lehet elérni. Így a fövetés elhagyása indokoltnak látszik olyan minőségekre is, amelyre ez a művelet eddig elő volt írva.

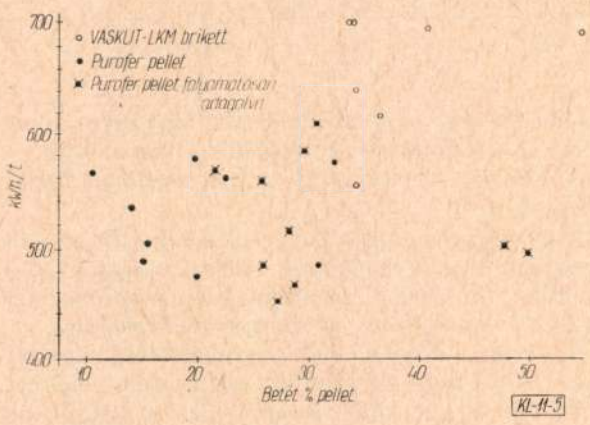
A beolvadási P- és C-tartalmak közti összefüggést a *6. ábra* mutatja. A regressziós egyenesek 1,3% C-nál metszik egymást, az alatt a Purofer-pelletes adagok kisebb P-vel olvadnak be, mint a hagyományos betét esetében.

A *7. ábra* a beolvadási S- és Mn-tartalmakat mutatja. A Purofer-pellettel gyártott adagokra széles beolvadási Mn-intervallumban viszonylag szűk és elfogadhatóan alacsony beolvadási S-tartalmak jellemzőek.

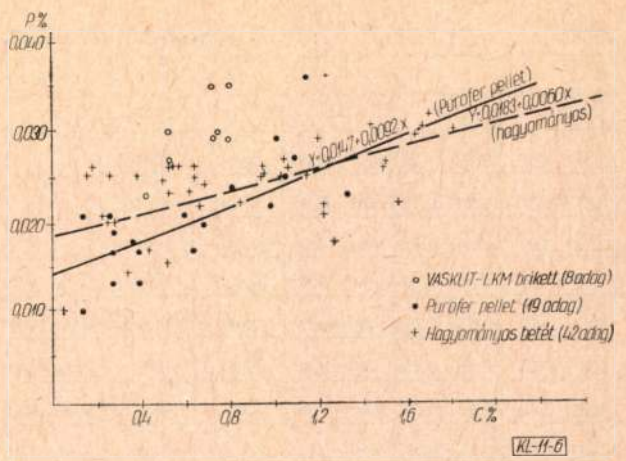
A *8. ábra* a beolvadási, illetve a fövetés végén kialakult salak összetételéből számított fölös bázis és a kénmegoszlási hányados közötti összefüggést érzékelteti. A berajzolt egyenes az egyensúlyi viszonyokra jellemző. A savanyú beolvadási salakok — a brikettes adagok — mutatnak főleg az egyensúlyinál kedvezőbb kéneloszlást, míg (*N. McCallum,*



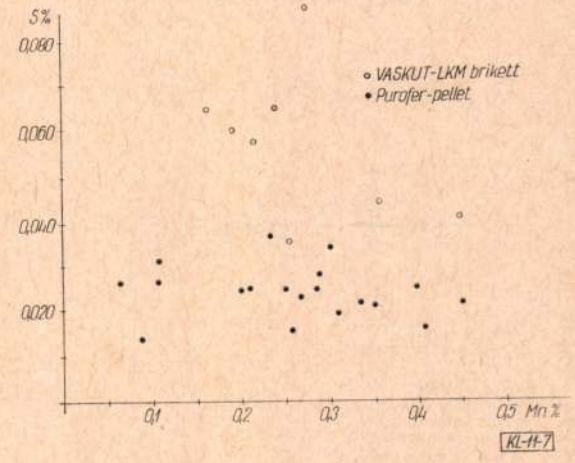
4. ábra. VASKUT-LKM kísérleti adagok és külföldi eredmények a beolvasztási teljesítmény és a kemence tényleges transzformátor teljesítménye összefüggésére



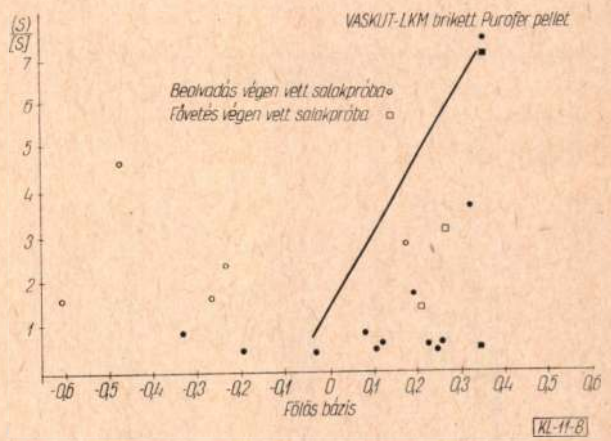
5. ábra. Fajlagos beolvadási áramfogyasztás brikett, ill. pellet-betétes adagokra



6. ábra. A beolvadási C- és P-tartalom összefüggése 15—50 betét % fémesített érccel és hagyományosan gyártott adagokra



7. ábra. A beolvadási Mn- és S-tartalom összefüggése fémesített érccel gyártott adagokra



8. ábra. Az S-megoszlási hányados és a fölös bázis összefüggése brikett, ill. pellet-betétes adagokra

R. J. W. Peters) [8] megfigyeléseit Purofer-pelletre vonatkozó adataink nem támasztják alá.

A *9. ábra* egy 48 betét % Purofer-pellettel legyártott Cr-Ni-Mo ötvözésű nemesíthető acéladag lefutását szemlélteti.

A gyártott acélfajták és a minőség vizsgálata

A fövetéssel vagy anélkül gyártott adagok salakeltávolítást követő kikészítése a szokásos módon folyt le. Ezek során olyan megfigyelések, melyek

5. táblázat

Hagyományos betéttel, valamint Purofer-pellet felhasználásával gyártott adagok fajlagos beolvasztási áramfogyasztása

Kemence kapacitás, t	11	65
Átlagos fajlagos beolvasztási áramfogyasztás		
a) hagyományos betétre	472 kWh/t 100%	463 kWh/t 100%
b) 20—50% pelletre	524 kWh/t 111%	
c) 15—30% pelletre		513 kWh/t 111%

6. táblázat

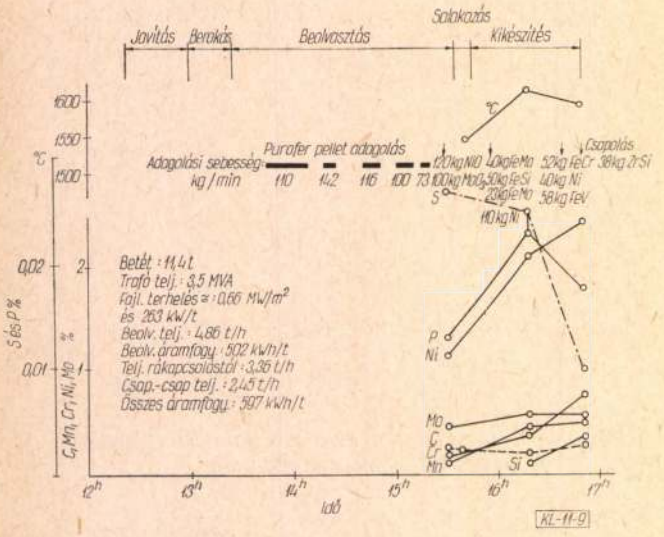
Beolvadási gáztartalmak hagyományos és fémesített ércet is tartalmazó betétre

Betét	Hidrogén	Nitrogén	Oxigén
Hagyományos betét	11,4 cm³/100 g 100%	56,7 ppm 100%	82 ppm 100%
VASKUT-LKM brikett a betétben .	6,3 cm³/100 g 56%	14,4 ppm 26%	170 ppm 208%
Purofer-pellet a betétben	4,6 cm³/100 g 49,5%		237 ppm 290%

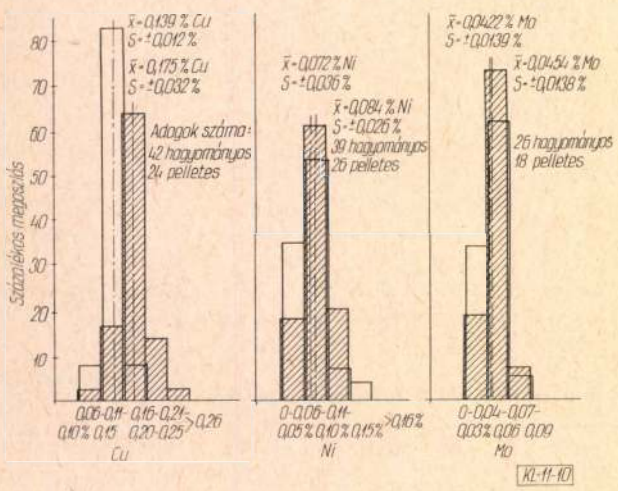
Fémesített érc felhasználásával gyártott acélfajták

7. táblázat

Előírt összetétel, %									Felhasználási terület
C	Si	Mn	S max	P max	Cr	Ni	Mo	Cu	
0,21—0,30	0,20—0,42	0,40—0,60	0,040	0,040					Öntvény
0,31—0,40	0,20—0,42	0,60—0,90	0,040	0,040					
0,41—0,50	0,20—0,42	0,60—0,90	0,040	0,040					
0,12—0,20	0,30—0,50	0,60—0,80	0,030	0,030	0,90—1,30	max. 0,50	0,40—0,50		
1,25—1,40	0,25—0,45	0,40—0,60	0,040	0,040	0,90—1,20		0,30—0,45		
1,50—1,65	0,25—0,45	0,40—0,60	0,04	0,04	0,90—1,20		0,30—0,45		
0,42—0,49	0,17—0,37	0,50—0,80	0,035	0,035	max. 0,25		max. 0,25	max. 0,25	MAN motoralkatrész
0,31—0,39	0,17—0,37	0,50—0,80	0,035	0,035	0,80—1,10	max. 0,25			Nemesített gyártmányok
0,38—0,44	0,17—0,37	0,65—0,80	0,035	0,035	0,95—1,10	max. 0,25			
0,25—0,35	0,24—0,40	0,40—0,60	0,035	0,035	0,60—0,90	2,25—2,75	0,50—0,70	V: 0,20—0,30	
0,95—1,05	0,17—0,37	0,20—0,40	0,020	0,025	1,30—1,65	max. 0,25	max. 0,10		Golyóscsapágy



9. ábra. CrNiMo ötvözésű nemesíthető acéladag lefutása (48 betét % pellet)



10. ábra. Hagyományos betéttel, valamint 10—37% fémesített érccel gyártott ötvözetlen ívkemence adagok beolvadási Cu-, Ni-, Mo tartalmai

a fémesített érc alkalmazásának hátrányos hatásával lettek volna összefüggésben, nem voltak.

A gyártott acélfajtákat a *7. táblázatban* foglaltuk össze.

A hengerlésre, vagy kovácsolásra került adagok melegalakítása kifogástalan volt. Az adagok megfeleltek a kéktörési, ultrahang, lépcsőspróba, szilárdsági, edzhetőségi és zárvány előírásoknak.

A zavaró ötvözőelemek (nyomelemek) mennyiségét természetesen szintén csökkenteni lehetett. A *10. ábra* a fémesített ércel gyártott adagok beolvadási Cu-, Ni- és Mo-tartalmát hasonlítja össze a hagyományos betéttel gyártott adagokkal. Az átlag minden elemre csökkenést mutat, legerőteljesebb ez a Cu-tartalomra: 21%.

A golyóscsapágy-adagok karbid-sorosságának, valamint maximális oxid- és szulfid-zárványosságának alakulását a *8. táblázat* mutatja be.

A Purofer-pellet alkalmazásának tehát fentiek szerint a golyóscsapágy-acél vizsgált minőségi jellemzőire káros hatása nincs.

Következtetések

A fémesített érc-brikettel és Purofer-pellettel gyártott — viszonylag kis számú — ívkemence-adag vizsgálata alapján az alábbi következtetéseket lehet levonni:

1. A vizsgált 15—50 betét % fémesített érc alkalmazása megfelelő nagy — > 300 kWh/t — fajlagos hasznos transzformátor teljesítményű kemencében 25% beolvasztási teljesítmény növekedést is biztosíthat. Ez automatikus adagolással természetesen még tovább növelhető.
2. A Purofer-pellet kosárral, réteges adagolása kis fajlagos hasznos transzformátor-teljesítmény szintű kemencében csökkenti a beolvadási teljesítményt.
3. A pellet 20 betét %-nál nagyobb mennyiségben alkalmazásakor a fövetési periódus elhagyására megvannak a kedvező metallurgiai feltételek.
4. A fémesített érc alkalmazása különleges metallurgiai problémát nem vetett fel.

8. táblázat

Hagyományos betéttel (H) és Purofer-pellettel (P) gyártott golyóscsapágy-adagok minőségének statisztikai összehasonlítása

	Karbidsorosság		Maximális oxidzárványosság		Maximális szulfidzárványosság	
	H	P	H	P	H	P
$\bar{x}$	1,934	1,973	1,610	1,476	1,726	1,569
s	0,915	0,880	0,461	0,583	0,199	0,380
Vizsgált adag	31	5	31	5	31	5
Próba	196	36	195	42	195	36

5. A fémesített érc-brikett és a Purofer-pellet alkalmazása a betét 15—50%-nyi mennyiségében a gyártott acél minőségét nem befolyásolta kedvezőtlenül, a nemkívánatos elemek mennyiségének csökkentésére pedig hatékony eszköz.

IRODALOM

[1] *Ayala, J. L. P.* és *munkatársai:* Electric furnace steelmaking with sponge iron. Iron and steel engineer, 1963. 8. sz. 69—77. o.

[2] *Bonar, L. G.* és *munkatársai:* Iron-nickel pellets for alloy steel and stainless steel production. El. furn. proc., 1969. 126—134. o.

[3] *Cavaghan, N. H.—Harris, T. H.:* Use of pre-reduced iron pellets for steelmaking in electric furnaces. JISI, 1970. 6. sz. 529—537. o.

[4] *Antoine, J.—Paquel, N.—Dumont-Fillon, J.:* Possibilités d'utilisation de produits préréduits au four électrique d'aciérie. La métallurgie, 1969. 5. sz. 267—273. o.

[5] *Sibakin, J. G.—Hookings, P. H.—Roeder, G. A.:* Electric arc steelmaking with continuosuly charged reduced pellets. JISI, 1967. 10. sz. 1005—1017. o.

[6] *Fogleman, E. L.—Gloven, D. O.—Jensen, H. B.:* Operational and economic aspects of prereduced iron usage in electric arc furnaces. Blast furnace and steel plant, 1970. okt. 733—743. o.

[7] *Viens, G. E.* és *munkatársai:* Continouos preheating and melting of prereduced iron pellets in a combined shaft-electric furnace The Canadian mining and metallurgical bulletin, 1969. 2. sz. 141—146. o.

[8] *McCallum, N.—Peters, R. J. W.:* Use of prereduced iron in an electric furnace. Alternative routes to steel, ISI 1971. 59—65. o.

Egy gyengén ötvözött CrMoV-acél tulajdonságai állandó és változó hőmérsékleten történő 1% kúszás után

MAGÓ KÁLMÁN okl. gépészmérnök
Gyár- és Gépszerelő Vállalat

DK: 669 15—194.2 : 539.377 : 778.317

A szokásos kúszásvizsgálatok ismertetése. Az erőművekben gyakran használt CrMoV-acéllal végzett kísérlet leírása. A szilárdsági és elektronmikroszkópos vizsgálatok eredményei.

A jelentékeny melegszilárdságú anyagokat — mint ismeretes — kúszásvizsgálattal ellenőrzik, általában konstans hőmérsékleten. A valóságban azonban a berendezések sohasem állandó hőmérsékleten üzemelnek, hanem még stacioner üzemben is ki vannak téve bizonyos ciklikus hőmérsékletváltozásnak (pl. szabályozás).

Egyre több kísérletet végeznek ezért — a melegszilárd anyagok élettartamának vizsgálatakor — változó hőmérsékleten.

Az ismert kísérleti eredmények — elméletileg igazolva — általában azt mutatják, hogy nagy hőmérsékleten a ciklikus hőmérsékletváltozás számos tényezőtől függően (hőmérséklet, feszültség, szövetszerkezet, hőhatás intervalluma, ciklusideje, ciklusalakja stb.) megrövidíti az élettartamot. Az acél kúszásállósága egyes kísérletek szerint egy adott maradó nyúlásig végzett kúszásvizsgálat után meghatározott fajlagos törési munka és folyáshatár figyelembevételével értékelhető.

Ez a dolgozat, az erőműveinkben sok helyen beépített 12HlMF (GOSZT 5639-51) jelű acéllal végzett egyik kísérletet kívánja ismertetni, azonban a vizsgálatok kis száma, és az eredmények — a vizsgálatok rövid idejéből eredő — erős szórása miatt, messzemenő következtetések levonására nem ad lehetőséget.

Kúszásvizsgálatok

A kúszásvizsgálatok paramétereit az egyes próbatestekre vonatkozóan az *1. táblázat* tartalmazza. Az 570 °C vizsgálati hőmérséklet megfelel az acél üzemi hőterhelésének, ahogy az 570 ± 20 °C ciklikus hőmérsékletváltozás is reálisnak mondható a felhasználási körülmények szempontjából. A feszültségek esetében az üzemi igénybevételtől való eltérés nem okoz jelentős hibát az acél kísérletek alapján történő megítélésében, viszont a nagyobb — 14 kp/mm² és 17 kp/mm² — feszültségek alkalmazása a kísérletek időtartamát lerövidíti.

Az azonos körülmények közötti 3—3 próbatest (lásd 1. táblázat) a Csepeli Vas- és Fémművek Anyagvizsgáló Intézetében, egy közös kemencében volt terhelve. Mindhárom darab nyúlását az e célra tervezett berendezés külön-külön, folyamatosan mutatta. A kemence hőmérsékletének változását az *1. ábrán* látható görbe írja le. A kvázi stacioner

1. táblázat

A próbatestek feszültség- és hőigénybevétele

A próbatest jele*	Vizsgálati feszültség kp/mm²	Vizsgálati hőmérséklet °C
4	14	570
5		
6		
7		570±20
8		
9		
10	17	570
11		
12		
13		570±20
14		
15		

* Az 1—3 jelölés a kiinduló anyag próbatestjeinek van fenntartva

hőmérsékletviszonyok esetén végzett hőmérséklet-ellenőrzések alapján megállapítható hiba max. ± 0,35%.

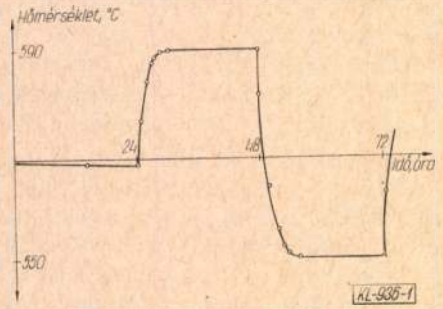
A próbatestek anyaga 1,14% Cr, 0,29% Mo, 0,19% V és 0,13% C-tartalmú.

Az acél a legutóbbi irodalmi adatok alapján optimálisnak tartott hőkezelést kapta, az alábbiak szerint:

1. Edzés (920—940 °C, 20 perc hőntartás)
2. Megeresztés (720 °C, 5 óra hőntartás)

Ezzel a hőkezeléssel az acél mintegy 45% ferrit és 55% bainit tartalmú lett, az átlagos szemcsenagyság $n=9$.

A kúszásvizsgálatok során mért időket tartalmazó *2. táblázatból* látható, hogy a ciklikus hőmérsékletváltozás hatásaként e rövid idejű vizsgálatok alapján nem mutatható ki egyértelmű kúszásidő-változás, ha a terhelés 17 kp/mm². 14 kp/mm² terhelésnél a változás egyértelmű.



1. ábra. A hőmérséklet változása az idő függvényében

2. táblázat

A kúszásvizsgálatok eredményei

A próbatest jele	0,2%-os kúszás-határ (óra)	0,5%-os kúszás-határ (óra)	1%-os kúszás-határ (óra)	Rugalmas nyúlás %
4	36	112	450	0,134
5	38	225	620	0,120
6	35	205	450	0,134
7	25,5	120	235	0,135
8	—	28	240	0,148
9	—	78	240	0,133
10	—	4	57	0,148
11	—	3	70	0,195
12	—	2	56	0,143
13	—	8	84	0,161
14	—	1	90	0,160
15	—	6	88	0,118

Azt a várakozást tehát, hogy a kúszási folyamatot a hőmérsékletváltozás meggyorsítja, egységesen nem igazolták az 1% kúszásig végzett kísérletek eredményei. Ennek ellenére nincs ok kétségbe vonni azon publikált eredmények helyességét, melyeket általában szakadásig végzett kísérletekre alapoznak.

Az acélban végbement változások megállapítása érdekében az 1% kúszás után kimunkált szakítóvizsgálati és elektronmikroszkópi próbatestekkel további vizsgálatok történtek.

Szilárdsági vizsgálatok

A szakítóvizsgálatok alapján számított anyagvizsgálati mérőszámokból (lásd *3. táblázat*) következtetni lehet a hosszú üzemeltetési viszonyok között várható jelentős kúszás, vagy ridegtörés veszélyére.

A fajlagos törési munka értékeit a

$$W=\frac{\sigma_B+\sigma_c}{2}\lambda_c$$

egyenlettel határoztam meg.

Az eredmények értékeléséhez a *2. ábrán* a kiindulási állapotban, és a különféle igénybevétellel kúszatott próbatestek kúszás utáni állapotában meghatározott fajlagos törési munka és folyási határ egy-egy próbatest-csoportra kiszámított átlagos értéke szerepel, a legnagyobb és legkisebb érték által kijelölt szórási sáv feltüntetésével.

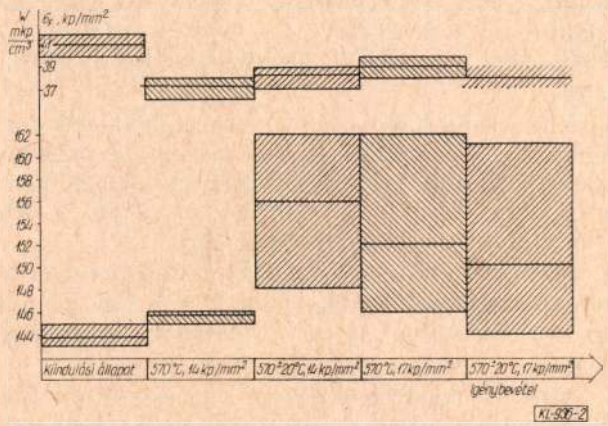
A kiindulási állapothoz képest, a kúszás utáni állapotokban a folyási határ enyhe csökkenése, és a fajlagos törési munka növekedése figyelhető meg, ami egyértelműen az anyag képlékenységének növekedésére utal.

3. táblázat

Szilárdsági jellemzők 1% kúszás után

A próbatest jele	δ_B (kp/mm²)	σ_F (kp/mm²)	ε_m	W (mkp/cm³)
1	54	42	0,11	145
2	55	41	0,11	143
3	54	40	0,07	143
4	55	38	0,07	146
5	54	36	0,13	145
6	54	38	0,15	146
7	54	37	0,11	158
8	55	39	0,17	162
9	55	39	0,15	148
10	56	40	0,11	149
11	56	39	0,11	162
12	56	38	0,13	146
13	55	38	0,07	144
14	55	38	0,11	146
15	54	38	0,15	161

Külön összevetve az azonos feszültséggel végzett kúszásvizsgálatok után kapott eredményeket, ugyanaz az eredmény vonható le. 14 kp/mm² feszültség alkalmazása esetén a változó hőmérsékletű próbák fajlagos törési munkája ugyanis az ábra alapján jól felismerhetően megnőtt az ugyanezen feszültséggel végzett állandó hőmérsékletű próbákhoz képest. 17 kp/mm² terhelésnél ugyan az állandó hőmérsékletű próbák fajlagos törési munkája nagyobb, azonban a folyási határ is nagyobb,



2. ábra. A szakítóvizsgálat eredményeinek összehasonlítása a kísérleti körülmények alapján

így ridegedésre utaló jeleket ez esetben sem lehet felismerni a ciklikusan változó hőmérséklet hatásaként.

Figyelembe véve, hogy a szakítókísérletekből és kúszásvizsgálatokból az eredmények nagy szórása miatt biztos megállapításokat tenni nem lehet, úgy tűnik, kogy a 12HIMF jelű acél képlékenysége a kúszás utáni állapotokban az összes vizsgált esetben nő, és a ciklikusan változó hőmérséklet nem okozott szilárdsági vizsgálatokkal is bizonyítható ridegedést az állandó hőmérsékleten végzett kísérletek eredményeihez képest sem.

Elektronmikroszkópos vizsgálatok

Az elektronmikroszkópos vizsgálatok az előző eredményeknek nem mondanak ellent. Az elektronmikroszkópi felvételek a Csepel Vas- és Fémművek M. A. I. Elektronmikroszkópiai Laboratóriumában készültek.

A *3a* és *b ábra* a kiinduló állapotban készült elektronmikroszkópos felvételeket mutatja 6000-szeres nagyítással. Az 570 °C-on, 14 kp/mm² igénybevétellel kúszott próbákról a *4a* és *b ábrán*, az 570 ± 20 °C, 14 kp/mm², az 570 °C, 17 kp/mm² és az 570 ± 20 °C, 17 kp/mm² terhelés mellett kúszott próbákról készült felvételek rendre az *5.*,



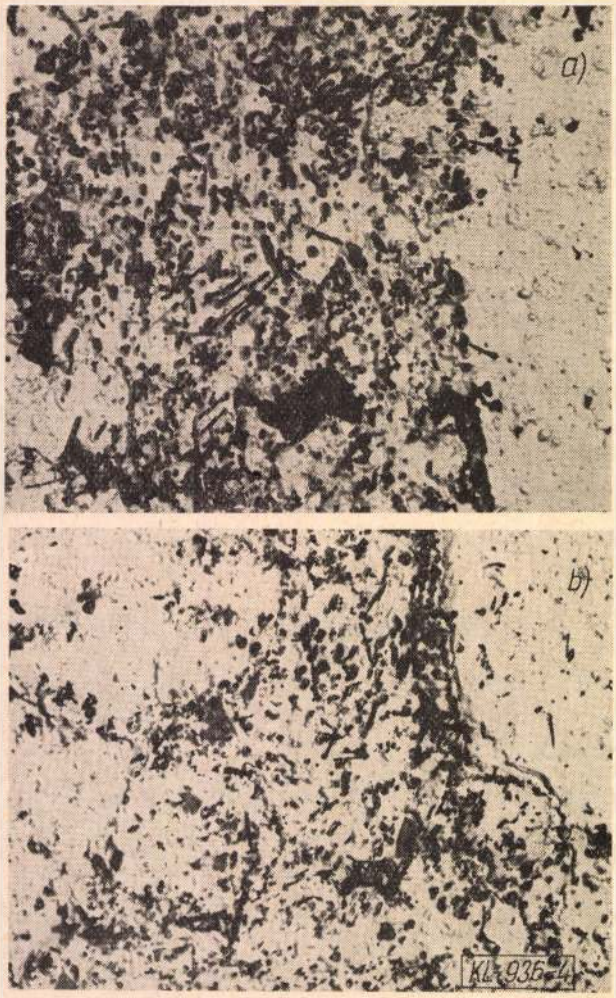


3. ábra. A kiinduló állapotú anyag elektronmikroszkópi képe N = 6000 ×

6., 7. ábrán láthatók, ugyancsak 6000-szeres nagyításban.

Kúszás előtt *(3a* és *b ábra)* viszonylag stabil megeresztett állapotban van az anyag, amire a ferritben — már kisebb nagyításban is — jól megfigyelhető nagyszámú karbidkiválás utal.

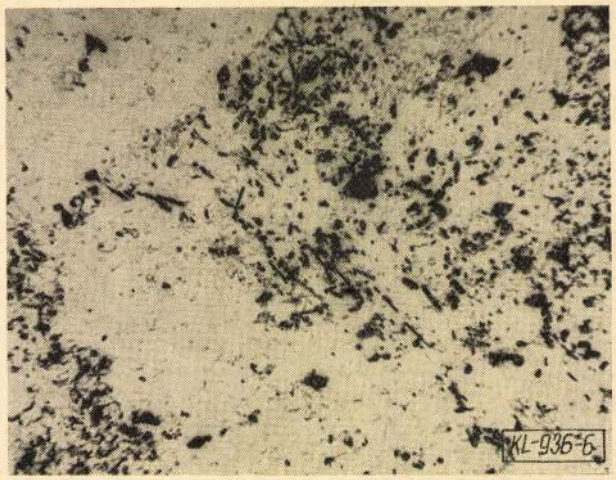
A *3. ábra* a *4—7. ábrákkal* összehasonlítva azt mutatja, hogy a vizsgálatok viszonylag rövid ideje



4. ábra. Elektronmikroszkópi felvétel 570 °C hőmérsékleten, 14 kp/mm² terhelés hatására bekövetkezett 1% kúszás után N = 6000×



5. ábra. Elektronmikroszkópi felvétel 570±20 °C hőmérsékleten, 14 kp/mm² terhelés hatására bekövetkezett 1% kúszás után. N = 6000×



6. ábra. Elektronmikroszkópi felvétel 570 °C hőmérsékleten 17 kp/mm² terhelés hatására bekövetkezett kúszás után. N = 6000×



7. ábra. Elektronmikroszkópi felvétel 570±20 °C hőmérsékleten 17 kp/mm² terhelés hatására bekövetkezett kúszás után N = 6000×

miatt a ferritben levő kiválások méretében, eloszlásában, számottevő különbség nem ismerhető fel a kúszás utáni állapotban, az alap-állapothoz képest.

A hosszabb vizsgálati időknél *(4—5. ábra)* a bainites szerkezetek karbidjai durvultak. Pusztán morfológiai alapon ugyan a karbidok típus szerint nem azonosíthatók, de — hexagonális alakjukból következtetve — a bainites mezőkben elsősorban valószínűleg krómkarbidok figyelhetők meg.

A rövidebb kúszási idők után készült elektronmikroszkópi felvételek *(6—7. ábra)* a hőmérséklet-igénybevételtől függetlenül arra mutatnak, hogy a bainites szövet — a ferrithez hasonlóan — nem különbözik a kiindulási állapottól.

Jelentős változások az anyag szerkezetében az elektronmikroszkópi felvételeken sem mutathatók ki a hőmérsékletváltozás hatásának függvényeként.

A folyási határ csökkenése a kúszás utáni állapotokban *(2. ábra)* a bainites mező karbidjainak durvulásával, azaz e szövet további megeresztődésével függ össze.

IRODALOM

[1] *Ginsztler J.:* Ciklikus hőmérsékletváltozás hatása a nagy hőmérsékleten üzemelő anyagok élettartamára. Hőálló- és Melegszilárd Acél Ankét. Aggtelek, 1969.

[2] *Buru I.—Ginsztler J.:* Váltakozó üzemviszonyok hatása hőerőművek fő berendezéseire. Energia és Atomtechnika *20* (1967) 11—12.

[3] *Tilly, G. P.:* Fracture behaviour at two creep resistant materials subjected to cyclic loading at elevated temperature. Proceding the Institution of Mechanical Engineers, *180* (1965—66) 46.

[4] *Myers, J.:* Változó terhelés és hőmérséklet hatása az *Esshete 1250*-acél kúszási ellenállására és szerkezetére. J. of the Iron and Steel Inst. *204* (1966) 9.

[5] *Ray, G. P.:* The effect of thermal cycles on creep properties of alloy steels for tubes. Metallurgia, 79., 1969, 3—6.

[6] *Malügin, G. A., Lihacsev, A. V.:* Iszledovanie polzucseszti pri peremennüh temperaturah. Zavodszkaja Laboratorija, 32., 1966., 1.

[7] *Fedotova:* Dlitelnaja procsnoszty perlitnoj sztali pri ciklicseszkom izmenii. Teploenergetika, 1962. 2.

[8] *Pech, R.—Sedlacek, J.:* The investigation of nonstacionary temperatures on the life of creep resistant CrMoV steel. Symposium on the Phisical-metallurgical Problems concerning applied mechanics in manufacture of large-capacity turbosets. Prague, 1967.

[9] *Manson:* Thermal stress and low-cycle fatique, 1965.

[10] *Artinger I.:* A CrMoV erőművi acélok hőkezeltségi állapotának vizsgálata a fajlagos törési munka alapján. BKL Kohászat, *101* (1968) 3.

[11] *Artinger I.:* Az acélok fajlagos törési munkája változásának jellegzetes típusai a megeresztési hőmérséklet és idő függvényében. BKL Kohászat, *103* (1970) 4.

[12] *Artinger I.:* Az 1% Cr, 0,3% Mo, 0,25% V hőerőművi acél szilárdsági tulajdonságainak változása a kúszásvizsgálat során. Hőálló és Melegszilárd Acél Ankét, Aggtelek, 1969.

[13] *Norton, J. F.—Strong, A.:* Improvement of creep and ructure properties of large 1% CrMoV steam turbine rotor forgings. Ju. of the Iron and Steel Inst. *207* (1969) 2.

[14] *Murphy, M.—Branch, G. D.:* The microstructure creep and creep ructure properties of CrMoV steam turbine casing castings. J. of the Iron and Steel Inst. *207* (1969) 11.

[15] *Newton, J. D.* stb.: Precipitation of CrNi and $(CrMo)_2C$ in two low alloy creep resisting steel. J. of the Iron and Steel Inst. *208* (1970) 5.

Az SM-acélgyártás periódus- és adagtartamának matematikai modellezése és hosszának előrejelzése

SZŐNYI ZOLTÁN okl. kohászati automatizálási mérnök
Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés

DK.: 669.183.218.54:519.242.331:517

Az acélgyártás különböző periódusait befolyásoló kb. 500 ismert tényezőből kiindulva készített matematikai modell ismertetése. Az acélgyártás során felhasznált oxigén befolyása. Az összefüggéseket tartalmazó regressziós analízissel készített egyenletek. Az elméleti adatok felhasználása az acélgyártás operatív irányítására.

A Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés Elektronikus Számítóközpontja 1970. évben megbízást kapott az Ózdi Kohászati Üzemek Acélművétől az acélgyártás adagtartamát befolyásoló tényezők vizsgálatára, valamint az adag- és a különböző periódusidők számítással való meghatározására.

A matematikai modell felállításához, valamint a számítások elvégzéséhez az Acélmű közel 1300 adaglapot bocsátott az Elektronikus Számítóközpont rendelkezésére.

A munka első szakaszában az Acélmű és az Elektronikus Számítóközpont szakemberei felmérték a rendelkezésre álló adatokat, valamint áttekintették azon technológiai paraméterek sokaságát, amelyektől az adagidő, ill az olvasztás különböző periódusainak tartama függhet, hiszen [1] szerint a gyártási idő igen nagyszámú tényezőtől függ, amelyek közül eddig kb. 500 ismert. Az egyes paraméterek hatásait és kölcsönhatásait jelenleg még nem tárták fel egyértelműen, éppen ezért az adag, ill. a periódustartamok idősorozatait véletlen folyamatként kell kezelni.

Az Acélmű felelős szakembereinek véleménye, valamint az irodalomban [1], [2] fellelhető adatok alapján meghatároztuk a gyártási időre, valamint az egyes periódustartamokra dominánsan ható paramétereket, vagyis a rendelkezésre álló lehetőségek alapján meghatároztuk azon paraméterek sokaságát, melyek segítségével meghatározható az adagidőt, ill. a periódustartamokat leíró matematikai modell. Ezen paraméterek felsorolása az *1. táblázatban* található.

Az oxigénnel gyártott minőségek esetén a beolvadási és kikészítési periódus hosszára még az oxigénfúvás intenzitása is hat, amelynek mértékegysége $[Nm^3/h \cdot t_{acél}]$

Ahogyan az előzőekben már említettük, a gyártási folyamatra ható tényezők hatásai legritkább esetben ismertek konkrétan, éppen azért az acélgyártás adagtartamának, ill. részperiódusainak elemzésére és leírására a matematikai statisztika módszereinek alkalmazása volt kézenfekvő.

A vizsgálat során korrelációs függőséget tételezünk fel az adagidő, ill. az egyes részidők (rakás, melegítés, beolvadás, kikészítés), mint függő változó, valamint a különböző technológiai paraméterek, mint független változók között.

A korrelációs függőség fennállásakor feltételezzük, hogy a független változó minden értékének egy sor eloszlási függvény felel meg. Így a függő és független változók közötti összefüggés tükröződik az adott eloszlási függvények sorozatában. Mivel bármely független változó egységnyi változása véletlenszerű és nem tükrözi egyértelműen a függvényre gyakorolt hatásának valós értékét, ezért jelentős számú, egyforma valószínűségű esetet kell megvizsgálnunk. Ez ugyanis a nagy számok törvénye alapján jó közelítést biztosít.

1. táblázat

Az acélgyártás különböző periódusait befolyásoló tényezők

A periódus megnevezése	A tényező megnevezése
Rakás	A berakott hulladék súlya; A berakott szilárd nyersvas súlya; A berakott mészkő súlya; A berakott vasére súlya; A berakott reve súlya; A berakott forrasztósalak súlya; Az óránkénti hőterhelés; A levegőfelesleg; A berakott nehézhulladék súlya; Az adagsorszám (kemence életkora); A berakott kanalak száma.
Melegítés	A rakási idő hossza; Az óránkénti hőterhelés; Ugyanazon paraméterek, mint a rakásnál.
Beolvadás	A rakási és melegítési idő hossza; A beöntött folyékony nyersvas súlya; A nyersvas (Si) tartalma; Az óránkénti hőterhelés; A levegőfelesleg; Az adagsorszám.
Kikészítés	A rakási, melegítési és beolvadási idő hossza; A beolvadási (C) tartalom; Az acél (C) tartalma a dezoxidáció előtt; A nyersvas (S) tartalma; Az óránkénti hőterhelés; A levegőfelesleg; Az adagsorszám.

Ezen bevezető után térjünk rá az elemzés céljaira szolgáló statisztikai modell elvi ismertetésére.

Az előzőekben már említést nyert, hogy a gyártást, ill. annak fázisait egy soklépéses és sokparaméteres modellnek tekintjük, amely meghatározott üzemi körülmények között, időben megy végbe. A folyamat több periódusból áll, és minden periódust a körülmények függvényének tekintünk, vagyis a körülményeknek a gyártási folyamatra gyakorolt hatását vizsgáljuk üzemi körülmények között. A gyártási folyamat teljes idejét pedig az egyes periódusok hatásaként és egymásra gyakorolt hatásaként vizsgáljuk.

A matematikai modell konkrét meghatározásakor a függő változóra ható paraméterek és a függő változó, azaz a gyártási idő, ill. a periódustartamok közötti parciális függőségeket határozzuk meg először. Ezután kerül sor a független változók közötti parciális kapcsolatok kiszámítására, majd ezek alapján kiszámítjuk a többszörös korrelációs együtthatót és meghatározzuk a folyamat leírására szolgáló regressziós egyenletet, a periódusra ható paraméterek függvényében.

A fenti módszer segítségével határozzuk meg a periódusok matematikai modelljét.

A gyakorlat azt bizonyítja, hogy egy periódus időtartamának megváltozása nem vonja maga után a többi periódus idejének arányos megváltozását. Éppen ezért az egyes periódusok időtartamának egyszerű összeadásával nem kaphatjuk meg az adagtartam valós értékét.

Az előbbiekből tehát az következik, hogy az adagtartam matematikai modelljének felírásakor ugyanúgy kell eljárnunk, mint az előzőekben, csakhogy most a függő változót a gyártási idő, a független változókat pedig az egyes periódusidők reprezentálják. Meghatározzuk tehát az adagtartam és a gyártási periódusok közötti parciális kapcsolatokat.

Ezek után meghatározzuk a regresszióegyenletet és kiszámítjuk a többszörös korrelációs együtthatót.

A gyártási időt, ill. a részperiódusok tartamát tehát véletlen folyamatként kezeljük és ezek idősorozatait szűkebb értelemben nem kezelhetjük stacionárius folyamatként, mivel a gyakorlat és az acélgyártó szakemberek egybehangzó véleménye szerint ezen idősorozatok a kemence kampánybeli állapotának, életkorának függvényei. Tágabb értelemben viszont elmondhatjuk ezen idősorozatokról azt, hogy azonos típusú kemencék esetén ezen sorozatok szórásai közel azonosak és így a különböző részperiódusokat, valamint az adagtartamot leíró regressziós egyenletek csakis a kemence kampánybeli állapotától függenek. Ebben az esetben viszont a sorozatokat már stacionáriusként kezelhetjük.

Az acélgyártási folyamatot leíró számítási modellt az Acélműben követett technológiának megfelelően 5 periódusra osztottuk, amelyek közül 4, mégpedig a berakás, a melegítés, a beolvadás és a kikészítés, statisztikai elemzés tárgyát képezte. A javítási időket az üzemben elfogadott időnormák alapján határoztuk meg.

Az Ózdi Kohászati Üzemek Acélművében két fő acélfajtát, csillapított és csillapítatlan acélokat gyártanak. A fő csoportokon belül megkülönböztetnek még oxigénnel és oxigén nélkül gyártott acélokat is. Így ennek megfelelően a számítások során a következő négy fő csoportra osztottuk az Acélműben gyártott minőségeket:

a) csillapítatlan, oxigénnel gyártott minőségek;
b) csillapítatlan, oxigén nélkül gyártott minőségek;
c) csillapított, oxigénnel gyártott minőségek;
d) csillapított, oxigén nélkül gyártott minőségek.

Az Acélműben gyártott minőségek további csoportosítása is szükségessé vált, hiszen ezek közül igen sok gyártástechnológiája csak kevéssé tér el egymástól. Ezen csoportosítást az Acélmű műszaki szakemberei végezték el és ennek eredményeként az Acélmű termékválasztékát 12 minőségcsoportba sorolták.

A számítógépes feldolgozás során a rakási és melegítési periódusok elemzésekor úgy jártunk el, hogy a csillapítatlan oxigénes és oxigén nélküli, valamint a csillapított oxigénes és oxigén nélküli minőségcsoportokhoz tartozó adatokat a négy fő fajta szerint együtt végeztük el, a minőségi csoportosítást figyelmen kívül hagyva.

A beolvadási és kikészítési periódusok esetén viszont már a négy fő csoporton belül is minőségcsoportonként végeztük el a számítást.

A felsorolt egyenleteken kívül meghatároztunk még egy, az adagtartamot leíró modellt is. Ez az 1.

táblázatban szereplő valamennyi technológiai paraméter függvényében határozza meg a gyártási idő hosszát, és ez az egyenlet szolgálhat alapul a későbbiekben az Acélmű termelési programozásához. Véleményünk szerint az SM-acélművek operatív irányítása és termelésprogramozása csak akkor valósítható meg, ha az egyik legfontosabb alapadat, az adagidő, mint az operatív irányítás legfontosabb mutatója, előre jelezhető, ill. időtartama megjósolható.

Ugyanez vonatkozik az egyes gyártási periódusokra is, mivel az olvasztás minden periódusát egy sor meghatározott gép szolgálja ki. Így az Acélmű operatív irányítása tulajdonképpen az egyes technológiai periódusok prognózis grafikonjára épül.

Az eddig elmondottakból világosan kitűnik tehát az, hogy a munka elvégzése során kapott regressziós egyenletek kettős célt szolgálnak. A gyártási időt a technológiai paraméterek függvényében meghatározó egyenletek az Acélmű termelésprogramozására használhatók fel, a periódustartamokat, valamint az adagidőt a periódusidők alapján meghatározó egyenletek, jó közelítés esetén, nagyon jól alkalmazhatók az Acélmű operatív irányítására olyan formában, hogy segítségükkel az ismert technológiai paramétereket az egyenletbe helyettesítve megkapjuk a függő változók, azaz a periódustartamok hosszának várható értékét, bizonyos toleranciával.

Ezek után egész röviden ismertetjük a kapott egyenleteket. Az előzőekben már említettük, hogy az acélgyártás különböző technológiai paraméterei és a különböző periódustartamok között igen nehéz egzakt kapcsolatokat találni, ezért az egyenletek a matematikai statisztika egyik fejezetének, a regresszió analízis törvényszerűségeinek felhasználásával készültek. Előtte azonban egy sor vizsgálatnak vetettük alá az adatokat. Meg kellett határozni a különböző, a vizsgálatba bevont paraméterek eloszlásának milyenségét, valamint az eloszlások paramétereit. Ezen vizsgálatok eredményeként azt kaptuk, hogy valamennyi változó normális eloszlású. Nagy nehézségekbe ütközött a függő változónak, mint együttes eloszlásnak és paramétereinek egzakt meghatározása. Ezért ugyanolyan módszerekkel, mint amilyeneket a független változók esetében alkalmaztunk, meghatároztuk az eloszlás milyenségét és paramétereit. Mivel ezeket is normális eloszlásúnak találtuk, így kézenfekvő volt a lineáris regressziós modell alkalmazása.

A felhasznált matematikai apparátus ismertetésére részletesen nem térünk ki, azok a [3] és [4] alapján készültek. A regressziós modell olyan felépítésű, hogy a lineáris regressziós modellben szereplő független változók: az x_i-k ezen változó bizonyos függvényei is lehetnek, vagyis matematikai modell csak paramétereiben lineáris.

A lineáris regressziós modell a következő alakú:

$$T = \sum_{i=1}^{n} a_i x_i + b \qquad (1)$$

ahol T a periódustartam;
x_i a technológiai paraméter.

Az (1) egyenlettel végzett próbaszámítások nem adtak kielégítő eredményeket és így sor került a megengedett függvénykapcsolatok kipróbálására. Az (1) által közöltek alapján többek között kipróbáltuk azt az egyenletformát is, amelyben a kemence életkora másodfokon is szerepel. Ezen modell biztosította a kipróbált variációk közül a legjobb közelítést, vagyis ebben az esetben voltak a többszörös korrelációs együtthatók értékei a legmagasabb értékűek. Ennek értelmében jelölje most az x_n a kemence életkorát és így a periódustartamot leíró egyenlet alakja:

$$T = \sum_{i=1}^{n} a_i x_i + b + a_{n+1} x_n^2 \qquad (2)$$

A munka során a (2) egyenlet együtthatóit számítottuk ki a számítógép segítségével és ezzel gyakorlatilag meg is határoztuk a gyártási idő, ill. a periódustartamok egyenleteit.

A (2) egyenlet használható fel az Acélmű operatív irányítására olyan formában, hogy a független változók az x_i-k aktuális értékeit behelyettesítjük, elvégezzük a kijelölt műveleteket és megkapjuk a T várható értékét.

A (2) egyenlet egy kis átalakítással felhasználható az Acélmű termelésprogramozására is.

Az előző időszakokra ismert a különböző technológiai paraméterek változása. Ezek alapján következtethetünk, hogy az elkövetkező időszakban milyen lesz a különböző paraméterek várható értéke.

Ezen értékeket helyettesítsük most be a (2) egyenletbe és így előre jelezhető az adagidő hossza. Ismert az is, hogy a különböző kemencék életkora milyen. Ezt változtatva megfigyelhetjük az adagtartam hosszának változását és a kemencéket ennek alapján programozhatjuk a körülményeknek leginkább megfelelően.

Ezen egyenlet alakja:

$$T = a_{n+1} x_n^2 + a_n x_n + \left(\sum_{i=1}^{n-1} a_i x_i + b \right) \qquad (3)$$

A fentiekben ismertetett számítások után kapott egyenletek, mint már az előzőekben említést nyert, kettős célt szolgálnak.

A (3) egyenlet szolgálhat alapul a későbbiek folyamán az acélmű kemencéinek termelés-programozásának optimalizálására. Ezen bonyolult feladat csak számítógép és matematikai programozás segítségével oldható meg.

A (2) alakú modell segítségével kiszámított egyenletek, amelyek a gyártás periódusidőit és adagidőt határozzák meg, az acélmű operatív irányítására használhatók fel. Első lépcsőben az egyenletek elektromos számológép segítségével számítandók ki és ezen eredmények tájékoztatást adnak a különböző periódusok várható befejezési időpontjáról.

Az eredmények alapján már előre láthatók a várható konfliktushelyzetek (egyszerre több kemence rak, mint szabadna, összecsapolások stb.) és ennek következtében intézkedéseket lehet hozni azok kiküszöbölésére.

A vizsgálat eredményeit egy későbbi közleményünkben ismertetjük.

IRODALOM

[1] *Каганов, В. Ю.—Сивалопов, В. Г.:* Прогнозирование делительностей мартеновских плавок. Известия ВУЗ-ов ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ 1967. №II 60—60.

[2] *Штец К. А.:* Математическое моделирование мартеновской плавки. Известия ВУВ-ов Черная Металлургия 1964 №10, 189—195.

[3] *Barnett Woolf.:* Computation and interpretation of multiple regressions. University of Edinburgh 1950. August.

[4] Az Elliott 803B programkönyvtára S 1001 jelű programleírása.

Rétegek kristályszerkezetének elektrondiffrakciós vizsgálata

FARKASNÉ JAHNKE MÁRIA okl. fizikus
MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézet, Budapest

DK: 548.7 : 548.74 : 620.186.82

Az elektrondiffrakciós módszerek, különösen pedig a reflexiós elektrondiffrakciós vizsgálatok alkalmasak a felületi rétegek anyagának, szerkezetének, szemcseméretének és textúrájának vizsgálatára; kristályhibák és deformációk kimutatására.

A jelen munka példákon tárgyalja az elektrondiffrakciós kép keletkezésének és értelmezésének alapjait, és az elektrondiffrakciós technika felhasználási lehetőségeit.

A nagy energiájú, 60—100 kV-os gyorsítású elektronokkal végzett diffrakciós vizsgálatok széles körben használatosak kristályos anyagok felületi rétegeinek, illetve a felületeken kialakult rétegek szerkezetének vizsgálatára. Mivel a felületi rétegek fizikai tulajdonsága és így későbbi felhasználhatósága legtöbbször erősen függ a réteg szerkezetétől, textúrájától vagy orientációjától, valamint a kristályhibáktól, célszerű az előállításukra és kezelésükre használt technológiai műveletek minden lépését szerkezetvizsgálattal követni. Ezáltal válik lehetővé az optimális szerkezetet biztosító technológia kiválasztása. Előnyösen használhatók ezek a módszerek nitridált, cementált rétegek, felületi nikkel-, króm- és egyéb bevonatok, galvanizált vagy párologtatott rétegek szerkezetének vizsgálatára. Figyelemmel kísérhetők más, a felületen lejátszódó kémiai, illetve technológiai folyamatok is: így a revésedés, oxidhártyák és hasonlók képződése. Felületkezelések (foszfátozás, görgőzés, hengerlés stb.) vizsgálatára is alkalmasak az elektrondiffrakciós módszerek. Mivel azonban az ilyen gyakorlati vizsgálatok rendszerint nagyon összetettek, áttekintésünkben a világosság kedvéért a félvezetőkutatás területéről származó példákat, felvételeket mutatunk be.

Az elektrondiffrakciós kép keletkezése

Elektrondiffrakciós vizsgálatokat kétféle elrendezésben végezhetünk: transzmissziós vagy reflexiós módszerrel. A vizsgálandó minták, vagy a megfigyelendő folyamat természete dönti el, hogy adott esetben melyik elrendezés a célszerűbb. Transzmissziós elektrondiffrakciós felvételek készítésekor az elektronsugarak az *1a ábrán* látható vázlat szerint merőlegesen érik a minta felületét. Az elektronok a sugár keresztmetszetével közel azonos területen szóródva, a minta mögött elhelyezett fluoreszcens ernyőn, a besugárzott térfogat szerkezetére jellemző diffrakciós képet hoznak létre. A mintatartó mozgatása természetesen lehetővé teszi, hogy a mintát saját síkjában mozgatva letapogathassuk és minden, az ernyőn látható kép alapján érdekesnek talált diffrakciós képet az ernyő helyére tett fényérzékeny lemezen, felvételen is megörökíthessünk. Két transzmissziós elektrondiffrakciós felvételt mutatunk be, az *1b ábrán* párologtatott *Ge-egykristály* rétegről, és az *1c ábrán aranyfüstlemez*ről.

A transzmissziós elektrondiffrakciós technika alkalmazásának határait a próbatest vastagsága, anyaga és a vizsgálathoz alkalmazott elektronsugár energiája szabja meg. Általában azt mondhatjuk, hogy ezzel a módszerrel nem vizsgálhatók 500—1000 Å-nél vastagabb minták. Az elmondottakból következik, hogy transzmissziós elektrondiffrakciós módszerrel elsősorban párologtatással, kémiai reakcióból leválasztással, vagy más módszerrel előállított vékony rétegek vizsgálhatók. Ha ezzel a módszerrel tömbös anyag szerkezetét kívánjuk tanulmányozni, a próbatestet vagy annak egy részét el kell vékonyítanunk. Erre a célra ugyan kidolgozott módszerek rendelkezésre állnak (elektrolit-sugaras vékonyítás), hiszen a kristályos anyagok szemcseszerkezetének, zárványok, díszlokáció-elrendeződések transzmissziós elerkronmikroszkópos tanulmányozásához az anyag ugyanilyen mértékű elvékonyítása szükséges. Az elvékonyítás azonban egyrészt roncsolásos vizsgálat, másrészt hosszadalmas és kényes művelet. Rutinszerű, gyors vizsgálatokhoz semmiképpen sem alkalmas.

Ha vastagabb rétegeket, az anyamátrixba beépült zárványokat, a felületen a különböző kezelések hatására kivált szennyező vagy reverétegeket; esetleg szándékosan kialakított oxid, nitrid, foszfát vagy más (pl. fém) rétegeket kívánunk vizsgálni, *reflexiós elektrondiffrakciós módszert* kell alkalmaznunk. A kísérleti elrendezés vázlatából *(2a ábra)* világos, hogy itt az elektronsugarak csaknem érintőlegesen érik a preparátumot és a diffrakciós kép a fluoreszcens ernyőnek a minta által nem takart felén jelenik meg. A vizsgált terület hossza nyilván a preparátum sugárirányba eső mérete, szélessége pedig az elektronsugár átmérőjével egyenlő. Ez az átmérő *50—100 μm*, ha az elektronsugarat az ernyőre és *20—50 μm*, ha a preparátumra fókuszáljuk. Természetesen a minta eltolásával és forgatásával itt is letapogatható az egész felület. A *2b* és *2c ábrán* tiszta *ZnS*-egykristály

felületéről, illetve a rajta ultraibolya sugárzás hatására kivált polikristályos cinkrétegről készült reflexiós elektrondiffrakciós felvételt mutatunk be. A transzmissziós és reflexiós elektrondiffrakció elrendezési vázlatát összehasonlítva nyilvánvaló, hogy míg a transzmissziós felvételnél az elektronsugár a rétegfelület normálisának irányából „nézi" a szerkezetet, a reflexiós esetben a sugár a felületre igen kis szög alatt esik be. A beesési irányhoz képest a minta a saját síkjában 360°-os szögtartományban körbe forgatható. Ennek megfelelően transzmissziós elektrondiffrakciós felvételeken mindig csak olyan kristálytani síksereges reflexiói jelennek meg valamely kristály diffrakciós képén, amelyek egy zónatengelyhez tartoznak; ez a tengely éppen a beeső elektronsugár irányával párhuzamos. A preparátumnak az 1. ábrán vázolt mozgatásakor a diffrakciós kép csak akkor változik, ha a besugárzott terület kristályszerkezete helyről helyre különböző.

Reflexiós elektrondiffrakciós elrendezésben a minta egy adott állásánál az előzővel azonos helyzet alakul ki, vagyis az elektronsugárral párhuzamos zónatengelyhez tartozó síkok reflexiói jelennek meg az ernyőn. A minta saját síkjában történő körbeforgatásakor azonban itt mindig más és más zónatengely lesz párhuzamos az elektronsugárral. Más-más zónába tartozó kristálytani síksereges kerülnek reflexiós helyzetbe. Mivel a kristály szerkezetéről és hibáiról kapott információk mennyisége a vizsgált reflexiók számával együtt növekszik, a reflexiós elektrondiffrakciós technika egykristályfelületek, vagy kitüntetett orientációt mutató felületi rétegek vizsgálatára elvileg is előnyösebb.

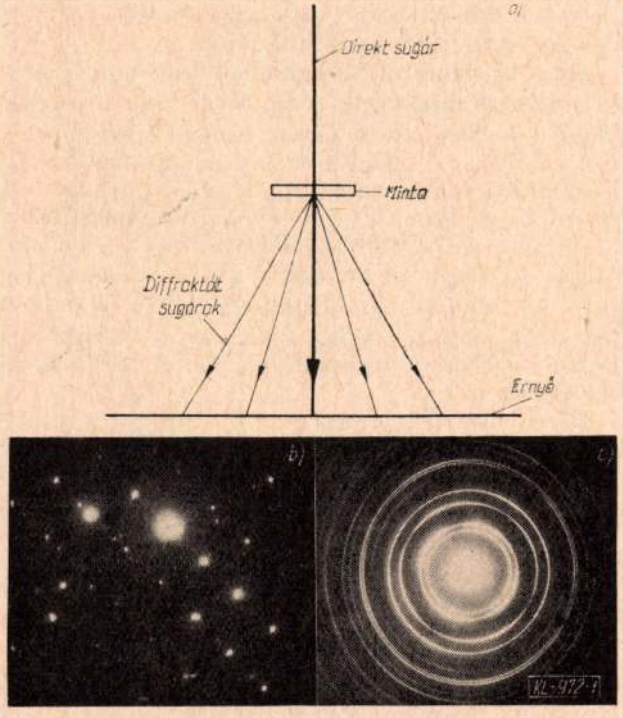
A reciprok rács. Diffrakciós felvételek értelmezése elektrondiffrakció esetében

A kristályos anyagok számos szerkezeti és fizikai tulajdonságának tárgyalását egyszerűsíti és a diffrakciós felvételek értelmezéséhez szinte elengedhetetlen a *reciprok rács* fogalmának bevezetése.

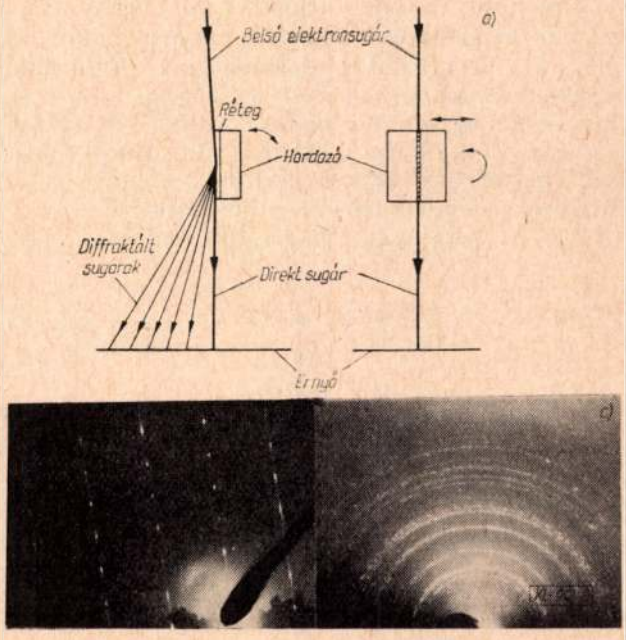
Mint tudjuk, valamely egykristályon akkor jön létre a diffrakció, ha a rácspontokon átfektetett síksereges (az előző fejezetben már említett kristálytani síkok) közül találunk olyan síksereget, amelyben a síkok egymástól mért d távolsága és a beeső sugárral bezárt Θ szögük a

$$2d \sin \Theta = n\lambda$$

Bragg-egyenletnek megfelelő kapcsolatban van egymással. A λ a beeső sugárzás hullámhossza, illetve a beeső részecskékhez tartozó hullámhossz, n pedig egész szám. Mint az előző fejezetben láttuk, egy-egy elektrondiffrakciós kép értelmezéséhez meg kell keresnünk az összes reflexiós helyzetben levő hálózati síksereget. Ezt a munkát egyszerűsíti nagymértékben a reciprok rács használata. A reciprok rácstérben minden hálózati síksereget egyetlen pont helyettesít; ez a pont a kezdőponton átmenő és a hálózati síksereg re merőleges egyenesen helyezkedik el, a kezdőponttól $1d$ távolságra. A pontrendszer rendelkezik a direkt rács minden jellegzetességével. Hibátlan rács reciprok rácsa szabályosan ismétlődő pontokból áll, a kristályrács különféle hibái pedig rájuk jellemző torzulást hoznak létre a pontok szabályos rendszerében. A reciprok rács segítségével könnyen megszerkeszthető a diffrakciós kép, illetve segítségével



1. ábra. a) A transzmissziós elektrondiffrakciós vizsgálati elrendezés vázlata; b) transzmissziós elektrondiffrakciós felvétel egykristály germánium rétegről és c) polikristályos aranyfüstről



2. ábra. a) A reflexiós elektrondiffrakciós vizsgálati elrendezés vázlata oldal-, illetve elölnézetben (a nyilak a minta mozgatási lehetőségeit jelzik); b) reflexiós elektrondiffrakciós felvételek ZnS-egykristály felületéről, és c) a felületen kivált polikristályos Zn-rétegről

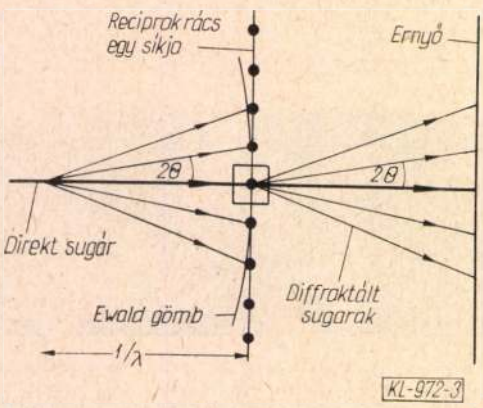
a diffrakciós képből egyszerűen következtethetünk vissza az azt létrehozó kristályrács jellemzőire.

A diffrakciós kép geometriai megszerkesztéséhez használatos másik segédeszköz az úgynevezett *reflexiós* vagy *Ewald-gömb*. Ez a gömb áthalad a reciprok rács kezdőpontján, illetve azon a ponton, ahol a beeső elektronsugár a kristályt éri. Középpontja a beeső sugárzás iránya által meghatározott egyenesen a kezdőponttól $1/\lambda$ távolságra helyezkedik el. Mivel a vizsgálatokhoz használt *60—100 kV*-os elektronokhoz tartozó hullámhossz *0,0485—0,0368* Å, így az Ewald-gömb sugara igen nagy; felülete gyakorlatilag síknak tekinthető. A Bragg-egyenlet teljesülése a kristály és a kezdőpont körül vele együtt elforduló reciprok rács olyan helyzetének felel meg, amikor valamely reciprok rácspont éppen az Ewald-gömb felületére kerül. A diffraktált sugár és a direkt sugár szöge ekkor megegyezik az Ewald-gömb középpontját a reciprok rácsponttal összekötő egyenes és a direkt sugár szögével.

A reflexiók helye így könnyen megszerkeszthető. Mivel — mint mondottuk — az Ewald-gömb közel síkká fajul, a kristály tetszőleges helyzetében a reciprok rács csaknem teljes síkja reflexiós helyzetbe kerül. Ha ezen a síkon *vannak* reciprok rácspontok az origótól nem túl nagy távolságra, amelyek a síkra merőleges zónatengelyhez tartoznak, akkor az egy zónához tartozó reciprok rácspontok alig torzított képe megjelenik a fluoreszcens ernyőn *(3. ábra)*.

A reciprok rács definíciójából következik, hogy minden egyes kristályhoz saját reciprok rácsa szorosan hozzátartozik. A kristályszerkezet deformáltsága, mérete és hibái tükröződnek reciprok rács felépítésében és torzulásaiban és így a diffrakciós képen megjelenő reflexiók intenzitáseloszlásában.

A reciprok rács definíciójából következik az is, hogy térbeli helyzetét a kristály helyzete határozza meg. Ha a kristályt adott szöggel elfordítjuk, reciprok rácsa ugyanazzal a szöggel fordul el. Így, ha két egymáshoz képest elfordult kristályt ér a sugárzás egyidőben, akkor a diffrakciós kép is két, egymáshoz képest elfordult reciprok rács szuperpozíciójának felel meg. Polikristályos anyagnál, ha a kristálykák teljes mértékben rendezetlenek, az azonos kristálytani síksereghez tartozó reciprok rácspontjaik *1d* sugarú gömbhéjon fekszenek.



3. ábra. A diffrakciós kép megszerkesztése a reciprok rács és az Ewald-gömb segítségével

Felületi rétegek különböző típusai

A tömör anyag szerkezetét, szemcseméretét, textúráját többnyire röntgendiffrakciós módszerekkel vizsgáljuk. A felületi rétegekben azonban a *szerkezet*, a *szemcseméret*, a *textúra* és ennek kapcsolata az alappal; az *orientáltság*, sőt esetleg az *összetétel* is erősen különbözhet az anyag egészére meghatározott értékektől. A megmunkálás, hőkezelés, lehűtés hatása sokszor éppen ebben a rétegben a legnagyobb, ugyanakkor ez a réteg van kitéve a legnagyobb igénybevételnek a felhasználás során. — Miután áttekintettük az elektrondiffrakciós vizsgálatokra használatos elrendezéseket és megismerkedtünk a diffrakciós kép értelmezésére bevezetett segédeszközzel, a reciprok ráccsal, nézzük meg, milyen rétegtípusok alakulnak ki szilárd testek (pl. fémek) felületén és hogyan ismerjük fel az egyes típusokat a róluk készült elektrondiffrakciós felvétel alapján:

Polikristályos felületi rétegek

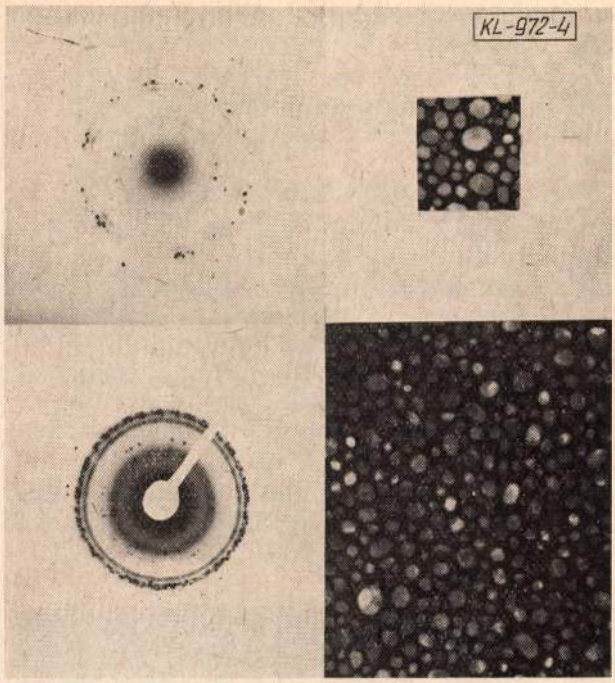
Ha a vizsgált anyagunk besugárzott térfogatában nagyon sok, kisméretű kristályszemcse található, az előbbi fejezet végén mondottak szerint ezek reciprok rácspontjai koncentrikus gömbhéjakon helyezkednek el. Ha ezeket a gömböket az Ewald-síkkal metsszük, koncentrikus köröket kapunk. Így a polikristályos anyagok diffrakciós képe is gyűrűkből, az úgynevezett *Debye—Scherrer-gyűrűk*ből áll. Az 1 *c*, illetve 2 *c* ábrákon már bemutattunk két ilyen felvételt. A 2 *c* ábrán a diffrakciós gyűrűk nem összefüggőek, hanem pettyezettek. Egy-egy petty a besugárzott térfogat egy-egy krisztallitjának reflexiója.

Ha a krisztallitok térbeli elhelyezkedésében egy kristálytani irány sincs kitüntetve, akkor a besugárzott térfogat és az elektronsugár divergenciája ismeretében, a gyűrűkön megjelenő reflexiókat leszámlálva, meghatározhatjuk az átlagos szemcseméretet. A besugárzott térfogat csökkentésével a reflexiós helyzetű kristálykák száma csökken. Végül egy vagy két kristály diffrakciós képét kapjuk. A *4. ábrán* a mondottakat szemléltetjük párologtatott indium réteg kiválasztott területéről készült elektronmikroszkópos, illetve diffrakciós felvételeken.

Ha ellenkezőleg, a besugárzott térfogatot növelnénk, vagy a kristályok méretét bizonyos határig csökkentenénk, pettyezett helyett összefüggő gyűrűk jelennének meg a felvételen. Ez az általában használatos 50—100 μm-es sugárátmérő és 80 kV-os elektronsugár esetén 200—350 Å-ös szemcseméretnél következik be (1*c ábra*).

A krisztallitok méretét tovább csökkentve, a reciprok rácspontok és így a reflexiós gyűrűk vastagsága is nő. A szemcseméret ebben az esetben a gyűrűk kiszélesedéséből becsülhető.

Polikristályos anyagok Debye—Scherrer-gyűrűinek rendszerét felhasználjuk a réteg anyagának vagy anyagainak azonosítására is. A gyűrűk átmérőjéből a rajtuk fekvő reflexiókat létrehozó háló-



4. ábra. A diffrakciós foltok számának csökkenése vékony indium-réteg besugárzott területének csökkenésekor

zati síkseregek d-értékei számolhatók. A d-értékek sorozata és a gyűrűk feketedése az anyag kristályrácsától és a rácsot felépítő részecskék anyagától függ; így ezek mért értékei alapján a réteget alkotó elem vagy vegyület táblázatok segítségével azonosítható. Mivel ezek a táblázatok röntgendiffrakciós vizsgálatok nyomán készültek, eltérést tapasztalhatunk az elektrondiffrakciós felvételen mért gyűrűk intenzitása és a táblázatban szereplő értékek között.

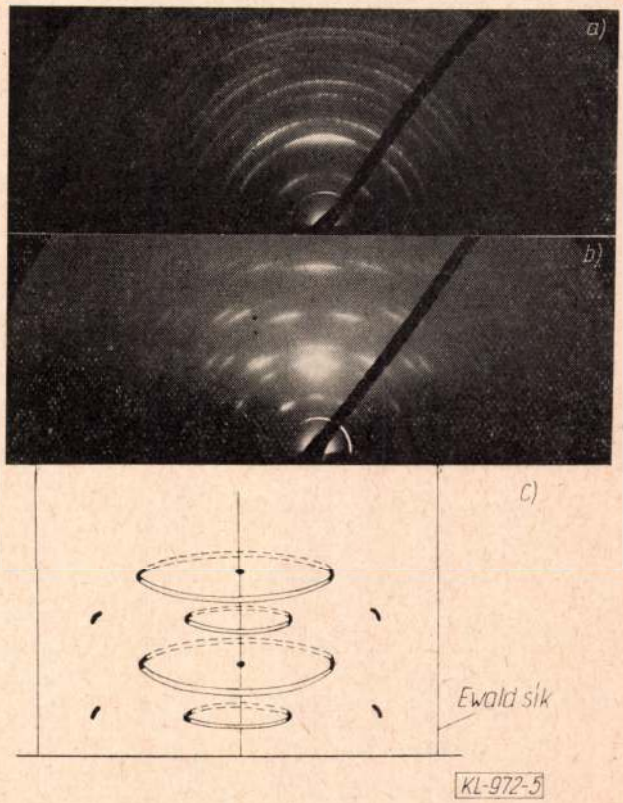
Ez az eltérés és még néhány, a gyűrűátmérők és az intenzitások mérésénél felmerülő hibalehetőség megnehezíti az elektrondiffrakciós felvételek alapján végzett azonosítást. A nehézségek ellenére azonban ez az egyetlen módszer, ha mintánk felületi rétegének anyagát, vagy a felületen esetleg kiváló szennyezést kell azonosítanunk.

Egy- és kéttengelyű rétegtextúrák

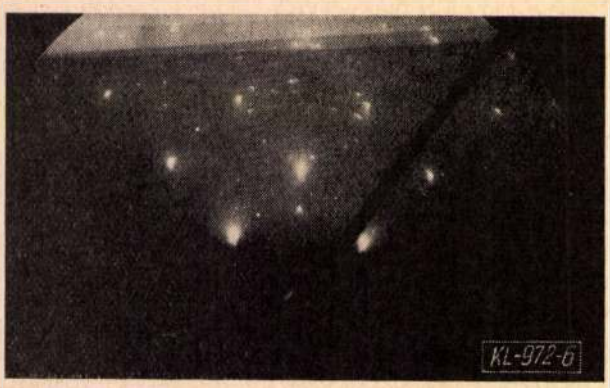
Alkalmas növekedési paraméterek megválasztásával polikristályos anyagokban, így fémekben is, mechanikai vagy más hatások következtében gyakran alakul ki kisebb vagy nagyobb mértékű rendezettség, az ún. *textúra*. Ha a felületi rétegben a krisztallitok úgy helyezkednek el, hogy egyetlen kristálytani irányuk rendeződik a próbatest geometriájához képest, akkor *egytengelyű textúrá*ról vagy *kitüntetett orientáció*ról beszélünk. Ennek leggyakrabban előforduló, és egyszerűen szemlélhető speciális esete, mikor a kristálytani tengely a felület normálisával párhuzamos, vagyis a krisztallitok azonos kristálytani síkjai párhuzamosak a felülettel. A lap normálisa körül elforgatva azonban bármilyen helyzetet felvethetnek. Az ilyen egytengelyű textúra esetében a diffrakciós kép a preparátum síkjának normálisa körül forgásszimmetrikus; a mintát körbeforgatva a kép változatlan. Az *5. ábra* két, különböző mértékű textúrát mutat. A textúra mertékét a kitüntetett orientáció tengelyének és a rendeződő kristálytani síkok normálisának szögeltérése határozza meg. Az ábrán látható kvarc (1000), illetve ($01\bar{1}2$) síkjain növesztett szilíciumrétegről készült felvételeken ez az érték a Debye—Scherrer-gyűrűkön megjelenő nagyobb intenzitású ívek hosszúságából számolva 30°, illetve 15°.

Az 5. ábrán látható, egytengelyű kitüntetett orientációjú rétegekről készült felvételeket, különösen a másodikat szemlélve, könnyen elképzelhetjük a réteg reciprok rácsát. Mivel a krisztallitokban csak egyetlen közös sík van, csak ennek normálisán elhelyezkedő reciprok rács pontjaik esnek közel egybe. A többi reciprok rácspont a normális körül rajzolt körökön, illetve gömbövön helyezkedik el. A fluoreszcens ernyőn, illetve a felvételeken is megjelenő diffrakciós kép ezeknek a köröknek metszete az Ewald-síkkal.

Erős hidegalakítás (hengerlés, kovácsolás) és hőkezelések hatására a felületen *kéttengelyű textúra* alakulhat. Az egyes krisztallitokban már két kristálytani irány lesz közel párhuzamos. Az ilyen rétegekről készült elektrondiffrakciós felvételek az egykristály-reflexióknak megfelelő helyeken tartalmaznak többé-kevésbé kiszélesedett foltokat. A mintát a felület síkjának normálisa körül forgatva az egykristályszerkezetnek megfelelő szimmetriák jelentkeznek *(6. ábra)*. A gyakorlatban több különböző textúra egymásra szuperponálódhat.



5. ábra. a) SiO_2 egykristály (100)-lapján növesztett Si-rétegről készült és egytengelyű kitüntetett orientációt mutató elektrondiffrakciós felvétel, b) Zafir egykristály ($01\bar{1}2$) lapján növesztett Si-rétegről készült egytengely, az előbbinél jobb orientációt mutató diffrakciós felvétel, c) A reciprok rács és az Ewald-sík metszete egytengelyű textúra esetén



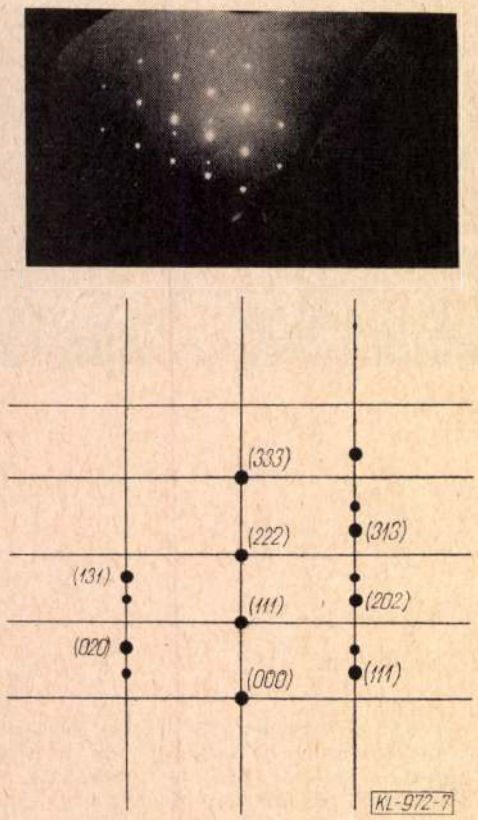
6. ábra. Kéttengelyű kitüntetett orientáció kvarc egykristály ($10\bar{1}0$) felületén növesztett Si-rétegben

Egykristályrétegek. Kristályhibák hatása a diffrakciós képre

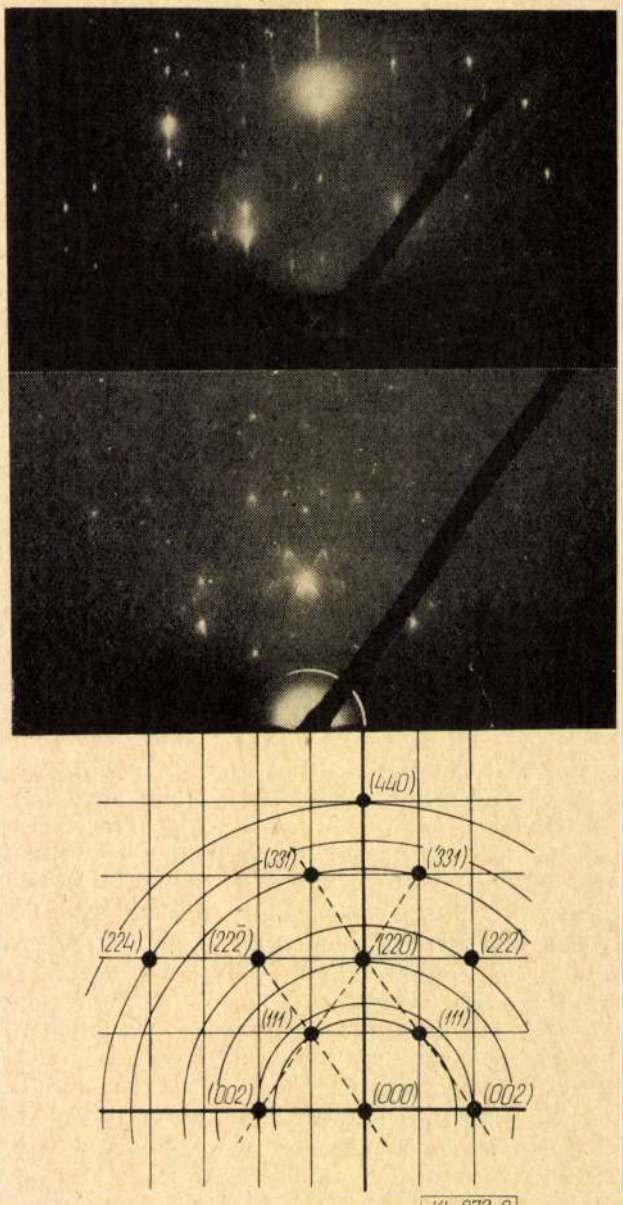
A kristályhibák fajtái, rendezetlenségek kialakulása és egyes technológiai folyamatok hatására bekövetkező változások, az anyag fizikai tulajdonságaira gyakorolt hatások egykristály, vagy nagy krisztallit felületein követhetők a legjobban. Az ilyen felületekről készített elektrondiffrakciós felvételeken a legerősebb reflexiók helyzete a felület orientációját adja meg; a kristályszerkezet hibái pedig gyengébb maximumokat vagy különböző irányú diffúz vonalakat eredményeznek.

A *7. ábrán* iker növekedését láthatjuk az (111) orientációjú germánium felületén. A felületnövekedés kristálycsírái kétféle lehetséges orientációt követhetnek köbös kristály esetében. Az egymás után következő atomrétegek szoros illeszkedésben kötve egymást jobb vagy balfelé tolódó rácsot építhetnek fel. Ezek a kezdeti csírák továbbnőve egységes réteget alkotnak, de ikerkristályként tartalmazzák a fordított illeszkedésű szigetet is. A 7. ábrán látható kis maximumok az ikertartomány reflexiói, intenzitásuk alapján az ikertartomány relatív mérete is becsülhető.

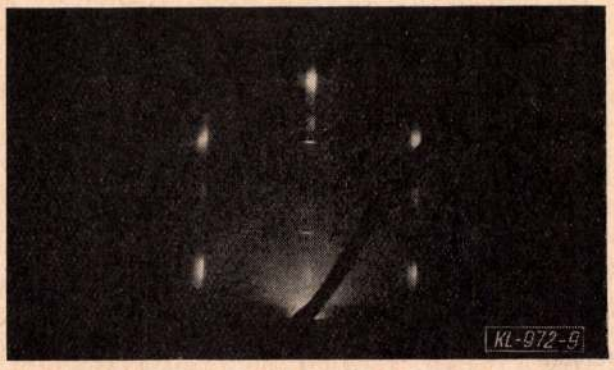
Ilyen ikertartományok természetesen nemcsak egymás mellett, hanem a rétegben egymás felett is elhelyezkedhetnek. Ha az ikresedés elég gyakori, akkor a kétféle ikerhelyzetet elválasztó illeszkedési hibák száma is megnő. Jelenlétük nyomai a reflexiókat összekötő diffúz vonalak a *8. ábrán*. A felső felvételen egyes diffuz vonalak az előző ábrának megfelelő helyen megjelenő köbös iker-reflexiókat kötik össze, de látunk ferde diffúz csíkokat is. Ezek köbös rácsban lehetséges, más ‹111› típusú irányokra merőleges síkokban helyezkednek el, és szintén tartalmazzák az ikerhelyzetnek megfelelő reflexiókat.



7. ábra. (111)-orientációjú ikres germánium-réteg



8. ábra. A réteg illeszkedési hibái miatt fellépő diffúz vonalak (111), illetve (110) orientációjú szilicium-rétegekben



9. ábra. Elektrondiffrakciós felvétel deformált germánium-rétegről

Deformációk hatására szintén diffuz vonalak jelennek meg a diffrakciós képen. Ez a diffúz vonalelrendezés azonban, mint azt a *9. ábrán* láthatjuk, már az első pillantásra eltér az illeszkedési hibáktól származó vonalrendszerektől. Míg ott csak bizonyos reflexiókat kötöttek össze diffúz egyenesek, más reflexiók viszont élesek maradtak, itt minden reflexió megnyúlik a deformációnak megfelelő mértékben és irányban. A reflexiók megnyúlása könnyen érthető, ha újra a reciprok rácsra gondolunk. Amint ott mondtuk, valamely hálózati síksereg reciprok rácspontja a síksereg normálisán fekszik; ha most a hálózati sík deformálódik, a normálisok iránya a sík különböző helyein nem marad párhuzamos. A reflexiók kiszélesednek.

Mindezek a kristályhibák természetesen nemcsak egykristály-rétegekben, hanem polikristályos felületi rétegekben is megtalálhatók. Sokkal nehezebb azonban őket azonosítani az elektrondiffrakciós felvétel alapján. Mind az illeszkedési hibák, mind a deformációk a Debye—Scherrer-gyűrűk kiszélesedését okozzák és az alap intenzitását növelik; vagyis a gyűrűk és az alap intenzitása közti különbséget csökkentik. Kedvezőbb a helyzet, ha az egyes kristályszemcsék nem túl kicsik a besugárzott térfogathoz képest, vagyis ha a gyűrűk erősen pettyezettek. Ekkor ugyanis a mintáról készült felvétel több egykristályfelvétel szuperpozíciójaként kezelhető, könnyebben meghatározható, milyen kristályhibák dominálnak a vizsgált mintákban.

Összefoglalás, következtetések

Bemutattuk, hogy az elektrondiffrakciós módszerek, de különösen a *reflexiós elektrondiffrakciós vizsgálati technika* értékes és csaknem egyedülálló segédsezköz néhányszáz Å vastagságú felületi rétegek szerkezetének vizsgálatára. A felületi réteg így meghatározott szerkezetét, összetételét, szemcseméretét, textúráját és kristályhibáit összehasonlítva az anyag belsejéről, röntgendiffrakciós vizsgálatokkal kapott eredményekkel, választ kaphatunk arra a kérdésre, hogy az egyes mechanikai, kémiai és hőokozta behatások mennyire okoznak mélyreható változásokat az anyagban. Ez esetleg lehetővé teszi, hogy kiválaszthassuk azt a technológiai műveletsort, amely az anyag belsejében és felületén, a felhasználás szempontjából legelőnyösebb szerkezetet hozza létre.

IRODALOM

[1] *Barna Á.—Farkasné Jahnke M.—Gadó P.—Hargittai I.—Hargittai M.—Pócza J.—Tremmel J.—Zsoldos L.:* Az elektrondiffrakció és gyakorlati alkalmazása. Tanfolyamjegyzet, Méréstechnikai és Automatizálási Tudományos Egyesület. Budapest, 1968.

[2] *Pinsker, Z. G.:* Electron Diffraction. Butterworths Scientific Publ., London, 1953.

[3] *Raether, H.:* Elektroneninterferenzen, Handbuch der Physik XXXII. Springer Verlag, Berlin—Göttingen—Heidelberg, 1957.

[4] *Vainshtein, B. K.:* Structure Analysis by Electron Diffraction. Pergamon, Oxford, 1964.

A textúrák jellemzésének és meghatározásának lehetőségei

ARATÓ PÉTER okl. fizikus
Csepeli Fémmű, Budapest

DK: 548.735.6 : 548.114

A textúrák fogalma, jellemzésének különböző módszerei. Orientációsűrűség, pólusábrák, textúraparaméterek. A meghatározás mai lehetőségei. A jellemzési mód választásának szempontjai.

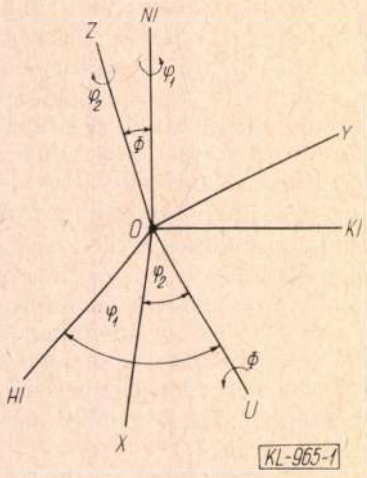
Bevezetés

Az, hogy a fémeknek és ötvözeteknek kristályos szerkezete van, ma az elemi ismeretek közé tartozik. Az is nyilvánvaló, hogy a fémet alkotó krisztallitok anizotrópok; mechanikai, mágneses és egyéb tulajdonságaik függenek attól, hogy a mérés, illetve az igénybevétel iránya hogyan helyezkedik el az illető krisztallit kristálytani irányaihoz képest. Mégis, a kohászati gyakorlatban sokszor nem törődünk azzal, hogy hogyan helyezkednek el egy termék krisztallitjai, vagyis hogy milyen az anyag *textúrája*; pedig tulajdonságai jelentősen függhetnek ettől. Napjainkban egyre fontosabb az a törekvés, hogy számunkra kedvező textúrájú gyártmányokat állítsunk elő és ily módon kedvezőbb mechanikai, mágneses és egyéb tulajdonságokat érjünk el. A textúrák megismerésével lehetőség nyílik arra, hogy elkerüljük a kedvezőtlen textúrát és annak következményeit, pl. a mélyhúzásra igénybe vett lemezek „fülesedését".

Orientáció

A textúra jellemzésekor a krisztallitok elhelyezkedését, orientációját, egy a próbadarabhoz rögzített koordinátarendszerhez képest adjuk meg. Lemezek esetén például a koordinátatengelyek célszerűen a *hengerlés iránya* (*HI*), a *hengerlési sík normálisa* (*NI*), és a fenti kettőre merőleges *keresztirány* (*KI*). Egykristály helyzetét egy adott koordinátarendszerben három számmal, a három orien-

tációs koordinátával jellemezhetjük egyértelműen. Jellemezhetőek például a φ_1, Φ, φ_2 Euler-szögekkel *(1. ábra)*. Itt *HI*, *KI*, *NI* a próbához rögzített koordinátarendszer; *OX*, *OY*, *OZ* pedig a kristályhoz rögzített koordinátarendszer. Az *OU* irány merőleges *NI*-re és *OZ*-re. A *HI*, *KI*, *NI* rendszer három elforgatással átvihető az *OX*, *OY*, *OZ* rendszerbe. Az első forgatás tengelye *NI*, szöge φ_1; a második tengelye *OU*, szöge Φ, a harmadik forgatás tengelye *OZ*, szöge φ_2.



1. ábra. Az Euler-szögek definíciója

Az orientáció jellemzésének egy másik lehetséges módja megadni, hogy a krisztallit melyik (*hkl*) síkja esik egybe a hengerlés síkjával, és melyik [*uvw*] iránya párhuzamos *HI*-val. (Ez is három adat, mivel [*hkl*] és [*uvw*] egymásra merőleges egységvektorok.) A három Euler-szöget, vagy bármilyen más módon definiált orientációs koordinátát összefoglalhatjuk egy **g** orientációs vektorban [1].

Orientáció eloszlásfüggvény

A polikristályos anyag textúrájának teljes jellemzése történhet úgy, hogy megadjuk minden egyes krisztallitjának orientációját. Az egyes krisztallitok orientációja durvaszemcsés anyagok esetében röntgendiffrakcióval [2], finomabb szemcsés anyagok esetében elektrondiffrakcióval [3, 4] határozható meg. Ha azonban azt akarjuk, hogy a megvizsgált szemcsék statisztikailag képviseljék az egész próbát, igen nagyszámú orientációmérést kell végezni és ez rendkívül sok időt vesz igénybe. *Haessner* és munkatársai [4] 560 szemcse orientációját határozták meg egy 95% fogyással hengerelt réz deformációs textúráját vizsgálva, de úgy vélték [5], hogy ennyi szemcséből sem lehet bizonyossággal arra következtetni, hogy kockaorientációjú szemcsék nincsenek jelen az anyagban.

Célszerű a mért orientációkat egy háromváltozós $n(\mathbf{g})$ orientáció eloszlásfüggvényben összefoglalni.

$$\frac{dN}{N} = n(\mathbf{g})\,d\mathbf{g} = n(\varphi_1, \Phi, \varphi_2)\frac{\sin\Phi}{8\pi^2}\,d\varphi_1\,d\Phi\,d\varphi_2 \quad (1)$$

Itt N a vizsgált szemcsék száma, dN azon szemcsék száma, amelyek orientációja az orientációtérben **g** és **g**+d**g** közé esik.

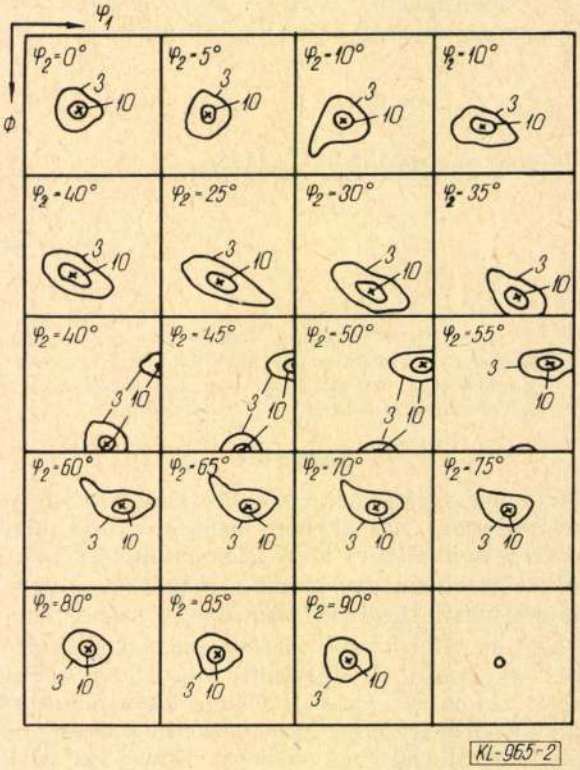
Hasonló módon definiáljuk az $f(\mathbf{g})$ térfogati orientációs eloszlásfüggvényt, amely azt adja meg, hogy a próba V térfogatának milyen része rendelkezik **g** és **g**+d**g** közötti orientációval.

$$\frac{dV}{V} = f(\mathbf{g})\,d\mathbf{g} = f(\varphi_1, \Phi, \varphi_2)\frac{\sin\Phi}{8\pi^2}\,d\varphi_1\,d\Phi\,d\varphi_2 \quad (2)$$

A kétféle módon definiált $f(\mathbf{g})d\mathbf{g}$ és $n(\mathbf{g})d\mathbf{g}$ orientációs eloszlásfüggvények csak akkor egyeznek meg, ha a különféle nagyságú szemcsék orientációinak eloszlása egyező. Egy részben másodlagosan újrakristályosodott próba esetében erősen különbözhetnek is.

Nyilvánvaló, hogy a **g** számhármas csak egy egykristály orientációjára jellemző. Polikristályos anyag textúrája nem jellemezhető három számmal. Különösen a régebbi irodalomban fordul elő, hogy a textúrát egyetlen ideális helyzettel jellemzik. Megadják például, hogy az anyag „kockatextúrás", vagyis hogy az (100) sík párhuzamos a hengerlés síkjával, és a [001] irány párhuzamos a hengerlés irányával. Ennek csak abban az esetben van értelme, ha a textúra jellege olyan, hogy a krisztallitoknak, vagy legalábbis túlnyomó többségüknek az orientációja ehhez az ideális helyzethez közeli. Még ekkor is meg kell adni, hogy ez a „közeli" mekkora eltérést jelent. Bonyolultabb textúránál az ideális helyzet megadásának nincs értelme. Így például **a** *2. ábrán* feltüntetett esetben sem, ahol a maximális valószínűségű helyek az orientációs térben nem egy pont körül csoportosulnak, hanem egy „orientáció csőben" találhatók.

A 2. ábrán 90%-osan hengerelt rézlemez $f(\mathbf{g})d\mathbf{g}$ orientációs eloszlásfüggvényét láthatjuk [6]. A háromváltozós függvény állandó φ_2-höz tartozó metszeteit ábrázolták.



2. ábra. 90% vastagságcsökkenéssel hengerelt rézlemez orientációs eloszlásfüggvénye [6]

Pólussűrűség, pólusábrák

Az orientációs eloszlásfüggvény meghatározása igen bonyolult, ezzel szemben a pólussűrűség röntgen-, vagy neutrondiffrakció segítségével közvetlenül megkapható [7]. A $P_{hkl}(\alpha, \Psi)\,d\Omega$ pólussűrűség azt jelenti, hogy az anyag V térfogatából dV-nek olyan az orientációja, hogy (hkl) síkjainak normálisa az (α, Ψ) irány körüli $d\Omega$ térszögbe mutat.

$$\frac{dV}{V} = P_{hkl}(\alpha, \Psi)\,d\Omega = P_{hkl}(\alpha, \Psi)\sin\alpha\,d\alpha\,d\Psi \quad (3)$$

Itt (α, ψ) a térbeli irány jellemzése a próbához rögzített koordinátarendszerben a szokásos gömbi koordinátákkal *(3. ábra)*.

A pólusábra nem más, mint a $P_{hkl}(\alpha, \Psi)\,d\Omega$ függvény szintvonalas ábrázolása. Az egyes térbeli irányoknak egy kör belsejének egy-egy pontját feleltetjük meg a sztereografikus vetítés elvei szerint *(4. ábra)*. Bármelyik irány sztereografikus vetületét úgy kapjuk meg, hogy az illető iránnyal párhuzamost húzunk a projekciós gömb középpontján át. Ez, a gömböt egy P pontban döfi. A P pontot összekötve a gömb $ÉD$ tengelyének átellenes végpontjával, ez a fenti tengelyre merőleges e síkot egy Q pontban metszi. A Q az OP irány sztereografikus vetülete. Az $ÉD$-tengelyt célszerű NI-vel párhuzamosra választani. Ekkor HI és KI vetülete a k kör kerületén lesznek *(5. ábra)*. Az 5. ábrán vázlatosan feltüntettük az α=*állandó* irányok projekcióit (ezek köröket alkotnak), és a Ψ=*állandó* irányok vetületeit (ezek a középponton átmenő egyenesek).

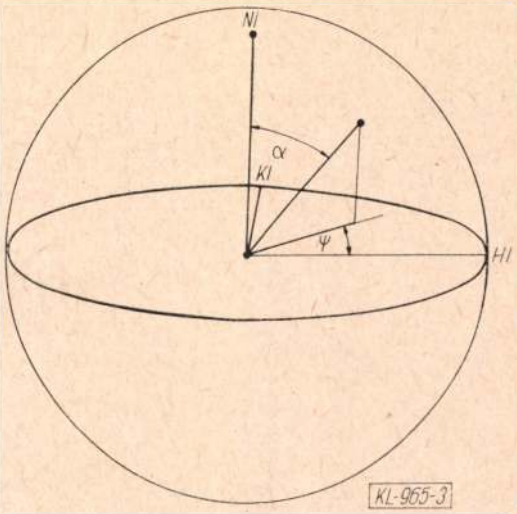
A pólusábra úgy készül, hogy azoknak az irányoknak a projekcióit, amelyekre a $P(\alpha, \Psi)\,d\Omega$ = =*állandó*, összekötjük. A *6. ábrán* például 99,7% fogyással hengerelt nikkel $\{111\}$- és $\{200\}$-pólusábráit tüntettük fel. A P függvény egységeként a rendezetlen textúrájú (az f-függvény értéke állandó) próba pólussűrűségét választottuk.

A P_{hkl} pólussűrűség kevesebb információt tartalmaz, mint az orientációs eloszlásfüggvény, hiszen ha csak azt tudjuk, hogy a krisztallit pólusa az (α, Ψ) irányba mutat, ez a két adat az orientációt még nem határozza meg egyértelműen. Maradt egy szabadsági fok, a (hkl) pólus körüli γ szögű forgás. A pólussűrűség az orientációsűrűség egy vonalintegrálja az orientációs térben:

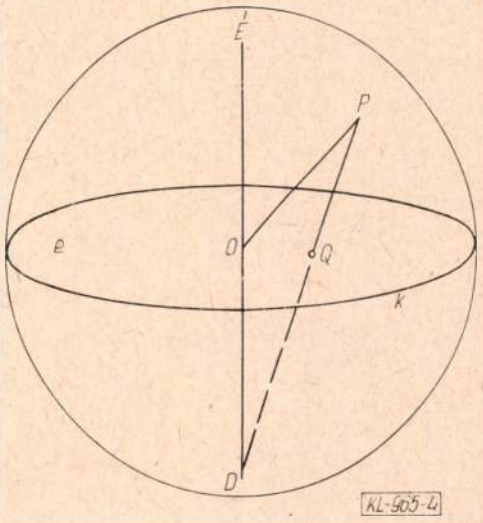
$$P_{hkl}(\alpha, \Psi) = \int f(\varphi_1, \Phi, \varphi_2)\,d\gamma. \quad (4)$$

Az integrálást azokon a φ_1, Φ, φ_2 értékeken át végezzük, amelyekre a (hkl) sík normálisa (α, ψ) irányba mutat.

A pólussűrűség nem ekvivalens az orientációsűrűséggel. Elvileg elképzelhető, hogy különböző orientációsűrűségű próbák, azonos pólussűrűséget adnak. [8] Ha egyazon anyagról több reflexióban készült pólusábra, a félreértés valószínűsége csökken. Magas szimmetriájú anyag esetében a helyzet azért is kedvező, mert egyazon (hkl) pólusábrán egy krisztallit több helyre reflektál. Köbös rendszerben például az $\{111\}$ pólusábrán az (111) $(\bar{1}11)$ $(1\bar{1}1)$ és $(11\bar{1})$ síkok reflexióját kapjuk meg. Matematikailag ez azt jelenti, hogy az f orientációs



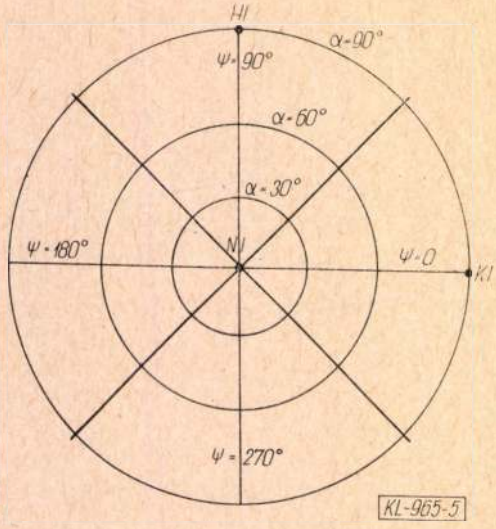
3. ábra. Az α, ψ szögek definíciója



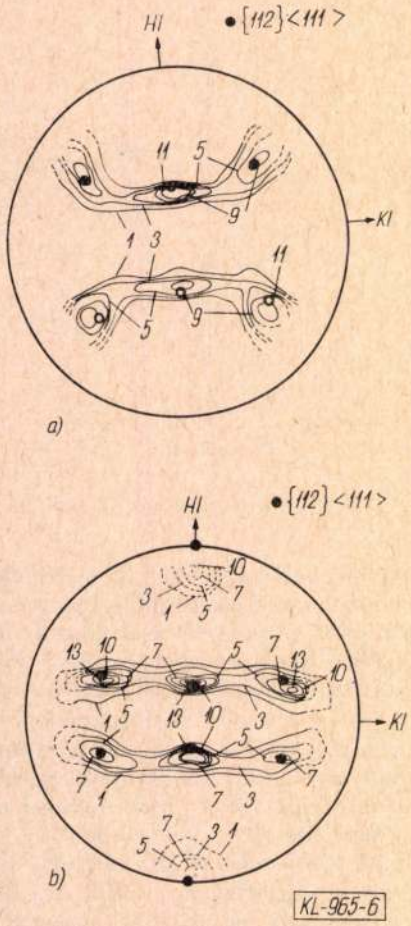
4. ábra. A sztereofotografikus vetítés elve

eloszlásfüggvénynek tükröznie kell mind a kristályrendszer, mind a makroszkopikus próba szimmetriáit. Ezért lehet az orientációsűrűséget nagypontosságú közelítő módszerekkel, néhány pólusábrából meghatározni. Erre iterációs [9] és sorfejtésen alapuló [10, 11] módszereket dolgoztak ki. *Bunge* mind az orientációsűrűséget, mind a pólussűrűséget általánosított gömbfüggvények szerint fejti sorba. A gömbfüggvények általánosítása úgy történik, hogy azok a próba-, illetve a kristályrendszer szimmetriáját tükrözzék. A sorokat (4)-be helyettesítve egyszerű összefüggés adódik az f, illetve P függvények sorainak együtthatói között. Köbös rendszerű anyagok esetében mindössze két pólusábrából megkapható f sorának első 22 tagja [12]. Az ennél magasabb rendű, a sorfejtés során elhanyagolt tagok teljes periódusa legfeljebb 15°.

A 2. ábrán feltüntetett orientációeloszlási függvényt neutrondiffrakcióval meghatározott $\{111\}$, $\{200\}$, $\{220\}$ és $\{311\}$ pólusábrákból határozták meg 22 tag pontossággal [6]. Mivel a pólusábrák száma több volt a minimálisan megkívántnál, f sorának együtthatóit a legkisebb négyzetek módszerével határozták meg.



5. ábra. A projekció köre (vázlatosan)

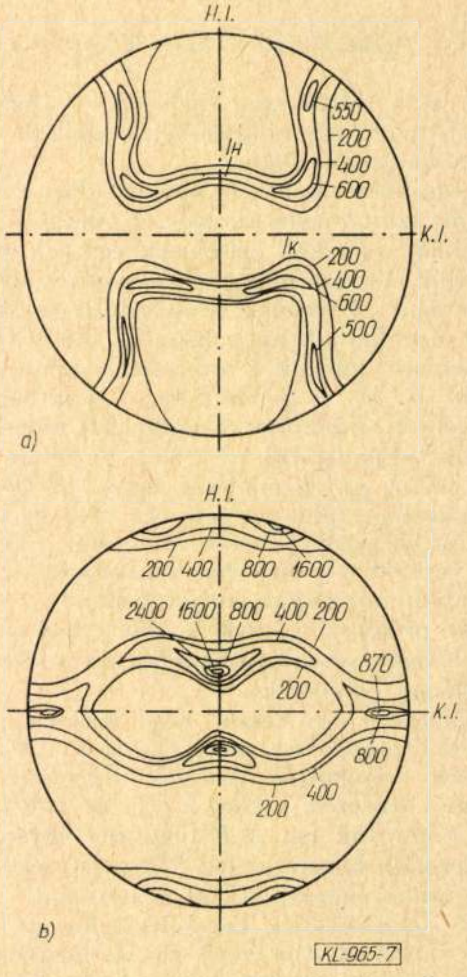


6. ábra. 99,7% vastagságcsökkenéssel hengerelt nikkellemez pólusábrái a) {200} b) {111}

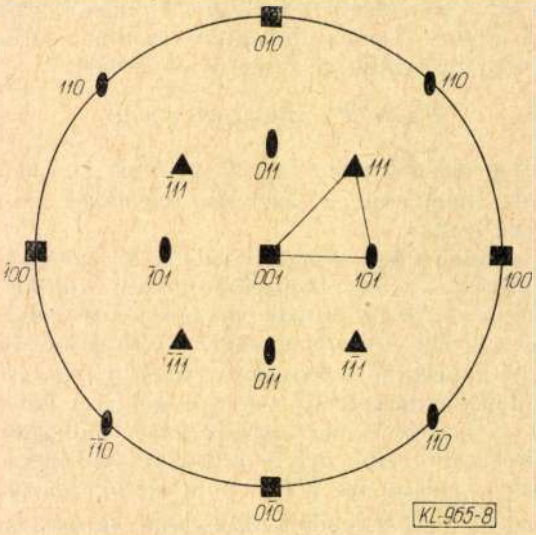
Az, hogy két pólusábra elég nagy pontossággal ekvivalens az orientációs eloszlásfüggvénnyel, azt is jelenti, hogy két pólusábrából az f függvény jellegére vonatkozóan elvileg korrekt következtetéseket vonhatunk le akkor is, ha az orientációsűrűséget numerikusan nem határoztuk meg. A 6. ábrát összevetve a 7. *ábrával*, amelyen 95%-osan hengerelt réz {111} és {200} pólusábrái láthatók, megállapítható, hogy a nikkel textúrája igen nagy hengerlések után a „réztípusú"-ból {112} ⟨111⟩ típusúvá válik [24].

Inverz pólusábrák

Eddig a krisztallitok orientációját vizsgáltuk a próbához rögzített koordinátarendszerben. Gyakran célszerű ennek az eljárásnak a fordítottját al-



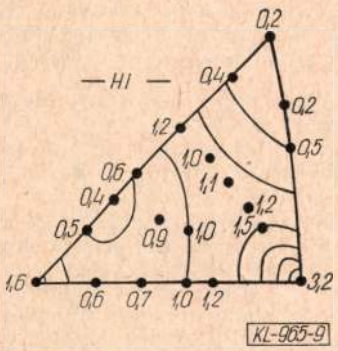
7. ábra. 95% vastagságcsökkenéssel hengerelt réz pólusábrái a) {200} b) {111}



8. ábra. Köbös rendszerű kristály [001] projekciója

kalmazni. Valamilyen makroszkopikusan kitüntetett irány (pl. huzal húzási iránya, vagy lemeznél a síknormális és a hengerlési irány) eloszlását ábrázoljuk ilyenkor a kristályhoz rögzített rendszerben. Így az *inverz pólusábrát* vagy ábrákat kapjuk [13]. Ezúttal is sztereografikus vetítést alkalmazunk. Köbösrendszerű kristálynál ÉD tengelynek a [*001*] irányt választjuk, aminek következtében a többi kristálytani irány vetülete a *8. ábrán* látható módon helyezkedik el. A szimmetria miatt elegendő az inverz pólusábrát egyetlen háromszögre, például az *(111) (001) (101)* háromszögre megadni.

Hengerszimmetrikus textúrák esetében az inverz pólusábrák közvetlenül kimérhetők [14], de hengerelt lemezek esetében ez nem lehetséges. Az orientációeloszlási függvényből az inverz pólusábrák kiszámolhatók [12]. Különböző {*hkl*} reflexiók intenzitását kimérve, az adott irányban az inverz pólusábra egyes pontjait kapjuk meg; vagyis azt, hogy milyen valószínűséggel mutat {*hkl*} pólus az illető irányba. A *9. ábrán* 70% vastagságcsökkenéssel hengerelt és 700 °C-on 4 órán át lágyított acéllemez a hengerlési irányának inverz pólusábráját láthatjuk [15] 20 reflexió intenzitásának mérése alapján. Jól látható, hogy a hengerlési irány legnagyobb valószínűséggel az [*110*] irányba mutat, de van egy mellékmaximum [*100*] környékén is.



9. ábra. 70% vastagságcsökkenéssel hengerelt és lágyított acéllemez a hengerlési irányok inverz pólusábrája [15]

Textúraparaméterek

Minden olyan esetben, amelyben sok egymáshoz eléggé hasonló textúrájú próbadarabot kell vizsgálni, és kisebb különbségeket kimutatni, előtérbe kerül a textúraparaméterek használata. Ha az orientációsűrűség jellege nem változik, kisebb kvantitatív eltolódásainak a pólusábrák kvantitatív eltolódásai felelnek meg. Ilyen esetekben elégséges a pólusábra két alkalmasan megválasztott helyén mérni a pólussűrűséget. A két érték hányadosa jellemző lehet a textúra alakulásának mértékére.

Lapcentrált köbös rácsú fémek és ötvözetek hengerlési textúrájának vizsgálatára különösen sokszor használtak textúraparamétereket, mivel a textúra jellege még különböző fémek és ötvözetek esetében is hasonló [14, 16]. Már 1955-ben használt *Smallman* [17] textúraparamétert az összetétel hatásának vizsgálatára. Azóta különböző szerzők mintegy 10 paramétert vezettek be [18], ami arra mutat, hogy ilyen sokat vizsgált esetben sem könnyű az optimális jellemzőt kiválasztani. Az alkalmazott paraméternek elég érzékenyen kell tükröznie a textúra változásait, ha a vizsgálati anyagra jellemző adatok (anyag összetétele, hengerlés mértéke, hőmérséklete stb.) változnak. Másrészt előnyös, ha a paraméter értéke kevéssé függ a mérési körülmények kisebb pontatlanságaitól. Az utóbbi szempont miatt kedvezőbbnek gondoljuk, ha a pólussűrűséget nem a pólusábra fix pontjaiban mérjük, hanem egy egyenes mentén maximumokat, vagy minimumokat határozunk meg. Az ilyen paramétert úgy határozhatjuk meg [19, 20], hogy a (*200*) pólusábrán a maximális pólussűrűséget mérjük *HI* és *NI*, illetve *NI* és *KI* közötti irányokban (a 7. ábrán vastag vonallal jelölve). A kapott I_H és I_K értékekből képezni kell a $T_{HK}=I_H/I_H+I_K$ hányadost. T_{HK} értéke 98%-osan hengerelt nikkel esetében 0,88, 50% nikkeltartalmú vas—nikkel-ötvözet esetében 0,82, míg 60% nikkeltartalmú vas—nikkel-ötvözet esetében 0,71. Ugyanakkor 63% réztartalmú sárgaréz esetében 0,13. A mért T_{HK} értékek jellemzőek a hengerlési textúrára. Ezt az is alátámasztja, hogy egyazon körülmények között hőkezelve az anyagokat, az újrakristályosodási textúra összefüggésbe hozható ezzel az értékkel [18].

A „texturáltságot" vagy a „textúra élességet", egy olyan paraméterrel lehet jellemezni [21], amely azt tükrözi, hogy az orientációsűrűség mennyiben tér el az átlagostól:

$$J=\int(f-1)^2\,\mathrm{d}g. \qquad (5)$$

Rendezetlen orientációjú próbára $f=1$, tehát $J=0$; egykristályra J végtelen.

J helyett használhatunk olyan paramétert, amely azt tükrözi, hogy a pólussűrűségek mennyiben térnek el az átlagostól. Például *Truszkowski* a következő paramétert használta [22]:

$$T_c=\sum_{i=1}^{n} P_i(1-I_i)^2. \qquad (6)$$

A pólusábrasűrűséget n sávra osztotta; I_i az i-edik sáv átlagos intenzitása, P_i pedig azon térszög, amelyben az intenzitás az i-edik sávba esik. T_c értéke könnyen kiszámolható, ha a pólusábrát nem sztereografikus vetületben, hanem olyan vetületben rajzoljuk meg, amelynél azonos térszögnek a pólusábra azonos területe felel meg. Az ilyen módon meghatározott T_c érték és a fülesedés mértéke között Truszkowski jó összefüggést talált [22].

A textúra jellemzése

A textúra vizsgálati módszereivel cikkünkbe nem foglalkozunk részletesen, a megfelelő összefoglaló munkák rendelkezésre állnak [7, 14, 23]. Mint újabb fejleményt azt említjük meg, hogy a pólusábrákat röntgendiffrakción kívül neutrondiffrakcióval is meg lehet határozni [6]. Ez azért előnyös, mivel a neutronok abszorbciós együtthatója a legtöbbet vizsgált fémekre *0,05—1*, míg röntgensugarakra *10—500*. Ez azt jelenti, hogy neutronokkal nagyobb térfogatot vizsgálhatunk egyszerre, tehát jobb lesz a statisztika, és a mérés pontossága is nagyobb. Természetesen, ahol nem áll rendelke-

zésre reaktor, a pólusábrákat a jövőben is várhatóan röntgendiffrakcióval fogják meghatározni.

A textúra teljes leírását az orientáció eloszlásfüggvénye adja meg. Ez egyrészt szemcsénkénti orientáció-meghatározással kapható meg, ami igen hosszadalmas. Másrészt több különböző {*hkl*} értékekhez tartozó pólussűrűségből közelítő numerikus módszerekkel is célt érünk. Az utóbbihoz teljesen automatizálni kell a pólussűrűség felvételét. Meg kell valósítani, hogy a berendezés közvetlenül lyukszalagra lyukassza a mért adatokat, és el kell készíteni a megfelelő számítógépes programokat. Ha ez megtörtént, az orientációsűrűség meghatározása már nem túl hosszadalmas. *Véleményünk szerint az 1970-es években a textúrakutatás élvonalát azok az intézetek fogják jelenteni, ahol arra a számítógépes technikára időben felkészülnek.*

A problémák túlnyomó többségénél elégséges, ha a vizsgálat elején röntgendiffrakcióval meghatározzák néhány anyag pólusábráját egynél több reflexióra vonatkozóan. Ha ezekből, és az irodalomból a textúra típusát biztonsággal megítélhetjük, elégséges a továbbiakban vagy alkalmasan megválasztott textúraparaméterrel dolgozni, vagy pedig egyéb metallográfiai, mágneses stb., gyors textúrameghatározási módszert alkalmazni.

Összefoglalás, értékelés

Cikkünk elején definiáltuk a textúra fogalmát és a teljes jellemzését jelentő, orientációs eloszlásfüggvényét. Foglalkoztunk a pólussűrűséggel és az inverz pólussűrűséggel. Tárgyaltuk, hogy ezek a sűrűségfüggvények milyen módon határozhatók meg, és meghatározásuk milyen esetben előnyös. Sorozatvizsgálatokban célszerű a textúraparaméterek alkalmazása, ezek megválasztásánál azonban gondosan kell eljárni.

A vektorjellegű jellemzők értéke polikristályos anyag esetében függ a próba textúrájától. Ha egykristály esetében az érdekes tulajdonság értéke csak az orientációtól függ és attól ismert módon függ, az orientációs eloszlásfüggvényből elméletileg megjósolhatjuk átlagértéküket a polikristályos próbára vonatkozóan.

Ma még nem ismerünk olyan eljárásokat, amelyekkel tetszőleges anyagból az optimális textúrát előállíthatjuk. Világszerte intenzív kutatómunka folyik azonban abból a célból, hogy jobban megismerjük a textúra keletkezésének módjait és hogy kedvezőbb textúrájú anyagokat, előnyösebb sajátságokat kapjunk.

IRODALOM

[1] *Bunge, H. J.:* Matematische Methoden der Texturanalyse. Akademie-Verlag, Berlin, 1969.
[2] *Dunn, C. G.—Walter, J. L.:* J. Appl. P. *31* (1960) 827.
[3] *Lucke, K.—Perlwitz, H.—Pitsch, W.:* phys. stat. sol. *7* (1964) 733.
[4] *Haessner, F.—Jakubowski, U.—Wilkens, M.:* Phys. stat. sol. *7* (1964) 701.
[5] *Beck, P. A.—Hu, Hsun.:* Recrystallization, Grain Growth and Textures. ASM, Metals Park, 1966. 399. o.
[6] *Bunge, H. J.—Tobisch, J.:* Z. Metallk. *59* (1968) 471.
[7] *Arató P.—Bene E.:* Gép *21* (1969) 494.
[8] *Bunge, H. J.:* Texturen in Forschung und Praxis. Springer, Berlin—Heidelberg—New York, 1969. 24. o.
[9] *Williams, R. O.:* Trans. Met. Soc. AIME *242* (1968) 104.
[10] *Bunge, H. J.:* Z. Metallk. *56* (1965) 872.
[11] *Roe, R. J.:* J. Appl. P. *36* (1965) 2024.
[12] *Bunge H. J.—Haessner, F.:* J. Appl. P. *39* (1968) 5503.
[13] *Jetter, L. K.—McHargue, C. J.—Williams, R. O.:* J. Appl. P. *27* (1956) 368.
[14] *Wassermann, G.—Grewen, J.:* Texturen metallischer Werkstoffe. Springer, Berlin—Göttingen—Heidelberg, 1962.
[15] *Nagashima, S.—Takeuchi, H.—Kato, H.:* Texturen in Forschung und Praxis. Springer, Berlin—Heidelberg—New York, 1969. 444. old.
[16] *Bunge, H. J.:* Some results obtained by the three dimensional texture analyses. Előadás a „Quantitative Analysis of Textures" című szemináriumon. Krakkó, 1971. szept. 1—6.
[17] *Smallman, R. E.:* J. Inst. Met. *84* (1955—56) 10.
[18] *Arató P.—Bene E.:* előkészületben.
[19] *Leffers, T.:* Scripta Met. *2* (1968) 447.
[20] *Bene E.:* Lapcentrált köbös rácsú fémek textúráinak vizsgálata röntgendiffrakciós módszerrel. Doktori értekezés, ELTE, Budapest, 1968.
[21] *Sturken, E. F.:* US AEC-Rep. NLCO-804 (1960) 9. Idézi [1] 81. oldal.
[22] *Truszkowski, W.:* The kinetics of the formation of rolling texture in FCC metals and its relation to the mechanical anisotropy. Előadás a „Quantitative Analysis of Textures" című szemináriumon Krakkó, 1971. szept. 1—6.
[23] *Kudrjavcev, I. P.:* Tyekszturü v metallah i szplavah. Metallurgija, Moszkva, 1965.

Új martinacélgyártási technológia a hulladék-oxigén eljárás

MIKÓ JÓZSEF okl. kohómérnök, tudományos munkatárs
(Nehézipari Műszaki Egyetem Tüzeléstechnikai Tanszék, Miskolc)

DK: 669.183.218.54.001.5

A tanulmány célja a Moszkvai Acélintézetben M. A. Glinkov professzor vezetésével kidolgozott hulladék-oxigén eljárás megismertetése a hazai acélgyártó szakemberekkel.

A tanulmány tartalmazza a hulladék-oxigén eljárás elvi szempontjait és a szokásos hulladék-érc eljárással szemben fennálló indokoltságát: az eljárás technológiai feltételeit: a nyersvas melegítési idő, illetve a hulladékberakási időpont és ütem meghatározásának alapjait: a Szovjetunióban végzett kísérletek alapján az eljárás előnyeit: a hazai megvalósítás során figyelembe veendő legfontosabb feltételeket.

Bevezető megfontolások

A hagyományos hulladék-érc martinacélgyártási eljárásnál — mint ismeretes — energetikai szempontból a hulladék és a hozaganyagok előmelegítésének mértéke, valamint a rakáskor bevitt érc mennyisége meghatározó jelleggel rendelkezik. Ennél az eljárásnál az adaggyártás a hideg betétanyagok berakásával kezdődik, így feltétlenül szükséges ezek nyersvas-beöntés előtti előzetes hevítése.

A hulladék beolvadása a hulladék-érc eljárásnál és a konverterben történő acélgyártásnál egyaránt a folyékony nyersvasban megy végbe, mégpedig olyan körülmények között, amikor az acélhulladék olvadási hőmérséklete nagyobb az olvadék hőmérsékleténél.

A hulladék olvadékba való átmenete a következőképpen magyarázható [1]: a karbon a hulladék felületi rétegébe diffundál, miáltal annak olvadáspontját az olvadék hőmérsékletéig lecsökkenti, s a felkarbonizált réteg oldatba megy. A folyamat szakadatlan ismétlődése a hulladék gyors olvadékba való átmenetét eredményezi. Emellett nincs kizárva a vasatomok szilárd fázisból folyékony fázisba történő közvetlen diffúziója sem. Következésképpen minden acélgyártási eljárásnál a hulladék beolvadása a hőátvitel mellett a tömegátviteltől függ, jóllehet a hulladék beolvasztásában a tömegátviteli jelenségek szerepe a különböző eljárásoknál lényegesen különbözik.

A martinkemence fürdőjének oxigénes fúvatása esetén e jelenlegi folyékony nyersvas feldolgozási technológiáját energetikailag sok esetben nem teljesen megalapozottnak kell tekinteni, s igazolható az olvasztás hideg hulladék berakásával való kezdésének elkerülhetősége. A szokásos hulladék-érc eljárásnál az adagolás gyorsításának és a melegítési idő rövidítésének mértékében erősen csökken a csapolandó acélban a hulladék entalpia részesedése és nő a hulladék hűtőképessége. A hulladék entalpiájának szerepe természetesen annál kisebb, minél intenzívebb a beolvasztás periódusában a láng hőátadása. A *M. A. Glinkov* [2] által kidolgozott és javasolt hulladék-oxigén eljárás kiküszöböli az olvasztás hideg kezdését, ezáltal a bevezető, valamint az ezt követő periódusok hőtechnikai feladatainak és technológiai lehetőségeinek aránytalanságát. Ez az eljárás előre figyelembe veszi a fürdő oxigénes fúvatása által létrejövő intenzív karbonoxidáció periódusában a hulladéknak a folyékony vasban való olvadását.

Az érc lényegesen csökkenti a nyersvasban levő Si és Mn hőegyenértékét, ezért a betétbe csak olyan kis mennyiségű revét és meszet célszerű adagolni, amely a nyersvas melegítés időszakában 20—25% SiO_2 tartalmú, kb. 2-es bázicitású, viszonylag kis mennyiségű salakot eredményez. A kis mennyiségű salak (0,7% Si tartalmú nyersvas esetén kb. 6%) és annak tulajdonságai lehetővé teszik dolomitgátnélküli üzem megvalósítását. Átlagos S és P tartalmú nyersvas esetén az olvasztás folyamán nincs, vagy csak kis mennyiségben van salakeresztés, ami nagy folyékony fémkihozatalt tesz lehetővé. A kész acél P tartalmát a szükséges mennyiségű és összetételű végsalak létrehozása biztosítja.

A folyékony nyersvas beöntése után a fürdő intenzív oxigénes fúvatása kezdődik. Amikor a fürdő eléri az 1540—1560 °C-os hőmérsékletet, a fúvatás megszakítása nélkül megkezdődhet a hulladék adagolása a folyékony olvadékba, olyan sebességgel, amely a karbonkiégés révén a fürdőben keletkező hőmennyiségnek és a láng hőfejlesztő képességének megfelel. A hulladék olvasztása idején a fürdő hőmérsékletének 1500—1560 °C között kell lenni. Az előbbi feltételek betartása esetén a hulladék olvadása igen gyors, gyakorlatilag rögtön az adagolás végén befejeződik. Az utolsó hulladékrész beolvadásakor a fürdő karbontartalmának és hőmérsékletének a kikészítés előtti feltételnek kell megfelelnie.

A hőmérleg számítása

Ezekből az adatokból, a láng hevítőképességéből és a betét hulladék részének mennyiségéből kiindulva határozhatjuk meg a fürdő oxigénnel való fúvatásának intenzitását (m^3/t, óra).

A hulladék-oxigén eljárás szerinti technológiának tehát két jellemző periódusa van: a nyersvas hevítése (oxigén fúvatással és lánggal) és a hulladék olvadása. A periódusok időszakának számítását és a fentiekben ismertetett tényezőkkel való összefüggésének meghatározását *M. A. Glinkov* által ajánlott [2] hő- és oxigénmérleg egyenletek alapján végezhetjük el.

A fürdő hőmérlege az olvasztás kezdetétől τ idő múlva vagy bármely $\Delta\tau$ időszakra:

$$n_{nyv}\Delta Q_{nyv} + (1 - n_{nyv})\,\Delta Q_{\text{hull}} + \Delta Q_{\text{sal}} n''_{\text{sal}} = \\ = q_f \frac{S}{T}\Delta\tau + Q_{\text{techn}} \cdot n_{nyv}, \text{ kcal/t nyv.} \qquad (1)$$

ahol n_{nyv}, n''_{sal} megfelelően a betét fémes részében a nyersvas és salak részaránya;

ΔQ_{nyv}, ΔQ_{hull} a fürdő adott hőmérsékletének eléréséig a nyersvas és hulladék hevítéséhez szükséges hőmennyiség, kcal/t;

ΔQ_{sal} a fürdő nemfémes részének felmelegítési hőigénye, kcal/t;

q_f a fürdő egységnyi felületén a lángból egy óra alatt felvett hőmennyiség, kcal/m², ó;

S a fürdő felülete, m²;

T kemenceterhelés (a kemencében a betét mennyisége), t;

$\Delta\tau$ a vizsgált időszak hossza (periódusi időtartama), óra;

Q_{techn} a nyersvas hőekvivalense, kcal/t nyv.

$$Q_{techn} = Q_{eSi} \cdot M_{Si} + Q_{eMn} \cdot M_{Mn} + Q_{eP} \cdot M_P + Q_{eC} \cdot M_C, \text{ kcal/t nyv.}$$

Q_{eSi}, Q_{eMn}, Q_{eP} és Q_{eC} megfelelően a Si, Mn, P és C hőekvivalense, kcal/kg szennyezőelem;

M_{Si}, M_{Mn}, M_P és M_C a $\Delta\tau$ idő alatt oxidálódó Si, Mn, P és C mennyisége, kg/t nyv.

Fogadjuk el, hogy

$$\Delta Q_{sal} \cdot n''_{sal} = \Delta Q_{hozag} \cdot n_{hozag},$$

azaz, hogy a fürdő nemfémes részének melegítésére felhasznált hőmennyiség egyenlő a betétben levő hozaganyagok melegítésére fordított hőmennyiséggel, akkor az egyenlet átalakítása után kapjuk, hogy

$$n_{nyv}(\Delta Q_{nyv} - Q_{techn}) = q_f \frac{S}{T} \Delta\tau - (1 - n_{ynv}) \cdot \cdot \Delta Q_{hull} - \Delta Q_{hozag} \cdot n_{hozag}, \text{ kcal/t fém} \quad (2)$$

Az oxigénmérleg egyenlete $\Delta\tau$ időszakra:

$$W_{O_{fuv}} \Delta\tau + W_{O_{kem}} \frac{S}{T} \Delta\tau + W_{O_{sz}} \Delta\tau = (1{,}14 M_{Si} + 0{,}291 M_{Mn} + 0{,}286 M_{Fe} + 1{,}335 M_C) \cdot \cdot n_{nyv}, \text{ kg/t fém.} \quad (3)$$

ahol $W_{O_{fuv}}$ és $W_{O_{kem}}$ a fürdő oxigénes fúvatásából és a kemenceatmoszférából származó oxigénnek a fürdőbe való belépési sebessége, kg/t, óra, ill. kg/m², óra;

$W_{O_{sz}}$ szilárd oxidálószerekből származó oxigénnek a fürdőbe lépési sebessége, kg/t fém, óra.

A (2) és (3) egyenlet felhasználásával adott hulladék : nyersvas arány, nyersvas összetétel és hőmérséklet, valamint adott hozaganyag mennyiség (reve, mész) esetén összefüggést állapíthatunk meg a fürdő által időegység alatt felvett hőmennyiség (kcal/m², óra), az oxigénnel való fúvatás intenzitása (m³/t, óra), és a periódusok időtartama ($\Delta\tau$, óra) között.

Kísérleti olvasztás a Szovjetunióban

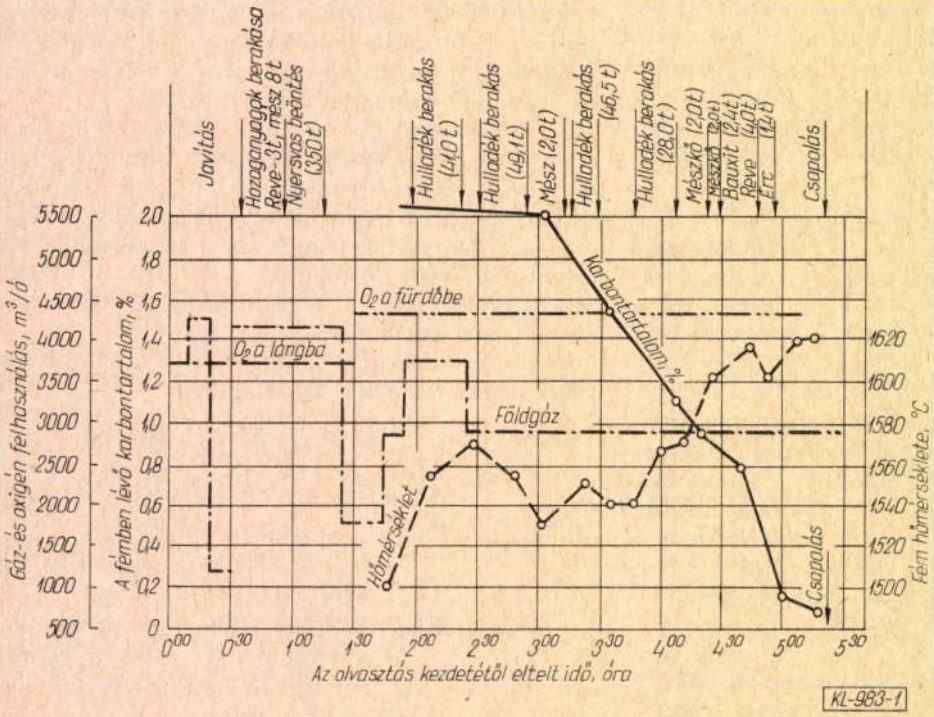
A Szovjetunióban 250 és 500 tonnás martinkemencékben végrehajtott kísérleti olvasztások eredményei megerősítették a hulladék-oxigén eljárás elméleti feltételezéseit [2]. Egy 500 tonnás kemencében végzett olvasztás lefolyását az *1. ábrán* idézzük. A kísérletek alapján a hulladék oxigén eljárás legfontosabb előnyeit az alábbiakban foglaljuk össze.

(A hazai kísérleti olvasztásról egyik következő számunkban adunk beszámolót) *(Szerk.)*.

1. A kemence termelékenysége kevésbé függ a hulladék minőségétől;

2. Az olvasztás folyamán kevesebb salak képződik, nincs, vagy csak kis mennyiségben van salakeresztés, aminek következtében nagyobb a fémkihozatal, kisebb a salakképzőanyag felhasználás, a lángból a fürdő által felvett hőmennyiség a vékonyabb salakréteg miatt növekszik;

3. Az olvasztás folyamán állandó a hőterhelés, ami a kemencefalazat időben azonos mértékű igénybevételét biztosítja;



1. ábra. 500 tonnás martinkemencében hulladék-érc eljárással gyártott adag idődiagramja

4. Az olvasztás folyamán egyenletesebb a fürdőből a CO kiválás, ami megkönnyíti annak elégetését a munkatérben és tüzelőanyag megtakarítást eredményez;

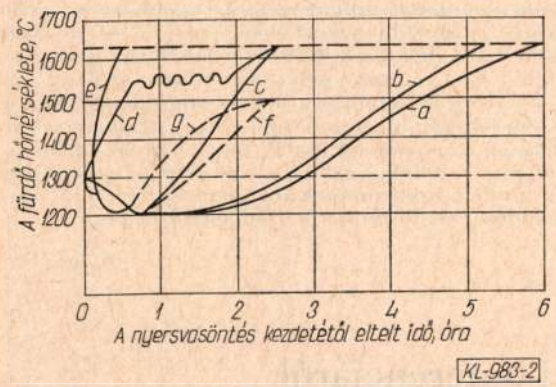
5. Elmarad a gátfeltöltés, ami dolomitmegtakarítást jelent.

A hulladék-oxigén eljárásra vonatkozó számítások eredményei [3] azt mutatják, hogy egyéb egyenlő feltételek mellett a fürdő mérsékelt oxigénes fúvatásakor a hulladék-oxigén eljárással dolgozó martinkemence óránkénti teljesítménye várhatóan nagyobb (kb. 10%-kal), mint a szokásos technológiával dolgozó kemencéé. Az oxigén felhasználás intenzitásának növelésével a hulladék-érc és hulladék-oxigén eljárással dolgozó kemencék termelékenységében mutatkozó különbség elmosódik.

A kísérleti olvasztások eredményei alapján olyan következtetést lehetett levonni [3], hogy legésszerűbb a kemence munkája „kevert eljárással", azaz, ha a hulladék egy részét (kb. 30%) a fenékre rakjuk, a fennmaradó részt pedig a fürdőbe. Ilyen technológia esetén érhető el a kemence legnagyobb óránkénti teljesítménye és biztosítható a korszerű martin üzemekben szokásos hulladék mennyiségét tartalmazó betét feldolgozása.

A hulladék-oxigén eljárásnak az egyéb acélgyártó eljárások között elfoglalt helyét és hatékonyságát jól szemlélteti a *M. A. Glinkov*tól idézett *2. ábra*, amely a különböző acélgyártási technológiák esetén a fürdő hőmérsékletének alakulását a nyersvasbeöntés kezdetétől eltelt idő függvényében tünteti fel.

Mint a fentiekből látható, a hulladék-oxigén eljárás már a gyakorlatban kipróbált technológia, s a hagyományos eljáráshoz képest alapvető előnyökkel rendelkezik.



2. ábra. Különféle acélgyártási eljárások közben valószínű fürdőhőmérséklet-változás az idő függvényében

a — hagyományos hulladék-érc eljárás oxigénfelhasználás nélkül; *b* — ugyanaz, az égés oxigénes intenzifikálásával; *c* — ugyanaz, intenzív oxigénfúvatással, nagymértékű vasoxidáció mellett; *d* — hulladék-oxigén eljárás; *e* — oxigénfúvásos konverterben történő acélgyártás; *f* — az olvadási hőmérséklet valószínű változása hulladék-oxigén eljárásnál; *g* — ugyanaz, intenzív oxigénfúvatás esetén hulladék-érc eljárásnál

Hazai lehetőségek

A magyarországi acéltermelés és hengermű kapacitás nem teljes összhangját, valamint a folyamatos acélöntőművek közeli években várható üzembelépését figyelembe véve, az acéltermelés növelése érdekében indokoltnak látszik oxigénnel rendelkező hazai üzemeinkben is kísérleteket végezni a hulladék-oxigén eljárás megvalósítása céljából.

Az egyes acélművek sajátosságai — különböző a kemencék befogadóképessége, a rendelkezésre álló oxigén mennyisége, a kemencék kiszolgálási feltételei stb. — miatt azonban az eljárás megvalósítása során annak hatékonysága (termelékenység, t/ó) és gazdaságossága (tüzelő- és tűzállóanyag fogyasztás stb.) érdekében helyesen kell meghatározni az adott nyersvas—hulladék arány esetén alkalmazandó hőterhelést, oxigénfúvatási intenzitást, valamint a hulladék berakásának várható időpontját.

Ugyanilyen fontossággal bírnak a gyakorlati szempontok, mint a jó konzisztenciájú salak képződése érdekében a kemence adagközi javítása és a javítóanyag bezsugorítása, a hozaganyagok előmelegítése és berakásának módja stb., mert a képződött salak minősége és mennyisége döntő mértékben hat a kemence hőtechnikai munkájára.

A leírtakból megállapíthatjuk, hogy a hulladék-oxigén eljárás új martinacélgyártási technológiát jelent. A hagyományos hulladék-érc eljárástól az alábbiakban különbözik: megváltozik a betétanyagok berakásának sorrendje (a hulladékot a kemencébe korábban beöntött nyersvasba juttatjuk); a hagyományos eljárásnál a berakott hulladék melegedése okozta nem kielégítő belső hőátvitel miatt, a hulladék-oxigén eljárásnál a hulladékot folyékony fém veszi körül, így a belső hőátvitel intenzívebb; a kemence hőterhelése és hőmérséklete az adaggyártás folyamán csaknem állandó, kiküszöbölődik a hagyományos hulladék-oxigén eljárásra jellemző nagy hőmérséklet-ingadozás, ezáltal a kemence bélésanyagainak igénybevétele egyszerűsödik; a kisebb salakmennyiség és a salakeresztés elmaradása miatt nagyobb lesz a fémes betétre vonatkoztatott kihozatal (szovjet kutatók adatai szerint ennek értéke éves szinten 1%-ra tehető [3].

A fajlagos energia- és tűzállóanyag-felhasználás alakulását, a kemence termelékenységének várható növekedését — egyéb szervezési feltételek mellett — döntően az új eljárásra kidolgozott technológia határozza meg. Akkor várhatunk jó eredményeket, ha sikerül a nyersvasbeöntés után a fúvatás kezdeti szakaszában megfelelő bázicitású és viszkozitású salakot kialakítani, mert így biztosítható a fürdő gyors, jó hatásfokú melegítése és a bélés stabilitásának megtartása. Jól megválasztott technológia esetén a kis mennyiségű és jó minőségű salak által nyújtott lehetőségek — kis vasveszteség, a lángból a fürdő felé intenzív hőátvitel, kisebb hőterhelés és salakhőmérséklet stb. — biztosítják a termelékenység növelését és a jó fajlagos mutatók elérését.

IRODALOM

[1] *Glinkov, M. A.—Filimonov, Ju. P.—Jurevics, V. V.:* Izvesztyija VUZ Csernaja Metallurgija. 1971. 3. sz. 160—162. old.

[2] *Glinkov, M. A.:* Teplovaja rabota sztaleplavilnüh vann. Metallurgija, Moszkva, 1970.

[3] *Romenyec, V. A.—Juzov, O. V.—Kovalenko, L. V.:* Izvesztyija VUZ Cser. Met. 1972. 1. sz. 175—182. old.

Beszámoló konferenciáról

„Kohászat és matematika" tudományos konferencia

Az OMBKE Dunaújvárosi Csoportja, az MTA Matematikai és Fizikai Tudományok Osztálya, a Bólyai János Matematikai Társulat és a Dunai Vasmű közös rendezvényeként 1972. okt. 11—13-án zajlott le a „Kohászat és matematika" tudományos konferencia, amelyen összesen 102 szakember vett részt az alkalmazott matematika, számítástechnika és kohászat területéről.

Okt. 11-én délelőtt nyitotta meg a konferenciát *Borovszky Ambrus*, a Dunai Vasmű vezérigazgatója, és az MTA részéről *dr. Kónya Albert* akadémikus, a Matematikai és Fizikai Tudományok Osztályának elnöke és *dr. Szőkefalvi Nagy Béla* akadémikus, a Matematikai Bizottság elnöke.



Borovszky Ambrus vezérigazgató üdvözlő szavai során hangoztatta, hogy az iparvállalatok az elektronikus számítógépek felhasználása terén az utóbbi évtizedben nagy utat tettek meg és ma már mind a legfelső, mind a középszintű vezetés mer és akar támaszkodni e gépek által szolgáltatott információkra akár a távlati, akár a napi irányítási feladatok megoldásánál.

Az elhangzott megnyitókban is tükröződött azonban az a speciális helyzet, hogy az elektronikus gépek alkalmazása mellett viszonylag elmaradás mutatkozik a matematikai módszerek, az operációkutatás eredményeinek mindennapi hasznosításában. Ezért külön is üdvözölhető ez a konferencia, amelynek célja az alkalmazott matematika területén működő szakemberek és a kohászat vezetőinek együttgondolkodását és együttműködését megteremteni a kohászat legkülönbözőbb területein.

A konferencia során az alábbi előadások hangzottak el:

Dr. Horváth János vezérigazgató (MVAE): A kohászat műszaki, gazdasági és irányítási helyzete, valamint távlati fejlesztése

Dr. Horváth Aurél főosztályvezető (DV): Matematikai modellek a kísérő és ötvöző elemek vákuum-kezelés közbeni mennyiségi változásának leírására

Juhász Péter osztályvezető (Csepel Vas- és Fémmű): Minőség- és folyamatelemzés statisztikai módszerekkel a Csepeli Fémműben

Dr. Arató Mátyás igazgatóhelyettes (MTA Számítástechnikai Központ): Statisztikai és szimulációs módszerek

Miskolci László osztályvezető (DV): A Dunai Vasmű termelésirányítása elektronikus számítógépekkel

Dr. Prékopa András egyetemi tanár (Budapesti Műszaki Egyetem): Stohasztikus rendszerek optimalizálása

Pálmai László villamosmérnök (VILATI): Kohászati anyagveszteség minimalizálása egész értékű programozással

Dr. N. G. Rech manager (CDC): Távadatfeldolgozás problémái

Dr. Bárczi László főosztályvezető (OKÜ): Matematikai módszerek alkalmazása az OKÜ-nél

Kovács László Béla osztályvezető-helyettes (MTA Számítástechnikai Központ): A diszkrét programozás szerepe a termelésirányításban

A neves, zömében magyar szakértők által tartott előadásokat igen élénk érdeklődés kísérte, amely a hozzászólásokban is megmutatkozott.

Okt. 11-én este kerekasztal-vitát szervezett a rendezőség, amelynek alkalmával *Szalay Géza* főmérnök „Termelésirányítási problémák a kohászati üzemekben" címmel tartott vitaindító bevezető előadást. A szinte szokatlan érdeklődés mellett lezajlott vitában igen sokan szólaltak fel. A vita során a jelenlevő kohászati szakemberek ismertették a vállalataiknál alkalmazott matematikai módszereket és rendszereket, a jelenlevő matematikusok és operációkutatási szakemberek a kohászat sajátos problémái után érdeklődtek és azok megoldási lehetőségeire vonatkozóan tettek javaslatokat. Az egyre jobban kiszélesedő és tartalmában mélyülő vitát a programnak megfelelően az elnöki zárszó rekesztette be.

A konferencia záróértékelése során megállapítást nyert, hogy a konferencia méreteiben, lebonyolításában és szervezésében mintaszerű volt, tartalmában és céljában pedig teljesen újszerű. Célját elsősorban azzal érte el, hogy a kohászat saját helyzetéről, feladatairól és problémáiról tartalmasan tájékoztatta azokat az alkalmazott matematika terén működő szakembereket, akik ezekkel a kohászati feladatokkal eddig is kapcsolatba kerültek. A konferencián elhangzott előadások és a viták világossá tették azt is, hogy a kohászati termelésirányítás problémáit a jelenlegi hazai viszonyok között nem lehet kizárólag számítógéptechnikával megoldani, hanem ezen a területen feltétlenül igénybe kell venni és folyamatosan alkalmazni az operációkutatás már elért eredményeit. A konferencia alkalmával a matematika és az ipar területén működő szakemberek jövőbeni fokozottabb együttműködésére is történtek kezdeményező lépések.

Szalay Géza

Beszámoló külföldi konferenciáról

Metallurgus konferencia Jugoszláviában

A „Szlovén Metallurgusok Konferenciá"-ját múlt év okt. 12. — 13-án tartották meg Portoroz-ban.

A bevezető előadást *Marolt, M.* (Szlovén Acélipari Egyesülés) és *Rodič, J.* (Ravne) tartotta a szlovén vaskohászat minőségi problémáiról és azok megoldásáról. A beszámoló adatokat közölt a termelés fejlesztéséről is. Ezek szerint 1975-ben Jugoszláviában 4,8 mt acélt fognak gyártani. Ebből Szlovéniára 1 mt jut. Ezen belül az elektroacélgyártást fogják erőteljesen fejleszteni. Jesenice-n például 110 t-s UHP ívkemence felállítása van tervben. A szlovén acélgyártás 60%-át fogják már 1975-ben elektrokemencékből csapolni. Román—jugoszláv kooperációban Koper-ban felépítendő fémesített érc előállító mű tervét most tárgyalják.

Gabrovšek, M. a Boris Kidric kohászati kutatási alapítvány felhasználásáról adott tájékoztatást. A finanszírozott témák között például az ívkemence-folyamat komputer-programjának kidolgozása is szerepel a Ravne-i acélműben.

Gabrovšek és *Vodopivec, P.* a niobiummal, vanádiummal és alumíniummal kezelt hegeszthető, nagy folyáshatárú acélok nitridjeinek viselkedéséről tartott előadást.

Exel, N. a légköri korrózióálló acélok állékonyságát Ljubljana légterében vizsgáló kutatások eredményeiről számolt be.

Az adott atmoszférában az amerikai irodalomban megadott oxidálódási görbénél kedvezőtlenebb eredményeket kaptak.

Az első nagy, légköri korrózióálló acélból készült építmény Szlovéniában, Kranj-ban van. A nagy áruház másfél évvel ezelőtt épült és teljesen légköri korrózióálló acéllemezzel van borítva.

Rasinger, A. ólmos automata acélokkal kapcsolatban Jesenicén szerzett tapasztalatokat tekintette át.

Segel, J. a Ravne-i acélmű matematikai statisztikai módszereken alapuló minőségellenőrző rendszerét ismertette.

Breskvar, B. a 78% Zn — 22% Al ötvözet és a 0,42% C- és 1,9% Mn-tartalmú acél szuperplaszticitásával kapcsolatos megfigyelésekről számolt be.

Zalar, B. piritpörkök pelletezésével kapcsolatos kutatási eredményeiről adott tájékoztatást.

Szőke, L. a VASKUT-LKM fémesített érc-brikett és Purofer-pellet LKM ívkemencéiben felhasználásának tapasztalatait foglalta össze.

Prešern, A. az alumínium kihozatalának javítását célzó vizsgálatokról számolt be ívkemence-gyakorlatban és argonos öblítés mellett.

Korousic, B. a Ljubljana-i Metallurgiai Kutató Intézetben folyó elektrosalakos átolvasztással kapcsolatos kutatások eredményeit ismertette, majd egy szovjet színesfilmet mutatott be a technológiáról. Egyébként Ravne-ben már szerelik az első, 2 t-s szovjet elektrosalakos berendezést.

Rekar, C. professzor az IRSID Hagondange-ban működő, 25 t/h teljesítményű és egy 40 t-s SM kemencénél nem nagyobb folyamatos acélgyártó berendezéséről készült színes filmet méltatta és mutatta be.

Jezersek, A. a Jesenice-i Acélműben dolgozó korszerű kvartó és Sendzimir állvány technológiai jellegzetességeit ismertette.

Hodnik, J. a VASKUT-ban készült, dr. Sajó-féle termometrikus elemzőberendezéssel ferroötvözeteken és elektrokemence-salakokon végzett elemzési eredményeit tekintette át.

A konferencia jó áttekintést adott a szlovén metallurgusok nemzetközi kapcsolatokon is alapuló kutatási aktivitásáról.

Sző—L.

Kovácsipari hírek

A Ganz-Mávagban felállított 2500 Mp-os mechanikus kovácssajtó

1972. januárban fejezték be a Ganz-Mávag Kovácsüzemében egy új 2500 Mp-os MKS szerelését. A gép üzembeállításával növekedett a modern gépek száma mind a vállalaton belül, mind hazánkban.

A GM kovácsüzemében 10 éve üzemel 2500 Mp-os MKS. Mindkét gépet a Szovjetunió Voronyezs-i Sajtológépgyára szállította.

A két gép műszaki összehasonlítása alapján egyértelműen megállapítható az új gép technikai fejlettsége.

Az újonnan beállított sajtó több új megoldást tartalmaz.

— A gép állványa osztott, egy kisebb acélöntésű alsó asztalból és egy felső, hegesztett állványból áll. A két állványrészt 4 db előfeszített csavar fogja össze. Ez a megoldás növeli a kovácsdarabok pontosságát és kiküszöböli az előző gépkonstrukció gyakori állvány-meghibásodásait. A régi gép alsó kivetőjét hidraulikus szivattyútelep működtette. Ez gyakran meghibásodott. Az új gépen az alsó kivetőt a féktárcsával vezérelt pneumatikus henger mozgatja.

Igen hasznos, hogy a kivető kézi vezérléssel is mozgatható. Ezzel lehetőséget biztosítottak arra, hogy a szerszám beszerelése után a kilökő helyes működését ellenőrizni lehessen.

— A korábbi konstrukció a szerszám beállításakor a felső asztal mozgatását a főmotor szakaszos indításával biztosította. Ezen a nehézkes megoldáson is segítettek, amikor a főmotor mellé egy beállító motort szereltek, amely lassú mozgással a pontos beállítást biztosítja.

— A kilökő lökete a nyomófejben az új gépen 0—20 mm között egy orsó segítségével szükség szerint állítható.

— Újdonság az új gépre felszerelt erőmérő berendezés is, mellyel minden új kovácsdarab első sajtolásakor a fellépő sajtolási erő ellenőrizhető.

Zoletnik Sándor

Kovácsmanipulátor a termelés szolgálatában

A Ganz-Mávag Kovácsüzemében nehéz fizikai munkával, nagyfokú balesetveszély mellett lehetett csak a nagysúlyú, szabadon alakított darabokat mozgatni a 4 Mp-os kalapácsnál.

1972-ben üzembe helyeztek egy 1750 kg mozgatására alkalmas automanipulátort. A berendezést a Dango—Dienenthal cég (NSZK) szállította.

A gép igen mozgékonyan, kis területen megfordulva mozog a kemencék és a gép között. A manipulátor nagymértékben megkönnyítette a kalapácson dolgozók munkáját.

A manipulátor szerkezeti megoldásai biztosítják, hogy az anyagot — 80—320 mm méretig — a kemencébe rakja, és onnan ki tudja venni. A kalapács kiszolgálásakor a befogó fej a szükséges helyzetet minden esetben fel tudja venni, mert oldalirányban, le és fel is állítható, előre és hátra dönthető.

A manipulátorral jól gyárthatók tengelyszerű alkatrészek. A gép üzembeállítása után egyes kovácsdarabok technológiáját úgy alakították át a Ganz-Mávag-ban, hogy folyamatosan több darab gyártható egy melegre.

A géppel együtt szállítottak egy kiegészítő berendezést is, melynek segítségével gyűrűk és tárcsák gyártásakor is segít a manipulátor a kovácsoknak.

A szállító vállalat

— benzinmotoros
— dieselmotoros és
— elektromos meghajtású

manipulátorokat szállít.

A helyi adottságoknak megfelelően dieselmotoros meghajtást választottak.

Az egészségügyi előírások betartására a kipufogócső végére egy katalizátort szereltek fel, mely a káros gázok kiszűrésére alkalmas.

Zoletnik Sándor

800 Mp-os hidraulikus sajtó

A Schloemann cég (NSZK) új 800 Mp-os hidraulikus sajtója, amelyet numerikus vezérlésű manipulátorokkal szereltek fel, a gyorsjáratú kovácssajtók és a GFM nyújtókovácsológépek egy sor jó tulajdonságát egyesíti. A kovácsolást két vízszintes elrendezésű nyomófej végzi.

A kovácsolható maximális öntecs súlya 2 tonna, méretei ∅ 560 vagy ▱ 400 mm.

A kovácsoló szerszámokat 10 másodperc alatt lehet cserélni. A vízszintes elrendezés eredményeképpen a sajtó alacsony építésű, a lehulló reve zavartalanul távozik, nem sérti meg a szerszámokat és nem nyomódik bele a kovácsdarabba, az átkovácsolást a kovácsdarab teljes keresztmetszetében létrehozza, az egyszeri fogyásmérték, az előtolás és a löketszám szabadon választható meg.

Vas Iván

UWQ 40 × 400 típusú haránthengerlőgép

Az NDK Képlékenyalakítási Technológiai Kutató Intézetében (Zwickau), illetve képlékenyalakító gépgyárában (ERFURT) kifejlesztették a sík szerszámokkal dolgozó haránthengerlőgépet.

Az UWQ 40 × 400 típusú haránthengerlőgép főbb adatai:

— munkadarab maximális átmérője ..	40 mm
— munkadarab maximális hossza	400 mm
— hengerlőerő	200 Mp
— munkalöket	1600 mm
— a munkaszánok sebessége (fokozatmentesen szabályozható)	350 mm/sec.
— ciklusidő (kettős löket időtartama) .	8—12 sec.

A gép négy részből áll: 1. hengerlő egység, 2. hidraulikus tápegység, 3. adagoló berendezés, 4. elektromos kapcsoló szekrény.

A hengerlőgép indukciós hevítőberendezéssel összekapcsolva teljesen automatikusan dolgozik (az üzemeltetést lánghevítő kemencével is biztosítani lehet). Beállítható a berendezés gépsorba is, így pl. képlékenyalakító gépekhez előgyártmányok hengerlésére, vagy forgácsoló gépsorba kész alkatrészek előállításához. A képlékenyalakító gépsorba való beállítás esetén a berendezés sorjás, valamint sorjamentes sajtoláshoz egyaránt alkalmazható. Ezt a gép által előállított hengerelt darabok kiváló méret- és alakhűsége teszi lehetővé.

A Gépipari Technológiai Intézet kezelésében felállításra került egy berendezés a Csepeli Acélmű Kovácsoló Gyáregységében. A telepítés a készalkatrész gyártás mellett a sorjamentes sajtolás bevezetését is lehetővé teszi. Ennek megfelelően az üzembehelyezett gépsor részei: 1. indukciós hevítő berendezés, 2. haránthengerlőgép, 3. MES 200 típusú excenter sajtó sorjamentes sajtoláshoz (ezen a berendezésen az NDK-ból vásárolt licenc alapján bevezetett technológia szerint végezhető sorjamentes sajtolás).

A technológia- és szerszámtervezéssel, illetve a szerszámok üzembehelyezésével a Gépipari Technológiai Intézet, a sorozatgyártással a Csepeli Acélmű Kovácsoló Gyáregysége foglalkozik.

Vollák Andor

Hírek a Vasipari Kutató Intézetből

Kutatócsere-akció

A *Kohó- és Gépipari Minisztérium* 1970 decemberében miniszteri értekezleten határozatot hozott a *fiatal kutatók tudományos továbbképzéséről*. A továbbképzés egyik fő formája a kutatócsere. A Vas- és Acélipari Egyesülés tagvállalatai közül a Vasipari Kutató Intézet, a Dunai Vasmű, a Lenin Kohászati Művek és az Ózdi Kohászati Üzemek vesznek részt az akcióban. Két egyesülésen kívüli Vállalat, a Csepel Vas- és Fémművek és az Öntödei Vállalat fiatal kutatómérnökei is lehetőséget kapnak más vállalatok termelő és kutatómunkájának helyszíni tanulmányozására. A kutatócserében a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés Műszaki Szakigazgatói Tanácsának jóváhagyásával egyéb vállalatok is részt vehetnek.

A vállalatok a kutatók cseréjét tartós kiküldetéssel bonyolítják le. A kiküldetés időtartama 3—12 hónap.

A csere alkalmából idegen üzemhez került fiatalok megismerkednek a vendéglátó vállalat termelő munkájával, a rendelkezésre álló idő jelentős részét pedig a kutató részlegnél töltik el. Itt lehetőséget kapnak arra, hogy eredeti témájukat folytassák, felhasználva a helyszínen szerezhető tapasztalatokat. A kezdő kutatók így számos gyakorlati tapasztalatra tesznek szert, melyet további munkájuk során hasznosíthatnak.

A kutatócsere-akció beindításában a Vasipari Kutató Intézet vállalt jelentős szerepet. Az intézet vezetői 1975-ig megvalósítandó ütemtervet állítottak össze azokról a témákról, melyeket a társvállalatok fiataljai a Vasipari Kutató Intézetben tanulmányozhatnak, ugyanakkor saját fiatal kutatóinak is előírta az üzemekben kidolgozandó témákat. A *Vasipari Kutató Intézet* különböző osztályai 1975-ig összesen 40 fiatalt fogadhatnak a következő témákban:

Képlékenyalakítási Osztály

— Gyártástechnológiai tényezők hatása a hengerelt anyagok mechanikai tulajdonságaira.
— Kísérletek a hengerelt anyagok alakítástechnológiai jellemzőinek meghatározására.
— Szerszámacélok kopásállóságának vizsgálata.
— Hengerművi hengerek kopását előidéző okok vizsgálata.

Fémtani Osztály

— Acélok átalakulási folyamatának vizsgálata.
— Acélok elektronmikroszkópos vizsgálata.
— Acél mikroszondás vizsgálatai.

Öntödei Osztály

— Formázóanyagok vizsgálata.
— Gömbgrafitos öntöttvas gyártásának és tulajdonságainak vizsgálata.
— Perlites fekete temperöntvény-gyártás tanulmányozása.
— Öntészeti alumíniumötvözetek gyártása és fejlesztése.

Acélmetallurgiai Osztály

— Hegesztés, ridegtörés.
— Különleges acélgyártási technológiák: elektrosalakos, vákuumívkemencés, vákuumindukciós eljárások.

Különleges Anyagok Osztálya

— Gyorsacélok minősítése és fejlesztése.
— Melegen hengerelt transzformátor lemezek minősítése.

Anyagvizsgálati Osztály

— Ellenálláshegesztő anyagok optimális minősítésének kutatása.
— Különféle anyagok pont- és vonalhegesztési technológiájának kutatása.
— Ellenálláshegesztő gépek vizsgálati módszereinek kutatása.
— Hegesztési hőfolyamat hatására bekövetkező átalakulások vizsgálata.

A Vasipari Kutató Intézet fiatal kutatói az alábbi témák kidolgozására kerülnek a vállalatokhoz:

Az Ózdi Kohászati Üzemekhez:

— Az ózdi abroncssor komplex felülvizsgálata. Adatgyűjtés, a vonatkozó mérések megszervezése és végrehajtása.
— Az ózdi új hengersor üzembe helyezésével kapcsolatos, az optimális technológia megvalósítását célzó üzemi kutatások.

A Lenin Kohászati Művekhez:

— A Lenin Kohászati Művek gerendasorának komplex vizsgálata. Adatgyűjtés a vonatkozó mérések megszervezésére és végrehajtására.
— A Lenin Kohászati Művek Nemesacélhengerművének üzembe helyezésével kapcsolatos, az optimális technológia kialakítását célzó üzemi kutatások.
— Golyóscsapágyacélok gyártástechnológiája.

A Dunai Vasműhöz:

— Acélok tisztasági fokozatai, zárványosság, ötvözött acélok gyártástechnológiája.
— A képlékenyalakítás fémtani alapjainak kutatása.
— Növelt folyáshatárú acél. Komplex dezoxidáló szerek alkalmazása.

Az Öntödei Vállalathoz:

— A formázóanyagok és formázási technológiák tanulmányozása.

A Csepel Vas- és Fémművekhez:

— Alumíniumötvözetek metallurgiájának és öntészeti tulajdonságainak tanulmányozása

A terv egy része már 1972-ben megvalósult. (BB)

FÉMKOHÁSZAT

Rovatvezető: Dr. BECKER ERVIN

Al—B ötvözet előállítása aluminotermikus redukcióval

Dr. POZSGAI VILMOS
okl. vegyészmérnök

HUSZÁR LÁSZLÓ
okl. vegyészmérnök
Fémipari Kutató Intézet

Dr. BALÁZS ENDRE
okl. kohómérnök

DK: 669.71 + 669.781 : 669.713.6

Al-B ötvözet előállítása önfűtő aluminotermikus redukcióval. Az adag összetétel meghatározása, a folyamat és a kapott termék jellemzése. Al-B vegyületek jellemzése.

Al—B vegyületek jellemzése

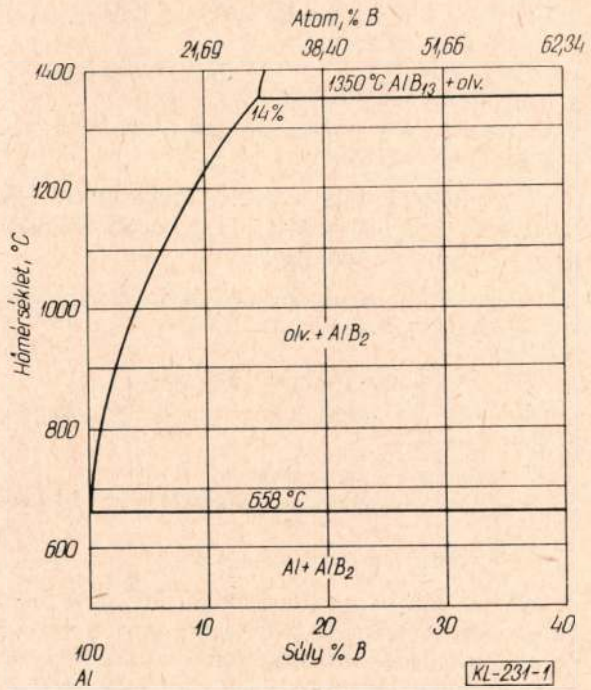
Az Al—B rendszer tanulmányozásával már sok kutató foglalkozott. Az irodalomban [1—7] különböző szerzők által közölt fázisdiagramok az *1—3. ábrákon* láthatók. Az ábrákból látható az egymás közötti jelentős eltérés. *Fink* és *Willey* szerint [6] folyékony alumíniumban a bór oldhatósága a hőmérséklet függvényében az alábbi:

Hőmérséklet (°C)	1300	1100	950	785	730
B-oldhatóság (Súly%): kb.	2,0	0,7	0,35	0,17	0,09

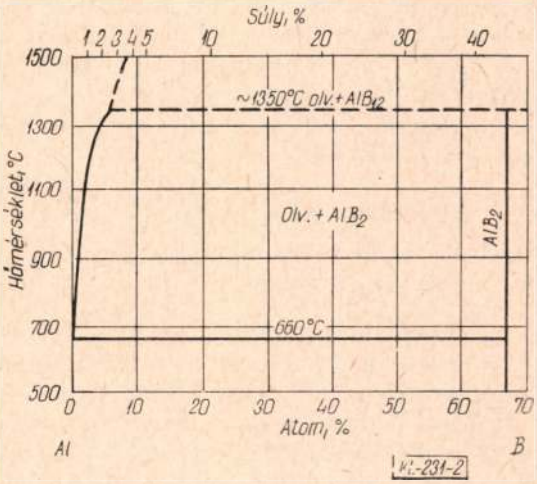
Hoffmann és *Jenitschek* [7] szerint 1450 °C-on 4% bór oldódik az Al-ban. Más irodalmi adat szerint AlB_{12}-t alumíniummal összeolvasztva 1350—1450 °C-on, 7,9%, 2000 °C-on 16,8% bórtartalmú ötvözetet kaptak [8].

Az Al—B rendszerben az alábbi vegyületeket fedezték fel:

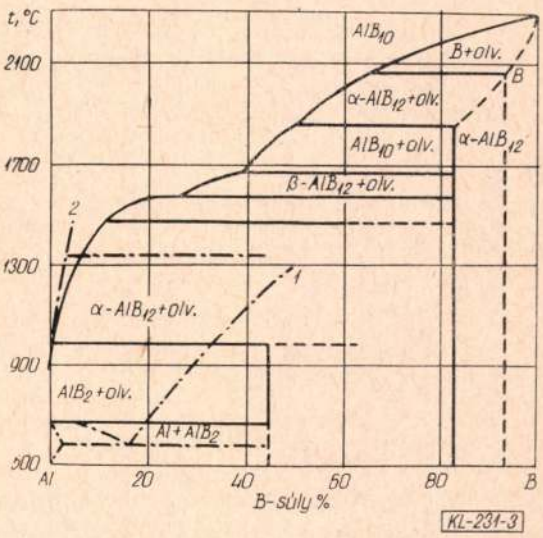
1. AlB_2. Bronz színű, hexagonális lemezekben kristályosodik. Irodalmi adatok szerint a vegyület



1. ábra. Al-B rendszer fázisdiagramja



2. ábra. Al-B rendszer fázisdiagramja



3. ábra. Al-B rendszer fázisdiagramja

nem stabil és a $2AlB_2 \rightarrow AlB_4 + Al$ folyamat szerint bomlik. 100—150 °C-ra melegítve a folyamat gyorsul és annál gyorsabb, minél nagyobb az ötvözet AlB_2 tartalma. Nagy hőmérsékleten viszont AlB_{12} és Al képződik [9]. Ez az átalakulási hőmérséklet *Epelbanov* és *Zsdánov* szerint [5] 980 °C, *Haenni* szerint [10] 1100 °C, *Hoffmann* és *Jenitschek* szerint [11] 1350—1400 °C. Az AlB_2 olvadáspontjaként az irodalom [2] 1655±50 °C-ot ad meg.

2. AlB_{10}. Fényes fekete kristályos anyag. A vegyület keménysége meghaladja a szilíciumkarbid keménységét. Olvadáspontja *Cohn* szerint 2000—2100 °C, *Gardiny* szerint 2423±50 °C [2, 7].

3. AlB_{12}. E vegyület módosulatai: gyémántszerű bór (β — AlB_{12}) és grafitszerű bór. Ez utóbbinak két módosulata van: α — AlB_{12} és γ — AlB_{12}. A β — AlB_{12} sárga, vagy sárgás színű a α — AlB_{12} borvörös színű kristályos anyag [2, 7]. Fizikai tulajdonságai eléggé közel vannak a bóréhoz. Az Al-boridok előállítása céljából — elsősorban az Al—B rendszer tanulmányozására — olyan eljárásokat vizsgáltak, mint az Al és B közvetlen összeolvasztása [5, 9—14], alumínium reakciója gázalakú bórvegyületekkel [10, 15], bórvegyületek aluminotermikus redukciója [3, 7—8, 10, 16]. Al—B ötvözet előállításához a két alkotó összeolvasztása már csak gazdaságossági szempontból is hátrányos. Gázalakú bórvegyületek (elsősorban halogenidek) kezelése és megfelelő hatékonysággal való felhasználása meglehetősen kényelmetlen megoldás. Legkézenfekvőbbnek találtuk B_2O_3-ból kiindulva az aluminotermikus redukciót.

Aluminotermikus redukció alapjai

Valamely fémoxidból kiindulva a fémtermikus redukciók általános egyenlete:

$$Me_mO_n + qMe' \rightarrow mMe + Me'qO_n \pm Q_1$$

Q_1 — az a hőmennyiség, ami a reakció végbemenetele során elnyelődik, vagy felszabadul.

A folyamat termikussága (energiaviszonya) a fajlagos hőeffektussal jellemezhető:

$$Q_f = \frac{Q_r}{\Sigma M},$$

ahol Q_f fajlagos hőeffektus (cal/g, vagy Kcal/kg);
Q_r a fémtermikus reakció (vagy reakciók) hőeffektusa;
ΣM a reagáló anyagok mólsúlyainak az összege.

Pl. az

$$B_2O_3 + 2\,Al = 2\,B + Al_2O_3 \pm Q_1$$

reakcióra vonatkoztatva:

$$\Delta H_{Al_2O_3} = -400 \text{ kcal/mól}$$
$$\Delta H_{B_2O_3} = -345 \text{ kcal/mól}$$

Ebből $Q_1 = -\Delta H = 55$ kcal/mól B_2O_3

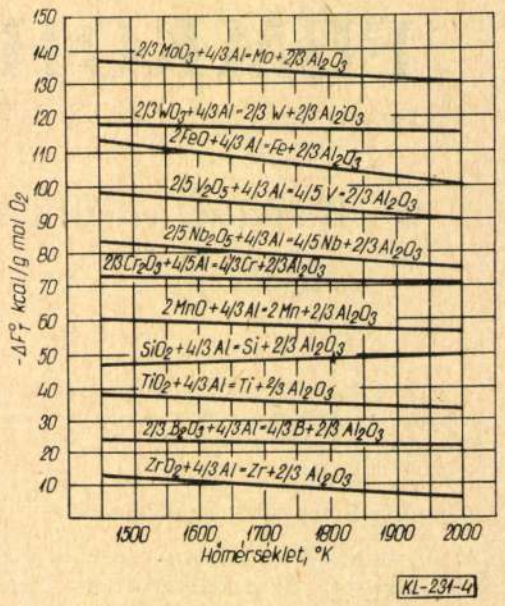
A folyamat elméleti fajlagos hőeffektusa:

$$Q_f = \frac{55 \cdot 10^3}{69{,}6 + 2{,}27} = 445 \text{ cal/g} \cdot \text{adag.}$$

Ahhoz, hogy a redukció gyakorlatilag is eredményesen végbemenjen a felszabaduló hőmennyiségnek elegendőnek kell lennie ahhoz, hogy a reakcióba vitt anyagmennyiség teljes mértékben megolvadjon. Ha az alapreakció végbemenetele során felszabaduló hőmennyiség erre nem elegendő, külső energiaközléssel vagy exotermikus mellékreakciók egyidejű lejátszatásával biztosítható a szükséges hőmennyiség.

A fentiek alapján a fémtermikus — így az aluminotermikus — folyamatok lejátszódásuk szempontjából feloszthatók külső hevítés (energiaközlés) hatására végbemenő és önfűtő — a beindítás után — spontán végbemenő reakciókra.

A bóroxid a viszonylag nehezen redukálható oxidok közé tartozik. Más fémoxidokkal együtt az aluminotermikus redukciójának szabadenergia változását a hőmérséklet függvényében a *4. ábra* szemlélteti.



4. ábra. Oxidok aluminotermikus redukciójának szabadenergia változása a hőmérséklet függvényében

Az alapreakció végbemenetelekor felszabaduló hőmennyiség nem elegendő az egész folyamat eredményes lejátszódásához. Al-boridok előállítása céljából a $B_2O_3 + Al$ keverékét hosszú ideig 1000 °C felett tartva a redukció, nagyon alacsony bórkihozatal mellett csak alacsony bórtartalmú ötvözetet eredményez [8, 10] és a termékek igen nehezen választhatók el egymástól. Al-boridok előállítása céljából, $B_2O_3 + Al$-ból kiindulva hevítő adalékként S, $KClO_3$, $Al_2(SO_4)_3$, $CaSO_4$ adagolását javasolják az alábbi exotermikus reakciók alapján [7]:

$3\,S + 2\,Al = Al_2S_3 + 173$ kcal
vagy 1151 kcal/kg
$KClO_3 + 2\,Al = Al_2O_3 + KCl + 410{,}7$ kcal
vagy 2327 kcal/kg.
$Al_2(SO_4)_3 + 8\,Al = 4\,Al_2O_3 + Al_2S_3 + 900$ kcal
vagy 1615 kcal/kg.
$3\,CaSO_4 + 8\,Al = 4\,Al_2O_3 + 3\,CaS + 921$ kcal
vagy 1475 kcal/kg.

Az aluminotermikus redukció eredményes végbemenetelét és a kitermelést nagymértékben befolyásolják az alábbi tényezők:

a) A kiindulási komponensek szemcsenagysága.
b) Az elegy homogenitása.
c) Hőmérséklet.
d) A komponensek mennyiségi arányai.
e) A hevítő és salakképző anyagok minősége és mennyisége.
f) Előmelegítési hőmérséklet.
g) A tégely (amiben a folyamat lejátszódik) formája.
i) Az egyszeri betétsúly nagysága.

A fentiek pontos meghatározása nélkül a folyamatra és végbemenetére vagy egyes paraméterekre az irodalomban közölt adatokat csak tájékoztató jellegűnek lehet tekinteni és ezeket általában kísérletileg kell az adott esetre meghatározni.

Adagelőkészítés, a folyamat beindítása és végbemenetele

Felhasznált alapanyagok: Alumínium dara, vízmentes (poralakú) B_2O_3, ventillált kén (poralakú) $KClO_3$ technikai (apró kristályos). Az Al-dara és a B_2O_3 szemcseeloszlását az *1. táblázat* tartalmazza.

Kísérletek folyamán kb. 3%-os bórtartalmú Al—B ötvözetet kívántunk előállítani.

Adagelőkészítéskor először az Al-darát, B_2O_3-t és a kenet megfelelő arányban és mennyiségben golyósmalomban homogenizáltuk. Ezután adtuk a keverékhez a $KClO_3$-at és műanyagtartályban fa, vagy műanyag keverővel ismételten homogenizáltuk. (A jó homogenizálás nagyon fontos a termikus folyamat egyenletes intenzitású lejátszódásának biztosítására.)

Az így előkészített termikus keveréket — gyengén ledöngölve — az első használat előtt 1,5—2 órán keresztül 700—800 °C-on izzított „Global" grafit öntőtégelybe raktuk az anyagmennyiségtől függően úgy, hogy a tégely tele legyen.

A felületen indítóként 100 g CaO_2+Al-darának, vagy MgO_2+Al-darának az alábbi reakció szerinti stöchiometrikus keverékét használtuk:

$$3\,CaO_2 + 2\,Al - 3\,CaO + Al_2O_3 + 385\ kcal$$
$$3\,MgO_2 + 2\,Al = 3\,MgO + Al_2O_3 + 388\ kcal.$$

A fenti keverékhez a „gyújtózsinór" csatlakozásának helyére még 3—4 g $KClO_3$+Al keverékét tettük. A termikus folyamat beindítása ezen „gyújtóláncon" keresztül megy végbe.

Beindulás után a folyamat vakító láng és sűrű sárgás füst képződése (kén leégés, KCl párolgás) közben megy végbe.

A termikus folyamat fajlagos hőeffektusának, (Q_f) olyan nagynak kell lennie, hogy lejátszódás közben a termékek (salak, fém) teljes mennyisége olvadt állapotban kerüljön és így a fém és a salak különválhasson. A kénadagolás megfelelő hőmennyiség biztosítása mellett lecsökkenti a salak olvadáspontját és vízoldható lesz.

1. táblázat

Al-dara és B_2O_3 szemcseeloszlása

Szemcseméret (mm)	Mennyiség %-ban	
	Al-dara	B_2O_3
—0,032	1,5	50,0
+0,032	2,5	8,0
+0,040	4,5	14,0
+0,063	1,5	4,5
+0,071	7,5	10,0
+0,090	10,5	9,0
+0,125	24,1	3,0
+0,160		1,0
+0,20	21,5	0,5
+0,30	25,8	
+0,60	0,4	
+1,00	0,2	

A fentiekből következik, hogy ha a fajlagos hőeffektus alacsony, a folyamat vagy egyáltalán nem indul be, vagy csak részlegesen megy végbe. A fém nem válik külön a salaktól. Ha a fajlagos hőeffektus túl magas, a folyamat lezajlása nagyon heves, a salak és fém kisebb-nagyobb része kivetődik a tégelyből. Néhány kísérleti adag összetételét és végbemenetelének jellemzését a *2. táblázat* tartalmazza.

Az adagot beindításhoz előkészítve és a folyamat végbemenetele után az *5. ábra* szemlélteti.

A folyamat végbemenetele alatt a hőmérséklet 1600—1800 °C. A fém különválik a salatól.

Kb. 3%-os bórtartalmú Al—B ötvözet előállításához alkalmas termikus keverék (az előzőkben ismertetett kiindulási anyagokkal és körülmények között) összetétele:

Al-dara	66,14%
B_2O_3	10,59%
S	18,51%
$KClO_3$	4,76%

26 kg-os betét súly esetén a folyamat 3—4 perc alatt lejátszódik. A kitermelés bórra vonatkoz-

2. táblázat

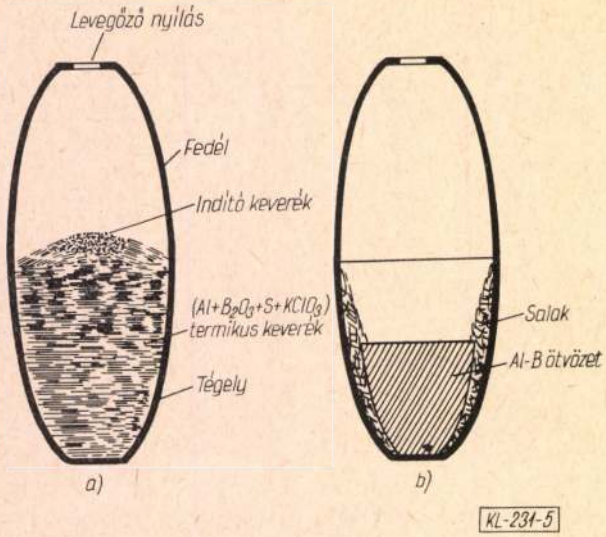
Kísérleti aluminotermikus olvasztások végbemenetelének jellemzése kb. 3%-os Al-B ötvözet előállításakor

Adagjel	Adagsúly kg	Adagösszetétel %-ban				Fajl. hőeff. (Q_f) kcal/kg adag	A folyamat végbemenetelének jellemzése
		Al-dara	B_4O_3	S	$KClO_3$		
Al-B-13	24,92	70,3	11,2	14,0	4,5	554	Nem ment végbe
Al B-16	26,67	65,6	10,5	18,4	5,5	657	Túl hevesen ment végbe
Al B-21	26,46	66,14	10,6	18,5	4,76	637	Megfelelően végbement

3. táblázat

Kísérleti aluminotermikus olvasztások lezajlásának jellemzése az adagsúlytól és a hőeffektustól függően kb. 10% bórtartalmú Al-B ötvözet előállítása esetében

Adagjel	Adagsúly kg	Adagösszetétel %-ban				Fajl. hőeff. (Q_f) kcal/kg adag	A folyamat végbemenetelének jellemzése
		Al-dara	B_2O_3	S	$KClO_3$		
AlB-3	0,5	51,4	28,7	13,6	6,3	856	Nem ment végbe
AlB-14	2,0	60,1	16,8	16,8	6,3	767	Nem ment végbe
AlB-9	2,0	56,8	15,9	20,5	6,8	810	Megfelelő intenzitással végbe ment
AlB-6	2,0	55,6	19,4	16,7	8,3	840	Túl hevesen ment végbe
AlB-11	10,0	56,1	17,9	20,2	5,8	799	Túl hevesen ment végbe
AlB-12	10,0	57,0	18,3	19,2	5,5	770	Megfelelő intenzitással ment végbe
AlB-19	22,0	55,1	22,0	18,5	4,4	766	Megfelelő intenzitással ment végbe



5. ábra. B_2O_3 aluminotermikus redukciója a) előkészítve b) végbemenetel után

tatva 46—50% között mozog. A kapott ötvözet összetétele (több analízis átlagaként):

Al	94,8 —95,5%
B	2,75— 3,2%
Si	0,84— 0,96%
Fe	0,67— 0,97%

Az ötvözetben — még igen alacsony bórtartalom mellett is — a bór Al-borid alakban külön fázist képez.

Magasabb (kb. 10%-os) bórtartalmú Al—B ötvözet előállítási kísérleteinkkel kapcsolatban a *3. táblázat* adatai jól szemléltetik az adagsúly növelésével a termikus folyamat végbemeneteléhez szükséges fajlagos hőeffektus alakulását az adagsúlytól függően. Látható, hogy 0,5 kg-os adagsúly és Q_f=856 kcal/kg adag mellett a termikus folyamat nem megy végbe. (Rendkívül nagy a hőveszteség.) 22 kg-os adagsúly esetén már Q_f=766 kcal/kg adag termikusság is elegendő a folyamat megfelelő végbemeneteléhez.

A kialakított termikus keverék összetétele:

Al-dara	55,1%
B_2O_3	22,0%
Kén	18,5%
$KClO_3$	4,4%

Ebben az esetben már fehér izzáson megindul az Al-borid fázis kialakulása. A kapott fémötvözet összetétele:

Al	87 —88%
B	9,5 —10,2%
Si	0,75— 0,9%
Fe	1,1 — 1,5%

Al-borid (AlB_{10} és AlB_{12}) kinyerése céljából 1 : 1 hígítású sósavval kioldottuk az Al-t.

IRODALOM

[1] *M. Hansen:* Constitution of Binary Alloys New York (1958).
[2] *V. Sz. Szinyelnyikova* és *társai:* Aljuminidü, Kiev (1965).
[3] *G. V. Szamszonov* és *társai:* Bór ego vegyényia i szplavü, Kiev (1960).
[4] *L. F. Mondolfo:* Metallography of Aluminium Alloys, New York (1943).
[5] *V. T. Szerelrjánszij:* AN Dokl. (SzSzSzR, 141 (1961).
[6] *W. L. Fink:* Metals Handbook, Cleveland (1948).
[7] *V. A. Nyeronov:* Boridü Aljuminija, Kiev (1966).
[8] *F. Lihl, Sz. Jenitschek:* Metallkunde, 44 (1953) 414.
[9] *H. J. Becher:* Z. anorg. u. allg. Chem. (1961) 308, 13.
[10] *P. Haenni:* Rev. Met. (1926) 23, 342.
[11] *W. Hoffmann, W. Jenitschek:* Metallkunde (1936) 28, 1.
[12] *W. Hoffmann, W. Jenische:* Z. Phys. Chem. (1936) 31, 214.
[13] *N. J. Blek* és *társai:* Zavodszkaja alboratoria (1955) 21, 894.
[14] *E. J. Felten:* J. An. Chem. Soc. (1956) 78, 5977.
[15] *F. Wöhler:* Lieb. Ann. (1867).
[16] *V. I. Mihcheva* és *társai:* Zs. nyeorgan. him. (1957) Nr. 2. 1223.

A fémkohászat helyzete Finnországban

SZANYI ISTVÁN okl. kohómérnök
Ker. titkár, Helsinki

DK: 061.6 (480) : 669.2/.8

A szerző általános ismertető tanulmányában beszámol a finn fémkohászat helyzetéről az érc előfordulásoktól kezdve a fémkohászati termékek gyártásáig. Ismerteti a kohászati kutató intézetek tevékenységét. Végül beszámol a kooperációs lehetőségekről.

A fémkohászati termelés szerepe az iparban

A finn ipari termelésen belül 1969-ben a fémkohászati termelés részesedése 4,3% volt; a teljes kohászati termelés 6,8%-os, illetve az egész fémipar 24,5%-os részesedése mellett. A fémkohászati termelés tehát megközelíti a fémkohászat arányos fejlesztése esetén általában jellemző 5% körüli részesedést.

A finn fémkohászati termelés szerkezetére az a jellemző, hogy éppen a ma már legnagyobb tömegben használt fémet (acélt kivéve), vagyis az alumíniumot nem állítják hazailag elő. A félgyártmánytermelés viszont a színesfémkohászathoz hasonlóan már az alumínium terén is kellő színvonalon van.

A kohóalumínium termelés hiányát a finn fémkohászatban részben azzal ellensúlyozzák, hogy igyekeznek a munkaigényesebb termékek (félgyártmányok) hányadát növelni (pl. fólia, cső, kábel-huzal stb.), másrészt egyes értékesebb fémeket (pl. nikkel, kóbalt, ferró-króm) a hazai szükségletet sokszorosan meghaladó mennyiségben termelnek és exportálnak.

A finn fémkohászatnak az iparon belüli kellő súlyára utal az a körülmény is, hogy az iparválla-

latok rangsorában az 1970. évi eredmények alapján az *Outokompu Oy* színesfémkohászati vállalat 501,8 millió Fmk (1 $=4,1 Fmk) forgalmi értékével a 8., míg a finn kábelgyártás és alumínium félgyártmánytermelés zömét biztosító *Nokia Oy* 703,4 millió Fmk termelési értékével a 4. helyet foglalta el.

A *Nokia Oy*-nél az éves forgalomnak ugyancsak kb. a fele (335 m Fmk) esik a kábel és alumíniumfélgyártmány termelést folytató kábelgyári üzemegységre, de ez is igen jelentős, ha figyelembe vesszük, hogy ugyanakkor a legnagyobb vaskohászati vállalat a *Rautaruukki Oy* 1970. évi forgalma csak 326 m Fmk volt és ezzel az iparvállalatok rangsorában csak a 18. helyre került.

A fémkohászat termelési színvonala

I. A színesfémkohászat helyzete

A finn színesfémkohászatnak komoly hagyományai vannak és ez elsősorban az *Outokumpu Oy* vállalat tevékenységének köszönhető, mely egy — a vállalat nevét is öröklő kis bányatelepülésből világhírű színesfémkohászati vállalattá fejlődött. Az *Észak-Karéliában* fekvő *Outokumpu* helységben először 1910-ben fedeztek fel rézércet és éppen a napjainkban végbemenő fejlesztések *(Vuonos)* biztosítják, hogy az Outokumpui bánya továbbra is a finn réz- és nikkelércтermelés fontos bázisa lesz.

1. táblázat

Az Outokumpu Oy bányáinak termelése (t)

Bánya	1968	1969	1970
Outokumpu ..	516 826	530 110	490 570
Aijala	85 258	97 435	76 622
Vihanti	706 326	709 331	710 600
Kotalahti (Ni)	446 330	468 159	481 478
Virtasalmi	216 945	116 566	44 703
Telkkälä	—	70 046	141 285
Korsnäs	101 294	103 374	98 760
Pyhäsalmi	774 290	807 116	786 784
Kemi (Cr)	106 956	211 897	300 046
Tervola	—	—	19 393
Hitura (Ni) ...	—	—	100 326
Puumala	—	—	18 785
Összesen	2 954 235	3 114 034	3 269 352

Fenti bányák közül Kemiben Cr-ércet, míg Kotalahtiban, és a Hiturai bányában nikkel ércet, a többiben pedig komplex érceket bányásznak.

2. táblázat

Az Outokumpu Oy színportermelése (t)

Megnevezés	1968	1969	1970
Réz-színpor	137 259	133 769	121 160
Pirit-színpor	712 988	717 109	703 977
Pirit a meddőből	55 977	81 522	57 790
Zinkszínpor	120 257	132 436	119 668
Ólomszínpor	8 219	7 884	9 132
Nikkel színpor	52 028	71 095	103 065
Krómdúsítmány	36 196	71 326	120 509
Ritkaföldfémszínpor ...	12 152	10 117	6 750

a) *Nyersanyaghelyzet*

A vanádiumtartalmú titánércbányák *(Rautaruukki Oy)*, valamint a *Luikonlahti* (Malmikaivos Oy) rézércbánya kivételével a teljes színesfémércbányászat és színpor (dúsítmány) termelés az *Outokumpu Oy* kezében van, melynek 1970-ben működő 12 bányája az elmúlt 3 évben az *1. táblázat* szerinti ércmennyiséget termelte.

Az Outokumpu Oy színportermelése az elmúlt 3 évben a *2. táblázat* szerint alakult.

Az *1. táblázatban* említett bányák közül *Virtasalmi* már kimerült, de a bányászati tevékenység tovább folytatódik a közeli *Hällinmäki* rézérclelet kitermelése révén.

További ércelőfordulások

A jelentős *Ni-érc leletek* következtében a nikkel termelést évi 4000 t-ról 7000 t-ra növelik.

A legnagyobb Ni-érc vagyon a *vuonosi* bányában van, ahol 1972 elején indult a termelés és évi 1,5 millió t 0,2% Ni tartalmú ércből 35 000 t 6%-os színport termelnek majd. A Ni színpor mellett kinyernek még 72 000 t Co-tartalmú piritet és kevés Zn színport is. Fejlesztés alatt van a *hiturai* bánya is, ahol 1974-re évi 200 000 t ércet és ebből 20 000 t színport termelnek. A bánya ércvagyona azonban ilyen termelési szint mellett 4 év alatt kimerül.

A *Kylmäkoski* Ni, Cu ércbánya termelése 1971-ben indult, de a 0,5 millió t-ás ércvagyon 2,5 év alatti kimerülésével számolnak.

A *réz-, illetve komplex-ércbányák* közül az alábbiak vannak fejlesztés alatt:

Az Outukumpu melletti Vuonos-ban a már említett Ni bánya mellett egy új rézércbányát is megnyitnak, ahol 8 millió t 2%-os rézércleletre bukkantak. A bánya termelése 1972 végén indul és évi 300 000 t lesz a kapacitása. (A régi Keretti bánya termelése évi 400 000 t 3%-os rézérc.)

A *pyheselkäi* (Lähdenkorva, Joensutól 25 km-re) rézérc lelet kb. 2,5 millió t 1,1%-os és 2,5 millió t 0,5%-os rezet tartalmaz, ahol az Outokumpu Oy 6—7 évig évi 400 000 t ércet fog bányászni 3000—4000 t évi réztartalommal.

A *Kisko*-i bánya évi 100 000 t komplex ércet fog termelni és 2,5 év alatt kimerül.

A Malmikaivos Oy vállalat Luikonlahtiban 1972-ben mélyművelésű rézércbányát nyit évi 500 000 t érc-termelésével.

Amint azt már az előbbiekben is említettük, a vanádium- és titántartalmú vasérceket a *Rautaruukki Oy* bányássza. *Finnországban* ezen ércek jelentős mennyiségben fordulnak elő, de a vanádiumot és a titánt csak vegyületeik formájában termelik (V_2O_5 és TiO_2), fémeket vagy ferroötvözeteket ezekből egyelőre nem termelnek.

Otanmäki bánya: a bánya 1963-tól termel és azóta 13 millió tonna ércet bányásztak, melyből összesen több mint 5 millió tonna különböző dúsítmányt termeltek. A bánya jelenlegi ércvagyona még kb. 20 millió t.

Az otanmäki érc vanádiumtartalmú titán-vasérc. Az ércben 38—40% magnetit, 27—31% ilmenit, 1—2% pirit és kb. 0,25% vanádium van.

A bánya 1969-ben

274,8e t vasdúsítmányt (69,5%)
138,2e t ilmenitdúsítmányt
7,5e t piritszínport és
2,403 t V_2O_5-ot termelt.

A vanádiumpentoxid üzem 1956-ban indult és 1969-ben évi termelése a világtermelésnek kb. 1/10-ed részét képviselte. A termelés csaknem teljes mennyiségben exportra kerül.

Taivalkovski (Mustavara) lelet: az ugyancsak vanádiumtartalmú titánvasércvagyon mintegy 60 millió t, melyből 30 millió t külszíni fejtéssel termelhető.

A bánya és a vanádium üzem építését 1973-ban kezdik el és a termelés indulása 1975 elején várható.

b) *Kohászati termelés*

A finn szénesfémkohászat fém és félgyártmány termelését teljes egészében az *Outokumpu Oy* vállalatai biztosítják.

A termelés alakulását az utolsó 3 év során a *3. táblázat* mutatja.

3. táblázat

A finn színesfém és félgyártmánytermelés (t)

Megnevezés	1968	1969	1970
Elektrolitikus réz	35 895	33 877	34 047
Elektrolitikus nikkel	3 327	3 722	4 009
Zink (elektrolitikus)	—	1 084	55 820
Kobalt	505	778	1 008
Kadmium	—	—	89
Ferrokróm	8 000	26 000	33 000
Ezüst (kg)	21 071	19 438	23 009
Selén (kg)	7 296	6 197	6 946
Arany (kg)	665	587	632
Hengerelt áru	6 176	6 695	6 764
Húzott huzal	11 823	13 356	12 444
Csőtermelés	10 316	10 379	11 696

Fenti színesfémkohászati termékeket az *Outokumpu Oy* alábbi *négy* üzemében állítják elő:

1. Harjavaltai üzem

A törszt bányáiban termelt réz- és nikkel színporból, továbbá a *Malmikaivos Oy Luikonlahti* bányától (1968 óta) megvásárolt rézszínporból ebben az üzemben termelik az *anódrezet*, továbbá az *elektrolitikus nikkelt*. A réz és nikkel kohósításánál a vállalat által kifejlesztett és eddig 18 külföldi cégnek is eladott „villanó-olvasztást" (flashsmelting) alkalmazzák, melyet a szulfidos réz és nikkelércek legkorszerűbb kohósítási eljárásának tekintenek. Az eljárás ugyanakkor alkalmas pirit- és ólomérc színporok feldolgozására is.

Az említett kohászati üzemek mellett *Harjavaltában* erőmű és salak-dúsító üzem is van, mely utóbbi a kohósalakból további rézkinyerést tesz lehetővé. Itt alkalmazzák a cég által kifejlesztett automatikus anódöntő berendezést is, mely nagyon pontos súlyú anódok öntését teszi lehetővé.

A kohó, oxigéngyár és az elektrolitikus nikkel finomító üzemek fejlesztése folyamatban van és az 1972 márciusában üzembe lépő bővítés az eddigi 4000 t helyett évi 7000 t 99,98%-os finomságú elektrolitikus nikkel termelését teszi lehetővé, melynek 90%-át exportálni fogják.

2. Pori üzem

A *pori üzem* több, mint 2000 dolgozójával az *Outokumpu Oy* legnagyobb gyáregysége, ahol katódrezet, fémvegyületeket és réz és rézötvözet-félgyártmányokat állítanak elő.

A *Harjavaltai* kohótól kapott anód-rezet itt elektrolitikus úton 99,99%-os réztartalmúvá finomítják, közben a vállalat saját eljárásának alkalmazásával dolgozó nemesfém üzemrészben *aranyat, ezüstöt, platinát* és *szelént* nyernek ki.

A katódrézből a vállalat saját félfolyamatos öntő-eljárásával öntik a huzaltuskót, bugát és pogácsát oxigén-mentes jó-vezetőképességű réz minőségében. A foszfortartalmú rezet főként a rézcsőgyártásnál használják.

A szabványos rézötvözeteket a sárgarézöntödében egy különleges, folyamatos, vízszintes öntőeljárással állítják elő.

A félgyártmányok között, cső, rúd, profil, huzal, lemez és szalag-gyártás is szerepel.

Különleges termékként említendő a papírgyári gépekhez szűrőként szükséges vékony bronz és tombak huzal, melyből a finn szükséglet évi 2000 t körül van.

Egy másik ilyen különleges termék az *érmegyártás*, melyből az 1970. évi termelés 1000 t körül volt. A hazai érmeszükséglet mellett nikkelpénzeket (Mexico és Thaiföld részére) is exportálnak.

A lemezes hengerműben max. 1000 mm szélességű és 0,3—20 mm közötti vastagságú lemezeket hengerelnek.

A csőhengerlést már korábban elkülönítették a cső és rúdsortól és a csőgyártási kapacitás jelenleg is fejlesztés alatt van. Az új 266 mm hosszú csarnokban 100 m hosszú csöveket is gyártanak majd. Az 1972 tavaszán befejeződő beruházás révén a csőtermelés 40—50%-kal nő és eléri a havi 1500 t-át. A csőtermelés 60%-át exportálják. A kivitelnek kb. a fele Svédországba irányul.

3. A Kokkola-i üzem

Az üzem a fémek (Zn, Co, Cd és újabban Hg) mellett jelentős mennyiségű elemi ként és villamos energiát is termel. (A keletkező hulladékhő hasznosításával). A horganytermelés 50—55% Zn, 10% Fe és 30—32%-os S tartalmú színporból történik. Fluidizáló pörkölés, lúgzás és lúgtisztítás után elektrolitikus eljárással nyerik a horganyt. Az üzem 1970-ben kezdte a *horgany*termelést, de a technológiát már is javítják és ezzel az évi termelési kapacitást 90 000 t-ról 97 000 t-ra növelik.

A gyár saját technológiáját használó *kobalt* termelés évi 1000—1300 t körül van (99,9%-os tisztaságú) és ezzel a világ egyik legnagyobb ilyen üzemének számít. (A világtermelés 5%-a.) A gyár kifejlesztette és 1970 végén beindította a Zn-színpor pörkölési gázaiból Hg kinyerésére alkalmas eljárását. Az évi Hg termelés kb. 600 palack (20 t) kö-

rül lesz, mely éppen a hazai szükségletek fedezésére elegendő.

A piritnek a villanó-olvasztással (flash melting) történő feldolgozása révén kb. 1300 t/év elemi kén (99,9%-os), vasdúsítmányt és villamos energiát nyernek. A melléktermékként nyert SO_2-t kénsavgyártásra használják. A kén világpiaci árának felére esése következtében azonban az üzem gazdaságossága jelenleg veszélyben van.

4. Tornio-i üzem

Az üzemben a közeli *Kemi* bányából érkező *króm*ércet dolgozzák fel ferrokrómmá.

Az üzem 1968-ban kezdett termelni. A 28 000 t/év tervezett kapacitással szemben az 1970. évi termelés már 33 000 t volt, melyet csaknem egészében exportáltak.

Az érc kedvezőtlen króm-vas aránya miatt a feldolgozás problematikus volt és különleges eljárást kellett kifejleszteni. A technológia javítása most is folyamatban van és ettől a krómtartalom 65%-ra történő növelhetőségét várják.

Az üzemben zsugorító- és ívfényes olvasztóüzem van. 1969-ben a króm-vas arány fokozása érdekében egy külön üzemrészt létesítettek.

II. A könnyűfémkohászat helyzete

Finnországban kohóalumíniumot, vagy egyéb könnyűfémeket (pl. Mg, Ti) nem állítanak elő, így a könnyűfémkohászati tevékenység csak a félgyártmány és öntvénytermelés területére korlátozódik.

A könnyűfémkohászati félgyártmányokat termelő vállalatok közül kiemelkedik a *Nokia Oy* kábelgyári üzeme, ezért ennek tevékenységét röviden elkülönítve ismertetjük.

Nokia Kábelgyára

A cég tevékenységének fő területe a kábelgyártás, de egyrészt maga gyártja (olvasztás, öntés, hengerlés, dróthúzás) az ezekhez szükséges huzalokat, másrészt az *alumínium félgyártmány termelése* is egyre jobban növekszik, így a vállalat kohászati tevékenysége is igen jelentős. Az 1970. évi 335 m Fmk forgalomból kb. 30 m Fmk-át képviseltek a sajtolt alumínium félgyártmányok. A vállalat termelésének kb. 30%-át exportálja. Az éves alumínium félgyártmánykapacitások alakulása (beleértve a kábelgyártásnál felhasznált huzaltermelést is) a *4. táblázat* szerint alakul.

4. táblázat

A Nokia Kábelgyár Al-félgyártmány kapacitása

Megnevezés	Éves kapacitás (t)
Alumínium hengerhuzal	25 000
Alumínium húzottdrót	12 000
Alumínium présáru (sajtolt)	5 000

A *Nokia* cégnek van még egy finn- és egy törökországi kábel-leányvállalata is. (Pohjolan Kaapeli Oy, ill. Türkkablo A. O.)

Építés alatt van egy alumínium-félgyártmányokat termelő üzem *Hollandiában* is (Nordakex, Hoogezand), mely a *Nokia* és a svéd *Skandinaviska Aluminium Profiler Ab.* közös vállalata. A gyár a *Nokia* cég *Pikkalában* levő gyáregységéhez hasonlóan alumínium profilokat fog előállítani. A termelés évi 900 t kapacitással 1971. közepén indult és 1973-ra évi 4000 t-ra fog felfejlődni. A *Nokia* céggel a magyar *Metalimpex* mellett a *Transelektrónak* is jó kapcsolatai vannak.

Egyéb félgyártmánytermelés

A *Nokia kábelgyárán* kívül (az öntvénytermelők mellett) még 4 kisebb finn cég foglalkozik könnyűfémfélgyártmány termeléssel. Ezek közül az *Aluma Oy* és a *G. W. Sohlberg Oy* fólia-hengerléssel, míg a *Kuusakoski Oy* ötvözött Al-tömbök, a *Laihian Metalli Oy* pedig kokilla-prés és centrifugál-öntvények előállításával foglalkozik. Ez utóbbi vállalat tehát már az öntödék közé is sorolható.

Az *Aluma* cég fóliatermelése kb. 3500 t/év, melyet importált féltermékből állít elő. A termelt fólia és vékonyszalag vastagsága 0,007—0,2 mm között, míg a szélesség 20—1320 mm között van.

A *G. W. Sohlberg* cég az alumínium-fólia mellett ónból és műanyagból is termel csomagolási célra fóliát. A fólia mellett fémekből préskovácsdarabokat is gyártanak.

III. Fémvegyületek termelése

A fémvegyületek termelésének a finn vegyipari termékek között betöltött fontos szerepét mutatja az a körülmény is, hogy 1969-ben 51,2 m Fmk értékkel a TiO_2 export volt a legjelentősebb exporttétel. A teljes vegyipari export ugyanakkor kb. 301 m Fmk volt. Igen jelentős az export értéke a vanádiumpentoxidból és a ritkaföldfémoxidokból is.

A fontosabb fémvegyületek termelőit és az 1970. évi termelési adatokat *5. táblázatban* foglaltuk össze:

5. táblázat

Fémvegyületek termelése

Fémvegyület	Éves termelés (t)	Termelő vállalat
Rézszulfát	1 929	Outokumpu Oy
Nikkelszulfát	674	Outokumpu Oy
Rézoxid	428	Outokumpu Oy
Vanádiumpentoxid	2 348	Rautaruukki Oy
Zinkoxid (fehér)	...	Suomen Sinkkivalko Oy
Ritkaföldfém-oxidok	150	Typpi Oy
Titándioxid	50 000	Rikkihappo Oy
Alumíniumszulfát	50 000	Rikkihappo Oy

A titándioxidot a *Rikkihappo* cég a *Vourikemia Oy* saját kereskedelmi vállalatán keresztül exportálja.

Alumíniumszulfátból a termelés csak a finn piac igényeit tudja kielégíteni és a termeléshez szükséges alumíniumhidrát jelentős részét a *Mineralimpex* magyar külkereskedelmi vállalattól szerzik be.

A zinkfehér termelési adatait nem ismerjük, de a termelés egy részét abból is exportálják.

A finn *vanádiumpentoxid* termelés az 1969. évi világtermelésnek kb. 8—10%-át képviselte.

A fémkohászati kutatás helyzete és eredményei

A kohászati kutatás helyzete az iparon belül

Finnországban az utóbbi években a nemzeti jövedelemnek kb. 0,4—0,8%-át fordították az ipari kutatások fedezésére, vagyis még a felét sem annak a hányadnak, melyet a fejlett tőkés országokban (kb. 1,5—3%) fordítanak erre a célra.

1968-ban az ipari kutatási összegnek
7%-át az alapkutatásokra
36%-át az alkalmazott kutatásokra és
57%-át a fejlesztési munkákra fordították. A létszámot tekintve az 1969. évi alapján az iparban foglalkoztatottak 1%-a foglalkozott kutatási tevékenységgel.

Összehasonlításként megemlítjük, hogy ugyanakkor a vegyiparon belül ez az arány 3,3%, míg a gyógyszeriparnál 11,3% volt. A kohászatra vonatkozó összefoglaló adatok nem állnak ugyan rendelkezésünkre, de abból az adatból kiindulva, hogy a nagyobbik vaskohászati vállalat (Rautarukki Oy) *Raahe*-i üzemében az alkalmazottak számának kb. 10%-a a gyár saját kutatóintézetében dolgozik; továbbá, hogy a csaknem a teljes finn színesfémkohászatot képviselő *Outokumpu Oy*-nál az utóbbi néhány évben a forgalom értékének átlagosan 5 százalékát fordították kutatási és fejlesztési munkákra, megállapíthatjuk, hogy a finn kohászaton belül a kutatási tevékenység példamutatóan fontos szerepet tölt be. Hasonlóan követendő példaként szolgálhat az a megoldás is, hogy *a kutatási tevékenység a termelő üzemek keretein belül* és nem a gyakorlati termelésből általában eltávolodó, külön kutatóintézetekben folyik.

A másik vaskohászati nagy vállalat (Ovako Oy, 1970. évi forgalma 292 m Fmk.) éppen 1971-ben fejezte be a négy termelő üzemét kiszolgáló közös kutatási központjának felépítését (Imátrán).

Jelentős kutatási részlege van a ritkaföldfémoxidok kinyerésével és elkülönítésével is foglalkozó *Typpi Oy* vállalatnak is. (A cég fő tevékenysége a műtrágyatermelés. 1972-től beolvad a Rikkihappo Oy-be.)

Az Outokumpu Oy kutatási tevékenysége

A cég kutatási tevékenysége a tröszthöz tartozó vállalatok tevékenységével összhangban *három* fontos területet ölel fel: az *érckutatást*, a *kohászati folyamatok fejlesztését* és a *műszerfejlesztés* területét.

Az *érckutatás* részlegét 20 évvel ezelőtt hozták létre *Outokumpuban* és 1970-ben Espoo-ban (Helsinki mellett) elkezdték az új érckutató intézet megépítését.

A *kohászati kutatóintézet* ugyancsak kb. 20 évvel ezelőtt kezdte el tevékenységét *Poriban* és ugyanott most van folyamatban az új kohászati kutatóintézet építése. A kohászati kutatóintézet által kifejlesztett eljárások rövid ismertetését külön fejezetben foglaljuk össze.

*Pori*ban van a tröszt Központi Laboratóriuma is, mely az egyes üzemek laboratóriumának lehetőségeit meghaladó elemzési feladatokat végzi el. A Központi Laboratórium külföldi elemzési megbízatásokat is teljesít.

A *Fizikai Kutató Laboratóriumot* 1966-ban építették *Espoo*ban és most van folyamatban a második szakasz építése. Ebben a kutató laboratóriumban fejlesztik ki az ércdúsítási és kohászati folyamatok tökéletesítéséhez szükséges műszereket, valamint a folyamatok automatizálását. Így pl. nemzetközi kitüntetésben részesült a cég által kifejlesztett:

— „*Satmagan*", mágneses mérleg
— Susceptiméter, fúrási-lyuk-nagyságmérő
— Metor — fém felfedő és a
— Courier gamma sugaras elemző készülék, mely a flotációs folyamat folyamatos ellenőrzését és automatizálást teszi lehetővé.

Az Outokumpu Oy kutatási eredményei a színesfémkohászat területén

A mintegy 200 fővel dolgozó (ebből 30 kutató mérnök) *Kohászati Kutató Intézet* legjelentősebb eredménye a „villanó olvasztás" (Flash Smelting Method), melyet a szulfidos réz és nikkelércek feldolgozásánál ma a legkorszerűbb eljárásnak tekintenek és az eljárást eddig 18 külföldi cégnek (14 országban) adták el. Az eljárás alkalmas ólom- és piritszínporok feldolgozására is, mely utóbbi esetben elemi ként, vasérckoncentrátumot, kéndioxidtartalmú gázokat és villamos energiát termelnek. A „villanó olvasztás" fő előnye abból adódik, hogy az hasznosítja a szulfidos színpor latens hőjét.

Elmarad a hagyományos módszernél alkalmazott zsugorítás, továbbá a pörkölés és olvasztás művelete összevonódik. (A villanó olvasztást részletesen a *Metal Bulletin* 1969. jún. 3.-i száma ismerteti.)

A villanó olvasztásnál keletkező *nikkel-kéneskő*ből előbb konverterben finom kéneskövet (63% Ni, 28% Cu és 7% S), majd *elektrolitikus nikkelt* állítanak elő az alábbi műveletek elvégzésével: őrlés, lúgzás, elektrolit tisztítás és elektrolízis révén (*Metal Bulletin* 1967. szept. 15. száma).

A réz elektrolízisnél keletkező *anódiszap feldolgozása* a *Pori*-üzem nemesfém üzemrészében ugyancsak az *Outokumpu* által kifejlesztett eljárás alapján történik és a nemesiszapból aranyat, ezüstöt, platinát és szelént nyernek ki. Az eljárás lényegét a szelénkinyerés jelenti. A nemesiszap feldolgozására vonatkozó eljárás „know-how"-ját *Jugoszlávia* és *Chile* is megvásárolta.

A *kokoklai* üzemben évente kb. 1000 t 99,9%-os tisztaságú kobaltot termelnek 0,7% kobaltot tartalmazó pirit koncentrátumból, nikkel-, réz és cinktartalom mellett. (*Metal Bulletin* 1969. jún. 20-i száma.)

A *kokkolai* üzemben az elektrolitikus cinktermelés technológiáját most módosítják, melynek révén az évi termelési kapacitás 90 000 t-ról 97 000 t-ra növelhető.

Módosítás alatt van a *torniói* üzemben alkalmazott ferrokróm termelés technológiája is, melynek

révén egyrészt megszüntetik a szennyezőként jelentkező hulladék (ferroszulfát) keletkezését, másrészt a termék krómtartalmát 65%-ra növelik. (Az érc feldolgozásánál az eredeti probléma is a kedvezőtlen króm-vas arány volt, melynek megoldására saját eljárást fejlesztettek ki.)

A cég legújabb eljárása Hg-nak pörkölési vagy kohógázokból történő kinyerésére vonatkozik. A kokkolai üzemben a cinkszínpor fluidizáló pörkölésénél keletkező gázokból nyerik ki a Hg-t csaknem 100%-os kihozatallal. Az eljárás jövője a levegőszennyezettségi probléma megoldása szempontjából is igen biztató. Az eljárás értékesítése érdekében megállapodtak a *Lurgi* (NSZK) céggel, mely az eljáráshoz szükséges berendezések szállításában érdekelt.

Említésre méltó még, hogy a cég *Pori* üzemében a nikkelszulfát termelése is saját eljárás alapján történik. (Az eljárást *Indiába* is eladták.) A cég által kifejlesztett automatikus anód-öntő eljárás igen pontos súlyú anódok öntését teszi lehetővé.

Kooperációs lehetőségek

Amint az a fenti rövid áttekintésből is látható a finn színesfémkohászat műszaki színvonala igen magas és ez a körülmény csak növeli az együttműködés lehetőségét.

A finn és magyar fémkohászati együttműködés lehetőségeit még tovább fokozza az az adottság, hogy egymást jól kiegészítik, mivel *Magyarországon* az alumíniumkohászat, *Finnországban* pedig elsősorban a színesfémkohászat fejlesztése volt előtérben. Ennek következtében a kutatási tevékenység is elsősorban ezen területekre összpontosult mindkét országban.

A meglevő adottságok tehát kutatási és fejlesztési téren egyaránt kedvezőek. Magyar szempontból különös jelentősége lehet — a hazai színesfémkohászat fejlesztése szempontjából — a fejlett finn eljárások átvételének.

A két ország viszonylag hasonlóan nem túl nagy fogyasztása következtében az együttműködési lehetőségek vizsgálatakor egyes esetekben vegyes vállalatok alapításának a kérdése is felmerülhet.

Ötalkotós (Te, Bi, Sb, Se, Sn) rendszer szétválasztási lehetőségének vizsgálata

Dr. POZSGAI VILMOS okl. vegyészmérnök, MÉSZÁROS ISTVÁNNÉ tud. munkatárs,
HORVÁTH ZOLTÁN technikus
Fémipari Kutató Intézet

DK: 669.017.15 : 66.049 : 669.046.55

Te, Bi, Sb, Se, Sn-t tartalmazó ötvözet szétválasztási lehetőségének vizsgálata kémiai úton. Oldás sósav-salétromsav keverékében, ezután az oldatból SO_2-al és Te és Se kiredukálása a többi oldatot szulfid alakban leválasztva.

A termoelektromos hűtőelemek meglehetősen komplex gyártástechnológiáját figyelembe véve — még szériagyártás esetén is — jelentékeny mennyiségű hulladék, selejt képződik, vagy képződhet, mind az alapanyagokat, mind a már összeszerelt alkatrészeket illetően. Az egyes technológiai fázisok során képződő selejt, illetve hulladékképződés lehet különböző, de leginkább a félvezető testek előállítása és a hűtőelem összeszerelése során kell vele számolni. (A félvezetőtestek színterelése, zárlat a kész alkatrészben stb.)

Az alapkomponensek (Te, Se, Sb, Bi) mind importanyagok — bár eredeti tisztaságában nem lehet egy lépésben az alkotókat visszanyerni —, szériagyártás esetén szükségszerűvé válik a felgyülemlett hulladék és selejtes anyag hasznosítása. Kísérleteinket olyan irányban folytattuk, hogy az ötvözetet feloldva egyrészt már az oldásnál, másrészt az oldatból az egyes alkotók kémiai tulajdonságait kihasználva, különböző vegyületeiken keresztül történő elválasztási lehetőségeket tanulmányozzuk.

Kísérleti rész

A hűtőelemet az alábbi alapvető anyagokból állítjuk össze:

a) n és p vezetéstípusú félvezetőtestek;

b) a félvezetőtesteket — elektromos vezetés szempontjából — összekötő rézlemezek;

c) forraszanyagok;

d) kivezető kábelek;

e) izotermikus lemezek (Al-ból).

Ilyen összeszerelt hűtőbattéria vázlatos rajza látható az *1. ábrán.*

Az ábrához tartozik, hogy a két izotermikus lap közötti négy szabad oldal elektromosan szigetelő szalaggal és epokit réteggel le van zárva.

Ha csak n és p vezetéstípusú félvezetőtestekből indulunk ki, a komponensek elválasztása annak megfelelően egyszerűsödik, mivel nincs jelen a rendszerben *Sn.*

Ha az összeállított hűtőelemekből a fent megjelölt alapvető anyagokat ki akarjuk nyerni, a hűtőelemet szét kell szerelni. (Kísérleteinkhez a *Villamosipari Kutató Intézet* által előállított „nem selejtes" hűtőelemeket használtunk fel.)



1. ábra. Peltier-hűtőelem vázlatos rajza

A zárószalagot „Lakle" elnevezésű oldószerben 10—20 percig tartó fürdetéssel el lehet távolítani. (Az oldószert tudomásunk szerint a *Lakk- és Festékipari Kutató* állítja elő, de jelenleg még kereskedelmi forgalomban nem kapható.)

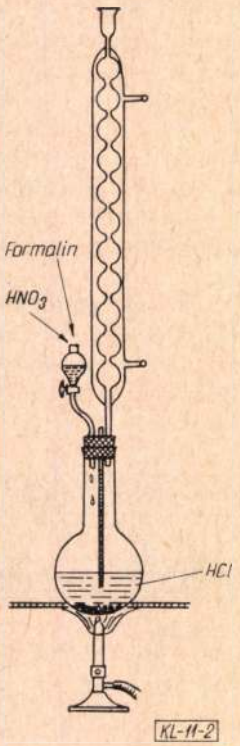
Ezután levágjuk a kivezető kábeleket, majd az elemeket ugyanolyan összetételű forraszanyag-fürdőbe rakjuk, mint amilyen forraszt az összeszerelésnél használtak. Ebben a fürdőben 220—250 °C-on — keverés közben — 1—2 perc alatt különválnak az Al-lemezek, a rézhidak és a félvezető testecskék. Ezek szűréssel eltávolíthatók a folyékony forraszanyagtól. A kiindulási anyag (Bi, Te, Se, Sb, Sn) oldószeréül a sóvas és salétromsav elegye bizonyult a legmegfelelőbbnek.

Egyedül A HCl-ben az ón kivételével egyik alkotó sem oldódik. HNO_3-ban a *Te*, *Sb* és *Sn* oldhatatlan csapadék képződése közben oldódik, H_2SO_4-nek, mint oldószernek a használata a további folyamatok során akadályozná a komponensek szétválasztásának menetét.

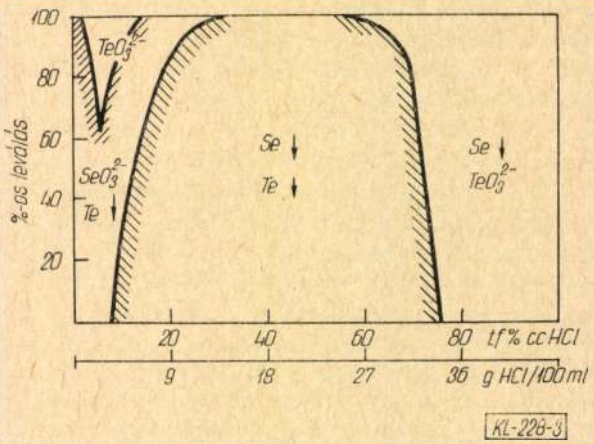
Kísérleti eredményeink szerint az oldás optimális körülményei az alábbiak:

10 g kiindulási anyaghoz 50 cm^3 conc. HCl-t öntünk, majd hidegen — nagyon óvatosan — hozzáadagolunk 10 cm^3 conc. HNO_3-t. A HNO_3 adagolást azért kell lassan adagolni, mivel az oldódás nagyon hevesen megy végbe, az oldat felmelegszik. Később azonban az oldódás lelassul és célszerű az oldatot melegíteni. Az oldódás eredményeképpen a rendszerben szelénessav (H_2SeO_3), tellúrossav (H_2TeO_3), bizmutklorid ($BiCl_3$), antimonklorid ($SbCl_3$), és ónklorid ($SnCl_4$) képződik.

Az oldás befejezése után az oldatban maradt salétromsav elbontása céljából nagyon óvatosan formaldehid oldatot adagoltunk a rendszerbe addig, amíg a nitrózus-gőzök kiválása meg nem szűnt.



2. ábra. Készülék a kiindulási anyag oldására



3. ábra. Se és Te leválasztása sósavas közegből

Az oldást a *2. ábrán* látható készülékben végeztük. Az oldás közben keletkező gőzöket a hűtővel való kondenzálással vittük vissza az oldatba.

(Pl. az oldás során képződő $SeOCl_2$ nagyon illékony.)

Ha egy oldatban együtt fordul elő a *Se* és a *Te* (vegyületekben), akkor SO_2-al az oldat savasságának a szabályozásával frakcionált kicsapatás hajtható végre. A Se és Te kiválasztásának illetve szétválasztásának folyamata — együttes jelenlét esetén — a két elem redoxpotenciáljának értékei közti különbségen alapszik [1].

$$H_2SeO_3 + 2\,SO_2 + H_2O = Se + 2\,H_2SO_4 \quad (1)$$
$$E_1 = +0{,}571\ V$$
$$H_2TeO_3 + 2\,SO_2 + H_2O = Te + 2\,H_2SO_4 \quad (2)$$
$$E_2 = +0{,}40\ V$$

A fenti két reakció elektromos ereje (E) értékének összehasonlításából látható, hogy az oldatban SeO_3^{2-} és SeO_3^{2-} ionok együtt vannak jelen, akkor elsőként az (1) sz. reakció, azaz redukció útján az elemi szelén kiválása fog végbemenni, 27%-os HCl oldatból a *Se* kétszeres hígítás után pedig a Te teljesen leválasztható az oldatból. Lásd *3. ábra* [2].

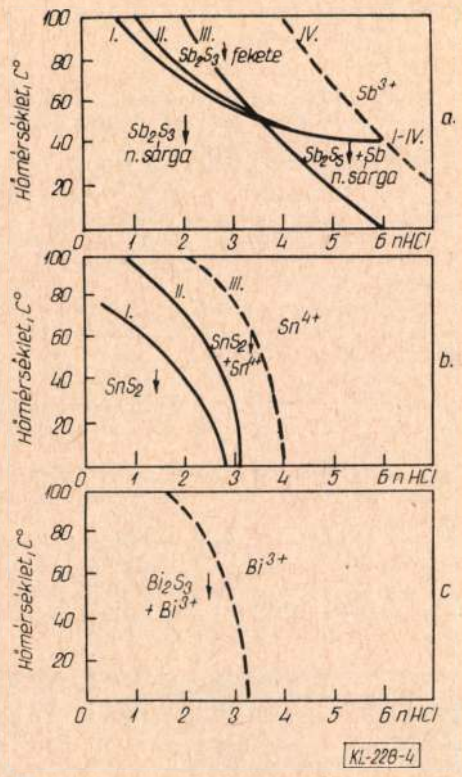
A leválasztás hatásfokát a hőmérséklet-emelés nem javítja.

Javítja azonban a kiválás végbemenetelének mértékét, ha a kicsapás után 24 óráig az oldatot állni hagyjuk. Úgy a szelén, mint a tellúr kicsapása után az oldat jól szűrhető. Az antimónt, bizmutot és az ónt kénhidrogénnel vittük az oldatból csapadékba, részben szelektíven az alábbi reakciók szerint:

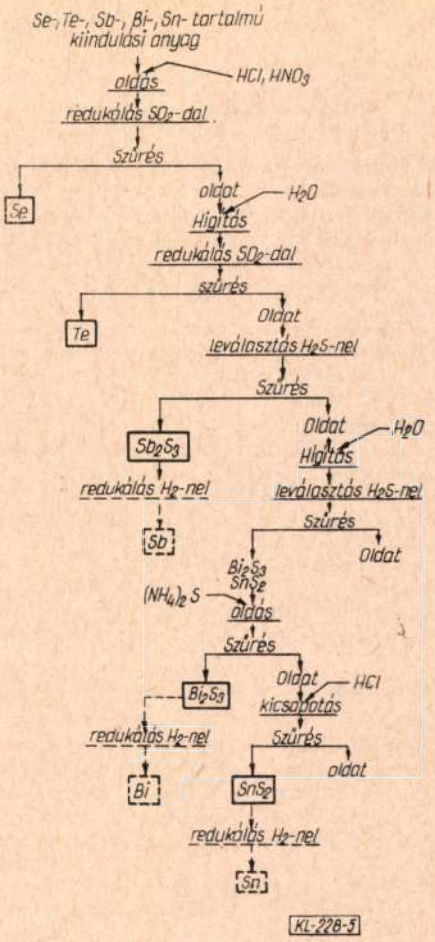
$$2\,SbCl_3 + 3\,H_2S = Sb_2S_3 + 6\,HCl \quad (3)$$
$$2\,Bi_2Cl_3 + 3\,H_2S = Bi_2S_3 + 6\,HCl \quad (4)$$
$$SnCl_4 + 2\,H_2S = SnS_2 + 4\,HCl \quad (5)$$

Az Sb_2S_3, Bi_2S_3 és SnS_2 csapadékban való kiválása erősen függ a HCl-koncentrációtól és a hőmérséklettől. A *4.* összevont *ábrákból* [2] leolvashatók azok a hőmérsékletre és koncentrációra vonatkozó adatok, amelyek mellett az alkotók részlegesen, illetve teljesen csapadékba vihetők.

Így forró 2n sósavas oldatból (4. sz. ábra) az Sb_2S_3 csapadék intenzív kénhidrogén-árammal (kb. 1 l/perc) teljesen leválasztható (III. sz. görbe),



4. ábra. Be, Sn és Sb leválasztásának körülményei



5. ábra. Szétválasztás folyamatábrája

magasabb savkoncentráció mellett a teljes leválás csak alacsonyabb hőmérsékleten érhető el. 6—8n sósavoldatban még 0 °C-on is csak részleges a leválás. 4n HCl-oldatban forrón, hidegen 8n fölötti HCl koncentrációnál egyáltalán nem történik kicsapódás (IV. sz. görbe).

Lassú kénhidrogén adagolás mellett (3 buborék másodpercenként) forró oldatban csak 1n HCl koncentráció mellett teljes a leválás (II. sz. görbe). Hidegen azonban magasabb savkoncentráció (0 °C-on 6n HCl) mellett is elvégezhető a kicsapás. Az I. sz. görbe a fekete színű Sb_2S_3 leválásának a határa.

Az SnS_2 az antimónszulfidtól eltérően már 4n sósavban teljesen feloldódik, A *4b ábrán* látható diagramból kitűnik, hogy 1n sósavoldatból a kénhidrogén intenzív átbuborékoltatásával megközelítően teljesen leválasztható az SnS_2 (II. sz. görbe).

Töményebb sósavoldatban azonban a teljes leválás csak alacsony hőmérsékletű közegben érhető el. Forró 2n sósavban, hidegen pedig 4n sósavkoncentráció felett egyáltalán nem következik be csapadékleválás (III. sz. görbe). Lassú kénhidrogén gázárammal forró oldatból a teljes leválás nem érhető el (I. sz. görbe).

A bizmut kénhidrogén hatására az ónhoz hasonlóan viselkedik. Az általunk kísérleti úton meghatározott oldhatósági diagramból (*4c ábra*) leolvasható, hogy abban a hőmérsékleti és savkoncentráció tartományban, ahol az SnS_2 leválik, ott a Bi_2S_3 is részlegesen kicsapódik. Szobahőmérsékleten 2n HCl oldatból választható le teljesen a Bi_2S_3.

Ezekből kiindulva 4,5n HCl oldatból 22 °C-on kicsapattuk az Sb_2S_3-at, majd szűrés és hígítás után az ónt és a bizmutot együttesen választottuk le a 1,5n os HCl-oldatból.

A bizmutot és az ónt azon tulajdonságuk alapján választottuk szét, hogy a bizmutszulfid ammóniumszulfidban nem oldódik, az ónszulfid viszont jól oldódik:

$$SnS_2 + (NH_4)_2S = (NH_4)_2SnS_3 \qquad (6)$$

A tiosztannátos oldatból az ónt visszasavanyítással nyertük ki csapadékba szulfid formában:

$$(NH_4)_2SnS_3 + 2\,HCl = SnS_2 + H_2S + 2\,NH_4Cl \qquad (7)$$

Amennyiben a rendszer nem tartalmaz Sn-t, ez utóbbi technológiai lépésre nincs szükség.

Az Sb_2S_3, Bi_2S_3 és SnS_2 csapadékokból redukcióval, elektrolízissel stb. úton [3—6] kapunk színfémet.

A szétválasztás folyamatábráját az *5. ábra* szemlélteti.

IRODALOM

[1] *Kudrjavcev A. A.:* Himija technologija szeléna i tellura Metallurgia, Moszkva, (1968).

[2] *Erdélyi L.:* „A kémiai analízis súlyszerinti módszerei" II. kötet. Akadémiai Kiadó, Budapest (1960).

[3] Osznovü metallurgii. II. kötet. Metallurgizdát, Moszkva (1962).

[4] Osznovü metallurgii V. kötet, Metallurgizdát, Moszkva (1968).

[5] *Tafel V.:* Lehrbuch der Metallhüttenkunde, I. kötet. Lipcse (1951).

[6] *Tafel V.:* Lehrbuch der Metallhüttenkunde II. kötet. Lipcse (1953).

Beszámoló konferenciáról

Ritkafém-kutatási konferencia a Nehézipari Műszaki Egyetemen

A ritkafémek korunk korszerű iparának elengedhetetlenül szükséges alap-, ill. ötvözőanyagai. A ritkafémek előállítását és felhasználását a Kormány és a Magyar Tudományos Akadémia is kiemelt témaként kezeli, amelynek országos szintű koordinálásával a Magyar Tudományos Akadémia a Nehézipari Műszaki Egyetemet bízta meg.

A hazánkban végzett ritkafém-kutatások eredményeinek felmérésére, a különböző helyeken dolgozó kutatók egymással való megismertetéseire a Nehézipari Műszaki Egyetem 1972. augusztus 31-én és szeptember 1-én országos konferenciát rendezett Miskolcon.

A konferenciát augusztus 31-én 10 órakor *Osztrovszki György* akadémikus, az OMFB elnökhelyettese nyitotta meg. Ismertette a külföldi, illetve a hazai eredményeket és sürgette a saját iparunk által előállított ritkafémek fokozottabb mértékű felhasználását.

Az Egyetem részéről *Dr. Simon Sándor* tanszékvezető egyetemi tanár, az NME rektora köszöntötte a konferencia résztvevőit. Hangsúlyozta, hogy az Egyetem számára megtisztelő feladat a ritkafém-kutatások koordinálása.

A konferencián az alábbi előadások hangzottak el:

augusztus 31-én:

1. *Dr. Horváth Zoltán*, tanszékvezető egyetemi tanár: „Ritkafémek fogalma és előállításuk módszerei."
2. *Dr. Tarján Gusztáv*, az MTA lev. tagja: „Nyomelem (Sc, Nb, Ta) tartalmú W—In-koncentrátumok komplex feldolgozásának várható gazdasági eredményei."
3. *Dr. Földvári Aladárné*, a MÁFI tud. főosztályvezetője: „A geokémiai ritkafém-kutatás hazai eredményei és tapasztalatai."
4. *Dr. Patvaros József*, egy docens: „Sajátságos bányaművelési módszerek a ritkafémek lelőhelyeinek kitermelésére."
5. *Dr. Gagyi Pálffy András*, az OÉÁV igazgatóhelyettese: „A ritkafémkutatás további fejlesztésének szükségessége és adottságainkból következő ésszerű korlátai."
6. *Dr. Molnár Pál*, egyetemi adjunktus: „A W—Mo—Sn-ércelőfordulások főbb genetikai típusai és gazdaság-földtani jelentőségük."
7. *Dr. Fekete Sándor*, a BKI főosztályvezetője: „A nyomelem-vizsgálatok helyzete, a vizsgálati módszerek fejlesztésének irányai a Bányászati Kutató Intézetben."
8. *Dr. Takács Pál*, a BKI tud. kutatója: „Hazai jódbrómos ásványvizek nyomelem-tartalmának vizsgálata, különös tekintettel a Sárvár-rábasömjéni termálvíz komplex hasznosítására."
9. *Dr. Csővári Mihály*, a Mecseki Érchányászati Vállalat kutatója: „Ritkaföldfémek kinyerése kola-apatitból."
10. *Dr. Czeglédi Béla*, a Mecseki Érchányászati Vállalat Kísérlet Kutatási üzemének vezetője: „Kis uránтartalmú ércek feldolgozása."

Augusztus 31-én 19 órakor a konferencia résztvevői tiszteletére az Anna Szállóban fogadást rendeztek, melyen *Páris György*, az MTA Természettudományi I. Főosztályának vezetője mondott pohárköszöntőt.

Szeptember 1-én a következő előadások hangzottak el:

11. *Dr. Várhegyi Győző*, a FKI igazgatóhelyettese, a Ritkafém Tárcaközi Koordináló Bizottság titkára: „A ritkafémek világhelyzete, előállításuk és alkalmazásuk perspektívája hazánkban."
12. *Dr. Pőcze László*, a Ritkafém Tárcaközi Bizottság munkatársa: „A ritka földfémek újabb ipari alkalmazásának fejlődése, termelési és árkérdések."
13. *Dr. Berecz Endre*, tszv. egyetemi tanár: „Ritkafémet tartalmazó oldatok fizikai-kémiai tulajdonságainak vizsgálata."
14. *Upor Endre*, a Mecseki Érchányászati Vállalat laborvezetője: „Ritkafém-tartalmú nyersanyagok elemzésének néhány problémája."
15. *Dr. Kun Béla*, az OÁÉV Mátrai Műveinek igazgatóhelyettese: „A gyöngyösoroszi ólom- cink- érc Cd- és In-tartalma, hasznosításának problémái."
16. *Dr. Pethő Szilveszter*, egy. tanár: „A ritkafém-koncentrációknak irányított valószínűségi változóként való értelmezéséről."
17. *Csőke Barnabás* egy. tanársegéd—*Bőhm József* egy. tanársegéd: „Ritkafém dúsításának külföldi tapasztalatai és hazai lehetőségei."
18. *Dr. Zámbó János*, a FKI igazgatója: „Magyar bauxitok ritkafém-tartalmának hasznosítása."
19. *Dr. Káldor Mihály*, tszv. egy. tanár: „A tiszta fémek előállításának elvi alapjai."
20. *Dr. Nándori Gyula*, tszv. egy. tanár: „Ritkaföldfém-ötvözetek alkalmazása az öntöttvasak szilárdságának javítására."
21. *Dr. Lovasi József*, a FKI laborvezetője: „Kísérletek a magyarországi bauxitok ritkaföldfém-tartalmának mennyiségi megállapítására és kinyerésére."
22. *Dr. Kocsó Illés*, Vaskut munkatársa: „Ritkafém-kobalt-ötvözésű permanens mágnesek."



1. ábra

A konferencia alkalmából a Fémkohászattani Tanszéken a hazai ritkafém-kutatás eredményeit jól szemléltető kiállítást rendeztek. A látogatók megtekinthették a hazai ritkafém-termékeket, valamint a kutatások eredményeit reprezentáló OMFB tanulmányokat, disszertációkat, diplomaterveket és egyéb publikációkat *(1. ábra)*.

A konferencián elhangzottak fontosságát mutatja az is, hogy a Magyar Tudományos Akadémia rövid időn belül az előadások teljes anyagát külön kötetben megjelenteti, és az érdeklődők rendelkezésére bocsátja.

A korábban felsorolt, a ritkafémek kutatásával, előállításával és felhasználásával foglalkozó előadások közül itt csak a legérdekesebbek rövid tartalmát közöljük.

Dr. Horváth Zoltán tanszékvezető egyetemi tanár a ritkafémek kohósítására szóba jöhető módszereket ismertette. A ritkafémek definiálására a Ritkafém Tárcaközi Koordináló Bizottság által is elfogadottat tartja a legjobbnak, mely szerint ritkafémek azok a fémek, amelyek kg-onkénti ára 3,3 $-nál, ill. 200,— Ft-nál nagyobb.

Ez a definíció azért a legcélszerűbb, mivel magába foglalja mindazokat a tulajdonságokat, melyeket más terminológiák jellemzőknek tartanak. Ezek a ritkafémekre jellemző tulajdonságok a következők:

— a természetben kis mennyiségben fordulnak elő,
— nem koncentrálódnak,
— bányászatuk költséges,
— fizikai módszerekkel jó hatásfokkal nem dúsíthatók,
— kohósításuk részben a kis koncentráció miatt bonyolult,
— kicsiny az évenként előállított mennyiségük,
— valamely fizikai vagy kémiai tulajdonságukkal kitűnnek a többiek közül (pl. az Os legnagyobb sűrűségével, a W legnagyobb olvadáspontjával, az Ag legjobb hő- és elektromos vezetőképességével stb.).

A különféle tulajdonságok alapján a ritkafémeket a következő csoportokba szokták sorolni:

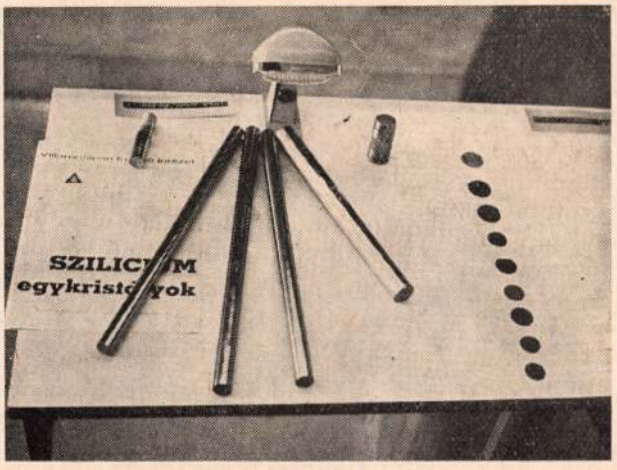
— könnyű,
— nagyolvadáspontú,
— nemes,
— radioaktív fémek,
— szórványelemek,
— ritkaföldfémek,
— nagyon tiszta fémek.

A csoportosítás bizonyos mértékig a kohósításra szóba jöhető módszereket is meghatározza. Ismertette a különféle fémek előállításánál szóba jöhető eljárásokat. Ilyenek az előkészítés, oxidok és halogenidek előállítása, ezek karbonnal, hidrogénnel való redukciója, a különféle metallotermikus (sziliko-, alumino-, magnézio-, nátrio-, lantano- stb. -termikus) eljárások, az ioncsere és oldószeres extrakció, vizes oldatból vagy olvadékból való elektrolízis stb.

Hangsúlyozta, hogy mind technológiai, mind gazdaságossági szempontból nagyon előnyös, ha a fémet valamilyen szokványos fém előállításának, ill. valamely más kémiai-technológiai eljárásnak a melléktermékéből kell előállítani.

Külön foglalkozott a nagyon tiszta fémekkel és a raffinálási módszerekkel. A ritkafémek definíciójából következik, hogy szokványos fém is ritkafémnek számítható, ha az nagyon tiszta, mivel 3N-nél tisztább fém egységára N-enként kb. 0,5 nagyságrenddel nő.

Végül azokat a hazai intézményeket ismertette, melyekben ritkafémeket, ill. ritkafém felhasználásával félkész vagy készterméket állítanak elő *(2. ábra)*.



2. ábra

Dr. Földváriné Vogl Mária, a MÁFI főosztályvezetője ismertette a hazai, felmérés jellegű ritkafém geológiai kutatások eredményét, és a levonható következtetéseket. A 35—40 elemre kapott mintegy 1 millió adatból országos ritkafém adattárat készítettek.

A ritka elemek mennyisége a velencei hegység magmás és utómagmás területén, az alsó liász széntelepekben, valamint a felsőkarbon Bükk mészkövekben olykor a világátlag 2—3-szorosát is eléri.

Dr. Gagyi Pálffy András, az OÉÁV műszaki igazgatóhelyettese elmondotta, hogy már 1962-ben készítettek országos ritkafém katasztert, és javasolták állandó koordináló bizottság megalakítását.

Mivel a hazai bányászat a nagy mélységekbe tolódik el, a komplex hasznosítás más tudományágakkal való együttműködést és a kutatások vertikális szervezését teszi szükségessé. A ritkafémek kizárólagos bányászata nem lehet gazdaságos, mivel azok koncentrációja igen kicsi a bányászati termékekben, s ezért nagyüzemi méretekben nehéz a kinyerés.

A rudabányai ércesedés a színesfémek termelésére is érdekes lehet. A Darnó-vonal jellemző a Mátra ércesedésére, de ugyanilyen figyelhető meg Rudabányán, a Cserhát és a Börzsöny hegységekben is.

A mangánércekben igen gazdag ritkafém dúsulás van, de a foszfor eltávolítása iparilag nagyon nehéz.

A recski enargitos ércekben jelentős mennyiségű a szelén és a kadmium. Az előbbi tonnánként mintegy 160 g, amely kb. 800 g-ra dúsítható.

A cink-koncentrátumok tonnánként 2500—3000 g kadmiumot tartalmaznak. Az évenként értékesített kb. 11 t kadmium értéke mintegy 3 millió forint, a bányászati és előkészítési *összköltség* ezzel szemben 120 millió forint.

Az OÉÁV tapasztalatai szerint a ritkafémeket valamely alapvető, nagy tömegű ércből kell előállítani. Tovább folytatják az elem-korrelációkat és az indikátorelem-kutatás a Darnó-vonal további kutatását teszi lehetővé.

Dr. Kun Béla, az OÉÁV Mátrai Műveinek műszaki igazgatóhelyettese a gyöngyösoroszi érc indium- és kadmiumtartalmának kinyeréséről beszélt. A gyakorlati tapasztalatok szerint a cink- és a kadmiumtartalom között nagyon szoros az összefüggés. A wurzitban mindenképpen van indium, a piritben pedig 15—20 ppm található. A további előrelépéshez megfelelő felszereltségű laboratóriumot keresnek.

Dr. Pethő Szilveszter egyetemi tanár arról beszélt, hogy az időben vagy térben közvetlenül egymás melletti események között függőségi irányítottság van, amely a távolság növekedésével fokozottan megszűnik. Az így jellemzett változó (pl. a ritkafém koncentrációja), az irányított (nem véletlen) valószínűségi változó bevezetése, elméleti kimunkálása a geostatisztika művelőitől származik és a tudományág gyakorlati eredményei részben az urán, arany, ezüst, gyémánt és más ritkafémek termelésében, részben a szemcsés anyagokkal való technológiai műveletek automatizálása terén kerültek bevezetésre.

Dr. Patvaros József egyetemi docens a ritkafémek termelésével kapcsolatos sajátságos bányaművelési feladatokról beszélt. A ritkafémek kitermelésében a jövőben különösen a porfiros ércteseknél szükség lehet nukleáris robbantásra és föld alatti, in-situ lúgzásra. Az ilyen technológia gyakorlatilag szoros kapcsolatba hozza a mai fluid bányászatra jellemző nagy teljesítményű fúrási, a szilárd ásványbányászati és békés célú hadászati technikát és a hidrometallurgiát.

Dr. Várhegyi Győző, a Fémipari Kutató Intézet igazgatóhelyettese, a Ritkafém Tárcaközi Koordináló Bizottság titkára a külföldi eredményeket és a hazai elmaradást ismertette.

A második világháború után a nagy technikai eredmények zöme (félvezetők, televízió, űrkutatás stb.) kizárólag a ritkafémek felhasználásával valósulhatott meg. Az UNESCO-statisztikája szerint, amíg általában a tudományos eredmények 7—10 évenként megkétszereződnek, addig a ritkafémekkel kapcsolatban sokkal gyorsabb a fejlődés.

Hazánkban az utóbbi években a ritkafém-felhasználás lelassult és a felhasználási struktúra is kedvezőtlenné vált, valószínűleg azért, mert kevésbé ismertek a ritkafémek használatából adódó műszaki-gazdasági előnyök.

A Szovjetunióban viszont 1952-től 1970-ig a ritkafémek termelése több, mint tízszeresére növekedett az állóalapok kb. négyszeres növekedése mellett.

Dr. Czeglédi Béla, a Mecseki Ércbányászati Vállalat Kísérleti Osztályának vezetője a halmokban való lúgzás műszaki és gazdasági kérdéseiről beszélt. A szokásosnál kevesebb uránt tartalmazó érceket dolgozzák fel így, a

többi ismert eljáráshoz (pl. kénsavas lúgzás) viszonyítva aránylag kis lúgzószer-veszteséggel és viszonylag kicsiny beruházási és üzemeltetési költséggel. A kapott oldatból az uránt — a dús ércek feldolgozására használt módszer szerint — ioncserélő műgyantával szedik ki.

Dr. Csővári Mihály, a Mecseki Ércbányászati Vállalat kutatója a kólai apatit ritkafém-tartalmának (elsősorban európiumnak) kinyerésére kidolgozott technológiát ismertette.

Az apatitból a péti Nitrogénművekben kettős műtrágyát gyártanak, melynek melléktermékében dúsulnak a ritkafémek. Az előadó ennek a „ritkafém koncentrátum"-nak a feldolgozására alkalmas oldószeres-extrakciós technológiát tárgyalta, ill. vázolta a még megoldandó feladatokat.

Dr. Berecz Endre tanszékvezető egyetemi tanár a NME Fizikai-Kémiai Tanszékén végzett kutatómunkáról beszélt, melynek célja a ritkafémet, ill. ritkafémeket tartalmazó oldatok szerkezetének megismerése. Ezek a kísérletek nagy segítséget nyújtanak számos elméleti probléma megoldására, különböző folyamatok mechanizmusára, melyek alapján az eljárások és a szükséges berendezések az eddiginél pontosabban tervezhetők.

Dr. Zámbó János, a Fémipari Kutató Intézet Igazgatója a ritkafémek kutatásával kapcsolatos eredményeiket ismertette. Tájékoztatott a hazai bauxitok ritkafém-tartalmáról, timföldgyártás közbeni dúsulásáról (gallium, germánium) és azok előállításáról, ill. azokról a fémekről, melyek kinyerése a vörösiszap gazdaságos feldolgozása esetén lenne megoldható. Végül röviden összefoglalta a nagytisztaságú fémek (pl. vanádium, titán) előállítására végzett munkájukat.

A fenti előadások rövid ismertetésével szeretnénk felkelteni különösen fiatalabb kollégáink figyelmét arra, hogy a hazai bányászat és kohászat részére a ritkafém-kutatás területén óriási lehetőségek vannak, melyek kiaknázásához szakmájukat magas színvonalon művelő és hivatásukat fanatikusan szerető mérnökökre, szakemberekre van szükség.

Dr. Patvaros József
egyetemi docens
NME Bányaműveléstani Tanszék

Lengyel Attila
kutatómérnök
NME Fémkohászattani Tanszék

Műszaki és gazdasági hírek

Az *osztrák* állami ellenőrzés alatt álló *Vereinigte Metallwerke Ranshofen-Berndorf* 1971-ben 80 ezer tonnás rekord alumíniumtermelést ért el, viszont az eladások az előző évhez viszonyítva 4,2%-kal csökkentek.

A vállalat tervei között szerepel a termelőkapacitás 50 ezer tonnával való bővítése, de ezt megelőzően hosszútávú szerződést kell kötnie az olcsó elektromos energia és timföld ellátás biztosítására. Mindkét említett problémában októberre várható döntés.

Metal Bulletin, 1972. augusztus 18.

A *japán Furukawa Aluminium* bejelentette, hogy *Mikuniban* felépítendő alumíniumkohója 1974-ben készül el. Az üzem kezdeti termelése évi 70 ezer tonna lesz, amit 200 ezer tonnáig lehet majd fokozni. A kohót hosszúlejáratú szerződés keretében az *Alcoa* látja majd el ausztráliai timfölddel.

Metal Bulletin, 1972. augusztus 15.

L. D.

Szabványosítási hírek

ÚJ SZABVÁNYOK

MSZ 716—72 (Az MSZ 716—52 helyett) *Ezüstforraszok*
A szabvány acélok, nehézszínesfémek, nemesfémek és ötvözeteik keményforrasztásához használt Ag—Cu, Ag—Cu—Zn, Ag—Cu—Cd—Zn, Ag—Cu—P és Ag—Zn—Cu—Ni—Mn típusú forraszok vegyi összetételére, alakjára, méretére, felületi előírásaira és fizikai tulajdonságaira vonatkozik.

MSZ 3759—72 *Ötvözött alumínium. Tuskók*
A szabvány képlékeny alakításra kerülő, félfolyamatos öntési eljárással előállított hengerlési és sajtolási tuskók méretválasztékát és általános műszaki előírásait tárgyalja.

MSZ 3760/3—72 *Alumíniumfólia. Kasírozott alumíniumfólia*
A szabvány csomagolási célra készült, papírhoz ragasztott alumíniumfóliára vonatkozik. A kasírozás történhet két (alumínium+papír) és három (alumínium+papír+alumínium) réteg összeragasztásával. A szabvány tárgyalja mind a tekercs-, mind az ívméreteket, a felületi, mechanikai, esztétikai és csomagolási előírásokat és azok vizsgálatát.

K. E.

ÚJ SZABVÁNYTERVEZET

Anyagvizsgálat

MSZ 15118 T *Réz elridegedésének vizsgálata hidrogénben*
A szabványtervezet szerinti módszer a réztermékek oxigéntartalmának kimutatására szolgál és azon alapszik, hogy a hidrogén a kristályhatárokon kivált rézoxidokat vízgőz keletkezése közben elbontja. A vízgőzképződés térfogatnövekedéssel és belső feszültségek keletkezésével jár. A kristályhatárok mentén jelentkező feszültségek repedésekre vezetnek.
A vizsgálat 850+25 °C hőmérsékleten legalább 10%-os hidrogénatmoszférában történt izzítás utáni hajtogatásból, vastagabb próbatesteknél pedig 180°-os egyszeri meghajlításból áll.

K. E.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

106. ÉVFOLYAM



AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET LAPJA
BUDAPEST, 1973. FEBRUÁR HÓ
2

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

Горный и Металлургический Журнал **Металлургия**
Zeitschrift für Bergbau und Hüttenwesen **Hüttenwesen**
Mining & Metallurgical Journal **Metallurgy**

ALAPÍTOTTA: PÉCH ANTAL 1868-ban

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET

A MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI EGYESÜLETEK SZÖVETSÉGE TAGJÁNAK LAPJA

Szerkesztőség: 1061 Budapest VI. Anker köz 1
I. em. 101. 423—943

TARTALOM

TEMESI SÁNDOR:	Mágneses permeábilitásmérő műszer érczsugorítványok minőségének vizsgálatatása	49
BOLGÁR GÁBOR:	Siemens—Martin-kemencék boltozati tégláinak minőségét meghatározó tényezők	58
DR. KÁLDOR MIHÁLY:	Az eutektikum kristályosodása	63
S. C. BRITTON:	Csomagolásra felhasznált ónozott lemezek minőségi követelményei	67
DR. G. WAHN:	A kontakt-termofeszültség mérésének alkalmazási lehetőségei az anyagvizsgálatban	71
	Beszámoló külföldi konferenciákról	77
	Egyesületi hírek	78
	10 éves a dunaújvárosi főiskola	81
	Üzemi hírek	81
	Korszerű külföldi üzemek ismertetése	81
	Szabványosítási hírek	82
	Döntés az 1972. évi pályadíjakról és cikkjutalmakról	83
	1973. évi nívódíj pályázati felhívás	83
	Műszaki és gazdasági hírek	84
	FÉMKOHÁSZAT	
RABI BÉLÁNÉ:	Magyar—szovjet timföld-alumínium egyezmény. Megnyitó beszéd	86
DR. SZEKÉR GYULA:	A magyar—szovjet timföld-alumínium egyezmény sikeres végrehajtásáért	87
MUSZA KORNÉL:	A villamosenergia-költségek tarifális csökkentési lehetőségei az alumíniumkohászatban	90
	Műszaki és gazdasági hírek	93
	LOMNICZY DEZSŐ 1918—1972	96
	ÖNTÖDE	
OTTO GERSTMANN:	A közepes méretű öntvénygyártás gépesítése gyorsan kötő formázóanyagok felhasználásával	25
	Könyvismertetések	30, 48
VARGA ENDRE:	A kiskonverterben levegőfúvással előállított acélok minősége a folyékony vas rázóüstben való kéntelenítése esetén	31
KISZELY GYULA:	A müncheni Deutsches Museum	39
	Nyomásos Öntő Konferencia	46
	Szabványosítási hírek	48

Megjelenik havonként
Felelős kiadó: SALA SÁNDOR igazgató
Egyszámlaszám egyesületi tagok részére: Magyar Nemzeti Bank 61 770

Egyévi előfizetés: 180,— Ft. Egyes példányok ára: 15,— Ft

Bányászati és Kohászati Lapok — **KOHÁSZAT**

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1906 Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-293.
73.2., 18473 — Révai Nyomda, Budapest V., Vadász utca 16.
F. v.: Povárny Jenő

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (1900 Budapest József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára
A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultúra" P. O. B. 149. Budapest 62

Index: 25,155

ÉVFOLYAM ГОД JAHRGANG YEAR 106

SZÁM № Nr. No. 2

FEBRUÁR ФЕВРАЛЬ FEBRUAR FEBRUARY 1973

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

ЖУРНАЛ ГОРНОГО ДЕЛА И МЕТАЛЛУРГИИ МЕТАЛЛУРГИЯ
ZEITSCHRIFT FÜR BERG UND HÜTTENWESEN HÜTTENWESEN
JOURNAL OF MINING AND METALLURGY METALLURGY

СОДЕРЖАНИЕ

Ш. Темеши: **Прибор измерения магнитной проницаемости для испытания алгомератов** ..... С 49

Публикуемый в статье прибор для измерения магнитной проницаемости создан в результате исследований, быстро и чувствительно реагирует на изменения качества алгомератов. Ознакомление с результатами заводских измерений.

Г. Болгар: **Факторы, определяющие качество кирпичей для сводов мартеновских печей** ..... С 58

На оснований теоретических исследований, данных измерений и венгерских опытов по стойкости кирпичей можно сделать вывод, что с применяемыми в настоящее время связующими материалами (эпсомит) не целесообразно применять синтер высокой чистоты (97%) для кирпичей сводов с химической связью. Рекомендуется применять синтер, содержащий меньше (93—95%) и богаче окисью железа (3—5%), а в случае наличия примесей CaO и целесообразно применение синтера с моль-пропорцией (2—3 CaO). Синтер должен быть плотным, содержание бора не должен превышать 0,05%.

Д-р Калдор Михай: **Кристаллизация эвтектики** С 63

В статье публикуются закономерности кристаллизации и формы проявления эвтектики бинарных систем сплавов. Обзор важных для практики процессов кристаллизации металлических сплавов. Роль скорости роста кристаллитов. Аналогия между эвтектикой и эвтектоидом.

Ш. Ц. Бриттон: **Требования, предъявленные к качеству луженных листов для упаковки** ... С 67

К показателям, первостепенно определяющим практическую применяемость консервных банок, относятся: качество стали, толщина и равномерность луженного слоя, отделка поверхности, пассивация и в определенном случае лаковое покрытие. Толщина луженного слоя определяется в зависимости от желаемой коррозионностойкости и внешней защиты от коррозии независимо от того, применяется лист с лаковым покрытием или без него. Предписания стандартов, например „АТС"—пригодны только в определенных областях применения, для универсальных целей они не подходят. Пассивация влияет на стойкость к образованию пятен и местной коррозии, также на лакируемость. Рекомендуется три способа: катодный способ с большим содержанием хрома, обеспечивающий лучшую стойкость к образованию пятен, хромирование окунанием посуд для молока и молочных продуктов и катодный способ с средним содержанием хрома для широкого потребления.

Г. Ван: **Возможности применения измерений контактных термонапряжений при испытании материалов** ..... С 71

Сущность измерения контактных термонапряжений, применяемые при этом устройства. Применение для неразрушающей сортировки, контроля состояния термообработки, определения содержания легирующих элементов, пример измерения неоднородности и толщины слоя материала. Результаты исследований.

Б. Раби—Д-р Д. Секер: **10 лет тому назад был подписан венгерско-советский Договор по глинозёму-алюминию. Торжественное заседание состоится 17-ого ноября 1972 года в здании Венгерского Алюминиевого Треста.**
Открытие и торжественная речь ..... С 86

К. Муса: **Возможности тарифного снижения электрических расходов в металлургии алюминия** С 91

В статье публикуются возможности снижения электрических расходов в металлургии алюминия. Обсуждается вопрос о возможности снижения мощности, потребляемой в пиковые времена. Ознакомляет с результатами снижения расходов, достигнутыми с помощью повышения коэффициента мощности. Оценка практического применения отдельных методов.

INHALT

S. Temesi: **Ein Instrument zur Messung der magnetischen Permeabilität bei der Untersuchung von Erzsintern** ..... S 49

Das als Ergebnis der Forschung entstandene Instrument zur Messung der magnetischen Permeabilität zeigt die Qualitätsänderungen der Erzsinter rasch und empfindlich an. Die Ergebnisse der Betriebsmessungen.

G. Bolgár: **Die die Qualität der Gewölbesteine von SM-Öfen bestimmenden Faktoren** ..... S 58

Auf Grund von theoretischen Überlegungen und von einheimischen Messungen und Haltbarkeitsangaben kann gefolgert werden, dass die Anwendung eines mit den heutigen chemischen Bindemittel (Bittersalz) angefertigten hochreinen (>97% MgO) Sinters als Grundwerkstoff nicht zweckmässig ist, vielmehr vorteilhafter ist die Anwendung eines Sinters mit weniger (93—95%) MgO-Gehalt, und im Falle eines 3—5%-igen Eisenoxydgehaltes und bei CaO- und SiO_2-Verunreinigungen des Grundwerkstoffes soll ein Sinter mit einem CaO/SiO_2 Molverhältnis von 2—3 verwendet werden. Der Sinter soll dicht sein, sein Borgehalt soll 0,05% nicht überschreiten.

Dr. M. Káldor: **Die eutektische Kristallisation** ... S 63

Die Gesetzmässigkeiten der in den binären Legierungsystemen auftretenden eutektischen Kristallisation und ihre Erscheinungsformen. Übersicht der in den Metallegierungen vorkommenden und auch für die Praxis wichtigen Kristallisationsverlaufe. Die Rolle der Geschwindigkeit des Wachsens. Analogie zwischen Eutektikum und Eutektoid.

S. C. Britten: **Die Qualitativen Anforderungen an Verpackungs-Weisblechen** ..... S 67

Die die Anwendbarkeit von Weisblechen für Konservdosen bestimmenden Eigenschaften sind: die Stahlqualität, die Stärke und Gleichmässigkeit des Zinnüberzuges, die Appretur der Oberfläche, die passivierende Behandlung und gegebenenfalls der Lacküberzug. Die Stärke der Zinnschicht muss auf Grund des erwünschten Korrosionswiderstandes, des äusseren Korrosionsschutzes bestimmt werden, und zwar unabhängig von der Anwendung eines lackierten oder unlackierten Bleches. Die Vorschriften der Stahlnormen und der Blechüberzüge — z. B. der ATC-Test — können nur für spezielle Gebiete angewendet werden, für allgemeine Zwecke allerdings nicht. Eine passivierende Behandlung beeinflusst den Widerstand gegen Fleckigkeit und gegen lokale Korrosion, sowie die Lackbarkeit. Drei Verfahren können vorgeschlagen werden: eine katodische Behandlung mit hohem Kromgehalt an der Oberfläche und zwar als das beste Mittel gegen Flekkigkeit, weiter ein stromloses Verfahren mit niedrigem Kromgehält an der Oberfläche für Dosen der Milcherzeugnisse, schliesslich eine Katodbehandlung mit mittlerem Kromgehalt an der Oberfläche für allgemein anwendbaren und auch für lackierten Weisbleche.

G. Wahn: **Die Anwendungsmöglichkeiten der Messung der Kontakt-thermospannung in der Werkstoffprüfung** ..... S 73

Das Wesen der Messung der Kontakt-thermospannung und die angewendeten Apparaturen. Beispiele der Anwendung in dem zerstörungfreien Auslesen, in der Kontrolle des Wärmebehandelten Zustandes, in der Messung der Inhomogenität und der Schichtstärke. Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen.

Frau B. Rabi—Dr. Gy. Szekér: **Das Ungarisch-Sowjetische Tonerde-aluminium Abkommen wurde vor 10 Jahre unterschrieben. Festsitzung in Budapest im Hause des Ungarischen Aluminiumindustrie Trustes am 17. november 1972.** Eröffnung und Festrede. ..... S 86

K. Musza: **Möglichkeiten der Senkung der tarifmässigen Stromkosten in der Aluminiummetallurgie** S 90

Die Arbeit beschreibt die Möglichkeiten der Senkung der Elektroenergiekosten in der Aluminiummetallurgie. Die Möglichkeiten einer Leistungsverminderung in Spitzenperioden werden besprochen, mitsamt den Kostensenkungen, die durch eine Verbesserung des Leistungsfaktors erzielbar sind. Schliesslich wird die praktische Durchführbarkeit der einzelnen Methoden bewertet.

CONTENTS

S. Temesi: **Magnetic permeability meter for testing ore sinters** ..... P 49

The magnetic permeability meter, developed in the course of research, detects any variations in sinter quality rapidly and with a high sensitivity. Presentation of test results.

G. Bolgár: **Factors determining the quality of roof bricks for open hearth furnaces** ..... P 58

Theoratical considerations, test data and domestic esperience concercing durability lead to the conclusion that high purity (> 97 pct MgO) should not be used with the current bonding material (bitter salt) as base material for chemically bonded roof bricks; a sinter with lower MgO content (93 to 95 pct) and richer in iron oxide (3 to 5 pct) should be used instead or — in the case of CaO and SiO_2 contamination — a sinter with a molar ratio CaO/SiO_2 2 to 3. The sinter should be dense, with a boron content not exceeding 0.05 pct.

M. Káldor: **Eutectic crystallization** ..... P 63

The rules of crystallization and of morphology for the eutectic in binary alloy systems are presented. A review of the practically important crystallization processes occurring in alloys. The role of the growth rate. Analogy between the eutectic and the eutectoid.

S. C. Britton: **The quality requirements of tinplate for packaging** ..... P 67

The main properties defining the usefulness of conserve cans are: the steel grade, the thickness and uniformity of the tin layer, the surface finish, the passivating treatment and eventually the varnish coating. The thickness of the tin layer should be selected always according to the required corrosion resistance and the external rust prevention independently of the eventual varnish coating. Steel grade standards and coating specifications — e.g. the "ATC-Test" — may be used only in certain areas but are unsuitable for general purposes. The passivation treatment influences the staining resistance, the resistance to local corrosion and the applicability of varnish. Three types of treatment are recommended: a cathodic treatment with high superficial chromium content for best protection against staining, a currentless immersion method with low superficial chromium content for milk and milk products and a cathodic treatment with medium superficial chromium content for general purposes, e.g. tinplate for varnish coating.

G. Wahn: **Applicability of contact thermovoltage measurements in materials testing** ..... P 71

Principle of contact thermovoltage measurement, the employed arrangements. Application in nondestructive selecting, for controlling the heat treated condition, rapid determinations of alloying elements, inhomogeneity and layer thickness. Results of the author's own tests.

Mrs. B. Rabi—Dr. Gy. Szekér: **Hungarian-Sovietic Alumina-aluminium Agreement was signed 10 years ago. Festival meeting at Budapest in the hous of the Hungarian Aluminium-industrial Trust on the 17th november 1972.** Opening and festive speech. ..... P 86

K. Musza: **Possibilities of reducing electric current costs based on the schedule of charges in aluminium metallurgy** ..... P 90

The paper describes the possibilities of reducing electric power charges in aluminium metallurgy, including the possible reduction of output in peak periods and the cost reduction due to the improvement of the power factor. The practical possibilities of realizing these methods are evaluated.

Főszerkesztő:
ÓVÁRI ANTAL

Szerkesztők:
DR. FUCHS ERIK, RUHMANN JENŐ

Szerkesztő bizottság:
BALÁZS FÜLÖP, DR. BECKER ERVIN, BOROSSAY BÉLA, CSEH MIKLÓS, DR. HAJTÓ NÁNDOR, DR. KÁLDOR MIHÁLY, KÉZDI ÁRPÁD, KOLLÁR SÁNDOR, DR. MÓCSY ÁRPÁD, PINTÉR ANDRÁS, DR. PILISSY LAJOS, DR. REMPORT ZOLTÁN, ROMWALTER ALFRÉD, SELMECZI BÉLA, SZELESS LÁSZLÓ, SZŐKE LÁSZLÓ, SZŰCS ENDRE, VAS IVÁN, DR. VERŐ BALÁZS.

A rajzokat készítette: KÜRTÖS MARGIT.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET FOLYÓIRATA

106. évfolyam 2. szám 1973. február

Mágneses permeabilitásmérő műszer érczsugorítványok minőségének vizsgálatára

TEMESI SÁNDOR okl. kohómérnök, főtechnológus
HALDEX

DK: 622.78 : 621.317.411 : 538.21.08

A tanulmányban ismertetett, kutatások eredményeként létrehozott mágneses permeabilitás-mérő műszer gyorsan és érzékenyen jelzi a zsugorítványok minőségében bekövetkezett változásokat. Az üzemi mérések eredményeinek ismertetése.

A vizsgálatok alapjául a következő feladatok szolgáltak:

a) A mágneses permeabilitásmérés elvén működő mérőműszer kísérleti példányának kifejlesztése,

b) kísérleti úton meghatározandó a zsugorítvány szilárdsági és redukálhatósági kapcsolata, amely mágneses permeabilitással jellemezhető,

c) a zsugorítandó elegy szilárd tüzelőanyag tartalma és a zsugorítvány szilárdsága közötti összefüggés megállapítása, s ennek kifejezése a mágnes permeabilitás segítségével,

d) a laboratóriumi mérések alapján üzemi kísérletek végzése a műszer ipari felhasználhatóságának ellenőrzésére,

e) javaslattétel a mérőműszer alkalmazásával megvalósítható folyamatos üzemi mérőrendszer kialakítására.

1. A zsugorítványok minőségét befolyásoló tényezők

A Dwight-Lloyd rendszerű zsugorító eljárás folyamatos üzemű technológia. A zsugorításra kerülő ércek és egyéb elegyalkotók vagonból kirakásának pillanatától a késztermék — zsugorítvány — elszállító vagonba rakásáig különböző, de egymással szervesen összefüggő gyártási fázisok hivatottak az előírás szerinti minőséget biztosítani.

A felhasználó a zsugorítvány összetételén kívül a zsugorítvány minőségére vonatkozóan általában még az alábbi technológiai szempontból fontos jellemzőket írja elő:

— dobszilárdság,
— FeO tartalom,
— bázikusság

$$\left[\frac{CaO}{SiO_2}\right] \text{ vagy } \left[\frac{CaO+MgO}{SiO_2}\right],$$

— szemcse összetétel,
— redukálhatóság,
— lágyulás.

Jó megközelítéssel rögzíthető, hogy a bázikusság, a szilárdság, s ezzel összefüggően a szemcse összetétel döntően azokkal a technológiai munkafázisokkal határozható meg, illetve befolyásolható, amelyek az elegy előkészítését szolgálják. A kész zsugorítvány FeO tartalmát és redukálhatóságát alapvetően az elegy tüzelőanyag tartalma és a zsugorító szalagon lejátszódó metallurgiai folyamatok határozzák meg.

Az elegyalkotók közül a szilárd tüzelőanyag mennyisége és minősége nagymértékben közrejátszik a metallurgiai folyamatok kialakításában. Így pl. a szükségesnél — vagy az optimálisnál — kevesebb tüzelőanyag nem biztosítja az elegy és a gázok hőmérsékletének felemelését a reakciók által megkívánt hőfokra, ezért ezek a reakciók esetleg lényegesen kisebb sebességgel játszódnak le. Nagy karbon mennyiség esetén, illetve az elegyben levő karbon dúsulások körzetében az ércszemcsék jelentős mennyiségben redukálódnak FeO-ig. Azonban a nagyolvasztói technológia szerint nem kívánatos, hogy a zsugorítványok FeO tartalma túlhaladja a 10—14%-ot. Helyesen vezetett zsu-

gorító üzemekben általában ilyen határok között tartható a vasoxidul mennyisége.

Olyan esetekben, amikor az elegy összetétele és esetleg párhuzamosan az előkészítés minősége gyakran változik, nagyon nehéz meghatározni és betartani az optimális tüzelőanyag igényt. Elegendő az elegy nedvességét megváltoztatni — a szükségesnél többet vagy kevesebbet adagolni —, azonnal romlik az átégés, úgy a zsugorítvány szilárdsága is, ami a visszatérti mennyiségnek növekedését okozza.

2. A zsugorítási folyamat automatikus irányításának feltételei

A kísérletek és már megvalósított automatizált irányító rendszerek, amelyekről az elmúlt években jelentek meg tanulmányok [1, 3] általában két fő tevékenységi területet ölelnek fel:

— a zsugorító szalagra kerülő elegy gázátbocsátó képességének állandó szinten tartása;

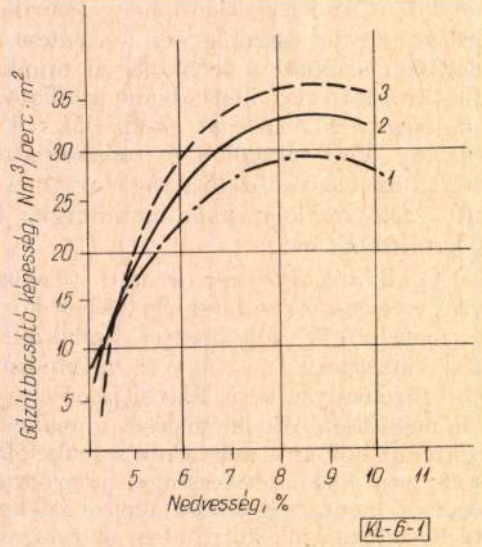
— a zsugorítmány szilárdságának növelése és az FeO tartalom szűk határok közé szorítása.

Az irodalmi adatok kiterjedt kísérletek eredményei alapján azt mutatják, hogy a zsugorító gépek és a zsugorítási technológia automatizálásának alapja több technológiai paraméter lehet, azonban ezek közül alapvetőek a következők:

a) az elegy nedvességtartalma,
b) a visszatérti mennyisége az elegyben,
c) az elegy tüzelőanyag tartalma.

Az elegy nedvességétől elsőrendűen függ a réteg gázátbocsátó képessége, ezért az egész zsugorítási technológia alapvető automatizálási paramétere. Nagyszámú kísérlet eredményeként az elegy-nedvességgel kapcsolatban két mérési elv alakult ki a nedvesítés hatásának ellenőrzésére:

1. az elegy nedvességtartalmának közvetlen mérése;
2. a nedvesítés hatására kialakuló elegy gázátbocsátóképesség mérése.



1. ábra. A zsugorítandó elegyréteg gázátbocsátó képességének változása az elegy nedvességtartalmának függvényében visszatérti mennyiségei

1...15%; 2...25%; 3...35%

Az elegy nedvessége és gázátbocsátóképessége közti összefüggés látható az *1. ábrán.*

A nedvesítés hatására kialakuló elegy gázátbocsátóképesség mérése alapelvében kétféle lehet:

1. állandó nyomású levegő szonda;
2. állandó térfogatú levegő szonda.

A zsugorítási folyamat automatizálásához nem csak az elegy nedvességét kell szabályozni, hanem az egyéb tényezők közül egyik legfontosabbat, a zsugorítandó elegy tüzelőanyag tartalmát. A továbbiakban ezzel a kérdéssel foglalkozunk.

3. Paraméter kiválasztás

Azok a vizsgálatok, amelyek a tűzi zónában lejátszódó folyamatok, valamint a visszatérti mennyiségének összefüggését kívánták megállapítani, nem hoztak olyan eredményeket, amelyek alapján az automatizáláshoz szükséges mérő és szabályozó rendszerek kialakíthatók lettek volna. A visszatérti mennyisége jelzi ugyan a zsugorítógép munkájának minőségét, azonban a fenti összefüggés eredményeinek korrelációja kicsi. Ez érthető, mivel a visszatérti mennyiségére a metallurgiai folyamatokon kívül az elegy fizikai és ásványtani minősége is hat.

Sokkal jobban megközelíthető a probléma, a dobszilárdság, az elegy tüzelőanyag tartalma és az elegy nedvessége közti összefüggések vizsgálatával.

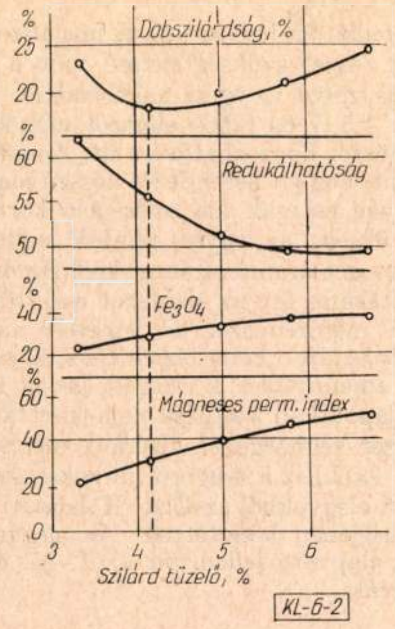
Annak érdekében, hogy a zsugorítógép munkája eredményesen ellenőrizhető és szabályozható legyen, a szabályozás alapjául szolgáló technológiai paramétereknek a lehető legrövidebb idő alatt rendelkezésre kell állniok. Ezek közül legcélravezetőbnek a zsugorítvány minőségét jelző valamilyen paraméter látszik.

Általában a zsugorítómű és a kohómű egyaránt elfogadja alapvető minőség jelzőként a dobszilárdságot. Folyamatos minőség ellenőrzés és ebből kiindulva zsugorítógép vagy folyamat szabályozás azonban a dobszilárdság alapján nehezen valósítható meg. Ugyanis bármilyen mintavevő és dobszilárdság mérő rendszer nehezen üzemeltethető folyamatosan, így az adatok késéssel készülnek el. Ilyen irányú kísérleteket több helyen is végeztek, de a teljes folyamatosságot megoldani nem sikerült.

Döntően a belga Központi Kohászati Kutatóintézetben megkezdett kutatások alapján folynak sikeres vizsgálatok és üzemi kísérletek néhány helyen abból a célból, hogy a zsugorítvány, vagy a visszatérti mágneses tulajdonságait folyamatosan mérve nyerjenek használható impulzusokat a folyamat szabályozására.

4. A mágneses permeabilitás mérés elve és a módszer gyakorlati alkalmazása

A módszer alapja a zsugorítvány (vagy visszatérti) mágneses tulajdonságainak mérése. A méréshez indukciós tekercs szükséges, amelynek magját a mérendő zsugorítvány adja. A tekercsindukció a mérőáramkörbe kapcsolt műszeren a zsugorítmány mágneses tulajdonságával arányos kitérést okoz. A tekercsen meghatározott frekvenciájú áram folyik keresztül. Az üres tekercsen beállított



2. ábra. A zsugorítmány minőségének és a szilárd tüzelőanyagtartalmának összefüggése

frekvencia megváltozik, ha a tekercsbe — mint vasmagot — a vizsgálandó zsugorítványt beöntik. A változás mértéke meghatározható a következő összefüggéssel:

$$f = K\sqrt{\frac{\mu_E \cdot l_A + l_E}{\mu_A \cdot S_A + S_E}}$$

ahol μ mágneses permeabilitás,
l a mágneses mezők hossza,
S a mágneses mezők keresztmetszete,
A belső mágneses fluxus,
E külső mágneses fluxus,
K állandó.

A tekercsben elhelyezkedő zsugorítvány a tekercs induktivitását megnöveli, ugyanakkor a frekvenciát csökkenti. A relatív frekvencia változás megfelel a zsugorítvány mágnes permeabilitás változásának.

A folyamatos üzemre beállított mérőberendezés frekvencia stabilitása ± 10 Hz-en belül tartható, tehát a műszer által jelzett értékek változása az indukciós tekercs magját alkotó zsugorítvány minőségének eltérését jelenti.

A kísérletek bebizonyították, hogy a zsugorítmányok mágneses tulajdonsága és dobszilárdsága közvetlen összefüggésben van a zsugorítandó elegy tüzelőanyag tartalmával.

Ez látható a *2. ábrán.*

Az ismertetett vizsgálati és szabályozási módszer egyidejűleg két technológiai paraméter segítségével minősíti a zsugorítványt: kedvező szilárdságot kijelölve bázisul, a felhasznált tüzelőanyag mennyiségét optimalizálja. Gazdaságosságot tekintve ezek közül az első a kohóknál, a második közvetlenül a zsugorító műben érzékelhető.

A fenti kérdések jelentőségét a magyar kohászatban, illetve a zsugorítvány gyártásban fokozza az a tény, hogy:

— zsugorító műveink meglehetősen változó összetételű elegyekből gyártanak zsugorítványt,

— jelentős hiány van a zsugorításhoz felhasznált kokszporban,

— nem mindig egységes a zsugorítvány minőségének megítélése a zsugorítómű, ill. a kohómű részéről.

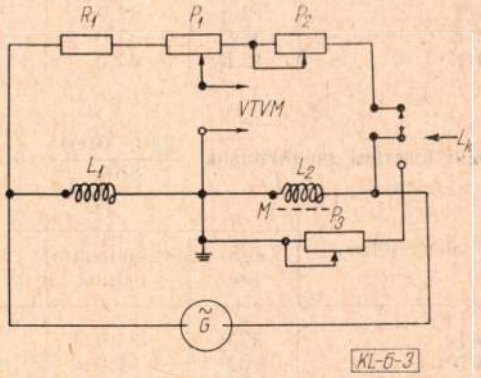
5. A kísérleti berendezés

A VASKUT-ban megkezdett kísérleteink ezen kérdések megoldásában kívántak segítséget nyújtani.

A Műszaki Fizikai Kutató Intézetben megterveztünk és létrehoztunk egy olyan berendezést, amely lehetőséget nyújt a zsugorítványok mágneses permeabilitásának vizsgálatára mind laboratóriumi, mind üzemi feltételek között.

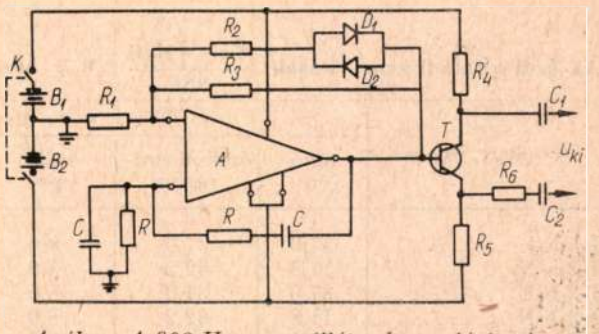
A laboratóriumi vizsgálatra előkészített zsugorítvány minták mintegy 30—50 grammos mennyisége zárt tokban behelyezhető a vizsgáló műszerbe beépített indukciós tekercsbe, a folyamatos üzemi mérésre kialakított tekercs viszont külső kapcsolásban illeszthető a műszerhez. Ez a megoldás rendkívül előnyös, mivel lehetőség nyílik az üzemi (folyamatos) mérés időszakos ellenőrzésére laboratóriumi mennyiségű mintákkal ugyanazon berendezésen. Ezt a lehetőséget döntően a műszerbe épített és optimális értékre beállított oszcillátor teszi lehetővé. A következő ábrákon láthatók a műszer kapcsolási rajzai. Így a *3. ábrán:* a mérőberendezés elvi kapcsolási vázlata, az *4. ábrán:* a 800 Hz-es oszcillátor kapcsolási rajza.

(A mérések megkezdése előtt szükséges ellenőrizni a mérőműszer „0" állapotát, ezután még minta nélkül a mérőegységet bekapcsolva a refe-



3. ábra. Zsugorítmányok permeabilitását mérő berendezés elvi kapcsolási vázlata

R_1 ellenállás; P_1 huzalpotenciométer; P_2 és P_3 beállító potenciométer; L_1 mérőtekercs; L_2 referenciatekercs; L_k üzemi mérőtekercs; M hangoló mag; G 800 Hz-es szimmetrikus oszcillátor; $VTVM$ csatlakozó 1—100 mV hangfrekvenciás csővoltmérőhöz



4. ábra. A 800 Hz-es oszcillátor kapcsolási rajza

A integrált műveleti erősítő; T tranzisztor; D_1 és D_2 dióda; R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6 és R ellenállás; C kondenzátor; C_1 és C_2 elektrolit kondenzátor; B_1 és B_2 lapos elem 4,5 V

rencia tekercs segítségével a rendszer „0" állapotát kell beállítani.)

A készülék működtetése a következő módon történik: A laboratóriumi vizsgálatra előkészített zsugorítmányt 1,0—2,0 mm-es szemnagyságra őröljük, ill. az őrleményből ezt a frakciót választjuk le. A készülékhez tartozó mintatartó tokot színültig töltjük, lezárjuk, majd a kísérleti úton meghatározott 30 másodperces időtartamú vibrációs zömítés után a műszerbe épített mérő tekercsbe helyezzük, s a hangfrekvenciás csővoltmérőről leolvassuk a mintára jellemző skála értéket. A mágneses permeabilitásnak megfelelő értéket a műszer mV-ban jelzi. Ez a próba, mint vasmag által az indukciós tekercsben indukált feszültség nagysága. A mérés időtartama 10—15 másodperc.

A vizsgáló berendezés kísérleti példánya hálózati feszültségre készült. Azonban a már prototípusként jelölhető műszerben külső hangfrekvenciás generátor helyett integrált műveleti erősítővel épített oszcillátort helyeztünk el magában a mérőegységben, ezzel szükségtelenné vált a hálózati csatlakozás, mivel az egész mérőrendszer mindössze 2 db. 4,5 V-os lapos elemről működtethető. Ezzel a műszer hordozhatóvá vált. Annak érdekében viszont, hogy a berendezés hosszú ideig üzemképes legyen és csak kis referencia korrekciókra legyen szükség, az egyes minták mérése után a mérőegységet áramtalanítani kell. Az oszcillátor és a mérőtekercs így az elemeket csak rövid ideig terheli. A mérőrendszer az ismételt méréseknél ± 1% hibahatáron belül biztosítja a mérések pontosságát, amennyiben a vizsgált próba fizikai és kémiai állapotában változás nem következett be.

A műszer segítségével kísérleti mérések sorát végeztük. Ezekhez a zsugorítványokat különböző összetételű elegyekből az Ózdi Kohászati Üzemek kísérleti üstjében készítettük. Az elegyek összetételét és alapvető jellemzőit az *1.—5. táblázatok* tartalmazzák.

1. táblázat

Az ózdi kísérleti zsugorítások $\frac{CaO+MgO}{SiO_2}=0{,}7$ bázikusságú és 6% szilárd tüzelőanyagot tartalmazó elegyei

Az elegy jelzése	Ércelegy, %					Hozag-anyag %	Szilárd tüzelő kokszpor % / szénpor %	Visszatérti %
	agló érc	érckoncentrátum	szállópor	limonit	pirit-pörk			
I-1-a-L	37,0	37,0	8,0	10,0	8,0	13,3	100/0	20,0
I-1-a-N	12,0	62,0	8,0	10,0	8,0	11,1	100/0	20,0
I-1-b-L	37,0	37,0	8,0	10,0	8,0	13,3	80/20	20,0
I-1-b-N	12,0	62,0	8,0	10,0	8,0	11,1	80/20	20,0
I-1-c-L	37,0	37,0	8,0	10,0	8,0	13,3	65/35	20,0
I-1-c-N	12,0	62,0	8,0	10,0	8,0	11,1	65/35	20,0
I-1-d-L	37,0	37,0	8,0	10,0	8,0	13,3	50/50	20,0
I-1-d-N	12,0	62,0	8,0	10,0	8,0	11,1	50/50	20,0

2. táblázat

Az ózdi kísérleti zsugorítások $\frac{CaO+MgO}{SiO_2}=0{,}7$ bázikusságú és 7% szilárd tüzelőanyagot tartalmazó elegyei

Az elegy jelzése	Ércelegy, %					Hozag-anyag %	Szilárd tüzelő kokszpor % / szénpor %	Visszatérti %
	agló érc	érckoncentrátum	szállópor	limonit	pirit-pörk			
I-2-a-L	37,0	37,0	8,0	10,0	8,0	13,5	100/0	20
I-2-a-N	12,0	62,0	8,0	10,0	8,0	11,1	100/0	20
I-2-b-L	37,0	37,0	8,0	10,0	8,0	13,5	80/20	20
I-2-b-N	12,0	62,0	8,0	10,0	8,0	11,1	80/20	20
I-2-c-L	37,0	37,0	8,0	10,0	8,0	13,5	65/35	20
I-2-c-N	12,0	62,0	8,0	10,0	8,0	11,1	65/35	20
I-2-d-L	37,0	37,0	8,0	10,0	8,0	13,5	50/50	20
I-2-d-N	12,0	62,0	8,0	10,0	8,0	11,1	50/50	20

3. táblázat

Az ózdi kísérleti zsugorítások $\frac{CaO+MgO}{SiO_2}=0{,}7$ bázikusságú és 8% szilárd tüzelőanyagot tartalmazó elegyei

Az elegy jelzése	Ércelegy, %					Hozag-anyag %	Szilárd tüzelő kokszpor % / szénpor %	Visszatérti %
	agló érc	érckoncentrátum	szállópor	limonit	pirit-pörk			
I-3-a-L	37,0	37,0	8,0	10,0	8,0	13,6	100/0	20
I-3-a-N	11,8	62,2	8,0	10,0	8,0	11,2	100/0	20
I-3-b-L	37,0	37,0	8,0	10,0	8,0	13,6	80/20	20
I-3-b-N	11,8	62,2	8,0	10,0	8,0	11,2	80/20	20
I-3-c-L	37,0	37,0	8,0	10,0	8,0	13,6	65/35	20
I-3-c-N	11,8	62,2	8,0	10,0	8,0	11,2	65/35	20
I-3-d-L	37,0	37,0	8,0	10,0	8,0	13,6	50/50	20
I-3-d-N	11,8	62,2	8,0	10,0	8,0	11,2	50/50	20

4. táblázat

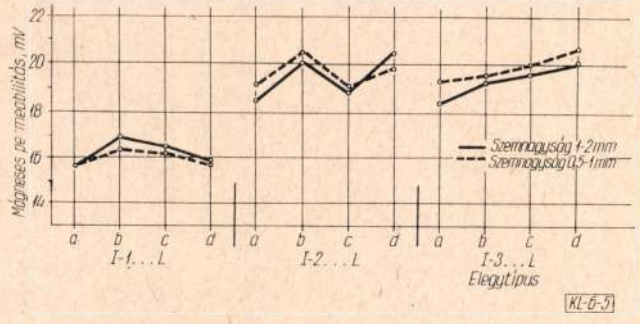
Az ózdi kísérleti zsugorítások $\frac{CaO+MgO}{SiO_2}=1{,}2$ bázikusságú és 7% szilárd tüzelőanyagot tartalmazó elegyei

Az elegy jelzése	Érc elegy, %					Hozag-anyag %	Szilárd tüzelő kokszpor % / szénpor %	Vissza-térti %
	agló érc	érckoncent-rátum	szállópor	limonit	pirit-pörk			
VI-2-a-L	37,00	37,00	8,0	10,0	8,0	24,14	100/0	20,0
VI-2-a-N	11,85	62,15	8,0	10,0	8,0	20,83	100/0	20,0
VI-2-b-L	37,00	37,00	8,0	10,0	8,0	24,10	80/20	20,0
VI-2-b-N	11,85	62,15	8,0	10,0	8,0	20,82	80/20	20,0
VI-2-c-L	37,00	37,00	8,0	10,0	8,0	24,17	65/35	20,0
VI-2-c-N	11,85	62,15	8,0	10,0	8,0	20,85	65/35	20,0
VI-2-d-L	37,00	37,00	8,0	10,0	8,0	23,74	50/50	20,0
VI-2-d-N	11,85	62,15	8,0	10,0	8,0	20,88	50/50	20,0

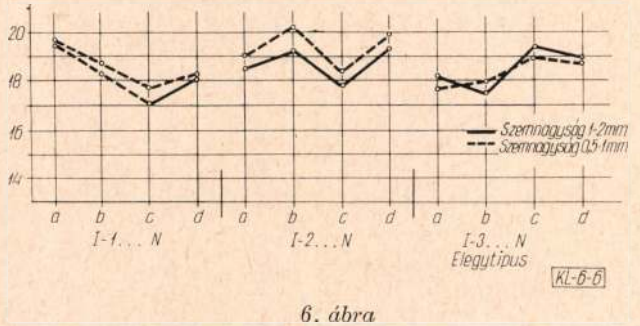
5. táblázat

Az ózdi kísérleti zsugorítások $\frac{CaO+MgO}{SiO_2}=1{,}2$ bázikusságú és 8% szilárd tüzelőanyagot tartalmazó elegyei

Az elegy jelzése	Érc elegy, %					Hozag-anyag %	Szilárd tüzelő kokszpor % / szénpor %	Vissza-térti %
	agló érc	érckoncent-rátum	szállópor	limonit	pirit-pörk			
VI-3-a-L	37,0	37,0	8,0	10,0	8,0	24,4	100/0	20
VI-3-a-N	11,8	62,2	8,0	10,0	8,0	21,2	100/0	20
VI-3-b-L	37,0	37,0	8,0	10,0	8,0	24,4	80/20	20
VI-3-b-N	11,8	62,2	8,0	10,0	8,0	21,2	80/20	20
VI-3-c-L	37,0	37,0	8,0	10,0	8,0	24,4	65/35	20
VI-3-c-N	11,8	62,2	8,0	10,0	8,0	21,2	65/35	20
VI-3-d-L	37,0	37,0	8,0	10,0	8,0	24,4	50/50	20
VI-3-d-N	11,8	62,2	8,0	10,0	8,0	21,2	50/50	20



5. ábra



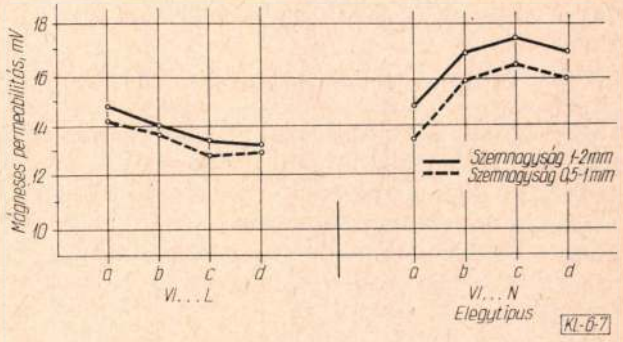
6. ábra

Az igen nagyszámú kísérleti eredményekből, amelyek a műszer bemérése során készültek, három diagramot kívánunk bemutatni.

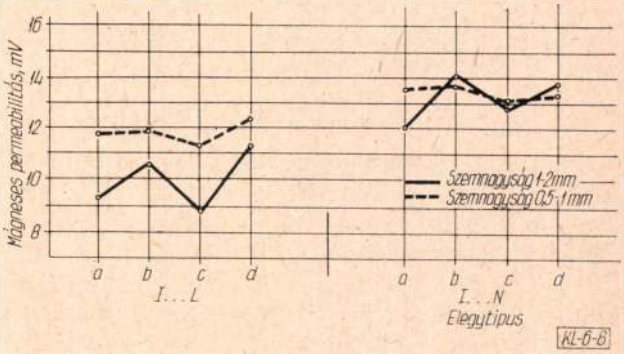
A mérési eredmények táblázatszerű felsorolásának mellőzésével az *5.—8. ábrákról* az alábbi összefüggések olvashatók le:

1. A diagramok jelzik a 0,5—1,0 mm 1,0—2,0 mm szemnagyságú minták mágneses permeabilitása közötti különbséget. Ez az eltérés érthető, mivel a különböző szemcseméret különböző „magsűrűség"-et eredményezett az indukciós tekercsekbe helyezett minták esetében. Ez egyben a mintaelőkészítés azonosságának igényét is jelzi.

2. A zsugorítványok ércelegyminősége és az elegy tüzelőanyag tartalma közötti összefüggés



7. ábra



8. ábra

az 5. és 6. ábrákon látható. Az „I." sorozat 50—50%-os krivojvogi koncentrátum és agló érc arányával szemben az „N" sorozatban 83—17% ezek részesedése (a többi ferrumhordozó állandó mennyiségű). Az elegy tüzelőanyag mennyisége 6—8% között változott (1.—5. táblázatok), amit a típus jelzésben *1*, *2*, *3* számok jelölnek. A két diagram összehasonlításakor látható, hogy az elegy tüzelőanyag tartalmának növelése az 5. ábrán jelzett elegynél jelentősen befolyásolta a zsugorítványok mágneses permeabilitását, míg a döntő többségében koncentrált ércet tartalmazó elegyeknél (6. ábra) a tüzelőanyag mennyiségének növelése számszerűen alig változtatott a zsugorítmányok mágneses permeabilitásán.

3. Az 5. és 6. ábrákon az „*a*, *b*, *c* és *d*" pontok az azonos mennyiségű, de változó minőségű tüzelőanyagot jelzik. A koksz és szénpor különböző arányú keveréke az egyes elegyekből készült zsugorítványok vizsgálatakor érzékelhető volt: egyes esetekben rontotta, máskor javította a zsugorítmányok mágneses permeabilitását utalva egyben arra is, hogy a zsugorodás folyamata közben kialakuló redukciós és oxidációs feltételeket az elegybe kevert tüzelőanyag minősége nagymértékben befolyásolja.

Fentiek különösen jól megfigyelhetők a 7. ábrán, ahol az 1,2-es bázikusságú elegyekből készült zsugorítványok összevont adataiból (tüzelőanyag mennyiségére való tekintet nélkül) megrajzolt diagramok láthatók. Ezek szerint 50—50% koncentrát és aglóérc arány mellett a kokszpor helyettesítésére növekvő mennyiségű szénporral (növekedés „a"-tól „d"-ig) csökkentette, ugyanakkor 83—17% koncentrát és aglóérc aránynál kezdetben növelte, majd ezután csökkentette a zsugorítmányok mágneses permeabilitását. 0,7-es bázikusságú elegyekből készült zsugorítványok esetében ilyen határozott összefüggés nem volt kimutatható (8. ábra).

Az előzőkben ismertetett műszer vizsgálatok és a kísérleti zsugorítványokból származó zsugorítmányok mágneses permeabilitásának mérései során szerzett tapasztalatok alapján készítettük el a berendezés továbbfejlesztett változatát, amelynek külső indukciós tekercse folyamatos üzemi mérést, belső indukciós tekercse pedig egyidejű ellenőrző (laborméretű) vizsgálatot tett lehetővé. Az üzemi tekercs 5—10 mm szemcsenagyságú mintát igényelt.

Az üzemi méréseket a Dunai Vasmű zsugorító üzemében végeztük. A mérésekhez szükséges mintákat közvetlenül a zsugorító gépről és egyidejűleg a visszatérti szalagról vettük.

6. Üzemi mérések a Dunai Vasműben

A Dunai Vasmű adott elegyviszonyai mellett gyártott zsugorítmányok és a hozzájuk tartozó visszatértik mágneses permeabilitás vizsgálatai érdekes összefüggéseket mutattak.

Az első kísérletsorozat céljaként annak megállapítását tűztük ki, hogy a mágneses permeabilitás vizsgálat üzemi feltételek mellett mennyire érzékeli a zsugorító gépről lekerülő zsugorítvány mechanikai szilárdsága, mágneses tulajdonsága és az átégés tökéletessége közötti összefüggéseket.

A zsugorító gépről, vett három minta jellemzői:

minta száma	*bázikusság*	*dobszilárdság*
DV 1	1,36	24,7
DV 2	1,26	22,1
DV 3	1,18	19,4

A zsugorítvány dobszilárdságának mérésével kezdtük a vizsgálatokat. A dobszilárdság mérés után a 0—5 mm-es és az 5—10 mm-es frakciókból a mintákat változatlan szemcseösszetételben mértük. A 10—15, 15—40 és a +40 mm-es frakciókból 5—10 mm-es szemnagyságú mintákat készítettünk és vizsgáltunk.

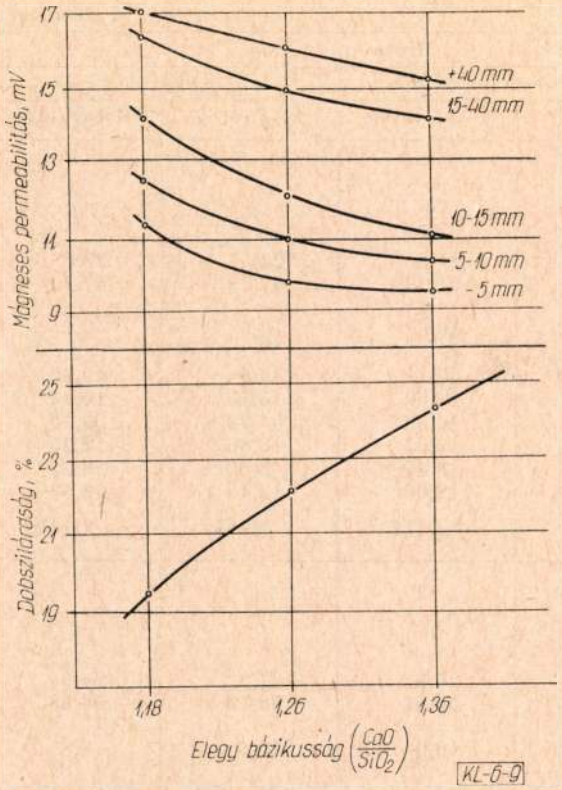
Hasonlóan, a visszatértiből vett mintákat megfelelő frakciókra választottuk szét és mértük ezek mágneses permeabilitását.

A zsugorítmány és a megfelelő visszatérti minták frakcióinak mágneses permeabilitása a *6. táblázatban* látható. A táblázati adatok és ezek alapján megrajzolt *9. ábrából* levonható következtetések:

1. A dobpróba során keletkező zsugorítvány frakciók mágneses permeabilitása különböző: minél kisebb a szemnagyság, annál kisebb a mérhető mágneses permeabilitás értéke. Ennek magyarázata az, hogy a dobpróba során az aprozódó zsugorítmányból elsősorban a tökéletlenül zsugo-

6. táblázat

Minta jelzése	Frakció mérete mm	A mágneses permeabilitást jelző érték (mV)
DV 1. zsugorítmány	0— 5	9,5
	5—10	10,3
	10—15	11,0
	15—40	14,0
	+40	15,1
DV 1. visszatérti	0— 3	3,0
	3— 5	4,7
	5—10	6,0
	+10	9,3
DV 2 zsugorítmány	0— 5	9,8
	5—10	10,9
	10—15	12,0
	15—40	14,8
	+40	16,0
DV 2. visszatérti	0— 3	4,0
	3— 5	6,0
	5—10	7,8
	+10	11,5
DV 3. zsugorítmány	0— 5	11,3
	5—10	12,4
	10—15	14,1
	15—40	16,3
	+40	17,0
DV 3. visszatérti	0— 3	3,9
	3— 5	6,6
	5—10	8,3
	+10	12,9



9. ábra. Dunai Vasmű. Zsugorítandó elegy bázikussága, a zsugorítmány dobszilárdsága és mágneses permeabilitása közti összefüggés

rodott szemcsék, a nyers aglóérc darabok, a salakos részek és a mészkő — égetett meszes zsugorítvány darabok töredeznek le és kerülnek a kisebb szemnagyságú frakciókba.

2. A bázikusság növelése a zsugorítvány szilárdságát csökkenti. Ez a közismert jelenség látható a 9. ábrán. Ugyanakkor az első pontban említettek alapján a bázikusság növekedésekor csökken az egyes dobpróba frakciók mágneses permeabilitása is. A közvetlen kapcsolat alapján a műszer folyamatos méréssel jelezheti a zsugorítmány minőségét még a mechanikai szilárdság szempontjából is.

3. Az adott zsugorítványokhoz tartozó visszatérti mintákon mért mágneses permeabilitás hasonló összefüggéseket mutat, mint a zsugorítványokon mértek, figyelembe véve az egyes frakciókat. Miután a visszatértiben sok a kiégetlen, nyers szemcse, így ezek mágneses permeabilitása abszolút értékben lényegesen kisebb, mint a megfelelő zsugorítmány frakcióé.

4. A műszer segítségével élesen elválasztható a jóminőségű zsugorítvány a kiégetlen, vagy csak gyengén zsugorodott anyagtól.

A zsugorító szalag különböző pontjain a zsugorítás minősége nem azonos. A szalag szélein tekintélyes mennyiségű nyers elegy marad meg a rossz benyújtás és hamis levegő beszívás miatt. Legjobb az átégés a szalag közepén. Ugyancsak különböző feltételek uralkodnak zsugorítás közben az elegyréteg felső és alsó részén. Ezek következtében a zsugorítvány tömegében legalább négy különböző minőségű hely jelölhető ki: a szalag közepén és a szélén levő zsugorítvány alsó és felső része. Ezeken a helyeken a zsugorítvány minősége mind metallurgiai, mind mechanikai vonatkozásban különböző. Ennek ellenőrzésére és az elgondolás igazolására a Dunai Vasműben a következő vizsgálatot végeztük: a zsugorító szalag végén egyidőben vettünk teljes rétegvastagságú mintát a szalag közepén és a szélén levő zsugorítványból. A kb. 50—50 kg-nyi mintákat magasságukban félbe osztottuk és külön-külön vizsgáltuk dobszilárdságukat, majd a teljes megtört és átlagosított mintából az 5—10 mm-es frakciót vizsgáltuk a mágneses permeabilitásmérőn. A vizsgált mintákból vegyelemzést és redukciós vizsgálatot is készítettünk. A két sorozatban végzett mérés egyben az elegy karbontartalmának hatását is kívánta elemezni. Az első sorozatban a karbontartalom nagyobb volt, mint a másodikban. A 7. táblázat tartalmazza a legfontosabb adatokat.

A táblázatba foglalt adatok alapjána következő megállapítások tehetők:

1. A zsugorító szalag különböző pontjain vett minták dobszilárdság vizsgálatának eredménye és a mágneses permeabilitás mérések eredményei párhuzamosan változnak. Így a permeabilitás vizsgálatok eredménye — összhangban a 6. táblázat eredményeivel — egyértelműen iránymutató a zsugorítmányok szilárdságát illetően.

2. A zsugorítandó elegyek karbontartalma jelentősen befolyásolja a zsugorítványok szilárdságát és a zsugorodás folyamatában kialakuló helyi redukciós-oxidációs feltételeket. Bár a 7. táblázat szerint a vizsgált zsugorítványok elegyeinek karbontartalma jelentősen nem tért el egymástól (5,6 illetve 6,2%), mégis ez a különbség jelentős eltérést eredményezett a zsugorítványok redukciós fokában. Természetesen szükséges a különböző igények összeegyeztetése. Ugyanis az adatok szerint az I. minta jobb szilárdsági és redukciós mutatói a II. mintához viszonyítva többlet karbonfelhasználás révén érhetők el. Annak megítélése, hogy melyik a gazdaságosabb feltétel, a teljes üzemi adatok ismeretében, számítással történhet.

3. A táblázat adatai nagymértékű összhangot mutatnak a mágneses permeabilitás és a zsugorítmányok redukálhatósága között.

Mértük az adott mintából leépült oxigénmennyiséget (az eredeti %-ában) redukáló atmoszférában és állandó hőmérsékleten. Ennek ismeretében a *7. táblázat 1* és az *5* számú mintáinak összehasonlítása azt mutatja, hogy mind a redukciós szám, mind a mágneses permeabilitást jelző érték az 1. sz. minta esetében nagyobb. Ugyanakkor az elemzések arra utalnak, hogy az 1. sz. minta $Fe_2O_3 \cdot FeO$ alakban kifejezett magnetit tartalma nagyobb, mint az 5. mintában (a kémiai elemzéssel csak a Fe^{++} és Fe^{+++} mutatható ki).

4. Figyelmet érdemel a kísérlet abból a szempontból is, mert jól érzékeltethetően bemutatja a zsugorító szalagon elhelyezkedő elegyréteg zsugorodásának különböző feltételeit. Nagy különbségek tapasztalhatók a különböző helyről vett zsugorítványok minőségében. A kísérletek eredményeinek megítélésekor lényeges annak ismerete is, hogy a kísérlet során az átlagosnál jobb üzemjáratot vettünk figyelembe és a mintavételnél csak a darabos, összesült zsugorítmány kerülhetett további

7. táblázat

Elemzési és vizsgálati adatok	Mintavétel helye			
	Zsugorítószalag közepe		Zsugorítószalag széle	
	Alsó réteg	Felső réteg	Alsó réteg	Felső réteg
I. mintasorozat				
Minta sorszáma	1.	2.	3.	4.
(Elegy C tart.: 6,2%)				
Zsugorítmány dobszilárdsága, %	19,6	21,0	20,5	23,6
Zsugorítmány red. foka, %	65,47	61,93	57,78	57,10
Zsugorítmány mágneses permeabilitására jellemző érték, mV	13,3	10,6	10,5	8,6
Zsugorítmány összetétele:				
Fe%	49,31	50,11	49,86	49,92
FeO%	24,70	22,60	15,15	16,43
Fe_2O_3%	43,04	46,53	54,22	53,12
CaO%	14,76	13,61	13,86	12,25
MgO%	3,58	3,40	3,50	3,22
$SiO_2+Al_2O_3$%	12,23	12,05	12,43	13,53
$\frac{CaO+MgO}{SiO_2+Al_2O_3}$	1,500	1,411	1,395	1,142
II. mintasorozat				
Minta sorszáma	5.	6.	7.	8.
(Elegy C tart.: 5,6%)				
Zsugorítmány dobszilárdsága, %	20,2	20,8	21,3	24,9
Zsugorítmány red. foka, %	59,71	58,41	58,79	56,98
Zsugorítmány mágneses permeabilitására jellemző érték, mV	11,2	10,0	10,0	8,8
Zsugorítmány összetétele:				
Fe%	49,66	50,48	49,71	50,01
FeO%	15,63	16,41	11,55	15,63
Fe_2O_3%	53,40	53,93	58,00	54,13
CaO%	13,61	12,50	13,11	12,60
MgO%	3,25	2,91	3,35	3,07
$SiO_2+Al_2O_3$%	12,49	11,92	12,94	12,49
$\frac{CaO+MgO}{SiO_2+Al_2O_3}$	1,350	1,292	1,295	1,255

vizsgálatra. Ha nem így történik a kiválasztás, akkor lényegesen nagyobb eltérések várhatók. Ennek szélsőséges esetei: zsugorító szalag közepén a rostélyon megfolyósodott zsugorítmány és ennek ellentétje a zsugorító szalag szélén teljesen nyersen maradt elegy. Mind a két eset ismert jelenség a DV zsugorítóművében is.

A Dunai Vasműben végzett kísérletek során a mágneses permeabilitásmérő üzemi mérésekre kialakított tekercsét használtuk. A 800 Hz frekvenciájú áram által a tekercsben gerjesztett mágneses tér mérete és nagysága (ennek megfelelően a tekercs mérete) elegendőnek bizonyult az üzemi feltételek mellett előállítható zsugorítmány minták mérésére. Az 5—10 mm mérethatárok közti zsugorítmány frakció könnyedén előállítható.

Egyes nyugat-európai kísérletek és mérésrendszerek a visszatérti mágneses permeabilitását kívánják az irányító-ellenőrző automata rendszer impulzusaként felhasználni. Saját kísérleteink eredménye alapján a zsugorítvány minőségének ellenőrzését tartjuk célszerűbbnek, mivel pl. a DV zsugorítóművének viszonyai miatt bekövetkező összetétel ingadozás a visszatértiben sokal szélsőségesebb, mint a zsugorítványban. Ennek következtében a mágneses permeabilitásmérő műszer nemcsak regisztrálni kénytelen a gyakori és esetleg nagymértékű változásokat, hanem ilyen jellegű utasításokat kellene adjon a szabályzó rendszernek is. (Pl. a tüzelőanyag mennyiség növelésére vagy csökkentésére.) Miután automatikus rendszerről lenne szó, a gyakori változás és esetleg szélsőséges értékek miatt az automatika túl gyakran mozgatná a beavatkozó rendszert. Ez viszont az optimális érték körüli örökös pozitív és negatív irányú ingadozást jelentősen befolyásolná olyan amplitúdóval, amit rövid idő alatt a végrehajtó rendszer (pl. bunker tányéros adagoló) esetleg követni nem is tud.

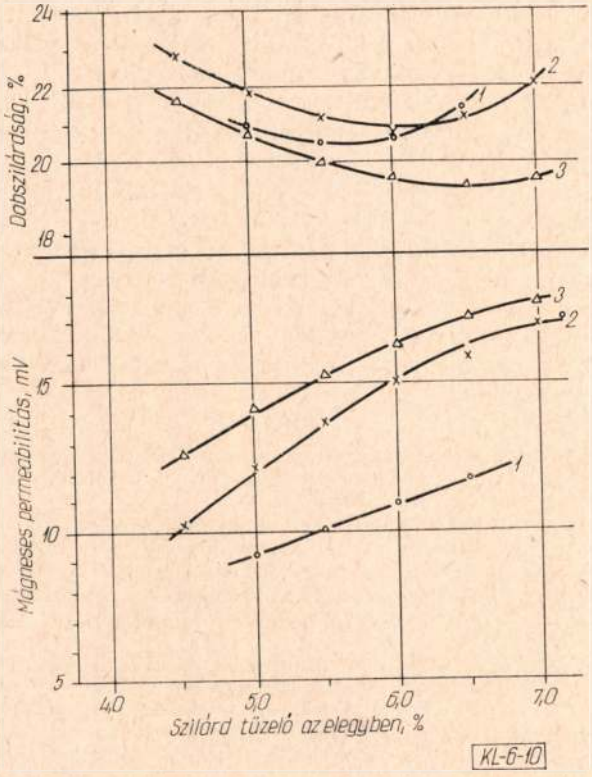
Tapasztalataink szerint a zsugorítvány minősége szűkebb határok között ingadozik, mint a visszatértié, így ez kedvezőbb az automatikus szabályozás céljaira.

Az elegy szilárd tüzelőanyagának, a zsugorítvány mágneses permeabilitásának és dobszilárdgának összefüggését a *10. ábra* is jól szemlélteti. Ebben az esetben csak az ércelegyet alapvetően jellemző magnetit tartalomra voltunk figyelemmel. A Dunai Vasműben és Ózdon végzett üzemi kísérleteink [6] során vett mintákat vizsgáltuk. Az elegyben levő szilárd tüzelőanyag mennyiségének függvényében mért mágneses permeabilitás értékek (műszer által jelzett mV-ban) és dobszilárdság (%-ban):

A *8. táblázat* szerinti zsugorítványok bázikussága $\left(\frac{CaO}{SiO_2}\right)$ a következő határok között változott: DV: 1,19—1,38; OK: 0,94—1,10. A táblázat, illetve a 10. ábra számszerű adatai természetesen

8. táblázat

Mért érték	Mérés-sorozat	Minta jele	Érc-elegy Fe_3O_4 tart.	Elegyben szilárd tüzelőmennyiség, %					
				4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Mágneses permeabilitás	1.	DV 1— 4.	30%	—	9,15	10,05	10,9	11,80	—
	2.	OKÜ 1— 6.	50%	10,3	12,2	13,8	15,9	15,8	17,0
	3.	OKÜ 7—12.	70%	12,7	14,3	15,3	16,3	17,2	17,8
Dobszilárdság	1.	DV 1— 4.	30%	—	20,9	20,4	20,5	21,4	—
	2.	OKÜ 1— 6.	50%	22,8	21,8	21,1	20,7	21,1	22,0
	3.	OKÜ 7—12.	70%	21,5	20,7	19,9	19,5	19,2	19,4



10. ábra. Dunai Vasmű—Ózdi Kohászati Üzemek. A zsugorítandó elegy tüzelőanyagtartalma a zsugorítmány dobszilárdsága és mágneses permeabilitása közti összefüggés

különböznek az előzőktől, azonban minden elegyrendszer sajátos mérési eredményeket ad. Ezért szükséges a különböző jellegű elegyekből készült zsugorítmányok jellemző mágneses permeabilitás — tüzelőanyagmennyiség — dobszilárdság összefüggéseit etalon-szerűen megvizsgálni.

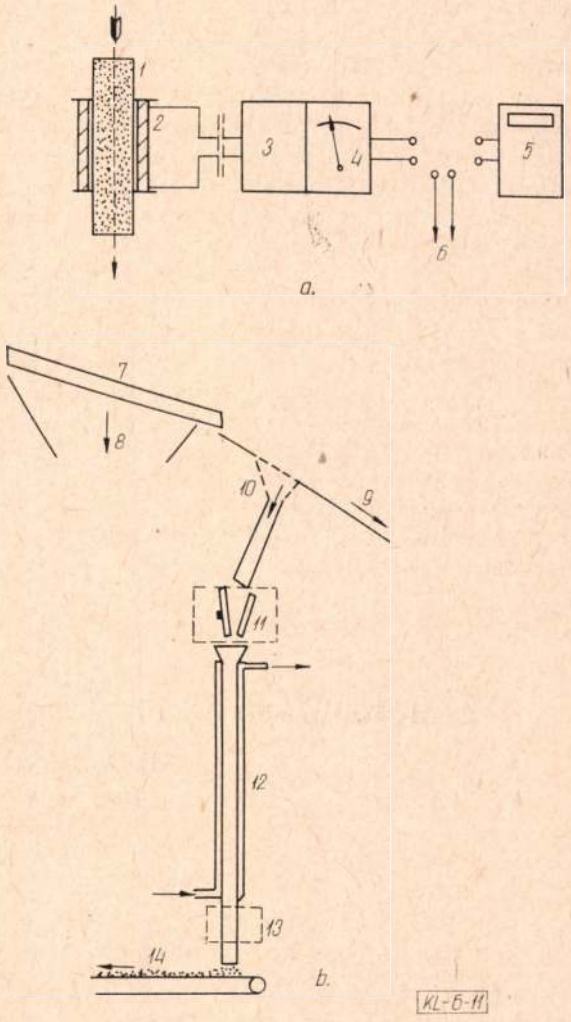
7. A kísérletek eredményei alapján tehető javaslatok

Mivel a zsugorítvány minősítése (pl. dobpróba, vagy FeO tartalom, stb. alapján) hosszú időt vesz igénybe, feltétlenül célszerűnek látszik a kifejlesztett mérésmódszer és műszer alkalmazása.

Néhány méréssorozat alapján megrajzolható diagramok etalonként szolgálnak a mágneses permeabilitásmérő beállításához és a mindenkori összefüggések megállapításához.

A folyamatos mintavétel és előkészítés megvalósítására a következőket javasoljuk:

1. A zsugorítógépről a csillagtörőn keresztül leürítésre kerülő zsugorítmány teljes tömegét figyelembe véve kell az elemzésre kerülő mintát levenni. Ennek megvalósítására a vagonba surrantott zsugorítmányból folyamatosan 100—150 kg/ó men-



11. ábra

a) *Mágneses permeabilitásmérő műszercsoport*

1 zsugorítmány adagolócső; *2* indukciós tekercs; *3* elektronikus mérőegység; *4* mérőműszer; *5* regisztráló műszer; *6* jeladás a szabályozó rendszerhez

b) *Zsugorítmány-minta-előkészítés*

7 rosta; *8* visszatérti; *9* zsugorítmány surrantó; *10* zsugorítmány minta levétel helye; *11* porlástörő (150 kp/ó, 5—10 mm szemnagyság); *12* hűtőcső; *13* mágneses permeabilitásmérő indukciós tekercs; *14* minta elszállítás

nyiséget kell leválasztani. Időveszteség nélküli anyagfolyásban a mintát kisméretű pofástörőn 5—10 mm közé kell törni szemcse szétválasztás nélkül. A tört anyag a mágneses permeabilitás vizsgáló hűtött, fogadó tölcsérén keresztül az indukciós tekercsbe folyik. Innen az elvezetés olyan sebességű, hogy a tekercsben a mozgó „mag" állandó tömörségű legyen (*11. ábra*).

2. A megfelelően — por- és ütésmentesen — védett mágneses permeabilitásmérőt tartós üzemre terveztük. A folyamatosan regisztrálható mérési adatokat a meghatározott feltételekre tervezett impulzus átalakítón és szabályzó automatikán keresztül az utasítást végrehajtó rendszerbe tápláljuk. Miután a zsugorítvány minőségét jelen esetben az elegy szilárd tüzelőanyag mennyiségének függvényében célszerű optimalizálni, ezért a szabályozó rendszer a kokszpor mennyiségének változtatására ad utasítást.

3. Ahhoz, hogy az optimálisnak megfelelő tüzelőanyag kerüljön a zsugorítandó elegybe, gyakran szűk határok között kell változtatni a bunkerből kihordott kokszpor mennyiségét. Ez szalagmérleges adagoló segítségével valósítható meg.

A szalagmérleg vezérlése biztonságosan megoldható a mágneses permeabilitásmérő műszer által adott és az optimálásra beállított értékhez viszonyított ± eltérésű impulzusokkal. A referencia jel — amely az optimális tüzelőanyag mennyiségének felel meg — kívánság szerint beállítható. Ettől a szinttől térnek el „+" vagy „—" irányba azok a szabályzó impulzusok, amelyeket a jelátalakító közöl a végrehajtó (szabályzó) rendszerrel a mágneses permeabilitás mért értéke alapján.

4. A folyamatos zsugorítvány mintavevő berendezés kis anyagigényű. A már megmért zsugorítmány a visszatérti rendszeren keresztül visszavezethető a zsugorítószalagra. A mintavevő, törő és szállító rendszer kialakítható a gravitációs mozgás felhasználásával. Így kialakításának és felszerelésének költségigénye kicsi.

5. A tanulmányban foglalt vizsgálati eredmények, valamint az irodalomból megismert adatok arra engednek következtetni, hogy hazai zsugorító üzemeinkben a jelenleginél jobb és állandóbb minőségű zsugorítvány gyártása mellett számottevő mennyiségű kokszpor megtakarítása várható.

Összefoglalás

A kutatások eredményeként létrehozott mágneses permeabilitásmérő műszer alkalmas a zsugorítványok minőségvizsgálatára. A kísérletek szerint a kialakított mérésmódszer segítségével mind laboratóriumi, mind üzemi méretekben a kifejlesztett műszer rendkívül gyorsan és érzékenyen jelzi a zsugorítmányok minőségében bekövetkezett változásokat. A műszer módot nyújt szelektív vizsgálatra. Mivel a zsugorítvány minősítése (pl. dobpróba, vagy FeO tartalom, stb. alapján) hosszú időt vesz igénybe, feltétlenül célszerűnek látszik a kifejlesztett mérésmódszer és műszer alkalmazása. Az eddigi saját kísérletek — hasonlóan a külföldön végzettekhez — azt bizonyítják, hogy a zsugorítvány mágneses permeabilitása jól jelzi a tüzelőanyag mennyiségétől függő szilárdság változást. Természetesen elegytípusonként és a technológiai feltételektől függően etalon vizsgálat szükséges az optimális mágneses permeabilitás érték meghatározásához.

IRODALOM

[1] *Wada—Tsujihata:* Automation of the sintering machine. Second International Symposium on Sintering. 1961. Philadelphia.

[2] *Nummela—Chang—Lander:* Moisture and chemistry control in sinter plant operation. Journées internationales de Siderurgie. 1965. Amsterdam.

[3] *Bragard—Meunier:* Theoretical study of the automation of a sintering strand. Revue CNRM N°6. 1966.

[4] *Harman—Meunier:* Control of the Esperance-Longdoz Sinter strand. Revue CNRM N°16. 1968.

[5] *Meunier—Holper:* Continuous measurement of sinter quality. Revue CNRM N°9. 1966.

[6] *Temesi Sándor:* Vasipari Kutató Intézet Témajelentés. 1971.

Siemens-Martin-kemencék boltozati tégláinak minőségét meghatározó tényezők

BOLGÁR GÁBOR okl. vegyészmérnök
Kohászati Gyárépítő Vállalat

DK: 669 : 183.21 : 624.023.6 : 666.764

Elméleti megfontolások, mérési adatok és a hazai tartóssági tapasztalatok alapján az a következtetés vonható le, hogy a vegyi kötésű boltozati téglák alapanyagaként a jelenleg alkalmazott kötőanyagokkal (keserűsó) nem célszerű nagytisztaságú (>97% MgO) szintert felhasználni, hanem viszonylag kisebb MgO tartalmú (93—95%), vasoxidban dúsabb (3—5%), CaO és SiO_2 szennyezés esetén pedig 2—3 CaO/SiO_2 mólarányú szintert célszerű felhasználni. A szinternek tömörnek kell lennie, bórtartalma pedig nem haladhatja meg a 0,05%-ot.

Az SM kemencék üzemmenetének állandó intenzifikálása egyre nagyobb terheket ró a tűzálló falazatra, így a boltozatra is. A kemencék boltozatában a kemence konstrukciótól, az üzemeltetési körülményektől, a tartóssági tapasztalatoktól és gazdaságossági megfontolásoktól függően különböző kémiai összetételű és különböző technológiával előállított téglákat alkalmaznak. Az elmúlt évtizedben a szilikatéglák boltozatban történő alkalmazása, néhány kivételes esettől eltekintve (Anglia), gyakorlatilag megszűnt, mivel ezek a téglák nem tudnak eleget tenni a megnövekedett követelményeknek. A jelenleg alkalmazott téglák kémiai összetételüket tekintve magnezitkróm vagy

krómmagnezit minőségűek. Az utóbbi időben inkább az alacsony krómoxid tartalmú téglákat részesítik előnyben ($Cr_2O_3 < 15\%$). Az azonos vagy hasonló kémiai összetételű téglák előállítási technológiája azonban igen különböző, e szempont szerint az SM-kemencék boltozatában alkalmazott téglák 3 nagy csoportba sorolhatók:

a) vegyi kötésű,
b) égetett
c) elektromos olvasztással előállított téglák.

A fenti csoportosításban csak a legdöntőbb gyártástechnológiai ismérveket vettük figyelembe, így az egyes csoportokon belül is igen nagy különbségek vannak. A fenti csoportosítás pl. nem veszi figyelembe a direkt kötés mértékét vagy a lemezelés és a felfüggesztés módját.

Égetett és vegyi kötésű téglák

Az égetett és vegyi kötésű téglák nyersanyagainak kiválasztásában és gyártástechnológiájában az elmúlt 10—15 év alatt jelentős változás történt. A már említett megnövekedett követelményeknek a régebbi ún. *szilikát kötésű* téglák már nem tudnak eleget tenni. Ezek a téglák viszonylag szennyezett alapanyagokból készültek, így az égetés vagy vegyi kötésű tégla esetében a felfűtés során a viszonylag „alacsony" hőmérsékleten olvadó szilikátok alkotják a tégla vázát, biztosítják szilárdságát. A szilikátok a lehűlés során a lehűtési körülményektől és összetételüktől függően részben üveg, részben kristályos formában szilárdulnak meg. Ha a szennyezőként jelenlevő szilikátok túlnyomórészt üvegformában dermednek meg, akkor a téglák látszólagos porozitása általában kicsi, nyomószilárdságuk pedig viszonylag nagy. Ennek ellenére ezek a téglák gyenge minőségűek, mert a felfűtés során a már viszonylag alacsony hőmérsékleten (1200 °C felett) lágyulni kezdő szilikát-komponens miatt a még szilárd, nagy tűzállóságú alkotóelemek közötti kapcsolat meggyengül, vagy teljesen megszűnik, így a tégla meglágyul, deformálódik. Ezt a folyamatot csak sietteti az üzemeltetés során a tégla felületére tapadó és a téglába behatoló salak, szállópor, vagy más idegen anyag, mert ezek leszállítják az olvadékképződés hőmérsékletét, vagy csökkentik a szilikát olvadék viszkozitását.

Ha a krómércadalékos téglák gyártásához nagytisztaságú nyersanyagokat használunk fel, akkor a tégla kerámikus kötését nem a szilikátváz alkotja, hanem a főalkotók (MgO és Cr_2O_3) közvetlen kapcsolata, átlapolódása révén jön létre. Ennek a közvetlen kapcsolatnak a kifejlődése azonban csak magasabb hőmérsékleten megy végbe, így ezeket az ún. *direktkötésű* téglákat mindig nagy hőmérsékleten (1700—1750 °C-on) kell kiégetni.

Az így előállított tégláknak a fizikai paraméterei (pl. lágyuláspont, porozitás) lényegesen jobbak, mint a konvencionális, szilikát kötésű tégláké, ami a tartóssági adatokban is megnyilvánul. A direkt kötés szempontjából nemcsak a MgO és a Cr_2O_3 közötti kapcsolat mértéke alapvető, hanem a periklász (MgO) kristályok közötti átfedés is döntő fontosságú, ami elsősorban a felhasznált magnetzitszinter minőségétől függ.

A téglák lágyuláspontját nemcsak a szennyezők (SiO_2, Fe_2O_3, CaO és Al_2O_3) abszolút mennyisége határozza meg, hanem a szennyezők megoszlásának is nagy a szerepe.

A *G. R. Rigby és társai* által kidolgozott módszer segítségével a tiszta magnezit termékekben a hőkezelés során keletkező ásványok mennyisége a kémiai összetétel ismeretében kiszámítható[1]. A módszer azonban csak közelítő, mert egyensúlyi állapotra vonatkozik, ami a téglák esetében nem áll be, a szinterek is csak megközelítik. A szerzők szerint a MgO, CaO, SiO_2 háromkomponensű rendszerben a szilikát-ásvány képződést a CaO és SiO_2 egymáshoz való aránya határozza meg. A két komponens arányától függően az *1. táblázatban* részletezett összetételű szilikát ásványok képződnek.

Miután a tiszta magnezit termékekben a táblázat szerinti 3 komponensen kívül Fe_2O_3 és Al_2O_3 is jelen van (gyakran jelentős mennyiségben), az 1. táblázatban ismertetett ásványokon kívül még spinell, magnézia-ferrit és dikalcium-ferrit képződésére is van lehetőség.

Az 5 komponensű rendszerben keletkező ásványok olvadási viszonyait a *2. táblázatban* ismertetjük. Az egyszerűség kedvéért nem vettük figyelembe, hogy elképzelhető FeO jelenléte is, bár ennek a valószínűsége a tiszta magnezit tűzálló termékeknél nem nagy, viszont krómércadalékos termékek esetén az FeO-Fe_2O_3 átalakulás döntő kihatással van a termék minőségére, illetve tartósságára [2].

Az 1. és 2. táblázat adatai azt mutatják, hogy a tűzállóság szempontjából a 2—3 közötti CaO/SiO_2 mólarány a legkedvezőbb, mert ebben az esetben magas hőmérsékleten olvadó (2100 °C) dikalcium-szilikát és kisebb mennyiségben trikalcium-szilikát képződik. Ilyen CaO/SiO_2 arány található egyes osztrák magnezit-színterekben, amelyek minősége aránylag kis (kb. 90%) MgO tartalmuk ellenére jobb, mint néhány 90—93% közötti MgO tartalmú, de kb. 1-es CaO/SiO_2 mólarányú színteré.

Természetesen ebből az összehasonlításból nem lehet általános érvényű következtetést levonni, mert az egyes szinterek zsugorítása különböző típusú kemencékben és különböző hőmérsékleten történik, ami a szinter minőségét nagymértékben meghatározó fizikai paraméterekre (porozitás, térfogatsúly) is jelentős hatással van.

A CaO/SiO_2 arány hatását a téglák meleg állapotban (1300 °C) mért törési moduluszára *1. ábra* szemlélteti, az amelynek szerzője részletes, a beépítési helyeken uralkodó körülményeket a lejobban megközelítő, úgynevezett kúszás-vizsgálatokat végzett [3]. Az ábrából látható, hogy az 1300 °C-on mért törési modulusz értéke 2—2,5 CaO/SiO_2 arány esetén a legnagyobb, ami összhangban van az elméleti úton levezetett következtetésekkel.

Az R_2O_3 ($Fe_2O_3 + Al_2O_3$) mennyiségének a növekedése az 1300 °C-on mért törési modulusz értékét csak kis mértékben, míg az 1500 °C-on mért értéket már igen nagy mértékben csökkenti, mint az a *2. ábrán* látható (a mérés során a CaO/SiO_2 arány végig állandó, értéke 2 : 1). Az ábra alapján meg-

1. táblázat

CaO/SiO_2 mólarány	CaO/SiO_2 súlyarány	Keletkező szilikát ásvány	
		név	összetétel
< 1 (kevesebb a CaO, mint az SiO_2)	< 0,93	Forszterit Monticsellit	$2\ MgO.SiO_2$ $CaO.MgO.SiO_2$
1	0,93	Monticsellit	$CaO.MgO.SiO_2$
1—1,5 (több a CaO, mint az SiO_2)	0,93—1,40	Monticsellit Merwinit	$CaO.MgO.SiO_2$ $3\ CaO.MgO.2\ SiO_2$
1,5	1,40	Merwinit	$3\ CaO.MgO.2\ SiO_2$
1,5—2	1,4 —1,86	Merwinit Dikalciumszilikát	$3\ CaO.MgO.2\ SiO_2$ $2\ CaO.SiO_2$
2	1,86	Dikalciumszilikát	$2\ CaO.SiO_2$
2—3	1,86—2,80	Dikalciumszilikát Trikalciumszilikát	$2\ CaO.SiO_2$ $3\ CaO.SiO_2$
3	2,80	Trikalciumszilikát	$3\ CaO.SiO_2$
> 3	> 2,80	Trikalciumszilikát Kalciumoxid	$3\ CaO.SiO_2$ CaO

2. táblázat

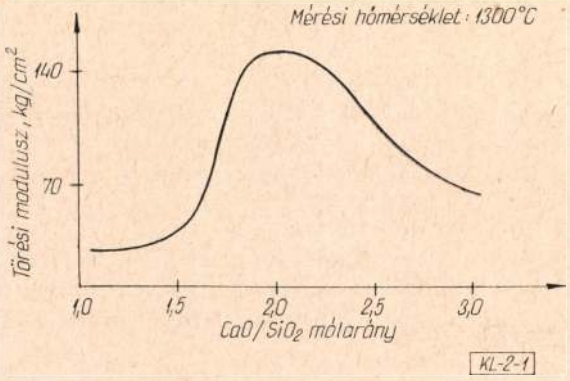
Szilikátásvány	Képlet	Lágyuláspont, °C
Kalciumoxid	CaO	~2570
Periklász	MgO	~2820
Spinell	$MgO.Al_2O_3$	~2100
Dikalcium-szilikát	$2\ CaO.SiO_2$	~2130
Forszterit	$2\ MgO.SiO_2$	~1900
Trikalcium-szilikát	$3\ CaO.SiO_2$	Csak 1250 °C és 1900 °C között stabilis. E hőmérséklettartományon kívül elbomlik $2\ CaO.SiO_2$-ra és CaO-ra
Dikalcium ferrit	$2\ CaO.Fe_2O_3$	1430 °C-on inkongruensen olvad, CaO és olvadék keletkezik
Magnezia ferrit	$MgO.Fe_2O_3$	1700 °C-on kezd olvadni, hajlamos a disszociációra
Monticsellit	$CaO.MgO.SiO_2$	Inkongruensen olvad 1480 °C-on, periklász és olvadék képződik
Merwinit	$3\ CaO.MgO.2\ SiO_2$	Inkongruensen olvad 1570 °C-on, $2\ CaO.SiO_2$, MgO és olvadék képződik

adható pl. a 2 : 1 CaO/SiO_2 mólarányú és kb. 5% Fe_2O_3-at tartalmazó, osztrák magnezitszinterből készült tégla törési modulusza mindkét mérési hőmérsékleten (szaggatott vonallal bejelölve).

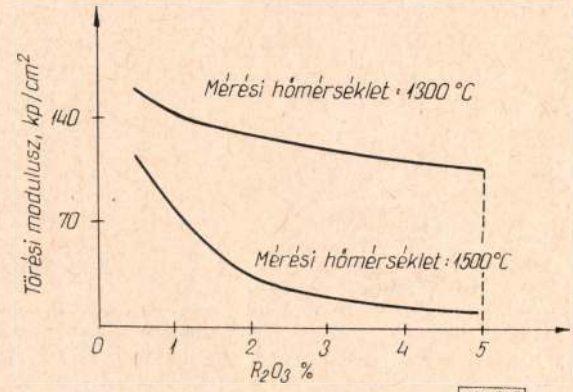
A természetes magnezit alapanyagok tisztítása (pl. flotálással) nem végezhető el tetszőleges határig, ennek technikai és gazdasági korlátai vannak. Így került sor többek között a tengervíz MgO tartalmának kinyerésére, amelynek elve már egy évszázad óta ismeretes, az első e célra épített üzem pedig több mint 30 éve működik. Azóta az ilyen típusú üzemek száma rendkívül megnőtt, az általuk előállított szinter már a világ magnezitszinter termelésének jelentős hányadát képviseli.

A tengervízből előállított szinter MgO tartalma általában 93—97% között van, a már említett ún. *direkt kötésű* termékek előállításához felhasznált szinterek MgO tartalma azonban legalább 95—97%-nak kell lennie.

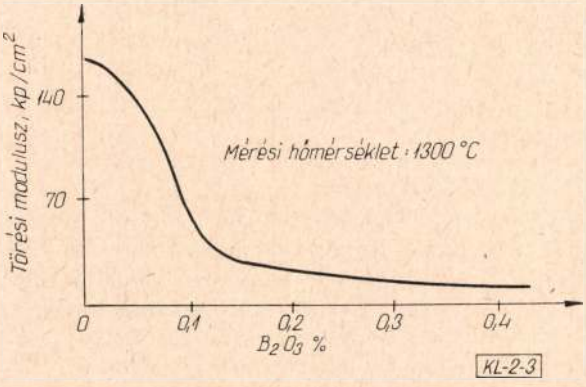
Ezeknél a szintereknél a már említett kísérő komponensek mellett más, jóval kisebb mennyiségben jelenlevő szennyezők hatását is figyelembe kell venni. Ilyen komponens a B_2O_3, amelynek hatása rendkívül káros a szinter minőségére, eltávolítása pedig igen nehézkes. A B_2O_3-nak az 1300 °C-on mért törési moduluszt befolyásoló hatása a *3. ábrán* látható. Az ábrából kitűnik, hogy a B_2O_3 tartalmat feltétlenül alacsony



1. ábra. A magnezit-szinter CaO/SiO_2 arányának hatása a tégla meleg-szilárdságára (Gilpin szerint)
$B_2O_3 < 0{,}01\%$; $Fe_2O_3 < 0{,}20\%$



2. ábra. A magnezit-szinter R_2O_3 tartalmának hatása a tégla meleg-szilárdságára (Gilpin szerint)
$B_2O_3 < 0{,}01\%$; CaO/SiO_2 2 : 1



3. ábra. A magnezit-szinter B_2O_3 tartalmának hatása a tégla meleg-szilárdságára (Gilpin szerint)
$Fe_2O_3 < 0{,}50\%$; CaO 2,9%; SiO_2 1,5%; CaO/SiO_2 2 : 1

($< 0{,}1\%$) szinten kell tartani, mert a B_2O_3 a tégla melegszilárdságát erősen rontja. A B_2O_3-nak eltávolítása alkáli vegyületeknek a szinterelendő anyaghoz való adagolásával történik.

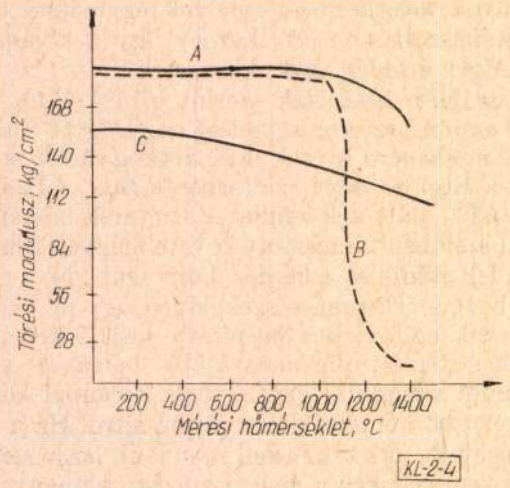
Az ilyen kis mennyiségű bóroxid káros hatásának oka nem egyértelműen tisztázott, de azt már kísérleti úton bebizonyították, hogy alacsony hőmérsékleten lágyuló ásványokat képez, csökkenti a kalciumszilikát olvadék viszkozitását, valamint úgy irányítja a periklász kristályképződés mechanizmusát, hogy jelenlétében kerekded, sima felületű kristályok keletkeznek, amelyek egymással csak kis felületszakaszon érintkeznek, így a kívánatos MgO-MgO átfedés csak kismértékű.

A legújabb kísérletek szerint 0,15% B_2O_3 tartalom esetén a szinter az esetleg nagy MgO ($> 95\%$) tartalom ellenére is csak másodosztályúnak minősíthető. Első osztályú szinterben a B_2O_3 tartalomnak 0,05% alatt kell lennie. A szinterek bórtartalmával szemben támasztott követelmények ismeretében felvetődik az a kérdés, hogy szabad-e a nagy igénybevételű kemence szekciókba, így pl. az SM-kemencék boltozatába beépítésre kerülő krómérc-adalékos téglák présmasszájába bórsavat vagy bóroxidot adagolni, hogy a tégla kerámiai kötése alacsonyabb hőmérsékleten jöjjön létre. Ha a termék égetett, akkor azt kell mondani, hogy semmi esetre sem célszerű a nagytisztaságú alapanyagok minőségét így lerontani, hánem a téglaégető alagútkemence tűzzónájában kell a hőmérsékletet legalább 1700—1750 °C-ra emelni.

Vegyi kötésű téglák esetén a helyzet nem ennyire egyértelmű, mivel ezekben a kemence felfűtésekor alakul ki a kerámiai kötés úgy, hogy közben a téglát csak egy oldalról éri a hő. Minthogy kerámiai kötés annál magasabb hőmérsékleten jön létre, minél tisztább nyersanyagokból áll a tégla, lejátszódhat az a folyamat, hogy a téglának csak a tűzoldali zónájában jön létre a kerámiai kötés, míg a tűzoldaltól távolabb eső rétegekben ez csak igen lassan alakul ki, de a kémiai kötés már előzőleg elbomlik. Ez a téglán lemezes leválásokat idéz elő, amely feltétlenül csökkenti a falazat élettartamát. A bórsav olvadékképző hatása folytán ugyan leszállítja a kerámiai kötés kialakulásának hőmérsékletét, de egyben a tégla tartósságát is jelentősen csökkenti, amit a különböző tartós igénybevételi módokat alkalmazó vizsgálatok eredményei bizonyítanak (torzió, nyomás, nyírás, húzás).

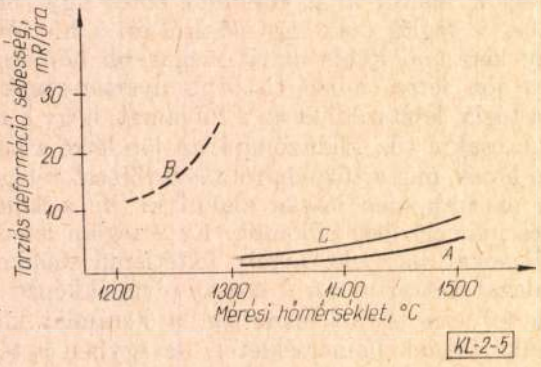
A fentiek alapján vegyi kötésű tégla nyersanyagaként célszerű vasoxidban viszonylag dúsabb (3—5%) magnezit szintert vagy ún. *szimultán szintert* felhasználni. A vasoxid mineralizáló tulajdonsága következtében a téglában viszonylag alacsonyabb hőmérsékleten (1500—1600 °C) kialakul a kerámiai kötés, anélkül, hogy a lágyulás hőmérséklet tartománya lényegesen csökkenne. A szimultán szinterek „nyers magnezit" [$MgCO_3$ vagy $Mg(OH)_2$] és krómérc forgókemencében történő együttes égetésével készülnek, így már bizonyos mértékig a szinterben kialakul a direkt kötés, ami különben csak a tégla égetésekor, vegyi kötésű tégla esetén pedig csak a falazat felfűtésekor jön létre.

A magnezit szinter direkt kötés tartalmának (MgO-MgO átfedés) fontosságát mutatja az a tény, hogy egyes természetes szinterek paraméterei (pl. a görög „Scalistiri" eredetű) olyan kitűnőek, hogy alacsonyabb MgO tartalmuk ellenére (94—95%) meghaladják a nálunk jóval magasabb MgO tartalmú (97—98%) tengervízi szinterek tulajdonságait. Az ilyen magas MgO tartalmú szinterek közötti különbségek általában csak a tartós terhelést alkalmazó mérési eljárásokkal mutathatók ki [4].



1. ábra. Vasoxidban szegény magnezittéglák törési modulusza a hőmérséklet függvényében (Jackson és Laming szerint)

A Görög (scalistiri) magnezit; *B* Hagyományos tengervízi magnezit; *C* Nagyszilárdságú tengervízi magnezit



5. ábra. Vasoxidban szegény magnezittéglák torziós deformáció-sebessége a hőmérséklet függvényében (Jackson és Laming szerint)

A Görög (scalistiri) magnezit; *B* Hagyományos tengervízi magnezit; *C* Nagyszilárdságú tengervízi magnezit

A *4.* és *5. ábrán* a három, különböző magnezitszinterből készült tégla hajlító és torziós igénybevétellel szembeni ellenállását szemléltetjük a hőmérséklet függvényében *(Jackson és Laming* szerint). Az *A*-val jelölt próbatest a természetes görög „scalistiri" magnezitszinterből készült, a *B* jelű próbatest alapanyaga hagyományos technológiával gyártott tengervízi magnezit-szinter, a *C* jelűé pedig bórmentes, nagy MgO tartalmú (97—98%), rendkívül magas hőmérsékleten szinterelt tengervízi magnezit.

A 4. ábrából látható, hogy a természetes görög magnezitnek a legjobb az ellenállása a különböző kőmérsékleten alkalmazott hajlító igénybevétellel szemben. A „hagyományos" tengervízi magnezitből készült próbatest *(B)* szilárdsága 1000°C-ig kb. azonos a görögével, 1000 °C felett azonban rohamosan csökken a szilárdság, 1400 °C-on pedig gyakorlatilag megszűnik. A *C* jelű, magas hőmérsékleten szinterelt tengervízi magnezitből készült próbatest törési modulusza a teljes vizsgált hőmérséklettartományban hasonló az *A* jelűéhez, abszolút értéke valamivel kisebb, de ez a különbség nem jelentős.

Az 5. ábrából látható, hogy a „hagyományos" tengervízi szinterből készült próbatestek *(B)* torziós igénybevétellel szembeni ellenállása igen gyenge, míg a görög szinterből *(A)* és a nagy szilárdságú tengervízi magnezitből *(C)* készült próbatestek szilárdsága egymással csaknem azonos és jelentősen meghaladja a hagyományos tengervízi szinterét.

A *3.* és *4. táblázat*ban ismertetjük az *A* jelű görög „Scalistiri" magnezit és a *C* jelű „Sardamag 21-Sp-X" tengervízi magnezit-szinter kémiai és ásványi összetételét *Jones és Melford* adatai alapján [5].

3. táblázat

Kémiai összetétel

Alkotó	Scalistiri magnezit-szinter (A)	Sardamag 21-Sp-X jelű szinter (C)
MgO, %	94,3	97,20
CaO, %	3,3	1,70
SiO_2, %	1,8	0,48
Fe_2O_3, %	0,5	0,12
Al_2O_3, %	0,1	0,22
Cr_2O_3, %	—	0,35
B_2O_3, %	0,03	0,05

4. táblázat

Számított ásványi összetétel

Alkotó	Scalistiri magnezit-szinter (A)	Sardamag 21-SP-X jelű szinter (C)
Periklász	94,08	97,04
Forszterit	0,0	0,0
Monticsellit	0,0	0,0
Merwinit	0,36	0,0
Dikalcium-szilikát	4,78	0,15
Trikalcium-szilikát	0,0	1,62
Brownmillerit	0,0	0,37
Spinell	0,14	0,0
Magnéziaferrit	0,63	0,0
Magnéziakromit	—	0,44
Trikalcium-aluminát	—	0,38

Különböző terheléseket közel azonosan elviselő két szinter kémiai összetétele jelentősen különbözik egymástól. A tengervízi magnezit MgO tartalma 3%-kal nagyobb, CaO és SiO_2 tartalma pedig jelentősen kisebb a görög szinterénél. A kémiai összetételben jelentkező jelentős különbséget azonban részben kompenzálja az ásványi összetételben mutatkozó hasonlóság, vagyis az, hogy a görög magnezitben főleg dikalciumszilikát, a tengervíziben pedig trikalciumszilikát képződik (1. és 2. táblázat).

A közel azonos terheléssel szembeni ellenállóképességet emellett az azonos nagyságrendű periklász-periklász átfedésekkel magyarázhatjuk, vagyis azzal, hogy a két szinterben a direkt-kötés tartalom hasonló.

Elektromosan olvasztott téglák

Az elektromos olvasztással előállított bázikus téglák csak az utóbbi néhány évben kerültek alkalmazásra az SM-kemencék boltozatában, és

néhány üzemben rendkívül jó tartósságot mutattak. Ez annál is meglepőbb, mivel ezeknek a tégláknak a hőingadozástűrő képessége gyártástechnológiájuk következtében gyengébb, mint a hagyományos égetett tégláké, nem is beszélve a vegyi kötésű téglákról. Jó tartósságuk — gyengébb hőingadozástűrő-képességük ellenére — azzal magyarázható, hogy ezeknek a termékeknek igen kicsi a mikro-porozitása, így az üzemeltetés során az infiltráció folyamata lényegesen lassúbb, mint a vegyi kötésű és az égetett téglák esetében.

Az SM-kemencék boltozatában több helyen sikerrel alkalmazott Corhart 104-es téglák előállítását magnezit-szinter és krómérc ívkemencében, 2400—2500 °C-on történő megolvasztásával végzik. Az olvadékot formába öntik, ahol szabályozott körülmények között lehűtik, majd lehűlés után nagykeménységű szerszámokkal a szükséges nagyságúra daraboljak és a kívánt alakra hozzák.

A Corhart 104-es téglák ásványi összetétele különbözik a hazai azonos összetételű, de a hagyományos technológiával előállított téglákétól, ugyanis az olvasztott téglákban a vasoxid döntő többsége kétértékű formában (FeO) van jelen, amely a MgO-val magnézia-wüsztitet alkot. A hazai magnezitkróm téglákban általában csak az üzemeltetés során, redukáló atmoszféra jelenlétekor képződik nagyobb mennyiségű magnezit-wüsztit. A Corhart 104-es tégla kétértékű vasoxidja valószínűleg a krómércből származik, míg a nálunk felhasznált krómércekben (pl. szovjet) főleg háromértékű formában van jelen a vasoxid.

Az elektromosan ömlesztett téglák alkalmazása, viszonylag magas áruk miatt csak ott gazdaságos, ahol a kemence többi részének a tartóssága (pl. regenerátor rács) egyensúlyban van a nagy boltozattartóssággal. A boltozat legjobban igénybe vett szakaszaiban (pl. az oxigénlándzsák közvetlen környezetében) való alkalmazásuk azonban megfontolandó.

Összefoglaló

Vegyi kötésű téglák alapanyagaként legcélszerűbb szimultán szintert alkalmazni, amelynek már jelentős a direkt kötés tartalma, mivel a periklász és a krómérc közötti kémiai reakció részben már a szinter égetésekor lejátszódik.

Égetett boltozati téglák gyártásához célszerű nagytisztítaságú szintert alkalmazni, természetesen az égetési hőmérsékletet legalább 1700—1750 °C-ra kell növelni.

A nagytisztaságú magnezit-szinter alkalmazásának másik feltétele a felhasznált krómérc megfelelő tisztasága.

IRODALOM

[1] *Rigby, G. R.—Richardson, H. M.—Ball, F.:* Trans. Brit. Cer. Soc. 1947. 313. o.

[2] *McDowell, J. S.—Scott, R. K.—Cark, C. B.:* The Refractories Journal 1962. December

[3] *Gilpin, W. C.:* The Refractories Journal 1969. Március

[4] *Jackson, B.—Laming, J.:* Trans. Brit. Cer. Soc. 1969. Január, 21. o.

[5] *Jones, D. G.—Melford, D. A.:* Trans. Brit. Cer. Soc. 1969. Május

Az eutektikum kristályosodása

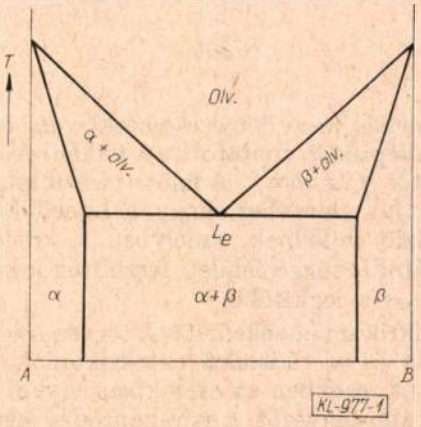
Dr. KÁLDOR MIHÁLY okl. kohómérnök, egyetemi tanár
Nehézipari Műszaki Egyetem

DK: 669.017 : 548.5 : 620.18

A tanulmány ismerteti a binér ötvözetrendszerben megjelenő eutektikum kristályosodásának és megjelenési formájának törvényszerűségeit. A fémötvözetekben előforduló és a gyakorlat számára is fontos kristályosodási folyamatok áttekintése. A növekedési sebesség szerepe. Az eutektikum és az eutektoid közötti analógia.

Számos ötvözetrendszerben színfém vagy szilárd oldat kristályosodása olyan összetételű olvadék létrejöttéhez vezet, amely — binér ötvözetrendszer esetén — telített mindkét fázis szempontjából, melyek priméren kristályosodhatnak. Ekkor az olvadékból nonvariáns, három fázisú folyamat keretében egyidejűleg két fázisból álló szövetelem, a binér eutektikum kristályosodik. Az eutektikus összetételű olvadék az ötvözet legkisebb olvadáspontú tagja, helyén az egyensúlyi diagramban minimum van, egyben a likvidusz görbén törés is jelentkezik, annak megfelelően, hogy a két likvidusz görbén kristályosodó fázisok mindegyikének kristályosodása végbemegy az eutektikum keletkezése során.

Az *1. ábra* mutatja a binér eutektikus egyensúlyi diagram elvi képét. Az ötvözet alkotói az A és B színfém, a hipoeutektikus ötvözetekből priméren A alapú, B atomokat oldva tartalmazó α szilárd oldat kristályosodik, melynek rácsa az A fém kisebb-nagyobb mértékben torzult rácsa, a hipereutektikus ötvözetekből priméren β fázis kristályosodik, ami B alapú, A atomokat oldva tartalmazó szilárd oldat, rácsa a B színfémnek torzult rácsa. A primer kristályosodás után vagy eutektikus



1. ábra

összetételű ötvözetnél azonnal, az eutektikum kristályosodik, amit a

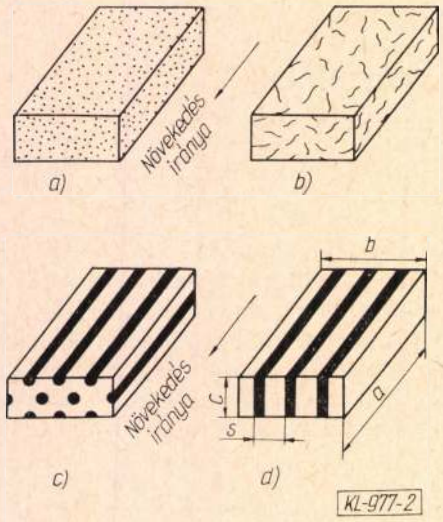
$$L_e \rightarrow \alpha + \beta$$

három fázisú egyenlet jellemez.

Az eutektikum két fázisa, az α és a β szilárd oldatok azonban csak formálisan egyenrangú résztvevői az eutektikus dermedés kettős kristályosodásának. Egyik kettőjük közül, nyilvánvalóan az, amelyik túlhűlésre kevésbé hajlamos, előbb jelenik meg az olvadékban, csíraképzőként szerepel, kiválását pedig a túltelítettség következtében nyomon követi a másik fázis megjelenése.

Az eutektikum morfológiájában, szerkezetében ennek megfelelően szerepet játszik a csíraképződés és természetszerűleg az a felületi feszültség, entalpia, amely az eutektikumot alkotó két fázis között fellép.

Amennyiben az adott hőmérsékleten az egyik fázis csíraképződési hajlama erős, finom részekből álló eutektikum fejlődik. Ha a finom részecskék, a csíraképzőként szereplő fázis és a matrixként szereplő második fázis között nagy a felületi feszültség, a finom részecske szemcsés, globuláris lesz *(2a ábra)*, ha a felületi feszültség nem jut szerephez, a finom részecske tűszerűen fejlődik *(2b ábra)*. Amennyiben a csíraképződési hajlam nem jelentős, egy-egy csírából nagyobb részekből álló eutektikum fejlődik, ez rúd alakú, amennyiben a felületi feszültség nagy, így legkisebb a felület és a hozzá tartozó térfogat viszonya *(2c ábra)*.



2. ábra

Végül lamellás, vagy lemezes eutektikum fejlődik, ha a csíraképződés vontatott s a felületi feszültség sem jelentős *(2d ábra)*. A felületi feszültség ekkor annyiban jut szerephez, hogy a lamellák abban az irányban fejlődnek, amelyben a kristálytani orientációtól is függő felületi feszültség a két fázis között ($\gamma_{\alpha\beta}$) a legkisebb.

Az eutektikum növekedésének törvényszerűségei a lamellás és a rúdalakú eutektikumok esetére tisztázottak, ezekben az esetekben ugyanis a legbonyolultabb tényezőt, a csíraképződés mechanizmusát figyelmen kívül lehet hagyni, s a számításoknál csupán két tényező szerepét kell figyelembe venni:

a) A két kristályosodó, az eutektikumot alkotó fázis között fellépő felületi feszültség, entalpia ($\gamma_{\alpha\beta}$) értékét, melyet egyébként az eutektikum keletkezésének hőmérsékletközében konstansnak tekintünk,

b) az olvadékban végbemenő diffúzió szerepét, ami az atomokat az együttesen növekvő két fázis kristályaihoz szállítja, vagy azoktól elszállítja.

A felületi entalpia értékének meghatározásához szükséges az új, keletkező felület számítása *(2d ábra)*.

A $V = abc$ térfogatú eutektikumban, ha S-sel jelöljük a lamellák egymástól vett távolságát, az α és β kristályok közös felülete

$$A_{\alpha\beta} = 2ac\frac{b}{S},$$

és egységnyi térfogatra vonatkoztatva

$$\frac{A_{\alpha\beta}}{V} = \frac{2}{S}$$

Az eutektikus kristályosodásra vonatkozó egyensúlyi diagram eutektikálisa ott, azon a hőmérsékleten húzódik, ahol az eutektikus összetételű olvadékra vonatkozóan a végtelen nagy sugarú felület mentén egymással érintkező olvadék és kristályos fázisok szabad entalpiái egymással egyenlőek:

$$\Delta G_v(\infty) = G_S(\infty) - G_L(\infty) = 0$$

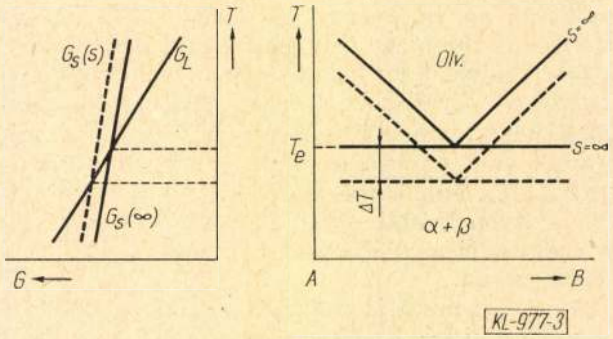
A valóságban *(3. ábra)* a kristályosodás kellő túlhűléssel megy végbe, azon az ideálisnál kisebb hőmérsékleten, ahol a túlhűlésből származó entalpia-különbség a felület képződésének entalpia-szükségletét fedezni tudja, ahol S lamella-távolsággal kristályosodó eutektikum esetében

$$\Delta G_v(S) = G_S(\infty) + \frac{2}{S}\gamma_{\alpha\beta} - G_L(\infty) =$$

$$= \Delta G_v(\infty) + \frac{2}{S}\gamma_{\alpha\beta} = 0$$

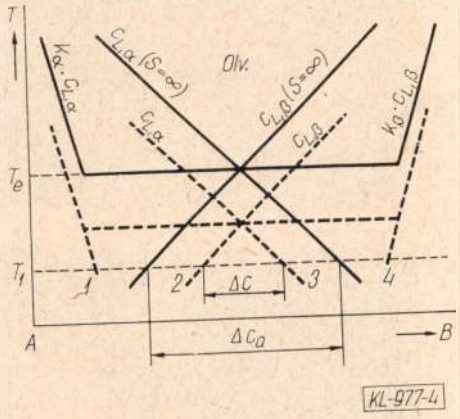
Minél finomabb tehát az eutektikum, annál kisebb hőmérsékleten, annál nagyobb túlhűléssel kristályosodott.

Meg kell jegyezni, hogy a hőmérséklet eltolódása némileg az egymással egyensúlyban levő három fázis, az olvadék, és a két szilárd fázis összetételében is okoz változást, ezt azonban a tárgyalás egyszerűsítése végett elhanyagoljuk.



3. ábra

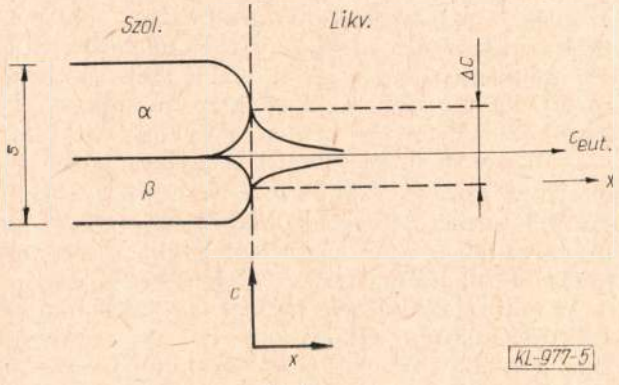
Ha valamilyen eutektikus összetételű olvadék T_1 hőmérsékleten kristályosodik, kialakulnak az egymással párhuzamosan növekvő α és β fázisok lamellái. Az egymással egyensúlyban levő fázisok összetételét az egyensúlyi diagramnak a *lamellák vastagsága függvényében eltolódott* vonalai alapján kell meghatározni (*4. ábra* szaggatott, vastagabb vonalai).



4. ábra

A kristályosodási fronttól elég nagy távolságban az olvadék összetétele eutektikus (C_{eut}), az eutektikumban helyet foglaló α és β fázisok azonban az egyensúlyi diagram likvidusz görbéi meghatározta koncentrációjú olvadékkal tartanak egyensúlyt. (A 4. ábrán a szaggatva rajzolt likvidusz görbéknek T_1 hőmérsékletre extrapolált értéke adja az olvadék fázisban kialakult összetételeket. Az ábrán *1*-gyel jelölt pont mutatja az eutektikumban levő α fázis, *4*-gyel a β fázis koncentrációját, az α fázis kristálya előtt a *3*-mal, a β fázis kristálya előtt *2*-vel jelölt pont mutatja a velük egyensúlyban levő olvadék összetételét). A kristályosodási front közvetlen környezetében tehát az olvadék fázisban koncentráció-különbség alakul ki. (Az *5. ábra* a *B* atomok koncentrációjának változását mutatja az olvadékban a kristályosodási front előtt). Az α kristály előtt *B*-ben dúsabb, a β kristály előtt *B*-ben szegényebb az olvadék az eutektikusnál.

Az eutektikum lamelláinak növekedését akadályozza az eutektikus koncentrációtól az olvadékban jelentkező eltérés. Amilyen mértékben ez a koncentráció különbség kiegyenlítődik, olyan mértékben tud az eutektikum növekedni.



5. ábra

A koncentráció grádiense közelítőleg $2\frac{\Delta C}{S}$; valami dt idő alatt áramló B atomok mennyisége pedig:

$$2D_L \frac{\Delta C}{S}\,dt,$$

ahol D_L az atomoknak az olvadékban való diffúziója sebességére jellemző tényező.

Az olvadékból dx távolságú réteg akkor tud az eutektikum megfelelő fázisára rákristályosodni, ha egyidejűleg $C_{L,\alpha}$ koncentrációja (3-as pont) $k_\alpha \cdot C_{L,\alpha}$ értékre (1-es pont) változik, matematikailag

$$(C_{L,\alpha} - k_\alpha \cdot C_{L,})\,dx \approx 2D_L \frac{\Delta C}{S}\,dt$$

Meg kell jegyezni, hogy β fázis növekedése hasonló módon fejezhető ki, a lassabb határozza meg a növekedés sebességét.

Így az eutektikum növekedési sebességére

$$v = \frac{dx}{dt} \approx 2D_L \frac{\Delta C}{C_{L,\alpha}(1-k_\alpha)} \cdot \frac{1}{S}$$

kifejezés adódik.

Azaz a lamellák vastagsága a sebességgel általánosságban fordítva arányos.

Az S lamella-vastagság értéke azonban korlátozott, nem lehet végtelen nagy, sem végtelenül kicsiny, az eutektikum az adott hőmérséklethez, túlhűléshez rendelt vastagsággal kristályosodik. A lamella vastagságának van tehát kritikus értéke (S^*), melynél a növekedés megáll, egyensúly alakul ki az olvadék és a kristályos fázisok között.

Ha S végtelenül nagy, ΔC értékének a ΔC_0 értékhez kell közelednie (*4. ábra*), ez tartozik ugyanis a diagram elvi, idális vonalához; S kritikus értéknél (S^*) pedig a sebességnek nullának kell lennie, ami a sebesség képletében csak $\Delta C = 0$ feltétel esetén teljesül.

Ezeknek a feltételeknek a

$$\Delta C = \Delta C_0 \left(1 - \frac{S^*}{S}\right)$$

kifejezéssel lehet eleget tenni, azaz a növekedési sebesség képlete tehát

$$v \approx 2D_L \frac{\Delta C_0}{C_{L,\alpha} \cdot (1-k_\alpha) S^*} \cdot \left(1 - \frac{S^*}{S}\right)$$

alakúra módosul.

Analog kifejezés már a dendritek növekedési sebességének meghatározása során előfordult, annak megfelelően a sebesség maximumát a kritikus érték kétszeresénél találjuk:

$$v_{max} \approx \frac{D_L \Delta C_0}{2C_{L,\alpha}(1-k_\alpha)S}$$

Nyilvánvaló, hogy az eutektikum dermedésekor a sebességek széles skálájából a természetes kiválasztódás eredményeképp a maximális sebesség érvényesül.

Abból kiindulva, hogy a lamella vastagságának kritikus értékénél a megfelelő szabad entalpiák különbsége és a sebesség zérus:

$$\Delta G_v(S^*) = \Delta G_v(\infty) + \frac{2\gamma_{\alpha\beta}}{S^*} = 0$$

$$S^* = -\frac{2\gamma_{\alpha\beta}}{\Delta G_v(\infty)}$$

Miután ΔG_v arányos a túlhűléssel,

$$S^* = \frac{\varphi_2}{\Delta T};$$

s mivel $\Delta C_0 = \varphi_3 \Delta T$, ezért

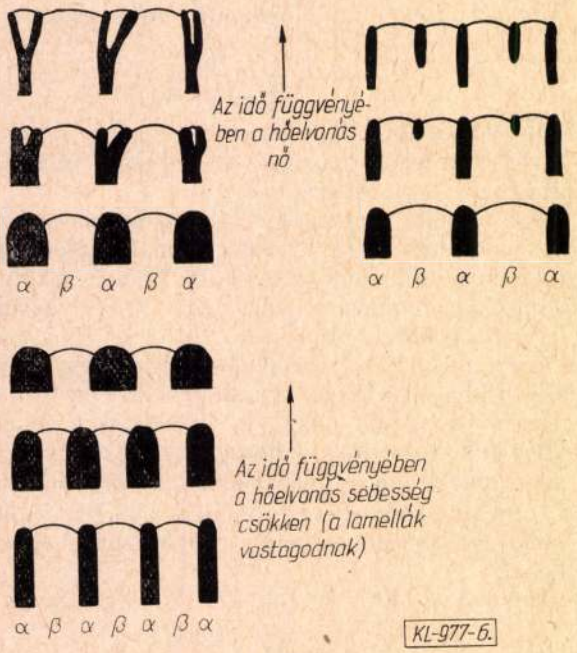
$$\Delta C_0 = \frac{\varphi_2 \cdot \varphi_3}{S^*},$$

továbbá

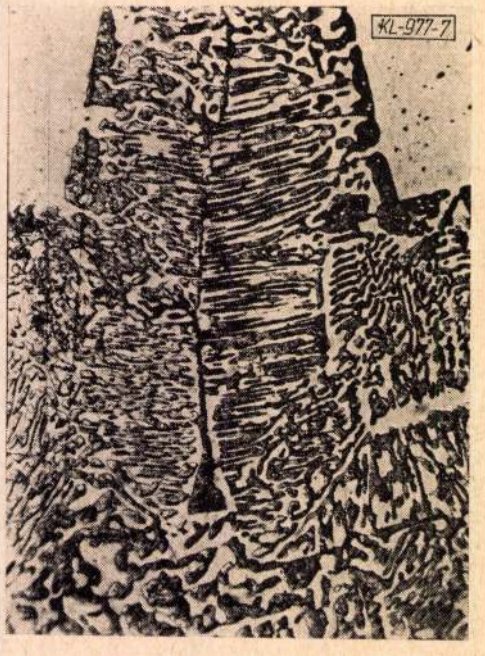
$$v_{max} \approx \frac{1}{(S^*)^2}; \text{ azaz } v_{max} \cdot (S^*)^2 = \text{constans.}$$

A lamella vastagsága és a növekedés sebessége között tehát fordított arányosság áll fenn.

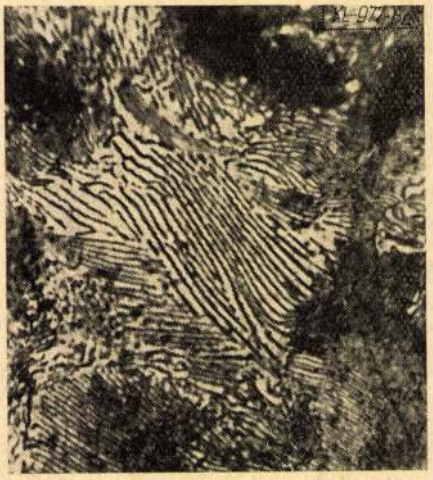
Optikai mikroszkópon gyakran megfigyelhető a lemezes eutektikum lamelláinak finomodása, a lamellák ágazódása. Ez a sebesség növekedésével függ össze. Más esetekben a lamellák vastagodnak,



6. ábra



7. ábra





8. ábra

az eutektikum durvul, az eutektikum növekedési sebessége a kisebb túlhűlés következtében csökken *(6. ábra)*.

Az eutektikumok fent leírt fajtái általában csak nagyon tiszta binér ötvözetekben fordulnak elő. A valóságban a bemutatott négy típust az ötvözetben szennyezők jelenléte miatt ritkábban találjuk. Az Sn-Bi ötvözetrendszer eutektikuma (*7. ábra* 200× nagyítás, marószer: sósavas $FeCl_3$) alapjában véve lamellás szerkezetű, ez azonban helyenként a rúdalakú jelleget ölti.

Végül rá kell mutatnunk arra az analógiára, amely az eutektikum és az eutektoid keletkezése között érvényes. Utóbbi szilárd oldatnak, míg előbbi olvadéknak átalakulása két, különböző koncentrációjú fázis heterogén elegyévé. Az eutektoid azonban a szilárd állapotban általában vontatottabb csíraképződéssel s azon kívül a felületi feszültség csökkentése végett az átalakuló fázis meghatározott kristálytani síkja mentén jön létre, így legtöbbször lamellás szerkezetű, mint az acélok s a Maurer-diagram I-es és II-es mezejében eső ötvözetek perlitje. A stabilis rendszernek megfelelő grafitos-ferrites eutektoid kialakulását éppen a már kristályosodás során megjelent grafit csiraképző hatása befolyásolja, így az a tűs jelleget ölti.

Az öntöttvas durvább perlitje lamelláiban a növekedési sebesség változásának hatására bekövetkező ágazódás, finomodás és durvulás gyakran jól megfigyelhető *(8. ábra)*.

Csomagolásra felhasznált ónozott lemezek minőségi követelményei*

S. C. BRITTON
Tin Research Institute, London

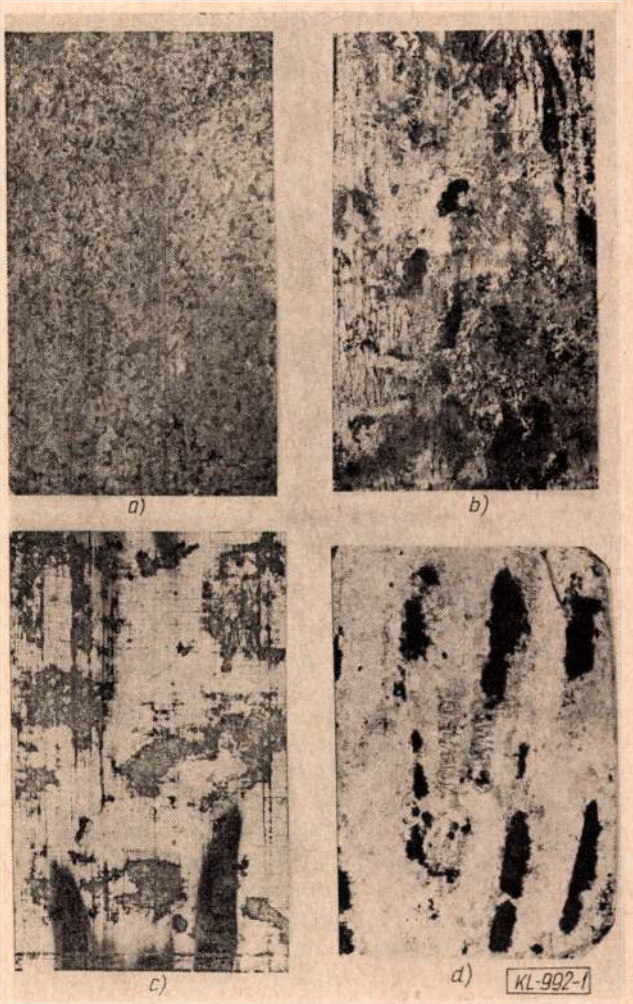
DK: 672.4/46 : 620.197

Azok a tulajdonságok, amelyek a gyakorlatban elsősorban megszabják a konzervdobozok használhatóságát, az acélminőség, az ónréteg vastagsága és egyenletessége, a felület kiképzése, a passziváló kezelés és adott esetben a lakkbevonat. Az ónréteg vastagságát mindenkor a kívánt korróziós ellenállásnak és külső rozsdavédelemnek megfelelően kell megszabni, függetlenül attól, hogy lakkozott vagy lakkozatlan lemezt használnak fel. Az acélminőségi szabványok és a bevonatok előírásai, mint pl. az „ATC-Test" csak bizonyos felhasználási területre használhatók, de az általános célokra nem alkalmasak. A passziváló kezelés a foltosodási ellenállásra, továbbá a helyi korrózió ellen van hatással, és befolyásolja a lakkozhatóságot. Háromféle kezelési eljárás javasolt: a nagy felületi krómtartalmú katodikus kezelést mint a foltosodás ellen a legjobb ellenállószert, az árammentes merülő eljárást kis felületi krómtartalommal tej és tejtermékek részére és a katódkezelést közepes felületi krómtartalommal általános használatra, mint amilyen a lakkozásra kerülő ónozott lemez.

A konzervdoboz gyártók fő célja az ónozott lemezminőségek olyan kiválasztása, hogy a dobozelőállítónak és a dobozolt áru felhasználójának minden kívánságát a lehető legkisebb költséggel tudja kielégíteni. A dobozgyártók kívánságai valószínűleg főleg a mechanikai tulajdonságokat és a forraszthatóságot érintik. Ezeket legtöbbször könnyen ki tudja elégíteni a lemezhengermű, annak ellenére, hogy a vékony bevonatú lemez forraszthatósága különös figyelmet igényel. A fogyasztók kívánságai miatt a szükséges mértéken túl kell erőfeszítéseket tenni a csomagolt áru jó konzerválására. A normális fogyasztónak, aki egy konzervet vesz az üzletben, vagy a dobozt kinyitja, nincs meg az a műszaki tapasztalata, hogy megállapítsa, milyen csekély mennyiségű rozsda van a doboz külső felületén, vagy hogy bizonyos belső elszíneződések, vagy foltok a doboz tartalmára hatással vannak-e. A doboz külsejének vagy tartalmának változása, ami a felhasználó bizalmatlanságát felkelti, kerülendő még akkor is, ha a változás ártalmatlan, tehát az általános minőségre vagy az ízre nincsen következménye.

Külsőleg a doboz legyen mindig rozsdamentes és foltmentes. Belül a helyi változás minden jelét kerülni kell és a doboz felületében, tartalmában és ízében a hagyományos tapasztalat szerint eltérések ne legyenek megállapíthatók *(1. és 2. ábra)*. Változások elfogadhatók, ha a látható effektus tisztább és egyenletesebb ónfelületet mutat, ez még néha előnyös is lehet az eladhatóság tekintetében. Úgy látszik, hogy az ízváltozásokat, amelyeket speciális ízpróbák alapján állapítanak meg, a fogyasztók nagy része észre sem veszi.

A konzervált folyadékok ízének vagy áttetszőségének változásai rendesen az olyan korróziós folyamat eredményei, amelyben vas, vagy ón oldódik



1. ábra. Konzervdobozok belső korróziója



2. ábra. Borsókonzerv dobozának belső korróziója a köpenyforrasztás mentén
Csak a felső üres térben levő forrasztásban mutatkoztak vasszulfidok

* Az „Ónozott lemez" szinpozionon 1972. áprilisban elhangzott előadás szövege.

fel. Ezért röviden meg kell vizsgálni azt a hatást, amit ezek a feloldott fémek gyakorolnak. Egyszer s mindenkorra megállapítandó, hogy semmi bizonyíték nincsen arra, miszerint a feloldott ón, vagy vas a felhasználó egészségének ártana. Hosszú tapasztalatok bizonyítják, hogy az ón abban a formában és abban a mennyiségben, ahogy ez a konzervekben előfordulhat, az emberi szervezetre nem káros. Ennek ellenére vannak mindig olyan személyek, akik semmiféle vegyszert sem tudnak táplálkozásukban a szokásosnál nagyobb mennyiségben elviselni és ezek megvédése érdekében ajánlatosnak látszik a konzervek óntartalmát korlátozni. Angliában már évek óta elfogadott törvényes előírás nélkül a 250 ppm mennyiség, ami mind a konzervipar, mind a fogyasztó szempontjából kielégítő. Van egy nagyon értelmesnek tekinthető javaslat, amely szerint bizonyos különleges konzervekben a szennyezést tartsák alacsonyabb szinten, így a csecsemő táplálékban és gyümölcslében, vagy más olyan italokban, amelyekből egy személy rövid idő alatt több dobozzal fogyaszthat. Ezt a kérdést sok országban tüzetesen vitatják, de ki kell hangsúlyozni, hogy az összes javasolt elővigyázati rendszabályokat egy eddig nem bizonyított veszély ellen írják elő.

A fémek hatása az ízre és a színre merőben más eset. Vas egész kis mennyiségben már fémízt és néhány termék erős elszíneződését okozhatja különösen ha cserzőanyagot tartalmaznak. Az ónion még a legnagyobb koncentrációkban sem okoz nemkívánatos ízváltozást, sőt sokszor előnyös következményeit lehetett megállapítani, mivel a vas ízváltoztatását és az oxidatív elváltozásokat meggátolja. A feloldott ón redukáló hatását a fehér, vagy halvány színű termékek színtartósságára meg lehet állapítani. Másrészt a sötét színű termékek természetes, vagy mesterséges festékanyagai az ón hatására redukálódnak, miközben színárnyalatuk kifogásolhatóan megváltozik. Ugyanígy az ón a folyadékokban csapadékképződés miatt fénytörést idézhet elő, már kis mennyiségek is elegendők ahhoz, hogy a sört zavarossá tegyék.

Bár hibátlan fémfelület iránti igény az emberi fogyasztásra kerülő táplálékok konzervdobozainak területén jelentkezik elsősorban, az állati takarmányok, nem ehető termékek és aerosolok csomagolására szolgáló dobozok is legyenek tiszták és tetszetősek, hogy ne legyen kétely a doboz megbízhatóságát illetően, vagy a tartalom minőségében. Az egyetlen kivétel a szép felület területén az aerosoldobozok belseje, mivel azokat nem lehet egykönnyen szemrevételezni.

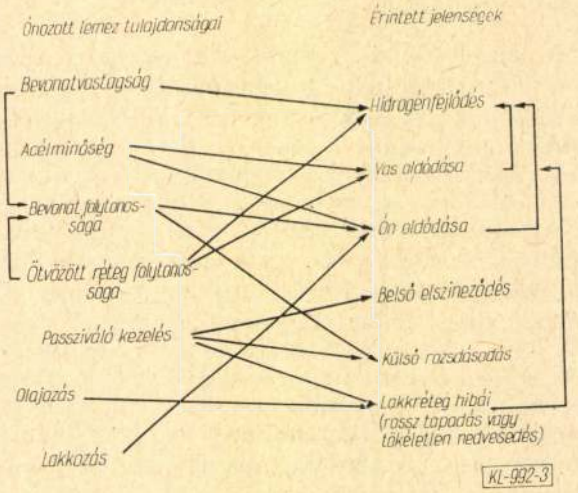
Az általános követelményeket a következőképpen lehetne összefoglalni.

Dobozok minden célra. — Külső foltok vagy rozsda, perforáció vagy gázhólyagosság nélkül, kivéve az aerosol, sör és szénsavas italok tárolására szolgáló dobozokat.

Dobozok élelmiszer részére. — A doboz tetszetős felületű legyen, nagyobb helyi elváltozásokat ne mutasson. Csekély maródás vagy foltosság elviselhető, de a belső felület sötétedése és az elszíneződés átvitele a tartalomra nem engedhető meg. A tartalom színe feleljen meg a termék megszokott színének. Nem szabad fémes ízűnek lennie, vagy a szerves bevonatból keletkezett színárnyalatnak mutatkozni. A termék óntartalma az eladási országban megállapított határt nem lépheti túl. Ugyanezek a követelmények érvényesek italokra és gyümölcslékre, ezenkívül ez utóbbiak ne legyenek zavaros fénytörésűek.

Nem élelmiszeripari dobozok. — Csekély maródás és foltosság megengedhető, de a csomagolt áru színe és tulajdonságai ezáltal nem változhatnak. Rozsdaképződés sohasem kívánatos, különösen festékek és festék alapanyagok esetében. Aerosoloknál minden olyan szilárd korróziós termék képződése elkerülendő, amely a fúvókát eldugaszolhatja.

Azokat az intézkedéseket, amelyek a hibák elkerülése érdekében elvégzendők, a *3. ábrában* foglaltuk össze. Felismerhető, hogy a legeredményesebb tényezők a bevonat vastagsága, a bevonat egyenletessége, passziváló kezelések és lakkok alkalmazása. Némely tulajdonságok egymástól függőek, amire az ábra nyílai utalnak.



3. ábra. Az ónozott lemez tulajdonságai és a különféle korróziós jelenségekkel szemben fennálló ellenállás összefüggései

Most a tűzi ónozású lemezek jelenlegi helyzetét szeretném megemlíteni. Kétségen kívül áll, hogy a tűzi ónozású lemez kiváló csomagolóanyag, míg néhány felhasználási területen az elektrolitikus lemeznek a legtöbb csomagolási területen gazdaságossági előnyei vannak és néhány különleges esettől eltekintve, majdnem minden országban a tűzi ónozású lemez előállítása és felhasználása megszűnőben van. A most következők csak elektrolitikus lemezzel foglalkoznak, ennek ellenére célszerű a nagyobb ónvastagságokhoz tűzi ónozású lemezeket használni, ha ezek rendelkezésre állnak.

A dobozkonzervek és italáruk főkategóriái a következők:

1. *Sötétszínű gyümölcsök*, pl. vörös szilva, cseresznye, rebarbara és cékla, melyek agresszívek és meg kell tartani színűket. Ezek lakkozott dobozokat igényelnek, leginkább 22,4 g/m² vagy nagyobb bevonati ónvastagsággal. Néhány további agresszív termék, mint *főzelékek* ecetben és alma- vagy

szőlőlé, valamint néhány halféleség húzott dobozokban szintén ezt a dobozminőséget igénylik.

2. *Levesek* és több olyan *hús- és főzelékterméle*, amely kénfoltosságot hoz létre vagy jól passziválí lemezt (16,8 vagy 22,4), vagy lakkozott lehérlemezt (5,6 vagy 11,2) igényelnek.

3. *Sör és alkoholmentes italok*, mélyhűtött italok és olyan termékek, amelyek tökéletes védelmet igényelnek az ón vagy vas oldásával szemben, különösen jó lakkozást igényelnek az oldalvarrat eltakarásával. Itt lehet kis ónbevonatú (5,6) lemezt felhasználni.

4. *Kevésbé színezett gyümölcs*, mint az ananász, gyümölcsízek, narancs, őszibarack, sárgabarack és sokféle főzelék, 22,4 g/m² bevonatú lemezdobozokban, esetleg 16,8 K lemezbe teljesen jól vannak eltéve. Ezek olyan termékek, amelyek színének és ízének megtartását a lakkozatlan doboz elősegíti. Újabban agresszív főzelékeket, mint pl. *parajt* és *zöldbabot* lakkozott dobozokban konzerválnak. A paradicsom és paradicsomos termékek annak ellenére, hogy színesek, lakkozatlan dobozokban is tartósan, kielégítően konzerválhatók. Újabban a nitrátos műtrágyafajták elterjedtebb alkalmazásával nagyobb ónmennyiség oldódott, ezért lakkozott dobozokat használnak.

5. *Tejet és tejtermékeket* rendesen egyszerű 16,8 m²-es dobozokban konzerválnak, részben azonban itt is lakkozott dobozokat használnak.

Ez az áttekintés csak általános tájékoztatásul szolgáljon az alkalmazandó ónvastagság adataira. A mezőgazdasági termékek korróziós hatásukban eredetük helye és időszaka, az érés és a konzerválási eljárások meg a raktározási körülmények, szállítási viszonyok és előírt raktározási idő tekintetében is eltérők.

A szükségletnek ez az áttekintése nem tartalmazza még a differenciálisan ónozott lemezek kiegészítő variációit és a lakkozott lemez felhasználását kisebb ónbevonattal, dobozfedelek és fenekek részére; ezeket a dobozok köpenyeihez viszonylag nagy ónbevonattal használják. A differenciálisan ónozott lemezeknél még ügyelni kell a továbbfeldolgozás és tárolás közben adódó külső rozsdásodás veszélyére. Néha aránylag vastag belső bevonatokat kombinálni lehet igen vékony külső bevonatokkal. Ha viszont belül lakkozott felület kívánatos és a megmunkálás, továbbá a raktározás külső rozsdásodással jár, akkor a lemez oldalait megfordítjuk és a vastagabban ónozott felületet vesszük külsőnek. A nem lakkozott köpenyek kombinációja lakkozott fenekekkel vagy fedelekkel sok előnnyel jár. Megengedi a csekély ónbevonatot a zárófelületeken és a kinyitott doboz felülete fényes.

A bevonat súlya sok esetben a legfontosabb kritérium és egyszerű a megrendelés és minősítés szempontjából, de nem elégíti ki az összes követelményeket. Először is azonos bevonatsúly mellett a réteg struktúrája és az acélalap minősége lényegesen megváltoztathatja a dobozok tartósságát. Másodszor sem a bevonat vastagsága, sem struktúrája — egyes speciális esetektől eltekintve — nincs összefüggésben az elszíneződési ellenállással, valamint a lakkok tapadásával és „nedvesedésével".

Gyakran támasztanak az acél összetételére bizonyos megkötéseket, különösen a félfémek és maradék szennyeződések tekintetében. Olyan kísérleteket is végeztek, hogy egyszerű ónozott lemezt különleges anyagok, mint pl. *citruslék* csomagolására kipróbáltak, hogy elérhető-e velük hosszabb raktározás. Míg e vizsgálatok hidrogén okozta leválással végződtek, kétségtelen, hogy a K-fokozatú ónozott lemezek tulajdonságai az így definiált raktározhatóságot meg tudják hosszabbítani [1, 2]. Ugyanakkor ezek nem feltétlenül csökkentik a kezdeti ónoldódást, vagy a lakkozott lemez tartósságát nem javítják, végül a rozsdásodással szemben sem teszik ellenállóbbá. Valószínűleg az ón-vas átmeneti réteg kiváló egyenletessége, mely szükséges az *ATC-Test* jó eredményéhez, a teljes bevonat jobb folytonosságát eredményezi, amiből jobb rozsdaállóság és csökkentett kezdeti önfeloldódás adódik.

Az a tulajdonság, amely feltétlenül hatással van a lakkozhatóságra, a foltosodási hajlamra és a helyi elváltozásokra, az ónozott lemez felületének a *passziválásos vegyi kezelése*. A szokványos eljárásokat két kategóriába lehet osztani:

1. katódkezelés nátriumbikromát oldatban, általában 311-es kezelésként ismeretes, amely 0,003 – 0,001 g/cm² krómtartalmú felületi réteget ad,

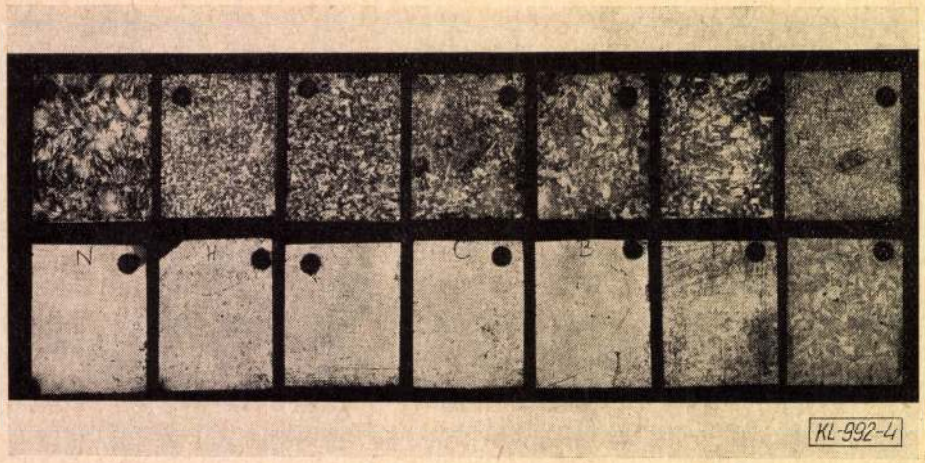
2. árammentes merítő és öblítő kezelés nátriumbikromátor (300) oldattal vagy krómsavval (100), amely 0,0002 g/cm³ felületi krómréteget ad.

Más kezelések is ismertek, többek közt elektrolitikus (katodikus vagy anodikus) passziválás és a két fő eljárásból sok variáció alakítható ki megfelelő eredményekkel. A katodikus eljárás változtatásával nemcsak a felületi króm teljes mennyiségét lehet változtatni, hanem a réteg minőségét is [3]. Sikerült kimutatni, hogy forró kausztikus NaO-val extrahálva a réteg két összetevőből áll, amelyből az egyik lehet fémes króm is. Az összes passziválási lehetőségek között az egyik figyelemre méltó hajlam a kénfoltosság elleni ellenállás növekedése [4] a passzivált film összkrómtartalmával *(4. ábra)*.

Külön előnyt jelent azonban mindenképpen, ha a „fémes króm" nagyobb hányadot képez [5]. A lakkozás nélkül kénfoltosságtól mentes ónozott lemez felülete 0,00075—0,001 g/cm² krómot tartalmazzon, ha jó eredményt akarunk elérni.

A felületi simaság mértéke az ónozott lemezdobozok kénfoltosodás nélküli felületének biztosításához ugyancsak hozzájárulhat. Amilyen védelmező lehet a passziváló film új lemezeken, ezek minőségét sokszor csökkentik a feldolgozási karcolások. Ezek, mint folytatólagos színes vonalak jelentkeznek a fényes ónfelületen, de maradhatnak majdnem láthatatlanok is, ha a felületet külön kezeléssel érdesítjük, amivel a vonalak folyamatossága felaprózódik.

A passziváló film karcolásos sérülései, vagy az oldalvarratok előállításánál komoly kihatások keletkezhetnek korrodálásra hajlamos töltőanyagoknál, melyek nem okoznak feltétlen kénfoltosságot. A jól passzivált felület nagy része teljesen fényes marad, de a karcoknál és más sérült helyeken az ónoldódás szembetűnő sötét vonalakat hagy hátra.



4. ábra. Borsó szulfidos foltosító hatásának kitett, passzivált ónozott lemezminták
A felső sorban a passzivált réteg krómtartalma balról jobbra, az alsóban jobbról balra növekedik

Az így keletkezett felület több panaszra ad okot a fogyasztók között, mint az általában megmaródott felület. Ezért előnyösebb az olyan termékeket, amelyek ilyen hatásokat okoznak, gyengébben passzivált (pl. 300 vagy 100), vagy passziválatlan lemezbe csomagolni. A leginkább ilyen igénybevételnek kitett termék a tej *(5. ábra)*.

A lakkozás hibái, akár a felület elégtelen „nedvesítése", akár az elégtelen tapadás, ugyancsak jelentékenyen befolyásolja a felületi minőséget. Az elégtelen „nedvesítés" összefüggésben áll a felületen levő felesleges olajréteggel, az olaj öregségével és a katodikus-anodikus passziváló kezeléssel [6]. Javított kenési eljárásokkal és stabil kenőanyagok alkalmazásával az olajozással összefüggő nehézségek kiküszöbölhetők. A katodikus-anodikus eljárást ma már nagyon ritkán alkalmazzák.

A tapadási hibák különféle formában léphetnek fel, a leggyakrabban mint repedések vagy helyi felületi leválások a dobozgyártás mechanikai műveletei közben és a korrózió hatására, mely a bevonat folytonossági hiányainál indul meg. Azok a felületi tulajdonságok, amelyek a tapadást rontják a következők:

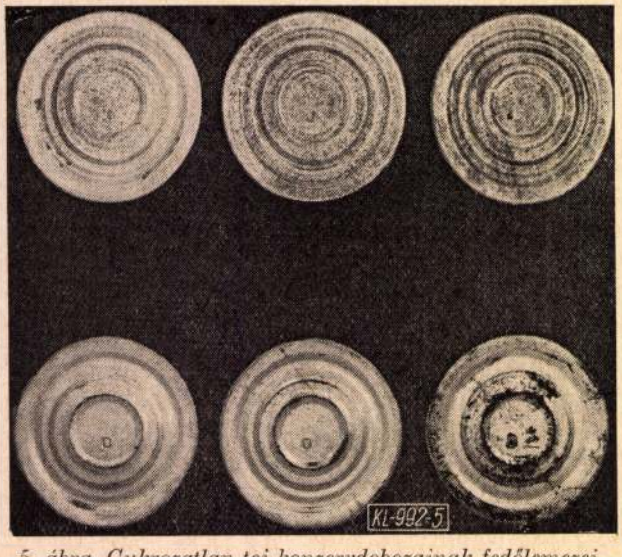
1. Vastag ónoxid hártya. Ez az új lemezen nem fordul elő, de keletkezhet nem passzivált vagy merülő passziválással kikészített ónozott lemezeken.

2. Nagy krómtartalmú passzivált rétegek, amelyek krómtartalma 0,0008 g/cm³-nél több. Az összefüggések nem világosak és valószínűleg sok függ a passziváló hártya előállítási körülményeitől [7].

3. Katodikus-anodikus passziválási kezelés. Ezek eredményessége kérdéses és éppen ez az egyik oka annak, hogy kevésbé alkalmazzák.

4. A felületi hártya megváltozása, 100 és 170 °C közötti kezeléskor. Ilyen előmelegítés előfordulhat, ha a lemez mindkét oldalát lakkozzák, vagy nyomtatják. Feltételezhető, hogy különféle ónoxidok képződése okozza [8], de lehet, hogy a változások sokkal bonyolultabbak és esetleg a film eredeti tulajdonságaitól függenek.

Ezek a megjegyzések csak az elektrolitikusan ónozott lemezre vonatkoztak, de nem tételezhető fel, hogy a tűzi ónozású lemeznek nincsenek lakkozási problémái. Az ilyennek nincs passzivált rétege és olajozása kevésbé tartható kézben. Ennek következtében nehézségek léphetnek fel felesleges olaj, fáradt olaj vagy ónoxid képződés miatt. A lakkfestés eljárásai főleg elektrolitikus lemezre vannak kidolgozva és nem mindig a legalkalmasabbak egyéb felületekhez.



5. ábra. Cukrozatlan tej konzervdobozainak fedőlemezei 1, 3 és 12 hónapos tárolás után

A különféle felületi állapotok, amelyek a lakkréteg tapadására hatnak, bizonyos mértékben függnek az alkalmazott lakkok mineműségétől is. Ha a lakkgyárak tudják, milyen felületre kell a lakk, sokszor a megfelelő minőséget tudják ajánlani. Az ilyen együttműködés eredménye sokszor attól függ, hogy a felületi állapot a raktározás alatt ne változzék. Kielégítő stabilitás érhető el azzal, ha közepes passziválást végezünk, 0,0004—0,0005 gl/cm² felületi krómtartalommal. Habár ez az eljárás az egyszerű ónozott lemeznek nem ad kellő ellenállást a kénfoltosodással szemben, mégis elegendő védelmet nyújt és általános alkalmazásra alkalmas.

Néha más tényezők is nehezítik a lakk tapadását. Sokszor előfordult, hogy ha a lemezt lakkozás után erősen alakítják, mint pl. dobozköpenyek forrasztási helyein vagy a koronadugók esetében, a szabad ónréteg elégtelen vastagsága okoz sérülést. A szabad ónréteget az alakítás alatt lényegesen megnyújtják, de nem szabad túlnyúj-

tani, hogy a lakk ne váljon le. Az ón felületi durvasága szintén okozhat csökkentett tapadást, de az irányított mattosításnak sokkal kisebb kihatásai vannak, mint a szabálytalan durvaságnak. Nem lehet azonban a durvaság egyenletességét előírni, csak különleges felületkikészítés eljárások teszik ezt lehetővé.

Az előállítás vagy raktározás idején keletkező külső rozsda nagyon függ az üzemi és a raktározási körülményektől. A lemez helyes kiválasztásával a látható elváltozások veszélyét csökkenteni lehet. A passziváló kezeléssel vagy olajozással a lemezt megvédhetjük a raktározás alatt, de ez a megmunkálás alatt veszíthet hatékonyságából. A legjobb védelem az összefüggő bevonat. Kialakítottak vizsgálati módszereket [9] a rozsdamentesség megállapítására, de ezeket ma még nem használják átvételi vizsgálatokra. Ezért jelenleg a legjobb a kellő rozsdavédelem elérésére a bevonatsúly felemelése, vagy ha az elvárható feltételek nagyon szigorúak, védőlakk réteg alkalmazása.

Már említettük előbb a jó forraszthatóság szükségességét. Ez erősen függ az ónvastagságtól, de különösen a szabad ónréteg mennyiségétől. Ha túl vastag átmeneti réteg képződött, akkor a kisebb bevonatokkal (5, 6 g) nehézségek léphetnek fel. E vékony bevonatokon előnyös lehet az utókezeléses felületvédelem és a legjobb, ha távoltarthatjuk az ónoxid képződés veszélyét. A passziválás kis mértéke, amely ezt biztosítja, a forraszthatóságra a jelek szerint nincsen káros hatással.

IRODALOM

[1] *Endle J.:* Bulletin INACOL, 1971, *22*, 543; British Corrosion Journal, 1972, *7*.
[2] *Hotchner S. J., Poole C. J.:* Comité International Permanent de la Conserve, Párizs p. 151.
[3] *Britton S. C., Hancox J. H.:* Sheet Metal Industries, 1965, *42*, 15.
[4] *Rocquet P., Aubrum P.:* Corrosion-Traitements-Protection, 1968, *16*, 229.
[5] *Rocquet P., Aubrun P.:* British Corrosion Journal, 1970, *5*, 193.
[6] *Helwing E. J.:* Metal Finishing 1970, *68*/11, 56.
[7] *Carter P. R.:* J. Electrochem. Soc. 1961, *108*, 782; *Carter P. R., Helwig E. J.:* Metal Finishing 1969, *67* (10), 55.
[8] *Aubrun P.:* Bulletin INACOL, 1970, *21* (7), 239.
[9] *Britton S. C., Michael D. G.:* Sheet Metal Industries, 1955, *32*, 576.

A kontakt-termofeszültség mérésének alkalmazási lehetőségei az anyagvizsgálatban

Dr. G. WAHN
Villamos Eszközök Központi Laboratóriuma, Karl-Marx-Stadt, NDK

DK: 620.179 : 620.18 : 669.9

A kontakt-termofeszültség mérésének lényege, a használatos elrendezések. Alkalmazása a roncsolásmentes válogatásnak, a hőkezelési állapot ellenőrzésének, az ötvözőelemek gyors meghatározásának, valamint az inhomogenitások és a rétegvastagság mérésének példáján. Sajátos vizsgálatok eredményei.

Bevezetés, irodalmi áttekintés

A kontakt-termofeszültség *G. V. Akimov* szerinti mérése [1, 2] a *Seebeck*-effektust használja ki, amikor egy, egyik oldalán fűtött elektródát vonatkoztatási alapként érintkezésbe hoz a tetszés szerinti alakú, vizsgálandó próbával. A termoelektromos, villamos, termikus, mechanikai és metallográfiai körülmények figyelembevételével lehetővé válik a fémes anyagok és a félvezetők makro- és mikroszerkezetének, állapotának vizsgálata. A módszer felbontóképessége az elektróda csúcsméretének választásával 1 μm-től néhány milliméter nagyságrendig változtatható [1—3]. Az eljárás előnye, hogy kis időigényű, egyszerű, és hogy olcsó eszközökkel megvalósítható. Alkalmazása teljesen roncsolás nélküli. Érthető tehát, hogy a kontakt-termofeszültség mérése az 1960-as évek óta gyorsuló ütemben terjed az anyagvizsgálatban. Míg 1939 és 1959 között kb. 20 publikáció jelent meg e tárgyban csupán, addig az ezzel kapcsolatos dolgozatok száma ma már több, mint hatvan. Az eddigi alkalmazási területek a következőkben összegezhetők:

1. Acélok és nemvas-fémek fajta szerinti *roncsolásmentes szétválogatása* [1,3—7]. E célból iparilag gyártják az ún. „Fémkomparátorok"-at. A csúcsméretet többnyire nagynak választják, hogy a vizsgálat megfelelően nagy területről adjon átlagos képet.

2. *Az anyag állapotának ellenőrzése* minőségellenőrzés vagy hibakeresés céljából. Eredmények állnak itt rendelkezésre a hőkezelés hatásával [3—5, 8—10], az alakítás hatásával [5, 9], az acélban levő inhomogenitásokkal és a dekarbonizáció val [11] kapcsolatban éppúgy, mint a két fémből álló rétegek kötési tulajdonságainak [12] meghatározására vonatkozóan, acél és részben nemvasfémek esetében.

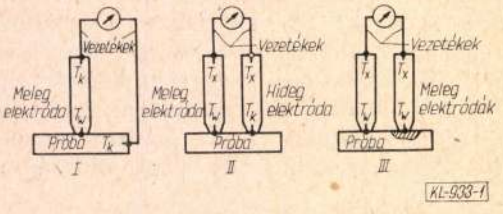
3. Az *egyes ötvözőelemek gyors meghatározása* vasanyagokban; pl. szilícium elemzése nyersvasban, ferroötvözetekben, dinamó-, transzformátor- és szerkezeti acélokban [3, 7, 13—17], valamint öntöttvasban [18—21]. Elemezték így a karbontartalmat nyersvasban, szénacélban és ferrokrómban [3, 8, 9, 15, 17, 22—27]. Olyan kísérleteket is végeztek, hogy koncentráció-út görbéket vegyenek fel acélok és vas esetében termokémiai felületkezelés után, pl. borálás [28], gázban vagy sófürdőben való cementálás [3, 8], gázban végzett és sófürdős karbonitridálás [3], vagy alitálás után [3, 7].

4. Mikrotermo-feszültség vagy mikrotermo-erő mérése a fémes anyagok egyes alkotórészeinek

mikroanalízise, inhomogenitások megállapítása, fázisazonosítások: vagy az alakítás, a hőkezelés és további ötvözőelemek hozzáadása hatásának megállapítása céljából [2, 28—33, 37]. Ebben az esetben a már *Akimov* [2] által is ajánlott módon egy mikrokeménységmérőhöz kapcsolják a mérést, biztosítva a metallográfiai és a termoelektromos kiértékelés együttes lehetőségét. Az elektróda 1—10 mikrométeres csúcsméretével $\pm 1\,\mu m$ találati biztonságot lehet elérni. Így sikerült a termoelektromos mérés egyes krisztallitokban kristályhatártól kristályhatárig [30—32]. A mikrotermo-feszültség felvilágosítást ad a szövetszerkezet egyes fázisainak fizikai—kémiai állapotáról, kiegészíti a lasszigkus metallográfiai vizsgáló eljárásokat, és ksegítséet jelent a fémtani problémák megoldásába n. Az eddignéliszélesebb körben kellene alkalmazni.

5. Acélokon és nemvas-fémeken levő *fémes rétegek vastagságának* roncsolásmentes meghatározása: nikkel acélon [4, 34—36], sárgarézen [34], előrezezett acélon [35]; előhorganyzott és előrezezett acélon kadmiumnak, réznek, és horganynak a vizsgálata [4, 34]. A rétegvastagság mérésének hibája ± 2 μm körül van. Nitridált és cementált acélok kéregvastagságát is mérték így roncsolás nélkül. A rétegvastagság termoelektromos mérésekor feltétel, hogy a bevonó- és alapanyag termikus és termoelektromos tulajdonságai különbözzenek egymástól. A hőmérsékletesés nyomán a rendszerben kialakuló termoelemek így sorba kapcsolódnak. Azonos anyagpárok esetében, azonos termikus feltételek mellett a kontakt-termofeszültség valóban függeni fog a rétegvastagságtól [35]. Határesetben, nagyon vékony rétegeknél, a réteg nem állapítható meg. Ha viszont a réteg nagyon vastag, az alapanyag nem hat a termofeszültségre. A vonatkozó elméleti alapokkal különböző szerzők foglalkoztak [34—36]. A *Szuvorov*-féle kompenzációs kapcsolással [36] az alapanyag hatását ki lehet küszöbölni. E módszert mindenekelőtt ferromágneses alapanyagon levő ferromágneses réteg vastagságának meghatározásakor javasolják, ha a mágneses és magnetoinduktiv eljárásoknak valamilyen akadálya van.

Említésre méltó, hogy félvezetőkön kontakt-termofeszültség mérésével a töltéshordozó polaritását gyorsan meghatározhatjuk [38]. Különösen érdekes ez a fizikai információ az egyes fázisok vezetési mechanizmusával kapcsolatban [37]. Ha vegyületfázisokat nehezen vagy egyáltalán nem tudunk tömör anyagként létrehozni, ezek az információk csak a termoerőnek a kontakt-termofeszültség mérése útján nyerhetők. Ilyen eredmény még nagyon kevés van [3, 37].



1. ábra. A kontakt-termofeszültség mérésének elrendezési lehetőségei

A *Seebeck*-hatás értelmében kontakt-termofeszültségen az egy rúdalakú ellenelektróda és a fémes próba között kialakuló feszültséget értjük, ha az ellenelektróda meleg végét érintkeztetjük a próbával *(1. ábra* I. elrendezés). A kontakt-termofeszültséget a próba és az ellenelektróda közötti relatív termoerő, valamint az érintkezés helyén fellépő eredő kontakt hőmérséklet és a próba hidegpontjának hőmérésklete közötti különbség határozza meg. Az elrendezést két ellenelektródával, egy hideg- és egy meleg ellenelektródával is használják, amelyeket egymás mellett, vagy egymással átellenesen helyeznek el (1. ábra II. elrendezés). Bizonyos vizsgálatokhoz, pl. a helyi inhomogenitások vagy két próba összehasonlítása esetében a kontakt-termofeszültség mérését differenciál-kapcsolásban célszerű elvégezni. Ilyenkor vagy két egyformára fűtött elektródát, vagy egy mindkét végén egyformán melegített elektródát használnak (1. ábra III. elrendezés). A módszer alapjait már korábban ismertették [2, 3, 5].

Az első három alkalmazással kapcsolatos lehetőségeket saját mérési eredményeink révén mutatjuk be.

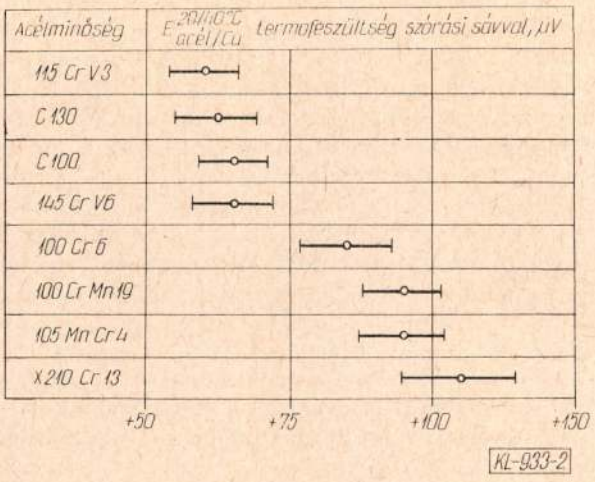
Kísérleti berendezésünk és a mérések végrehajtása

A kontakt-termofeszültséget *egy* ellenelektródával mérjük az I. elrendezés szerint. Egy körülbelül 20 μm csúcsátmérőjű wolfram-elektródát vagy egy gömbsüvegszerű érintkező felülettel rendelkező rézelektródát használtunk, amelyeket elektromosan fűteni lehetett. Az érintkezőszerkezet a mérleg elvén dolgozik [3]. A hidegpont hőmérséklete minden mérés esetében 20 °C volt, a wolframelektróda hőmérséklete 40 °C, a rézé pedig 70 °C volt a kontaktus létrehozása előtt. A kapcsolás szerint a próba mindig a pozitív, a vonatkozási elektróda mindig a galvanométer negatív pólusán volt. Ha a kontakt-termofeszültség negatív, akkor a próba termoelektromosan negatív a vonatkoztatási alapul szolgáló fémhez képest. A kontakt-termofeszültség számértékéül 30—50 mérés középértékét fogadjuk el. Az érintkezési idő 2—10 másodperc, 1 mérési pont időszükséglete kb. 1 perc. A használt kísérleti elrendezés 0,5 μV/fok termoerőkülönbségre még a szórás figyelembevételével is érzékeny.

Kísérleti eredmények és diszkusszió

Termoelektromos acélválogatás

A kontakt-termofeszültség mérését alkalmazni lehet acélok minőségenkénti szétválogatására, anyagkeveredések vizsgálatára. Az eljárás nem tesz azonban lehetővé valamilyen kémiai analízist, csak szétválasztást bizonyos acélcsoportok szerint. Jelentős előnye, hogy a vizsgálatot akár a teljesen kész gyártmányon, roncsolásmentesen el lehet végezni. A termoelektromos válogató eljárás, mint gyors módszer értelemszerűen kiegészíti a már ismert módszereket, bár a kémiai analízist semmiképpen nem helyettesíti. *Morgner* többek között megállapította, hogy termoelektromosan szétválaszthatók olyan acélok is, amelyeknél a mag-



2. ábra. Szállítási állapotú acélok kontakt-termofeszültsége a rézelektróda használatakor

netoinduktív módszer már felmondja a szolgálatot (például *C 15* és *9 S 20*, *C 20* és *9 S 25*, továbbá *16 Mn Cr 5* és *18 CrMnTi 5* acélok esetében). A magnetoinduktív eljárás főleg a karbonra érzékeny, a termoelektromos módszer a Si és Mn-tartalomra is. Acélműben való gyakorlati alkalmazáskor kiderült, hogy egyengetési feszültségek, hidegalakítás és a különböző lehűlési körülmények, nem játszanak akkora szerepet, mint a magnetoinduktív eljárás esetében.

A gyakorlat számára kézi berendezés alkalmazása látszik előnyösnek, amely termoszondaként, hordozható mérőhellyel van ellátva. Megállapítottuk, hogy a kézzel működtetett érintkező nem okoz túl nagy szórást a termofeszültségben, azaz hogy a szétválasztást kellő megbízhatósággal lehet elvégezni. A *2. ábra* szemléleteti néhány ötvözetlen acél termoelektromos szétválaszthatóságát. Itt általában a következő lépcsőzést alkalmazhatjuk:

1. Jól szétválaszthatók az acélok, ha a szórásmezők nem fedik egymást (például C 100 és 100 Cr 6).

2. Feltételesen szétválaszthatók az acélok, ha a szórásmezők átlapolódnak, de a középértékek különböznek (100 Cr 6 és 100 CrMn 19). A mért értékek gyakorisági kiértékelésével a feltételes szétválaszthatóságot javítani lehet.

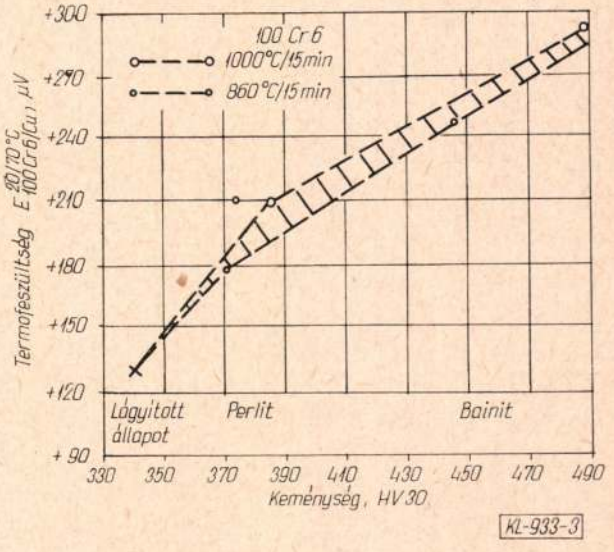
3. Nem választhatók szét az acélok, ha a középértékek egyenlők, és a szórásmezők messzemenően fedik egymást (C 100 és 145 CrV 6).

A termoelektromos szétválaszthatóság további lehetőségére vannak irodalmi utalások [3]. A módszer bevezetése előtt azonban szükséges, hogy azoknak az acéloknak kémiai összetételbeli ingadozásait, amelyeket szortírozni kell, a kontakttermofeszültség méréséhez táblázatokban összefoglaljuk. Így megfelelő kísérletek során kitűnt, hogy az átlapolódó szórásmezők miatt a nagy ötvözőtartalmú krómacélok (X 10 Cr 13 X 20 Cr 13 és X 40 Cr 13) egymástól termoelektromosan nem választhatók szét, de mint acélcsoport az X 210 Cr 12-től minden további nélkül. Itt válik jelentőssé az, hogy a karbontartalom ötvözőkhöz hogyan kötődik, s hogy milyen az acél hőkezelési állapota. Egy acél termoelektromos szórásmezeje annál szélesebb, minél heterogénebb a szerkezete, ha a jelenlevő fázisok termoelektromos szempontból nagyon különbözőek. Olyen hőkezelések, mint az edzés, nemesítés vagy megeresztés a termoelektromos szétválasztás körülményeit a lágyítás vagy normalizálás utáni állapothoz képest teljesen megváltoztathatják. A termoelektromos acélszétválasztás értelemszerűen szériavizsgálatok esetében alkalmazható, ha egyes tényezők, mint a kémiai összetétel és a szövetszerkezet lényegesen nem változnak és ha ezek a változások körülbelül ismertek. Különböző szerkezeti acélok osztályozásánál a kvalitatív szétválasztás a gyakorisági analízis segítségével még korlátozott szétválaszthatóság esetében is lehetséges. Az egyes acéltípusokat azonban csak ismert kémiai összetételű összehasonlító próbák felhasználásával lehet azonosítani.

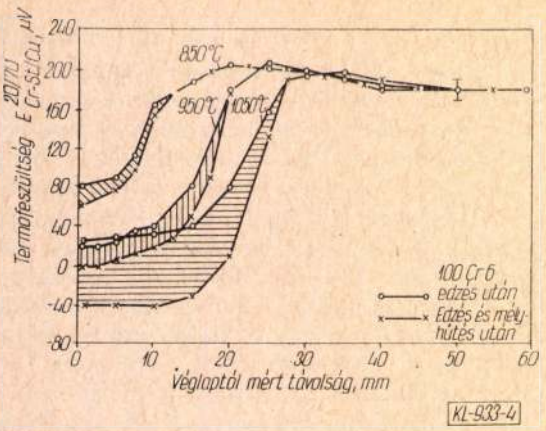
Termoelektromos minőségellenőrzés

Az acélok termoelektromos minőségellenőrzése a makro- és mikrodúsulásokon kívül többek között a kezelési állapot ellenőrzésével foglalkozik. Míg az alakításnak csak viszonylag kis hatása van az acélok termoelektromos tulajdonságaira, a hőkezelés igen erős hatású. Így már *Weller* és *Hanysz* is utalt a helyi hőkezelési hibák, például a lágyfoltosság termoelektromos ellenőrzésére [4]. *Morgner* és *Weindler* [5] a megeresztés körülményeinek hatását figyelte meg. Ebből eredt *Morgen*-nek az a gondolata, hogy termoelektromos módszerrel roncsolásmentesen mérhető a keménység és vizsgálható a szövetszerkezet.

A *3. ábra* 100 Cr 6 acél esetében mutatja a termofeszültség és a mikrokeménység közötti kapcsolatot. Eszerint a kontakt-termofeszültség érzékenyen reagál a különböző szövetszerkezeti állapotokra és ezzel a keménységre. A lágyítottól a normalizálton át, egészen a bainites szövetszerkezetig a 100

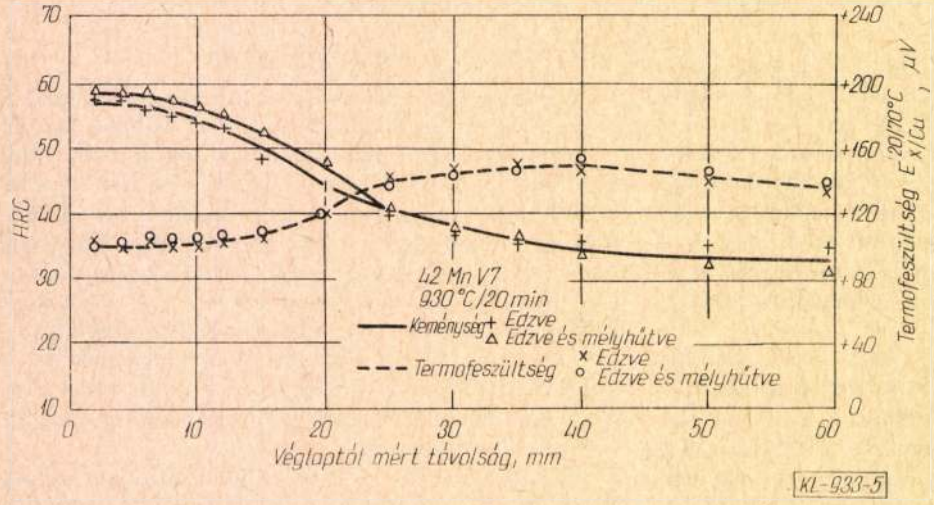


3. ábra. A 100 Cr 6 szabványos acélminőség kontakt-termofeszültsége a szövetszerkezet, ill. a keménység függvényében

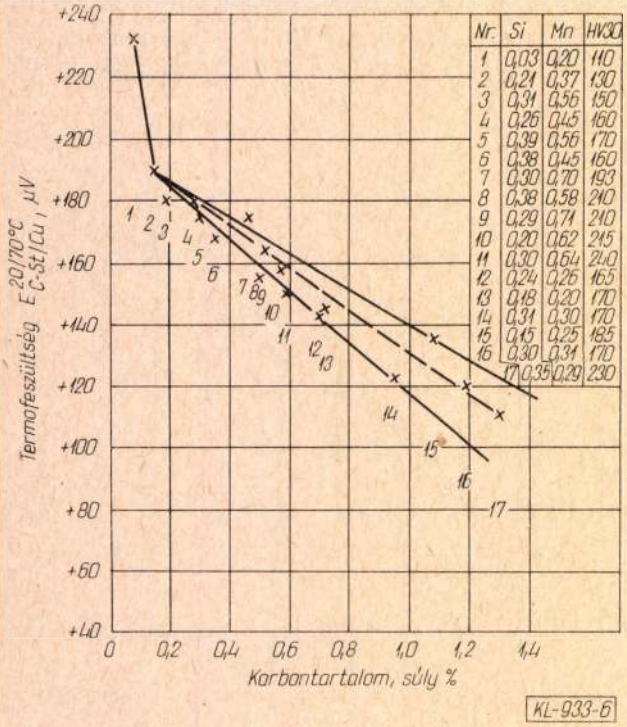


4. ábra. Jominy-próbák kontakt-termofeszültsége különböző edzési hőmérséklet esetében, edzés és mélyhűtés után (100 Cr 6)

Cr 6-acél termoelektromosan egyre inkább pozitív. Itt a ferritben oldott króm játszik szerepet. Ezzel szemben a 100 Cr 6-acél növekvő edzési hőmérséklettel termoelektromosan negatívabb lesz. A *4. ábrán* jól látszik, hogy a szóbanforgó acél Jominy-próbáján, edzés után, kis véglaptávolságoknál kicsiny a kontakt-termofeszültség. Ha az edzést mélyhűtés követi, a próbán mérhető termofeszültség növekszik. A jelenség a maradék austenit edzés utáni mennyiségével, a mélyhűtés hatására végbemenő austenit → martensit-átalakulással függ össze [3, 9]. A maradék austenit termoelektromosan negatívabb, mint a martensit. A kontakt-termofeszültség mérésével a maradék austenit így érzékenyen kimutatható. A véglaptól nagyobb távolságban levő relatív maximum a bainites szövettel függ össze (4. ábra).



5. ábra. A 42 MnV 7 acél-minőség kontakt-termofeszültsége a véglaptól mért távolság függvényében



6. ábra. Szénacélok kontakt-termofeszültsége szállítási állapotban, rézelektródával szemben

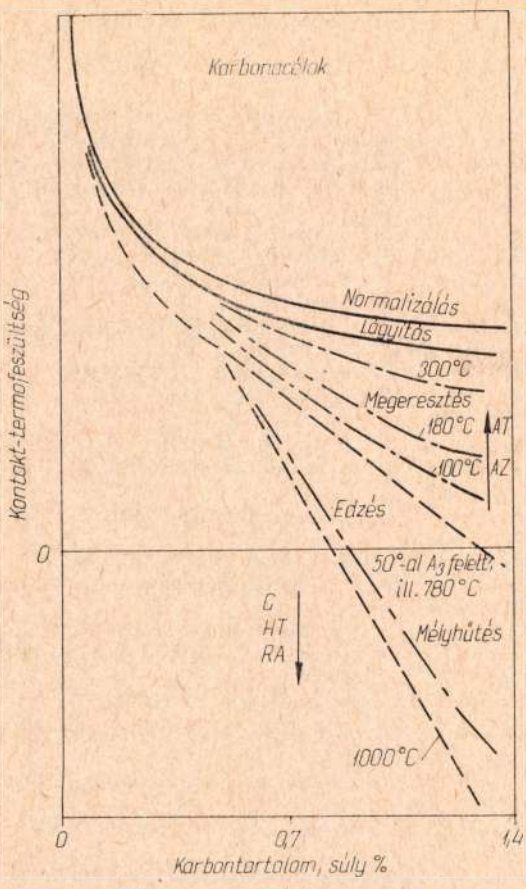
A keménységgel ellentétben a termofeszültség erősen függ az edzést megelőző austenitesítés részleteitől, az edzett szerkezet fizikai-kémiai tulajdonságaitól [3, 9]. Ez az oka, hogy a maradék austenitet a gyakorlatban nehéz kvantitatíven meghatározni; a maradék austenitben levő karbon és az egyéb ötvözők ugyanúgy hatnak a termofeszültségre, mint az austenit mennyisége.

A Jominy-görbék termoelektromos felvételének egy további példáját mutatja az *5. ábra* a 42 MnV 7 acélra vonatkozóan. Ezen a maradék austenitre nézve elértük a termoelektromos érzékenység felső határát.

A kontakt-termofeszültség mérését saját vizsgálataink alapján [3, 9] a hőkezelési technológia betartásának roncsolásmentes ellenőrzésére lehet alkalmazni szénacélok, kis és nagy ötvözőtartalmú acélok esetében. Mindig megfelelő előkísérleteket kell azonban végezni, mivel különböző tényezők azonos értelmű hatásokat okozhatnak. Alkatrészek gyors ellenőrzésére nagy darabszámok esetében alkalmazható előnyösen.

Termoelektromos koncentrációmeghatározás

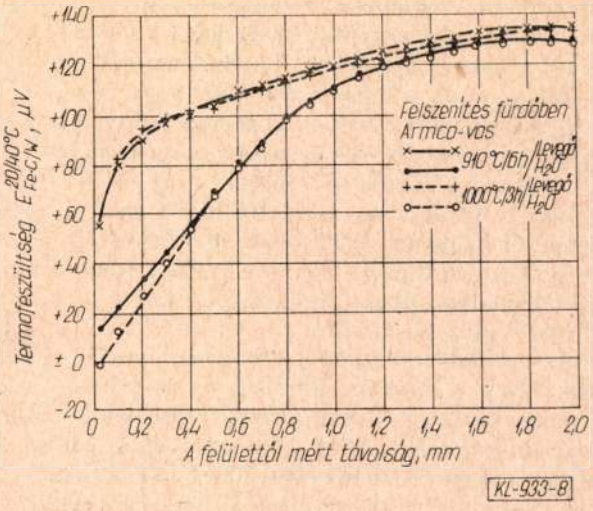
Bizonyos körülmények között egy ötvözőelem koncentrációját acélban a kontakt-termofeszült-



7. ábra. Szénacélok kontakt-termofeszültségének változása a karbontartalom és a hőkezelési állapot szerint (elvi vázlat)

AT — megeresztési hőmérséklet, *AZ* — megeresztési idő, *C* — karbontartalom, *RA* — az edzett szövet maradék austenittartalma

ség mérésével meg lehet határozni. Ez indirekt mérés, tehát hitelesítő görbéket, vagy összehasonlító próbákat kell alkalmazni. Előre kell bocsátanunk, hogy az abszolút termoerő nem az abszolút, hanem a relatív ötvözőfémtartalomról tájékoztat. Többféle ötvözőelem eredő hatása nem additív. Szilárd oldatokban csak nagyon kis ötvözőfémkoncentráció esetén lehet közelítőleg lineáris kontakt-termofeszültségváltozással számolni. Nagyobb ötvöző-tartalmakról a termoelektromos érzékenység függ a koncentrációtól. A *Norbury-Linde*-szabály vasra, mint alapfémre, csak feltételesen érvényes [7]. A szövetszerkezeti állapotot és a további ötvözőelemek jelenlétét a koncentráció termoelektromos meghatározásánál tekintetbe kell venni. — A *6. ábrá*ban karbonacélok termofeszültsége látható szállítási állapotban, a karbontartalom függvényében. Körülbelül 0,2%-tartalomig a termoelektromos érzékenység nagy, majd azután csökken. Az ábra szórásmezeje megmutatja, hogy nagyobb hibával kell számolni, ha a kísérő elemek összege nem állandó. A szilíciumnak különleges szerepe van, mivel a termofeszültségre gyakorolt hatása tekintetében körülbelül 0,05 súlyszázalék szilícium 0,1 súlyszázalék cementitként megkötött karbonnak felel meg. A szórásra való tekintettel a karbonacélok esetében lágyított, vagy normalizált állapotban, és a kísérőelemek különböző



8. ábra. Armco-vas termofeszültségének alakulása fürdőben való cementálás után

mennyisége mellett ±0,1-től ±0,2% C hibával kell számolni, ha a szilíciumtartalom +0,1%-ot ingadozik. A foszfor hasonlóan nagy hatású, mint a szilícium, de olyan kis mennyiségekben, mint ahogy az acélokban található ingadozása nem hat ki a termofeszültségre. A mangán hatása a szén hatásával egyenértékű.

Az acél karbontartalmának termoelektromos meghatározása lényegesen pontosabb, ha edzett próbákat vizsgálunk. A *7. ábra* különböző hőkezelési állapotokban levő karbonacélok termofeszültségét szemlélteti. Edzés által a termoelektromos érzékenység nagyobb lesz. A termofeszültség 0,4—1,3% C-ig lineárisan függ a koncentrációtól. Az érintkezési helyek hőmérséklete 40, illetve 70 °C volt. Növekvő karbontartalom, nagyobb maradék austenitmennyiség és növekvő edzési hőmérséklet a termofeszültség-görbék negatív irányba való eltolódását okozza, egyre növekvő különbséggel a lágyított, vagy normalizált állapothoz képest. A megeresztési hőmérséklet és időtartam növelése a görbéket a lágyított állapot felé tolja. Ezek a befolyásoló tényezők a termoelektromos karbonmeghatározást illetően az alábbiakra engednek következtetni:

1. A karbonmeghatározást edzett próbákon célszerű végezni, mivel a módszer érzékenysége ebben az esetben háromszorosa a lágyított állapotban való mérésnek. Ilyenkor a hőmérséklettől függően lineáris az összefüggés a karbontartalommal, széles koncentrációs tartományban.

2. Az austenitesítési és edzési körülményeknek mindig azonosnak kell lennie, különben más hatások a karbon meghatározását meghamisítják.

3. Az edzés és a termofeszültségmérés között nem szabad hosszú időnek eltelnie, mivel a darab termofeszültsége már szobahőmérsékletű hevertetés hatására is megváltozhat.

4. A szénacél kísérőelemeinek összege csak szűk határok között ingadozhat. A szilícium hatása háttérbe szorul, mivel az edzett szerkezetben a karbon hatása nagyobb, mint a szilíciumé.

5. Edzés után a karbonmeghatározás hibája ±0,05 és ±0,10 százalék között van. Ajánlatos

1000 °C-on austenitesíteni, hogy az optimális érzékenységet kihasználjuk, és sós jeges vízben edzeni, hogy a maradék austenit hatását mérsékeljük.

Más szerzők is felismerték már, hogy edzett próbák alkalmazása esetén a termoelektromos karbonmeghatározás érzékenysége növekszik [8, 15, 17, 22, 27]. Az abszolút hibát ±0,01—±0,025% C között adták meg; a relatív hibát az acél összetételétől függően ±2%-ban. Megfigyelték 150—200 °C-os érintkezési helyek esetében, hogy a kontakt-termofeszültség 0,1—1,2% karbon között változik [15, 17, 25, 26].

Az említett eredmények alapján felmerül a kérdés, hogy a gázban, illetőleg a sófürdőben való cementálás után felvett görbék termoelektromosan reprodukálhatók-e. A *8. ábra* egy példát mutat és bizonyítja ezt a lehetőséget. Megfelelő összehasonlító vizsgálatok bebizonyították, hogy a cementált réteg vastagsága ±0,1 mm pontossággal mérhető, és a görbe karakterisztikája hasonló a mikrokeménységméréssel meghatározott görbéhez. A próba lehűtésének hatása ebben az esetben is nagy és figyelembe veendő. Hitelesítő görbék birtokában a termofeszültségből a karbontartalom a széltől mért távolság függvényében meghatározható. A vizsgálat lényegesen kevesebb időt igényel, mint a mikrokeménység mérése, vagy a kémiai, illetve a spektrokémiai analízis. Másrészt a dekarbonizáció is hamar felismerhető. Az első teszt-vizsgálatok megmutatták [3], hogy a koncentráció-út görbék meghatározását javítani lehet, ha az eredményt egy kompenzográffal azonnal rögzítjük. Folyamatos érintkezés esetében, és megfelelően szinkronizált próbamozgatáskor a cementált kéregben a karboneloszlás felrajzolható. Eközben valamivel nagyobb szórás adódik, mint a pontonkénti vizsgálatkor.

A rendelkezésre álló eredmények alapján megállapítható, hogy a kontakt-termofeszültség mérése más anyagvizsgáló eljárásokat egészít ki, és részben helyettesíthet ott, ahol a fizikai-kémiai információt kiszélesíti.

IRODALOM

[1] *Akimov, G. V., Persner, L. E.:* Zavods. Labor (1939) 1273.
[2] *Akimov, G. V.:* Doklad. Akad. Nauk SSSR LI (1946) 205—207.
[3] *Wahn, G.:* Thermoelektrische Gefügeanalyse und Konzentrationsbestimmung in Stählen. Műszak doktori értekezés. Fakultät für Technologie der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt. 1967.
[4] *Weller, E. F., Hanysz, E. A.:* The Iron Age (1954) 162—165.
[5] *Weindler, B.:* Härterei-Techn. Mitt. B 7 (1961) 25—31.
[6] *Denel, A. K.:* Laboratoria defektoskopii metallov. Izdatestvo metallurgia, Moszkva (1964) 104.
[7] *Wahn, G.:* Feingerätetechnik *18* (1969) 63—68.
[8] *Scheuble, W., Wiest, P.:* Härterei-Techn. Mitt. *14* (1959) 14—23.
[9] *Wahn, G.:* ASUG-Mitt. *5* (1968) 148—155.
[10] *Wahn, G.:* Neue Hütte *13* (1968) 615—620.
[11] *Archipova, A. V., Kudelkin, V. P.* stb.: Zavods Lab. *32* (1966) 719—720.
[12] *Suvorov, L. M.:* Defektoskopija metallov, Oborongis, Moszkva 1959, 192. old.
[13] *Korz, P. D.:* Zavods. Labor. *11* (1945) 4.
[14] *Fenzke, H.-W., Hesse, E.:* Neue Hütte *7* (1962) 752—759.
[15] *Fenzke, H.-W., Hesse, E.:* Hutnik (1964) 324—328.
[16] *Galickij, J. P.* és mások: Stal in deutsch *4* (1964) 626—627.
[17] *Fenzke, H.-W., Hesse, E.:* Neue Hütte *11* (1966) 491—495.
[18] *Egen, H. W.:* Giesserei *49* (1962) 849—855.
[19] *Emerson, P. J.:* British Foudryman *58* (1965) 137—143.
[20] *Oostenrijk, W. van:* Fond. Belge *35* (1965) 109—117.
[21] *Wahn, G., Stankovic, D.:* Tehnika, Beograd *19* (1968) 2074—2078.
[22] *Korz, P. D.:* Zavods. Labor. *17* (1951) 10.
[23] *Juferov, V. M., Kuznecov, M. P.* és mások: Zavods. Labor. *22* (1956) 4.
[24] *Gaslik, M. J., Emlin, B. J.:* Zavods. Labor. *24* (1958) 1218—1219.
[25] *Korz, P. D., Ersova, A. P.:* Zavods. Labor. *24* (1958) 41—43.
[26] *Korz, P. D.:* Zavods. Labor. *27* (1961) 996—998.
[27] *Prichodko, N. M.:* Litejnoe Proisvodstvo (1961) 37.
[28] *Pancenko, E. V., Strug, E. M.:* Härterei-Techn. Mitt. *17* (1962) 142—143.
[29] *Strug, E. M., Pancenko, E. V.:* Naucn. doklad. vys. skoly metallurgija (1959) 252—255.
[30] *Pancenko, E. V., Strug, E. M.:* Naunen. doklad. vys. skoly metallurgija (1960) 157—159.
[31] *Glazov, V. M., Krestovnikov, A. N.:* Zavods. Labor, *27* (1961) 416—419.
[32] *Pancenko, E. V.* stb.: Izv. vuz. cernaja metallurgija (1964) 155—157.
[33] *Strug, E. M., Pancenko, E. V.:* Izv. vuz cernaja metallurgija *8* (1965) 110—111.
[34] *Bailey, G. L. J., Heath, A. R.:* BNF Review *6* (1954) 10.
[35] *Reynolds, P. M.:* J. of scientific Instr. *38* (1961) 313—317.
[36] *Suvorov, L. M.:* Zavods. Labor. *30* (1964) 959.
[37] *Novogrudskij, F. N., Fakidov, J. G.:* Fizika metall, metalloved. 7 (1959) 903—905.
[38] *Frank, H., Snejdar, V.:* Halbleiterbauelemente, Physik und Technik der Halbleiterwerkstoffe, Akad. Verlag Berlin 1964 Bd. 1, 328—329.

Felhívjuk tagjaink figyelmét, hogy Egyesületünk Titkársága és Szerkesztőségünk február hó végén a VI., Anker köz 1. I. 101. alá költözött.

Beszámoló külföldi konferenciákról

A direkt redukcióval foglalkozó konferencia

Az ENSZ Európai Gazdasági Bizottságának Acél Albizottsága szeptember 18—23 között Bukarestben „A vasérc direkt redukciójának műszaki és gazdasági szempontjai" címmel konferenciát rendezett, amelyen a Magyar Népköztársaságot *Dr. Visnyovszky László, Holló Tiborné, Dr. Farkas Ottó, Komár László* és *Illyés János* képviselte.

A vasérc direkt redukciójának műszaki és gazdasági szempontjaival foglalkozó konferencián 33 országból több mint 300 szakember vett részt, a vitában 142 felszólaló szerepelt.

Az elnöki és alelnöki tisztet *D. Nita* (Románia) és *A. T. Barnaba* (Olaszország) látták el.

A konferencia megnyitó ülésén a résztvevőkhöz szólt *N. Agachi*, a Román Szocialista Köztársaság kohászati minisztere, aki hangsúlyozta a nemzetközi konferenciák fontosságát a műszaki és gazdasági tapasztalatcserékre. Áttekintette a román vas- és acélipar fejlődését, körvonalazta a jövőben várható változásokat és tervezett javításokat és kifejezte a román kohászok nagy érdeklődését a direkt redukció fejlődése iránt. A résztvevőket ezután üdvözölte *D. Joita*, Bukarest helyettes polgármestere, valamint *E. Conrot* (Luxemburg), az Európai Gazdasági Bizottság Acélbizottságának elnöke. A titkárság nevében az Európai Gazdasági Bizottság végrehajtó titkára, *J. Stanovnik* adta át üdvözletét.

A direkt redukció különféle műszaki és gazdasági szempontjait három ülésen tárgyalták.

I. ülés témája: „A direkt redukciós eljárások tudományos és gazdasági szempontjai"

Vitavezetők voltak: *J. Astier* (Franciaország), *K. Meyer* (NSZK), *B. Trentini* (Franciaország)

II. ülés témája: „A direkt redukció nyersanyag- és energiahelyzete"

Vitavezetők voltak: *J. W. Shea* (USA), *H. A. Jansen* (USA)

III. ülés témája: „A direkt redukció helyzete a vas- és acélgyártásban"

Vitavezetők voltak: *A. T. Barnaba* (Olaszország), *I. Tripsa* (Románia)

A konferencia főbb megállapításai a következők voltak:

Minden vas- és acélgyártó folyamat legfontosabb elemei közé tartozik a nyersanyag és energia; ezek készletei és árai elsőrendű fontosságúak. Ezeket a tényezőket viszont befolyásolja a világ acélfogyasztásának és acélgyártásának gyors növekedése. A világ lakossága a század eleje óta kb. megkétszereződött, az acélfogyasztás viszont 16-szorosára emelkedett. A gyors növekedés folyamán az ipar szerkezete, földrajzi eloszlása és technológiája nagymértékben változott. Egyik legújabb változás a vasérc direkt redukciójával kapcsolatos.

A konferencia hasznos keretet szolgáltatott a direkt redukciós eljárások fejlődési szintjének áttekintéséhez, a különböző országokban és helyeken gyűjtött tapasztalatok cseréjéhez, különböző nyersanyag- és energiabevétel, valamint különböző minőségű végtermék esetére.

A konferencia I. részében vizsgált eljárások közül több már üzemi termelést végez, ezek főleg az aknáskemencés gázredukciós eljárások, szakaszos, vagy folyamatos üzemmódban. A konferencia rámutatott arra, hogy nagy erőfeszítéseket tesznek a fluidizációs gázredukciós eljárások ipari szintű felfejlesztésére, valamint a forgókemencés, szenet, vagy gázt, vagy szénhidrogéneket használó eljárások felfejlesztésére.

A konferencia folyamán elég nagy pontossággal össze lehetett hasonlítani az energia mérlegeket az alábbi technológiákra vonatkozólag:

1. az ún. *klasszikus technológia* (nyersvasgyártás kohóban, esetleg előredukált kohóeleggyel, oxigénes acélgyártás);

2. az előredukált anyag *közvetlen adagolása* az ívkemencébe.

A kétféle technológia összes energiafogyasztása hasonló, de a szilárd, folyékony és gázalakú fűtőanyagok arányai erősen változnak.

A direkt redukció során használható energiaforrások közül a jövőben fontos lehet a nagyhőmérsékletű atomreaktorok hője; ez logikusan felhasználható lenne redukáló gáz és villamos áram fejlesztésére.

A konferencián áttekintették az előredukált anyagok különböző felhasználásait; legfontosabbnak bizonyult az ívkemencében való olvasztás. A folyamatos adagolás előnyeit bebizonyították, alkalmazása gyorsan terjed.

A nagyolvasztóban az előredukált anyag felhasználása kevésbé terjedt el. Ezt a problémát azonban nagyon behatóan vizsgálták kísérleti kohókban és kis kapacitású kohókban. Az elektromos nyersvasgyártó kemencék betétjének előredukálása is előnyös, ezt az eljárást néhány vas- és acélmű már bevezette.

Az előadások élénk vitákat váltottak ki, nemcsak a direkt redukcióval, hanem a jövőben acélgyártásra alkalmazandó technológiákkal kapcsolatban is.

A konferencia egyik fontos sajátsága az volt, hogy üzemi méretekben működő direkt redukciós üzemekről nyújtott információt. Ezáltal a laboratóriumi és kísérleti üzemi munkából származó elméletibb jellegű adatokat össze lehetett hasonlítani a tényleges üzemi tapasztalatokkal. Mint minden más technológiai újításnál, a kísérleti üzemből a termelő üzemre való áttérés még problémákkal jár, azonban növekszik azon gazdaságosan működő berendezések száma, amelyek mind a helyi viszonyokhoz alkalmazkodtak (földgáz, fűtőolaj, jóminőségű vasérc előfordulása, kokszolható szén, koksz és ócskavas helyett; fajlagos beruházási költségek; gyártandó acéltermékek típusa; termelési volumen és piac méretei közti összefüggés).

A konferencia ötödik napján a résztvevők a Galatz-i Vaskohászati Kombinátot nézték meg. Az üzemlátogatásban a nagyolvasztómű, acélmű és hengerművek rövid időre korlátozott megtekintése szerepelt.

A műben 3 db 1700 m³-es, 1,4 atm toroknyomású nagyolvasztóban termelik a nyersvasat, amit 2 db 1200 t keverő közbeiktatásával 2 db 130—150 t LD konverterben dolgoznak fel. A leöntött acél-tuskókat végső termékként melegen durvalemezzé, illetve 1,5—12 mm vastag széles szalaggá, és 0,1—3 mm hidegen hengerelt lemezzé és szalaggá dolgozzák fel.

A nagyolvasztókat kb. 80%-ban előkészített eleggyel látják el, amit 2 db 156 m² szívófelületű zsugorító szalagon állítanak elő.

Az új kohászati kombinát berendezéseit és gépeit a nagyolvasztók kivételével nyugati cégek szállították. Teljes kiépítését 1975-re tervezik, amikor az évi acéltermelés eléri a 6 millió tonnát.

A konferencia utolsó napján *Adamsom, Tripsa, Jansen, Astier* és *Nita* urak összefoglalták a végzett munkát és a román hatóságoknak egyhangúan köszönetet mondtak a Bukarestben megtartott konferencia és a galatzi vas- és acélmű látogatásának megszervezéséért, az ülések jó lebonyolításáért és a vendéglátásért.

Illyés János

A nyugatnémet vaskohászegyesület 1972. évi közgyűlése

A nyugatnémet Vaskohászati Egyesület (VDEh) 1972. évi konferenciáját november hó 9-én és 10-én tartotta meg Düsseldorfban.

A konferenciát megelőző napon, november 7-én — a kialakult szokásoknak megfelelően — a VDEh székházában ülést tartottak a metallurgus egyesületek vezetői részére. Az ülés napirendjének első pontjaként *A., Post*, az ISI titkára adott tájékoztatást a vas-, acél- és fémekkel kapcsolatos műszaki-tudományos, nemzetközi konferenciák szervezésének helyzetéről az elkövetkező négy-öt évre.

Az ülés második témája az 1974. május 23—31 között Düsseldorfban megrendezésre kerülő nemzetközi vaskohászati kongresszus előkészítésének helyzete volt. Harmadik pontként a „környezetvédelem az acéliparban" problémakörben tájékozódhattunk arról, hogy az IISI 1974-ben környezetvédelmi szemináriumot rendez Tokióban. Düsseldorfban pedig 1973. augusztus 24—31

között bonyolítják le a 3. nemzetközi környezetvédelmi kongresszust.

Az ülés negyedik pontjaként az angol metallurgusképzés és továbbképzés rendszerét ismertették.

Befejezésül a tizenhét tudós részvételével működő „Római Klub"-nak az emberiség jövőjéről készített jelentésének, a „Növekedés határai" c. érdekes, de talán kissé pesszimisztikus munkának összefoglalására került sor.

A „Vaskohászati Konferencia" hat szekcióban tartotta üléseit, a metallurgia, a hengerművi berendezések, az energiagazdálkodás, a vas- és acéliparról a középiskolák számára összeállított korszerű oktatási segédlet, az üzemgazdaság és az anyagkutatás tárgyköreibe tartozó előadásokat, ismertetéseket és a kapcsolódó vitákat hallhatták a résztvevők.

A sok érdekes előadás közül kiemelhető a metallurgiai szekcióban *Dr. Pantke* tájékoztatása a napi 500 t kapacitású Purofer-pelletelőállító mű üzemi tapasztalatairól.

A 96%-os redukciós fokkal, 89—95% összes vastartalommal előállított produktum 3,2 Gcal/t Fe hőfelhasználást igényel. A pellet mellett melegen sajtolt briketteket gyártására is végeztek kísérleteket a reoxidáció megelőzése és az acélgyártáshoz a hagyományos adagolási mód biztosítása érdekében.

Kidolgozták az 1000 t/nap kapacitású üzem terveit is. Ennek a berendezésnek a beruházási költsége az NSZK körülményeire 140 DM/1 év t Fe, azaz kb. 46 millió DM. Az előadást követő egyik hozzászólás a Korf Hamburg-i, Midrex-eljáráson alapuló fémesített ércgyártásának tapasztalatait összegezte. A berendezés 400 et/év kapacitású, 3,3 Gcal/t Fe hőfelhasználással dolgozik.

Egy másik hozzászólás a pelletelőállítás önköltségének alakulását taglalta. 300 et/év, vagy ennél nagyobb kapacitású berendezés esetében 150 DM/t Fe-nél kisebb szint biztosítható, ami az ócskavas árával versenyképes.

Jól sikerült színes filmet mutattak be a japán Daido cég 70 t-s, 45 MVA-s transzformátorral dolgozó ívkemencéjében végrehajtott fémesített érc-felhasználási kísérletekről.

A fémesített ércnek az ívkemencében felhasználásának lehetséges technológiáit tekintette át az irodalom alapján *K. Meyer* és *G. Post*. A folyamatos öntés jelenlegi helyzetéről adott képet *K. H. Bauer*, ismertetve az NSZK-ban működő 21 folyamatos öntőmű jellegzetességeit és a gyártási profilt.

Az anyagkutatással foglalkozó szekcióban *W. Neuhaus* a nyomásnak kitett tartályok kiviteli módjáról és az alkalmazott acéltípusokról, *W. Dahl* professzor pedig a nyomásnak kitett tartályok acélanyagainak hegeszthetősége, ridegtörési hajlama, a vizsgálati eredmények és az üzemi tapasztalatok közti összefüggés területén nyert tapasztalatokról adott tájékoztatást.

A záróülésen *H. L. Riemer*, gazdasági miniszter üdvözölte a konferenciát, majd *F. V. Schmithals* az acél tovább feldolgozó (hideg- és melegalakítás, forgáccsal és anélkül történő alakítás, hőkezelés stb.) ipar fejlődési irányairól tartott előadást.

Az utolsó 20 év alatt ezeken a területeken 250—400%-kal nőt a berendezések munkatempója.

A már hagyományossá vált, a szakmán kívül eső területről választott előadás keretében *H. Stieve* professzor „Fénymérő műszerünk: a szem" címmel ismertette a legkorszerűbb kutatások eredményeit ezzel a fontos és igen összetett működésű szervünkkel kapcsolatban.

Dr. Harders elnök zárszavai és a Wuppertali hangverseny zenekarnak előadásában *Brahms:* Akadémiai ünnepi nyitányának elhangzása után jól megrendezett színvonalas konferenciáról távoztak a résztvevők.

Sző-L

A Lengyel Vaskohászati Egyesület jubileumi közgyűlése

Nov. 24—25-én tartotta Katowicében a Lengyel Vaskohászati Egyesület 75. éves jubileumi közgyűlését. Egyesületünk, ill. a Vaskohászati Szakosztály képviseletében *Claus Alajos* volt szakosztályi elnök, tiszteleti tagunk és *Óvári Antal* főszerkesztő vettek részt az Egyesületünkkel közel egy évtizede szorosan együttműködő baráti egyesület ünnepségén.

A november 24-i ünnepi ülés a katowicei vajdasági parlament gyűléstermében zajlott le. Az ünnepi ülést *Riszard Trzionka* kohászati miniszter, a lengyel egyesület elnöke vezette. Részt vettek rajta a lengyel kormány, az ipari minisztériumok, a kohászati egyetemek és intézmények kiküldöttei, a szovjet, a csehszlovák, a bolgár, az osztrák, az NSZK-beli és magyar társegyesületek képviselői, valamint a jubiláló, kb. 16 000 tagot számláló egyesület 300 küldötte.

Az ünnepi ülés teljesen hasonlóan zajlott le, mint a mi 1967. évi jubileumi közgyűlésünk. *Kiejstut Zemaitis* alelnök ismertette az egyesület történetét és az elért eredményeket, majd pedig a hazai intézmények köszöntötték a jubiláló egyesületet. Az első üdvözlő beszédet *T. Kovalczik*, a lengyel Párt Központi Vezetőségének tagja tartotta. Ezt követően a külföldi egyesületek képviselői szólaltak fel és kívántak további eredményes munkát a jubiláló egyesületnek.

Ezután került sor az egyesületi munkában kiemelkedő eredményt elért egyesületi vezetők és tagok részére kormánykitüntetések és egyesületi kitüntetések átadására, valamint az egyesület történetével, kiadványaival foglalkozó kiállítás megnyitására. A jubileumra egy 400 oldalas jubileumi évkönyvet is megjelentetett a lengyel egyesület.

Este a küldöttek és a vendégek a Huta Baildon kultúrtermében közös vacsorán vettek részt.

Másnap, nov. 25-én tartotta a lengyel egyesület a tisztújító ülését. Az egyesület vezetőségében lényeges személyváltozás nem történt. Elnök továbbra is *R. Trzcionka* miniszter lett, első alelnökké *C. Murski* docenst, főtitkárrá pedig *A. Palmrich* minisztériumi főosztályvezetőt választották.

Ezt követően a külföldi küldöttségeket mikrobuszon Krakkóba vitték a város nevezetességeinek megtekintésére. Az úton bő alkalom nyílt az együttműködési problémák megbeszélésére mind a lengyel egyesület vezetőivel, mind a résztvevő többi külföldi egyesület képviselőivel. (Ó A)

Egyesületi hírek

Szakmai előadások Düsseldorfban és Aachenben

A VDEh (Nyugatnémet Vaskohászok Egyesülete) meghívására okt. 17—21 között a Német Szövetségi Köztársaságban tartózkodott *dr. Káldor Mihály*, a Nehézipari Műszaki Egyetem tanszékvezető tanára és *dr. Horváth Aurél*, a Dunai Vasmű főmetallurgusa. A kiküldetés célja a VDEh alelnöke és főtitkára f. év májusában hazánkban tett látogatása során történt megbeszélésnek megfelelően az volt, hogy küldötteink műszaki-tudományos előadást tartsanak, megismerkedjenek az előadások tárgykörével foglalkozó német szakemberekkel és látogatást tegyenek az ottani kutatóintézetekben, illetőleg egyetemen.

Dr. Káldor Mihály professzor „Gyengén ötvözött acélok austenitje újra-kristályosodásának kinetikai vizsgálata" c. előadását Düsseldorfban, a Max Planck Institut für Eisenforschungban tartotta meg. Előadását, amelyet *Kochendörfer* professzor, a MPI fémtani kutatásokkal foglalkozó részlegének vezetője vezetett be, élénk és színvonalas vita követte. A vita során felszólaltak az intézet vezető munkatársai, professzorai, sőt a kollokvium elnöke is, akiknek kérdéseire *dr. Káldor* professzor válaszolt. A hozzászólások egy része a MPI-ben folytatott kísérletek eredményeinek ismertetésével egészítette ki az előadást, amelynek újszerűségét és magas színvonalát az elnöki zárszó is kiemelte.

Dr. Horváth Aurél „A vákuumozás alatt álló vasalapú olvadékok kísérőelemeinek mennyiségi viselkedését meghatározó képletek" c. előadásának megtartására Aachenben, a Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Vaskohászati szakágazatának *W. Dahl* professzor vezette tanszékén került sor. Az előadáson megjelent *Dahl* professzor, az előadás bevezetését és a kollokvium irányítását azonban *Winterhagen* professzor, a fémkohászattani ismeretek oktatója végezte.

Az előadást követő vitában részben a főiskola oktatói, részben a megjelent ipari szakemberek vettek részt, akik kérdéseket tettek fel, elméleti, valamint üzemi adatokkal egészítették ki az elhangzott előadást. Az előadást és a vitát összefoglaló zárszó ezt az előadást is újszrűnek és színvonalasnak minősítette.

Az előadások megtartásán kívül a küldötteknek módjuk volt, ha röviden is megismerkedni a MPI néhány laboratóriumával és betekintést nyerni azok munkaprogramjába. Az aacheni előadás kapcsán *dr. Káldor* professzor oktatási és módszertani kérdésekben is megbeszélést folytatott a főiskola jelenvolt tanáraival.

A tudományos és hivatalos programot teljessé tették azok a kirándulások, amelyekkel a VDEh lehetőséget nyújtott küldötteinknek arra, hogy megismerkedjenek a Rajna-völgye természeti szépségeivel, Aachen, Düsseldorf, Köln, Koblenz és Bonn nevezetességeivel, kulturális és történelmi emlékeivel.

Az előadásokon és a velük kapcsolatos utazásokon *K. H. Treptow*, a VDEh főtitkára, a kirándulásokon pedig *H. J. Wiese*, a VDEh mérnöke volt küldötteink kalauza és kísérője.

Dr. Horváth Aurél

Az Acélgyártási Szakbizottság első ülése Ózdon

November 30-án tartotta meg Ózdon az Acélgyártó Szakbizottság első, alakuló ülését. Az ülésen a szakbizottság állandó tagjai szinte kivétel nélkül megjelentek. Részt vett a szakbizottság munkájában *dr. Simon Sándor* egyetemi tanár, a NME rektora is.

A megjelenteket a Szakbizottság elnökének, *Éles Lászlónak* rövid megnyitója után az Ózdi Kohászati Üzemek nevében *dr. Fürjes Emil* műszaki igazgató üdvözölte, utalva arra, hogy az Egyesületen belül a Szakbizottság igen alkalmas fórumnak ígérkezik az egészségesebb szakmai élet kifejlesztésére és a szakismeretek kölcsönös kicserélésére. Röviden vázolta az OKÜ jelenlegi helyzetét és a fejlesztés kapcsán mutatkozó problémákat. Azt a reményét fejezte ki, hogy a legeredményesebb és leggyorsabban járható út megkeresésében az Acélgyártási Szakbizottság is segítséget fog adni a vállalatnak.

Ezt követően *Éles László* szakbizottsági elnök részletesen ismertette a bizottság feladatát és célkitűzéseit. Negyedévenként tart majd a bizottság üléseket, felváltva más-más nagyüzemben, a helyi acélgyártási problémák megvitatására, széles körű tapasztalatcsere céljából. Az ülésekre a bizottság állandó tagjain kívül az összes helyi acélgyártó szakembereket is meghívják, hogy így minél szélesebb körre terjedjen ki a szakbizottság munkája. Főcél tehát a fiatalok és vidékiek bevonása, szakmai vitafórum teremtése. Főleg az acélgyártás mennyiségi, minőségi problémáival kívánnak foglalkozni, valamint az új létesítményekkel, elsősorban az épülő folyamatos öntőművekkel.

Horváth Gyula, a Szakbizottság titkára ezután a Szakbizottság munkarendszerével, ülésein elhangzó előadásokkal kapcsolatban mondta el a Szakbizottság vezetőségének elképzeléseit. Rövid előadásokat, hozzászólásokat, kötetlen vitákat szándékoznak tartani. Minden ülésen a tárgyalt témakörre vonatkozó határozatokat is hoznak.

A célkitűzésekhez és a munkamódszerhez többen, köztük *dr. Simon Sándor* is hozzászólt és javasolta a felsőéves egyetemi hallgatók bevonását a Szakbizottság munkájába. *Vitkó József* (OKÜ) pedig javasolta, hogy elsősorban a folyamatos öntés témáját tekintse főproblémájának a Szakbizottság.

Ezt követően *Schottner Lajos* „Az ózdi Martin-acélmű intenzifikálási lehetőségeinek ismertetése" címen tartott rövid, érdekes diagramokkal szemléltetett előadást. Utalt arra, hogy az elért eredmények alapozták meg az 1972. évi 1 mill. t-ás acéltermelést, jóllehet a kis oxigénkapacitás miatt csak az adagok 50—60%-át lehetett oxigénezni. Kifejlesztettek egy új égőtípust, meghatározták a nyersvasbeöntés és oxigénezés optimális időpontját. Ezenkívül segített a nagyobb termelés elérésében az elektronikus darumérleg, a csőpóstás-telexes gyorselemzés, az újfajta fenékjavítás, újfajta boltozati tégla, a növelt öntecs-súlyra való áttérés és a kokillatípusok radikális csökkentése. Végül ismertette a továbbfejlesztési célkitűzéseket: adagsúly további növelése (oválüst), új nagyteljesítményű oxigénfejlesztő létesítése, betételőkészítés javítása stb.

A második előadást *Vitkó József* „A folyamatos öntőművek technológiai problémáinak ismertetése" címmel tartotta. Ismertette az OKÜ-ben építés alatt álló folyamatos öntőmű telepítését és műszaki jellemzőit és a tervezett technológiát. Ennek kapcsán utalt a legnagyobb problémákra: a nagyobb csapolási hőmérséklet, a dugóanyaggal kapcsolatos rendkívül szigorú követelmények, hűtővíz-minőségi és mennyiségi igények, igen gondosan megszervezett együttműködést igénylő üzemvitel. Röviden ismertette a külföldi üzemekben szerzett tapasztalatokat.

A két előadás igen élénk vitát és hozzászólásokat váltott ki. Ebben *dr. Benyó Tibor, Dolgos László, Mátyus Béla, Csomós Zoltán, dr. Simon Sándor* és *Óvári Antal* vettek részt. A két előadó a feltett kérdésekre részletes választ adott.

Este a Műszaki Club új helyiségeiben, fehér asztal mellett folytatódtak a kötetlen szakmai beszélgetések.

Másnap, dec. 1-én a résztvevők az ózdi acélműi vezetők és a folyamatos öntőmű építkezés irányítóinak kalauzolása mellett megtekintették az acélművet és az épülő folyamatos öntőművet. Ennek kapcsán is alkalom nyílt a felmerülő és a látogatókat érdeklő részletproblémák megbeszélésére.

Az üzemlátogatást követően *Horváth Gyula*, a Szakbizottság titkára ismertette az 1973. őszén tartandó Metallurgus Konferencia tematikájára vonatkozó elképzeléseket. A Szakbizottság részletesen megvitatta az előterjesztést. Számos új javaslat merült fel az előadások témájára és az előadók személyére vonatkozóan. A konferencia helyéről végleges döntés még nem történt, valószínűleg azonban Balatonszéplakon kerül megrendezésre. A további szervezési munkával a Szakbizottság az elnököt és titkárt bízta meg, akik a Nyersvasgyártó Szakbizottság vezetőségével közösen alakítják ki a végleges konferencia programot. Egyik főtéma a folyamatos öntés lesz.

Végül *Éles László*, a Szakbizottság elnöke ismertette a határozatokat: *a)* továbbra is napirenden maradnak a folyamatos öntés hazai problémái, *b)* a távlati acéltermeléssel is foglalkozni kell, *c)* betételőkészítési, acélminőségi és tűzállóanyag problémákkal is foglalkoznak a következő ülések előadásai.

Határozat született arra vonatkozóan is, hogy a következő ülést a Szakbizottság márciusban tartja, előreláthatólag Diósgyőrben.

Rövid záróbeszédében *Éles László* megköszönte a vendéglátóknak az ülés mintaszerű megszervezését. Kérte, hogy a kapcsolatokat tartva, a szakbizottság tagjai továbbra is támogassák a most megindult munkát. (ÓA)

Kovács-klubnap dec. 5-én

Egyesületünk Kovács Szakcsoportja dec. 5-én tartotta az őszi évad utolsó klubnapját. A találkozó alkalmára *Horváth Antal* okl. kohómérnök tagtársunk, a KGM Távlati Fejlesztési Főosztályának dolgozója és *Szijgyártó István* okl. gépészmérnök tagtársunk, a Gépipari Technológiai Intézet keretében működő KGM Kovácsolási Szabványosítási Központ vezetője állított össze előadást „A hazai kovácsipar fejlődése és fejlesztési célkitűzései" címmel. A vetítettképes előadást *Horváth Antal* tagtársunk váratlan hivatalos külföldi kiküldetése miatt *Szijgyártó István* tartotta meg. Előadása bevezetőjében röviden visszatekintett a jelentős kovácsüzemeink alapításától napjainkig történt fejlődésére, profiljaikra, majd ismertette fejlődésük irányát és vár-

ható beruházási keretüket az 5. ötéves terv végéig. Ezt követően néhány korszerű, műhelyen belüli szállítóberendezést ismertetett.

A klubdélután megjelent hallgatói a Gépipari Technológiai Intézet gondozásában megjelent és *Szijgyártó István* tagtársunk által összeállított és kidolgozott „A kovácsolt termékek gyártásának szakosítási és koncentrálási lehetőségei" című kiadványt az előadás után megkapták.

Latinák István

Szakosztályvezetőségi ülés dec. 19-én

Az évzáró vezetőségi ülést *Nagy Zoltán* elnökhelyettes vezette.

Első napirendi pontként *Szalay Gézának*, a Dunaújvárosi Csoport titkárának a csoport tevékenységéről szóló beszámolóját tárgyalta meg a szakosztályvezetőség. A 17 oldal terjedelmű, részletes anyagot már korábban megkapták a vezetőségi tagok.

Kiegészítésül *Szalay Géza* utalt arra, hogy az elmúlt időszakban a titkárváltozás miatt lanyhult az egyesületi élet Dunaújvárosban, most azonban ismét fellendülőben van. A csoport létszáma ma már közel 350 fő. Tervbe vették, hogy a csoport megalakulásának 20 éves jubileumát megünneplik.

A szétküldött anyag részletesen foglalkozik a csoport rendezvényeivel, a költségvetésével, az újonnan szervezett munkacsoportok (vaskohászati, képlékenyalakítási, anyagvizsgáló és munkatudományi-automatizálási) tevékenységével és célkitűzéseivel, a legutóbbi „Kohászat és Matematika" tudományos konferenciával, a tagság összetételével és a helyi szervekkel kiépített kapcsolatokkal. Szerepel benne az 1973. évi program is.

Az írásban szétküldött anyaggal kapcsolatban *Szőke László, dr. Tardy Pál, Lántzky József, Éles László* és *Lantos István* szólaltak fel. Számos kérdés és észrevétel hangzott el. A kérdésekre és észrevételekre az előadó részletes választ adott.

Nagy Zoltán elnökhelyettes megköszönte a gondosan összeállított beszámolót, örömét fejezte ki, hogy a csoport munkája jelentős mértékben fellendült és létszámilag ma a Szakosztály legnagyobb helyi csoportjává fejlődött. Felhívta a figyelmet a szűkebb témákban rendezendő egy napos konferenciákra és a dunaújvárosi Főiskolán működő tagokkal való szoros együttműködésre.

Második napirendi pontként *dr. Tardy Pál* titkár beszámolt az 1972. évi munkáról. Ennek kapcsán kiemelte az egyesületi munka decentralizálására irányuló törekvést, a szakbizottságok munkájának már mutatkozó sikereit. Röviden ismertette a nagyrendezvényeket, a külföldi utaztatásokat és a külföldi kapcsolatok alakulását.

Nagy Zoltán elnökhelyettes kérésére *dr. Remport Zoltán* és *Horváth Gyula* szakcsoport titkárok beszámoltak a szakbizottsági munka megindulása során nyert tapasztalatokról. Mindketten örömmel jelentették, hogy a felkért állandó tagok szinte kivétel nélkül részt vettek az üléseken. Ezeken számos vendég is megjelent. Az ülések vándorjellege bevált. Sikerült kialakítani a fesztelen légkört és az első benyomások szerint nagy érdeklődést tapasztaltak a helyi csoportoknál. Élénk szakmai viták alakultak ki. A további — a vidéki csoportok szakhelyein tartandó — ülések program szerinti előkészítése folyamatban van.

Dr. Tardy Pál titkár bejelentette, hogy 7 pályamunka érkezett. *Nagy Zoltán* alelnök megbízta *dr. Remport Zoltánt*, hogy a bíráló bizottság munkáját kezdje meg.

Óvári Antal beszámolt a lengyel vaskohászati egyesület novemberben tartott 75 éves jubileumi ünnepségéről, amelyen a szakosztály képviseletében *Claus Álajossal* együtt részt vett.

Szabó Csaba, az egyesület titkára pedig tájékoztatta a vezetőség tagjait a rövidesen esedékes költözködésről. Eszerint néhány hónapon belül az Egyesület központja az Anker-közbe költözik, ahol valamivel kedvezőbb férőhelyet kapunk, mint ami a Kereskedelmi Kamara Kossuth Lajos téri új székházában jutott volna.

Szőke László beszámolt az NSZK-beli vaskohászati egyesület (VDEh) novemberi közgyűléséről, amelyen a szakosztály képviseletében *dr. Kiss Ervinnel* és *Grega Oszkárral* együtt vett részt. Ismertette az 1974. évi Nemzetközi Metallurgus Konferencia eddig kialakult programját.

Befejezésül *Nagy Zoltán* elnökhelyettes megköszönte a vezetőségi tagok egész évi lelkes munkáját. Utalt arra, hogy hosszú előkészítés után érdekes és nehéz év volt ez az egyesületi munkában. Eredménynek tekinthetjük, hogy sikerült több fiatalabb tagtársat bevonni az aktív egyesületi munkába. Végül pénz- és tárgyjutalmakat adott át a legeredményesebb munkát végzett vezetőségi tagoknak. (Ó A)

Elnökségi ülés dec. 21-én

Az évzáró elnökségi ülésen, amelyet *dr. Dobos György* elnök vezetett, az elnökségi tagokon kívül szinte kivétel nélkül a tiszteleti tagok is részt vettek.

Első napirendi pontként *Moharos Jenő* főtitkár ismertette az elnökség 1973. évi munkatervét. Eszerint 6 ülésre kerül sor az év folyamán. A munkaterv az ülések témáit is megszabja. Ezek közt szerepelnek a szakosztályok és elnökségi bizottságok beszámolói, a szaklapok munkájának értékelése, a nagyrendezvények, valamint a választmányi ülés előkészítése és az alapszabálymódosítás megvitatása.

A főtitkár ígéretet tett arra, hogy a ciklusváltás óta tartott elnökségi üléseknek megfelelően, az ülések anyagát gondosan előkészítve előzetesen írásban megküldik, hogy alkalmat adjanak azok áttanulmányozására és így az eredményes vitákra.

A munkatervhez *Kreffly Gábor, dr. Gagyi Pálffy András, Bányai Bálint, Podányi Tibor* és *Óvári Antal* szóltak hozzá, majd az elnök javaslatára a munkaterv első felévre szóló részét véglegesen jóváhagyta az elnökség. Az alapszabály módosítási tervezetet pedig előzetesen egy kisebb körben megvitatják és ezután terjesztik az elnökség elé.

Második napirendi pontként *Szabó Csaba* titkár tájékoztatta az elnökséget az elnökség munkájával összefüggő előző évi határozatok felülvizsgálásáról.

Jelentette, hogy 1967-től átnézte az elnökségi, választmányi és közgyűlési jegyzőkönyveket. Ezekből kigyűjtötte és 19 címszó alá csoportosította a határozatokat. Figyelembe vette a MTESZ rendelkezéseit és más elvi jelentőségű dokumentumokat is. Összegyűjtötte ezenkívül a kisebb jelentőségű ügyekben hozott elnökségi állásfoglalásokat. Sajnos, ez a munka nem 100%-os, mert a jegyzőkönyvek hiányosak és néha egymásnak — vagy a jelenlegi gyakorlatnak — ellentmondóak.

Az elnökség rövid vita után úgy határozott, hogy a főtitkár a következő ülésen tegyen javaslatot az idejétmúlt, aktualitásukat vesztett határozatok kiiktatására, az élő határozatokról pedig minden szakosztályvezetőség és elnökségi bizottság vezetője kapjon tájékoztatást azzal, hogy a teljes gyűjtemény a titkárságon címszavanként rendszerezve, rendelkezésre áll és a jövőben minden újabb javaslat kidolgozásakor ezeket figyelembe kell venni.

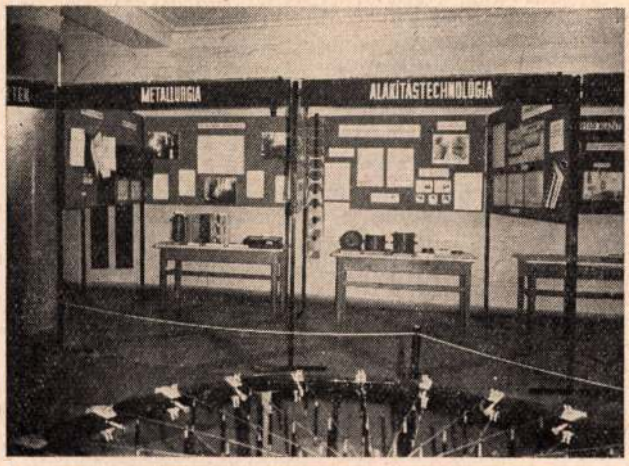
Moharos Jenő főtitkár bejelentette, hogy a MTESZ Szervező Bizottsága *dr. Trethon Ferencet* elismerő éremmel tüntette ki az Egyesületben végzett szervező munka elismeréséül.

Végül az elnök megköszönte az elnökség tagjainak az eredményes egyesületi munkát és az év folyamán nyújtott támogatást. (Ó A)

10 éves a dunaújvárosi főiskola

Dunaújvárosban a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohó- és Fémipari Főiskolai Karán november 8-án többszáz végzett diák, számos vendég, a városi párt- és állami vezetők, gyárak, iskolák képviselőinek jelenlétében emlékeztek meg a dunaújvárosi felsőoktatás 10 esztendejéről, felelevenítve a fejlődés állomásait a szaktechnikusképzéstől az üezmmérnökképzésig.

Az ünnepséghez kapcsolódva az eddig eltelt 10 évet reprezentáló kiállítást is rendeztek a főépület aulájában. Ezen elsősorban a kohászati, gépészeti és az alapozó tanszékek anyagai, a tanműhelyekben készült legszebb termékek, a legjobb diplomafeladatok, rajzok és oktatási segédanyagok kerültek bemutatásra.



A kiállítás egy részlete

November 9-én, plenáris üléssel folytatódott, majd szekcióülésekkel zárult a kétnapos jubileumi program.

*

Az 1961. évi III. sz. oktatási reformtörvény által létrehozott felsőfokú technikumi hálózat egyik első létesítménye, a Felsőfokú Kohóipari Technikum eredményes munkát végzett, amely a főiskolává válás után is folytatódott. 1962-től 1971-ig 1106 hallgató szerzett felsőfokú szaktechnikusi minősítést Dunaújvárosban. A mindössze egy főhivatású igazgatóval, 36 óraadó oktatóval és két dolgozóval induló felsőfokú technikumból 1969-ben lett főiskola, amely jelenleg 70 főhivatású és 29 óraadó oktatót, 117 dolgozót foglalkoztat. A nappali, esti és levelező tagozatokon jelenleg 1167 a hallgatói létszám.

A felsőfokú technikum utolsó esztendejének 10,6 millió forintos költségvetésével szemben, ma a főiskola már közel 20 millió forinttal gazdálkodik. A laboratóriumok és műhelyek lehetővé teszik az intézményen belül is megvalósítható, az üzemmérnökképzésben igen fontos gyakorlati képzést.

A főiskolai kar fejlődésében érvényesül az ipar és az oktatás kölcsönhatása, amely nemcsak az ipar anyagi támogatását, hanem a főiskolai szakosítási rend kialakításában, a szakemberképzés kérdésében az ipar igényeihez való alkalmazkodást is jelenti. Jelenleg négy szakon, ezeken belül tíz ágazaton folyik a képzés nappali és a jelentkezéstől függően esti, illetve levelező tagozaton.

A főiskola első ízben 1972-ben bocsátott ki végzett üzemmérnököket, szám szerint 242 főt. Ugyanebben az évben 324-en szereztek kiegészítő üzemmérnöki oklevelet, és 136-an nyertek szakoktatói végzettséget.

Fejős László

Üzemi hírek

Acélpalack know-how-t adtunk el Angliában

Az utóbbi években számos külföldi szakember érdeklődését felkeltette a sajtolt acélpalackyártás a Csepeli Acélműben, amelynek technológiája valószínűleg a világon is egyedinek mondható. Elsősorban a centrikus hüvelyt biztosító meleglyukasztási és a rövid lökethosszú préseken is előnyösen alkalmazható meleg-görgős továbbhúzási technológia keltett érdeklődést.

Európa legnagyobb aélpalackgyártó üzeme a THE CHESTERFIELD TUBE azzal a kéréssel fordult a Csepeli Acélművet képviselő Csepel Export Fővállalkozó Irodához, hogy szeretné, ha magyar szakemberek 9" átmérőjű acélpalackokra továbbhúzási technológiát készítenének számára.

Sikeres tárgyalások után a üzletet megkötötték. Valószínű, hogy rövid idő múlva sor kerül a technológia üzemszerű bevezetésére. Tárgyalások folynak a lyukasztási technológia eladásáról is.

Ezen kívülaz angol FIELDING PLANT DESING LTD. céggel hároméves együttműködési szerződést kötöttek a technológia értékesítésére, melyre vonatkozóan az osztrák és japán cégek érdeklődnek.

Az Export Fővállalkozó Iroda tárgyalásokat folytat egy lyukasztási know-how értékesítésére Jugoszláviában is.

E klasszikus technológia, melyet a csepeli szakemberek az utóbbi években tovább tökéletesítettek, méltán éli most reneszanszát.

Buczkó János
okl. kohómérnök

Korszerű külföldi üzemek ismertetése

Új vasércdarabosító mű Spanyolországban

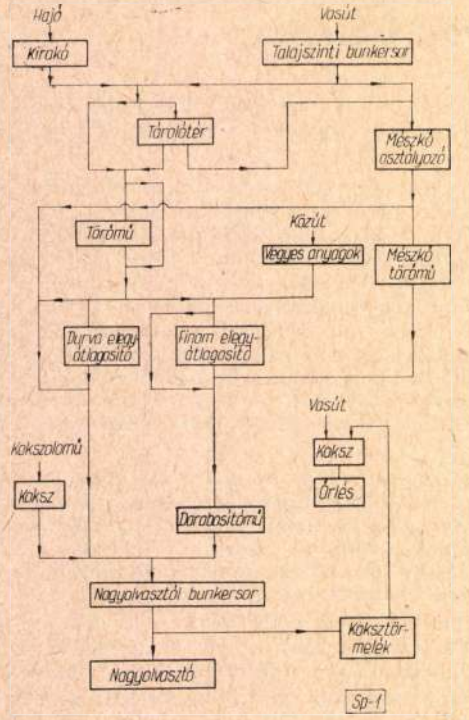
Észak-Spanyolországban, Bilbao térségében az *Altos Hornos de Vizcaya* kohómű 42 millió US dollár értékben napi 2000—3000 tonna termelésű új nyersvasgyártó üzemet épített. Az építkezés fővállalkozója az angol Huntington, Heberlein és Tsa volt. Az üzemfejlesztés kikötői érckirakóból, 107 m² átszívott felületű ércdarabosító szalagból, és egy 9 m medenceátmérőjű nagyolvasztóból tevődik össze. A vállalkozók felvonulása és az üzembehelyezés között eltelt idő 30 hónap volt, amely időtartamba bele kell számítani a helyszínen levő elavult üzemek lebontását és a tereprendezési műveleteket is. Az új üzem folyamatábráját a *vázlat* mutatja.

Érckirakó

Két oszlopdarus, 9,5 tonna befogadóképességű kirakóputtony végzi a 10 000 tonnás ércszállító hajók kirakását. Egy-egy kirakódaru maximális teljesítménye 1000 tonna/óra, egy hajó teljes kiürítése a két daru párhuzamos munkájával 8 óra alatt befejezhető.

Törőmű

Az érctörőmű előirányozott kapacitása 600 tonna/óra. A beérkező darabos érc szemnagysága max. 380 mm, ezt a nagyolvasztó részére 60 mm-es, az ércdarabosító részére 8 mm-es szemnagyságúra kell felaprítani.



Folyamatábra

Az előtörést 100 mm körüli méretre kúpos aprítógép végzi. Osztályozás után a durva darabok két párhuzamosan dolgozó utótörőbe kerülnek, ezek 60 mm szemnagyság alá törnek. Ezután két utóosztályozó állítja be a 60 mm-es, ill. a 8 mm-es frakciókat.

Elegyátlagosító

Páronként két durvaszemcsés és két finomszemcsés átlagosítóteret képeztek ki. Egy-egy tér alapterülete 43 × 134 m, a durva elegytér tároló kapacitása 85 000 tonna, a finomé pedig 102 000 tonna. Az anyagterítést kidobókocsis szállítószalagok végzik, az anyagfelvételre forgóputtonyos talajmarók szolgálnak, amelyek kapacitása 480 t/óra. A durvaszemcsés elegyet közvetlenül a kohóbunkerekbe, a finomszemcsést a darabosítómű elegyösszeállító bunkereibe szállítják. Ez utóbbiból összesen 8 van, 3 db 700 tonnás ércтárolásra, 2 db 400 tonnás mészkő, 1 db 190 tonnás őrölt koksz, 1 db 300 tonnás hideg visszatérti, 1 db 350 tonnás meleg visszatérti adagolására szolgál.

Darabosítómű

Kettős dobkeverővel van felszerelve, ezek átmérője 3,3 m, hosszuk 9,2 m.

A darabosítószalag szélessége 2,44 m, a szívott rész hossza 43,9 m (átszívott felület: 107 m²). A sütőkocsik hossza 800 mm, magasságuk 400 mm. Az átszívást 18 szélszekrény biztosítja. Az elegybegyújtást torokgáz és kokszkemencegáz keverékével végzik, a gyújtófej hőteljesítménye max. 6,5 millió kcal/óra.

Az exhausztor adatai: 8500 m³/perc mennyiség, 1100 mm vízoszlop vákuum, 150 °C hőmérséklet, 1000/perc fordulat.

A darabosítószalag névleges teljesítménye 2800 tonna/nap kész darabosítmány, amelyet 18,3 m átmérőjű forgóasztalos hűtőbe visznek, ennek napi teljesítménye 3600 tonna.

A porleválasztásról és a mű energiaellátásáról, illetve vezérléséről részleteket a hivatkozott irodalmi forrás tartalmaz.

Steel Times, 1972. október

Ruhmann Jenő

Szabványosítási hírek

Felhívjuk a figyelmet az 1972. évben közzétett, a kovácsolási ágazati üzemeket érintő szabványokra és műszaki irányelvekre.

KGSZ 37.2401—70 Süllyesztékes típuskovácsdarabok
KGSZ 37.2501—70 Kovácsolt szerszámtömbök. Követelmények
KGMI 29.571—69-től KGMI 29.576—69-ig; Gépi kovácsolás kéziszerszámai
KGMI 29.577—70 Kalapácssüllyesztékek és felfogóelemek szerkesztése
KGMI 29.578—70 Orsós sajtó süllyesztékek szerkesztése
KGMI 29.579—70 Mechanikus kovácssajtó süllyesztékek szerkesztése
KGMI 29.580—70 Sajtószerszámok szerkesztése
KGMI 37.501—70 Nagysebességű süllyesztékes kovácsolás

Fenti szabványok a „Szabványboltban" beszerezhetők

Műszaki irányelvek tervezetei:
KGMI 37.301 T Kovácshengerlés. Rendszerezés. Jellemzés
KGMI 37.302 T Haránthengerlés síkszerszámokkal. Technológia
KGMI 29.581 T Hengerszegmensek. Műszaki előírások
KGMI 37.201 T Süllyesztékes kovácsolás. Rendszerezés Jellemzés
KGMI 37.202 T Sorjamentes süllyesztékes kovácsolás. Követelmények

A fenti műszaki irányelvek közzétételi ideje 1973. A tervezetek a Kovácsolási Szabványosítási Központtól (Bp. XIV. Fogarasi út 14.) szerezhetők be.

*

A KGST Vaskohászati Állandó Bizottság Hengerelt-áru Szekciója 1972 oktoberében tartott *szófiai* ülésén egyeztette a „Korrózió- és hőálló acéllemez. Minőségek és műszaki előírások" szabványajánlás tervezetet. A munka témavezetője a SZU delegációja volt. Az új ajánlás a jelenlegi RSZ 441—65 és 442—65 szabványajánlások átdolgozásából és összevonásából keletkezett és azt a nemzeti szabványokba a tagállamok 1974 júliusáig kívánják bevezetni. Magyar vonalon a honosítás az MSZ 4368—69 átdolgozásával fog megtörténni, a módosítás 1973 elején már megkezdődik.

Egyeztetésre került még a KGST Szabványügyi Intézet által a kohászati másodtermékek nómenklatúrájára kidolgozott tervezet is. A dokumentumot a szekció munkaanyagként fogadta el azzal, hogy azt a Vaskohászati ÁB-n belül folyó munkáknál kell alkalmazni.

*

A KGST Szabványügyi Állandó Bizottság szakértői 1972 októberében *Bukarestben* az alábbi szabványajánlás tervezeteket egyeztettek:

1. Fémek. Vizsgálati módszerek. Keménységmérés Vickers szerint
(Témavezető: RSZK)
2. Fémek. Vizsgálati módszerek. Keménységmérés Brinel szerint
(Témavezető: RSZK)
3. Acélok. A makroszerkezet és a töret vizsgálati módszerei
(Témavezető: SZU)
4. Hegesztési varratok. Tompahegesztett kötések hibáinak jelölése és megnevezése radiogramok alapján
(Témavezető: LNK)
5. Acélok. Hegesztési melegrepedések keletkezésével szembeni ellenállóság. Vizsgálati módszerek
(Témavezető: KGST Szabványügyi Intézet)
6. Acélok. Ridegtöréssel szembeni ellenállóság. Vizsgálati módszerek. K_{Ic} mérés
(Témavezető: KGST Szabványügyi Intézet)

Az ajánlásokat a tagállamok legkésőbb 1974-ben fogják nemzeti szabványaikba felvenni.

K. E.

Döntés az 1972. évi pályadíjakról és cikkjutalmakról

A Vaskohászati Szakosztály 1972. évre kiírt nívódíj pályázati felhívására az előírt határidőig 7 pályamunka érkezett be. A Bíráló Bizottság a pályázatokat felülvizsgálta és a díjazásra vonatkozó javaslatát a jan. 30-án tartott szakosztályvezetőségi ülés elé terjesztette. Ugyanekkor tett javaslatot a Szerkesztő Bizottsági tagok véleményét is figyelembe véve a lapunk 1972. évi számaiban megjelent „legidőszerűbb témákat kiemelkedően jól feldolgozó cikkek" szerzőinek jutalmazására.

A szakosztály vezetősége mindkét javaslatot egyhangúlag elfogadta. Eszerint az alábbi pályázatok, ill. cikkírók nyertek pályadíjat, ill. cikkjutalmat:

4000 Ft-os nívódíjat kaptak

1. **Nagy Géza** tanársegéd (NME Tüzeléstani Tanszék) *„Égetett magnezittégla korrózióállóságának fokozása a szabad pólusokba történő karbon bevitellel"* c. és
2. **Tömpe László** okl. kohómérnök (LKM) *„A Martin-kemencék teljesítőképességének vizsgálata"* c. pályázatával.

3000 Ft-os nívódíjat kaptak

1. **Dr. Voith Márton** adjunktus (NME Kohógéptani és Képlékenyalakítástani Tanszék) *„A hengerlési sebesség felső határértéke hidegszalag hengerlésorokon"* c.
2. **Kőhalmi Kálmán** okl. kohómérnök (DV) *„Hideghengerlésre szánt szélesabroncsok méretpontossága és alakhűsége"* c.
3. **Szegedi József** docens (NME Kohó- és Fémipari Főiskola Dunaújváros) *„Az oxigénes konverteres acélgyártás reakciókinetikai vizsgálata"* c. pályázatával.

1000 Ft-os cikk-jutalmat kaptak

1. **Németh Emil** (LKM): *Új vizsgálati módszer a fémötvözetek növekvő hőterheléssel szembeni viselkedésének jellemzésére*, 1,5.
2. **Dr. Kisfaludi Antal** (Vaskut): *Patentozott betonfeszítő huzalok feszültségkorróziós vizsgálata*. 1,21.
3. **Gárdonyi Sándor** (MVAE Számítóközpont): *Matematikai módszerek alkalmazása a kohászatban*. 7, 316.
4. **Dr. Pálvölgyi Árpád** (KGMTI): *A féltermékgyártás korszerű módszerei*. 10, 433.
5. **Tóth Tamás** (NME Kohó- és Fémipari Főiskola, Dunaújváros): *A ferrittartalom hatása a titánnal stabilizált, austenites saválló acélok mélyhúzhatóságára*. 6, 248.
6. **Dr. Tardy Pál—dr. Verő Balázs** (Vaskut): *Alakítási és újrakristályosodási jelenségek tanulmányozása emissziós elektronmikroszkópban*. 10, 453.
7. **Dr. Lendvai József** (Salgótarjáni K. Ü.): *Nemesített keskenyszalag minőségének javítását célzó üzemi vizsgálatok*. 3, 118.
8. **Katona László—Dr. Pőcze László** (OKÜ — Ritkafém I. B.): *Kohászati kemencék falazatkopásának ellenőrzése és mérése radioaktiv izotópok segítségével*. 9, 407.
9. **Dr. Lőrinc Oszkár** (OKÜ): *Meleghengersori termelőkapacitás tartalékainak feltárását megkönnyítő néhány új eljárás*. 10, 444.
10. **Lendvai Endre** (Vaskut): *Az elektrosalakos eljárás hazai eredményei és alkalmazási lehetősége*. 8, 349.

című cikkeikkel. *(OA)*

1973. évi nívódíj pályázati felhívás

Az OMBKE Vaskohászati Szakosztály vezetősége 1973. jan. 30-i ülésén úgy döntött, hogy a múlt évekhez hasonlóan 1973-ban is jutalmazza a fiatal, de már gyakorlati tapasztalattal bíró tagtársak önálló, szakmába vágó értekezésekben kifejtett, az átlagosnál lényegesen többet nyújtó munkásságát nívódíjak odaítélésével.

A nívódíjra pályázni lehet bármilyen, 1972-ben vagy 1973-ban megjelent, vagy kéziratban összeállított vaskohászati tárgyú szakmába vágó értekezéssel a vaskohászat időszerű tudományos, műszaki-gazdasági, történelmi, szociológiai stb. témáival, ha az legalább részben önálló kutatás, elemzés, vizsgálódás eredménye.

A terjedelem a szokásos 25—30 gépelt oldalnyi kéziratterjedelmet lehetőleg ne lépje túl. Olyan pályázatok újból nem nyújthatók be, amelyek valamilyen egyesületi pályázatra már be lettek küldve.

Nívódíjban csak azoknak az 1973. év végéig legalább 2 éves egyesületi tagsággal rendelkező szakosztályi tagtársaknak munkái részesíthetők, akik 1973. évben 40. életévüket még nem töltötték be.

A nívódíjakra az Egyesület az eddigi pályázatokra kiírt összeget fordítja, a nívódíjak legkisebb összege 3000 Ft, legnagyobb összege 5000 Ft.

A pályázóknak csak egy tanulmánya kerülhet díjazásra.

A nívódíjak odaítélésére az Egyesület bizottságot alakít, mely az alábbi fő szempontok szerint értékel:

— Az értekezés a maga által kitűzött témát feldolgozza-e?

— Lényegesen többet nyújt-e az átlagos tanulmánynál?

— Az értekezés mennyiben önálló kutatás, elemzés, vizsgálódás eredménye?

— A tanulmány mennyiben dolgoz fel időszerű problémákat?

— A tanulmány tárgyának kifejtésében világos, szabatos-e, megállapításait mennyire igazolja, támasztja alá?

— Stílusában megüti-e a publikált értekezések átlagos színvonalát?

Nívódíjra oly módon lehet pályázni, hogy a pályázó vagy a csoportosan pályázók a feltételek ismeretében és azokat betartva 1973. év október 31-ig

— értekezésüket 2 példányban beküldik az egyesülethez,

— amennyiben már valamely bel- vagy külföldi szaklapban értekezésük megjelent, közlik annak számát és azt a szándékukat, hogy értekezésüket a nívódíj elnyerésére is szánják (külföldi folyóiratban megjelent művek teljes magyar nyelvű szövegét mellékelni kell)

— nyilatkozatukat, hogy a nívódíj odaítélésének feltételeit betartották.

Nívódíjban nem részesíthetők azok a tanulmányok, amelyek

a) 1972. I. 1. előtt jelentek meg,

b) újításokat, tanulmányokat tartalmaznak és már be vannak jelentve,

c) más, határozott célból készültek, pl. diplomatervek, doktori értekezések,

d) valamely szerv (vállalat, intézet stb.) megbízásából közvetlen munkaköri feladatként készültek és szakértői, vagy egyéb díjazásban — kivéve nyomtatásban megjelent publikációkért járó szerzői tiszteletdíjat — részesültek.

A Vaskohászati Szakosztály Vezetősége

CIKKJUTALOM

A nívódíj pályázattól függetlenül a lapunk 1973. évi évfolyamában megjelenő, elsősorban a fiatalabb tagtársak által írt cikkek közül a legidőszerűbb témákat kiemelkedően jól feldolgozó cikkek szerzőit is 1000—1000 Ft-os jutalomban részesíti az év végén a Szakosztály Vezetősége.

(Szerk.)

Műszaki és gazdasági hírek

Nyugatnémet cégek közreműködése egy szovjet kohászati üzem építésében

Az év végi nyugatnémet—szovjet vegyesbizottsági ülést előkészítő munkacsoport 1972. szept. 21—22-i moszkvai ülésén legfontosabb témaként került szóba a nyugatnémet cégek közreműködése egy szovjet kohászati üzem megvalósításában. Az üzem a karéliai magas Fe-tartalmú vasérc- és az ugyancsak itt található földgázkészletre támaszkodva pelletet és vasszivacsot állítana elő.

A szovjet érdeklődés Novikov miniszterelnökhelyettes múlt évi nyugat-németországi látogatására vezethető vissza, amikor is sor került a Korf-csoporthoz tartozó Hamburger Stahlwerke földgázbázisú direktredukciós eljárással (Midland—Ross) dolgozó üzemének (évi kapacitása 400 000 t nyersacél) meglátogatására. A szovjet elképzelések szerint hasonló eljárással dolgozó, de lényegesen nagyobb volumenű — állítólag 8 millió t/év nyersacél — direktredukciós kohászati kombinát építésére kerülne sor, a finn határ közelében. A direktredukciós üzemet — elektroacélművel, folyamatos öntőművekkel és hengerművekkel — hamburgi mintára készítenék el.

A tervezett üzem a kezdeti lépcsőben mintegy 500 millió DM értékű gépbeszállítást és know-how-t igényelne, s a nyugatnémet cégek közül a Korf-csoport és Thyssenék (know-how terén), továbbá Salzgitter (felszerelések) jönnének szóba. Szovjet részről a know-how-t és a gépi berendezéseket az új üzem pellet termelésének egy részével ellentételeznék, ugyanis a nyugatnémet pelletgyártás növekvő önköltsége miatt az import fokozott mértékben érdekes lehet. A nyugatnémet kormány reméli, hogy a tárgyalások a szovjet hivatalos szervek és az érdekelt német cégek között még 1972 vége előtt megkezdődve 1973-ban befejeződnek.

Egyébként az ülésen a távolabbi jövő közös, ipari objektumainak létesítése is felmerült, többek között a nyugatnémet ipar részvétele (know-how, gépszállítások) a szovjet ásványkincsek (réz, nikkel, kobalt) kazahsztáni és szibériai kiaknázásában. (P)

Financial Times, 1972. szept. 26., Handelsblatt, 1972. szept. 25., Montan, 1972. okt. 2.

*

A román vas- és alumíniumkohászat fejlesztésének terve 1971—1975 között

Romániában 1971-ben 11,5%-kal növekedett az ipari termelés 1970-hez viszonyítva. A vaskohászat területén 7,6%, a színesfémkohászat vonalán 6,3%, míg az alumíniumiparban 9,4% volt a termelés növekedése.

A vaskohászat 1971-ben 6,8 millió t acélt termelt (4,4%-os növekedés 1970-hez képest). Az ötvözött acélok 444 et-s termelése 7,1%-kal haladta meg az előző évit. A hengereltáru termelés (4,78 millió t) 5,7%-kal volt több az előző évinél. Az 1972. évi előirányzat 7,37 millió t acél, ezen belül 500 et ötvözött acél. A galaci acélműben 1975-ben el akarják érni az 5 millió t acéltermelést, továbbá azt, hogy az oxigénkonverteres eljárással gyártott acél részaránya 30%-ról (1970) 48%-ra emelkedjen. Ennek érdekében többek között a hagyományos 3 furatú oxigénlándzsa helyett 4 furatú lándzsával dolgoznak, így jobb az oxigén hasznosítása a fürdőben és a tűzálló bélés is kevésbé kopik. Az ötvözött acélgyártás növekedését segíti elő a Szovjetuniótól megrendelt 4 nagy elektrokemence (85 et összkapacitás), amelyeket 1973 és 1974 folyamán a tirgovistei acélműben helyeznek üzembe a rozsdamentes, hőálló és szerszámacélok gyártására.

A Montan 1972. szept. 20-i száma arról tájékoztat, hogy a galaci kohászati kombinátban ez év augusztusában megkezdték két további acélmű építését. Konkrétan egy elektroacélműről és a konverter-acélmű második kiépítési fázisáról van szó. Az 1974-ben üzembelépő két acélmű együttes kapacitása 3 millió t/év lesz.

L'Usine Nouvelle, 1972. szept. 21.

*

Megkezdődött Japán legnagyobb kohójának építése

A Nippon Kokan fukuyamai üzemében megkezdődött az 5. sz. nagyolvasztó építése, amely 4400 m³-es hasznos térfogatával Japán legnagyobb kohója lesz. Üzembehelyezés 1973. októberében várható.

Ezzel egyidejűleg a 3. sz. acélművet két 280 t-s LD-konverterrel bővítették, továbbá egy 350 000 t/év kapacitású konverterpor-pelletező üzemet építettek. A Kawasaki Steel mizushimai 200 000 t/év kapacitású pelletező üzeme után ez a második ilyen üzem Japánban. (P)

Stahl und Eisen, 1972. aug.

*

Üzembehelyezték a Salzgitter IV. kohóját

Hat hónapi átépítés után 1972 júliusában kezdte meg a termelést a Peine—Salzgitter IV. nagyolvasztója Ilsedeben. Az átépítés következtében a nyersvastermelés 1400 t/napról 2000 t/napra növekedett. A 2000 t/nap termeléshez 850 t koksz, 200 t nehézolaj és 3800 t szinterérc felhasználás tartozik. A kohó hasznos térfogata 1230 m³, magassága 35 m, a medence átmérője 7,8 m és 1250 °C-os forró szél hőmérséklettel dolgozik. (P)

Stahl und Eisen, 1972. aug.

*

Mexikói pellet-üzem

A Lurgi cég egy 1,5 millió t/év kapacitású pellet-üzem szállítására kapott megbízást a mexikói Consorcio Minero Rena Colorado cégtől. A kiinduló nyersanyag 48 százalékos Fe-tartalmú magnetit, amelyet két lépcsőben — mágneses szeparációval — 69%-ra dúsítanak. A koncentrátumot iszapolt állapotban csővezetéken szállítják a manzanilloi-i pelletező üzembe. Ez lesz a második pelletező-üzem Mexikóban. A 2,5 millió t/év kapacitású első pelletező-üzemet szintén a Lurgi cég építette Hoyalata y Laminá-ban. (P)

Metal Bulletin, no. 5733.

*

Mini-acélmű az NSZK-ban

Kétévi építés után megkezdte a termelést a Bayerische Elektrostahlwerke herbersthofeni új mini-acélműve, amely csak ócskavassal dolgozik. A két 65 t-s elektrokemence a végső kiépítés után (1974-ben) évi 300 000 t acélt fog gyártani, főként folyamatosan öntött buga formájában. A betonacél hengerművet röviddel ezelőtt helyezték üzembe. (P)

Stahl und Eisen, 1972. aug.

*

Új vákuum-kezelő a Schoeller—Bleckmann-nál

Az osztrák Schoeller—Bleckmann ternitzi elektroacélművében októberben kezdte meg a termelést Ausztria első vákuumfrissítő és vákuumhevítő berendezése. (P)

Montan, no. 220/1972.

*

A második LD-AC-konverter a Stahlwerke Röchling—Burbach-nál

A DEMAG AG megbízást kapott a Stahlwerke Röchling—Burbach-tól a második, cserekonverterrel ellátott 80 t-s LD-AC-konverter szállítására. A konvertert vízzel hűtött, nyitott tartógyűrűvel szállítják és rögzítését a DEMAG által kifejlesztett dilatációs-elemekkel oldják meg. Felső részének magas hőmérsékletét — és ezzel az alakváltozást — csökkenti a felső rész vízhűtése. A konverter még 1972-ben megkezdte a termelést. (P)

Stahl und Eisen, 1972. aug.

*

A kassai acélmű új termékei

A kassai acélműben sikerült kidolgozni a 2,0—3,6 kW wattveszteségű, izotróp dinamólemez LD-acélból való gyártásának technológiáját. A 65 000 t/év termelés 30%-a exportra kerül. Ugyancsak megoldották a szélesszalag gyártást LD-acélból, sőt új acélfajtákat is kifejlesztettek. Ilyenek például: a növelt szakítószilárdságú (42—47 kp/mm²) Kodur-acél, a félig csillapított Kosil-acél és az alacsony C-tartalmú, egyrétegű zománcozásra alkalmas acél. A Kosil és a Kodur-acélokból 1970/71-ben kb. 200 et-t gyártottak. Most kezdődött meg a vékony (0,18 mm-ig) csomagolófólia gyártásra alkalmas, továbbá az atmoszférikus korrózionak ellenálló austenites és ferrites acélok gyártása. (P)

Montan, nr. 210/1972.

*

Olcsóbb rozsdamentes acél

A svéd Uddeholm cég hagforsi kutatórészlegében egy új rozsdamentes acélgyártási eljárást fejlesztettek ki, amely gazdasági és minőségi előnyökkel egyaránt rendelkezik.

A rozsdamentes acélt általában úgy állítják elő, hogy a konverterbe oxigén-argon keveréket fúvatnak be. Becslések szerint ezzel az eljárással mintegy 1 $^1/_2$ M t rozsdamentes acélt, illetve a világ rozsdamentes acélgyártásának több, mint 25%-át állítják elő.

Az Uddeholm-eljárás szintén konverteres eljárás, de a költséges argongáz helyett vízgőzt használnak, ezzel az acélgyártási költséget t-ként 3,50 fonttal csökkentik (kb. 8,5 $/t). Az eljárást egy fenékbefúvásos konverterben valósították meg.

Az eljárás hasznosítására a degerforsi acélműben egy 70 t-ás konverterüzemet építenek. (P)

Financial Times, 1972. okt. 6.

*

Japán kutatási program az atomenergia hasznosítására a direkt-redukciónál

A japán acélipari szakemberek által készített tanulmány alapján a külkereskedelmi és iparügyi minisztérium elhatározta, hogy 6 éves terv keretében megkezdi egy olyan eljárás kifejlesztését, amely a vasérc direktredukciójánál a magas hőmérsékletű atomreaktor hőenergiáját hasznosítja. 1973. áprilisától 23,5 millió $ áll rendelkezésre e célból. A redukáló gáz hőenergiáját egy magas hőmérsékletű, 50 MW teljesítményű és 1000 °C kilépő hőmérsékletet biztosító, héliummal hűtött atomreaktor biztosítaná. A reaktor kifejlesztése három lépcsőben történne: a rendszer tervezetének kidolgozása, a kísérleti berendezéshez szükséges anyagok kifejlesztése és egy 20 t/nap kapacitású kísérleti ércredukáló berendezés építése. (P)

Stahl und Eisen, 1972. szept.

*

5000 °C-os kemencehőmérséklet

A francia atomenergiabizottság és a CNRS (Nemzeti Tudományos Kutató Központ) közösen kifejlesztett és üzembe helyezett egy plazma olvasztó kemencét, amely 5000 °C-os kemencehőmérsékletével jóval felülmúlja az eddigi hasonló kemencéket. A duplafémfalú, vízhűtéses, forgó kamrás kemence hőforrása egy egyen- és váltóáramú ívkemence és egy plazmaégő kombinációja. A minimális energiaveszteséggel dolgozó kemencét egyelőre kutatási célokra használják. (P)

Ingenieur Digest, 1972. szept.

*

Nippon Kokan folyamatos lágyítórendszert fejlesztett ki

A Nippon Kokan fukuyamai üzemében a hidegen hengerelt szélesszalag folyamatos lágyításának új rendszerét vezették be, amely alkalmas arra, hogy kiválóan mélyhúzható acélt állítsanak elő a gépkocsi-ipar számára. A rendszer a teljes lágyítási folyamathoz szükséges időt mintegy 90%-kal csökkenti.

Az ónozott lemez gyártáshoz felhasznált acél folyamatos lágyító berendezéseit az 1930-as évek óta üzemeltetik. A mélyhúzásra alkalmas, hidegen hengerelt szélesszalag lágyítása során nagy nehézségek mutatkoztak, elsősorban a rövid lágyítási idő és a kristályosító kezelés utáni gyors hűtés miatt.

A Nippon Kokan új rendszere ezeket a problémákat egy speciális hevítési ciklus alkalmazásával oldja meg, amelynek az az előnye, hogy egy berendezésben lejátszódik mind az öt folyamat, amelyek a hagyományos megoldásoknál külön-külön berendezést igényelnek. Ezek a folyamatok: elektrolitikus tisztítás a hideghengerlés kenőanyagának eltávolítására, lágyítás, a reveképződést gátló hűtés, a kis nyomásokkal való hengerlés és a tekercselés. Míg a hagyományos eljárásoknál a hideghengerlés után a coils 10 nap alatt megy végig a teljes folyamaton, addig az új rendszerben a teljes lágyítási ciklushoz szükséges idő 1 napnál kevesebb. (P)

Japán Metal Bulletin, 1972. szept. 21.

*

Új rozsdamentes japán acél

A japán Tohuku egyetem egy új rozsdamentes acélt kísérletezett ki, ill. szabadalmaztatott Japánban, az USA-ban és az NSZK-ban. Az új acél igen magas, 30 százalékos Cr-tartalmú, Mo-tartalma max. 2%, C-tartalma max. 0,005% és N-tartalma max. 0,01%. Az acél dezoxidálása és kéntelenítése vákuum-argon atmoszférában kalcium adagolás mellett történik. (P)

Metal Bulletin, no. 5730.

*

Lengyel kísérleti üzem minőségi acélok gyártására

Üzembe helyezték a Strzemieszyce-ben épülő úgynevezett „Mikrohuta" kohászati üzem első, minőségi acélok gyártására alkalmas kísérleti részlegét. A két vákuum-kemencével rendelkező részlegben a jövőben különleges minőségű és tulajdonságú, speciális acélokat és ötvözeteket fognak gyártani. (P)

Montan, no. 213/1972.

*

Lengyel hidegszalag-hengermű

A japán Ishikawajima—Harima Heavy Ind. megbízást kapott a lengyel Centrozap külkereskedelmi vállalattól egy 350 000 t/év kapacitású tandem hidegszalag hengermű szállítására. A hengermű egy négyállványos 1700 mm-es tandem-sorból, egy ugyanilyen széles dresszírozó állványból, két hasító- és tekercselő berendezésből és a kapcsolódó segédberendezésekből áll. A hengerlési sebesség a kész állványból 700 m/perc, de a hengermű teljes kiépítésekor (600 000 t/év) eléri majd az 1200 m/percet. (P)

Stahl und Eisen, 1972. aug.

FÉMKOHÁSZAT

Rovatvezető: DR. BECKER ERVIN

Magyar-szovjet timföld-alumínium egyezmény

Megnyitó beszéd

RABI BÉLÁNÉ, az MSZMP XIII. ker. Párt Végrehajtó Bizottságának tagja, a MAT párttitkára

DK: 661.862.21+669.71 439+47 094.2 : 06.09



Kormányaink képviselői 10 évvel ezelőtt — 1962. november 15-én — írták alá a magyar—szovjet timföld-alumínium egyezményt. Ezzel az egyezménnyel kezdődött meg a hazai bauxitkincs gyors ütemű kitermelése és feldolgozása, a hazai timföld, alumínium és a belőle készült készáruk gyártásának rohamos fejlődése.

Az egyezmény aláírásának 10. évfordulója alkalmából az alumínium ipar székházába — melynek felépítését szintén az egyezmény adta fejlődés tette lehetővé — meghívtuk azon elvtársakat, akik résztvettek az egyezmény előkészítésében és az évek során munkájukkal támogatták az egyezményből származó feladatok sikeres megvalósítását.

Ezek az elvtársak fontos állami funkciójukban mint a Minisztertanács, az Országos Tervhivatal a minisztériumok, a bankok munkatársai egyengették a megvalósítás sokszor göröngyös útját.

Az alumíniumipar fejlesztési feladatait kiemelten tartalmazzák pártunk kongresszusi beszámolói és határozatai. Ezek megvalósítását az alumíniumiparral foglalkozó pártszervezetek mindenkor különös figyelemmel kísérték. Igen hálásak vagyunk a pártszervezetek rendszeres támogatásáért és különös örömünkre szolgál, hogy ünnepélyünkön üdvözölhetjük az érdekelt megyei, járási, budapesti és üzemi pártbizottságok munkatársait.

Hasonlóan, a magyar—szovjet timföld-alumínium egyezményből származó feladatok megoldására a Magyar Forradalmi Munkás-Paraszt Kormány és a Gazdasági Bizottság több ízben határozatot hozott.

Szeretettel köszöntöm az Országos Tervhivatal, a minisztériumok, az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság és az állami bankok munkatársait, az Alumíniumipari Kormánybizottság megjelent tagjait, az állami és társadalmi szervezetek ünnepélyünkön résztvevő vezetőit és munkatársait, akik tevékenységükkel a munkánkat elősegítő határozatok előkészítésében és megvalósításában, a felmerült nehézségek elhárításában számos esetben igen hatékonyan közreműködtek.

Az egyezmény 10 éves évfordulóját együtt ünnepeljük a Magyar Alumíniumipari Tröszt keretében



1. ábra. Dr. Szekér Gyula nehézipari miniszter ünnepi beszédét mondja. Az elnökségben Apró Antal, Rabi Béláné, Vályi Péter, B. P. Ivanov, Dajka Ferenc



2. ábra. Az elnökségben: Vályi Péter, dr. Dobos György, B. P. Ivanov, Dajka Ferenc



3. ábra. Dr. Szekér Gyula nehézipari miniszter üdvözli A. A. Vologyin az alumíniumipari főigazgatóság vezetőjét



4. ábra. A résztvevők egy része

működő vállalatok és intézmények dolgozóival, valamint az alumíniumipari objektumok kivitelezését megvalósító építőipari vállalatok és gépipari vállalatok vezetőivel és dolgozóival. Ezt az alkalmat is meg szeretném ragadni, hogy áldozatkész munkájukat megköszönjük és kifejezzem azt a reményemet, hogy a továbbiakban is számíthatunk hatékony munkájukra a magyar alumíniumipar fejlesztése érdekében.

Különös szeretettel üdvözlöm a körünkben megjelenet szovjet vendégeket. A Szovjet Nagykövetség tanácsosa, a Szovjet Hadsereg Déli Hadseregcsoportja parancsnokának és a szovjet alaumíniumipar vezetőjének részvétele ünnepségünkön, ékesen igazolja, hogy a magyar-szovjet timföld-alumínium egyezmény létrejötte kiemelkedő gazdasági jelentősége mellett nagymértékben járult hozzá a két testvéri nép barátságának elmélyítéséhez és a sokoldalú, hasznos, baráti kapcsolatok kiszélesítéséhez.

Mielőtt átadnám a szót az ünnepi szónoknak, engedjék meg, hogy a Magyar Alumíniumipari Tröszt párt és társadalmi szervezetei, gazdasági vezetése nevében sok szeretettel üdvözöljem körünkben:

Apró Antal elvtársat, az MSZMP Politikai Bizottságának tagját, az Országgyűlés elnökét, aki a magyar—szovjet timföld-alumínium egyezményt a magyar kormány nevében aláírta,

Vályi Péter elvtársat, a Minisztertanács elnökhelyettesét;

dr. Szekér Gyula elvtársat, nehézipari minisztert;

Herczeg Károly elvtársat, az MSZMP Fejér megyei Bizottságának első titkárát;

az MSZMP Központi Bizottságának tagjait, valamint *Dajka Ferenc* elvtársat, a Vegyipari Dolgozók Szakszervezetének főtitkárát;

Nagy Mária elvtársnőt, a Magyar—Szovjet Baráti Társaság Országos Elnökségének főtitkárát;

Czottner Sándor elvtársat, nyugalmazott nehézipari minisztert.

Ugyancsak szeretettel üdvözlöm

A. M. Szorokin elvtársat, a Szovjetunió Nagykövetségének tanácsosát;

Borisz Petrovics Ivanov vezérezredes elvtársat, a Szovjet Hadsereg Déli Hadseregcsoportjának parancsnokát;

Alekszandr Alekszandrovics Vologyin elvtársat, a Szovjetunió Színesfémkohászati Minisztériuma Kollégiumának tagját, az Alumíniumipari Főigazgatóság vezetőjét.

Tisztelettel megkérem *dr. Szekér Gyula* nehézipari miniszter elvtársat, szíveskedjék ünnepi beszédét megtartani.

A magyar-szovjet timföld-alumínium egyezmény sikeres végrehajtásáért!

Dr. SZEKÉR GYULA okl. vegyészmérnök, a kémiai tudományok doktora, nehézipari miniszter

DK: 661.862.21 + 669.71 439 + 47 094.2 : 06.09

„1962/1972"

Kormányaink képviselői 10 évvel ezelőtt írták alá a magyar—szovjet timföld-alumínium egyezményt.

A jelenlegi időszakban különösen időszerű az egyezmény megkötéséről megemlékezni. A szocialista országok közötti gazdasági integráció kérdéseivel a Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa és a tagországok kormányai elmélyedten és rendszeresen foglalkoznak. Mind nyilvánvalóbbá válik, hogy az egyes országok népgazdaságának gyors ütemű fejlesztése, a népek életszínvonalának hatékony növelése, korszerű és versenyképes termelőkapacitások kiépítése, csak a *nemzetközi együttműködés és kooperáció kiszélesítésével* valósítható meg. Eredményeink további fokozására fontos, hogy a hazánk számára nagy jelentőségű egyezmény gyakorlati megvalósításának első évtizedét körültekintően megvizsgáljuk és az eddig elért eredményeket gon-

dosan elemezzük. Az alumíniumipar és egész népgazdaságunk további fejlesztésére vonatkoztatva célszerű ebből a megfelelő következtetéseket levonni. Előljáróban néhány szót szeretnék szólni a magyar alumíniumipar helyzetéről az egyezményt megelőző időszakban.

Ismeretes, hogy a bauxitot hazánkban az 1920-as években kezdték bányászni és az utolsó háborús években 1943 és 1944-ben csúcsértékként mintegy 1 millió t bauxitot, 21 ezer t timföldet és 9 ezer t alumíniumtermelést értek el. A felszabadulás után nagymérvű változás következett be a magyar alumíniumiparban. A bauxitfeldolgozás, az alumíniumipar különböző fázisai rohamos fejlődésnek indultak. 1962-ig a termelés növelése, a meglevő üzemek rekonstrukciójával, intenzifikálásával, a technológia fejlesztésével valósult meg. 1962-ben kereken 1,5 millió t bauxitot, 240 ezer t timföldet, 53 ezer t alumíniumot és 38 ezer t alumínium félgyártmányt állítottak elő a Nehézipari Minisztérium irányítása alatt működő alumíniumipari vállalatok. A megvalósított műszaki intézkedések eredményeképpen 1962. évben, 1944-hez viszonyítva, a timföldtermelés közel 12-szeresére, a tömbalumíniumgyártás több mint 5-szörösére, az alumíniumfélgyártmánytermelés közel négyszeresére emelkedett.

Ebben az időszakban a magyar—csehszlovák timföld-energia, a magyar—lengyel timföld-alumínium egyezmény megkötése, 1951-ben, illetve 1960-ban a vertikális magyar alumíniumipar megteremtésének jelentős állomásai voltak.

Az 1960-as évek elején mind nyilvánvalóbbá vált az a felismerés, hogy az alumíniumipari vertikum egyik igen jelentős szakaszának — az elektrolitikus alumíniumgyártásnak — számottevő mértékű továbbfejlesztését országunk adottságai nem teszik lehetővé. Ezért a következő lehetőségek között kellett választanunk.

— Vagy lemondunk a bauxitfeldolgozás igen előnyös befejező munkaszakaszainak, a félgyártmány és készárugyártásnak országunk nyersanyagadottságaival arányos mértékű fejlesztéséről,
— Vagy pedig a részünkre csak viszonylag kis mértékben fejleszthető alumíniumkohászati termelés kiszélesítését a nemzetközi kooperációra alapozva oldjuk meg.

Az alumíniumipar fejlesztésére az utóbbi évtizedekben az egész világon jellemző, hogy a természeti és gazdasági adottságok kihasználása végett távoli területek összekapcsolásai váltak szükségessé. Néhányat csak példaképpen említenék: A Karibtengeri térségben bányászott bauxittal, illetve termelt timfölddel látják el jelentős mértékben az Egyesület Államok, Kanada és Norvégia alumíniumkohóit; az afrikai nyersanyagot feldolgozásra számos európai és ázsiai, illetve más afrikai országba szállítják; a közelmúltban feltárt ausztráliai bauxit és az abból gyártott timföld ugyancsak a szélrózsa minden irányába áramlik.

Korszerű alumíniumkohászat létesítéséhez a bauxitkincs mellett olcsó, nagy teljesítményű villamosenergia-forrásra és tekintélyes nagyságú beruházási eszközre van szükség; ezek csak ritka esetben állnak rendelkezésre, ugyanazon földrajzi térségben. A nemzetközi munkamegosztás, a feltételek kollektív megteremtése, a korszerű alumíniumipari bázisok létrehozásának nélkülözhetetlen előfeltételei. A magyar—szovjet timföld-alumínium egyezmény alapját az a felismerés képezte, hogy a KGST országok közül egyedül a Szovjetunió van olyan kedvező energetikai helyzetben, hogy villamos energia közvetett exportjára vállalkozhat alumínium formájában. A Szovjetunió ugyanakkor eltekint attól, hogy a magyar alumíniumipar energetikai problémáinak megoldásában történő részvételét saját céljaira szolgáló bauxit, illetve timföldszállításhoz kösse.

1962. november 15-én irta alá a két kormány képviselője a magyar—szovjet timföld-alumínium egyezményt. Az egyezmény alapján Magyarország 1967-től kezdődően fokozatosan 1980-ig évi 330 000 tonnáig növekvő mennyiségű timföldet szállít a Szovjetunióba és évi 165 000 tonnáig növekvő mennyiségű alumíniumtömböt vásárol vissza. A kölcsönös szállítások elszámolása a mindenkori szocialista világpiaci áron történik; az egyenleget Magyarország kliringben fizeti meg.

A magyar timföld és a szovjet alumíniumszállítás 1967-ben indult meg. Az elmúlt 10 éves időszak első felében a vállalt kötelezettségek teljesítésének kezdeti előfeltételei teremtődtek meg, második felében pedig már az egyezményben foglalt kölcsönös szállítások gyakorlati megvalósításáról győződhettünk meg.

Nem képzelhető el hálásabb feladat, mint az egyezmény aláírásának tizedik évfordulóján beszámolni arról, hogy az aláírás alkalmával megfogalmazott *célkitűzések* — amelyeknek lehetőségét az egyezmény teremtette meg — *következetesen és maradéktalanul megvalósultak.*

A szocialista nemzetközi munkamegosztás előnyei a magyar alumíniumipar fejlődésében és eredményeiben kézzel foghatóan lemérhetők.

A nemzetközi munkamegosztás folytán a fejlesztési költségek kedvező megosztása vált lehetővé Magyarország és a Szovjetunió között. Az alumíniumipar fejlesztésére hazánkban az 1962—1971. években mintegy 12 milliárd forintot fordítottunk. A magyar timföld szovjet kohósítása lehetővé tette, hogy hasonló nagyságrendű alumíniumkohászati, villamosenergia-ipari és segédanyaggyártó kapacitás beruházási költségétől mentesüljünk. A felszabaduló beruházási eszközökből olyan iparágakat tudtunk fejleszteni, amelyek nem villamosenergia-igényesek, mint például az alumíniumfélgyártmánygyártás és az erre épülő alumíniumkészáru-ipar. A kohósítás ellenértéke további piacot teremt a Szovjetunióban hagyományos, elsősorban a gépipari áruinknak. A Szovjetunió részére ugyanekkor kedvező az alumíniumgyártáshoz felhasznált olcsó villamos energia közvetett exportja.

Hazánkra az elmúlt tíz évben az egyezményből *kétirányú feladat hárult.* Egyrészt a timföldszállítási kötelezettség teljesítése érdekében új bauxitbányákat nyitottunk, bővítettük az ajkai és almásfüzítői timföldgyárat és Ajkán új nagy teljesítményű timföldgyárat építettünk, másrészt gondoskodni kellett a Szovjetunióból érkező alumínium-

fém hasznosításáról. E célt szolgálja a székesfehérvári szélesszalaghengermű létesítése és a meglevő présárú, huzalgyártó és készárugyártó berendezések korszerűsítése, bővítése.

A megnövekedett feladatokhoz *új technikai megoldások, korszerű műszaki fejlesztési* intézkedések kidolgozása vált szükségessé a bauxitbányászatban, timföldgyártásban és félgyártmány-gyártásban.

A bauxitbányászatban jelentős intézkedéseket tettünk a *munkahelyi gépesítés* és a szállítási rendszer fejlesztésére. Az aktív vízvédelem kidolgozása és bevezetése nemzetközi szinten is számon tartott eredmény. *A timföldgyártásban* a mennyiségi fejlesztéssel párhuzamosan a rekonstrukciók, s az új timföldgyár létrehozása során jelentős intézkedéseket tettünk a *technológia javítására, új, korszerű, nagy teljesítményű berendezések* felhasználására. (35 m ∅-jű Dorrok, 400 m² felületű lemezes aluminátlúg hűtők, 450 t/nap teljesítményű kalcináló kemencék.) Jelentős előrehaladás történt a szabadbatelepítés növelésére. A főbb technológiai folyamatokat gyakorlatilag teljesen automatizáltuk. Elismerésre méltó műszaki fejlesztési eredménynek tekinthető, hogy az egy t timföld előállításához szükséges gőzfelhasználást 3,5 t-ra, az egy t fém kohósításához szükséges villamos energiát pedig 15 450 kWh-ra sikerült csökkenteni az elmúlt 10 év alatt.

A félgyártmánygyártás fejlesztése központi kérdéssé vált. Új technikai megoldást jelent a szélesszalaghengerlési technológia. Bevezetése és elsajátítása jelentősen javítja a termék minőségét és növeli a termelékenységet. Törekedtünk a fokozottabb kikészítettségű termékek előállítására, a minőség és választék javítására hazai és vásárolt ismeretanyag alapján. Az alumínium építőipari elterjesztése végett a nyílászáró szerkezetek és panelok gyártásához új profilok egész sorát fejlesztettük ki.

Az alumínium-hordozó *készárugyártás* kiszélesítése érdekében létrehoztuk az Alumínium Alkalmazástechnikai Szaktanácsadó Szolgálatot. A Magyar Alumíniumipari Tröszt keretében is megindult a készárugyártás.

Az egyezmény óta eltelt tíz év alatt a magyar alumíniumipar figyelemreméltó fejlődésnek indult. 1962-hez képest timföldtermelésünk 2-szeresére, alumíniumfélgyártmány-termelésünk csaknem 2,5-szeresére emelkedett. Az együttműködés volumenére és nagyságára jellemző, hogy az egyezmény megkötése óta több mint 400 000 t alumíniumot szállított a Szovjetunió hazánknak. Annak érdekében, hogy a készárugyártó ipar fejlődését meggyorsítsuk és az épülő székesfehérvári szélesszalaghengermű felvevőpiacát előkészítsük, a Szovjetunióból az alumínium tekintélyes részét, több mint 100 ezer tonnát az 1967—1971-es években félgyártmányok formájában hoztuk be.

Mindezek lehetővé tették, hogy az egy személyre jutó alumíniumfogyasztás az 1962. évi 4,3 kg-ról 1971-ben 10,3 kg-ra nőtt, amivel elértük, illetve túlhaladtuk egyes fejlett nyugat-európai országok, mint Anglia, Franciaország, Ausztria, Olaszország, fajlagos alumíniumfogyasztását.

Erőteljesen fejlődött az *alumínium felhasználása* azokban az iparágakban, amelyekben a korábbi hiánygazdálkodás időszakában korlátozott mennyiségben jutottak hozzá a fémhez. Ezek között ki kell emelni elsősorban a tömegcikkipart és az építőipart. A félgyártmányipar új termékeket hozott forgalomba, ezek felhasználásával a készáruipar is mind több új, korszerű terméket állít elő. Az együttműködés eredményeképpen *az alumínium* hazánkban *ma már nem hiánycikk*, az alapvető termékekben a fogyasztók ellátása igen megfelelő, viszonylag kis mennyiségű alumíniumfélgyártmányt minőségi és választéki okokból importálunk.

Az egyezmény hatásaképpen az *alumíniumipar szerkezete kedvezően alakult*. Ennek szemléltető mérő száma a teljes bauxittermelésünk hasznosítható fémtartalmából a népgazdaság rendelkezésére bocsátott alumínium alapanyag aránya, vagyis, hogy a bauxitkincsünkből származó fémet milyen mértékben dolgozzuk fel az országban. Az együttműködés révén a Szovjetunióból származó fém figyelembevételével a *bauxit alumíniumtartalmának hazai hasznosítási százaléka* az 1962. évi 21,5%-ról 1971. évben *46%-ra emelkedett.*

Az alumíniumiparnak jelentős szerepe van hazánk *külkereskedelmi forgalmában*. Az export szerkezete ugyancsak visszatükrözi az egyezmény megvalósítása következtében végbement fejlődést. Míg 1962. évben az export értékének túlnyomó részét az alapanyagjellegű termékek képezték, addig 1971-ben a félkész-és készáruexport aránya 36% volt. Jelentősen növekedett az alumínium termékek exportja a szocialista és tőkés országokba egyaránt. Az 1962. évi 6 millió rubel értékű forgalom 1971. évben már elérte a 42 millió rubelt. Említésre méltó, hogy az elmúlt évben mintegy 23 000 tonna alumíniumot exportáltunk különböző készáruk és gépipari termékek formájában. Az alumíniumipari termékek exportja évről évre fokozódó mértékben járul hozzá fizetési mérlegünk javításához.

A magyar—szovjet timföld-alumínium egyezmény elhárította azt az akadályt, amely a bauxitvagyonunkkal arányos méretű félkész- és készáruipar kifejlesztése útjában állott. Lehetővé vált az alumíniumipar lendületes és egészséges szerkezetű fejlődése. Az egyezményadta lehetőségek kiaknázásához az előfeltételeket a *párt és kormányzati szervek megkülönböztetett figyelme* és rendszeres segítése teremtette meg. Az alumíniumipar fejlesztésének feladatait kiemelten tartalmazzák a III. és IV. ötéves tervre vonatkozó irányelvek, a párt VIII., IX. és X. kongresszusának beszámolói és határozatai.

A kormány 1970-ben hagyta jóvá az alumíniumipar 1985-ig terjedő *központi fejlesztési programját*, amely meghatározza az egyezményből származó magyar szállítási kötelezettségek teljesítéséhez szükséges bauxitbányászati és timföldgyártási fejlesztéseket. A program kiterjed a feldolgozóipar legjelentősebb területeire is. A rendelkezésre álló fémbázis alapján megteremtődik Magyarországon az olcsó alumínium készáruk bősége, amely nemcsak hazánk, hanem számos baráti ország jó mi-

nőségű ellátását eredményezheti nívós alumíniumipari termékekkel.

Alapvető célkitűzésünk a szükséglet további kielégítése a fogyasztás mindazon területén, ahol az magyar viszonyok között gazdaságosan megvalósítható. A fogyasztás átlagosnál nagyobb mértékű növekedésével számolunk az építőiparban és a mezőgazdaságban, a vegyi- és élelmiszeriparban. A lakosság közvetlen igényeinek kielégítéséhez járulnak hozzá a vegyi-, élelmiszeripar és csomagolóeszközöket gyártó ipar, az edény-, háztartási- és tömegcikkipar alumíniumból készült és alumíniumot is tartalmazó termékei (gázpalack, fémtubus, sörös-hordó, teflon bevonatú edények).

Az alumíniumipar fejlesztése meggyorsította más iparágak fejlődését is. Túlzás nélkül állíthatjuk, hogy a korszerű fejlett alumíniumáruk bősége kedvezően hat gépiparunk, kábelgyártásunk, fémtömegcikkiparunk, építőiparunk, mezőgazdaságunk és élelmiszeriparunk korszerűségére és versenyképességének fokozására.

Nem kétséges, hogy a két ország között létrejött egyezmény jelentősen meggyorsította a műszaki fejlesztést azon a téren is, hogy alumíniumiparunk ma már képes önállóan elvégezni *komplett gyárak tervezését* más országok számára. Hazánk már *komplett timföldgyárakat* és ehhez szükséges berendezéseket *exportál*. Magyar tervek alapján építenek timföldgyárat Indiában, Romániában, Jugoszláviában.

A hazai bauxitkincs hasznosítása kedvezően hatott a *vidék iparosítására*. Tapolca, Ajka és Székesfehérvár fejlődésére meghatározó jellegű az igen jelentős ipari objektumok létrejötte, az alumíniumipar fejlesztéséhez kapcsolódva a városonként telepített többszáz lakás, valamint a csatlakozó szociális, kulturális, egészségügyi és oktatási létesítmények egész sora. A munkások létszáma az utolsó tíz év alatt 50%-kal növekedett, ami kereken 5000 új dolgozót jelent, akik mint bauxitbányászok, timföldgyári munkások, kohászok, öntők és hengerészek alapozták meg életüket az alumíniumiparban.

A magyar és a szovjet fél kölcsönös készsége, hogy az *egyezmény meghosszabbításáról* és bővítéséről már a közeljövőben tárgyaljanak, igazolja, hogy az alapelvek, amelyekre a szocialista nemzetközi munkamegosztás és együttműködés épült, megfelelnek a szerződő felek érdekeinek és kiállották a gyakorlati élet próbáját.

A magyar-szovjet timföld-alumínium egyezmény előkészítő munkájában magyar és szovjet alumíniumipari, villamosenergia-ipari, közlekedésügyi szakemberek legjobbjai vettek részt. Elmélyült tevékenységük eredménye képezte a két kormány döntésének alapját. A szerződés megkötése után a megvalósításban mindkét országban a dolgozók tízezrei vettek részt, akiket gyakorlati munkájukban a szakmai szeretet, a szocializmus építésébe vetett hit mellett különösen lelkesített az a tény is, hogy végzett munkájuk példaadó ügyet szolgált, amely nagy gazdasági jelentősége mellett szélesíti a két testvéri nép őszinte barátságát is.

A villamosenergia-költségek tarifális csökkentési lehetőségei az alumíniumkohászatban

MUSZA KORNÉL okl. gépészmérnök
Tatabányai Alumíniumkohó

DK: 669.71.041 : 621.365 : 338.58.002.234

A cikk ismerteti az alumíniumkohászati villamosenergia költségek elvi csökkentési lehetőségeit. Részletesen tárgyalja a csúcsidőszakokban elérhető teljesítménycsökkentési lehetőségeket. Ismerteti a teljesítménytényező javításával elérhető költségcsökkentési eredményeket. Végül értékeli az egyes módszerek gyakorlati megvalósíthatóságát.

Ismeretes az alumíniumelektrolízis energiaigényessége és az a tény, hogy az alumínium előállítási árának jelentős hányadát képezi az elektrolízishez felhasznált villamosenergia-költség. Hosszú idő óta sokoldalú és következetes munka folyik ezeknek a költségeknek a csökkentésére. A költségcsökkentő törekvések általában a kohászati technológia fejlesztésével igyekeztek — nem is eredménytelenül — a kívánt célt elérni.

A villamosenergiaipar rohamos fejlődése, a nagy energiarendszerek létrehozása és az ezáltal kialakult tarifarendszer új lehetőségeket is kínál a villamosenergiaköltségek csökkentésére. A jelenleg érvényben levő 39/1967. (ÁT. 46) NIM-ÁH számú utasítás alapján 50 kW lekötött teljesítmény felett a teljesítménydíjas árszabást kell alkalmazni. Eszerint a villamos teljesítmény (kW) lekötéséért *teljesítménydíjat*, a villamosenergia mennyiségéért, a fogyasztásért (kWó) pedig *áramdíjat* kell fizetni.

A teljesítménydíj az alapdíj és a csúcsdíj együttes összegéből áll. Az alapdíjat a szerződésben a nappali, a csúcsdíjat a szerződésben csúcsidőszakra lekötött évi (12 havi) legnagyobb teljesítmény után kell megállapítani.

Az alumíniumkohászatban általában alkalmazott alaphálózati vételezésnél

az alapdíj összege évi	300.— Ft/kW
a csúcsdíj összege évi	660.— Ft/kW
az áramdíj nappali és csúcsidőszakban	0,30 Ft/kWó
az áramdíj éjszakai időszakban	0,20 Ft/kWó

Az említett tarifarendelet 21. § szerint a villamosenergia teljesítménydíjas árszabással számított árából a teljesítménytényező (cos φ) értékétől függően árengedményt kell nyújtani, illetőleg arra felárat kell számítani. A rendelet a 0,90—0,92 közötti teljesítménytényező-értékeket tekinti felár, illetve árengedmény menteseknek. A cos $\varphi < 0{,}9$

értékeknél felárat kell fizetni, cos $\varphi > 0{,}92$ értékeknél pedig a fogyasztó árengedményt kap.

Ezek alapján — változatlan mennyiségi termelést feltételezve — három lehetőség látszik a villamosenergiaköltségek csökkentésére:

1. a csúcsidőszakra igényelt villamosteljesítmény, s ezzel együtt a csúcsdíj csökkentése;
2. az éjszakai energiaigény növelése s ezzel egyidejűleg a nappali energiaigény csökkentése;
3. a teljesítménytényező javítása.

1. Csúcsdíjcsökkentési lehetőségek

Az igényelt teljesítmény túllépését az áramszolgáltató vállalat pótdíj kiszabásával bünteti. (A teljesítményfelvétel ellenőrzése negyedórás átlagértékek alapján történik.) A pótdíj a teljesítménydíj 200%-a az érintett időszakra. 1 MW túllépés, ha egy hónapban egyszer történik is csak, 160 ezer Ft többletköltséget jelent. Az alumíniumkohói teljesítményigényt tehát a fentiek és az anódeffektek eléggé kiszámíthatatlan teljesítménycsúcsai miatt megfelelő óvatossággal kell megbecsülni.

A vállalatok az alkalmazott kohászati technológiától függően több-kevesebb többletteljesítményt kötnek le az anódeffekteknél fellépő teljesítménycsúcsok miatt. Egy közepes nagyságú hazai alumíniumkohónál kb. 2 MW ez a lekötött és csak az anódeffektek alkalmával kihasznált többletteljesítmény. Ha a csúcsidőszakban biztosítani tudjuk azt, hogy az anódeffektek miatt ne lépjenek fel teljesítménycsúcsok, akkor kb. 1,0—1,5 MW-tal csökkenteni tudjuk a csúcsidei teljesítményigényt. Ez pedig az éves energiaköltség 660 000—990 000 Ft-tal történő csökkentését jelenti.

A csúcsidőszakok:

I. XI., XII.	hónapokban	...16 30—20 00 óra
II. X.	hónapokban	...17 00—20 00 óra
III. IX.	hónapokban	...18 00—20 30 óra
IV. VIII.	hónapokban	...18 30—20 30 óra
V. VI., VII.	hónapokban	...19 30—21 00 óra

Azt, hogy a csúcsidőszakban az anódeffektek miatt ne lépjenek fel teljesítménycsúcsok, a következő módokon lehet elérni:

a) kohászati technológiai intézkedésekkel biztosítani azt, hogy a csúcsidőszakban anódeffektek ne jelentkezzenek,

b) az egyenirányító berendezés feszültségének korlátozásával megakadályozni azt, hogy az anódeffektek alkalmával jelentkező ellenállásnövekedés az automatikus szabályozás többletfeszültséggel kompenzálja,

c) az anódeffektek által keletkezett többletteljesítményt kompenzálni a negyedórás mérési időtartamon belül egyéb időszakban végzett teljesítménycsökkentéssel,

d) a csúcsidőben végrehajtott olyan áramerősségcsökkentéssel, amelynél a hőegyensúlyt feszültségemeléssel biztosítjuk,

e) az a-b-c-d pontokban közölt intézkedések kombinálásával.

Az egyes lehetőségeket a következőkben részletesen tárgyaljuk:

a) *Anódeffektek fellépésének megakadályozása csúcsidőszakban*

A csúcsidők időtartama 2—3 óra. Az általánosan alkalmazott, nagyjából egyenletes effektelosztásra törekvő kádbetörési rendszer megváltoztatásával lehetőség van a csúcsidei effektszám csökkentésére. A csúcsidőszakot közvetlen megelőző 1/2—1 órás időszakban az összes kád beverésével a csúcsidőben az anódeffekt fellépésének valószínűségét a minimálisra lehetne csökkenteni.

A módszer hátránya, hogy 100%-osan nem biztosítja, az anódeffektek kiküszöbölését a csúcsidőszakban. Emellett a megfelelő technológiai fegyelem biztosításának nehézségei és a jól képzett szakmunkások hiánya is problematikussá teszi — legalábbis jelenleg — a módszer alkalmazhatóságát.

b) *Feszültségkorlátozás*

Viszonylag egyszerű módon végrehajtható és biztos módszert ad az egyenirányító berendezések feszültségének korlátozása.

Vizsgáljuk meg, hogy a teljes feszültségkorlátozás milyen áramerősségcsökkenéseket eredményez effekt alkalmával. A vizsgálatot egy kisebb és egy nagyobb feszültségű kohócsarnokra végezzük.

A kisebb feszültségű kohócsarnokra vonatkozó számítás:

A kohó üzemi feszültségét $U = 200$ V-nak veszszük, a kádszámot 48-nak, a polarizációs feszültséget $Up = 48.1{,}65 = 80$ V-nak, az áramerősséget $I = 60$ KA-nek.

A csarnok ellenállása tehát

$$R = \frac{U - U_p}{I} = \frac{200 - 80}{60 \cdot 10^3} = \frac{120}{60 \cdot 10^3} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ ohm}$$

Egy 30 V-os effektet feltételezve, az effekt alkalmával az ellenállás

$$Re = \frac{230 - 80}{60 \cdot 10^3} = \frac{150}{60 \cdot 10^3} = 2{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ ohm}$$

A kohócsarnok ellenállásának százalékos növekedése tehát effekt alkalmával

$$\frac{Re - R}{R} = \frac{0{,}5}{2} = 0{,}25, \text{ tehát } 25\%$$

Nagyobb feszültségű kohócsarnoknál:

A csarnokok összegezett üzemi feszültségét 800 V-nak vesszük, a kádszámot 190-nek, a polarizációs fesz-t $190 \cdot 1{,}65 = 314$ V-nak. A csarnok eredő ellenállását tehát

$$R = \frac{800 - 314}{60 \cdot 10^3} = \frac{486}{60 \cdot 10^3} = 8{,}1 \cdot 10^{-3} \text{ ohm}$$

Egy 30 V-os effekt fellépése alkalmával az ellenállás

$$Re = \frac{516}{60 \cdot 10^{-3}} = 8{,}6 \cdot 10^{-3} \text{ ohm}$$

A kohócsarnok ellenállásának százalékos növekedése egy effektnél:

$$\frac{Re - R}{R} = \frac{0{,}5}{8{,}1} = 0{,}06, \text{ vagyis } 6\%$$

Mivel teljes feszültségkorlátozást tételezünk fel, effektek alkalmával az áramerősségek csökkenése

százalékosan ugyanolyan nagyságú lesz, mint az ellenállások növekedése. Az

$$I = \frac{U - Up}{R}$$

képlet számlálója ugyanis nem változik az effekt alkalmával. Ennek megfelelően a kisebb feszültségű kohócsarnokban a feszültségkorlátozás esetén egy effekt alkalmával az áramerősségcsökkenés nagysága

$$0{,}25 \cdot 60 - 15 \text{ kA}$$

A nagyobb feszültségű kohócsarnokban ugyanez:

$$0{,}06 \cdot 60 = 3{,}6 \text{ kA}$$

A számításból érzékelhető, hogy a nagyobb feszültségű kohócsarnokokban a feszültségkorlátozás könnyebben megvalósítható. Példánkban ugyanis itt naponta 2—3 órai időtartam alatt (csúcsidőben) egy effekt fellépése alkalmával 3,6 kA lesz az áramcsökkenés, s ez üzemszerű állapotnak is elfogadható. Legfeljebb arra kell törekedni, hogy egyidejű effektek lehetőleg ne lépjenek fel az említett időszakokban.

c) *Az effektek többletteljesítményének kompenzálása 15 percen belül*

Az energiarendelet szerint: „Teljesítményen a csatlakozási ponton $^1/_4$ órára vonatkoztatott átlagteljesítményt kell érteni".

A teljesítmény ellenőrzése is $^1/_4$ órás átlagokra történik. Ez elvileg lehetőséget nyújt arra, hogy az általában 3—4 perces, effektek alkalmával fellépő teljesítménytöbbletet a negyedórás időtartamon belül teljesítmény-csökkentéssel kiegalizáljuk.

Az eljárás gyakorlatilag azt jelenti, hogy a csúcsidőszak alatt a vezénylőtermi személyzet ellenőrzi a negyedórás teljesítményátlag változását és esetleges teljesítménytúllépés után áramerősségcsökkentést hajt végre valamelyik egyenáramú körben $^1/_4$ órán belül.

Az eljárás kiküszöböli a *b)* pontban említett kisebb feszültségű kohócsarnokoknál jelentkező nehézségeket. Emellett konkrét, jól ellenőrizhető és gazdaságilag értékelhető prémiumfeladatot jelenthet a vezénylőtermi dolgozók számára is. Nehézségeket okozhat azonban az effektek után törvényszerűen jelentkező áramerősségcsökkenés, valamint az a tény, hogy a $^1/_4$ órás időszakok utolsó perceiben jelentkező teljesítménycsúcsok kiegalizálására már nincs lehetőség.

d) *Csúcsidőben végrehajtott áramerősségcsökkentés*

Ismeretes, hogy alumíniumelektrolízisnél a bevezetett villamosenergia egy részét közvetlenül az alumínium kiválasztására fordítjuk, másik része (I^2R) melegíti a kádakat. Elvileg elképzelhető egy olyan állapot, amelyben az áramerősséget csökkentjük (I_1), és a hőegyensúlyt megemelt ellenállással (R_1) biztosítjuk.

Az

$$I^2R = I_1^2R_1$$

feltétel biztosítása azt jelentené, hogy a kádak állapotát a változtatás nem érintené, azonban a termelés csökkenne csúcsidőben. Ezt a termelés-csökkenést azután csúcsidőn kívül, olcsóbb energiával pótolnánk.

A megoldás egyik feltétele az, hogy az anódmozgatást valamennyi kádnál megbízhatóan lehessen napjában kétszer elvégezni. Ez elsősorban technológiai fegyelem és munkaerő kérdése. A kivitelezhetőséget részben a rendelkezésre álló munkaerőállomány minősége dönti el.

Felvetődhet azonban itt egy kohócsarnoki irányítóközpont, egy ún. kohászvezénylő kiépítésének lehetősége is. Ennek megvalósítása két lépcsőben célszerű. Az első fokozatban a kádfeszültségek gyors és pontos ellenőrzését kell megvalósítani. Az itt szolgálatot teljesítő szakos mérnök telefonon, vagy egyéb akusztikus úton közölné, azután a kádfeszültség beállítására vonatkozó utasításait. A második lépcsőben az egyes kádak anódmozgatásai közvetlenül a kohász vezénylőből lennének elvégezhetők.

A kohászvezénylő megvalósításának nehézségét elsősorban a sok kábelezési munka (100—200 kádról kell a vezénylőbe kádfeszültséget, később az anódmozgatás feszültségét és esetleg más információkat eljuttatni) jelenti. Kétségtelen azonban, hogy egy ilyen irányítóközpont jelentősen megkönnyítheti a kohócsarnoki műveletek ellenőrzését és helyes üzemvitelét.

e) *A csúcsidőben történő teljesítménycsökkentésnek* további lehetőségeit adják az ismertetett egyes módszerek kombinációi. Az *a)* és *b)* eljárás együttes alkalmazása azt jelentené, hogy a lehetőség szerint megszüntetjük a csúcsidőben az effektek fellépését és egyidejűleg a feszültséget a vezénylőteremben lereteszeljük. Ez a kompromisszumos megoldás esetleg kivitelezhetővé tenné a kisebb feszültségű kohócsarnokokban is a feszültségkorlátozás alkalmazását. Még a nagyobb, 15 kA-es áramerősségcsökkenés is elviselhető ugyanis, ha az napjában a csúcsidőben csak összesen 1—2 alkalommal jelentkezik. Ugyanigy megkönnyítené a c) pontban említett teljesítménykompenzálást az *a)* és *c)* módszerek együttes alkalmazása, hiszen 1—2 effekt esetében egyszerűbb ezt végrehajtani, mint 8—10 effekt fellépésénél.

Az *a)*, *b)* és *d)* eljárások kombinálása már több munkát és nagyobb technológiai felkészültséget jelentene, de megvalósításuk esetén nagyobb (évi 2—3 millió Ft) megtakarítás jelentkezne.

2. Villamosenergia árcsökkentés a nappali energiamennyiség csökkentésével és az éjszakai energiamennyiség egyidejű növelésével

A villamosenergia-rendelet szerint az energiaköltség másik fele, az áramdíj a következőképpen fizetendő:

Nappali és csúcsidőszakban .... 0,30 Ft/kWó
Éjszakai időszakban ..... 0,20 Ft/kWó

Elméletileg fennáll tehát annak a lehetősége, hogy a termelést az éjszakai 22—6 óráig terjedő időszakban növelve, s a nappali időszakban csökkentve, azonos össztermelést kisebb energiaköltséggel állítsunk elő.

Természetesen itt elméletileg is csak kisméretű 1—2 kA nagyságrendű különbségek képzelhetők el az éjszakai és a nappali időszakban. Emellett ez is csak akkor, ha — mint az *1. d)* pontban tárgyaltaknál — valamennyi kád működtetését és ellenőrzését biztosan kezünkben tartjuk és a kádak hőegyensúlyát biztosítani tudjuk az áramerősségváltozásokkal egyidejűleg végrehajtott kádellenállás-változtatásokkal. Tulajdonképpen ez az eljárás inkább a távolabbi jövő egyik lehetősége és megvalósításához a már említett kohászvezénylő kiépítése is szükségesnek látszik.

3. A teljesítménytényező javítása

Az alumíniumkohók — szabályozott egyenirányító berendezésük miatt — nem tisztán ohmikus, hanem induktív jellegű fogyasztók. Teljesítménytényezőjük többek között az alkalmazott egyenirányítási fajtától (félvezetős, higanygőz stb.), a kohászati technológiától, az egyenirányított feszültség nagyságától is függ. A hazai, túlnyomórészt félvezetős berendezéssel üzemelő kohók teljesítménytényezője 0,87—0,91 között van.

A teljesítménytényező javítását a gyakorlatban vagy a kohászati technológia alkalmas megválasztásával, vagy kondenzátortelepek beépítésével valósíthatjuk meg.

A kohászati technológia alkalmas megválasztása ebből a szempontból azt jelenti, hogy kisebb tartalékfeszültséggel üzemelünk. Az állandó áramerősségre szabályozás helyett tehát az állandó feszültségű üzemmód felé állítjuk be az üzemeltetést. Ebben az esetben ugyanis az egyenirányító berendezés fojtása, kivezérlési szöge kisebb, a teljesítménytényezője pedig nagyobb lesz. A módszer természetesen csak a vezérlés által okozott meddőteljesítményt csökkenti, a transzformátorok, fojtók mágnesezési áramait nem érinti. Általában csak nagyobb feszültségű berendezésben érhetjük el vele a kívánt eredményt.

Az általánosabban alkalmazható módszer a kondenzátorokkal történő teljesítménytényező javítás. Jóllehet az egyenirányító berendezések felharmonikus áramai miatt itt speciális megoldások (szűrőkörök) szükségesek, ez a módszer mégis kedvezően alkalmazható. Ennek oka egyrészt az, hogy nem korlátozza a kohászati technológia megfelelő megválasztását, másrészt viszonylag kis beruházásokkal jelentős gazdasági eredményt érhetünk el. Az említett rendelet alapján egy közepes teljesítményű hazai alumíniumkohónál, a teljesítménytényezőt 0,87-ről 0,94 fölé javítva kb. 5 millió Ft felár helyett mintegy 3,5 millió Ft árengedményt lehet elérni 6—7 millió Ft-os beruházással. A kérdés alapos vizsgálata és a beruházási optimum megkeresése a jelentős gazdasági eredmény miatt mindenképpen célszerűnek látszik, bár a probléma új a hazai alumíniumkohászatban. Napjainkig ugyanis az iparág teljesítménytényező felár fizetésére nem volt kötelezve.

Az egyes módszerek értékelése

Az elvi lehetőségek vizsgálata után kiértékeljük ezek gyakorlati megvalósítási lehetőségeit, s megállapíthatjuk a teendők fontossági sorrendjét.

A) Első helyen kell foglalkoznunk a kondenzátoros teljesítménytényező javítással. Két kohónkban folynak előkészületek ennek bevezetésére. Célszerű azonban a kérdést behatóan, iparági szinten is megvizsgálni. Egy esetleges teljes, mindhárom kohóban történő optimális bevezetés esetén ugyanis az elérhető összes energiaköltség megtakarítás évente 20—25 millió Ft nagyságrendű.

D) Egyszerűen megvalósíthatónak látszik a nagyobb feszültségű kohócsarnokokban a csúcsidei feszültségkorlátozás. Ennek bevezetése nem igényel különleges előkészületeket. A megvalósítás az egyenirányító berendezésekben történő reteszelésekkel történhet. Kohászati intézkedések esetleg csak arra szükségesek, hogy a mintegy 2—3 óra időtartamú csúcsidőszakokban egyidejű effektek, effekt-torlódások ne keletkezzenek.

C) Következő lépésként jöhet számításba a kisebb feszültségű kohócsarnokokban a csúcsidei effektszám minimálisra csökkentése technológiai beavatkozással, és egyidejűleg a mégis fellépő kis számú effekt többletteljesítményének kikompenzálása áramerősségcsökkentéssel csúcsidőn belül.

A *B)* és *C)* pontban említett intézkedések közepes teljesítményű hazai alumíniumkohónál kb. 1 MW csúcsidei teljesítménycsökkenést, s ennek következtében évi 660 000 Ft költségcsökkenést eredményeznek.

D) Végül az *1. d* pontban említett csúcsidei, s a *2.* pontban felvetett nappali áramerősségcsökkentés a távolabbi jövő lehetőségének látszik. Bevezetésüket kísérleteknek és bizonyos műszaki feltételek megteremtésének kell megelőzni, — de megvalósításuk elvileg nem mondható lehetetlennek

Műszaki és gazdasági hírek

Ceylon a hazai 10 et alumíniumigény kielégítésére évi 20 et alumíniumot akar termelni, a többletet exportra szánja. A bauxitot addig importálják, míg helyi forrásokat nem találnak.

Mining Journal, 278 k. 7117. sz. 1972. jan. 14. p. 53.

*

Indiai közlés szerint a magyar ipar új megbízást kapott timföldgyár építésére Ratnagiriben. A kombinátot 100 et timföld és 50 et/év alumínium gyártására tervezik. Magyar részről a második indiai megbízást a befejezés előtt álló korba-i gyár építésével kapcsolatos megelégedésnek tulajdonítják.

Alumínium 48 k. 11. sz. 1972.

*

A London Officers of Bankers Trust Co. által irányított 5 bankból álló koncern 10 millió kölcsönt adott 5 évre Iránnak, az Iranian Al. Co.-nak. Ez a kölcsön Arakban építendő új alumíniumkohó építésére szolgál.

Revue de l'Al. 402 k. 11. sz. p. 1077.

*

Iran Anaconda és *Sar Chesnek Copper Mining Co.* megállapodást kötött a világ legnagyobb rézlelőhelyének feltárására. A lelőhely kb. 400 millió tonnás és réztartalma 1,12%. A bánya nyersréz termelése kb. 145 et lesz.

A második 5 éves terv folyamán *Irán* továbbfejleszti a feltárásokat. Mintegy 1000 millió t érckészletre számítanak, melyből eddig közel 500 millió tonnát tártak fel.

Metal Bulletin 5717. sz. 1972. júl. 18. p. 14.

*

Az *Iranian Aluminium Company* (IRALCO) 10 millió $ hitelt kapott, hogy alumíniumkohója részére megfelelő mennyiségű nyersanyagkészletet szerezzen be. A kölcsönt 7 évre a Chicagó-i Nemzeti Bank biztosította. IRALCO 82,5%-ban az iráni kormány kezében van. A 45 et-ás araki alumíniumkohót 1972 májusában a perzsa sah jelenlétében ünnepélyesen felavatták, de csak 1973 márciusára tervezik az üzem teljes kapacitására való felfutását.

Metal Bulletin, 5736. sz. 1972. szept. p. 16.

*

A 45 et-ás IRALCO alumíniumkohó teljes termeléséből 15 et hazai szükségletet elégíti ki. 10 et-át Pakisztán veszi át, a többit exportálják. A létesítmény beruházási költségeit 50 millió $-ra becsülik.

Metal Bulletin 5737. sz. 1972. szept. 29. p. 19.

*

A rézkitermelést a *San Xavier* (Arizona) bányában 1973 közepén kezdik meg. A bányában két, kb. 0,5% réztartalmú szulfidos ércelőfordulás van. Egy-egy előfordulás felső, oxidált tartományában a réztartalom mintegy 1%, ami 8 évi termelést biztosít. A *Sacaton* bányában két szulfidos ércelőfordulás van, az egyik réztartalma mintegy 0,76% — itt külfejtéssel termelnek —, a második réztartalma 1,37%, itt a bányászatot 1979-ben mélyműveléssel kezdik meg. A bánya a dúsítóba 9 et/nap ércet fog szállítani. A cég 1971-ben 75,8 et rezet kohósított.

Skill. Mining Rev. 61, k. 24. sz. 1972. p. 4.

*

Ausztrália bauxittermelése 1971-ben elérte a 12,5 millió tonnát. Az előző évhez képest 37% az emelkedés. A Bureau of Resources feltételezi, hogy Ausztrália lesz a világ vezető bauxittermelője.

Mining Journal 279. k. 7161. sz. 1972. nov. 17. p. 396.

*

A kéreg vastagságát alumínium elektrolizáló kádakon a katódszekrény, elektrolit és a levegő hőfoka befolyásolják. A szerzők elméletben és gyakorlatban bemutatják, hogy a kéreg vastagsága kiszámítható a katódszekrény falak középhőmérsékletéből, ha minden 4—5 órában végeznek hőmérsékletméréseket.

G. Ja. Saidurov és tsai: Kéregvastagság ellenőrzés al.-elektrolizáló kádakon. Cvetnüje Met. 1972. 45. k. 2. sz. p. 33—35.

B. E.

*

A *görög bányászati termékek* exportja 1972-ben az előző évekhez képest erősen csökkent, sőt az egyik legfontosabb exporttermék, a bauxit exportja egyenesen visszaesett a múlt évi mérték alá. Ez nemcsak a devizabevétel csökkentését jelenti, hanem attól kell félni, hogy a görög bányatermékek elvesztik versenyképességüket a nemzetközi piacokon. Az illetékes görög hatóságok számos intézkedést hoztak a bányatermékek exportjának növelésére.

Alumínium, 48. k. 11. sz. 1972. p. 774.

*

A *japán* kormány 1973. jan. 1-től a kohóalumínium beviteli vámját 20%-kal csökkenteni szándékozik — a jelenlegi 9%-ról 7,2%-ra, ami a Közös Piac vámjának felel meg. A kormány intézkedése ellen a hazai alumíniumtermelők élesen tiltakoznak, mert már így is igen sok kohóalumínium jön be különböző országokból.

Alumínium, 48. k. 11. sz. 1972. p. 775

*

Belgrádi hírek szerint a Mosa Prijade Industria-kablova Svetozarevoban elsőként fog Jugoszláviában kábeleket hullámosított aluköpennyel gyártani. A gyártási kapacitás nem ismeretes.

Alumínium, 48. k. 11. sz. 1972. p. 778.

*

A jelenleg épités alatt levő *Seydisehir-i* alumíniumkombinát közelében alumínium továbbfeldolgozó üzemet létesítenek, háztartási eszközök, építőelemek és a vegyipar számára készülő termékek előállítására. Az üzemet 1973-tól az épülő Seydisehir-i alukohó fogja ellátni.

Alumínium, 48. k. 11. sz. 1972. p. 778.

*

Bolgár jelentések szerint a Schumen-i épülőben levő félkészáru gyárban felszerelték az első szovjet gyártmányú rúdprést. A kohóalumíniumot ugyancsak a Szovjetunió szállítja. Remélik, hogy 1976-tól sem hengerelt sem sajtolt terméket nem kell Bulgáriának importálnia.

Alumínium, 48. k. 11. sz. 1972. p. 781.

*

Indiai közlés szerint a magyar ipar új megbízást kapott timföldgyár építésére Ratnagiri-ben. A kombinátot 100 et/év timföld és 50 et/év kohóalumínium gyártására tervezik. Magyar részről e második indiai megbízást a befejezés előtt álló Korba-i gyár építésével kapcsolatos megelégedésre vezetik vissza.

Alumínium, 48. k. 11. sz. 1972. p. 782.

*

Olaszországban az alumínium-felhasználás az utóbbi években sokkal nagyobb mértékben emelkedett, mint a kohóalumínium termelés. Ez szociális és finánepolitikai szempontból egyaránt hátrányos. A tervek szerint a jelenlegi 190 et/év kapacitást 1980-ra a háromszorosára növelik.

Alumínium, 48. k. 11. sz. 1972. p. 767—768.

*

Amerikai sajtójelentések szerint az USA jelenlegi kohóalumínium kapacitása 3,1 millió t, ami körülbelül 5%-kal nagyobb az előző évinél. Ezt nem is igen kívánják növelni, hogy a termelés-kínálat viszonyok kiegyenlítődjenek. A f. évi kapacitás kihasználás előreláthatólag eléri a 92,5%-ot, az 1971. évi 83% és az 1970. évi 80%-kal szemben. A jövő évben 96%, sőt a második negyedévben 100% kapacitás kihasználásra számítanak.

Alumínium, 48. k. 11. sz. 1972. p. 777.

*

A *British Aluminium Co.* a londoni motorkiállításon egy teljesen alumíniumból készült autóhűtőt mutatott be. A hűtőt a Reynolds által kifejlesztett forrasztási eljárással különleges bevonatú csövekből készítették. Minthogy az USA-ban erősen propagálják az alu-autóhűtőket, a BACO sikerre számít.

Alumínium, 48. k. 11. sz. 1972. p. 782.

Z. L.

*

Görögország bauxitbányászata, timföld és alumínium gyártása 1969-től 1971-ig nagyon fellendült az *athéni Nemzeti Statisztikai Hivatal* adatai szerint. Az alábbi eredményt érték el (ezer tonnában):

	1969	1970	1971	Változás 1971-ben 1971-gyel szemben %-ban
Bauxit	1900	2280	2830	+48,9
Timföld	287	313	464	+61,7
Alumínium ...	82	88	111	+35,4

Ausztrália timföld és alumínium gyártása a *Statistical Bulletin Minerals and Mineral Products* adatai szerint a következően fejlődött (lg tonnában, 1 lg tonna = = 1016,047 kp):

	1971	1970	Változás 1970-hez viszonyítva %-ban
Timföld	2 629 000	2 105 000	+9,2
Alumínium ...	219 691	201 258	+24,2

K. J.

Bukarestben a Sheldon P. Wimpfen, U. S. Bureaux of Mines „Az ásványok áramlása a jövőben, problémák és lehetőségek" címmel tartott előadást. Összegyűjtött adatokból kitűnik, hogy a világszükséglet az öt legfontosabb színesfémből több volt mint 24 millió tonna. Ez az 1965-ös 19,5 millió tonnához viszonyítva mintegy 25%-os növekedést jelent. A szükséglet 2000-ben réz, alumínium, ólom, cink és ónból 155 millió tonnára becsülhető. A világtartalékok általában a színes fémek többségénél 2000-ben egyensúlyba kerülnek, ha a kutatás és a termelés a terveknek megfelelően halad. A világexport a legtöbb fémből, — a vas és színes fémeknél egyaránt — a világtermelés $^1/_4$—$^1/_3$-át jelenti. A színes fémek áramlása — különösen a félgyártmányoké — az egyes országok között igen gyorsan növekszik.

Gabrian és mások Romániában a színes fémek bányászatát ismertették. Előtérbe kerül az alacsony réztartalmú ércek intenzív bányászata. Romániában évek óta kutatások folynak a gyenge minőségű ércek bakteriológiai lúgzására és jelentős kísérletek éppen most fejeződtek be.

World Mining 25. 12. sz. 1972. november 0.46.

B. E.

*

Az USA nagy alumíniumgyárainak jövedelme tavaly 10 év óta a legalacsonyabb. Azóta az iparág fellendülőben van. Az év első negyedében például az összes belföldi hengerművek alumíniumtermelése 14,6 százalékkal volt magasabb, mint az előző évben, alumíniumtömbből pedig 2,4 százalékkal többet állítottak elő. A kiszállítások 12,1 százalékkal haladták meg az előző évi mértéket. A belföldi kereslet erősen emelkedett. A kínálat és kereslet közötti egyensúly még nem állt helyre; bár tavaly az árak már növekedtek. Az áremelkedés előreláthatólag folyamatos lesz.

A három nagy alumíniumgyár: az Alcoa, a Kaiser és a Reynolds haszna 60 százalékkal maradt el tavaly az 1970. évitől. Az ipar az év utolsó négy hónapjában a kapacitást csak 85 százalékban használta ki. A legutóbbi években túl sok alumíniumot termeltek és az árak nem alakultak megfelelően. A kereslet a múlt év felfokozott termelési ütemét nem követte. A kereslet felélénkült és a készleteket csökkentették, úgyhogy a piacokon a magasabb árak valószínűleg érvényesülni fognak.

Az USA-ban tehát javult az alumíniumipar helyzete, más országokban azonban túlzott a kínálat és ezért éles a verseny.

Világgazdaság, 1972. július 18.

*

A svájci-ausztrál Nabalco Pty Ltd, amely a Gove félsziget északi részén bauxitot termel, majdnem befejezte az 5000 lakos számára épülő Nhulunbuy bauxitváros létesítését, amely közvetlenül a 300 millió dolláros bauxitbánya és timföldgyár mellett van. Ez az Arnhemland nevű üzem 1973-ban kezdi munkáját. Gove-félszigeten Darvintól 65 km-re keletre van Ausztrália legnagyobb és legértékesebb bauxitlelőhelye. A félsziget központi fennsíkján legalább 250 millió tonna, átlag 50% Al_2O_3 tartalmú bauxit van.

Tonindustrie Zeitung 96. (1972) 6.

*

Az amerikai Kaiser Alumínium bejelentette, hogy ravenswoodi gyárában ismét üzembe szándékozik állítani azt a kádsort, amelyet tavaly októberben a piaci helyzetre való tekintettel leállítottak. A kádsor évi kapacitása 40 tonnára tehető. Ezután a vállalat amerikai termelési kapacitásának hozzávetőleg 88 százalékát foglalkoztatja majd, az október óta igénybe vett 82 százalék helyett.

Világgazdaság, 1972. július 25.

H. W.

*

Alcoa a múlt héten részleteket közölt egy új alumínium kohósítási eljárásról, melynek kutatására az utolsó 15 évben 25 millió $-t fordított. Az eljárás alapvetően abban különbözik a hagyományos Hall-Heroult technikától, hogy fluorid helyett kloridot — alumíniumklorid formájában — használ. Ezt azután elektrolitikusan elbontja fém-alumíniummá és klórrá, az utóbbit visszacirkuláltatja. Az eljárás hasonlít a primér magnézium előállításához, amit a múltban az Alcoa is tanulmányozott. A kulcskérdés a beruházási és üzemköltség az alumíniumklorid előállításnál.

Az új eljárás fő előnye a Hall-Heroult módszerrel szemben, hogy 30%-kal (? a szerk.) kevesebb energiát igényel; mivel az energiaköltség az alumíniumtömb árának 14%-a, a megtakarítás csupán ebből az előnyből mintegy 5%-ra tehető. Másodszor a cellák teljesen zártak és így a légszennyeződés gyakorlatilag ki van küszöbölve. (Alcoa egyébként több működő kohójánál már bevezette szabadalmazott szennyeződésgátló rendszerét, melyek most csaknem teljesen fluorgáz-mentesek, az utóbbit az adagolt timföldbe való elnyeletéssel visszacirkuláltatja.) Harmadszor, mivel a cellák teljesen zártak, a termelés kevésbé érzékeny az áramcsökkenésekre; az energiát a csúcsidőszakokban redukálni lehet, és így olcsóbb egységár érhető el. Egy másik előny, hogy aránylag kis helyen gazdaságos egységek építhetők. Sem kriolitot vagy folypátot nem kell használni, és lehetséges, hogy a klór jelenléte a folyamatnál fölöslegessé teszi a fém utólagos gáztalanítását. A végtermék tehát tisztább lehet, mint most, mintegy 99,9%.

Az Alcoa már szabadalmaztatta az eljárást az USA-ban és külföldön is és rövidesen dönt a technológia használatával kapcsolatos tervezetről. Javasolják, hogy egy kezdeti 15 et kapacitású üzem 1975-ben kerüljön üzembe, melyet a jövőben 30 et/év kapacitásúra lehet bővíteni. Hogyha az kielégítően dolgozik, esetleg egy 300 et/év teljesen ipari méretű üzemet építenek.

Metall Bulletin, 1973. január 16. 12. o.

B. E.

CHILE

Finn, bolgár és román kölcsönök teszik lehetővé a Chile állami birtokban levő Las Ventanas-i rézfinomító jelenlegi napi 650 t-ás kapacitásának mintegy 1000 t-ra való növelését.

Enami szóvivő szerint a finn hitel 20 millió $. A bővítés várhatólag 1976 elején kerül üzembe. Az új beruházást napi 1400 t kapacitású kénsavgyárral egészítik ki 14 millió $ bolgár hitellel.

IRÁN

Új réztartalékokat fedeztek fel Iránban, a Kerman és Yazd körzetekben. Az ércvagyont 150 millió t-ra becsülik. A dél Kermani település több mint 80 millió tonna 0,4% réztartalommal.

A Yazd körzetben két település van, 25 millió t 0,19% és 15 millió t 0,9% réztartalommal. Az iráni sajtó Kerman körzetében további 45 millió t-át jelent, a réztartalom közlése nélkül. Ipari források szerint német, angol és francia bányászati érdekeltségek működtek közre a feltárásokban. (p. 10)

Metal Bulletin, 5767. sz. 1973. január 16. p. 10.

LOMNICZY DEZSŐ

1918—1972



A korai halál ismét egy régi barátot és munkatársat ragadott el körünkből. Munkássága teljében, egy szépen ívelő pálya csúcsához érve, nem válhatott osztályrészévé a jól végzett munka tudatában az eredmények tiszta élvezete, mert a váratlanul jött betegség véglegesen és végzetesen megvonta tőle a további alkotás és pihenés örömének lehetőségét.

Lomniczy Dezső 1918-ban született a Sopron megyei Balfon. Középiskoláit Sopronban, az Evangélikus Líceumban végezte. 1943-ban nyert fémkohómérnöki oklevelet, a Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem soproni Bánya- és Kohómérnöki Karán.

Pályája kezdetén — 1943-tól — az Állami Ércbányászat arany-, ezüst-, ólom- és rézkohó üzemeiben dolgozott Nagybányán üzemmérnöki és üzemvezetői beosztásban. A háború végén rövid frontszolgálat, majd hadifogság után tanári tevékenységet folytatott Sopronban a Bánya- és Kohóipari Középiskolában. Majd az Állami Ércbányászat utódvállalatához, a MÁVAG diósgyőri gyárának kovácsműhelyébe került, ahol mint üzemmérnök, majd mint a Kohászati Iroda vezetője működött.

1949 végén kezdte meg tevékenységét a magyar alumíniumiparban, ahol hirtelen bekövetkezett haláláig megszakítás nélkül 23 esztendőn át dolgozott. Az Iparügyi Minisztérium megbízásából műszaki igazgatói minőségben került az Ajkai Timföldgyár- és Alumíniumkohóhoz. Fő tevékenysége a timföldgyár ekkor megindult bővítésére és fejlesztésére irányult, melynek eredményes befejezésekor a „Szocialista Munkáért Érdemérem" kormánykitüntetésben részesült.

1956-ban a Vegyipari és Energiaügyi Minisztérium — az ajkai beruházási tevékenysége során szerzett gazdag tapasztalatait hasznosítandó — még nagyobb feladattal bízta meg és népgazdasági érdekből a Székesfehérvári Könnyűfémbe helyezte át. A présmű fejlesztésével induló és szélesszalaghengermű beruházásával folytatott több milliárd forint értékű üzemfejlesztésének beruházási előkészítése és sikeres megvalósítása az ő nevével szorosan összefügg.

Néhány éves eredményes munka után a szélesszalaghengermű beruházás befejezését az irányítása alatt kifejlődött és ütőképessé vált beruházási szervezetre lehetett bízni, amikor a Nehézipari Minisztérium utasítására új munkahelyen folytatta munkáját. 1964-től a Minisztérium Beruházási Főosztályán átvette az alumínium távlati tervezési és beruházási munkáinak irányítását.

A Székesfehérvári Könnyűfémmű Beruházási főosztályvezető-tevékenységi körében és a Nehézipari Minisztériumban betöltött csoportvezető-főmérnöki munkájában, az alumíniumipar fejlesztése terén elért eredményeiért 1967-ben újabb kormánykitüntetést — a „Munka Érdemrend" bronzfokozatát kapta meg.

A távlati tervezési és beruházási munkákkal foglalkozó minisztériumi beosztásban vált teljessé *Lomniczy Dezsőnek* az egész alumíniumipart átfogó széles körű szakmai ismerete, melynek eredményeképpen az a kitüntetés is érte, hogy az ENSZ UNIDO szervezetének megbízásából egy évig Törökországban működhetett az alumíniumipar kiépítésére irányuló Tanácsadó Szakbizottságban, mint szakértő.

Mint az OMBKE főtitkára, igen nagy segítséget nyújtott az ICSOBA Magyar Bizottsága megalakításához. Ezt a segítséget főtitkári tevékenységén túlmenően is megadta, hiszen szakmai munkálkodása élete nagyobb részében az alumíniumipar területén folyt le. Az ő főtitkárságának idejére esett az ICSOBA II. Nemzetközi Szimpóziumának megrendezése Budapesten. Részt vett az ICSOBA Magyar Bizottságának alapszabálykidolgozásában is, melyet az OMBKE alapszabályával sikerült teljesen összhangba hoznia.

Külön is ki kell emelni az Egyesületben végzett munkásságát. 1952—1956-ig az Ajkai Csoport titkára, 1958—1963-ig a Székesfehérvári Csoport titkára, 1966. áprilisától 1969. áprilisáig a Fémkohászati Szakosztály elnöke, 1967-től haláláig lapunk Fémkohászati rovatának vezetője, 1969. áprilisától 1972. áprilisáig az Egyesület főtitkára.

Mint főtitkár a különböző szakmájú szakosztályok irányítását végezte, szüntelenül az Egyesület összetartozását elősegítő haladó hagyományok ápolásán fáradozott, fáradságot nem ismerve munkálkodott egyesületünk egységének megőrzésén, a bányászat-kohászat problémáinak társadalmi úton történő megoldásáért és a társadalmi szervek közötti gyümölcsöző kapcsolatok fenntartásáért. Nagy érdemei vannak az ajkai és vidéki csoportok megszervezésében. Erről a Kohászati Lapok 1954-ben tanulmányban számolt be. Ugyancsak a Kohászati Lapok hasábjain ismertette 1960-ban a Székesfehérvári Könnyűfémmű fejlesztésében elért eredményeket.

Egyesületi munkásságáért 1953-ban Zorkóczy emlékérmet kapott.

Igen értékes volt az a tevékenyége is, amelyet mint lapunk egyik lelkes szerkesztője a kohászat szakmai irodalmának művelésében és fejlesztésében végzett. Ezt a munkát mindig szívügyének tekintette.

Túl a hivatalos érdemeken és az azt elismerő kitüntetéseken, ki kell emelni *Lomniczy Dezsőnek*, a munkatársnak és barátnak azt az igazi emberi magatartását, amely őt jellemezte és amellyel mindenkinek a szeretetét kivívta. A mai rohanó világban sem vesztette el legsajátosabb tulajdonságát, altruizmusát, emberszeretetét, amelyet munkássága során mindig, mindenkivel szemben — munkatárssal és beosztottal, vagy felettesével szemben is — töretlenül gyakorolt.

1972. november 25-én, alig kéthetes súlyos betegség után, tragikus hirtelenséggel bekövetkezett halála az egész iparágban mély részvétet keltett. A Nehézipari Minisztérium saját halottjának tekintette. December 4-én helyeztük örök nyugalomra a Farkasréti temetőben.

A temetésen a Nehézipari Minisztérium nevében *Dr. Lévai Tamás*, a Beruházási Főosztály vezetője mondott gyászbeszédet. Az Egyesület és a nagy számban megjelent egyesületi tagok nevében *Moharos Jenő* főtitkár búcsúztatta a néhai főtitkárt. Az egykori soproni Evangélikus líceumban volt iskolatársai és barátai nevében *Rátz Ottó*, az Akadémiai Kiadó szerkesztője vett búcsút.

Fájdalommal mondunk a megrázó hirtelenséggel eltávozott szerkesztőnknek, *Lomniczy Dezsőnek* utolsó „Jószerencsé"-t, és emlékét szívünkbe zárjuk.

BE—CzB

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

106. ÉVFOLYAM



AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET LAPJA
BUDAPEST, 1973. MÁRCIUS HÓ 3

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

Горный и Металлургический Журнал **Металлургия**
Zeitschrift für Bergbau und Hüttenwesen **Hüttenwesen**
Mining & Metallurgical Journal **Metallurgy**

ALAPÍTOTTA: PÉCH ANTAL 1868-ban

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET

A MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI EGYESÜLETEK SZÖVETSÉGE TAGJÁNAK LAPJA

Szerkesztőség: Budapest VI., Anker köz 1. I. 105.
Tel.: 426-795

TARTALOM

HÁRSY MIKLÓS: Félvezető anyagok kristályosítása fém olvadékokban 97
DR. P. NEHRING: Ónozott lemezbe csomagolt termékek korróziós hatása az ónrétegre 103
B. F. MÜLLER: Ónozott lemez felhasználásának széles körű lehetőségei 108
IVÓCS LÁSZLÓ—PETŐ IMRE: Az ózdi Maerz-kemencék tartóssága és teljesítmény növelésük lehetősége 112
MOHAI MIKLÓSNÉ—UPOR ENDRE—KLESCH KATALIN: Néhány példa a koncentráció termometriás gyors meghatározására 118
DR. A. Z. LUBUSKA: Analitikai fém- és ötvözet-etalonok homogenitásának megállapítása metallográfiai módszerrel 121
Egyesületi hírek 121
Beszámoló külföldi tanulmányútról 122
Korszerű képlékenyalakító berendezések 122
Hírek korszerű acélgyártó technológiákról 123
Anyagvizsgálati hírek 124
Hírek a Vasipari Kutató Intézetből 126
Műszaki és gazdasági hírek 126
Értesítés 127

FÉMKOHÁSZAT

DR. HORVÁTH ZOLTÁN: A fejlődés általános irányai a fémkohászatban 128
ÁRKOVITS ELEMÉRNÉ—DR. KESZLER JÓZSEF: Timföldgyári vörösiszap súrlódási görbéje és reológiai jellemzői 135
HERNÁDVÖLGYI ISTVÁN: Alumínium meleghengerlési szúrástervek kidolgozása elektronikus számítógéppel 138
Szakosztályi hírek 143
Fémkohászati üzemi hírek 144
Fémkohászattani Tanszék hírei 144
Fémkohászati műszaki és gazdasági hírek 144

ÖNTÖDE

JUR PISZAK: Belső égésű motorházak és motorfejek öntése 49
KOPÁCSI JÓZSEF: Szűkített beömlőrendszer használata 56
H. D. UHLIG: Savanyú salakkal kohósított öntészeti nyersvasak tulajdonságai 60
DR. MACHER FRIGYES—BOGNÁR GÁBORNÉ: Kísérlet a feketetöretű temperöntvények temperálhatóságának meghatározására 64
CIATF 1. d. „Normálhomok" munkabizottságának tevékenysége 66
Öntödei szakemberek tanulmányútja Jugoszláviában 67
Szakosztályi hírek 71
Könyvismertetések 72

Megjelenik havonként
Egyszámlaszám egyesületi tagok részére: Magyar Nemzeti Bank 61 770
Egyévi előfizetés: 180,— Ft. Egyes példányok ára: 15,— Ft
Bányászati és Kohászati Lapok — **KOHÁSZAT**

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1906 Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-293. Felelős kiadó: Sala Sándor igazgató
73.4., 142 — Révai Nyomda, Budapest V., Vadász utca 16.
F. v.: Povárny Jenő
Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (1900 Budapest, József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára
A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultúra" P. O. B. 14. Budapest 62

Index: 25,155

ÉVFOLYAM ГОД JAHRGANG YEAR 106

SZÁM № Nr. No. 3

MÁRCIUS МАРТ MÄRZ MARCH 1973

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

ЖУРНАЛ ГОРНОГО ДЕЛА И МЕТАЛЛУРГИИ МЕТАЛЛУРГИЯ
ZEITSCHRIFT FÜR BERG UND HÜTTENWESEN HÜTTENWESEN
JOURNAL OF MINING AND METALLURGY METALLURGY

СОДЕРЖАНИЕ

Харши Миклош: **Кристаллизация полупроводников в металлических расплавах** ..... С 97

При охлаждении металлических расплавов происходит кристаллизация многих неметаллических материалов; так образуется значительная часть включений стали. Полупроводниковые кристаллы в широком масштабе производятся из металлического расплава. В статье приводятся более главные возможности, указывая на аналогию между техникой полупроводников и практической металлургией. Результаты проведенных исследований в области полупроводников и имеющиеся знания в области металловедения могут быть применены и в металлургии.

Д-р Р. Неринг: **Коррозионные влияния продуктов, запакованных в луженный лист на слой полуды** ..... С 103

Автор изучает способность луженных листов к длительному хранению в зависимости от того, что слой полуды был ли обработан или позже лакирован. В сельском хозяйстве широкое применение искусственных удобрений, сельскохозяйственные продукты делает все больше агрессивны мипротив оловянного покрытия и это приводит к уменьшению времени хранения, гарантируемого луженными листами. В настоящее время можно выбрать при помощи диаграммы целесообразно обработанный луженный лист в зависимости от консервируемого материала и требуемого времени хранения.

Б. Ф. Мюллер: **Широкие возможности применения луженного листа** ..... С 108

Автор с приведением большого числа рисунков показывает возможности современного применения луженного листа. Автор в статье консервным банком не отделяет внимание, поскольку об этом вопросе остальные докладчики на симпозиуме подробно рассказывали. Конкурения в промышленности распространила луженные листы. На каждую область существования общества начиная от работы в учреждениях до отдыха.

Ивоч Ласло—Петe Имре: **Долговечность и возможность увеличения емкости печей Маерз в Озде** ..... С 112

На основе проведенных экспериментов авторы установили, что кирпичи из магниевого хрома, отоженные в Венгрии обеспечивают максимальную емкость печи 15 т/час, высше этой емкости долговечность сильно уменьшается. Для увеличения долговечности целесообразно ограничить колебание температуры свода узким интервалом. Во время ремонта дна печи уменьшение температуры свода не должно превышать 75—100 °С/час.

Мохаи Миклошне—Упор Эндре—Клеш Каталин: **Несколько примеров ускоренного термометрического определения концентраций** ..... С 118

В статье приводятся примеры для расширения области применения термометрических методов анализа: определение сульфата в различных растворах уранного завода и в гальванических ваннах, содержащих большое количество фтора. Определение хлорида в растворах уранного завода, содержащих большое количество сульфата и в промышленной соли. Определение фторида в гальванических ваннах с образованием. Информативные исследования для термометрического определения урана и тория.

А. З. Лубушка: **Определение однородности эталонов из аналитического металла и сплава металлографическим методом** ..... С 121

Однородность эталонов успешно оценивается методом количественной металлографии. Приведение формулы для численной характеристики структурных разностей и характеризующей неоднородность.

Д-р Хорват Золтан: **Общие направления развития цветной металлургии** ..... С 128

В области металлургии цветная металлургия за последние 50 лет имеет большее развитие, чем до этого за 500 лет. Имеющиеся принудительные условия сделали возможным такой быстрый темп развития. Промышленность требует все больше и лучшего качества металла. Статья без стремления на полноту ознакамливает с более современными установками, работающими по старым принципам. Статья занимается совершенно новыми методами, образующими совсем новую группу развития.

Арковити Элемирне, Д-р Кеслер Йожеф: **Кривая трения и реологические характеристики красного шлама глиноземного завода** ..... С 135

На основе результатов проведенных экспериментов авторы приводят кривые трения красного шлама. По реологическим характеристикам авторы изучают причины возникновения особой характерной кривой $tg\varphi(\varphi)$. Выявлено тикситронное свойство красного шлама, которое в значительной степени влияет на характер кривой.

Хернадволди Иштван: **Разработка режимов обжатий при горячей прокатке алюминия с помощью ЭВМ** ..... С 138

Математическая модель и разработанная по ней вычислительная программа открывают возможность для определения режимов обжатий при горячей прокатке алюминиевых сплавов, применяемых в практике с максимальным использованием мощности стана горячей прокатки. Модель разработана для определения технологии реверсивного стана кварто горячей прокатки.

INHALT

M. Hársy: **Kristallisierung von Halbleiterwerkstoffen in Metallbädern** ..... S 97

Bei der Abkühlung von Metallschmelzen können vielerlei nichtmetallische Werkstoffe kristallisiert werden, so entstehen die meisten Einschlüsse im Stahl. Verbreitet werden Halbleiterkristalle aus Metallschmelzen hergestellt. Die wichtigeren diesbezüglichen Erzeugungsmethoden, die Analogie zwischen Halbleitertechnik und Hüttentechnologien. Die Ergebnisse der Forschung von Halbleitern. Die Grundlagen der Metallphysik können auch im Hüttenwesen verwertet werden.

Dr. P. Nehring: **Die Korrosionswirkung der in Weissblechen verpackten Waren auf die Zinnschicht** ..... S 103

Die Bewährfähigkeit von Weissblechen abhängend von der Unbehandeltheit der Zinnschicht, oder von der Passivierung bzw. Lackierung der Schutzschicht. Die erhöhte Anwendung von Kunstdünger in der Landwirtschaft steigert die Agressivität der aufbewahrten landwirtschaftlichen Produkte gegen die Zinnschicht und dadurch wird die Bewährzeit der in unbehandelten Blechen verpackten Produkte vermindert. Geeignete Diagramme ermöglichen heute die Auswahl der für bestimmte Produkte und Bewährzeit am zweckmässigsten behandelten Weissbleche.

B. F. Müller: **Die erweiterten Möglichkeiten der Anwendung von Weissblechen** ..... S 108

Die zeitgemässen Anwendungsmöglichkeiten von Weissblechen — ausgenommen die Bleche für Konservendosen — werden an Hand von zahlreichen Abbildungen vorgezeigt. Der industrielle Wettbewerb hat die Anwendung der Weissbleche an allen Gebieten des Gesellschaftslebens, angefangen von der Amtstätigkeit bis zu den Mussestunden erweitert.

L. Ivócs—I. Pető: **Die Haltbarkeit der Maerz-Öfen im Werk Ózd und die Möglichkeit ihrer Leistungssteigerung** ..... S 112

Mit Versuchen wurde festgestellt, dass die einheimischen Magnesitchromsteine nur eine Ofenleistung von 15 t/h ermöglichen. Bei weiterer Erhöhung der Leistung fällt die Ofenhaltbarkeit sehr rasch. Zur Steigerung der Leistung soll die Temperaturschwankung des Gewölbes zweckmässig in engen Grenzen gehaltet werden. Bei der Ausbesserung des Ofenbodens soll der Temperaturfall des Gewölbes den Wert von 75—100 °C/h nicht überschreiten.

Frau M. Mohai—E. Upor—K. Klesch: **Einige Beispiele für die Schnellbestimmung der Konzentration durch Thermometrie** ..... S 118

Beispiele für die Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten von thermometrischen Bestimmungsmethoden, so z. B. die Bestimmung des Sulfatgehaltes in verschiedenen Lösungen des Uranbetriebes, oder in hochfluorhaltigen Galvanbädern, weiter die Bestimmung des Kloridgehaltes in hochsulfathaltigen Lösungen des Uranbetriebes und in industriellen Salzen, die Bestimmung des Fluoridgehaltes in Galvanbädern. Orientierungsuntersuchungen zur thermometrischen Bestimmung des Urans und Thoriums.

A. Z. Lubuska: **Bestimmung der Homogenität von analytischen Metall- und Legierungsetalonen mit metallographischem Verfahren** ..... S 121

Mit einem quantitativen metallographischen Verfahren kann die Homogenität der Etalone erfolgreich qualifiziert werden. Eine Formel zur Kennzeichnung der zahlenmässigen Differenz des Gefüges.

Dr. Z. Horváth: **Die allgemeinen Entwicklungsrichtungen in der Nichteisenmetallurgie** ..... S 128

Die Metallurgie und vor allem die Nichteisenmetallurgie haben sich in den vergangenen 50 Jahren rascher entwickelt, als in den 500 Jahren vorher. Diese rasche Entwicklung beruhte auf zwingenden Vorbedingungen, welche sie eigentlich erst ermöglichten. Die Industrie benötigt immer grössere Mengen von Metallen besserer Qualität. Die Arbeit beschreibt ohne einen Anspruch auf Vollkommenheit die auf alten Prinzipien beruhenden moderneren Einrichtungen und erwähnt seine Gruppe völlig neuartiger Entwicklungen.

Frau E. Árkovits—Dr. J. Keszler: **Die Reibungskurve und die rheologischen Kennwerte des Rotschlammes aus der Tonerdefabrik** ..... S 135

Die Verfasser beschreiben die Reibungskurven des Rotschlammes auf der Grundlage von Versuchsergebnissen. Die rheologischen Kennwerte des Rotschlammes werden eingesetzt, um die Ursachen der Gestaltung der Kennkurve tg ϱ (φ) zu ermitteln. Die tixotrope Eigenschaft des Rotschlammes wird nachgewiesen und ihr Einfluss auf den Charakter der Kurve wird aufgezeigt.

I. Hernádvölgyi: **Ausarbeitung von Stichplänen für das Warmwalzen von Aluminium mittels Elektronenrechners** ..... S 138

Das mathematische Modell — und das darauf beruhende Rechnerprogramm — beruht auf der Höchstausnutzung der Leistungsfähigkeit der Warmwalzstrasse und ermöglicht die Festlegung des Warmwalz-Stichplanes für die in der Praxis vorkommenden Aluminiumlegierungen. Das Modell erlaubt die Berechnung der Technologie einer Reversier-Quarto-Warmwalzstrasse.

CONTENTS

M., Hársy: **Crystallization of semiconductors in metal melts** ..... P 97

During the cooling of metal melts many nonmetallic materials may crystallize; this causes most of the inclusions in steel. Semiconductor crystals are frequently prepared from metallic melts. The paper describes the main possibilities, mentioning analogies between semiconductor processes and practical metallurgy. The research results of semiconductors and the existing knowledge of metal physics may be utilized in metallurgy.

P., Nehring: **The corrosive action of products wrapped in tinplate on the tin layer** ..... P 103

The prolonged storability of tinplate is discussed as a function of its lack of further treatment, subsequent passivation or varnishing. In agriculture the extended application of fertilizers has rendered preserved agricultural products more aggressive to the tin coating. This reduced the time of storage for untreated plate. Today the tinplate with the most suitable treatment may be selected from a chart as a function of the prepared material and the time of storage.

B. F., Müller: **Extended possibilities of utilizing tinplate** ..... P 108

The author presents the modern possibilities of using tinplate, employing many illustrations for the purpose. The food cans are not mentioned since they have been discussed by other authors at the Symposium. The industrial competition has extended the use of tinplate to all stages of our social life, from office work to camping and holidays.

L., Ivócs—I., Pető: **Life of the Maerz furnaces at Ózd and possibilities of increasing their performance** ..... P 112

The authors have found by tests that a magnesite chromium brick calcinied in Hungary furnishes merely a furnace output of 15 tons per hour; at higher values the durability is significantly reduced. It could be increased by restricting the temperature variations of the furnace roof. Before the furnace hearth repair periods the rate of temperature reduction of the roof should be 75 to 100 °C per hour, max.

Mrs. M., Mohai — E., Upor — K., Klesch: **Some examples for the rapid thermometric determination of concentration** ..... P 118

Some examples are given for the extension of the field of thermometric analysis: the determination of sulphate in solutions of uranium plants and in galvanic baths with high fluorine content; chloride determination in solutions of uranium plants with high sulphate contents and in industrial salt; the determination of fluoride in galvanic baths; orientative tests for the thermometric determination of uranium and thorium.

A. Z., Lubuska: **Determining the homogeneity of analytical metallic and alloy standards by a metallographical method** ..... P 121

The homogeneity of tests standards may be evaluated succesfully by a quantitative metallographical method. Presentation of the formula which characterizes inhomogeneity and is suitable for a numerical characterization of the structural differences.

Dr. Z., Horváth: **The general lines of development in non-ferrous metallurgy** ..... P 128

In the last fifty years the development of metallurgy and especially of non-ferrous metallurgy has been much more intense than in the five hundred years before. This rapid development had its compelling reasons which made possible the development itself. Industry requires growing amounts of metals in better qualities. The study gives a review of modern equipment based on old principles, without aiming at completeness. Completely modern processes, forming a novel group of development, are also discussed.

Mrs. E., Árkovits—Dr. J., Keszler: **The friction curve and rheological characteristics of red mud from an aluminaplant** ..... P 135

The authors utilize test results to describe the friction curves of red mud. The causes of the special shape of the characteristic curve tg ϱ (φ) are studied on the basis of the rheological characteristics of red mud. The tyxotropic property of red mud is shown to exist and to exert a great influence on the character of the curve.

I., Hernádvölgyi: **Development of schedules for hot rolling of aluminium with the aid of an electronic computer** ..... P 138

The mathematical model — and the program which is based on it — permits the maximum utilization of the hot rolling train and the determination of the hot rolling pass schedules for aluminium alloys employed in practice. The model has been arranged for calculating a technology developed for a reversing four-high hot rolling mill train.

Főszerkesztő:
ÓVÁRI ANTAL

Szerkesztők:
DR. FUCHS ERIK, GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ, RUHMANN JENŐ

Szerkesztő bizottság:
BALÁZS FÜLÖP, DR. BECKER ERVIN, BOROSSAY BÉLA, CSEH MIKLÓS, DR. HAJTÓ NÁNDOR, DR. KÁLDOR MIHÁLY, KÉZDI ÁRPÁD, KOLLÁR SÁNDOR, DR. MÓCSY ÁRPÁD, PINTÉR ANDRÁS, DR. PILISSY LAJOS, DR. REMPORT ZOLTÁN, ROMWALTER ALFRÉD, SELMECZI BÉLA, SZELESS LÁSZLÓ, SZŐKE LÁSZLÓ, SZŰCS ENDRE, VAS IVÁN, DR. VERŐ BALÁZS.

A rajzokat készítette: KÜRTÖS MARGIT.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET FOLYÓIRATA

106. évfolyam 3. szám 1973. március

Félvezető anyagok kristályosítása fémolvadékokban

HÁRSY MIKLÓS okl. vegyész
MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézet

DK: 537.311.33 : 548.5 : 669—154

A fémes olvadékok hűlésekor sokféle nemfémes anyag kristályosodhat; így jön létre az acél zárványosságának jelentős része. Félvezető kristályokat széles körben állítanak elő fémes olvadékokból. A dolgozat ismerteti a fontosabb lehetőségeket, utal a félvezetőtechnika és a gyakorlati kohászat analógiáira. A félvezetőkkel kapcsolatos kutatás eredményei, a meglevő fémfizikai ismeretek a kohászatban is hasznosíthatók.

A metallurgiai műveletek egyik fontos célja, hogy a különböző fémekben ötvözetekben megfelelő rendezettséget, kristályos szerkezetet hozzanak létre. Az érc kohósításával kezdődően az egyes tisztítási, ötvözési folyamatokon keresztül az öntésig folyadék-szilárd, szilárd-szilárd fázisátalakulások sorozata játszódik le. A kristálymagok keletkezése a kristályok növekedése döntő módon befolyásolja a termék minőségét. Az öntéskor — mint ismeretes — többnyire finom szövetre, nagy fajlagos szemcsehatársűrűség kialakítására törekszenek; a technológia során *olyan feltételeket kell biztosítani, melyek kedveznek a kristálymagok keletkezésének és lehetőleg gátolják azok növekedését.*

Az egykristályok előállítása szintén kristálymagok keletkezésén és növekedésén alapszik. Itt azonban kerülni kell a szemcsehatárok kialakulását; elsősorban a kristálymagok *növekedését* kell elősegíteni. A különböző egykristályok (félvezetők, optikai anyagok) növesztése és szerkezeti vizsgálata régóta kutatott terület. Bár ez a kutatás elsősorban a szemcsehatárok fajlagos csökkentésére irányul, a növesztések gyakran bonyolult technológiát igényelnek, drágábbak, mint a fém kristályosítások, mégis célszerűnek látszik ezen munkákat a fémek gyártása szempontjából figyelemmel kísérni. Ami „negatív" eredmény a félvezető vegyületek kristályosításakor, hasznos információt adhat finom szövetek kialakítására, zárványok megszüntetésére.

A félvezető laboratóriumokban rendelkezésre állnak különböző egykristályok, gyártó és vizsgáló berendezések. A meglevő adatokat, tapasztalatokat érdemes volna kohászati szempontból feldolgozni. Újabb vizsgálatok a már kész kristályokon, modellnövesztések az adott berendezésekben, sokszor lényegesen olcsóbbá tennék az éppen költségessége miatt korlátozottan folyó metallurgiai alapkutatást. A kristályosodást megszabó kristálymag keletkezésének és növekedésének komplex tanulmányozását végső soron mind a fémes anyagok kohászata, mind az egykristályt növesztő ipar igényli. Mindkét terület jelentős fejlődését eredményezhetnék az új szempontok szerint szervezett vizsgálatok.

A jelen munkában egy viszonylag új módszerrel, a *fémes olvadékokból való kristálynövesztéssel* kívánunk foglalkozni. Ez a kristályosító metodika áll talán a legközelebb a metallurgiához; de egyúttal a félvezetők gyártása szempontjából is érdekes lehetőséget ígér.

A módszer első közelítésben igen hasonlít a klasszikus, *oldat*ból történő kristályosításhoz. Ha ismerjük a kristályosítandó anyag oldószerét, telített oldatot készíthetünk, melyből hűtés során az anyag kristályosan kiválik. A félvezető vegyületek közös tulajdonsága: közönséges oldószerekben oldhatatlanok, viszont többségük „oldódik" különböző fémekben, és a „fémes oldatokból" — metodikailag analóg módon, mint a vizes oldatok esetében — kristályosíthatók.

A módszer alkalmazásával számos nehezen preparálható anyagot sikerült kikristályosítani. A félvezető rétegszerkezetek kialakítására a folyadék fázisú epitaxiális növesztések széles körben elterjedtek, a fémes oldatok természetével, a kristályosodás mechanizmusával kapcsolatos ismereteink azonban nagyon hiányosak.

Kristálynövesztés kétkomponensű fémolvadékokból

A legismertebb félvezető vegyületek $A^{III}B^{V}$ és az $A^{II}B^{VI}$ típusú anyagok. Olvadáspontjuk általában 1000 °C felett van, de már az olvadáspontjuk alatti hőmérsékleteken is jelentősen disszociálnak. Ez a tény technológiai szempontból azt jelenti, hogy stöchiometrikus olvadékokból való kristálynövesztés nagynyomású, magas hőmérsékletű technikát igényel. A fenti vegyületek komponenseik olvadás-, illetve forráspontja szerint két csoportot alkotnak *(1. táblázat)*.

1. táblázat

Egyes elemek olvadás- és forráspontja

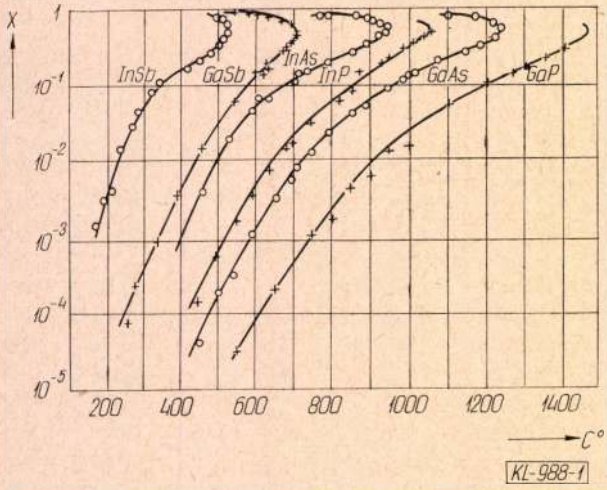
Elem	Olvadáspont °C	Forráspont °C
Zn	420	980
Cd	321	765
S	119	445
Se	217	685
Te	450	987
Ga	29,78	1983
In	156,4	2000
P vörös	590	417
As	814	610

Az $A^{III}B^{V}$ vegyületek fémes komponensének magas forráspontja van, az V. oszlop elemei illékonyak. Az $A^{II}B^{VI}$ vegyületek mindkét alkotója viszonylag alacsony hőmérsékleteken forr. A $A^{III}B^{V}$ anyagok hőkezelésekor gyakorlatilag egy szilárd-folyadék-gáz egyensúllyal kell számolni:

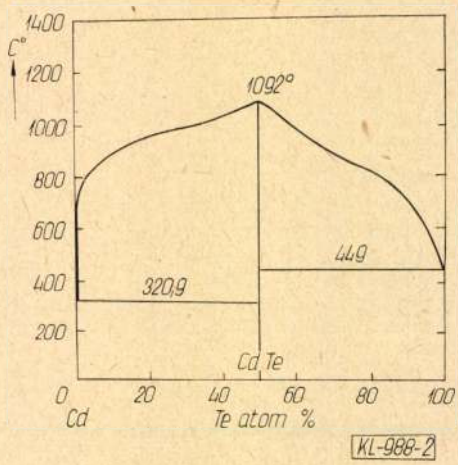
$$A^{III}B^{V}\,(sz) \rightleftharpoons A^{III}(f) + B^{V}(g)$$

Nem egyensúlyi körülményeket feltételezve ez azt jelenti, hogy az illékony, nem fémes komponens hőkezelés hatására mintegy kidesztillálható a fémes partner, a gallium vagy indium mellől. (Az $A^{II}B^{VI}$ vegyületek mindkét komponense illékony, disszociációjuk szilárd-gáz fázisú folyamattal írható le.)

Az *1. ábra* néhány félvezető vegyület környezetében mutatja a kétalkotós egyensúlyi diagram likvidusz-görbéjét. Az ábra a félvezetőtechnikában



1. ábra. Ismertebb III—V vegyületek likvidusz-görbéi



2. ábra. A Cd—Te rendszer egyensúlyi diagramja

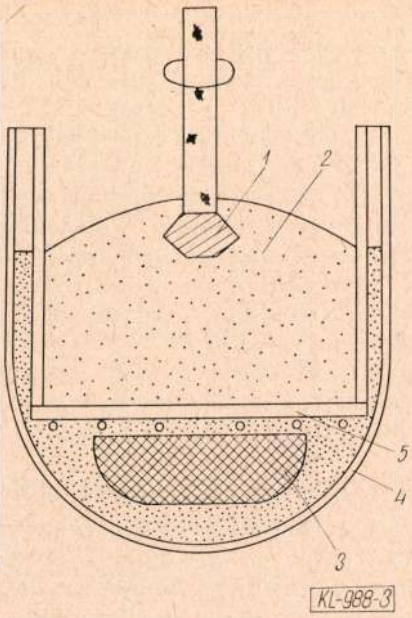
szokásos módon, a hőmérséklet függvényében mutatja azokat az X móltörtben kifejezett összetételeket, amelyeken az olvadék a félvezető vegyület szempontjából telítetté válik. Az ábrán látszik, hogy a fémben dúsabb összetételek esetében a vegyület olvadáspontjánál lényegesen alacsonyabb hőmérsékleteken is homogén olvadékfázis lehet stabilis. A kristályok készítése szempontjából fontos körülmény, hogy a hőmérséklet csökkenésével az egyensúlyi gőznyomás is rohamosan csökken; a néhány százalék arzént tartalmazó Ga—As-olvadék likvidusz-hőmérsékletén a gőznyomás gyakorlatilag elhanyagolható.

A fenti rendszerek egyensúlyi diagramja meglehetősen egyszerű: a folyadékfázisból a stöchiometrikus AB-vegyület válik ki, elkülönülve a fém, illetve a nemfémes komponens feleslegétől. Példaként a Cd—Te rendszer látható a *2. ábrán*.

Gallium-, indium-, foszfidok-, arzenidek előállítására a legelterjedtebb módszer a 10—20 at% nemfémes komponenst tartalmazó olvadékokból történő kristályosítás [1]. A két komponenst kvarc ampullába zárják le vákuum alatt. 500—600 °C-on végbemegy a megfelelő vegyület szintézise a fémfelesleg jelenlétében; 1000—1200 °C-ra melegítve a rendszert, homogén olvadék képződik, melyből hűtés során az $A^{III}B^{V}$ fázis kristályos formában válik ki. A módszer előnye, hogy lehetővé teszi az anyag szintézisét nagytisztaságú elemekből kiindulva, tiszta szerkezeti anyagok (kvarc) alkalmazása mellett, mivel a folyamat viszonylag alacsony hőmérsékleten, alacsony nyomáson hajtható végre.

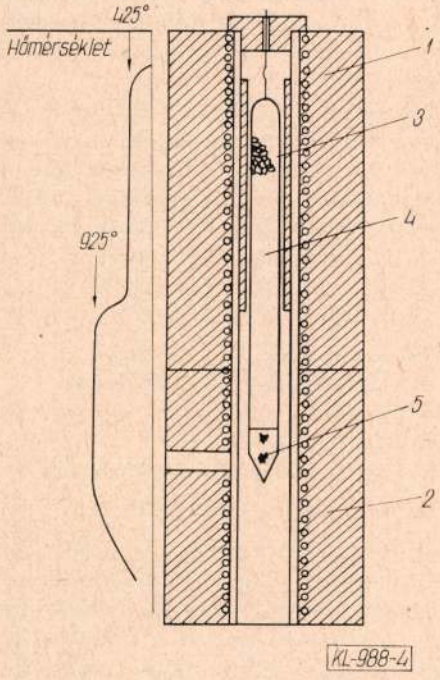
A *3. ábrán Trumbore* szellemes módszerét vázoljuk fel, aki 700—800 °C-on növesztett *GaP* kristályokat galliumos olvadékból [2]. Egy galliumot tartalmazó kvarc edénybe polikristályos *GaP*-tömböt helyezett, melyet egy szűrő segítségével az edény aljára szorított. Ily módon elérte, hogy a hőkezelés során az edény felső részében csak folyadékfázis legyen, melyből egykristályokat sikerült húznia. Az olvadék telítettségét a szűrő alatt elhelyezkedő *GaP*-tömb biztosította.

Wieland és *Skalski* [3] függőleges elrendezésben szintetizált és kristályosított *GaAs*-et. Kónikus csúcsban végződő zárt ampullát süllyesztett a *4. ábrán* látható két hőzónás kályhába. A 900 °C-on,



3. ábra. Kristályhúzás fém olvadékokból

1 a húzott kristály; *2* Ga—GaP olvadék; *3* polikristályos GaP; *4* kvarc tégely; *5* kvarcszűrő



4. ábra. Vertikális kristályosító berendezés

1, 2 fűtőtestek; *3* arzén; *4* lezárt kvarccső; *5* gallium

közel 10 mól% *GaAs*-et tartalmazó olvadékból az ampulla egyre hidegebbé váló csúcsban *GaAs* kristály nőtt.

Az $A^{II}B^{VI}$ *vegyületek* növesztésére a kétkomponensű olvadékból való kristályosítást elvétve alkalmazták, mert az ilyen anyagok mindkét komponense illékony és ezért a kristálynövesztés csak több atmoszférás nyomáson valósítható meg. Az $A^{II}B^{VI}$ típusú anyagok esetében az *idegen fémből történő növesztés* bizonyult a legegyszerűbbnek.

Kristálynövesztés idegen fémolvadékokból

Számos anyag kristályosítását oldották meg idegen fémes olvadékokból. Az elnevezés, bár elterjedt az irodalomban, pongyola; jobb híján a klaszszikus, oldószeres kristálynövesztésekre utal. A rendszerek jelölése szempontjából kettősség figyelhető meg; a kristálynövesztők *GaP—Ga, ZnS—In* kétkomponensű rendszerekről beszélnek, míg ezen homogén olvadékok metallográfiailag két-, illetve háromkomponensűek (Ga—P, Zn—In—S).

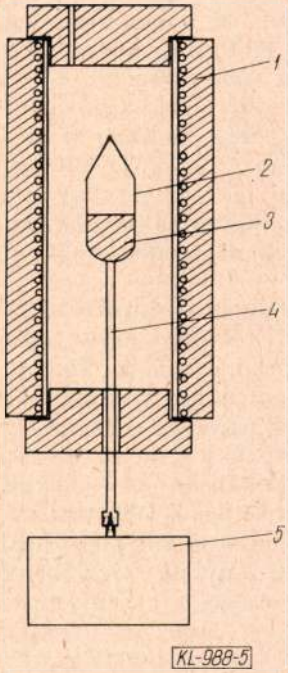
Preparatív szempontból megemlítjük, hogy az $A^{III}B^{V}$ vegyületeket számos alacsony olvadáspontú fémben sikerült „oldani", majd az olvadékból kikristályosítani (például *GaP*-ot, *GaAs*-et, *In*-ból, ónból, bizmutból) [4].

Az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetben főleg az $A^{III}B^{VI}$ és az $A^{II}B^{VI}$ típusú vegyületek [5—8], továbbá néhány háromkomponensű félvezető fémes olvadékból történő növesztését tanulmányozták [9—10].

A vegyületek szintézisét és kristályosítását végre lehet hajtani egy rendszerben a fém oldószer jelenlétében [7—8]. A legegyszerűbb megoldást az *5. ábra* szemlélteti. Vákuum alatt lezárt kvarc ampulla tartalmazza az oldószert és a vegyület komponenseit. Az olvadék homogenizálását egy vibrátor segíti elő. A hőkezelés során először a vegyület szintézisét hajtják végre néhány száz °C-on, majd az anyag oldása jövetkezik. Végül a homogén olvadék lassú hűlése során növekednek a kristályok. A *ZnS* szintézisének és kristályosításának hőkezelési programja *In* oldószer esetében a *6. ábrán* látható. A kristályok elválasztása az oldószertől szűréssel, majd ezt követően — az anyagminőségtől függően — különböző kémiai, fizikai módszerekkel történhet [11, 12].

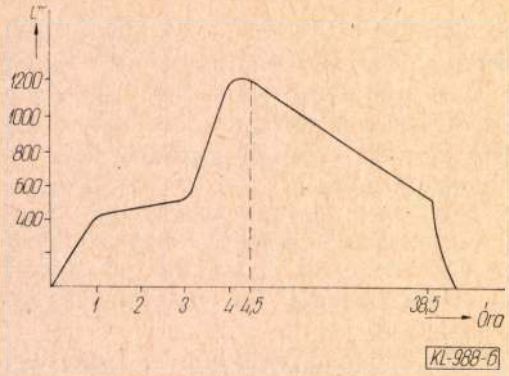
Kristályok növekedése fémolvadékokban

A fémes olvadékokból kiváló nemfémes fázisok növekedési mechanizmusa korántsem tisztázott. Az olvadékok kémiai szerkezetével, a bennük ki-



5. ábra. Kristályosítás homogén hőzónában

1 elektromos csőkemence; *2* kvarc ampulla; *3* fém+oldandó anyag; *4* kvarcbot; *5* vibrátor



6. ábra. ZnS kristályok szintézise és növesztése indiumban. Hőkezelési program

alakuló kémiai egyensúlyokkal kapcsolatban ugyanis csak kvalitatív észlelések, megfontolások ismeretesek, sok esetben még megbízható oldékonysági adatok sem állnak a technológus rendelkezésére.

Kovalens jellegű vegyületek az olvadáspontjukon, vagy annál kissé magasabb hőmérsékleteken nem jó elektromos vezetők. Ebből következik, hogy az anyag asszociált formában olvad meg. Növelve a fém komponens mennyiségét, az olvadékok likvidusz-hőmérséklete csökken. Ezt különböző szub-vegyületek kialakulásával magyarázzák. Tekintetbe véve azt a tényt, hogy az oldás-kristályosodás folyamata reverzibilis, feltételezhetően van kémiai kölcsönhatás a fémes oldatokban [13].

Bizonyos esetekben kémiai reakciók is lejátszódhatnak az olvadékban. Például a *CdS Ga*-ban történő „oldásakor" *GaS* keletkezik, melyet sikerült is a rendszer hűtése során kikristályosítani [6].

Idegen oldószerben történő kristályosítások során általában számolnunk kell kémiai egyensúlyokkal, melyek azt eredményezik, hogy az oldószer kisebb-nagyobb mértékben beépül a növekedő kristályokba. Bár a beépült fém mennyisége sokszor elhanyagolható a későbbi felhasználás szempontjából, de előfordul, hogy előnyösen befolyásolja az anyag tulajdonságait. (A nikkel-olvadékból növesztett *BN* spektroszkópiailag alig kimutatható szennyezést tartalmaz. A *Ga*-ból kiváló *ZnS*-kristályokban 0,1% *Ga* határozható meg. Ez utóbbi esetben már lényegesen megváltoznak az anyag egyes fizikai tulajdonságai; különleges lumineszcens sajátságok rendelhetők a beépült *Ga*-hoz [14].)

Mint ismeretes, a dendrites növekedés elsősorban a *fémek* kristályosodásakor tapasztalható. Bár a folyamat nincs még tökéletesen tisztázva, általánosan elfogadott, hogy a dendrites kristályok kialakulásában a kristályosodási hő elvezetése lényeges szerepet játszik. A növekedés során a kristály felmelegszik. Lokálisan ott szabadul fel a legtöbb hő, ahol a növekedés a leggyorsabb. A hőmérséklet emelkedése lassítja a kiválási folyamatot az addig kitüntetett irányban és egyeben megnő a növekedés valószínűsége a kristálytanilag analóg, az eredetivel szöget bezáró irányokban. Ily módon magyarázható, hogy gyakorta egy makroszkopikus kristály a dendritágak egész rendszeréből áll. Különösen a fémes oldatokból növesztett, átlátszó dendriteken figyelhető jól meg, hogy a dendritágak két, a főnövekedés irányával párhuzamos csatornát tartalmaznak. (Ezek a csatornák átlátszatlanok, tele vannak fém oldószerrel.) Ha egy ilyen dendritet a fő növekedési irányra merőlegesen elvágunk, láthatóvá válik, hogy a növekvő csíra kezdetben egy „*H*" alakot vesz föl, mely a későbbiekben bezárul *(7. ábra)*. Mind a csíraképződés, mind a hőelvezetés szempontjából egy tű élei a legkedvezőbbek az oldalirányú növekedésre. A „*H*"-forma kialakulásával egyre kedvezőtlenebb a helyzet az oldallap növekedésére, romlik a hőelvezetés, csökken az anyagtranszport. A „*H*" betű szárai lassan vastagodnak, végül összenőnek és az üregben visszamarad a fém oldószer.

A fémolvadékból kiváló kristályok morfológiája

Tudomásunk szerint még nem jelent meg olyan munka, mely akár két anyag növesztését hasonlította volna össze fémes olvadékokban. Elsősorban saját kísérleteink alapján megkísérelünk néhány tapasztalatot összegezni.

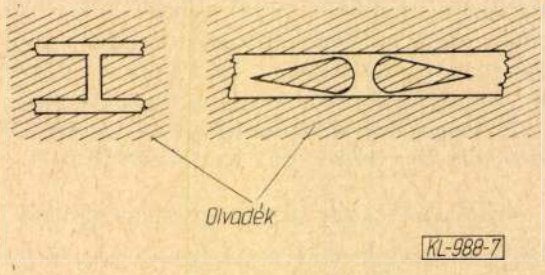
Homogén fémes olvadékok hűtése során túltelítettség jön létre és spontán csíraképződéssel az olvadékban és annak határfelületén kristálymagok képződnek. A magok növekedésére a dendritképződés a jellemző.

Az eddigiek szerint egyedül a *GaS* növekedése mutat kivételt; erre a későbbiekben visszatérünk. A különböző dendritek tű-, lap- és zömök- (háromdimenziós) dendritekként csoportosíthatók. A három csoporton belül igen változatos formákkal találkozhatunk. Tapasztalatunk szerint a morfológiát számos tényező befolyásolja. Ezek — a teljesség igénye nélkül — a következők:

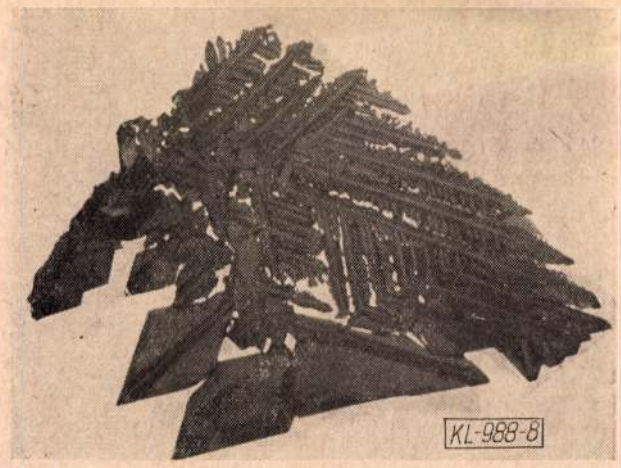
a) A fémes olvadék túltelítettsége.
b) A kristályosodó anyag minősége.
c) A fém oldószer minősége.
d) Szennyező anyagok.
e) A növesztő rendszer falának hatása.

Vegyük sorra ezeket a hatásokat:

a) A túltelítettség mértéke, a kristályfelület és az olvadék közötti koncentrációgradiens szabja meg a növekedés gyorsaságát. Valószínűnek látszik, hogy a gyors növekedés a tűkristályok keletkezésének kedvez s csak az alacsonyabb túltelítettség esetén fejlődnek ki nagyobb lapok, illetve nőnek zömök kristályok. A *8. ábrán* egy *GaSe* kristály látható, tű- és lap-dendritágakkal. A *GaSe—Ga*-olvadékot lineárisan hűtötték. A *GaSe* olvadékonysága a magasabb hőmérsékleteken gyorsabban csökken, mint alacsonyabb hőmérsékleteken. A



7. ábra. A dendritképződés kezdeti és kifejlődött formája. A főnövekedésre merőleges metszet



8. ábra. Gallium-olvadékban növesztett GaSe kristály (legnagyobb méret 10 mm)

kezdeti nagyobb koncentrációgradiensnek tulajdoníthatók a dendrittűk; a lapok valószínűleg alacsonyabb hőmérsékleteken fejlődtek ki.

Gorjunova és munkatársai a *GaP* növekedését vizsgálták *Ga* olvadékokban [15]. Azt tapasztalták, hogy zömök kristályok lassú hűtési sebességeknél, kis koncentrációgrádiensek esetében keletkeznek.

b) A kristályosítandó anyag szerkezete, kémiai minősége lényeges a morfológia szempontjából. Amennyire igaz, hogy az olvadék lassú hűtése általában kedvez a térfogati növekedésnek, tű-dendriteket mégsem sikerült növesztenünk, még igen gyors hűtési sebességek mellett sem *GaP*-ból. A galliumból kiváló *ZnS* kristályok viszont gyakorlatilag tű alakúak. Az olvadék igen lassú (2—3 °C/óra) hűtésekor lehet csak megfigyelni egy-két mikroszkopikus lemez képződését, a számtalan tűdendrit mellett.

c) Ha azonos kémiai anyagot kristályosítunk különböző fémekben, igen feltűnőek a morfológiai eltérések. Például a cinkszulfid galliumból dendrittűk alakjában válik ki. Indiumos olvadékokban lemezkristályok és zömök oszlopok nőnek, míg ón esetében csak lemezeket lehet megfigyelni [6]. A cinkszulfid oldékonysága a három fémben nem sokban különbözik és annak ellenére, hogy az olvadékok hűtési sebességét nagymértékben változtattuk (3—100 °C/óra), a kiváló kristályok minden esetben az egyes oldószerekre jellemző morfológiát vettek fel. Az olvadékok lassú hűtésével csupán a kristályméretek növekedését lehet elérni.

Az „oldószer" minőségének hatását abban látjuk, hogy a fém növekedés során kisebb-nagyobb mértékben beépül a kristályrácsba, a *ZnS* esetében a *Zn* rácshelyekre. Ez a folyamat a fém-vegyület kölcsönhatás eredménye. Mint erre már az előbbiekben is utaltunk, egy kémiai egyensúly jön létre a nagy mennyiségben jelenlevő fém oldószer és az oldott vegyület között:

$$MX + O \rightleftarrows OX + M$$

ahol M az oldott vegyület fém komponense, X a nemfémes komponens, O a fém oldószer. Az egyensúlyi állandó, tekintettel a csupán néhány százalékban jelenlevő oldott anyagra, közelítőleg így fejezhető ki:

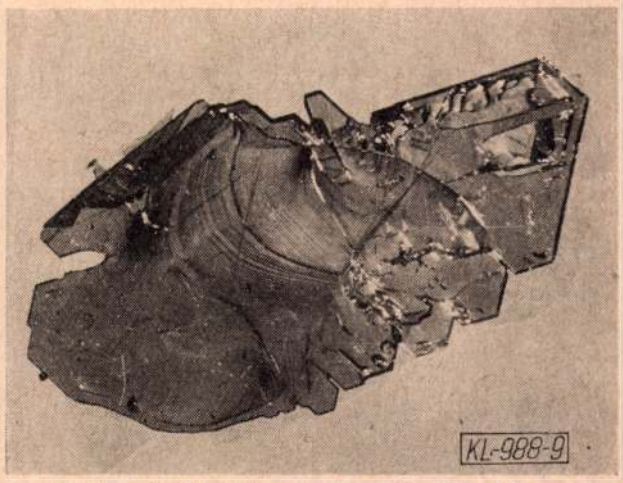
$$K_{(t)} = \frac{(OX)(M)}{(O)} \approx k_{(t)}(OX)$$

Adott hőmérsékleten a kristály és az olvadék határfelületén két egyensúly alakul ki: az oldott anyag és annak szilárd fázisa között létrejövő egyensúly, valamint az „oldószer-vegyület" folyadék-szilárd egyensúlya. Véleményünk szerint az utóbbi egyensúly változtathatja meg egyes kristálytani lapok növekedésének valószínűségét.

d) A homogén fémes olvadék szennyezettsége (10^{-1}—10^{-3} at% mennyiségű szennyezőkre gondolunk) tapasztalataink szerint gyakran kedvezően befolyásolja a kristály térfogati növekedését. Nagytisztaságú (5N vagy 6N) *Ga* és *P* olvadékából, azonos körülmények között, vékonyabb és kisebb *GaP* kristályok válnak ki, mint azokból a homogén olvadékokból, melyek 0,1 atom% szennyező *(Te, S, Zn)* tartalmaznak. A legtöbb szennyező, adott megoszlási hányadostól függően, szintén beépül a kristályokba. Míg a csíraképződés „tiszta" körülmények között valószínűleg magas túltelítettség esetén indul meg — gyors növekedést, lapkristályokat eredményez —, addig egyes szennyezők megkönnyítik a magképződést, így kisebb a koncentrációgrádiens az olvadék és a kristálymagok között; kedvezőbbek a feltételek a térfogatos növekedés számára.

e) A magképződés egy része az olvadék határfelületén indul meg; részint azért, mert az olvadékfázis a hőt a szerkezeti anyagokon keresztül adja le. Nagy fajlagos felületű olvadékokban egyidejűleg több kristálymag képződik és ez az apró kristályok növekedését segíti elő. Nagy tömegű, kis fajlagos felületű olvadékokból várható nagy, háromdimenziós dendritek növekedése.

Végül megemlítjük az általunk ismert egyedüli kivételt, a *Ga*-os olvadékból növesztett *GaS* kristályokat. A *GaS* hexagonális, a csillámhoz hasonló, réteges kristályszerkezettel rendelkezik. *S—Ga—Ga—S* síkokból áll, melyek párhuzamosak a bázislappal. A négy rétegből álló egység *van der Waals* típusú kötésekkel kapcsolódik a következő négyes egységhez. A *GaS*-nél a növekedés sebessége a ta-



9. ábra. GaS kristály (legnagyobb méret 15 mm)

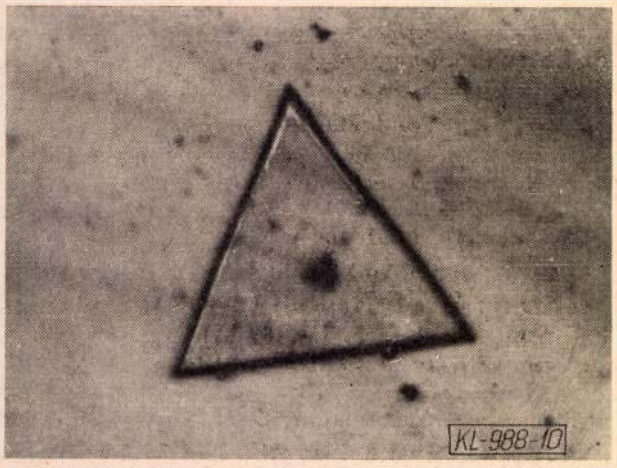
pasztalat szerint legnagyobb a bázislap síkjában, a három azonos jellegű ⟨1$\bar{2}$10⟩ irányban. A *van der Waals*-kötések minimálisra csökkentik a hexagonális *c* tengellyel párhuzamos növekedést. Valószínűleg ennek a különleges szerkezeti adottságnak tulajdonítható, hogy a *Ga* olvadékból kiváló *GaS* kristályok nem képeznek dendriteket, hanem vékony lemezek alakjában válnak ki *(9. ábra)*.

Szilárdoldat-kristályok, külön fázisok növekedése fémolvadékokban

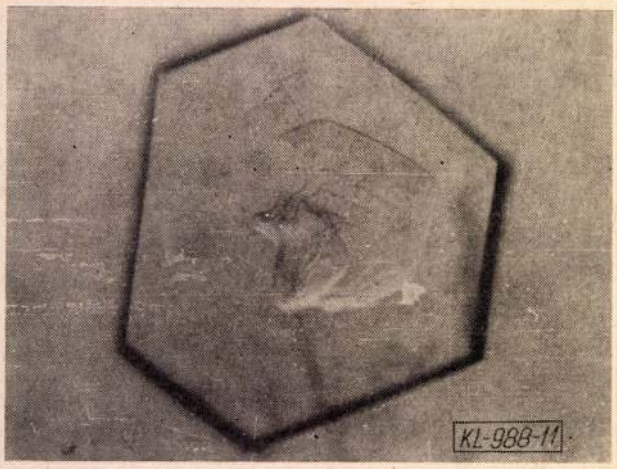
Kémiailag a nem intersticiális helyekre beépülő szennyezők az alapvegyülettel elegyet képeznek és az ily módon szennyezett kristályok fizikai tulajdonságai nagymértékben eltérhetnek a tiszta anyagétól (szilárd oldódás).

Ennek ellenére szilárdoldat-kristályokról általában akkor beszélünk, ha az alapanyag legalább néhány százalék idegen anyagot tartalmaz, mely egyúttal röntgenes módszerekkel kimutatható rácsparaméterváltozást is eredményez.

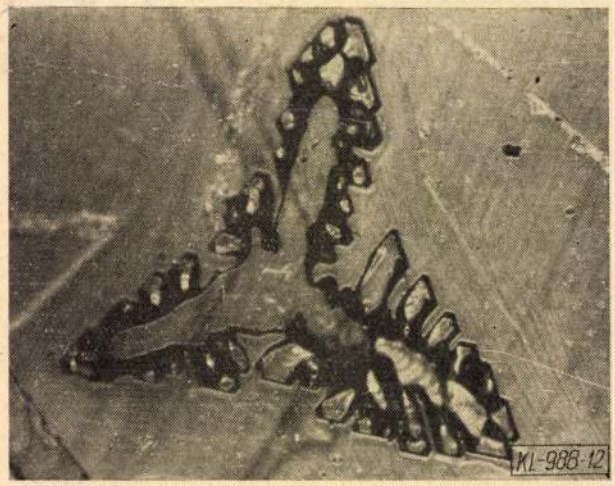
A tapasztalatok azt mutatják, hogy fém olvadékokból homogén szilárdoldat-kristályok nem növeszthetők, ugyanis nincs két olyan anyag, melynek azonos oldékonysága volna egy adott fémben. Mi történik, ha két egymással szilárdoldatot képező vegyület olvadékát hűtjük? Mindkét anyag saját oldékonysági görbéjét követve megy szilárd



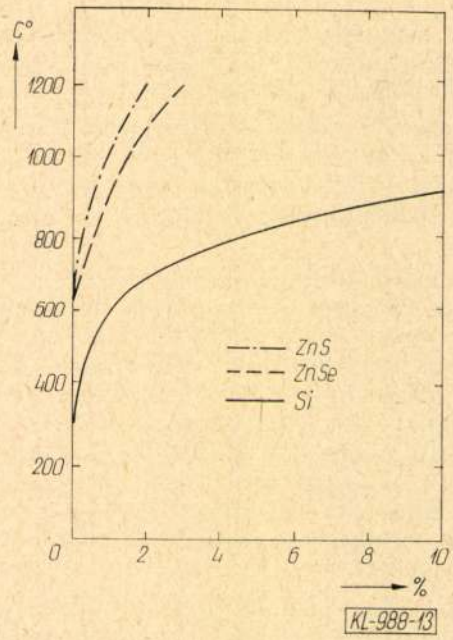
10. ábra. 150 μm-es ZnS csíra GaS bázislapon



11. ábra. 100 μ-es ZnS csíra GaS bázislapon



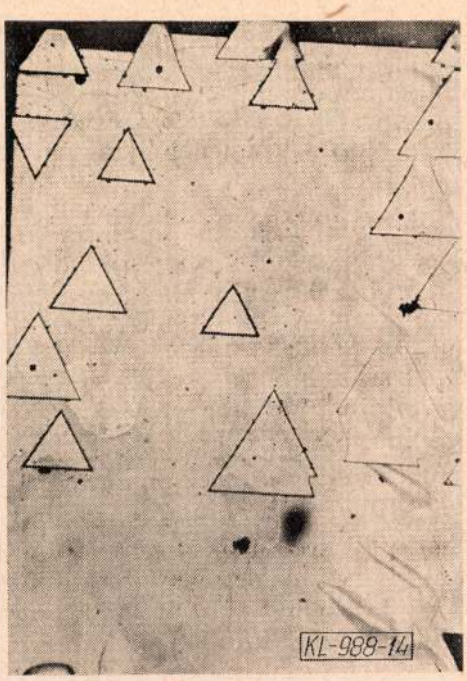
12. ábra. 150 μm-es ZnS dendrit GaS felületen



13. ábra. ZnS, ZnSe és Si oldhatósága galliumban

fázisba, szilárdoldat-kristályok válnak ki, de összetételük a hőmérséklet változásával, a növekedés során állandóan változik. Példaként említhetjük a *GaP—ZnS—Ga* rendszert, melyből nem homogén (graded) *ZnS—GaP* szilárdoldat-kristályokat sikerült növesztenünk [16].

Egymásban nem oldódó anyagok közös olvadékukból kristályosítva külön fázist alkotnak. A legújabb eredmények szerint néhány esetben heteroepitaxiális növekedést lehet megfigyelni két egymásban nem oldódó anyag fémes olvadékának hűtése során. Két rendszert említünk meg. A *ZnS* és a *GaS Ga*-os olvadékából először a *GaS* válik ki lemez alakú kristályok formájában. A *ZnS* kristálymagok alacsonyabb hőmérsékleteken keletkeznek, részint az olvadékban, részint az ott már kialakult *GaS* kristályok felületén. A *ZnS* felnövése tökéletes epitaxiát mutat, a (0001) *GaS*-síkokat az (111) *ZnS*-síkok folytatják. A *10—12. ábrákon* *GaS* bázislapon képződött *ZnS*-csírák láthatók. Jól kivehető, hogy epitaxia esetén a hordozó kristály szerkezete lényegesen befolyásolja a felnövekedés



14. ábra. Si szigetek ZnS ($\overline{111}$) lapon

mechanizmusát, a keletkező kristálymagok morfológiáját. A nagy hűtési sebesség a gyors növekedésnek, dendritek kialakulásának kedvez. Kis hűtési sebességeknél tökéletes háromszög, illetve hatszög alakú csírákat figyelhettünk meg, amelyek nem követik a dendrites növekedést [17, 18].

A másik, általunk tanulmányozott rendszer a *ZnS—Si—Ga* rendszer [19]. A *Si* és a *ZnS* oldékonysága *Ga*-ban lényegesen különbözik egymástól *(13. ábra)*. Mint az oldékonysági görbék is mutatják, lehet olyan *ZnS—Si—Ga*-olvadékot előállítani (2 mól% *ZnS*, 1 at% *Si*, 97 at% *Ga*), melyből hűtés során először a *ZnS* válik ki, majd ezután indul meg a *Si* kristályosodása. A fenti összetételű olvadékból *Si*-egykristályokat és *Si*-szigetekkel borított *ZnS* kristályokat sikerült nyerni. A *Si* felnövekedése tökéletes epitaxiát mutatott: *Si* ($\overline{111}$) síkok nőttek fel a *ZnS* kénnel borított tetraéder lapjaira. A *14. ábrán* egy *Si*-szigetekkel borított *ZnS* lemez látható. (A szigetek átmérője 0,1—0,2 mm.)

IRODALOM

[1] *Wolf, G.—Kech, P. H.—Broder, J. D.:* Phys. Rev. *94* (1954) 753.
[2] *Trumbore, F. A.:* Metallurgy of Elemental and Conpound Semiconductors, Proc. Metall. Conf. 15 (1961) 12.
[3] *Wieland, L. J., Skalski S.:* Proc. Metall. Conf. 15 (1961) 303.
[4] *Luzhnaya, N. P.:* J. Cryst. Growth *1, 4* (1968) 97.
[5] *Bertóti I.—Lendvay E.—Farkas-Jahnke M.—Hársy M.—Kovács P.:* Phys. stat. sol. *12* (1965) K1.
[6] *Hársy M.:* Kristall und Technik. *2* (1967) 447.
[7] *Hársy M.:* Mat Res. Bull. *3* (1967) 483.
[8] *Hársy M.:* 155. 957 sz. magyar szabadalom.
[9] *Bertóti I.:* J. Mat. Sci. *5* (1970) 1073.
[10] *Bertóti I., Somogyi K.:* phys. stat. sol. *6* (1971) 439.
[11] *Hársy M.:* Kristall und Technik *3* (1968) K93.
[12] *Hársy M.—Gergely G.—Schanda J.—Somogyi M.—Sviszt P.—Szigeti G.:* Int. Conf. on II—VI Compounds, Benjamin 1967. 413 old.
[13] *Hársy M.:* Fizikai Szemle *19* (1969) 148.
[14] *Hársy M.—Barta E.—Bertóti I.—Gergely G.—Sviszt P.:* Proc. Int. Conf. on Luminescence, Akad. Kiadó 1958. 1261 old.
[15] *Gorjunova, N. A., Borscsevszkij A. S., Kaluzsnaja G. A. Szmirnova, A. B.—Tahtareva N. K.:* Kristall und Technik *1* (1966) 85.
[16] *Hársy M.—Bertóti I.:* Phys. stat. sol. *11* (1965) K135.
[17] *Hársy M.—Lendvay E.:* J. Mat. Sci. *5* (1970) 988.
[18] *Hársy M.—Vargha N.—Lendvay E.—Varga L.:* Proc. Int. Conf. on Heterojunction and Layers Structures. Akad. Kiadó (1971). 179 old.
[19] *Hársy M.—Varga L.—Lendvay E.:* Int. Conf. on Crystal Growth (1971) Marseille.

Ónozott lemezbe csomagolt termékek korróziós hatása az ónrétegre*

Dr. P. NEHRING
Braunschweig, NSZK

DK: 669.6+62—415 : 620.197/198

Szerző az ónozott lemezek tartós tárolóképességét tárgyalja, annak függvényében, hogy az ónréteg kezeletlen maradt, vagy utólag passziválták, ill. lakkozták. A mezőgazdaságban a műtrágyák fokozott felhasználása a tartósított mezőgazdasági terményeket fokozottan agresszívebbekké teszi az ónbevonattal szemben, s ez csökkenti a kezeletlen lemezekkel biztosított tárolási időtartamot. Ma már diagramból lehet a tartósított anyag és tárolási időleírása függvényében a legcélszerűbben kezelt ónozott lemezt kiválasztani.

Bevezetés

Jóllehet az ónozott lemez már több mint $1^1/_2$ évszázada a konzervek előnyben részesített csomagolóanyaga és ezért nem lehet kétséges, hogy az egész világon milliárdnyi példányban beváltak, és eltérően más csomagolóanyagtól, a töltőanyagok nagyon széles területén alkalmasak, mégis, a felhasználási területeket kritikusan kell felülbírálni. Az ilyen kritika éppen a mai időkben aktuális, hogy az anyag kétségen kívüli előnyös tulajdonságait optimálisan kihasználjuk és gyengéit, amelyek természetesen éppen úgy lehetnek, mint más csomagolóanyagoknál is, lehetőség szerint ne hagyjuk érvényesülni. A fejlődés éppen a csomagoló-tartósító iparban olyan, hogy az elmúlt évtizedek némely hiányosságait, amelyeket eltűrtek, mert nem volt elkerülhető, a mai szemlélettel zavartkeltőnek és feleslegesnek minősítenek. Bármilyen csekélyek is ezek a hibák az ónozott lemez sokoldalú pozitív tulajdonságai mellett, a közelmúltban a tudomá-

* Az „Ónozott lemez" szimpozionon 1972 áprilisban elhangzott előadás.

nyos és alkalmazástechnikai kutatás intenzív vizsgálatát képezték. Amikor ezen kutatások eredményeként beigazolódott, hogy az ónozott lemez, noha bizonyára egyike a legrégibb csomagolóanyagoknak, melyet még ma is szünet nélkül élelmiszerek csomagolására használnak, továbbra is fejlődőképes és a mai követelményekhez is tud alkalmazkodni.

A ma meggondolásra késztető szempontok a következők:

1. az intenzív konkurrencia, amelyet az üvegcsomagolás, a flexibilis, félmerev és merev alumíniumcsomagolás, a műanyagcsomagolás különösen fóliaformában, de legalábbis részben az olyan rokon csomagolóanyag formájában, mint az ún. *ónmentes acél* (TFS) hoztak létre;

2. mindig több és több kérdés merült fel az élelmiszer higiénia és az élelmiszerjogi területeken, melyek különösen az ón és ólom által a konzervdobozokban levő élelmiszerre kifejtett hatásra vonatkoznak. Ezeket a kérdéseket azelőtt messzemenően mellőzték és a majdnem kizárólag pozitív toxikológiai tapasztalatok miatt az egész világon nem volt indító ok arra, hogy ezeknek különös fontosságot tulajdonítsanak. A mai általános környezetvédelmi tendenciák következtében azonban jogos, hogy ezek a problémák ismét felvetődnek és mint az összes hasonló esetben, a kérdés a műszaki lehetőségek tekintetbevételével az élelmiszer szennyeződés elkerülését állítja előtérbe;

3. ezzel összefüggésben, ugyanúgy, mint a jelenlegi korróziós problémák mindenekelőtt a gyors ónoldódás szempontjából, az a kérdés merül fel, hogyan változott az ónozott lemez viselkedése az élelmiszerekkel szemben, mióta az egész világon áttértek a tűzi ónozásról az elektrolitikus ónozásra és természetesen az a kérdés is, hogy általában és milyen módon változott ebben az időben az élelmiszerek agresszivitása az ónozott lemezzel szemben;

4. ismételten felülvizsgálandó, hogy és milyen praktikus feltételek között járulnak hozzá az ónozott lemezdobozok változtatásának korszerű lehetőségei (például: K-lemez, passziválás, HTF-dobozok, speciális anód, speciális védőlakkozás) a doboz tulajdonságainak feljavításához;

5. különösen azokat az eseteket kell kritikusan felülvizsgálni, melyekben mindmáig a lakkozatlan lemezdobozok használatát tartották szükségesnek, mivel az ónnak az élelmiszerek érzékelési tulajdonságaira kifejtett kedvező hatására számítottak;

6. végül intenzív meggondolás tárgyává kell tenni azokat a kérdéseket, amelyek a dobozok jövőbeni gyártásával kapcsolatosak, pl. húzás és a különféle könnyű nyitást biztosító rendszerek.

Ezekből a kérdésekből itt csak néhányat és azokat sem tüzetesen tudjuk tárgyalni. Ezek a következőkkel vannak összefüggésben:

a) a lakkozatlan dobozok problémái;

b) a lakkozott dobozok problémái;

melyekből, mint praktikus végkövetkeztetést, egy

c) doboz specifikációt

fogunk levezetni.

Lakkozatlan dobozok

Az élelmiszer dobozoknak felhasznált lakkozatlan dobozok részaránya az utóbbi években állandóan csökkent. Hogy egyáltalán bevonatlan dobozokat még használnak, annak főleg három oka van:

1. Gyártástechnikai okok

Ezek példájaként főleg a kondenztejes dobozokat és a szardíniás dobozokat lehet említeni. A kondenztejes dobozokat még igen sokszor, mint ún. *Vent-hole dobozokat* állítják elő, visszahajtott fedéllel és fenékkel forrasztva és egy függőgyöngygyel lezárható töltőnyílással. A szardíniás dobozokat nagyrészt még forrasztott gördülőfedővel látják el. Mindkét esetben a lakkozott dobozokra való áttérés csak úgy lehetséges, ha gyártástechnikailag a ráperemezett fedelű dobozokra állnak át, ami igen jelentős beruházási költségekkel jár. Ez az átállás azonban a következő években kényszerből meg fog valósulni és a fennálló berendezéseket újakra kell kicserélni.

2. Korróziós okok

Némely esetben a lakkozott dobozok lakkleoldó korróziójától félnek, pl. citruslé és más gyümölcslé, mint pl. ananász tartósításakor. Javított lakktechnikával azonban ma már ezeket a problémákat is meg lehet oldani.

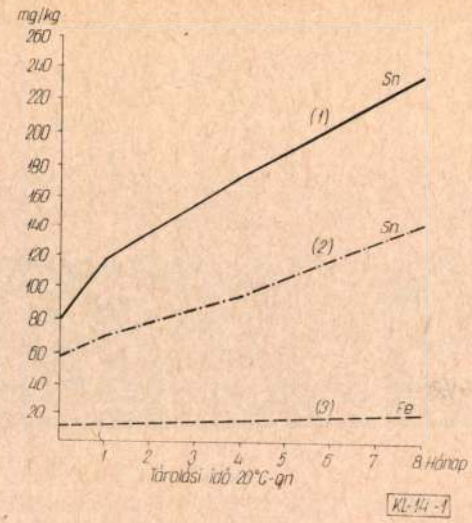
3. Tartósított anyagtechnikai okok

Némely élelmiszerhez, különösen világos gyümölcs- és főzelékfajtákhoz, a bevonatlan dobozok szabad ónfelületének előnyös hatásai vannak. Az oldódásba induló ón-II. ionok redukáló hatása a tárolt anyagban egy oxidációs reakciót meggátol és halványító hatást vált ki. Sok esetben az élelmiszerek ízét is megzavarja vagy azzal, hogy az ónsók kis mennyisége az élelmiszerben „frissebb" ízt színlel (ezt állítja pl. néhány paradicsomlé- és leveskonzerváló), vagy hogy a tojásfehérje hődenaturálásával fejlődő kéntartalmú bomlástermékek, mint amilyen a kénhidrogén és illanó kénhidrill, merkaptánszerű vegyületek a fehérlemez felületen ún. *márványosítással* mutatkoznak. A tartósított anyag íze ezáltal szintén feljavul.

A lakkozatlan dobozok felhasználásának felsorolt indokaival szemben áll, hogy az elmúlt évtizedekben sokasodtak az olyan esetek, amelyekben gyors ónoldódás jelentkezett az ónozott lemez felületén. Már néhány hónapi raktározás után a tartósított anyag ónfelvétele több 100 mg/kg-ra emelkedett. Az ilyen gyors ónoldódási jelenségek példáit paradicsom készítményeknél, babnál, spárgánál, sárgabaracknál, narancslénél, egyes esetekben azonban gombafajtáknál is, pl. tojásgombánál észlelték *(1. ábra)* [1].

A korábban meg nem figyelt jelenségek időbeli összefüggése azt sejteti, hogy itt főleg két ok a mérvadó:

1. Az ón nagyobb oldási sebessége elektrolitikus ónfelrakásnál. Ezek a tűzi ónozással szemben pl. kisebb ónkristályokkal rendelkeznek, amivel a



1. ábra. Tárolási idő 20 °C-on Csirágkonzerv óntartalmának növekedése (1968-as kísérlet)

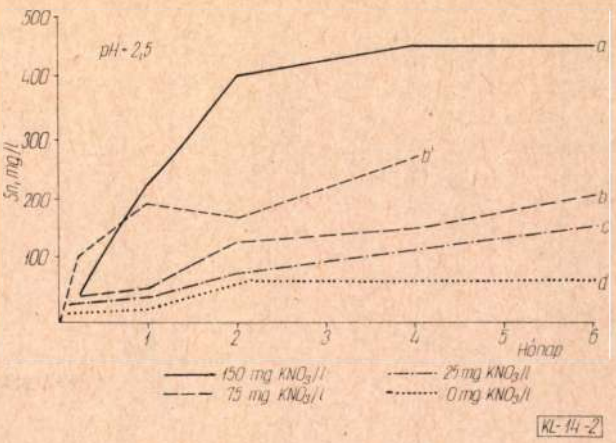
Köpeny bevonatlan, fedelek belül lakkozva, *1* szálas csirág, *2* passzírozott, *3* szálas

megkülönböztetett oldódási magatartás magyarázható.

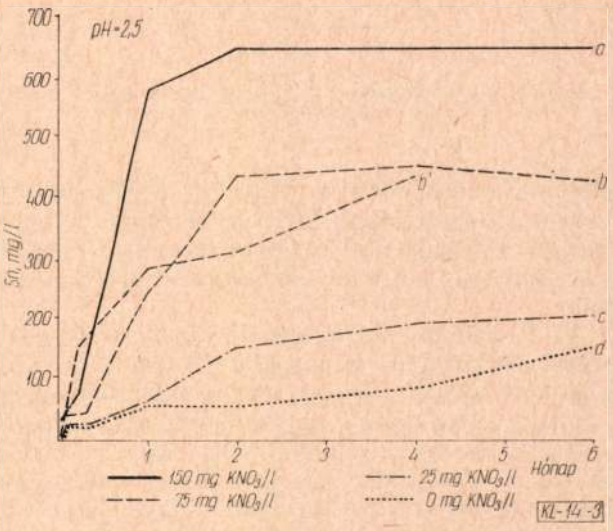
2. Változások az élelmiszerekben. Az ásványi nitrogéntrágyák növekvő felhasználásával és háztartási, ill. ipari szennyvizek nitrifikálásával a talajvízben emelkedő nitráttartalom miatt sok növényi élelmiszerben növelt nitráttartalommal kell számolni. A tartósított anyag nitráttartalma és az ón oldódási sebessége közötti összefüggés igen sok esetben, mindenekelőtt paradicsom készítményeknél bizonyított.

Ezt a két főesetet *Thomas* és *munkatársai* modellkísérletekkel nagyon világosan kimutatták *(2. és 3. ábra)* [2]. Felismerték, hogy növekvő nitráttartalommal az ónoldódás sebessége jelentősen megnő, annak ellenére, hogy a modellkísérletekben alkalmazott NO_3 koncentrációk egyáltalán nem nagyok. Főzelékek nitráttartalma már közepes trágyázás pl. 80 kg N/ha után meghaladja parajban és zöldbabban az 1000 mg/kg-ot [3]. Megjegyzendő, hogy a trágyázás és a tartósított anyag nitráttartalma között nem lehet szigorú korrelációval számolni, mivel igen sokszor már a talajban, vagy a talajvízben igen sok nitrogén van [4]. Ez a magyarázata annak, hogy a vadgombafajták, mint pl. a tojásgomba, néha egész váratlan ónoldódást idéz elő. *Gerson* [5] kimutatta, hogy a főzelékfélék különböző fajtái teljesen különböző nitrát-felvételt mutatnak, ha a trágyaadagolás azonos volt *(4. ábra)*. Ez szintén magyarázat a sokszor váratlanul és látszólag rendszertelenül jelentkező gyors ónoldódásra [5]. Megfelelő fajta kiválasztásával meg van annak a lehetősége, hogy az ónoldódás sebességét indirekt módon szabályozni lehessen. Ennek gyakorlati hasznosítása azonban mindig problematikus és bizonytalan marad, tehát nem alkalmas eszköz a kérdés végleges rendezésére. Jelentősebbnek látszik az a megoldás, ha már az ónozott lemezek oldási sebességét csökkentjük.

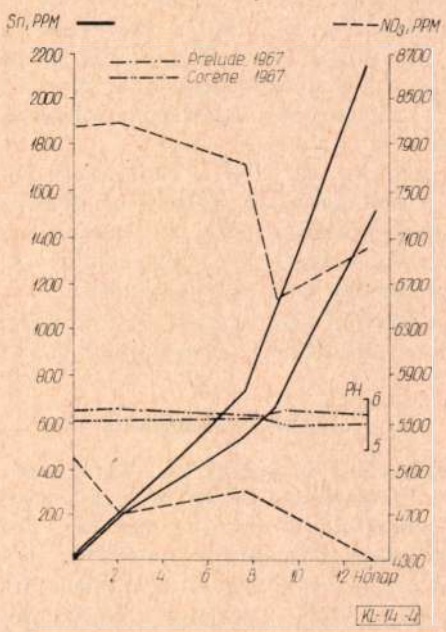
Hasznos lehet pl. *a passziválás*. *Biston* [6] vizsgálta különböző eljárásokkal passzivált lemezek ónoldódását *(5. ábra)*. A 311-es passziválás bizonyult



2. ábra. Tűzi ónozású finomlemez



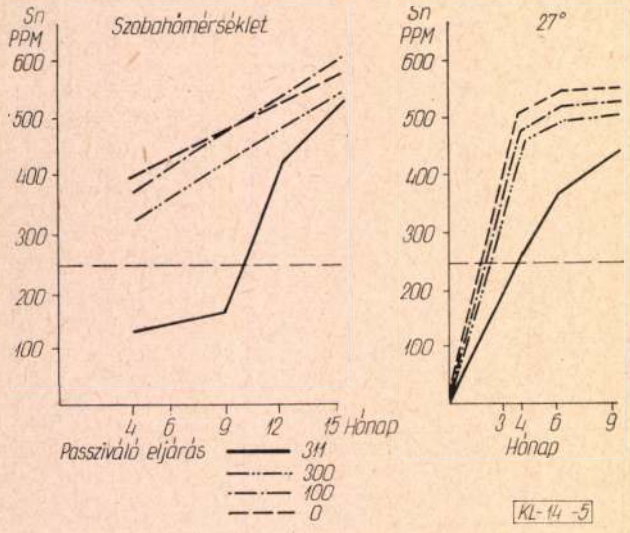
3. ábra



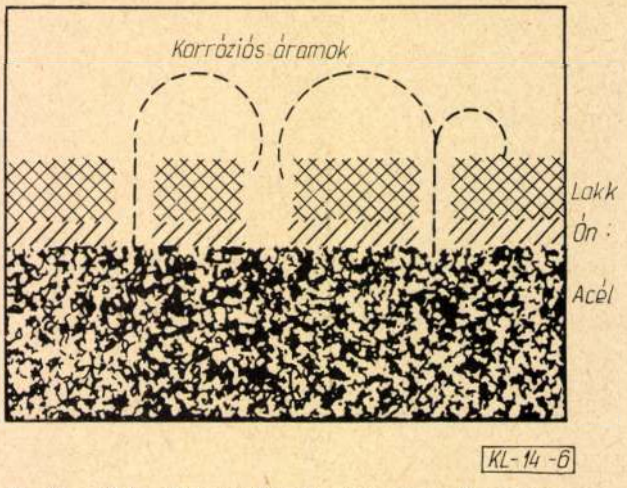
4. ábra. Konzerváló zöldbab nitrát- és óntartalma

a legjobbnak, bár hatása nem nagyon nagy. Bizonyos lassulás áll be, amely azonban a gyakorlati raktározásra nincsen olyan következménnyel, hogy elegendő biztonságot nyújtson.

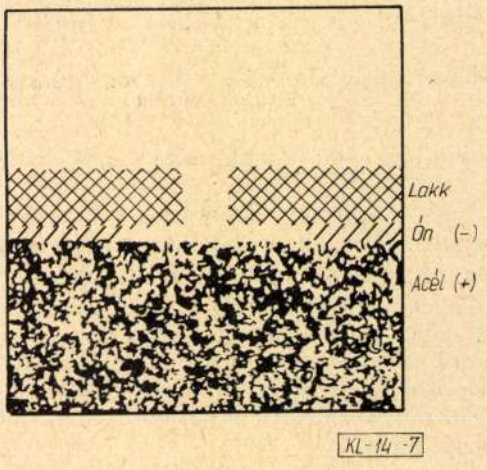
A K-lemezek alkalmazásával a gyakorlatban megfigyelt ónoldódási sebességcsökkenés [7] nem



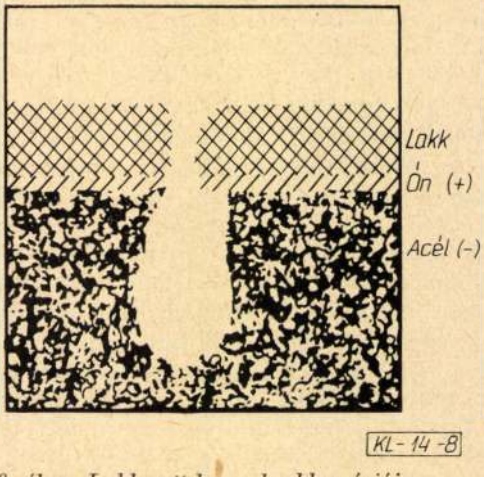
5. ábra. Spenótkonzerv. A passziválási eljárás hatása az ónoldásra



6. ábra. Dobozfalon levő lakk- és ónpórusok szelvénynövelő hatása



7. ábra. Lakkozott lemez ónfeloldó korróziója



8. ábra. Lakkozott lemez lyukkorróziója

elegendő ahhoz, hogy a tartósított anyag megnövekedett nitráttartalmával a legalább 18 hónapos tárolási idő alatt biztonságban elkerülhető legyen az óntartalom erősebb emelkedése a tárolt anyagban.

Az élelmiszer jogi problémája, mely az ónfelvételből lakkozatlan dobozokba csomagolt élelmiszerekkel adódik, még egyáltalán tekinthető megoldottnak. Sok országban 250 mg/kg max. értéket megengedhetőnek nyilvánítanak. Ezt az értéket évtizedes tapasztalatokra hivatkozva indokolják, azzal, hogy ilyen nagyságrendű ónmennyiségek általában nem toxikus hatásúak. Sok esetben, mindenekelőtt tojásfehérje jelenlétében az ón változatlan állapotban áthalad a szervezeten, mert a gastro-intestinális körzetekben nem oldódik. Más esetekben, pl. gyümölcslékben már kisebb koncentrációk is szórványosan egészségártalmas zavarokat okoztak.

Másrészt pl. az NSZK élelmiszerjogi előírása szerint a csomagoló anyagból csak olyan mértékű idegen anyag adódhat át a szervezetbe, amely műszakilag kikerülhetetlen, függetlenül az átadott anyag egészségi jelentéktelenségétől.

Az ónoldódás azonban elkerülhetőnek minősíthető, ha a dobozokat elvégezhető mértékben lakkozzák.

Lakkozott dobozok

A rendszerint dobozgyártás előtt a lemezre vagy szalagra hengerléssel felvitt lakk, kifogástalan tapadási szilárdságot és sterilizációs állandóságot feltételezve, korrózióvédelem szempontjából annyit ér, mint a leggyengébb pontja, a pórus, amely már eleve a lakkozáskor keletkezett, vagy karcok, amelyek a dobozgyártás közben kerülnek be elkerülhetetlenül.

Teljesen azonosan a bevonatlan lemez korróziós tulajdonságaihoz, a lakkpórusoknál helyi elemek *(6. ábra)* keletkeznek, amelyekben korróziós áramok folynak. A pórusokban levő ónfelületek vagy anodikusak *(7. ábra)* és ekkor a felszín alatt oldódik ki az ón, ami az ismert *udvarképzés* jelenségével válik láthatóvá (fekete vas-ón ötvözőréteg jelenik meg a lakkbevonat sérülése körül) vagy lyuk képződik *(8. ábra)*, ha az acél szerepel anódként. Hogy a két jelenségből melyik várható, lényegében a dobozban tartósított anyag összetételétől, továbbá depolizátorok távollététől vagy jelenlététől függ.

Ha az ón az anód, igen csúnya udvarképződések ravarják a felület egyneműségét és ilyenkor a korzóziós áram annál erősebb, minél nagyobb az a relatív acélfelület, amely az ónfelülettel arányban a

pórusokban az elektrolitokkal érintkezésbe jut *(9. ábra)* [8]. Ebben az esetben ajánlatos — mivel a pórusokat aligha lehet befolyásolni — a relatív ónfelületet megnagyobbítani. Ez megtörténhet tiszta ónforrasszal és egy széles ónsáv felrakásával a hosszvarrat mentén. Ezeket a dobozokat, az ún. HTF dobozokat (High-tin-fillet) az American Can Co. jó eredménnyel használta [9]. Beváltak a köpenylakkozásnál is helyi kihagyások, pl. egy lakkozatlan sáv formájában a köpeny közepén. Ilyen eszközökkel még a következő hatások érhetők el:

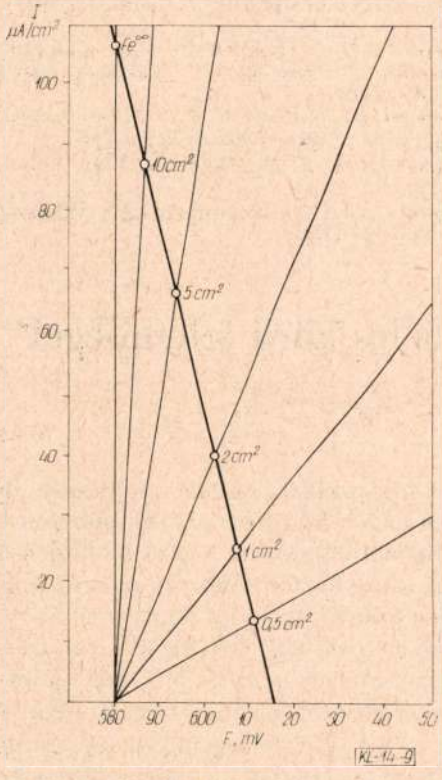
1. A doboz belső felületének előnyösebb összhatása a lakkfilm karcolt helyein.

2. A töltőanyag az ónt kisebb mértékben oldja.

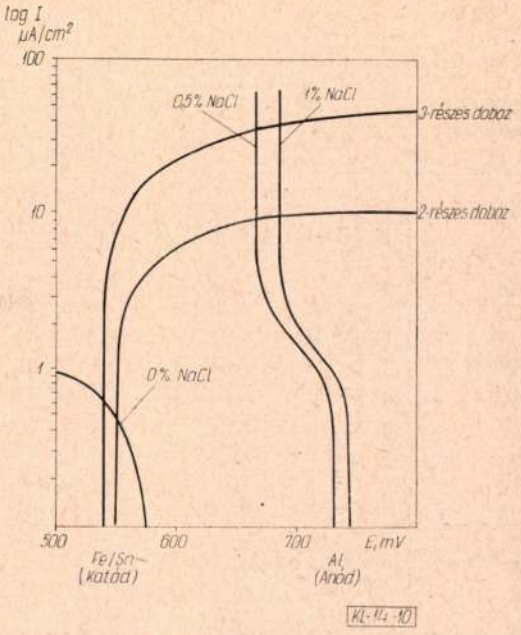
3. Elegendő ón-ion leadás [7] pl. íz- vagy színjavítások elérésére a töltőanyagban.

Előnyösebb hatásokat lehet különben elérni, mindenekelőtt a felszín alatti ónoldódásban, ha a nagyobbított ónfelületek helyébe (mint a HTF dobozoknál) anódként más fémeket vezetünk be. Ilyen célra legtöbbször alumínium lemezkéket alkalmaznak. Újabban olyan javaslat is elhangzott [10], hogy a lakkfilmeknek megfelelő pigmentálással anódszerepet kell adni. Az alumínium pigmentálás igen sokszor észlelt előnyös hatása is ezzel magyarázható. Mindenesetre azonban ezeket a feltételezéseket még kísérletekkel kell igazolni.

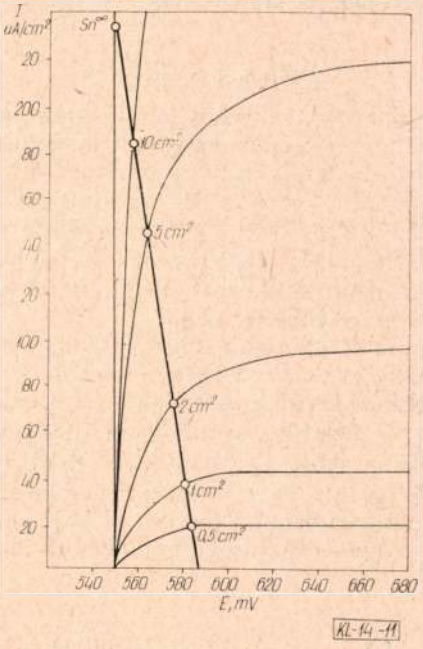
Ha pl. *kombinációs csomagolást* alkalmazunk, ónozott lemezköpenyt alumínium fedővel, akkor itt is anód lesz az alumínium. Viszonylag erős a korróziós áram, mely mivel a fedelek leginkább lakkozottak és az alumínium csak a repedéseknél érintkezik az elektrolittal, igen gyorsan lyukmaráshoz vezet *(10. ábra)* [11].



9. ábra. Az elektródák felületviszonya. Az ón az anódhoz függvényében szerkesztett polarizációs diagramok (Maercks szerint)



10. ábra. Ónozott lemezdobozok polarizációs diagramjai. Alumínium tépőfedél, 1,5% ecetsav, a konyhasó tartalom függvényében (Maercks szerint)



11. ábra. Polarizációs diagramok az elektródák acél anódhoz viszonyított felületnagyságának függvényében (Maercks szerint)

Ha a pórushelyeken az acél anódként működik, ez lyukmaráshoz vezet. A korróziós áram és ezzel a korróziós sebessége annál nagyobb, minél több relatív ónfelület áll szemben az acéllal a pórusokban *(11. ábra)*. Ilyen esetekben tehát célszerű a pórusok számát és nagyságát annyira kis értéken tartani, amennyire csak lehet. Ennek elérésére szokás a szórt lakkozás, amelyet pl. általában italdobozokon végeznek, ha a lyukmarás veszélye fennáll, vagy ha a vas vagy ón kis koncentrációi a töltőanyagot befolyásolják, mint pl. a sör és néhány gyümölcslé esetében.

Különleges belső védőintézkedések szükségesek, ha pl. *felszakító fedelek* szakító vonalán olyan anyag

1. táblázat

Tartósított anyag	Ónozott lemez		Lakkozás	
	Köpeny	Fedél, fenék	Köpeny	Fedél Fenék
Zöldbab	E 2 E 2/1 (K)	E 2 E 2/1 (K)	L L_N	L L
Borsó	E 1	E 1	L	L
Karotta	E 3/1 K E 2 E 2/1 (K)	E 2 E 2 E 2/1 (K)	B L L_N	L L L
Csirág	F 24 E 5/1 E 4/1 E 2	E 2 E 2 E 2 E 2	B B L (A) L	L L L L
Paradicsom	E3/E1 (K) E4/E1	E3/E1 (K) E4/E1	L_N L_N	L L

(K) = K-lemez; L = lakkozva; L_N = forrasztás védőlakkozva; (A) = helykihagyással; B = bevonatlan

jut érintkezésbe az elektrolittal, amely az alakítás következtében hajlamos a feszültség okozta korrózióra.

Doboz specifikációk

A különböző technikai lehetőségekből ónozott lemezek korróziós problémáinak megoldására számos specifikációs variációt vezettek le, amelyekből néhányat az *1.* és *2. táblázat* mutat. Ezek a példák érzékeltetik, hogy a várható raktározási időből, vagy a töltőanyaggal elérendő effektusból kiindulva egészen lakkozott, vagy csak részben lakkozott dobozt választhatunk.

Vitán felül előny az ónozott lemez rendkívül sokoldalúsága, amely lehetővé teszi, hogy a dobozt a mindenkori kívánsághoz alakítsuk és ezáltal technikailag, és üzletileg optimális eredményeket kapjunk. Ez az előny azonban csak annak hasznosítható, aki pontos ismeretekkel rendelkezik a töltőanyag tekintetében és biztosítva van afelől, hogy a töltőanyag tulajdonságaiban nem áll be változás.

2. táblázat

Tartósított anyag	Ónozott lemez		Lakkozás	
	Köpeny	Fedél, fenék	Köpeny	Fedél Fenék
Almabor	E4/1 (K) E4/2 E3/1 (K)	E 1 E 2 E 3/1 (K)	B L (A) L_N	L L L
Barack	E2/1 E2/1 (K) E3/1 (K)	E 1 E 1 E 3/1 (K)	B B L_N	L L L
Őszibarack	E2/1 E2/1 (K) E4/2	E 1 E 1 E 2	B B L (A)	L L L
Szilva	E3/1 E3/1 (K)	E 3/1 E 3/1 K	L_N^2 L_N^2	L^2 L^2
Meggy	E3/1 (K) E4/2 E1	E 3/1 K E 4/2 E 1	L_N^2 L_N L_N szórva	L^2 L^2 L szórva

(K) = K-lemez; L = lakkozva; L_N = forrasztás védőlakkozva; (A) = helykihagyással; B = bevonatlan; L_N^2 =

IRODALOM

[1] *Nehring, P.:* Ind. Obst- u. Gem Verw. *55*, 307—310 (1970).
[2] *Thomas, G.—Mergly, D.—Leblanc, C.—Habusse, H., Monvoisin, J., Cheftel, H.:* CIPC-Bericht 1966.
[3] *Becker, J. K. F.:* Bundesgesundheitsbl. *8*, 246—248 (1965).
[4] *Horia, T.—Iwamote, J. Oda, K.:* Serial No. 7, 1966.
[5] *Gersons, L.:* Bull., INACOL, Vol. 1, 103—119 (1971).
[6] *Biston, R.* et *Lempereur, J.:* Bull. INACOL, Vol. 1, 120—145 (1971).
[7] *Endle, J.:* Bull. INACOL *22*, 543—565 (1971).
[8] *Maercks, O. Maercks, J.:* Verpackungsrdsch. *20*, 59—67 (1969).
[9] *Hotchner, S. J., Poole, C. J.:* CIPC 5th International Congress on Canned Food, Wien 1967.
[10] *Collenteur, H. A. P.:* Bull. INACOL Vol. 1, 82—93 (1971).
[11] *Maercks, O.:* Verpackungsrdsch., Wissensch. Beilage 33—37 (1968).

Ónozott lemez felhasználásának széles körű lehetőségei*

B. F. MÜLLER
Zinn Informationsbüro Düsseldorf —, NSZK

DK: 669.686/687 : 672.4 : 673.8

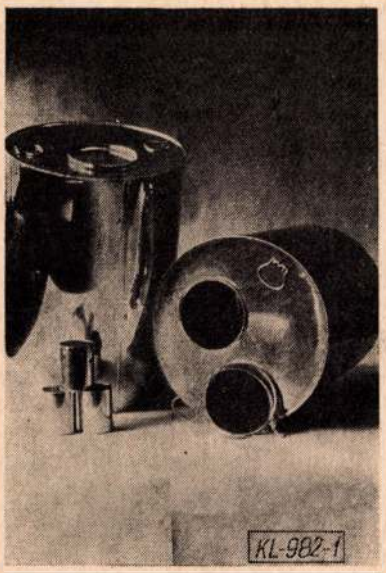
Szerző bőséges ábraanyaggal alátámasztva mutatja be az ónozott lemez korszerű felhasználhatóságát. Tárgyalásában a konzervdobozokra nem tér ki, mivel a szimpozionon ezeket más előadók részletezték. Az ipari versengés az ónozott lemezt a mai társadalom életének minden szakaszára, a hivatali munkától a kempingezés és pihenés óráiig eredményesen kiterjesztette.

A felhasználás módjai

Mindnyájunk előtt ismeretes, hogy a konzervdobozokat ónozott lemezből gyártják. Az élelmiszer és fogyasztási cikkek kiállításán Kölnben 1971-ben (ANUGA) a lemezgyártmányok bemutatóján felismerhető volt a vonzó kiállítású dobozok sokasága széles körű töltőanyag részére. A lemeznek ez a felhasználása annyira ismeretes, hogy bővebben e helyütt nem kell vele foglalkozni. De a bemutatón másfajta edények is láthatók, mint pl. vázák, ékszerdobozok és nagy töltőkannák. A fehérlemez utóbbi célú felhasználása egyáltalán nem olyan ismeretes és ezért a következőkben közelebbről ismertetem.

Az *1. ábrán* nagyságrendi összehasonlítás látható

* Az „Ónozott lemez" szimpozionon 1972 áprilisában elhangzott előadás rövidített anyaga.



1. ábra



2. ábra

az ónozott lemezből készült konzervdoboz és egy 100 literes edény között.

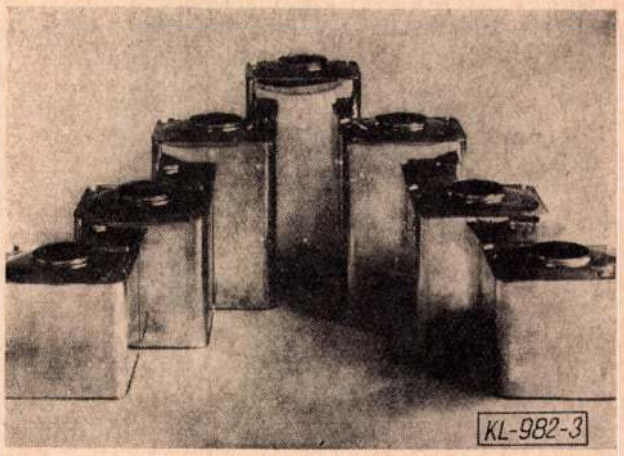
A *2. ábrán* vödröket láthatnak „Hobbock"-okal. A Hobbock alatt olyan tartályokat értünk, melyeknek két tartófogantyújuk van. Emellett különösen feltűnik, hogy a vödrök és a Hobbock-ok egymásba összerakhatók. Ez mind a raktározásnál, mind üresen a szállításnál térfogatcsökkentéssel jár, nem akadályozza azonban, hogy a tele, zárt tartályok lényeges magasságúra összerakhatók legyenek. Ez nagymértékű racionalizálásnak számít, mert az összerakhatóság méretei nemzetközileg már szabványosítva vannak és ezáltal világviszonylatban azonosak.

A mindennapi és ipari élet igen sok területén a műanyagipar erős fejlődésével keletkezett a kétkomponensű tartályok szükségessége. Olyan termékekhez kellenek, melyek két reagense rendesen folyékony és csak közvetlenül a reakció előtt keverhetők össze. E reakció egyértelmű a végmegmunkálással, mint pl. *szilikongyanták* kétkomponenses bázison. A csomagolás ezen módjával pontosan adagolt mennyiségek részei tetszőlegesen hosszú ideig raktározhatók és csak akkor ürítjük és keverjük a kisebb tartály tartalmát a nagyobba, ha a végtermékre szükségünk van. Ezzel teljesen elkerüljük azt a veszélyt, hogy elkülönített raktározással az egyes reagenseket keresni kell és esetleg egyik, vagy másik hiányzik. Az ónozott lemez korrózióállósága, valamint egyszerű és jó megmunkálhatósága teszik lehetővé ezt a megoldást.

A műszaki csomagolás területén még utalni kell az új, szögletes tartályok sokoldalúságára, mint a *3. ábrán* láthatjuk. Könnyen megérthető, hogy a tartályoknak ez a formája különösen a raktározás miatt előnyös, mert a hengeres tartályokkal szemben kb. 23%-kal jobb térfogatkihasználást nyújt. A *4. ábrán* összerakott és rétegesen alátámasztott, palettált szögletes tartályok láthatók.

Új és érdekes felhasználás jelentkezik a mindennapos háztartásokban. A kónikus vödrök gondolatától már nincsenek messze a kónikus papírkosarak. Ezek üresen ismét térfogatcsökkentéssel összerakhatók és töltött állapotban nagy előnyük, hogy nem gyúlékonyak, ami különösen akkor fontos, ha a háztartásban, vagy irodában erős dohányosok vannak.

Nagyon sokoldalú felhasználást találnak az *5. ábrán* mutatott ülőzsámolyok. Ezek a legkülönfélébb dolgokkal tölthetők, pl. ruhaneművel (szennyes), vagy kiránduláshoz a szükséges tárgyakkal



3. ábra



4. ábra

és élelmiszerekkel és a tetején van egy jól párnázott ülőfelület. Ha ezekre a zsámolyokra nincs szükség, egymásba összerakhatók.

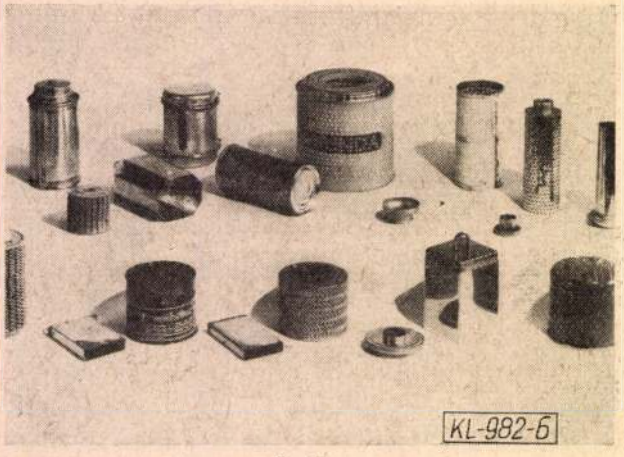
Az utóbbi években az ónozott lemezfóliák előállítása növekvő irányzatot mutatott. Nagyipari előállításuk még nem fejlődött ki, de az eddig elkészült kísérleti mennyiségek néhány új lényeges felhasználásra engednek következtetni. Így pl. már flexibilis sugárzó fűtőberendezést gyártottak lemezfóliából. A rádió- és televízió-iparban ilyen fóliákat használnak árnyékolóknak. Érdekes lenne ezen fóliák általános felhasználása csomagolásra.

Nagyon is a jövőre előirányzott felhasználási terület ónozott lemezből, de nem fóliából az olyan lemeztartályok, amelyeket gipsszel vagy bórsavval töltenek meg és ezzel atomerőművekben árnyékolnak neutronsugárzással szemben. Így az ónozott lemezek egyszerű megmunkálhatósága és korrózióállósága ebben az iparágban is az emberiség haladását biztosítja.

A *6. ábrán* az ónozott lemez egy egész sor olyan másirányú felhasználása látható, amelyekre nem is gondol az ember. Ezek az autóipar részére olaj- és légszűrők, tartályok a fékfolyadék részére, töltőtölcsérek, csavarfedelek és lyukasztott, ill. préselt tárak relék és gyújtótekercsek részére. Itt az általános korrózióállóság mellett különösen a kőolaj gyártmányok elleni tartósság az, ami a lemezt a felhasználásra lehetővé teszi.



5. ábra



6. ábra

Ha egy egészen más terület felé fordulunk, ismét sok variációban találhatunk fehér ónozott lemezt. Ilyen a búgócsiga, a sütőforma, az asztali tálcák, ill. az ékszerdobozok. Mindezeknél a kedvező ár, a jó nyomtathatóság, gyakorlatilag az összes színkombináció alkalmazási lehetősége járul a lemezfelhasználás megnövekedéséhez.

Két év óta az ifjúság részére nyíltak meg új perspektívák. Míg azelőtt gondoskodni kellett idejében firss virágok beszerzéséről valamilyen ünnepélyes esemény előtt, ma pincében tarthatunk nagyobb készletet dobozolt virágokból és akkor szed ki belőle az ember egyet, amikor szükség van rá. Ezek a virágdobozok kezdetben zártak és a virágmagot tartalmazzák, meg a szükséges földet. Nyitás után, megfelelő vizet hozzáadva a növény kinő és virágzásnak indul.

Nem annyira a jövőt célozza, hanem a napi szükségletet elégíti ki az ónozott lemez és virág kombinációja. A virágvázák igen jutányosak, többféle nagyságban és különféle nyomtatással ellátva szállíthatók. Mindenekelőtt ott használhatók, ahol rövid ideig sok váza szükséges, pl. temetőkben, kórházakban, de jubileumok és más ünnepségek alkalmával is. Nevük „egyszeri váza", mert egyszeri használat után eldobják őket, bár tény, hogy ennél már tartósabbak.

A beszámoló elején már szó volt a csomagolásról, és ezt kívánom újra előtérbe helyezni. Nemcsak reklám elgondolás volt az, hogy egy szép napon ruhát csomagoltak dobozba. A gondolat olyannyira bevált, hogy legújabban már függönyöket is lehet dobozokban vásárolni.

De még nagyobb a jelentősége a díszmű- és ajándékdobozok gyártásának ónozott lemezből. Az egyszeri konzervdobozoknál abból kell kiindulni, hogy a felhasználó egyáltalán nem igényli a dobozt, hanem csak a doboz tartalmát, s ezért nem egészen könnyű feladat a vevőnek a lemezdoboz műszaki előnyeit megmagyarázni. Más az eset itt. A doboz tartalma lényeges itt is, ami lehet kávé, tea, sütemény vagy más hasonló. De ezen túlmenően a doboznak megvan a maga értéke mint dísztárgy a lakásban, vagy irodában. Meglepő annak megállapítása, hogy ezek a dobozok milyen tetszésre találtak. Itt is a kiváló nyomtathatóság és a jó alakíthatóság, amely még bonyolult formák előállítását is lehetővé teszi, indokolja az ónozott lemez alkalmazását.

További jelentős felhasználási területe az ónozott lemeznek más anyagból készült tárolóeszközhöz zárófedél elkészítése, elsősorban ilyen a befőttes üvegek zárófedele. Itt az ónozott lemez már korán megtalálta a más anyagokkal való kombináció lehetőségeit. Az újabb fejlődésből különösen a PT-zárakra *(7. ábra)* utalok. A „P" Presst (nyomást) jelent, a „T" pedig Twistet (csavarást). A zárnak magának nincsen csavarmenete, hanem csak menetkitöltő anyaga. Ha a kupakot az üveg csavarmenetére préseljük, ráilleszkedik a csavarmenetre, töményen zár és egyszerű csavarással nyitható.



7. ábra



9. ábra

A *8. ábrán* nem jelentéktelen újítást láthatunk. Már hosszabb idő óta használatos felszakítható alumínium fedél különböző szerkezetekkel. Az ónozott lemeztörzzsel kapcsolatban mindig korróziós problémák léptek fel az anyagkombináció miatt. Valamivel régebben, mint egy évvel ezelőtt, készültek ónozott lemezből az első felszakítható fedelek. A képen a Schmalbach—Lubeca Werke AG. Braunschweig-i cég gyártmányát mutatjuk be. A „Metal Box Company" Angliában készít ilyeneket és tudomásom szerint az USA-ban is hasonló megoldások készülnek. Ilyen zárófedelek alkalmazása a vevők kényelmét szolgálja. Ma már tehát lehet nedves konzerveket is ónozott lemezdobozokba felszakítható ónozott lemezfedelekkel csomagolni, mivel a kettős fémkombináció problémája már nem áll fenn.

Igen nagy jövő előtt áll a nyújtottan mélyhúzott, vagyis varratnélküli dobozok előállításának kifejlesztése. A *9. ábra* mutat ilyen mintadobozt. Az USA-ban egy cég már gyárt ilyen dobozokat. Elvárható, hogy Európában is belátható időn belül a cégek ezt követik. Ezeket a dobozokat italok csomagolására használják. Az ónozott lemez felhasználásának előnye itt az ónbevonat, mely a nyújtottan mélyhúzó műveletet erősen elősegíti. Egy speciális területen azonban az így mélyhúzott dobozok máris nagyon beváltak. Ezek az „aerosol" dobozok. Sok folyékony termék van, amely porlasztott állapotban kerül felhasználásra, pl. növényvédelmi szerek, ill. féregirtó szerek háztartásokban, autóápolási szerek (fagytalanítók, lakkok hibás helyek javítására), testápolószerek és sok más. Új a tejszín aerosol dobozban és egyre újabb töltőanyagok is jelentkeznek. A kétrészes fehérlemez aerosol-doboz hozzájárul a piac kiszélesítéséhez, a zavaró oldalvarratos hagyományos aerosoldobozzal szemben körkörösen nyomtatható és legalább olyan üzembiztos, mint a háromrészes dobozok.



8. ábra

Befejezés

Az ónozott lemez legutóbbi 150 év alatti fejlődésének ismertetésére megemlítjük azt a húskonzerves dobozt, amelyet 1824-ben készítettek a Parry-féle Antarktisz-expedíció részére. Ezt később újra megtalálták és 1938-ban legszigorúbb tudományos ellenőrzés mellett felnyitották. A töltőanyag kifogástalan volt. Ettől a mi mai viszonyaink szerint igen szokatlan 14 mikron ónbevonatú doboztól a legutolsó mélyhúzott aerosol-dobozig a technikai fejlődés roppant nagy utat tett meg. Ez az eredmény csak úgy volt elérhető, hogy az ónozott lemez, mint gyártási anyag oly kiváló kombinációját mutatja a jó tulajdonságoknak, hogy az előállítók és felhasználók nyugodtan tekinthetnek a jövő elé.

Az ózdi Maerz-kemencék tartóssága és teljesítménynövelésük lehetősége

IVÓCS LÁSZLÓ—PETŐ IMRE okl. kohómérnökök
Ózdi Kohászati Üzemek

DK: 669.183.211 : 666.763.4.002.612

Szerzők kísérletekkel megállapították, hogy a belföldi égetett magnezitkróm téglák csak max. 15 t/óra kemenceteljesítményt biztosítanak, efölött a tartósság erősen romlik. Célszerű a tartósság növelése érdekében a boltozati hőmérsékletingadozást szűk határok közé korlátozni. A kemencefenék javítási időszakai előtt a boltozati hőmérséklet csökkenése ne legyen gyorsabb 75—100 °C/óra értéknél.

Az acélgyártásban kialakult nemzetközi verseny következtében az SM-kemencék teljesítmény növelésének kérdése hazai viszonylatban is döntő fontosságúvá vált. Az oxigén alkalmazásával az ózdi Maerz-kemencék teljesítményét 30—40%-kal sikerült növelni.

Az oxigén frissítőközegként való felhasználásának előnyei csak akkor jelentkeznek a legnagyobb mértékben, ha a kemence teljesítményét meghatározó minden tényezőt, pl. *kemence tartósság, kemence karbantartás stb.* már teljes mértékben kihasználtuk.

A magnezitkróm téglák elhasználódásáról általában

Az SM-kemence boltozatába épített égetett magnezitkróm tégla elhasználódása abban nyilvánul meg, hogy a téglák meleg részén vízszintes és függőleges repedések mentén időnként lepattogzások keletkeznek. A lepattogzott rétegek vastagsága és gyakorisága általában a következő feltételektől függ:

1. a tűzálló anyag belsejében levő hőmérséklet eloszlásától;

2. a tűzálló anyag kémiai és ásványtani tulajdonságától;

3. a tűzálló anyag belsejébe diffundáló vegyületek mennyiségétől és tulajdonságától.

Ezzel szemben a rétegek keletkezésének gyorsasága attól függ, hogy milyen gyorsan nyeli a kérdéses tűzálló anyag a szállóport. Ez összefügg a hőmérséklettel, a tűzálló anyag szövetszerkezetével, a tűzálló anyagban levő kapilláris erőkkel, valamint az adott hőmérsékleten a folyékony fázis tapadóképességével is.

A feszültség keletkezése függ a boltozat szerkezetétől, a falazási módtól, a kemence szárítási és felfűtési idejétől, a belső térnyomástól, a rétegek leválását okozó tényezőktől.

A rétegek leválását okozó tényezők a következők lehetnek:

1. a kemenceboltozat munkafelületének hőmérséklete;

2. a boltozat munkafelületén uralkodó hőmérsékletváltozások szélső határai;

3. a boltozattéglára ható gázatmoszféra;

4. az oxigén bevitelének módja, impulzusa, időtartama, a fürdőszinttől való távolsága;

5. oxigénlándzsa alkalmazása esetén a boltozatra csapódott vasoxidok mennyisége, koncentrációja;

6. a boltozatra felfreccsenő salak mennyisége és összetétele.

Az oxigén alkalmazásának módja és hatása

A Maerz-kemencéknél egy 4×12,5 mm ∅-jű nyílással ellátott boltozati lándzsát alkalmazunk. A nyersvas beöntése után kezdődik az oxigénbefúvás és ez gyakorlatilag az adag végéig tart. A lándzsát fúvatásnál a salak érintkezési határáig engedik be. A salakfelfreccsenés csökkentése érdekében fontos, hogy az oxigén kiáramlási sebessége ne haladja meg a 250 m/s értéket [1]. Az oxigén mennyiségét 900 Nm^3/ó értéken igyekeztünk tartani.

Egyetlen oxigénlándzsa alkalmazása esetén az oxigén a fürdőfelületnek viszonylag kis részébe hatol be, így a reakciók igen hevesek. A felfreccsenő acél és salak egy része az első és a hátsó falra, valamint a boltozatra csapódik, másik része elgőzölög, illetve szállópor alakjában a munkatérből eltávozik.

A szállópor összetétele a következő értékek között változik:

SiO_2%	0,22— 1,91
Al_2O_3%	2,01—10,61
Fe_2O_3%	60,62—84,45
CaO%	1,11— 5,32
MgO%	0,20— 0,80
Na_2O%	1,48— 4,21
K_2O%	0,91— 3,72
SO_3%	0,73— 1,98
MnO%	0,73— 1,98
Izz. veszteség, %	2,18— 3,14

Az égéstermékek szállópor koncentrációja a bevitt oxigén mennyiségétől függően a különböző adagperiódusok alatt, a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet mérése után az *1. ábra* szerint változik [2]. Az ábrából megítélhető az égéstermékekben a szállópor mennyisége.

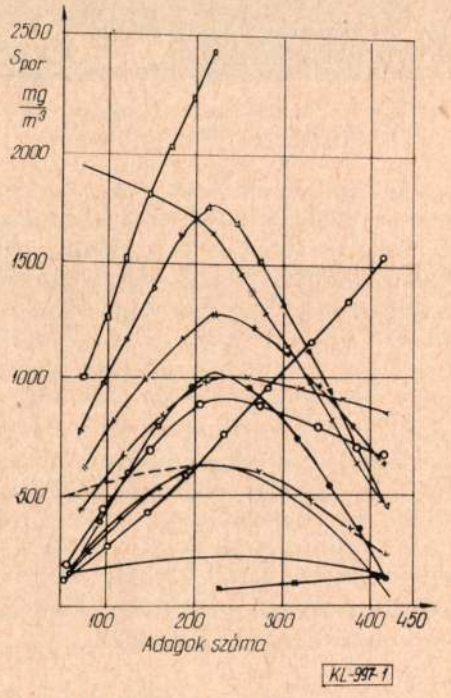
Hazai gyártású égetett magnezitkróm téglák elhasználódásának vizsgálata

Acélművünkben a darupálya alacsony szintje ez idáig nem tette lehetővé a teljesen függesztett boltozati konstrukciók alkalmazását. Kemencéink feszített-rugózott boltozati konstrukcióval vannak megépítve. A boltozatba épített hazai égetett magnezitkróm téglák jellemző mutatói 1970-ben a következő határok között alakultak:

MgO%	67,5—68,5
Cr_2O_3%	13,5—14,5

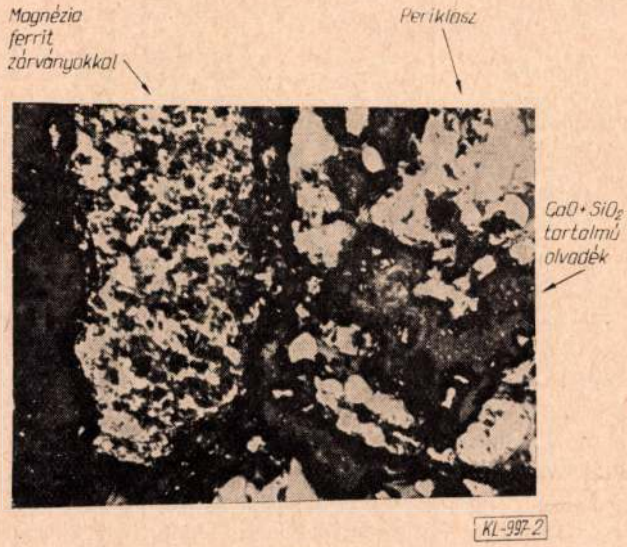
Fe_2O_3%	3,5— 4,0
SiO_2%	3,5— 5,0
Al_2O_3%	3,5— 4,0
Nyomószilárdság, kp/cm²	
százalék	200— 240
Porozitás, %	21— 25
Lágyuláspont Ta °C	1500—1540

A téglák mikroszerkezetét a *2. ábra* mutatja. Az elhasznált téglákon szemrevételezéssel három zónát különböztettünk meg: a *munkazónát*, az *átmeneti zónát* és a *változatlan zónát*. Vizsgálati anyagunkat is e három zónára bontottuk és a belőlük vett



1. ábra. A füstgázok szállópor mennyiségének alakulása különböző adagperiódusban

Porterhelés változása az adagsorszám függvényében. Berakás O_2 nélkül, berakás 800 Nm^3 O_2-vel. Beolvadás O_2 nélkül, beolvadás 600 Nm^3 O_2-vel, beolvadás 900 Nm^3 O_2-vel, beolvadás 1200 Nm^3 O_2-vel, beolvadás 1200 Nm^3 O_2-vel (kéményre). Kikészítés O_2 nélkül, kikészítés 600 Nm^3 O_2-vel, kikészítés 900 Nm^3 O_2-vel, kikészítés 1200 Nm^3O_2-vel. Tiszta fővetés O_2 nélkül



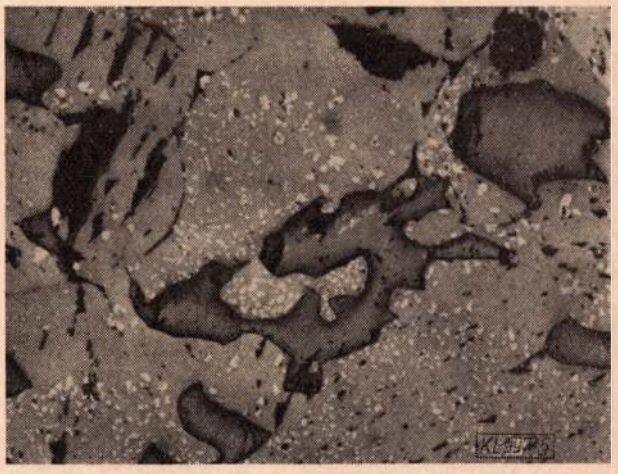
2. ábra. Égetett magnezitkróm tégla mikroszerkezete (N = 300)



3. ábra. A munkazóna makroszerkezete (N = 5)



4. ábra. A munkazóna mikroszerkezete (N = 300)



5. ábra. A munkazóna szilikátokban dúsult részének mikroszerkezete (N = 500)

mintákon makro- és mikrovizsgálatokat végeztettünk.

A makrovizsgálatok azt mutatták, hogy a munkazóna utáni átmeneti zónában változás alig észlelhető. Az átmeneti zóna szövetszerkezete a munkazónához viszonyítva alig mutat sűrűbb jelleget. A munkazónában a periklász szemcsék között és ezeken belül is a repedések jelei mutatkoztak. A kisebb pórusok már olvadékkal átitatottak. A munkazóna tűz felőli oldalán összefüggő repedések

láthatók. Jelentős Fe_2O_3 vagy FeO változás van. Ezenkívül elnyúlt periklász kristályok kifejlődését lehet megfigyelni, ilyen kristályok egyirányú növekedéséből eredő feszültségek a látható repedések okai.

A munkazóna makroszerkezetét a *3.*, mikroszerkezetét a *4.*, szilikátokban dúsult részét az *5. ábra* mutatja. Az 5. ábrán kimutatható a szilikátos rész felhalmozódása és elhelyezkedésének jellege. A szilikátokban dús rész a gyártmány hidegebb része felé vándorol, ahol 1300—1400 °C között tömöríti a szövetet. Az 1300 °C alatti lehűlések száma kedvezőtlenül hat a rétegek leválására; ezek a lehűlések különösen berakás és javítások közben keletkeznek.

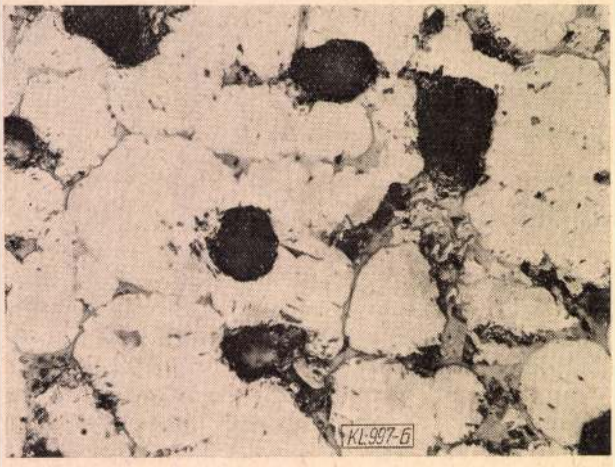
Figyelembe véve a vizsgálatok eredményét, a jobb téglaminőség, a kemenceboltozat hőmérsékletének állandósága két olyan alapvető tényező, amely a boltozat nagy tartósságát biztosíthatja.

Különböző eredetű téglákkal szerzett üzemi tapasztalatok értékelése

A különböző vastagságú boltozat konstrukciókkal végzett kísérletek igazolták, hogy a kemencék teljesítményét 15 t/ó fölé növelni hazai gyártású, égetett magnezitkróm téglákkal a tartósság jelentős romlása nélkül már nem lehet. Boltozat vastagítást csak 375 mm határig volt gazdaságos alkalmazni, mivel a 375 mm-nél vastagabb tégla alkalmazásával számottevő tartósság növekedés nem következett be. A kemencék melegüzemi felszórásos javítása jó átmeneti megoldást jelent a tartósság optimális értéken való tartásához.

A leírtak figyelembevételével fejlesztési tevékenység során egyre inkább központi fontosságúvá vált a jobb minőségű tégla alkalmazása. Különböző acélművekben azonos tulajdonságokkal rendelkező téglák, különböző tartósságot mutattak. Az SM-kemencék boltozatához alkalmazandó tűzálló anyagokra vonatkozó javaslatok is igen eltérőek.

Csehszlovákiában kidolgozták a nagytömörségű égetett magnezitkróm téglák gyártástechnológiáját [3]. A nagy tömörséget a nyers tégla porozitásának csökkentésével érték el. Az elmúlt három évben a külső-belső lemezelésű vegyikötésű tégla alkalmazására tértek át.



6. ábra. Szimultán szinter mikroszerkezete (N = 300)



7. ábra. Osztrák eredetű Ankrit-V. 41 jelzésű téglából épített boltozat állapota leálláskor

A Szovjetunióban elterjedt a nagy hőmérsékleten égetett periklász-spinell tégla alkalmazása [4]. Lengyelországban bontási törmelékből előállított vegyikötésű lemezburkolatú téglákat használnak[5]. Ausztriában a külső-belső lemezeléssel készült vegyikötésű, valamint a szimultán szinterből készült téglákat gyártják és használják. A szimultán szinter mikroszerkezetét a *6. ábra* mutatja.

A hazai tűzállóanyag-ipar az SM-kemencék boltozati tégláinak minőségjavítására vonatkozó törekvéseit már 1969-ben elkezdte. Számolva azonban a fejlesztés időigényességével, az utóbbi két évben egyre több osztrák eredetű téglával épített boltozatkonstrukció került kivitelezésre.

Az osztrák eredetű téglákat két minőségben, a következő mutatókkal szállították:

	Ankrit-V. 41	Ankrit-VI. 31
MgO%	75	75
Cr_2O_3%	10	10
Al_2O_3%	3	3
Fe_2O_3%	8	8
CaO%	3	3
SiO_2%	1,6	1,6
Térfogatsúly: szobahőmérsékleten g/cm³	2,95—3,05	3,05—3,15
1650 °C-on	2,90—3,10	2,95—3,15
Porozitás %	16—20	16—20
Nyomószilárdság kp/cm²		
1000 °C-on	100—200	100—200
1100 °C-on	300—400	300—400
1650 °C-on	100—300	100—300

Az Ankrit-VI.31 jelzésű téglákat az oxigén lándzsától jobbra és balra három-három mezőbe építettük be. A többi mezők építéséhez az Ankrit-V.41 jelzésű téglákat használtuk fel. Az osztrák eredetű téglák alkalmazásával a lepattogzási jelenségek gyakorlatilag megszűntek.

A *7. ábra* egy osztrák eredetű téglából épített boltozat állapotát mutatja leállás után. Összehasonlítás céljából kimunkáltuk a hazai égetett magnezitkróm és a kísérleti jelleggel beépített osztrák téglák fajlagos elhasználódását — az oxigén lándzsa melletti részben — a frissítés intenzitásának figye-

1. táblázat

A boltozat fajlagos elhasználódásának mértéke különböző eredetű téglák esetén

Naptári év	VII. sz. Maerz-kemence				VI. sz. Maerz-kemence			
	Boltozat vastagság mm	Boltozat tartósság adag	A frissítés intenzitása $\frac{1}{\text{adagidő}} \cdot 100$	Elhasználódás mm/100 adag	Boltozat vastagság mm	Boltozat tartósság adag	A frissítés intenzitása $\frac{1}{\text{adagidő}} \cdot 100$	Elhasználódás mm/100 adag
1970	375	488*	15,6	65	375	335	15,3	83
1971	375	321	15,3	99	375	502*	15,5	58

*-gal jelölt = osztrák tégla

2. táblázat

Maerz-kemencék átépítési adatai magyar téglákra vonatkoztatva

Sorszám	Kamp. szám	Átépítésre vonatkozó adatok				Közbenső javításra vonatkozó adatok				Beépített összes tégla		Összes javítási idő nap/keménység
		Adagszám	Beépített tégla (tonna)	Dolgozó létszám fő/nap	Nap/keménység átépítési idő	Adagszám	Beépített tégla (tonna)	Dolgozó létszám fő/nap	Nap/keménység közbenső javítás időtartama	tonna	kg/tonna	
1.	325	330	509,41	105,8	7,28	—	—	—	—	509,41	16,09	7,28
2.	727	527	565,83	99,0	9,25	327	145,74	61,0	3,37	771,57	16,26	12,62
3.	526	444	653,05	147,0	6,88	253	144,95	83,0	3,07	798,00	18,77	9,95
4.	827	443	565,62	93,0	7,52	270	155,92	72,0	3,47	721,54	16,76	10,99
5.	225	429	612,04	150,0	6,50	198	148,28	92,0	2,96	760,32	18,44	9,46
6.	426	393	638,78	117,0	7,96	216	158,45	57,0	4,17	797,23	21,06	12,13
7.	123	508	614,66	127,0	7,33	240	143,07	67,0	3,21	757,73	16,58	10,54
8.	326	537	613,40	130,3	8,47	255	136,59	68,0	3,04	749,99	14,56	11,51
9.	527	504	830,34	110,7	18,58	312	248,80	125,5	4,33	1079,14	22,07	22,91
10.	828	400	529,52	112,6	7,58	191	125,43	98,6	2,82	654,95	16,80	10,40
Összesen		4515	6132,65	1192,40	87,43	2262	1407,23	724,10	30,40	7599,88	177,39	117,79
Átlag		452	613,265	119,24	8,743	251	156,35	80,40	3,37	759,988	17,74	11,78

lembevételével. Az *1. táblázat* adataiból megállapítható az osztrák téglák kisebb mérvű elhasználódása. A kísérlet során jelentkezett kedvező tulajdonság a nagy üzemi felhasználás során is jelentkezett.

Az 1971. évi fajlagos boltozati téglafelhasználás osztrák tégla alkalmazása esetén 2,11 kg/t, hazai égetett magnezitkróm tégla alkalmazása esetén pedig 2,41 kg/t acél volt. Az osztrák és a hazai égetett magnezitkróm téglákkal épített kemencék fontosabb adatait összehasonlítás céljából kimunkáltuk és *2—5. táblázatokban* foglaltuk össze.

Az osztrák eredetű tégla alkalmazásának előnyei a következőkben foglalhatók össze:

1. nagy tömörségénél fogva jobb tartósságot biztosít;

2. csökkenti az egy tonna acélra eső építési költséget;

3. növeli az üzembiztonságot;

4. a kemence alsó- és felsőrész tartósságának összehangolásával az építési költség további csökkentését eredményezheti.

Maerz-kemencék alsó részének kiképzése

Hibás következtetésre vezetne, ha csupán a boltozat tartósságat vennénk figyelembe, míg a kemence alsó részének — a salakkamrának és a rácsozatnak — a szerepét figyelmen kívül hagynánk a teljesítménynövelés lehetőségének vizsgálatában. Az oxigénnek a fürdőbe, vagy a fürdőre való fúvatáskor az adagperiódustól, az oxigén mennyiségétől és impulzusától függően több-kevesebb szállópor és salak körül a salakkamrába és a regenerátor rácsozatába. A regenerátor rács olyan mértékben telik meg szállóporral, amilyen mértékben a salakkamra leválasztó hatékonysága csökken. A regenerátor rácsozat tégláira rakódott szállópor káros hatása abban nyilvánul meg, hogy egyrészt a rácsozatot eltömíti és a kemence teljesítménye csökken, másrészt a megnövekedett térnyomás következtében kedvezőtlenül hat a boltozat, a hátsó fal és a felszállók tartósságára. A hátsó fal és a felszállók tartóssága 400 adag alatt van.

A magnetitkróm tégláknak nagyobb mértékű elhasználódása a kampány utolsó szakaszában a téglák vasoxidokban való dúsulásával és a térnyomás növekedésével is összefüggésben van. A *Konopicky* által közölt [6] *8. ábrából* leolvasható, hogy a térnyomás következtében a lánghőmérséklet megnő, egyidejűleg a hőgrádiens is meredekké válik. Mindezek következtében a boltozat hőmér-

3. táblázat

Maerz-kemencék boltozat tartósságának és felújítási költségének értékelése magyar téglákra vonatkoztatva

Sorszám	Kamp. szám	Boltozat tartósság, adag/kampány			Felújítási és közbenső javítási költség, eFt						Fajlagos költség Ft/t
		Közbenső javításig	Közbenső javítás után	Összesen	Felújítás	Közbenső javítás	Torkelás	Tégla jóváírás		Összes költség	
								Felújítás	Közbenső javítás		
1.	325	330	—	330	3 656,6	—	—	400,0	—	3 256,6	103,89
2.	727	327	200	527	3 957,3	875,2	268,7	406,0	7,1	4 688,1	93,95
3.	526	253	191	444	4 340,4	895,1	164,2	432,6	27,2	5 039,9	119,85
4.	827	270	173	443	4 527,1	936,9	—	436,9	14,8	5 012,3	117,81
5.	225	198	231	429	3 996,6	893,1	126,9	326,3	12,8	4 647,5	113,92
6.	426	216	177	393	4 251,8	929,9	297,5	154,5	8,7	5 316,0	141,97
7.	123	240	268	508	3 874,9	845,9	227,3	117,5	9,1	4 821,5	105,16
8.	326	255	282	537	4 407,8	894,9	235,1	489,6	22,9	5 025,3	98,43
9.	828	191	209	400	3 722,5	740,9	549,9	381,3	—	4 632,0	119,77
10.	527	312	192	504	5 017,2	1456,6	—	185,7	11,7	6 276,4	129,63
Összesen		2592	1923	4515	41 752,20	8468,50	1869,60	3230,40	114,40	48 715,60	1144,50
Átlag		259	214	452	4 175,22	940,90	267,00	323,04	14,30	4 871,56	114,45

4. táblázat

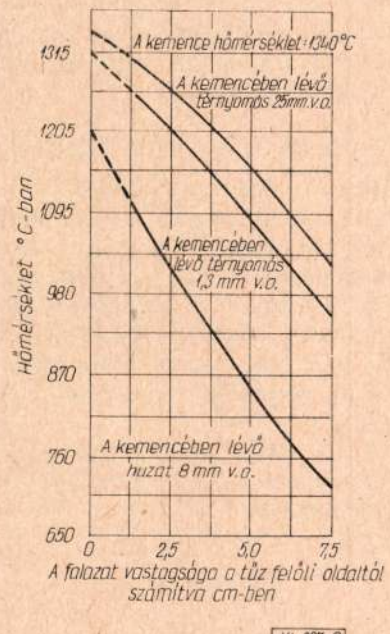
Maerz-kemencék átépítési adatai osztrák téglákra vonatkoztatva

Sorszám	Kamp. szám	Átépítésre vonatkozó adatok				Közbenső javításra vonatkozó adatok				Beépített összes tégla		Összes javítási idő
		Adag szám	Beépített tégla (tonna)	Dolgozó létszám fő/nap	Nap/kemény átfutási idő	Adag szám	Beépített tégla (tonna)	Dolgozó létszám fő/nap	Nap/kemény átfutási idő	tonna	kg/tonna	
1.	626	647	571,48	110,0	8,29	390	351,31	81,0	7,27	922,79	16,63	15,66
2.	427	479	487,30	109,7	7,67	—	—	—	—	487,30	10,44	7,67
3.	627	578	620,83	141,3	8,26	406	288,96	103,2	3,68	909,70	18,60	11,94
4.	728	665	508,50	120,7	8,90	314	482,31	130,3	6,70	990,81	15,32	15,60
5.	124	565	600,51	115,2	7,01	—	—	—	—	600,51	12,89	7,01
6.	327	480	633,33	101,5	10,13	—	—	—	—	633,33	13,60	10,13
7.	226	780	695,37	120,8	8,84	298	52,20	76,4	3,03	—	—	—
8.	—	—	—	—	—	507	390,42	134,1	6,33	1137,99	15,10	18,20
9.	628	546	650,32	137,9	7,61	—	—	—	—	650,32	12,16	7,61
10.	829	614	736,96	116,7	8,09	—	—	—	—	736,96	12,32	8,09
Összesen		5354	5504,60	1073,80	74,80	1915	1565,20	525,0	27,01	7069,71	127,06	116,61
Átlag		594	611,60	119,30	8,30	383	313,00	105,0	5,40	785,52	14,11	12,88

5. táblázat

Maerz-kemencék felújítási költségének értékelése osztrák téglákra vonatkoztatva

Sorszám	Kampány	Boltozat tartósság, adag/kampány			Felújítási és közbenső javítási költség eFt						Fajlagos költség Ft/t
		Közbenső javításig	Közbenső javítás után	Összesen	Felújítás	Közbenső javítás	Torkretálás	Tégla jóváírás		Összes költség	
								Felújítás	Közbenső javítás		
1.	626	390	257	647	5 435,4	2 396,1	82,1	400,2	209,8	7 303,6	118,67
2.	427	479	—	479	5 031,3	—	838,5	279,5	—	5 590,3	120,94
3.	627	406	172	578	5 641,6	1 769,8	—	354,7	66,6	6 990,1	125,09
4.	728	191	474	665	5 456,1	3 083,8	135,2	498,6	205,8	7 970,7	124,49
5.	124	565	—	565	5 366,5	—	54,1	392,1	—	5 028,5	91,95
6.	327	480	—	480	4 494,6	—	207,4	247,0	46,1	4 408,9	95,67
7.	226	507	273	780	5 999,1	3 204,2	1253,2	313,8	74,7	10 068,0	134,84
8.											
9.	628	546	—	546	6 048,2	—	212,9	293,4	—	5 967,7	112,54
10.	829	614	—	614	5 360,7	—	734,8	186,1	—	5 909,4	99,66
Összesen		4178	1176	5354	48 833,30	10 453,90	3518,20	2965,60	603,00	60 348,30	1023,85
Átlag		464	294	594	5 425,90	2 613,40	439,70	329,50	120,60	6 705,30	113,76



8. ábra. Térnyomás összefüggése a hőmérséklettel

séklete megnő, a tégla alsó része duzzad. A tégla alsó részére ható fajlagos nyomás a tégla duzzadása következtében növekedik. A tégla képlékeny tulajdonságot *(plasztikus deformáció)* vesz fel és ennek következtében a tégla alsó része deformálódik, a zónák határán hajlítónyomaték következtében intenzívebben használódik el. Ennek ellensúlyozására a kampány vége felé jól szervezett ventillátoros hűtést alkalmazunk. Mivel az oxigénbefúvás növeli a füstgázok salak és szállópor terhelését, a kemence alsó része lett a kemence legkényesebb pontja.

A salakkamra porleválasztó hatékonyságát új konstrukciójú, kihúzható salakkamra alkalmazásával növeltük, mely javította a porleválasztást. A konstrukció előnye, hogy a salakgyűjtő láda kocsiját süllyesztve lehet elhelyezni és lényegesen nem zavarja az öntőcsarnok munkáját. Az új konstrukciójú salakkamrát először az 5. sz. Maerz-kemence 528. kampányában alkalmaztuk.

A regenerátor rácsozat szerepe

A regenerátor rácsozat szerepe oxigénes acélgyártásnál változik. A korábban kialakult nagy fűtőfelületre való törekvés helyett a rácsozat nagy szelvényét célszerű kialakítani. Ennek figyelembevételével a 3R jelű téglák alkalmazásának a korábbi 130–160 mm-es szabad rácsszelvény helyett 170×215 mm-es rácsszelvényt fogunk kialakítani. Ugyanakkor a bázikus sorok magasságát 4950 mm-ről, 5254 mm-re növeljük. Ez újabb feltételeket teremt a szabad rácsszelvény eltömődésének csökkentésére és a korszerű rácstisztítások alkalmazásának bevezetésére.

Összefoglalás

A kísérletek során megállapítást nyert, hogy hazai gyártású égetett magnezitkróm téglákkal a kemencék teljesítményét 15 t/ó fölé növelni a tartósság lényeges csökkenése nélkül nem lehet.

A kemencék teljesítményének és kihasználásának növelését lehetővé teszi a nagy tömörségű külső-belső lemezelésű, vegyikötésű tégla. A kemence hőmérsékletének állandósága alapvető tényezője a nagy boltozattartósság elérésének. A kemenceboltozat hőmérsékletének ingadozását 1400–1780 °C, fenékjavításkor a hőmérsékletesést 75–100 °C/ó közé célszerű korlátozni.

A kihúzható salakkamra, nagyobb rácsszelvény, korszerű rácskarbantartás lehetővé teszi a jobb porleválasztást és csökkenti a porlerakódást a rácsozatba. A teljesítmény további növelési lehetőségének elérése céljából összhangba kell hozni a kemence alsó és felső részének tartósságát.

IRODALOM

[1] *Schottner Lajos:* Az oxigén és a földgáz-oxigén boltozati égők az SM-acélgyártásban. Kohászat 1969. 1. sz.

[2] Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet V-2653/1970. sz. jelentése a III. sz. SM-kemence füstgázának porterheléséről.

[3] Kohászati Kerámiai Kutató Intézet Pozsony SV-60-3-6/1969. sz. Kutató jelentés.

[4] Ukrán Tűzállóanyagipari Kutató Intézet javaslata az SM-kemencék tűzállóanyagaira. Ognyeuporü 1962. 1. sz.

[5] Jelentés a lengyelországi 4050/29. sz. társas műszaki tanulmányútról.

[6] *Kamilló Konopercky:* Feuerfeste Baustoffe. 1957. 278. old.

Néhány példa a koncentráció termometriás gyors meghatározására

MOHAI MIKLÓSNÉ—UPOR ENDRE—KLESCH KATALIN

Mecseki Ércbányászati Vállalat Kísérleti Kutatási és Automatizálási Üzeme, Kővágószőllős

DK: 543.226 : 620.181.4

A dolgozat a termometriás elemzési módszerek alkalmazási területének kibővítésére mutat példákat: Szulfát meghatározása különböző uránüzemi oldatokban és sok fluort is tartalmazó galvánfürdőkben. Klorid meghatározása sok szulfátot tartalmazó uránüzemi oldatokban és ipari sóban. Fluorid meghatározozása komplex-képzéssel galvánfürdőkben. Tájékozódó vizsgálatok urán és tórium termometriás meghatározására.

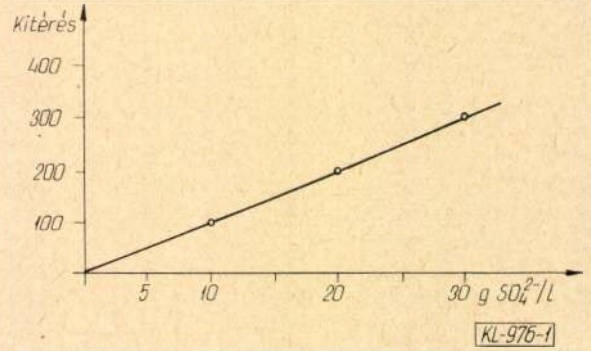
A szakirodalomban már a század elején közöltek módszereket, melyek szerint a keresett komponens koncentrációját kalorimetriásan azon hőmennyiség felszabadulásából vagy abszorpciójából határozták meg, mely akkor állt elő, ha a meghatározandó komponenst alkalmas kísérleti körülmények között megfelelő reagensekkel szelektíven reagáltatták [1]. A koncentráció kalorimetriás meghatározása azonban körülményes. Ezek az eljárások csak akkor váltak versenyképessé egyéb elemzési módszerekkel (a térfogatos, a gravimetriás és más módszerekkel) amikor a néhány paraméter standardizálásával kialakult egyszerűbb méréstechnika lehetővé tette, hogy a keresett komponenst egyetlen mérési adatból, a próbaoldat hőmérsékletváltozásából határozzuk meg [2]. Ezen módszer szerint a rendszer hőkapacitását konstansnak tartjuk, és az azonos módon előkészített azonos térfogatú próbaoldatokhoz mindig azonos mennyiségű olyan reagenst adunk, amely a meghatározandó komponenssel szelektíven reagál. Ekkor a próbaoldat hőmérsékletének változása és a meghatározandó komponens koncentrációja között lineáris összefüggés áll fenn. A reagens mennyiségét úgy kell megválasztani, hogy az a meghatározandó komponens számításba jöhető koncentrációi mellett mindig feleslegben maradjon. Méréseink során ezt az elvet alkalmaztuk és azt a méréstechnikát, melyet Sajó és munkatársai fejlesztettek ki [3]. Eszerint első lépésben kvázizoterm rendszert alakítunk ki. Ha a rendszeren belül a próbaoldat és a reagensoldat hőmérséklete azonossá vált, a reagensoldatot a próbaoldattal elegyítjük, miközben az oldatban előálló hőmérsékletváltozást 10^{-4} °C érzékenységű termisztorhíddal mérjük és az eredményeket futóskálás galvanométeren olvassuk le.

A termometriás módszereket általában pontosnak, gyorsnak és sorozatvizsgálat céljaira igen megfelelőeknek találtuk. Az erre vonatkozó vizsgálataink során nyert eredményeinket és néhány általunk alkalmazott eljárást szándékozunk az alábbiakban bemutatni abból a célból, hogy ezen metodika laboratóriumunkban való alkalmazásának lehetőségét illusztráljuk.

Szulfát meghatározása $BaSO_4$ leválasztásával

A különböző urán-üzemi oldatok (kénsavas és szódás feltárási oldat, elutum, elfolyó szennyvizek) szulfáttartalma gyorsan és pontosan határozható meg termometriásan a báriumszulfát csapadék leválását kísérő lecsapási hő alapján. A meghatározást nem zavarja a mintában jelenlevő jelentékeny mennyiségű kalcium, magnézium, mangán, vas-(III), klorid és tioszulfát sem. A módszer leírása a következő:

Bemérünk 25 ml oldatot. 10 ml 1:1 hígítású HCl-t mérünk hozzá és desztillált vízzel 250 ml-re töltjük. Reagensként 7 ml telített $BaCl_2$-t (197,5 g/l) adagolunk.



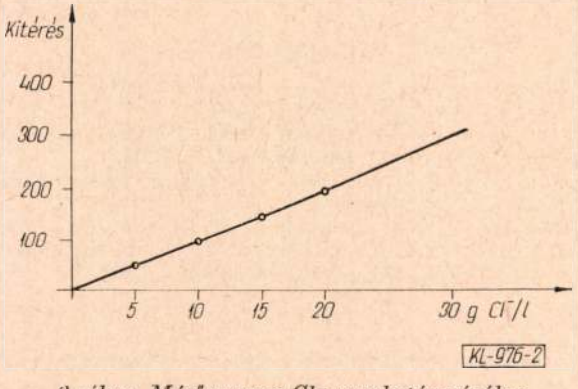
1. ábra. Mérőegyenes SO_4^{2-} meghatározásához (Bemérés: 25 ml; ellenállás: 5 kΩ)

Amint az *1. ábrán* látható, a módszerrel már 1 g/l SO_4 is meghatározható, és az elemzések hibája 1 – 80 g/l tartományban nem haladja meg a ±0,1g/l értékét.

Az urán-üzemi oldatok elemzésekor nyert kedvező tapasztalatok alapján sikeresen próbálkoztunk sok fluort tartalmazó galvánfürdők szulfáttartalmának elemzésével is. Ezen vizsgálatok tapasztalatából fontosnak tartjuk annak megemlítését, hogy a galvanizálásnál a fürdő SO_4^{2-} tartalmának jelentős hányada $S_2O_8^{2-}$-á alakul. Ennek koncentrációját úgy határozhatjuk meg, hogy vas-II-ionokkal redukáljuk, mérve az oldatnak a S_2O_8-tartalommal arányos hőmérsékletváltozását. Következő lépésben módszert szándékozunk kidolgozni a galvanizáló fürdők SO_4^{2-} és $S_2O_8^{2-}$ tartalmának egy oldatban egymásután való meghatározására.

Kloridtartalom meghatározása AgCl leválasztásával

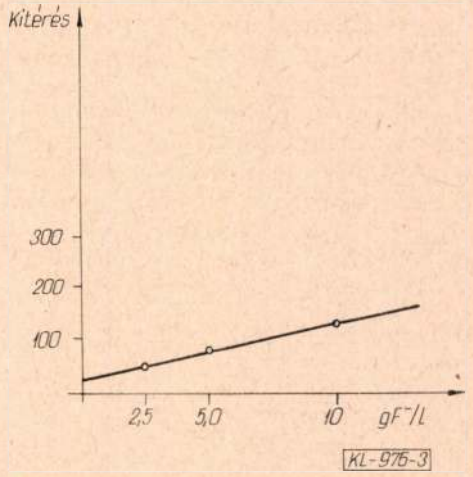
A klorid-ion ezüstnitráttal jelentékeny lecsapási hő felszabadulás közben lecsapható, és a próbaoldatnak ezen reakció során előálló hőmérsékletváltozásából termometriásan meghatározható [4]. A fenti elv alapján urán-üzemi elutumok, ipari sóoldatok, továbbá úgynevezett Watt-féle galvánfürdő ($NISO_4 + NiCl_2$) kloridtartalmát határoztuk meg. A meghatározáshoz használt tömény ezüstnitrát reagensoldat hígításhőjét azáltal sikerült kiküszöbölnünk, hogy a vizsgálandó oldathoz 10 ml 1:4 hígítású salétromsavat, továbbá 150 ml 550 g/l töménységű nátriumnitrát oldatot adtunk, majd a próbaoldat térfogatát 250 ml-re töltöttük fel. Reagensként 3 ml ezüstnitrát oldatot adagoltunk. Ez a megoldás mindhárom anyagtípus elemzésére egyaránt alkalmas. A kiértékeléshez használt mérőegyenest a *2. ábrán* tüntetjük fel. 10 ml elemzendő oldat bemérése esetén a módszer érzékenysége 1 g/l Cl^-. A bemérés növelésével az érzékenység is nő. Igen jó eredményt értünk el ipari nátriumklorid oldatok elemzésekor, amikor a hiba nem nagyobb ±0,1 g/l-nél. Urántechnológiai minták elemzése esetén 150 g/l SO_4^{2-} tartalom sem okozott hibát.



2. ábra. Mérőegyenes Cl^- meghatározásához (Bemérés: 10 ml; ellenállás: 0,5 kΩ)

Fluorid meghatározása Al^{3+}-al való komplex képzés útján

Az alumínium és a fluor közötti komplex képzési reakciót sokoldalúan hasznosítják az analitikában, mind az alumínium meghatározására (komplexometria, sőt újabban termometria [5]), mind a fluor meghatározására (különböző alumíniumlakkok elszíntelenedése), bár ez utóbbi reakciót ezideig főként mikromennyiségű fluorid meghatározására használták. Kísérleteink során azt találtuk, hogy az alumínium és fluor közötti komplexképzési reakció termometriásan makromennyiségű fluorid meghatározására is alkalmas. Elővizsgálataink során azt találtuk, hogy a reakció lefolyása csak abban az esetben kielégítő sebességű, ha az oldatban foszforsav is van jelen. Foszforsavas közegben viszont jelentékeny volt a reagens hígításhője, amit a próbaoldatban a sósav koncentrációjának növelésével tudtunk csökkenteni. A meghatározáshoz a reagenst a következőképpen készítettük elő: 25 g fémalumíniumot közel ekvivalens mennyiségű sósavval oldottunk, majd 400 ml 1:9 hígítású foszforsavat, 200 ml cc sósavat adtunk hozzá és az oldat térfogatát 1 literre egészítettük ki. Az így előkészített reagensből minden meghatározáshoz 10 ml-t adagoltunk.



3. ábra. Mérőegyenes F^- meghatározásához (Bemérés: 10 ml; ellenállás: 3 kΩ)

A próbaoldatokat a meghatározáshoz úgy készítettük elő, hogy a fluortartalmú próbaoldathoz 50 ml cc sósavat, továbbá 100 ml 1:9 hígítású foszforsavat adtunk, majd az oldat térfogatát desztillált vízzel 250 ml-re egészítettük ki.

Az eredményeket a *3. ábrán* látható hitelesítő egyenes segítségével értékeljük ki; a módszer szerint 1 g/l fluortartalom már jól meghatározható, mivel ebben az esetben ez a koncentráció már 10 skálarész kitérésnek felel meg.

Az eljárást a gyakorlatban 10 – 40 g/l fluortartalmú galvánfürdők elemzésére alkalmaztuk.

Megjegyzés: miután az eredményeket nem közvetlen százalékos leolvasással, hanem hitelesítő egyenes segítségével értékeltük ki, nem tartottuk szükségesnek a hígításhők teljes kompenzálását. A kalibrációs görbe ezért nem az origóba fut, hanem kb. 25 skálarésznél metszi a hőmérsékleti tengelyt.

1. táblázat

Kísérletek urán termometriás meghatározására

(100 mg urán 150 ml térfogatban)

Alkalmazott reagens	Közeg	100 mg U-ra eső hőváltozás (kitérés)
10%-os Mohr-só ($U^{6+} \rightarrow U^{4+}$)	10 térf. %. H_3PO_4	9
5%-os NH_4VO_3	$H_3PO_4 + Fe^{2+}$ ($U^{6+} \rightarrow U^{4+}$)	53
30%-os H_2O_2	0,04 n HNO_3	∅
30%-os H_2O_2	$H_3PO_4 + Fe^{2+}$ ($U^{6+} \rightarrow U^{4+}$) a redukció hidegen	243
30%-os H_2O_2	$H_3PO_4 + Fe^{2+}$ ($U^{6+} \rightarrow U^{4+}$) a redukció forralással	368
0,5 M $KMnO_4$	$H_3PO_4 + Fe^{2+}$ ($U^{6+} \rightarrow U^{4+}$)	24

2. táblázat

Kísérletek tórium termometriás meghatározására

(100 mg Th 150 ml térfogatban)

Alkalmazott reagens	Közeg	100 mg Th-ra eső hőváltozás (kitérés)
15%-os KJO_3	6 n HHO_3 + + 2 N H_2SO_4	∅
0,1 M komplexon-III	pH = 3	∅
Telített NaF	0,05 n HCl	75
Telített NaF	komplexon-III-oldat pH = 3	100
Telített Na_2HPO_4	0,05 n HCl	24
30%-os H_2O_2	0,03 n HNO_3	∅
30%-os H_2O_2	1 n H_2SO_4	20
15%-os fenilarzonsav	pH = 2	∅
Ammóniummolibdát	1 n CH_3COOH	—45

Előkísérletek urán és tórium termometriás meghatározására

A termometriás módszerek kiszélesítése érdekében vizsgálatokat folytattunk az urán és tórium termometriás meghatározási lehetőségeinek feltárására. Kísérleteinknél azokat a reakciókat próbáltuk ki, amelyeket térfogatos, vagy súly szerinti meghatározásoknál magunk is alkalmaztunk, vagy az urán és tórium analitikájában legismertebbek *(1. táblázat)*. Szem előtt tartottuk természetesen azt is, hogy a reakció szelektivitása lehetőséget nyújtson különböző technológiai minták elemzésére való alkalmazásban is. Urán esetében elgondolásunk a következő volt: a számításba vehető megoldások csak az urán oxidimetriás meghatározásán alapulnak, mivel a technológiai mintákban jelenlevő ionok (mangán, vas, kalcium stb.) a csapadékos és komplexképződésen alapuló reakciókat zavarják. A redox-reakcióknál a vas lenne az egyetlen zavaró. Ismeretes azonban *Szaharov* módszere [6], amelynek lényege az, hogy az urán redukcióját foszforsav jelenlétében Fe^{2+}-vel végzi, majd a Fe^{2+} fölöslegét HNO_3-al megbontja: az U^{4+} eközben változatlanul megmarad. A salétromsav fölöslegét karbamiddal köti meg (illetve a keletkezett salétromossavat azzal megbontja), majd az urán (IV)-et oxidálószerrel ($KMnO_4$, NH_4VO_3) titrálja. Amint a táblázatban látható, ennek az oxidációnak nincsen jól mérhető reakcióhője. Jól mérhető hőt kapunk azonban, ha az oldathoz hidrogénperoxidot adunk. További kísérleteinknél így a reprodukálhatóság további javítása, illetve az optimális körülmények kidolgozása van hátra. Előnye ennek a megoldásnak az, hogy a vason kívül a mangán sem zavar, holott az eredeti Szaharov-módszernél az oxidimetriás titrálás a MnO_4^- színének megjelenése miatt lehetetlen.

Amint a *2. táblázatból* látható, tórium esetében nem sikerült az uránhoz hasonló érzékenységű módszer alapjait megtalálni.

A kipróbált reagensek a következők: JO_3^-, komplexon III, NaF, Na_2HPO_4, H_2O_2, fenilarzonsav. Tóriummal egyes esetekben a kipróbált reakciók lassúsága akadálya a pontos mérésnek. Nehézséget jelentett, hogy a reagensnek általában nagy a hígítási hője, valamint az, hogy a birtokunkban levő műszer nem teszi lehetővé a meghatározásnak 150 ml-nél kisebb térfogatban való kivitelezését. Mindezek ellenére remény van 1 – 2 g/l érzékenységű módszer kidolgozására, például a tórium-komplexonát fluoriddal történő megbontásánál fellépő hőmennyiség mérése révén. A kísérletek jelenleg folyamatban vannak.

Az elmondott példákból láthatjuk, hogy *a termometria a legkülönbözőbb iparágakban sokoldalú lehetőséget jelenthet egyszerű és gyors elemzési módszerek kidolgozására.*

IRODALOM

[1] *Howard, H. J.*: Soc. Chem. Ind. *28* (1910) 3.
[2] *Sajó I.*: Kohászati Lapok *7* (1957) 287.
[3] *Sajó I.—Sipos B.*: Z. Anal. Chem. *222* (1966) 23.
[4] *Sajó I.—Sipos B.*: Talanta *14* (1967) 203.
[5] *Sajó I.—Sipos B.*: Proc. III. Anal. Chem. Conf. Budapest *2* (1970) 417.
[6] *Markov, V. K.—Vinogradov, A. V.—Jelinszon, Sz. V.—Kligin, A. E.—Mojszejev, I. V.*: Uran, metodi opregyelenyija. Moszkva. Atomizdet. 1960.

Legközelebbi szakosztályi nagyrendezvényünk:

VII. Kohászati Anyagvizsgáló Napok Balatonszéplakon május 30—június 1.

Analitikai fém- és ötvözet-etalonok homogenitásának megállapítása metallográfiai módszerrel

Dr. A. Z. LUBUSKA
Vasipari Kutató Intézet, Gliwice, Lengyelország

DK: 539.215 : 543.05 : 620.18

Kvantitatív metallográfiai eljárással eredményesen minősíthető az etalonok homogenitása. A szerkezeti különbség számszerű jellemzésére alkalmas, inhomogenitásra jellemző képlet ismertetése.

Analitikai meghatározások reprodukálhatósága nagymértékben függ a felhasznált etalonok kémiai szempontból való homogenitásától. Spektrokémiai elemzéseknél elsősorban az a fontos, hogy a szikráztatott felületen az összetétel azonos legyen. Ilyen etalonok gyártásához különleges technológiai műveletekre és érzékeny vizsgálati módszerekre van szükség.

A homogenitás vizsgálatát többek között metallográfiai módszerekkel végzik, az eddig ismert ilyen módszerek azonban csak kvalitatív jellegűek. Az inhomogenitást mikroszkóppal, 100-szoros, ritkán 350-szeres nagyításban figyelték meg 1 mm-nél kisebb átmérőjű felületeken. A megfigyelés csak akkor lehetséges, ha különféle fázisok vannak jelen. Szilárd oldatok és vegyületek összetételének ingadozását ezzel a módszerrel lehet vizsgálni. A csiszolt felületeket olyan reagensekkel maratjuk, amelyek az egyes fázisok szemcséit szelektíven támadják meg és így a mikrohomogenitást meg lehet figyelni. A szövetbeli különbségek megfigyelése esetén *Nitalt*, a makroszkópos inhomogenitással összefüggő különböző kontrasztok kimutatására az *Oberhoffer*-féle kémszert alkalmazzuk. A felületet Nitallal maratjuk és 100-szoros nagyításban vizsgáljuk. Kikeresünk egy szövet szempontjából átlagosnak tekinthető pontot és egy olyan pontot, ahol az inhomogenitás a legnagyobb Mindkét esetben egy-egy 125-szörös nagyítású mikroszkópiai felvételt készítünk. Mindegyik felvétel a felületnek egy-egy $0{,}5 \times 0{,}67$ *mm*-es részletét ábrázolja, ami a spektrográfiában szokásos legkisebb szikráztatott felületnek felel meg. Ha a két felvétel között lényeges különbség nincs, az anyagot homogénnek tekinthetjük.

A szerkezetbeli különbségek számszerű jellemzésére a következő fogalmakat vezetjük be:

a) Inhomogenitás a fáziseloszlásokban. Ennek mérőszáma a fázishatárok egymástól való Δl átlagos távolsága;

b) a feleslegben levő alkotórészek által okozott inhomogenitás. Ezt jellemzi két kivált részecskének egymástól való Δl_1 távolsága és a hozzájuk tartozó felületi hányadok különbsége, $\Delta \mu_1$;

c) a fázistartalom különbözősége által okozott inhomogenitás, amelynek mérőszáma a felületi hányadok különbsége, $\Delta \mu_2$;

d) a különböző maratási kontrasztok okozta inhomogenitás, amely az etalon makroszegregációjával függ össze és ennek becslése a kontrasztos tartományok felületi hányada alapján lehetséges ($\Delta \mu_3$).

Az így kapott különbségekkel az anyagok inhomogenitását a

$$J = (1 - \Delta l)\ (1 - \Delta \mu_1 \cdot \Delta l_1)\ (1 - \Delta \mu_2)\ (1 - \Delta \mu_3)$$

képlet adja meg. Homogén anyagok esetében $J = 1$, az inhomogenitás növekedtével J értéke zérusig csökken.

Egyesületi hírek

Nyersvasgyártó szakcsoport megalakulása és első ülése Ózdon

Vaskohászati Szakosztályunk a szakosztályi munka hatékonyságának növelésére nyersvasgyártó szakcsoportot szervezett.

A nyersvasgyártó szakcsoport első ülését dec. 14-én tartotta Ózdon.

A szakcsoport elnökének *Várszegi Zoltánt*, titkárnak *Illyés Jánost* választotta. Az intézményeket, üzemeket 1—2 tag képviseli az ülésen, ill. a szakcsoportban.

A Szakosztály jelentős eredményeket vár a szakcsoporttól, mert így mód nyílik a szűkebb szakmák szerint tagozódva a legaktuálisabb problémák megbeszélésére és a széles körű tapasztalatcserére. Ez a fórum alkalmas a nyersvasgyártással kapcsolatos műszaki, fejlesztési és technológiai feladatok megvitatására.

Az első ülésen *Marczis László* ismertette a BÉM-ben először gyártott Mn-zsugorítvány gyártási feltételeit, eredményeit és a Mn zsugorítvány gyártásánál tervezett műszaki megoldásokat.

Majd *Halász József* értékelte az OKÜ-ben 1972. szept. 16—dec. 13-ig tartó FeMn gyártást, és részletesen tájékoztatta a résztvevőket a forrószélhőmérséklet növelésével kapcsolatos helyi problémákról.

Ezt követően *dr. Farkas Ottó* és *Illyés János* a Román Népi Köztársaságban tartott direkt redukciós ankétról számoltak be.

A vitaindító referátumokat több kiegészítés és élénk szakmai vita követte.

Az ülés után a résztvevők üzemlátogatáson tekintették meg az ÓKÜ Nagyolvasztóművét.

Az üzemlátogatás után *dr. Horváth János*, ismertetést tartott a magyar vaskohászat jövőjéről és vázolta a legfontosabb feladatokat.

Befejezésül a szakbizottság eldöntötte, hogy 1973. I. negyedévében a Dunai Vasműben tartja összejövetelét.

A nyersvasgyártó szakcsoport első ülése rendkívül értékes szakmai tapasztalatcsere mellett lehetőséget nyújtott a nyersvasgyártók baráti találkozására is.

Polencsik József

Beszámoló külföldi tanulmányútról

Képlékeny alakítási napok Zwickauban

Az NDK Forschungszentrum Umformtechnik (Kombinat Umformtechnik-ERFURT) Zwickau-ban 1972. november 13-án és 14-én 250 belföldi résztvevővel képlékenyalakítási napokat rendezett. A konferenciára meghívták azokat az Intézeteket, amelyekkel az FZU-nak együttműködési szerződése van.

A meghívás alapján a konferencián és azt követően az intézetben november 15-étől 17-éig látogatást tettek a Gépipari Technológiai Intézetből *Gonda Kálmánné* és *Vas Iván*.

A konferencián az FZU beszámolt az elmúlt 5 évben elért kutatási eredményeiről a hazai szakembereknek. Az előadások a képlékeny hideg- és melegalakítás szinte egész területét felölelték.

A kovácsolási tárgyú előadások a következők voltak:

W. Demmler: Rúddarabolás PXS 125 daraboló sajtón.

K. A. Behr: Eredmények a melegfolyatás alkalmazásában.

L. Möckel: A haránthengerlés ipari bevezetése.

S. Pannasch: Eredmények a sorjamentes sajtolás ipari felhasználásában.

P. Kuzmowicz, P. Grünezt: Racionális süllyesztéküreg-előállítás, különös tekintettel az üregbelövésre.

Az előadásoknak csak az annotációit adták nyomtatva kézbe, a teljes szöveg kiadását 1973. áprilisra ígérték.

Az intézetben tett látogatás során mód nyílt többek között a következő kérdések tanulmányozására:

PXS 125 daraboló sajtó megtekintése; haránthengerlésben elért új kutatásfejlesztési eredmények áttekintése; melegfolyatás szerszámanyagainak és süllyesztéküregelőállítás gazdaságosságának megismerése; finomlemez- és térfogati hidegalakító eljárásokban elért fejlesztési eredmények megismerése.

Az FZU és a GTI közötti 10 éves kapcsolatok további bővítését eredményezi a november 17-én aláírt jegyzőkönyv, amely tovább erősíti a két intézet eddig is eredményes együttműködését.

Vas Iván

Korszerű képlékenyalakító berendezések

Az UD 25—20 ütvedarabológép

A Gépipari Technológiai Intézet Képlékenyalakítási Főosztályán nagypontosságú és nagytermelékenységű daraboló automatát fejlesztettek ki. A daraboló automata, amely az *1. ábrán* látható a Magyar Acélárugyárban működik.

Tekercselt huzalok és szálanyagok darabolására alkalmas félautomatikus és automatikus üzemmódban. A gép tisztán pneumatikus (min. 5 atm. hálózati sűrített levegő).

Műszaki paraméterek:

Darabolható szálak maximális keresztmetszeti méretei:

Acélból körszelvénynél	∅ 20 mm-ig
Sárgarézből szelvény esetén	∅ 30 mm-ig
Darabolható hossz	5—420 mm

A darabolási hossz fokozatmentesen állítható. A darabolási hossznak az átmérőhöz való viszonya 1,0-nál nagyobb kell legyen.

A pneumatikus ütőhenger ütési energiája: 25 mkp

Percenkénti löketszám (darabolandó hossztól és átmérőtől függően) 30—80

Az ütve-daraboló automatával elérhető pontossági értékek a következők:

Hossztűrés: $\pm 0{,}25$ mm

Alakhiba: 0,5—1 mm ovalitás (átmérőtől és anyagminőségtől függően) 3 mm-es hosszon a darabolási síktól

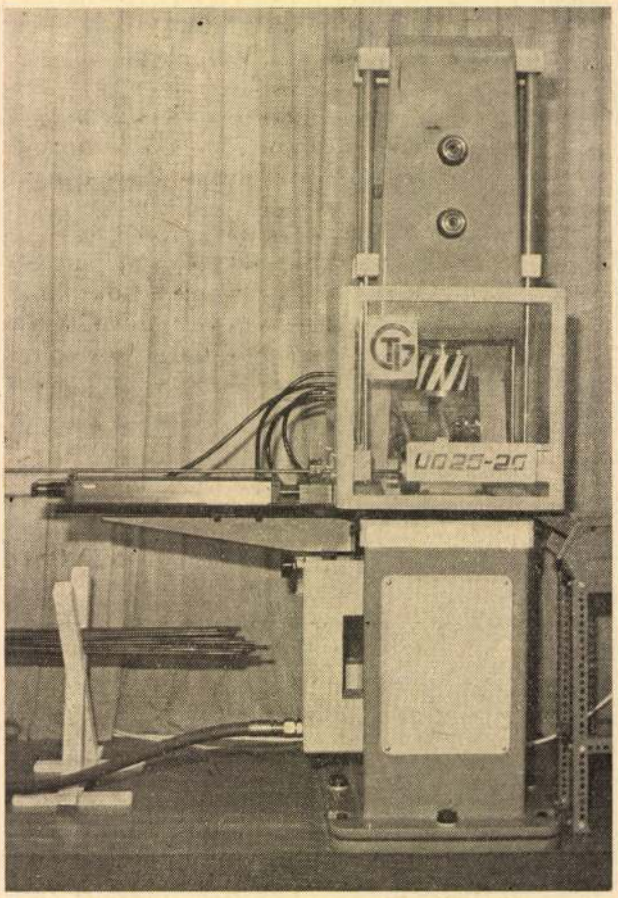
Lappárhuzam eltérés: max. 3°

A vágási felület matt, a felületi érdesség értéke $R_a = 4—4{,}5\ \mu m$.

A felületi hullámosság 0,5 mm alatt van.

A Magyar Acélárugyárban a gépen járműszelepek kiinduló anyagait darabolják (∅ 10— ∅ 12,6 mm; Cr 9, MS 135 stb.).

Vas Iván



1. ábra. Az automatikus daraboló berendezés

Hírek korszerű acélgyártó technológiákról

SIP-eljárás — Oxigén befúvatás Siemens—Martin-kemencébe

Új távlatokat nyithat meg az SM-kemencék előtt a kanadai Sydney Steel (SYSCO), a nyugatnémet Maximilianshütte (Maxhütte) és az amerikai Pennsylvania Engineering (PECOR) által közösen kifejlesztett acélgyártási eljárás. Az elavultnak tekintett SM-acélgyártást ismét versenyképessé teheti az új fenékfúvatásos eljárás, amelyet az angol „Submerged Injection Process" (fürdőfelszín alatti fúvatásos eljárás) elnevezés alapján SIP-eljárásnak neveztek el.

A SIP-eljárás szerint az SM-acél frissítésére salakszint alatti oxigénbefúvatást alkalmaznak, amely meggyorsítja az ócskavas beolvadását, a betét nemkívánatos elemeit oxidálja és a salakba viszi. Az eljárás a fenékfúvatásos eljárás egyik variánsának tekinthető, közbenső átmenet az SM-eljárás és a Q—BOP-eljárás között. (Ez utóbbit a PECOR fejlesztette ki a Maxhütte OBM-eljárásából.)

Az eljárás kifejlesztésének előzményeihez tartozik, hogy a SYSCO oxigén-konverterekkel kívánta bővíteni SM-acélművét. Ennek kapcsán mind az LD-, mind a Q—BOP-eljárás felvetődött, de a bővítéshez szükséges pénzügyi eszközök az ezekre való áttérést nem tették lehetővé. Ekkor határozta el a vállalat, hogy kísérletképpen megpróbálkozik a Maxhütte fenékfúvókáinak SM-kemencébe való beépítésével. Eleve számoltak azzal, hogy az SM-kemence fenékcseréje jóval nehezebb dolog lesz, mint egy konverterfenék pótlása. Ismeretlen tényező volt az SM-kemence tűzálló falazatának viselkedése is a fenékfúvatás alatt. Ennek ellenére az S. sz. SM-kemence fenékrészébe 8 db fúvókát építettek be, miközben a fúvóka hűtése céljából az oxigénsugárt körbevevő propánt is befúvattak.

Az eredmény igazolta a várakozásokat. Első ízben sikerült 220—250 t-s adagot gyártani fenékfúvatással, még pedig 2,5 óra teljes adagidő (berakástól számítva), ill. 60—90 perces fúvatási idő (3680 m³/óra oxigénfogyasztás) mellett. Ezt a megduplázódott, 100 t/óra nagyságrendű acéltermelést hagyományos anyagkezeléssel és kemenceadagolással érték el. A kemencében eddig (1971 novembere óta) legyártott 750 adagnál (kb. 170 000 t acél) szerzett tapasztalatok azt mutatták, hogy az eredeti tűzálló béléssel „többszáz" adagot le lehet gyártani, miközben a boltozat hőmérséklete még kb. 100 °C-kal alacsonyabb is a szokásosnál, azaz a boltozat elhasználódása csökken.

A tapasztalatok szerint a 70—80 cm-es fürdőmélység elegendő volt az oxigén hatásos átáramoltatásához. Bár a kísérleti SM-kemence buktatható típusú volt, a vállalat — az eljárásnak a nem buktatható kemencékben való alkalmazása céljából — kipróbálta a salakszint alatti, oldalról történő vízszintes fúvatást, miközben a fúvókák számát 8-ról 2-re csökkentette. A kísérlet bebizonyította, hogy az oldalról történő fúvatás ugyanolyan hatásos, mint a fenékfúvatás.

További tapasztalat, hogy az eljárásnál max. 60% hulladékot tartalmazó betét is feldolgozható, tehát csaknem kétszer annyi, mint a Q—BOP-eljárás során. Mint a Q—BOP-nál, itt is lényegesen csökken a fürdőmozgás az LD-hez képest a fenékfúvatás hatására. Ezenkívül megvan a lehetőség a salak-szabályozásra is. Végeredményben igen jó minőségű acélokat lehet gyártani. A hagyományos SM-eljáráshoz képest pedig $^1/_5$-re csökken a keletkező füstgázmennyiség.

Az elmondottakból kitűnik, hogy a SIP-eljárás alkalmazása számos előnnyel ruházza fel az SM-kemencéket az oxigénkonverterekkel szemben:

1. A kemencék teljesítménye a rövidebb adagidő következtében lényegesen megnövekszik. (A hivatkozott cikkek két, három, sőt négyszeres teljesítménynövekedést említenek.)
2. A boltozat élettartama annyira megnő, hogy többé már nem ez határozza meg a kemence élettartamát.
3. Az acélgyártási folyamat során a fürdő jól megfigyelhető, a küszöbön át történő próbavétel megvalósítható.
4. A hőmérséklet könnyen ellenőrizhető, akár folyamatosan, akár meghatározott időnként.
5. Az eljárással — az acélgyártási folyamat megszakítása nélkül — kétsalakos módszerrel különleges minőségű, igen kis karbon-(0,01%) és kéntartalmú acélok állíthatók elő.
6. Az eljárás a hőmérséklet-szabályozás szempontjából az SM-kemencéknél sokkal rugalmasabb, lehetővé teszi a folyamatos öntőműhöz szükséges adaghőmérséklet elérése céljából a nyersvas adagolás melletti utánfúvatást.
7. A folyamatosan üzemeltethető fúvókák miatt könnyen megvalósítható a hulladék előmelegítése, előolvasztása, azaz a hulladék részaránya a betétben — az adagidő kismértékű meghosszabbodásával — elérheti a 60%-ot is.
8. Egyszerűbb a füstgáztisztítás.
9. Kisebbek az átalakítási-, üzemeltetési- és termelési költségek.

A SYSCO a kísérleti SM-kemence üzemeltetési, ill. termelési eredményei alapján elhatározta, hogy a meglevő 5 SM-kemencéjéből 3-at alakít át a SIP-eljárásra, s acéltermelését így is a jelenlegi 1 millió t/év-ről 2,5 millió t/év-re növeli. Az átalakítási munkálatokra (tervezés és építés) a PECOR-nak adott megbízást s a 3 kemence átépítése előreláthatólag 18—24 hónapot vesz igénybe, 7 millió US-$ összráfordítás mellett, s várhatóan 1973 végén fejeződik be. Az átépítés során az oxigén- és propán befúvató-rendszer beépítésén túlmenően mészpor befúvató-rendszert is beépítenek, amely lehetővé teszi a mészpor oxigénnel együtt történő befúvatását a fürdőbe, így a közvetlenebb kapcsolat miatt a salakképzés jobban szabályozható.

A már épülő 450 t/nap kapacitású oxigéngyár mellett gáztisztító berendezés és a hulladék, ill. a salakképzők tárolására, mozgatására szolgáló berendezések megvalósítását tervezik. Egy későbbi fázisban a teljes acélgyártási folyamat automatizálását is tervbe vették.

A SYSCO vezetői hangsúlyozták, hogy — bár nincs két azonos helyzet — a SIP-eljárás bevezetése minden SM-kemencével dolgozó acélmű számára előnyös lehet, de az átalakítás feltételeit esetenként kell megvizsgálni. A SIP-eljárás kifejlesztésében együttműködő vállalatok megállapodása alapján egyébként a Maxhütté-nek joga van az eljárást világviszonylatban hasznosítani, a PECOR-nak pedig Észak-Amerikában és bizonyos más területeken van értékesítési és kivitelezési joga. (P)

Az Iron- and Steel Engineer, 1972. szeptemberi, a Neue Hütte 1972. októberi és a 33 Magazine 1972. augusztusi számában megjelent cikkek alapján készített összefoglaló.

*

A Maxhütte megismétli az OBM-eljárással az LD-eljárás diadalútját?

A világ legnagyobb acélgyártója, az US Steel átveszi a Maxhütte által kifejlesztett OBM-eljárást. Gary-ban 5,7 millió t/év, Fairfieldben 3,7 millió t/év kapacitású OBM-acélművet épít az USS, így a világ OBM-eljárással gyártott acéltermelése — az eddigi 6—8 millió t/évvel szemben — megkétszereződik.

A Maximilianshütte (Sulzbach—Rosenberg és az USS Engineers és Consultants Inc., Pittsburgh) elhatározta, hogy „USS-Maxtech Inc." néven, Pittsburgh-i székhellyel új leányvállalatot alapít, amelynek az lesz a feladata, hogy a Maxhütte által kifejlesztett, ill. az USS által a foszforszegény nyersvasból történő acélgyártás követelményeinek megfelelően továbbfejlesztett OBM-eljárás bevezetését és alkalmazását előmozdítsa. Európán kívül az eljárás Q—BOP néven vált ismertté.

Az eljárás szerint a konverter fenék-részébe beépített fúvókákon keresztül — salakképző anyaggal együtt,

vagy anélkül — oxigént fúvatnak a fürdőbe, miközben az oxigénsugarat védőgázzal veszik körbe.

A közös engineering-vállalat 0,1 millió US $-os alaptőkéjéből 25%-kal részesedik a Maxhütte. Az „USS-Maxtech" látja el a jövőben az egész világon az OBM-eljárással kapcsolatos engineering-teendőket, azaz a felhasználói licenc tulajdonosainak jólképzett szakértői révén műszaki segítséget nyújt az OBM-berendezések üzembehelyezésénél és a személyzet betanításánál. Ugyanakkor mindazokat a tapasztalatokat átadja a mindenkori licenciavevőnek, amelyek akár saját forrásból, akár más felhasználótól származnak.

Annak a ténynek, hogy az USS átveszi az OBM-eljárást, kétségtelen nagy gazdasági jelentősége van. Szakértők azzal számolnak, hogy az OBM-eljárás megismételheti a VÖEST által kifejlesztett LD-eljárás „karrierjét". Nem utolsó sorban az eljárás elterjedésével a Maxhütte — egyébként pozitív — licencmérlege tovább fog javulni.

Az USS bizalma az OBM-eljárás iránt abban is megnyilvánul, hogy jelenleg 2 üzemében is folyik az OBM-berendezések szerelése. Gary-ban (Indiana) 3 db építés alatt álló LD-konvertert alakítanak át 200 t-s Q—BOP-konverterré, s üzembehelyezésük még ez évben várható. *Kapacitását tekintve, ez lesz a világ első OBM-eljárással dolgozó nagyüzeme.* Fairfield-ben (Alabama) 2 db 200 t-s Q—BOP-konverter építése fejeződik be 1973-ban. Ezeket a konvertereket meglevő SM-acélművekbe építik be, miáltal — az újonnan telepítetthez képest — lényegesen csökkennek a beruházási költségek. (P)

Handelsblatt, 1972. dec. 13.

*

Az LD-eljárás távlatai

Az elmúlt 20 évben az LD-acélgyártás rohamos térhódítását figyelhettük meg, bár a növekedés üteme az utóbbi években lelassult és stabilizálódni látszik — olvashatjuk a Kaiser Engineers (USA) legutóbbi kiadványában. Míg 1969-ben 50,8 millió t-val bővült a világ LD-kapacitása, 1972. évben már csak 26,3 millió t-s növekedés várható. A világ jelenlegi 367 millió tonnás LD-acél termelése az elkövetkező 5 évben mintegy 132 millió t-val fog növekedni (kb. 26 millió t/év), elérve ezzel az 500 millió t-t.

Az előző évek nagyarányú fejlődése nem valószínű, hogy megismétlődik, három ok miatt:

1. A már felújításra megérett SM-kemencék legtöbbjénél végrehajtották, vagy végrehajtják a felújítást.
2. Sok SM-kemencét leállítottak, s helyüket az elektrokemencék vették át.
3. Megjelent az LD-eljárás „fenyegető ellenfele", a fenékfúvatásos eljárásként ismert OBM-, ill. Q—BOP-eljárás. (P)

Metal Bulletin, No. 5745.

Anyagvizsgálati hírek

Korszerű elektronmikroszkópok

Elmiskop 102

az új Siemens gyártmányú átvilágító elektronmikroszkóp

A berendezés fő műszaki adatai:
Legnagyobb felbontóképesség: 0,2 nm (2 Å)
Gyorsítófeszültség: max. 125 kV
Automatizált fényerő és élesség beállás,
automatizált vákuum előállítás.
Elérhető legnagyobb nagyítás: 500 000 : 1

Az Elmiskop 102 elektronmikroszkóp az Elmiskop 101 típus továbbfejlesztett változata. A különbség elsősorban az elektromos jusztáló egységben van, de számos csatlakozó egységgel is kiegészítették a tervezők a berendezést. Különösen figyelemre méltó, hogy a mikroszkóp kezelése nagyon egyszerű, mert a képélesség és kép fényerő beállítása automatikus, valamint a kívánt vákuumot is automatikus működésű egység biztosítja. A gyorsító feszültség 20—125 kV tartományban hat fokozatban változtatható.

A vizsgálandó anyagot — melyet az Elmiskop 102-ben való vizsgálathoz lyukblendére vagy hálóra kell preparálni — az evakuált mikroszkópcsőben elektronnyaláb átvilágítja, és különböző gyújtótávolságú elektromágneses lencsékkel a képernyőre leképezi. Az ernyőn megjelenő kép minimálisan 200-szoros, maximálisan 500 000-szeres nagyítású lehet. A két érték között 31 nagyításfokozat állítható be. A nagyítást változtatva a képélességet nem kell állítani, mert ezt az automatika biztosítja. A kép fényereje is azonos szinten marad, ha a nagyítás értékét 3000 : 1 és 100 000 : 1 értékek között változtatjuk. A készülékbe még egy olyan speciális blendét is beépítettek, mely a sugárnyalábot belül „üregesre" változtatja, így a berendezés érzékenyebb, sötétlátóterű mikroszkópként is használható.

Az egyes képrészletek pontosabb megfigyelésére egy kilencszeres nagyítású, fényoptikai binokulár áll rendelkezésre, ennek segítségével vizuális megfigyelés négymilliószoros nagyításban is lehetséges. Természetesen ennél nagyobb nagyítás is elérhető, ha a mikroszkóp képét kivetítve lefényképezzük, a filmről tetszőleges nagyítású fénykép készíthető, vagy a filmet vetítve is növelhetjük a nagyítást.



A Siemens gyártmányú nagy teljesítményű átvilágító elektronmikroszkóp, az „Elmiskop 102" 125 kV gyorsítófeszültséggel dolgozik

Az elektronmikroszkóp teljesítőképessége nem jellemezhető kizárólag az elérhető nagyítás-értékkel. Minden esetben figyelembe kell venni a felbontóképességet is. Az Elmiskop 102 garantált pontfelbontó képessége 3 Å, ami azt jelenti, hogy a tárgyon egymástól 3 Å távolságra levő két pontot a képen meg tudunk egymástól különböztetni. Kristályos szerkezet vizsgálata esetén a „vonalfelbontóképesség" 2 A. Ez a kristályrácsban két

szomszédos atom távolságának felel meg. Ennek megfelelően a nagyítás értékét körülbelül húszmilliószorosig érdemes növelni, mert ennél nagyobb nagyítás esetén a képen újabb részleteket már nem nyerünk.

Az Elmiskop 102 nem csak átvilágításos technikával dolgozhat, hanem elektrondiffrakciós felvételek készítésére is alkalmas. A határolt területű diffrakció számára hat pontosan meghatározott fokozat van, 300 és 3000 mm-es diffrakcióshossz tartományban. A diffraktáló tárgyfelületet különböző határolóblendékkel 18 nagyításfokozatban vizsgáljuk. Nagy szögfelbontású kis szögű diffrakcióra továbbá összetartó sugárnyalábbal történő, és lencse nélküli diffrakcióra is van lehetőség.

Figyelemre méltó a mikroszkóp felépítése: az asztal, a mikroszkópcső, a feszültségforrás és az egyéb elektronikus egységek rendkívül stabil szerkezetűek. Az integrált áramkörök és szilícium félvezetők alkalmazásának tulajdonítható, hogy az objektíváram és a nagyfeszültség stabilitása rövid melegedési idő után meghaladja a $2 \cdot 10^{-6}$ min^{-1} értéket. A négy képlencse áramát digitális programszabályozó tartja megfelelő értéken, hasonló elven működik a fókusz és a fényerő beállítása. A kívánt nagyítás a megfelelő kezelőgombbal beállítható, ezt a készülék a továbbiakban digitálisan jelzi.

A vákuumot háromfokozatú szivattyúrendszer állítja elő. Részei: olajdiffúziószivattyú, higanygőzsugárszivattyú és forgó előszivattyú. A rendszer egyetlen kezelőgombbal működtethető. A próba állandó intenzív hűtésével ideális kísérleti körülmények biztosíthatók.

Az Elmiskop 102-höz számos kiegészítő berendezés csatlakoztatható. Lehetőség nyílik képerősítő és képtároló alkalmazására, de csatlakoztatható a mikroszkóphoz hullámhossz- vagy energiadiszperziós röntgenmikroanalizátor is. Egy másik segédberendezéssel a tárgy elmozdítása nélkül valósítható meg a próba hűtése és hevítése. Ezenkívül beépíthető olyan billentőszerkezet is, mely a tárgyat $\pm 45°$-kal elfordítja, így két egymásra merőleges síkról is készíthető felvétel. Megemlítjük, hogy ehhez a mikroszkóphoz olyan kiegészítő berendezések is vannak, melyekkel a mikroszkóp mint 30 Å felbontóképességű átvilágító raszter-elektronmikroszkópként is működhet.

Siemens Sajtótájékoztató

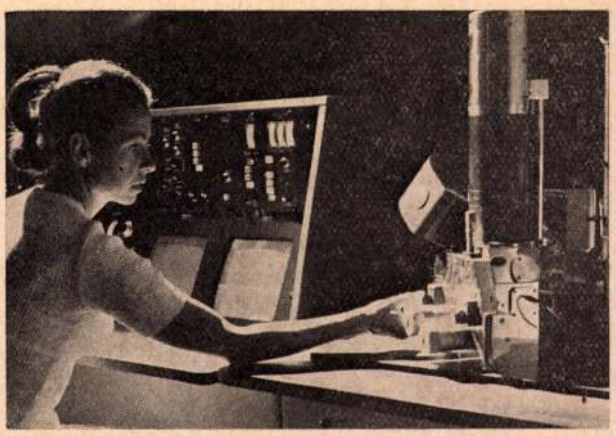
Austocan

második generációs pásztázó elektronmikroszkóp

A berendezés fő műszaki adatai:
Felbontóképesség: 10 nm (100 Å)
Tagolt felület vizsgálatakor is nagy mélységélesség
Leképzés szekunder elektronok „fényében"
Képfelbontás 2000 sorban

Az új Siemens gyártmány nagy teljesítményű Autoscan pásztázó elektronmikroszkóp az Etec Corporation (Hayward, Kalifornia, USA) egyik berendezésének továbbfejlesztett vizsgálata. Különösen anyagvizsgálati, orvosi, és biológiai kutatásokra alkalmas, mert tagolt felületekről is éles képet ad. A feloldóképesség eléri a 10 nm-es értéket, mely tömör próbák esetén a felbontóképesség elméleti határa közelében van. A készülékkel előállítható legkisebb nagyítás 7-szeres, a legnagyobb 240 000-szeres.

Az Autoscan elektronmikroszkóp működése a televízió elvéhez hasonló. Az elektronsugarat elektromágneses lencsék segítségével soronként vezeti végig a vizsgálandó próba felületén, ezzel a felületet pontról pontra letapogatja. A próba felületén keletkező szekunder elektronok sugárintenzitását fotosokszorozóban felerősítik (multipler), s így mint fényjel jut a képcsőbe. A szekunder sugarak vezetése a primér sugár vezetésével szinkronban történik, így a képernyőn megjelenik a vizsgálandó felület képe, melyet tulajdonképpen a szekunder sugarak eredményeznek. A képcső 2000 sorra bontja fel a képet.



Az „Austocan" elektronmikroszkóp működés közben

A primér elektronsugár különleges koncentrálásával az Autoscan mikroszkóppal tömör testek vizsgálatánál 10 nm-es felbontóképesség érhető el, ami a felbontóképesség elméleti határa. Ez azt jelenti, hogy a tárgyon két egymástól 0,00001 nm távolságra levő pontot a képen egymástól megkülönböztethetünk. A készülékkel 7 : 1 és 240 000 : 1 közötti nagyítás értékek érhetők el.

A készülékbe dinamikus fókusztávolság szabályozó egységet is beépítettek. Ez az elektronsugár függőleges eltérítését változtatja meg. Speciális elektromágneses lencséivel elérhető, hogy a primér sugárzás bármely pontban éri is a vizsgálandó felületet, a szekunder sugarak fókuszálása minden esetben optimális.

A mikroszkóp különleges próbabefogó szerkezete biztosítja, hogy a felvétele ideje alatt a próba nem fordulhat vagy nem billenhet el. A készülék digitális letapogató elektronikája lehetővé teszi, hogy az elektronsugarat mint programozható „eszközt" használjuk. Az elektronikus egységeket nagyrészt integrált áramkörökből építették fel.

Az Autoscan építőszekrény elven összeállított berendezés. A szervizmunkák kényelmesen elvégezhetők, és számos lehetőség van a készülék továbbfejlesztésére. A legfontosabb egységek működése automatikus. Önműködő kontraszt és fényerő beállítása, ugyancsak automatikus a lencseáramok és az eltérítőfeszültség szabályozása, a nagyfeszültség bekapcsolása valamint próbacsere után a megfelelő vákuum beállítása. A tökéletes automatizálás, a második generációs pásztázó mikroszkópok jellemző tulajdonsága, mely megkíméli a mikroszkóp kezelőjét az időtrabló manuális munkától. Az Autoscan megfelelő kiegészítő berendezéssel számos különleges vizsgálat elvégzésére is alkalmas. A röntgen mikroanalizátortól az átvilágító pásztázó elektronmikroszkópig kiegészítő berendezések egész sora áll rendelkezésre. A kép részletes megfigyelését nagy feloldóképességű képernyő, fotókazetta és televíziós lánc is elősegítheti. Képmagnót csatlakoztatva a készülékekhez a kiértékelés minősége tovább javítható.

Siemens Sajtótájékoztató

Hírek a Vasipari Kutató Intézetből

1972. április 18-án *Dr. Brunó Tarmann*, a Böhler cég (Kapfenberg) folyamatos öntéssel foglalkozó szakértője Intézetünkbe látogatott és „Kristályosítók ívelt folyamatos öntőberendezésekben" címmel nagy érdeklődéssel kísért előadást tartott.

*

1972. június 12 és 18-a között *Szőke László* igazgatóhelyettes és *dr. Csepiga Zoltán* osztályvezető látogatást tett Svédországban, az SKF Hellefors Acélműben az ún. „melting and refining" két ívkemencés acélgyártó és az ASEA-SKF acélfinomító berendezés üzemi eredményeinek tanulmányozása céljából.

*

1972. július 12—13-án *dr. Tóth János* igazgatóhelyettes — a KGM megbízásából — részt vett az ENSZ EGB „Fémes- és nemfémes-anyagok alkalmazása a gépiparban" tárgyú szimpozionának Genfben tartott előkészítő megbeszélésén.

*

Augusztus 26—29-én *dr. Zimmermann*, a Freibergi Akadémia Kohászati Szekciójának tudományos titkára tárgyalt Intézetünkben a velük folytatott együttműködés témáival kapcsolatban.

*

A VASKUT és a Fulmer Research Institut, valamint a BISRA közötti műszaki tudományos együttműködés konkrét témáinak lerögzítése céljából 1972. szeptember 4—8-a között *dr. W. E. Duckworth*, a Fulmer Research Institut igazgatója és *R. L. Craik*, a BISRA Sheffield-i intézetének vezetője tett látogatást Intézetünkben.

*

A VASKUT képviseletében *dr. Tardy Pál* és *dr. Verő Balázs* „Alakítási és újrakristályosodási jelenségek tanulmányozása emissziós elektronmikroszkópon" címmel sikeres előadást tartott az Iron and Steel Institut szervezésében 1972. szeptember 5. és 12-e között Manchesterben rendezett „V. Európai Elektronmikroszkópos Konferenciá"-n.

*

Dr. Tardy Pál 1972. szeptember 13 és 27-e között látogatást tett a National Physical Laboratory-ben az egymillió V-os elektronmikroszkóp tanulmányozása céljából.

*

Szeptember hó 21—24 között *A. Prešern*, a Ljubljana-i kutató intézet igazgatója járt Intézetünkben. Az együttműködés időszerű kérdéseit beszélte meg a VASKUT vezetőivel és az illetékes kutatókkal.

*

Dr. Tóth János igazgatóhelyettes részt vett az International Deepdrawing Research Group „Sheet Metal Forming and Formability" címmel 1972. október 9 és 13-a között megtartott hetedik biennáléján.

Clement Andor

Műszaki és gazdasági hírek

Nagy sebességű folyamatos öntőmű

Ez évben helyezik üzembe a Kawasaki Steel mizushimai üzemében az új, 12 millió t/év kapacitású nagy sebességű folyamatos lemezbuga öntőművet, amelyet DEMAG-licenc alapján a Hitachizosen cég épít. A kétszálas, ívelt, nagy hajlítási sugarú öntőművön 180—350 milliméter vastag, 850—900 m széles brammák önthetők, s először alkalmazzák az ún. progresszív egyengetés elvét. (P)

Stahl und Eisen, 1972. aug.

*

A Hyl-eljárás térhódítása: 1000 t/nap kapacitású direktredukciós üzem Mexikóban

A direkt redukciós eljárások közül a Hyl-eljárás térhódítása figyelhető meg az utóbbi években, különösen Mexikóban. Az első Hyl-üzem a mexikói Monterrey-ben 1957-ben kezdte meg a termelést 250 t/nap kapacitással, majd ugyancsak Mexikóban még három, már nagyobb kapacitású üzem épült. Most kezdték el egy 1000 t/nap kapacitású üzem építését, s Brazíliában ugyancsak építik az első Hyl-üzemet. Az alábbi táblázat a jelenleg üzemelő, ill. építés alatt álló Hyl-üzemeket tünteti fel:

Vállalat	Telepítési hely	Kapacitás t/nap	Beindulás
Hylsa	Monterrey, Mexikó	250	1957
Hylsa	Monterrey, Mexikó	600	1960
Tamsa	Veracruz, Mexikó	500	1967
Hylsa	Puebla, Mexikó	667	1969
Usiba	Bahiba, Brazília	600	1973
Hylsa	Monterrey, Mexikó	1000	1973

A Hyl-eljárás szerint az ércet vagy pelletet üstkemencében földgázzal 1000—1100 °C-on vasszivaccsá redukálják, melyet aztán elektrokemencében dolgoznak fel acéllá. (P)

JAMI, 1972. okt.

Belga szinterüzem

A belga Hainaut—Sambre acélmű egy 5000 t/nap kapacitású szinterüzem építését kezdte meg Couilletben. A 3,2 millió font beruházási költséggel épülő üzem a helyi minette és külföldi (svéd, afrikai) ércek keverékét fogja feldolgozni. A szinterező berendezés 3,7 m széles, 172 m² rostélyfelülettel készült. (P)

Metal Bulletin no. 5732.

*

A BSC inkább a meglevő kapacitásokat bővíti

Lord Melchett, a British Steel elnöke kijelentette, hogy bár a kormány még nem döntött a BSC hosszúlejáratú elképzeléseiről, a Skóciába (Hunterston) tervezett 1 milliárd font beruházási költségű új, integrált acélmű nem fog megvalósulni, miután a BSC a kapacitásbővítéseket inkább a meglevő üzemeinél fogja végrehajtani. Ennek ellenére Hunterston is azon telepítési helyek között szerepel, amelyeket egy 35 millió font beruházási költségű, 500 embert foglalkoztató, 500—800 000 t/év kapacitású mini-acélmű számára kijelölnek. Lord Melchett visszautasította azokat a híreket, amelyek szerint a BSC terveinek megváltozása következtében a skót acélipar 13—18 000 munkahelyet vesztett volna. A valóságban csak 7000 fő munkaerő válik szabaddá az elkövetkezendő 5 évben — jelentette ki a BSC elnöke. (P)

Montan, 1972. okt. 28.

*

Újabb mini-acélmű épül Angliában

Az angol Hall Engineering Liverpool mellett 7,5 millió font beruházási költséggel egy 150 000 t/év kapacitású mini-acélművet akar építeni. Az 1974-ben belépő ócskavas bázisú üzem elektrokemence + folyamatos öntőmű + hengermű kombinációjával betonacélt és egyéb rúdacélt fog majd gyártani.

Angliában egyébként élénk érdeklődés tapasztalható a mini-acélművek iránt. A Sherness Steel november 4-én

helyezte üzembe mini-acélművét, de további kisebb vállalatok is tervbevették ilyen üzemek építését. A BSC is érdekelt a mini-acélmű koncepcióban, de konkrét elképzeléseket még nem közölt. (P)

Montan, nr. 256/1972.

*

ISCOR—VÖEST közös acélmű

A délafrikai ISCOR és az osztrák VÖEST már megegyezett a közösen építendő acélművel kapcsolatban, de a délafrikai kormány jóváhagyása csak 1973 tavaszán várható. A 400 millió/$ dollár beruházási költséggel épülő acélmű kapacitását 1,5 millió t/év féltermék kibocsátására tervezik. Az acélmű jelentős mértékben bővíthető, ha más külföldi cégek is érdeklődnek a részvétel iránt. (P)

Montan, nr. 255/1972.

*

Oxigénüzemek Kínának

A Chinese Machinery Export-Import négy oxigénüzemet rendelt meg a Kobe Steel-nél, amelyek mindegyike 1500 m³ kapacitású. A megrendelés teljes összege 4 millió $. Ez év áprilisában már 13 oxigénüzemet rendeltek meg a kínaiak 18 millió $ értékben. (P)

Metal Bulletin, no. 5736.

*

Kruppék bevezetik az AOD-eljárást

A Krupp-konszern elhatározta, hogy — elsőnek az NSZK-ban — bevezeti az USA-ban kifejlesztett AOD-eljárást (Argon-Oxigen-Decarburisation). Az amerikai Union—Carbide cég licence erősen ötvözött rozsdamentes és saválló acélok gyártásánál alkalmazható és Kruppék véleménye szerint „nagyobb rugalmasságot biztosít a nemesacélgyártásnak".

Az AOD-eljárással két lépcsőben történik az acélgyártás. Először az ócskavasat elektrokemencében beolvasztják, majd a folyékony fémet áttöltik konverterbe és argon-oxigén gázkeverékkel frissítik. Ez a gyártásmegosztás a megolvasztásra használt elektrokemence és a frissítésre és finomításra használt konverter előnyeit optimálisan hasznosítja.

A konszern a bochumi acélműben tervezi az eljárást bevezetni (80 t-s adagnagysággal), ugyanis itt az elektrokemence és a konverter közvetlenül egymás mellé van telepítve.

Montan, Nr. 256/1972.

*

Svéd érdeklődés szovjet folyamatos öntőmű iránt

A Stora Kopparberg-csoporthoz tartozó Damnavert acélmű megbízottai tárgyalásokat folytatnak a szovjet Mashinoexport képviselőivel egy 100 000 t/év kapacitású folyamatos öntőmű vásárlásáról. Az 1 millió Rb értékű berendezés leszállítása 1973-ban várható. (P)

Montan, nr. 254/1972.

*

Salzgitter bővíti melegszalagsorát

Salzgitterék megbízták a Siemag-ot a jelenleg üzemelő melegszalagsor újabb, hetedik állvánnyal való bővítésével. Az öt állványos sort, melyen a hengerelhető szalagvastagság 12,7 mm, max. szélesség 1900 mm, 1963-ban helyezte üzembe a Siemag, majd 1968-ban egy hatodik állvánnyal bővítette. A mostani bővítés során két állványt hidraulikus vastagságszabályozóval látnak el, hogy a lemezfelülettel szemben támasztott magas követelményeket és a mérettartást még jobban betarthassák. Két új tekercselőt is beállítanak, amelyek 1,25—18 mm vastagságtartományban max. 30 t tekercssúly manipulálására alkalmasak. (P)

Montan, 1972. okt. 13.

*

Új svéd ferroszilícium-olvasztó kemence

A svéd Airco Alloys cég üzembe helyezte Trollhättenben az új, 40 000 t/év kapacitású ferroszilíciumolvasztó kemencéjét, ezzel a vállalat ferroszilicium termelése 125 000 t/évre emelkedett. A kemence összköltsége 45 millió korona, amelyből 12 millió korona esik a környezetvédelmi berendezésekre. A 75 000 kvA teljesítményű kemence elektródái 20 m hosszúak, s 1,8 m átmérőjűek. A kemence külön érdekessége, hogy az elektródák üzemelés közben mozdulatlanok, viszont a kemencetest az olvadékkal együtt körbeforog. A füstgáztisztítás homokszűrő-rendszerrel van megoldva, hatásfoka 95%-os. (P)

Neue Hütte, 1972. okt.

Értesítés

Már kapható az Egyesület Jubileumi Évkönyve

Megjelent az Egyesület 80 éves jubileuma alkalmából. Összeállításában 110 egyesületi tag vett részt. Szerkesztő: *Óvári Antal.*

I. fejezet Az egyesület történetére és munkájára vonatkozó adatok.

Az 5 szakosztály (Bányászati, Kőolaj-, földgáz- és víz, Vaskohászati, Fémkohászati, Öntödei) és 21 szakcsoport, 48 helyi csoport története. Tisztségviselők, alapítók, kitüntetett tagok. Nagyobb rendezvények. Egyesületi kiadványok. Alapszabály. Jelenlegi vezetőség. A szaklapok (Bányászat, Kőolaj és Földgáz, Kohászat, Öntöde) rövid története.

II. fejezet A hazai bányászat és kohászat 25 éves fejlődése.

A magyar szénbányászat, érc- és ásványbányászat, a bauxitbányászat, olajbányászat, a fémkohászat, az alumíniumkohászat és öntészet fejlődése 1945 óta.

III. fejezet A legjelesebb magyar bányászok és kohászok.

Kiemelkedő szakmai sikert elért 21 bányász és 17 kohász szakember rövid élettörténete.

IV. fejezet A hazai bánya- és kohótelepek története.

Magyarország 65 bányatelepének, 23 olaj- és földgáz mezőjének, 27 vaskohászati és 14 fémkohászati üzemének és 28 öntödéjének ismertetése.

V. fejezet Bányászati és kohászati statisztika.

A magyar bánya- és kohómérnökre, valamint a technikus-képzésre vonatkozó adatok. Részletes termelési, felhasználási, export-import adatok a magyar bányászat és kohászat minden ágáról több évtizedre kiterjedően.

VI. fejezet Egyesületi tagnévsor 1972 elején.

Az egyesületi tagok névsora helyi csoportonként a szakképzettség és a belépési év feltüntetésével. A hosszabb (10, 20 éves) tagsággal rendelkezők a névsorban kiemelten szerepelnek.

Budapesti tagjaink az egyesület új helyiségében (VI. Anker köz 1. I. 101.) tekinthetik meg, ill. vehetik át készpénz fizetés ellenében az évkönyvet. A vidéki csoportjaink tikárainknál egy-egy példány betekintésre szintén rendelkezésre áll, náluk történik a befizetés és csoportonként küldjük szét a megrendelés szerint az évkönyvet.

Egyesületi tagok részére az évkönyv kedvezményes ára 50 Ft, nem tagok és intézmények részére 200 Ft.

FÉMKOHÁSZAT

Rovatvezetők: DR. BECKER ERVIN, GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ

A fejlődés általános irányai a fémkohászatban

Dr. HORVÁTH ZOLTÁN egyetemi tanár, a műszaki tudományok doktora

DK.: 167.1 : 669.2/.8 : 65.061

A kohászat és ezen belül a fémkohászat az utolsó 50 évben többet fejlődött, mint előtte 500 év alatt. Ennek a gyors fejlődésnek kényszerítő és a fejlődést lehetővé tevő feltételei voltak. Az iparnak egyre több és jobb minőségű fémre van szüksége. A tanulmány a teljességre való törekvés nélkül ismerteti a régi alapelven működő korszerűbb berendezéseket. Foglalkozik a fejlődésnek teljesen új csoportját jelentő egészen újszerű eljárásokkal.

11. A kényszerítő feltételek között első helyen kell megemlíteni azt, hogy az iparnak évről évre több fémre volt szüksége.

Ezt az állítást beszédesen igazolja a következő *1. táblázat.*

1. táblázat

Az egyes években termelt fémek mennyisége 10^6 t

	1900	1950	1975-re becsült	1970	2000
acél	28	250	500	560	2500
Al	0,01	1,5	3	12	250
Cu	0,5	2,5		7	20
Zn	0,5	2		5	15
Pb	0,9	1,8		4	
Ti	—	—		0,03	1

Ehhez csak azt szeretném megjegyezni, hogy idáig a tervezés és építés alatt levő kohók teljesítménye alapján becsült értékek mindig kisebbek voltak, mint az évenként termelt fémmennyiségek.

Ezt bizonyítja az 1975-re becsült és az 1970-ben valóban termelt fémek mennyiségének az összehasonlítása. Jóllehet a 2000-re becsült értékeknél szintén a tervezés, illetőleg építés alatt álló üzemeket vették alapul, a táblázatban feltüntetett értékek kissé túlzottaknak tűnnek.

12. A kohászat rohamos fejlődését kikényszerítő második feltétel az volt, hogy az utóbbi időben egyre jobb minőségű fémekre volt szükség. Ennek egyik oka az, hogy a fémek igen erős versenytárssal, a műanyaggal találták magukat szemben. Az utóbbiak térhódítására jellemző, hogy az évenként termelt műanyagok mennyisége 1967-ben haladta meg először az acéltermelést. Egyre jobb minőségű fémekre a technika gyors fejlődése miatt is szükség volt, mert ennek nagyon sok területén a régi módon előállított fémek már nem feleltek meg. Ezeknek a megnövekedett igényeknek a kohászat többféle módon próbált eleget tenni.

Az egyik ilyen újabb lehetőség a vákuumban való átolvasztás volt. Indukciós, ívfényes vagy elektronsugaras vákuumkemencében való átolvasztással ugyanis a fémekből a zárványok jól elkülöníthetők, az eddigi módszereknél jobban lehet csökkenteni az oxigén- és gáztartalmat, és bizonyos esetekben az átolvasztott fémeket irányítottan is lehet kristályosítani.

A vákuumban való átolvasztás előnyös hatásának a szemléltetésére csak azt említem meg, hogy az ipar nagyon sok területén lehet vákuumban átolvasztott szerkezeti acélt használni ötvözött acél helyett.

A fokozottabb igények kielégítésére az utóbbi időben új fémes anyagokat is egyre nagyobb mennyiségben használnak. Így például titánból, illetőleg titánötvözetből készítik a különféle rakétáknak, a szuperszonikus gépeknek egyes alkatrészeit, mert ez a könnyűfém kb. 1000 °C-kal nagyobb hőmérsékleten olvad, mint az alumínium, szilárdsága pedig az acéléval vetekszik. A tengervíz desztillálással való sótalanításánál csak titánötvözetből készült fűtőcsövek jöhetnek számításba, mert ezek bírják az itt uralkodó nagyobb hőmérsékleten a tengervíz korrodáló hatását. Újabban folyamatosan olcsóbbá váló titánt egyre szélesebb körben használják. Így pl. elektrolízisnél ólomanódok helyett titánanódot készítenek, és egyes helyeken a füstgázok korrodáló hatása ellen való védés érdekében a kéményeket vékony titánlemezzel bélelik.

Újabban több helyen használják a mind olcsóbbá váló nátriumot. A metallotermikus eljárásoknál redukálószerként szerepelhet és speciális esetekben elektromos vezetőanyagnak is használják.

Az atomenergia hasznosítása, az izotóptechnika elterjedése egyre több sugárzó fém előállítását teszi szükségessé.

A ritkafémek, illetőleg ritkafémvegyületek kellenek a mikrohullámú technikában, a kvantumgenerátorok és memóriaegységek építésénél és Y_2O_3, illetőleg Eu_2O_3 nélkül színes televízió nem gyártható.

Az új fémekkel szemben támasztott igényt csak növeli a mikroötvözésnek a térhódítása, és néhány újabb olyan felismerés, amelyik a ritkafém felhasználásánál igen sok előnyt ígér. Ilyen például az

a kísérletekkel is alátámasztott megállapítás, hogy a kobalt-szamárium-ötvözet olyan erősen ferromágneses, hogy mágneses tulajdonságai kb. négyszer jobbak az eddig ismert és legjobbnak tartott ferromágneses vasötvözeteknél.

Az ehhez hasonló ötvözetek előállítására igen nagy lehetőségeink vannak, hiszen a körülbelül 70 fémes elemből készíthető binérötvözeteknek csak kb. 4, a ternéreknek pedig csak kb. fél százalékát ismerjük alaposabban.

13. A kohászat gyors ütemű fejlődését kikényszerítő harmadik feltétel az volt, hogy az új anyagok előállításához, az új nyersanyagok feldolgozásához és a megfelelő ötvözetek készítéséhez új technológiákat kellett kidolgozni, és ezekben az új technológiákban nem lehetett csak a régi kohósító eljárásokat variálni, hanem sok esetben egészen új, előzőleg már az analitikai kémiában ismert eljárásokat is fel kellett használni.

14. A kohászat gyors ütemű fejlődését kikényszerítő negyedik jelentős tényező az volt, hogy az utóbbi időben az egyes országokban igen szigorúan szabályozták a levegőbe és a vízbe engedhető szennyező elemek maximális mennyiségét. A különféle országokban progresszív módon igen szigorúan büntetik az előírások megszegőit, ezért kisebb kohók becsuktak, nagyobb kohókban pedig új technológiát kellett kidolgozni azért, hogy az előírásokat betarthassák.

Ezekre az intézkedésekre azért volt szükség, mert az egyes országokban a levegőnek, illetőleg a víznek a szennyeződése katasztrofális méreteket öltött. Igy pl. az USA-ban 1969-ben

a rézkohókban	$1{,}47 \cdot 10^6$ t
a cinkkohókban	$0{,}32 \cdot 10^6$ t
az ólomkohókban	$0{,}13 \cdot 10^6$ t
Összesen	$1{,}92 \cdot 10^6$ t S-et

engedtek a levegőbe. Ugyanebben az évben az előbb említett kohókban kohósított érc kéntartalmának csak 30,7%-át, vagyis $0{,}85 \cdot 10^6$ S-et dolgoztak fel kénsavra, folyékony kéndioxidra, illetőleg elemi kénre.

Ennek a tarthatatlan helyzetnek a megszüntetésére a nagyobb kohókban vagy olyan új kohósító eljárásokat dolgoztak ki, amelyek során a keletkező, lehetőleg SO_2-ben dús gázokat jobban össze lehet gyűjteni, vagy olyan eljárásokat, amelyek során nem is kerül SO_2 a levegőbe.

Az utóbbi megoldásra az egyik példa a nyomás alatti, a másik pedig a baktériumos lúgzás.

2. Az előzőleg vázolt kényszerítő körülmények mellett a gyors fejlődést az tette lehetővé, hogy időközben az alaptudományok elméletileg is és gyakorlatilag is nagyon sokat fejlődtek. Az utóbbiak közül a matematika, fizika, mechanika mellett elsősorban a fizikai-kémia és ezen belül is a kohászati termodinamika, illetőleg reakciókinetika jelentős bővülése és a gyakorlatban való felhasználhatósága volt igen jelentős.

21. A kohászati termodinamikában az egyes folyamatok szabadentalpiájának és kémiai potenciáljának a segítségével a reakciónak nemcsak az egyensúlyáról tájékozódhatunk, hanem a heterogén rendszerben található egyes anyagok vegyrokonságának a mértékéről, a folyamatok kezdő hőmérsékletéről, az együttreagálásnál érvényes és a végállapotban elérhető koncentrációk nagyságáról is, sőt termodinamikai vizsgálatokkal azt is meg tudjuk állapítani, hogy az egyensúlyt a különféle állapothatározókkal lehet-e befolyásolni, és ha igen, akkor milyen módon.

22. A termodinamikai vizsgálatok legnagyobb hátránya az, hogy ezek a különféle folyamatok lejátszódásának csak a lehetőségéről tájékoztatnak. Arra a kérdésre, hogy valóban végbemennek-e ezek a folyamatok, a *reakciókinetikától* kaphatunk választ.

Az utóbbi időben ez is nagyon sokat fejlődött. Ma már tudjuk, hogy adott rendszerben a változásokat az alábbi differenciálegyenletekkel tudjuk leírni:

koncentráció-változásnál

$$-\frac{\partial c}{\partial t} = \operatorname{div}[c\bar{v}] - \operatorname{div}[D \operatorname{grad} c] + \\ + \omega\beta(c_2 - c_1) + k_{\text{eff}} \Pi_{c_i}^{x_i} xt$$

impulzus áramnál

$$\frac{\partial \varrho \bar{v}}{\partial t} + \operatorname{Div}[\bar{v} \circ \bar{v} - \mathbf{T}] + \omega\gamma(\bar{v}_2 - v_1] = \varrho \bar{g},$$

ahol

$$\operatorname{Div} \mathbf{T} = \eta \nabla \bar{v} + (\eta + \lambda) \nabla (\nabla \bar{v}) - \nabla p$$

és a kinetikus energia áramlásánál

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{1}{2} \varrho \bar{v}^2\right) + \operatorname{div}\left(\frac{1}{2} \varrho \overline{v^2 v} - \mathbf{T}v\right) = \\ = \varrho \bar{v} \bar{g} - \mathbf{T} : \operatorname{Grad} \overline{v}$$

3. A kohászatban az utóbbi időben tapasztalható egyre gyorsuló fejlődés okainak és lehetőségeinek tisztázása után a kialakított új technológiákat szeretném ismertetni.

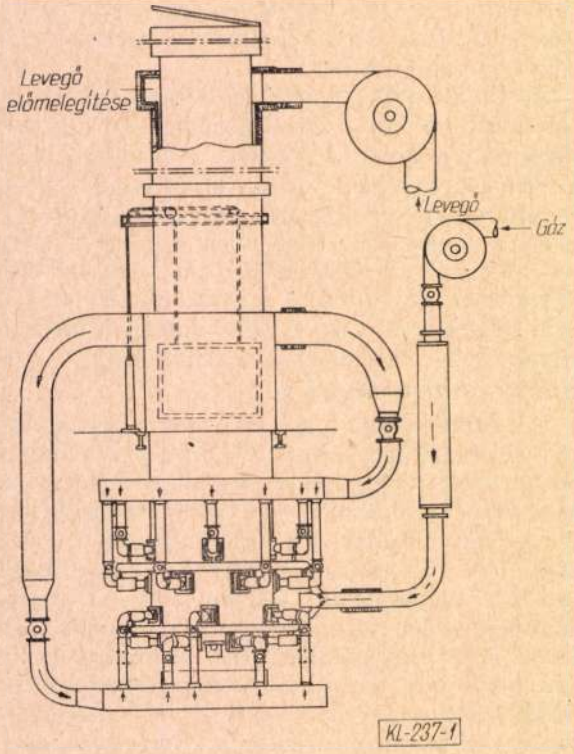
31. Ezek egyik részére az jellemző, hogy régi berendezések működésének alapelveit megtartva elsősorban a *méretek növelésével* iparkodtak növelni a termelékenységet és a gazdaságosságot. A megnövelt méretű kemencében ugyanis kisebb lett a fajlagos hőveszteség, kisebb lett a fajlagos munkaerő-szükséglet és lehetőség nyílt a nehéz fizikai folyamatok gépesítésére és automatizálására, sőt ezen túlmenően az egyes berendezésben lejátszódó folyamatok matematikai modellezésére és számítógépes irányítására is.

311. Mindezeken felül az újabb energiagazdálkodási lehetőségek között mód nyílott a kemencékben a tüzelés módjának a megválasztására. Ez azt jelentette, hogy ahol csak lehetett, szilárd tüzelőanyag helyett gázt vagy olajat használtak tüzelésre. Ez a megoldás nemcsak azzal járt, hogy a tüzelést könnyebben kézben lehetett tartani, könnyebben lehetett automatizálni, hanem például azt is, hogy aknáskemencéknél szénhidrogéneknek a fúvósíkba való befújtatásával lényegesen lehetett csökkenteni a kokszfogyasztást. Ez utóbbi gazdasági szempontból rendkívül előnyös, mert a világ minden országában tapasztalható, hogy a koksz ára évről évre nő.

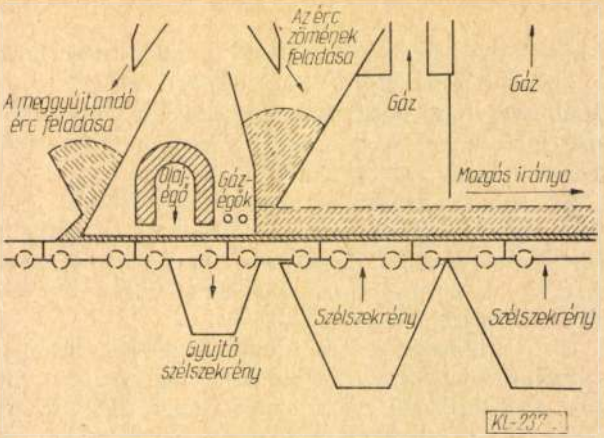
312. A tüzelésnél fejlődést jelentett a *levegő előmelegítésének*, illetőleg *oxigénben dúsított levegő* felhasználásának a terjedése. Ugyanis ezekkel a lehetőségekkel élő aknás kemencékben a teljesítmény kb. 60%-kal nőtt, a kokszfogyasztás pedig 33%-kal csökkent, lángkemencéknél az olvasztási teljesítmény kb. 20%-kal növelhető, a tüzelőanyag-fogyasztás pedig kb. ugyanilyen mértékben csökken. A levegő előmelegítése, illetőleg oxigénben dúsított levegőnek a felhasználása tette lehetővé a röptében való olvasztás megvalósítását, és ugyanezekkel a fogásokkal lehet közvetlenül konverterekben színporokat feldolgozni.

313. Az atomenergia széles körű elterjedésével kapcsolatban várható, hogy az atomenergiával termelt elektromos energia egyre olcsóbban áll majd rendelkezésre, és így különféle fémek kohászatában egyre nagyobb tért fognak hódítani az *elektromos kemencék*.

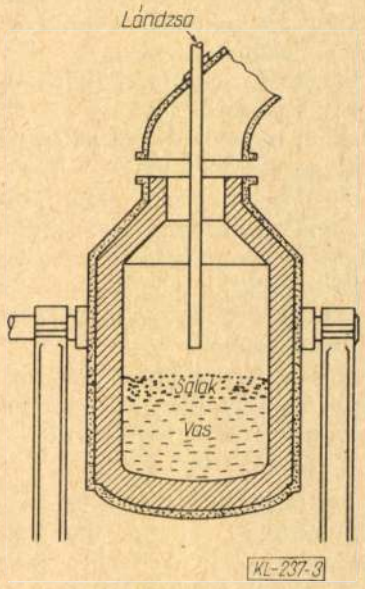
32. A kohászat fejlődése közben kialakult új technológiáknak a második csoportját azok képezik, amelyeknél *régi alapelven működő, korszerűbb berendezésekben* dolgoznak. Ezekben a kémiai reakciók lejátszódására és a hőátadásra a lehető legjobb feltételeket iparkodnak biztosítani azzal, hogy a berendezésekben a gáz körüláramolja a még szilárd halmazállapotban levő anyagrészeket, és gondoskodnak a hőenergia nagymértékű koncentrálásáról. Ezekre a berendezésekre tipikus példa a fémes anyagok olvasztására kifejlesztett *Asarco*-féle aknáskemence *(1. ábra)*, az átfúvásos zsugorítva pörkölő berendezés *(2. ábra)*, a fluidizáló kemence, az oxigénlándzsával működtetett *(3. ábra)*, illetőleg a folyékony fémfürdőn oxigénben dúsított levegőt átfúvó konverter.



1. ábra. Asarco-féle aknáskemence
[3] 547. o., 1. á.



2. ábra. Átfúvásos zsugorítva pörkölő berendezés
[10] 674. o. 18. 4. 2. á.

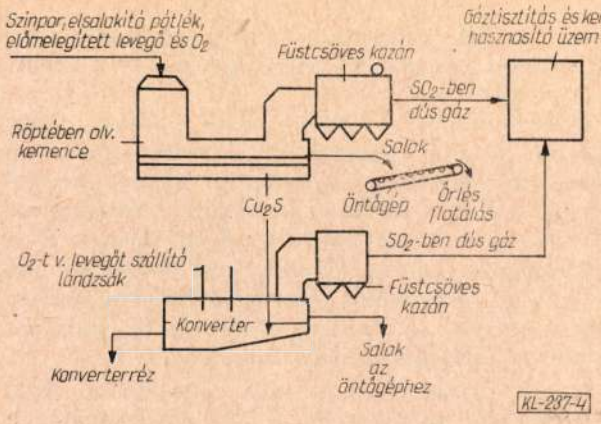


3. ábra. Oxigénlándzsával működtetett konverter
[10] 730. o. 20. 2. 6. á.

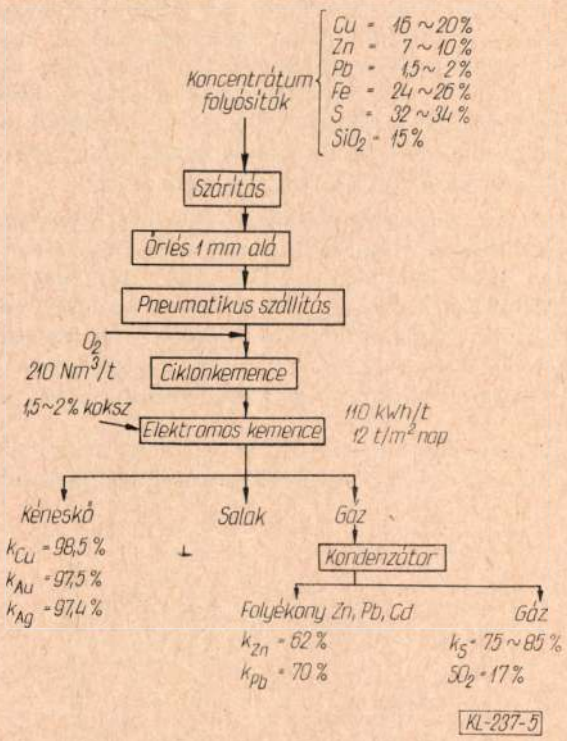
33. A technológiában a fejlődés harmadik állomását azok az új eljárások jelentik, amelyeknél *több munkafolyamatot* valósítanak meg *egy berendezésben*.

Az ide sorolható *röptében való olvasztást (4. ábra)* réz-, cink- és ólomércek feldolgozására használják oly módon, hogy a szulfidos ércet előmelegített vagy oxigénben dúsított levegővel fújtatják be a pörkölő térbe vagy ciklonba. Itt a levegővel behozott, illetőleg a pörkölésnél lejátszódó exotermás reakciókban fejlődő hő hatására a munkahőmérséklet az anyag olvadáspontja fölé emelkedik úgy, hogy a pörkölő térből alul már folyékony halmazállapotban kerül ki az anyag. Ezt gyűjtik össze a pörkölő térhez alul csatlakozó lángkemencében, ahol kialakul a fémes fázis vagy kéneskő és a salak.

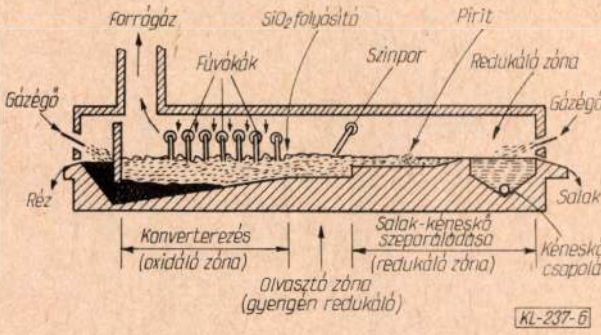
Ennél a munkamódnál például rézércek feldolgozásánál egy lépésben szilárd Cu_2S-ből álló fehér kéneskövet állítanak elő. Ilyen körülmények között természetesen elég nagy lesz a keletkező salaknak a réztartalma. Régebben ezt a salakot a konvertersalakkal együtt pirit jelenlétében *elektromos kemencében* réztelenítették. Újabban azonban a szóban forgó salakokat az aránylag nagy



4. ábra. A röptében való olvasztás sémája. [2] 49. o.



5. ábra. Kivcet-eljárás törzsfája



6. ábra. Worcra-eljárás [3] 548. o., 5. á.

kristályok keletkezésének elősegítése végett lassan hűtik, a szilárd anyagot több fokozatban őrlik és *flotálják*. Ennél a flotálásnál kb. 15%-os súlykihozatallal és 90%-nál nagyobb rézkihozatallal kapnak olyan dúsított terméket, amelyiknek réztartalma közel 20%. A flotálás további előnye, hogy energiaszükséglete a régebben használt elektromos kemencében való kénező olvasztás energiaszükségletének még a felét sem teszi ki.

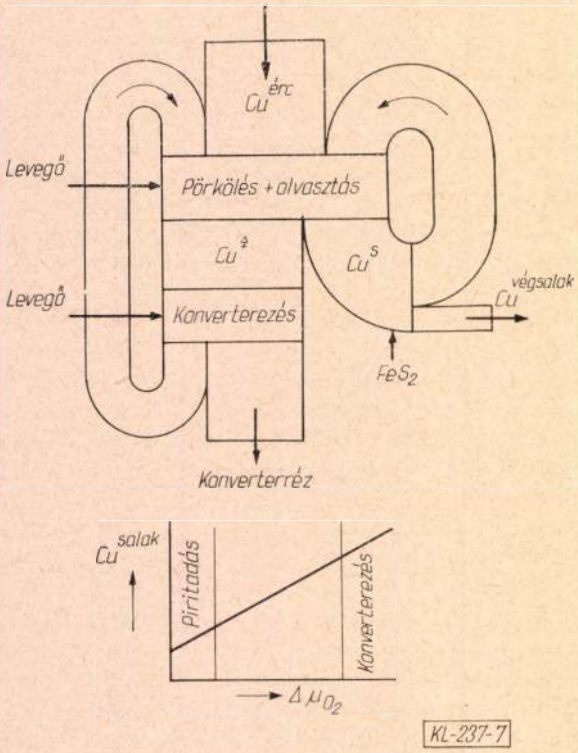
332. A röptében való olvasztásnak egyik a Szovjetunióban kifejlesztett változata a *Kivcet*-eljárás *(5. ábra)*, amelyiknél ciklonkemencében pörkölnek, és az olvadt pörköléket befogadó lángkemencét elektrotermikusan is fűthetik. Nagy előnye ennek az eljárásnak, hogy a pörkölésnél és az olvasztásnál keletkező SO_2-nek 75 – 85%-a összegyűjthető kb. 17% SO_2-t tartalmazó gáz formájában.

333. Az egy berendezésben több munkafolyamatot megvalósító kohósító eljárások közül megemlítem még a *Worcra-*, *Morgan-* és a *Torco*-eljárást. Ezek közül a *Worcra*-eljárás még kísérleti stádiumban van, a másik kettőt pedig már nagyüzemi méretekben is használják.

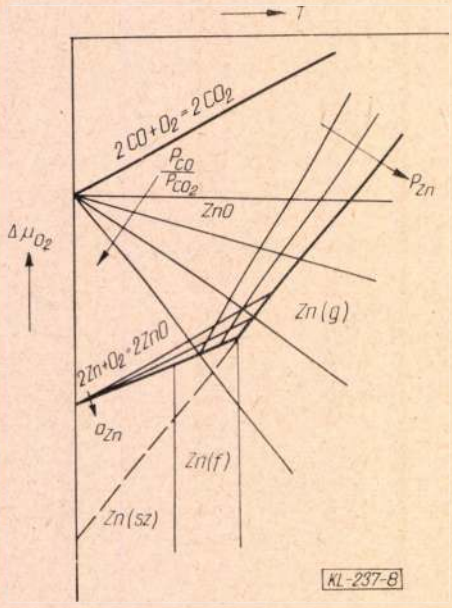
A *Worcra-eljárást (6. ábra)* elsősorban rézérceknek konverter-rézre való feldolgozásra fejlesztették ki, de ugyanezt az alapelvet hasonló berendezésekben az acélgyártásnál is próbálják hasznosítani. A *Worcra*-eljárás lényege, hogy a szulfidos rézércet pörkölés közben olvasztják meg, a keletkező és nagyobb fajsúlyú kéneskő az alsó rétegben mozog az egyik irányban, és a konverterező, majd a színrezet összegyűjtő térbe kerül. A kisebb fajsúlyú és a felső rétegben úszó salak ellenáramban vándorol a salakcsapoló nyílás felé és közben ennek piritadás után kénező olvasztással csökkentik a réztartalmát *(7. ábra)*.

334. A *Morgan-eljárásnál* komplex ólom- és cink-ércet dolgoznak fel aknáskemencében úgy, hogy a kemencéből alul ólmot csapolnak, a kemencéből felül távozó gázok pedig cinkgőzt visznek magukkal. A cink aknáskemencében való előállíthatóságának egyik sarkalatos pontja az, hogy az aknáskemencében még a toroknál is nagyobb legyen a munkahőmérséklet, mint a cinknek a harmadpontja (ezt előmelegített elegy adásával, esetleg a toroknál póttüzeléssel biztosítják), a másik pedig az, hogy a kondenzáló berendezésben meg kell akadályozni a cinkgőzök oxidálódását. Az utóbbit úgy biztosítják, hogy ólompermet segítségével hűtik le a gázt. Ennek a fogásnak egyik előnye az, hogy az ólom latens hőjének a felhasználásával nagyon gyors a lehűtés, a másik pedig az, hogy a cinknek az ólomban oldódása miatt nagyobb a fémes cink stabilitásterülete *(8. ábra)*.

335. A *Torco-eljárást (9. ábra)* a rezet oxid vagy szilikát alakban tartalmazó, rézben szegény ércek feldolgozására dolgozták ki. Ennél a munkamódnál a por alakú ércet először szénporral keverve fluidizáló kemencében kb. 800 – 820 °C-ra melegítik fel. A kemencéből túlfolyó anyag a klórozó és redukáló kemencébe kerül, ahová konyhasót és szenet is adnak. Itt a konyhasóból felszabaduló klórgáz vagy a képződő sósav klórozza a rézoxidot. Az így keletkező rézklorid illan. A továbbiakban a gázhalmazállapotban levő rézkloridot a vízgőzből a szén redukáló hatására keletkező hidrogén sósav képződése közben színrézzé redukálja. A klórozó és redukáló kemencéből kikerülő anyag már színrezet tartalmaz, és belőle a réz 90% feletti



7. ábra. A Worcra-eljárás anyagmérlege



8. ábra. A ZnO redukciójánál lejátszódó reakciók oxigénpotenciáljának a hőmérséklettel való változása

rézkihozatallal flotálható ki. A kapott dúsított anyag a kiinduló érc összetételétől és bizonyos mértékben a munkamódtól függően 30—70% rezet tartalmaz.

Érdekességként említem meg, hogy a Szovjetunióban a Torco-eljárást sikerrel próbálták ki oxidos, illetve szilikátos nikkelércek feldolgozására is.

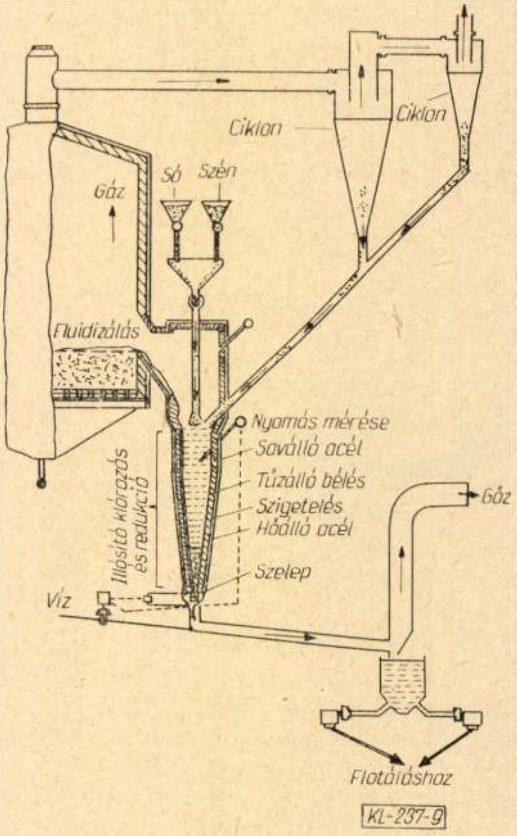
4. A kohászat fejlődésében új fejezetet jelentenek a *folyamatos eljárások*, mert feltétlenül jobb hőenergia-gazdálkodást tesznek lehetővé, kisebb a fajlagos anyag-, energia- és munkaerő-szükségletük, jóval nagyobb a teljesítményük és igen jó fémkihozatalt biztosítanak, mert a folyamatos munkamód az egyes lépcsők végtelenszeres ismétlését jelenti.

Tulajdonképpen a folyamatos eljárások közé tartozik a már ismertetett *Worcra*-eljárás, az ellenáram helyett az egyenáram elvén működő Noranda-eljárás, a Csehszlovákiában kifejlesztett folyamatos konverterező, ún. *Konti*-eljárás, és a *Brittingham*-eljárás is. Ezeket most bővebben nem tárgyalom, inkább az ólom réztelenítésére, nemesfémtelenítésére és cinktelenítésére kidolgozott folyamatos eljárásokat ismertetem.

41. Az *ólomnak* csurogtató olvasztással való *réztelenítésére* kidolgozott eljárás elvi sémáját a *10. ábra* mutatja. Ennek az a lényege, hogy a berendezésbe bevezetett kb. 1100 °C hőmérsékletű ólom előbb kb. 330 °C-ra, az ólom-réz-ötvözetrendszer eutektikus hőmérsékletére hűl le, majd a központi csőben fölemelkedő, most már csak nagyon kevés rezet tartalmazó ólom 400 °C körüli hőmérsékletre melegedve hagyja el a berendezést. A lehűlés közben kiváló ólmos felzék a berendezésben levő ólomfürdő tetején gyűlik össze.

42. A nemesfémtelenítésre használt *folyamatos Parkes-eljárás* alapelve, amint a *11. ábra* is mutatja, pontosan ugyanolyan, mint a réztelenítésé. A különbség az, hogy itt a nemesfémeket nem csurogtató, hanem fémeket feloldó olvasztás segítségével távolítják el, és ennek biztosítására az ólomfürdő tetejére cinket kell időközönként juttatni.

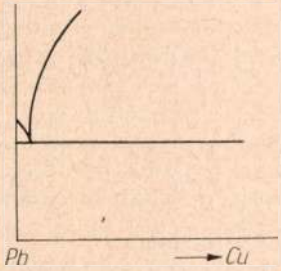
Az előzőleg ismertetett és az ólom réztelenítésére és nemesfémtelenítésére használt munkamódok

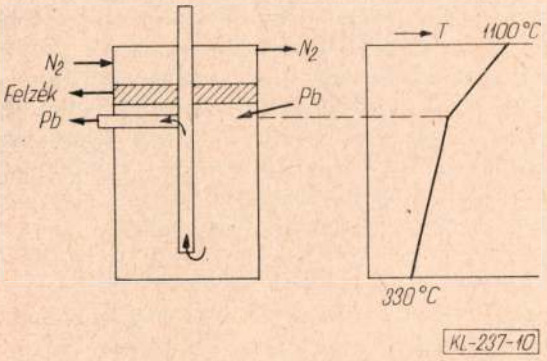


9. ábra. Torco-eljárás ([4] 83. o. 2. á.)

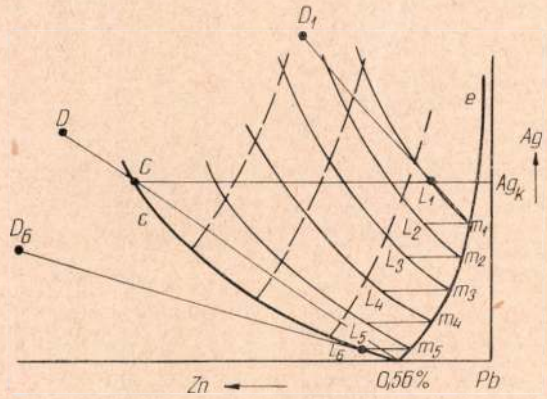
félfolyamatos eljárásoknak tekinthetők, hiszen az egyik terméket, mégpedig a felzéket, szakaszosan kell a berendezésből eltávolítani.

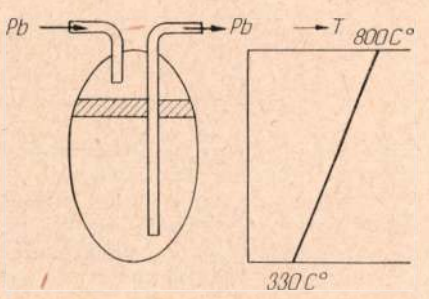
43. Ezekkel szemben teljesen folyamatosan dolgozik az a *vákuumban cinktelenítő eljárás*, amelyiket a Morgan-eljárással kapcsolatban dolgoztak ki, és amelyiket változatosan a *12. ábra* mutat be. Ebből a berendezésből a vákuum segítségével el-



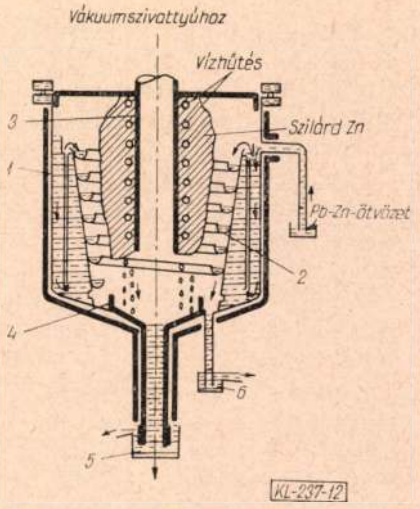


10. ábra. Az ólom folyamatos csurogtatással való réztelenítésének sémája





11. ábra. Folyamatos Parkes-eljárás sémája



12. ábra. Folyamatos vákuumban cinktelenítő eljárás. [4] 86. o. 12. á.

különített ólmot és az előbb gázfázisba kerülő, majd kondenzálódó cinket folyamatosan távolítják el.

Az előzőleg ismertetett példák mellett a fémkohászatnak még számos területén használják a folyamatos eljárásokat. Ezek közül a ciklonkemencében végzett folyamatos fuming eljárást és a Bayer-eljárásnál bevezetett folyamatos feltárást említem meg.

5. A fejlődésnek egészen új csoportját alkotják azok a munkamódok, amelyeknél *teljesen újszerű eljárásokat* használnak az ércek előkészítésére, illetőleg a fémek előállítására.

51. Az egyik ilyen munkamód a *plazmakemence* felhasználása. Ebben újabban nemcsak nagy hőmérsékleten olvadó fémeket olvasztanak, hanem pörkölnek is, sőt felhasználásával egykristályt is állítanak elő.

52. Az új eljárások között külön fejezetet jelent a *halogén-metallurgia*. Ennek a segítségével fémkloridokat lehet előállítani, illetőleg fémeket lehet raffinálni. Fémkloridokat klórozó pörköléssel vagy klórozó olvasztással állíthatunk elő.

Az előzőhöz tartozik például a Torco-eljárás, azután az $MgCl_2$, $TiCl_4$ előállítása oxidból redukáló anyag jelenlétében.

A halogén-metallurgiát raffinálásra használják pl. az ólom cinktelenítésénél, amikor a cinket az ólomból klórgáz segítségével távolítják el.

53. Az új eljárások között különösen gyorsan fejlődnek a hidrometallurgiai eljárások. Ennek a nagyarányú előretörésnek az egyik oka az, hogy a *hidrometallurgiai* eljárásokkal fémben szegény érceket is gazdaságosan lehet feldolgozni, a második az, hogy a végtermék elektrolízissel való leválasztás után tiszta állapotban áll rendelkezésünkre, a harmadik pedig az, hogy hidrometallurgiai eljárásokkal való dolgozás esetén a levegő nem szennyeződik.

Régebben használt nedves eljárások nagymértékű előretörése mellett új eljárásokat is fejlesztettek ki. Ilyenek pl. a nyomás alatti lúgzás és kiejtés, a baktériumos lúgzás, az ioncserés és oldószeres extrakciós eljárások.

531. Az előzőleg említett lehetőségek közül a *baktériumos lúgzásnak* lesz egyre nagyobb jelentősége, mert különféle és pontosan a lúgzás céljaira kitenyésztett baktériumok jelenlétében a lúgzás sebessége és a fémkihozatal igen nagy mértékben növelhető. Baktériumok közreműködésével vagy magában a bányában, vagy a külszínen létesített nagyméretű halmokban szoktak lúgozni. Az eljárás előnye még, hogy nagyon kicsiny a munkaerő- és energia-szükséglete, továbbá olcsó lúgzószerrel is lehet lúgozni, és ezt a körforgásban a baktériumok regenerálják.

532. Az *ioncserés és az oldószeres extrakciós* eljárásokat az elemző kémiában már régen használják. Üzemi méretekben először az urán kohászatában választották le ezeknek a munkamódoknak a segítségével az uránt a lúgzásnál oldatba került egyéb elemektől. Újabban más fémek kohászatában is kezdenek tért hódítani. Így pl. a kobalt elektrolitos raffinálásánál az anód- és katódteret, az idáig használt diafragmák helyett, olyan műgyantából készített ioncserélő membránokkal választják el, amelyek az anolitból csak a kobalt ionokat engedik át a katódtérbe.

A rézkohászatban rézben szegény oldatok réztartalmának a hasznosítására fejlesztették ki azt a munkamódot, amelyikben az oldatból a rezet valamilyen LIX extraháló szernek petróleumban való oldatával etxtrahálják ki, majd az extraktumból a rezet a rézelektrolízis véglúgjával reextrahálják, és az így kapott oldatot elektrolizálják.

Érdekességként említem meg, hogy timföldet is lehet előállítani $AlCl_3 \cdot H_2O$-n keresztül oldószeres extrakció segítségével.

54. A hidrometallurgiával együtt a *vizes oldatokból* való *elektrolízis* is nagyon sokat fejlődött. Egyre több helyen használnak az elektrolit tisztítására ioncserés, illetőleg oldószeres extrakciós eljárásokat. Sok helyen készítik az elektródokat titánból, a kádakat pedig műanyagból. Iparkodnak a termelékenység növelése érdekében mindenütt az eddiginél nagyobb áramsűrűséggel elektrolizálni, az ilyenkor fellépő nagyobb koncentrációs polarizációt az elektrolit fluidizálással való keverésével iparkodnak a lehető legkisebb értéken tartani. Sok helyen gazdaságosan állítanak elő elektrolízissel porkohászat céljaira alkalmas fémporokat.

55. Az *olvadékból való elektrolízis* is nagyon sokat fejlődött. A méretek növelése mellett próbáltak új eljárásokat is kidolgozni. Így pl. rezet, nikkelt és krómot lehet olvadékelektrolízissel is raffinálni.

Az alumíniumkohászatban kloridos olvadékból való elektrolízis technológiáját dolgozták ki. Ebben az esetben a kiinduló anyagként szereplő $AlCl_3$-at NaCl–KCl-olvadékkal oldják fel, és 700–750 °C között, 95%-os is elérő áramhatásfokkal elektrolizálnak. Az eljárás előnye, hogy nagyobb lehet az áramsűrűség, az NaCl és KCl olcsóbb, mint a kriolit, az alumínium tisztább és fluór nem kerül a levegőbe. Hátránya, hogy az elektromos áramot titándiborid- vagy cirkondiborid-elektródok segítségével kell a fürdőhöz vezetni.

6. A kohászat fejlődésében külön csoportot alkotnak azok az eljárások, amelyek nagyon tiszta fémek előállítására alkalmasak. Általában nagyon tiszta fémeket két lépésben állítunk elő.

Először kémiai, elektrokémiai úton, ioncserés vagy oldószeres extrakciós eljárással, illetőleg desztillálással előtisztítjuk a fémet, azután desztillálással vagy zónás olvasztással, illetőleg egykristály-előállítással készítjük a kész terméket.

A felsorolt műveletek mindegyike igen nagy gondot igényel, mégis talán a legnagyobb körültekintéssel a zónás olvasztásnál kell eljárni. Ennél a műveletnél a jelenlevő igen kis mennyiségű szennyező elem vagy elgőzölögtetéssel vagy kémiai reakció révén a gázba, illetőleg a salakba való juttatással vagy vegyületté alakítással, vagy csurogtatással különíthető el.

7. Összefoglalásként azt szeretném megemlíteni, hogy az előzőekben a kohászatban az újabb időkben tapasztalható nagyarányú fejlődésről iparkodtam átfogó képet adni. Természetesen teljességre nem törekedhettem, és az egyes említett eljárásokat részletesen nem is tárgyalhattam. Az előzőleg elmondottakkal azt szerettem volna érzékeltetni, hogy mi váltotta ki ezt a nagyarányú fejlődést, mi tette ezt lehetővé, és a fejlődésben milyen szakaszok különíthetők el.

8. Használt jelölések és dimenziók

Koncentráció	c, mól cm^{-3}
Sebesség	$\overline{v}$, cm s^{-1}
Diffúzió koefficiens	D, cm^2 s^{-1}
Fajlagos felület	ω, cm^2 cm^{-3}
Anyagátadási szám	β, cm s^{-1}
Effektív sebességi állandó	k_{eff}, s^{-1} (ha $x_i = 1$)
A reakció rendűsége	x_i, —
Tenzorra alkalmazott divergenciaoperáció	Div
Feszültségtenzor	**T**
Impulzusátadási tényező	γ, g cm^{-2} s^{-1}
Sűrűség	ϱ, g cm^{-3}
Nehézségi gyorsulás	$\overline{g}$, cm s^{-2}
Dinamikai viszkozitás	η, g cm^{-1} s^{-1}
Nábla	∇, cm^{-1}
Hővezetési tényező	λ, cal cm^{-1} s^{-1} fok^{-1}
Nyomás	p, kp cm^{-2}
Gradiens tenzor	Grad
2 tenzor skaláris szorzata	**T**: Grad $\overline{v}$
Fémkihozatal	k_{Me}, %

IRODALOM

[1] *I. C. Herbert:* Extractive Metallurgy. Mining Annual Review. 1971. jún., 223—243. o.

[2] *C. L. Milliken:* Copper Smelter Design for the 70's. Society of Mining Engineers. 1971. máj. 48—60. o.

[3] *Dr. Horváth Zoltán:* A fémkohászat fejlődése az utóbbi időben. Bányászati és Kohászati Lapok — Kohászat 1969. 12. sz. 545—551. o.

[4] *Dr. Horváth Zoltán:* Újabb eljárások a fémkohászatban. Bányászati és Kohászati Lapok — Kohászat 1971. 2. sz. 83—87. o.

[5] *I. C. Herbert:* Extractive Metallurgy. Mining Annual Review. 1970. jún. 217—239. o.
[6] *E. G. West:* Developments in copper smelting. Chemistry in Britain. 1969. (5) 199—202. o.
[7] *A. W. Richards:* Zinc extraction metallurgy in the UK. Chemistry in Britain. 1969. (5) 203—206. o.
[8] *L. Frank:* Aufbereitungsverfahren in Metallhütten — Zwei Beispiele für die Anwendung der Flotation. Erzmetall. 1972. (5) 238—243. o.
[9] *F. Sehnálek, I. Imris:* Slags from continuous copper production. Advances in extractive metallurgy and refining. The Institution of Mining and Metallurgy, London, October 1971. Paper 2. 1—24. o.
[10] *J. Székely—N. J. Themelis:* Rate Phenomena in Process Metallurgy. *Wiley* — Interscience, a Division of John Wiley Sons, Inc. New York—London Sydney—Toronto. 1971.
[11] International Symposium. Solvent Extraction in Metallurgical Processes. Antwerp. 4—5 may 1972. Papers. Technologisch Instituut K. VIV. Genootschap Metaalkunde Jan van Rijsvvijcklaan 58. B-2000 Antwerp.

Timföldgyári vörösiszap súrlódási görbéje és reológiai jellemzői

ÁRKOVITS ELEMÉRNÉ okl. vegyészmérnök
Dr. KESZLER JÓZSEF okl. gépészmérnök, a műszaki tudományok kandidátusa
Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohó

DK.: 669.712.1 : 539.135 : 531.43

A szerzők kísérleti eredmények felhasználásával ismertetik a vörösiszap súrlódási görbéjét. A vörösiszap reológiai jellemzői alapján vizsgálják a különleges tg ϱ (φ) jelleggörbe alakulásának okait. Kimutatják a vörösiszap tixotróp tulajdonságát, amely nagymértékben hat a görbe jellegére.

A timföldgyártás egyik alapvető technológiai művelete a körfolyamatban áramló zagyok folyékony és szilárd alkotóinak szétválasztása. Ilyen jelentős feladat a vörösiszap elválasztása, amelynek mennyisége közelítően azonos a termelt timföld mennyiségével.

A nátriumalumíniumlúgból ülepítő berendezésekkel, nyomás alatti, vagy vákuum dobszűrőkkel elválasztott vörösiszapot a tárolási, majd a feldolgozási helyre szállítják.

Eközben a vörösiszap nedvességtartalma széles tartományban változik. A nedvességtartalom függvényében változnak a vörösiszap mechanikai és reológiai jellemzői is.

A körfolyamatban áramló nátriumaluminát oldatban a vörösiszap a folyadékfázis szennyezőjeként van jelen. Az ülepítés, szűrés és mosás során a vörösiszap szilárdanyag tartalma változó. A „nedvesüzemi" rendszerben részt vesz a tiszta folyadékfázis, a növekvő vörösiszap tartalmú zagy, és a szűrőkről távozó 30—40% nedvességtartalmú vörösiszap. A szállítás, tárolás, majd a feldolgozás során a vörösiszap nedvességtartalma tovább csökken.

A tiszta folyadékfázis, valamint a növekvő szilárdanyag tartalmú zagy reológiai jellemzőit a Fémipari Kutató Intézetben vizsgálták [1, 2]. Megállapították a mérések korlátozott lehetőségét és bizonytalanságát is, amely utóbbi a szilárdanyag tartalom növekedésével fokozódott [3].

A kísérletek nem terjedtek ki a száraz, illetve a növekvő nedvességtartalmú (maximum 45%-ig) vörösiszapok vizsgálatára, amely tartományban a vörösiszap reológiai tulajdonsága már a látszólagos viszkozitással sem jellemezhető.

A 0—45% nedvességtartalmú vörösiszap mechanikai és reológiai tulajdonságainak vizsgálatával azt a célt kívántuk elérni, hogy a kísérleti eredmények alapján olyan összefüggésket állapítsunk meg, amelyek a további kutatás alapját képezik és a gyakorlati feladatok megoldásához szükségesek.

A vörösiszap súrlódási görbéje

Az Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohó laboratóriumában meghatároztuk a vörösiszap súrlódási görbéjét a nedvességtartalom függvényében [4].

A mechanikai értelemben vett súrlódás csupán a 0 nedvességtartalmú vörösiszapnál mérhető, a nedvességtartalom növekedésével látszólagos súrlódás, csúszás lép fel, így a „súrlódás" kifejezést értelemszerűen szerepeltetjük. A kísérleteket halimbai mezőről származó bauxitok vörösiszapjával végeztük.

A szűrő üzemből hozott vörösiszapból tömör hengeres testeket készítettünk. A mintadarabok hőmérséklete a vizsgálatok során 20 C° volt. Az anyag nedvességtartalmát szárítással csökkentettük.

A súrlódási tényező változását finom felületűre csiszolt, folyamatosan szabályozható szögű, lejtős pályán vizsgáltuk. A próbatesteket a lejtőn csúsztattuk. A megindításhoz tartozó szög a nyugalmi, az egyenletes haladást megvalósító — kisebb értékű — szög a mozgásbeli súrlódási tényező értékét adta. A mérés hibahatára $\pm 0{,}5$ °.

A vizsgálatok eredményét az *1. ábra* mutatja. A felhasznált adatokat pedig az *1. táblázat* tartalmazza. Az ábrán a mozgásbeli súrlódási tényezők értékeit tüntettük fel.

A méréssorozat alapján a vörösiszapra jellemző különleges tg ϱ (φ) súrlódási görbe jellege megállapítható.

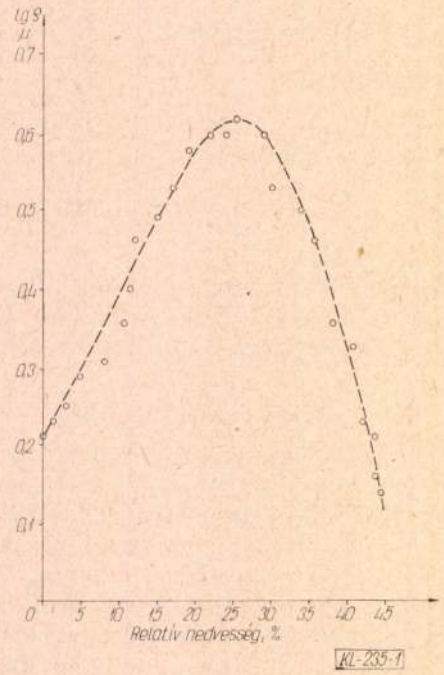
A súrlódási tényező értéke 0—20% relatív nedvességtartalom között egyenletesen nő, majd a 20—30% tartományban maximumon halad át. A relatív nedvességtartalom további növekvő értékeinél a mérés bizonytalansága fokozódik, a görbe közel egyenletesen csökkenő, majd 43% körül jelentős csökkenés következik be.

45% relatív nedvességtartalomnál a mérési bizonytalanság már rendkívül nagy volt, és ezt meghaladó értékeknél a súrlódási tényezőt nem tudtuk mérni, mivel a próbatest a lejtő felületére tapadt.

A súrlódási görbe jellegének alakulására részben a vörösiszap reológiai tulajdonságainak vizsgálata nyújt magyarázatot.

A vörösiszap reológiai jellemzői

Az elvégzett kísérletek alapján megállapítható, hogy a jelleggörbe alakulását a vörösiszap nedvességtartalmának növekedésével fellépő tixotrópia erősen befolyásolja.



1. ábra. Vörösiszap súrlódási görbéje

1. táblázat

A vörösiszap súrlódási görbéje a nedvességtartalom függvényében

Nedvesség tartalom %	Nyugalmi súrlódási tényező	Mozgásbeli súrlódási tényező	Mérések száma
0,0	0,2308	0,2125	18
1,3	0,2679	0,2308	15
3,1	0,3057	0,2493	13
4,8	0,3249	0,2867	11
8,2	0,4040	0,3153	17
10,6	0,4452	0,3639	10
11,4	0,4663	0,4040	15
12,2	0,5317	0,4640	21
15,2	0,5543	0,4877	10
17,2	0,5773	0,5317	12
19,1	0,6370	0,5773	13
21,8	0,6494	0,6008	10
24,0	0,6745	0,6008	13
25,3	0,6745	0,6248	12
28,9	0,6494	0,6008	10
30,2	0,6248	0,5317	10
33,8	0,5543	0,5022	15
35,6	0,4877	0,4592	12
38,4	0,4040	0,3639	15
40,7	0,3443	0,3346	16
42,0	0,2679	0,2308	14
43,4	0,2493	0,2126	11
43,8	0,2126	0,1584	14
44,5	0,1944	0,1405	13

A képlékeny masszákra jellemző, hogy nyugalmi állapotban olyan összefüggő, félszilárd tömeget alkotnak, amely külső erők hatására (rázás, keverés, nyírás, csúszás stb.), aránylag kis munkabefektetés mellett, elfolyósodik, majd a tehermentesített, nyugalmi állapotban az idő függvényében újra visszanyeri eredeti állapotát [5].

Ez a tixotróp jelenség fellép minden olyan szerkezeti rendszernél, amelynél a szilárd részecskék felületén és egymás között aránylag vastag folyadékrétegek találhatók. Szükséges, hogy a folyadékfázis viszonylagos mennyisége megfelelően nagy legyen és ezáltal a részecskék Brown-féle mozgása biztosítva legyen. Ellenkező esetben a mechanikai igénybevétel nem eredményezi az elfolyódást.

A tixotrópia jelentkezése a részecskék nagyságának egy felső és alsó határához kötött. Az általunk vizsgált vörösiszapoknál a szemcsék 70%-a 5 mikronnál kisebb.

A tixotrópia kialakulásában a részecskék alakja is szerepet játszik. A gömb alaktól való távolodás kedvez a tixotrópia létrejöttének. A tixotrópia mértéke függ a mechanikai igénybevétel sebességétől is.

Freundlich elmélete szerint a szolvát-burok kialakulása a tixotrópia egyik lehetséges feltétele. Novozsenov és Kuznecov [6] a timföldgyári vörösiszapok szerkezetvizsgálata során megállapították a szolvát-burok részvételét a tixotropiában és keverés hatására tanulmányozták a tixotrópia jelenségét.

Az irodalom alapján feltételezhető, hogy a tixotrópia kialakulásának lehetőségei vörösiszap esetében is adottak, illetve a szükséges feltételek biztosíthatók.

A tixotrópia kimutatására a kevert, illetve az eredeti vörösiszap képlékeny alakváltozásának mértékét vesszük alapul, azonos külső terhelő erő esetén a nedvességtartalom függvényében.

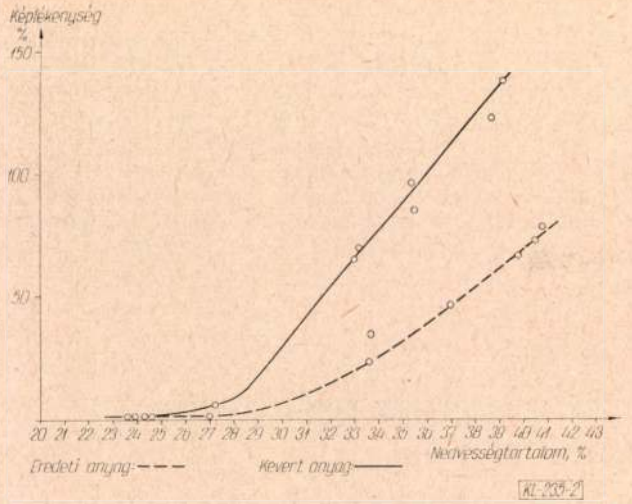
Meghatározott tömegű, adott összetételű, de különböző nedvességtartalmú iszapokat azonos körülmények között erőteljesen kevertünk, majd 10 mm magas és 18,8 mm átmérőjű, üveggyűrű formában próbatesteket készítettünk az eredeti, illetve a mechanikai hatásnak kitett vörösiszapokból.

Ezután a próbatesteket két üveglap közé helyezve 0,37 kp/cm^2 nyomással terheltük addig, míg alakját már tovább nem változtatta. Lemértük a test átmérőjét és a változást az eredeti átmérőhöz viszonyítva %-ban adtuk meg.

A *2. ábrán* együtt közöljük a nedvességtartalom függvényében az eredeti, illetve a mechanikai hatásnak kitett iszapból készült próbatestek képlékenységére jellemző mérőszámokat.

Adataink alapján a vörösiszap kb. 24% nedvességtartalomnál kezd képlékennyé válni, a próbatesteknél itt tapasztalható először a terhelés hatására bekövetkező alakváltozás

Növekvő nedvességtartalomnál változatlan terhelés hatására a próbatestek alakváltozása fokozódik. Ezzel egyidejűleg egyre nagyobb eltérés mutatkozik az ugyanolyan nedvességtartalmú eredeti



2. ábra. A mechanikai igénybevétel hatása a vörösiszap képlékenységére

2. táblázat

A mechanikai igénybevétel hatása a vörösiszap képlékenységére

Eredeti anyag		Kevert anyag	
Nedvesség tart. %	Képlékenység %	Nedvesség tart. %	Képlékenység %
24,3	1,06	23,6	1,06
24,6	1,06	23,9	1,06
27,0	1,06	27,2	6,4
33,6	25,0	33,0	65,0
33,7	35,5	33,2	70,0
37,0	47,0	35,4	86,0
39,8	67,0	35,5	97,0
40,5	73,0	38,7	122,0
40,8	79,0	39,2	137,0

és a mechanikusan kezelt iszap képlékenysége között, amely a tixotrópia megjelenésére enged következtetni.

A görbék alakja bizonyítja, hogy a nedvességtartalom növekedésével a vörösiszap tixotróp tulajdonsága fokozódik.

A kísérletek során a próbatestek felületi nyomás értékét növeltük, azonban ez a görbék jellegére jelentős hatást nem gyakorolt.

Gyakorlati alkalmazás

A vörösiszap nehezen kezelhető, erősen viszkózus, tapadós anyag. Szállítása nehézségi erőtérben (szállítócsigával), vagy centrifugális erőtérben (folyamatos üzemű, csigás ürítésű ülepítő centrifugával) csak korlátozott mértékben valósítható meg. Adott körülmények és feltételek esetén a szállítás még elérhető, majd a jellemzők változásának hatására a vörösiszap a kihordó csigához tapad, azzal együttforog és a szállítás megszűnik.

Centrifugális erőtérben az erősen viszkózus, tapadós anyagok folyamatos kiszállítására kidolgozott elméleti modell – a gyakorlati igényeket kielégítő – egyszerűsítésével a szállítás feltételét a következő egyenlőtlenség határozza meg [7]:

$$\frac{2h}{b} \geqq \frac{\mu a}{\mu cso} \cos \alpha$$

ahol: h – a csiga horonymagassága; b – a csiga horonyszélessége; μa – az iszap mozgásbeli súrlódási tényezője; μcso – az iszap nyugalmi súrlódási tényezője és α – a csiga menetemelkedési szöge.

Adott súrlódási tényezők és csiga-menetemelkedési szög esetén megállapítható a maximális horonykitöltöttség, amely mellett a folyamatos iszapkiszállítás még lehetséges.

Az eltömődés veszélye nélkül megengedhető legnagyobb iszapmagasság:

$$h_{max} = \frac{b}{2} = \frac{\mu a}{\mu cso} \cos \alpha$$

mivel a mérések szerint *(1. táblázat)*

$$\frac{\mu a}{\mu cso} < 1, \quad \text{és} \quad \cos \alpha < 1,$$

az eltömődés h-nak $\frac{b}{2}$-nél jóval kisebb értékénél bekövetkezik.

A gyakorlat számára a fentiek alapján megállapíthatjuk, hogy az erősen viszkózus, tapadós iszapok folyamatos kiszállítása érdekében a nedvességtartalomnak adott határérték alatt kell lennie. A vizsgálatok szerint vörösiszapnál ez az érték maximum 45%. Ezt igazolja a timföldipari centrifugális sókiválasztás gyakorlata is, ahol a nedvességtartalom maximum 40%.

A nedvességtartalom a centrifugális térerő növelésével csökkenthető, ezzel együtt javul a kiválasztási hatásfok is. Célszerű nagyobb jelzőszámú (2500–3500) centrifugák alkalmazása.

A csiga menetemelkedési szögének csökkentése az anyag kihordása érdekében ugyancsak előnyös. A $\frac{\mu a}{\mu cso}$ értéke a nedvességtartalommal változik, optimális értékei adott iszapoknál meghatározhatók. Vörösiszapnál 20–40% nedvesség tartományban az értékek kedvezőek.

A gyakorlatban jelentkező feladatoknál a közelítő módszer alkalmazásával eldönthető a centrifugális szállítás vagy kiválasztás lehetősége, módszere és a szükséges berendezés fő jellemzői meghatározhatók

Összefoglalás

A kísérletek során meghatároztuk a vörösiszap súrlódási jelleggörbéjét és megvizsgáltuk annak kialakulási okait. Megállapítottuk, hogy a vörös iszapra is jellemző tixotróp tulajdonság kb. 24% nedvességtartalomnál jelentkezik.

A kísérleti eredmények további kutatás alapjául szolgálhatnak. A súrlódási görbe adatai a gyakorlati feladatok megoldásában hasznosíthatók, amelyre példaként a centrifugális iszapkiválasztásnál alkalmazható közelítő módszert közöltük.

IRODALOM

[1] *Solymár K.—Brassay K.:* Timföldgyári lúgok és zagyok dinamikai viszkozitásának mérése. Fémipari Kutató Intézet jelentése (1966).

[2] *Solymár K.—Skuteczky E.:* Timföldgyári oldatok és zagyok viszkozitásának mérése. Fémipari Kutató Intézet jelentése (1968).
[3] Timföldgyári oldatok és zagyok viszkozitásának mérése rotációs viszkoziméterben. Fémipari Kutató Intézet és Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohó laboratóriumának zárójelentése (1969).
[4] A vörösiszap súrlódási tényezőjének meghatározása. Az Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohó laboratóriumának tanulmánya (1970).
[5] *Mózes Gy.—Vámos E.:* Reológia és reometria. (p. 161—175.) Műszaki Könyvkiadó Budapest (1968).
[6] *Novozsenov V. M.—Kuznecov Sz. I.:* Iszszledovanie sztrukturü v slamovüh pulpah glinozemnogo proizvodsztva. Cvetnüe Metallü 1966. N°11. 49—54.
[7] *Keszler J.:* Timföldgyári zagyok folyékony és szilárd alkotóinak szétválasztása és nagyteljesítményű, folyamatos üzemű ülepítő centrifuga kialakítása. Kandidátusi értekezés (p. 43—47.) (1969).

Alumínium meleghengerlési szúrástervek kidolgozása elektronikus számítógéppel

HERNÁDVÖLGYI ISTVÁN okl. kohásztechnológus
Alumíniumipari Tervező Vállalat

DK.: 669.716 : 621.771 : 621.7.016.2 : 681.31

A matematikai modell — és az annak alapján kidolgozott számító program — a meleghengersor teljesítőképességének maximális kihasználásából kiindulva lehetővé teszi a gyakorlatban előforduló alumíniumötvözetek meleghengerlési szúrásterveinek meghatározását. A modell reverzáló kvartó meleghengersorra kidolgozott technológia számítására készült.

Bevezetés

Az alumínium hengerelt termékek részesedése a félgyártmánygyártásból hazánkban 1968-ban 44,3%, 1970-ben 49,1%, 1971-ben pedig már 55,2% volt. Ez a részesedés a jövőben — a Székesfehérvári Könnyűfémmű szélesszalag hengerművének fokozódó termelése következtében — várhatóan emelkedni fog.

A meglevő és az újonnan létesített hengerműi kapacitások kihasználásának növelése mind iparági, mind vállalati szinten érdek. Hengerművek termelésének közgazdasági elemzése hengerlési szúrástervekből kiindulva történik. A legfontosabb feladat tehát olyan szúrástervek kidolgozása, melyek műszaki-gazdasági szempontból megközelítik az optimális technológiai és termelési körülményeket. Matematikai programozás útján az optimumnak olyan megközelítését érhetjük el, amely más módszerrel nem remélhető.

A programozási munka első szakasza a matematikai modell felállítása. A modell két fő részből áll:

— a célfüggvény,
— a feltételi egyenletek és egyenlőtlenségek rendszere. Ez teszi ki a munka jelentős részét.

A munka második szakasza a modell megoldása, vagyis a lehetséges paraméterek halmazából a feltételi egyenletek és egyenlőtlenségek által meghatározott azon értékeket kiválasztani, amelyekkel a célfüggvény optimális értéket vesz fel. A hengerlési feladatok — a célfüggvény és a feltételi egyenletek bonyolultsága miatt — olyan sokrétű iterációs számítást igényelnek, hogy megoldásuk kizárólag csak elektronikus számítógéppel lehetséges.

A feladat konkrét megfogalmazása, a matematikai modell felállítása kapcsán felmerülő — az egész feladatot meghatározó alapvető szakmai, elsősorban gazdasági — kérdések a következők:

1. Mi legyen a *célfüggvény*?

Az optimum kritérium megválasztása elvi, közgazdasági, illetve üzemgazdasági probléma, mely sokoldalú megfontolást kíván; e kérdésben igen sokféle elképzelés ismeretes. A hengerlés matematikai modelljének célfüggvényét abban a minimális önköltségben, illetve minimális ciklusidőben állapítottuk meg, melyeknél a meleghengersor károsan nincs túlterhelve, ugyanakkor a megfelelő minőségű végterméket még biztosítani tudjuk.

2. Mik legyenek a konkrét *korlátozó feltételek*?

A valóságban fennálló feltételek száma oly nagy, hogy nem lehetett valamennyit figyelembe venni. Alapos műszaki és gazdasági megfontolást kívánt annak eldöntése, hogy melyek azok a legfőbb összefüggések, amelyeket figyelembe vettünk.

A meleghengerlés matematikai modellje

Jelölések

D	munkahenger átmérő, mm
α	maximális befogási szög, °
Δh	magasságcsökkenés, mm
P	hengerlési nyomóerő, Mp
M	hengerlési nyomaték, Mpm
v	hengerlési sebesség, m/s
N	alakítási teljesítmény, kW
$\eta_{\ddot{o}}$	meleghengersor összes hatásfoka,
η_s	sorvonó motor hatásfoka,
η_p	pörgőállvány hatásfoka,
η_h	hengerállvány hatásfoka,
μ	súrlódási tényező a munkadarab és hengerek között
λ	nyújtási tényező,
h	vastagság, mm
b	szélesség, mm
l	hossz, m
G	tuskósúly, kg
t	hőmérséklet, °C
i	a szúrás sorszáma,
l_d	a nyomott ív hossza, mm
h_k	közepes vastagság, mm
f	keresztmetszetcsökkenés, mm²
ε	relatív magasságcsökkenés,
v_t	torlóhengerlési sebesség, m/s
w	közepes alakváltozási sebesség, 1/s
τ	idő, s
τ_a	alakítási idő, s

τ_t torlószúrás ideje, s
τ_k közidő, s
k_f alakítási szilárdság, kp/mm²
k_k közepes alakítási ellenállás, kp/mm²
W hengerlési munka, kWh
W_a alakítási munka, kWh
t_m műhelyhőmérséklet, C°
t_h a hengerek felületi hőmérséklete, C°
t_{kr} az újrakristályosodás hőmérséklete, C°
Δt_a az alakítási munkából származó hőmérsékletemelkedés, C°
Δt_l a levegő által elvont hőmennyiségből származtatott hőmérsékletcsökkenés, C°
Δt_h a hengerek által elvont hőmennyiségből származtatott hőmérsékletcsökkenés, C°
Δt_e az emulzió által elvont hőmennyiségből származtatott hőmérsékletcsökkenés, C°
c munkadarab fajhője, kcal/kg. C°; SI egysége: $J/(kg \cdot K) = 2{,}39 \cdot 10^{-4}$ kcal/kg C°
F a munkadarab levegővel érintkező felülete, m²
α_l a munkadarab és a levegő közötti hőátadási tényező, kcal/m²·s·C°; SI egysége: $W/(m^2 \cdot K) = 2{,}39 \cdot$ kcal/m²·s·C°
α_h a munkadarab és a hengerek közötti hőátadási tényező, kcal/m²·s·C°
τ_c ciklusidő, s
τ_g gépidő, s
$W_ö$ összes villamosenergia felhasználás, kWh
T a meleghengersor óránkénti termelése, t/h
k_1 időarányos költség tényezője, Ft/h
k_2 gépidő költség tényezője, Ft/h
k_3 villamosenergia költség tényezője, Ft/kWh
k a közelítés sorszáma

Indexek:

max maximális érték (általában korlát)
min minimális érték
i az i-edik szúrás utáni érték
0 az első szúrás előtti (kiinduló) érték
n az utolsó szúrás utáni érték

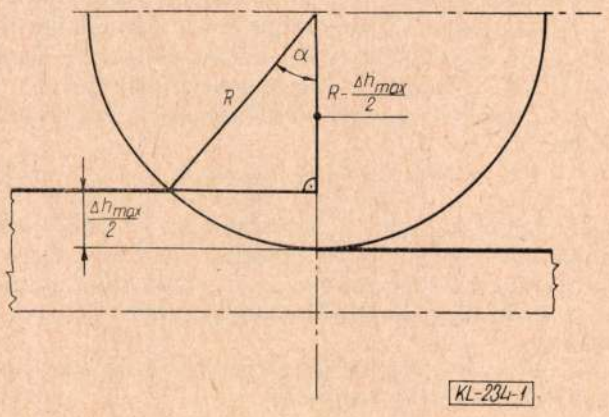
A hengerlési költség a következőkből tevődik össze:

– időarányos költség,
– gépidő költség, és
– villamosenergia költség.

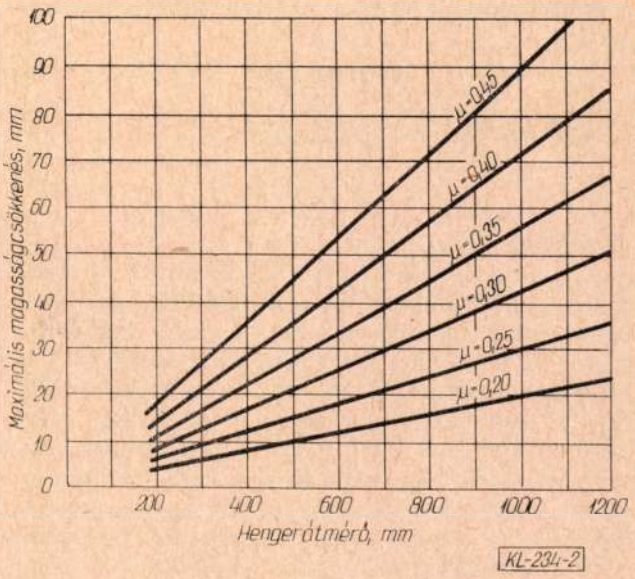
A legrövidebb ciklusidőt azok a legkisebb szúrásszámú és szúrásonként lehető legnagyobb hengerlési sebességgel számított szúrástervek adják, melyek a hengersor terhelhetőségi határait nem lépik túl.

A szúrás geometriai adatainak számítása

Minimális szúrásszámot szúrásonkénti maximális magasságcsökkenésekkel érhetünk el. Első közelítésben a – befogás feltételéből számított –



1. ábra. A hengerlés geometriája



2. ábra. Alkalmazható maximális magasságcsökkenés

legnagyobb magasságcsökkenésből indulunk ki:

$$\Delta h_i = \Delta h_{max}. \tag{1}$$

Meleghengerléskor a munkahengerek a munkadarabot (tuskót, szalagot) akkor húzzák be, ha a befogási szög tangense kisebb a súrlódási tényező értékénél, azaz határesetben

$$\operatorname{tg} \alpha = \mu. \tag{2}$$

Az *1. ábra* alapján a hengerátmérő $D = 2R$ helyettesítésével

$$\Delta h_{max} = D\,(1 - \cos \alpha), \tag{3}$$

viszont

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}, \tag{4}$$

tehát a maximális magasságcsökkenés a

$$\Delta h_{max} = D\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}\right) \tag{5}$$

összefüggésből számítható. A hengerátmérő függvényében a súrlódási tényező különböző értékei mellett az alkalmazható maximális magasságcsökkenést a *2. ábra* szemlélteti.

A munkadarab kifutó vastagsága

$$h_i = h_{i-1} - \Delta h_i, \tag{6}$$

ahol $i = 1, 2, 3 \ldots n$ a szúrások sorszáma. (7)

A kifutó szélesség számítására – a Siebel-féle képlet és a hozzárendelt Trinks-féle korrekció összevetéséből [1] – az alábbi összefüggéseket kaptuk:

ha $\dfrac{b_{i-1}}{l_{di}} > 7$, akkor $b_i = b_{i-1} + 0{,}35 l_{di} \varepsilon_i$ (8)

ha $7 \leqq \dfrac{b_{i-1}}{l_{di}} \leqq 20$,

akkor $b_i = b_{i-1} + \varepsilon_i (0{,}539 l_{di} - 0{,}02695 b_{i-1})$ (9)

és ha $\dfrac{b_{i-1}}{l_{di}} > 20$, akkor $b_i = b_{i-1}$ (10)

A nyomott ív hossza az ismert képlettel számítható:

$$l_{di}=\sqrt{R\cdot\Delta h_i}. \tag{11}$$

A relatív magasságcsökkenés az

$$\varepsilon_i=\frac{\Delta h_i}{h_{i-1}} \tag{12}$$

összefüggésből nyerhető.

A kiinduló szélesség visszaállítására páros torlószúrást alkalmazunk. A torlóállvány a hengersor befutó görgősora előtt van telepítve, így torlószúrás csak minden páros sorszámú alakítószúrás után lehetséges. Mivel torlószúrás az alakítási időben a technológia szerint nem történhet, ezért torlószúrást csak azon páros sorszámú alakítószúrások után végezhetünk, melyekben a munkadarab kifutó hossza még kisebb az alakító- és torlóállvány közötti tengelytávolságnál. Az utolsó torlószúrásnak olyan mértékűnek kell lennie, hogy – további szélesedés esetén is – a végszélesség az előírt tűréssel biztosítva legyen.

A munkadarab kifutó hossza a térfogatállandóságból számítható

$$l_i=\frac{h_{i-1}\cdot b_{i-1}\cdot l_{i-1}}{h_i\cdot b_i}. \tag{13}$$

A hengerlési erő, nyomaték és teljesítmény meghatározása

A hengerlési sebesség első közelítési értéke

$$v_i=v_{\max}. \tag{14}$$

Az alakítási szilárdságot melegalakításkor az alakítás hőmérséklete és az alakváltozás sebessége befolyásolják. Az alakítási szilárdság hőmérséklettől *(3. ábra)*, illetve alakváltozási sebességtől való függését ábrázoló diagramok alapján a kétváltozós függvényre a következő függvénykapcsolatokat határoztuk meg:

$$k_{fi}=k_{f0i}(1+a_1 w_i^{a_2}), \tag{15}$$

$$k_{f0i}=a_3+a_4 x_{1i}^{a_5}+a_6 e^{a_7 x_{1i}}, \tag{16}$$

ahol $a_1 \ldots a_7$ – elegendő számú adatpárból korrelációszámítással meghatározott – az ötvözetre jellemző konstansok. Az

$$x_{1i}=\frac{t_{i-1}}{100} \tag{17}$$

segédváltozó bevezetése a konstansok egyszerűbb számítástechnikai kezelhetősége céljából vált szükségessé. A szúrás alatti közepes alakváltozási sebesség a

$$w_i=\frac{v_i}{h_{i-1}}\sqrt{\frac{\Delta h_i}{R}} \tag{18}$$

összefüggésből számítható.

A közepes alakítási ellenállás – vagyis a munkahengerek felületén fellépő fajlagos felületi nyomás – [2] szerint:

$$k_{ki}=k_{fi}\left(1+C\mu\frac{l_{di}}{h_{ki}}\right). \tag{19}$$

A

$$C=f\left(\frac{l_{di}}{h_{ki}}\right)$$

korrekciós függvény diagramból leolvasott [1] pontjainak halmazából *Farkas Gy.* az alábbi összefüggést határozta meg:

$$C=0{,}8+4{,}4\frac{h_{ki}}{l_{di}}, \tag{20}$$

ahol

$$h_{ki}=\frac{h_{i-1}+h_i}{2} \tag{21}$$

A hengerlési erő képlete:

$$P_i=k_{ki}\cdot\frac{b_{i-1}+b_i}{2}\cdot l_{di}\cdot 10^{-3}. \tag{22}$$

Amennyiben a számított hengerlési nyomóerő az adott szúrásnál túllépi a hengerállványra megengedett maximális hengerlési erőt (az erőkorlátot), vagyis

$$P_i>P_{\max}, \tag{23}$$

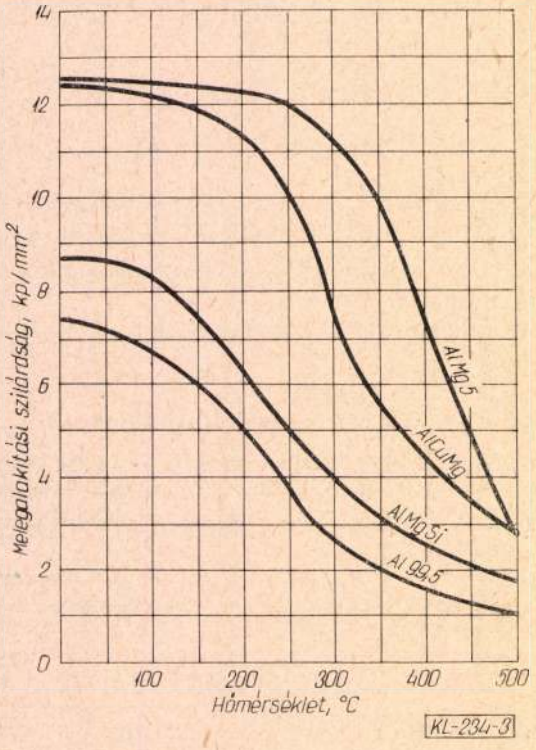
akkor a magasságcsökkenést lépcsőzetesen 1 mm-rel kisebbre vesszük (ennél nagyobb pontosságot meleghengerlésnél nem követelünk) mindaddig, amíg a nyomóerő a maximális érték alá nem kerül. Ilyenkor a számítás a (6) képlettől kezdve újra indul. Ha elértük a megengedett erőértéket, a tiszta alakítás nyomatékszükségletét számítjuk ki az

$$M_i=\xi\cdot f_i\cdot k_{ki}\cdot R\cdot 10^{-6} \tag{24}$$

összefüggéssel, ahol ξ az alakítási ellenállásnak a nyomott ív menti egyenlőtlen eloszlását figyelembe vevő korrekciós tényező; értéke alumíniumötvözetek meleghengerlésekor [1] szerint jó közelítéssel $\xi=0{,}95$.

A nyomaték képletében szereplő fogyás (keresztmetszetcsökkenés) nagysága

$$f_i=h_{i-1}\cdot b_{i-1}-h_i\cdot b_i. \tag{25}$$



3. ábra. Alumíniumötvözetek melegalakítási szilárdsága

Ha a kapott nyomaték meghaladja a hengerállványra megengedett maximális nyomatékot (a nyomatékkorlátot), vagyis

$$M_i > M_{\max}, \tag{26}$$

akkor az erőkorlát túllépésnél ismertetett módon járunk el, azaz a magasságcsökkenést változtatjuk. Ha a felső korlátnál kisebb nyomatékértéket értük, megvizsgáljuk, hogy a kiadódott nyújtási tényező kisebb-e a minőségi előírásokból meghatározott alkalmazható maximális nyújtási tényező értékénél (a technológiai korlátnál), vagyis

$$\lambda_i = \frac{h_{i-1} \cdot b_{i-1}}{h_i \cdot b_i} < \lambda_{\max} \; ? \tag{27}$$

Ha e feltétel nem teljesül, ismét a magasságcsökkenést redukáljuk. A magasságcsökkenés változtatása után a számítás minden esetben egyértelműen a (6) képlettől ismétlődik, mert a darab kifutó vastagsága megváltozik.

A megengedett nyújtási tényező elérése után az alakítási teljesítményt határozzuk meg:

$$N_i = \frac{M_i \cdot v_i}{102 \cdot R} \cdot 10^6. \tag{28}$$

Amennyiben a szúrás alakítási teljesítményszükséglete túllépi a sorvonó motor megengedhető maximális terhelését (a teljesítménykorlátot), azaz

$$N_i > N_{\text{meg}} = N_{\max} \cdot \eta_{\bar{o}}, \tag{29}$$

akkor az alakítási sebességet csökkentjük diszkrét 0,1 m/s lépcsőkkel mindaddig, amíg a megengedett teljesítményértéket el nem érjük. Ez esetben a számítás a (15) képlettől ismétlődik. Ha a sebességérték a sorvonó motorra jellemző sebesség alsó határa alá kerülne, úgy ismét a Δh_i-t csökkentjük, és a sebesség közepes értékéből indulunk újra:

$$v_i = \frac{v_{\min} + v_{\max}}{2} \tag{30}$$

A (29) egyenlőtlenségben szereplő hatásfok

$$\eta_{\bar{o}} = \eta_s \cdot \eta_p \cdot \eta_h. \tag{31}$$

A szúrás idő-, energia- és hőmérsékletadatai

Egy szúrás összes ideje

$$\tau_i = \tau_{ai} + \tau_{ti} + \tau_{ki}, \tag{32}$$

ahol az alakítás ideje

$$\tau_{ai} = \frac{l_i}{v_i}, \tag{33}$$

a torlószúrási idő

$$\tau_{ti} = \frac{2 \cdot l_i}{v_{ti}}, \tag{34}$$

a közidő pedig a technológiából adott konstans érték. A torlóhengerlés sebessége – a technológia szerint – megegyezik a hozzátartozó alakítószúrás sebességével:

$$v_{ti} = v_i. \tag{35}$$

Egy szúrás összes munkája

$$W_i = W_{ai} + W_{ji}, \tag{36}$$

ahol az alakítási munka

$$W_{ai} = \frac{N_i \tau_{ai}}{3600}. \tag{37}$$

W_{ji} a járulékos munka, mely a csapsúrlódási, illetve üresjárási teljesítményekből számított munkákból, valamint a torlóállvány és görgősor munkájából tevődik össze. Ezek részletes ismertetésére itt nem térünk ki.

Az energiaadatok számítása után a hőmérsékletadatokat határozzuk meg. Egy szúrás befejezése után a munkadarab hőmérséklete

$$t_i = t_{i-1} + \Delta t_{ai} - \Delta t_{ti} - \Delta t_{hi} - \Delta t_{ei}. \tag{38}$$

Az alakítási munkából származó hőmérsékletemelkedés

$$\Delta t_{ai} = \frac{860 \cdot W_{ai}}{c_i \cdot G}. \tag{39}$$

A levegő által elvont hőmennyiség alapján meghatározott hőmérsékletcsökkenés

$$\Delta t_{ti} = (t_{i-1} - t_m)\left(1 - e^{-\frac{\alpha_{ti} \cdot F_i}{c_i \cdot G} \cdot \tau_i}\right), \tag{40}$$

ahol a fajhő a hőmérséklet függvényében, a munkadarab és a levegő közötti hőátadási tényező pedig a felületi hőmérséklet és a légsebesség (hengerlési sebesség) függvényében a [9] szerint számítható. A hengerek által elvont hőmennyiségből származtatott hőmérsékletcsökkenés

$$\Delta t_{hi} = \frac{\alpha_{hi} l_{di} (b_{i-1} + b_i)(t_{i-1} - t_h)}{c_i \cdot G} \cdot \tau_{ai} \cdot 10^{-6}. \tag{41}$$

A darab és a hengerek közötti hőátadási tényező az érintkező felületek közötti hőmérsékletkülönbség, valamint a fajlagos felületi nyomás (alakítási ellenállás) függvénye, mely a következő függvénykapcsolattal közelíthető:

$$\alpha_{hi} = (a_8 x_{2i} + a_9 x_{2i}^2)(1 + a_{10} k_{ki}^{a_{11}}), \tag{42}$$

ahol az egyszerűbb kezelhetőség céljából bevezetett segédváltozó

$$x_{2i} = \frac{t_{i-1} - t_h}{100}. \tag{43}$$

Az $a_8 \ldots a_{11}$ paraméterek kísérletekből kapott diagramok alapján határozhatók meg. A hengerek felületi hőmérsékletét — a technológia szerint szabályozható hengerhűtés miatt — állandónak vehetjük. Az emulzió által elvont hőmennyiségből adódó hőmérsékletcsökkenés számszerű értékére megbízható adataink ez ideig nincsenek, pontos adatok birtokába kísérletek elvégzése után jutunk.

Programunkba e paramétert ideiglenesen az emulzió adagolt, valamint visszafolyó mennyiségének és hőmérsékletének ismert adatai alapján felállított összefüggéssel közelítjük.

Ha egy szúrás előtt a munkadarab hőmérséklete a melegalakításra jellemző újrakristályosodási hőmérésklet alá csökken, a feladat nem megoldható.

Egy szúrás befejező hőmérsékletének számítása után a program megvizsgálja, hogy elérte-e a kívánt h_n végvastagságot. Ha nem érte el, akkor

$$h_i > h_n, \tag{44}$$

és ekkor új szúrás számítása indul. Ha viszont túllépte, vagyis

$$h_i < h_n, \tag{45}$$

akkor a kifutó vastagságot a program

$$h_i = h_n\text{-re} \tag{46}$$

változtatja és a számítást a

$$\Delta h_i = h_{i-1} - h_n \tag{47}$$

összefüggés felhasználásával a (6) képlettől kezdve újra végzi. Ha az előírt végvastagságot elérte a program, a minimális szúrásszámot meghatároztuk.

Mivel a csévélő berendezés, illetve a lemezvágó olló a meleghengersor kifutó görgősorába van telepítve, a feladat csak páratlan számú szúrással oldható meg. Ha tehát a kiadódott szúrásszám páros, az erő korlátját csökkentjük 10 Mp-os lépcsőkben mindaddig, amíg a szúrásszám eggyel nő; vagyis páratlanná válik. A szúrási ciklus számítása ekkor elölről folytatódik. Ha elértük a páratlan szúrásszámot, a szúrástervet úgy alakítjuk ki, hogy az utolsó szúrás erőszükséglete se maradjon nagyon az előbbi szúrások erőszükségletének átlaga alatt. Ezért, ha

$$P_n < 0{,}9\, P_{átl}, \tag{48}$$

ahol

$$P_{átl} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} P_i}{n-1}, \tag{49}$$

és

$$\frac{h_{n-1}}{h_n} < \lambda_{max} \tag{50}$$

akkor ismét az erő felső korlátját csökkentjük az előzőekben ismertettek szerint mindaddig, amíg az utolsó szúrás erőszükséglete a

$$0{,}9\, P_{átl} < P_n < P_{max} \tag{51}$$

intervallumba nem esik.

Ha viszont

$$\frac{h_{n-1+1}}{h_n} > \lambda_{max} \tag{52}$$

akkor nem csökkentjük tovább az erőkorlátot, mert ez a szúrásszám ismételt növekedését eredményezné. Így olyan szúrástervhez jutottunk, mely a meleghengersor kihasználása és a ciklusidő szempontjából optimális.

Célfüggvény értékek meghatározása

A ciklusidő

$$\tau_c = \sum_{i=1}^{n} \tau_i. \tag{53}$$

A gépidő

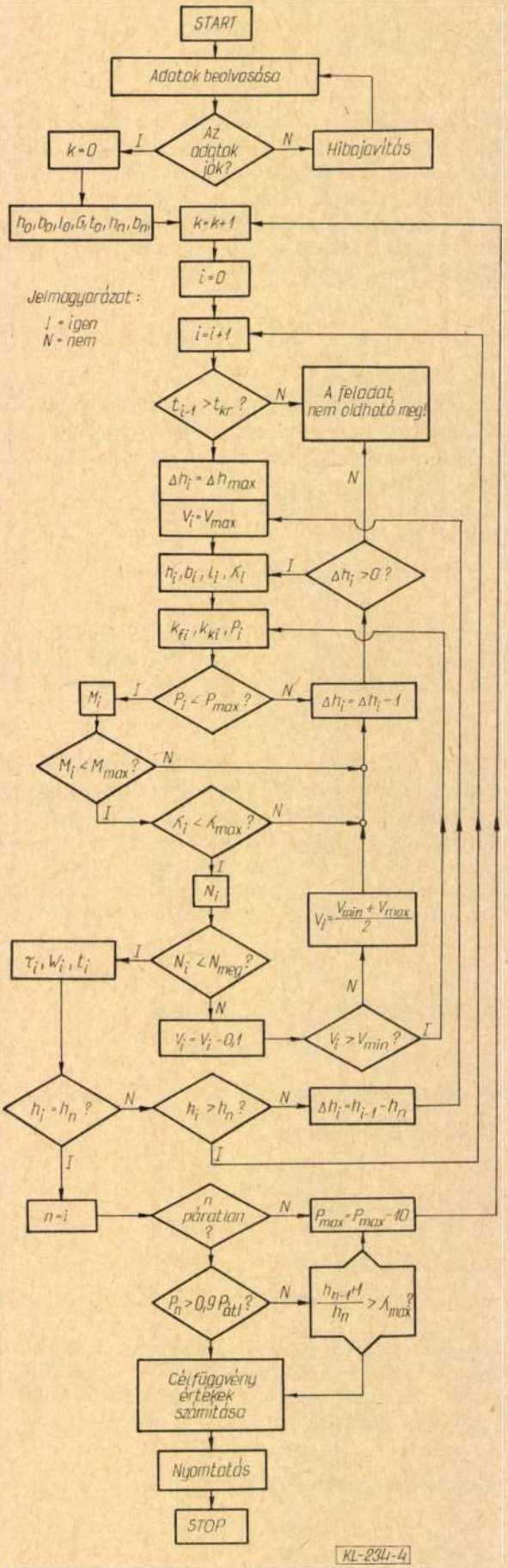
$$\tau_g = \sum_{i=1}^{n} (\tau_{ai} + \tau_{ti}). \tag{54}$$

Egy tuskó kihengerléséhez szükséges összes villamosenergia

$$W_ö = \sum_{i=1}^{n} W_i. \tag{55}$$

A hengersor óránkénti termelése

$$T = 3{,}6 \frac{G}{\tau_c}. \tag{56}$$



4. ábra. A meleghengerlés matematikai modelljének rövid logikai vázlata

Időarányos költség

$$K_1 = \frac{\tau_o}{3600} k_1 \qquad (57)$$

Gépidő költség

$$K_2 = \frac{\tau_g}{3600} k_2 \qquad (58)$$

Villamos energia költség

$$K_3 = W_{\ddot{o}} \cdot k_3. \qquad (59)$$

A tuskó kihengerlésének összes költsége

$$K = K_1 + K_2 + K_3 \qquad (60)$$

A meleghengerlés matematikai modelljének rövid logikai diagramját a *4. ábra* szemlélteti.

Meleghengerlés szempontjából minimális önköltséghez akkor jutunk, ha minél nagyobb tuskóhőmérsékletből indulunk ki. Ez azonban jelentős többlet költségráfordítást tesz szükségessé tuskóhevítésnél. Tehát az optimális tuskóhőmérséklet meghatározásához a tuskóhevítés matematikai modelljét is el kell készítenünk. Költségoptimumhoz a két modell összeépítése után juthatunk.

A modell kidolgozásánál lépésenkénti iterációs módszert alkalmaztunk. A részeredmények – számítógéppel történő – kinyomtatása lehetővé teszi az optimum fokozatos közelítésének figyelemmel kísérését, és ha szükséges a programozó közvetlen beavatkozását.

Megfelelő számú közelítés után a programozó eldöntheti, hogy a további iterációk hoznak-e lényeges javulást, illetve hogy az elért optimum már megfelelő-e?

Végezetül meg kell jegyeznünk, hogy a meleghengerlési modell véglegesítése csak sorozatos laboratóriumi, illetve üzemi kísérletek elvégzése után lehetséges. Az elméleti modell által meghatározott szúrásterveket össze kell vetni a kísérleti szúrástervekkel. Azon adatoknál, ahol eltéréseket találunk, a megfelelő függvények paramétereit módosítanunk kell. A meghatározott paraméterek rendszerint csak a vizsgált berendezésekre érvényesek.

IRODALOM

[1] *Dr. Domony A.:* Alumínium Kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1967.

[2] *Dr. Geleji S.:* A fémek képlékeny alakításának elmélete. Akadémiai Kiadó. Budapest 1967.

[3] *Koder F.—Szarka J.—Tóth F.:* Alumíniumötvözetek képlékeny alakítása. Tankönyvkiadó, Budapest 1970.

[4] *Dévényi Gy.:* Hengerlés I. Tankönyvkiadó, Budapest 1967.

[5] *Dr. Kiss E.:* Kohógéptan II. Tankönyvkiadó, Budapest, 1971.

[6] *Dr. Voith M.:* Kohógéptan II. Példatár. Tankönyvkiadó, Budapest 1972.

[7] *Barrand, P.—Gadeau, R.:* L'Aluminium I. Editions Eyrolles. Paris 1964.

[8] *Dr. Vargha J.:* Ipargazdaságtan I. II. III. Tankönyvkiadó, Budapest 1971.

[9] *Hernádvölgyi I.:* Hevített alumíniumdarabok felületi hőátadási tényezőjének kísérleti meghatározása műhelyhőmérsékleten, nyugvó és áramló levegőben. Kohászati Lapok 1970. 4. sz. p: 179—183.

[10] *Gárdonyi S.:* Matematikai módszerek alkalmazása a kohászatban. Kohászati Lapok 1972. 7. sz. p: 316—319.

Szakosztályi hírek

Beszámoló az Ipargazdasági Szakcsoport 1972. évi munkásságáról

Szakcsoportunk ebben az esztendőben is folytatta a korábban már kialakított és munkatervében megszabott tevékenységet. Ennek megfelelően az aktuális közgazdasági, ipargazdasági kérdések megtárgyalását tűztük ki célul és állítottuk operatív munkatervünkbe.

Tapasztalatunk változatlanul az, hogy ez a módszer kedvezően segíti elő a fémkohászat gazdasági céljainak megvalósítását, minthogy a munkaterv megvalósítása útján lehetőséget nyújtunk tagságunknak a gazdálkodási, pénzügyi, üzemszervezési kérdések megismerésére. Fórumainkon a napirenden levő közgazdasági kérdéseket a társadalmi egyesület módszerével, illetőleg oldaláról közelítjük meg és ez arra is alkalmat nyújt, hogy hivatali függőség nélkül, párbeszédek, konzultáció útján tisztázzuk a felmerült és esetleg vitás kérdéseket.

1972. évi munkatervünket a következő ütemben teljesítettük:

1972. január 17-én a magyaróvári helyi csoportnál vettünk részt ipargazdasági klub-délutánon. Ennek tárgya volt: „Az ellátási tevékenység információs problémái." A vitaindító előadást *dr. Galambos Sándor* tartotta és ő vezette az előadást követő vitát is. A helyi csoport tagsága részéről rendkívül nagy érdeklődés nyilvánult meg, amit fokozott az a körülmény is, hogy a Magyaróvári Timföld- és Műkorund-gyár vezető munkatársai is megjelentek a rendezvényen. A klub-délután keretében a termelés és ellátási tevékenység összefüggéseivel, az információ áramlással, az igények felmérésének és meghatározásának problémáival, a piac jelenségeivel foglalkoztunk, különös hangsúllyal a pénzügyi kérdésekre.

1972. február 23-án tartottuk szakcsoport vezetőségi ülésünket, amelyen többek között az OMBKE tisztújító közgyűlésére tettünk előterjesztést.

1972. április 21-én és 22-én vettünk részt a szakosztály és az Egyesület vezetőségválasztó közgyűlésén.

1972. május 11-én újabb ipargazdasági klubdélutánra került sor, ez alkalommal a székesfehérvári helyi csoportnál. A téma újból az ellátási tevékenység információs problémái volt. Az ipargazdasági klubdélután anyaga a magyaróvárihoz hasonló témakörben mozgott. (Előadó és vitavezető: *dr. Galambos Sándor*) Az előadást és a vitát természetszerűen a helyi, székesfehérvári kérdésekkel egészítettük ki.

1972. október 24-én a tapolcai helyi csoportnál tartottunk ipargazdasági klubdélutánt. Az előadó és vitavezető ez alkalommal *Bohus Mátyás*. Az előadás címe: „A finanszírozási rendszer vázlatos ismertetése és az ebből adódó pénzgazdálkodási kérdések." Az előadás és a vita keretében a Magyar Alumíniumipari Trösztön belül kialakult terv szerinti forgóalap átcsoportosítás módszerével, a pénz körforgatásával, az optimális készletkialakítással, a gazdálkodási körök fontosságával és az eredmény-centrális szemlélet kérdéseivel foglalkoztunk.

1972. december 11-én az inotai helyi csoportnál tartottunk ipargazdasági klubnapot, amelynek keretében „Az ellátási tevékenység információs problémái"-t tárgyaltuk meg. (Előadó: *dr. Galambos Sándor*) Vázoltuk az alumíniumipar áru és pénzkapcsolatait, a beszerzési piac lehetőségeit. A szabad kereskedelmi forgalom jelenségeit, a beszerzési csatornákat, a szállítási feltételeket. Szóltunk a növekvő átfutási időkről, az emelkedő egységárakról és azokról az ismeretekről, amelyek az import ügyletekhez szükségesek. Hangsúlyoztuk az együttes fellépésben rejlő előnyöket.

Felvázoltuk a beszerzési ügyletek üzemen belüli előkészítését, a termelés szakaszától a gazdálkodás szakaszán keresztül egészen a tényleges beszerzésig. Az ellátási teendők hatékony megszervezése érdekében az alábbiak szerint rögzítettük a feladatokat: tipizálás, egységesítés, korszerű anyagok ismerete, műszaki tanácskozások fontossága, ellátási fegyelem, a beszerzett anyagok felhasználása, készletnormák kidolgozása, kereskedelmi igények összevonása, pénzügyi keretek meghatározása, a beszerzési lehetőségek ismerete, áthidaló megoldások elfekvő készletek felszámolása. Mindehhez kapcsolódóan nyomon követtük az információk áramlását.

Az előadást vita követte, amelynek keretében a szállítók versenyéről, az emelkedő vételárakról, a fokozódó készletekről, az anyag és eszköz gazdálkodás fontosságáról, a tipizálásról, a belső anyagmozgatás kérdéseiről és a kereskedelmi kapcsolatokról esett szó.

A helyi csoportoknak 1973. évre további közgazdasági témák megtárgyalására tettünk javaslatot.

(GS)

Fémkohászati üzemi hírek

Geológusokból álló szakértő delegáció utazott a Vietnami Demokratikus Köztársaságba, ahol megkezdődik a bauxit lelőhelyek részletes kutatása.

*

Az új Ajkai Timföldgyárban november hónapban megkezdték a termelést a VII. sz. új kalcináló kemencével is.

*

1972. november első felében magyar Alumíniumkohászati Szakértőcsoport tett látogatást a Slatinai Alumíniumkohóban. A tárgyalás során tanulmányozták a magasfokú gépesítéssel rendelkező alumínium elektrolízis technológiáját, valamint az alumíniumtuskó öntödét.

*

1972. december 6—13. között a Magyar Alumíniumipari Tröszt szakbizottságai felülvizsgálták a kutatási-műszaki fejlesztési célprogramot és javaslatot tettek a kutatási célprogram hatékonyabb végrehajtására.

*

Az ICSOBA Magyar Bizottsága december 7—8-án kétnapos ülést tartott Ajkán és Keszthelyen, ahol megvitatták az új Ajkai Timföldgyár üzemindításának tapasztalatait, valamint az alumíniumiparnak a nemzetközi munkamegosztásban betöltött szerepét és a szocialista integráció nyújtotta lehetőségeket.

(ROJ)

Fémkohászattani Tanszék hírei

MOLNÁR ZSÓFIA
diplomatervező feladata

Üzemi konzulens: *Szabó Lászlóné* okl. kohómérnök. Egyetemi konzulens: *Mihalik Árpád* adjunktus. Bíráló: *Horváth Csaba* osztályvezető. Az ismertetőt összeállította: *Mihalik Árpád* adjunktus.

A diplomaterv első részében a jelölt osztályozza a fémötvözetek olvasztására szolgáló elektromos kemencéket. Röviden ismerteti az egyes típusokat, néhány táblázatban összefoglalja fontosabb jellemző műszaki adatait. Részletesebben tárgyalja az elektronsugaras olvasztókemencéket és kitér a plazma-kemencékre is.

A diplomaterv második részében szigorú összetételi előírással gyártott nemesíthető Cu-Cr-Zr és Cu-Be ötvözetek előállításának kérdéseivel foglalkozik.

A Csepeli Fémműben végzett kísérletei alapján a Cu-Cr-Zr ötvözetek előállításával kapcsolatban az alábbiakat állapítja meg:

— hagyományos technológiával gyártott ötvözetben nem lehet szigorú összetételi előírásokat betartani,

— a vákuumban tartás idejét az adagidő 40%-áról 60%-ára kell növelni. Az adagidő további részében az inert-gázban való tartás ideje megfelelő,

— a fürdőt legjobb faszén-takaró alatt dezoxidálni. Az így védett fürdő cirkonium-tartalmát 0,01% pontossággal sikerült beállítani. Ennek oka, hogy a fürdő oxigéntartalma jelentősen csökkent,

— nyitott kemencében még faszéntakaró alatt is nagy az ötvözők leégése,

— megfelelő minőségű ötvözet előállításához a kémiai összetétel beállítása és az olvasztási előírások pontos betartása mellett szükséges az öntés körülményeinek helyes meghatározása is.

A Cu—Be ötvözetek előállításával kapcsolatban megállapítja, hogy a hagyományos technológia eléggé jó eredményt ad. Vákuumban és faszéntakaró alatt szigorú összetételű előírások is betarthatók, de célszerű a vákuumozás idejét 40%-ról 90%-ra növelni.

A diplomaterv harmadik részében a kísérletekből levont következtetéseket termodinamikai számításokkal támasztja alá.

Mihalik Árpád
adjunktus

Fémkohászati műszaki és gazdasági hírek

A zairei (Kinshasa—Kongó) Állami bányaigazgatóság közölte, hogy az 1971. évi réztermelés 406 et volt, az 1970. évi 385 et-val szemben. A kobalt termelés egyidejűleg 139 et-ról 145 et-ra növekedett. Az állami bányaigazgatóság (Gecamines) öt éves tervében azt a célt tűzte ki, hogy az ország réztermelését 1974-ig 460 et-ra, 1980-ig 600 et-ra növeljék.

Metall, 1972. október

*

A perui kormány a japán Mitsui Co. Ltd. és a Furukawa Electric Co. Ltd. vállalatok szerződést írtak alá, az Ile-i kikötőben felépítendő rézfinomítóval kapcsolatban. Az építkezést ez év decemberében kezdik meg. Az 1975-ben meginduló üzem évi 125 et elektrolit-rezet fog termelni, de a finomító a későbbiekben tovább bővíthető.

NE-Metalle 1972. október

*

A perui állami bányatársaság (Minero Peru) hírek szerint az elkövetkezendő 8 évben (1973—1980) 150 et rézkoncentrátot szállít Csehszlovákiának. Az erre vonatkozó szerződést nem rég írták alá a Metalimpex és a Minero Peru képviselői. A 150 et koncentrát kb. 38 et fémréznek felel meg s értéke a londoni fémtőzsde jegyzése szerint 40 millió $. A szerződés aláírásakor tárgyaltak egy közös csehszlovák-perui vállalati alapításáról is, a már eddig feltárt perui rézelőfordulások kiaknázására.

NE-Metalle, 1972. október *B. E.*

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

106. ÉVFOLYAM



AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET LAPJA
BUDAPEST, 1973. ÁPRILIS HÓ
4

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

Горный и Металлургический Журнал **Металлургия**
Zeitschrift für Bergbau und Hüttenwesen **Hüttenwesen**
Mining & Metallurgical Journal **Metallurgy**

ALAPÍTOTTA: PÉCH ANTAL 1868-ban

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET

A MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI EGYESÜLETEK SZÖVETSÉGE TAGJÁNAK LAPJA

Szerkesztőség: Budapest VI., Anker köz 1. I. 105.
Tel.: 426-795

TARTALOM

INOKAI JÁNOS: 25 éves a KGMTI 125
MIKÓ JÓZSEF—DR. WOPERA LÁSZLÓNÉ: A hulladék—oxigén acélgyártási eljárás megvalósításának feltételei 100 tonnás Martin kemencében 149
POGÁNY LÁSZLÓ—TAKÁCS ISTVÁN: Siemens-Martin kemencék fűtőolajának összetétele és sajátságai 152
OSZTATNI MIHÁLY: Melegen hengerelt szélesszalagok tekercselés előtti lamináris rendszerű szabályozott gyors hűtése 158
VIKTOR ZÁBAVNIK: Diffúziós izzítással egybekötött új gáznitridálási eljárás ... 164
H. J. ECKSTEIN—D. PEISKER: Az austenit nem folyamatos szemcsenövekedésének vizsgálata kisötvözésű szerkezeti acélokon 169
Egyesületi hírek 148
Korszerű külföldi üzemek ismertetése 176

FÉMKOHÁSZAT

TÓTH MIHÁLY: Alumíniumelektrolizáló-kádak katódszerkezete feszültség- és árameloszlásának vizsgálata 177
FARKAS FERENC—KOVÁCS FERENC—DR. KLUG OTTÓ—GOMBOS MÁRTON—NÉMETH BÉLA—BARAKKA IMRE: Aluminátoldatok koncentrációmérésének elvi alapjai oszcillometriás folyamatelemzők alkalmazásánál 184
DR. POZSGAI VILMOS—HUSZÁR LÁSZLÓ—BOGDÁN ALAJOS: Nagytisztaságú (99,999—99,9995%) antimon előállítása ... 188
Fémkohászati műszaki és gazdasági hírek 192
A Fémkohászattani Tanszék hírei 192

ÖNTÖDE

DR. FARKAS I. ZOLTÁN: Vasöntödei anyagterek területnagyságának regressziós elemzése 73
DR. RYSZARD CHUDZIKIEWICZ: Lengyel szakértők véleménye a kupolókemencék fejlesztési irányairól 75
BERKI PÁL: A kupolókemencében maradt folyékony vas visszanyerése 80
Könyvismertetések 82, 87, 96
WOLFGANG BARTH: ÖAlSi 10-Mg alumínium ötvözet nemesítése „EBA-Si-Veredler" nemesítő sóval 83
A FOND-EX 72 Brünni Nemzetközi Öntödei Vásárról ... 88
Az Öntödék Műszaki Központja 93

Megjelenik havonként
Egyszámlaszám egyesületi tagok részére: Magyar Nemzeti Bank 61 770
Egyévi előfizetés: 180,— Ft. Egyes példányok ára: 15,— Ft

Bányászati és Kohászati Lapok — **KOHÁSZAT**

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1906 Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-293. Felelős kiadó: Sala Sándor igazgató
73.4., 387 — Révai Nyomda, Budapest V., Vadász utca 16.
F. v.: Povárny Jenő
Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (1900 Budapest, József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára
A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultúra" P. O. B. 14. Budapest 62

Index: 25,155

ÉVFOLYAM ГОД JAHRGANG YEAR 106

SZÁM № Nr. No. 4

ÁPRILIS АПРЕЛЬ APRIL APRIL 1973

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

ЖУРНАЛ ГОРНОГО ДЕЛА И МЕТАЛЛУРГИИ МЕТАЛЛУРГИЯ
ZEITSCHRIFT FÜR BERG UND HÜTTENWESEN HÜTTENWESEN
JOURNAL OF MINING AND METALLURGY METALLURGY

СОДЕРЖАНИЕ

Янош Инокаи: **25 лет КГМТИ** ..... **С 145**

По случаю 25 летнего юбилея Проектного института Министерства металлургии и машиностроения, который является самым большим генеральным проектным институтом страны, автор дает обзор о задачах института, о области работы и о структуре института. Перечислены те металлургические сооружения большой важности, которые были построены на основе генеральных проектов, разработанных в Проектном институте Министерства металлургии и машиностроения.

Йожеф Мико—д-р Вопера Ласлоне: **Условия осуществления метода отходного кислорода в 100 т. мартеновской печи** ..... **С 149**

Целью настоящей работы является ознакомление с исследованием некоторых зависимостей метода отходного кислорода при условии 100 т Мартеновской печи, разработанного под руководством профессора М. А. Глинкова в Московском институте стали. Согласно этому, указывается на отношение чугуна — отхода, на зависимость между содержанием кремния и марганца в чугуне, на изменение количества тепла, принятого садкой, на зависимость между отдельными промежутками плавки.

Ласло Погань—Иштван Такач: **Способ и особенности нефтеполива ШМ печей** ..... **С 152**

В статье приводятся результаты заводских испытаний, проведенных в ШМ цеха Дунайского металлургического комбината и Чепельского металлургического комбината. Авторы приводят созданную ими гипотезу для оценки особенностей техники топления с остаточным нефтетопливом с большим числом Конрадзона,с помощью процессов горения, теории транспорта излучения и на основе коллоидных свойств нефтетоплива.

Михай Остатни: **Быстрое, управленое с ламинарной системой охлаждение горячекатаных широких лент перед обмоткой** ..... **С 158**

В настоящее время в области технологии прокатки широких лент разрабатывается метод ламинарного охлаждения лент. Развитие этого метода объясняется, с одной стороны, значительным ростом скорости прокатки станов для широких лент и удельного веса рулонов, а с другой стороны, все возрастающими требованиями против качества лент. На основе теоретических расчетов определен расход воды в случае ламинарного охлаждения полунепрерывного прокатного стана 1700 для прокатки широких лент.

Виктор Забовник: **Современный способ газового нитридирования с диффузионным отжигом** . **С 164**

В работе приводятся недостатки классического метода газового нитридирования и основные понятия диффузионного отжига, с помощью которого исключаются или по крайней мере уменьшаются недостатки, имеющие место при классическом методе. Приведены более важные практические результаты полученные новым методом на многих машиностроительных и металлургических заводах Чехословакии.

Х. Й. Экштейн—Д. Пейскер: **Исследование прерывного роста зерен аустенита в низколегированных конструкционных сталях** ..... **С 169**

Авторы с применением статистики зерен определяют т. н. температуру огрубления зерен, с помощью которой связно обсуждается влияние металлургических условий на стабильность тонкозернистой структуры и на склонность к грубозернистости аустенита.

Михай Тот: **Исследование распределения тока и напряжения на конструкции катода электрических алюминиевых ванн** ..... **С 177**

В токопроводящей углеродной футеровке и в катодных рельсах электрических ванн распределение тока и напряжения не является равномерным. Плотность тока под анодом, в середине катода меньше. Плотность тока по краю анода, в катодном углероде и в катодном рельсе может быть существенно высше среднего своего значения. Теплота Джоуля, возникающая в катодном углероде больше, а теплота, возникающая в катодном рельсе меньше по сравнению с равномерным распределением тока. Согласно соотношению, применяемому для определения сведенного сопротивления поперечного сечения анода конструкции катода, сопротивление зависит от числа катодных рельсов, от относительного поперечного сечения рельса, от температуры катодного рельса, от удельного электрического сопротивления рельса, от ширины катодного шкафа и анода, от электрического сопротивления катодного углерода на одном м катодного рельса (при этом имеется ввиду и удельное электрическое сопротивление контактов расплавленного алюминия — катодного углерода и катодного углерода — катодного рельса).

Ф. Фаркаш—Ф. Ковач—О. Клиг и сотрудники: **Теоретические основы измерения концентрации алюминиевых растворов при применении осциллометрических анализаторов процесса** ..... **С 184**

Для измерения главных компонентов (каустический Na_2O, Al_2O_3) алюминатного раствора, полученного на глиноземном заводе были разработаны комплексные, непрерывные процессы, комбинированные с осциллометрией и измерением удельного веса. Работающие установки позволяют анализ алюминиевого раствора с относительной ошибкой 1% и измерение содержания

твердой мути точнее 10 г/л. При описании принципа измерений рассказывается и об измерительных установках, вмонтированных в главную технологическую ветвь или в ветвь бай пасс. Разработанные установки могут быть применены и в других, например, гидрометаллургических процессах и в процессах неорганической химии.

Д-р Вилмош Пожгаи и *сотрудники:* **Создание антимона высокой чистоты с вакуумной дестилляцией** ..... **С 188**

Создание антимона высокой чистоты с вакуумной дестилляцией. Качественная характеристика процесса и полученного продукта. Описание разработанной установки для дестилляции.

INHALT

J. Inokai: **25 Jahre Projektbureau des Ministeriums für die Hütten- und Maschinenindustrie** ..... **S 145**

Anlässlich des 25-jährigen Bestehens des grössten ungarischen Institutes für Generalprojekte (Projektbureau des Ministeriums für die Hütten- und Maschinenindustrie) werden seine Aufgaben, sein organisatcrischer Aufbau, seine Tätigkeitsbereiche behandelt. Es werden die bedeutenderen, vom Projektbureau entworfenen Hüttenanlagen aufgezählt, welche bisher ausgeführt wurden, oder im Bau sind.

J. Mikó—Frau Dr. L. Wopera: **Die Voraussetzungen der Anwendung des Schrott-Sauerstoff-Verfahrens in 100 Tonnen SM-Öfen** ..... **S 149**

Die Möglichkeiten der Anwendung des unter Führung des Prof. M. A. Glinkow im Stahlinstitut-Moskau ausgearbeiteten Schrott-Sauerstoff-Verfahrens in 100 Tonnen SM-Öfen. Zusammenhänge des Roheisen-Schrott-Verhältnisses, des Silizium- und Mangangehaltes im Roheisen, der Anderung des Wärmeinhaltes vom Einsatz und der Periodenzeiten, bzw. Gesamtzeit des Schmelzens.

L. Pogánu—I. Takács: **Zusammensetzung und Eigenschaften der Heizöle von SM-Öfen** ..... **S 152**

Vorbereitung und Ergebnisse der in den Stahlwerken des Dunau-Eisenwerkes und der Eisen- und Metallwerke Csepel durchgeführten Betriebs-Heizversuche. Die von den Verfassern entwickelte Hypothese zur Deutung der heiztechnischen Eigenschaften und des Brennverlaufes von Restheizölen mit hoher Coradson-Zahl auf Grund der Transporttheorie der Strahlung und der Kolloid-Eigenschaft des Heizöls.

M. Osztatni: **Die laminare Schnellkühlung von Warmbreitbandern vor dem Haspeln** ..... **S 158**

Die laminare Bandkühlung ist eine z. Zeit in Entwicklung stehende Methode der Walztechnologie. Ihre Notwendigkeit wird mit der Zunahme der Walzgeschwindigkeit und des Bundgewichtes der Breitbandstrassen, weiter mit den an die Qualität der Bänder gestellten wachsenden Ansprüchen begründet. Mit theoretischer Berechnung wird der Wasserverbrauch einer 1700-er Warmbreitbandstrasse mit laminarer Kühlung bestimmt.

V. Zábavnik: **Ein mit Diffusionsglühen verbundenes neuartiges Gasnitridieren** ..... **S 164**

Die Nachteile des klassischen Gasnitridierens. Die Grundlagen des neuen Vasnitridierens und des mit ihm verbundenen Diffusionsglühens. Das neue Verfahren hebt auf oder vermindert die Nachteile des alten Verfahrens. Die wichtigeren praktischen Ergebnisse des neuen Verfahrens bei der Herstellung von Formgebungs-, Pressgiess- und übrigen Werkezugen in den Betrieben der Tschechoslowakei.

H. J. Eckstein—D. Peisker: **Das nicht kontinuierliche Anwachsen des Austenitkornes in niedriglegierten Baustählen** ..... **S 169**

Mit Anwendung der Kornstatistik wird eine Korvergröberungs-Temperatur definiert, mit deren Hilfe die Wirkung der metallurgischen Umstände auf die Stabilität des Austenit-Feinkorgefüges und auf ihre Neigung zur Grobkornbildung exakt gedeutet werden kann.

M. Tóth: **Untersuchung der Spannungs- und Stromverteilung an der Kathodenkonstruktion von Aluminiumelektrolysewannen** ..... **S 177**

In dem leitenden Kohlefutter und der Kathodenschine von Elektrolysierwannen ist die Strom- und Spannungsverteilung nicht gleichmässig. Die Stromstärke kann entlang der Anodenkante viel höher und unter der Anode, in der Mitte der Kathode geringer sein. Die in der Kathodenkohle gebildete Joule-Wärme ist höher und die in der Kathodenschiene gebildete Wärme ist geringer, als im Falle einer gleichmässigen Stromverteilung zu erwarten wäre. Nach der Beziehung zur Bestimmung des sog. reduzierten (auf den Anodenquerschnitt bezogenen) Widerstandes der Kathodenkonstruktion ist der Widerstandabhängig von der Anzahl der Kathodenschienen, dem relativen Schienenquerschnitt, der Temperatur der Kathodenschiene und ihrem spezifischem Widerstand, der Breite des Kethodenkastens und der Anode, sowie von dem elektrischen Widerstand der auf 1 cm Kathodenschiene entfallenden Kathodenkohle (den spezifischen Widerstand der Aluminiumschmelze (Kathodenkohle- und Kathodenkohle/Kathodenschiene-Kontakte mit inbegriffen).

F. Farkas—K. Kovács—O. Klug und *Mitarbeiter:* **Grundlagen der Konzentrationsmessung in Aluminatlösungen bei der Anwendung oszillometrischer Prozessanalysatoren** ..... **S 184**

Man hat komplexe, kontinuierliche Verfahren (Oszillometrie mit Dichtemessung kombiniert) ausgearbeitet, um die Hauptkomponenten der Aluminatlaugen in Tonerdefabriken zu bestimmen (kaustisches Na_2O, Al_2O_3). Die bereits im Betrieb befindlichen Einrichtungen erlauben eine augenanalyse mit einer Genauigkeit von 1% rel. bzw. eine Messung des Feststoffgehaltes der Trüben mit einer Genauigkeit von weniger als 10 g/l. Nach Darstellung der Messungsgrundlagen werden die in den technologischen Hauptzweig oder in einen By-pass-Zweig eingebauten Messgeräte beschrieben. Die entwickelten Geräte können auch in anderen Vorgängen — z. B. in der Hydrometallurgie oder in der anorganischen Chemie — eingesetzt werden.

Dr. V. Pozsgai und *Mitarbeiter:* **Herstellung von hochreinem Antimon durch Vakuumdestillation** **S 188**

Die Herstellung von hochreinem Antimon durch Vakuumdestillation. Qualitätskennzeichnung des Vorganges und der erzeugten Produktes. Beschreibung der Destillationsanlage.

CONTENTS

J. Inokai: **The Planning Institute of the Ministry for Metallurgical and Machine Industry is 25 years old** ..... P 145

The author describes the objectives, organization and fields of activity of the largest general design office of Hungary — the Planning Institute of the Ministry for Metallurgical and Machine Industry — which is celebrating its 25th Anniversary. He discusses the main metallurgical facilities which have been built or are in course of construction according to the designs of the Planning Institute of the Ministry for Metallurgical and Machine Industry.

J. Mikó—Mrs. L. Wopera: **Conditions of realizing the scrap—oxygen process in a 100 ton open hearth furnace** ..... P 149

The paper describes tests carried out in a 100 ton open hearth furnace, using the scrap—oxygen process developed by Professor M. A. Glinkov in the Moscow Steel Institute. Relationships have been discovered between the pig iron-scrap ratio, the Si and Mn content of the pig iron, the variation of the heat absorbed by the charge, in various periods of melting and during the whole charge period.

L. Pogány—I. Takács: **The composition and properties of fuel oils for open hearth furnaces** ..... P 152

The preparation and results of large-scale tests in the Duna Ironworks and in the open hearth shop of the Csepel Iron and Metal Works are presented. The authors discuss their hypothesis which includes an interpretation of the combustion technological properties of residual fuel oils with high Conradson numbers on the basis of the combustion processes, the theory of radiation transport and the colloidal properties of the fuel oils.

M. Osztatni: **Controlled rapid cooling of hot-rolled wide strip by the laminar system before cooling** P 158

Laminar strip cooling is one of the most recent methods incorporated in the technology of wide strip rolling. It has become necessary because of the significant increase in rolling speed and specific coil weights of wide strip and the increased quality requirements of the strip. The water consumption of a 1700 mm wide semi-continuous strip mill is computed theoretically for laminar cooling.

V. Zábovnik: **A novel gas nitriding process, combined with diffusion heat treatment** ..... P 164

The paper described the drawbacks of classical gas nitriding and the principles of the novel nitriding and diffusion heat treatment which eliminates or reduces these drawbacks. The main practical results of the novel procedure are presented through the performance of forming, die casting and other dies in several Czechoslovakian plants for metallurgy and machine construction.

H. J. Eckstein—D. Peisker: **Investigation of non-continuous grain growth of austenite in low alloy structural steel** ..... P 169

The authors have used grain statistics to define a so-called grain coarsening temperature; with the aid of this parameter they have been able to give an exact treatment of the effect of metallurgical conditions on the stability of fine-grained austenitic micro-structures and their tendency to grain coarsening.

M. Tóth: **A study of the voltage and current distribution in the cathode structures of aluminium electrolyzing baths** ..... P 177

The current and voltage distribution is not uniform in the conducting carbon lining of the electrolyzing baths and in the cathode bus bar. Current density is lower in the cathode center (below the anode) and higher than the average in the cathode carbon and the bus bar.
The Joule heat developed in the cathode carbon is actually higher and that developed in the cathode bus bar is lower than in the case of a uniform current distribution. According to the formula for calculating the so-called reduced resistance (r_k) of the cathode structure (with respect to the anode cross-section) this resistance depends on the number of cathode bus bars, the relative bus bar cross-section, the temperature and specific electric resistance of the cathode bus bar, the width of the cathode frame and the anode and on the electric resistance of the cathode carbon in 1 cm of thebus bar (including the specific resistances of the aluminium melt) cathode carbon and cathode carbon (cathode bus bar contacts).

F. Farkas—K. Kovács—O. Klug and *co-workers:* **The principles of concentration measurement in aluminate liquors when using oscillometric process analyzers** ..... P 184

Continuous combined oscillometric and specific gravity measurements have been developed for the determination of the main components of aluminate liquors in alumina plants (caustic soda, Al_2O_3). The operating equipment permits analyzing the alkali with a precision of 1 rel pct and determining the dry substance content of pulps to the nearest 10 g per liter or less. After a short description of the principles of measurement the paper presents the instruments built into the main technological line or into by-pass lines. The described instruments could be employed also in other processes, e.g. in hydrometallurgy or inorganic chemical processes.

Dr. V. Pozsgai and *co-workers:* **The production of high purity antimony by vacuum distillation** ... P 188

The production of high purity antimony by vacuum distillation. Quality characteristics of the process and the obtained product. Description of the distilling equipment.

Főszerkesztő:
ÓVÁRI ANTAL

Szerkesztők:
DR. FUCHS ERIK, GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ, RUHMANN JENŐ

Szerkesztő bizottság:
BALÁZS FÜLÖP, DR. BECKER ERVIN, BOROSSAY BÉLA, CSEH MIKLÓS, DR. HAJTÓ NÁNDOR, DR. KÁLDOR MIHÁLY, KÉZDI ÁRPÁD, KOLLÁR SÁNDOR, DR. MÓCSY ÁRPÁD, PINTÉR ANDRÁS, DR. PILISSY LAJOS, DR. REMPORT ZOLTÁN, ROMWALTER ALFRÉD, SELMECZI BÉLA, SZELESS LÁSZLÓ, SZŐKE LÁSZLÓ, SZŰCS ENDRE, VAS IVÁN, DR. VERŐ BALÁZS.

A rajzokat készítette: KÜRTÖS MARGIT.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET FOLYÓIRATA

106. évfolyam 4. szám 1973. április

25 éves a KGMTI

INOKAI JÁNOS, a KGMTI igazgatója

DK 669.16.18.013 (439) 621.771

A szerző az ország legnagyobb ipari generáltervező intézetének, a Kohó- és Gépipari Minisztérium Tervező Irodáinak 25 éves fennállása alkalmából az intézet feladatairól, szervezeti felépítéséről, működési területeiről ad tájékoztatást. Feleleveníti azon kiemelkedő jelentőségű kohászati létesítményeket, melyek a KGMTI generáltervezése alapján valósultak meg, vagy épülnek.

A második világháborúban gyáraink és így a kohászati üzemek is számottevő kárt szenvedtek. Az ország újjáépítésének gyorsítása, a gyárak termelésének növelése, új gyárak építése, új és korszerű kohászati bázis létrehozása egyre több műszaki tervezési feladat megoldását igényelte.

A kormányzati szervek 1948-ban központi tervező irodák létesítését határozták el. A KGMTI, illetve jogelődei az elsők között kezdte meg működését és 1948 februárjától, tehát 25 éve szolgálja a kohó- és gépipart. Ebből az alkalomból tájékoztatjuk a „Kohászat" érdeklődő olvasóit a KGMTI feladatairól, szervezeti felépítéséről, működéséről és azokról a nagyobb tervezésekről, amelyek egyben kohászatunk fejlődését reprezentálják.

A KGMTI országunk legnagyobb ipari generáltervező intézete. Elsőrendű feladata a kohóipari és gépipari gyártervek és technológiai tervek — ezen belül a szükséges szaktervek — elkészítése, a tervezések koordinálásáról való gondoskodás, kivitelezéskor pedig a tervezői művezetés feladatainak végzése. Ezen feladatok elvégzésébe a KGMTI szükség szerint bekapcsolja az illetékes tervező társintézeteket. A gyártástervezési feladatok mellett egyedi, speciális jellegű gépek (különböző daruk, szállítógépek, technológiai berendezések) tervezését is elvégezzük. Külföldi megrendelésre is tervezünk.

Tervező intézetünk szakmai szempontból vertikális, a belső koordináció szempontjából horizontális felépítésű, mivel a rendkívül szerteágazó feladatokat csak így lehet megoldani. Ennek megfelelően a KGMTI technológiai és szaktervező irodákból áll. A kohászati és a gépipari irodák általában generáltervezési, technológiai és speciális géptervezési feladatokat végeznek. A szaktervező irodák építészeti, telepítési, energia- és vízellátási, szállítási feladatokat oldanak meg és az ezekhez tartozó terveket készítik. A gazdaságossági számításokat, illetve az elemző munkát gazdasági tervezőink önálló szervezetben, egységes szempontok szerint, a műszaki tervezőkkel szoros együttműködésben dolgozzák ki.

Az intézet ma már kereken 40 különböző szakágat képviselő részleggel rendelkezik. Ilyen részlegek — többek között — a metallurgiai, a magas- és mélyépítési, az épületgépészeti és légtechnikai osztályok, az erős- és gyengeáramú villamosság, a mérés, szabályozás és automatika, a szállító berendezések, a különböző tüzelőenergia ellátó rendszerek, a hő- és felületkezelés, az út- és vasútépítés, a vízgazdálkodás tervezésével foglalkozó szakágak.

Az intézetnek saját geodéziai és térképészeti csoportja, valamint talajvizsgáló laboratóriuma van.

A KGMTI széles skálájú profilját a magyar kutató intézetekkel, egyetemekkel, valamint társtervező intézetekkel kiépített kapcsolat bővíti.

Mérnökeink, technikusaink között vannak nagy üzemi gyakorlatú szakemberek, elméleti és kutatási munkák terén eredményt elért munkatársak, valamint nagy tapasztalatú szerkesztők és tervezők.

Az intézet a tervezési munka során a legújabb eljárásokat alkalmazza és lépést tart a technika fejlődésével. A nagy gyakorlattal rendelkező tervező gárda korszerű tervezési módszereket dolgozott ki és alkalmaz. Ezek közül példának megemlítjük: a matematikai tervezési módszereket, a modellezést, az elektronikus számítógépek adta lehetőségek felhasználását.

Az intézet 32 000 kötetes műszaki könyvtárral rendelkezik és rendszeresen 160 különféle külföldi és magyar szakfolyóiratot járat. Ezeket — a tervek korszerű elkészítése érdekében — saját dokumentációs részlegünk úgy dolgozza fel, hogy a tervezők a szükséges irodalomhoz, adatokhoz könnyen hozzájussanak.

A fentiekben vázolt szervezetben és adottságok között válik lehetővé a különböző szakágak szoros együttműködése, a koordinált, hatékony és így eredményes tervező munka.

Az intézet az új gazdaságirányítási rendszer adta lehetőségek keretei között a beruházók új, olykor különleges igényeit is igyekszik kielégíteni. Új tervező részlegeket hoztunk létre, növeltük az egyes tervezési fázisok műszaki tartalmát, emellett csökkentettük a tervezések átfutási idejét. Nagyobb hangsúlyt adtunk a gazdaságossági értékelésnek és ezzel növeljük a beruházások műszaki-gazdasági megalapozottságát.

Intézetünk dolgozói az elmúlt 25 év alatt a vas- és fémkohászat, az öntészet, a gépgyártás legkülönbözőbb szakmai területén, a járműipar, a híradástechnika, a műszeripar, a tömegcikkek gyártása területén hazai és külföldi megrendelők számára számos komplett gyárat, üzemrészt, vagy ezek rekonstrukcióját tervezték. A terveink alapján megépült gyárak jól működnek és részei ipari fejlődésünknek.

A következőkben a „Kohászat" olvasói számára fentiekből néhány olyan kiemelkedő jelentőségű kohászati létesítményt ismertetünk, mely generáltervezésünk alapján valósult meg, vagy épül.

Dunai Vasmű, Dunaújváros

A magyar vaskohóipar nagyteljesítményű és korszerű új bázisa, a Dunai Vasmű, szovjet segítséggel a KGMTI generáltervezésében épült. A gyár tervezését 1950-ben kezdtük meg.

A szovjet vezértervek és a túlnyomóan szovjet szállítású technológiai berendezések alapján a hatalmas gyárat teljesen szabad területre intézetünk mérnökei telepítették. A tervek készítésekor és a gyártelep kialakításakor gondosan ügyeltünk arra, hogy a gyár metallurgiai és technológiai egységei megfelelően bővíthetők és fejleszthetők legyenek. Az új gyár ma már messze túlhaladta a tervekben rögzített teljesítményt és további új részlegek tervezése, illetve építése van folyamatban, melyekről külön is szó lesz.

Dunai Vasmű nagyolvasztó kapacitásának növelése

1970. év közepén került sor a DV II. sz. nagyolvasztójának terveink szerinti teljes átépítésére. A Vasmű igénye az volt, hogy a tervezésben mindazon lehetőségeket vegyük számításba, melyek a termelékenyebb és gazdaságosabb nyersvasgyártás lehetőségét nagyobb beruházási költség nélkül biztosítják.

Első lépésként meghatároztuk, hogy a meglevő kohóalap és főtartó oszlopok változatlanul hagyása mellett a rendelkezésre álló helyen mekkora kohótérfogat növelésre van mód. Vizsgálataink eredménye és terveink alapján az eredetileg 700 m^3-es nagyolvasztót kereken 1000 m^3-esre építették át.

A kohó új páncélzatát úgy képeztük ki, hogy normál toroknyomás helyett 1,5 att toroknyomás legyen elérhető. A nagytoroknyomás biztosítására új léghevítőket terveztünk, továbbá beterveztük a szükséges új turbófúvót is. A terveink szerinti új léghevítők 1150—1200 °C hőmérsékletű forrószél előmelegítésére alkalmasak. A gáztisztító rendszert átalakítottuk; az új rendszer porzsákból, ciklonból és két sorbakapcsolt venturi egységből áll.

Dunai Vasmű folyamatos acélöntőműve

A melegen és hidegen hengerelt lemezek és szalagok iránti növekvő igény a DV-t arra az elhatározásra juttatta, hogy növeli az acélmű teljesítményét és a többlet acélból folyamatosan öntött lemezbugát gyárt. A generáltervezői feladatot a KGMTI-re bízták.

Két darab, egyenként kétszálas, függőleges rendszerű, a Szovjetunióban jól bevált öntőberendezést telepítettünk, az összes segédberendezésekkel és hálózati rendszerekkel. A tervezés és a kivitelezés két lépcsőben történik. Az első lépcsőben az 1-es, a másodikban a 2-es öntőberendezés kezd dolgozni. A létesítmény építése folyamatban van, az 1-es öntőberendezés hidegpróbái megkezdődtek.

Lenin Kohászati Művek blokk-bugasori rekonstrukciója

A régi blokk- és bugasor a diósgyőri vaskohászati gyár vertikumában már hosszú évek óta a legszűkebb keresztmetszet volt. A diósgyőri helyi adottságok figyelembevételével a régi blokksor és bugasor helyén zsúfolt környezetben kellett korszerű és megfelelő termelékenységű, valamint a nehéz fizikai munkát kiküszöbölő új blokksort és bugasort tervezni és megépíteni.

A KGMTI végezte a generáltervezésen kívül a gépi berendezések tervezését is. A tervek alapján megvalósult létesítmény a korábbi előnyújtási kapacitást mintegy 40%-kal növelte, és lehetővé vált a közepesen és erősen ötvözött nemesacél tuskók hengerlése is.

Lenin Kohászati Művek új elektroacélműve

A gépipar fejlődése szempontjából régóta megoldatlan probléma a korszerű nemesacél termékek gyártása. A Lenin Kohászati Művek felismerte, hogy ezen feladatok a műben jól megoldhatók, ugyanakkor a korszerű nemesacélgyártás bevezetése a gyár gazdasági eredményeit és

korszerűségét is javíthatja. E cél elérésére kapacitásban és minőségben egyaránt világszínvonalon álló acéltermelő bázist kellett létesíteni.

A KGMTI kapott megbízást az új elektroacélmű beruházási programjának, majd kiviteli terveinek elkészítésére. Szovjet gyártmányú 50 t-s elektrokemencét telepítettünk és megterveztük az összes technológiai berendezést, az épületeket, az energiaellátást, a külső és belső anyagmozgatást.

Az elektroacélmű igen rövid idő alatt készült el és ma már jelentős mennyiségű ötvözött acélt termel.

Lenin Kohászati Művek új nemesacélhengerműve

A magyar vaskohászat régóta megoldásra váró problémája a nemesacél hengereltáru termelés szűk kapacitása és elavult technológiai-technikai színvonala. A feldolgozóipar pedig egyre jobb minőségű és egyre méretpontosabb ötvözött hengereltárut követel.

Az LKM-ben létesítendő új nemesacélhengermű telepítési koncepciója 1968-ban alakult ki. A gyár belső területén, az alapanyagellátást biztosító durvahengermű közelében, eddig kihasználatlan terület — a salakhányó — felhasználásával került kialakításra az új 60 000 m^2 alapterületű hengerműi csarnokrendszer.

A hengermű technológiai berendezéseit — a közép- és finomhengersort, valamint a kikészítőt — az NDK-beli SKET cég szállítja, az építészeti munkákat, a kiszolgáló létesítményeket és a hálózatokat a KGMTI tervezte.

A hengermű a hazai piacra gyárt majd igen széles mérettartományban korszerű nemesacél-rúdárut, de ezen felül különféle kereskedelmi minőségű rúd- és idomacél is szerepel a gyártási programban. A termékek minőségi színvonala megfelel a nemzetközi igényeknek, ezért lehetőséget nyújt a tőkés import csökkentésére, ugyanakkor az export volumenének és értékének növelésére is.

Ózdi Kohászati Üzemek acélművének rekonstrukciója

A KGMTI generáltervezésében valósult meg. A rekonstrukció során lebontásra kerültek a régi acélmű összes csarnokai és berendezései. Az új acélmű 100 tonnás korszerű martinkemencékkel és 800 tonnás nyersvaskeverővel dolgozik. A termelés volumene jelentősen növekedett, javultak a műszaki mutatók és a gyártott acél minősége.

Megvalósult a boltozaton keresztül való oxigén fúvatás és korszerűbb lett a tuskóöntés technológiája. Az átépítést úgy organizáltuk, hogy közben az acéltermelés nem szünetelt.

Ózdi Kohászati Üzemek folyamatos acélöntőműve

1970 elején olyan határozat született, hogy az OKÜ-ben létesülő új finom- és dróthengermű négyzetes bugaellátására korszerű folyamatos acélöntőművet kell létesíteni. A létesítmény generáltervezői feladatainak elvégzésére a KGMTI kapott megbízást.

A döntést megelőző piackutatás és az azt követő kereskedelmi tárgyalások eredményeképpen korszerű, 6 szálas, ívelt kristályosítóval rendelkező SCHLOEMANN—CONCAST öntőberendezés került beépítésre. A berendezések nagy részét kooperációban a csehszlovák ZDAS cég gyártotta. A létesítmény megvalósítására igen rövid idő állt rendelkezésre. A KGMTI, mint generáltervező, az IPARTERV és a MÉLYÉPTERV, mint szaktervezők jó együttműködésére volt szükség, hogy a csarnoképület és az öntőberendezés alapozásának tervei gyorsan elkészüljenek és az építkezés idejében megkezdődhessen. A tervellátás a kivitelezéssel párhuzamosan történt. A létesítmény építése folyamatban van, a tervezett üzembehelyezési idő 1973 közepe.

Ózdi Kohászati Üzemek finom-dróthengerműve

Az ózdi gyár kb. négy évizedes problémája hagyományos profiljának, a finomhengerműi termék gyártásának korszerűsítése.

Az összes figyelembe veendő szempont mérlegelése alapján kidolgozott koncepció szerint olyan hengersort kell építeni, amely az első lépésben mind hengerhuzal, mind finomsori rúdáru korszerű gyártására alkalmas; második lépcsőben — amikor azt a piaci igények és a beruházási lehetőségek indokolttá teszik — ez a hengersor viszonylag kis beruházási költséggel két önálló egységre bontható és fejleszthető. A hengerművet és kiszolgáló létesítményeit a törzsgyáron kívül, az ahhoz közeleső Centertérségben helyeztük el.

Az OKÜ új hengerműve ezen technológiai és telepítési koncepció szerint épül. Az épülő hengermű alapterülete megközelíti a 25 000 m^2-t.

A gépi berendezéseket a Schloemann cég dokumentációja alapján túlnyomórészt a csehszlovák CKD vállalat szállítja. A KGMTI végzi a generáltervezést, tervezi a létesítmény ellátásával összefüggő objektumokat. Az építészeti terveket Iparterv készíti.

Az új hengermű termelése alapvetően megváltoztatja tömegacél hengereltáru-termelésünk minőségi színvonalát. A szűk tűrésmezőben gyártott rúdacélokon felül gazdaságosan feldolgozható hengerhuzalt termel 1000 kg-os tekercssúlyban, jól húzható minőségben.

Ózdi Kohászati Üzemek nagyolvasztók kapacitásának növelése

Az OKÜ nagyolvasztóinak korábban végrehajtott átépítései során már növeltük a kohók térfogatát. A DV II. sz. kohójának átépítésénél szerzett tapasztalatok az OKÜ-t és tervezőinket arra ösztönözték, hogy az 1972-ben átépítésre kerülő ózdi IV. sz. nagyolvasztó térfogatát és ezzel kapacitását jelentős mértékben növeljék.

A tervek elkészültek. A 470 m^3-es kohó helyén 1973 februárjában 600 m^3-es kohót helyeztek üzembe.

Borsodi Ércelőkészítő Mű, Miskolc

Hazai nagyolvasztóink a nyersvas termelésre felhasználandó ércek kis hányadát kapták darabosított állapotban.

A diósgyőri és ózdi nagyolvasztók ellátására intézetünk Miskolc közelében teljesen szabad területre ércelőkészítő és darabosító művet tervezett. Az új mű a Szovjetunióból érkező nyers ércet darabosítja.

Az egész ércelőkészítő és darabosító mű generáltervezésén belül mi készítettük a telepítési, építészeti, technológiai és gépészeti kiviteli terveket is. A különböző technológiai és szállító berendezések és szerkezetek, a lerakó és felszedő gépek, a különböző tároló berendezések egész sorát kellett megtervezni és megépíteni.

Soroksári Vasöntöde

A szerszámgépipar igényeinek kielégítésére tervezte a KGMTI az ország legnagyobb kapacitású vasöntödéjét. Az öntöde az időközben jelentősen megváltozott profilból adódó változott körülmények között is teljesíti a ráháruló feladatokat. Az öntödét teljes gépesítés és nagyfokú automatizáltság jellemzi. Az 1—1 fő által kezelt olvasztó egységek látják el folyékony vassal a gépesített formázó sorokat. A homokelőkészítés és homokellátó rendszer távvezérlésű automatikával működik. A magkészítés és öntvénytisztítás teljesen gépesített és gyakorlatilag kiküszöböli a nehéz fizikai munkát. Az öntödét programvezérlésű hőkezelő üzem, valamint előnagyoló műhely egészíti ki.

Kecskeméti Kádöntöde

A gyár teljes rekonstrukciója a kormány lakásépítési programjának teljesítéséhez szükséges fürdőkád gyártás nagyarányú növelése miatt vált szükségessé. Az elavult kézi technológiával dolgozó és kisteljesítményű gyár rekonstrukcióját a KGMTI tervei alapján hajtották végre. A tervezés és kivitelezés a külföldi és hazai vállalatok sikeres kooperációjának lehetőségét igazolja. A teljesen gépesített és félautomatikus technológiával működő üzemben a termelés rövid idő alatt túlszárnyalta a tervekben kitűzött szintet. Az öntöde termelésének közel felét szinte a világ minden részére exportálja.

Soproni Vasöntöde

Az ország temperöntvény igényének kielégítésére a korszerűtlen öntöde rekonstrukciójával a KGMTI tervei alapján fekete és fehér temper öntvénygyártó bázis létesült. A kúpolók adagolása izotóp vezérlésű. A kúpolók és az indukciós kemencék duplex eljárással szolgáltatják a folyékony fémet két automatikus, egy félautomatikus és egy gépesített, görgősoros formázó rendszerből álló formázó térbe. A homokelőkészítés és a homokellátás folyamata teljesen gépesített és központi irányító asztalról vezérelt. A magkészítés és öntvénytisztítás ugyancsak gépesített. A hőkezelést programvezérlésű villamoskemencék végzik, melyeknél az anyagmanipulációt ipari televízióval ellenőrzik.

Borsodnádasdi Lemezgyár acélöntödéje

A gyárban felszabaduló elektroacél kapacitás hasznosítására a KGMTI új gépesített acélöntödét tervezett. Az elsősorban a szerelvénygyártás öntvényigényének ellátására szolgáló öntöde 1973-ban kerül üzembe. Az öntvényeket a nagy méretpontosságot biztosító héjformázási eljárással, automatikus működésű karusszel héjformázó géppel, folyamatos gépesített rendszerben gyártják. Korszerűek a kiszolgáló üzemrészek, a kikészítő és az öntvénytisztító is.

Székesfehérvári Nehézfémöntöde

A növekvő nehézfémöntvény igény fedezésére a KGMTI új öntvénygyártó bázist tervezett. Az új üzem egyben lehetőséget adott számos korszerűtlen kis üzem megszüntetésére is. Az új üzemben két egységből álló folyamatos rúdöntöde, továbbá héj- és homokformázó öntöde létesült a legkorszerűbb műszaki színvonalon. Az öntöde üzemrészeket öntvénytisztító és a szükséges segédüzemek egészítik ki.

*

A KGMTI fentiekben vázolt 25 éves tevékenysége alapján és bízva szakembereink állandó továbbfejlődésében, szorgalmában, az új feladatok iránti lelkesedésében, úgy véljük szerénytelenség nélkül állapítható meg: a KGMTI a kohóipar és a gépipar további fejlődésében rá váró feladatokat maradéktalanul teljesíteni fogja.

Egyesületi hírek

Vaskohászati Szakosztályunk Kovács-Szakcsoportja január 9-én tartotta az évad első klubdélutánját. Ez alkalommal *Simon János* tagtársunk, a Ganz-MÁVAG Kohászati Fejlesztési Főosztály kutató technikusa tartott szakmai beszámolót a múlt év végén a Német Demokratikus Köztársaság két korszerű kovácsüzemében történt látogatásáról. Az ábrákkal kiegészített előadást szakmai konzultáció követte.

*

Vaskohászati Szakosztályunk Kovács-Szakcsoportja február 6-án is klubdélutánt tartott. Az előadó *Gál Árpád* tagtársunk, a Gépipari Technológiai Intézet kovácsszaktechnikusa volt, aki „Kovácsolási folyamatok kisgépesítése és automatizálása" című vetített képes előadásában ismertette azokat a lehetőségeket, amelyek kovácsüzemeinkben a kisgépesítés és az automatizálás területén könnyen megvalósíthatók. Szólt arról, hogy a két téma alkalmazása jelentős önköltségcsökkenést és a fizikai munka megtakarítását eredményezheti. Az előadást több hozzászólás egészítette ki.

A szakcsoport vezetője felhívta a megjelentek figyelmét arra, hogy a sok éven keresztül rendszeresen megtartott kovács-klubdélutánok — mivel az Egyesület február végén új helyére, a 1061 Budapest, Anker köz 1—3. számú épületbe költözik — ezentúl az új helyiség előadótermében kerülnek megrendezésre. Közölte továbbá, hogy a Német Demokratikus Köztársaságban Lipcsében 1973. március 15—16-án megrendezésre kerülő Nemzetközi Kovács konferenciára Vaskohászati Szakosztályunk vezetősége öt kovács szakember kiküldését engedélyezi, azok közül, akik a kovács szakcsoport rendezvényeit rendszeresen látogatják, és a Szakcsoport munkáját segítik. A résztvevők a tavaszi Lipcsei Vásárt is megtekintik. A kiküldöttek költségeit Egyesületünk viseli.

Latinák István

A hulladék—oxigén acélgyártási eljárás megvalósításának feltételei 100 tonnás Martin-kemencében

MIKÓ JÓZSEF
okl. kohómérnök, tudományos munkatárs,

Dr. WOPERA LÁSZLÓNÉ
okl. kohómérnök, egyetemi tanársegéd

Nehézipari Műszaki Egyetem, Tüzeléstani Tanszék, Miskolc, Egyetemváros

DK: 061.6(470.311) : 669. 183. 218.54

A tanulmány célja, hogy ismertesse a M. A. Glinkov professzor vezetésével a Moszkvai Acélintézetben kidolgozott hulladék—oxigén eljárás néhány összefüggésének vizsgálatát 100 tonnás Martin-kemence feltételeire. Eszerint a nyersvas-hulladék arány, a nyersvasban levő Si és Mn tartalom, a betét által felvett hőmennyiség változásának és az olvasztás egyes időszakainak, ill. teljes időtartamának összefüggéseire sikerült rámutatni.

A hulladék—oxigén eljárás jellemzője

A hagyományos hulladék-érc, valamint a hulladék—oxigén eljárás közötti alapvető különbséget a hulladék és nyersvas berakási sorrendjének megváltozása jelenti. Mindkét eljárásra jellemző, hogy a hulladék beolvadása egyaránt a folyékony nyersvasban megy végbe, mégpedig olyan körülmények között, amikor az acélhulladék olvadási hőmérséklete nagyobb az olvadék hőmérsékleténél [1].

A két eljárás között az a lényeges különbség, hogy a hagyományos eljárás során a hulladék berakása és felmelegítése után öntik a viszonylag hideg (kb. 1250 °C) nyersvasat a kemencébe, ezzel szemben a hulladék—oxigén eljárás esetén a kemencében oxigénes fúvatással felmelegített (1500—1560 °C) nyersvasba részletekben adagolják a hideg hulladékot. Az utóbbi előnye nemcsak a hulladék olvadását gyorsító karbondiffúzió és a hőátvitel különbözőségében rejlik, hanem abban is, hogy kiküszöböli az olvasztás „hideg" kezdését. A fürdő oxigénes fúvatása által létrejövő intenzív karbonoxidáció periódusában ugyanis előre figyelembe veszi a hulladék folyékony vasban való oldódását. A hulladék-érc eljárásra ugyanis jellemző a hulladék berakási és melegítési idejének rövidítése következményeként létrejövő „hideg kezdés" [2].

A rakási és melegítési időszak rövidülésének mértéke szerint a hulladék entalpiájának részesedése a lecsapolt acélban csökken. Emiatt a hulladék hűtőhatása fokozottabban érvényesül. Következésképpen az olvasztás folyamán lassabban mennek végbe a hőátvitel folyamatok és metallurgiai reakciók.

A hulladék—oxigén eljárás technológiai szempontból két jellemző periódusra osztható fel. Az első periódusban ($\Delta\tau_1$) a kismennyiségű érc és salakképző anyagok berakása után a folyékony nyersvasat öntik be, majd oxigén fúvatással és lánggal 1540—1560 °C-ig való felmelegítés következik.

A második periódusban ($\Delta\tau_2$), az oxigénes fúvatás megszakítása nélkül, a hulladékot részletekben adagolják olyan sebességgel, amelyen a karbonkiégés során felszabaduló hőmennyiség biztosítani képes a fém 1500—1560 °C-os hőmérsékletét. A második periódus befejező időpontjának a dezoxidálás előtti állapotot tekintjük. Ez későbbi számításaink egyik alapfeltétele.

Hőtani számítások

A következőkben azt vizsgáljuk, hogy milyen hatással van néhány lényeges tényező változása az olvasztás időtartamára. Számításaink során 100 t betétsúlyú kemencére vonatkoztatva, időben állandó mennyiségű oxigénfelhasználást alapul véve értékeljük a hulladék-nyersvas arány, a nyersvas összetétel és a fürdő által felvett hőmennyiség hatását az egyes periódusok és az egész olvasztás időtartamára. Számításaink alapadatai a következők:

a) nyersvas összetétel C = 4%; Mn = 0,65%; Si = = 0,43%;

b) nyersvas hőmérséklete kemencébe történő beöntéskor 1250 °C;

c) a felhasznált hozaganyagok mennyisége nyersvas beöntés előtt

érc: a fémesbetét 2%-a ($n_{\text{érc}} = 0{,}02$);

mész: a fémesbetét 3%-a ($n_{\text{mész}} = 0{,}03$);

d) hulladékberakás időszakában a mészfelhasználás 3%;

e) az egységnyi idő alatt felhasznált oxigén mennyisége 9 m^3/óra, tonna fémbetét.

A periódusidők meghatározását különböző nyersvas-hulladék arányok (50—70%), valamint a fürdőfelület egy négyzetméterén egy óra alatt felvett hőmennyiségek (92 000, 110 000, 128 000 kcal/m^2, ó) alapján végeztük.

Az első periódusra felírt hőmérleg-egyenletből a ($\Delta\tau_1$) időtartam meghatározható [2]:

$$q_{\text{felv}} \cdot \frac{S}{T} \cdot \Delta\tau_1 + n_{\text{nyv}} Q_{\text{tech}} = n_{\text{nyv}} \cdot Q_{\text{nyv}} + n_{\text{hoz}} \cdot Q_{\text{hoz}} \quad (1)$$

ahol q_{felv} a fürdő egységnyi felületén a lángból egy óra alatt felvett hőmennyiség, kcal/m^2, ó;
S a fürdő felülete, m^2;
T kemence terhelés, t;
n_{hoz}, n_{nyv} a betét fémes részében a nyersvas és hozaganyagok részaránya;
Q_{hoz}, Q_{nyv} a fürdő adott hőmérsékletének eléréséig a nyersvas és hozaganyagok hevítéséhez szükséges hőmennyiség, kcal/t;
Q_{tech} a nyersvas hőekvivalense, kcal/t_{nyv}.

A második periódus hőmérlegegyenlete — melynek alapján annak időtartama ($\Delta\tau_2$) számítható — a következő:

$$q_{\text{felv}} \cdot \frac{S}{T} \cdot \Delta\tau_2 + n_{\text{nyv}} \cdot Q_{\text{tech}} =$$

$$= n_{\text{nyv}} \cdot Q_{\text{nyv}} + n_{\text{hull}} \cdot Q_{\text{hull}} + n_{\text{hoz}} \cdot Q_{\text{hoz}} \quad (2)$$

ahol Q_{hull} a fürdő adott hőmérsékletének eléréséig a hulladék felhevítéséhez szükséges hőmennyiség kcal/t;

n_{hull} a betét fémes részében a hulladék részaránya.

Az acélgyártás egyes periódusait és az egész olvasztás időtartamát, mint az előbbi képletből is látható, lényegében a nyersvas-hulladék arány, a fémbetét által egységnyi idő alatt felvett hőmennyiség, a felhasznált oxigén mennyisége valamint a nyersvas összetétel határozza meg. Az említett tényezők közül az egységnyi idő alatt egy tonna acélra felhasznált oxigén mennyiségét állandónak vettük, mert üzemeink többségénél korlátozott mennyiségű oxigén áll rendelkezésre.

A különféle tényezők hatásának bemutatása céljából először — a fentebb ismertetett — változatlan nyersvas összetétel esetén analitikai módszerrel vizsgáltuk az egyes időszakok és a teljes olvasztási idő változását *(1. és 2. ábra)*. Ezután $n_{nyv} = 0{,}6$ nyersvas-hulladék arány *(3. ábra)*, illetve $q_{felv} = 110\,000$ kcal/m²,ó felvett hőmennyiség *(4. ábra)* konstans értéke esetén határoztuk meg a nyersvas összetétel függvényében az első periódus időtartamának változását. A fentiekben ismertetett szempontok és kiinduló adatok alapján végzett számításokból levonható következtetéseket az alábbiakban foglaljuk össze.

A fémes betét által felvett hőmennyiségek függvényében, különböző nyersvas-hulladék arányok esetén az olvasztás egyes periódusainak és összes időtartamának változása az 1. ábrán látható.

Az ábra alapján megállapítható az a közismert tény, hogy a betét által felvett hőmennyiség növekedésével az egyes periódusok ideje, valamint az olvasztás összes időtartama csökken. Az ábrán megjelölt q_{felv} értékek felfoghatók azonos hőterheléssel ($0{,}367 \cdot 10^6$ kcal/m², ó) üzemelő kemencék különböző hatásfokaihoz tartozó értékekként. Feltételezve, hogy egy adott kemence hatásfoka átépítés után 35% ($q_{felv} = 128\,000$ kcal/m², ó), a kemence üzemeltetése során 30%-ra ($q_{felv} = 110\,000$ kcal/m², ó), majd a kemencekampány végén — elsősorban a hőveszteségek növekedése és a hőregeneráció csökkentése stb. miatt 25%-ra (92 000 kcal/m², ó) csökken, levonható az a következtetés, hogy az adagszám növekedésével az olvasztás időtartama hosszabbodik. Ez egyébként a hőterhelés növelésével részben ellensúlyozható.

A nyersvas-hulladék arány függvényében a fémes betét által felvett különböző hőmennyiségek esetén a periódusok idejének és az olvasztás időtartamának változását a 2. ábra szemlélteti.

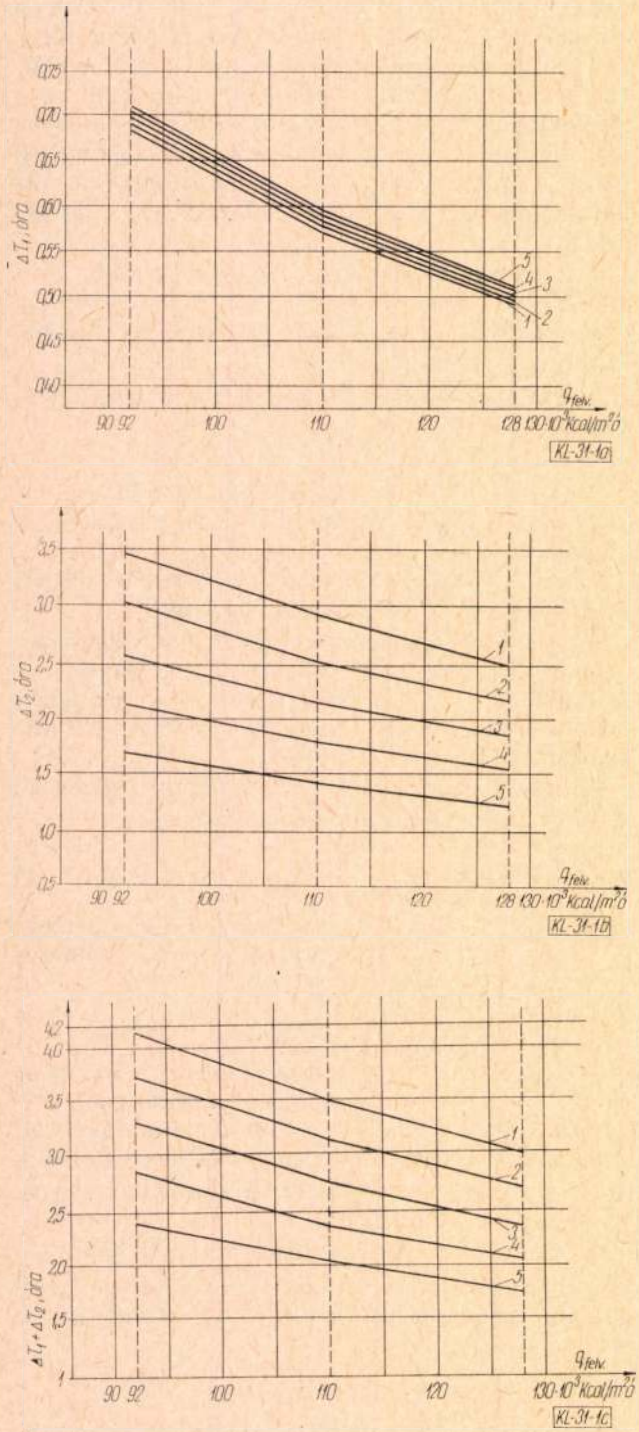
Az ábra vizsgálata alapján láthatjuk, hogy a folyékony nyersvas betét-részarányának növekedése az első periódus kismértékű növekedéséhez, míg a második periódus lényeges csökkenéséhez vezet. Végeredményben a nyersvas részesedés növekedése a teljes olvasztási idő csökkenését eredményezi.

A nyersvas Si és Mn tartalma lényeges hatással van a hőmérleg egyenletben szereplő nyersvas hőekvivalens (Q_{tech}) értékére, mely a következőképpen fejezhető ki:

$$Q_{tech} = \mathrm{Si} \cdot Q_{ekv\,Si} + \mathrm{Mn} \cdot Q_{ekv\,Mn} + P \cdot Q_{ekv\,P} + C \cdot Q_{ekv\,C} 10^{-2} \text{ kcal/kg nyv} \quad (3)$$

ahol $Q_{ekv\,Mn,\,Si,\,P,\,C}$ 1 kg Mn, Si, P, C, hőekvivalense, kcal/kg elem;
Mn, Si, P, C az egyes elemek %-os mennyiségei.

Az egyes elemek különböző oxidáló szerekkel végbemenő oxidációja során felszabaduló hőmennyiséget az *1. táblázatban* idézzük [2]. A táblázat adataiból kitűnik, hogy a nyersvas, mint az acélgyártási folyamatok belső hőforrása (a nyers-



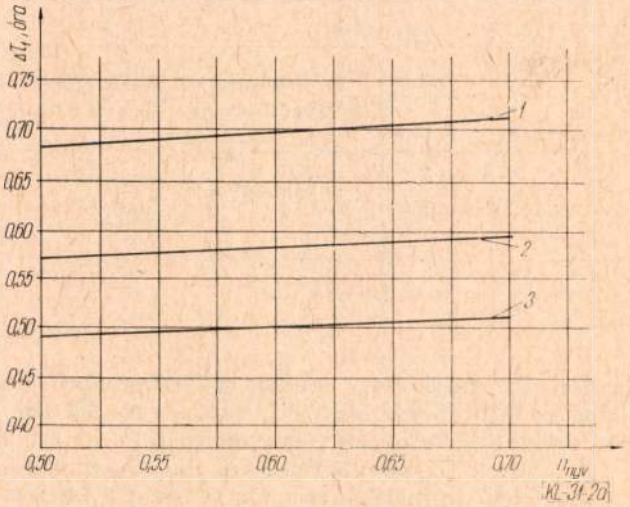
1. ábra. Az olvasztás időszakainak változása a betét által a lángból felvett hőmennyiség és a nyersvas-hulladék arány függvényében

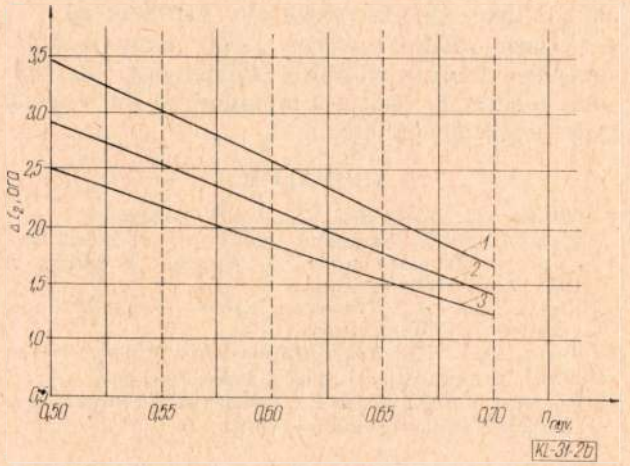
Az ábrán feltüntetett számok a nyersvas-hulladék arány (n_{nyv}) különböző értékeit jelentik: 1—n_{nyv}=0,5; 2—0,55; 3—0,6; 4—0,65; 5—0,70

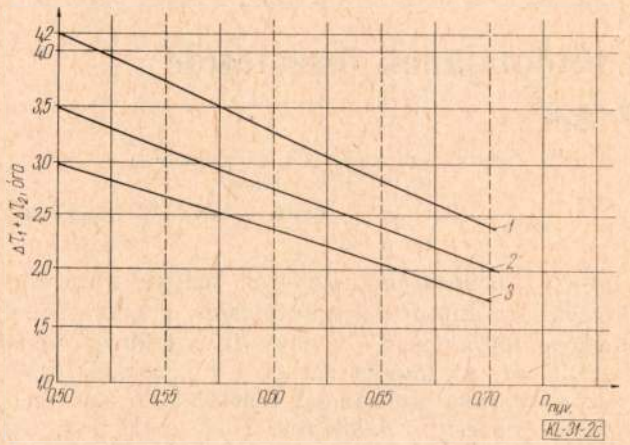
vas hőekvivalense) — még azonos összetétel esetén is — az oxigénbevitel módjától függően különböző lehet.

Gyakorlati értékelés

A nyersvasban levő Si- és Mn-tartalom változásának hatását a fémfürdő által felvett különböző hőmennyiségek (3. ábra) és nyersvas-hulladék arányok (4. ábra) mellett, csak az adag első periódusára vizsgáltuk, mert a nyersvas Si-tartalma

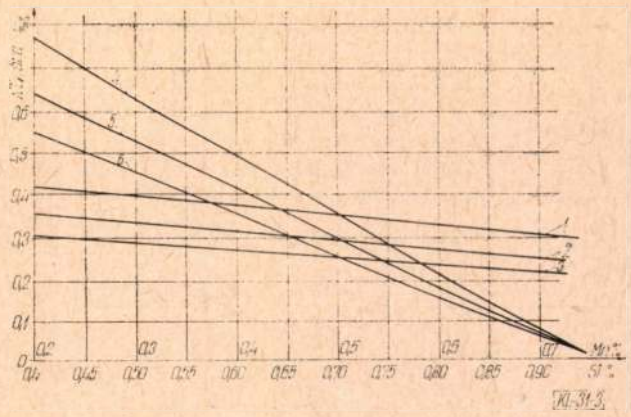






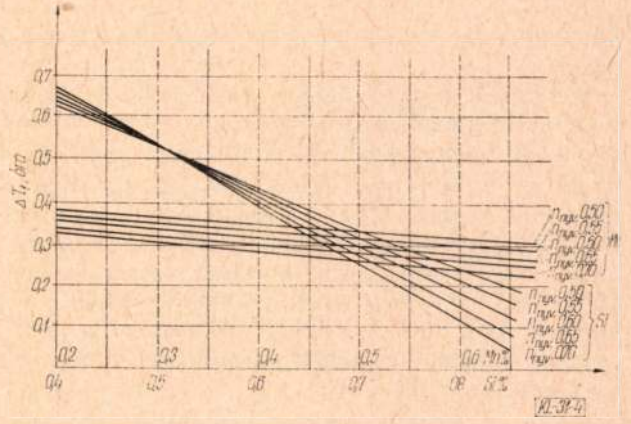
2. ábra. Az olvasztás időszakainak változása a nyersvas-hulladék arány és a betét által a lángból felvett hőmennyiség függvényében

Az ábrán feltüntetett számok a betét által felvett hőmennyiség különböző értékeit jelentik: 1. q_{felv} = 92 000 kcal/m², ó, 2. 110 000 kcal/m², ó; 3. 128 000 kcal/m², ó



3. ábra. A nyersvasban levő Mn (1—3 görbe) és Si (4—6 görbe) tartalom változásának hatása az első periódus ($\Delta\tau_1$) időtartamára különböző felvett külső hőmennyiségek (q_{felv}) esetén

Az ábrán látható számok különböző felvett hőmennyiségekre vonatkoznak, [1, 4] q_{felv} = 92 000 kcal/m², ó; [2, 5] 110 000 kcal/m², ó; [3, 6] 128 000 kcal/m², ó



4. ábra. A nyersvasban levő Si- és Mn-tartalomváltozásának hatása az első ($\Delta\tau_1$) periódus időtartamára különböző nyersvas-hulladék arányok esetén

ez idő alatt gyakorlatilag teljesen, Mn-tartalma pedig olyan mértékben oxidálódik, hogy utána a Mn-tartalom a fürdőben lényegesen nem változik. Ezek alapján a nyersvas Si- és Mn-tartalma a második periódus időtartamára nem fejt ki jelentős hatást.

A 3. és 4. ábrák görbéi azt mutatják, hogy a nyersvas Si-tartalmának a növekedése sokkal erőteljesebben csökkenti az első periódus időtartamát, mint a nyersvas Mn-tartalmának változása.

A fentiekben közölt vizsgálatok eredményei alkalmasak arra, hogy a hulladék-oxigén eljárás gyakorlati megvalósításához minőségi, és közelítő mennyiségi adatokat szolgáltassanak. Meg kell említeni, hogy a kapott eredmények optimális üzemmenetet feltételezve érvényesek, ezért a gyakorlati megvalósítás során néhány lényeges szempontot még figyelembe kell venni. Ezek közül kiemelünk egy általunk fontosnak tartott és az egész folyamatra meghatározó jelleggel bíró tényezőt, nevezetesen az oxigénes fúvatás kezdeti időszakában a kellő hígfolyósságú és bázicitású salak kialakításának szerepét, amelyet irodalmi beszámolók szerint az LD—AC és OBM eljárások úgy

1. táblázat

Néhány elem hőekvivalense bázikus acélgyártási folyamat feltételei között, kcal/kg' elem

Elem	Oxidálószerek							Megjegyzés
	Oxigén		levegő	CO_2	H_2O	Fe_3O_4		Salakban levő vegyületek, melyeket a számításnál figyelembe vettünk
	1500 °C	25 °C	25 °C	1500 °C	1500 °C	25 °C	700 °C	
Si	9490	9060	7490	4715	5780	5020	4400	700 °C-nál Ca_2SiO_4; CaO
	8930	8500	4155	4155	5220	4460	3840	25 °C-nál; Ca_2SiO_4; CaO
Mn	1880	1790	1375	665	935	1765	585	MnO
P	9380	8890	7160	3500	4040	2630	1260	700 °C-nál $(CaO)_4 \cdot P_2O_5$; CaO
	8860	8370	6585	2980	3520	2310	740	25 °C-nál $(CaO)_4 \cdot P_2O_5$; CaO
C	2140	1640	—145	—3615	—2440	—3550	—4060	a karbonból 95% CO, 5% CO_2
Fe	1700	1555	1035	— 495	— 140	—	—	Fe_3O_4

oldottak meg, hogy mészport kevernek az oxigén áramba.

Ismeretes, hogy minden oxigén-felhasználással történő acélgyártásnál a fúvatás kezdetén először bizonyos mennyiségű vas oxidációja mellett a nyersvas Si-tartalma oxidálódik, ugyanakkor a mész csak korlátozott mértékben oldódik a salakban [3]. A képződött salak bázicitása kicsi, nagymennyiségű vasszilikátot tartalmaz, amely a tűzálló bélés CaO és MgO tartalmával kölcsönhatásba lépve, annak elhasználódását elősegíti. Ezt bizonyítják az alábbi reakciók normál szabadentalpia változásának értékei [4]:

$$SiO_2 + FeO = Fe_2SiO_4$$
$$G^\circ_{1800\,K^\circ} = -3110 \text{ cal/mol},$$
$$Fe_2SiO_4 + 2\,CaO = Ca_2SiO_4 + 2\,FeO$$
$$G^\circ_{1800\,K^\circ} \equiv -30750 \text{ cal/mol}.$$

Az említett időszakban a képződött salak a feloldatlan CaO miatt erősen viszkózus, makroheterogén szerkezetű, ennek következtében a lángból a fürdő felé irányuló hőátadás romlik, ami az adagidő elhúzódását eredményezi.

A fentiek figyelembevételével akkor érhető el a megfelelő termelékenység, ha a fúvatás kezdeti időszakában sikerül megfelelő hígfolyósságú és bázicitású salakot nyerni, amely nagy reakcióképessége folytán kisebb tűzállóanyag elhasználódás mellett biztosítja a metallurgiai folyamatok gyors végbemenetelét.

IRODALOM

[1] *Glinkov, M. A.—Filimonov, Ju. P.—Jurevics, V. V.:* Rasztvorenyije sztalnovo cilindra v zsidkom csugune: — Izvesztyija. VUZ Csernaja Metallurgija 1971. 3. sz. 160—162. old.

[2] *Glinkov, M. A.:* Teplovaja rabota sztaleplavilnüh vann. — Izd. Metallurgija, 1970.

[3] *Javojszkij, V. I.:* Teorija processzov proiszvodsztva sztali, Metallurgija Moszkva, 1967. 265. old.

[4] *Simon, S.:* Acélgyártás I. Az acélgyártási folyamatok elmélete: Tankönyvkiadó, 1968.

Siemens-Martin kemencék fűtőolajának összetétele és sajátságai

POGÁNY LÁSZLÓ okl. vegyészmérnök, okl. mérnökközgazdász
Kőolaj- és Földgázbányászati Ipari Kutató Laboratórium

TAKÁCS ISTVÁN okl. kohómérnök
Dunai Vasmű

DK.: 669.183.21 : 662.753.3

A tanulmány a Dunai Vasmű és a Csepel Vas- és Fémművek SM-üzemében végzett nagyüzemi kísérletek] előkészítését és eredményeit ismerteti. Szerzők bemutatják hipotézisüket, amely a nagy Conradson-számú maradék-fűtőolajok tüzeléstechnikai sajátságait az égésfolyamatok, a sugárzás transzportelmélete és a fűtőolaj kolloid sajátsága alapján értelmezi.

Bevezetés

A kis kéntartalmú és viszonylag nagy Conradson-számmal (kokszmaradékkal) rendelkező kohászati fűtőolaj behozatalát 1965-től kezdve megszüntették. Az import megszüntetésére a kedvezőtlen fizetési feltételek és a nagy fuvarköltség miatt került sor. Az import váratlan kimaradása elsősorban a dunai szállítással ellátott kohászati üzemeket érintette; a kőolajfeldolgozó ipart pedig az ellátás megoldásának feladata elé állította. A megoldás átmeneteknek ígérkezett, mivel ekkor már megkezdődött az átállás földgáztüzelésre.

A viszonylag rövid, kereken 2 éves átmeneti időszakban nagyüzemi kísérleteket végeztünk az im-

port kohászati fűtőolaj helyettesítésére. A közleményben beszámolunk a kísérletsorozat előzményeiről, eredményeiről és tapasztalatairól.

A kísérletekre vonatkozó ismeretek

Áttekintést nyújtunk azokról az ismeretekről, amelyek — megítélésünk szerint — meghatározták a kísérletek menetét. Az információk részben már régebben rendelkezésre álltak, részben a kísérletek idején váltak ismertté.

A hazai kőolajipart ebben az időben intenzíven foglalkoztatta a fűtőolaj-választék kérdése [1]. A rendelkezésre álló kőolajfajtákból — a bitumen-, a gázolaj- és kenőanyag-szükséglet kielégítése mellett — a feldolgozáshoz viszonyítva sok, nagy viszkozitású desztillációs maradék keletkezett. A szabványosnál nagyobb viszkozitású maradékokhoz, értékesíthető fűtőolaj előállítása céljából, könnyebb termékeket kellett keverni.

A Komáromi KV kutató laboratóriumában megvizsgálták a fűtőolaj-termeléshez felhasználható maradékokat és párlatokat; a fűtőolaj komponensek választékát és viszkozitását az *1. táblázat* mutatja.

A két komponensből álló keverék-fűtőolajok keverési arányát, valamint számított és mért viszkozitását a *2. táblázatban* foglaltuk össze. A mért viszkozitás eltért az Ubbelohde-f. viszkozitáslap alapján számított értéktől. Az eltérés nagysága a K-termék arányának csökkenésével általában monoton nő. A csak romaskinói maradékokból álló keverékek (N_1—K_1 és N_2—K_1) sajátsága némileg eltér. Az eltérés iránya a K-termék arányával — a hígítással — változik: kis K-termékaránynál pozitív, nagy K-termékaránynál negatív. Az irányváltás eléréséhez nagyobb viszkozitású N-termék esetén nagyobb K-termékarány szükséges.

A keverék-fűtőolajok szokásostól eltérő viszkozitástulajdonságát a kőolajok kolloidkémiája [3] és a bitumenek szerkezete [4] ismeretében értelmezhetjük. A kőolajban levő nagy molekulasúlyú vegyületek, elsősorban az aszfaltének, gömb alakú micellákból álló diszperz fázist képeznek. A micellákat az aszfaltén-molekulák poláros gyökei révén asszociálódó micellamag és a kifelé orientálódó organofil gyökökhöz intermolekuláris erőkkel kapcsolódó szolvátburok alkotja. A nagy viszkozitású maradékokban az aszfaltének feldúsulnak, a kolloid térfogat a teljes térfogathoz viszonyítva számottevő.

A K-termék bekeverésével csökken az átlagos molekulasúly, s ennek megfelelően a viszkozitás. Ugyanakkor megváltozik a kolloid rendszer egyensúlyi állapota: egyrészt nő az intermicelláris fázis térfogata a kolloid térfogat rovására, másrészt csökken az intermicelláris fázis viszkozitása, lehetővé válik a szolvátburkot alkotó agregátumok átrendeződése, ami a kolloid térfogat viszonylagos növekedéséhez vezet. Nagy K-termékaránynál az intermicelláris térfogat növekedése dominál, a viszkozitás-anomália negatív. Kis K-termékaránynál ellenben a kolloid térfogat növekedése kerül előtérbe, pozitív irányú viszkozitás-anomália jelentkezzik.*

A nagy aszfalténtartalmú fűtőolajok kokszolási maradéka is nagy. A viszonylag legnagyobb aszfalttartalommal (Conradson-számmal) rendelkező termék N_1—K_5 keverési arány mellett állítható elő. A tapasztalatok alapján a Komáromi KV berendezkedett a különböző kéntartalmú és viszkozitású nagy Conradson-számmal rendelkező, ún. kohászati fűtőolajok nagyüzemi gyártására.

A Budapesti Műszaki Egyetem Kémiai Technológiai Tanszékén tanulmányozták a fűtőolaj jellegének befolyását a Siemens—Martin-kemencék (SM kemencék) üzemmenetére [5].

A vizsgálat, részben a szakirodalom alapján, számos alapvető kölcsönhatásra mutatott rá. Ismertette a fűtőolaj kémiai összetételének és fizikai sajátságainak hatását az olajláng sugárzó képességére. A láng sugárzását okozó koromrészecskék különböző összetételű és forrpontú vegyületekből bomlási reakciók során keletkeznek. A koromképződési hajlam részben a C/H aránytól függ és 12 C/H értékig közel lineárisan emelkedik. A forráspont (és a sűrűség) emelkedésével nő a koromkiválás. A koromképződés másik forrása a nehéz maradékok aszfalténtartalma. A kokszolási maradék (Conradson-szám) szintén jellemző a láng sugárzó képességére.

Korszerű és sokoldalú vizsgálatra alapozva, összehasonlították a Komáromi KV-nál előállított kohászati fűtőolajokat a könnyű kénmentes (FM 60/130) és az import fűtőolajjal. A főbb eredményeket a *3. táblázatban* mutatjuk be. A nagy választék ellenére sem található minden tekintetben legjobb fűtőolaj. Az FM60/130 fűtőolaj kéntartalma és viszkozitása kicsi, de kevés a kokszolási ma-

* Az Ubbelohde-f. viszkozitáslap molekuláris elegyekre érvényes.

1. táblázat

Különböző fűtőolaj komponensek viszkozitása

Nagy viszkozitású maradékok			Kisebb viszkozitású termékek		
Technológiai jellemző	Jel	Viszkozitás cSt/100 °C	Technológiai jellemző	Jel	Viszkozitás cSt/100 °C
Romaskinói vákuum maradék	N1	1434	Romaskinói atm. maradék	K1	33
Romaskinói vákuum maradék	N2	462	Paraffinos párlat	K2	20
Nagylengyeli atm. maradék	N3	377	Paraffinos párlat	K3	7,0
Nagylengyeli atm. maradék	N4	247	Paraffinos párlat	K4	3,6
			Nehéz gázolaj	K5	2,4

2. táblázat

Keverék-fűtőolajok ismérvei

Keverő komponens jele	Keverési arány, s%	Viszkozitás, cSt/100 °C		
		számított	mért	eltérés
N1—K1	50,0—50,0	167	155	—12
N1—K2	58,9—41,1	167	148	—19
N1—K4	78,3—21,7	167	172	+5
N1—K5	82,5—17,5	167	172	+5
N2—K1	66,1—33,9	167	159	—8
N2—K2	73,8—26,2	167	157	—10
N2—K3	83,4—16,6	167	163	—4
N2—K4	87,7—12,3	167	168	+1
N2—K5	90,0—10,0	167	170	+3
N3—K1	71,2—28,8	167	162	—5
N3—K2	78,3—21,7	167	165	—2
N3—K3	86,8—13,2	167	170	+3
N3—K4	89,7—10,3	167	169	+2
N3—K5	91,8— 8,2	167	181	+14
N3—K5	94,0— 6,0	200	232	+32
N4—K1	82,7—17,3	167	162	—5
N4—K2	87,3—12,7	167	165	—2
N4—K4	93,9— 6,1	167	176	+9
N4—K5	95,7— 4,3	167	184	+17

3. táblázat

Kohászati fűtőolajok jellemzői

Ismérv	Komáromi KV kohászati fűtőolajok				Nyírbogdányi KV FM 60/130 fűtőolaj			Román import fűtőolaj	
Minta száma	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sűrűség 20 °C-on	0,980	0,989	0,970	0,970	0,900	0,914	0,919	0,959	0,959
Viszkozitás,									
cSt/100 °C	165	137	155	65	8,5	9,6	10,2	20,3	14,1
E°/100 °C	22	18	21	8,6	1,7	1,8	1,8	2,9	2,2
Dermedéspont, °C	9	3	32	7	34	34	34	6	8
Kéntartalom, S %	0,6	2,7	0,9	1,1	0,5	0,7	0,6	0,5	0,6
Kokszolási maradék, %	13	17	13	13	4,3	4,8	5,6	10,4	8,8
C/H arány	7,9	9,6	7,5	7,4	6,8	7,0	7,2	7,8	7,7
Átlag mólsúly	540	510	510	470	410	390	430	420	390

radék. A román import fűtőolajnál a kis kéntartalomhoz és viszkozitáshoz mintegy kétszer akkora kokszolási maradék tartozik. A kohászati fűtőolajok kokszolási maradéka közel háromszoros, de nagy a viszkozitás, a kéntartalom pedig széles értéktartományban változik.

Segít a tájékozódásban az alkalmazott minősítő eljárás, amely a kokszolási maradék és a C/H arány alapján rangsorolja a fűtőolajokat *(1. ábra)*. A minősítés szerint a láng sugárzó képessége a„2" típusú kohászati fűtőolajnál a legnagyobb, a vonalazott területre eső fűtőolajoknál kicsi, a többinél közepes.

A tanulmány arra is felhívja a figyelmet, hogy az SM kemencék teljesítményét és termikus munkáját, a láng sugárzó képessége mellett, számos egyéb fontos tényező is befolyásolja.

A KGM Tüzeléstechnikai Kutató Intézetében — az SM kemencék tüzeléstechnikájának fejlesztésére irányuló kutató munka során [6], foglalkoztak a láng sugárzó képességének vizsgálatával.

Az első fázisban azt állapították meg, hogy a láng sugárzó képességét elsősorban a tüzelési körülmények befolyásolják, a fűtőanyag minőségének kisebb a szerepe. Viszonylag állandó feltételek mellett a fűtőolajláng sugárzó képessége jelentősen eltért az egyéb tüzelőanyagok (pl. földgáz, kohógáz) lángjának sugárzó képességétől.

Később, a lehetőségeknek megfelelő állandó körülmények között, számos könnyű fűtőolaj és néhány nehéz (nagy aszfaltén-tartalmú) fűtőolaj lángjának sugárzó képességét hasonlították össze. A sugárzási együttható lefutásának karakterisztikus tartományát az égőtől mért távolság függvényében a *2. ábra* mutatja be. A könnyű fűtőolajokra az „a" jelű tartomány, a nagy aszfalténtartalmú fűtőolajokra a „b" jelű tartomány jellemző. Az „a" jelű lefutás (maximum és az azt követő gyors leszálló ág) megegyezik a szakirodalomból ismert képpel [7]. A „b" jelű lefutás (közel azonos, nagy ε-érték a lánghossz mentén, lassú leszálló ág a végén) arra mutat, hogy nagy aszfaltén-tartalmú kohászati fűtőolajokkal a szokásosnál intenzívebben és egyenletesebben sugárzó láng alakítható ki.

A kohászat általában az olajfelhasználás növelésével elégítette ki gyorsan emelkedő fűtőanyagszükségletét.

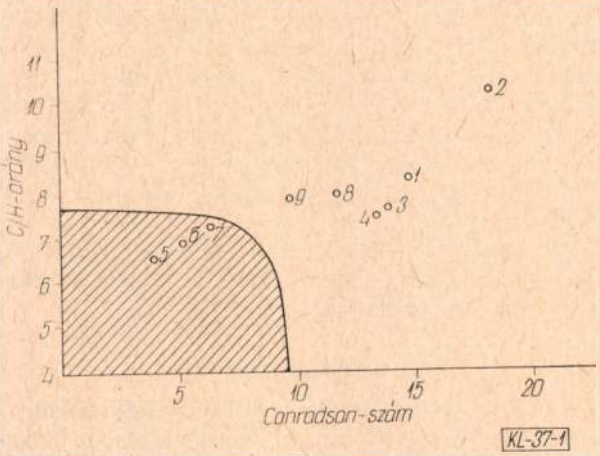
A Szovjetunióban megvizsgálták a paraffinos, kénes kőolajból származó maradék-fűtőolajok kohászati felhasználásának lehetőségét.

A mérések szerint a maradék-fűtőolajok növelték a láng sugárzó képességét, az olajláng sugárzó képessége a fűtőolaj Conradson-számával párhuzamosan emelkedett [8]. Ezután több szovjet kohászati közlemény számolt be arról, hogy SM kemencékben jó eredménnyel és káros következmény nélkül alkalmaztak 2—4 E°/100 °C viszkozitású, mintegy 2% kéntartalmú és 10%-knál nagyobb Conradson-számmal rendelkező fűtőolajat.

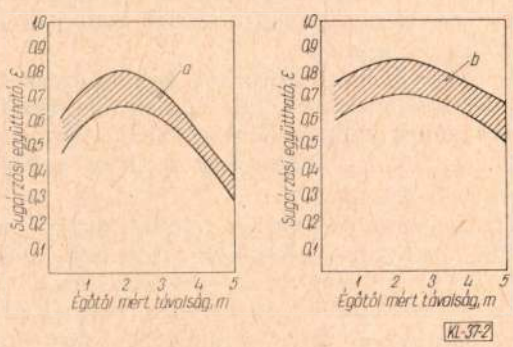
A szakfolyóiratok a viszonylag nagy kéntartalmú fűtőolaj felhasználásával járó technológiai hátrányokra és gazdasági előnyökre is rámutatnak. Az SM üzemi energetikusok továbbképzését célzó lengyel közlemény [9] bemutatja a beszerezhető fűtőolajok választékát. *(4. táblázat)*

A választékkal kapcsolatban megjegyzi, hogy „... az acélművek — az alacsony ár miatt — 2. és 3. jelű fűtőolajat használnak (a kéntartalom 2—3 g/1000 kcal). Ez nehezíti az acél előírt kéntartalmának elérését és növeli az olvasztási folyamat időtartamát". Megemlíti a V- és a S-korrózió lehetőségét.

A fűtőolajminőség és a felhasználási mód megválasztása — az általános és a helyi termeléstechnológiai, tüzeléstechnikai és gazdasági követelmények ismeretén és egyeztetésén alapuló — felelősségteljes döntést jelent. A döntést, az ismertetett feltételek mellett, kohászatunk szakembereinek kellett meghozni.



1. ábra. Kohászati fűtőolajok minősítése



2. ábra. Fűtőláng sugárzó képessége

4. táblázat

Lengyelországi fűtőolajok paraméterei

Ismérv	Fűtőolaj jele		
	1.	2.	3.
Viszkozitás, E°/50 °C	12	—	—
Viszkozitás E°/80 °C	—	6	15
Dermedéspont, °C	—5	+30	+30
Kéntartalom, S%	1,0	2,5	3,0
Beszerzési árarány kb.	1,8	1,4	1,0

Az SM-üzemi kísérletek

A Dunai Vasmű SM üzeme [10, 11] 1954-ben kezdte meg munkáját egy kemencével. A kemencék számát rövidesen négyre emelték. A félventouri típusú kemencéket Maerz-típusúra, majd Maerz—Boelens-típusra alakították át. Növelték a kemencék befogadó képességét, az adagsúly 125 t-ról 170 t-ra emelkedett. A kemencék időkihasználásának növelését célozta a fenékjavítás korszerűsítése, a feszített boltozatok átalakítása függesztett boltozatokká és a Cowper-regenerátor rács átépítése Maerz-regenerátor ráccsá.

A fűtőanyagok választéka és aránya többször módosult. Kezdetben fűtőolajat és kohógázt, később fűtolajat és kamragázt használtak fel. A kamragáz arányát átmenetileg 30%-ról 60%-ra emelték, majd fokozatosan 20%-ra csökkentették. A fűtőolajarány növelésével párhuzamosan a fűtőolaj Conradson-számát is emelték. 1966. végével földgáz és kátrányolaj felhasználására tértek át. A hőfelhasználás csökkentése érdekében kisebbítették a vízzel hűtött felületek nagyságát, tökéletesítették a kemencék tömítését. Az optimális levegőfelesleg beállítása céljából állandó levegőmennyiséggel tüzeltek.

A sokfajta intézkedés hatására a gazdasági eredmény növekedett, bár egyes műszaki paraméterek átmenetileg romlottak. A Maerz—Boelens-típusú kemencék alkalmazása pl. növelte a hőfogyasztást és a tűzálló tégla felhasználását, a gazdaságosság hosszabb távon mégis javult a kemence-teljesítmény növekedése és a földgáz viszonylag alacsony kaloria-egységára következtében.

A kis kéntartalmú kohászati fűtőolaj behozatalának megszüntetésekor a Dunai Vasmű a 2. táblázatban „2" számmal jelzett kohászati fűtőolaj felhasználás mellett döntött. Az igen nagy Conradson-számmal rendelkező fűtőolaj viszonylag nagy kéntartalmát és viszkozitását könnyű fűtőolaj (FM 60/130) rendszeres hozzákeverésével csökkentették. Ezt a megoldást a fűtőolajüzem rugalmas anyagmozgató, tároló és melegítő kapacitása tette lehetővé. Az SM üzem részére a 60% „2" típusú kohászati fűtőolajból és 40% könnyű fűtőolajból álló keverék bizonyult a legalkalmasabbnak. Az SM kemencékben 1965 második felében és 1966-ban — 80: 20 fűtőolaj/kamragáz arány mellett — kereken 80 ezer t fűtolaj keveréket használtak fel az alábbi jellemzőkkel:

viszkozitás, E°/100 °C ..... 5—7
kéntartalom, S% ..... 2,1—2,3

kokszolási maradék, % ..... 12—14
C/H arány ..... 8,5—9,0

A kísérleteknek tehát elsősorban arra kellett választ adni, hogy a hazai viszonyok között szokatlanul nagy kéntartalmú fűtőolaj miként befolyásolja az SM üzem technológiai és termikus munkáját. A fontosabb műszaki mutatók a kérdéses időszakban a *5. táblázat* szerint alakultak [10, 11].

Az acélmű alkalmas technológiával kiküszöbölte a fűtőanyag viszonylag nagy kéntartalmának káros hatását, az acélok kéntartalma gyakorlatilag változatlan maradt. A műszaki paraméterek szerint a termelésben és a hőgazdálkodásban előnyös változásokat tapasztaltak. A fűtőolajminőség változásából származó eredmények egyértelmű megállapítása azonban problematikus, mivel a műszaki mutatók — amint azt bemutattuk — sokfajta intézkedés együttes eredményét tükrözik. Nem lehetett meghatározni azt, hogy az évi mintegy 25 ezer t acéltöbblet, vagy az évi közel 2 ezer t-val nagyobb tűzállótégla felhasználás milyen mértékben tulajdonítható az új kemencetípusnak, az új fűtőolajminőségnek, vagy egyéb tényezőnek. Egyedül a fajlagos hőfogyasztásra készült becslés. A becslés szerint az új fűtőolajminőség bevezetését követő esztendőben mintegy 40 Tcal hőmegtakarítást értek el az előző időszakhoz képest és a megtakarításnak kereken 30%-a származhatott a fűtőolajcseréből.

A Csepeli Vas- és Fémművek SM üzemét régebben helyezték üzembe. A termelés feltételei — a nyersanyag, a technológia és számos egyéb körülmény is — mások, mint a Dunai Vasműben. Az eltérésekről a műszaki praméterek tájékoztatnak. Csepelen — pl. 1966-ban — az acéltermelés és a fajlagos kemenceteljesítmény kereken egyharmada, a fajlagos hőfogyasztás pedig közel másfélszerese volt, mint a Dunai Vasműben.

A kemencéket részben fűtőolajjal, részben fűtőolajjal és földgázkeverékkel fűtötték. A földgázra való átállás már régebben megkezdődött, a vegyes tüzelésnél a földgáz aránya elérte a 30—50%-ot.

A kohászati fűtőolaj-behozatal megszüntetésekor főként minőségi meggondolásból FM 60/130 fűtőolaj átvétele mellett döntöttek. Elhatározták továbbá a 2. táblázatban „1" számmal jelzett kohászati fűtőolaj kipróbálását, de a korlátozott lefejtési és melegítési lehetőség miatt a termék viszkozitását és a kokszolási maradékot is csökkenteni kellett.

A kísérletek során arra kerestek választ, hogy — fűtőolajtüzelés és fűtőolaj/földgáz vegyes tüzelés mellett — az import fűtőolajhoz viszonyítva, milyen eredménnyel használható fel az FM 60/130 jelű és az „1" típusú kohászati fűtőolaj. A fűtőolajok minőségi jellemzőinek szélső értéke, csepeli mérés szerint, a *6. táblázatban* látható.

5. táblázat

A Dunai Vasmű SM üzemének műszaki mutatói

Mutató	1964	1965	1966
Acéltermelés, ezer t	601	616	652
Acél átlagos kéntartalma, S%	0,033	0,036	0,036
Kemenceteljesítmény, t/ó	19,4	20,0	21,7
Fajlagos hőfogyasztás, Gcal/t acél			
az SM kemencéknél	1,07	1,07	1,02
az Acélműben	1,12	1,09	1,05
Fajlagos tűzálló tégla felhasználás, kg/t acél	16,5	20,2	23,0

6. táblázat

A különböző fűtőolajok jellemzői csepeli mérések alapján

Jellemző	Import	FM 60/130 jelű	„1" típusú kohászati
	fűtőolaj		
Viszkozitás, E°/100 °C	1,3— 2,4	1,1—1,5	1,8— 3,0
Kéntartalom, S%	0,5— 1,0	0,5—0,9	0,6— 0,9
Kokszolási maradék, %	6,5—10,0	4,2—5,8	9,0—12,0

A kemencék teljesítményét és hőfogyasztását, a tüzelési körülményeknek megfelelően csoportosítva a *7. táblázat* mutatja be. Feltételezve, hogy az eltéréseket a tüzelési körülmények okozzák, az eredményekből az alábbi következtetések adódnak:

— Fűtőolajtüzelésnél az FM 60/130 jelű fűtőolaj teljesítmény szempontjából előnytelennek, az „1" típusú kohászati fűtőolaj hőfogyasztás tekintetében kedvezőnek mutatkozott. Vegyes tüzelésnél a fűtőolaj minőségét az olaj/gáz aránnyal egyidejűleg változtatták, ezért nehéz egyértelmű következtetésre jutni. A részletes értékelés az import fűtőolaj minimális előnyére mutat. Csepeli feltételek mellett a fűtőolajválasztéknak nincs döntő szerepe.

— A vegyestüzelés mind teljesítmény, mind hőfogyasztás szempontjából kedvezőbbnek mutatkozott az olajtüzelésnél.

Következtetések

A kísérletek eredményeit és tapasztalatait megkíséreljük néhány általános következtetésben összefoglalni. A gondolatmenet a folyadékpárolgás és a gázégés folyamatain, a szilárd karbonégés folyamatain, a hőmérsékleti sugárzás transzportelméletén [12], valamint a fűtőolajok kolloidkémiáján (2. fejezet) alapul.

A kőolajok és a bitumenek kolloid szerkezetére vonatkozó ismeretek alapján a maradék-fűtőolajokat is kolloid rendszernek tekinthetjük. A maradékfűtőolajok kolloid sajátságai azonban kevéssé ismertek.

Megfigyeléseink alapján feltételezhető, hogy a kőolajból előállított maradék-fűtőolajok micelláris szerkezetű polidiszperz kolloid rendszerek. A micellák micellamagból és szolvátburokból állanak A szolvátburok lehet homogén, vagy kettős. Utóbbi esetben, az erősebben kötődő, rendezettebb

7. táblázat

A tüzelési körülmények és a műszaki mutatók kapcsolata a csepeli SM -üzemben (1966)

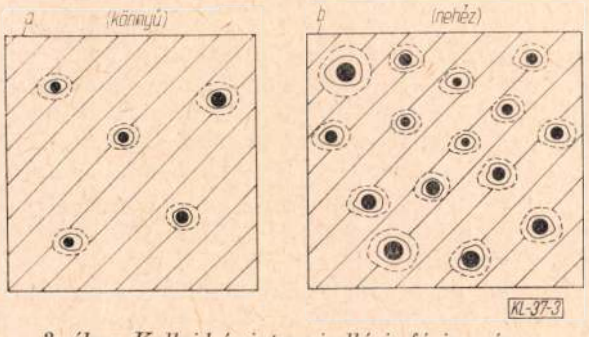
Tüzelési körülmények	Fajlagos kemence-teljesítmény t/óra	Fajlagos hőfogyasztás, Gcal/t acél
Fűtőolaj-tüzelés		
Import fűtőolaj	6,56	1,67
FM 60/130 fűtőolaj	6,34	1,66
„1" típ. kohászati fűtőolaj	6,52	1,76
Vegyestüzelés		
Import fűtőolaj, olaj/gáz arány 60 : 40	7,28	1,43
FM 60/130 fűtőolaj, olaj/gáz arány 67 : 33	7,46	1,52
„1" típ. kohászati fűtőolaj, olaj/gáz arány 50 : 50	7,50	1,42

belső réteg mellett, egy kevésbé rendezett, lazán kötődő külső réteg is kialakul.

A kolloid rendszer jellegét (a micellamagok számát, átlagos nagyságát és eloszlását) alapvetően a kőolajban levő vegyületek kémiai összetétele és aránya szabja meg. A kolloid rendszer állapota — a kolloid térfogat és az intermicelláris térfogat aránya, a micellák szerkezete (a szolvátburok nagysága, a belső és a külső réteg aránya) — a termelési műveletek (desztilláció, keverés, tárolás stb.) során kisebb-nagyobb mértékben módosulhat.

A kolloid térfogat és a micellák átlagos nagysága nagy aszfaltén-tartalmú (nehéz) maradék-fűtőolajoknál nagyobb, mint kis viszkozitású (könnyű) fűtőolajok esetében. Az arányokat — vázlatosan — a *3. ábra* szemlélteti.

Az égés folyamán, a kialakuló statisztikus eloszlásnak megfelelően, az intermicelláris fázisban levő folyékony szénhidrogének gyorsabban, a szolvátburkot alkotó folyékony szénhidrogének — feltehetően a micellák nagyságának megfelelően — viszonylag lassabban párolognak el és gyulladnak



3. ábra. Kolloid és intermicelláris fázis aránya fűtőolajokban

meg. A nagymolekulájú, karbonképzésre hajlamos vegyületekből asszociálódott micellamagok az égés időtartamának hosszú szakaszában folyamatosan „szabaddá" válnak. A micellamagot alkotó vegyületek bomlása révén különböző méretű, laza szerkezetű karbonrészecskék keletkeznek. A karbonrészecskék folyamatos égése eredményezi a jellegzetes — a lánghossz mentén közel egyenletes — emissziós karakterisztikát. Jól méretezett turbulens diffúziós lánggal intenzív sugárzásos energiatranszportot érhetünk el, gyakorlatilag az egész hőátadó felület mentén.

A berendezések termikus munkája a láng sugárzó képességének növelésével általában javítható. A sugárzó képesség azonban a sok tényező közül az egyik és nem a legdöntőbb. Előtérbe akkor kerül, ha

— lényeges a sugárzásos hőátadás, és

— a technológiai és a tüzeléstechnikai feltételek a szükséges színvonalon biztosíthatók.

Az SM kemencénél a sugárzás szerepe az átlagosnál nagyobb, különösen a gyártás befejező szakaszában. A sugárzó láng fontosságának megítélését több körülmény befolyásolja:

— a nyersanyag és a technológia eltérő feltételeket hozhat létre;

— a hőátadás szerepe az acélgyártás különböző szakaszaiban eltérő, ezért a tüzelési mód változtatása célszerű, a tüzelési mód gyakori váltogatása nem előnyös, az acélgyártás szakaszainak időtartama nem egyforma;

— a technikai követelmények mellett fontos szerep jut a gazdasági mérlegelésnek, elsősorban a fűtőanyagáraknak.

IRODALOM

[1] *Pogány L.:* A fűtőolaj-gazdálkodás lehetőségei hazánkban. Ipari Energiagazdálkodás 8. 5. (1967).

[2] Nehéz fűtőolaj termelés. Kőolaj- és Gázipari Tájékoztató. 1965. 113.

[3] *Neumann, H. J.* :EK. 18. 865. (1965).

[4] *Vajtáné, Dr. Králik Zs.—Dr. Vajta L.:* A bitumenek kémiai szerkezete... Útépítő technológusok konferenciája, II. kötet, 19. (1964).

[5] Budapesti Műszaki Egyetem, Kémiai Technológiai Tanszék: Siemens—Martin kemencében használt fűtőolajok minősítő vizsgálata (1967).

[6] *Csirmaz I.:* Az SM acélgyártás korszerűsítésének néhány kérdése. Energiagazdálkodás. XI. 12. 531. (1970).

[7] *Ónódi A.:* Az olajláng kialakulását befolyásoló tényezők. Energiagazdálkodás. XI. 11. 516. (1970).

[8] *Glinkov, M. A.—Proszjanov, Ju. F.:* Sztal. 22. 653. (1962).

[9] *Michalowski, M.:* Wiadomesei Hutnicze. 1963. 186.

[10] *Altnéder J.—Takács I.:* A Dunai Vasmű SM kemencéinek fejlődése és műszaki mutatóinak alakulása (Kézirat, 1967).

[11] *Takács I.:* Energiagazdálkodás a Dunai Vasmű Acélművében (Kézirat, 1967).

[12] *Zselev, B.:* Tüzeléstechnikai folyamatok transzportelméleti és hasonlóságelméleti vizsgálata (1964).

Melegen hengerelt szélesszalagok tekercselés előtti lamináris rendszerű szabályozott gyors hűtése

OSZTATNI MIHÁLY okl. kohómérnök
Kohó- és Gépipari Minisztérium Tervező Irodái

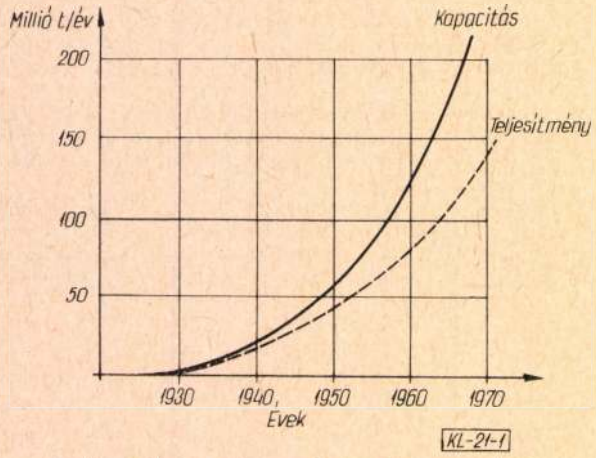
DK: 621.771.23 : 621.565.4

A lamináris szalaghűtés a szélesszalag hengerlés technológiájának egyik napjainkban kialakuló módszere. Kifejlesztését egyrészt a szélesszalag sorok hengerlési sebességének és fajlagos tekercssúlyának a nagymértékű növekedése, másrészt a szalagok minőségével szemben támasztott fokozott követelmények tették szükségessé. A dolgozat elméleti számítás alapján meghatározza egy 1700-as félfolytatólagos szélesszalagsor vízfogyasztását lamináris hűtés esetén.

A korszerű szélesszalag hengerlés technológiájának egy viszonylag kisebb, de az utóbbi időkben egyre nagyobb fontosságú területe az acélszalag tekercselés előtti szabályozott gyors hűtése.

A tekercselés előtti szabályozott szalaghűtés kialakításának és alkalmazásának az ad egyre nagyobb jelentőséget, hogy nagymértékben növekedett a hidegen hengerelt és ezen belül a mélyhúzható, a kiválóan mélyhúzható lemezek iránti igény. Továbbá a hegesztett csövek alapanyagául szolgáló nagyfolyáshatárú melegenhengerelt szalagok iránti igény.

A növekvő mennyiségi igények kielégítésére fejlesztették ki a folytatólagos szélesszalagsorokat. Az első ilyen hengersort 1924-ben az Egyesült Államokban helyezték üzembe, kb. 500 000 tonna éves kapacitással. Ezt követően rohamosan növekedett a szélesszalag termelés egyre újabb és nagyobb teljesítményű hengersorok építése révén. Az *1. ábrán* láthatjuk, hogy a szélesszalag hengersorok összesített éves kapacitása milyen nagy ütemben emelkedett és ma már meghaladja a 200 millió tonnát. A legnagyobb folytatólagos szélesszalag hengersorok éves kapacitása eléri a 4—6 milliót is. Az Amerikai Egyesült Államokban a 41 szélesszalag hengersor éves kapacitása mintegy 80 millió tonna, de ezeken a hengersorokon a termelés 1970-ben csak 48 millió tonna volt. Japán 18 szélesszalag hengersorának éves kapacitása 35 millió tonna. A Német Szövetségi Köztársaságban hat folytatólagos szélesszalagsor dolgozik évi 11 millió tonna kapacitással. A Szovjetunióban több nagyteljesítményű folytatólagos szélesszalagsor dolgozik: így pl. Novo-Lipeckben, Magnitogorszkban, Zsdánovban, Cserepovecben, Karagandában és Zsaporozsecben. A szocialista országokban is egymás után épülnek a szélesszalag hengersorok. Így pl. Bulgáriában a kremekovci kohászati kombinátban, Csehszlovákiában Kassán, Lengyelországban Nova-Hután, Magyarországon a Dunai Vasműben és Romániában a galaci kohászati kombinátban.



1. ábra. Szélesszalagsorok éves kapacitásának növekedése

Ezt a nagy mennyiségi fejlődést jelentős műszaki és technológiai korszerűsítések kísérték. Ezek közül szoros kapcsolat van a tekercselés előtti hőfok alakulása, a fajlagos tekercssúly és a hengerlési sebesség között. A fajlagos tekercssúly és a hengerlési sebesség az 1960. évektől kezdődően, vagyis a folytatólagos szélesszalag hengersorok második generációjának kialakulása után növekedett nagymértékben.

A fajlagos tekercssúlyok az 1960-as évekig 5—10 kg/mm szélesség között változtak, ami 1000 mm-es szalagok hengerlésénél 5—10 tonnás, az 1500 mm széles szalagok hengerlésénél pedig 7—15 tonnás tekercssúlyok alkalmazását tette lehetővé. Az utóbbi évtizedben a fajlagos tekercssúlyok 16—25 kg/mm-re növekedtek. A 16—25 kg/mm fajlagos tekercssúly az 1500 mm széles lemezek hengerlésénél 24—37,5 tonnás tekercssúlyok alkalmazását teszi lehetővé. Egy tervezés alatt álló szuper hengersoron 36 kg/mm fajlagos tekercssúlyt irányoztak elő. Noha ez a fajlagos tekercssúly lehetővé tenné pl. 1500 mm széles szalag hengerlésénél az 52 tonnás tekercssúlyt is, ennek ellenére „csak" max. 45 tonnás tekercssúlyt irányoztak elő azért, hogy ne kelljen nagyobb teherbírású nehéz darukat és csarnokszerkezeteket létesíteni.

A tekercssúlyokkal egyidejűleg növekedett a hengerlési sebesség is, hogy a hengerelt szalag első és hátsó vége közötti hőmérséklet különbséget szűk határok között lehessen tartani. A hengerlési sebesség a kis tekercssúlyoknál 9—11.5 m/s volt. a nagyobb tekercssúlyokhoz 12—12.5 m/s hengerlési sebességek tartoznak. A tervezés alatt álló szuper hengersoron 28.6 m/s hengerlési sebességet irányoztak elő.

Az alkalmazott nagy tekercssúly és a nagy hengerlési sebesség megkövetelte, hogy a tekercselés előtti szalaghűtés technológiáját az új igényeknek megfelelően oldják meg. Fokozta a szalaghűtéssel szembeni igényeket még az is, hogy a tervezők a beruházási költségek csökkentésére a tekercselőket az utolsó hengerállványhoz egyre közelebb igyekeztek elhelyezni. Az utolsó hengerállvány és a tekercsek közötti távolság a nagy teljesítményű hengersorokon is 150 méteren belül van és csak kivételesen éri el a 190 m-t. Ebből a szempontból kü-

lönleges telepítésű a Novo-Lipecki „2000"-es szélesszalagsor, ahol a tekercselőket 200 méterre helyezték el az utolsó hengerállvány után.

A tekercselés előtti szalaghűtéssel szemben további követelményt jelentett az is, hogy a hengersori automatizálás lehetővé tette a sebesség hengerlés közbeni növelését. Ez annyit jelent, hogy a hengerelt szál első végét viszonylag lassabban vezetik be a tekercselőkbe, és amikor a tekercselő a darab végét már befogta, akkor növelik a hengerlési sebességet 0,05—0,1 m/mp² gyorsulással. A szélesszalag sorok termelésének növekedése és berendezéseinek ugrásszerű fejlődése mellett állandóan növekedett az igény a szalagok minőségének javítására is. Fontos tényezővé vált az a követelmény, hogy a szalag teljes szélességében és teljes hosszában egyenletes minőségű legyen és ez az egyenletes minőség a felhasználási célok szerint, adott program alapján ismételhetően beállítható legyen. A minőség mutatóit — a mélyhúzhatóságot, a hegeszthetőséget, a felületjóságot, a mechanikai jellemzőket — az acél kémiai összetétele mellett elsősorban a szalag szövetszerkezete határozza meg. A szalag szövetszerkezetét az utolsó szúrásban adott alakítással, a hengerlés véghőmérsékletével és a tekercselés előtti hűtéssel tudjuk a leghatásosabban szabályozni. Köztudott, hogy az optimális szövetszerkezet eléréséhez a melegen hengerelt szalagokat közvetlenül a hengerlés után olyan mértékben kell gyorsan lehűteni, hogy a tekercselés a Fe-C diagramm Ar_1 pontja alatt menjen végbe. A lágyacéloknál ez a pont általában 675.°C alatt van. Ha a tekercselés ennél kisebb kőmérsékleten történik, a tekercsben való lassú lehűlés már nem rontja a szalag tulajdonságait. Nagy hőfokon való tekercselés és az ezt követő, lassú lehűlés viszont elősegíti a ferritszemcsék növekedését és a cementit kiválását. Ennek következtében olyan szövetszerkezet jön létre, amely a további alakításhoz nem megfelelő és mivel a tekercsben való lehűlésnél a tekercs belső és külső részei, vagyis a szalag eleje, vége és középső része más-más sebességgel hűl, a szalag hosszában is egyenlőtlenek lesznek a mechanikai tulajdonságok.

A hengerelt szalag hőfoka az utolsó hengerállvány után általában 880—900 °C. Vékonyszalag hengerlésekor a hengerlés befejező hőfoka 790, vastag szalag hengerlése esetén 900 °C is lehet. A szalag szövetszerkezete ilyen hőmérsékleten austenites. Ahhoz, hogy a kívánt szövetszerkezetet biztosítsuk, a hengerelt szalagot a hengerlés befejező hőmérsékletéről 6—20 mp alatt kell az Ar_1 átalakulási hőfok alá, vagyis 550—650 °C-ra lehűteni.

A melegen hengerelt szalagok tekercselés előtti hűtésére vonatkozó követelményeket tehát az alábbiakban foglalhatjuk össze:

1. A hűtést, a kívánt szövetszerkezet eléréséhez szükséges hőfokra, szűk határok között (±10 °C) lehessen szabályozni úgy, hogy a hűtési sebesség is szabályozható legyen.

2. A tekercselés hőfoka állandó legyen a szalag egész hosszán, még gyorsuló hengerlés esetén is.

3. A hűtés egyenletes hőfokot biztosítson a szalag teljes szélességén.

4. A hűtést a szalagvastagság és a hengerlési sebesség változásainak megfelelően szabályozni lehessen.

5. A hűtési rendszer tartósan, üzembiztosan, állandó paraméterekkel rendelkezzen.

6. A hűtés szabályozása a hengersor automatikus, esetleg számítógépes vezérlési rendszerébe kapcsolható legyen.

7. A hűtési rendszer jó hatásfokkal használja fel a hűtővíz mennyiségét.

A hengerlés utáni szalaghőmérséklet változás sémáját a *2. ábrán* láthatjuk.

A hőmérséklet esés első szakasza, az utolsó hengerállvány és a hűtőszakasz közötti, általában rövid görgősori szakasz. Ezen a szakaszon a hűlés levegőn, sugárzással történik és a hűlés sebessége 1,5—5 °C/s.

A második szakaszban vízzel hűtik a szalagot. A vízhűtés sebessége 20—40 °C/s. A hűtési sebesség megszabja a hűtési szakasz hosszát is. Természete, hogy minél nagyobb a hűtési sebesség, annál rövidebb lesz a hűtési szakasz hossza. Rövidebb hűtőszakasz a beruházási költségekben jelent megtakarítást.

A harmadik szakaszban ismét levegőn való hűlés következik a tekercselés megkezdéséig. A harmadik szakasz hosszát általában az szabja meg, hogy a tekercselőket egyéb kívánalmak miatt hová célszerű telepíteni.

A melegen hengerelt szalagból azért, hogy a tekercselési hőfokra le tudjuk hűteni, meghatározott mennyiségű hőt kell elvonnunk. A hőelvonás mértékének a kiszámításához rendelkezésünkre állnak, mint ismert adatok:

— az utolsó hengerállvány és a tekercselők közötti távolság;
— a hengerelt szalag vastagsága és szélessége;
— a hengerlési sebesség;
— a hengerelt szalag hőfoka;
— a kívánt tekercselési hőfok.

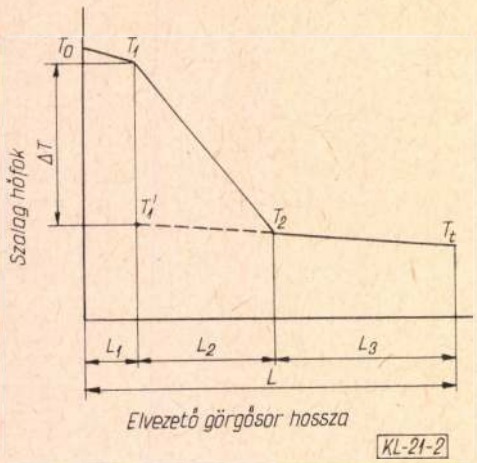
Ezekből az adatokból kell meghatározni a szalaghűtőrendszer típusát és paramétereit.

A szalaghűtő rendszer kialakítására a nagy teljesítményű folytatólagos szélesszalag sorokkal rendelkező országokban több elméleti tudományos kutatást folytattak le, laboratóriumi kísérleteket végeztek és azok eredményeit működő hengersorokon alkalmazták.

Arra vonatkozóan, hogy milyen rendszerű hűtéssel lehet a kívánt eredményeket elérni, az irodalomban eltérő véleményekkel találkozunk.

A szélesszalag hengersorok első generációjának építési idejében szórt vízhűtést alkalmaztak.

Ennek két alapvető elrendezési sémáját a *3. ábrán* láthatjuk. A szórt vízhűtésnek sok típusa alakult ki. Kezdetben egyszerű permetezéssel juttatták a vizet a szalag felületére. Ekkor figyelték meg azt a jelenséget, hogy amint a vízcseppek a szalag felületével érintkezésbe kerültek, azonnal gőzréteg keletkezett, ami a továbbiakban elszigetelte a szalag felületét a víztől és így a hőelvonás nem tudott létrejönni. Ennek megakadályozására a szalag felületén keletkező gőzréteget nagyobb nyomású vízsugarakkal kívánták áttörni.



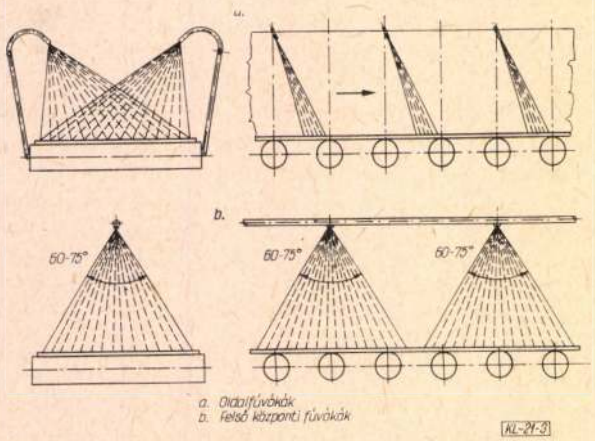
2. ábra. A hengerlés utáni szalaghőmérséklet változás

Ezzel szemben más vélemények szerint nagyobb víznyomásnál a víz túl erősen verődik vissza a lemez felületéről és így szintén nem tudja a hőt a szalagról levezetni. További vélemény volt az is, hogy a vízcseppek felületének van a hőátadásnál jelentősége és mivel a cseppnagyság a fúvóka fajtájától és a víznyomástól függ, ezért adott fúvóka típusnál a víznyomást 5—8 atm kell növelni. Több kutató úgy gondolta, hogy a fúvóka típusának van döntő jelentősége a hőelvonásban, ezért ebben az időszakban a fúvóka típusok sokasága alakult ki.

A permetező vízhűtésnél igen kicsi volt a hűtés hatékonysága és a tekercselési hőfok pontos beállítására egyáltalán nem volt alkalmas.

A nagynyomású fúvókákon keresztül szórt vízhűtésről megoszlanak a vélemények. Vannak olyan üzemek, ahol nagynyomású szórt vízhűtéssel sikerült a hengerelt szalagot a kívánt hőmérsékletre lehűteni és bizonyos mértékű szabályozást is el lehet érni. Általában az a vélemény, hogy a nagynyomású szórt vízhűtésnek is kicsi a hűtési hatásfoka és mindemellett még gondot okoz a fúvókák érzékenysége a víz tisztaságára és ütésre. Továbbá hátrányt jelent az, hogy a nagynyomású szelepek, szabályozó érzékenységük miatt nehezen kapcsolhatók be egy automatikus szabályozási rendszerbe.

Bár a nagynyomású szórt vízhűtéssel a kívánt tekercselési hőfokot már el lehetett érni, az elméleti számítások azt mutatják, hogy a felhasznált



3. ábra. Szélesszalagsorok hűtési rendszerei

hűtővíz mennyisége sokkal nagyobb, mint amennyire szükség lenne a szalagból a kívánt hőfok elérésére elvonandó hő felvételéhez. A kísérletek arra a következtetésre vezettek, hogy a hűtés hatásossága nagymértékben függ az egy időegység alatt a szalagra vezetett vízmennyiségtől, viszont nem függ a víznyomástól. Ez a felismerés vezetett az ún. lamináris vízhűtési rendszer kialakításához.

Ennél a módszernél a hűtővizet kisnyomású és megszakítás nélküli vízsugárban juttatjuk a hengerelt szalag felületére, vázlatát a *4. ábrán* láthatjuk. Lamináris hűtésnél a vízsugarak párhuzamosan és merőlegesen esnek a hengerelt szál felületére, a víz a szalag felületén nem fröcsköl̈ődik szét, hanem a felületen egyenletesen szétfolyik, így a felületen vízréteg keletkezik. Ennek következtében a víz és a szalag érintkezési felülete a legnagyobb ami hatásos hőelvonást tesz lehetővé. A lamináris hűtésnél az optimális vízfelhasználás szempontjából az a legfontosabb, hogy olyan megszakítás nélküli vízfilmet alakítsunk ki a melegszalag felületén, amely egyrészt már megakadályozza a gőzképződést, másrészt pedig, hogy megakadályozzuk ennél vastagabb vízréteg keletkezését, mert e többlet víz már hűtőhatásának kifejtése nélkül folyik le a szalagról. A legkedvezőbb vastagságú folyamatos vízréteg kialakításához szükséges megszakítás nélküli vízsugarakat szifoncsövek segítségével tudjuk előállítani. Ezek szabad kifolyású csövek, amelyek egy víztartályba vannak behelyezve, úgy, hogy a legmagasabb pontjuk magasabban van a tartályban levő víz szintjénél. A hűtőrendszer bekapcsolása esetén a tartály megtelik vízzel és a szifonokon keresztül megindul a víz kifolyása.

A lamináris hűtésre vonatkozó első laboratóriumi vizsgálatokat 1957-ben *Sigalla* végezte el az angol Vas- és Acél Intézetben. Megállapította, hogy a lamináris vízsugarakkal jobb hatásfokkal és gyorsabban lehet a melegszalagot lehűteni, mint permetezéssel, vagy szórt vízhűtéssel. A szórt vízhűtés és a lamináris vízhűtés közötti különbséget még nem tudták számszerűleg kifejezni, de a nagyságrendi eltérések már arra utaltak, hogy a lamináris vízhűtést célszerű kikísérletezni.

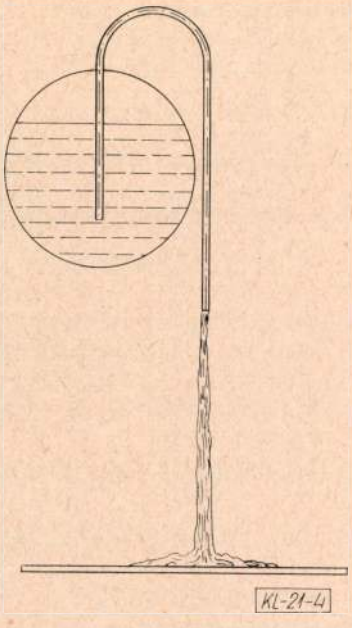
Sigalla elméleti munkáján alapuló konkrét megvalósításokról az 1960-as évektől kezdődően számol be az irodalom. Így pl. *Adcock* 1965-ben ismertette egy „40"-es és egy „1800"-as szalagsoron megvalósított lamináris hűtés eredményeit.

Az NSZK-ban végzett ilyen irányú munkákról számolt be 1969-ben megjelent cikkében *Funke*.

A harmadik generációs nagyteljesítményű hengersorokon általában már lamináris szalaghűtést alkalmaznak, és ennek működtetését a hengersor vezérlő rendszeréhez kapcsolják. Ilyen irányú kísérletekről és üzemi eredményekről számol be például Hollander 1971-ben megjelent cikke, valamint több japán rövid hír.

Ugyancsak 1967-ben jelent meg *Aumann* cikke, amelyben az Egyesült Államokbeli United States Steel keretében végzett, a lamináris hűtés paramétereit meghatározó széles körű laboratóriumi vizsgálatokról számol be.

A Szovjetunió hengersorain megvalósított lamináris hűtésről 1970-ben és 1971-ben jelentek meg



4. ábra. Lamináris vízhűtési rendszer elvi vázlata

először *Szergejev* és *Zaharov* cikkei. A Szovjetunióban a lamináris vízhűtést először a cserepoveci „2800/1700"-as félfolytatólagos soron valósították meg, majd ezt követően a lamináris szalaghűtésre tértek át a zsdanovi „1700"-as és a zaporozssztali „1680"-as hengersorokon és lamináris hűtést terveztek a „2000"-es Novo Lipeck-i folytatólagos sorra.

A Szovjetunió hengersorain elért eredmények arról tanúskodnak, hogy a lamináris hűtés hőelvonási tényezője — különösen vékonyabb szalagok hűtése esetén — 1,5—2-ször nagyobb, mint szórt vízhűtésnél. Ezt azzal magyarázzák, hogy a lamináris vízsugaraknak nagyobb a tömege és mozgási energiája, ezért könnyen áttörik a felületen keletkező gőzréteget és így tökéletes a víz érintkezése a szalag felületével.

Lamináris hűtésnél a hőmérséklet esés 30%-kal nagyobb, ugyanazon vízfogyasztás esetén is, mint a szórt vízhűtésnél. A szalag felületéről való hőelvonás intenzitását a hőátadási tényező jellemzi. Lamináris hűtésnél a hőátadás tényezője 900 kcal/m², óra, fok, szórt vízhűtésnél pedig 450 kcal/m², óra, fok. A hűtés sebessége pedig 33—45 °C/s között változik.

Az utóbbi években lamináris hűtésre tértek, vagy térnek át a régebben épült széles szalagsorok is, az újonnan üzembe lépő hengersorokat pedig már lamináris hűtéssel tervezik.

A lamináris hűtés a hagyományos módszerekkel szemben előnyt jelent. Beruházási eredményként jelentkezik az, hogy a szalagot kisebb vízmennyiséggel lehet lehűteni, csökkenthetők tehát a hűtővizet szállító rendszer méretei, ugyanakkor a lamináris hűtőrendszer megvalósítása az egyszerűbb szerkezeti elemek alkalmazása következtében is olcsóbb.

Üzemviteli előnyként jelentkezik, hogy a lamináris hűtőrendszernek nincsenek sérülékeny részei, karbantartása olcsóbb, szabályozása egyszerűbb és a kívánt tekercselési hőfokot adott program szerint biztosítani lehet.

Különösen nagy jelentőségű a szabályozott szalaghűtés a kiválóan mélyhúzható finom lemezminőségek és a nagyfolyáshatárú csőanyagok hengerlése esetén. A GOSZT szabvány a nagy átmérőjű spirálisan hegesztett csövek alapanyagára többek között a 15GSzTJu minőséget írja elő. Egy ilyen minőségű 1450 mm széles és 10,6 mm vastag szalag lamináris hűtésével, amikor a vízfogyasztás 2500 m³/ó, a hengerlési sebesség 4,6 m/s, a hengerlési hőfok 990 °C, a tekercselési hőfok 680 °C volt, a következő szilárdsági mutatókat érték el:

Szakítószilárdság	61 kp/mm²
Folyási határ	47 kp/mm²
Nyúlás	16%
Ütőmunka	40 °C-on, 5,4 kg/m/cm²

Lamináris hűtés mellett a szakítószilárdság és a folyási határ nagyértékű, 8—10 kp/mm²-es növekedését, és a nyúlás 2—8%-os csökkenését figyelték meg. A mikroszövetszerkezet sorossága pedig a minimálisra csökkent, vagy teljesen megszűnt.

Előnyt jelent az, hogy a lamináris hűtésnél a hengerlési hőfokot a legkedvezőbb szinten lehet tartani és nem szükséges a hengerlési technológiát úgy szabályozni, hogy a kilépő hőfok csökkentése érdekében a készsor előtt közbenső hűtést alkalmazzunk. Optimális hőmérsékleten végzett hengerlés megkönnyíti az alakítást, csökkenti a henger- és energiafogyasztást.

A szalag hűtéséhez szükséges vízmennyiséget elméleti számításokkal a következőképpen határozhatjuk meg:

A lemez és a felületén képződő vízréteg között a hőáramsűrűség

$$q = \lambda \frac{T_1 - T_v}{\sqrt{\pi \cdot a \cdot t}} \quad \left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}\right] \qquad (1)$$

(1)-ben λ az acél hővezetési száma,
T_1 az acél hőmérséklete a hűtés előtt,
T_v az acél felületi hőmérséklete a vízsugárral való érintkezés ideje alatt; ez utóbbi a víz hőmérsékletével egyenlő,
a az acél hőmérsékletvezetési száma,
t a lamináris sugár és a szalag érintkezési ideje.

Egy lamináris sugár által elvont hőmennyiség:

$$Q = \frac{D^2\pi}{4} \int_0^t q \, dt \left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2}\right] \qquad (2)$$

(2)-ben D a vízsugár átmérője,
t a vízsugár és a szalag érintkezési ideje.

(2) az (1) összefüggés figyelembevételével így írható:

$$Q = \frac{D^2\pi}{4} \cdot \frac{\lambda(T_1 - T_v)}{\sqrt{\pi \cdot a}} \int_0^t \frac{dt}{\sqrt{t}} =$$

$$= \frac{D^2\pi}{4} \cdot \frac{\lambda(T_1 - T_v)}{\sqrt{\pi \cdot \alpha}} \cdot 2\sqrt{t} \qquad (3)$$

A víz és szalag érintkezési ideje:

$$t=\frac{D}{v}\ (\mathrm{h}) \tag{4}$$

ha v a hengerlési sebesség.
(4) felhasználásával (3) így módosul:

$$Q=\frac{D^2\pi}{2}\cdot\lambda(T_1-T_v)\sqrt{\frac{D}{\pi\cdot a\cdot v}} \tag{5}$$

T_1 hőmérsékletről T_2-re való lehűtése során a szalagból elvont hőmennyiség:

$$H=\varrho\cdot c\cdot b\cdot h\cdot D(T_1-T_2)\ (\mathrm{kcal}) \tag{6}$$

ahol D vízsugár átmérő,
ϱ az acél sűrűsége,
c az acél fajhője,
b egy lamináris vízsugárral lehűtött szalag szélessége,
h a lemez vastagsága,
T_2 a szalag hőmérséklete a hűtés után.

A szalag közepes hőmérséklete a hűtés alatt:

$$\frac{T_1+T_2}{2} \tag{7}$$

Tételezzük fel, hogy az alábbi egyenlőség teljesül:

$$T_1-T_v=\frac{T_1+T_2}{2} \tag{8}$$

Ezzel (5) a következő lesz:

$$Q=\frac{D^2\pi}{2}\cdot\lambda\frac{T_1+T_2}{2}\sqrt{\frac{D}{\pi\cdot a\cdot v}} \tag{9}$$

Az egy vízsugárral elvont hőmennyiség (2), az összes elvont hőmennyiség (6): és az összes vízsugárszám (n) között az alábbi kapcsolat áll fenn:

$$H=n\cdot Q \tag{10}$$

(10)-ből a szükséges vízsugarak száma, a szalag hosszában egymásután:

$$n=\frac{H}{Q} \tag{11}$$

Helyettesítsük (11)-be (6)-ot és (9)-et. Lesz:

$$n=\frac{\varrho\cdot c\cdot b\cdot h\cdot D(T_1-T_2)}{\frac{D^2\pi}{2}\cdot\lambda\frac{T_1+T_2}{2}\sqrt{\frac{D}{\pi\cdot a\cdot v}}}=$$

$$=\frac{4\cdot b\cdot h\cdot D}{D^2\pi}\cdot\frac{\varrho\cdot c}{\lambda}\cdot\frac{T_1-T_2}{T_1+T_2}\sqrt{\frac{\pi\cdot a\cdot v}{D}} \tag{12}$$

$$\boxed{n=\frac{4\cdot b\cdot h}{D^2}\cdot\frac{T_1-T_2}{T_1+T_2}\sqrt{\frac{v\cdot D}{a\cdot\pi}}} \tag{13}$$

ahol az „a" $=\lambda/\varrho c$ értéke, 0,21 m²/h.

A vízsugarak számának, (n)-nek ismeretében meghatározhatjuk a hűtéshez felhasznált vízmennyiséget.

Egy csövön kifolyó víztérfogat ugyanis:

$$V=\mu\cdot A\sqrt{2gH}\left[\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{s}}\right] \tag{14}$$

(14)-ben μ a víz kifolyási tényező,
A a kifolyó cső területe,
H a víznyomás.

Ezekkel a jelölésekkel:

$$V=\mu\frac{D^2\pi}{4}\sqrt{2gH}=0{,}125\cdot\mu\cdot D^2\sqrt{H} \tag{15}$$

(n) vízsugáron keresztül kifolyó víztérfogat:

$$V'=0{,}125\cdot\mu\cdot n\cdot D^2\sqrt{H} \tag{16}$$

A fenti képletek alapján elvégeztük az elméleti számításokat úgy, hogy a lemezvastagságok függvényében (2—11 mm), az általános hengerlési technológiának megfelelően az *5. ábrán* feltüntetett módon meghatároztuk

— a hengerlési hőfokot (T_1) az utolsó szúrás után,
— a hengerlési sebességet az utolsó hengerállványban (v)
— a tekercselési hőfokot (T_2).

A *6. ábrán* láthatjuk a vízsugarak számát, a különböző lemezvastagságok esetén, az 5. ábrán feltüntetett kiinduló adatok szerint.

A *7. ábrán* láthatjuk a szalag hűtéséhez szükséges vízmennyiséget három (H_1, H_2, H_3) víznyomás értéknek megfelelően.

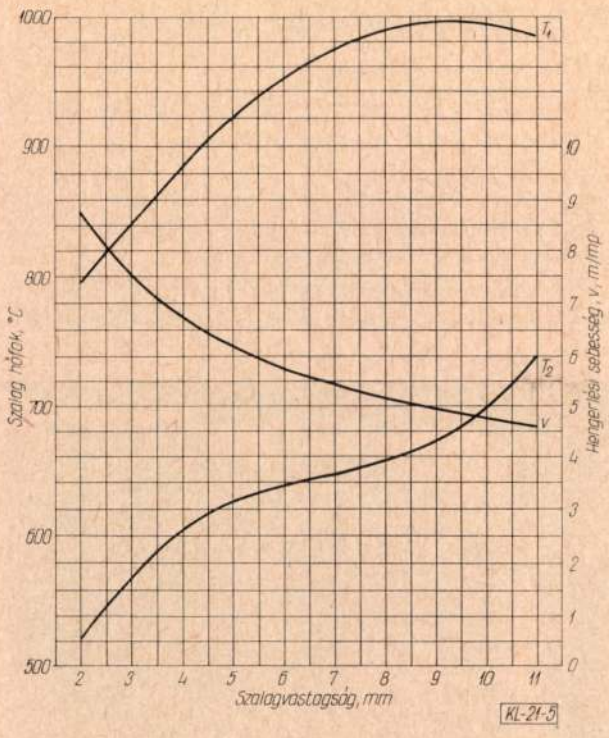
Lamináris vízsugár és a vízréteg kialakításához a legkisebb (H_1) nyomás is elegendő. A nagyobb nyomáson kifolyó többlet vízmennyiség már nem vesz részt a szalag hűtésében, hanem hűtőhatásának kifejtése nélkül elfolyik. A 7. ábrából azt is láthatjuk, hogy a vízfelhasználás hatásfokának a növelésére milyen nagy jelentőségű a víznyomás helyes meghatározása. Az elvégzett elméleti számítások szerint a vízfogyasztás az általában szokásos hengerlési technológia esetén a különböző vastagságoknál a legkisebb nyomásnál a következő:

Lemezvastagság h mm	Vízfogyasztás Q m³/ó
2	500
3	650
4	800
5	980
6	1180
7	1360
8	1520
9	1600
10	1580

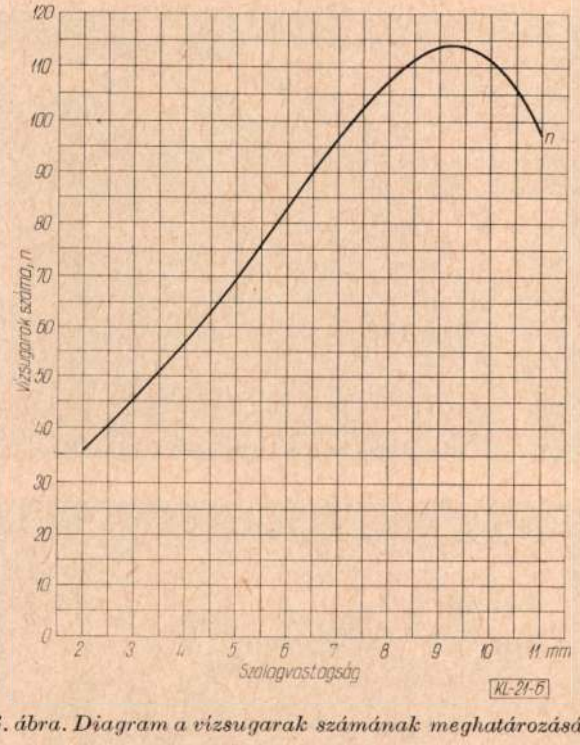
A lamináris hűtési rendszer tervezésénél alapvető követelmény, hogy a víz nyomását, a szifoncsövek átmérőjét, a szifonok közötti távolságot és a szifonok és lemezszalagok közötti távolságot helyesen állapítsuk meg annak érdekében, hogy a folyamatos vízsugár és a vízréteg optimális vízfogyasztás mellett alakuljon ki.

A szomszédos országok szélesszalag hengersorain alkalmazott szalaghűtési rendszerekről a következő ismereteink vannak.

Az ausztriai linzi 1700-as félfolytatólagos szélesszalagsorra 1969—1970-ben tervezték meg a kombinált lamináris-nagynyomású szórt vízhűtést a hengersor rekonstrukciójának keretében. A rekonstrukció tervezett befejezési éve 1974.



5. ábra. Diagram a hengerlési paraméterek meghatározására

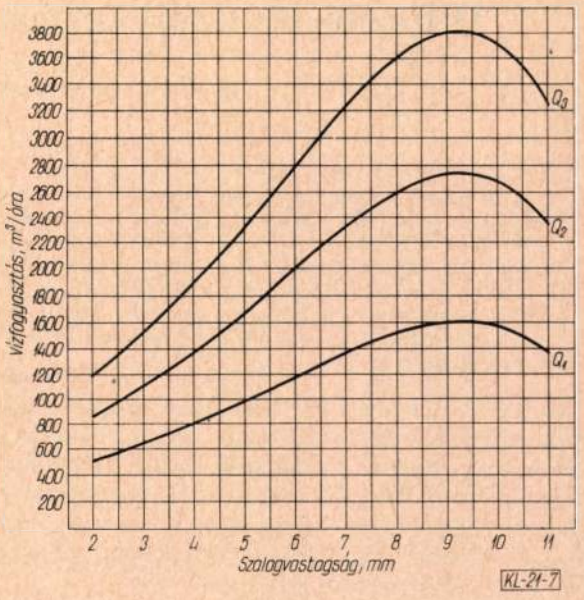


6. ábra. Diagram a vízsugarak számának meghatározására

A bulgáriai Kremekovci-ban dolgozó 1700-as félfolytatólagos szélesszalagsoron eredetileg permetező hűtőrendszer dolgozott, de az utóbbi években áttértek a lamináris szalaghűtési rendszerre.

A csehszlovákiai kassai 1700-as szélesszalagsorra a Hutni-Projekt 1972-ben tervezte meg a lamináris szalaghűtési rendszert.

A lengyelországi Nova-Hután dolgozó 1700-as szélesszalagsoron permetező szalaghűtés dolgozott,



7. ábra. A vízfogyasztás meghatározása különböző víznyomások esetén

de az utóbbi években áttértek a lamináris szalaghűtésre.

A romániai Galac-i 1700-as szélesszalag soron lamináris hűtési rendszer dolgozik.

*

Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy lamináris vízhűtéssel ugyanazon vízfogyasztás esetén is jelentősen növekszik a víz hűtőhatása, javul a hengerelt lemezek minősége, valamint további előnyöket is biztosít. Lamináris vízhűtés viszonylag könnyen szabályozható, így bekapcsolható a hengersor technológiájának automatikus szabályozásába is.

A melegen hengerelt szalagnak a hengerlés utáni, vagyis a tekercselés előtti szabályozott gyorshűtése, lamináris hűtési technológiával, a melegen hengerelt szalagok hengerlési technológiájának napjainkban kialakuló egyik nagy fejlődését jelenti.

IRODALOM

[1] *Sigalla, H.:* „The cooling of hot steel strip with water jets." Yournal of the and Steel Institute, 1957. május.

[2] *Adcock, J. N.:* „The laminar jet system for cooling hot steel strip" Yournal of the and Steel Institute 1962 november.

[3] *Auman, P. M.:* „Hot Strip Mill Runout Table Temperature Control" Iron and Steel Enginer 1967. szeptember.

[4] *Funke, P.:* „Untersuchungen über die Abkühlung des Walzgutes auf dem Auslaufrollgang" Stahl und Eisen 1969. 26. szám.

[5] *Zaharov, A. E.:* „Uszkorennoe ohlazsdenie gorjacsekatannih polosz" Metallurg 1970. szeptember.

[6] *Hollander, F.:* „Design and control for advanced runout table processing" Iron and Steel Engineer 1971. március.

[7] *Zaharov, A. E.:* „Uszkorennoe ohlazsdenie liszta" Sztal 1971. augusztus.

Diffúziós izzítással egybekötött új gáznitridálási eljárás

VIKTOR ZÁBAVNIK docens
Kassai Műszaki Főiskola, Kohómérnöki Kar, Csehszlovákia

DK.: 621.746.582 : 533.15

A tanulmány a klasszikus gáznitridálás hátrányait és az új nitridálási és diffúziós izzító eljárás alapfogalmait ismertti, amely a hátrányokat megszünteti, vagy mérsékeli. Bemutatja továbbá az új eljárás jelentősebb gyakorlati eredményeit, az alakító, présöntő és egyéb szerszámok különböző üzemi igénybevételein Csehszlovákia több gépészeti és kohászati üzemében.

Az acélok jelenlegi gáznitridálási módszereinek közös vonása, hogy a diffúziós réteg nitrogénnel való állandó telitődés által növekedik $NH_3+N_2+H_2$ gázkeverékben. Az ammóniák parciális nyomásának nagy értéke biztosítja az atomos nitrogén kellő aktivitását a Fe szilárd oldatában a következő heterogén reakció szerint:

$$NH_3 \text{ gáz} \rightarrow N(Fe) + 3/2\ H_2 \text{ gáz}$$

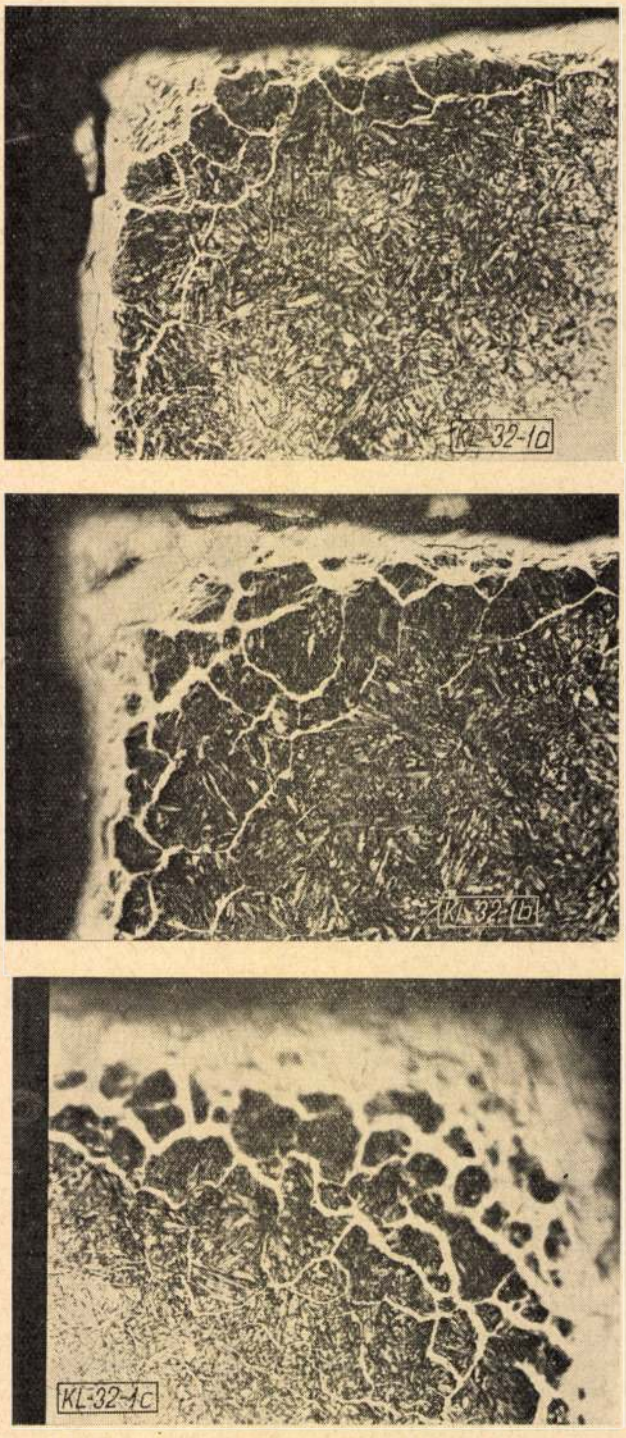
$$a_N = K_p \frac{P_{NH_3}}{P_{H_2}\ 3/2}$$

ahol K_p disszociációs állandó
P_{NH_3}, P_{H_2} a gázok parciális nyomása
a_N a nitrogén aktivitása

A nitridálás ismert szakaszai, mint az NH_3 molekulák adszorpciója a telítendő felületen, ezek termikus disszociációja, a naszcens N abszorpciója az aktív felülettel és a N diffúziója a felületről a diffúziós réteg belsejébe az egész eljárás ideje alatt folyamatban vannak. Ezeknek az eljárásoknak a hátránya az, hogy a diffúziós réteg növekedésével törvényszerűen túltelítődik a felületi réteg. Ötvözött acéloknál bizonyos minimális rétegvastagság elérése után túltelítődött rideg komplex nitridek, a vas és más ötvöző elemek komplex vasnitridjei [1, 2] keletkeznek és fejlődnek, mint Fe_2N típusú ε fázis és Fe_4N γ' fázis. Az ε fázis (a Fe—N rendszerben hexagonális nitrid változó 11,0—7,1% N tartalommal) összefüggő felületi réteget képez és e réteg alatt az α fázisban ún. szitaszövetet alkot. Az ε fázis fejlődése kivált a sarkak mikroterjedelmeiben előnyös, mert a dúsítás kétoldali abszorpciós felületről megy végbe, lásd az *1. ábrán.*

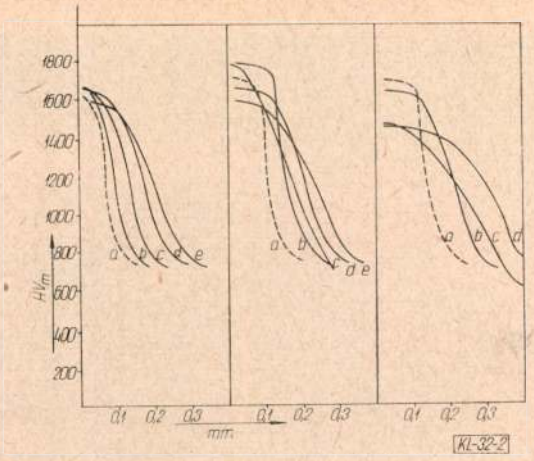
Nagy koncentráció-esés a felülettől a mag felé, azaz éles átmenet a kéreg és mag között és nagy mennyiségű rideg nitrid jelenléte a nitridált kéreg felületi rétegében ridegrepedezést okoz az igénybevételnél egész felületi darabok leválását és nagyon alacsony ellenállást a hőfáradással szemben a melegmegmunkáló szerszámoknál. A nitridált kéreg felületi rétegei túltelítettségét mérsékelő törekvések az NH_3 parciális nyomása csökkentésével — a disszociáció fokának és a hőmérsékletnek növelésével a folyamat utolsó szakaszában [3, 4] nem hozott kellő javulást, mert az ammóniák termikus stabilitása a nitridálás hőmérsékletén igen alacsony. Például az NH_3 egyensúly mennyisége 500 °C-nál eléri a 0,12 térfogatszázalékot, 550 °C-nál csak 0,07 térfogatszázalék. Sőt az NH_3 disszociációs fokának növekedésével emelkedik a disszociáció termék H_2 parciális nyomása, mely a felület dekarbonizzálásához és ezzel az ε fázis nagyobbmértékű fejlődéséhez vezet.

Ezeknek az eljárásoknak további hátránya a nagy ammónia felhasználás és a betét szükségszerű



1. ábra. ε fázis fejlődése a Poldi LN acél minőség nitridálásánál 590 °C-nál

a) 2 ó NH_3, N=500×; *b)* 4 ó NH_3, N=500×; *c)* 8 ó NH_3, N=500×



2. ábra. A mikrokeménység változása a nitridált és diffúziósan izzított rétegek keresztmetszetében (590 °C, Poldi LN acélminőség)

lehűtése a nitridáló kemencével kb. 100 °C-ra, hogy megakadályozzuk a robbanó keverék keletkezését, vagyis nitridáló gáz ($NH_3+N_2+H_2$) keverődését a levegővel.

Ezáltal erősen csökken a nitridáló berendezés termelékenysége és ezenkívül a megeresztési elridegedésre hajlamos acélok szívóssági tulajdonságai rosszabbodnak.

Az eddigi eljárások ismertetett hátrányait csökkenti az új nitridáló és diffúziós izzító eljárás, mely a Kassai Műszaki Főiskolán dolgoztunk ki, s amely a nitrogén abszorpció kinetikájának ismereteiből indul ki [5, 6, 7]. Ez lényegében kétfokozatú eljárás, amelynek az első időszakában — fázisában — az acél felületének szokásos intenzív dúsítása megy végbe az NH_3 nagy parciális nyomása mellett, második fázisában a réteg diffúziósan növekedik semleges gázban, mint pl. N_2, Ar, gázok a gázfejlesztőkből, azaz leállított aktív N abszorpció mellett. A diffúziós réteg növelését ebben a második szakaszban lehetővé teszi a N diffúziója az ε fázisból az α fázisba, illetőleg az erősen telített α fázis felső rétegéből a diffúziós réteg belsejébe. Egyidejűleg mérséklődik a koncentráció és keménységátmenet a keresztmetszetben (lásd *2. ábra)*. Megfelelő telítődési és diffúziós hőntartási időtartam összehangolásával ugyanolyan kéregvastagság érhető el, mint állandó telítődéssel NH_3 gázban. A rideg ε fázis fejlődése arányos a telítődés időtartamával, vagyis az első szakasz időtartamával. Ezért egyenlő kéregvastagság mellett az új nitridálási folyamat jelentősen csökkenti a rideg ε fázis mennyiségét a nyert rétegek mikroszövet-szerkezetében, a klasszikus nitridáláshoz viszonyítva (lásd a *3. ábrán)*.

A nitrogén-koncentráció és keménység mérsékelt esése a diffúziósan izzított rétegek keresztmetszetében csökkenti a nyomófeszültségek eloszlását, fizikai tulajdonságok különbségét és ezzel enyhíti a rétegek hajlamosságát a ridegrepedezéshez különböző üzemi igénybe vételeknél. Például az így kezelt szerszámoknál a rideg ε fázis fejlődésének elfojtásával az α fázisban megnövekedik a szívósság és ellenállás a hőkifáradással szemben.

Az ismertetett kétfokozatú eljárással sikeresen voltak kezelve különböző típusú szerkezeti acélok, továbbá gyorsacél forgácsolószerszámok, meleg és hidegmegmunkáló szerszámok, valamint alumínium présöntőformák legjobban igénybevett részei. Az eljárás gyakorlatilag be van vezetve a csehszlovák üzemekben. A továbbiakban feltüntetett eredmények üzemi körülményekben próbált szerszámoknak az előírt 100%-on felüli élettartam növekedését jelentik. A vizsgált szerszámok anyagának összetételét az *1. táblázatban* ismertetjük.

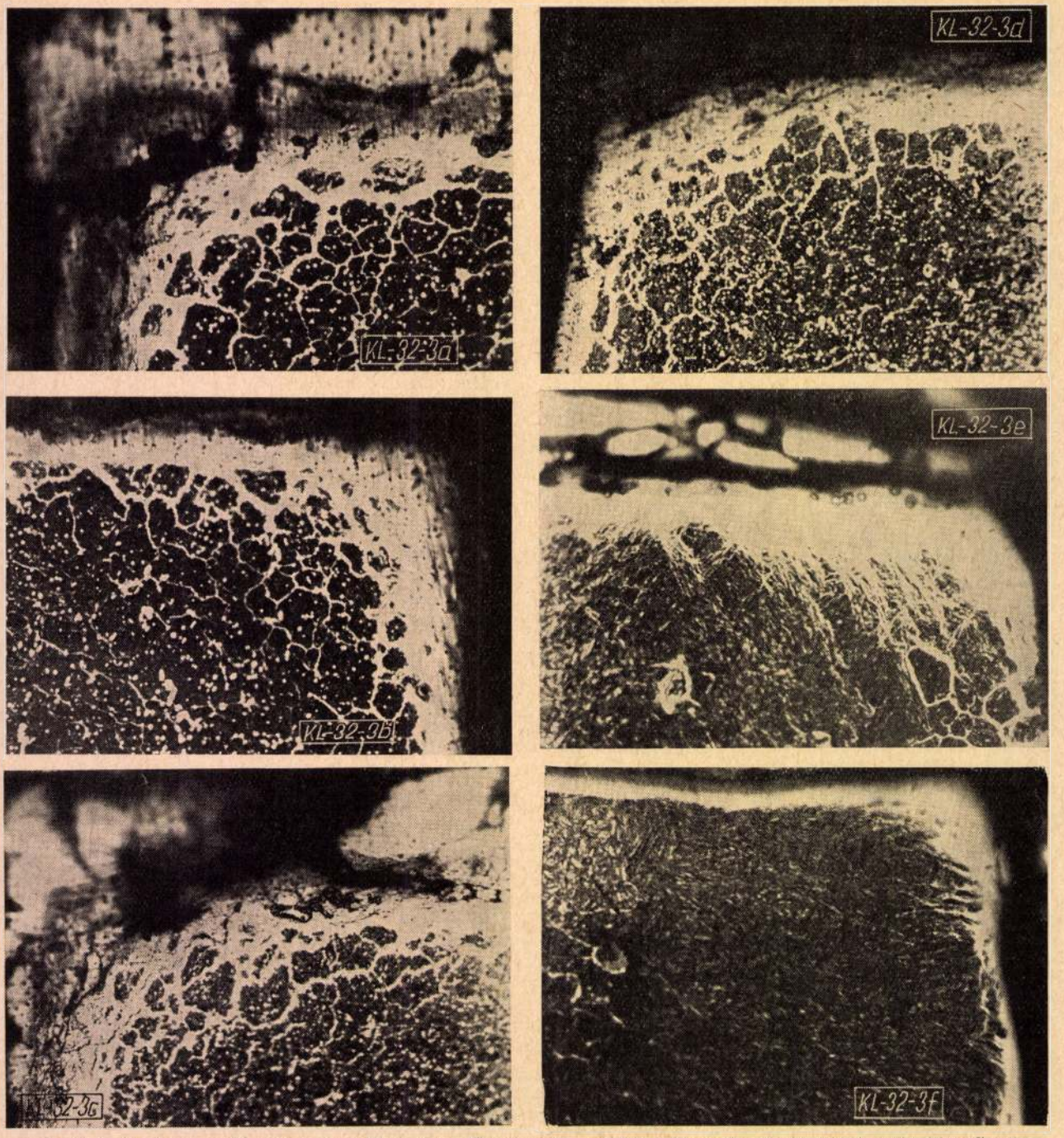
a) A forgácsoló szerszámoknál — menetvágó marók, tárcsamarók, shavingelő korongok és fúróknál (∅ 32 mm, hosszúság 600 mm) 50—250%-os élettartam növekedést értünk el a szerszámok szerkezetétől függően. A szerszámokat CSSZN 19810, 19830, 19824, 19855 és 19852-es minőségű acélokból készítették. Poldi 2002 acélból készült acéltörmelékvágó ollóknál, melyekkel szélesszalaghengersorból jövő szalagszél hulladékot vágják a Keletszlovákiai Vasműben 170%-os tartósságemelkedéssel jelentősen csökkent az üzemszünetel.

b) Nagyon jó eredményeket értünk el a csapágygyűrűk kovácsolását végző alakítószerszámoknál. A svájci Hatebur cég AMP — 30 típusú vízszintes kovácsoló gépek szerszámainál — zömítő tüskék, süllyesztékek, süllyeszték alátétek és kidobók élettartama átlagosan 300—400%-ot növekedett a ∅ 30—64 mm-es csapágyak kovácsolásakor. Alapvetően megváltozott a szerszámok elkoptatásának módja, erősen javult az ellenállásuk a hőkifáradással szemben összehasonlítva a nemnitridált állapottal [8]. Ezt bizonyítják a *4. ábrán* feltüntetett makrofelvételek. A *4a* ábrán látható nem-

1. táblázat

A vizsgált szerszámacélok összetétele

Jelzés	Összetétel %					
	C	Cr	W	Mo	V	Co
19810	1,3	4,4	11,0	—	4,0	—
19830	0,85	4,2	6,25	5,0	1,85	—
19824	0,75	4,2	18,0	—	1,3	—
19852	0,85	4,2	6,25	5,0	1,85	—
19855	0,7	4,2	18,0	—	1,5	4,75
Poldi 2002	1,95	12,0	—	—	—	—
Poldi LN	0,3	3,0	—	2,8	0,6	—
19721	0,3	2,35	9,25	—	0,2	—
19552	0,37	5,0	—	1,4	0,45	—
Poldi KNO spec.	0,5	4,0	14,2	—	0,5	—
Poldi TWMo55	0,5	4,0	5,5	5,0	1,0	—

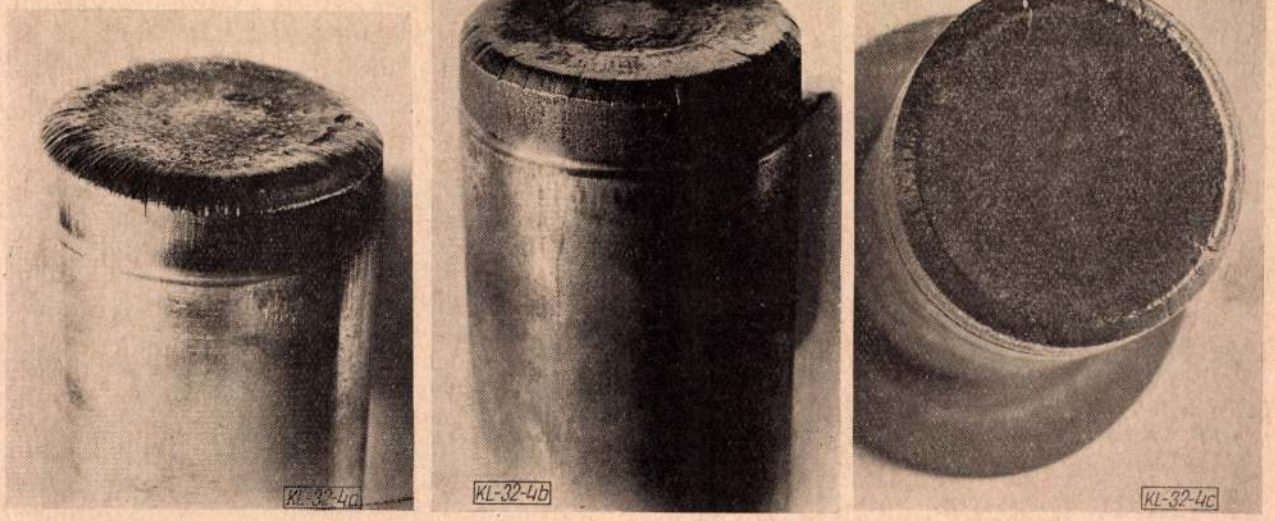


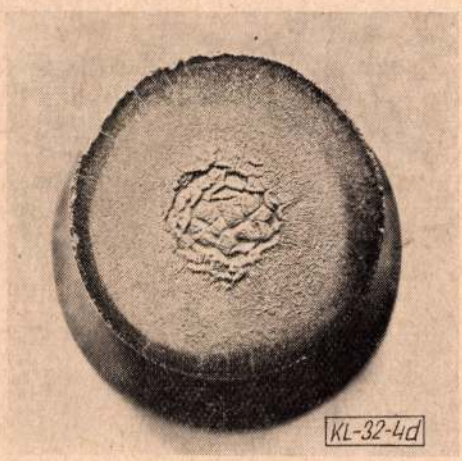
3. ábra. A rétegek mikroszövete az α fázis egyenlő vastagsága mellett a klasszikus és új eljárás után 590 °C-nál

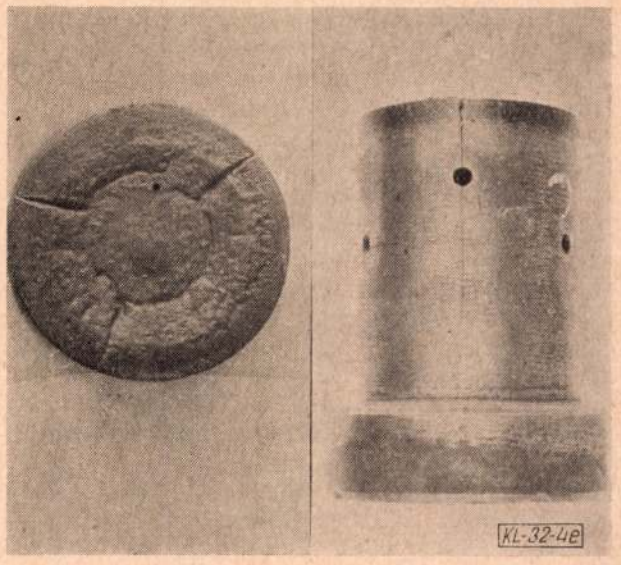
a) 10 ó NH_3 *b)* 2 ó NH_3→8 ó N_2, TWMO55 minőség N=500×; *c)* 10 ó NH_3 *d)* 2 ó NH_3—8 ó N_2, KNO spec. minőség N=500×; *e)* 10 ó NH_3 *f)* 2 ó NH_2—8 ó N_2, 19552 minőség N=500×

nitridált zömítő tüske 26 000 db kikovácsolása után a szöglet és homlokfelület elkoptatása miatt volt kiselejtezve a nitridált tüskénél kb. duplamennyiségű kovácsolt darab után félannyi kopást észleltünk és további üzemeltetésre alkalmasnak bizonyult (*4b* ábra). Kisebb méretű zömítő tüskéknél a nitridálás teljesen meggátolta a melegrepedezést a homlokfelületen (*4c* ábra), különben a nemnitridált állapotban levő szerszámokat e hiányosság miatt selejtezik ki az üzemeltetésből. Hasonló volt a helyzet a kidobóknál is lásd *4d, e* ábrán, melyeknél a nemnitridált szerszám hosszrepedését gyakran a homlokfelület melegrepedezése okozza. A csapágygyűrűk kihengerlésénél használt széthengerlő tüskék (lásd *5. ábra)* élettartama 400—450%-kal növekedett. Az összes szerszámok Poldi LN acélból készültek. Említésre méltó, hogy ezeknél a szerszámoknál nemnitridált állapotban további 3% Co ötvözéssel (Böhler WMD-Extra acélminőség) csak minimális 10—30% élettartam növekedést értek el [9].

Omega típusú automata gépek hidegen szegecselő matricái (termelőképessége 150 db/perc) CSSZN 19855-ös acélból, ∅ 0,5—2 mm-ig (lásd a *6. ábra)* az eljárás bevezetésével 400—800% élettartam növekedést értek el. Ugyancsak a csapágyak szerelésénél működő szegecselő matricák tartóssága CSSZN 19721 acél esetén (lásd *7. ábrán*)

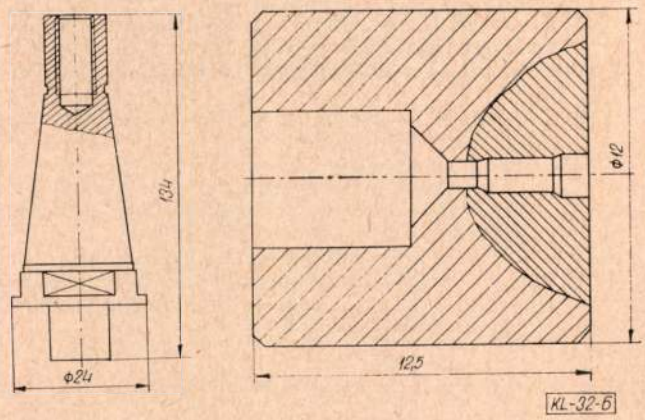




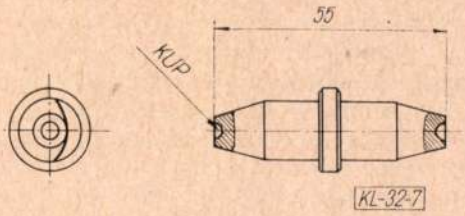


4. ábra. Makrofelvételek kovácsoló szerszámokról

a) nemnitridált zömítő tüske ⌀ 49,1 mm, 26 000 db kikovácsolása után; *b)* nitridált zömítő tüske ⌀ 49,1 mm, 49 500 db kikovácsolása után; *c)* nitridált zömítő tüske homlokfelülete ⌀ 28,9 mm, 56 000 db kikovácsolása után; *d)* kidobó nitridált állapotban 52 000 db kikovácsolása után; *e)* kidobó nemnitridált állapotban repedezésekkel 14 000 db kikovácsolása után



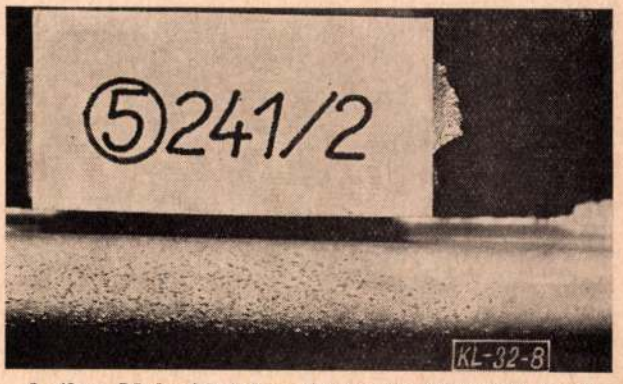
6. ábra. Süllyeszték a szegecsek hidegalakítására



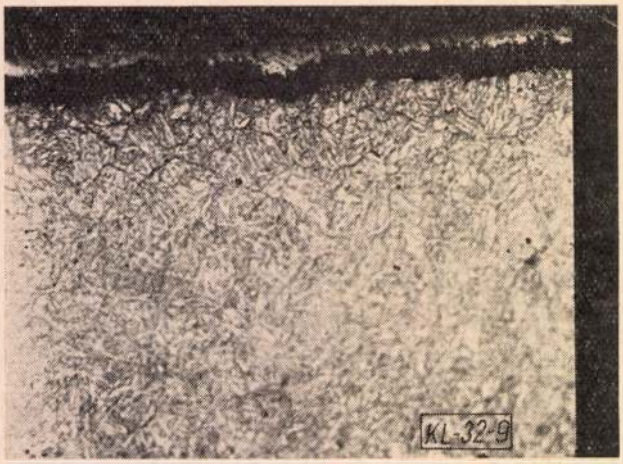
7. ábra. Szegecselő süllyeszték



5. ábra. Széthengerlő tüske a csapágygyűrűk kihengerlésére



8. ábra. Makrofelvétel az Al öntvény felületéről, levált nitridált réteg részecskékkel



9. ábra. Az ε fázis átalakulása által keletkezett intenzíven maródó szövetszerkezet a felületi rétegben; Poldi LN acél, 560 °C-on kezelve 2,5 ó $NH_3 \rightarrow 12$ ó N_2; N = 500×

400—450%-kal emelkedett. Hidegsajtoláskor mint pl. telefonalkatrészek préselésénél lemezből a süllyesztékek 13-szoros tartósságot érik el.

Jó eredményeket érünk el a porfémkohászatban használt sajtolószerszámoknál is, továbbá az alumínium hidegalakító szerszámoknál, a réz melegmegmunkálásánál, süllyesztékes kalapácsoknál és egyéb szerszámoknál, itt azonban az üzemi próbák még nem fejeződtek be.

Az alumínium ötvözetek présöntőformáinál CSSZN 19552, Poldi KNO Special és TWMo 55 acélból a legjobban igénybevett részek — beömlők élettartama 115—170%-kal növekedett. A formák nitridált felületének nagyobb ellenállása a hőkifáradással, kavitációval és erózióval szemben növelte a prések termelékenységét és az öntvények felületi minőségét. A nitridált kéreg állapota a formák élettartama alatt lényegesen nem változik, majd hirtelen erózió hatására szétbomlik valószínűleg a kéreg alatt levő anyag hőkifáradása következtében (lásd *8. ábrán*).

Az új eljárás további előnye a kisebb gázfogyasztás. A nitridáló szakasz befejezése és a gázálló harang kiöblítése után a diffúziós hőntartás ideje alatt semleges gázt vezetünk be minimális intenzitással, mely csak a kemencében levő túlnyomás fenntartására szükséges. Semleges gáz elősegíti a kemence azonnali felnyitását a folyamat befejeztével és elvégezhető a betétcsere, mivel növeljük a nitridáló berendezés termékenységét. A megeresztési ridegségre hajlamos acéloknál, lehetséges gyorsabb lehűléssel megakadályozni a ridegedést.

Némely szerkezeti és szerszámacélok esetén a diffúziós hőntartás semleges gázban az ε fázis átalakulását okozza erősen maródó α fázisra és komplex karbonitridek keverékére [10], lásd a *9. ábrán*. Ennek az átalakulásnak az ismertetése önálló tanulmány tárgya lesz.

Következtetések

1. Az új nitridáló és diffúziós izzító eljárás lényege az acél felületének intenzív telítődése nitrogénnel NH_3 gázban és a kéreg diffúziós növekedése semleges gázban a nitrogén abszorpciója nélkül. Az első és általában hosszabb második szakasz időtartamának helyes meghatározásával azonos kéregvastagságot érhetünk el, mint a klasszikus folyamatban egyenlő összidő alatt.

2. Az új eljárással nyert nitridált kérgekben kevesebb a rideg ε fázis és ezáltal mérsékeltebb a keménységátmenet a mag irányába. Ezek a kedvező tulajdonságok lehetővé tették az új eljárás alkalmazását a szerszámoknál és jelentősen növelték azok tartósságát.

3. Az új termokémiai kezelés üzemeltetési költségei kedvezőbbek a gazdaságosabb gázfogyasztás és a kemenceberendezés termelékenységnövekedése következtében.

4. Az új eljárás 147675/72. sz. csehszlovák szabadalom védelme alatt áll. Üzemi érdeklődés esetén a szerző műszaki segítséget nyújt az ismertetett eljárás bevezetésében.

IRODALOM

[1] *Minkevics, A. N.:* Chimiko-termicseszkaja obrabotka metallov i szplavov. Metallurgizdat Moszkva, 1961.

[2] *Přenosil, B.:* Härterei Techn. Mitt. 20, 1965, 1 sz. 41—49 old.

[3] *Meinhard, E.:* Technische Rundschau 1965, 17 sz., 2—4 old.

[4] *Pavesic, E. I.:* Canadian Machinery and Manufacturing News 1955, szept., 174 old.

[5] *Zábavník, V.:* Nitridáló keverék gázok hatása a nitridáló eljárásra. Kand. dis. munka, VST — Kosice 1964.

[6] *Zábavník, V.:* Az acélok egy és kétszakaszos gáznitridálása. Doc. habil. munka, Kosice 1965.

[7] *Zábavník, V.:* Csehszlovák 147675/72 sz. szabadalom.

[8] *Zábavník, V.,—Jezsík, A.,—Maár, K.:* Strojírenství 1972. 3 sz., 160—165 old.

[9] *Jezsík, A.—Zábavník, V.—Moldrzyk, B.—Tarcsák, I.:* A kovácsoló présszerszámok élettartamának növelése kétszakaszos nitridálással. Kutató közlemény ZVL Kysucké Nové Mesto 1971. 109.

[10] *Zábavník, V.:* A felületi réteget képező ε fázis átalakulása a nitridált acélok diffúziós hőntartásának hatására semleges gázban. V. tudományos konferencia, Ostrava 1971. 255—259.

Legközelebbi szakosztályi nagyrendezményeink

VII. Kohászati Anyagvizsgáló napok május 30 — június 1. Balatonszéplakon

*

V. Országos Nyersvasgyártó és Acélgyártó Konferencia szeptember 19—21 Balatonszéplakon

Az austenit nem folyamatos szemcsenövekedésének vizsgálata kisötvözésű szerkezeti acélokon

H. J. ECKSTEIN — D. PEISKER
Bányászati Akadémia Freiberg, NDK

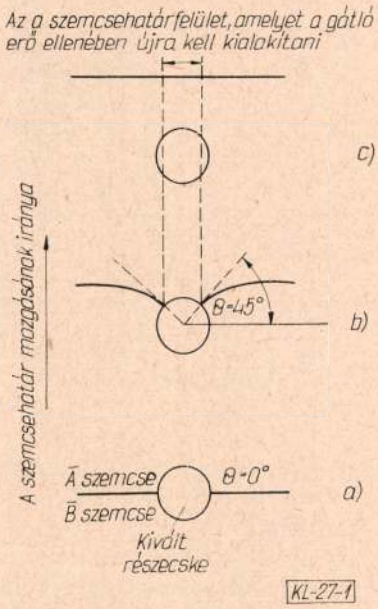
DK: 669. 14.018.29 : 620.186 : 548.7

A szerzők a szemcsestatisztika alkalmazásával egy ún. szemcsedurvulási hőmérsékletet definiálnak, amelynek segítségével egzaktul tárgyalható a metallurgiai körülmények hatása az austenit finomszemcsés szerkezetének stabilitására és szemcsedurvulási hajlamára.

Bevezetés

Közismert, hogy az austenit szemnagysága hat az acélok tulajdonságaira. E hatásokat elemezve megkülönböztethetünk közvetlen és közvetett hatásokat. Az austenites acéloknál például közvetlenül, a martensites ill. a diffúzióval járó átalakulásoknál pedig közvetve befolyásolja az austenit szemnagysága az acél tulajdonságait. Természetesen e hatások a másodlagos fázisok (pl. oxidok, szulfidok, karbidok, nitridek) részecskéinek típusával, nagyságával, alakjukkal és eloszlásukkal is összefüggenek, hiszen a szemcsehatár mozgékonyságának leghatásosabb megakadályozói a fémes alapanyagban eloszlott fázisok *(1. ábra)*.

Az utóbbi években egyre inkább alkalmazzák a vákuum-ívfényes elektronsugaras (EMO) és elektronsalakos (ESU) átolvasztó eljárásokat. Az így gyártott acélok tisztaságáról jelentek meg közlemények, de az austenit szemcsenövekedését nem vizsgálták. E munka a nem folyamatos austenitnövekedést tárgyalja, az austenitesedés körülményeinek, a kiinduló szövetszerkezetnek és az acél metallurgiai előéletében bekövetkezett változások függvényében.



1. ábra. A másodlagos fázis szemcsehatárvándorlást gátló hatása

Az alkalmazott módszerek

Az izotermás austenitesedési kísérleteinkhez modellanyagként 100 Cr6 és 16 MnCr5 acélokat használtunk. A kísérleti programban bázikus ívkemencében, elektronsugárkemencében, elektrosalakos átolvasztó berendezésben és Siemens-Martin (SM) kemencében végzett olvasztások szerepeltek, ezenkívül változtattuk a buga keresztmetszetét és a melegalakítás mértékét *(1. táblázat)*. Az austenitesítés sófürdőben történt, majd a metallográfiai próbákat martenzitesre edzettük. A maratáshoz *S. Bechet* és *L. Beaujard* [1] módszerét választottuk. A szemcsenagyság eloszlásának meghatározására a *2. ábrán* sematikusan ábrázolt húrok hosszúságának statisztikai elemzését végeztük el. Ha a húrhosszak gyakoriságát a mindenkori osztályátlag függvényében ábrázoljuk, akkor a *3. ábra* 1. jelű aszimmetrikus eloszlásához jutunk. Logaritmikus léptékben közel szimmetrikus (II. jelű görbe), vagyis leírható logaritmikus normális eloszlás segítségével. Az értékelés az eloszlások külső alakjának összehasonlítása alapján történik.

A 100 Cr6 golyóscsapágyacél szemcsenövekedési vizsgálatának eredményei

A szemcsestatisztika segítségével vizsgáltuk az acélok szemcsenövekedését. A bázikus ívkemencében a szokásos technológiával olvasztott acéloknál majdnem mindig azonos viselkedést tapasztaltunk *(4. ábra)*. Jellemző paraméterértékek gyanánt mindig a központi értéket (50%) és a szórást (az egyenes halását) kell alkalmazni. Az austenitszemnagyság, amit az eloszlás központi értéke képvisel, az austenitesítés hőmérsékletének növelésével emelkedik. Feltűnő továbbá az összes egyenes kb. azonos hajlása. Ez a tény lehetővé teszi, hogy az elektroacélok szemcsenövekedési hajlamát az egyenes vízszintes tengely mentén való eltolódásának mértékével jellemezzük. A szemcsenövekedésnek ezt a fajtáját, amelynél a szemnagyságeloszlási görbe alakja (az egyenesek hajlása) állandó marad, *P. Feltham* [2] definíciója szerint *folyamatos szemcsenövekedésnek* nevezzük. A folyamatos szemcsenövekedés a nemfolyamatos növekedés különleges eseteként fogható fel. Ez utóbbinál az egyenesek hajlása nem állandó. Az alábbi kísérletsorozatok azt vizsgálják, hogy a finomszemcsés szerkezet stabilitása metallurgiai módszerekkel menynyiben javítható. Először a kiinduló szövetszerkezet hatását kellett megállapítani *(5. ábra)*. Ehhez kiindulási állapotok gyanánt az alábbiakat választottuk:

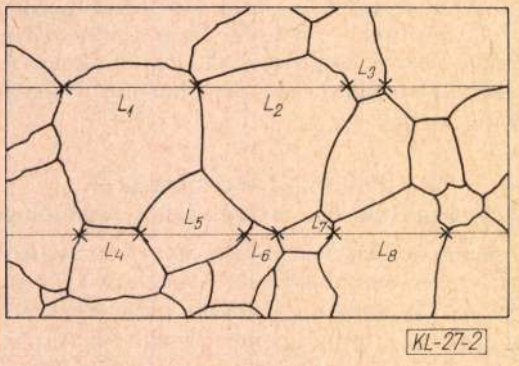
a) martensit — 200 °C-on megeresztve,
b) martensit — 500 °C-on megeresztve,
c) lágyított szövet.

1. táblázat

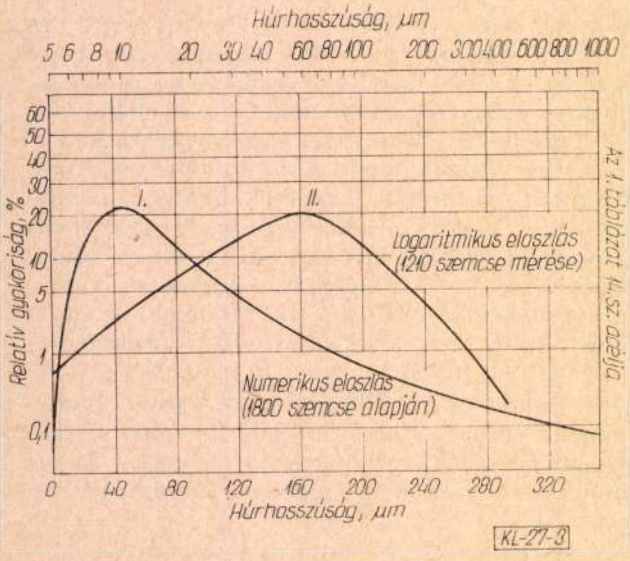
A vizsgálati anyag jellemzői

Szám	Acél jele	Al össz %	N össz ppm	O ppm	Olvasztás	Tömb keresztmetszet, mm	Vizsgált keresztmetszet
1a	100Cr6	0,047	115	42	báz. ívkem.	□ 340	öntött állapot
1b	100Cr6	0,047	115	42	báz. ívkem.	□ 340	kovácsolva
2	100Cr6	0,055	124	30	báz. ívkem.	ismeretlen	hengerelve
3	100Cr6	0,010	114	29	elektronsug.	⌀ 100	hengerelve
4	100Cr6	0,010	130	115[1]	elektrosalak	⌀ 110	öntött áll.
5	100Cr6	0,020	158	73	elektrosalak	⌀ 110	öntött áll.
6	100Cr6	0,032	142	63	elektrosalak	⌀ 110	öntött áll.
7	100Cr6	0,020	143	72	elektrosalak	⌀ 110	öntött áll.
8	100Cr6	0,024	148	65	elektrosalak	⌀ 110	öntött áll.
9	100Cr6	0,007	145	nem megh.	báz. ívkem.	ismeretlen	hengerelve
10	100Cr6	0,052			elektrosal.[3]	⌀ 110	öntött áll.
11	100Cr6	nem meghat.	nem megh.	nem megh.	báz. ívkem.	ismeretlen	hengerelve
12	100Cr6	0,010	154	71	elektrosal.	⌀ 110	hengerelve
13	100Cr6	0,004	124	16	elektronsug.	⌀ 230	hengerelve
14	100Cr6	0,018	123	58	elektrosal.	□ 240	hengerelve
15	16MnCr5	nem meghat.	109	61[2]	Martin-kem.	ismeretlen	hengerelve
16	16MnCr5	0,0183	98	67[2]	elektrosal.	⌀ 110	hengerelve
17	16MnCr5	0,0241	165	52[2]	elektrosal.	⌀ 110	hengerelve
18	100Cr6	0,001	126	38	elektrosal.	⌀ 240	hengerelve
19	100Cr6	0,005	104	37	elektronsug.	⌀ 230	hengerelve

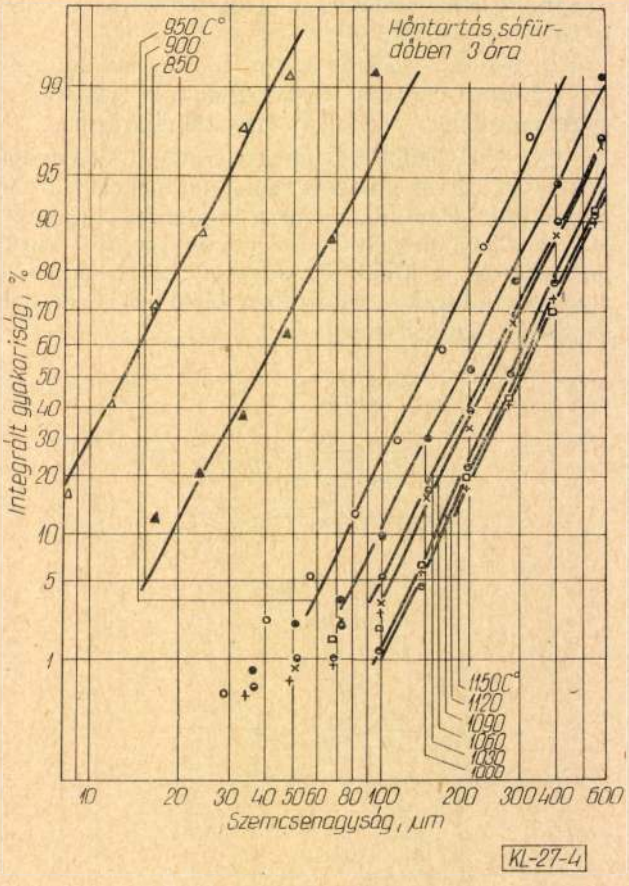
[1] a tömb talprészén
[2] normalizált állapotban
[3] szálolvasztás másodlagos hűtéssel



2. ábra. A lineáris eloszlási elemzés sematikus ábrázolása

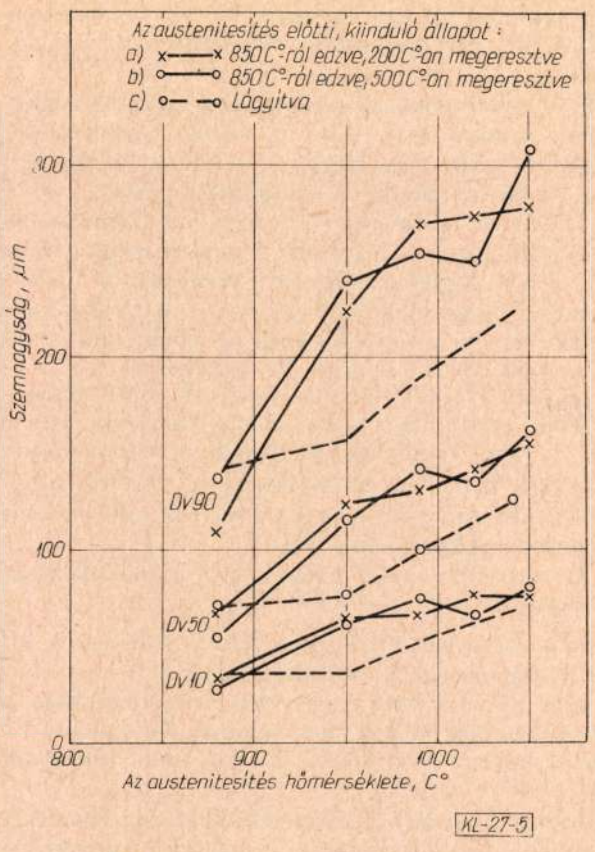


3. ábra. A húrhosszak eloszlási görbéje két különböző léptékben

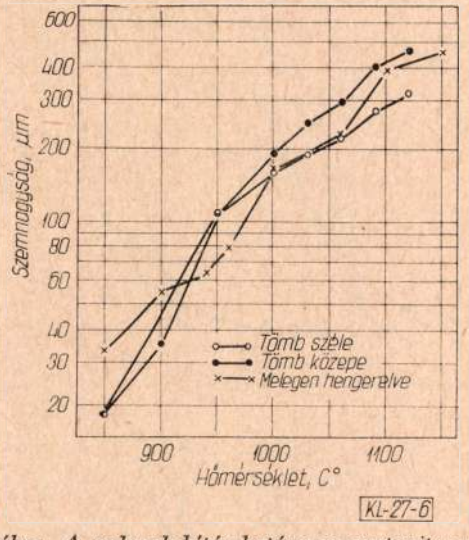


4. ábra. A szemcsenagyságeloszlás hőfokfüggése a 100 Cr6 acélnál átolvasztás előtt

A lágyított szövet határozottan erősebb mértékben gátolja az austenitszemcse növekedését, mint a megeresztett martensit. A két megeresztési fokozat között jelentős különbséget nem észleltünk.



5. ábra. A kiinduló állapot hatása az austenitszemcse növekedésére



6. ábra. A melegalakítás hatása az austenitszemcse növekedésére

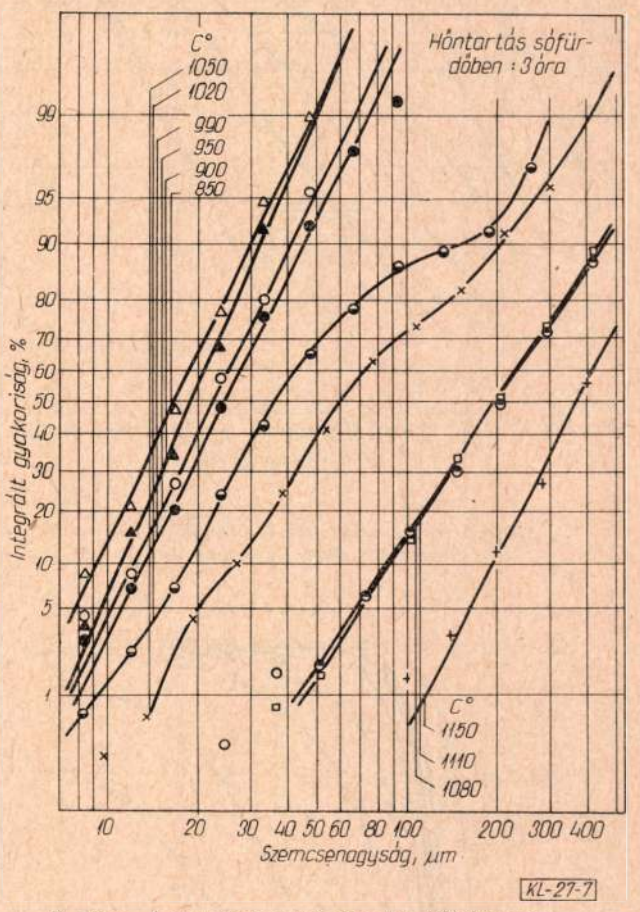
A lágyított szövet kedvező hatása a kivált karbidok termikusan stabilisabb diszperziójára vezethető vissza.

A következő kísérletsorozatban a képlékeny alakváltozásnak az austenit szemcsenövekedési hajlamára gyakorolt hatását vizsgáljuk. A *6. ábra* az austenitszemnagyság középértékét mutatja a hőmérséklet függvényében 100 Cr6 elektroacél esetében öntési állapotban (a tömb szélén és közepén), illetve meleghengerlés után. A szemcsenövekedésben csak viszonylag kis különbségeket lehetett megállapítani.

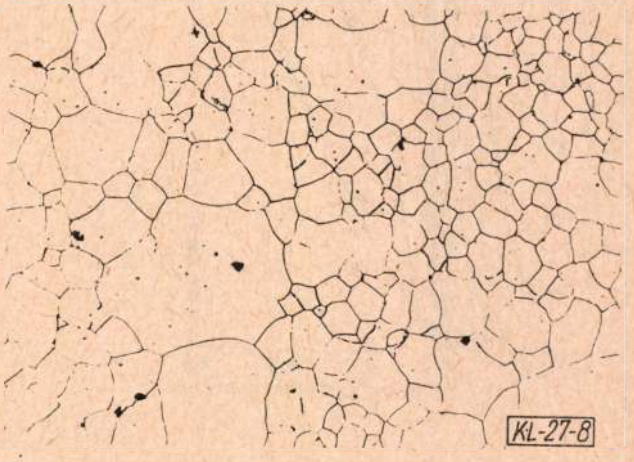
A vizsgálatok nagy részét különleges eljárásokkal átolvasztott acélokkal végeztük. A *7. ábra* bemutatja egy 80 kVA-s elektrosalakos átolvasztó berendezésben kezelt acél szemcseméretei interált gyakoriság-görbéinek eltolódását a nagyobb hőmérsékletek hatására. Az elektrosalakosan átolvasztott acélok mind hasonlóan viselkedtek. Az elektroacélok szemcsenövekedéséhez képest az alábbi eltéréseket tapasztaltuk.

1. Az átolvasztott acélok szemcsenövekedése körülbelül 1050 °C-ig erősen gátolt.

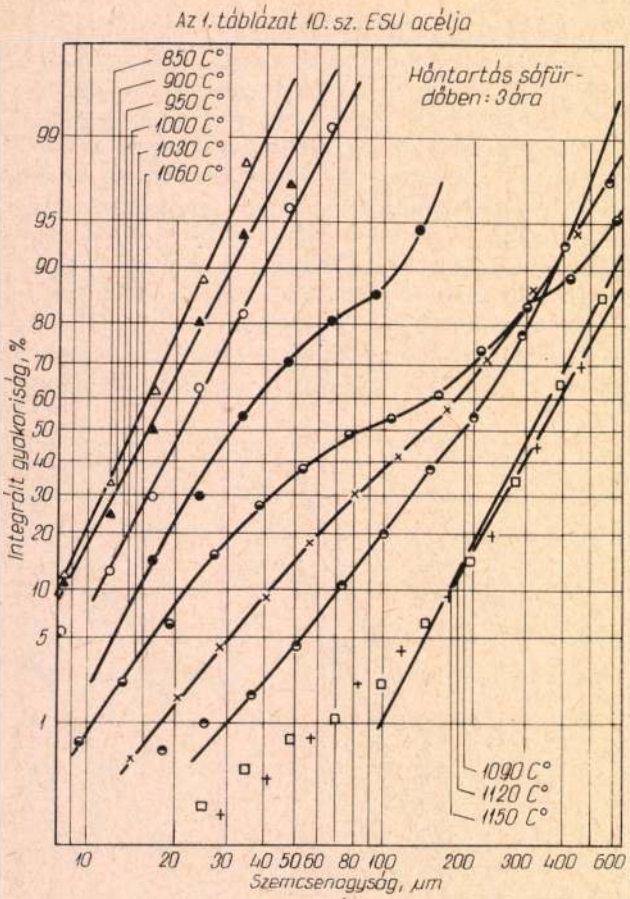
2. A középső hőmérsékleti övezetben (1000—1100 °C között) az átolvasztott acélok szemcse-



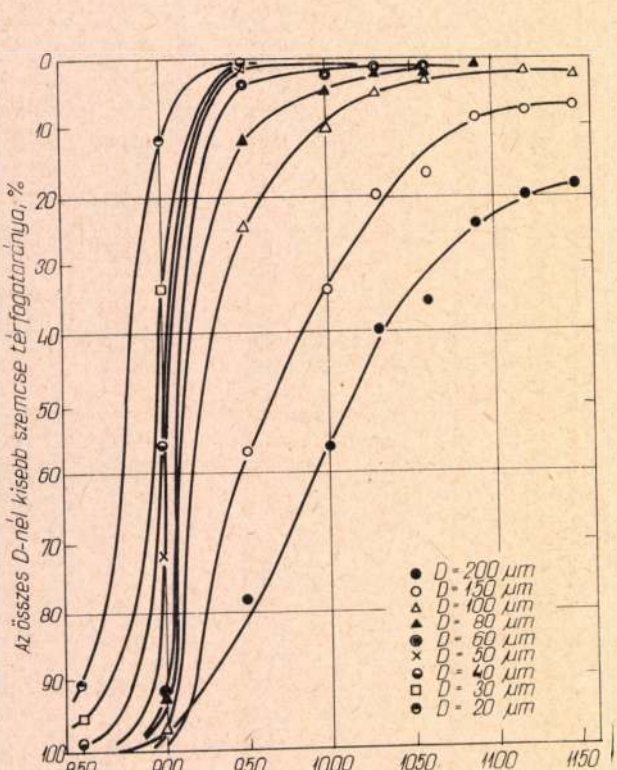
7. ábra. A szemcsenagyságeloszlás hőfokfüggése az átolvasztás után (tégelyben olvasztva)



8. ábra. Az 1. táblázat 12 sz. acéljának austenitszövete 1050 °C-on 3 órás izzítás után



9. ábra. A szemcsenagyságeloszlás hőfokfüggése az átolvasztás után (szálolvasztás)



10. ábra. Az 1. táblázat 11. sz. acéljának szövetelemzése

nagyságának gyakoriságeloszlása nem Gauss-eloszlás. Így az alkalmazott léptékben nem egyenesedik ki.

3. A szemcsenagyságoknak az átlagos érték körüli szórása 1000—1100 °C között határozottan nagyobb, mint a szokásosan olvasztott acéloknál.

4. A szövetviszonyok vizsgálata igazolja, hogy az austenit szemcsenövekedése az átolvasztás után valóban nem folyamatos módon megy végbe *(8. ábra)*. Egyes kitüntetett szemcsék a finomszemcsés alapanyagba belenőnek. A szokásosan olvasztott acél szövete ezen a körülbelül 1050 °C-on már durvaszemcsés, de egyenletes.

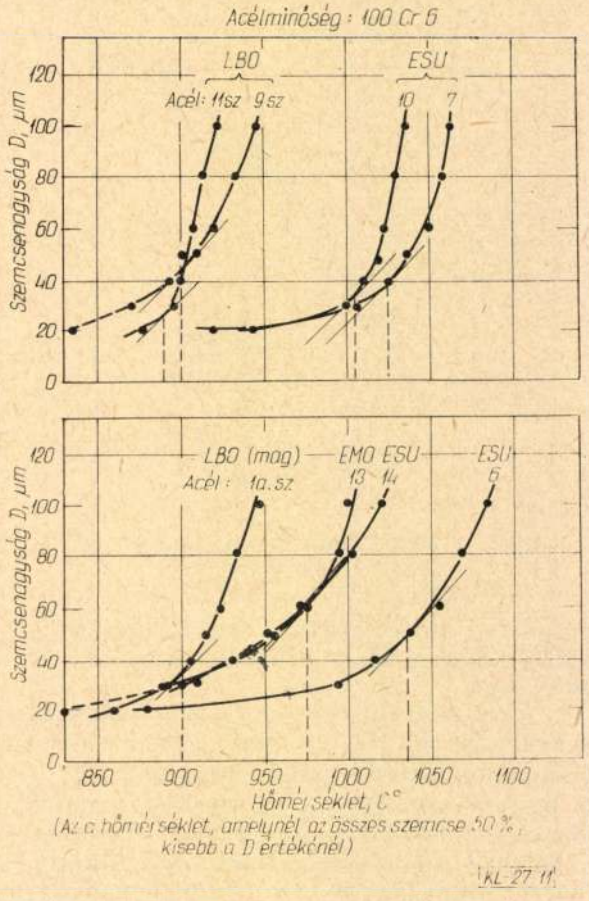
Az elektrosalakosan átolvasztott tömb vizsgálatának eredményei a *9. ábrán* láthatók. Itt is 1000—1100 °C között észleltünk vegyes szemcseeloszlást. Ennél az olvasztásnál, a kísérleti program többi acéljához viszonyítva a kiinduló szemcseméret sokkal kisebb volt.

Az austenit nemfolyamatos szemcsenövekedésre jellemző:

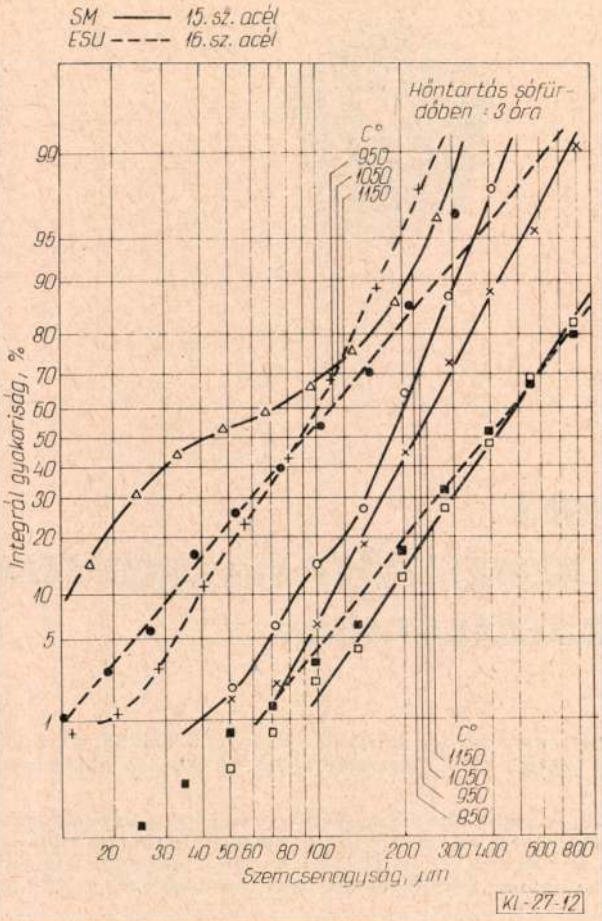
a) a szemcsehatármozgás erős gátoltsága a kisebb hőmérsékletek tartományában,

b) a hőmérséklet emelkedése következtében a szemcsehatárgátlások helyenkénti feloldódása, s így egyes kedvező elhelyezkedésű szemcsék spontán növekedése.

Ahhoz, hogy az austenitesedéskor fimomszemcsés stabilis austenit-szövetet nyerjünk, alapvetően biztosítani kell az alapfémbe ágyazott részecskék minél magasabb diszperziófokát, egyenletes tér-



11. ábra. A metallurgiai feltételek hatása az austenitszemcse durvulására



12. ábra. A szemcsenagyságeloszlás hőfokfüggése a 16 MnCr5 acélok esetén

beli eloszlását és azt, hogy a szemcsehatár mozgását akadályozó részecskék minél nagyobb hőmérsékleten oldódjanak fel. Az átolvasztott és vákuumban kezelt acélok esetén a szemcsehatár mozgását akadályozó részecskék aránya kicsi, így a finomszemcsés szövet stabilitása sem kielégítő. A szokásosan olvasztott acél viszont a heterogén kiindulási állapota miatt lehet hajlamos szemcsedurvulásra.

A metallurgiai tényezők hatásának elemzéséhez a szemcsedurvulási hajlamra megbízható mértékegységet kell találni. Ennek a jellemzőnek figyelembe kell vennie azt, hogy a szövet nem csak egy vagy két szemcseosztályból áll, hanem az összes szemcseosztály különböző mennyiségeit tartalmazza. A *10. ábra* szerint növekvő hőmérséklettel a durvább szemcsék térfogataránya nő, a finomabb szemcséké csökken. Az átolvasztott acéloknál a stabil finomszemcse övezete szélesebb.

Az összes változat összehasonlítására az a hőmérséklet alkalmas, amelynél az összes olyan szemcse, amelyek egy adott D szemcsenagyságnál kisebbek vagy azzal egyenlők (a 10. ábrán paraméterként feltüntettük e D értékeket) 50%-ban vesz részt az össztérfogatban. E D értékek és az így kapott hőmérsékletek közötti összefüggést a *11. ábra* mutatja. A görbéknek azt a pontját kitüntettük, amelyhez húzott érintő 45°-os szöget zár be a koordinátatengelyekkel. A ponthoz tartozó hőmérsékletértéket *durvulási hőmérsékletnek* hívjuk. Az ábrából kitűnik, hogy a szokásos olvasztott acélok szemcsedurvulási hőmérséklete körülbelül 900 °C. Elektrosalakos átolvasztással nyert kisebb tömböknél 100—150 °C-al magasabb a durvulási hőmérséklet. A vizsgált EMO-acél körülbelül 975 °C-on durvul. Hasonlóképpen viselkedett az egyik elektrosalakos átolvasztással készült 240×240 mm-es acéltömb is.

A 16 MbCr5 típusú betétben edzhető acélokon végzett vizsgálatok alapvetően igazolták a gördülőcsapágyacéloknál nyert eredményeket. Az átolvasztás kedvező hatása szintén észlelhető *(12. ábra)*. A Martin-acél szemcseszerkezete a kis- és nagy hőmérsékleteken egyaránt jelentősen durvább.

Összefoglalás, következtetések

A heterogén szemcseszerkezetek pontos jellemzése a szemcsestatisztika alkalmazásával biztosítható, amelyhez lineáris eloszlási elemzést előnyös végezni.

Az austenit szemnagyságok baloldalian aszimmetrikus eloszlása jól leírható a logaritmikus normális eloszlás segítségével.

Az austenit nem folyamatos szemcsenövekedésére a vegyes eloszlások jellemzőek.

A finomszemcsés szerkezet stabilitása annál jobb, minél nagyobb a másodlagos részecskék diszperziófoka és minél egyenletesebb eloszlásúak a részecskék a térfogatban.

A kísérleti eredmények alapján definiáltunk egy ún. szemcsedurvulási hőmérsékletet, amelynek segítségével egyértelműen lehet taglalni a metallurgiai feltételek hatását az austenit szemcsedurvulási hajlamára.

Az átolvasztott acélokban az austenit szemcsehatármozgását gátló másodlagos fázisok egyenletesebb eloszlásúak, mint a szokásos elektroacélokban levők, így a finomszemcsés szerkezetük stabilisabb. Ez azonban nem mindig következik a különleges átolvasztásból. Bizonyítható, hogy minden olyan metallurgiai művelet, amely finomabb öntési szövetet, illetve jobb homogenitást eredményez, egyben az austenit szemcsenövekedését is kedvezően befolyásolja.

IRODALOM

[1] *Bechet S.—Beaujard L.:* Új módszer az austenitszemcse kimutatására edzett vagy nemesített acélokban.

[2] *Feltham P.:* Szemcsenövekedés fémekben. Acta Metallurg. New York, *5* (1957) Febr. 97—105.

NIKEX NEHÉZIPARI KÜLKERESKEDELMI VÁLLALAT

Budapest V., József nádor tér 5—6

BUDAPEST



NIKEX
A NEMZETKÖZI KERESKEDELEM SZOLGÁLATÁBAN

Vállalatunk 1948. október 1-én, az egész magyar gépipar export-import anyavállalataként alakult. Profilként az akkori Nehézipari Központ (NIK) cikklistáját kapta, amely nemcsak a gépipar teljes területét ölelte fel, hanem hozzá tartozott a vas- és fémipar is.

Már a vállalat megalakulását követő években — az akkori szerény volumenhez viszonyítva is — az általa képviselt ágazatok közül több olyan gyorsan fejlődött, hogy szükségessé vált a NIKEX-ből való kiválásuk, új, szakosított, önálló külkereskedelmi vállalatokként. E folyamat 1949 óta szinte folyamatosan tartott napjainkig. Ez alatt az idő alatt olyan világhírű vállalatok alakultak a NIKEX-ből, mint az 1949-ben alapított Metalimpex, az 1950-ben létrejött Technoimpex, az 1953-ban alakult Komplex és az 1962-ben megalakult Chemokomplex.

Ez a fejlődés nemcsak új vállalatok létrehozását eredményezte: 1957. óta ebben a fejlődési folyamatban nyertek önálló külkereskedelmi jogot többek között azok a nagyhírű, márkás iparvállalatok, melyek termelésük jelentős részét már korábban is közvetlenül értékesítették külföldi piacokon. E patinás vállalatok közé tartozik a Ganz-MÁVAG, a Magyar Vagon- és Gépgyár, a Magyar Hajó és Darugyár és más iparvállalatok.

Ez a fejlődési folyamat természetesen sok leküzdésre váró feladatot is rótt a Nikexre, hiszen a legjobb, legjelentősebb forgalmat képviselő cikkeit sorozatosan átadta az utódvállalatoknak; éppen azokat a termékeket, amelyeknek piackutatásába, exportképessé tételébe, propagandájába a legnagyobb energiát fektette.

Egy-egy termékcsoport forgalmazásának átadása nemcsak forgalomcsökkenést okozott, hanem legtöbbször a vállalat által képzett, magasan kvalifikált szakembereinek átadását is jelentette.

A Nikex életképességét, meg-megújuló energiáját mutatja, hogy az állandó újjászervezés nehézségei ellenére, a kieső volumenek nagy hányadát a következő évek kemény munkájával sikerült újból és újból bepótolnia, sőt túlszárnyalnia. 1972-ben az elmondottak ellenére, forgalma több mint négyszeresét tette ki az 1950. évi forgalmának.

A Magyarországon 1968-ban bevezetett új gazdaságirányítási rendszer a Nikex életében is sok változást hozott. Az új gazdaságirányítási rendszer bevezetésekor végrehajtott külkereskedelmi profilrendezéssel egyidejűleg az új feladatok tükrében a vállalat új szervezetet alakított ki, amelynek keretében öt nagy önállóságú árukereskedelmi igazgatóságot hozott létre. Ezek mindegyike más és más szakágazat export és importtevékenységét hivatott biztosítani és lebonyolítani. Az öt kereskedelmi igazgatóság tevékenységi köre az alábbi témák szerint tagozódik:

I. Kereskedelmi Igazgatóság. A kohászati, tüzeléstechnikai és légtechnikai berendezések és gépek forgalmazásával foglalkozik.

II. Kereskedelmi Igazgatóság. Vasúti, vízi és légi közlekedési eszközök exportját, importját biztosítja.

III. Kereskedelmi Igazgatóság. Az építő és útépítő, valamint építőanyagipari gépeket, berendezéseket forgalmazza.

IV. Kereskedelmi Igazgatóság. Vízügyi berendezések és gépek, valamint vegyesgépek forgalmazását végzi.

V. Kereskedelmi Igazgatóság. Bányagépek, szállítóberendezések és felületvédelmi berendezések importjával és exportjával foglalkozik.

Az öt kereskedelmi igazgatóság mellett központi szervként egy gazdasági igazgatóság és egy közgazdasági igazgatóság is működik.

Ez utóbbi szervezet fogja össze a tervezési és statisztikai, a közgazdasági és dokumentációs, a nemzetközi kapcsolati, a propaganda és reklám, a szabadalomértékesítési és a kooperációs osztályokat, melyeknek tevékenysége a vállalat teljes egészére kiterjed. Ehhez a szervezethez tartozik még a vállalat külső piaci szervezete is, többek között a külföldön működő Nikex kereskedelmi irodák is.

A folyamatos nemzetközi kapcsolatokat a külföldi önálló vállalati irodák hálózatán túl a magyar kereskedelmi kirendeltségek is biztosítják, ahol behatóan foglalkoznak a Nikex ügyeinek intézésével is.

Népgazdasági fejlődésünk mai, dinamikus szakaszában is jelentős feladatok hárulnak a Nikex Nehézipari Külkereskedelmi Vállalatra. Kiterjedt export tevékenysége mellett fontos szerepet tölt be a magyar kohászati és öntödei ipar jelenleg is folyó rekonstrukciós beruházásaiban való közreműködésében, a közlekedés területén a Magyar Államvasutak vagon- és mozdonyparkjának újjáteremtésében, a dieselesítési és vasútvillamosítási program végrehajtásában, a budapesti Metró építéséhez és üzemeléséhez szükséges gépek, berendezések, járművek, a mezőgazdasági és sportcélú repülőgépek és helikopterek, nyílttengeri teherhajók beszerzésében.

A magyar népgazdaságnak — akárcsak a közelmúltban — a jövőben is erősen exponált területe lesz az építő-, útépítő- és építőanyagipar. Ezeknek a kiemelt állami programoknak a megvalósításában a Nikex mint építő- és útépítőgép, valamint berendezés importőr vesz részt. Neve hozzákapcsolódik a dunai, a beremendi, a hejőcsabai, a sárospataki cementgyár, a magyarországi házgyárak, a bátaszéki cserépgyár, a városlődi kerámiagyár, a mátramindszenti burkolólapgyár, a kazincbarcikai könnyű-betongyár, az ágasegyházai gázbetongyár megvalósításához, az építés és útépítés komplex gépesítéséhez.

A vállalat közreműködésével történt és történik ma is a magyar bányászat rekonstrukciója és modernizálása, a bányaüzemek korszerű, nagy teljesítményű gépekkel történő ellátása.

Az ipar és a mezőgazdaság dinamikus fejlődése hazánkban is szükségessé teszi a korszerű vízgazdálkodás megvalósítását. Ennek a feladatnak a végrehajtása az Országos Vízügyi Hivatal hatáskörébe tartozik. E hivatallal a nagyvolumenű gépek beszerzése területén igen szoros együttműködés alakult ki. Az elkövetkező években fontos feladatunkká válik a komplex környezetvédelemmel kapcsolatos tevékenységben való közreműködés is.

Vállalatunk a világ negyven országának mintegy ezer cégével áll rendszeres kereskedelmi kapcsolatban. Több mint tízezer a száma azoknak a külföldi műszaki és kereskedelmi szakembereknek, akikkel munkánk során megismerkedtünk és kapcsolatot teremtettünk.

Külkereskedelmi tevékenységünket 420 magyar vállalat megbízása alapján végezzük: ezek közül 120 azoknak a vállalatoknak a száma, melyeknek termékeit exportáljuk. *Export cikklistánk* az alábbi 17 termékcsoportot öleli fel:

1. Tüzeléstechnikai berendezések
2. Precíziós öntödék
3. Vasúti gördülőanyagok és felszerelési cikkek
4. Építőgépek
5. Közép teljesítményű építőanyagipari gépek és berendezések
6. Acélszerkezetek
7. Vízgépészeti berendezések
8. Ipari szerelvények
9. Bányaberendezések és gépek
10. Szállítógépek
11. Ércelőkészítő berendezések
12. Motorok, szivattyúk és kompresszorok
13. Kereskedelmi és ipari mérlegek
14. Felvonók
15. Légtisztító berendezések és ventillátorok
16. Víz- és szennyvíztisztító berendezések
17. Felületvédelmi és festőberendezések

A felsorolt termékcsoportok exportján kívül foglalkozunk speciális üzletágakkal is: szabadalmak és gyártási eljárások értékesítésével, valamint nemzetközi ipari kooperációk szervezésével és lebonyolításával. E speciális üzletágak korunkban, a tudományos-technikai forradalom korában, különös jelentőségűek. Mindkét tevékenység ugyanis hozzájárul a progresszív iparfejlesztés megvalósításához, a korszerű gyártási ismeretek és gyártási tapasztalatok közvetlen megszerzéséhez, a gazdaságilag legeredményesebb ipari tevékenységhez, végül, de nem utolsósorban, a munkaerőgazdálkodás racionálisabbá tételéhez.

Az új gazdaságirányítási rendszer bevezetése óta mind a szabadalom-értékesítés, mind az ipari kooperáció területén jelentős eredményeket értünk el. Megkétszereztük a szabadalmak forgalmát, megötszöröztük a nemzetközi kooperációk számát. Kooperációs partnereink között olyan világhírű cégeket is üdvözölhetünk, mint a francia Poclain és Tichauer cégeket, a svéd BM Volvo céget, az NSZK-beli Otto Dürr, a Hünnebeck, az Elba Werke, a Vögele és a Klöckner Ferromatic céget és az osztrák Noe céget.

A Nikex Nehézipari Külkereskedelmi Vállalat feladatait jelenleg a magyar népgazdaság negyedik ötéves tervének célkitűzései szabják meg. E célkitűzések szellemében vállalatunk tovább munkálkodik a nemzetközi kapcsolatok szélesítésén, a nemzetközi gazdasági integráció kibontakoztatásán, a kereskedelmi és kooperációs kapcsolatok kölcsönös előnyökön alapuló bővítésén.

Vállalatunk intenzív piackutató munkát folytat. Ez a tevékenység a Nikex teljes export- és import tevékenységére kiterjed. A piackutatásba bevonjuk a velünk kapcsolatban álló iparvállalatok szakembereit, ezzel is biztosítva a hatékony marketinget és a gyors nemzetközi műszaki és kereskedelmi információcserét.

Üzleti kapcsolataink elmélyítése, kereskedelmi munkánk hatékonyságának növelése céljából minden évben számos nemzetközi vásáron és szakkiállításon veszünk részt. Külkereskedelmi munkánk valamennyi részletére kiterjedő jó és hosszú távú együttműködés kialakítása érdekében magunk is kezdeményezzük nemzetközi szakkiállítások szervezését Budapesten. Kezdeményezésünk alapján került sor 1971-ben a Budapesti Kohászati Napok elnevezésű nemzetközi kiállítás és szimpozion megrendezésére, 1972-ben az első budapesti Nemzetközi Építő- és Útépítőgép Kiállításra.

1975-ig több nemzetközi kiállítás szervezését tervezzük Budapesten, 1973-ban megrendezzük a magyar fővárosban az első nemzetközi környezetvédelmi kiállítást, 1974-ben a második nemzetközi építő- és útépítőgép kiállítást, a közlekedésgépészeti kiállítást, valamint 1975-ben a nemzetközi vízügyi kiállítást és konferenciát.

Áruforgalmunk túlnyomó részét a szocialista országok vállalataival realizáljuk. A Nikex legnagyobb export- és importforgalmát a Szovjetunió vállalataival bonyolítja le, második helyen „holtversenyben" az NDK és Csehszlovákia vállalatai következnek.

Igen jelentős a lengyel és román vállalatokkal fennálló forgalmunk is. A nyugati országok közül legnagyobb vásárlónk Irán, az NSZK és Törökország. Nagy volumennel szerepel India, Anglia, Svédország, Görögország, Pakisztán és Irak is.

Legnagyobb mennyiségben az NSZK-ból, Ausztriából, Olaszországból, Franciaországból és Svédországból hozunk be gépeket és berendezéseket.

Szállítóink közé több dán, indiai, svéd, svájci, japán, holland, kanadai, USA cég is tartozik.

A felsorolás ezzel korántsem teljes. Az elkövetkező hónapokban és években minden bizonnyal tovább fog bővülni azoknak a partner vállalatoknak a köre, amelyekkel — a közös sikerek reményében — együttesen munkálkodhatunk a nemzetközi kereskedelem fejlesztésén.

Szakembereink mindenkor szívesen állnak minden kedves ügyfelünk rendelkezésére külföldi kereskedelmi irodáinkban, a magyar kereskedelmi kirendeltségeken, s vállalatunk budapesti székházában.

BUDAPEST

Korszerű külföldi üzemek ismertetése

A „Böhler" cég új nemesacél kovácsüzeme Kapfenbergben

Mintegy 250 millió schilling beruházással rekonstruálta a „Böhler" cég a világszerte ismert szabadalakító nemesacél kovácsüzemét. A beruházás során 100 millió schillingért 4000 Mp-os teljesen integrált kovácssajtót vásároltak, amelyet a Schloemann cég konstrukciója alapján az osztrák VÖEST gyártott. Új csarnokrészt építettek, amelybe a régi berendezéseik közül egy 1200 Mp-os sajtót telepítettek át. A sajtót egy 16 mMp-os manipulátor szolgálja ki. A csarnok alaprajza az *ábrán* látható. Az új 4000 Mp-os sajtót egy régi 2300 Mp-os sajtó helyére telepítették. A sajtóhoz 80 mMp-os manipulátor tartozik. A sajtó asztala a gép alól kimozdítható és ott forgóasztalként szerszámcserére használható. A sajtó és a manipulátor mozgatását összehangoltan, elektronikusan vezérlik.

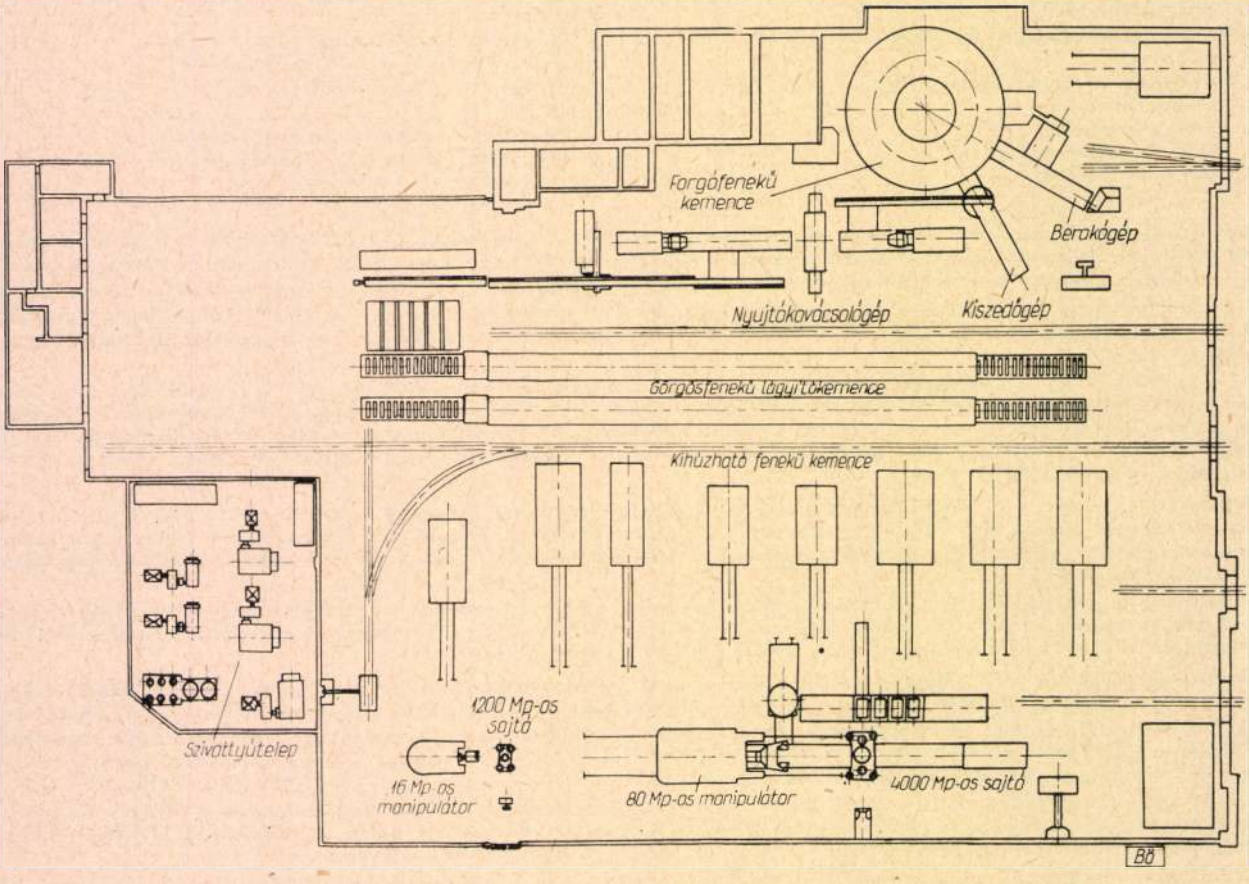
Digitális mérő- és vezérlő-rendszere lehetővé teszi, hogy a nyújtó és simító kovácsolást a sajtó teljesen automatikusan végezze. Az elérhető méretpontosság ± 1 mm. A kovácsolható maximális öntecssúly 50 tonna. A mozgatható és forgatható sajtóasztal segítségével a mintegy 30 tonnás szerszámpárt 3 perc alatt lehet kicserélni. A kovács manipulátort a Hydraulik-Duisburg cég, a sajtó forgóasztalát a VÖEST cég gyártotta.

A gépet egyetlen kezelő szolgálja ki.

150 millió schillingért a rúdkovácsolás korszerűsítésére GFM Steyr gyártmányú SXP 55.081B típusú programvezérlésű nyújtókovácsológépet vásároltak. A gép 550 mm-es szelvényméretű kiinduló anyagok kovácsolására alkalmas. A gépbe beépített elektromos teljesítmény 1840 kW. A maximálisan kovácsolható rúdhossz 16 m. A négy kalapács mindegyikének sajtolóereje 1000 Mp. Percenkénti lökетszámuk: 200.

Gyártási programja:

100—350 mm köracél; 100—250 mm négyzetacél; 100—250 mm hatszögacél; 100—310 mm nyolcszögacél; 160—400 mm széles — 50—300 mm vastag laposacél; lépcsőstengelyek max. 450 mm átmérővel, 10 m hosszig és 5 tonna súlyig.



A nyújtókovácsológépet 16 m átmérőjű forgófenekű kemence szolgálja ki, amelynek teljesítménye 12 t/óra. A kemence földgáztüzelésű.

A teljes hevítési, kovácsolási és hőkezelési ciklust elektronikus számológép irányítja. A GFM nyújtókovácsológép numerikus vezérlésű.

A berendezés ismertetett automatizáltsági foka lehetővé teszi, hogy az öntecs beadagolásától számított 33 óra múlva a rúdanyag lágyított, méretrevágott, ellenőrzött állapotban szállításra kész.

Böhler Ismertető 1973

Vass Iván

FÉMKOHÁSZAT

Rovatvezetők: DR. BECKER ERVIN, GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ

Alumíniumelektrolizálókádak katódszerkezete feszültség- és árameloszlásának vizsgálata

TÓTH MIHÁLY okl. kohómérnök
Tatabányai Alumíniumkohó

DK: 669.713.7 : 621.3.032.2 : 621.317

Az elektrolizáló kádak áramvezető szénbélésében és a katódsínben az áram- és feszültségeloszlás nem egyenletes. Az áramsűrűség az anód alatt a katód közepén kisebb, az anód széle mentén az átlagosnál lényegesen nagyobb lehet a katódszénben és a katódsínben.

A katódszénben képződött joulehő nagyobb, a katódsínben képződött hő pedig kisebb a valóságban, mintha az áram egyenletesen oszlana el. A katódszerkezet anódkeresztmetszetre vonatkoztatott ún. redukált (r_k) ellenállásának meghatározására alkalmas összefüggés szerint ezen ellenállás függ a katódsínek számától; a relatív sínkeresztmetszettől; a katódsín hőmérsékletétől és fajlagos ellenállásától; a katódszekrény és anód szélességétől; az 1 cm katódsínre jutó katódszén villamos ellenállásától (beleértve az olvadt alumínium-katódszén és a katódszén-katódsín kontaktusok fajlagos villamos ellenállását is).

Az alumíniumelektrolizálókádak méreteinek növelése és az egyre kedvezőbb műszaki-gazdasági mutatók elérésére való törekvés, mindinkább megköveteli a kád egyes szerkezeti részeinek mélyreható, vizsgálatát.

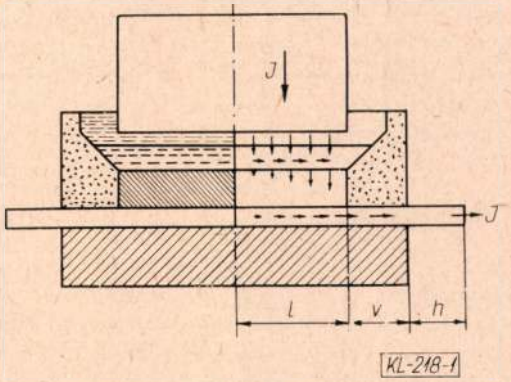
A jelen dolgozatban megvizsgáljuk a katódszénben és az acél katódsínben a villamosfeszültség, a villamosáram és joulehőképződés eloszlását, illetve nagyságát, továbbá praktikusan alkalmazható összefüggéseket vezetünk le az egyes szerkezeti részek és a teljes katód villamosellenállásának közelítő meghatározására.

Az eredményül kapott összefüggések, az egyes befolyásoló tényezők hatásának irányát mutatják, és annál jobban megközelítik a valóságos értékeket, minél közelebb állnak kiinduló alap-feltételezéseink a gyakorlathoz. A számítások egyszerűsíthetősége miatt sok esetben le kellett mondani a valóságot jobban megközelítő bonyolultabb kiinduló feltételezésekről. A vizsgálat során valamennyi katódsínt egyenértékűnek tekintünk, tehát figyelmen kívül hagyjuk az árameloszlás hosszirányú aszimmetriáját.

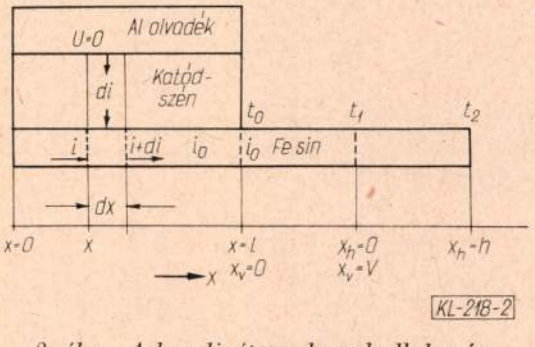
Az *1. ábrán* egy katódszerkezet keresztmetszeti rajzát mutatjuk. Tekintettel arra, hogy az alumínium igen jó villamosvezető, első megközelítésben tételezzük fel, hogy a kádban levő folyékony alumínium villamos potenciálja állandó. Az egyszerűség kedvéért az anód keresztmetszete egyezzen meg a folyékony alumínium és a katódszén érintkezési felületével. Jelentősen megkönnyíti a számításokat, ha az acél-katódsín anód alatti belső szakaszát állandó hőmérsékletűnek tételezzük fel. A kádból kifelé haladó irányban a katódsín középső szakaszának hőmérséklete, vagyis az anód széle alatti katódsín hőmérséklete a katódszekrényből való kilépéséig csökkenjen lineárisan.

Feltételezzük továbbá, hogy a katódsín belső szakasza fölött levő katódszén villamos ellenállása a katódsín hossza mentén nem változik. Követve a villamosáram útját, vizsgáljuk meg először a katódszén, majd sorra a katódsín belső, középső és végül külső szakaszának villamos-áramlástani összefüggéseit.

Az áramvezető katódszénbéléssel és a katódsín belső szakaszával kapcsolatosan nem beszélhetünk ezek konkrét mérhető feszültségeséséről, mert a vonatkozó határfelületek nem equipotenciálisak. Így ezekre inkább a feszültségeloszlás, az árameloszlás és a jóulehő-képződés eloszlása a jellemző. Ahhoz, hogy e szerkezeti részek feszültségesését, villamosellenállását a feszültségmérlegeknél, illetve energiamérlegeknél figyelembe vehessük, bevezetjük az ún. ekvivalens feszültség, illetve ekvivalens ellenállás fogalmát. Az *ekvivalens fe-*



1. ábra. Katódszerkezet keresztmetszeti rajza



2. ábra. A koordinátarendszerek elhelyezése

szültséget úgy kapjuk, ha az illető szerkezetben képződött *joulehőmennyiséget elosztjuk az áramerősséggel*. Ha pedig az *ekvivalens ellenállását* kívánjuk meghatározni, *a képződött energiát az áramerősség négyzetével osztjuk*.

1. Az áramvezető katódszénbélés vizsgálata

A *2. ábrának* megfelelően tételezzük fel, hogy az acél katódsínek benyúlnak a kád középvonaláig (ahol $x=0$), és innét kifelé haladva x növekszik. Az acél katódsínben a feszültségpotenciál csak annak hossza mentén változzék, így annak minden egyes keresztmetszetében az áramsűrűség azonos, tehát $U=U(x)$ és $i=i(x)$.

Válasszuk ki a *2. ábrának* megfelelően a katódsínnek és a hozzátartozó katódszénnek a katódsín hossztengelyére merőleges dx vastagságú szeletét és tételezzük fel, hogy ismeretes az r villamosellenállás, amellyel az 1 cm hosszú katódsínbe, annak középvonalára merőlegesen a folyékony alumíniumból a katódszénen át a villamosáram belép.

A továbbiakban r értékének kiszámításával nem foglalkozunk, csupán megjegyezzük, hogy r magában foglalja a folyékony alumínium-katódszén és a katódszén-acélkatódsín átmeneti ellenállásokat, továbbá a katódszén ellenállását és r értéke a katódszén, illetve katódsín geometriai méreteitől is függ. Írjuk fel a katódszén dx vastagságú szeletére Ohm törvényét. A dx hosszú katódsínhez tartozó katódszén villamos ellenállása $R=\frac{r}{dx}$, így a dx vastagságú katódszénen a di áramot az $U(x)$ feszültség hajtja át, vagyis:

$$U(x)=r\frac{di}{dx} \tag{1}$$

Írjuk fel továbbá a dx vastagságú katódsínszeletre is Ohm törvényét. Mivel a katódsín hosszirányában a dx szakaszon a dU feszültségkülönbség $i(x)$ áramot hajt át, így ha e katódsínszakasz villamosellenállása

$$R=\varrho\frac{dx}{F},$$

akkor:

$$dU=\frac{\varrho}{F}i(x)\,dx \tag{2}$$

Ha az $0\leqq x\leqq l$ szakaszon $t=t_0$ állandó hőmérsékletet tételezünk fel és ha a katódsín keresztmetszete sem változik annak hossza mentén, továbbá ha ilyen feltételek mellett a (2) kifejezést differenciáljuk és rendezzük:

$$\frac{d^2U}{dx^2}-\frac{\varrho}{F}\frac{di}{dx}=0 \tag{2a}$$

A (2a)-t (1)-gyel összevetve és $\frac{di}{dx}$-et kiejtve a következő állandó együtthatájú homogén differenciálegyenlet adódik,

$$\lambda=\sqrt{\frac{\varrho}{rF}}$$

helyettesítéssel:

$$\frac{d^2U}{dx^2}-\lambda^2U=0 \tag{3}$$

A feszültségeloszlást a (3) differenciálegyenlet megoldásával kapjuk.

A (3) differenciálegyenlet általános megoldása:

$$U=Ae^{\lambda x}+Be^{-\lambda x} \tag{4}$$

Az $x=0;\quad i=\frac{FdU}{\varrho dx}=0$ (5)

határfeltételekből:

$$A=B.$$

Az $x=l;\ i=i_0$ feltételből pedig:

$$i_0\sqrt{\frac{\varrho r}{F}}=Ae^{\lambda l}-Be^{-\lambda l} \tag{6}$$

Az előbbiek felhasználásával:

$$A=B=i_0\sqrt{\frac{\varrho r}{F}}\cdot\frac{1}{2\,\mathrm{sh}\,\lambda l} \tag{7}$$

A (7)-et (4)-be helyettesítve és rendezve a katódsín kádban levő folyékony alumíniumhoz viszonyított feszültség potenciáleloszlását, vagyis a a katódszén feszültségeloszlását a következő összefüggés adja:

$$U=\lambda r i_0\frac{\mathrm{ch}\,\lambda x}{\mathrm{sh}\,\lambda l} \tag{8}$$

11. Feszültségeloszlás a katódszénben

A katódsínben folyó i_0 áramerősség helyett az áramsűrűség (d_0) és a sínkeresztmetszet F szorzatát írva a katódszénben a feszültségeloszlást a következő összefüggés fejezi ki (lásd *3. ábra*).

$$U_c=\frac{\lambda r d_0 F}{\mathrm{sh}\,\lambda l}\,\mathrm{ch}\,\lambda x \tag{8a}$$

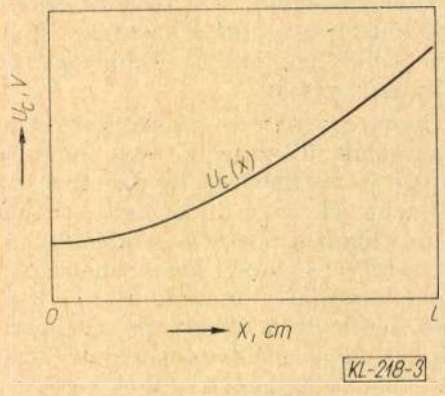
Az áramvezető katódszénbélésben, vagyis a katódsín és az olvadt alumínium között a feszültségesés az acélkatódsín hossza mentén változik. Legkisebb az értéke az anód közepe alatt $x=0$ helyen, ahol:

$$U_c^{\min}=\frac{\lambda r d_0 F}{\mathrm{sh}\,\lambda l} \tag{8b}$$

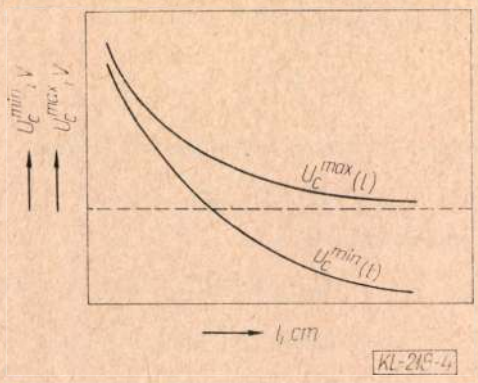
és legnagyobb az anód széle alatt $x=l$ helyen, melynek értéke:

$$U_c^{\max}=\lambda r d_0 F\,\mathrm{cth}\,\lambda l \tag{8c}$$

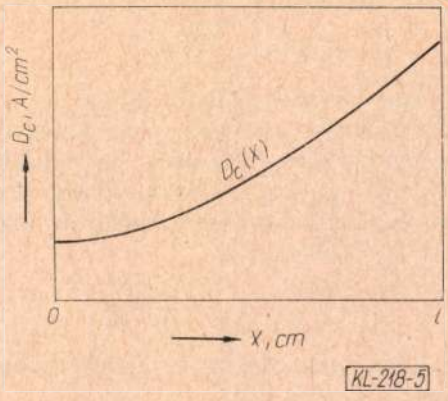
A (8c) összefüggés egyidejűleg a katódszénben és a katódsín belső szakaszában együttesen bekövetkező feszültségesést is kifejezi.



3. ábra. Feszültségeloszlás a katódszénben



4. ábra. A katódszén-feszültségesés függése az anódszélességtől



5. ábra. Az áramsűrűség eloszlása a katódszénben

Ha a villamosáram egyenletesen oszlana el a katódszénben, akkor nyilvánvalóan:

$$U'_c = \frac{r d_0 F}{l} \tag{8d}$$

értékkel a feszültségesés is állandó lenne a katódsín belső szakasza mentén, ami nem lehetséges, mert ez kizárná abban az áram folyását. A villamosáram ezért az adott feltételek esetén nem oszolhat el a katódszénben egyenletesen.

Figyelemre méltó, hogy ha a katódsín hosszúságát, vagyis az anód szélességét minden határon túl növelnénk ($l \to \infty$), akkor az anód közepe alatti katódszén-feszültségesés aszimptotikusan tartana a zérushoz, az anód széle alatti katódszén-feszültségesés pedig a $d_0\sqrt{\varrho r F}$ határértékhez.

Ha pedig csökkentjük az anód szélességet, e két érték egyre közeledik egymáshoz és mindkettő rohamosan növekszik, de kívül a feszültségesés mindig nagyobb (lásd *4. ábra)*.

12. Árameloszlás a katódszénben

Tételezzük fel, hogy a katódsín fölött levő katódszénben a villamosáram csak a katódsín tengelyére merőlegesen folyik. Ezesetben a katódsín belső szakaszának minden egyes függőleges keresztmetszete fölött x függvényében változó i_c áramerősség alakul ki, melynek értéke Ohm törvénye alapján meg kell, egyezzen a létrejöttét okozó feszültségesés (8a) és az ellenállás hányadosával, vagyis:

$$i_c = \frac{\lambda d_0 F}{\operatorname{sh} \lambda l} \operatorname{ch} \lambda x \tag{9}$$

Ha egy katódsínhez tartozó anódsáv hosszúsága b, akkor a katódfenék és az olvadt alumínium határfelületén az átlagos áramsűrűség (lásd *5. ábra)*:

$$D_c = \frac{\lambda d_0 F}{b \operatorname{sh} \lambda l} \operatorname{ch} \lambda x \tag{10}$$

Legkisebb az áramsűrűség az anód közepe alatt:

$$D_c^{min} = \frac{\lambda d_0 F}{b \operatorname{sh} \lambda l} \tag{10a}$$

Maximális értékét pedig az anód széle alatt éri el:

$$D_c^{max} = \frac{\lambda d_0 F \operatorname{cth} \lambda l}{b} \tag{10b}$$

Természetesen a szénben eloszló áram l szakaszra vonatkozó integrálja

$$\int_{x=0}^{x=l} i_c \, dx,$$

meg kell egyezzen a sínben folyó teljes áramerősséggel (i_0-lal).

A (9) felhasználásával ez teljesül is mert:

$$\frac{\lambda d_0 F}{\operatorname{sh} \lambda l} \int_{x=0}^{x=l} \operatorname{ch} \lambda x \, dx = d_0 F$$

Ha a villamosáram egyenletesen oszlana el a katódszénben akkor:

$$i'_c = \frac{d_0 F}{l} \tag{9a}$$

Tekintettel arra, hogy a katódszénben folyó áram sűrűsége mindig arányos az olvadt alumínium és a katódsín közötti feszültségkülönbséggel, így az anód közepe és széle alatt kialakuló minimális, illetve maximális áramsűrűség értékekre is vonatkoznak a feszültségekre tett megállapítások azzal a különbséggel, hogy a határérték $d_0 \lambda r F$ helyett itt $\frac{d_0 \lambda F}{b}$, vagyis az áramsűrűség nyilvánvalóan független a katódszén villamos-ellenállásától.

13. A joulehő-képződés és annak eloszlása a katódszénben

A $W = I^2 R$ összefüggésnek megfelelően a (9) egyenlet felhasználásával az áramvezető szénbélés dx szakaszában képződött villamos teljesítmény:

$$dW_c = i_c^2 r \, dx \tag{11}$$

A (9)-et (11)-be helyettesítve:

$$W_c = \frac{d_0^2 \varrho F}{\operatorname{sh}^2 \lambda l} \int_{x=0}^{l} \operatorname{ch}^2 \lambda x \, dx \tag{11a}$$

A kijelölt műveleteket elvégezve (lásd *6. ábra)*:

$$W_c = \frac{d_0^2 \varrho F \, (\operatorname{sh} 2\lambda l + 2\lambda l)}{4\lambda \operatorname{sh}^2 \lambda l} \tag{12}$$

Természetesen azonos eredményre jutunk, ha a

$$\mathrm{d}W_c = \frac{U^2}{r}\,\mathrm{d}x$$

összefüggésbe behelyettesítjük (8b)-t.

A katódsín belső részének hosszegységére jutó teljesítményképződés eloszlása egyenlőtlenebb, mint a feszültség vagy az áramerősség eloszlása. A minimális energiaképződés értéke az anód közepe alatt $x=0$ helyen:

$$\left(\frac{\mathrm{d}W_c}{\mathrm{d}x}\right)_{\min} = \frac{d_0 \varrho F}{\mathrm{sh}^2\,\lambda l} \tag{11b}$$

A maximális értéke pedig $x=l$ helyen az anód széle alatt:

$$\left(\frac{\mathrm{d}W_c}{\mathrm{d}x}\right)_{\max} = d_0^2 \varrho F\,\mathrm{cth}^2 \lambda l \tag{11c}$$

14. A katódszén ekvivalens feszültségesése és villamos ellenállása

Ha azt a feszültségesést keressük, amelynek a teljes áramerősséggel való szorzata megadja a teljesítményt, akkor a kérdéses ún. ekvivalens katódszén feszültségesést a (12) összefüggésnek az áramerősséggel, vagyis d_0F-fel való osztása útján kapjuk *(6. ábra)*:

$$U_c^e = \frac{d_0 \varrho\,(\mathrm{sh}\,2\lambda l + 2\lambda l)}{4\lambda\,\mathrm{sh}^2\,\lambda l} \tag{13}$$

Az ekvivalens villamosellenállást pedig (12)-nek $d_0^2F^2$-tel való osztása révén:

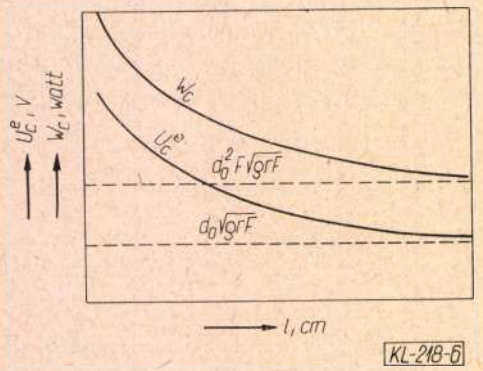
$$R_c^e = \frac{\lambda r\,(\mathrm{sh}\,2\lambda l + 2\lambda l)}{4\,\mathrm{sh}^2\,\lambda l} \tag{14}$$

Ha a villamosellenállás meghatározására szokásos

$$R = \varrho\frac{x}{F} = \frac{r}{F} = \frac{r}{l}$$

összefüggést összevetjük (14)-gyel, akkor definiálhatunk egy ún. ekvivalens katódszénhosszt, amely arányos az áramvezető keresztmetszettel és amely megegyezik azzal a szénhosszal, amelyet az egy katódsínen át folyó teljes áram a katódsínre merőlegesen egyenletesen átjárva éppen annyi hőt fejleszt, mint az egyenlőtlenül eloszlott villamosáram. Az ekvivalens katódszénhossz mindig az árameloszlás függvénye. A feltételezéseinkből adódó árameloszlás esetén (14)-ből (lásd *7. ábra)*:

$$l_e^c = \frac{4\,\mathrm{sh}^2\,\lambda l}{\lambda^2\,(\mathrm{sh}\,2\lambda l + 2\lambda l)} \tag{15}$$



6. ábra. Hőképződés és ekvivalens feszültségesés a katódszénben

A (15) felhasználásával az *ekvivalens katódszén-ellenállás r* ismeretében:

$$R_c^e = \frac{r}{l_c^e} \tag{14a}$$

Az *ekvivalens katódszén feszültségesés* pedig:

$$U_c^e = d_0 F R_c^e \tag{13a}$$

Végül a *joulehő-képződés:*

$$W_c = d_0^2 F^2 R_c^e \tag{12b}$$

Ha $l \to \infty$, akkor $U_c^e \to d_0\sqrt{\varrho r F}$

és $W_c \to d_0^2 F\sqrt{\varrho r F}$

A (15) összefüggés felhasználásával meghatározható egy ekvivalens áramsűrűség is, amely értékét az $l_c^e \cdot b$ keresztmetszetű katódszén felületen állandónak tekintve, (12) összefüggés szerinti tényleges teljesítményt adja. Az ekvivalens áramsűrűség a katódszén felső-síkjára vonatkoztatva:

$$D_e^c = \frac{d_0 F}{b l_c^e} \tag{10c}$$

Könnyen belátható, hogy az ekvivalens katódszénhossz (l_c^e) mindig kisebb, mint a tényleges, (lásd *7. ábra)*, vagyis mint az anódszélesség fele (l). Úgy tűnik tehát, mint ha a villamos áram, irányára merőlegesen kisebb keresztmetszetet járna át, mint a valóságban. Ebből pedig az következik, hogy az áramsűrűség (D_e^c), a katódszénellenállás (R_e^c), a katódszén-feszültségesés, illetve a katódszénben képződött teljesítmény mindig nagyobb, mint ha abban az áram egyenletesen oszlana el.

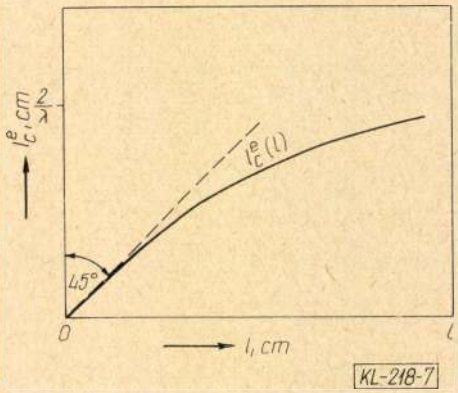
Figyelemre méltó, hogy a (13) szerinti ekvivalens katódszén feszültségesés nem azonos a sín belső (8b) és külső (8c) végénél mérhető:

$$\overline{U_c} = \frac{d_0\sqrt{\varrho r F}\,(1+\mathrm{ch}\,\lambda l)}{2\,\mathrm{sh}\,\lambda l} \tag{13b}$$

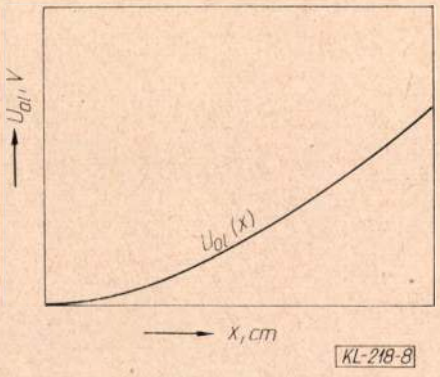
matematikai átlagfeszültségértékkel, sem pedig a (8a) szerinti feszültségeloszlás súlyozott, illetve integrált átlagértékével, amely az alábbi:

$$\widetilde{U}_c = \frac{r d_0 F}{l} \tag{13c}$$

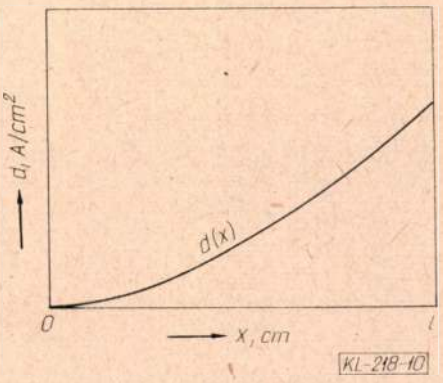
Ez utóbbi átlagfeszültség egyébként az egyenletes árameloszlásra vonatkozó értéket (8d) adja.



7. ábra. Az ekvivalens katódszénhossz függése az anódszélességtől



8. ábra. Feszültségeloszlás a katódsín belső szakaszában



10. ábra. Az áramsűrűség eloszlása a katódsínben

Ugyanez vonatkozik természetesen az áramsűrűségre is, vagyis az ekvivalens katódszén-áramsűrűség nem azonos az anód közepe alatt és annak szélénél mérhető áramsűrűségek matematikai átlagértékével, sem pedig az áramsűrűség integrált átlagértékével. Az áramsűrűség integrált átlagértéke itt meg kell, hogy egyezzen az egyenletes árameloszlásnál adódó átlagértékkel, mert bármilyen árameloszlás esetén a katódsínben folyó összáram azonos kell legyen a katódszénben folyó összáramerősséggel.

2. Az acélkatódsín belső szakaszának vizsgálata

A katódszénben bekövetkező feszültségesés, vagyis a kádban levő folyékony alumíniumhoz viszonyított katódsín-feszültségesés a kád közepétől kifelé haladva növekszik és annak x szerinti változását ugyancsak a (8a) összefüggés írja le.

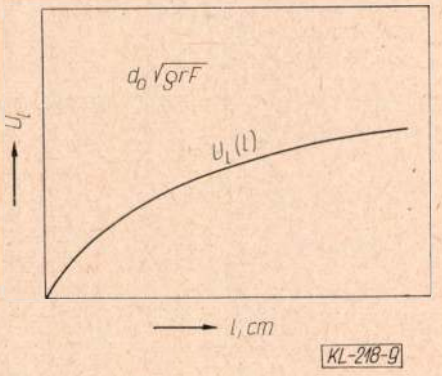
21. Feszültségeloszlás és feszültség a katódsín belső szakaszában

A feszültségeloszlást úgy kapjuk, ha a folyékony alumíniumhoz viszonyított katódsín feszültségesésből (8a) kivonjuk a katódsín belső végénél a katódszénben bekövetkező feszültségesést (8b)-t (lásd *8. ábra)*:

$$U_{0l}=\frac{d_0\sqrt{\varrho rF}}{\operatorname{sh}\lambda l}(\operatorname{ch}\lambda x-1) \qquad (16)$$

A katódsín belső szakaszában bekövetkező (mérhető) feszültségesést (lásd *9. ábra)* úgy kapjuk, ha (16)-ba x helyébe 0-t írunk, illetve ha a (8c)-ből kivonjuk a (8b)-t:

$$U_l=\frac{d_0\sqrt{\varrho rF}\,(\operatorname{ch}\lambda l-1)}{\operatorname{sh}\lambda l} \qquad (17)$$



9. ábra. A katódsín belső szakasza feszültségesésének függése az anódszélességtől

Az anódszélesség, illetve a katódsínhossz növekedésével az acélkatódsín belső szakaszának két végpontja közötti feszültségesés a (17) összefüggésből leolvashatóan aszimptotikusan tart a $d_0\sqrt{\varrho rF}$ határértékhez ugyanúgy, mint a (8c) összefüggés szerinti anódszélénél levő katódszénfeszültségesés, azzal a különbséggel, hogy a színfeszültségesés *alulról*, míg az előbbi *felülről* tart ugyanahhoz az értékhez. Nyilvánvalóan a sínfeszültségesés mindig kisebb, mint a maximális katódszén-feszültségesés (lásd *4.* és *9. ábrát)*.

A (17) összefüggés szerinti feszültségesés nem arányos az energiaképződéssel, hisz e sínszakaszban változó (x irányban növekvő) áramerősség folyik.

22. Árameloszlás a katódsín belső szakaszában

A *2. ábrának* megfelelően a dx vastagságú katódsín-szeletre felírt (2) összefüggésből a katódsínben folyó áramerősség:

$$i(x)=\frac{F}{\varrho}\frac{dU}{dx} \qquad (18)$$

Ennek megfelelően a feszültség x szerinti változását kifejező (16) összefüggést differenciálva, behelyettesítve a (18)-ba, a katódsínben folyó változó áramerősségre a következő függvény adódik:

$$i(x)=\frac{d_0F}{\operatorname{sh}\lambda l}\operatorname{sh}\lambda x \qquad (19)$$

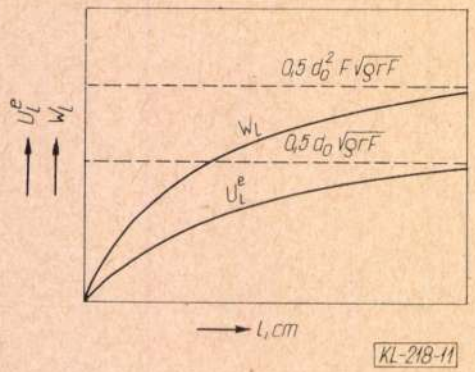
illetve a katódsínben folyó áramsűrűség (lásd *10. ábra)*:

$$d(x)=\frac{d_0}{\operatorname{sh}\lambda l}\operatorname{sh}\lambda x \qquad (20)$$

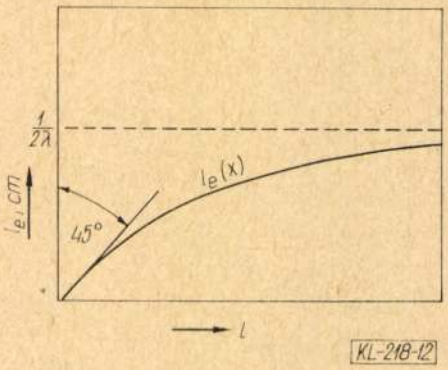
Ha a katódszénben az áramsűség egyenletes lenne, akkor a katódsínben annak értéke a következő volna:

$$d'(x)=\frac{d_0}{l}x \qquad (21)$$

A valóságban az összefüggés x függvényében nem lineárisan növekvő, hanem először lassabban, majd egyre rohamosabban emelkedő.



11. ábra. Hőképződés és ekvivalens feszültségesés a katódsín belső szakaszában



12. ábra. Az ekvivalens katódsínhossz függése az anódszélességtől

23. Joulehő-képződés és annak eloszlása a katódsín belső szakaszában

Az elemi sínszakaszban képződő teljesítmény:

$$\mathrm{d}W_l = \frac{i^2(x)\varrho\,\mathrm{d}x}{F} \tag{22}$$

abból: az acélkatódsín fajlagos villamosellenállása az állandónak feltételezett $t=t_0$ hőmérsékleten.

A (19)-et (22)-be behelyettesítve:

$$W_l = \frac{\varrho d_0^2 F}{\mathrm{sh}^2\,\lambda l}\int_{x=0}^{l} \mathrm{sh}^2\,\lambda x\,\mathrm{d}x \tag{22a}$$

A kijelölt műveleteket elvégezve:

$$Wl = \frac{d_0^2\varrho F\,(\mathrm{sh}\,2\lambda l - 2\lambda l)}{4\lambda\,\mathrm{sh}^2\,\lambda l} \tag{23}$$

A teljesítményképződés a katódsín belső végénél zérus, majd kifelé egyre nagyobb ütemben növekszik (lásd *11. ábra)*, és $x=l$ helyen az anód szélénél eléri maximumát, amely:

$$\left(\frac{\mathrm{d}W_l}{\mathrm{d}x}\right)_{\max} = d_0^2\varrho F \tag{22b}$$

Ha $l\to\infty$, akkor a sínben képződő teljesítmény a

$$0{,}5 d_0^2 F\sqrt{\varrho r F}$$

határértékhez tart.

24. A katódsín belső szakaszának ekvivalens feszültségesése és villamosellenállása

A belső katódsín szakasz ekvivalens feszültségesését a teljesítményképződés (23) és a sínben folyó maximális áramerősség (d_0F) hányadosaként kapjuk, vagyis (lásd *11. ábra)*

$$U_l^e = \frac{d_0\varrho\,(\mathrm{sh}\,2\lambda l - 2\lambda l)}{4\lambda\,\mathrm{sh}^2\,\lambda l} \tag{24}$$

Az ekvivalens villamosellenállás pedig a teljesítmény és az áramerősség négyzetének a hányadosa:

$$R_l^e = \frac{\varrho\,(\mathrm{sh}\,2\lambda l - 2\lambda l)}{4\lambda l\,\mathrm{sh}^2\,\lambda l} \tag{25}$$

Ha a villamos-ellenállást kifejező

$$R = \varrho\frac{l}{F}$$

összefüggés analogiájára itt is bevezetjük, az ekvivalens katódsínhossz fogalmát akkor ennek értéke (lásd *12. ábra)*:

$$l_e = \frac{\mathrm{sh}\,2\lambda l - 2\lambda l}{4\lambda\,\mathrm{sh}^2\,\lambda l} \tag{26}$$

A (26) felhasználásával a katódsín belső szakaszának ekvivalens villamosellenállása:

$$R_l^e = \frac{\varrho l_e}{F} \tag{25a}$$

Az ekvivalens katódsín-feszültségesés pedig:

$$U_l^e = d_{0\varrho} l_e \tag{24a}$$

Ha $l\to\infty$, akkor e feszültség aszimptotikusan tart a $0{,}5\,d_0\sqrt{\varrho r F}$ határértékhez.

Megjegyzendő, hogy a (26) összefüggésből adódó ekvivalens katódsínhossz nem azonos a (15) által meghatározott l_e^c ekvivalens katódszénhosszal.

Az ekvivalens katódsínhossz mindig kisebb, mint az ekvivalens katódszénhossz. Hosszú katódsín, illetve nagy anódszélesség esetén mindkét paraméter egy-egy határértékhez tart, az előbbi $1/2\lambda$ az utóbbi pedig $2/\lambda$ értékhez. A két paraméter viszonyszáma azonban az összefüggésekből adódóan mindig kisebb mint 4, illetve végtelen hosszú katódsín esetén tart a négyhez.

Ha a katódszénben egyenletes lenne az árameloszlás, vagyis ha a katódsínben belülről kifelé lineárisan növekedne az áramerősség, akkor a (22) összefüggésbe $i(x)$ helyébe a (21) írandó, amikor is az energiaképződés a teljes árammal átjárt l hosszúságú katódsín szakaszban feltételesen képződő hőnek csak a harmada:

$$W'_l = \frac{\varrho d_0^2 F l}{3} \tag{23a}$$

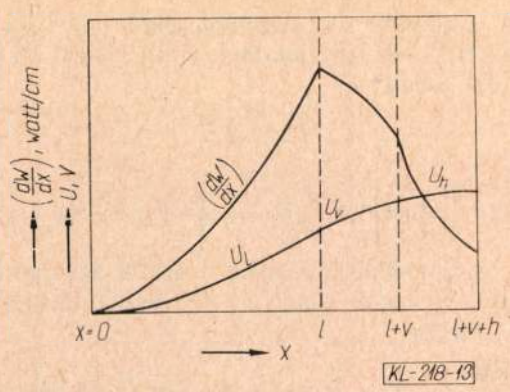
A sínszakasz két végpontja között mérhető feszültségesés pedig az

$$\int \varrho\,\mathrm{d}(x)\,\mathrm{d}x$$

összefüggés alapján:

$$U'_l = \frac{\varrho d_0}{l}\int_{x=0}^{l} x\,\mathrm{d}x = \frac{\varrho d_0 l}{2} \tag{27}$$

vagyis a feltételesen teljes árammal átjárt katódsínben bekövetkező feszültségesésnek csak a fele.



13. ábra. A feszültség és fajlagos hőképződés változása a katódsín teljes hossza mentén

A (27) összefüggés ellentétben van a (8d)-vel, mert a (27) a (8d) változását kellene, hogy kifejezze, ugyanakkor a (8d) pedig állandó.

Ez bizonyítja, hogy a villamosáram nem változhat lineárisan a katódsínben.

3. Az acélkatódsín középső szakaszának vizsgálata

E sínszakaszban feltételezéseink szerint már teljes áram folyik, így e szakasznak már van egy határozott feszültségesése, a feszültségesés azonban a hossz mentén a hőmérsékletváltozás következtében nem lineáris (lásd *13. ábra)*.

31. A középső katódsínszakasz feszültségesése

Tételezzük fel, hogy e v hosszúságú szakaszon *(2. ábra)* a hőmérséklet belülről kifelé t_0-ról lineárisan t_1-re csökken a következő összefüggés szerint:

$$t = t_0 - \frac{t_0 - t_1}{v} x_v \tag{28}$$

A (28)-at behelyettesítve a katódsín fajlagos villamosellenállásának $\varrho = \varrho_0 (1 + \beta t)$ egyenletébe, a következőt kapjuk:

$$\varrho(x) = \varrho_0 \left[1 + \beta \left(t_0 - \frac{t_0 - t_1}{V} x_v\right)\right] \tag{29}$$

A feszültségesést pedig az:

$$U_v(x_v) = d_0 \int_{x_v=0}^{l} \varrho(x_v)\, \mathrm{d}x_v \tag{30}$$

összefüggés integrálásával kapunk.

A (29)-et (30)-ba helyettesítve és az integrálást, valamint egyszerűsítéseket elvégezve a katódsín középső szakaszának feszültségesésére (U_v) a következő összefüggés adódik:

$$U_v = d_0 \varrho_0 v \left[1 + \frac{\beta}{2} (t_0 + t_1)\right] \tag{31}$$

A feszültségeloszlás pedig a $0 \leqq x_v \leqq v$ intervallumban a következő:

$$U_v(x_v) = d_0 \varrho_0 \left[(1 + \beta t_0) x_v - \frac{\beta (t_0 - t_2)}{2v} x_v^2\right] \tag{32}$$

A középső sínszakaszban képződött joulehő teljesítmény a feszültségesés és az áramerősség szorzataként kapható. E szakaszban, mivel állandó az áramerősség ez utóbbinak nincs különös jelentősége.

33. A középső sínszakasz villamos ellenállása

A villamos ellenállást (R_v) a feszültség (31) és az áramerősség hányadosaként kapjuk, így:

$$R_v = \frac{\varrho_0}{F} v \left[1 + \frac{\beta}{2} (t_0 + t_1)\right] \tag{33}$$

A (33) összefüggésből a katódsín középső szakaszának ekvivalens hosszúsága:

$$v_e = v \left[1 + \frac{\beta}{2} (t_0 + t_1)\right] \tag{34}$$

A (34) összefüggésből úgy tűnik, mintha a katódsín eredeti v hosszúsága a hőmérsékletnövekedés következtében megnyúlt volna.

4. Az acélkatódsín külső szakaszának vizsgálata

A külső sínszakasz hőmérséklete exponenciálisan csökken. E szakaszon a hőmérséklet eloszlását egy korábbi [1] publikáció közli.

Ha ismeretes a katódsín katódszekrényből való kilépési helyén a t_1, illetve a katódsín végének t_2 hőmérséklete, akkor [1] alapján a hőmérsékleteloszlást a következő összefüggés fejezi ki:

$$t(x_h) = \frac{1}{\operatorname{sh} ah} [(t_2 - t_l - t_i) \operatorname{sh} a x_h + (t_1 - t_l - t_i) \cdot \operatorname{sh} a(h - x_h) + t_l + t_i \tag{35}$$

ahol:

$$a = \sqrt{\frac{\alpha k}{\lambda_k F}}; \quad t_i = \frac{d_0^2 \varrho_k F}{\alpha k};$$

továbbá t_l a környező levegő hőmérséklete; α a külső hőátadási szám; k a katódsín kerülete; λ_k a katódsín hővezetési tényezője; ϱ_k pedig a katódsín fajlagos villamosellenállása 0,5 $(t_1 + t_2)$ °C-on.

A (35) összefüggést behelyettesítve a katódsín fajlagos villamos ellenállását kifejező $\varrho = \varrho_0 (1 + \beta t)$ egyenletbe t helyére, majd a (30) analógiájára az integrálást elvégezve, összevonások és egyszerűsítések után a katódsín külső szakaszának feszültségesését a következő egyenlet fejezi ki:

$$U_h = d_0 \varrho_0 \left\{h + \beta [t_l + t_i] \cdot \left[h - \frac{2 (\operatorname{ch} ah - 1)}{a \operatorname{sh} ah}\right] + \frac{\beta (\operatorname{ch} ah - 1)}{a \operatorname{sh} ah} (t_1 + t_2)\right\} \tag{36}$$

A katódsín külső szakaszának feszültségeloszlása pedig az $0 \leqq x_h \leqq h$ intervallumban:

$$U_h(x_h) = d_0 \varrho_0 \left\langle [1 + \beta (t_l + t_i)] x_h + \frac{\beta}{a \operatorname{sh} ah} \left\{\tau_h (\operatorname{ch} a x_h - 1) - \tau_0 [\operatorname{ch} a(h - x_h) - \operatorname{ch} ah]\right\} \right\rangle \tag{37}$$

Mivel az áramerősség a sínszakaszban is állandó, így a hőképződés a feszültség (36) és az áramerősség szorzata.

5. A katódszerkezet redukált villamosellenállása

Az alumínium elektrolizáló kádak energetikai vizsgálatánál sokszor az anódkeresztmetszet egységére vonatkoztatott, ún. redukált katódellenállás (r_k) ismerete szükséges, amelyet úgy kapunk, ha a katódszekrényen belüli árammal átjárt szerkezeti részek villamos ellenállását az anódkeresztmetszettel szorozzuk. Feltételeink szerint az egy katódsínre jutó anódsáv b és a katód áramátvevő felülete megegyezik az anódkeresztmetszettel. Ez azt jelenti, hogy az egy katódsínre jutó anódkeresztmetszet nagysága $F_a = bl$. Ennek megfelelően a redukált katód-villamosellenállást a katódszekrényen belüli szerkezetekre a (14a), (25a), (33) összefüggések felhasználásával a következőképpen írhatjuk fel:

$$r_k = \frac{bl}{F}\left(\varrho_0 v_e + \varrho l_e + \frac{rF}{l_e^c}\right) \qquad (38)$$

ahol: v_e értékét a (34), l_e értékét a (26), l_c^e értékét pedig a (15) összefüggés fejezi ki.

Ha a vonatkozó összefüggéseket behelyettesítjük a (38)-ba és figyelembe vesszük, hogy $\lambda^2 rF = \varrho$ továbbá, hogy

$$\frac{\varrho}{\lambda} = \sqrt{\varrho r F},$$

akkor:

$$r_k = \frac{bl}{F}\left\{\varrho_0 v\left[1 + \frac{\beta}{2}(t_0 + t_1)\right] + \sqrt{\varrho r F}\cdot \operatorname{cth}\,\lambda l\right\} \qquad (39)$$

vagy ha figyelembe vesszük, hogy az anódkeresztmetszet $F_a = nbl$, ahol n: az összes katódsínek száma akkor:

$$r_k = \frac{F_a}{nF}\left\{\varrho_0 v\left[1 + \frac{\beta}{2}(t_0 + t_1)\right] + \sqrt{\varrho r F}\cdot \operatorname{cth}\,\lambda l\right\} \qquad (39a)$$

Ha egy katódsín anódkeresztmetszetre vonatkoztatott relatív keresztmetszetét

$$\left(\frac{F}{F_a}\right)\text{-t } p_v\text{-vel},$$

a katódszekrény szélességét A_k-val, az anód szélességét a_0-al, hosszúságát pedig b_0-al jelöljük, akkor a következő összefüggést kapjuk:

$$r_k = \frac{1}{np_v}\left\{\frac{\varrho_0}{2}[A_k - a_0]\left[1 + \frac{\beta}{2}(t_0 + t_1)\right] + \sqrt{\varrho p_v r a_0 b_0}\cdot \operatorname{cth}\sqrt{\frac{a_0\varrho}{4rb_0}}\right\} \qquad (40)$$

A redukált katód-villamosellenállás tehát a katódsínek számától (n); a relatív katódsínkeresztmetszetől (p_v); a katódsín zérus hőmérsékletre (ϱ_0) — és maximális hőmérsékletére (ϱ) vonatkoztatott fajlagos villamosellenállásától; a katódszekrény (A_k) és anódszélességtől (a_0); az anód hosszúságától (b_0); 1 cm katódsínre jutó katódsín villamosellenállásától (r); továbbá a katódsín fajlagos villamosellenállásának hőmérsékleti együtthatójától (β); valamint a t_0 és t_1 hőmérsékletektől függ.

A (40) összefüggésből a felsorolt paraméterek bármelyikének hatása a katódellenállásra, illetve a katódfeszültségesésre kvantitatíve meghatározható.

IRODALOM

[1] *Tóth Mihály:* Vizsgálatok olvadékelektrolizálócellák külső áramvezetői hőmérsékleteloszlásának meghatározására. BKL. — KOHÁSZAT 103 évfolyam. 1970. 3. sz. 131. oldal (14) összefüggés.

Aluminátoldatok koncentrációmérésének elvi alapjai oszcillometriás folyamatelemzők alkalmazásánál*

FARKAS FERENC, KOVÁCS FERENC, dr. KLUG OTTÓ, GOMBOS MÁRTON, NÉMETH BÉLA, BARAKKA IMRE
Fémipari Kutató Intézet és Almásfüzítői Timföldgyár

DK: 661.862.27 : 621.317.35.001.5

A timföldgyári aluminátlúg-oldatok fő komponensei (kausztikus Na_2O, össz-Na_2O, Al_2O_3) meghatározására oszcillometriás és fajsúlyméréssel kombinált komplex, folyamatos elemzési eljárásokat dolgoztak ki. Az üzemileg már működő berendezések 1 rel. % pontosságú lúgelemzést, ill. 10 g/l-nél pontosabb zagy szilárd-anyag tartalom mérést tesznek lehetővé. A mérések elvének bemutatása nyomán vázlatosan ismertetik az üzemi, a technológiai fő-ágba vagy by-pass-ágba beépített mérőberendezéseket. A kifejlesztett készülékek más, pl. hidrometallurgiai és szervetlen vegyipari folyamatokban is alkalmazhatók.

Az oszcillometria az elektronikai ipar fejlődése révén a legutóbbi években alkalmassá vált arra, hogy üzemi mérőmódszerként használjuk. Ily módon az eddig sokoldalúan alkalmazott laborműszerek mellett megjelentek a félüzemi vizsgálatokhoz felhasználható [1], ill. a technológiai folyamatokba beépíthető mérőfejek, ill. cella- és műszerkonstrukciók [2, 3].

Mérőműszerek

A Fémipari Kutató Intézetben az ilyen irányú kutatás már több éves múltra tekint vissza, és ennek eredményeként dolgoztuk ki a közvetlen üzemi mérésekre alkalmas oszcillometriás távadó, az „Oscimhotransmitter"** két típusát [2, 4, 5].

* Előadás a Vegyi- és Olajipari Automatizálási Konferencián, Budapesten, 1972. november 22.

** Exportálja: Metrimpex, Budapest 62. POB 202.

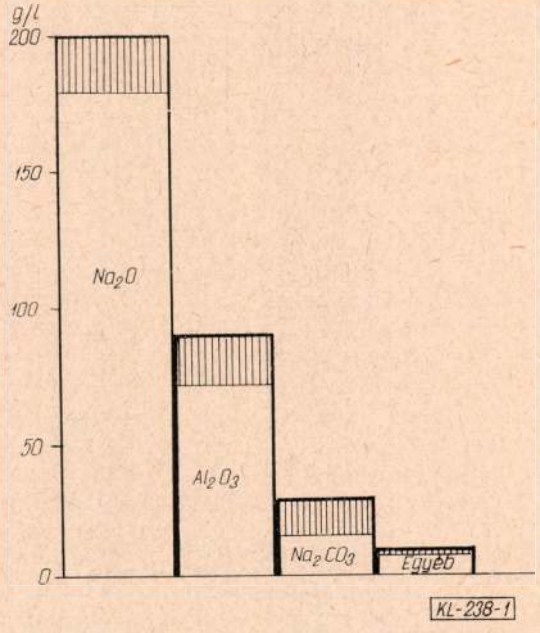
A műszercsalád kialakításához és méretezéséhez felhasználtuk a hengeres vezetőkre vonatkozó, *Förster-féle* örvényáramú mérés elméletét [6], amelyet továbbfejlesztettünk. Ezen új elmélet alapján a mérendő folyadék anyagállandói ismeretében közvetlenül meghatározhatók az induktív mérőcellák méretei és optimális mérőfrekvenciája, ami által a megkívánt érzékenység biztosítható [7]. Ezek a készülékek lehetővé teszik közvetlenül a technológiai fő-ágban, vagy egyszerű by-pass ágban, mintavétel nélkül az oldatok és zagyok vizsgálatát. Az Almásfüzítői Timföldgyárban üzembehelyezett automata mérőblokkok beváltották a hozzájuk fűzött reményeket és biztosították a kellően pontos (általában ± 1 rel.%) elemzést.

Aluminátlúgok vizsgálata

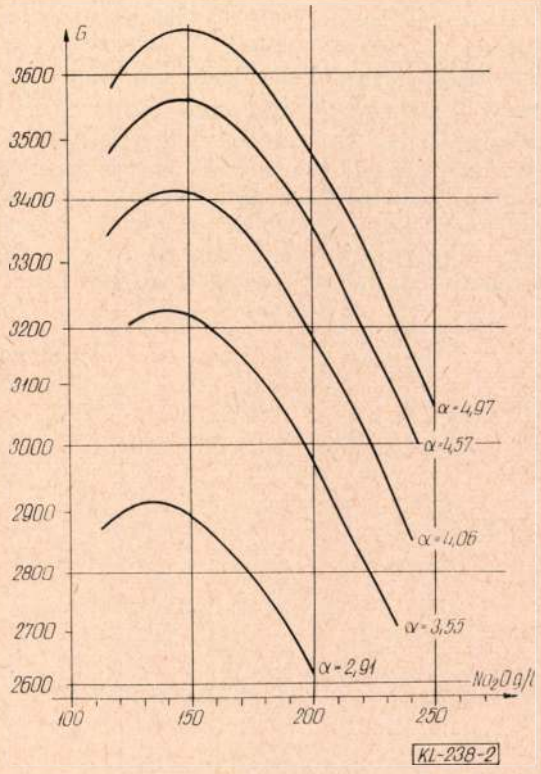
A timföldgyári lúgok gyártástechnológia szempontjából lényeges kémiai paraméterei a kauszt. Na_2O- és az Al_2O_3-koncentráció. Ezek mellett azonban a lúgban még számos oldott szennyező is található, mint a $Na_2CO_3 \cdot NaCl$, Na_2SO_4, NaF, de találhatók vanádiumsók, szervesanyag és lebegő szilárd részecskék is. Ezek megoszlását a feltáró lúgban az *1. ábra* mutatja.

A fő összetevők mellett egyedül az oldat Na_2CO_3-tartalma jelentős, a többi szennyezés együttes mennyisége ennél lényegesen kisebb. Az ábrán (vonalkázva) feltüntettük az összetevők ingadozási határait is. Látható, hogy a három fő összetevő (kauszt, Na_2O, szóda-Na_2O, Al_2O_3) ingadozásának nagyságrendje megegyezik, míg a többi szennyező ingadozása elhanyagolható, és összesen kb. ± 2—3 g/l-t tesz ki.

Az összetétel meghatározása tehát a legáltalánosabb esetben a három fő kémiai paraméter koncentrációjának mérését jelenti, amelyre oszcillometriás, kombinált eljárást dolgoztunk ki [8]. Ha a meghatározást vezetőképesség- és fajsúlyméréssel végezzük, akkor ismerni kell az összefüggést



1. ábra. A timföldgyári aluminátlúg fő összetevőinek megoszlása a feltárólúgban (g/l)



2. ábra. Szennyezés-(szóda) mentes szintetikus aluminátlúg vezetőképességének változása a kauszt. Na_2O-koncentráció függvényében, változó mólviszony (α) értékeknél

a mért fizikai paraméterek (azaz a vezetőképesség és a fajsúly), továbbá a lúg kémiai összetétele között. Ezek az összefüggések az irodalomból nem ismeretesek, ezért ezeket mintegy 10 000 mérésből álló vizsgálattal határoztuk meg.

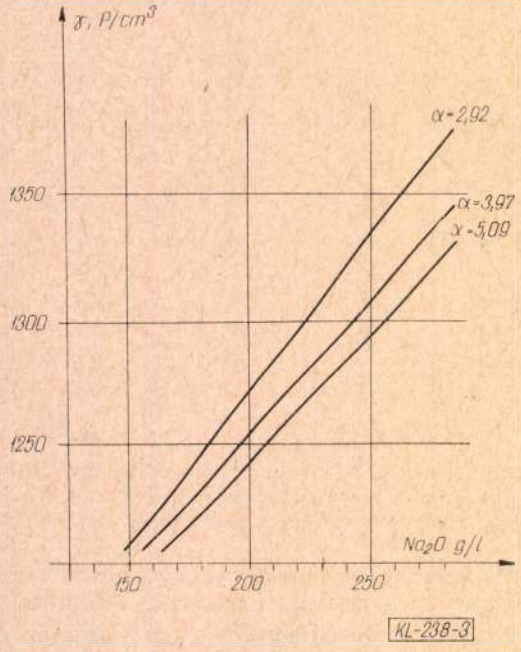
A méréseket a legegyszerűbben úgy lehetett elvégezni, hogy meghatározott összetételű lúgoldathoz deszt. vizet adagoltunk. Így mérés közben a kauszt. Na_2O koncentráció és az alumíniumtartalom viszonya, az ún. mólviszony nem változott, tehát állandó mólviszony mellett kaptuk meg a vezetőképesség és a fajsúly változását. E méréssorozat három alap-összefüggését mutatja a *2—4. ábra.*

A *2. ábra* a szódamentes lúg vezetőképességváltozását adja meg a kauszt. Na_2O-koncentráció függvényében, változó mólviszony-érték (α) mellett, 50 °C-on. Látható, hogy ebben a rendszerben a vezetőképesség a 130—150 g/l koncentrációtartományban maximumot mutat. Bizonyítható, hogy a vezetőképesség-maximumok a mólviszony reciprokával lineárisan változnak.

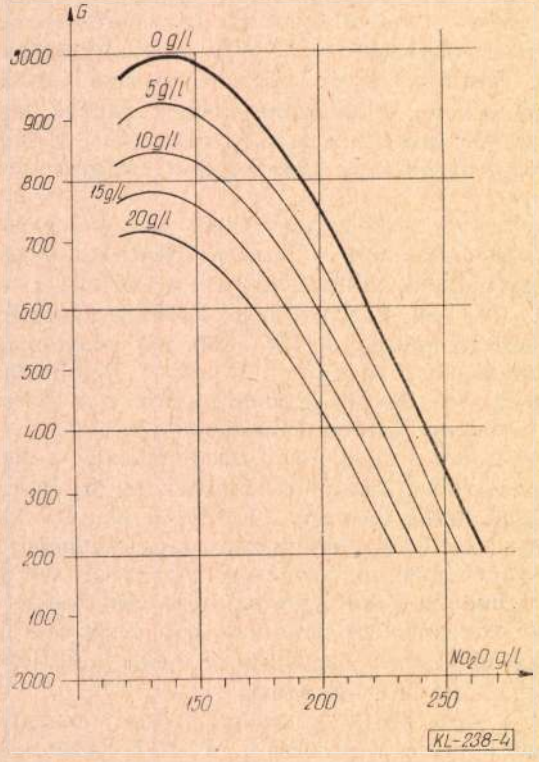
A *3. ábra* a fajsúly változását mutatja a hígítás függvényében, különböző mólviszony (α) értéknél. Megállapítható, hogy a fajsúly a kauszt. Na_2O-koncentráció és a mólviszony reciprokának függvényében igen jó közelítéssel lineárisan változik. Ez a lineáris összefüggés azonban csak viszonylag szűk koncentráció tartományban érvényes, mert a hígítás közben jelentkező térfogati kontrakció a jelleggörbét megváltoztatja.

A *4. ábra* Na_2CO_3 (szóda) hatását mutatja a vezetőképesség változására. A szóda vezetőképességcsökkentő hatása azonban csak a viszonylag nagyobb nátronkoncentrációk mellett érvényesül.

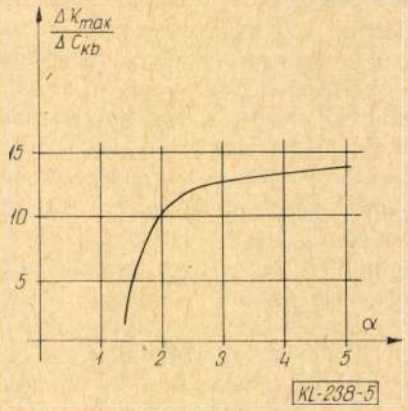
Ha csak szódát oldunk desztillált vízben, a vezetőképesség növekszik. Ebből következik, hogy van a rendszerben egy olyan Na_2O-koncenráció érték, amelynél a szóda jelenléte nem befolyásolja a vezetőképességet. Ezt az ún. „szódafüggetlen tartományt" vizsgálataink során meg is határoztuk, valamint rögzítettük a mólviszony-változás hatását e tartomány helyzetére. E tartományban végezve a mérést, a vezetőképesség nem változik, bármennyi szódát is adagolunk az oldathoz.



3. ábra. Szennyezés-(szóda) mentes szintetikus aluminátlúg fajsúlyának változása a kausztikus Na_2O-koncentráció függvényében, változó mólviszony (α) értékeknél



4. ábra. Szintetikus (szennyezésmentes) aluminátlúg vezetőképességének változása szóda adagolás hatására

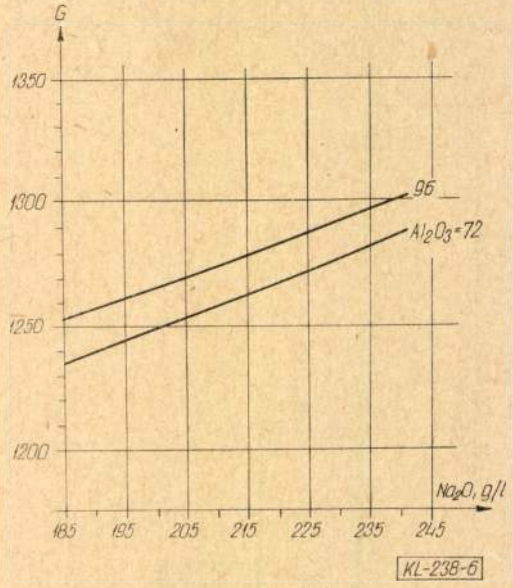


*5. ábra. A szóda-tartalom vezetőképesség-módosító hatása a mólviszony (ill. az alumínium) függvényében**

A szóda vezetőképesség-csökkentő hatása erősen függ az oldat összkoncentrációjától is. Ha sok alumínium van a rendszerben, a hatás kisebb *(5. ábra)*.

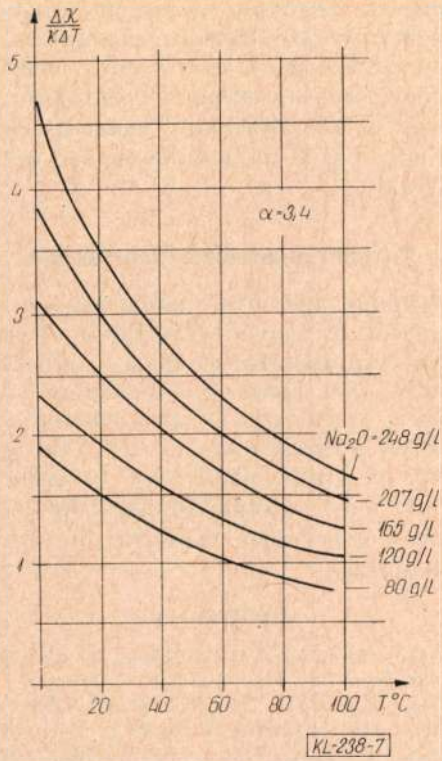
A többi szennyező hatását megvizsgálva, megállapítható, hogy azok mind a vezetőképességet, mind a fajsúlyt csak kis mértékben befolyásolják. Koncentrációingadozásuk az összsótartalom ($Na_2O_{össz.} + Al_2O_3$) mintegy ± 1—2%-a, de a vezetőképességre gyakorolt hatásuk csak néhány tized százalék, tehát elhanyagolható.

A timföldgyári lúgoldatokban, elsősorban a feltárólúgban létrejövő változások általában nem az eddigiekben ismertetett „modell"-rendszerben, tehát nem állandó mólviszony mellett zajlanak le, hanem egymástól függetlenül, „tetszés szerint" változhat az Na_2O, ill. az Al_2O_3 koncentráció is. Ezért az állandó mólviszony mellett mért értékeket célszerű más koordinátarendszerbe áttranszformálva vizsgálni. Példaként a fajsúly változást



6. ábra. Szintetikus aluminátlúg fajsúly-változása a kauszt. Na_2O koncentráció függvényében két, állandó, Al_2O_3 koncentráció mellett

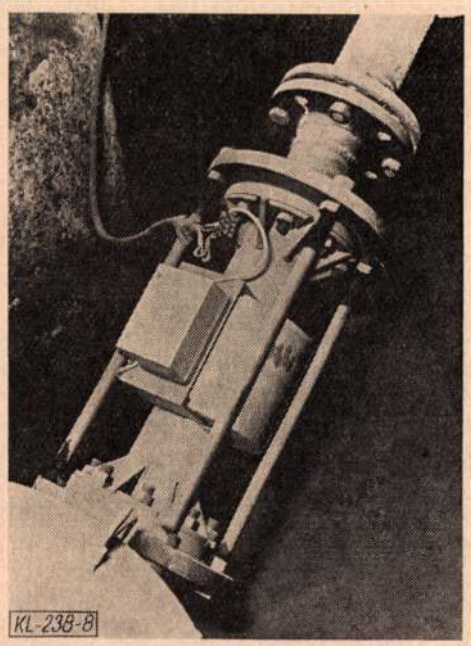
* Az ábrán a maximális vezetőképesség-érték különbség és a szóda-koncentráció különbség hányadosát tüntettük fel a mólviszony függvényében



7. ábra. Szintetikus aluminátlúg vezetőképességének hőmérséklet-függése állandó mólviszony és változó $Na_{2kauszt.}$ koncentráció mellett

ábrázoltuk a kauszt.Na_2O-koncentráció függvényében, változó alumínium-tartalomnál *(6. ábra)*. A mérési eredmények alapján a fajsúly változása mind az Na_2O, mind az Al_2O_3 koncentráció függvényében szűkebb tartományban lineárisnak tekinthető.

A kémiai összetételi adatokon kívül a vezetőképességre igen nagy hatást gyakorol a hőmérséklet is. A lúg hőmérsékleti tényezője függ magától a hőmérséklettől, de az összetételtől is *(7. ábra)*. Szűkebb koncentrációtartományban azonban ez a tényező a hőmérséklettől és az összetételtől függetlenül állandónak tekinthető, A hőmérséklet zavaró hatásának megszüntetésére ±0,1 °C pontossággal működő termosztálást, vagy ezzel egyenértékű hőmérsékletkompenzációt, ill. a kettő kombinációját kell alkalmazni. Üzemi oszcillometriás mérőberendezéseinknél a százalékarányos hőmérséklet kompenzációt alkalmaztuk.



8. ábra. Peremkötéses, cső-cella kivitelű Oscimhotransmitter vezetőképesség-távadó, amelyet az Almásfüzitői Timföldgyár épített be ülepítő-Dorr kónusz-zagyában a szilárdanyag-tartalom mérésére

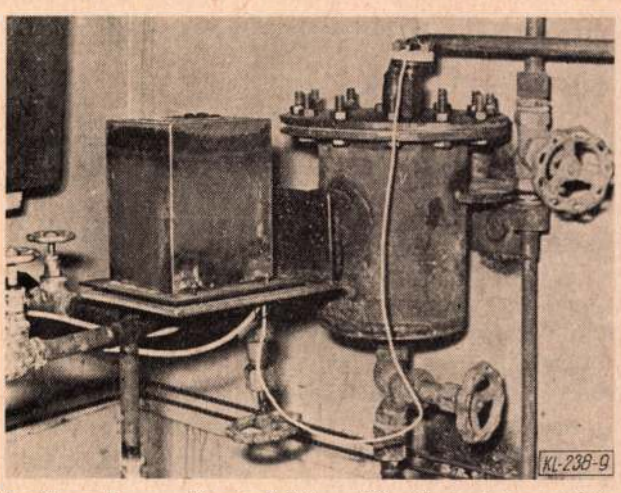
Zagyok vizsgálata

Az induktív mérőcelláknál azáltal, hogy gyakorlatilag az egész folyadék-keresztmetszet részt vesz a nagyfrekvenciás áram vezetésében, lehetőség van zagyok szilárd-anyag tartalmának mérésére. Az Oscimhotransmitter peremkötéses cső-cellás kivitele *(8. ábra)* üzemileg is kedvező eredményeket szolgáltatott a vizsgálatok során. Az elméleti összefüggések tisztázása után [9] került sor a folyamatos mérőkészülék beépítésére.

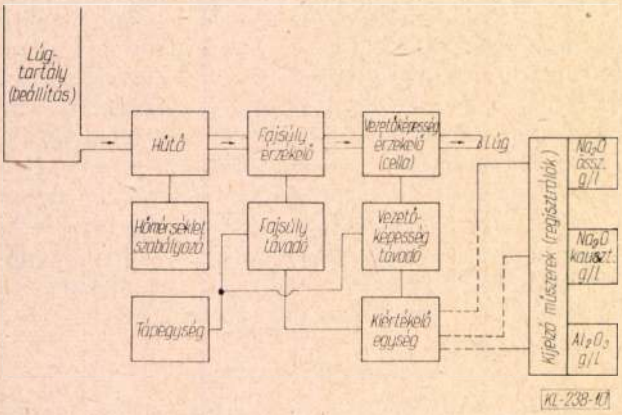
A kutatási eredmények üzemi alkalmazása

A fentiekben vázolt eredmények alapján felmértük, hogy a Bayer-technológia lényegesebb pontjain hogyan lehet módszerünket alkalmazni. Ennek során kialakult, hogy az üzemi igényeknek megfelelően, több helyen egyszerű, közvetlen oszcillometriás mérés is elegendő az üzemellenőrzés céljára (pl. feltárás utáni zagy mólviszonya, kikeverők ellenőrzése, hidrátmosóvíz elemzése stb.), míg más helyeken föltétlenül szükséges két- vagy három komponens mérése, ill. ismerete. Éppen ezért komplex mérőberendezéseinket az oszcillometriás folyamatelemzőkre alapozva, az építőkocka-elv felhasználásával állítottuk össze.

Az Almásfüzitői Timföldgyárban 1971—1972 folyamán üzembehelyeztük és hitelesítettük az automatikus feltárólúg-elemző berendezést. Itt az immerziós-cellával működő Oscimhotransmittert *(9. ábra)*, fajsúlymérőként pedig az MMG-fajsúly távadóját [10] építettük be. A készülék közel egy



9. ábra. Immerziós, induktív cellás Oscimhotransmitter vezetőképesség-távadó, beépítve az Almásfüzitői Timföldgyárban. A hengeres vastartályban levő folyadékba merül a mérőcella, míg az elektronikus blokk mellette, hermetikusan zárt dobozban foglal helyet



10. ábra. Üzemi feltárólúg összetételét mérő, az Almásfüzitői Timföldgyárban üzemelő mérőberendezés blokksémája

éve megbízhatóan működik és by-pass ágban külön mintavevő, hígító, ill. mintafeldolgozó berendezések nélkül a lúgoldat össz-Na_2O és Al_2O_3 tartalmát méri *(10. ábra)*. A próbaüzem alatt végzett közel 100 ellenőrző elemzés azt bizonyította, hogy mindkét komponens meghatározási pontossága $\pm 0{,}9$—1 rel.%.

1971-ben helyeztük üzembe a Dorr-rendszerű ülepítő kónusz-zagyának szilárd-anyag tartalmát mérő berendezést, amely főágba épített, cső-szakasz cellával üzemel. Az 1 éves üzem alatt bebizonyosodott, hogy a cella szerkezeti anyaga az iszapzagy koptató hatásának ellenáll, a beépítésekor csupán a mechanikai feszültség-mentes behelyezésre kell ügyelni. A mérőkészülék hitelesítése igen lassú folyamat. Az eddigi eredmények arra engednek következtetni, hogy a mérés pontossága 10 g/l-nél jobb lesz.

1972-ben építettük be a hidrátmosóvíz ellenőrzésére az immerziós-cellás Oscimhotransmittert, amelynek hitelesítése jelenleg folyik.

Ugyancsak megoldott — üzemi laboratóriumban végzett kísérleti üzemeltetés alapján, — a feltárt zagy lúgfázisának mólviszony mérése, amely oszcillometriásan közvetlenül elvégezhető. A mérőberendezés a laboratóriumi, klasszikus elemzéssel biztosítható $\pm 0{,}03$ mólviszony egység pontossággal működött.

További alkalmazási lehetőségek

Az Oscimhotransmittert eddig csupán timföldgyári oldatok és zagyok vizsgálatára használtuk. Lehetőség van azonban az ipari mérőcelláknak a kohászat és a vegyipar egyéb területein való alkalmazására is. A módszer elvének ismeretében javasolhatók pl. a flotálásnál, réz elektrolitikus raffinálásánál (elektrolit-ellenőrzés), mangán-elektrolízisnél és más hidrometallurgiai folymatoknál, valamint a szervetlen vegyipari folyamatoknál való alkalmazás.

IRODALOM

[1] NIICvet. Met. Intézet, Bulgária, közlésre előkészített anyag.
[2] *Farkas, F.—Klug, O.—Kovács, F.—Németh, B.—Gombos, M.:* Előadás a Berg- und Hüttenmänn. Tagon, Freiberg, 1972. — Neue Hütte, megjelenés alatt.
[3] *Valló F.—Tóth B.—Pungor E.:* Előadás a Vegyi- és Olajipari Automatizálási Konferencián, Budapest, 1972; Konferencia Anyaga, 1972. 179.
[4] FKI szabadalmi bejelentés (1969; 1971).
[5] *Farkas, F.—Klug, O.—Kovács, F.—Gombos M.:* Hung. Sci. Instr., megjelenés alatt. — Hung. Sci. Instr., Mo. 24. 25. (1972).
[6] *Förster, F.—Stambke, K.:* Z. Metallkunde, 45. 166. (1954).
[7] *Farkas, F.—Klug, P.—Kovács, F.—Gombos, M.:* Messtechnik (Braunschweig), 77. 46. (1969).
[8] *Kovács, F.—Klug, O.—Gombos, M.—Farkas F.:* Magyar szabadalom No. 161078 (1972).
[9] FKI szabadalmi bejelentés (1969; 1972).
[10] *Nagy M.:* Mérés és automatika, 14. 383. (1966).

Nagytisztaságú (99,999—99,9995%) antimon előállítása

Dr. POZSGAI VILMOS okl. vegyészmérnök, HUSZÁR LÁSZLÓ okl. vegyészmérnök,
BOGDÁN ALAJOS technikus
Fémipari Kutató Intézet

DK: 669.75.054 : 66.048.5

Nagytisztaságú antimon előállítása vákuumdesztillációval. A folyamat és a kapott termék minőségi jellemzése. A kialakított desztilláló berendezés ismertetése.

A nagytisztaságú fémek előállításával kapcsolatos kutatások nemcsak olyan tudományág, mint a szilárd testek fizikája, hanem a modern technika számos területén is fontos jelentőségűek. Olyan tudományterületek, mint pl. a rádiótechnika, elektronika, termoelektromos hűtéstechnika, valamint az ipar fejlődése, jelenleg már lehetetlen nagytisztaságú fémek és félvezetők nélkül. Ennek megfelelően a tudománynak és a technikának ma már kialakult egy meglehetősen speciális, a nagytisztaságú fémek, félvezető anyagok és vegyületek előállításával és vizsgálatával foglalkozó szakterülete. Az antimont felhasználják a A^{III}, B^{V} típusú elemek közti intermetallikus vegyületek (InSb, GaSb, AlSb) előállítására, mely vegyületek elektromos tulajdonságai megközelítik a Ge és Si elektromos tulajdonságait (1/6). Felhasználják továbbá fotoelektromos berendezésekben (pl. Cs_3Sb rétegű fotokatódok) és vékony ellenállásrétegek [7] előállítására is. Már jelenleg is egyik legnagyobb felhasználása a Peltiereffektusos anyagok (pl. Sb_2Te_3) előállításán keresztül a termoelektromos hűtéstechnika.

A tisztítási technológia megválasztása és rövid jellemzése [8—12]

Kohófémből kiindulva nagytisztaságú antimon előállítására a szakirodalomból többféle és egymástól eléggé különböző — általában többlépcsős kémiai tisztító — eljárás ismeretes [13—26].

Fontos tényező, hogy a kiindulási anyag milyen formában (elemi állapot, vegyület) áll rendelkezésre.

Példaként egy kémiai eljárás fázisai $SbCl_5$-ből kiindulva a következők [22]:

1. $SbCl_5$-ből $SbCl_3$ előállítása redukcióval;
2. $SbCl_3$ tisztítása desztillációval;
3. $SbCl_3$ visszaalakítása $SbCl_5$-é;
4. $SbCl_5$-ből $HSCl_6$ előállítása;
5. $HSbCl_6$ tisztítása átkristályosítással;
6. $HSbCl_6$-ból Sb_2O_5 előállítása;
7. Sb_2O_5-ből Sb_2O_4 előállítása;
8. Sb_2O_4 redukálása fémantimonná.

A technológiai fázisok mindegyike valamely szennyező, vagy szennyezők eltávolítását célozza. Az ilyen és hasonló eljárások hátránya a technológiai fázisok felsorolásából következik. Jelentős apparatura-igény, nagytisztaságú vegyszerek és segédaanyag-szükséglet mellett nagy az elszennyeződési veszély.

Zónás olvasztással az antimonból az egyik legjellemzőbb szennyezője az As gyakorlatilag nem távolítható el.

A fémek desztillációja (vákuumban vagy semleges gázatmoszférában) a tisztítási eljárások sok esetében a tisztítás eredményes, hatékony módszere. Mint tisztító eljárás a tisztítandó fém és a szennyezői gőznyomásuk és párolgási sebességük különbözőségén alapul.

Ha tehát a tisztítandó fémet meghatározott nyomáson és hőmérsékleten tartjuk, akkor mind az alapfém, mind a különböző szennyezői különböző intenzitással párolognak. Ennek következtében különböző lesz a koncentrációjuk a folyékony és a gőzfázisban. Illékonyságát tekintve az antimon a közepesen illékony fémek csoportjába sorolható. Így a desztilláció körülményei (hőmérséklet, nyomás) technikailag viszonylag egyszerűen megvalósíthatók.

A vákuumdesztilláció paramétereinek pontos kiszámítása jelentős nehézségekbe ütközik. A számításokhoz elméleti következtetések alapján levezetett képletekben több olyan — a desztillációt kisebb-nagyobb mértékben befolyásoló — tényező szerepel, melyeknek pontos meghatározása rendkívül körülményes és nehéz. Ezért csak közelítő számításokra alkalmasak és a folyamat legfontosabb paramétereit — adott anyagra és körülményekre vonatkoztatva — kisebb-nagyobb hibahatárokon belül kísérletileg határozzák meg.

A különböző tisztítási eljárások többoldalú tanulmányozása (technikai kivitelezhetőség, hatékonyság, gazdaságosság) alapján nagytisztaságú antimon előállítását kezdetben laboratóriumi méretekben, majd kísérleti gyártási szinten a vákuumdesztillációra alapoztuk [27].

Desztilláló berendezés

Az antimon desztillálással történő tisztításával kapcsolatban az irodalomban inkább csak a folyamat tanulmányozását célzó, gyakorlati termelésre kevésbé alkalmas készülékek ismertetése található.

Ezekben a berendezésekben a tisztítandó fém csak két, az alapfémnél nehezebben illó komponensekben dúsabb és könnyebben illó komponensekben dúsabb részre választható szét kisebb-nagyobb mértékben. Egy ilyen megoldású berendezésben az antimonból egyidejűleg pl. az ólom és arzén szennyezést nem lehet eltávolítani.

Az általunk kifejlesztett berendezéssel a desztilláció során lehetővé válik az antimonnak, az alapfémnél nehezebben, megegyezően, vagy könnyebben illó szennyezőkben szegényebb, illetve dúsabb frakciókra való szétválasztása is.

A berendezés áll egy csőretortából, amely függőlegesen hengeres hőterű, 5 fűtőzónájú ellenállásfűtésű kemencében a hőtér hosszirányában elmozdíthatóan és állíthatóan helyezhető el.

A csőretortában (H9N: hőállóacél) helyezkedik el a nagytisztaságú grafitból készült desztilláló-oszlop.

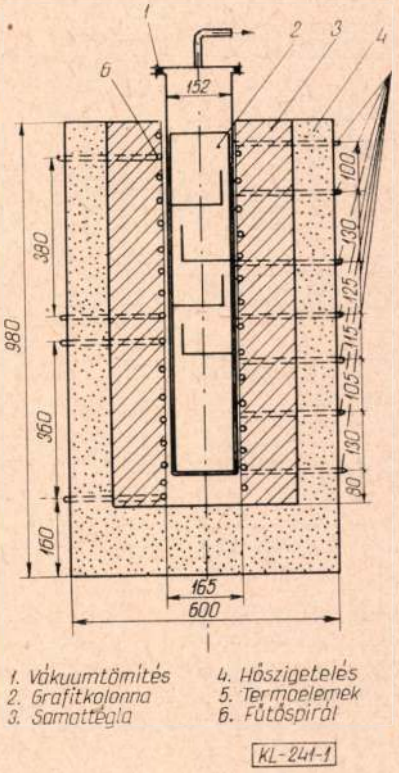
A berendezés és desztilláló-oszlop vázlatos rajza az *1. ábrán* látható.

A csőretorta, illetve a desztilláló-oszlop magasságában a hőmérséklet-eloszlás termoelemekkel vezérelhető és ellenőrizhető.

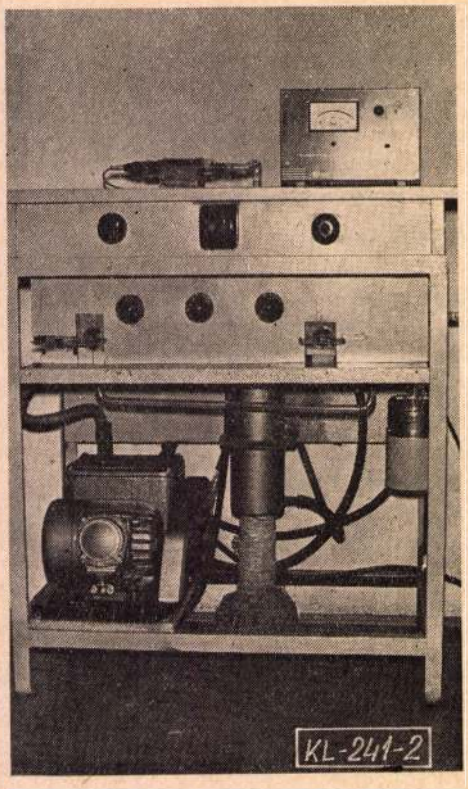
A desztilláló berendezéshez tartoznak még az elektromos tápegységek, szabályzórendszerek és vákuumrendszer. Ez utóbbiról készült felvétel látható a *2. ábrán*.

A desztilláló-oszlopot magasságában hőmérsékleteloszlás kialakításával lényegében két hőzónára lehet osztani:

a) elpárologtató (tégely a kiindulási anyaggal);
b) kondenzáló zóna (a tégely feletti tányéros rész).



1. ábra. Desztilláló berendezés



2. ábra. Vákuumrendszerről készült felvétel

Desztilláció

A nagytisztaságú antimon vákuumdesztillációval történő előállításának technológiai sémáját a *3. ábra* szemlélteti. Desztillációhoz az elpárologtató tégelyt megtöltjük a kiindulási anyaggal, majd a *4. ábrának* megfelelően összeállítjuk a desztilláló oszlopot és belehelyezzük a retortába. Ezt lezárva behelyezzük a kemencébe. Rákapcsolva a vákuumrendszert a rendszert vákuum alá helyezzük. Ezután kapcsoljuk be a meghatározott hőmérsékletre beállított fűtőzónák fűtését. A desztillációs időt attól számítjuk, mikor az elpárologtató zóna hőmérséklete elérte a megszabott értéket.

Desztilláció során a desztilláló-oszlop magasságában kialakított hőmérséklet eloszlását az *5. ábra* szemlélteti.

Kísérleti tapasztalatok szerint a betétsúly 10—15%-nyi maradékában jól feldúsíthatók a viszonylag nehezen illanó komponensek. (Pb, Sn, Bi, Cu, Fe, Ni stb.) A kísérletekkel meghatározott átlagos párolgási sebesség értéke: 15—17 g/cm² óra. Empirikus alapon a desztillációs idő közelítő meghatározására az alábbi képlet használható:

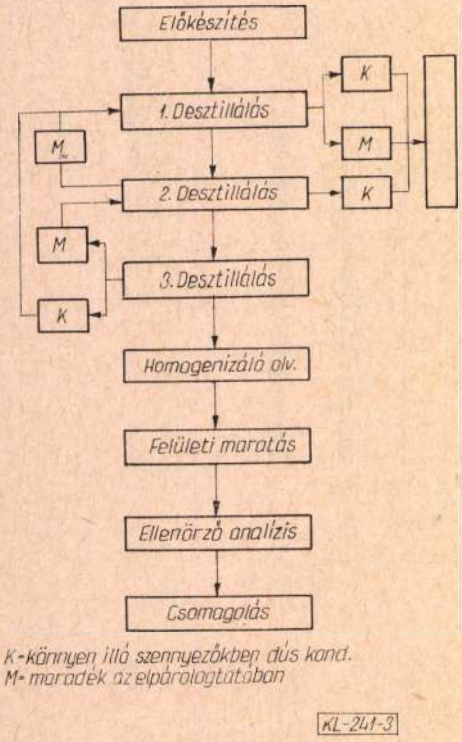
$$T = \frac{G(100 - M\,\%)}{F \cdot v \cdot 100}$$

ahol T a desztillációs idő/óra,
G a betétsúly (g),
F a párolgási felület (cm²),
M a maradék %-a a betétsúlyhoz viszonyítva,
v átlagos (tapasztalati) párolgási sebesség (g/cm² óra).

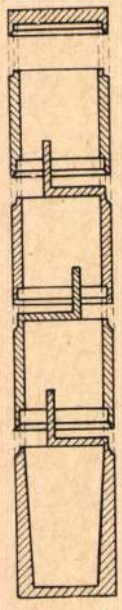
A desztillációs idő leteltével a vákuumrendszert lekapcsoljuk, a retortát vákuum alatt kiemeljük a kemencéből és csak lehűlt állapotban ürítjük.

A vákuumrendszer folyamatos működtetése és az *5. ábrán* megjelölt hőmérséklet-eloszlás mellett a frakciók megoszlása:

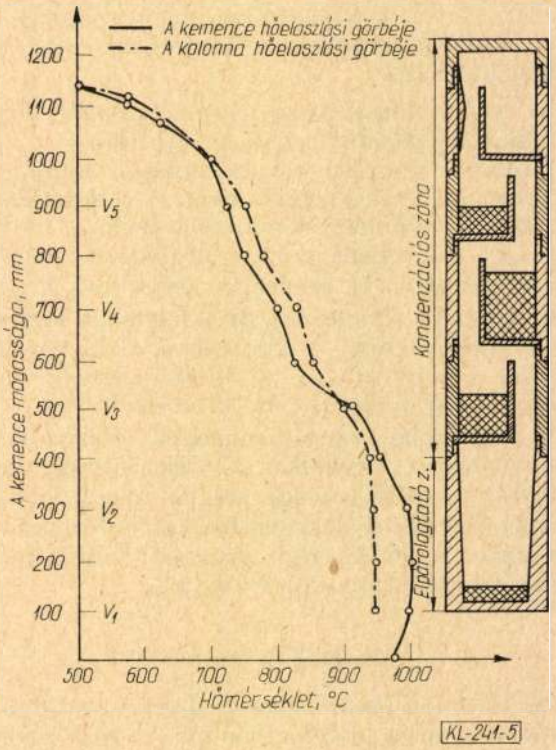
Maradék	10—15%
I. frakció	20—30%
II. frakció	40—50%
III. frakció	10—20%
IV. frakció	4—6%



3. ábra. Technológiai séma



4. ábra. Desztilláló kolonna összeállítása



5. ábra. Desztilláló oszlop magasságában kialakított hőmérsékleteloszlás

1. táblázat

Kiindulási Sb szennyezettsége

Alapanyag megjelölése	Szennyezők ppm-ben						
	As	Pb	Sn	Bi	Cu	Fe	Ni
„*A*"	~60	20	10	0,5	6	8	5
„*B*"	>350	100	< 5	0,3	6	8	5

2. táblázat

Első desztillálás után kapott analízis-eredmények

Kiindulási anyag	Frakciók	Szennyezők ppm-ben						
		As	Pb	Sn	Bi	Cu	Fe	Ni
„*A*"	Maradék	1,2	100	68	2	14	21	20
	I.	3	2,7	2	0,5	< 1	3	< 1
	II.	6	0,8	< 1	0,5	0,5	1,5	< 1
	III.	32	1,0	< 1	0,5	< 1	< 1	< 1
	IV.	>64	0,4	< 1	0,5	< 1	< 1	< 1
„*B*"	Maradék	9	300	5	0,6	15	20	23
	I.	15	150	3	0,4	3	5	2
	II.	30	30	< 1	0,2	< 2	1	< 1
	III.	>300	< 1	< 1	0,2	< 2	1	< 1
	IV.	>800	< 1	< 1	0,2	< 2	1	< 1

3. táblázat

Háromszori desztillálással a „B" minőségű kiindulási fémekből kapott frakciók analízis-eredményei

Kiindulási alapanyag	Frakciók	As	Pb	Sn	Bi	Cu	Fe	Ni
„*B*"	Maradék	2	20	1,5	0,5	< 2	< 1	< 1
	I.	3	< 1	< 1	0,2	< 2	< 1	< 1
	II.	6	< 1	< 1	0,2	< 2	< 1	< 1
	III.	15	< 1	< 1	0,2	< 2	< 1	< 1
	IV.	60	< 1	< 1	0,2	< 2	< 1	< 1

Kísérleteinknél — szennyezettségre nézve — kétfajta kiindulási anyagot használtunk. Szennyezettségüket az *1. táblázat* tartalmazza.

A különböző tisztaságú kiindulási anyagból első desztillálással kapott frakciók analízis-eredményeit a *2. táblázat* tartalmazza.

Az első desztillálással kapott frakciók feldolgozása a technológiai séma alapján *(3. ábra)* a következő:

— Az I. és II. frakciók újradesztillálása.

— A III. frakció és a tisztítandó alapfém egyesítése és kiindulási anyagként való felhasználása.

— A maradékok és a könnyen illó komponensekben dús IV. frakció tömbösítése és más célra való felhasználása.

A másodszori desztillációt az elsővel megegyezően kell végrehajtani. Az „A" minőségű alapfémből kiindulva a másodszori desztilláció I—IV. frakció eléri, illetve meghaladja a 99,999%-os tisztaságot. A „B" minőségű fémből kiindulva a I—II. frakciók harmadszori desztilláció utáni szennyezettségét a *3. táblázat* tartalmazza. A III—IV. frakció, továbbá a maradék kiindulási anyagként felhasználható.

A III—IV. frakció ebben az esetben is kiindulási fémként használható.

Desztilláció után a megfelelő tisztaságú fémet átolvasztással homogenizáljuk.

Következtetések

1. Az antimon vákuumdesztillációval hatékonyan és eredményesen tisztítható.

2. Egy-egy desztillációs folyamatban a kiindulási termék As és Pb szennyezettsége általában egy nagyságrenddel csökken.

3. Az általunk kialakított berendezéssel lehetőség van a vákuumdesztilláció során kapott terméknek frakciókra való szétválasztására.

4. Az általunk kialakított berendezés alkalmas 99,999—99,9995%-os tisztaságú Sb kísérleti gyártási szinten történő előállítására.

IRODALOM

[1] *Hilsum, C.—Rose, A. C.:* Semiconducting III—V. Compounds, Vol. 1. London (1961).

[2] *Petrov, D. A.* és *társai:* Voproszü metallurgii i fiziki poluprovodnyikov, AN SZSZSZR (1957) 70—79.

[3] *Nyikolaenko, G. N.:* Voproszü met. i. fiz. poluprovodnyikov AN SZSZSZR (1957) 80—90.

[4] *Herzog, A.—Haberecht, R. R.—Middleton, A. E.:* J. Electrochem. Soc. 105—. Nr. 9. (1958) 533—540.

[5] *Blum, P.:* Compound semiconduct. Vol. 1. New York (1962).

[6] *Brondly, S.:* Minning Word. 20. Nr. 5. (1958) 70.

[7] *Poszkovszki, B.—Wolinski, W.:* Elektronika. 3. Nr. 12. (1957) 3—20.

[8] *Fritzsche, C.:* Herstellung von Halbleitern.

[9] *Sztilbansz, L. sz.:* Poluprovodnyikovüe termoelektrohologyilniki Leningrád (1957) 12.

[10] *Protopopescu, M.—Petrescu, M.:* Studii si cercetari de Metallurgie. VII. Nr. 1. (1962) 33—49.
[11] *Kolenko, E. A.—Sztilbansz, L. Sz.:* Poluprovadnyiki v nauke i tehnike. II. (1958) 217—298.
[12] *Bechman, S.—Befvoll, F.:* Eltechnik. 5. Nr. 4. (1962).
[13] *Szép, I.:* Magyar Akadémiai Folyóirat, 64 (1958) 409—312.
[14] US. Pat. 3. 108. 934 (1961).
[15] US. Pat. 2. 944. 885 (1959).
[16] US. Pat. 2. 817. 628 (1957).
[17] US. Pat. 2. 817. 629 (1957).
[18] Francia szab. 1, 289. 498 (1962).
[19] Francia szab. 1, 289. 520 (1962).
[20] DAS 1, 162. 092 (1962).
[21] DAS 1, 155. 914 (1961).
[22] *Gebauch, W.—Spang, A.:* Angewandte Chem. 72. Nr. 10. (1960) 345—348.
[23] *Vazsenyin, V. L.:* Fiz. met. i metallovegyényie, 3. Nr. 2. (1956) 360—362.
[24] *Deml, F.—Gaislova, V.:* Collect. Chechoslow. Chem. Com. 25. (1960). 2213—2215.
[25] *Vigdorovics, V. N.—Ivleva, V. Sz.:* Metallurgia i Toplova Nr. 6. (1960) 51—55.
[26] *Ivanov, V. E.* és *társai:* Csisztüe i szvercsisztüe metallü, Metallurgia, Moszkva (1965).
[27] *Pozsgai, V.—Huszár, L.:* Kohászati Lapok Nr. 6. (1967) 272—278.

Fémkohászati műszaki és gazdasági hírek

Chile öt legnagyobb államosított rézbányája 1971-ben együttesen 571 397 tonna rezet termelt. Ez 6%-kal nagyobb az előző évi termelésnél.

Metall, 1972. 11. f. 1200 o.

*

Ausztrália bauxittermelése felfutott 12,5 millió tonnára 1971-ben és ezzel megelőzte Jamaikát, ez a világ bauxittermelői között elfoglalta eddig a vezetőhelyet az ausztrál fejlesztési miniszter megállapítása szerint. Továbbá közölte még, hogy Ausztrália bauxittermelése 37 százalékkal volt több 1971-ben az 1970. évi 9,1 millió termelésnél.

*

Jamaika bauxittermelése 1971-ben 12,2 millió tonna, az előző évben 11,8 millió tonna. A növekedés 3,6%. A bauxittermelés az ország legjelentősebb gazdasági tényezője.

Metall 1972. 12. f. 1286. o.

*

A Csepeli Fémmű félkészárutermelése 1972-ben 89 113 tonna az 1971. évi 94 465 tonnával szemben. A csökkenést a nehézfém rendelések évközi visszavonása és a könnyűfémek átprofilírozása idézték elő. Az 1972. évi félkészáru termelés megoszlása anyagféleségekként az alábbi: acél 47%, könnyűfém 6,6%, nehézfém 46,4%.

K. J.

Jugoszlávia

Jövő hónapban indul a Sibenik-i új alumíniumkohó 75 et/év kezdő kapacitással. Az Alusuisse-vel tárgyalások folynak egy hulladék alumínium átolvasztó üzem tervezéséről. Jugoszlávia a fejlesztési program keretében 240 et kohóalumíniumot, 700 et timföldet, 3,5 millió t bauxitot és 110 et átolvasztott alumíniumot fog termelni. A jugoszláv alumíniumipart Dalmáciában koncentrálják, ahol 1975-re 1 millió t bauxitot, 300 et timföldet, 110 et kohóalumíniumot és 70 et átolvasztott (szekundér) alumíniumot fognak termelni.

Metal Bulletin 5768 sz. 1973. jan. 19. p. 18.

Spanyolország

RIECO Wright SA 1960-ban üzembehelyezett présművének ez év végére egy 1500 tonnás új préssel való bővítését tervezi Cabrera del Mar-ban (Barcellona mellett).

Metal Bulletin 5768 sz. 1973. jan. 19. p. 18.

Surinam

Surinam vám és adómentesen fog bauxitot importálni Francia—Guianaból és Suralco Paranam-i timföldgyárában való feldolgozásra. A Suralco bauxitban 1916 óta önellátó volt, Francia—Guiana-i importja tehát az első külföldi beszerzés. A szerződést 2021-ig kötötték meg. Suralconak 5 timföldgyára működik Paranamban, mindegyik évi 200 et kapacitással. Most egy új 200—250 et-ás timföldüzem építését tervezik a Francia—Guiana-ból érkező bauxit feldolgozására. Francia—Guiana bauxittartalékát 42 millió tonnára becsülik.

Metal Bulletin 5768 sz. 1973. jan. 19. p. 18.

*

A világ 1972. évi alumínium termelését a WBMS (World Bureau of Metal Statistics) előzetesen 11 490 et-ra becsülte. Ez 6%-os növekedést jelent az 1971. évi 10 885 et-hoz képest. A nyugati világ termelése 6%-kal, ebből az USA 5%-kal növekedett. Japán termelése 13%-kal növekedett és meghaladta az 1 millió tonnát. Nyugat-Európában a növekedés 7%, egyedül Kanadában esett vissza a termelés 103-mal 915 et-ra. Anglia három új kohó üzembehelyezésével 119 et-ról 170 et-ra növelte termelését.

Metal Bulletin 5768 sz. 1973. jan. 19. p. 18.

A Fémkohászattani Tanszék hírei

1972. augusztus 31—szeptember 1. között a Magyar Tudományos Akadémia Központi Hivatalának Természettudományi I. Főosztálya Ritkafém konferenciát rendezett a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen. A tudományos tanácskozáson dr. Horváth Zoltán tanszékvezető egyetemi tanár *Ritkafémek fogalma és előállításuk módszerei* címmel tartott előadást.

*

A Fémkohászattani Tanszék és a MAVE Számítástechnikai Osztálya a nyersréz előállítása során keletkező salakok optimális összetételének számítógépes meghatározásával foglalkozik. A munka első lépéseként, megtörtént a technológiai számítások programozása és azoknak adott paraméterek mellett történő lefuttatása.

*

A Tudományos Diákkör 1971/72-es egyetemi pályázatán két, a Fémkohászattani Tanszéken készült dolgozat vett részt:

1. díj. *Kónya János:* A dielektrometria áttekintése és a timföld DK-jának mérése. Tanszéki konzulens: *Riedl István.*

2. díj. *Karczagi Gyula:* Anyagkihordás fluidizált homokrétegből. Tanszéki konzulens: *dr. Sziklavári Károly.*

*

A magyar—indiai alumíniumipari szerződés keretében az Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohó vendégeként Magyarországon tartózkodó *dr. B. C. Datta,* a Bharat Alumínium Co. mérnöke a közelmúltban meglátogatta a Fémkohászattani Tanszéket. *Sz.*

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

106. ÉVFOLYAM



AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET LAPJA
BUDAPEST, 1973. MÁJUS HÓ 5

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

Горный и Металлургический Журнал **Металлургия**
Zeitschrift für Bergbau und Hüttenwesen **Hüttenwesen**
Mining & Metallurgical Journal **Metallurgy**

ALAPÍTOTTA: PÉCH ANTAL 1868-ban

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET

A MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI EGYESÜLETEK SZÖVETSÉGE TAGJÁNAK LAPJA

Szerkesztőség: 1061 Budapest VI., Anker köz 1. I. 105.
Tel.: 426-795

TARTALOM

BOBOK GYÖRGY: Folyamatos öntött tuskók kristályosodásának hőtani alapjai 193

DR. MARKÓ JÓZSEF—SOMOGYI GYÖRGY—KORACH MARCELL: Süllyesztékes kovácsolás szerszámainak vizsgálata 197

HALÁSZ JÓZSEF—POLENCSIK JÓZSEF: Ferromangán gyártásakor szerzett tapasztalatok az Ózdi Kohászati Üzemekben 202

KARÁCSONYI KÁROLY—SEBESTYÉN FERENC—VOLLÁK ANDOR: Sorjamentes sajtolás bevezetése az Ipari Szerelvény és Gépgyárban 207

BERZY JÁNOS—HIDASI BÉLA—SZIVÓS SÁNDOR—VARGA LÁSZLÓ: A kivágás okozta képlékeny alakítás és az azt követő hőkezelés hatása dinamólemezek mágneses tulajdonságaira 211

Egyesületi hírek 216

Tudományos ülésszak a NME Tüzeléstani Tanszékén 217

Korszerű acélgyártó eljárások ismertetése 218

A világ vaskohászatának fejlődése 1972-ben 218

Üzemi hírek 221

Műszaki és gazdasági hírek 221

FÉMKOHÁSZAT

DR. HORVÁTH ZOLTÁN—SZEPESSY ANDRÁSNÉ: Az oldószeres extrakció felhasználásának lehetőségei a réz kohászatában 223

DR. VÁRHEGYI GYŐZŐ—VITÁNYI PÁLNÉ—KOVÁCSNÉ, CSETÉNYI ERZSÉBET—LAKATOS TAMÁS: Duktilis vanádium-félgyártmányok előállítása és vizsgálata 230

NÉMETH BÉLA: Tárcsás vákuumszűrők műszerezése az Almásfüzitői Timföldgyárban 236

ÖNTÖDE

DR. prof. W. SAKWA—W. KOWALCZIK: Párhuzamos üllők között zömített temperöntvény és gömbgrafitos öntöttvas próbák alakváltozásai 97

DR. PILISSY LAJOS—IMRE JÁNOS—BENESCH FERENC: Anyagminőségi problémák a cinkalapú ötvözetek nyomásos öntészetében 103

Könyvismertetések 113, 120

DR. TAMÁS BÉLA: Ipari információk áramlásának és feldolgozásának jelentősége 114

Lipcsei Öntő Napok, 1972. október 18—19. 119

Pályázati felhívás 120

Megjelenik havonként

Egyszámlaszám egyesületi tagok részére: Magyar Nemzeti Bank 61 770

Egyévi előfizetés: 180,— Ft. Egyes példányok ára: 15,— Ft

Bányászati és Kohászati Lapok — **KOHÁSZAT**

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1906 Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-293. Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató
73.5., 570 — Révai Nyomda, Budapest V., Vadász utca 16.
F. v.: Povárny Jenő

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (1900 Budapest, József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára
A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultúra" P. O. B. 14. Budapest 62

Index: 25,155

ÉVFOLYAM ГОД JAHRGANG YEAR 106

SZÁM № Nr. No. 5

MÁJUS МАЙ MAI MAY 1973

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

ЖУРНАЛ ГОРНОГО ДЕЛА И МЕТАЛЛУРГИИ МЕТАЛЛУРГИЯ
ZEITSCHRIFT FÜR BERG UND HÜTTENWESEN HÜTTENWESEN
JOURNAL OF MINING AND METALLURGY METALLURGY

СОДЕРЖАНИЕ

Дьердь Бобок: **Термодинамические основы кристаллизации слитков непрерывного литья** ... **С 193**

С использованием новой литературы подытоживаются термодинамические основы непрерывного литья. Приведены термодинамические соображения, обсуждается роль кристаллизатора и свойств сплава. Возможности приближения с помощью вычислительной машины.

Д-р Йожеф Марко—Дьердь Шомоди—Марцел Корах: **Исследование инструментальных материалов ковки в штампах** ..... **С 197**

Экономичность ковки в штампах хорошо характеризуется удельным расходом на инструменты. Удельный расход на инструменты в значительной степени зависит от долговечности инструментов на которую, в свою очередь значительно влияют свойства основного материала. В статье приводятся современные штамповочные стали и эти стали сопоставления с точки зрения износостойкости, сопротивления к деформируемкости, сопротивления к разрушению и термической стойкости усталости. Рекомендуемые области применения.

Йожеф Халас—Йожеф Поленчик: **Опыты Металлургического завода в Озде по производству ферромарганца** ..... **С 202**

Подытоживаются данные о производстве ферромарганца на Металлургическом заводе в Озде и оценивается работа, проведенная в периоде 1946—1972 гг. После короткого исторического обзора анализируются производства проведенные при применении новой технологии с 1966 г. Обсуждается состав производственного ферромарганца и образованного шлака. Некоторые подробности технологии производства.

Карой Карачони—Ференц Шебештен—Андор Волак: **Введение штампования без заусенцов на заводе „Ипари Серелвень эш Гепдьар"** ..... **С 207**

В 1971-ом году Машиностроительный технологический институт адатировал метод штампования без заусенцев по лицензии купленной в ГДР. Новым методом исключается основной недостаток прежних методов — низкая долговечность инструмента. Дальнейшим преимуществом метода является то, что требуется такой процесс жесткости которого не слишком большая, таким образом предпочтительны штампы для обрезания заусенцев. Статья ознакомливает с опытом завода, накопленным при введении данного метода.

Янош Берци—Бела Хидаши—Шандор Сивош—Ласло Варга: **Влияние пластической деформации и термической обработки, следуемой за пластической деформацией на магнитные свойства динамных листов** ..... **С 211**

Авторы сообщают о результатах экспериментов, проведенных на горячекатаных динамных листах марки Е2250. Было исследовано влияние дополнительной термической обработки на последствия холодной деформации при оформлении окончательного фасона с помощью изучения магнитных свойств. Установлено, что дополнительная термическая обработка является необходимой, и что существует оптимальная термическая обработка, условия которой (время, температура) следует определить экспериментально в случае каждого отдельного продукта.

Д-р З. Хорват—Сепеши-не: **Возможности использования екстракции с применением растворителей в металлургии меди** ..... **С 223**

После всеобщего обсуждения известных по аналитике и заимствованных методов экстракции с применением растворителей авторы подробно занимаются вопросом экстракции в промышленных масштабах с применением современных реагентов, знакомят с различными реагентами и с результатами проведенных ими испытаний по экстракции с применением разных реагентов.

Г. Вархеди—Р.-не Витани—Е. К.-не Четени—Т. Лакатош: **Производство и исследование дуктильных ванадиевых заготовок** ..... **С 230**

Авторы при помощи модифицированного метода Кролла создали ванадиевую губку, которая была переработана на заготовку. Соотношения между технологическими параметрами и свойствами продукта: выводы о целесообразной обработке.

Бела Немет: **Инструментация дисковых ваккумных фильтров на Глиноземном заводе в Алмашфызитё** ..... **С 236**

Вакуумные фильтры, применяемые при декомпозировании. Необходимость инструментации. Автор ознакомливает с измерениями и сигнализациями, показывает управление с сбрасывающим воздухом, регулирование уровня фильтрующих ванн и распределительных резервуаров.

INHALT

Gy. Bobok: **Die wärmetechnische Grundlagen der Kristallisation von Strangknüppeln** ..... S 193

Die auf die Fachliteratur stützende Zusammenfassung der wärmetechnischen Grundlagen des Stranggiessens. Die Rolle der Stranggusskokille (Kristallisator) und ihrer Legierungsbestandteile. Anwendungsmöglichkeit eines Rechners.

Dr. J. Markó—Gy. Somogyi—M. Korach: **Untersuchung der Werkzeuge für das Gesenkschmieden** S 197

Die Wirtschaftlichkeit des Gesenkschmiedens wird mit den spez. Werkzeugkosten gut gekennzeichnet. Die spez. Werkzeugkosten hängen von der Haltbarkeit der Werkzeuge ab, wobei die Haltbarkeit der Werkzeuge von den Eigenschaften der Grundwerkstoffe beeinflusst wird. Beschreibung mehrerer zeitgemässen Gesenkstähle, Vergleich ihres Widerstandes gegen Verschleiss, Deformation, Bruch und thermischer Ermüdung. Vorschläge für die Anwendung verschiedener Gesenkstähle.

J. Halász—J. Polencsik: **Erfahrungen bei der Ferromangan-Herstellung im Hüttenwerk Ózd** ..... S 202

Zusammenfassende Angaben und ihre Bewertung über die Ferromangan-Herstellung in den Jahren 1946—1972 im Hüttenwerk Ózd. Beschreibung der seit 1966 eingeführten neuen Technologie. Zusammensetzung des erzeugten Ferromangans und der Schlacke. Einige Kennzeichen der Technologie.

K. Karácsonyi—F. Sebestyén—A. Vollak: **Einführung des gratlosen Pressens in der Armaturenfabrik** ..... S 207

Im Technologischen Institut für die Maschinenindustrie wurde im Jahre 1971 die von der DDR gekaufte Lizenz für gratloses Pressen den einheimischen Verhältnissen angepasst. Das neue Verfahren schafft den Nachteil früherer Verfahren — nämlich die niedrige Haltbarkeit der Werkzeuge — ab. Vorteilhaft ist auch die Anwendbarkeit weniger starrer Pressen, d. h. den Entgrater-Pressen kann ein Vorzug gegeben werden. Erfahrungen bei der Einführung des neuen Verfahrens in der Armaturenfabrik.

J. Berzy—B. Hidasi—S. Szivós—L. Varga: **Die Wirkung der durch Stanzen hervorgerufenen bildsamen Verformung und der darauf folgenden Wärmebehandlung auf die magnetischen Eigenschaften der Dynamostähle** ..... S 211

Die Versuche wurden an warmgewalzten Dynamoblechen der Qualität E 2250 durchgeführt. Untersucht wurde, ob die Nachfolgen der bei der Endformgebung erlittenen Kaltverformung durch geeignete Wärmebehandlung abgeschafft werden können. Sinngemäss wurden hauptsächlich die magtischen Kennzeichen untersucht. Es wurde festgestellt, dass eine nachträgliche Wärmebehandlung unbedingt erforderlich ist, wobei auch eine optimale Behandlung gefunden werden kann, deren Bedingungen (Zeit, Temperatur) jedoch für jedes Erzeugnis experimentell festgestellt werden muss.

Dr. Z. Horváth—Frau A. Szepessy: **Möglichkeiten der Verwendung der Lösungsmittelextraktion in der Kupfermetallurgie** ..... S 223

Nach einer Beschreibung der aus der Analytik bekannten und von dort übernommenen Verfahren der Extraktion mit Lösungsmitteln behandeln die Verfasser die Extraktionen im Betriebsmassstab mit modernen LIX-Reagentien, die verschiedenen Reagentien und die Ergebnisse der von ihnen ausgeführten Extraktionsversuche.

Dr. Gy. Várhegyi—Frau P. Vitányi—Frau E. K. Cseténvi—T. Lakatos: **Herstellung und Prüfung von duktilen Vanadium-Halbzeugen** ..... S 230

Mit dem modifizierten Kroll-Verfahren wurde ein Vanadium-Schwamm erzeugt und zum Halbzeug verarbeitet. Zusammenhänge zwischen den technologischen Parametern und den Eigenschaften des Produktes. Folgerungen für die zweckmässige Verarbeitungsmethode.

B. Németh: **Instrumentierung der Scheiben-Vakuumfilter in der Tonerdefabrik Almásfüzítő** ..... S 236

Die Arbeit behandelt die bei der Fällung eingesetzten Vakuumfilter. Die Notwendigkeit der Instrumentierung wird bewiesen, die Messungen und Signale werden beschrieben. Der Verfasser beschreibt die Luftsteuerung, die Pegelregulierung in den Filterwannen und im Verteilerbehälter, sowie die bisherigen Betriebserfahrungen.

CONTENTS

Gy. Bobok: **The thermodynamical foundations of the crystallization of continuously cast billets** ..... **P 193**

The author summarizes the thermodynamical foundations of continuous casting from recent literature. Thermodynamical considerations, and the role of the ingot mould and the alloy are discussed. Possibilities a computer approach.

Dr. J. Markó—Gy. Somogyi—M. Korach: **A study of die materials for die forging** ..... **P 197**

The specific die costs are very characteristic of the economy of die forging. The specific die costs depend largely on the die life which is mainly determined by the properties of the base material. The paper described some modern die steels, comparing them on the basis of their wear and deformation resistance, their resistance to breaking and to thermal fatigue. Recommendations are made for fields of application.

A. Halász—J. Polencsik: **Experiences in the production of ferromanganese in the Ózd Metallurgical Works** ..... **P 202**

The authors summarize the data of ferromanganese production in the Ózd Metallurgical Works and evaluate the work carried out from 1946 to 1972. After a short historical review the operations with the new process are analyzed from the year 1966 onwards. The composition of the produced FeMn and the obtained slag and some details of production technology are discussed.

K. Karácsonyi—F. Sebestyén—A. Vollák: **Introduction of flashless pressing in the Factory for Industrial Armatures and Machines** ..... **P 207**

The Institute for Machine Construction Technology has introduced in 1971 the flashless pressing process based on a licence purchased from the GDR. The new process eliminates a main defect of the former methods — the low tool life. It also requires a not excessively rigid press, therefore trimming presses can be used. The paper describes the experiences gained during the introduction of the process in the Factory for Industrial Armatures and Machines.

J. Berzy—B. Hidasi—S. Szivós—L. Varga: **The influence of plastic forming by blanking and of subsequent heat treatment on the magnetic properties of dynamo sheets** ..... **P 211**

The authors describe the results of tests on hot rolled E 2250 dynamo sheet. They investigated the possibility of eliminating the consequences of cold forming during fabrication by a subsequent heat treatment, mainly by measuring the magnetic parameters. It was found that subsequent heat treatment is certainly necessary and that the conditions of the optimal heat treatment (time, temperature) must be defined experimentally for each product.

Dr. Z. Horváth—Mrs. A. Szepessy: **Possibilities of utilizing solvent extraction in the metallurgy of copper** ..... **P 223**

After a general treatment of solvent extraction methods which have been adapted from chemical analysis the authors give a detailed description of industrial scale extractions with modern LIX reagents, of the various reagents and of their own extraction tests.

Gy. Várhegyi—P. Vitányi—E. Cseténvi—T. Lakatos: **The production and testing of ductile vanadium semiproducts** ..... **P 230**

The authors have prepared vanadium sponge by the modified Kroll process and processed this to semi-products. Relationship between the technological parameters and the properties of the product: conclusions concerning the suitable mode of processing.

B. Németh: **Instrumentation of disc vacuum filters at the alumina factory of Almásfüzitő** ..... **P 236**

The vacuum filters used in the precipitation process are described, underlining the necessity of instrumentation, the employed measurements and signals. The control of mixing air, the level control of filtering and distributing tanks, the plant experiences gained so far are discussed.

Főszerkesztő:
ÓVÁRI ANTAL

Szerkesztők:
DR. FUCHS ERIK, GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ, RUHMANN JENŐ

Szerkesztő bizottság:
BALÁZS FÜLÖP, DR. BECKER ERVIN, BOROSSAY BÉLA, CSEH MIKLÓS, DR. HAJTÓ NÁNDOR, DR. KÁLDOR MIHÁLY, KÉZDI ÁRPÁD, KOLLÁR SÁNDOR, DR. MÓCSY ÁRPÁD, PINTÉR ANDRÁS, DR. PILISSY LAJOS, DR. REMPORT ZOLTÁN, ROMWALTER ALFRÉD, SELMECZI BÉLA, SZELESS LÁSZLÓ, SZŐKE LÁSZLÓ, SZŰCS ENDRE, VAS IVÁN, DR. VERŐ BALÁZS.

A rajzokat készítette: KÜRTÖS MARGIT.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET FOLYÓIRATA

106. évfolyam 5. szám 1973. május

Folyamatosan öntött bugák kristályosodásának hőtani alapjai

BOBOK GYÖRGY okl. kohómérnök, tud. munkatárs
Vasipari Kutató Intézet

A dolgozat a folyamatos öntés hőtani alapjait foglalja össze az újabb irodalom felhasználásával. Ismerteti a hőtani meggondolásokat, a kristályosítónak és az ötvözet tulajdonságainak a szerepét tárgyalja. Vásárolja a számítógépes közelítés lehetőségeit.

Bevezetés

A folyamatos öntéssel kapcsolatban a kristályosodási folyamatokat két egymástól eltérő szempont szerint szokták vizsgálni. Egyrészt foglalkoznak az öntésnek a technológiai végrehajthatóságával. Ilyenkor az a legfontosabb kérdés, hogy a kristályosítót elhagyó öntött szál szilárd kérge képes-e ellentállni a folyékony fém metallosztatikus nyomásának. Azt is vizsgálják, hogy mikor szilárdul meg a teljes keresztmetszet, mert legkorábban ekkor lehet elkezdeni a szál darabolását. A témakör elsősorban az acéloknál vált jelentőssé, míg az egyéb folyamatosan (félfolyamatosan) öntött fémek esetében a jelentősége lényegesen kisebb. Ez érthető, mert a színes és könnyűfémek öntésekor a nagyobb hővezetőképesség, az alacsonyabb öntési hőmérséklet és kisebb öntési sebesség következtében az olvadt tócsa mélysége kicsi, legfeljebb néhány deciméter. Acélok esetében az öntési sebességet kénytelenek vagyunk gazdaságossági okok miatt a legvégsőkig fokozni. Ugyanakkor, mint ismeretes kicsi az acélok hővezetőképessége és magas a megkívánt öntési hőmérséklete. Ezért nagy szelvények öntésekor a folyékony rész többnyire 5 méternél is mélyebb. A tócsa mélységével rohamosan fokozódik a szilárd kéregre ható metallosztatikus nyomás; többnyire támasztó görgőket is kell ezért alkalmazni.

A kristályosodással kapcsolatos vizsgálatok másik része a kialakuló, öntött szerkezetet tartja szem előtt. Ennek során a kristályok mérete, formája, orientációja, belső szerkezete; az egyes ötvöző és szennyező elemek egyenetlensége (mikro-, makroszegregáció) a fém külső és belső topográfiája (tömörsége, porozitása, felületi hibák) a vizsgált jellemző. Míg az első esetben a folyamatokat a *hőtan*, a *hőátadás* módszereivel közelítik meg, a második esetben a *fémtani* megfontolások a döntőek. Ebben a dolgozatban a folyamatos öntés hőtani viszonyait tekintjük át.

A folyamatos öntés hőtani szempontból

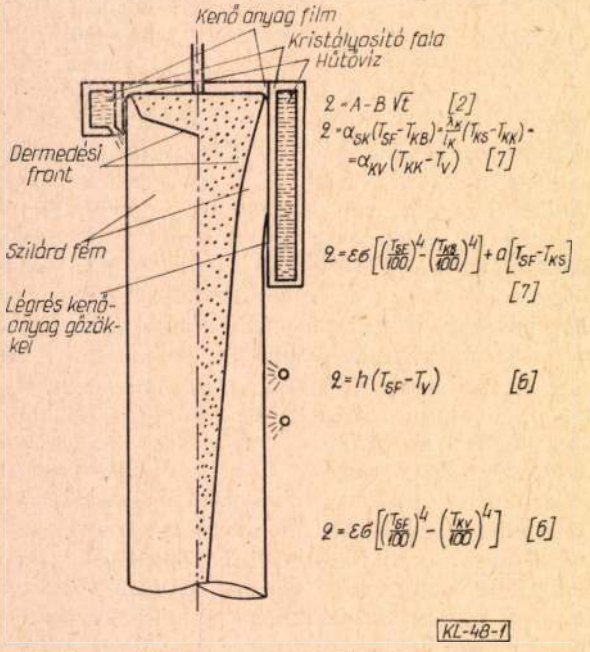
Hőtani szempontból nézve, a vizsgálatoknak az a célja, hogy a buga bármely pontján, az ismert anyagjellemzők segítségével, a tényleges hőmérsékletet kiszámíthassuk.

A folyamatos öntést legjellegzetesebben az különbözteti meg a hagyományos öntési módoktól, hogy eltekintve az öntés megindulásakor és leállításakor lejátszódó tranziens jelenségektől, a dermedési front, azaz a szilárd—olvadék fázishatár a helyzetét a kristályosítóhoz viszonyítva nem változtatja. A dermedési front helyzetének állandósága egyben a folyamatos öntés végrehajthatóságának a feltétele is. (Az egyensúlyi helyzet körül kis ingadozások a pillanatnyi körülményektől függően lehetnek.) Ha ugyanis a dermedési front fokozatosan süllyedne, előbb-utóbb az egyre vékonyodó szilárd kéreg a metallosztatikus nyomás hatására átszakadna, az olvadt fém kitörne. Másrészt az állandó emelkedés a folyékony rész megszűnését eredményezné, a már megdermedt és az éppen akkor kristályosítóba érkező folyékony fém nem biztosítaná a buga folyamatosságát. Az egyensúly feltétele, hogy a kristályosítóba érkező, és a hűtéssel, valamint a kristályosodó tuskóval eltávolított hő mennyisége egymással azonos legyen. A kristályosítóba érkező hő a folyékony fém mennyiségének szabályozásával széles határok között változtatható. Az öntés sebességének fokozásakor azonban a hűtés intenzitását is fokoznunk kell, hiszen a távozó szál fajlagos hőtartalma nem növekedhet. A hűtés intenzitásának elvi felső határa van, amit akkor érhetnénk el, ha a kristályosodó fém külső felületének hőmérsék-

letét a hűtőközeg hőmérsékletére csökkentenénk. Ez a tény elvileg korlátozza adott kristályosító hossz mellett az öntési sebességet.

A folyamatos öntés hőátadási viszonyait az *1. ábrán* szemléltetjük. Az ábra baloldali felén a könnyűfémekre, jobb oldalán az acélra jellemző körülményeket tüntettük fel.

A kristályosítóba az ötvözet likvidusz-hőmérsékletéhez képest néhányszor 10 °C-kal túlhevített fém érkezik. A kristályosítóba érkező fém a tócsába levő folyékony fémmel a bevezetéstől függő módon keveredik. A vizsgálatok azt mutatják, hogy a túlhevítésből származó hőmennyiség rövid időn belül eltávozik és a tócsa hőmérséklete legfeljebb csak néhány fokkal van a likvidusz-hőmérséklet fölött. A kristályosító falával érintkező fém gyorsan megdermed, a felszabaduló hőmennyiség a feltapadás csökkentésére szolgáló kenőanyagrétegen, valamint a kristályosító falán keresztül hővezetéssel távozik a kristályosító külső falát hűtő közeghez, amely legtöbbször víz. A buga süllyedése közben a kéreg vastagsága növekszik, egyre szilárdabbá is válik, a dermedés közben bekövetkező térfogatcsökkenés hatására pedig igyekszik a kristályosító falától eltávolodni. Amint a kéreg elég szilárd, hogy ellen tudjon állni a fém metallosztatikus nyomásának, az elválás bekövetkezik. A kristályosító és a buga között ekkor egy légrés alakul ki, amelyet a kenőanyag bomlástermékei töltenek meg. Ez a légrés lecsökkenti a hőelvezetés sebességét és így a kéreg többnyire visszamelegszik. Elvileg az lenne a helyes, ha a buga az elválás után azonnal elhagyná a kristályosítót és a közvetlen vízhűtés zónájába, az ún. *szekunder hűtőzónába* kerülne, ahol a kristályosítónál intenzívebb hűtés biztosítható. Ezt a megoldást mégsem célszerű használni, mert a dermedési viszonyokba bekövetkező kismértékű változás is a folyékony fém kitörését okozhatná. Hosszabb kokillát alkalmaznak tehát és ez oda vezet, hogy a visszamelegedő kéreg ismét érintkezésbe kerül a kokillafallal. Az elválás többször bekövetkezik, esetleg periodikusan jön létre. Ennek természetesen következményei vannak, többféle felületi hiba jöhet létre.



1. ábra. A folyamatos öntés hőátadási viszonyai

q a fajlagos hőátadás kcal/m², óra
T_{SF}, T_{KB}, T_{KK}, T_V, T_L a szál felszíni, a kristályosító belső, illetve külső felületének, a hűtővíznek, és a levegőnek a hőmérséklete; α a hőátadási, λ a hőelvezetési, ε az emissziós tényező. Az A, B, a és b kísérlettel meghatározható állandók

Végül is a buga vizsgált szelete elhagyja a kristályosítót. Közvetlenül víznek a buga felületére való permetezésével hűtünk tovább. Könnyűfémbugák dermedése ekkor gyorsan befejeződik, nem kevéssé annak következtében, hogy a hő elvezetése az eddigi sugárirányon túl most a már megdermedt tuskórészen keresztül axiális irányban is megindul. A dermedési front létrejövő alakjának, amint a későbbiekben még visszatérünk rá, a tuskó végső szerkezetére is hatása van. Acélok öntésekor a hőnek elenyészően kis része (1—2%-a) vezetődik el a szokásos viszonyok mellett axiálisan [1]. A dermedés a több méter hosszú szekunder zóna végéig tart, sőt néha a tercier zóna elején fejeződik csak be.

A matematikai közelítés lehetőségei

Nagyon sokan foglalkoztak és foglalkoznak a folyamatos öntés során lejátszódó hőtani jelenségek *matematikai* megoldásával. A megoldásra törekedve két szempontot kell figyelembe venni.

Mindenekelőtt ismernünk kell, hogy melyek azok a folyamatok, amelyek a felszabaduló hőnek a kristályosítót hűtő víz felé való áramlását szabályozzák. Ezeket a folyamatokat kell azután matematikai egyenletekkel leírnunk. Az egyenleteket végül meg kell oldanunk.

Sajnos, a szóban forgó folyamatok matematikailag ma még nem fogalmazhatóak meg szabatosan. Tovább nehezíti a problémát, hogy egy sor, az egyenletekben szereplő anyagjellemzőt nem ismerünk pontosan. Sok nehézség jelentkezik a kísérletezés során is

Ahhoz például, hogy előre kiszámíthassuk, mekkora lesz a buga külső felülete és a kristályosító belső fala közötti rés, meg kellene oldani a rugalmas-képlékeny egyenleteket, nem izoterm viszonyok között a hőátadási egyenletekkel együtt. Ez nemcsak hogy kívül esik a képlékenység elmélet jelenlegi lehetőségein, a fémek mechanikai tulajdonságairól is túlságosan kevés az ismeretünk az olvadáspontjuk közelében. További nehézség, hogy addig, amíg csak kevéssé ismerjük a kenőanyagok viselkedését magas hőmérsékleten, csak sejtjük, hogy milyen vastag a buga és kokilla közötti kenőanyagréteg, hogyan, milyen gázokra bomlik fel, azoknak milyen a hővezetőképessége, és hogy befolyásolják a hőátadást.

A matematikai problémák sem egyszerűek. Ez idő szerint a dermedési jelenségekkel kapcsolatos egyenletek formai megoldásához kellő módszerek nem állnak rendelkezésünkre; legfeljebb akkor, ha bizonyos egyszerűsítő feltételezéseket vezetünk be, amelyek érvényességét meg kell kérdőjeleznünk. Jelenleg még a legpontosabbnak tűnő matematikai megoldások is csak durva köze-

1. táblázat

Különböző paraméterek hatása a szilárd kéreg vastagságára és felületi hőmérsékletére, 48 cm-rel a meniszkusz alatt ⊠ 100 mm acélszál öntésekor

Változó paraméter	Kéregvastagság, mm	A felület hőmérséklete, °C
Alapállapotban	6,30	1299,6
10%-kal nagyobb az acél fajhője	6,24	1301,3
10%-kal nagyobb az acél hővezetési tényezője	6,40	1312,0
10 °C-kal magasabb az acél olvadáspontja	6,32	1308,4
10 °C-kal nagyobb öntési hőmérséklet	6,23	1299,9
10%-kal nagyobb az acél olvadáshője	6,02	1300,5
10%-kal nagyobb a kristályosító falának hővezetőképessége	6,32	1298,7
10%-kal vastagabb a kristályosító fala	6,28	1300,6
10%-kal nagyobb öntési sebesség	5,97	1302,1
10 °C-kal nagyobb hőmérsékletű hűtővíz	6,30	1299,9
10%-kal több hűtővíz	6,30	1299,9
10%-kal nagyobb az acél hőtágulási együtthatója	6,26	1302,5
10%-kal nagyobb a buga vastagsága	6,26	1302,5
Kúpos kokilla (2°-os)	9,61	1024,6
Hidrogént vezetünk a gázrésbe	10,62	917,1

lítések. A buga felületéről távozó hő mennyiségét például az 1. ábrán feltüntetett összefüggések alapján számolják.

A folyamatos öntés dermedési viszonyainak leírására eleinte a statikus öntésből átvett kifejezést használták, amelynek értelmében a megdermedt kéreg vastagsága a dermedés kezdetétől eltelt idő négyzetgyökével arányos. Ez az összefüggés megközelítően leírja a viszonyokat, ha az összefüggésben szereplő konstansok értékét helyesen határozzuk meg. Bár inkább tapasztalati összefüggésnek kell tartanunk, számos célra kielégítő a pontossága [2].

Az igényesebb megoldások, amelyek a ténylegesen lejátszódó folyamatokból indulnak ki, számos egyszerűsítő feltételezést használnak. Ezen megoldások közül ki kell emelni az integrál profiltechnika alkalmazásán alapuló, *A. W. D. Hills* által kidolgozott megoldást [3], amelyet *W. R. Irwing* [4], valamint *K. Cliff* és *R. J. Dain* [5] fejlesztettek tovább. A módszer kidolgozásakor a következő egyszerűsítéseket alkalmazták:

— a látens hő teljes mennyisége azonos hőmérsékleten szabadul fel, azaz az ötvözet nem hőmérséklet közben kristályosodik,

— a túlhevítésből származó hő a felszabaduló látens hő arányában távozik a dermedési front teljes felületén,

— a kristályosítóban levő fém felületéről sugárzással nem távozik hő,

— a gázrésben keletkező gáz hővezetőképessége nem függ a hőmérséklettől,

— a fajhő és a sűrűség sem a kristályosítóban, sem a bugában nem változik a hőmérséklettel,

— elhanyagolják a buga sarkain a kétirányú hűtést, és végül

— a buga kontrakciója (a gázrés) a szál külső felületének hőmérséklete függvényében változik.

A számítógépes feldolgozásra alkalmas eljárás dimenzió nélküli eredményeket is adhat, és így széleskörű felhasználást tesz lehetővé. A módszert itt nem ismertetjük, utalva az eredeti munkára. Bemutatjuk viszont az *1. táblázatban* egy ezzel a módszerrel készült elemzés eredményét. A számítógéppel a ⊠ 100 mm méretű acélbuga öntésekor, a meniszkusz alatt 48 cm mélységben, a szál felületi hőmérsékletét és a megszilárdult kéreg vastagságát számolták ki. Majd a felhasznált alapadatok egyikének 10%-nyi megváltoztatásával ezt megismételték sorban valamennyi alapadattal. A nyert táblázat módot ad az egyes paraméterek hatásának becslésére.

Más jellegű, de szintén számítógépet igénylő numerikus módszereket dolgoztak ki *E. A. Mizikar* [6], *J. J. Gautier* és *társai* [7], valamint *Nyikityenko* és *Szokolov* [8], akik egyirányú hőáramlást vettek figyelembe. *Baumann* [1] a bugaöntés során lejátszódó viszonyokat instacionárius, három dimenziós hővezetésként kezelve dolgozott ki programot. Összehasonlítva a számított és üzemben mért eredményeket, elég jó egyezést találtak.

Itt rá kell mutatnunk arra, hogy az egyes módszerek helyességének ellenőrzésére használt eljárás — a kristályosítóból kilépő buga felületi hőmérsékletének mérése és ennek összehasonlítása a számított értékkel — sok bizonytalanságot tartalmaz. Egyrészt maga a mérés sem végezhető elegendő pontossággal, másrészt a meniszkusztól adott távolságra mérve a hőmérséklet az időben és a kerület mentén is változik, sokszor 100 °C-t is meghaladó értékkel.

A hőátadási probléma megoldására a numerikus megoldásokon kívül a *modellezést* is használják. *Stvorcov* és *Akimenko* [9] a buga kéregvastagságának és felületi hőmérsékletének meghatározására hidraulikus-analóg-modellt dolgoztak ki, míg *Förster* [10] elektromos analóg modellt szerkesztett.

A többi fémmel kapcsolatban, amelyeknél a hőátadási probléma nem annyira kritikus, lényegesen kevesebb vizsgálódást végeztek. Általában megelégszenek a tócsamélység meghatározásával, és ezt is a félig-meddig empirikus, de a tapasztalattal jól egyező és széles körben elfogadott

$$h = \frac{R^2 \varrho v_s Q}{4\lambda (T_f - T_S)}$$

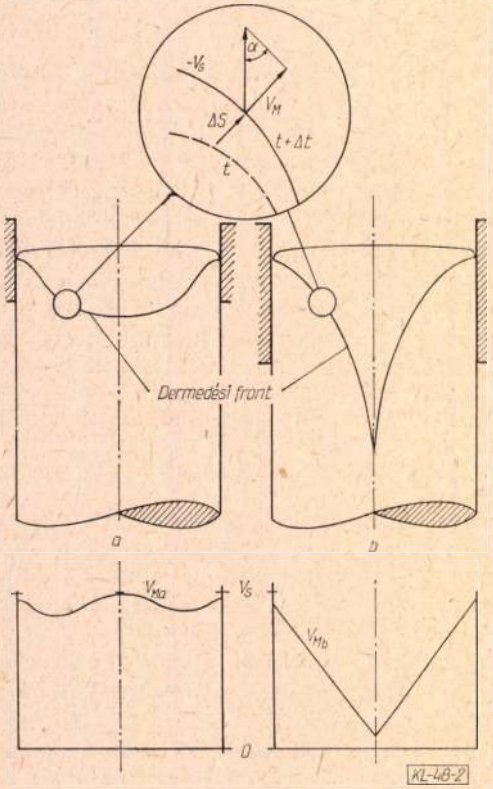
összefüggés felhasználásával teszik. Ahol h a tócsa mélysége, Q elvonandó hőmennyiség, ϱ sűrűség, R a buga átmérője, v_s az öntési sebesség λ a buga hővezetési tényezője, T_f az öntési hőmérséklet, és T_S a szál felszíni hőmérséklete.

Várható, hogy a hőátadási folyamatok matematikai megoldása a jövőben tovább fejlődik. Felhasználva a számítógépek adta egyre nagyobb lehetőségeket még pontosabb számítási eljárásokat fognak kidolgozni. Az eddigi eredmények is elegendőnek bizonyultak azonban az öntőgépek és kristályosítók konstrukciójának kialakításához.

A dermedési felület alakja

A dermedési felület kísérletileg is meghatározható. Ez úgy történik, hogy a kívánt pillanatban a folyékony fémet tartalmazó tócsába valamely gyorsan oldódó ötvöző elemet adnak, amelynek elhelyezkedése a buga megdermedése után is megfigyelhető. A kis tócsamélységgel rendelkező alumínium-ötvözetek esetén például úgy lehet eljárni, hogy az éppen öntött ötvözet bevezetését egyidejűleg megszüntetve, a tócsa térfogatával közel azonos mennyiségű, rézzel erősen ötvözött Al—Cu-olvadékot öntenek a kokillába, az öntési hőmérséklettel körülbelül azonos hőmérsékleten. A nagyobb fajsúlyú Al—Cu-ötvözet gyorsan lesüllyed a tócsa aljára és elhelyezkedése követi a pillanatnyi dermedési frontot. A buga teljes megdermedése és kettévágása után (esetleg megfelelő maratást követően) az Al—Cu eltérő színe következtében a dermedési front látható lesz. Acél esetében a kívánt mennyiségű ötvözött fém betöltése problémát jelentene, ezért csak valamely gyorsan oldódó, lehetőleg nagy fajsúlyú ötvözőjének többnyire radioaktív izotópját használják (például Pb, P, Au, W). A pillanatnyi dermedési felületet a tuskó kettévágása után az autoradiográfia módszereivel lehet meghatározni. A folyékony acél kitörésekor megmaradó „csizmaszár" is lehetőséget biztosíthat a szilárd kéreg növekedésének vizsgálatára. — Mindezek a módszerek a szakirodalomban közismertek.

A dermedési felület ismerete fontos, mert lehetőséget ad a *helyi dermedési idő*, illetve az ún. *makroszkopikus dermedési sebesség* meghatározására



2. ábra. A dermedési front két lehetséges formája és a helyi makroszkopikus dermedési sebesség

és ezen keresztül a várható öntési szerkezet becslésére.

A *2. ábrán* a dermedési front két lehetséges jellegét mutatjuk be, feltüntetve a makroszkopikus helyi dermedési sebesség meghatározásának elvét is. A makroszkopikus dermedési sebességet az egységnyi dermedési felületen egységnyi idő alatt megszilárduló fém térfogatával jellemezzük:

$$V_M = \frac{\Delta R}{\Delta F\,\Delta t} = \frac{\Delta F\,\Delta s}{\Delta F\,\Delta t} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

A $\Delta s/\Delta t$ nem más, mint a kérdéses pontban a dermedési felület normálisa. Ezen értelmezés szerint a dermedési felületet simának tekintjük, a kristályosodás pedig a legnagyobb hőmérsékletgradiensnek megfelelően az izoterm dermedési fontra merőlegesen halad előre. Minthogy a dermedési front a helyét nem változtatja (egyensúlyi állapot(, viszont a buga V_s sebességgel süllyed, bármely pontban a makroszkopikus dermedési sebesség függőleges kompnensének V_s-el kell egyenlőnek lennie. Az összefüggést átrendezve, a V_s és a dermedési felület adott pontjának normálisa ismeretében a dermedési sebesség kiszámítható. Körszelvényű bugák esetére az összefüggés

$$V_M = -V_S \sin \alpha,$$

nem körszimmetrikus bugákra pedig

$$V_M = -V_S \frac{1}{1 + c\,\mathrm{tg}\,\alpha_1 + c\,\mathrm{tg}\,\alpha_2}$$

A tuskótól akkor várhatjuk, hogy finom és egyenletes szerkezetű lesz az egész keresztmetszetében, ha a dermedési sebesség mindenütt azonos és az elérhető legnagyobb. Ezeket a követelményeket a vízszintes síkhoz minél közelebb álló dermedési front tudja biztosítani. Hőtani szempontból ez azt jelenti, hogy a hőelvezetés lehetőleg teljes mértékben axiális irányú legyen. Ekkor a dermedési sebesség a tuskó süllyesztési sebességével lesz azonos.

Lapos dermedési front kialakítására kis öntési sebesség és nagy hővezetőképességű ötvözet esetében van lehetőség. A lapos dermedési front biztosítja a legtömörebb bugát, mert nagymértékű gázfelszabaduláshoz vezető bezáródás nem alakulhat ki. Ugyanakkor makrodúsulások megjelenésével sem kell számolnunk, hiszen a keresztmetszet mentén nincsen később, ötvözőben feldúsult olvadékból kristályosodó tartomány. Mikroszegregáció és mikropórusok kialakulása természetesen így sem kerülhető azonban el.

A viszonylag lapos dermedési front a könnyűfémek esetében elérhető. A könnyűfémek öntésére szolgáló újabb kristályosító konstrukciók mind a dermedési frontot kívánják még laposabbá tenni.

Megjegyzendő, hogy az öntési sebesség csökkentését nemcsak gazdaságossági okok miatt nem szokás a dermedési front „laposítására" kihasználni. Az öntési sebesség túlzott csökkenése fokozott sugaras kristályosodást okozhat, ami sok szempontból hátrányos.

A 2. ábrán bemutatott, *b* jelű dermedési front alakja nagyon kedvezőtlen. Ezt a formát a hő főként radiális irányú elvezetése eredményezi. A

dermedési sebesség a tuskó belseje felé haladva folyamatosan csökken, ezért a szemcsék és azok belső szerkezetének egyenletessége eleve nem várható. Még kellemetlenebb következmény, hogy a keresztmetszet széles időintervallumban kristályosodik és ez lehetőséget biztosít az olvadék feldúsulására (bár a tócsán belüli áramlások ezt némileg kiegyenlítik), ami makrodúsulásokat eredményez. Ezentúl a tócsa alsó részében — főleg ha a kristályok sugarasak —, ahol már kicsiny a folyékony rész átmérője, szilárd hidak keletkezhetnek, amelyek az alattuk levő folyékony fémet bezárják. Ezen bezárt részek dermedésekor bekövetkező összehúzódás és a gázfelszabadulás fokozott pórusképződéshez vezet. Az ilyen tuskók középső része kevésbé tömör, ami pedig nem kívánatos. Az acélok öntésekor ez utóbbi dermedési front alakul ki, a felsorolt valamennyi kellemetlen következményével együtt. Az acélöntés fejlődése a jelenleg használt öntési sebességek további növelése irányába mutat, amely a kedvezőtlen jelenségek fokozódását hozza magával, A következményeket úgy kívánják kivédeni, hogy még a teljes keresztmetszet megdermedése előtt a bugának kismértékű alakítást adnak, amely az olvadékot az alsó, kis átmérőjű csatornából kiszorítja és összezárja azt. Az eddigi tapasztalatok kedvezőek. *Az öntést a folyamatos előhengerléssel egybekapcsoló technológia még nagy öntési sebességek esetén is kiküszöbli a folyamatos öntött termék egyetlen hátrányát, a buga közepének lazaságát is.*

IRODALOM

[1] *Baumann, H.:* Stahl u. Eisen *89* (1969) 1467—1473.
[2] *Verő J.:* BKL Kohászat *94* (1961) 283; 295.
[3] *Hills, A. W. D.:* JISI *203* (1965) 18—26.
[4] *Irwing, W. R.:* JISI *205* (1967) 271—277.
[5] *Cliff, K.—Dain, R. J.:* JISI *205* (1967) 278—284.
[6] *Mizikar, A. E.:* Trans Soc. of AIME *239* (1967) 1747—1753.
[7] *Gautier, J. J. és társai:* JISI *208* (1970) 1053—1059.
[8] *Nyikityenko, N. I.—Szokolov, L. A.:* Akad. NAUK. SZSZSZR Metallii 3. sz. (1969) 72—79.
[9] *Szkvorcov, A. A.—Akimenko, A. D.:* Sztal' *16* (1956) 883.
[10] *Förster, H.:* Metallkunde *60* (1969) 898—904.

Süllyesztékes kovácsolás szerszámanyagainak vizsgálata*

Dr. MARKÓ JÓZSEF
a műszaki tudományok kandidátusa

SOMOGYI GYÖRGY
okl. gépészmérnök
Csepel Vas- és Acélművek

KORACH MARCELL
okl. gépészmérnök

DK.: 621.73.043 : 669.14.018.44

A süllyesztékes kovácsolás gazdaságosságát jól jellemzi a fajlagos szerszámköltség. A fajlagos szerszámköltség nagymértékben függ a szerszámok élettartamától, melyet az alapanyag tulajdonságai jelentősen befolyásolnak. Az előadás több korszerű süllyesztékacélt ismertet és összehasonlítja ezeket a kopásállóság, deformálással szembeni ellenállóképesség, töréssel szembeni ellenállóképesség és termikus kifáradásállóság szempontjából. Javaslatot tesz az alkalmazási területekre.

Bevezetés

A süllyesztékes kovácsolás gazdaságosságát nagymértékben befolyásolja az alkalmazott szerszámok ára és tartóssága. Mindkét tényező összefüggésbe hozható a szerszám alapanyagával.

Hazánkban legelterjedtebben a hagyományos W, illetve Cr—W ötvözésű szerszámacélokat alkalmazzák számos hátrányos tulajdonságaik ellenére. A nemzetközi viszonylatban széles körben alkalmazott Cr—Mo—V ötvözésű szerszámacélok felhasználása hazánkban lassan terjed.

Ennek egyik oka lehet a hagyományos és az új szerszámacélok összehasonlítási lehetőségének hiánya. Kísérleteink célja a hagyományos W, illetve Cr—W ötvözésű, valamint a Cr—Mo—V ötvözésű szerszámacélok jellemző tulajdonságainak meghatározása és azok összehasonlítása.

Tekintettel arra, hogy a szerszámok elhasználódása általában kopás, törés, eldeformálódás és a termikus kifáradás hatására bekövetkező berepedezés következménye, az acélok azon tulajdonságát vizsgáltuk, melyek a szerszám elhasználódását előidéző igénybevételekkel szembeni ellenállást jelentősen befolyásolják.

Mivel az üzemi kísérleteknél nehéz a szerszámtartósságból elkülöníteni az alapanyag és a többi befolyásoló tényező hatását, a tulajdonságok vizsgálatára laboratóriumi módszereket dolgoztunk ki, melyekkel közelítőleg, vagy pontosan előállíthatók az üzemi viszonyok.

A vizsgált anyagok áttekintése

Az *1. táblázatban* összefoglaltuk azt az öt süllyesztékacél csoportot, amelynek jellegzetes összetételű acéljaival kísérleteinket végeztük. Az I. csoport a klasszikus 9% W-ot tartalmazó süllyesztékacélok csoportja. Széles körben elterjedt melegalakító szerszámacélok tartoznak ide, pl. az MSZ 4352 szerinti W1 és W2 minőség.

A II. csoport a hagyományos 4—5% W-ot tartalmazó, szintén széles körben elterjedt, jól ismert melegalakító szerszámacélok csoportja. Hazai viszonylatban az MSZ 4352 szerinti W 3 minőség a legelterjedtebben alkalmazott süllyesztékszerszám alapanyag.

A III. csoportba a 3% Mo tartalmú acélok tartoznak. Kisebb-nagyobb különbségekkel hasonló tulajdonságú, elterjedten alkalmazott acéltípusok tartoznak ebbe a csoportba. Főleg a SZU-ban, az USA-ban és az NSZK-ban használatosak. Az I. számú táblázatban szereplő „E" jelű összetételt K 14 minőségjelzéssel az MSZ 4352-72 is tartalmazza.

Jellemző összetétele 3% Mo, 3% Cr és 0,5% V.

A IV. csoport az 5% Cr-ot tartalmazó acélösszetételek csoportja. Ezek az acélok már nagyon

* Előadásként elhangzott a Kovács Szakcsoport 1972. szept. 4-én tartott klubdélutánján.

1. táblázat

Az ismertetett acélok összetétele

Csoport jel	Jellegzetes ötvözés	Típus jel	Vegyi összetétel							Szabványos jelzések			
			C	Si	Cr	W	Mo	V	Ni	GOSZT	DIN	AISI	MSZ
I.	9 % W	A	0,30	0,2	2,4	8,5	—	0,3	—	3H2V8	12 662	—	W2
		B	0,30	0,2	2,5	10,0	—	0,3	2,0	—	—	—	W1
II.	4,5 % W	C	0,30	0,2	2,4	4,3	—	0,6	—	—	12 567	—	W3
		D	0,35	0,3	2,5	5,0	0,8	0,8	—	4H2V5FM	—	—	—
III.	3 % Mo	E	0,32	0,3	3,0	—	2,8	0,5	—	—	12 365	H10	K14
		F	0,40	0,5	3,5	2,2	2,2	1,5	—	4H3V2F2M2	—	—	—
IV.	5 % Cr	G	0,40	1,0	5,0	—	1,4	1,1	—	—	12 344	H13	K13
		H	0,35	1,0	5,0	1,5	1,5	0,4	—	—	—	H12	—
		I	0,38	1,0	5,0	—	1,1	0,4	—	—	12 343	H11	K12
		K	0,40	0,8	4,5	3,8	0,5	0,5	—	4H5V4FSzM	—	—	EI 956
		L	0,40	1,0	5,0	2,0	—	0,8	—	4H5V2FSz	—	—	—
		M	0,36	0,4	5,2	—	2,8	0,5	—	—	(X36CrMoV53)		
V.	1,7 % Ni	N	0,55	0,3	0,7	—	0,3	0,1	1,7	5HNM	12 713	—	NK
		O	0,55	0,3	1,0	—	0,8	0,1	1,7	—	12 744	—	—

eltérő tulajdonságúak. Elsősorban a W-tartalmú és a W mentes típusok különülnek el, de ezen alcsoportokon belül is nagy különbséget eredményez az egyes acélok tulajdonságaiban a W, illetve Mo és V tartalom értéke. Az MSZ 4352-72 szerinti K 13 minőség 5% Cr, 1,5% Mo, 1% V összetételű, a K 12 minőség ettől csak abban tér el, hogy kisebb, 0,5% V tartalmú. Nem tartalmazza a szabvány, de a Csepeli Acélműben évek óta használjuk a W-os alcsoportba tartozó Ei 956 szovjet süllyesztékacélt. Ennek jellemző összetétele: 5% Cr, 4% W, 0,5% Mo és 0,5% V.

A IV. csoport acéljait a III. csoporthoz hasonlóan elsősorban az NSZK-ban, az USA-ban és a Szovjetunióban használják. Az „M" jelű acél összetételében összekapcsolta a IV. csoport 5% Cr tartalmát és a III. csoport 3% Mo tartalmát. Ez még kísérleti minőség az NSZK-ban is, X36CrMoV53 jelzéssel.

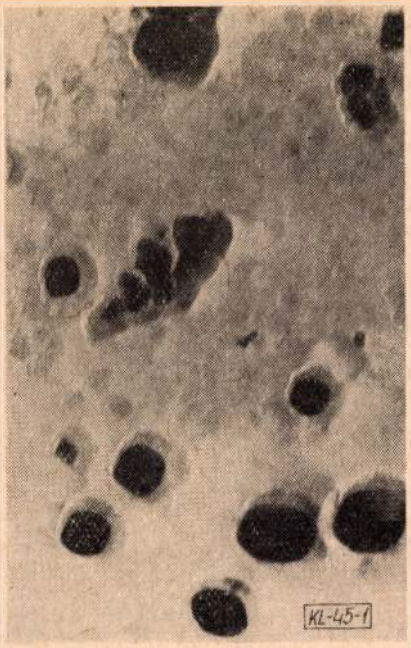
Az V. csoportot a hagyományos jó átedzhető, de a többi csoportba tartozó acélokhoz képest csekély hőállóságú, 1,7% Ni tartalmú acélösszetételek alkotják. Ezek közül a MSz 4353 szabvány a közismert és elterjedt NK minőséget tartalmazza. A felsorolt minőségek közül az I. csoportból a W 2, a II. csoportból a W 3, a III. csoportból a K 14, a IV. csoportból a K 13, K 12 és Ei 956 és az V. csoportból az NK minőséget kívánjuk összehasonlítani. Az acélok tulajdonságait megfelelően hőkezelt állapotban kell vizsgálni, ezért mielőtt az összehasonlító vizsgálatokat megkezdtük, tisztázni kellett a hőkezelés hatását a vizsgált acélok szövetszerkezetére.

A süllyesztéke szerszám acélok nemesítésének főbb szempontjai

A süllyesztékszerszámok edzési körülményeit vizsgálva megállapíthatjuk, hogy az elérendő tulajdonságok szempontjából legfontosabb az edzési hőmérséklet és a hűtési sebesség meghatározása. Az edzési hőmérséklet meghatározásánál abból a közismert jelenségből indulhatunk ki, hogy minél magasabb ez a hőmérséklet, annál több komplex karbid oldódik fel az austenitben. Így a magasabb edzési hőmérséklettel együtt jár a keménység, a hőállóság és megeresztésállóság növekedése, továbbá javul a kopásállóság és az alaktartás.

Az oldatba menetelt a karbidkiválások mérete és eloszlása alapján lehet megítélni. Példaként az *1.* és *2. ábrán* az Ei 956 minőségű acél edzési hőmérsékletének és karbideloszlásának összefüggését láthatjuk. Az 1. ábra 980 °C-ról edzett acél szövetszerkezetét mutatja 57 750-szeres nagyításban elektronmikroszkópiai felvételen. A 2. ábra ugyanilyen nagyításban mutatja az 1060 °C-ról edzett acél karbidkiválásait. Nyilván szembetűnő a jelentős különbség, ami a karbidok oldatba menése és ennek következtében a kiválás finomsága között mutatkozik. Sajnos, az edzési hőmérséklet emelésének határt szab a szemcsedurvulás, mivel az a szívósságot és a termikus kifáradással szembeni ellenállóképességet csökkenti.

A gyakorlati tapasztalatok alapján a 8-asnál nagyobb szemcseméret esetén az acél szívóssága nem kielégítő, ezért a 8-as szemcseméretet választottuk a szemcsenagyság felső határának.



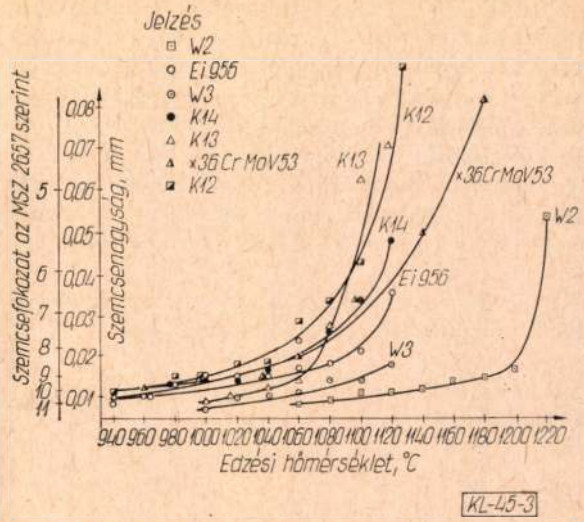
1. ábra. 980 °C-ról edzett Ei 956 minőségű acél szövetszerkezetének elektronmikroszkópi felvétele, Nagyítás: 57750×



2. ábra. 1060 °C-ról edzett Ei 956 minőségű acél szövetszerkezetének elektronmikroszkópi felvétele. Nagyítás: 57750×

Azt az maximális edzési hőmérsékletet tekintjük optimálisnak, amelyről edzve az acél szemcsenagysága a 8-as méretet nem haladja meg.

A *3. ábrán* a szemcseméret változását mutatjuk be az edzési hőmérséklet függvényében. Látható, hogy a Cr—Mo—V ötvözésű K 12, K 13 és K 14 minőségű acélok, valamint a Cr—W ötvözésű Ei 956 minőségű acél felső edzési hőmérséklethatára, amit a 8-as szemcseméret elérése határol le 1080—1100 °C között van. A W ötvözésű W 2 és W 3 minőségeknél az edzési hőmérséklet felső határa ennél magasabban 1150—1200 °C között jelölhető ki. A másik fontos paramétert az edzés utáni lehűtés hűtőközegét, az átedzhető szelvényméret kijelölésével az (MSZ 9770 szerinti) ismert Jominy véglapedző vizsgálattal határozhatjuk meg.



3. ábra. Különböző süllyesztékacélok austenit szemcsenagyságának változása az edzési hőmérséklet függvényében

A vizsgált acélok közül a W 3 és Ei 956 jelű olajban, a K 12, K 13, K 14 és X 36 Cr Mo V 53 jelű, levegőn lehűtve ezdhető. A hűtőközeg elsősorban a deformációk szempontjából jelentős.

Nyilván a hűtőközegen kívül hatással van a vetemedésre az acél összetétele, a szerszám alakja és a hűtés módja is.

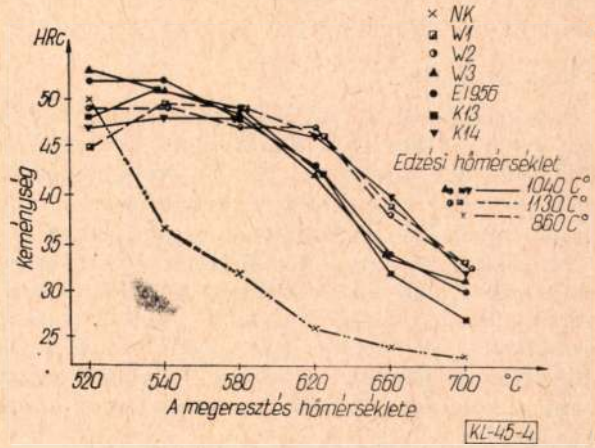
Az egyes acélok vetemedési hajlamát egy erre a célra kialakított próbatesten vizsgáltuk.

Vizsgálataink szerint azonos összetétel és hűtési mód esetén levegőn történő hűtésnél 1—3%-os, olajban történő hűtés esetén 16—18%-os deformáció tapasztalható.

A melegsüllyesztékek az üzemelés során megeresztődnek.

Megvizsgáltuk az optimális hőmérsékletről edzett acélok keménységének és szívósságának változását a megeresztés hőmérsékletének függvényében.

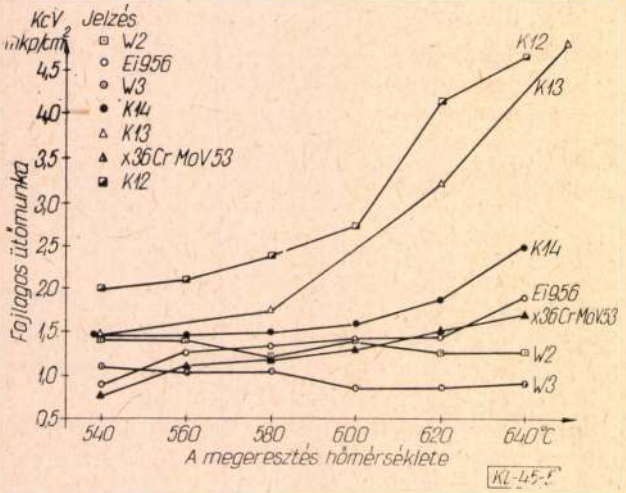
A keménység alapján felvett megeresztési görbéket a *4. ábrán* láthatjuk. Megállapítható, hogy a magasabb edzési hőmérsékletről edzett W 2 és W 3-as acélok megeresztés állósága jobb, mint az összes többi acélé.



4. ábra. Az optimális edzési hőmérsékletről edzett süllyesztéki acélok keménység alapján felvett megeresztési görbéi

Azáltal, hogy egy acél magasabb megeresztési hőmérsékletnél adja a szüséges keménységet, a szerszám kopásállósága és az deformálódással szemben mutatott szilárdsága is nagyobb. A szerszámok előírható keménységét felülről a szívósági követelmények határolják be. Minél nagyobb egy szerszám dinamikus igénybevétele és minél nagyobb szerszámfelület termikus kifáradási igénybevétele, annál kisebb keménységet írhatunk elő.

Az *5. ábra* a vizsgált acélok szívóssága alapján felvett megeresztési görbéket mutatja.



5. ábra. Az optimális edzési hőmérsékletről edzett süllyesztékacélok fajlagos ütőmunka értékeinek változása a megeresztési hőmérséklet függvényében

A 4. és 5. ábrák alapján kijelenthető, hogy azonos feladat kielégítésére a Cr—Mo—V ötvözésű szerszámoknál magasabb keménység engedhető meg, mint a W, ill. Cr—W ötvözésűeknél, hiszen szívósságuk azonos keménység esetén jelentősen magasabb.

A süllyesztékacélok sajátos tulajdonságainak vizsgálata

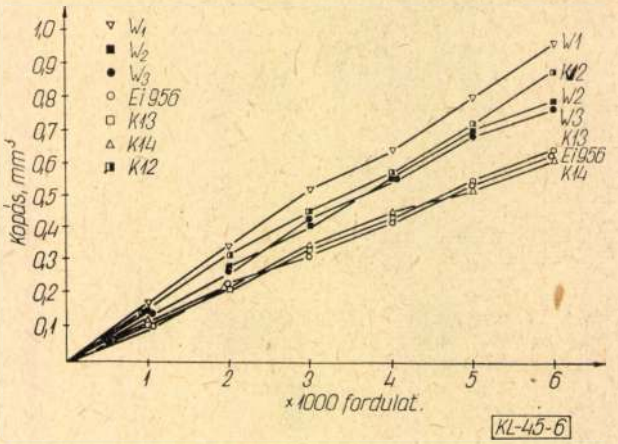
A süllyesztéacélok sajátos tulajdonságainak vizsgálatára különleges anyagvizsgálati módszereket dolgoztunk ki, abból kiindulva, hogy a süllyesztéküregek legfontosabb igénybevételi formája a kopás, a törés, a deformálódás és a termikus kifáradás hatására bekövetkező repedezés.

A kopás vizsgálata

A kopásállóság az egyik legfontosabb tulajdonság. Jelen esetben csak a fém-fémen csúszás koptató hatását vizsgáltuk. Ennek szobahőmérsékleten történő vizsgálatára kialakítottunk egy Skoda-típusú keményfémtárcsás koptatógépet.

Az állandóan forgó keményfém koptatótárcsa 3 mm széles palástfelületére adott terhelőerővel rászorítottuk a vizsgálni kívánt acélból készült próbatestet. A tárcsát 1000 fordulatonként leállítottuk és mértük a bekopott nyom hosszát, majd ebből visszaszámoltuk a lekoptatott anyag térfogatát.

A *6. ábra* egy így felvett kopási diagramot mutat. A próbatesteket azonos keménységűre hőkezeltük, mivel a keménység és a kopásállóság között szoros kapcsolat van. A diagramból jól látható, az egyes acélok 20 °C-on mérhető kopásállósága, kis sebességgel koptató kemény anyagnál. Ilyen igénybevétele van a hidegen sorjázó vagy kalibráló szerszámoknak.



6. ábra. Az optimális edzési hőmérsékletről edzett, azonos keménységűre (44±1 HR_c) megeresztett süllyesztékacélok kopásállósága szobahőmérsékleten

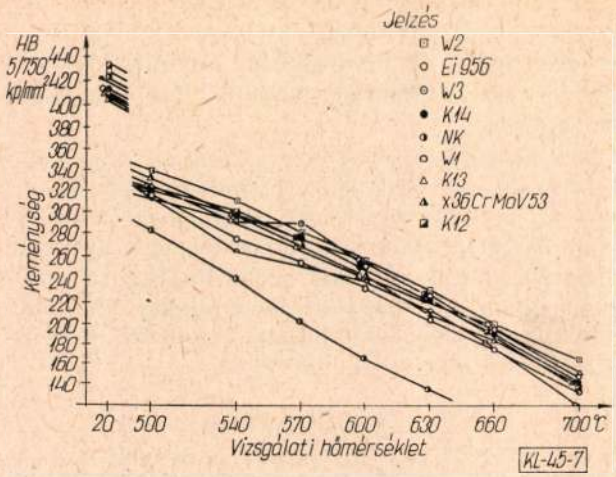
A szerszámkísérletek és a kopásvizsgálat eredményei között nem sikerült egyértelmű összefüggést találni.

A melegen alakító süllyesztéküregben fellépő bonyolult kopási viszonyokat jobban modellezi az a termikus kopásvizsgáló berendezés, mely jelenleg kifejlesztés alatt van.

A melegszilárdság vizsgálata

A süllyeszték szerszám anyagok üzemi hőmérsékleten mutatott szilárdságának meghatározására kifejlesztettünk egy 20-tól 700 °C között mérő melegkeménység vizsgáló berendezést. Egy Brinell rendszerű keménységmérő gép asztalára argonvédőgázas, elektromos ellenállás-fűtésű kemencét szereltünk fel.

A kemencébe az asztal síkjával párhuzamosan ∅ 40×20 mm-es hengeres próbatestet helyezhetünk, melyet függőleges szimmetriatengelye körül kívülről forgatni lehetett. A golyó lenyomatokat egy ∅ 20 mm kör mentén készítettük el. Minden mérés után $^1/_8$ fordulattal elfordítottuk a próbatestet. Általában 20 °C-on, 500 °C-on, majd 540, 570, 600, 630, 660 és 700 °C-on mértük. Mérés előtt az egyes hőmérsékleteken 20 percig hőn tartottuk a próbatestet. A vizsgálat befejezése után a lehűtés is argongázban történt 20 °C-ig és ennek következtében a próbatest felületén a golyólenyomatok átmérője pontosan mérhető volt. Az egyes hőmérsékletekhez tartozó lenyomatok átmérőjének mérése és a keménység meghatározása az ismert Brinell-módszer szerint történt. A *7. ábrán* összefoglaltuk az optimális hőkezelési technológiával azonos induló keménységűre hőkezelt süllyesztékacélok melegszilárdságát. Ha figyelembe vesszük a mérési szórást, belátható, hogy a vizsgált anyagok melegszilárdság szempontjából nem térnek el jelentősen egymástól 700 °C-ig. Kivételt képez temészetesen az NK minőség, amelynek



7. ábra. Optimális edzési hőmérsékletről edzett, azonos keménységűre ($45 \pm 1{,}5$ HR_c) megeresztett süllyesztékacélok szilárdságának változása a vizsgálati hőmérséklet függvényében

a többinél lényegesen gyengébb a melegszilárdsága.

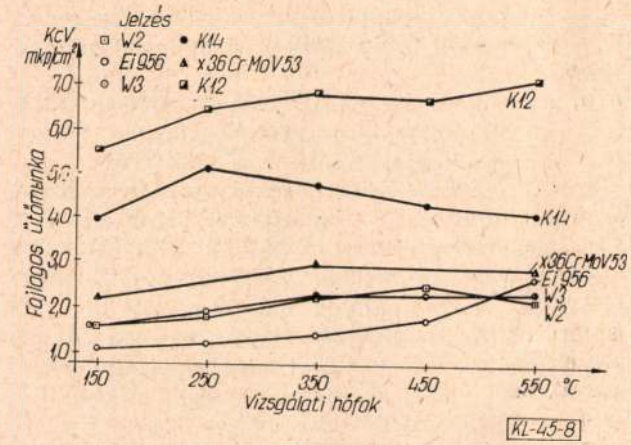
Tehát a vizsgált acélokból készült szerszámok felhasználás során várható deformálódása közel azonos.

A szívósság meghatározása

Kísérleteink során a vizsgált acélok töréssel szembeni ellenállóképességének, szívósságának meghatározása a „V"-bemetszésű Charpy ütőmunkavizsgálatot használtuk és a fajlagos ütőmunkaértékekkel jellemeztük azokat. Ennek fő okai, hogy valanennyi vizsgálati módszer közül ez a legegyszerűbb és a legolcsóbb, továbbá, hogy az általános ipari gyakorlatban a fajlagos ütőmunka értékek széles körben ismertek.

A *8. ábrán* a vizsgált süllyesztékacélok fajlagos ütőmunka értékeit láthatjuk a vizsgálati hőmérséklet függvényében. A próbatesteket az optimális hőkezelési technológiával azonos keménységűre hőkezeltük.

A vizsgálatot 150—550 °C mérési hőmérsékletek között 100 °C-os lépcsőkkel végeztük. Az ábra alapján kézenfekvő a következtetés, hogy a süly-



8. ábra. Optimális edzési hőmérsékletről edzett, azonos keménységűre (45 ± 1 HR_c) megeresztett süllyesztékacélok fajlagos ütőmunka értékeinek változása a vizsgálati hőmérséklet függvényében

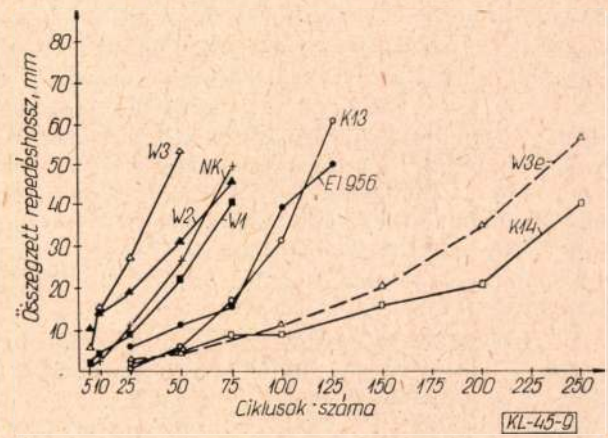
lyeszték szerszámok üzemi hőmérsékletei mellett a törés elkerülése szempontjából lényegesen kedvezőbb tulajdonságúak a Cr—Mo—V ötvözésű acélok, mint a W ötvözésűek. Az ütőmunka vizsgálatok eredményei jól felhasználhatók a szerszámok keménységének és az előmelegítés hőmérsékletének megválasztására.

A termikus kifáradás vizsgálata

Termikus kifárasztó hatásnak nevezzük azt az igénybevételt, amelynél a szerszám felülete a periodikusan jelentkező hevítés és az azt követő hűtés hatására berepedezik. A jelenség modellezésére kidolgoztuk a vizsgálati módszert és a vizsgáló berendezést. A berendezés egy indukciós hevítőből, egy elektronikus vezérlő és egy pneumatikus mozgatóberendezésből áll. A hengeres próbatestet egy függőleges alternáló mozgást végző léghenger az indukciós hevítőtekercsbe juttatja, program szerint beállítható ideig ott tartja, mialatt a próbatest felületi rétege 700—750 °C-ra hevül, majd visszahúzza egy vízzel töltött kádba, ahol a próbatest lehűl. Ezt a ciklust, amely szabályozható ideig tartó hevítési és hűtési szakaszból áll, mindaddig megismételjük, amíg a próbatest felületén az 1 mm-nél hosszabb repedések összegezett hossza a 40 mm-t eléri.

Ezt tekintjük a termikus kifáradás állapotának. Az 1 mm-nél rövidebb repedéseket azért nem vizsgáljuk, mert egyszerűen megszámolhatatlanul sűrűn helyezkednek el és nem értékelhetők. A termikus kifáradás állapotának jellemzésére alkalmazott 40 mm összrepedéshossz önkényesen felvett érték, de tekintettel arra, hogy a vizsgálati módszer nem ad abszolút mérőszámot, csak sorrendet, nem jelent különösebb problémát.

A *9. ábrán* a vizsgált süllyesztékacélok termikus kifáradásállóságát mutatjuk be. Az ábrából világosan látszik, hogy az optimális technológiával azonos keménységűre hőkezelt W2, W3 és NK, W1 acélok termikus kifáradásállósága lényegesen kisebb, mint az Ei 956, K 13 és K 14 minőségeké. Ebből következik, hogy nagy hőmérsékletingadozásnak kitett helyeken a W-os acélok kedvezőtlenebb tulajdonságúak, mint a Cr—Mo—V ötvözésűek.



9. ábra. Optimális edzési hőmérsékletről edzett, azonos keménységűre (44 ± 1 HR_c) megeresztett süllyesztékacélok termikus kifáradás vizsgálati eredményei

A termikus kifáradási hajlam, hasonlóan az acélok többi tulajdonságaihoz, nemcsak az acélok összetételétől és hőkezelésétől függ. A szerszámacélok tulajdonságai jelentős mértékben függnek az acél előállítási módjától is. Elsősorban az acél nem fémes zárványtartalma és oldott gáztartalma az, amelyen keresztül az acélgyártási eljárás hat az acél tulajdonságaira. Célszerű olyan acélgyártási módot alkalmazni, amelynél csökken a zárvány- és gáztartalom, ezzel együtt nő az acél szívóssága, termikus kifáradásállósága és nagyobb keménységű süllyesztékek alkalmazása válik lehetővé. Ilyen acélgyártási eljárás pl. az elektronsugaras és az eleketrosalakos átolvasztás. Példaképpen a rendkívül nagy hatásra, amit az említett eljárások kifejtenek, a 9. ábrába W_e jelzéssel berajzoltuk az elektrosalakosan átolvasztott W 3 minőségű acél termikus kifáradási görbéjét. A javulás önmagáért beszél. A termikus kifáradás következtében meghibásodó szerszámokkal végzett üzemi kísérletek eredményei összhangban voltak a termikus kifáradás vizsgálati eredményeivel.

Összefoglalás

A vizsgálati módszerek alkalmazhatóságát az dönti el, hogy milyen hasznos információkat nyújt a szerszámok élettartamának megítélése szempontjából.

A lefolytatott vizsgálatok alapján számos süllyesztéke szerszám anyag minőségét és hőkezelését módosítossuk. A módosítások eredményeként a kovács süllyesztéke élettartama 1,5—5-szörösre emelkedett.

A szerszámanyagok vizsgálatának kísérleteit több irányban folytatjuk. Egyrészt a már ismertetett vizsgálati módszerek eredményei és a szerszámok élettartama közötti összefüggést kívánjuk meghatározni nagyszámú üzemi kísérletetel, másrészt olyan új vizsgálati módszereket kívánunk alkalmazni, illetve kifejleszteni, melyekkel ez az összefüggés szorosabbá tehető.

IRODALOM

[1] *Dr. Markó József:* Melegalakító kovácssüllyesztékek tartóssága. Csepeli Műszaki-Közgazdasági Szemle. 1969. 2. sz. 512 o.

[2] *Dr. Markó József:* Korszerű hideg- és melegalakító szerszámacélok és fejlődési irányuk. Gépgyártástechnológia 1972. 7—8. sz. 340. o.

[3] *Markin* (SZU): Süllyesztékacélok kopás- és hőállósága. Peredovoj naucsno tyehyyicseszkij i proizvodsztvennij opit. Moszkva 1966. 9. sz. 565. o.

[4] Sheffield centre for drop forge research. British Steelmaker Ltd. London 1965. nov. 11. 349. o.

[5] Kovácsszerszám kutatás a DFRA-nál. Steel Times, 1966. márc. 6. 287. o.

[6] *Javelie, J.:* Melegkovácsoló süllyesztékacél anyagának megváltoztatása. Le Metallurgie 1967. szept 9. sz. 565. o.

Ferromangán gyártásakor szerzett tapasztalatok az Ózdi Kohászati Üzemekben

HALÁSZ JÓZSEF POLENCSIK JÓZSEF

okl. kohómérnökök

Ózdi Kohászati Üzemek

DK.: 669.15'74—198 : 669.168 „1946/1972"

A szerzők az Ózdi Kohászati Üzemekben végzett FeMn-gyártás adatait foglalják össze, illetve értékelik az 1946—1972. évek munkáját. Rövid történeti visszapillantás után az 1966-tól új technológiával lefolytatott gyártásokat elemzik. Kitérnek a termelt FeMn és a keletkezett salak összetételére, a gyártástechnológia egyes részleteire.

Történeti visszapillantás

Hazánkban nagyolvasztóban Ózdon gyártottak először FeMn-t. Az első kampányban — 1946 augusztus 25-től — 19 nap alatt 1342,6 tonna, 68,08 százalék átlag Mn-tartalmú FeMn-t termeltek a 363 m^3-es I. sz. kohóban. A gyártás ideje alatt 9 db 150 mm átmérőjű fúvóformával dolgozott a kohó. A befújt forrószél nyomása 30—32 cm Hg-oszlop a szélhőmérséklet 925 °C volt. A szélnyomás és szélhőmérséklet nem ingadozott lényegesen.

A FeMn-t úrkúti mosott mangánércből gyártották, amelynek összetétele: Mn 33,4%, Fe 7,7%, P 0,19%, SiO_2 6,42%.

A gyártáshoz háromféle kokszot használtak; donyecit, ostravait és waldenburgit. Legmegfelelőbbnek a waldenburgi koksz bizonyult.

Salakképzőként 1% SiO_2-tartalmú osztályozatlan hazai mészkövet adagoltak.

A gyártott FeMn-t erre a célra készült speciális kokillákba csapolták a kohó öntőcsarnokában, majd kokszporral letakarták és 8 órán át (vízhűtés nélkül) állni hagyták. A lassú hűlés elősegítette a FeMn megfelelő nagyságú darabokban maradását és lecsökkentette a porlási veszteséget.

A salak bázicitása (CaO/SiO_2) 1,39, MnO tartama 17,61 %volt.

A torokgáz összetétele: CO_2 6,6%, H_2 4,5% volt.

A torokgáz folyamatos tisztítását a Theisen és Dingler rendszerű gáztisztítókban nem tudták megoldani.

Az első sikeres gyártást követően 1946-tól 1965-ig — kisebb megszakításoktól eltekintve — folyamatosan gyártottak FeMn-t az OKÜ-ben.

A FeMn-gyártás főbb műszaki mutatóit az *1. táblázat* tartalmazza. A táblázatban 1946—1965-ig éves átlagértékek szerepelnek. A kampányok után a kohókat rendszerint leállították közepes, ill. nagyjavításra. A kampányok időtartama 9—47 nap között változott. Gyártás közben mangántapadékok képződése miatt gyakorivá váltak a fúvóforma kiégések. A járatbeli rendellenességek fokozódtak és elhárításuk érdekében darabos vasérccel gyakran kellett a kohót átöblíteni. Az átmeneti tükörvas-gyártás után (kb. 3—4 nap) az egyenletes járatot újra biztosítani lehetett.

A FeMn-gyártáshoz különböző részarányban

A FeMn-gyártás műszaki mutatói 1946—1965. években *1. táblázat*

Megnevezés	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1956	1960	1962	1965
Átlagos napi termelés, t/üzemnap	64,2	61,9	62,0	70,4	81,2	83,6	70,2	73,5	103,8	114,5
Elegykihozatal, %	31,4	29,2	29,1	29,0	28,9	28,8	27,7	28,4	26,5	29,6
Fajl. kokszfogy., kg/t FeMn	2384	2402	2235	2384	2618	2355	2935	2965	2629	2477
Járatintenzitás, t koksz/h·m.·üz. nap	0,42	0,44	0,41	0,50	0,60	0,56	0,59	0,62	0,72	0,58
KIPO, h·m.·ü. n./t FeMn	5,65	5,42	5,41	4,76	4,30	4,17	4,96	4,76	3,62	4,25
Fúvószélhőmérséklet, °C	925	825	850	860	820	800	780	765	859	840
Salakbázicitás, CaO/SiO_2	1,39	1,35	1,18	1,22	1,08	1,07	1,24	1,45	1,33	1,32
Salak MnO-tartalma, %	15,04	14,69	18,66	17,02	22,97	25,39	8,56	13,88	8,97	5,21
FeMn Mn-tartalma, %	68,08	69,64	70,08	69,14	65,1	61,30	47,90	66,20	63,42	61,10
Ércbetét Mn-tart., %	33,4	35,67	36,03	36,00	34,09	35,28	30,82	34,67	33,57	29,87
Mn-kihozatal, %	82,64	84,46	80,90	81,35	81,30	—	—	80,12	78,41	84,88

A FeMn-gyártás betétanyagainak vegyi összetétele %-ban *2. táblázat*

Megnevezés	H_2O	Mn	Fe	P	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3
Úrkúti finom érc	15,96	31,66	9,66	0,17	6,60	1,84	0,68	2,87
Úrkúti durva érc	14,24	33,21	8,28	0,17	7,28	2,09	0,71	3,39
Úrkúti karb. érc	14,58	14,90	8,93	0,32	19,97	4,25	2,40	5,01
Csárdahegyi érc	9,30	22,61	26,06	0,23	6,94	0,25	1,29	1,25
Csiaturi Mn-érc	6,88	44,08	1,22	0,17	0,89	1,41	1,06	1,63
Nikopoli Mn-érc	14,0	37,71	1,67	0,21	12,97	1,40	0,42	1,24
Brazil Mn-érc	10,19	39,53	6,92	0,09	3,72	0,13	0,13	7,30
Vasforgács	1,23	0,68	85,28	0,16	—	0,25	0,12	0,83
Mészkő	—	—	—	—	0,30	54,34	0,67	0,19
Dolomit	—	—	—	—	0,55	31,34	20,51	0,53
Bauxit	13,55	0,19	10,66	0,10	11,92	2,02	1,99	38,87
KD_1-jelű koksz	C 82,20 %; Hamu 9,4 %; S 1,15 %; P 0,029 %; fűtőért. 6864 cal/g							

használtak úrkúti darabos, úrkúti finom és eplényi vegyes érceket. A kohósításhoz az előzőekben említett kokszokon kívül használtak még marienbergi, ruhrvidéki és — 1948-ban jó eredménnyel — pécsi kokszot.

1946—1965-ig összesen 25 kampányban gyártottak FeMn-t Ózdon, több mint 60 000 t összmennyiségben. Az első gyártástól 1965-ig eltelt közel 20 év üzemi tapasztalatait, valamint a nyersvasgyártásban bekövetkezett nagymérvű technológiai fejlődést figyelembe véve, 1966-tól az új körülményeknek megfelelő új technológiával termelik a FeMn-t.

Új technológiával végzett FeMn-gyártás vizsgálata

Az OKÜ FeMn-t 1966-tól 4 kampányban gyártott, 1966, 1970, 1971, 1972. években.

A FeMn-gyártáshoz rendelkezésre álló alapanyagok vegyi összetételét (nedves állapotban) a *2. táblázat* tartalmazza.

A mangánércek kampányonként változtak, Mn-tartalmuk erősen ingadozott és sok esetben jelentősen eltért az átlagelemzés értékeitől. A kohói és zsugorítóműi betét kampányonkénti megoszlását a *3. táblázat* tartalmazza.

A kohósított Mn-ércekből a hazai ércek felhasználásnak mértéke:

1966-ban 6 430 tonna, az ércbetét 100,00%-a
1970-ben 12 420 tonna, az ércbetét 72,76%-a
1971-ben 13 401 tonna, az ércbetét 56,05%-a
1972-ben 11 349 tonna, az ércbetét 35,15%-a

Az ércbetét 1970-től egyre nagyobb mennyiségben került zsugorításra az OKÜ Greenewalt-rendszerű zsugorítóművében.

3. táblázat

A FeMn-gyártás kohói és zsugorítóműi elegye

Kohói elegyalkotók	1966	1970	1971	1972
	tonna			
Mn-zsugorítvány	—	9 481	18 563	26 878
Úrkúti finom érc	2475	—	—	—
Úrkúti durva érc	3955	4 841	—	—
Csárdahegyi érc	—	318	—	—
Úrkúti karb. érc	—	—	1 096	751
Bauxit	—	—	550	—
Mn-hulladék	—	—	733	683
Vasforgács	—	66	—	74
Mészkő	843	392	476	133
Dolomit	840	2 475	3 063	4 331
Koksz $K D_1$ jelű	6460	14 324	18 297	28 663
Zsugorítóműi elegyalkotók				
Úrkúti finom érc	—	7 137	10 798	9 741
Csiaturi érc	—	4 649	—	—
Hullópor	—	58	224	122
Nikopoli érc	—	—	10 504	—
Brazil érc	—	—	—	20 978
Mészkő	—	1 665	4 768	4 731
Kokszpor	—	998	3 812	4 969

4. táblázat

A FeMn-gyártás műszaki mutatói 1966—1972. években

Műszaki mutatók		Gyártási idő			
		1966	1970	1971	1972
megnevezése	egysége	IX. 7—IX. 30.	IX. 21—X. 30.	VIII. 5—IX. 22.	I. 10—III. 23.
Kohótérfogat	$h \cdot m^3$	482,5	482,5	482,5	465,5
Üzemnapok száma	nap	17,48	37,58	46,69	68,96
Termelés (70 % FeMn)	t	2156,9	6006,0	7431,3	12 724,6
Átl. napi term.	t/üzemnap	123,4	159,8	159,2	184,5
KIPO	$h \cdot m^3 \cdot ü \cdot nap/t \cdot FeMn$	3,910	3,019	3,030	2,529
Érckihozatal	%	33,5	40,8	35,4	44,8
Elegykihozatal	%	26,6	34,2	30,3	38,7
Fajl. kokszfogy. (nedves)	kg/t FeMn	2995	2385	2462	2 253
Fajl. kokszfogy. (száraz)	kg/t FeMn	2896	2276	2375	2 138
Fúvószélhőmérséklet	°C	850	960	940	930
Kokszterhelés	$t \cdot elegy/t \cdot koksz$	1,26	1,23	1,34	1,15
Járatintenzitás	$t \cdot koksz/h \cdot m^3 \cdot ü \cdot nap$	0,77	0,79	0,81	0,89
Fúvósíkterhelés	$kg\ koksz/m^2 \cdot ü \cdot óra$	726	748	769	872
Fajl. hozaganyag	kg/t FeMn	780	477	476	351
Zsugorítvány az elegyben	%	—	64,5	88,3	94,7
Torokgáz CO_3 tart.	%	5,5	3,4	2,7	2,5

A betét zsugorítvány részaránya kampányonként fokozatosan nőtt és 1972-ben már elérte az elegy 94,7%-át. A zsugorítvány Mn-tartalma a zsugorítóműi betéttől függően 29,72—40,9% között változott. A zsugorító üzem szakaszonként gyártotta a mangánzsugorítványt, a normál zsugorítványtól jól elkülönítve.

Zsugorításkor arra törekedtünk, hogy elsősorban a szilárdsági tulajdonságok legyenek jók, ezért a kokszporfelhasználást jelentősen megnöveltük. A zsugorítvány bázikusságát alacsonyabb szinten tartottuk ($CaO/SiO_2 = 0{,}8$) mert az anyagnak hosszabb ideig kellett a kohó bunkereiben állni és tartani lehetett a szétporlástól. A zsugorítómű teljesítménye nem csökkent, annak ellenére, hogy a legutóbbi kampánynál kisebb szívással és nagyobb rétegvastagsággal dolgoztunk, mint normál üzemben.

Általában megállapítható, hogy a mangánércek zsugorítása nem okozott különösebb nehézséget.

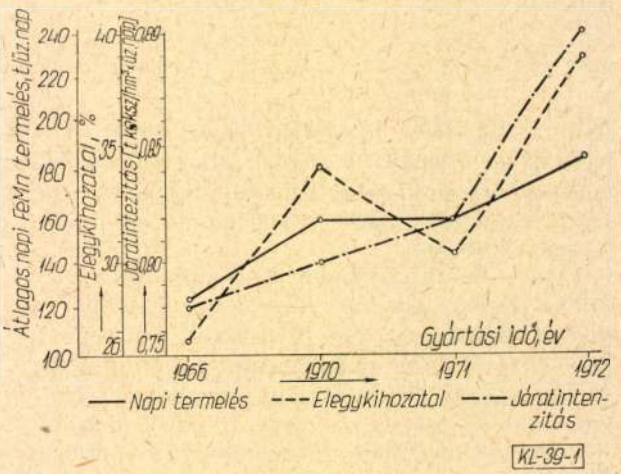
A műszaki mutatókat kampányonként a *4. táblázatban* foglaltuk össze. A táblázat adataiból készült *1. ábrán* a néhány műszaki mutató változása látható. A naponta termelt FeMn (70%-os Mn-szintre átszámítva) 123,4 tonnáról 184,5 tonnára nőtt.

A termelés növekedését az elegykihozatal javulása, a járatintenzitás növekedése és a fajlagos kokszfogyasztás csökkenése eredményezte.

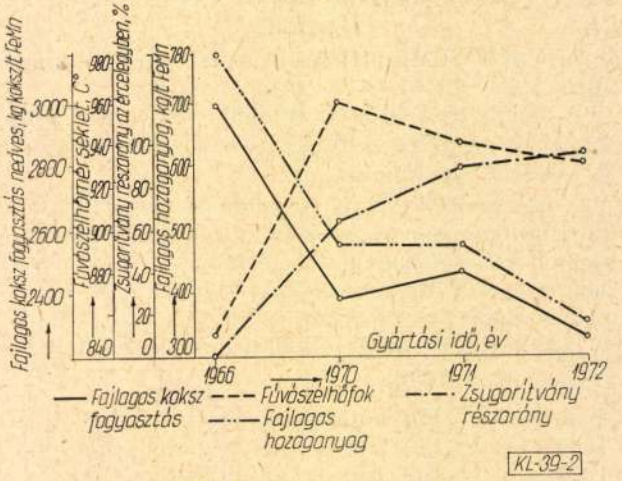
A fajlagos kokszfogyasztás jelentős csökkenését az elegykihozatal, a betét zsugorítvány-részarány és a fúvószél hőmérséklet növekedése, valamint a fajlagos hozamanyagmennyiség csökkenése tette lehetővé. Ezt szemlélteti a *2. ábra.*

A gyártott FeMn vegyi összetétele

Az *5. táblázatban* a gyártott FeMn vegyi összetételét foglaljuk össze. A táblázatból látható, hogy a Mn-% átlagos értéke kampányonként változott. A cél a 70% Mn-tartalmú FeMn gyártása volt, amit nagyrészt elértünk. A kampányok utolsó napjaiban a mangánveszteség csökkentése érdekében a Mn-hulladékokat és az OKÜ birtokában levő összes mangánércet feldolgoztuk, ezért az ezen elegyből gyártott FeMn Mn-%-a már csak a kb.



1. ábra. FeMn-gyártás műszaki mutatói



2. ábra. FeMn-gyártás műszaki mutatói

50—60%-ot érte el, ami az egész kampány eredményét rontotta. Ez különösen jól látható az 1971. évi adataiból.

5. táblázat

A gyártott FeMn vegyi összetétele %-ban

Összetevő	Gyártási idő			
	1966	1970	1971	1972
C	5,72	6,34	6,07	6,42
Mn	58,82	69,54	66,97	68,12
Si	2,62	1,22	1,61	1,48
P	0,32	0,35	0,38	0,25
S	0,019	0,021	0,024	0,029
Mn-kihozatal kohói betétből %	84,37	75,06	80,58	83,76

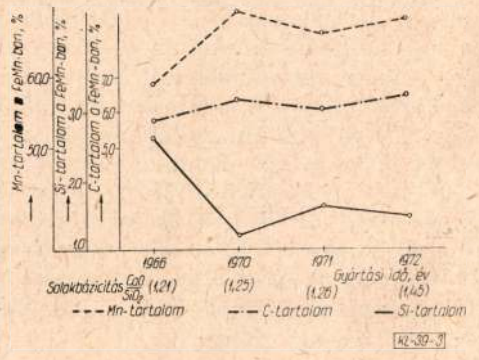
A Mn-kihozatal 75,06% és 84,37% között változott. Az eltéréseknél azonban figyelembe kell venni, hogy a betétanyagok mérése és vegyelemzése csak bizonyos hibahatáron belül végezhető el, ami az ingadozáshoz hozzájárul.

Befolyásoló tényező a FeMn öntése is. 1966-ban a kohók mellett öntötték le a FeMn-t kis veszteséggel. Részben ez magyarázza az 1966. évi jó 84,37% kihozatalt. Az öntőgépen végzett öntéseknél viszont — a hulladék visszatermelése mellett is — jelentős a veszteség. Ezért fokozott figyelmet kell fordítani a hulladék visszatermelésére.

A gyártás előtti műszaki számítások eredményei azt mutatták, hogy a rendelkezésre álló alapanyagokból 0,45—0,50% P-tartalmú FeMn gyártható. A táblázatból pedig az tűnik ki, hogy a gyártott FeMn P-tartalma 0,25—0,38 között változott. A P-mérleget figyelembe véve a veszteség 35—40%. Hasonló eredményekre jutottak a Dunai Vasműben is az 1967., 1968. évi gyártások értékelésénél.

A nagy foszforveszteség okait nem lehet egyértelműen az elemzési és mérési pontatlanságoknál keresni. A veszteséget metallurgiai vagy fizikai-kémiai folyamatok részletesebb vizsgálata alapján lehetne meghatározni, amely pl. izotópos P-vizsgálattal megoldható.

A FeMn S-tartalma a nagy S-bevitel ellenére 0,019 — 0,029% között változott. A FeMn alacsony S-tartalmát többek között a meleg kohójárat, a salak nagy bázicitása stb. eredményezték. A FeMn C-, Si-, Mn-tartalma és a salak bázicitása *(p=CaO/SiO₂)* közötti összefüggés a *3. ábrán* látható.



3. ábra. Összefüggés a FeMn, C-, Si-, Mn-tartalma között

Az ábrából kitűnik, hogy a salak-bázicitás növekedése a Mn- és C-tartalom növekedését, illetve a Si-tartalom csökkenését eredményezi.

A ferromongáz salak vegyi összetétele

A *6. táblázat* a FeMn kampányok salakelemzéseit tartalmazza. Látható, hogy kedvező a Mn-redukció biztosítása érdekében a salak bázicitása *(P= =CaO/SiO₂)* 1,21—1,45 között változott, illetve fokozatosan növekedett. A bázicitás növelésének határt szab, hogy a túl bázikus salak megnehezíti a kohó vezetését. A salak folyékony tartásához nagy medencehőmérséklet szükséges és ez sok esetben akadozó járatot eredményez. A túl bázikus salakkal járatott kohó medencéjében rövid idő alatt meredvények képződnek és megszüntetésük céljából vissza kell térni acélnyersvas gyártására. Ez az ún. „kiöblítés" folyamata.

6. táblázat

A FeMn-salak vegyi összetétele %-ban

Összetevő	Gyártási idő			
	1966	1970	1971	1972
CaO	30,80	41,12	37,37	34,94
SiO_2	25,50	32,98	29,55	24,04
MgO	6,26	5,77	5,64	5,51
MnO	8,67	8,96	12,01	8,48
FeO	0,70	0,59	0,61	0,78
Al_2O_3	—	13,07	11,61	18,14
S	2,28	2,00	2,46	2,95
Bázicitás CaO/SiO_2	1,21	1,25	1,26	1,45
Bázicitás $\frac{CaO+MgO}{SiO_2+Al_2O_3}$	—	1,03	1,08	0,96

Megfelelő salakvezetéssel azonban ez teljesen elkerülhető és a FeMn-gyártást folyamatossá lehet tenni.

A salakban redukciót elősegítő MgO-t 5,5—6,2% között tartottuk és az Al_2O_3-t megnöveltük 12% körüli értékre. 1972-ben a brazil érc nagy Al_2O_3 tartalma miatt a salak Al_2O_3 tartalma elérte a 18,14%-ot.

A bázicitás növekedése (közel azonos Al_2O_3 és MgO tartalom mellett) növeli a Mn- és P-kihozatalt. (Eltekintve az egyéb okokra visszavezethető 1966. évi nagy 84,37% Mn-kihozataltól).

A kedvező Mn-kihozatal elérése céljából a salak MnO-tartalmát 10% alatti értékben kell tartani.

Gyártástechnológiai elemzés

A FeMn-gyártás az előzetesen elvégzett átalakítások és mindenre kiterjedő karbantartási javítás után alacsony koksz terheléssel kb. 50 cm Hg O nyomással kezdődik. Az indulás után kb. 24 óra múlva már tükörvasat (Mn% max. 40) és 48 óra múlva már kb. 50—60% Mn-tartalmú FeMn-t lehet csapolni.

Az egyenletes járat biztosítása mellett kb. 2—3 nap alatt a FeMn-gyártás végleges gyártási jellemzőit be lehet állítani és a FeMn-tartalma az elegyviszonyoktól függően 65—75%-os.

Ezek a gyártási jellemzők:

fúvószélmennyiség	40—50 000 Nm^3/ó
fúvószélnyomás	65—70 cm Hgo.
adagolási szint	max. 2,5 m
fúvószélhőmérséklet	900—1000 °C
kokszterhelés	1,2—1,4 t elegy/t koksz

Az egyenletes járat biztosítása érdekében a gyártástechnológiát szigorúan be kell tartani. Különösen ügyelni kell a max. 2,5 m adagolási szintre, minimális ideig szabad hagyni az anyagoszlopot megakadva, ill. függve. Be kell tartani a csapolási időket és lehető leggyorsabban ki kell cserélni a kiégett hűtő- és fúvószerelvényeket.

A gyártás befejezésekor a kokszot fokozatosan le kell terhelni (kb. 3 t elegy/t koksz) és a salak bázicitását le kell csökkenteni.

A fúvólevegő nyomását attól függően kell beállítani, hogy medencetapadékot észleltünk-e vagy sem. Célszerű óvatosnak lenni a várható medence felfagyás miatt.

A kampány befejezését követően a csapolt nyersvas Mn-tartalma gyorsan csökken (kb. 24 óra múlva 5—10%). Figyelembe kell venni azonban, hogy a medence kiolvadása miatt még több napon keresztül 1—2% Mn-tartalmú nyersvasat lehet csak gyártani. Ezért alacsony Mn-tartalmú nyersvas vagy szürkenyersvas gyártására ilyen kohónál áttérni nem célszerű. A visszaállás után szükséges ismételt javítást tartani és a kohó állapotát megvizsgálva dönteni arról, hogy szükséges-e pl. átépítés, közepes javítás vagy nem.

A folyékony FeMn-t egyszalagos 600 t/nap kapacitású öntőgépen öntöttük le. Az acélnyersvas öntésekor alkalmazott technológiától az alábbiakban tértünk el:

— az öntő szalag sebességét az 5,71 m/perc értékről 4,26 m/percre állítottuk be,

— a szalag feletti hűtőberendezést átalakítottuk,

— a leöntött FeMn-t 16—24 órán keresztül kocsiban hagytuk.

Az Mn-veszteség csökkentése érdekében a következő intézkedéseket tettük:

— A folyékony FeMn csak erre a célra kijelölt (2 db) és csapolás előtt előmelegített üstökben csapolható. A szilárd FeMn szállítása speciális konténerekben végezhető.

— A csatornahulladékot, a szilárdhulladékokat, az üsttapadványt és a nagyobb Mn-tartalmú salakot a kohóba vissza kell adagolni.

Az 1970—1971-ben gyártott FeMn darabnagysága nem volt mindenkor megfelelő. 1972-ben új öntési technológia kidolgozásával kiküszöböltük a hibákat és a gyártott FeMn nem csak összetételét, de darabnagyságát tekintve is megfelelt.

Az Ózdi Kohászati Üzemek gázrendszere nem teszi lehetővé a FeMn gyártásakor képződött gázmennyiség folyamatos letisztítását és felhasználását. Ezért a porzsák nyitott szelepén a gáz nagy része szabadba távozik és erősen szennyezi a környék levegőjét.

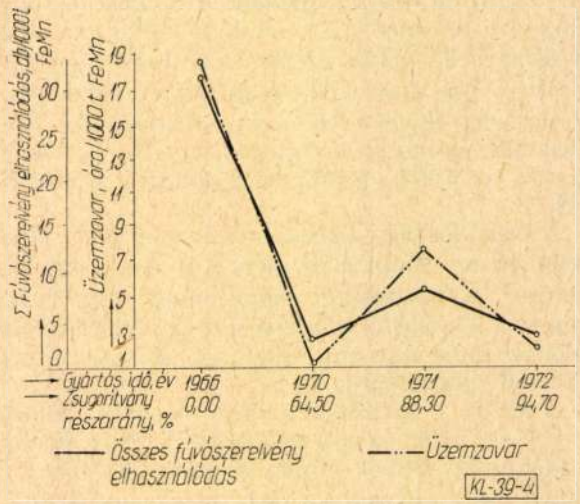
Abban az esetben, ha a három acélnyersvasat gyártó kohó küzül valamelyik állásra kényszerül és a pillanatnyi gázhelyzet igényli a FeMn-gáz bevezethető a gázrendszerbe, de ez a gáztisztítók nagymérvű elszennyeződéséhez vezet.

7. táblázat

A FeMn-t gyártó kohó járatára jellemző fajlagos mutatók

Megnevezés	Gyártási idő			
	1966	1970	1971	1972
Szélelzárás, db/1000 t FeMn	—	3,99	—	3,53
Üzemzavar, óra/1000 t FeMn	18,39	1,13	7,59	2,31
Fúvóforma elhasználódás, db/1000 t FeMn	16,69	1,33	5,65	2,20
Fúvócső elhasználódás, db/1000 t FeMn	8,80	1,33	1,48	0,55
Fúvószekrény elhaszn., db/1000 t FeMn	5,56	0,33	1,07	0,62
Salakforma elhaszn., db/1000 t FeMn	0,46	0,49	1,48	0,71

A FeMn-gyártáskor a kohó járatára jellemző fajlagos mutatókat a *7. táblázat* tartalmazza. A táblázatból a fúvószerelvény elhasználódások összevonásával (fúvóforma, fúvócső, fúvószekrény) készült a *4. ábra*. Az ábrából látható, hogy a mangánércek zsugorított mennyiségének növekedésével csökken az üzemzavar és a fúvószerelvény-elhasználódás fajlagos értéke. Az 1970. évi kedvező eredmény annak tulajdonítható, hogy a gyártást az 1968-ban átépített II. kohóban végeztük, amely addig egyenletes járattal acélnyersvasat gyártott és az akna falazata (az ellenőrző fúrások szerint) alig kopott meg. A zsugorított Mn-ércekből végzett FeMn-gyártásnál (1970—1972) az állásidő nem érte el az üzemnapok 1%-át. Egyértelműen megállapítható, hogy az egyenletes, üzemzavar mentes járat biztosításának feltétele a nyers mangánércek kohósítás előtti zsugorítása.



4. ábra. FeMn-gyártó kohó járatára jellemző mutatók változása

A FeMn-gyártás a kohó falazatát erősen igénybeveszi ezért az ezt követő nyersvasak gyártásánál

nagy jelentőséget kap a legcélszerűbb adagolási rendszer kialakítása.

Az 1972. évi közel 13 000 tonna FeMn-t az 1966-ban átépített IV. sz. kohóban gyártottuk. A falazat-elhasználódás vizsgálatánál külön említést kell tenni az akna felső részében keletkezett koszorúszerű tapadékról. Valószínű, hogy ezt a zsugorított mangánérc torokban történő részleges szétesése okozza, az erős locsolás (mészoltódás) miatt.

Hasonló tapadékképződés tapasztalható egyéb kohótermékek gyártásakor is, ha az elegy nagy része zsugorítvány. A tapadék eltávolítása sok gondot okoz, esetleg robbantást is igényel.

Következtetések

Az eddigi FeMn-gyártási kampányokat elemezve megállapítható:

— Az OKÜ adottságai mellett a FeMn-gyártás biztosított és célszerű a magyar kohászat FeMn igényének egy részét Ózdról kielégíteni. A FeMn kisméretű kohóban folyamatosan gyártható. Bizonyítja ezt az 1972. évi kampány, amit 69 napos termelés után a mangánérckészlet elfogyása miatt fejeztünk be.

— A biztonságos FeMn-gyártás feltétele, hogy a Mn-ércek teljes mértékben zsugorítva legyenek. A zsugorítványt alkotó ércek között előnyös összetétellel rendelkezik a brazil Mn-érc nagy Al_2O_3 tartalma révén, ami nagyban hozzájárult a megfelelő salak kialakításához. Célszerű a magyar mangánércek mellett jobb minőségű import ércek (brazil, nikopoli, csiaturi stb.) felhasználása is.

— A gazdaságosság érdekében mindent el kell követni, hogy a fúvószél hőmérséklete minél nagyobb legyen. A Mn-veszteség csökkentésére minden megfelelő Mn-tartalmú hulladékot vissza kell termelni és be kell adagolni a kohóba. A FeMn öntésénél törekedni kell az aprózódás további csökkentésére, a porlási veszteség megszüntetésére.

Az eddigi gyártási tapasztalatokat összeegyeztetve az adottságokkal megállapítható, hogy az ÖKÜben minden feltétele megvan a biztonságos FeMn gyártásnak.

IRODALOM

[1] *Dr. Pilter Pál:* Mangán a kohászatban. 1968.

Sorjamentes sajtolás bevezetése az Ipari Szerelvény és Gépgyárban

KARÁCSONYI KÁROLY
technikus, ISG

SEBESTYÉN FERENC
okl. gépészmérnök, ISG

VOLLÁK ANDOR
okl. kohómérnök, GTI

DK.: 338.45 : 621.979.001.24

A Gépipari Technológiai Intézet (GTI) 1971-ben honosította az NDK-ban vásárolt licenc szerinti sorjamentes sajtolási eljárást. Az új eljárás kiküszöböli a korábbi változatok egyik alapvető hiányosságát — az alacsony szerszámélettartamot. További előnye, hogy olyan sajtót igényel, melynek merevsége nem túl nagy és így a sorjázó sajtókat előnyben lehet részesíteni. A cikk ismerteti az Ipari Szerelvény és Gépgyárban (ISG) elsőként végrehajtott bevezetés során szerzett tapasztalatokat.

Bevezetés

A sorjamentes sajtolás technológiájának fejlesztésével már több évtizede foglalkoznak. Ennek két fő oka van:

1. A sorjás sajtolással összehasonlítva, a sorjamentes sajtolásnak az alábbi minőségi és gazdasági előnye van

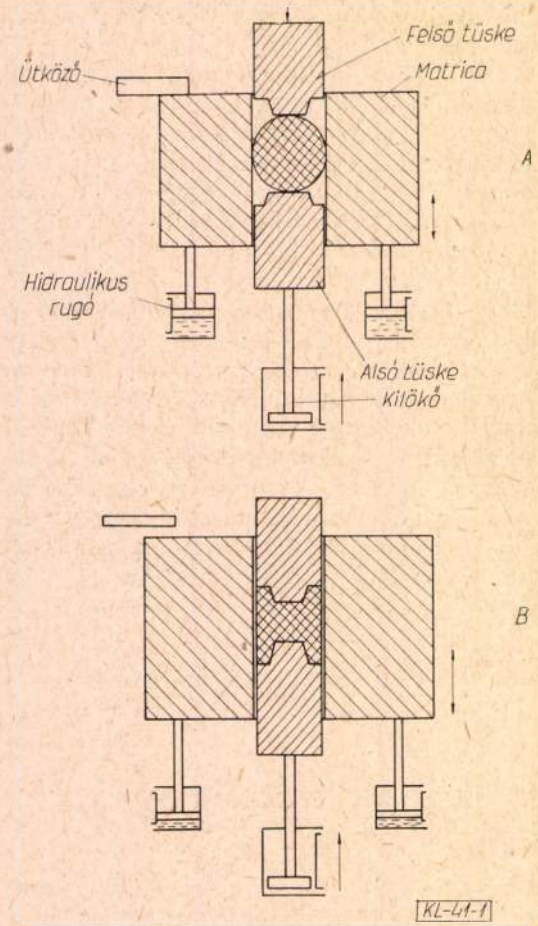
a) kedvezőbb szálszerkezet,
b) kisebb anyagfelhasználás,
c) munkaerő,
d) szerszám,
e) gép- és energiamegtakarítás,
f) az erőszükséglet csökkenése következtében kisebb teljesítményű alakítógép-igény.

2. A sorjás sajtolás technológiai továbbfejlesztése korlátozott, ugyanakkor a sorjamentes sajtolás különböző változatai jelentős előrelépést tesznek lehetővé.

A leírtak ellenére a sorjamentes sajtolás elterjedését nehezíti néhány technológiai probléma — a darabolási pontossággal szemben támasztott szigorúbb követelmények, a szerszámok rövid élettartama. Külföldön az utóbbi 8—10 év alatt több jelentős sorjamentes sajtolási változatot fejlesztettek ki. Ezek a változatok az előnyök megtartása mellett a hátrányok csökkentésén, vagy megszüntetésén keresztül a széleskörű ipari alkalmazást tették lehetővé. Az egyik változatot az NDK-ban kidolgozott és szabadalmaztatott ún. „mozgómatricás" sorjamentes sajtolás licencét a GTI megvásárolta és honosítás után megkezdte hazai bevezetését.

Az eljárás alapelve

A mozgómatricás sorjamentes sajtolószerszám elvi felépítése az *1. ábrán* látható. Az „*A*" kép szerinti alaphelyzetben a hidraulikus rugó a mozgó matricát az ütközőhöz felszorítja. A matricába — az alsó tüskére — helyzett sajtolandó anyag, a felső tüske behatolása eredményeképpen elkezdi a matricát kitölteni. Eközben az anyag a matrica falával érintkezve az üregkitöltés további szakaszában a mozgó matricát a hidraulikus rugó nyomása ellenében lefelé magával viszi. Ezt a helyzetet szemlélteti az 1. ábra „*B*" képe. Az alakítás befejezése után a felső tüske visszafelé halad és ezzel párhuzamosan a hidraulikus rugó is ütközésig feladja a mozgó matricát. A sajtolóról vezérelt automatikus kilökőrendszer az alsó tüske feladásával biztosítja a kész darab eltávolítását az üregből. A hagyományos sorjamentes sajtolásnál a munkadarab anyagának a matrica függőleges falán fellépő súrlódása



1. ábra. Sorjamentes sajtolószerszám elvi vázlata

jelentősen megnöveli a sajtolás erőszükségletét, csökkenti a szerszám élettartamát és egyenetlen anyageloszlást eredményezhet. Ezért a darab alsó részén hiányos lehet az üregkitöltés, a munkadarab felső sarkainál sorja képződhetik.

A mozgó matricás változatnál az alakítás során a matrica az alakítás irányában szabadon elmozdulhat. Így az alakított anyag „magával viszi" a matricát, ezáltal csökkentve a falsúrlódást és a vele kapcsolatos káros jelenségeket.

A bevezetésre kiválasztott alkatrészek

A sorjamentes sajtolás bevezetését három alkatrészre terveztük. A kiválasztás fő szempontja a kedvező sorozatnagyságon és a gazdasági eredmények biztosításán túl az volt, hogy a rendelkezésre álló sajtó teljesítménye és asztalmérete alapján tervezhető szerszámházba mindhárom alkatrész sajtolása biztosítható legyen.

A kiválasztott alkatrészek: kúp 403 *(2. ábra)*; kúp ZK 653 *(3. ábra)*; és karima ISG 15 *(4. ábra)*.

Az alakító berendezés kiválasztása

Az alakítógép kiválasztásának szempontjai:

1. Az eljárás alkalmazásához határolt löketű gép szükséges.

2. Olyan sajtót célszerű kiválasztani, melynél az állvány rugalmas, ezért a sorjázó sajtók előnyösek.

3. Az alakító berendezésnek kilökővel kell rendelkeznie. Amennyiben kilökő nincs, olyan sajtó célszerű, amelyre a kilökő felszerelhető.

4. Az eljárás elő- és készresajtolást igényel, ezért a gép kiválasztásnál gondolni kell a két szerszám elhelyezhetőségére, vagy esetleg a kétgépes rendszer megvalósítására.

5. A mérések szerint az erőszükséglet a hagyományos sorjás sajtolás erőszükségletének 40%-a.

Fentiek alapján az ISG-ben rendelkezésre álló gépparkból a csehszlovák gyártmányú LKO 500 típusú sorjázó sajtót választottuk ki. A sajtónak kilökője nincs, ezért ezzel utólag fel kellett szerelni. A kivitelezett megoldás szerint a sajtó asztala alá szerelt 8 Mp nyomóerejű és 65 mm-es löketet biztosító hidraulikus hengert a sajtó mellé helyezett tápegység *(5. ábra)* működteti. A vezérlés kézi, vagy a sajtóról vezérelve automatikus. A szerszámba szerelt hidraulikus rugó működtetését a tápegységbe épített külön egység biztosítja.

Szerszám tervezés

A szerszám az 1. ábrán látható alapelv szerint készült és két fő egységből áll:

a) egyetemes szerszámház, melynek fő részei:

— alaplap hidraulikus rugóval és kilökő tányérral,

— mozgó elem,

— felső lap a felső tüskét tartó rendszerrel.

b) alkatészhez tartozó cserebetét sorozat:

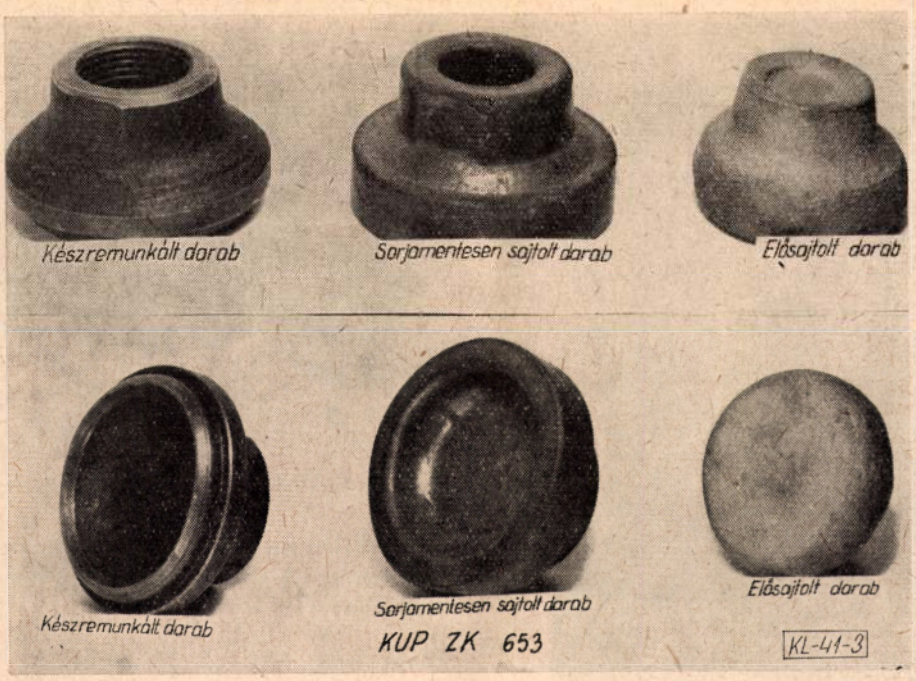
— alsó tüske (6a és 7a) az alaplapra támaszkodik és kilökéskor biztosítja a darab felemelését,

— matrica (6b és 7b), a mozgó elembe szerelve az alakításkor a mozgó elemmel együtt a hidraulikus rugó ellen elmozdul,

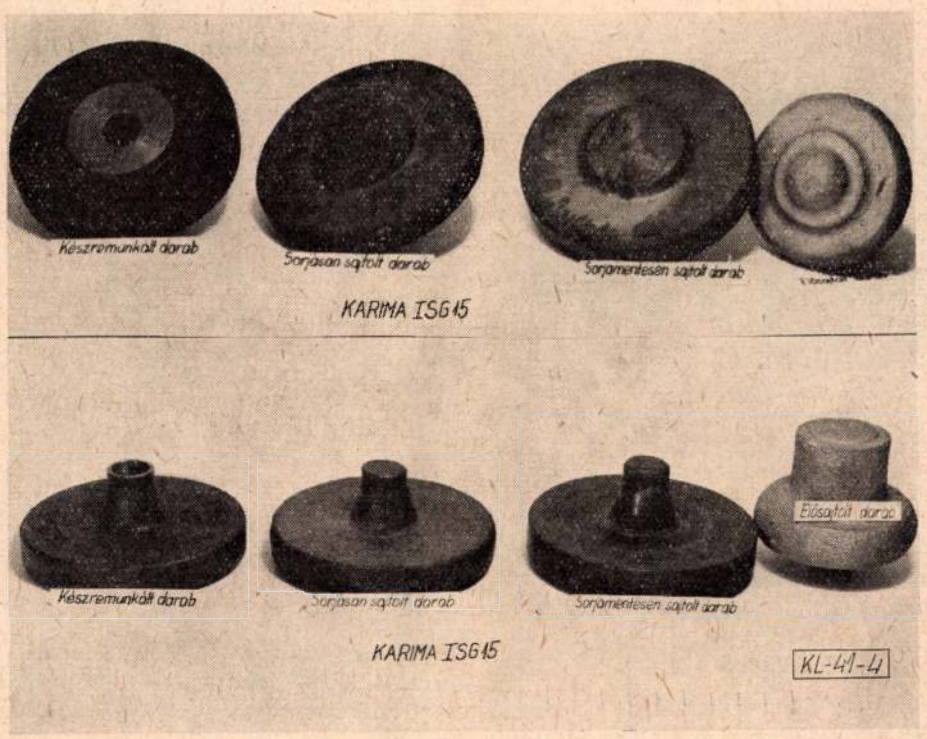
— felső tüske (6c és 7c), a sajtó nyomófejéhez erősített felső lapba rögzített.



2. ábra. Sorjával és sorjamentesen sajtolt (kúp 403) munkadarab



3. ábra. Sorjamentesen sajtolt és forgácsolt munkadarab (kúp ZK 653)



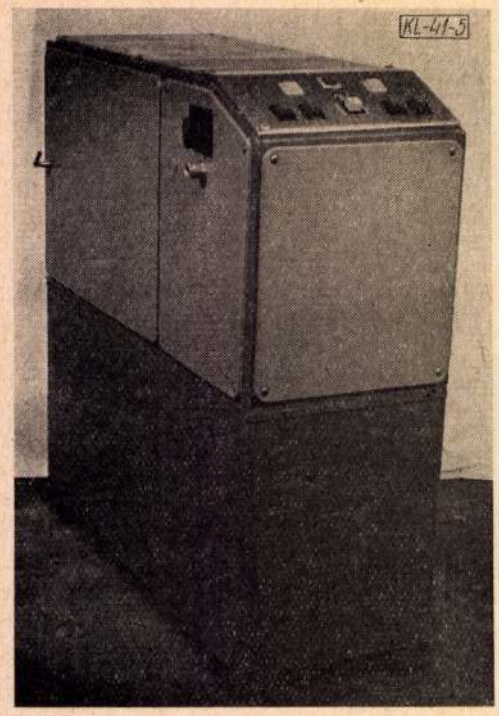
4. ábra. Sorjával és sorjamentesen sajtolt, forgácsolt munkadarab (karima ISG 15)

A szerszámházban max. 110 mm átmérőjű és max. 1,5 kg súlyú körkörös vetületű darabok sajtolhatók.

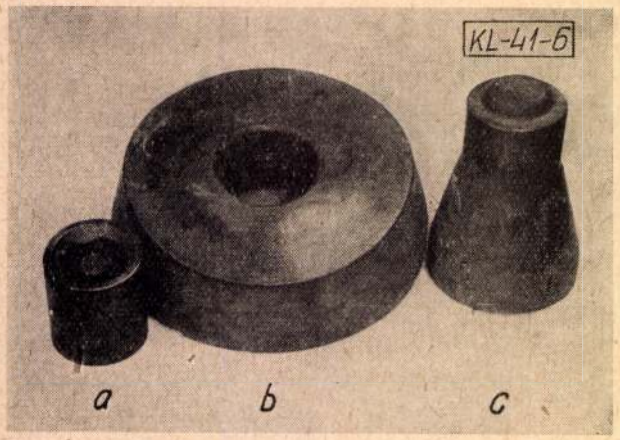
A sajtolóbetétek SCMV; EI 956; NK és W3 anyagból készülhetnek.

Az alsó tüske és a matrica között olyan hézag van, mellyel elkerülhető az üzemi hőmérsékletre való felmelegedés utáni beszorulás. A matrica 1° 30'-es kúpossággal készül. Ez kedvező szerszámélettartamot, valamint könnyű kilökési feltételeket biztosít (ebben az esetben a kilökési erőszükséglet max. 5. Mp).

A matrica felső részén 15°-os befogadó kúp és nagy lekerekítési sugár van az anyag könnyű behelyezése, valamint a felső tüske szabad behatolásának biztosítása céljából. Példaképpen bemutatjuk a *6.* és *7. ábrákon* a ZK 653 kúp, illetve az ISG 15 karima sajtolásához készült betétsorozatokat (a—



5. ábra. Hidraulikus tápegység



6. ábra. Betét sorozat a kúp ZK 653 sajtolásához

alsó tüske; b—matrica; c—felső tüske). Az ábrákon feltüntetett betétsorozatok gyártandó alkatrészenként változnak.

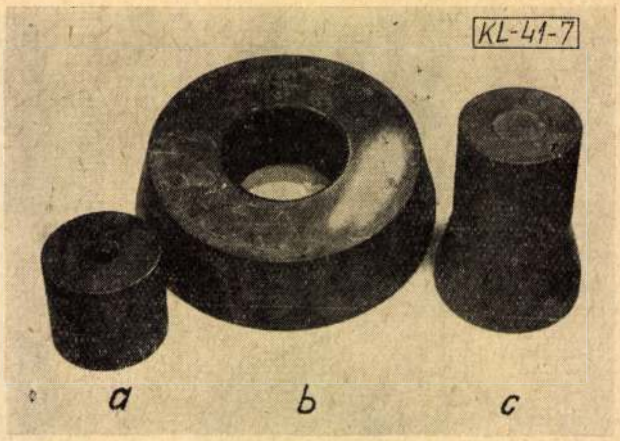
Technológia

Darabolás

A sorjamentes sajtoláshoz a darabolási súlypontossága általában ±2%-os értéken belül legyen. Ezért a normál tűrésű hengerelt rúdból való gyártás esetén célszerű lehetőleg minél kisebb átmérőjű kiinduló anyagot választani. Ennek alapján a karimához valamint a ZK 653 kúphoz ∅40; a 403 kúphoz pedig ∅36 mm-es kiinduló anyagot írtunk elő. A darabolás ollón történik.

Hevítés

A hevítést földgáz-tüzelésű kamrás kemencékben végzik. Általában indukciós, vagy toló gázkemencék alkalmazása célszerűbb, mivel a jelentős mennyiségű reve és az egyenlőtlen leégés

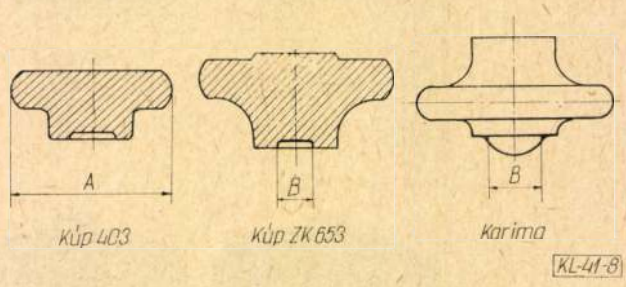


7. ábra. Betétsorozat a Karima ISG 15 sajtolásához

kedvezőtlen a szerszám élettartamára és a darabok minőségére. A további fejlesztés feladata a primer reve eltávolítása.

Előalakítás

Az előalakításnak hármas jelentősége van. Egyrészt a sorjás sajtoláshoz hasonlóan itt is fontos olyan elősajtolási változatot tervezni, mely hatékonyan hozzájárul a készresajtoló üreg kedvező kitöltéséhez. Másrészt az előalakítással biztosítani kell, hogy az elősajtolt darabot a készrealakító üregben megbízhatóan központosítani lehessen. A központosítást a darab jellegétől függően többféleképpen lehet megoldani. A kiválasztott alkatrészek esetében a *8. ábrán* látható három különböző megoldást alkalmaztuk.



8. ábra. Előalakított darabok üregbe helyezési módja és központozó bázisai

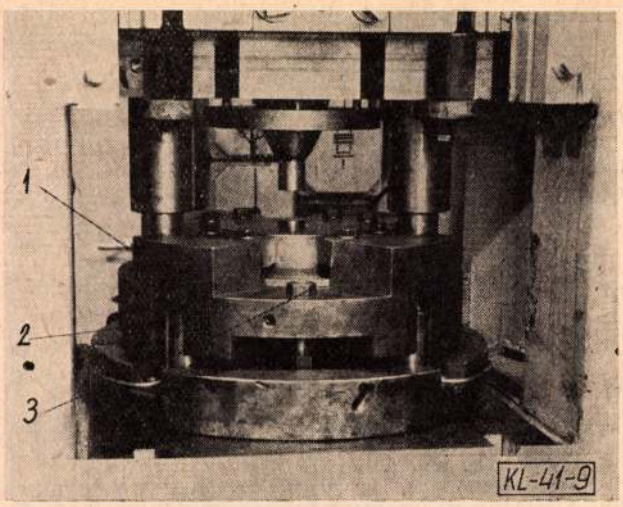
Az „*A*" változat a munkadarab külső átmérője szerint, a „*B*" változatok a darabok központjában levő mélyedés vagy csap segítségével központosíthatók.

Végül nagyon fontos az előalakítás reveeltávolító szerepe.

Készresajtolás

A készresajtolást a *9. ábrán* látható mozgómatricás szerszámban végzik. Az ábrán jól látható, hogy az *1*-jelű mozgó elemet a *2*-jelű hidraulikus rugók a *3*-jelű csavarhoz ütköztetik.

A kedvező üregkitöltés érdekében az elősajtolást 1150—1250 °C-os kovácsolási hőmérsékleten kell kezdeni, mert csak ebben az esetben biztosítható az optimális sajtolási hőmérséklet a készresajtoló üregben.



9. ábra. Mozgómatricás sorjamentes sajtoló szerszám forgástest alakú darabokhoz

A szerszámok üzemeltetési feltételei előmelegítés és kenés vonatkozásában a hagyományos sorjás sajtolással azonosak. Az alsó tüske a mozgó elemen keresztül folyamatos levegő áramlással megfelelő üzemi hőfokon tartható és ez egyben lehetővé teszi a mozgó alkatrészek közül a reve folyamatos eltávolítását is.

Az erőszükséglet meghatározás

A sorjamentes sajtolás erőszükségletének meghatározására eddig kidolgozott számítási módszerek nem adnak kielégítő pontosságú eredményeket. Általában erőmérések segítségével határozható meg a sajtolási erőszükséglet.

Az üzembehelyezés előtt a szerszámot a Gépipari Technológiai Intézetben felállított 160 Mp-os kétállványú sorjázó sajtón próbáltuk ki és a sajtóra szerelt és hitelesített erőmérő rendszer segítségével az adatokat regisztráltuk. A sajtolási hőmérséklet, valamint a darabsúly ingadozás függvényében az erőszükséglet a következő:

kúp 403	70— 90 Mp
kúp ZK 653	110—130 Mp
karima	140—160 Mp

Gazdasági eredmény

A gazdasági számítások azt mutatták a fenti alkatrészekre, hogy a gyártási önköltség általában 16—26%-kal csökkent.

Példaként az anyagnorma alakulását a táblázat szemlélteti:

Alkatrész megnevezése	Sorjás sajtolás kiinduló darabok súlya kg	Sorjamentes sajtolás kiinduló darabok súlya kg
Karima	1,25	1,16
Kup ZK 653	1,06	0,88
Kup 403	0,415	0,26

Az alapanyag megtakarítás mellett a sajtolás és forgácsolás produktív munkaideje is jelentősen csökkent.

A kivágás okozta képlékeny alakítás és az azt követő hőkezelés hatása dinamólemezek mágneses tulajdonságaira

BERZY JÁNOS—HIDASI BÉLA—SZÍVÓS SÁNDOR—VARGA LÁSZLÓ
okl. gépészmérnökök
BME Mechanikai Technológia és Anyagszerkezettani Intézet

DK: 669.14.018.5 : 62—415 : 621.7 : 539

A szerzők E 2250 jelű, melegen hengerelt állapotú dinamólemezen végzett kísérleteik eredményét ismertetik. Azt vizsgálták, hogy a felhasználási célnak megfelelő alakra hozás közben elszenvedett hidegalakítás következményei utólagos hőkezeléssel megszüntethető-e, értelemszerűen elsősorban a mágneses jellemzőket vizsgálták. Megállapították, hogy ez az utólagos hőkezelés feltétlenül szükséges, és van egy optimális hőkezelési eljárás, melynek feltételeit (idő, hőmérséklet) azonban minden egyes gyártmány esetén kísérlettel kell megállapítani.

Bevezetés

Mint az irodalomból és a villamos gépgyárak gyártási tapasztalataiból is ismert, a dinamólemezek kivágásakor a vágási él mentén a lemez átlagos mágneses tulajdonságai erősen romlanak. Ez egyrészt a mágnesezési veszteségek megnövekedését okozza, másrészt csökkenti a fluxusvezetés szempontjából hasznos vaskeresztmetszetet. A jelenség feltétlenül azokkal a hidegalakítás következtében fellépő szerkezeti változásokkal magyarázható, amely a kivágó szerszám okozta deformáció következménye. Ezt igazolni látszik az a tapasztalat is, hogy ez a romlás erősen függ a szerszám állapotától (éles szerszámmal kevésbé, kopottnál erőteljesebben jelentkezik). A legnagyobb mértékű hidegalakítás közvetlenül a vágási élek mentén tapasztalható és a lemez belső tartományai felé egyre csökken. Ezt mikrokeménységmérések, valamint a későbbiekben a hőkezelés utáni szövetszerkezetről bemutatott metallográfiai felvételek egyértelműen igazolják. A kivágás okozta plasztikus deformáció mélységi kiterjedését röntgendiffrakciós módszerrel követtük.

A hidegalakítás következményei ismert módon hőkezeléssel megszüntethetők. Felmerül a kérdés, hogy a hőkezelés a mágneses tulajdonságokra is ugyanilyen kedvező hatást gyakorol-e?

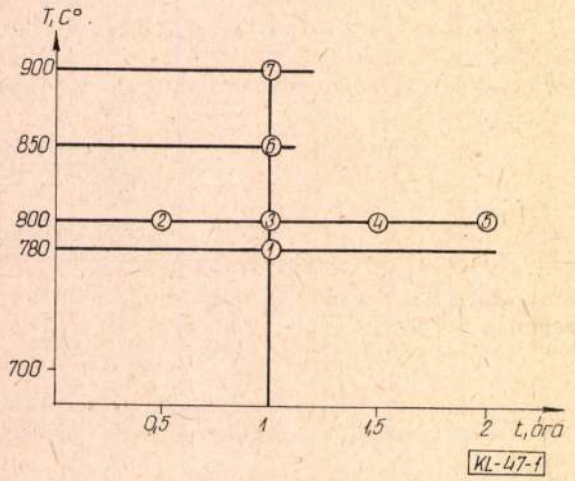
Cikkünkben a vázolt kérdéssel foglalkozunk, és az ezzel kapcsolatos mérési eredményekről számolunk be. Kísérleteink célja annak megállapítása

volt, hogy megfelelő hőkezeléssel a lemezek mágneses tulajdonságai visszaállíthatók-e eredeti értékükre, illetve javíthatók-e azáltal, hogy a lemezben meleghengerlés után esetleg még visszamaradt feszültségeket hőkezeléssel mérsékeljük.

Hőkezelési kísérletek

Kísérleteinket az MSZ 42 66 szabványnak megfelelő E 2250 jelű melegen hengerelt 0,5 mm, vastag 3,05% Si, és 0,038% C-t tartalmazó dinamólemezből vett próbákon végeztük.

E lemezből ∅43×∅30 mm méretű gyűrűket vágtunk ki, és ezekből az 1—8 azonosítási számmal jelzett mintákat az alábbi program szerint hőkezeltük *(1. ábra)*.



1. ábra. A hőkezelési program vázlata

A minta jele	A hőkezelés hőmérséklete (°C)	Időtartam (óra)
1	780	1,0
2	800	0,5
3	800	1,0
4	800	1,5
5	800	2,0
6	850	1,0
7	900	1,0
8	Hőkezeletlen, eredeti állapotú minta	

A mintákat az oxidáció elkerülése miatt vaskazettában annak fedőlapját MgO + vaspor keverékkel tömítve, helyeztük a kemencébe. A megadott névleges hőmérsékleti értékeket ±5 °C-on belül tartottuk.

A hőkezelt és szigetelt lemezgyűrűkből mintánként 15—15 db-ot elszigetelve egymásra helyeztük, és e toroid magokra gerjesztő, valamint mérő tekercseket csévéltünk.

A tényleges vaskeresztmetszetet az egyes minták súly és fajsúly adataiból számítottuk.

Metallográfiai vizsgálatok

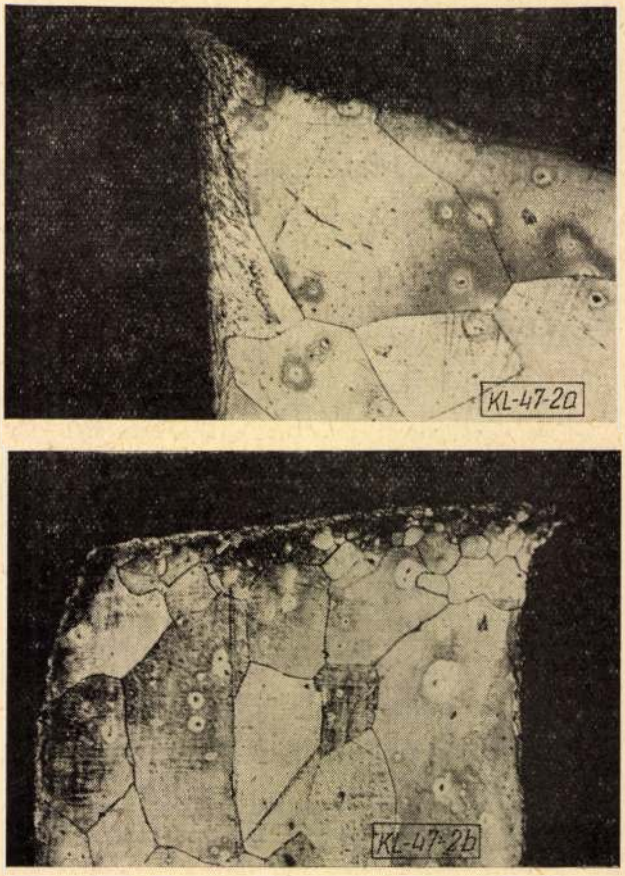
A hőkezelés hatására bekövetkező változások két csoportba oszthatók. Az egyik amely a lemez vágással nem zavart részeit érinti, a másik amely a lemez peremével van kapcsolatban. A hőkezelés hatására a lemez egészében végbemennek változások, azonban a lemez széleken bekövetkező újrakristályosodás a jellegzetesebb.

Hőkezeléskor a vágástól távoleső részeken az egyes hőkezelési változatoknál a metallográfiai képen lényeges különbség nem mutatható ki. Jellemzőbbek azok a változások, amelyek a vágás következtében alakított tartományban mennek végbe.

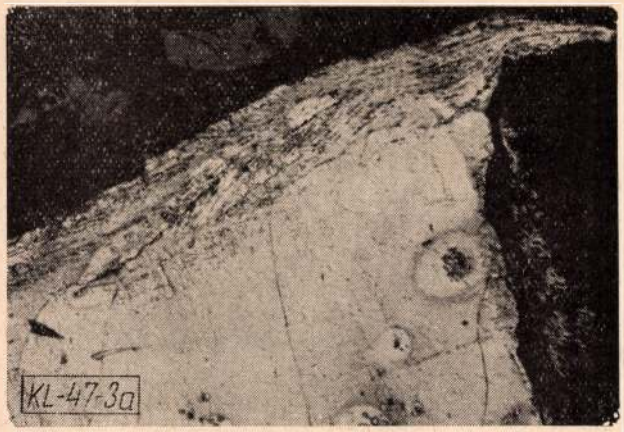
A *2.* és *3. ábrák* a kivágott lemez szélét mutatják 150×, illetve 200×-os nagyításban, hőkezelés előtti és utáni állapotban. A *2a* ábra még jó élű szerszámmal kivágott lemezt mutat. Jól látható, hogy a vágott szél közelében levő krisztallitok deformáltak, s azokban az erősen alakított részeken csúszási, vonalak figyelhetők meg. Ugyanezt a hatást figyelhetjük meg a *3a* ábrán, azonban a deformáció mélysége többszöröse az előzőnek, ami a kivágó szerszám kopásának a hatását mutatja.

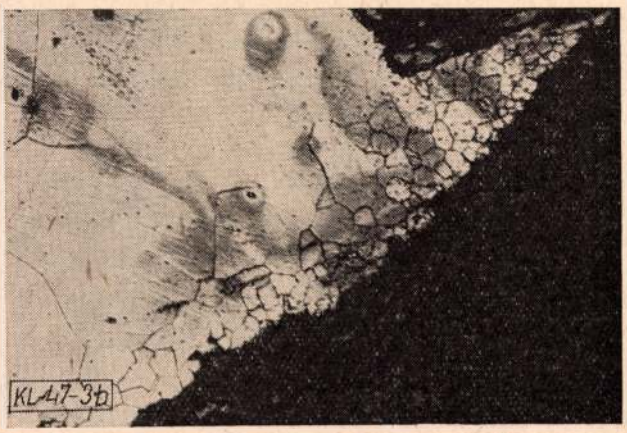
Ugyanezen lemezek 780 °C-os 1 órás hőkezelés hatására az anyag képlékenyen alakított része tökéletesen újrakristályosodott, a hőkezelés „eltüntette" a hidegalakítás nyomait *(2b* és *3b* ábrák*)*. A *4. ábra* ugyanígy hőkezelt lemez szélén a rekrisztallizálódott szövet képét mutatja, 350×-es nagyításban. Megfigyelhető a nagyobb méretű alakítást kapott rész finomabb szemcsemérete.

A kivágás okozta képlékeny deformáció behatolási mélységének pontosabb behatárolása végett röntgendiffrakciós vizsgálatokat végeztünk. Az *5. ábra* a minta (220) síkjáról készült hátsóref-

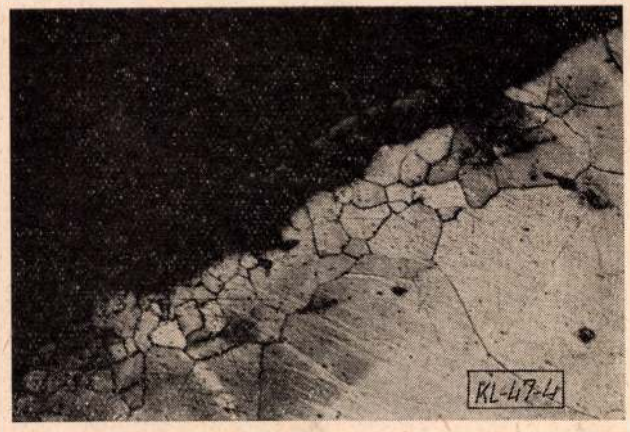


2. ábra. Kivágott lemez széle (N = 150×) Hőkezelés előtt és után



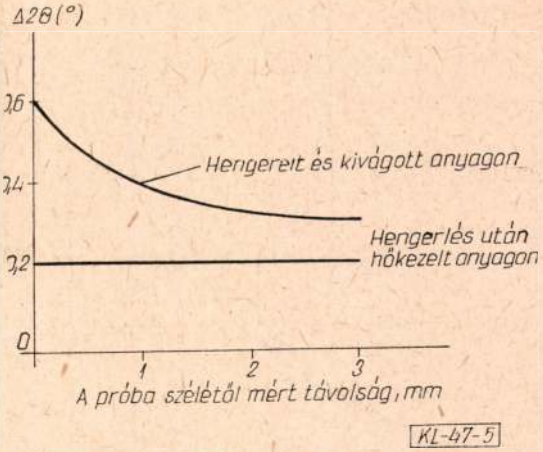


3. ábra. Kivágott lemez széle hőkezelés előtt és után (N = 250 ×)



4. ábra. A lemez szélén hőkezelés után finomszemcsés lesz a szövet (N = 350 ×)

lexiós DS-gyűrűjének vonalszélesedését mutatja a lemez szélétől mért távolság függvényében, kopott szerszámmal végzett kivágás esetén. (A mérések a Fe $\lambda = 1{,}93597$ Å hullámhosszúságú K_α sugárzással készültek. A sugárnyaláb átmérőjének megválasztásánál (∅0,5 mm) az volt a szempont, hogy elég finom legyen ahhoz, hogy a vágási szélmenti deformációs állapot változásait letapogassuk vele, de még elég széles, hogy a sugár által érintett részeken sok krisztallit helyezkedjen el. A mérések alapján nyert behatolási mélység értéke a kivágó szerszám minőségétől függően 1,0—2,5 mm-re adódott. A röntgendiffrakciós mérésekből az is kiderül, hogy a melegen hengerelt kiinduló lemez még kivágás előtt is tartalmazott belső feszültséget.

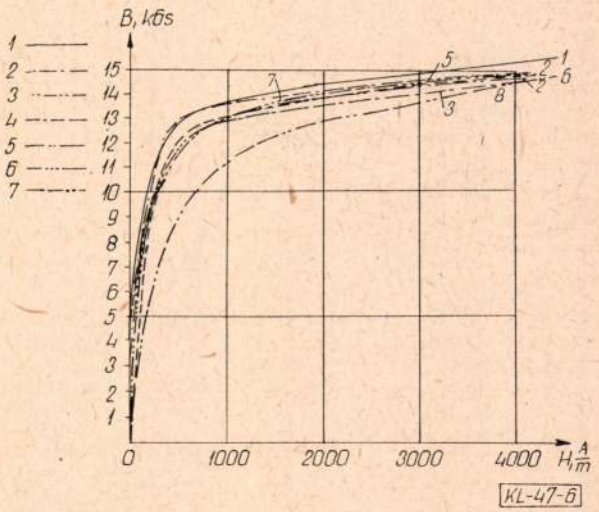


5. ábra. A (220) reflexió vonalszélessége a lemez szélétől mért távolság függvényében

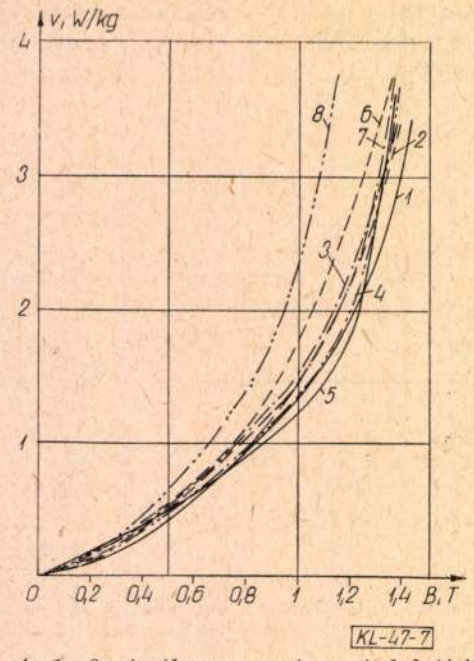
A kivágást követő hőkezelés legkedvezőbb feltételeinek meghatározása

Ezalatt azt a hőkezelési programot értjük, amely szerint a legkedvezőbb mágnesezési görbe és a legkisebb vasveszteség érhető el. A különböző hőkezelési változatok mellett kezelt próbák egyenáramú első mágnesezési görbéit a *6. ábrán* láthatjuk. Ezek közül technológiai szempontból legkedvezőbb az *5* jelű minta, mágnesezési görbéjének alakulása, melyet két óráig 800 °C-on hőkezeltünk. Ugyanezen minták $f = 50$ Hz frekvencián mért váltóáramú veszteségi görbéi az indukció függvényében a *7. ábrán* láthatók, ahol is a legkedvezőbb veszteségi értékeket ugyancsak az *5* jelű minta adja, noha 12,5 kG-nál nagyobb indukció esetén az *1* jelű minta (780 °C, 1 óra) veszteség szempontjából kedvezőbb.

A hőkezeletlen állapothoz képest a legnagyobb mértékű csökkenés az *5* jelű mintánál eléri a 45%-ot! Ez természetesen nagyobb a gyakorlatban elérhető értéknél, mivel a próbagyűrűk kis szélessége



6. ábra. Az 1—8 minták első mágnesezési görbéi



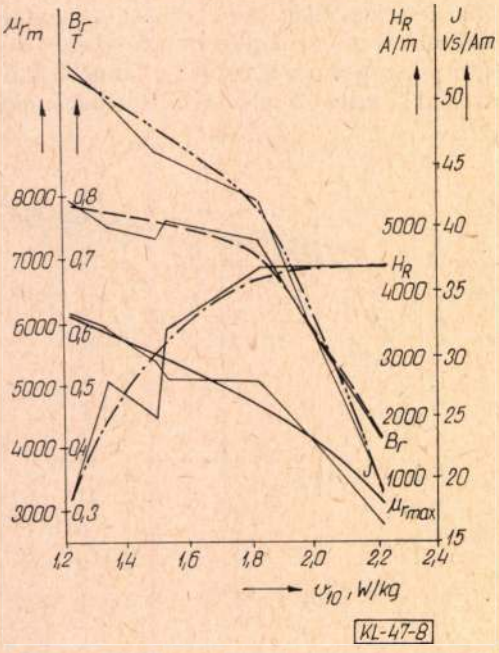
7. ábra. Az 1—8 minták vasvesztesége az indukció függvényében f = 50 Hz frekvencián

miatt a vágási szélek hatása a próba egész tömegéhez képest erőteljesen érvényesül.

A v_{10} veszteségi szám értéke a mágneses jellemzőkkel a *8. ábra* szerinti kapcsolatban van. A maximális permeabilitás (μ_{max}) csökkenése a veszteség növekedését okozza. Hasonló a helyzet a mágnese indukcióval is (B_r). A koercitív erő (H_c) növekedése ugyancsak veszteség növekedésével jár. Ezek a tendenciák megfelelnek az elméleti ismeretek alapján várt változásnak. A hiszterézis veszteség a koercitív erő (H_c) és a telítési indukció (B_T) ismeretében

$$W_h = k \cdot H_c \cdot B_T \qquad (1)$$

alakban közelíthető, ahol k = állandó.



8. ábra. Jellemző paraméterek változása a veszteség függvényében

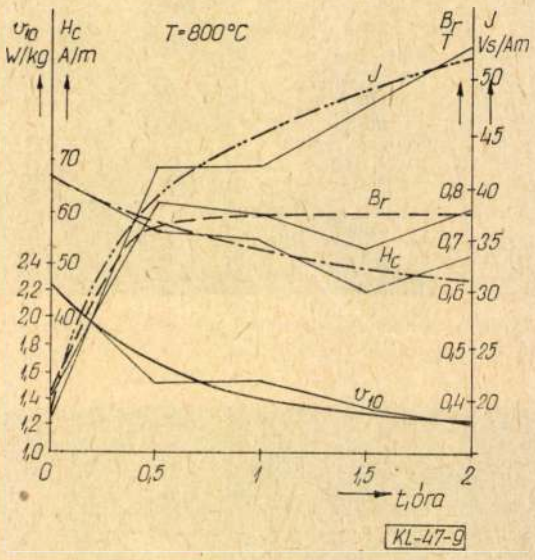
Minthogy a B_T telítési indukció — gyakorlatilag csak a koncentrációtól függ — közel állandó érték, a hiszterézis veszteség csökkentése a H_c csökkentését kívánja meg.

Ugyancsak egyértelmű kapcsolat van a „J" mutatószám és a veszteségi érték között. „J" csökkenése a veszteség növekedését eredményezi, minthogy definíciószerűen

$$J = \frac{B_\mu}{H_\mu + H_c} \qquad (2)$$

ahol H_μ a maximális permeabilitáshoz tartozó térerősség.

A *9. ábra* állandó hőmérsékleten a hőkezelési idő függvényében mutatja a veszteségi szám és a mágneses paraméterek változását. A diagramból látható, hogy a hőntartási idő növekedésével, a veszteség csökken, ami nem meglepő, hiszen a hőntartási idő növelése az egyensúlyi állapot közelítését jelenti.



9. ábra. Jellemző paraméterek változása a hőntartási idő függvényében

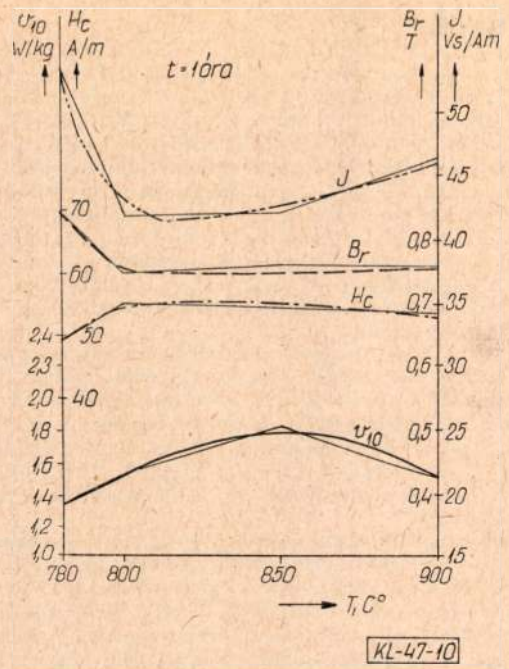
A veszteségi szám és a koercitív erő egyértelmű kapcsolatban van, mindkettő csökkenő jellegű.

A *10. ábra* a hőmérséklet függvényében mutatja állandó hőntartási idő (1 óra) mellett a veszteségek alakulását, és a már említett mágneses jellemzők közötti kapcsolatot. A koercitív erő és a veszteség között itt is határozott kapcsolat van. Mindkettő azonos terdenciájú. Megfigyelhető, hogy a veszteség 850 °C-os hőntartás esetén helyi maximumot mutat, magasabb és alacsonyabb hőmérsékletek felé csökken. Ebből arra következtettünk, hogy 800 °C fölé emelni a hőmérsékletet nem célszerű, mert 900 °C-on, vagy e fölött bekövetkező veszteségcsökkenés más feltételek miatt úgysem használható ki. (Nehezebb hőkezelési körülmények, lemezkötegek revésedése, vetemedése stb.)

A jelenségek értékelése

A mágneses jellemzők és a hőkezelés kapcsolatát az alábbiak szerint értelmezzük:

Mind a lemez belső tartományában, mind a vágási él környezetében a hőkezelés következtében



10. ábra. Jellemző paraméterek változása a hőkezelési hőmérséklet függvényében

lejátszódó megújulási és újrakristályosodási (termikusan aktivált) folyamatokra általános érvényű törvényszerűség az, hogy végbemenetelükhöz annál rövidebb időre van szükség, minél nagyobb a hőkezelés hőmérséklete.

Legtöbb termikusan aktivált folyamat lezajlásához szükséges idő *(t)*

$$\frac{1}{t} = A \cdot e^{\frac{-Q}{RT}} \qquad (3)$$

alakú kapcsolatban van a folyamatot meghatározó más jellemzőkkel, ahol Q a szóban forgó folyamat aktivációs energiája; A a folyamatra jellemző konstans; R a gázállandó; T a hőkezelés hőmérséklete °K-ban.

A leírt összefüggés azonban csak egyetlen folyamatra érvényes. Az olyan ötvözetekben, mint amilyen Fe—Si lágymágneses anyag is, adott hőmérsékleten egy időben több folyamat megy végbe, melyek mindegyikének megvan a megfelelő aktiválási energiája és konstansa. Tehát az eredő mágneses jellemzőket rendszerint egyszerre több termikusan aktivált folyamat által létrehozott állapot határozza meg. Így a lezajló folyamatok jellemzésére a (3) összefüggés csak szűk tartományban alkalmas.

A *10. ábra* szerint a veszteségek — melyeknek az említetett összefüggés szerint monoton csökkenést kellene mutatniuk — maximumos görbe szerint változnak. Ez annak a következménye, hogy a mérésre felhasznált anyag kémiai összetétele olyan, hogy benne a képlékeny alakváltozás hatásának eltűnésén kívül egyéb szerkezetváltozások is végbemennek. Így például a Fe és Si-n kívül más egyéb ötvözőt nem tartalmazó lemezekben a szilíciumtartalomtól függően végbemegy egy kristályszerkezeti átalakulás. Ha a Si-tartalom 0,% akkor az egész anyagban, ha annál több, de a 4,2%-ot nem haladhatja meg, akkor hőmérséklettől függően a teljes térfogat meghatározott részében megy végbe az átalakulás. A 4,2%-nál több Si-t tartalmazó ötvözetekben az átalakulás elmarad. Az anyag széntartalma az átalakulás hőmérsékletét csökkenti. Ezzel magyarázható az, hogy méréseink szerint a technológiai műveletek hatásának eltűnése a hőmérsékletnek nem monoton függvénye. A hőkezelést tehát nemcsak a technológiai előélet, hanem a kémiai összetétel is megszabja. Ez az oka annak, hogy az általunk mért anyagon a legnagyobb minőségjavulást nem a legnagyobb hőmérsékleten kaptuk, bár a (3) egyenlet szerint a dinamólemezek kivágásának következményeit és más megmunkálások hatását — horonyreszelés, furatköszörülés — a legnagyobb hőmérsékleten való izzítással lehetne leggyorsabban eltüntetni.

Összefoglalás

Vizsgálatokat végeztünk a dinamólemezek kivágásakor a lemezéleken bekövetkező deformáció hatásának kimutatására mind metallográfiai, mind mágneses és röntgendiffrakciós módszerrel. Meghatároztuk azt a hőkezelési menetet, mellyel az adott minták esetében mágneses tulajdonságok a legkedvezőbb mértékben javíthatók.

Szeretnénk azonban arra rámutatni, hogy ezek a hőkezeléssel nyert értékek nem tekinthetők általános érvényűnek, azok erősen függnek a lemezek előéletétől (kémiai összetétel stb.), és mindenkor kísérletileg határozandók meg.

A hőkezelés legkedvezőbb technológiája azonban nem nagyon térhet el az általunk legkedvezőbbnek talált 780—800 °C-os 2^h értéktől. Ezzel a hőkezelési eljárásssal mintegy 45%-os veszteségcsökkenést sikerült elérni. A hőkezelési technológia gyakorlati alkalmazása azonban még számos megoldásra váró problémát (oxidáció, vetemedés) vet fel.

Hangsúlyozni kell, hogy ez a méréssorozat kis méretű próbákon történt, ahol vágással deformált anyagrész viszonylag jelentős volt, ezért a valóságban ennél kisebb értékek elérésével számolhatunk. A kísérletek mindenesetre egyértelműen igazolták a dinamólemezek vágás utáni hőkezelésének szükségességét, a kedvező tulajdonságok elérése érdekében.

IRODALOM

[1] *Prohászka János:* Anyagszerkezeti ismeretek. (Mérnöktovábbképző).
[2] *Verő József:* Általános metallográfia I—II. Akadémiai Kiadó 1952.
[3] *Berkowitz, E.—Kneller, E.:* Magnetism and Metallurgy, Academic Press New York, 1969.
[4] *Bozorth, R.:* Ferromagnetism, D. Van Nostrand Comp. Ind. Princeton 1964.
[5] *Chikasumi, S.:* Physics of Magnetism, John Wiley, Inc. New York 1966.
[6] *Craik, D. J.—Tebble, R. S.:* Ferromagnetism and Ferromagnetic Domains John Wiley, Inc. New York 1965.

Egyesületi hírek

Szakosztályvezetőségi ülés jan. 30-án

A vaskohászati szakosztály ezévi első vezetőségi ülését jan. 30-án tartotta. Az ülést az elnök távollétében *Nagy Zoltán* elnökhelyettes vezette.

Első napirendi pontként *Lántzky József* ismertette a szakosztály 1973. évi utaztatási tervét. Legelőször azonban beszámolt a múlt évi összesített adatokról és kiemelte, hogy 7 külföldi úttal kapcsolatban előadásokat is tartottak a kiküldöttek. Sajnálatos, hogy az útijelentéseket csak megkésve, sürgetések után adják be. Anyagi tekintetben az elmúlt évre jellemző volt, hogy az egyesületi hozzájárulás jelentékenyen több volt, amint korábban.

Ezután ismertette az 1973-ban a szocialista országokba tervbe vett 22 és a tőkés országokba tervbe vett 8 utat.

A szakosztályvezetőség részletesen megtárgyalta az úti tervet. A hozzászólások alapján az a vélemény alakult ki, hogy a jövőben az egyes utak lebonyolításába, a küldöttek kijelölésébe a szakcsoportok vezetőségét is bevonják, előtérbe helyezik a vállalatok fejlesztésével összefüggő témájú utakat, a nyelvismeretet fokozottan figyelembe veszik és a szakosztály szorgalmazza a csereszerződések megújítását a külföldi társegyesületekkel. A végleges utaztatási tervet a helyi csoportok és a szakcsoportok titkáraival alakítja ki a szakosztály, miután tisztázzák, hogy az egyes vállalatokat főleg mely témák érdeklik. *Lántzky József* kérte, hogy azokra az érdekesebb külföldi konferenciákra, amelyekről később szereznek a vezetőségi tagok tudomást, hívják fel a figyelmet.

Második napirendi pontként *dr. Remport Zoltán*, a bíráló bizottság vezetője ismertette a beérkezett pályamunkák értékeléséről összeállított jelentést. Örömmel jelentette, hogy 1972-ben számszerűen is több pályázat érkezett, főleg azonban a színvonal javult. Ismertette a díjazásra vonatkozó javaslatot és az indoklást. Eszerint két 4000 Ft-os és három 3000 Ft-os nívódíj kerül kiosztásra. Hasonlóképpen előterjesztette a lapunk 1972. évfolyamában megjelent jutalmazásra javasolt 10 cikket, amelyek kiválasztásában a szerkesztő bizottság tagjai is közreműködtek. A javaslatokat a vezetőség egyhangúlag elfogadta. (A nívódíjat nyert pályázók és pályázatok, valamint a cikkjutalmat nyertek adatait lapunk 2. számában a 83. oldalon már részletesen ismertettük.)

Ezt követően *Horváth Gyula* ismertette a Balatonszéplakon szept. 19—21. között tervezett Országos Nyersvasgyártó és Acélgyártó Konferencia szervezésének állását.

Óvári Antal kérte a vezetőség hozzájárulását az 1973. évi pályázat kiírásához. A vezetőség úgy döntött, hogy teljesen azonos feltételekkel kerül kiírásra az ez évi pályázat.

Ezután bejelentette, hogy a Jubileumi Évkönyv rövidesen megjelenik és terjesztésébe a helyi titkárokat is bevonják.

Végül a közeljövőben esedékes szakmai rendezvényekre hívták fel a vezetőségi tagok figyelmét. (ÓA)

*

Elnökségi ülés február 16-án

Az ezévi első elnökségi ülésen, amelyet *dr. Dobos György* elnök vezetett, a kiemelkedő fontosságú tárgysorozat miatt nemcsak az elnökség állandó tagjai, hanem a meghívott tiszteleti tagok is szinte teljes számban megjelentek.

Az ülés első napirendi pontként az Egyesület 1973. évi költségvetés tervezetét tárgyalta. Az errevonatkozó részletes adatokat tartalmazó tervezetet, kiegészítve az 1972. évi terv- és tényadatokkal, valamint bőséges kiegészítő szöveges indoklással, az elnökség tagjai az ülés előtti napokban tanulmányozás céljából kézhez kapták és így az adatok ismeretében került sor a költségvetési tervezet megvitatására.

A vita előtt *Moharos Jenő* főtitkár néhány fontos szempontot emelt ki. Utalt arra, hogy a szakosztályok vezetőségével készült a költségvetési terv. Ismertette a bevételek várható alakulására vonatkozó elképzelést, főleg a jogi tagdíjakra vonatkozóan. A kiadások tekintetében hangsúlyozta, hogy mindegyik szakosztálynak arra kell törekedni, hogy az általa szervezett rendezvények gazdaságosak legyenek. Rámutatott a költségvetést lényegében nem befolyásoló jelentős nagyságú „átfutó" jellegű tételekre, mint pl. a vállalati költségekből szervezett tanulmányutak stb. Végül hangsúlyozta, hogy a végrehajtás során leglényegesebb szempontnak a meszszemenő takarékoskodást fogja tekinteni, mert még 1971. évről, az elszámolási rendszer lassúsága és bonyolultsága következtében jelentős terhek merültek fel, amelyek nem várt módon az Egyesület jelenlegi anyagi helyzetét bizonytalanná tették.

Ezt követően nagyon sok kérdés, majd hozzászólás hangzott el az elnökség tagjai részéről. Ebben *Seregi János* és *dr. Gagyi Pálffy András* alelnökök, *dr. Trethon Ferenc*, a Számvizsgáló Bizottság elnöke, valamint a szakosztályok képviseletében *Krefly Gábor*, *Böszörményi Béla*, *Nagy Zoltán*, *Várhelyi Rezső*, *dr. Laboda Sándor* és *dr. Vörös Árpád* szakosztályi elnökök, illetve titkárok vettek részt.

A hozzászólók elsősorban a költségvetési javaslat felépítésének megváltoztatását javasolták az áttekinthetőség érdekében. Felhívták a figyelmet a gondos devizagazdálkodásra az utaztatások tekintetében, a központi költségekben (postaköltségek, reprezentáció) sürgették az erőteljes takarékoskodást. Kifejtették, hogy a nagyrendezvények gondos előkészítését a költségvetés egyensúlya szempontjából a legfontosabb feladatnak kell tekinteni és ezeknek is biztosítani kell arányos kulcs szerint a költségekhez való hozzájárulást. Főfeladat a lapok megjelentetésének, a központi apparátus működésének és a helyi csoportok egyesületi életéhez szükséges anyagi előfeltételeknek biztosítása. *Dr. Gagyi Pálffy András* alelnök ismételten javasolta, hogy a költségvetés 5 %-os tartalékot is biztosítson, *Nagy Zoltán* elnökhelyettes pedig javasolta az utalványozási rendszer szabályozását, ami az alapja a takarékosságnak és biztosítaná a költségvetés kereteinek betartását.

A feltett kérdésekre *Moharos Jenő* főtitkár, valamint *Szabó Csaba* titkár részletes felvilágosításokat adtak és ismertették a MTESZ központi pénzügyi adminisztrációs rendszerét, valamint a MTESZ vidéki Intézőbizottságainak szerepét a lebonyolításban, amelyek az Egyesület pénzügyi helyzetének áttekintését elég nehézzé teszik.

Végül *dr. Dobos György* elnök javaslatára az elnökség úgy határozott, hogy a Számvizsgáló Bizottság bevonásával kerüljön átdolgozásra a költségvetési terv. Ezt követően az új tervet a szakosztályok vezetőivel egyeztetni kell. A költségvetésnek az Egyesület alapvető működését kell elsősorban biztosítani és csak a megmaradó összeg erejéig tervezhetők be egyéb kiadások. A főtitkár a költségvetés véglegesítéséig a messzemenő takarékosságot érvényesítse a rendkívüli kiadások tekintetében, tartózkodva kockázatvállalástól.

Második napirendi pontként *Moharos Jenő* főtitkár beszámolt az elnökségnek az 1972. évi munkaterv végrehajtásáról. Az értékelés kapcsán bejelentette, hogy egy célkitűzés kivételével az 1972. évi munkatervben szereplő feladatokat sikerült megvalósítani.

Az elnökség jóváhagyólag vette tudomásul a jelentést.

Ezt követően *Óvári Antal* beszámolt a régóta várt Jubileumi Évkönyv megjelenéséről. A nyomda hosszú késedelem után az első példányokat már leszállította. Ismertette a terjesztési tervet, valamint ennek érdekében a lapokban közzétett részletes ismertetést. Az a határozat született, hogy annak érdekében, hogy az évkönyv aktív tagjainak kezébe eljusson, tagjaink 50 Ft-os kedvezményes áron szerezhetik meg az évkönyvet. A helyi titkárokhoz az első mintapéldányokat már kiküldte a titkárság. Az igen jelentős kiadási költségek miatt a jogi tag vállalatokat, anyagi segítséget kérve, a szakosztályok vezetői keresik meg.

Székely Lajos tiszteleti tag felhívta az elnökség figyelmét a Földtani Társulat közelgő jubileumára és kérte az Egyesület vezetőségét, hogy a nagymúltú testvéregyesület jubileumi rendezvényét méltó módon képviseltesse magát. (ÓA)

Az Ifjúsági Bizottság első ülése

A 62. közgyűlés egyik határozatának teljesítésére az Elnökség 1972. nov. 8-i ülésén Ifjúsági Bizottságot hívott életre. A Bizottság vezetésével *Podányi Tibort* bízta meg, elnökségi támogatásra *Horváth Ferenc* alelnököt kérte fel.

A megalakított Ifjúsági Bizottság szakosztályi tagjai: *Bende Imre* (Bányászati Szakoszt.), *dr. Heinemann Zoltán* (Kőolaj Szakoszt.), *ifj. Schmidt György* (Vaskohászati Szakoszt.), *Tóth Antal* (Öntödei Szakoszt.), *Benke László* (Egyetemi O.) (A Fémkohászati Szakoszt. még nem jelölte ki képviselőjét.)

Az Ifjúsági Bizottság nov. 27-én *dr. Alliquander Ödön* alelnök és *Moharos Jenő* főtitkár jelenlétében ülést tartott, melyen *Podányi Tibor* a Bizottság vezetője ismertette a megalakulás évekre viszonyuló előzményeit az ifjúsági munka megjavítására tett egyesületi intézkedéseket, határozatokat. A Bizottság feladatát — az 1972. nov. 8-i elnökségi határozat szerint:

a) a szakosztályokban folyó ifjúsági munka figyelemmel kísérése és támogatása,

b) az Egyetemi Osztály munkájának segítése

formájában jelölte meg. Az egységes elvek megvalósítása, az eredményes tapasztalatok és kezdeményezések egyesületi szintű kiterjesztése, az áttekintés és iránymutatás egységessége végett volt szükség az elnökségi bizottság létrehozására. Rámutatott arra, hogy az 1971. évi közvéleménykutatás során az ifjúság kifejezésre juttatta igényeit az Egyesülettel kapcsolatban, s ezek megvalósítása ma is időszerű.

Vázolta továbbá a célkitűzések megvalósítására — elsősorban a Bányászati Szakosztály keretén belül — kialakult és tervezett kezdeményezéseket, továbbá az Egyetemi Osztály ez irányú elképzeléseit.

Vitézy Tamás az Öntödei Szakosztály akadályoztatott küldöttének képviseletében tájékoztatást adott arról a nagyszabású munkáról, melyet a Szakosztály Fiatalokat Szervező Bizottsága az elmúlt év során végzett, mely a fiatalok havi szakmai-társadalmi klubnapjainak megtartásával, pályázatok megszervezésével igen eredményes. 15 fiatal öntő szakember kapcsolódott be a szakosztályi munkabizottságok tevékenységébe. Az Öntöde ez évi decemberi számát a fiatalok írják.

Schmidt György ismertette, hogy a Vaskohászati Szakosztály minden helyi csoportjánál — irányítása alatt — ifjúsági felelős működik. Fiataljaik tollából eddig 3 szakcikk jelent meg a Kohászatban. A szakosztályi munkabizottságokba is bekapcsolódtak már a fiatal szakemberek. Ez évben 8 fős, egyhetes, külföldi szaktanulmányutat szerveznek fiatalok részére.

Dr. Heinemann Zoltán, *Benke László*, *Bende Imre* ismertették a fiatalok egyesületi munkájával kapcsolatos problémákat, célkitűzéseket.

Az ismertetések után *dr. Alliquander Ödön* alelnök és *Moharos Jenő* főtitkár bekapcsolódásával a résztvevők mélyreható vitát és eszmecserét folytattak az ifjúság egyesületi helyzetéről és az ezirányú munka fejlesztéséről. A sok részletkérdés taglalása mellett alapvetően a következő fő irányelvek alakultak ki.

1. A fiatalok egyesületi életre való nevelésének alapja az Egyetemi Osztály — *dr. Richter Richárd* akkori csoportelnök 1968. évi megfogalmazásával egyezően —, mert a bányász (olajbányász) és kohász tagok ismeretsége és barátsága, közös egyesületünkbe tartozásának tudata elsősorban itt teremthető meg. Az osztály egységének kiteljesítését és megőrzését minden eszközzel biztosítani kell.

2. Az Egyetemi Osztály ezirányú munkáját és az 5 szakosztállyal közös egyesületi életének tényét az egyetemi rendezvények — előadásokkal és részvétellel való — támogatásának útján, az üzemekbe tanulmányútra érkező hallgatókat az egyesületi helyi csoportok által is történő fogadásával kell erősíteni.

3. A frissen végzett, üzemekbe érkező egyesületi tagok szakmai és társadalmi felkarolásáról a helyi csoportoknak intézményesen kell gondoskodniuk. Célszerűnek látszik egyesületi pártfogó kijelölése a pályakezdő fiatalok mellé. Az ilyen megbízatást fontos egyesületi feladatnak kell tekinteni.

4. Az Egyesület fiatal, középkorú és idősebb korosztályainak közeledését, majd összefonódását minden eszközzel szorgalmazni kell. A szűkebb körű, kötetlen, ilyen célú összejövetelek mellett, a különböző helyi és központi munkabizottságokba a rátermett fiatalokat be kell vonni.

5. A fiatalok gyakorlati üzemi látókörének szélesítését az egyesületi rendezvényeken, bel- és külföldi tanulmányutakon való részvételük biztosításával kell szorgalmazni, továbbképzési igényeiket (nyelvtanfolyamok, szakmérnöki képesítés, tudományos fokozatok elnyerése) egyesületi eszközökkel is támogatni kell.

6. Az egyesületi életbe való tevékeny bekapcsolódásuk végett bővülő igényű feladatokkal kell személyszerint fokozatosan ellátni a fiatalokat (szervezési, lapfelelősi megbízások, ismertetésekre, hozzászólásokra, előadásra, cikkírásra való felkérések stb.).

A fenti irányelvek egyetértő kialakítását követően az Ifjúsági Bizottság úgy határozott, hogy az Egyetemi Osztályok és a Szakosztályok ifjúsági munkájáról tömör helyzetfelmérést készít és ennek alapján az 1974. évi feladatokra részletes javaslatot dolgoz ki az Elnökség őszi ülésére. (PT)

Tudományos ülésszak a Nehézipari Műszaki Egyetem Tüzeléstani Tanszékén

A Tanszék szűk körű és emiatt jól körülhatárolható témakörben rendezett (1972. dec. 6—9.) háromnapos Tudományos Ülésszakot. A tudományos találkozó résztvevőit (82 fő) ipari kutatók, szakemberek, meghívott egyetemi (hazai és külföldi) oktatók, valamint e tudományterületen jeleskedő felsőbb éves hallgatók képezték.

Az ülésszak témája — a címben is kifejezett Tűztértechnológiai tér — arra utal, hogy a kohászati kemencék tüzeléstechnikai rendszere, minden vonatkozásban kapcsolódik a berendezésben megoldandó technológiai feladatokhoz. Már az előadások egyszerű felsorolása alátámasztja a témakör középpontjában levő elméleti megfontolásokat.

Az ülésszakot az egyetem rektorának, *dr. Simon Sándornak* jelenlétében *dr. Nándori Gyula*, a Kohómérnöki Kar Dékánja nyitotta meg, kiemelve annak jelentőségét, hogy az előadók többnyire egyetemi oktatók, és ez is bizonyítja, hogy az egyetemi oktatás és kutatás egymástól nem választhatók el. „Jól oktatni csak az tud, aki kutatásra is képes" — hangsúlyozta. Végezetül eredményes munkát kívánt a résztvevőknek.

A bevezető előadást *dr. Antal Boza József* tanszékvezető egyetemi tanár tartotta „A Tüzeléstani Tanszék kutatómunkája, különös tekintettel a néhány fontos népgazdasági célkitűzésre" címmel. Nagy súlyt helyezett a műszaki fejlesztés és mérnökképzés tanszéki vonatkozásaira, kiemelve, hogy „a műszaki fejlesztés, tudományos kutatómunka és mérnökképzés az alkotó társadalomban szerves egységben levő funkciók". Továbbá azt, hogy a Tüzeléstani Tanszék a tudománypolitikai irányelvek szellemében arra törekedett, hogy a különböző forrásból származó anyagi támogatást tudományterületéhez tartozó kutatási feladatok kísérleti eszközbázisának megteremtésére összpontosítsa.

Ezt követően az ülésszak első két napján a következő előadások hangzottak el:

Dr. Farkas Ottóné egyetemi adjunktus: Vizsgálatok földgázelégetés optimális paraméterértékeinek meghatározására.

Mikó József tudományos munkatárs: Oxigén felhasználása a tüzelőanyag elégetésére kohászati kemencékben.

Dr. Wopera Lászlóné egyetemi tanársegéd: Folyamatos acélgyártási kísérletek a moszkvai Acél- és Ötvözet Intézetben.

I. N. Nyevedomszkaja docens (Moszkva): A folyékony fürdő hidrodinamikája és a gázsugárzásnak a folyadékkal való kölcsönhatása.

Grán József egyetemi adjunktus: Osztott-terű védőgázas körkemence fejlesztési kérdései.

Dr. H. Fik docens—*Dr. M. Sukiennik* (Krakkó): Aknáskemencében lejátszódó folyamatok anyag- és hőmérlege.

Dr. W. Neidel prof. (Magdeburg): Vegyipari kemencék tűzterének kialakítási problémái és fejlődési tendenciái.

Dr. S. Pawlowski prof.—*J. Smalec* (Gliwice): Tűzálló és szigetelő kerámiák CO-dal, H_2-nel és CH_4-nal szembeni ellenállóképessége.

Dr. Antal Boza József tanszékvezető egyetemi tanár—*Nagy Géza* egyetemi tanársegéd: Karboninfiltráció hatása a bázikus és alumíniumszilikát tűzállóanyagok korrózióállóságára.

Simon László egyetemi tanársegéd: Durvakerámiai termékek gyors szárítási feltételeinek vizsgálata.

Dr. Antal Boza József tanszékvezető egyetemi tanár: Nagyhőmérsékletű mátrixra felvitt mázkeverék beégési körülményeinek vizsgálata.

A harmadik napi konzultáción a résztvevők között élénk vita alakult ki a kemencék funkcionális szerepe és az alkalmazott építőanyagok időszerű problémái körül. Ezt követően a vendégek megtekintették a tanszék kutatási eszközeit és megismerkedtek a közvetett kutatási célkitűzésekkel.

Nagy Géza

Korszerű acélgyártó eljárások ismertetése

Az Uddeholm-eljárás

A svéd Uddeholm cég újabb adatokat közöl az általa kifejlesztett *rozsdamentes acél* finomító eljárásáról, amely 3,5 fonttal csökkenti a tonnánkénti előállítási költséget. A két műveletből álló eljárás első lépcsőjében elektromedencében megolvasztják a rozsdamentes acéladagot, majd egy raffináló üstbe töltik át, s az acélfürdőbe a fenékrészbe beépített fúvókákon át oxigén és vízgőz keveréket fúvatnak. Az eljárás kikísérletezéséhez egy 6 t-ás konvertert használtak, de már építés alatt áll a degerfors-i acélműben egy 700 t-ás konverter, amely 1973 végén lép be a termelésbe.

Az eljárás előnye az, hogy a nagy karbontartamú kiinduló anyagból kis hőmérsékleten krómveszteség nélkül lehet acélt előállítani. Ez azáltal lehetséges, hogy a vízgőz disszociációja révén oxigén és hidrogén keletkezik, s a hidrogén hígítja az acél dekarbonizációja közben képződő CO-t. Az eljárást összehasonlították az AOD-eljárással, amely költséges argont használ a CO hígítására, megakadályozza ezzel a króm túlzott oxidálódását, ugyanakkor a fürdő hőmérsékletét 1750°C alatt tartja. Vízgőz használata révén kiesik a drága argon és a fürdő hőmérséklete is 1700 °C alatt tartható. A kisebb hőmérséklet, párosulva a fenéken át történő befúvatással, a konverterfalazat tartósságát növeli.

Az Uddeholm-eljárást négy jellegzetes művelet jellemzi:

1. Szilícium raffinálás: a befúvatott gőz-oxigén keverék hatására a szilícium oxidálódik és a hőmérséklet 1600—1675 °C-ra növekszik.

2. Karbon raffinálás: a gőz-oxigén keverék befúvatására a nagy kiinduló karbon-koncentráció a megkívánt szintre csökken. A gázkeverék komponenseinek aránya fokozatosan vagy folyamatosan változtatható, hogy a hőmérséklet 1700 °C alatt maradjon.

3. Redukció: Az előző lépcsőben oxidálódott a króm egy része (2—4 %) és a mangán fele, amit a redukció során mész és FeSi adagolással visszaredukálnak az acélba. (Más redukálószer rendszerint nem szükséges.) A krómkihozatal ennek következtében 98—99 %-os, a mangán kihozatal pedig 80 %-os.

4. Hidrogén raffinálás: a vízgőz használata az acél hidrogénben való telítettségét eredményezi. 1 Nm^3/t inert gáz befúvatásával ezután a folyékony acél hidrogéntartalmát 5 ppm-re csökkentik le.

Amellett, hogy meg van a lehetősége a karbontartalom ellenőrzésének szélsőségesen kis C-tartalmak esetén, az eddig gyártott acélok nagyfokú tisztaságot és nemfémes zárványoktól való mentességet mutattak.

Az eljárást várhatóan a 0,15 %-nál kisebb karbontartalmú rozsdamentes acélok gyártására fogják korlátozni, sőt szerepe éppen ezeknél lesz döntő. (P)

Metal Bulletin. No. 5757

A világ vaskohászatának fejlődése 1972-ben

A világ acéltermelésének alakulása 1972-ben

A világ acéltermelése tavaly 628,1 millió t-ás új rekordteljesítményt ért el. Ez a mennyiség 46,1 millió t-val több, mint az egy évvel korábbi, és 32,7 millióval haladja meg az 1970. évi termelést. A Nemzetközi Vas- és Acélintézet adatai szerint az acéltermelők listájának „éllovasa" továbbra is a Szovjetunió marad, sőt a Szovjetunió volt az egyetlen vezető acéltermelő ország, amely 1970 óta visszaesés nélkül jelentősen növelni tudta acéltermelését: 1970-ben 115,89, 1971-ben 120,6, 1972-ben pedig 126 millió tonnát állított elő.

„Biztos második" lett az USA 120,8 millió tonnával, az 1970-ben elért 119,31, és az 1971-ben termelt 109,26 millió tonnás mennyiséggel szemben, Japán amely harmadik helyre került, tavaly 96,9, tavalyelőtt 88,56, 1970-ben 93,32 millió tonna acélt termelt. Anglia, az NSZK és Svédország kiszorult a „rekorderek listájáról:" az 1971-es általános visszaesés éve után tavaly sem tudták elérni az 1970-ben teljesített szintet. Az NSZK-ban 43,7, Angliában 25,3 millió tonna nyersacélt termeltek 1972-ben.

A világ tavalyi acéltermelését elemző nyugati sajtójelentések egyöntetűen kiemelik, hogy több szocialista ország, köztük Lengyelország, Csehszlovákia és Kína szembetűnően fokozni tudta termelését.

Az elmúlt év utolsó hónapjaiban és idén január—márciusban egyébként az általános fellendülés jelei tapasztalhatók az iparágban. Érdekes fejleményekre lehet számítani az árak terén is: a nyugatnémet Thyssen csoport — az NSZK, és egyben a kibővült Közös Piac egyik legjelentősebb acélgyártója — bejelentette acélárainak 5 % körüli emelését. Megfigyelők az intézkedéssel kapcsolatban hasonló lépéseket várnak az EGK más országaiban is. (HW.)

Világgazdaság febr.

*

A kibővült Európai Gazdasági Közösség vaskohászatának fejlődése

A kibővített Közös Piac nyersacéltermelése 1973-ban előreláthatólag több mint 145 millió tonna lesz, azaz 5,6 %-kal haladja meg az előző évi eredményt. Ezt a becslést a brüsszeli bizottság 1973-as programjában tette közzé, amely először terjed ki a kilenc ország közösségére.

Az 1972. évben az EGK acélfeldolgozó iparában csak nagyon mérsékelt volt a konjukturális élénkülés. Így a fejlődés 1973-ban még érezhetőbb lesz. A várt fellendülés nem marad hatástalan a beruházási javak szektorában sem.

A nyersacéltermelés a Hatok közösségében 1972-ben kb. 112 millió t-át ért el, vagyis 8,3 %-kal emelkedett az 1971. évi szint fölé. 1971-hez viszonyítva a növekedés nagynak tűnik, de 1970-re vonatkoztatva, csak 2,5 %. Mivel a konjunktúra az egyes importáló országokban fellendült, az EGK acélipara erősebben fordult e piacok felé, s a kivitel viszonylag erős emelésére törekszik. Így a bevitel állandó emelkedése részben kiegyenlítődik.

A termelőberendezések kihasználtsági foka továbbra is gyenge marad: 1970-ben 86 % volt, és azóta a kapacitás évenként 5 %-kal, azaz kb. 15 millió t-val nőtt. A termelés csak kb. 1 %-kal, azaz 2,8 millió t-val emelkedett. Ennek következtében 1972-ben kb. 79 %-os volt a kihasználtság.

1973-ban a hat régi tagország nyersacéltermelése kb. 116,6 millió t lesz, ami az előző évvel szemben 4,6 %-os növekedést jelent. A termelési kapacitás növekedését tekintve (1972—1973 között 6,6 millió t) aligha lehetséges, hogy a termelőberendezések kihasználtságát az 1972. évi szinten tartsák.

Ha pontosan megvizsgáljuk a hat régi és a három új tagállam 1973-as acéltermelési kilátásait, azt az eredményt kapjuk, hogy a növekedési %-ok lényegesen különböznek. (+4,1 % a hat régi tagállamban, és +12 % az új tagországokban.)

Az új tagországokban az acéltermelés várt gyorsabb növekedése inkább csak felzárkózás a Nagy-Britanniában hosszabb ideje tartó visszaesés után.

A Közös Piac kibővülésével, az acélpiacon élénkülés fog bekövetkezni. Ez 1973-ban még viszonylag gyenge lesz, a további évek folyamán azonban erősödni fog.

A hattagú EGK országai közötti acélkereskedelem a közösség nyersacélelőállításának 5,6 %-ról (1971-ben) 22,8 %-ra (1972-ben) emelkedett. Ez egyértelműen mutatja, hogy milyen gyorsan fejlődött a Közös Piacon belül az összefogás. A közösség Nagy-Britanniából származó acélimportja a közösség nyersacéltermelésének 0,4 %-át, míg a közösségből származó brit import a brit acéltermelés 3,8 %-át tette ki.

A Közös Piac kiszélesítése és a maradék EFTA-országokkal való szabadkereskedelmi övezet létrehozása nagyobb elhelyezési lehetőséget nyit az eddig vámokkal szétszabdalt piacokon. Az is igaz viszont, hogy a helyi acélipar a kibővített piac más országaiban levő versenytársak erősebb nyomásának lesz kitéve. A bizottság nézete szerint az acéliparnak a következő években alkalmazkodnia kell az új piaci feltételekhez. Végül is többé-kevésbé szoros munkamegosztás kell, hogy kialakuljon. A kínálatnak az egyes piacok előre felbecsült igényéhez kell igazodnia, s így a visszaállított egyensúly nem fog ismét veszélybe kerülni. (HW.)

Világgazdaság febr.

*

Szovjet segítséggel épített külföldi üzemek

A világ 17 országában 1975-ig 38 vaskohászati üzem kezdi meg működését szovjet műszaki segítséggel. A Tyazpromexport erre a célra 400 et súlyú alapvető termelő berendezést szállít az érdekelt országoknak. Ebből 80 et a nyersvasgyártó, 75 et az acélgyártó, 245 et a hengerműi berendezés, és ezenkívül kb. 600 et az acélszerkezet.

A török Etibankkal történt megállapodás alapján 200 millió dollár értékű gépet és berendezést szállít a Szovjetunió az Iszkenderum acélművek első fokozatának berendezéséhez, amely évi 1 millió t-ás kapacitással működik majd. Ugyanennek az acélműnek 2 millió t-ás kapacitásra való fejlesztéséről a közelmúltban szintén tárgyalások folytak.

A szovjet műszaki segítséggel épített vaskohászati létesítmények a következők:

Az évi 4,5 millió tonna kapacitású lengyel Centrum acélmű, amelynek építésével párhuzamosan folyik a régebben épült kohászati telepek bővítése és korszerűsítése.

Bulgáriában a kremikovszki kombinát kapacitását 2,2 millió tonnára növelik. Ez lehetővé teszi a hidegen hengerelt és a horganyzott acéllemezek gyártásának megindítását.

A Koreai NDK-ban évi 1 millió kapacitású acélmű épül; a konverter- és a hengerlőüzem berendezéséhez kb. 100 etonnányi gépi berendezést szállít hitelbe a Szovjetunió.

Romániában számos üzem épül, amelynek összes kapacitása évente 3 millió tonna nyers acél, 5 millió tonna hengerelt áru, ill. 3,4 millió tonna kohókoksz. Ez jelentékenyen tovább növeli a román acélipar kapacitását.

Egyiptomban az ország első kohászati kombinátja bővül évi 1 millió tonna acél gyártására.

Az algériai Annabában levő acélmű kapacitását 2 millió tonnára növelik. A Szovjetunió hitelbe szállítja az alapvető műszaki berendezéseket a nagyolvasztóműhöz és a hengerműhöz. Az építkezést szovjet szervek végzik együttműködve helyi állami vállalatokkal.

Az indiai Bokaroban évi 1,7 millió tonnás kapacitású acélmű létesül. A kapacitás esetleges 4 millió tonnára való fokozását is tervbe vették.

Iránban az iszfaháni acélmű első szakasza évi 600 etonnás kapacitással dolgozik. Elgondolásuk szerint ezt 1,9 millióra, sőt később esetleg évi 4 millió tonnára bővítik. Ez lesz Irán első nagy acélgyára.

A Szovjetunió segíti Finnországot a raahei kohászati mű korszerűsítésében. Itt évente 1,7 millió tonna nyersacél készül majd. A folyamatos acélöntéshez szükséges berendezéseket is a Szovjetunió szállítja.

Kelet-Európában és a fejlődő országokban a Szovjetunió műszaki segítsége teszi lehetővé a vaskohászat fejlődését. A segítség következtében 1975 végéig, ill. részben későbbi időpontig, lehetővé válik a termelő kapacitások növelése, nyersvasból 10,8 millió tonnával, nyers acélból pedig 18,5 millió tonnával.

A Szovjetunió ez idő szerint 88 külföldi vaskohászati létesítmény megvalósítására vállalt kötelezettséget. Ezek közül 46 üzem kb. évi 20 millió tonna kapacitással már átvételre került.

Az acélművek építéséhez nyújtott segítségen kívül a Szovjetunió látja el ezeket az üzemeket a szükséges alapvető nyersanyagokkal is. A csehszlovák, magyar, román és lengyel kohászat szovjet vasérccel és koncentrátummal dolgozik. A kiváló minőségű acélfajtákat is előállító acélgyártás bővülése lehetővé tette a kelet-európai országok és India számára, hogy gyorsan és hatékonyan fejlesszék a nehézgépgyártást, az elektromos gépgyártást, a hajóépítést és a korszerű ipar egyéb ágazatait. (HW)

Világgazdaság febr.

*

Kína vaskohászatának fejlődése

A pekingi Zsenmin Zsipao egyik cikke nemrég számadatokat hozott nyilvánosságra Kína múltévi acéltermeléséről.

Ezek szerint összesen 23 millió tonna különböző fajtájú acélt állítottak elő, ami az 1971. évvel szemben 9,5 %-os emelkedést jelent. Az acéláruk termelése 10 %-kal, a nyersvasé 12 %-kal emelkedett. Bár a nyersvassal kapcsolatosan abszolút számadatokat nem hoztak nyilvánosságra, a termelt mennyiség nagyságrendje kb. megfelel az acélénak. A legtöbbször japán forrásokra támaszkodó becslések eddig nagyon megbízhatónak bizonyultak. A kínai tudósítás a továbbiakban megemlíti, hogy az ország minden nagy vas- és acélműve túlteljesítette termelési kötelezettségét.

Az acéltermelés növekedési üteme 1971—1972-ben csak fele olyan gyors volt, mint az 1970—1971-es időszakban (akkor 18 % volt). Ez azzal magyarázható,

hogy a meglevő gyárak kapacitásának kihasználása lassanként elérte a tetőpontot s így a termelés növekedése szükségszerűen lelassult. Lényegében ez az oka annak is, hogy Kína, a növekvő vas- és acélszükséglet nyomása alatt, ipara számára komplett acélműveket vásárol, mert ezek hamarabb állhatnak a termelés szolgálatába, mint a saját eszközökkel létrehozott üzemek. Így a China National Import and Export már az elmúlt év októberében a japán Nippon Steel és a Kawasaki Steelmakingtől ajánlatot fogadott el egy komplett, évi 3 millió tonna kapacitású hengereltacél és hidegszalagmű felállítására. A nagyberendezések exportjának financiális kérdéseit japán részről közben megoldották — ebben az esetben kb. 325 millió dollárról van szó — a szállítások ez év végén, ill. a jövő év elején fognak megkezdődni. Ha ezek és más hasonló teljesítőképességű berendezések, melyeket még ezek után fognak vásárolni, néhány éven belül megkezdik a termelést, akkor a kínai összacéltermelés növekedési aránya ismét magasabb lesz, mint az elmúlt évben volt. Kína 1973. évi szállításra Japánból eddig 1,4 millió tonna acélárut rendelt. (HW)

Világgazdaság febr.

*

A világ vezető csőtermelő országai

A japán vas- és acélipari szövetség jelentése szerint a Szovjetunió a világ legnagyobb acélcsőtermelője. Az elmúlt tíz év alatt mind a hegesztett, mind a varratnélküli csövek gyártása megkétszereződött. A szovjet termelés 28 %-a kivitelre kerül, emellett azonban igen jelentős az import is.

A világon 1971-ben összesen 44 millió tonna acélcsövet és csővezetéket állítottak elő, ebből 9,25 millió tonnát exportáltak. A Szovjetunió, Japán, az USA és az NSZK adta a világtermelés 70 %-át, a kivitel 60 %-a pedig Japánból, az NSZK-ból, Franciaországból, Angliából, Olaszországból, Csehszlovákiából, az USA-ból és a Szovjetunióból származott.

Japán a második legnagyobb acélcsőtermelő, hegesztett csövekből a termelés 40 %-át, varratnélküli csőből pedig 60 %-át exportálja. Az USA a világnak a harmadik, az NSZK a negyedik legnagyobb acélcsőtermelője. (HW)

Világgazdaság febr.

*

Nagyvállalatokat vontak össze az osztrák vaskohászatban

Az acélszektor az osztrák gazdaság államosított szektorai közül a legfontosabb. A VÖEST, az Alpine, a Böhler és a Schoeller—Bleckmann a négy nemzetközileg is ismert képviselője ennek az ágazatnak. Összforgalmuk (leányvállalataik forgalmát is beleszámítva) 1971-ben 27 miliárd schilling volt, az osztrák acélipari vállalatok 40 milliárdos forgalmából.* Ennek a négy vállalatnak az üzemeiben dolgozik az 103 ezer osztrák acélipari alkalmazott közül 76 ezer. A tervezett acélfúzió, amelyet 1973 jan. 1-i hatállyal visszamenőleg határoztak el, ezeket a cégeket olvasztaná össze. Elvi vita folyik az összeolvasztásról, elsősorban a két vezető osztrák párt között. A szociáldemokrata párt az osztrák gazdaságtörténelem mérföldkövének nevezi a visszamenőleg elhatározott összeolvadást, míg néppárti ellenlábasaik szerint a mérföldkövet rossz időpontban és rossz helyre rakták.

Kreisky kancellár egy sajtótájékoztatón az acélfúziót a legfontosabb megoldásra váró belgazdasági feladatként említette. Kifejtette: remélhetőleg rövid időn belül sikerül kompromisszumos megoldást találni. Ez annál inkább fontos, mert az acélfúzió megnövelné az osztrák cégek versenyképességét a nyugati piacokon és ez az országnak komoly érdeke, különösen most, amikor érvénybe lépett a Közös Piaccal kötött szabadkereskedelmi egyezmény.

Világgazdaság febr.

*

Az osztrák állami vállalatok számára 1972 az összevonások és a középtávú tervek készítésének éve volt, mondotta *dr. Geist*, az ÖIAG vezérigazgatója az osztrák sajtónak és rádiónak adott nyilatkozatában. A VÖEST-Alpine egyesülése után 1973 januárjában indult meg az „Acélterv". Az egyesített Österreichische Mineralölverwaltung és Österreichische Stickstoffwerke számára pedig ugyanekkor kezdi a „Vegyiterv" megvalósítását a két vállalat munkájának szorosabbá tételével. A víziközlekedés koncentrálását jelentette a DDSG (Donau-Dampfschiffahrtsgesellschaft) és a korneuburgi hajógyár összevonása.

Az 1972. évre állami vállalatok részére tervezett 30 milliárd Schilling beruházási keretből 13 milliárdot az acélipar és 10 milliárdot a petrokémiai ipar kapott. Az Osztrák Állami Ipar (ÖIAG) az 1970. kiszámított osztalékkal szemben 1971 után 4 % osztalékot fizetett. (HW)

Osztrák rádió febr.

*

Japán technológiával gyártanak transzformátorlemezeket az NSZK-ban

A Nippon Steel engedélyt adott a nyugatnémet August Thyssen Hütte cégnek, hogy az általa kifejlesztett technológia alapján gyártson transzformátorlemezt. A japán cég ezt a technológiát első ízben adta el Európában; 1971 augusztusában a licencet már megvette az amerikai ARMCO Steel. A Nippon Steel ezt az új transzformátorlemezt 1968 óta gyártja. A felhasználásával épített transzformátorok vasveszteségе 10—30 százalékkal kevesebb, mint a régebbi minőségű lemez felhasználása esetén, ezenkívül a berendezés kisebb zajjal is működik. (HW)

Világgazdaság 1972. dec.

* A négy vállalat évi acéltermelése kb. 4 mill. tonnát tesz ki. (Szerk.)

Felhívás szerzőinkhez

A beküldött tanulmányokat, közleményeket általában a szerkesztőséghez való beérkezés sorrendjében jelentetjük meg kivéve, ha a lektor vagy a szerkesztő bizottság átdolgozást, kiegészítést lát szükségesnek.

A beküldött és a lektorok által közlésre javasolt cikkkéziratok gyors megjelentetését az eleve rendkívül hosszú (kb. három hónapos) nyomdai átfutási időn kívül leginkább az újbóli gépelést szükségessé tevő külalak — a nyomdai kézirat-szabványok előírásainak figyelmen kívül hagyása, így elsősorban a túl sűrű gépelés — hátráltatja.

Ismételten összefoglaljuk a kéziratokra legfontosabb előírásokat:

Papírnak csak egyik oldalára írt szöveg.

Széles margó, „kettes" sorköz, oldalanként 25 sor, soronként 50 leütés.

Az irodalomjegyzék, a rajzok és táblázatok, valamint az ábraaláírások nem a szövegbe beépítve, hanem külön lapokon legyenek.

A cikk elejére 3—4 mondatos, max. 6—10 soros tartalmi összefoglalót kérünk.

Szerző végzettségét, esetleges tudományos fokozatát, valamint a munkahelyét kérjük a cím alatt feltüntetni. A kézirat első oldalán, a gyors ügyintézés érdekében szerző hivatali és lakás címét, hivatali (esetleg lakás(telefonszámát kérjük megadni.

A jelenlegi anyagtorlódás miatt csak rövidre fogott cikkek megjelentetésére lehet számítani. A terjedelmes, 25 szabvány-kéziratoldalnál hosszabb cikkek közlését belátható időn belül nem tudjuk biztosítani. A hosszabb cikkek rövidítését a lektorok rendszerint nem vállalják, ezért megjelentetésük elhúzódik.

Kérjük cikkíróinkat, hogy tanulmányaikat, közleményeiket tömören fogalmazva, jól érthetően, rövid mondatokban írják meg és az általánosan elfogadott szakkifejezéseket használják.

A Szerkesztőség

Üzemi hírek

Új korszerű Szerszám Hőkezelő üzemmel bővült a Magyar Vagon- és Gépgyár. Ezzel a Vállalat a saját minőségi szerszám (gyártóeszköz) gyártás egyik legégetőbb problémája oldódott meg.

Az üzem technológiai rendeltetését tekintve az alábbi részekre tagozódik:

Húzótüske hőkezelősor

Itt kerülnek a tengely jellegű alkatrészek, de elsősorban a nagyméretű kalibráló tüskék hőkezelésre. A nagyméretű húzótüskéket a vállalat hazai gyártás hiányában eddig importból biztosította. A hőkezelő üzem beindításával megoldódott a nagyméretű kalibráló tüskék hazai nagyüzemi hőkezelése. Így a vállalat e szerszám beszerzését saját üzemében, tekintélyes valuta megtakarítás mellettt udja biztosítani.

A munkadarabok előmelegítésére városi gáz tüzelésű légcirkulációs kézi és automatikus vezérléssel bíró aknás kemencék szolgálnak. Ezekben a berendezésekben lehetséges az előmelegítést a technológiai előírásoknak megfelelően semleges gázban (nitromat), valamint az elszéntelenedésre érzékeny anyagokat védőgázban (endo) előmelegíteni.



Az edzési hőmérsékletre történő hevítésre, megeresztésre neutrális sófürdő szolgál, kézi és automatikus vezérléssel.

A *fénykép* egy ∅ 50 × 1500 mm méretű és MSZ 4351 R2-minőségű kalibráló tüske hevítését mutatja.

Többcélú kamráskemence hőkezelősor

Ebben a részlegben történik kis és közepes méretű süllyeszték szerszámok, elsősorban a maxima sajtók betét szerszámainak védőgázban való hőkezelése.

A berendezés gépi kiszolgálású. A berendezésben lehetséges semleges (nitromat), valamint dekarbonizációra érzékeny anyagok esetében (endo) védőgázban hőkezelni. Külön amóniák teleppel is rendelkezik az üzemrész. Így kisméretű szerszámok élettartam növelését célzó hőkezelést is lehet eszközölni.

Süllyeszték hőkezelő részleg

Ebben az üzemrészben nagyméretű süllyeszték tömbök, valamint egyéb nagyméretű készülékek, szerkezetek hőkezelése történik. A berendezéseket a KGMTI tervezte és a KGYV kivitelezte. Típusát illetően kamráskemencék, városi gáztüzelésűek, kézi és automatikus vezérlésűek.

Kissósori hőkezelő rész

Kisméretű szerszámok (fúrók, marók, dörzsárak, kések stb.) sófürdőben való hőkezelése történik ezen üzemrészben.

Valamennyi üzemrész egy 2360 m² alapterületű csarnokban foglal helyet. Mint a fentiekből is kitűnik, valamennyi üzemrész külön technológiai zárt egységet képez, de szükség szerint technológiailag összekapcsolva is üzemeltethető. Az évi termelése az üzemnek — figyelembe véve az anyagminőségi és a szerszámok alaki nagy szóródását — 5000 t/év.

A hőkezelésre kerülő anyagokat — azok anyagi értékét figyelembe véve — minden egyes esetben repedés vizsgálatnak vetnek alá. A kész hőkezelt darabok bevizsgálására korszerű laboratóriummal és bevizsgáló műszerekkel rendelkezik az üzem.

Fábián Béla

Műszaki és gazdasági hírek

Az osztrák nemesacélgyártás fejlesztése

A Böhlerwerke 1972-ben 200 millió schilling kölcsönt bocsátott ki termelési kapacitásának bővítésére. A befolyó összeget elsősorban a Kapfenbergben létesítendő keményfém üzem költségeinek fedezésére fordítják. A Böhler cég eddig Ausztriában és az NSZK-ban is állított elő keményfémeket. A termelés most meginduló koncentrálása gazdaságosabb gyártást jelent, és a világpiaci igények növekedésének jobb kielégítését teszi lehetővé. A beruházás során fémpor előkészítő gépsor, vákuum-zsugorító kemence és új nyersanyag raktárak létesülnek. Az üzem fúrók, marók és esztergakések számára állít elő vagólapkákat. (HW)

Osztrák TV. Österreich Bild adása.

Egy osztrák csőgyár termelési problémái

Értékesítési problémákkal küzd az ausztriai Hall-ban üzemelő Tiroler Röhren- und Metallwerke vállalat, amely csatorna- és vízvezetékcsöveken kívül az autóipar számára is készít gépalkatrészeket. Utóbbi gyártmányokban bekövetkezett rendeléskiesések vezettek a jelenlegi értékesítési gondokhoz. 1972. évre a vállalat 28 ezer tonna termeléssel számolt, ami 6 ezer tonnával kevesebb a jó évek átlageredményeinél. A hazai vevőkön kívül Svédországba és Nyugat-Németországba exportál. Az üzem vezetősége reméli, hogy a környezetvédelem fokozott igényei a vállalatot újabb csőrendelésekhez juttatják. (HW)

Osztrák TV. Österreich Bild adása.

A csehszlovák acélipar tervei 1990-re

A csehszlovák acélipar 1990-ben várhatóan 12 millió t nyersvasat (1971: 8 millió t), 19 millió t acélt (12,06), 14 millió t hengerárut (8,32) és 2 millió t acélcsövet (1,21) fog gyártani, s az egy főre eső acélfogyasztás 1200 kg lesz. Ezen adatokat az ENSZ Európai Gazdasági Bizottság Acélbizottsága által 11 ország szakértői számára rendezett csehszlovákiai tanulmányút (Kuncice, Vitkovice, Chomutov) során közölte a csehszlovák kormány képviselője. (P)

Montan, 1972. dec. 7.

A lengyel vaskohászat teljesítette 1972-es tervét

A lengyel vaskohászat 1972 karácsonyára teljesítette 1972. évi tervét — jelentette az ADN. Ezek szerint a vaskohászat 15,9 millió t kokszot, 7,8 millió t nyersvasat, 12,6 millió t acélt, 8,95 millió t hengerelt árut és 182 000 km csövet gyártott. Az 1973-as terv többek között az alábbiakat irányozza elő: 16,5 millió t koksz, 8 millió t nyersvas, 13,2 millió t acél és 9,4 millió t hengereltáru (P).

Montan, 1972. dec. 27.

Az Alpine új fejlesztései

Az Alpine a késztermékgyártás további bővítésével kíván az acélpiacon versenyben maradni. Krieglachban most helyezték üzembe Ausztria első meleg profilcsőhengerművét (+ lakkozóüzemet), amely az építőipar igényeit hivatott kielégíteni. A hengermű a korrózióálló „Korralpin" acélból készült és műanyagbevonatú csöveket is gyárt.

Krieglachban és Zeltwegben a csomagoló szalagacél gyártását fejlesztik saját tervezésű körkéses szalaghasító és szalagmosó berendezés beállításával. A kindbergi fényesre lágyított acélokat gyártó üzemrészt 1973-ban, roncsolásmentes anyagvizsgálatot is végző kikészítőberendezésekkel és nemesítő berendezéssel látják el. A további tervekben védőgáz alatt lágyító sisakkemence beállítása is szerepel. (P)

Montan, 1972. dec. 27.

Szovjetunió kohászati kombinátot épít Finnországban

A szovjet kormány határozata értelmében 1973—1981 között kohászati kombinátot építenek Kosztamoban. A finn szovjet együttműködési vegyesbizottság javasolta, hogy a lehető leghamarabb vitassák meg a kombinát építésében (termelés, specializálódás) való együttműködést. (P)

Montan, 1972. nov. 24.

3,1 milliárd font a brit acélipar fejlesztésére

A brit kormány az elkövetkező tíz évben 3,1 milliárd fontot fordít az acélipar modernizálására. A termelés 90 %-át adó állami vállalat, a British Steel (BSC) a fenti összeg felét biztosítja, míg a másik felét a kormány nyújtja.

A BSC jelenlegi 27 millió t/év acélgyártó kapacitását 1980-ig 38 millió t/év-re növeli, de ha a szükségletek úgy kívánják, a kapacitás 45 millió t/év-re is bővíthető. A racionalizálás jegyében az eddig 20 ezer fős létszámcsökkentés újabb 30 ezer fő csökkentés követi, így az acéliparban foglalkoztatottak száma 180 ezer fő lesz. A hagyományos acélgyártási körzetek kiépítése és modernizálása mellett 700 millió font költséggel óriási kombinát építését tervezik Redcar-ban és speciális acélmű épül Sheffield térségében. Ugyanakkor az elavult üzemeket leállítják vagy termelésüket csökkentik. (P)

Montan, 1972. dec. 22.

A brazil acéltermelés felfutása

A három legnagyobb brazil állami kohászati vállalat, a CSN, az USIMINAS és a COSIPA kivitelezés alatt álló fejlesztései következtében együttes acéltermelésük 1976-ban eléri a 6,9 millió t-t, 1980—81-ben pedig a 10,9 millió t-t. A magánkézben levő vállalatok acéltermelését 1976-ban 4,2 millió t-ra ,1980—81-ben pedig 6,7 millió t-ra becsülik. (P)

Métallurgie 1972. nov. 11.

Új rozsdamentes ötvözet: ELA-Ferrit

Az Edelstahlwerk Witten ELA-Ferrit néven új, nagytisztaságú, 18 % Cr és 2 % Mo tartalmú, kitűnő korrózióálló tulajdonságokkal rendelkező ötvözetet fejlesztett ki. Az LD-Vac eljárással gyártott acél igen kis C, N, Ni, és CU-tartalmú, továbbá jó mechanikai tulajdonságai révén a hidegalakítás területén elsőrendű jelentőségre tehet szert. (P)

Stahl und Eisen, 1972. okt. 26.

Európa első 6 állványos hidegszalag tandem-sora

A Rasselstein AG 1972-ben helyezte üzembe Európa első 6 állványos hidegszalag tandem sorát.

A hengersor legfontosabb adatai:

Szalagszélesség	600—1300 mm
Hidegszalag vastagsága	0,15—1 mm
Melegszalag vastagsága	1,5—3,5 mm
Legnagyobb tekercsátmérő a lecsévélő oldalon	2800 mm
Max. tekercssúly a lecsévélő oldalon	46 t
Legnagyobb tekercsátmérő a felcsévélő oldalon	2200 mm
Max. tekercssúly a felcsévélő oldalon	35 t
Hengerek hossza	1450 mm
Munkahengerek átmérője	565—615 mm
Támasztóhengerek átmérője	1300—1450 mm
Max. hengerlési sebesség	2400 m/perc

Meghajtás:

1—4. állványon a munkahengerek
5—6. állványon a támasztóhengerek.

Minden állványnál Twin-Drive meghajtás külön alsó és felsőhenger fordulatszám szabályozással.

Meghajtóteljesítmény: 32.625 kW (tekercselőkkel együtt).

Vezérlés: Központi vezérlőpultról automatikusan vezérlik a tekercsfeladást és levételt, válamint az állványokba való befűzést, ill. minden állványban a hengercserét.

Szabályozás: A vastagság szabályozása az első és utolsó állványnál a hengerlési erő, ill. szalagfeszítés állításával. Az állványok közti közvetlen szalagfeszítést a hengerlési erővel szabályozzák. A hengerlési erő szabályozása hidraulikus hengerrel történik. (P)

A Rasselstein prospektusból

Mannesmann második folytatólagos csőhengersora

1972. dec. 12-én, kétévi építés után adták át rendeltetésének Mühlheimben a Mannesmann-konszern 1000 dolgozót foglalkoztató, 34 000 t/hó kapacitású második folytatólagos csőhengersorát, amely 11 elavult berendezés (24 000 t/hó összkapacitás, 2000 dolgozó) helyére lépett. Az 1966-ban üzembe helyezett 21 000 t/hó kapacitású első sorral együtt a jelenlegi összkapacitás 55 000 t/hó. Mindkét soron 2,3—20 mm falvastagságú, max. 133 mm átmérőjű varratnélküli csövet gyártanak. Mannesmannék remélik, hogy az új hengerművel egyrészt az NSZK utóbbi időben megnövekedett csőimportját visszaszorítják, másrészt az exportrészarányt 60 %-ra tudják növelni. A legfontosabb külföldi vevők elsősorban a skandináv országok, a szocialista országok, Kína és az EGK-országok. (P)

Montan, 1972. dec. 12.

Hoesch üzembe helyezte új ónozott lemezt gyártó sorát

A Hoesch Hüttenwerke 18 havi építés után üzembe helyezte új, 100 millió DM költséggel épült, 25 000 t/hó kapacitású ónozott lemezt gyártó sorát, amelyen 540 m/perc sebesség mellett elektrolitikusan ónozott vagy krómozott finomlemezeket gyártanak 0,12—0,49 mm vastagságban és 600—1400 mm szélességben. (P)

NE-Metalle, 1972. dec. 23.

FÉMKOHÁSZAT

Rovatvezetők: GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ

Az oldószeres extrakció felhasználásának lehetőségei a réz kohászatában

Dr. HORVÁTH ZOLTÁN egyetemi tanár
Nehézipari Műszaki Egyetem Fémkohászattani Tanszék

SZEPESSY ANDRÁSNÉ egyetemi tanársegéd
Nehézipari Műszaki Egyetem Fémkohászattani Tanszék

DK.: 669.3 : 542.6 : 66.061.3

Az analitikából ismert és átvett oldószeres extrahálási módszerek általános tárgyalása után a szerzők részletesen foglalkoznak a korszerű LIX-reagensekkel végzett ipari méretű extrakciókkal; ismertetik a különböző reagenseket és közlik az általuk elvégzett extrakciós kísérletek eredményeit.

Az analitikai kémiában kb. 50 éve használják az oldószeres extrakciót a különböző fémionokat tartalmazó vizes oldatok elemzésénél az egyes komponensek szétválasztására és azok mennyiségének meghatározására. Így pl. a réz meghatározására alkalmas analitikai módszereket az *1. táblázatban* foglaltuk össze [1], [2].

Az oldószeres extrakciós analitikai módszerek, továbbá a petróleumiparban a huszadik század kezdete óta használt oldószeres extrakciós kémiai technológiák és az azok megvalósítására szolgáló berendezések nagyon hasznos információkat szolgáltattak a későbbi kohászati felhasználáshoz.

A hidrometallurgiában az uránércek feldolgozására használták először üzemi méretekben az oldószeres extrakciót. Az 50-es évek folyamán megvalósított eljárásokat az urán mellett a nagy tisztaságú ritkafémek előállítására is használják (pl. Hf és Zr, Nb és Ta elválasztása, Th kinyerése stb.) [3].

A széles körű és folyamatos kutatás, ami az új reagensek előállítására és azok felhasználási területeinek pontos körülhatárolására irányult, megdöntötte azt a korábbi álláspontot, hogy az oldószeres extrakció csak a nagy értékű fémek előállítására jöhet számításba. Ennek bizonyítéka az, hogy az utóbbi években a többi fém előállításához képest a legtöbb forradalmi változáson átment rézkohászatban üzemi méretekben is tért hódított az oldószeres extrakció.

Az oldószeres extrakció térhódításának okai mindig azonosak. A réztartalmú oldatok feldolgozásában is az a szerepe, hogy segítségével olyan tisztaságú és koncentrációjú, valamint a fémet olyan só formájában tartalmazó oldatot kapjanak, amely a nagy tisztaságú végtermék gyártására a legalkalmasabb.

Az extrahálószerrel szemben elsődleges követelmény tehát, hogy a rezet szelektíven elválassza az oldatban levő szennyezőktől. Ennek a követelménynek eleget tenni egyre nehezebb, amit több ok együttes összejátszása idéz elő:

— a fém tisztaságával szemben támasztott szigorúbb követelmények a fémfeldolgozó ipar részéről;

— az egyre kisebb fémtartalmú ércek feldolgozásának kényszere;

— a fémhulladékok feldolgozásának szükségessége.

Az oldószeres extrakcióval történő szelektív rézelőállítás problémáját a kutatók több irányból közelítették meg. A párhuzamosan folyó kutatások eredményeként jelenleg a *2. táblázatban* [4] megadott, üzemi vagy félüzemi körülmények között kipróbált extrahálószerek kaphatók a kereskedelemben.

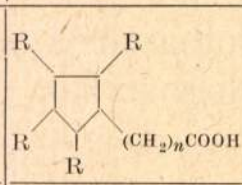
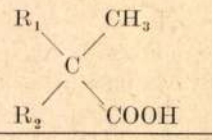
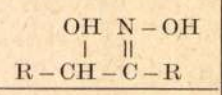
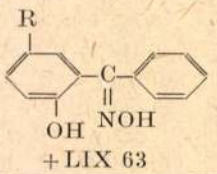
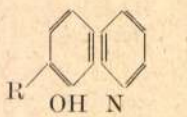
1. táblázat

A réz analitikai meghatározására alkalmas oldószeres extrakciós módszerek ([1], 272—277. o., [2] 204—206. o.)

Extrahálószer	Vizes oldat	Megjegyzés
5% n-kaprilsav etilacetát hígítószerben	pH = 6,3—10,3	Cr^{3+}, Rh és ferrocianid zavarja a meghatározást
Hidrogénkupferonátot tartalmazó kloroform	1,2 n HCl	
Nátriumdietil-ditiokarbamát + + butilacetát	ammóniás közegben	
13 ppm ditizon széntetrakloridban	pH = 1,5—2	EDTA jelenlétében, pH = 9-nél a Pb, Zn, Bi, Cd, Ni, Co, Tl nem zavar
1% 8-hidroxichinolin széntetrakloridban	pH = 6,45	Fe, Al, Co, Ni, Mn mellett meghatározható a réz

2. táblázat

A réz szelektív kinyerésére alkalmas, kereskedelemben kapható extrahálószerek [4], 20. o.

Az extrahálószer típusa	A reagens			A reagenst előállító cég	Felhasználási terület
	neve	szerkezeti képlete	ára, font/t		
Savas, nem kelátképző extrahálószerek	nafténsavak		142—150	Shell Chemical Co.	Két vegyértékű fémionok elválasztása üzemi méretekben
	Versatic 9—11		280	Shell Chemical Co.	Réz és nikkel elválasztása üzemi méretekben
Kelátképző extrahálószerek	LIX-63		2400	General Mills Inc.	Réz extrakciója ammóniás oldatból üzemi méretekben
	LIX-64 és LIX-64 N	 + LIX 63	2400	General Mills Inc.	Réz kinyerése savas oldatokból, a fémionoktól való szelektív elválasztás, üzemi méretekben
	LIX-70	?	3100	General Mills Inc.	Réz kinyerése nagy sav- és réztartalmú oldatokból félüzemi méretekben
	Kelex 100		4850	Ashland Chemical Co.	Réz kinyerése savas lúgzási oldatokból, a ferri ionoktól való szelektív elválasztás félüzemi méretekben.

A réz extrakciója karbonsavakkal

A *2. táblázat* első csoportjába tartozó extrahálószerekkel csak röviden foglalkozunk.

A kationcserélő mechanizmus szerint extraháló karbonsavakkal csak szigorú pH-szabályozás mellett valósítható meg a szelektív fémelválasztás. A különböző fémek karboxilátjainak képződési sorrendje általában megegyezik az oldat semlegesítésekor keletkező fémhidroxidok képződési sorrendjével. Fletcher és társai szerint [5] a komplexképződési sor:

$$Fe^{3+} < UO_3^{2+} < Sn^{2+} < Al < Hg < Cu, Zn < Pb, Ag, Cd < Ni, Co, Fe^{2+} < Mn < Ca, Mg$$

A komplexképződés pH-intervalluma 3—10.

A karbonsavakkal történő szelektív rézkinyerés hátrányai a fentiekből könnyen felismerhetők és az alábbiakban összegezhetők:

— a réz extrakciója előtt az oldatot lecsapással vagy egy másik extrakciós művelettel mindazoktól a szennyezőktől meg kell tisztítani, melyek a rezet a komplexképződési sorban megelőzik;

— a réz karboxilátja pH = 3 – 5 között képződik, így az oldatban levő szabad savat és az extrakció közben felszabaduló savat folyamatosan közömbösíteni kell;

— a rezet a cinktől, a gyakorlatilag azonos komplexképződési pH-határok miatt, nem lehet elválasztani.

A nagy fajlagos közömbösítőszer (NaOH vagy NH_4OH) felhasználás a karboxilos-eljárást a legtöbb esetben gazdaságtalanná teszi [6].

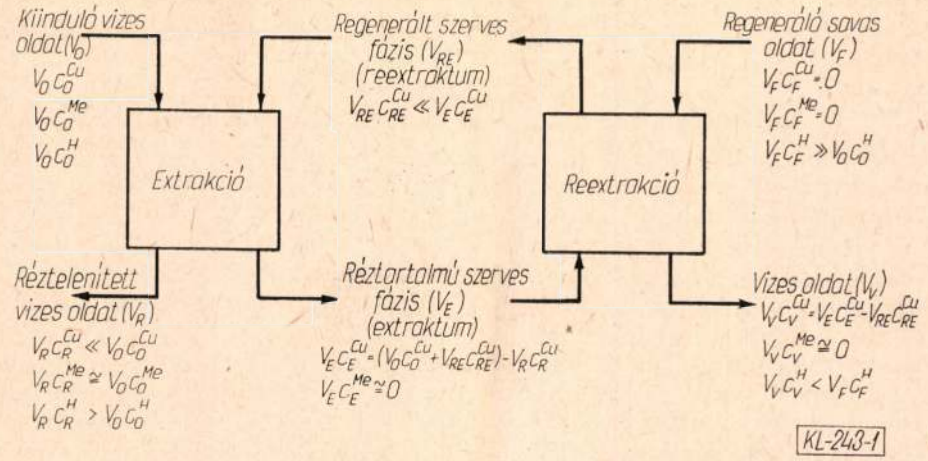
A réz extrakciója LIX-reagensekkel

A General Mills Inc. évek óta foglalkozik a rézre nagyon szelektív LIX-reagensek kifejlesztésével. (LIX a Liquid Ion Exchange rövidítése.) A sorozatban szabadalmaztatott reagensek a réz hidrometallurgiájának újabb és újabb területeit hódítják meg, egyre szélesebb körben hasznosíthatók.

Az extrakció mechanizmusa [3] [7]

Az LIX-reagensek = N – OH csoportot tartalmazó oximszármazékok. Általános képletük RH, ahol R jelenti a rézre szelektív LIX-ligandumot. (A ligandum a komplexekben található savas jellegű, egy vagy több bázisos csoportot tartalmazó centrális ion.) Az LIX-reagenseket petróleum hígítószerben, pótlék-adás nélkül használják.

A rezet tartalmazó vizes oldat LIX-reagenssel történő extrakciója során az alábbi általános

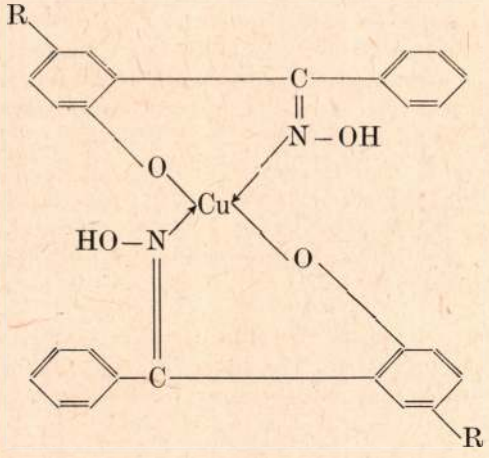


1. ábra. Szennyezett rezes oldatok extrakciójának és reextrakciójának sémája

egyenlet szerinti reakció játszódik le:

$$(Cu^{2+})_{vizes} + 2\,(RH)_{szerves} \rightarrow (CuR_2)_{szerves} + 2\,(H^+)_{vizes}$$

A rézion az extrahálószerből származó hidrogénionnal cserél helyet. Mivel az oximok kelátképző reagensek, a rézion vegyértékének és koordinációs számának megfelelően komplex, elektromosan semleges rézkelát (CuR_2) képződik. A rézion az LIX-64-gyel például a az alábbi szerkezeti képletű kelátot képez:



A rézkelát vízben oldhatatlan, a szerves fázis hígítószerében viszont jól oldódik, így az extrakció során a réz a szerves fázisba kerül. Ezzel egyidejűleg a vizes fázis savtartalma megnövekszik.

A réz mellett egyéb szennyezőket (Fe^{3+}, Mo, V, Zn, Sn, Ca, Mg, As, Al, Fe^{2+}, Si, Co, Ni) tartalmazó oldatokban a rézre szelektív LIX-ligandum csak a rézzel lép reakcióba, ha az oldat pH-ja 2-nél kisebb. Más fémkelátok képződésére csak nagyobb pH-nál van lehetőség [6], [8].

Az LIX-reagensek nagy előnye a karbonsavakkal szemben, hogy a komplex képződési sor első tagja a réz. Kellően savas oldatból a sorban utána következő Fe^{3+}-iontól is tökéletesen elválasztható.

A rézkelátot tartalmazó szerves fázis kénsavas oldattal történő reextrakciójában az alábbi folyamat játszódik le.

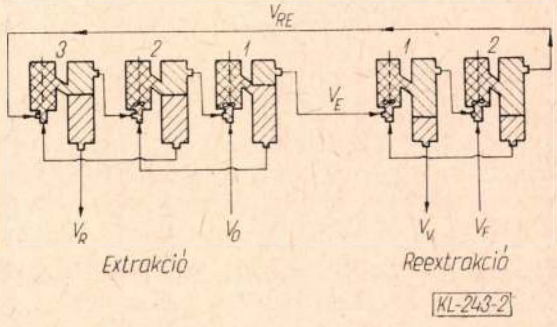
$$(CuR_2)_{szerves} + 2\,(H^+)_{vizes} \rightarrow 2\,(RH)_{szerves} + (Cu^{2+})_{vizes}$$

A reextrakció során az LIX-reagens regenerálódik, a rézion pedig a reextraháló vizes oldatba kerül. Meg kell jegyezni, hogy bár a két folyamat formailag egymás inverze, a rézkelát megbontásához lényegesen nagyobb savmennyiség szükséges, mint az extrakcióhoz adott vizes oldat kiinduló savtartalmának és az extrakció közben felszabaduló sav mennyiségének összege.

Az *1. ábrán* bemutatott séma szerint összekapcsolt extrakció és reextrakció egyaránt a vizes fázis pH-jának függvénye.

Az extrakció egyensúlya annál hamarabb beáll, minél nagyobb a kiinduló vizes oldat sav- és réztartalma. Minél savasabb oldatból extrahálja az LIX-ligandum a rezet, annál stabilabb komplex képződik. Minél stabilabb a rézkelát, annál nagyobb savkoncentrációjú oldat szükséges a megbontásához reextrakciónál.

Az extrakciót és reextrakciót is folyamatos, többfokozatú, ellenáramú rendszerben valósítják meg, melyet a *2. ábrán* szemléltetünk.



2. ábra. Többfokozatú, folyamatos, ellenáramú extrakció és reextrakció folyamatábrája

Az LIX—reagensek áttekintése

A General Mills Inc. kutatási programjának célkitűzése az volt, hogy az üzemi gyakorlatban előforduló szennyezett, tág réz- és savkoncentráció-tartományban változó összetételű oldatokból a rezet közvetlenül, szelektíven és jó hatásfokkal extraháló reagenseket fejlesszen ki.

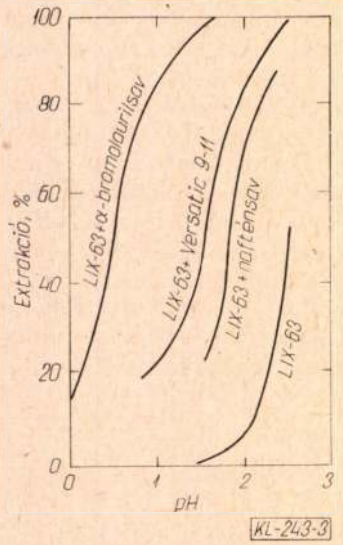
Az első reagensek még csak kis réz- és savkoncentrációjú oldatok kezelésére voltak alkalma-

sak. Az „LIX-család" legújabb tagjai már erősen savas és nagy réztartalmú oldatokból is képesek a rezet extrahálni.

LIX—63

Az 1963-ban elsőként előállított LIX—63 (α-hydroxioxim) még csak pH ~3 savasságú, 1—2 g/l rezet tartalmazó oldatokból extrahálja jó hatásfokkal a rezet. Olyan pH mellett a halmok lúgzásából származó szulfátos oldatokból az Fe^{3+}-szennyeződés hidroxidalakban leválik. Az extrakciót meg kell előznie kiejtési és szűrési műveletnek, mert az extrakció közben bekövetkező hidroxid-kiválás lehetetlenné teszi a folyamatos üzemmenetet. Ezért a további fejlesztés elsődleges feladata a reagens „savtűrésének" növelése volt [8].

Újabban az LIX—63 és karbonsavak szinergens keverékével próbálják extrahálni a rezet. (A szinergens elegy megoszlási hányadosa nagyobb, mint az alkotók megoszlási hányadosának összege.) A *3. ábrán* [9] látható, hogy a különböző karbonsavak a kisebb pH irányába tolják el az extrakció—pH-intervallumát és növelik az extrakció fémkihozatalát. Egyidejűleg kedvező hatással vannak a szelektivitásra is.



3. ábra. Réz extrakciója petróleumban oldott, 10 tf-% LIX-63-mal, illetőleg 10 tf-% LIX-63 és 0,1 mól karbonsav keverékével ([9], 215. o., 1. á.)

A JSzSzK ITMSz intézete által a jugoszláv nikkelércek lúgzásakor kapott kénsavas oldatok feldolgozására kidolgozott technológia szerint a gyengén savas oldatból (pH = 2) a rezet és a kobaltot 10% LIX—63 + 10% DEHPA (dietilénhexilfoszforsav) + 80% petróleum szinergens keverékével extrahálják. A nikkel nem extrahálódik, a raffinátumban marad. A szerves fázisból a rezet híg kénsavval reextrahálják [10].

LIX—64 és LIX—64 N

Az 1965-ben szabadalmazott LIX—64 reagens LIX—65 N (alkil 2—OH benzofenonoxim) és LIX—63 elegye, melyben kinetikai szinergizmus lép fel. Az LIX—63 megnöveli az LIX—65 N-nel végzett extrakció sebességét, anélkül hogy a réz látszólagos megoszlási koefficiensére hatna. Az LIX—64 N szintén az LIX—65 N és LIX—63 keveréke, csak az LIX—63 tartalomban és az aromás komponensben található szénlánc hosszában különbözik az LIX—64-től [4].

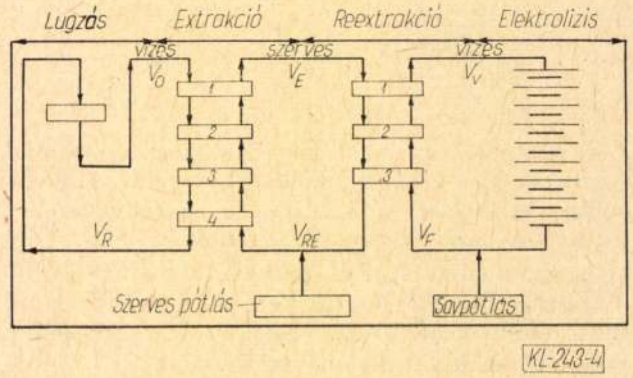
Az LIX—64 kevés, max. 2 g/l rezet tartalmazó oldatokból, de már pH ~1 mellett is még mindig jó hatásfokkal extrahálja a rezet. Az elfogadható fáziselkülönülés biztosítására a petróleum hígítószerben max. 10 tf-% lehet az LIX—64 koncentrációja [11].

A laboratóriumi és üzemi tapasztalatok szerint az LIX—64 N 30%-os petróleumos oldata 1—30 g/l rezet és 1—10 g/l kénsavat tartalmazó oldatok réztartalmának kinyerésére jöhet számításba.

Az LIX—64 és LIX—64 N reagenst több üzemben sikeresen használják. A jelenleg üzemelő és tervezés alatt álló üzemeket összefoglaló *3. táblázatból* [4] látható, hogy az LIX—64 és LIX—64 N a meddőhányók lúgzásából származó oldatok mellett, rézhulladékok ammóniás lúgzásából származó oldatok és réztartalmú hulladékoldatok kezelésére is alkalmas.

Az LIX-reagenssel dolgozó üzemek technológiai mutatóinak, tervezésének, a termelés gazdaságossági értékelésének ismertetésével számos cikk és technikai riport foglalkozik [4], [7], [13—29].

A jelenleg működő üzemek többségében az LIX-reagenst lúgzásból származó szulfátos oldat tisztítására használják. A kénsavban dúsuló, gyakorlatilag rézmentes raffinátumot a lúgzásban járatják vissza. A szerves fázis regenerálásakor kapott tiszta rézszulfátos oldatból elektrolízissel nyerik ki a rezet. A kénsavban feldúsuló réztartalmú elektrolitot kénsavval pótolva a szerves fázis regenerálására használják. Ilyen módon a *4. ábrán* bemutatott séma szerinti zárt körfolyamatot valósítanak meg.



4. ábra. Réztartalmú oldatot extrakcióval kezelő üzem elrendezési rajza ([17], 109. o., 1. á.)

Extrakció és reextrakció esetén is a szerves és vizes fázis intenzív keverése, majd ezt követő elkülönítése keverő-ülepítő berendezésben történik.

Az extrakciós technológia jellemző paramétereit a *4. táblázatban* a Bluebird-i üzem adataival illusztráljuk.

3. táblázat

Az LIX-extrahálószert használó üzemek összefoglalása ([4], 24. o. 3. t.)

Üzem	Vizes oldat típusa	Réz-termelés t/nap*	Megjegyzés
Ranchers Exploration and Development Co. Ltd. Bluebird Mine, Miami, Aris. USA	Oxidos érc híg kénsavas lúgzóoldata	18,144	A világ első rézextrakciós üzeme
Bagdad Copper Corp. Bagdad, Ariz. USA.	Oxidos érc híg kénsavas lúgzóoldata	18,144	Az extraháló üzem költsége egyenlő az elektrolizáló üzemével
Capital Wire and Cable Co. Ltd. Casa Grande, Ariz. USA.	Cementréz és hulladék ammóniás lúgzóoldata	18,144	A réz extrakciója után a regenerált ammóniát a lúgzáshoz járatják vissza
Sec. Corp. El Paso, Texas, USA	Savas, rezet és nikkelt tartalmazó elektrolitvéglúg	?	A nikkelt a rézmentes raffinátumból, pH-szabályozás után extrahálják
Nchanga Consolited Copper Mines Ltd. Nchanga Zambia	Savas lúgzóoldat	18,144	Tervezés alatt álló üzem
Johnson Matthey Co. Ltd. London, Anglia	Réz-, nikkeltartalmú szulfátos oldat	?	

* lb/nap dimenzióból átszámított értékek (1 lb = 0,4536 kg)

4. táblázat

A Bluebirdi üzem technológiai paraméterei

Megnevezés	([7]), 24. o., 3. t.)	([17], 113. o., 2. t.)
Extrakciónál		
vizes oldat (V_0) összetétele	—	2,7—3,0 g/l Cu, 3,4—4 g/l H_2SO_4
vizes tápáram (V_0/t)	$5{,}66 \cdot 10^{-2}$ m³/s	940—1080 g/m
fázisarány, V_E/V_R		
1. lépcső	1 : 1 (3 : 1 visszajár)	2,5—3
2—3. lépcső	3 : 1	
LIX-koncentráció a petróleumban	7%	—
tartózkodási idő a keverőben	2 perc	—
ülepítő terület	$1{,}37 \cdot 10^{-3}$ m³/sm²	—
rézkoncentráció a telített szervesben	1,2 g/l	1,0—1,1 g/l
raffinátum (V_R) összetétele	0,4 g/l Cu, 10 g/l H_2SO_4	0,33—0,43 g/l Cu, 7,5—8,3 g/l H_2SO_4
keverő térfogat		
1. lépcső	41 m³	—
2—3. lépcső	30 m³	—
Reextrakciónál		
fázisarány V_{RE}/V_F	6 : 1	3
vizes tápáram (V_F/t)	$2{,}83 \cdot 10^{-2}$ m³/s	—
reextraháló oldat (V_{RE}) összetétele	150 g/l H_2SO_4, 33 g/l Cu	139—150 g/l H_2SO_4, 32—44 g/l Cu
Szerves oldat felhasználás	430 m³/t Cu	—
Kénsav felhasználás	—	2,9—4,7 t/t Cu
Áramhatásfok	–	90%

Az üzemi tapasztalatok azt bizonyítják, hogy az oldószeres extrakció és a hozzá kapcsolódó elektrolízis a szennyezett, kis kénsav- és réztartalmú oldatokból történő rézkinyerésre előnyösebb, mint a cementálás.

Az eljárás előnyei a cementálással szemben az alábbiakban foglalhatók össze:

— extrakcióval + elektrolízissel 99,9% tisztaságú katódréz állítható elő, a cementálásnál a kapott termék réztartalma csak kb. 83% és vassal, ólommal, továbbá más elemekkel szennyezett;

— nincs szükség jó minőségű vashulladékra, mely egyre nehezebben szerezhető be;

— a vashulladék ára a jövőben várhatóan emelkedni, az LIX-reagenseké viszont csökkenni fog;

— az extrakciós raffinátum lúgzáshoz való visszajáratásakor nem emelkedik számottevően a körforgásban levő oldat vas-koncentrációja, ami adott határon túl a réz kilúgzását megakadályozhatná;

— rövidebb a műveleti idő;

— a cementréz savmentesre mosásánál és a

poralakú anyag beolvasztásánál jelentkező problémák megszűnnek;

— a fajlagos üzemelési költség kisebb [15], [17], [20], [21].

A felsorolt tényezők közül a nagyobb tisztaság mellett különösen a kisebb önköltség érdemel figyelmet. A fajlagos üzemelési költségre Cahalan [15] az extrakciónál 30 £/t réz, a cementálásnál 50—100 £/t réz értéket ad meg.

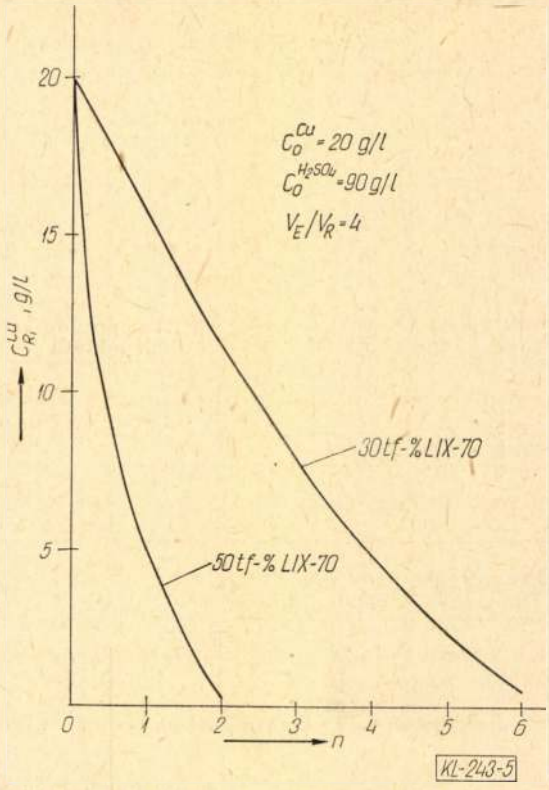
Az oldószeres extrakciós üzem költségeit részletező *5. táblázatban* a különböző irodalmak által megadott értékeket gyűjtöttük össze. A költségtényezők közül a szerves fázis vesztesége által okozott tétel függ legjobban az üzemviteltől. Megfelelő technológiai paraméterek és jól tervezett berendezések mellett ez a kiadás minimálisra csökkenthető. Az LIX—64 a drága extrahálószerek közé tartozik (2. táblázat), de a *6. táblázat* adatai szerint a fajlagos extrahálószer vesztesége kicsi az olcsóbb extrahálószerekhez (pl. nafténsav) képest. Így az oldószerveszteség által okozott költségtöbblet nem sokkal nagyobb, mint a legolcsóbb reagensek közé tartozó nafténsavnál.

5. táblázat

Az oldószeres extrakciós üzemek működési költsége

Költségtételek	([17], 110. o., 1. t) $/t Cu	([20], 67. o., 1t) cent/kg*	([15], 6. o., 2 t) cent/kg*	([27], 10. o.) cent/kg*	([7], 24. o., 4 t) font/kg Cu
Villamos energia	29**	2,2	2,2	2,2	0,016
Extrahálószer veszteség....	6	6,6	2,2—5,5	2,2—5,5	0,040
Kénsav	9—10	16,5	0,22	0,22	—
Bérköltség	2,5	6,6	—	—	—
Karbantartás ..	24	3,64	—	—	—
Laboratórium ..	2,5		—	—	—
Összesen	73—74	35,54	4,62—7,92	4,62—7,92	0,056

* Cent/font dimenzióból átszámított értékek (1 font = 0,4536 kg).
** 1 cent/kWh.



5. ábra. A raffinátum réztartalmának változása az extrakció fokozatszámának (n) függvényében

LIX-70

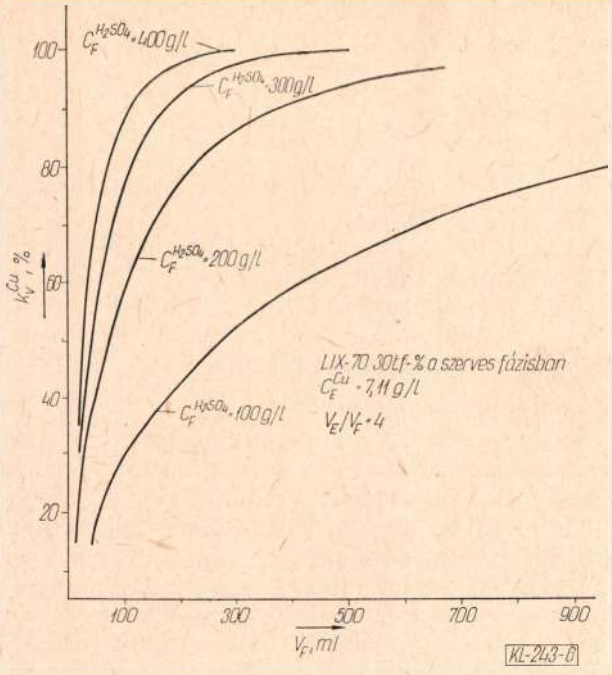
Az LIX—70 összetétele és szerkezeti képlete még nem ismert. Ez is LIX—63-at tartalmazó szinergens keverék [4]. Még szelektívebb az eddigi reagenseknél, pl. Fe^{3+}-ionra vonatkozó szelektivitása 3000. Fizikai jellemzői hasonlóak az LIX—64 N-éhez, az LIX—64 N-re tervezett berendezések LIX—70 reagenssel is üzemeltethetők [29].

Az LIX—70 reagens 50—60 g/l rezet és 25—50 g/l kénsavat tartalmazó oldatok kezelésénél is garantálja a 95%-os hatásfokot. Ilyen összetételű oldatoknál az LIX—64 N csak 75%-os hatásfokú. A szulfidos rézércek különböző módszerekkel végzett lúgzásából származó oldatok vagy az elektrolitos raffinálás elektrolitjának tisztítására csak az

6. táblázat

A különböző reagensek várható vesztesége ([7], 20. o.' 2. t.)

Reagens	Működési pH	Várható veszteség, kg/m³	Veszteség költsége font/m³
TBP	2,0	0,025	$1{,}25 \cdot 10^{-3}$
MIBK	—	20,0	3,0
Nafténsav	4,7	0,09	$10{,}8 \cdot 10^{-3}$
	6,5	0,9	0,108
DEHPA	2,0	0,005	$< 6 \cdot 10^{-3}$
LIX-64	1,7	0,014	$33{,}5 \cdot 10^{-3}$
Amminok	2,0	0,01	$7 \cdot 10^{-3}$



6. ábra. A rézkihozatal (k_v^{Cu}) változása a reextraháló oldat mennyiségének és kénsavtartalmának függvényében

LIX—70 alkalmas [29]. A Tanszékünkön is foglalkozunk jelenleg az LIX-reagensek hazai felhasználásának lehetőségét tisztázó kísérletekkel.

Az LIX—70 reagenssel extraháltunk pl. ~ 20 g/l rezet és ~90 g/l kénsavat tartalmazó rézszulfát oldatot. Az extrakció szempontjából az extrakcióhoz kerülő oldat réz- és savkoncentrációjának összege:

$$K = \text{Cu g/l} + H_2SO_4 \text{ g/l}$$

érdekes. Az általunk vizsgált oldat K értéke megegyezik a [29] irodalom által maximumként megadott $K = 110$ g/l értékkel.

A kísérleti eredményekből szerkesztett *5. ábra* szerint, a fenti összetételű oldatból folyamatos ellenáramú rendszerben $V_E/V_R = 4$ fajlagos extrahálószerfelhasználás mellett, 30 tf-% LIX—70-et tartalmazó szerves fázissal 6, 50 tf-% LIX—70 tartalmú szerves fázissal viszont már 2 lépcsőben annyira eltávolítható a réz, hogy a kapott raffinátum réztartalma kisebb, mint 1 g/l.

Az LIX—70 reagens regenerálásához nagyobb savkoncentráció szükséges, mint a korábbi LIX-reagensekhez. Ez az ár, amit a töményebb oldat közvetlen kezeléséért és a nagyobb szelektivitásért fizetni kell. A *6. ábrából* látható, hogy az azonos mértékben telített szerves fázis szakaszos egyenáramban történő reextrakciójánál, egyszeres reextrahálószerfelhasználás (200 ml) mellett, 100 g/l kénsavkoncentrációjú oldattal 48%-os, 400 g/l kénsavkoncentrációjú oldattal viszont 98%-os fémkihozatal érhető el.

A General Mills. Inc. széles körű kutatása jelenleg is folyik. A közeljövőben újabb reagensek szabadalmaztatása várható.

IRODALOM

[1] *Erdey László:* A kémiai analízis súlyszerinti módszerei I. Akadémiai Kiadó. Budapest 1960.

[2] *Morrison, G. H.—Freiser, H.:* Selected Procedures for the Extraction of the Elements. Solvent Extraction in Analytical Chemistry. 1957 New York John Wiley and Sons Inc. 189—253. o.

[3] *Habashi, F.:* Principles of Extractive Metallurgy. Vol. 2. 1970 New York. Gordon and Breach Sci. Publ. 332—384. o.

[4] *Flett, D. S.:* Solvent Extraction in Metallurgical Processes. International Symposium Antwerpen 1972. máj. 4—5. 19—26. o.

[5] *Fletcher, A. W.—Flett, D. S.:* Chem. Engineering 1965. júl. 5. 101—166. o.

[6] *Spitzer, E. L. T. M.:* Solvent Extraction in Metallurgical Processes. International Symposium. Antwerpen 1972. máj. 4—5. 14—19. o.

[7] *Flett, D. S.:* Minerals Sci. Engineering 1970. 3. sz. 17—27. o.

[8] *Agers, D. W.—House, J. E.—Swanson, R. R.—Drobnick, J. L.:* Copper Recovery from Acid Solutions using Liquid Ion Exchange. General Mills Chemicals, Inc.

[9] *Flett, D. S.—West D. W.:* Proceedings International Solvent Extraction Conference ISEC 71. Haga 1971. ápr. 19—23. Soc. of Chem. Ind. London 1971. 214—226. o.

[10] *Ziegenbalg, Z.:* Ioncserés és extrakciós módszerek alkalmazása a hidrometallurgiában. KGST Fémkohászati Állandó Bizottság NDK-delegációjának beszámolója. 1971.

[11] *De Ment, E. R.—Merigold, C. R.:* LIX-64 N — A process report on the liquid ion exchange of copper. 99th Annual Meeting of the AIMM, Denver, Coloradó, 1970. febr. 15—19.

[12] *Rosenbaum, J. B.—Gerge, D. R.— May,J. T.:* Metallurgical Application of Solvent Extraction. 2. Practice and Trends. Bureau of Mines Inform. Circ. 8502.

[13] *Merigold, C. R.—Agers, D. W.—House, J. E.:* The recovery of copper from ammonical leach solutions. General Mills Chemical, Inc.

[14] Engineering and Mining Journal 1972. jan. 94—96. o.

[15] *Cahalan, M. J.:* Advances in Extractive Metallurgy 1968 London Inst. Min. Met. 712—721. o.

[16] *Agers, D. W.—House, J. E.—Swanson, R. R.—Drobnick, J. L.:* Mining Engineering 1965. dec. 76—80. o.

[17] *Gardner, S. A.—Warwick, G. C.:* Eng. and Min. Journal 1971. ápr. 108—110. o.

[18] *Dasher, J.—Power, K.:* Eng. and Min. Journal 1971. ápr. 111—115. o.

[19] *Mc. Garr, H. J.:* Chem. Engineering 1970. aug. 10. 82—84. o.

[20] *Mc Garr, H. J.:* Eng. and. Min. Journal 1969. dec. 66—67. o.

[21] *Mc Garr, H. J.:* Eng. and Min. Journal 1970. okt. 79—81. o.

[22] *Franklin D.:* Cooper. Copper Hidrometallurgy. Bureau of Mines I. C. 8394. 9—12. o.

[23] World Mining 1969. ápr. 63. o., 79. o.

[24] Mining Journal 1970. dec. 18. 275. o.

[25] Liquid Ion Exchange for the Copper Industry. Holmes and Narver, Inc. 1970. okt.

[26] The magic of liquid ion exchange. General Mills Chemical, Inc.

[27] *Simonis, H.:* Chemiker Zeitung 1971. Nr. 12. 565. o.

[28] *Warwick, G. C. I.—Schuffham, J. B.:* Solvent Extraction in Metallurgical Processes. International Symposium Antwerpen 1972. máj. 4—5. 26—44. o.

[29] LIX-70 a major advance in liquid ion exchange technology. AIME Centennial Annual Meeting, New York 1971. febr. 26—márc. 4.

Duktilis vanádium-félgyártmányok előállítása és vizsgálata

Dr. VÁRHEGYI GYŐZŐ okl. kohómérnök, a műszaki tudományok doktora
VITÁNYI PÁLNÉ okl. kohómérnök
KOVÁCSNÉ, CSETÉNYI ERZSÉBET okl. fizikus
Dr. LAKATOS TAMÁS okl. vegyészmérnök
Fémipari Kutató Intézet

DK.: 669.292.046.55 : 658.273 : 620.1

A szerzők módosított Kroll-eljárással előállított vanádiumszivacsot készítettek, s ezt félgyártmánnyá dolgozták fel. A technológiai paraméterek és a termék tulajdonságai közötti összefüggések; következtetések a feldolgozás célszerű módját illetően.

A korábban csak ötvözőelemként és vegyületként felhasznált vanádium jelentősége az utóbbi évtizedben nagymértékben megnőtt [1—4]. Az Egyesült Államokban az 1960—1970 közötti időszakban ezt a növekedést átlagosan évenként 8—8,5% többletfogyasztás jellemezte. A különböző iparágak hagyományos felhasználásának mennyiségi növekedése (elsősorban az acélgyártás) mellett megjelent és egyre jobban előtérbe került néhány új alkalmazási terület, amelyeken a fémvanádium különleges tulajdonságait hasznosították ötvözőként, vagy tiszta formában. Néhány ilyen bevált terület a közeljövőben még további változást okozhat a vanádium felhasználásának struktúrájában [5—8]:

— az *atomtechnika* a vanádium folyékony fémekkel és a radioaktív sugárzással szemben tanúsított ellenállóképességét hasznosítja szerkezeti anyagaiban;

— a *vegyiparban* a fém jó korrózióállóságát használják ki reaktorok és autoklávok béléseinek kialakításakor;

— a *vákuumtechnika* számára a vanádium nagy hőmérsékleten érvényesülő gázelnyelőképessége és kis gőznyomása előnyös, például ionszivattyúk gyártásában.

— A *kriogéntechnikában* a vanádium és a tiszta vanádiumot tartalmazó ötvözetek kis hőmérsékleten is jó képlékenységi tulajdonságait használják ki.

— A *repülőgépgyártás*, de különösen a rakétaipar és űrhajózás számára a vanádiumötvözetek (V—Nb, V—Ti, Al—V stb.) nagy melegszilárdsága a legértékesebb tulajdonság; a *szilárdság/sűrűség*-tényezőnek a szokásos szuperötvözeteknél is jóval kedvezőbb értéke van.

— A *műszeriparban* a V_3Ga intermetallikus vegyület szupravezető tulajdonságát, a vanádiumfém kedvező mechanikai energiatároló képességét hasznosíthatjuk. Fóliaként röntgenszűrőket gyártanak belőle, illetve a félvezető alapanyagok epitaxiális növesztésekor használhatják, stb.

A Fémipari Kutató Intézetben (FKI) több éves kutató munkával dolgoztuk ki a hazai nyersanyagbázison, a bauxiton alapuló duktilis vanádium előállítási technológiáját.

Ebben a dolgozatban a technológiai paraméterek és a technológia különböző fázisaiban kapott közbenső fémtermékek tulajdonságai közötti kapcsolat néhány újabb részeredményéről számolunk be. A módosított *Kroll*-eljárással [9—11] előállított vanádiumszivacsot sajtoltuk, zsugorítottuk és elektronsugaras átolvasztás után a fémet hidegen, körülbelül 100 μm vastagságú fóliává hengereltük. Ezt a terméket használtuk fizikai és mechanikai vizsgálataink alapanyagául.

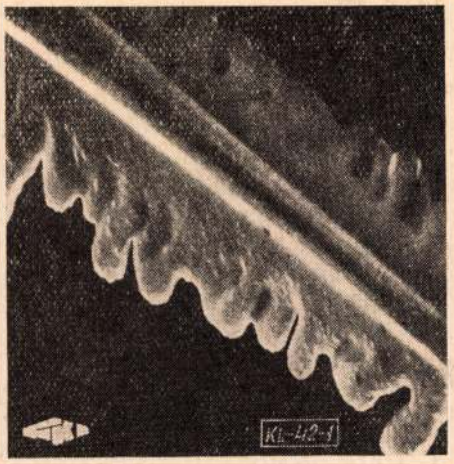
Duktilis fém előállítása

A vanádiumszivacs előállítása

Technológiánk szerint a mosonmagyaróvári timföldgyárból származó, lemezes nátriumpolivanadátból aluminotermikus redukcióval 90—95% vanádiumtartalmú ferrovanádiumot állítottunk elő. Ezt megfelelő szemnagyságúra őröljük, majd klórozásával, vízzel hűtött vasreaktorban vanádiumtetrakloriddá alakítjuk át, amelyet a szennyező kloridok leválasztása után termikusan megbontunk. A kapott vanádiumtrikloridot magnéziotermiás redukcióval színítjük, a színítési terméket hidrometallurgiai úton tovább tisztítjuk.

A vanádiumszivacs feldolgozása

A szivacs nagyfelületű finom por, amely 100 μm méretű, ritkábban dendritalakú kristályokból áll és amely a hidrometallurgiai feldolgozás során 1—2 súly% hidrogént vesz fel *(1., 2. ábra)*. Ez a nagy hidrogéntartalom a tárolás során az oxidációval szemben bizonyos fokú védelmet jelent a vanádiumkristályok számára. Vákuumolvasztás előtt a szivacsot hidrogénteleníteni kell. Említést érdemel, hogy az oxigén és nitrogén affinitása is igen nagy a fémvanádiumhoz, amíg azonban az oxigén hőkezeléssel bizonyos mértékig eltávolítható, a nitrogén mennyisége a tapasztalat szerint nem változik. A két szennyező elem eltérő viselkedését a belső súrlódás mérése alapján ítélhetjük meg [12]. A fémvanádiumban 0,73 Hz frekvencián mért csillapodás a hőmérséklet függvényében 350 °C alatt két maximumot mutat. A 180—200 °C-on jelentkező, az intersticiósan oldott oxigénnek tulajdonítható csúcs nagysága jelentősen csökken a gáztalanítási idő növelésekor. A 250 °C feletti, nitrogénnel kapcsolatos csúcsot a gáztalanítási művelet nem befolyásolja *(3. ábra)*. A technológia folyamán tehát törekedni kell a nitrogénszennyeződés elkerülésére. Ebben rejlik a magnéziotermikus eljárás egyik előnye a kalciotermikus eljárásokkal szemben. Minthogy az intersticiós szennyezőtartalom nagymértékben rontja a fém mechanikai tulajdonságait, már néhány tized százalék oxigén, valamint néhány század százalék nitrogén a fémet hideg alakításra alkalmatlanná teszi. A könnyű kezelhetőség érdekében, valamint az elektronsugaras olvasztás követelményének kielégítésére a szivacsot vákuumhőkezelés előtt tömörítettük. A 60 mm átmérőjű brikettek tömörítését „Dynapak" típusú berendezésen végeztük. A brikettek porozitása körülbelül 50% volt. A továbbiakban a tömörített anyagot vákuumos hőkezelésnek vetettük alá.



1. ábra. Vanádiumszivacs dendrites kristályának mozgatott nyalábú elektronmikroszkóppal felvett fényképe N = 4800 ×



2. ábra. Jellegzetes vanádiumszivacs transzmissziós elektronmikroszkóppal, szénreplikával készített felvétele N = 11 000 ×

Hőkezeléskor, vákuumban a következő fizikai és kémiai változások figyelhetők meg: A hőmérséklet emelésekor 120 °C-on az adszorbeált nedvesség eltávozik, 700 °C körül a vanádiumhidridek felbomlásakor a hidrogén felszabadul; 1200 °C felett a vasszennyeződés részleges elpárolgása, a vanádiumkristályok növekedése és a brikett zsugorodása megy végbe.

Minthogy a vanádiumszivacs vákuumos hőkezelése igen fontos művelet a képlékeny vanádium előállítási technológiájában, vizsgálatokat végeztünk a zsugorítási folyamat optimális paramétereinek megállapítására.

Hőkezelési kísérleteinket kezdetben a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Fémkohászati Tanszékén TVV—4 típusú, wolfrám ellenállásfűtésű, majd a KFKI által gyártott molibdén-, illetve wolfrám ellenállásfűtésű kemencében, $2—6 \cdot 10^{-6}$ torr vákuumban, tantálkosárban hajtottuk végre. A briketteket kemencébe helyezése és megfelelő vákuum elérése után a kemence hőmérsékletét fokozatosan növeltük, 120, 700, 1200, illetve 1500 °C-ra. A tapasztalatok szerint 1200 °C-os hőmérsékletű zsugorítás után az anyag felületi aktivitása még nagy, 1500 °C-on megfelelő ideig zsugorítva azonban már stabil, az oxidációnak ellenálló anyagot kapunk. Ez fontos tény a további feldolgozás során, minthogy egyrészt átolvasztáskor a fémveszteség nagyságát befolyásolja, másrészt a hidegalakíthatóságra van nagy hatással.

A hidrogéntelenített és zsugorított fémet a továbbiakban vákuumolvasztásnak vetettük alá.

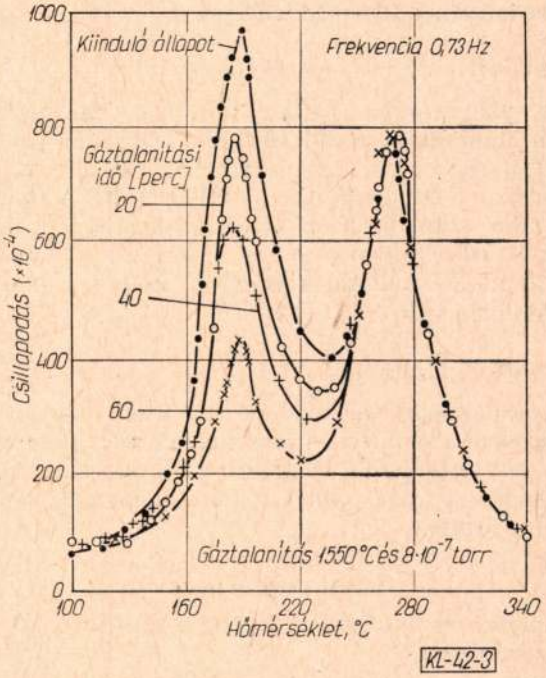
A nagy olvadáspontú fémek átolvasztásakor általában kétféle módszert alkalmaznak [16—20]: 1. *Vákuumívfényolvasztást*, és 2. *Elektronsugaras olvasztást*. A duktilis vanádium előállításához mindkét módszert felhasználtuk. Az ívfényes olvasztást L—200 típusú, Heraeus vákuumkemencében, az elektronsugaras átolvasztást ES—2/8—50, illetve ES—O/1/7 típusú Heraeus típusú kemencében végeztük (Vasipari Kutató Intézet; Csepeli Fémmű, illetve Műszaki Fizikai Kutató Intézet).

Ívfényes olvasztással kis, körülbelül 20 g-os briketteket, elektronsugárral a kis briketteken kívül több kg-os adagot is olvasztottunk. Az átolvasztott fémet közbenső hőkezelés nélkül több mint 90% fogyással hidegen alakítottuk. Az alakított állapotban meghatározott fizikai és mechanikai tulajdonságokon kívül tanulmányoztuk a hőkezelés hatását is.

Vizsgálati módszerek

Intersztíciós szennyezők meghatározása

Az intersztíciós szennyezők, az oxigén és hidrogén mennyiségét Balzers-gyártmányú „EA—1" típusú Exhalográffal határoztuk meg. E készülék működési elve a következő: A vizsgálandó minta egy zsiliprendszeren keresztül a nagy vákuum alatt tartott kemencetér ellenállás fűtésű grafittégelyébe kerül. A tégely, amely a 80% Ni + 20% Fe összetételű alapfürdőt tartalmazza, kettős rendeltetésű. Egyrészt biztosítja a minta gyors megolvadását és a benne oldott gázok felszaba-



3. ábra. A csillapodás változása a hőmérséklet függvényében, különböző időtartamú gáztalanítás után

dulását; másrészt a C+O=CO reakcióhoz az oldott állapotú elemi szenet.

A felszabadult gázokat a szivattyúrendszer zárt térben összegyűjti. A gázok összenyomását U-csöves manométerrel mérjük. A manométer higanyszála indukciós tekercs belsejében mozog, így az indukció változása mint nyomáskülönbség jelentkezik a regisztrálóban. A hidrogéntartalmat hővezetőképességmérő cellával, a CO-tartalmat infravörös spektrométerrel határozza meg a készülék [14]. A nitrogéntartalmat különbségként, mint záróértéket kapjuk.

A villamos-ellenállás mérése

A fémek kis hőmérsékleten mért villamos ellenállását nagyrészt a fizikai rácshibák és kémiai szennyezések okozzák. Ezért az ellenállás értékéből a minta tisztaságára lehet következtetni. Az ellenállásméréshez használt próbatestek hidegen hengerelt, illetve hőkezelt 0,2—0,4 mm vastagságú, 10 mm széles és 60—800 mm hosszúságú lemezek voltak. A kontaktusokat ponthegesztéssel rögzítettük a mintához. A méréseket cseppfolyós nitrogénben és olvadó jégben végeztük. A geometriai tényező kiküszöbölésére az

$$R' = R_{273}\, R_{78\ K^\circ}$$

ellenállás értékét határoztuk meg. A kompenzációs mérés pontossága $\pm 0{,}1\%$.

A keménység mérése

A keménység értéke jellemzi az anyag mechanikai feszültségi állapotát, így értékéből a diszlokációk koncentrációjára és a minta szennyezettségére lehet következtetni. A keménységet elektronsugaras átolvasztás után, alakított és hőkezelt állapotban mértük. A metallográfiai vizsgálathoz előkészített minta felületén, Hauser keménységmérő berendezésen, Vickers-keménységet mértünk 10 kp terheléssel.

Fémmmikroszkópos vizsgálatok

A műgyantába foglalt mintákat mechanikai úton políroztuk, majd egy rész (5% HF + 95% HNO_3) + egy rész H_2O oldattal marattuk. A felvételeket NDK gyártmányú NEOPHOT-A típusú fémmikroszkópon készítettük. Vizsgáltuk a brikettek átkristályosodását a zsugorítás folyamán, valamint a kialakuló kristályok átlagos szemcseméretének változását [15].

Szilárdsági vizsgálatok

A szilárdsági jellemzőket 0,5 mm vastagságú lemezeken, Wolpert szakítógépen mértük max. 500 kp terheléssel. Meghatároztuk a szakítószilárdságot, a folyáshatárt, a kontakciót és a teljes nyúlás értékét.

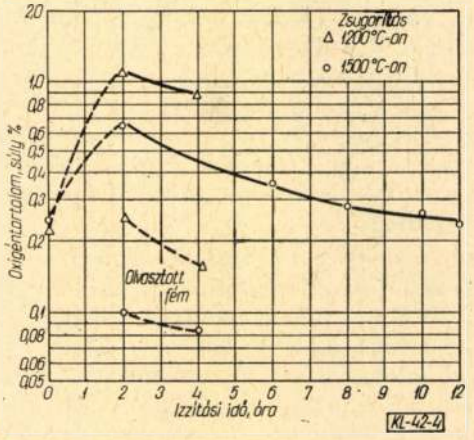
Mérési eredmények

A zsugorítási folyamat optimális paramétereinek meghatározása

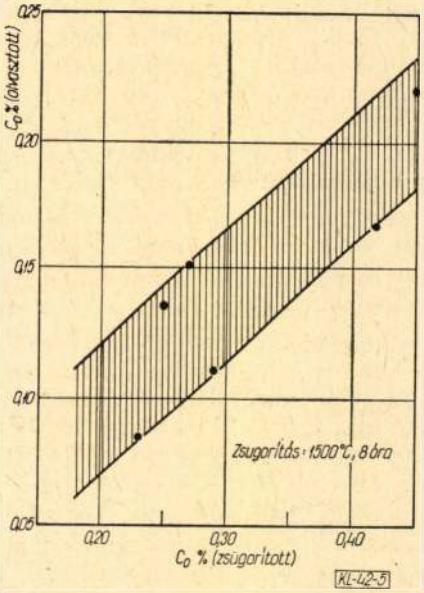
A zsugorítás hőmérsékletének és idejének hatása a fém minőségére, az oxigéntartalom mérésével nyomon követhető. A *4. ábra* az oxigéntartalom változását mutatja az idő függvényében, 1200 és 1500 °C-on végzett zsugorítás és az azt követő olvasztás után. Az ábrán látható, hogy rövid izzítást követően, a hidrogéntelenített anyag a szabad levegővel érintkezve nagy mennyiségű oxigént vesz fel. Az oxigénnel szemben az aktivitás az izzítási hőmérséklet és idő növelésekor csökken.

A kis oxigéntartalom biztosítása a zsugorítás folyamán a fém további feldolgozása szempontjából fontos tényező, mert befolyásolja az átolvasztott fém oxigéntartalmát és az átolvasztás folyamán a fémveszteséget is *(5. ábra)*. A zsugorítás során nő a sűrűség, csökken az aktív felület, ami a minták stabilitását növeli az oxigénnel szemben. A fém átkristályosodik és a szemcsék mérete az izzítási idő és a hőmérséklet növelésekor nő. Ez a folyamat metallográfiai úton jól követhető *(6—9. ábra)*.

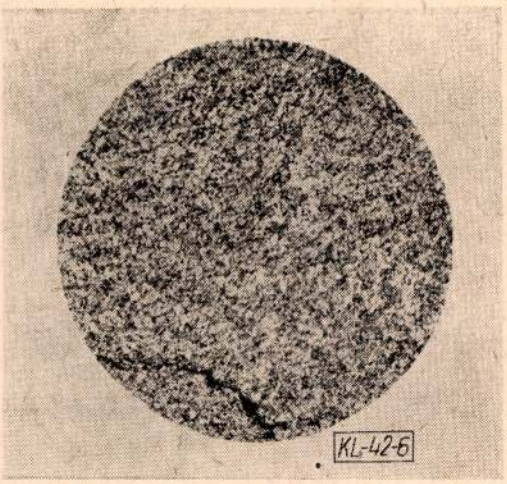
Vizsgálataink szerint a zsugorítás optimális ideje 1500 °C-on 8 óra, ennél hosszabb időtartalmú izzítás már nem változtatja meg érezhető módon



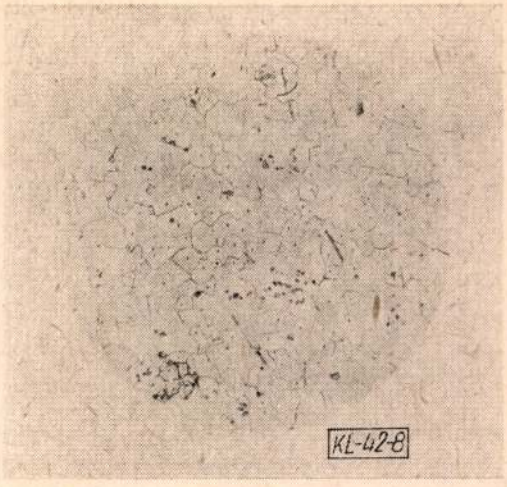
4. ábra. Vanádiumfém oxigéntartalma az izzítási idő függvényében



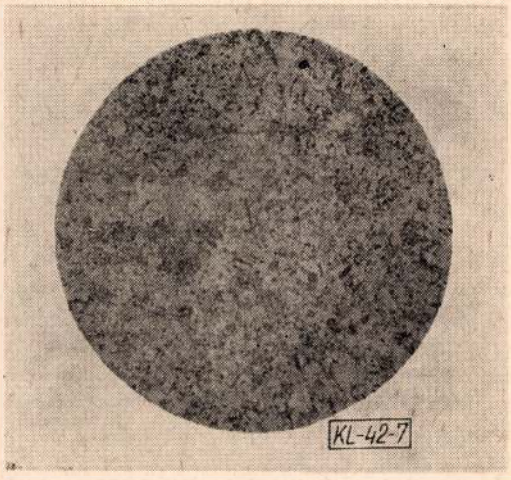
5. ábra. Összefüggés az olvasztott és zsugorított vanádium oxigéntartalma között



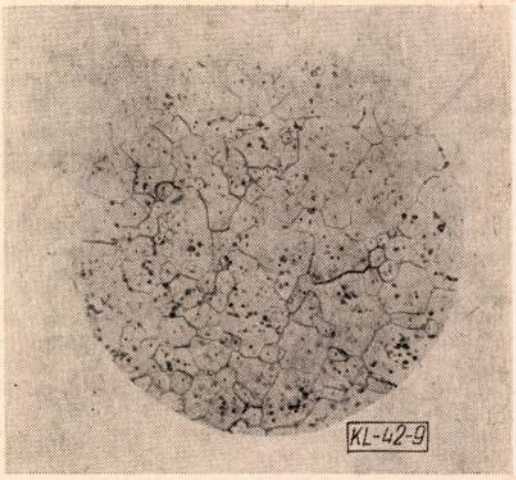
6. ábra. A zsugorított vanádiumfém szemcseszerkezete 1200 °C-on végzett 2 órás izzítás után. N = 85×, szemcseméret 15 μm



8. ábra. A zsugorított vanádiumfém szemcseszerkezete 1500 °C-on végzett 2 órás izzítás után. N = 85×, átlagos szemcseméret 43 μm



7. ábra. A zsugorított vanádiumfém szemcseszerkezete 1200 °C-on végzett 4 órás izzítás után. N = 85×, átlagos szemcseméret 20 μm



9. ábra. A zsugorított vanádiumfém szemcseszerkezete 1500 °C-on végzett 4 órás izzítás után. N = 85×, átlagos szemcseméret 54 μm

a látszólagos sűrűség értékét *(10. ábra)*. Hasonló következtetést vonhatunk le a minták oxigéntartalmának vizsgálatából (5. ábra).

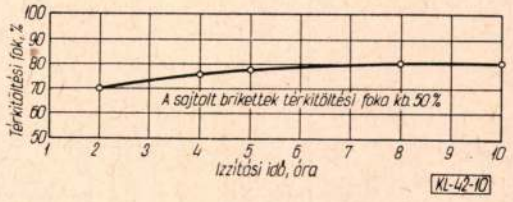
Az olvasztási mód hatásának vizsgálata

Az ívfényes és az elektronsugaras olvasztás hatásának vizsgálatára meghatároztuk a brikettek vas-, és hidrogéntartalmát olvasztás előtt és után.

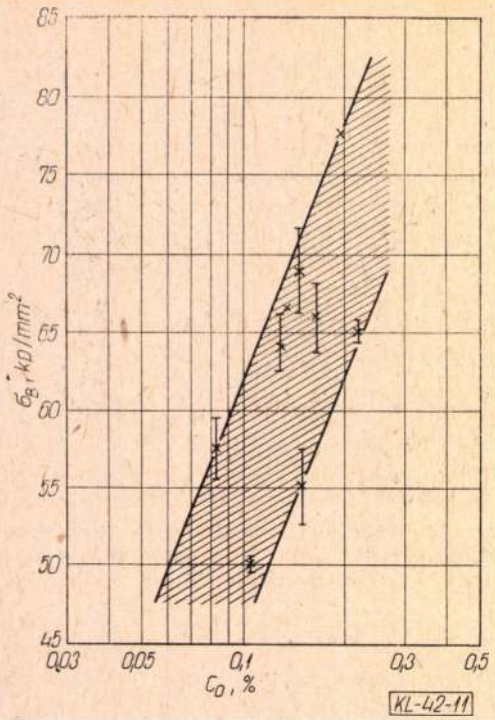
1. táblázat

A minta		Szennyezőtartalom súly %		
jele	állapota	Fe	O	H
1.	700 °C-on hőkezelt	0,35	1,1	0,05
	Ívfényes olvasztás után	0,71	0,8	0,016
	Elektronsugaras olvasztás után	0,01	0,12	0,003
2.	Hőkezelt	0,61	2,2	0,01
	Ívfényes olvasztás után	0,53	1,0	0,009
	Elektronsugaras olvasztás után	0,01	0,10	0,004
3.	Hőkezelt	0,47	2,2	0,01
	Ívfényes olvasztás után	0,33	0,9	0,015
	Elektronsugaras olvasztás után	0,01	0,10	0,008

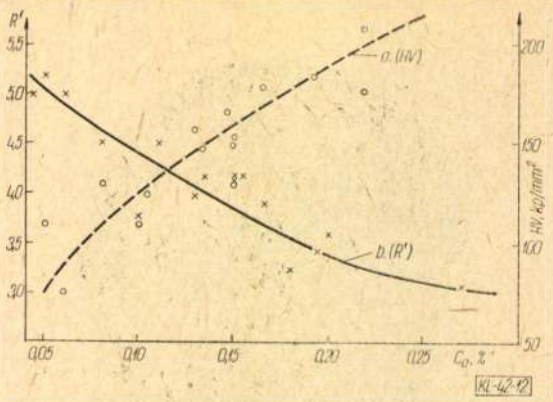
Elektronsugaras olvasztást minden esetben az ívfényes olvasztás után végeztek. Az *1. táblázatban* feltüntetett adatokból látható, hogy ívfényes olvasztáskor a vastartalom gyakorlatilag nem változik a vizsgált mintákban. Az 1. mintánál a vastartalom növekedése az anyag inhomogenitására vezethető vissza. Az elektronsugaras olvasztás után viszont a vas mennyisége lényeges csökkenést mutat. Az oxigéntartalom csökkenése ívfényes olvasztáskor körülbelül 60%-os, az elektronsugaras olvasztás után még egy nagyságrend csökkenés tapasztalható. Hasonló következtetésre jutunk a minták hidrogéntartalmára vonatkozóan is. A zsugorított fém hidrogéntartalma ív-



10. ábra. Zsugorított brikettek térkitöltési foka az izzítási idő függvényében



11. ábra. Hidegen hengerelt vanádiumlemez szakítószilárdságának változása az oxigéntartalom függvényében



12. ábra. Az ellenálláshányados és a keménység változása az oxigéntartalom függvényében

fényes olvasztáskor csak kis mértékben, míg elektronsugaras olvasztás után jelentősen csökken.

A fentiek alapján megállapítható, hogy az elektronsugaras olvasztással jobb minőségű fémet állíthatunk elő, mint ívfényes olvasztással.

A hidegen alakított és hőkezelt vanádiumfém tulajdonságainak vizsgálata

Elektronsugaras átolvasztás után a fémet hidegen hengereltük 90%-os fogyással, közbenső hőkezelés nélkül. Az alakítás hatására a fém kismértékben keményedett, keménysége körülbelül 15—20%-kal nőtt. Alakítás után meghatároztuk a fém néhány mechanikai és fizikai tulajdonságát. Vizsgálati eredményeink azt mutatták, hogy a fém tulajdonságára az oxigéntartalom hat a legerősebben. Az alakított fém elektromos ellenállás-hányadosa, keménysége *(11. ábra)* és szakítószilárdsága *(12. ábra)* határozott összefüggést mutat az oxigéntartalommal. Adatainkat összehasonlítva különböző, külföldi eredetű vanádium mintákon mért értékekkel, megállapíthatjuk, hogy a vizsgált tulajdonságok tekintetében lényeges különbség közöttük nincs *(2. táblázat)*. Minthogy ezek a tulajdonságok elsősorban az oxigénszennyezés mértékétől függnek, azt a következtetést is levonhatjuk, hogy félgyártmányaink tisztasága megfelel a nemzetközi kereskedelemben beszerezhető minőségnek. A továbbiakban néhány vizsgálatot végeztünk az alakított félgyártmányok újrakristályosodási hőmérsékletének megállapítására. Az alakított mintákon 1 órás hőkezelés után ellenállás- és keménység-mérést végeztünk *(13. ábra)*. A felvett diagram alapján megállapíthatjuk, hogy az újrakristályosodás 400 °C hőmérséklet felett kezdődik. A minták metallográfiai megfigyelése azt mutatta *(14—16. ábra)*, hogy a hidegen alakított hengerlési szövetszerkezet 900 °C hőmérsékletű hőkezelés hatására már teljesen újrakristályosodott és hogy szemcsedurvulási folyamat is megfigyelhető. Alakítás után, vagy közbenső lágyító hőkezelés kedvező hőmérsékletének a 700—800 °C közötti hőmérséklettartást jelölhetjük meg.

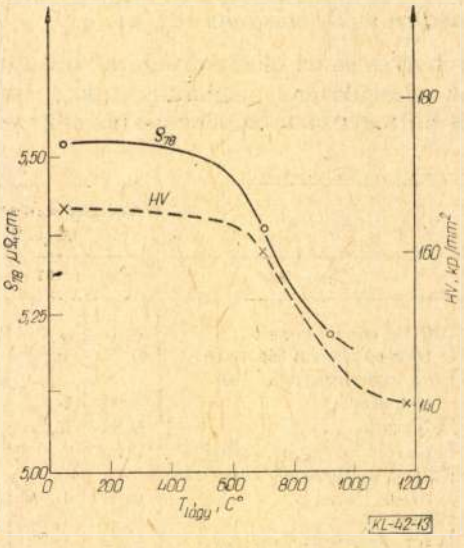
2. táblázat

Vanádium lemezminták ellenállása és keménysége

Eredet	Vastagság, mm	R'	ϱ_{293} $\mu\Omega$cm	HV_{10} kp/mm²
Francia	0,12	4,65	23,1	nem mérhető
NSZK	0,15	4,50	23,00	nem mérhető
Angol I	0,56	4,50	23,1	205
Angol II	0,55	4,38	23,7	195
FKI I	0,57	4,19	23,3	170
FKI II	0,57	4,22	23,4	190

Összefoglalás, következtetések

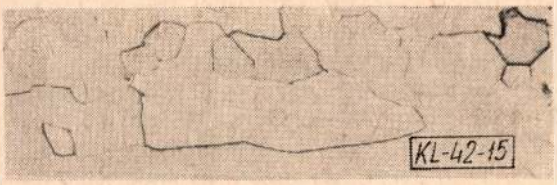
A dolgozatban rámutattunk a tiszta vanádium és vanádiumalapú ötvözetek növekvő jelentőségére, ismertettük a hazai vanádiumelőállítási kutatá-



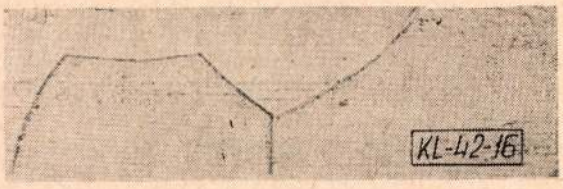
13. ábra. Az ellenállás és a keménység változása a hidegalakítás utáni hőkezelés során



14. ábra. A hidegen hengerelt vanádiumlemez szövetszerkezete. N = 320 ×



15. ábra. A 900 °C-on 3 óra hosszat izzított lemez szövetszerkezete. N = 320 ×



16. ábra. Az 1100 °C-on 3 óra hosszat izzított vanádiumlemez szövetszerkezete. N = 320 ×

sokat és beszámoltunk néhány olyan eredményről, amely elősegítheti a termelésbe való bevezetés és az alkalmazás problémáinak a megoldását. Elsősorban a módosított Kroll-eljárással előállított vanádiumszivacs félgyártmánnyá történő feldolgozásának egy-két technológiai paramétere és a termék tulajdonságai közötti összefüggésre igyekeztünk rámutatni. Extrakciós gáztartalom meghatározást, villamos ellenállás mérést, keménység mérést, szilárdsági és fémmikroszkópos vizsgálatokat alkalmaztunk. A vizsgált tulajdonságok alapján a feldolgozási technológiára vonatkozóan a következő megállapításokat tettük:

a) A zsugorítás optimális időtartama 1500 °C hőmérsékleten 8 óra. Ennél további hőkezelés a termék tulajdonságait lényegében nem befolyásolja.

b) A vanádium-zsugorítmány olvasztására az elektronsugaras olvasztási módszer a megfelelő. Az ívfényes olvasztással kedvezőtlenebb minőségű és tulajdonságú terméket tudtunk előállítani.

c) A 90% feletti fogyással, hidegen alakított fém hőkezelésekor 500—900 °C hőmérséklettartományban játszódik le az újrakristályosodási folyamat; félgyártmányok előállításakor a közbenső lágyítás célszerű hőmérséklettartománya ennek megfelelően 700—800 °C.

A termékeket szennyező nyomelemek közül elsősorban a térben középpontos, szabályos rácsú fémeknél lényeges hatású, intersticiós beépülést okozó *nitrogén, hidrogén* és *oxigén* vizsgálatával foglalkoztunk. Megállapítottuk, hogy

a) A klorid-alapanyagból kiinduló, magnéziótermikus előállítási technológia, szemben az oxidok redukálására használt kalciótermikus előállítással többek között azzal az előnnyel jár, hogy a kapott fém nem tartalmaz kimutatható nitrogénszennyezést.

b) A ridegtörvényességet okozó hidrogén teljesen eltávolítható a fémből és így ennek jelenléte a technológia egyes szakaszaiban egyenesen kívánatos. Jelenléte ugyanis megakadályozza a nagyfelületű szivacs oxidációját.

c) A nemfémes szennyezők közül az oxigéntartalom lényeges hatást gyakorol a fém tulajdonságaira. Az alakított fém tulajdonságait (szakítószilárdság, keménység, villamos ellenállás) nem a fizikai hibák, hanem elsősorban az oxigéntartalom befolyásolja. A fém oxigéntartalmát pedig a szivacs oxigéntartalma szabja meg.

Összehasonlítottuk végül lemezmintáinkat külföldi eredetű lemezmintákkal. Az elemzett tulajdonságok alapján megállapítottuk, hogy a kidolgozott technológiánkkal előállított fém tulajdonságai a legjobbak, a kereskedelemben kapható külföldi félgyártmányok minőségétől nem maradnak el.

További célkitűzésünk a tulajdonságok részletesebb vizsgálata, hogy ennek alapján egyrészt vanádiumfólia és huzal gyártási technológiánkat javíthassuk, másrészt a tiszta vanádium felhasználásával újabb, elsősorban hazai alkalmazási területeket találhassunk.

IRODALOM

[1] *Várhegyi Gy.:* Doktori értekezés (1967) 10—13.
[2] *Visnyovszky L.:* Acélötvöző fémek és ferroötvözetek Nehézipari Könyvkiadó (1952).
[3] *Rostoker, W.:* The Metallurgy of Vanadium, John Wiley (1958).
[4] *Busch, P. M.:* Vanádium, U. S. Deparment of the Interior Bureau of Mines, IC 8060 (1961).
[5] *Skeet, H. H.:* Vanadium, Mine & Quarry Eng. Ni **28** (1962) 30—35.
[6] A nagyolvadáspontú fémek jelentősége és hazai előállíthatóságának értékelése irodalmi és világstatisztikai adatok alapján. FKI jelentés (1967).
[7] *Holtz, F. C.:* New Vanadium-Columbium Alloys Resist High and Low Temperatures, Materials Engineering, **64**, No 7.
[8] *Babitzki H. R.—Asai G.—Kato, H.:* Cb-V Alloys for elevated temperature Service, Journal Metals, **16** (1964) 95.
[9] *Foley, E.—Ward, M.—Hock, A. L.:* The production of high Purity, V. Metal. Extraction and Refining of the Rarer Metals, Inst. Mining and Metallurgy. L. (1957) 196.
[10] *Block, F. E.—Ferrante, M.:* Vanadium by Metallic Reduction of Vanadium trichloride, J. Electrochem. Soc. **108** (1961) 464.
[11] *Várhegyi, Gy.—Vitányi, P.—Vassel, K. R.:* Eigenschaften und Anwendung hochschmelzender und reaktiver Metals, Leipzig (1968).
[12] *Hörz, V. G.:* Z. Metallkde **60** (1969) 50—61.
[13] *Baron, V. V.—Szavickij, E. M.:* Szplavii redkih metallov. Metallurgizdat (1960).
[14] *Gerhardt, A.:* Internationales Jahrbuch Chemische Industrie, 1963/4.
[15] *Verő J.:* „Fémtan" Tankönyvkiadó (1970) Budapest.
[16] *Schanfus, H. S.:* „Problemi szovremennoj metallurgii" N. 2. **49** (1960) 108—122.
[17] *Semmel, H. K.:* Technology of Columbium (Niobium) Conser. Sherixood 77—80 New York (1958).
[18] *Collius, J. F.—Calkins, V. P. MC.—Curty, J. A.:* Problemi szovremennoj metallurgii N1, **49**, (1960) 96—10.
[19] *Szavickij, E. M.—Baron, V. V.—Jefimov, J. V.:* Izvesztija A. N. SZSZSZR OTN. Metallurgia i topliva N 3 (1960).
[20] *Wang, C. T.—Baroch, E. F.—Worcester, S. A. Shen, J. S.:* Metallurgical Transaction N6 **1** (1970) 1683—1689.

Tárcsás vákuumszűrők műszerezése az Almásfüzitői Timföldgyárban

NÉMETH BÉLA okl. gépészmérnök
Almásfüzitői Timföldgyár

DK.: 669.712 : 66.041.82 : 66.067

A tanulmány röviden foglalkozik a kikeverés technológiájának azon részével, ahol a tárcsásszűrőket alkalmazzák. Indokolja a műszerezés szükségességét. Ismerteti a megvalósított méréseket és jelzéseket. Bemutatja a leválasztásra használt levegő vezérlését, a szűrőteknők és elosztó tartály szintszabályozását. Utal az üzemeltetés eddigi tapasztalataira.

Az utóbbi években törekedtünk arra, hogy a lap hasábjain tájékoztatást adjunk az Almásfüzitői Timföldgyár megvalósított irányítástechnikai megoldásairól. Csak az olyan műszerezést, illetve a műszerezést elősegítő készülékeket mutatunk be, amit vállalatunk kollektívája készített. Egyik ilyen megoldás a kikeverő üzemrészben levő tárcsás vákuumszűrők üzemének vezérlése.

A kikeverés technológiai leírása

Üzemünkben szakaszos kikeverés van, az ülepítőből jövő aluminátlúgot timföldhidráttal beoltjuk, utána kikeverő tartályba töltik, ahol a tartályok térfogata és a termelés üzemétől függő időn keresztül mechanikusan keverik. A kikeverési idő kb. 50 óra, A töltés, a kikeverés és a szűrés szakaszos. Bizonyos, kialakult sorrend szerint töltik, illetve ürítik a tartályokat.

A kikevert aluminátlúgból kivált hidrátot hidroszeparátorban és hidrociklonban dúsítják, utána Imperiál (dob), illetve Eimco vákuum szűrőberendezéseken szűrik, s a szűrt hidrát kb. 30%-át oltóanyagként visszavezetik a következő ciklusba. A hidrát többi részéről a dobszűrőkön ellenáramban kimossák a tapadó nátront, majd gumiszalagon a kalcinálóba továbbítják.

Az oldatot hidrátmentes állapotban kell a körfolyamatba visszajuttatni, ami szűréssel, és ezt követően hidrát-ülepítéssel valósítható meg. A hidrát ülepítő Dorr tiszta túlfolyása alkalmas a körfolyamatba való visszajuttatásra, tehát a retúrlúgot a bepárló üzemrészbe áramoltatják a megfelelő koncentráció előállítása céljából. A kónuszon eltávozó iszapot ismételt szűrésnek vetik alá.

A műszerezés szükségessége

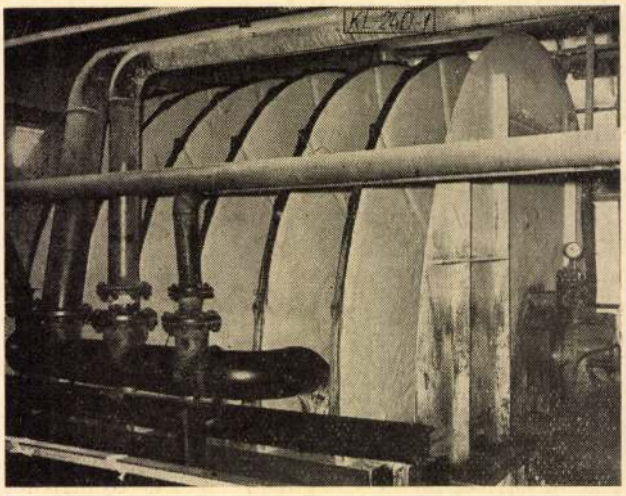
A kikeverő üzemrészben több Eimco gyártmányú tárcsás vákuumszűrőt *(1. ábra)* építettek be az utóbbi években. A szűrők alapműszerezését a gyártó cég adta. Az üzemeltetés során nyilvánvalóvá vált, hogy az üzembiztonságot, minőséget és elsősorban teljesítménynövelést további műszerezéssel lehet elérni.

Az említett alapműszerezés az üzemeltetés beindításakor a következő volt *(2. ábra)*: a szűrők vákuummérése; a ledobó levegő nyomásmérése; a szivattyú meghajtó motor áramfelvétel mérése, és a szűrők csapágyhőmérsékletének mérése.

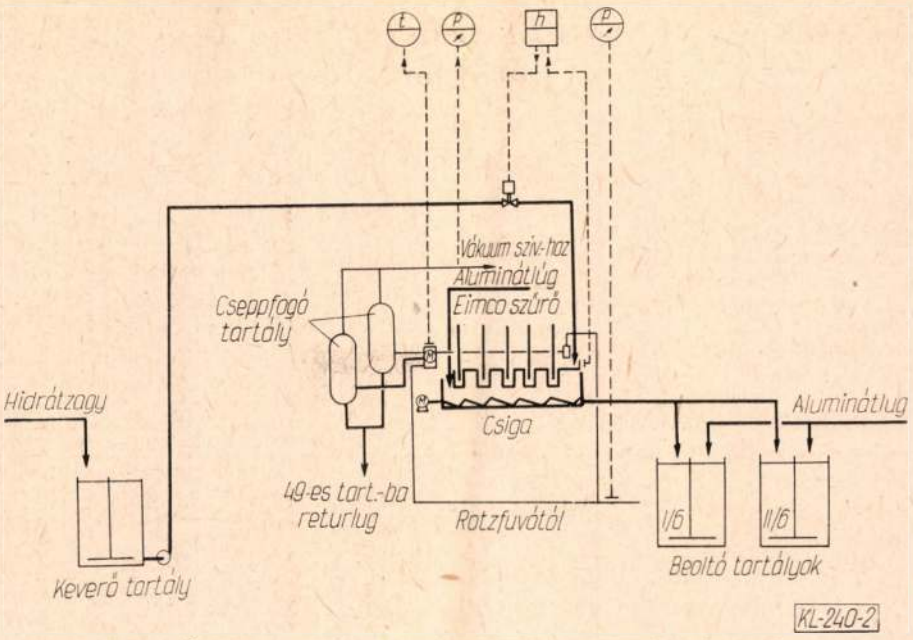
Az egyenletes üzemvitel egyik feltétele, hogy a szűrőteknőben állandó anyagmennyiség (hidrátzagy) és így állandó szint legyen. Szükséges volt szintszabályozást megvalósítani, mert kézi szabályozással az egyenletes üzemvitelt nem lehetett biztosítani. A leggyorsabban kivitelezhető szintszabályozás az volt, hogy a teknőben mérjük a szintet az üzemünkben bevált levegőbuborékolás szondával [1], [2], és a szivattyú nyomóvezetékébe épített szabályozó szeleppel tartjuk állandó értéken a teknőben levő anyag szintjét. Sajnos, az első próbálkozás nem vezetett sikerre, mivel a beavatkozó szervek rövid 1—3 hetes üzemeltetés után meghibásodtak [3], [4]. A meghibásodást a szelepen létrejövő nyomásesés és a koptató hatású hidrátzagy okozta. Kénytelenek voltunk gépészeti átalakítást végrehajtani. A gyakorlatban ismét igazolódott, hogy automatizálni akkor lehet, ha a berendezés gépészetileg automatizálható [5]. Gépészeti átalakításokat és ezzel technológiai módosítást hajtottunk végre, amely biztosította a huzamos meghibásodás nélküli szabályozást.

Az Eimco szűrő *(1. ábra)* 6 db tárcsája közös tengelyen viszonylag lassan fordul (0,76—4,5 ford. perc). A tengely két végén elhelyezett vezérfej biztosítja a tárcsák hidrátzagyban levő részénél (a tárcsa felületének kb. fele) a tárcsák szegmenseinek belső felében a vákuumot. Ekkor a hidrátzagy folyadék-fázisa a szegmensek belső terébe áramlik. A tárcsákon levő szűrővászonra viszont szilárd hidrátréteg tapad. A zagyból kiforduló szűrőfelület belső fala a vezérfejtől lazító levegőnyomást kap, majd tovább fordulva és a függőleges szimmetria vonalat elhagyva újabb levegőnyomás mozgatja meg a szűrővásznat. Ekkor a vászonra tapadt hidrátréteg leválik és a szűrőteknőn kívüli részbe esik.

A probléma ott jelentkezett, hogy a feltapadt hidrát nem teljes egészében vált le a szűrővászonról, így visszajutott a szűrőteknőbe, tehát a



1. ábra. Eimco gyártmányú tárcsás vákuumszűrő



2. ábra. Átalakítás előtt az Eimco szűrők kapcsolása és műszerezése

szűrési teljesítmény nem volt kielégítő. Feladatunkat a szűrő teljesítményének növelése képezte.

A két fő feladat mellett az üzemvitel könnyebbsége érdekében további jelzésekre volt szükség, így a szűrők motor üzemállapot jelzésére és az Eimco szűrők vákuum határérték jelzésére. A jelzésekről, egyszerűségüknél fogva, bővebb ismertetést e helyen nem adunk.

Vezérlés

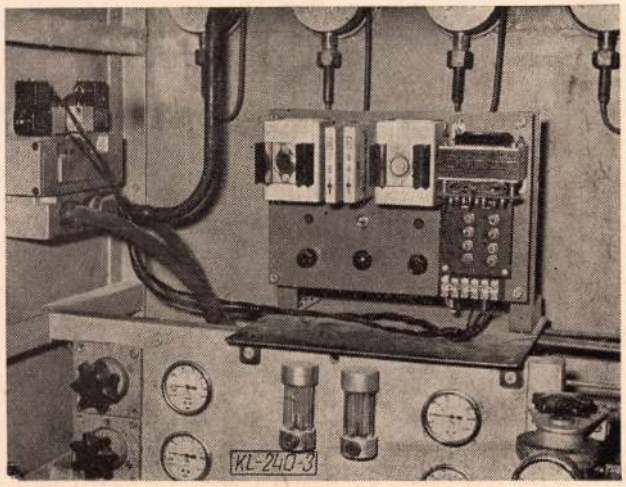
A hidrátot ledobó levegő nyomásának vezérlése azt a célt szolgája, hogy a ledobási tartományban (90°) a szűrővászon többször legyen levegőnyomással megmozgatva. A gyári vezérfej konstrukciója olyan, hogy a szűrővászon csak egyszer mozdul meg.

A feladatot házilag készített időműves, elektropneumatikus kapcsolóval *(3. ábra)* és ugyancsak házilag készített beavatkozó és végrehajtó szervvel valósítottuk meg *(4. ábra)*.

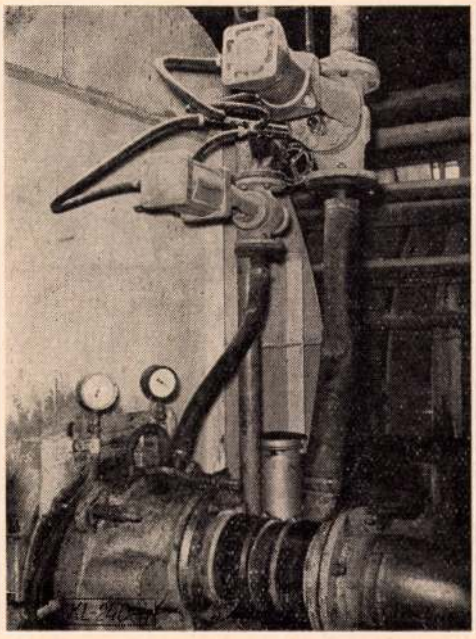
Az időmű kapcsolási rajzát az *5. ábrán* láthatjuk.

Az időművel 0,5—10 másodperc intervallumban lehet az időt állítani. A mi viszonyaink között optimális teljesítményhez 3 másodperces időközönként záró kontaktust ad az időmű. A kontaktus elektropneumatikus kapcsolót működtet. A kapcsolóból kiáramló sűrített levegő működteti a dugattyús végrehajtó szervet, amely nyitja-zárja az együlékes beavatkozó szelepet.

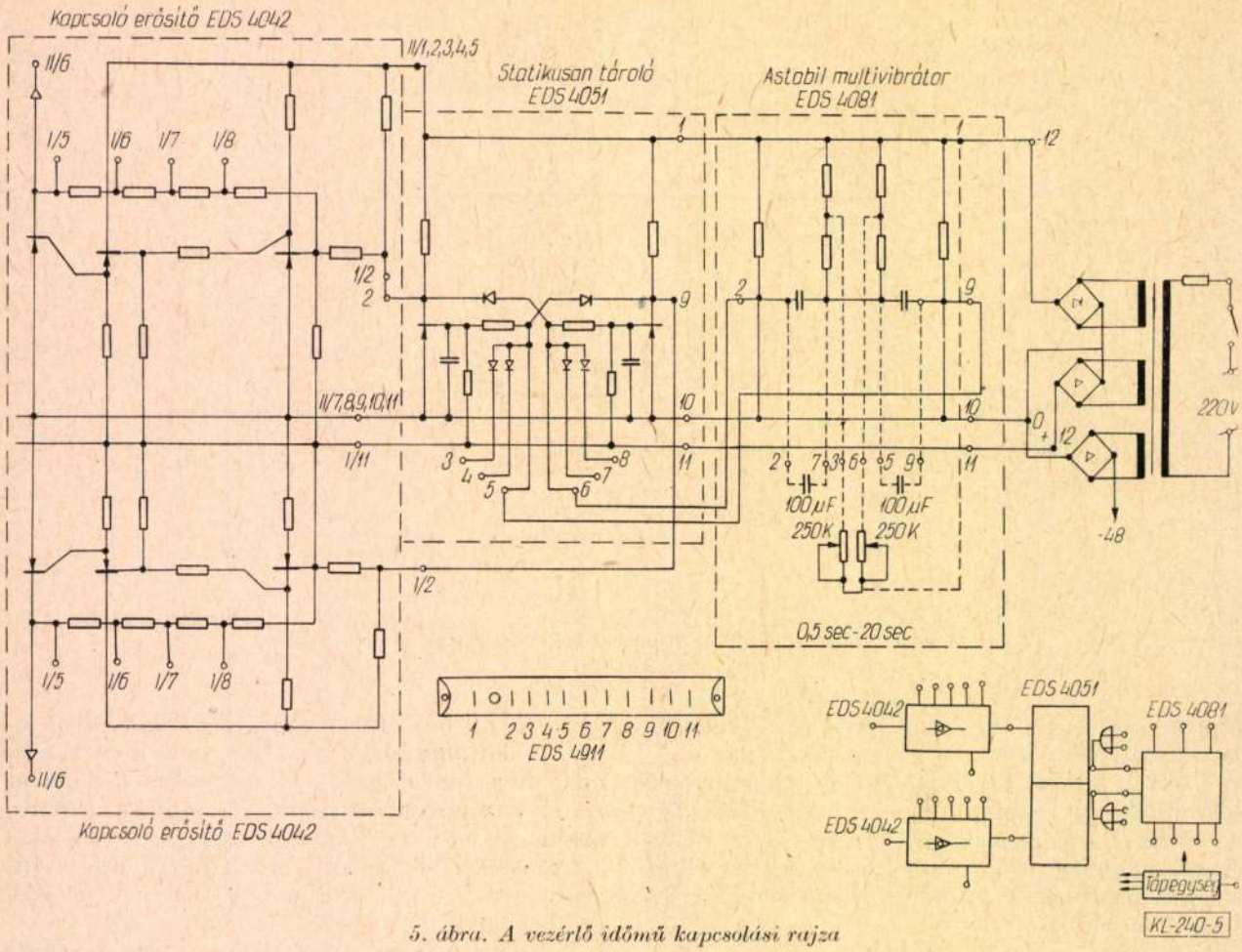
Figyelemre méltó az, hogy a házilag készített nyitó-záró szelepek már 2 éve működnek. Kisebb megszakítások csupán a szűrők szokásos karbantartása miatt voltak. A szelepek átlagban 14 millió nyitást, illetve zárást végeztek meghibásodás nélkül. Itt említjük meg, hogy vásároltunk Herion gyártmányú mágnesszelepeket és néhány óra,



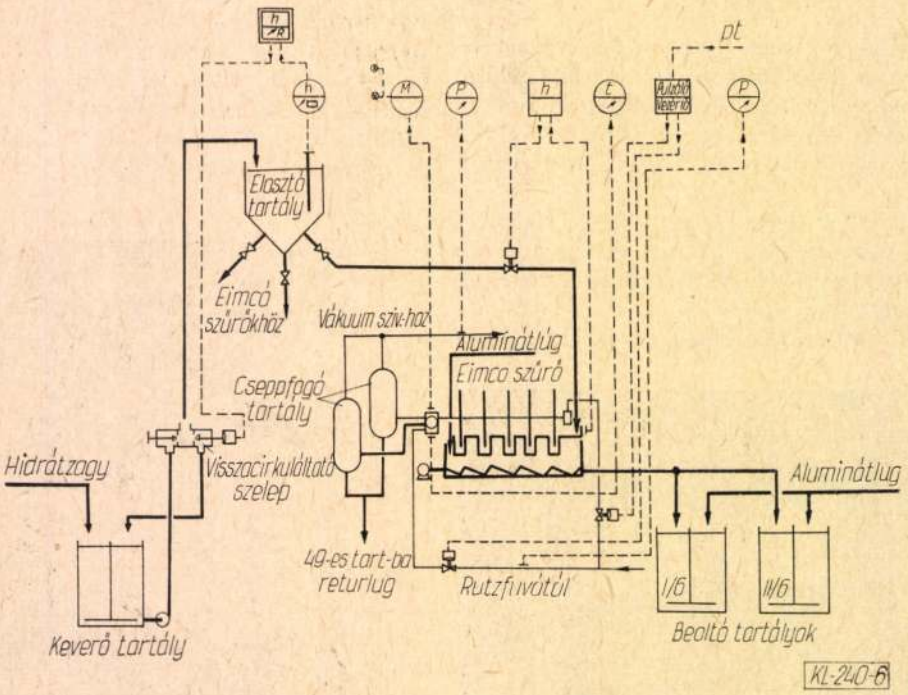
3. ábra. Házilag készített időműves elektro-pneumatikus parancsadó készülék



4. ábra. Házilag készített és beépített pneumatikus működésű nyitó-záró szelep



5. ábra. A vezérlő időmű kapcsolási rajza

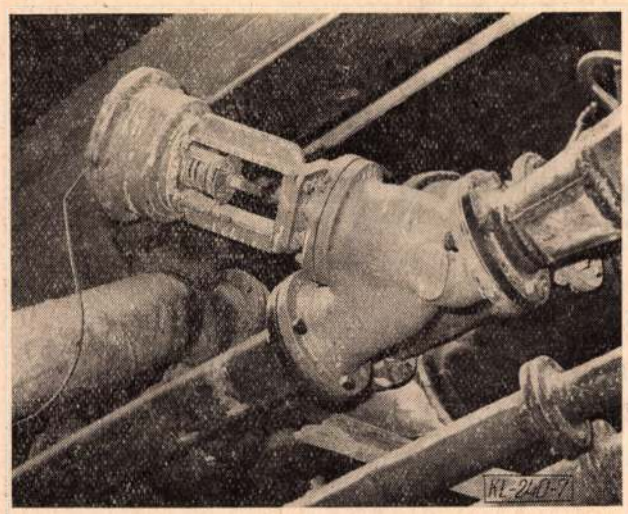


6. ábra. Eimco tárcsásszűrők és elosztó tartály kapcsolása és műszerezése

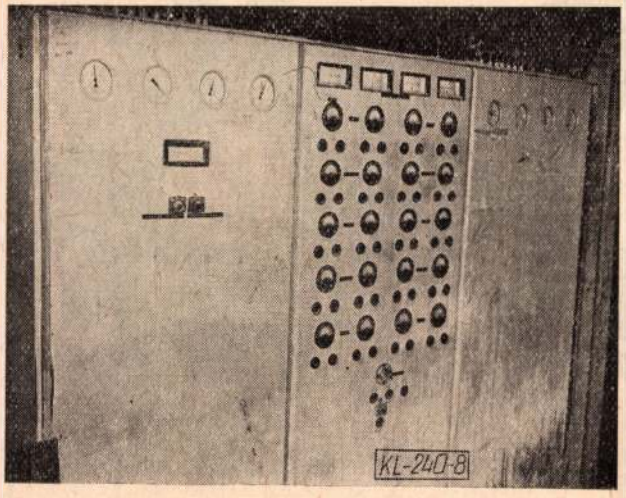
illetve maximum 3 napos üzemelés után meghibásodtak. A csereként küldött szelepekkel hasonlóan jártunk.

A beépített vezérléssel a hidrát-ledobási tartományban négyszer mozgatjuk a szűrővásznat, így a szűrő teljesítménye 20—30%-kal nőtt. A szűrővásznat mozgató levegőnyomás 0,1—0,2 att. A vezérlés a szűrővásznak élettartamát nem csökkentette.

A vezérfejben gépészeti módosítást hajtottunk végre: növeltük a ledobó levegő vezérfejben levő áteresztő nyílását.



7. ábra. Beépített házi gyártmányú ferdeülékes szabályozó szelep



8. ábra. A szűrők mellett levő műszerszekrények

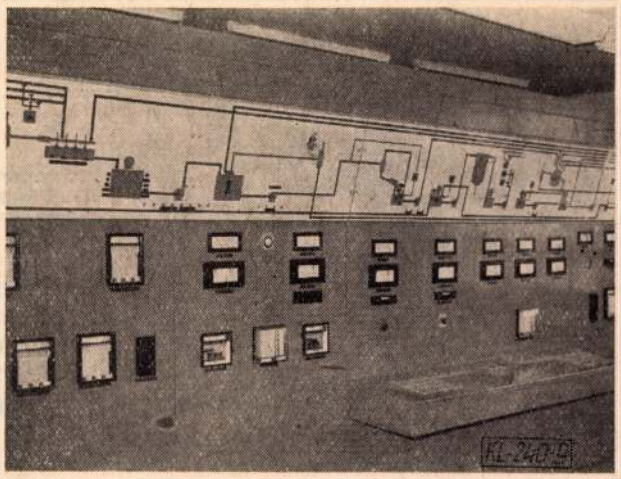
Szabályozás

Már említettük, hogy gépészeti átalakításra volt szükség a szűrőteknők üzembiztos szintszabályozása érdekében. A végrehajtott módosítás és a végleges műszerezés kapcsolása a *6. ábrán* látható.

Ez a régi technológiai kapcsolástól annyiban tér el, hogy a szivattyútól nem közvetlenül áramoltatjuk a hidrátzagyot a szűrő teknőbe, hanem egy elosztó tartályon keresztül. Az elosztó tartályt a szűrők fölé szereltük, így a tartályban levő anyag ráfolyással jut a szűrőteknőbe, ami által a szabályozó szelepeken a nyomásesés minimális. Így természetesen az elosztó tartály szintszabályozását is meg kellett oldanunk. A szintszabályozást a leürülés és a túltöltés veszélye indokolja. Szintszabályozást az elosztó tartályban és a szűrőteknőkben valósítottunk meg.

A szintet mindkét esetben hidrosztatikai nyomás elvén mérjük (érzékeljük), levegőbuborékolós szondákkal [2]. Az elosztó tartálynál differenciál nyomástávadót alkalmaztunk, mivel a tartály zárt.

A szabályozási kör kialakításához kimért átmeneti függvények alapján (mindkét esetben) megállapítható, hogy a szabályozott szakasz nem önbeálló. Az alkamazott szabályozók P jellegűek.



9. ábra. Kikeverő üzem műszertermének részlete

Az elosztó tatály szintszabályozását befolyásoló tényezők a következők: a keverő tartályba áramló hidrátzagy kimaradása, a vezetékben előforduló eltömődés, és a mennyiségi elvétel indokolatlan ingadozása.

A szűrőteknők szintszabályozását befolyásoló tényezők pedig: az elosztó tartály leürülése; a vezetékben előforduló eltömődés; a tárcsásszűrők tárcsafordulatának változása és a vákuum indokolatlan ingadozása.

Szűrőteknőknél a beavatkozást ferdeülékű, házi gyártmányú szabályozó szelepekkel oldottuk meg *(7. ábra)*, erről más helyen már bővebb ismertetést [3] adtunk.

Az elosztó tartály szabályozó szelepe is házi gyártmányú szelep. A beavatkozó rész speciális kiképzésű (l. 6. ábrát). Tulajdonképpen egy közös szelepházban, egy kézi és egy automatikus működésű, egymástól függetlenül állítható fojtóelem van. Az elosztó tartály szintjét visszacirkuláltatással tartjuk.

Az üzemeltetés eddigi tapasztalatai pozitívak, a szelep meghibásodás ideje 3—5 hónap között van, ami lényeges különbség az 1—3 héthez viszonyítva. Az elosztó tartályban a szintet $\pm 1\%$ pontossággal tartjuk. A szűrőteknőkben pedig $\pm 0{,}5$ cm pontosságot tudunk biztosítani. Végül a szűrők mellett elhelyezett műszerszekrény *(8. ábra)* és a kikeverő üzem műszertermének részletét mutatjuk be *(9. ábra)*, ahol a szűrők üzem ellenőrizhető.

IRODALOM

[1] *Németh Béla:* Műszerezés és automatizálás az Almásfüztői Timföldgyárban (jelzés, mérés, vezérlés). BKL. Kohászat, 103. 9. sz. (1970).

[2] *Németh Béla—Barakka Imre:* Timföldgyári érzékelők és mintavételezők. Vegyi és Olajipari Automatizálási Konferencia (1972) anyaga.

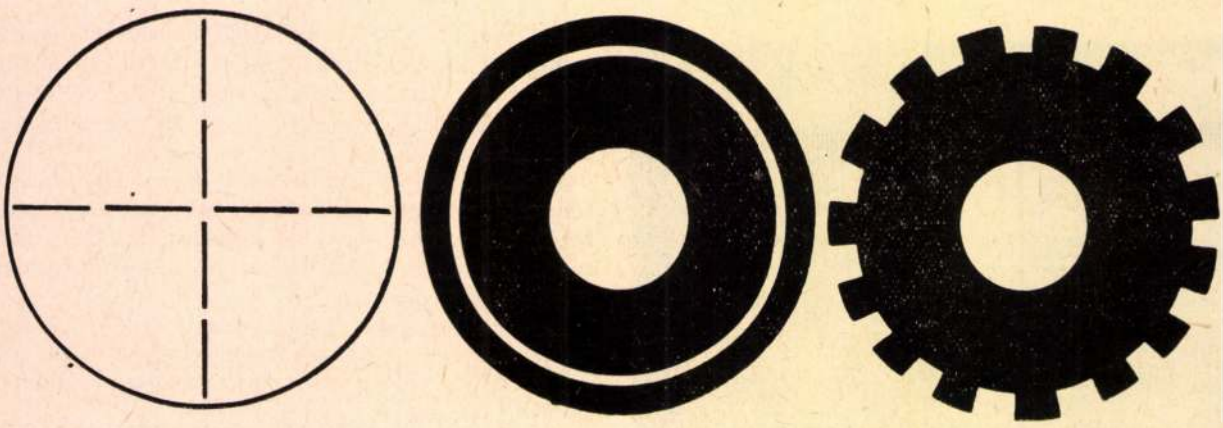
[3] *Locsmándi Géza—Hollósi János:* Timföldgyári folyamatszabályozás szabályozó szelepei. Vegyi és Olajipari Automatizálási Konferencia (1972). anyaga.

[4] *Németh Béla—Hollósi János:* Szabályozó szelepek a timföldgyártásban. BKL-Kohászat, 105. 3. sz. (1972).

[5] *Beljajev, I. I.:* Kontrol i automatizacija proizvodsztva glinozema i gluminija. Izd. „Metallurgija", Moszkva 1967.

centrozap

Külkereskedelmi Vállalat
40—036 Katowice — Ligonia 7 — Lengyelország
Postafiók: 825
Telex: 0312-416



EXPORTÁL — IMPORTÁL

— Komplett kohóipari üzemeket és önálló részlegeket a vas- és acélkohászat, valamint a színesfém-kohászat részére,
— Komplett kokszolóüzemeket,
— Gépeket és felszereléseket a nagyolvasztók, acélművek és hengerművek részére,
— Korszerű hegesztő- és vágóberendezéseket,
— Hengerművek részére hengereket,
— Különféle acélszerkezeteket,
— Csőhúzó berendezéseket,
— Komplett tűzállóanyag objektumok tervezését és építését, valamint felszerelését,
— Különböző fajta elektromos ipari kemencéket.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

106. ÉVFOLYAM



AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET LAPJA
BUDAPEST, 1973. JÚNIUS HÓ 6

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

Горный и Металлургический Журнал **Металлургия**
Zeitschrift für Bergbau und Hüttenwesen **Hüttenwesen**
Mining & Metallurgical Journal **Metallurgy**

ALAPÍTOTTA: PÉCH ANTAL 1868-ban

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET

A MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI EGYESÜLETEK SZÖVETSÉGE TAGJÁNAK LAPJA

Szerkesztőség: 1061 Budapest VI., Anker köz 1. I. 105.
Tel.: 426-795

TARTALOM

TÖMPE LÁSZLÓ: Martin-kemencék teljesítőképességének vizsgálata 241
KŐHALMI KÁLMÁN: Hideghengerlésre szánt szélesabroncsok méretpontossága és alakhűsége ... 248
CSURGAY FERENC: A forrcsőív-gyártás hazai fejlődése 256
NÉMETH EMIL: A kohászati termékek ultrahangvizsgálati eredményeink értékelési nehézségei és a felhasználhatóság megítélése 258
A vaskohászat helyzete Bulgáriában 264
Könyvismertetés 265
Értesítés nemzetközi konferenciáról 265
Korszerű külföldi üzemek ismertetése 266
Korszerű anyagvizsgáló berendezések 267
Beszámoló külföldi konferenciáról 267
Egyesületi hírek 268
Műszaki és gazdasági hírek 269
Szabványosítási hírek B3

FÉMKOHÁSZAT

BURAYNÉ MIHÁLYI ERIKA—SINAY GÁBOR—DR.CZOBOLY ERNŐ: Alumíniumötvözetek ridegtörési hajlamának vizsgálata 270
DR. KLUG OTTÓ—KÓNYA JÁNOS—RIEDL ISTVÁN: Különböző hőmérsékleten kalcinált timföld dielektromos tulajdonságainak vizsgálata 277
KŐNIG PÁL: Timföldgyári vörösiszap szűrése leszedőhengeres vákuum-dobszűrővel 282
Az ICSOBA hírei 285
Egyesületi hírek 285
Szakosztályi hírek 286
Fémkohászati műszaki és gazdasági hírek 287

ÖNTÖDE

DR. VARGA F.—DR. VÖRÖS E.: A temper- és a gömbgrafitos öntvény termelésének, minőségének jelenlegi helyzete és várható fejlődése 122
BUCZ E.: A korszerű temperöntvénygyártás gyártóeszköz igényessége 128
PISTOL G.: A kokillaöntés lehetőségei és határai temperöntvények gyártásakor 131
DUTSCHKE R.: Az öntöde fejlesztésének hatása a minta- és kokillakészítésre 135
V. Soproni Temperöntési és Mintakészítési Napok, Sopron, 1972. november 9—10. 141

Megjelenik havonként
Egyszámlaszám egyesületi tagok részére: Magyar Nemzeti Bank 61 770
Egyévi előfizetés: 180,— Ft. Egyes példányok ára: 15,— Ft
Bányászati és Kohászati Lapok — **KOHÁSZAT**

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1906 Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-293. Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató
73.6., 821 — Révai Nyomda, Budapest V., Vadász utca 16.
F. v.: Povárny Jenő
Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (1900 Budapest, József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára
A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultúra" P. O. B. 14. Budapest 62

Index: 25.155

ÉVFOLYAM ГОД JAHRGANG YEAR 106

SZÁM № Nr. No. 6

JÚNIUS ИЮНЬ JUNI JUNE 1973

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

ЖУРНАЛ ГОРНОГО ДЕЛА И МЕТАЛЛУРГИИ МЕТАЛЛУРГИЯ
ZEITSCHRIFT FÜR BERG UND HÜTTENWESEN HÜTTENWESEN
JOURNAL OF MINING AND METALLURGY METALLURGY

СОДЕРЖАНИЕ

Ласло Тёмпе: **Исследование емкости мартеновских печей** ..... С 241

Для расчета удельной емкости мартеновских печей автор предлагает два метода. В одном случае время плавки складывается из времен отдельных фаз производства и удельная емкость определяется по отношению времен нагружения и сплавления. Во втором случае удельная емкость определяется по анализу регрессионных зависимостей, полученных с помощью электронной вычислительной машины. С помощью обоих методов можно определить оптимальное время кампаний и годичные параметры экономии времени.

Калман Кёхалми: **Размерная точность и верность фасона холоднокатаемых широких обручей** . С 248

В статье систематизируются фасонные расхождения широких, холоднокатаемых обручей. Описываются последствия фасонных расхождений при холодной прокатке. Исследуются изменения щели, вызванные прогибом валка, термическим рельефом и износом валка и для уменьшения и компенсации этих явлений возможность смазки бомбироки валка.

Ференц Чургаи: **Отечественное развитие производства отводов кипятильных трубок** ..... С 256

Автор в своей статье ознакамливает с ранним методом производства отводов кипятильных трубок и с новым методом производства, разработанным на Чепельском трубном заводе. Автор указывает на ошибки обычной технологии производства. Анилизируется роль тех факторов, которые больше всего влияют на развитие производства.

Эмил Немет: **Трудности оценки результатов ультразвуковых исследований металлургических продуктов и оценка применяемости** ..... С 258

Из трудностей ультразвуковой идентификации порока вытекает, что в предельном случае возникают спорные вопросы между производителями и заказчиками по применению продукта. В каждом таком случае следует решить судьбу ценных продуктов.
Для решения этих вопросов автор статьи так оказывает помощь, что кроме систематизации исследовательских и расчетных методов анализирует вопросы применяемости продукта.

Бураине Эрика Михай—д-р Эрнё Цобой—Габор Шинаи: **Исследование склонности алюминиевых сплавов к хрупкому разрушению** ..... С 270

Авторы в данной работе — кроме приведения результатов экспериментов — обращают внимание на то, что классификация конструкционных алюминиевых сплавов с точки зрения склонности к хрупкому разрушению является открытым вопросом, решение которого должно быть в ближайшем будущем.

Д-р Отто Клуг—Янош Конья—Иштван Риеди: **Изучение диэлектрических свойств глинозема прокаленного при различных температурах** . С 277

На основе полученных результатов проведенных исследований утверждается, что технику измерения диэлектрических свойств можно использовать для характеристики глиноземов, содержащих разное количество кальция. Однако для разработки техники измерения соотношения фаз альфа и гамма требуются дальнейшие исследования. По сравнению с кристалло-оптическим методом этот метод являлся бы более простым и объективным.

П. Кёниг: **Фильтрование красного шлама глиноземного завода с помощью вакуумного барабанного фильтра с снимающими цилиндрами** ... С 282

Современный метод промывки красного шлама с применением вакуумных барабанных фильтров с снимающими цилиндрами. Условия снятия красного шлама, система сепаратов для отделения грубых зерен. Опыты, полученные на глиноземных заводах в Лидвигшарене и в Мадьяроваре при применении фильтров для красного шлама, производство которых начато и в Венгрии.

INHALT

L. Tömpe: **Untersuchung der Leistungsfähigkeit von SM-Öfen** ..... S 241

Zur Berechnung der Leistungsfähigkeit von SM-Öfen werden zwei Verfahren vorgeschlagen. Im ersteren wird die Chargendauer aus den einzelnen technologischen Teilzeiten zusammengestellt, und die spez. Leistung wird aus dem Verhältnis der Einsatz- und Einschmelzzeiten errechnet. Im zweiten Fall wird die Leistung mit den aus einem Rechner erhaltenen Angaben und aus denen gebildeten Regressionsfunktionen festgestellt. Mit beiden Verfahren können die optimalen Ofenhaltbarkeitszeiten und die jährlichen Zeitausnutzungskennzahlen errechnet.

K. Kőhalmi: **Massgenauigkeit und Formgetreuheit der zum Kaltwalzen bestimmten Warmbreitbänder** ..... S 248

Die Formfehler der zum Kaltwalzen bestimmten Warmbänder. Die Folgen der Fehler beim Kaltwalzen. Die Walzspaltänderungen durch Walzbiegung, durch Warmwölbung der Walzen und durch Walzabnutzung. Möglichkeiten der Verminderung der Walzspaltänderung durch Schmieren und durch geeignete Bombierung der Walzen.

F. Csurgay: **Entwicklung der einheimischen Herstellung von Kesselrohrbögen** ..... S 256

Ältere und im Rohrwerk Csepel entwickelte neuere Methode der Herstellung von Kesselrohrbögen. Fehler des älteren Verfahrens. Die das Biegen der Kesselrohrbögen beeinflussenden wichtigsten Faktoren.

E. Németh: **Die Schwierigkeiten der Bewertung von Ergebnissen der Ultraschallprüfung von Hüttenerzeugnissen** ..... S 258

Aus den Schwierigkeiten der Fehleridentifizierung bei der Ultraschallprüfung kann gefolgert werden, dass in Grenzfällen die Brauchbarkeit des geprüften Werkstückes von Erzeugern und Verbrauchern weitgehend diskutiert wird. Zur Verminderung, bzw. Eliminierung dieser Schwierigkeiten wird die Beurteilung der Brauchbarkeit tiefgehend analysiert, dabei werden die Prüfverfahren und die Bewertungsmethoden systematisch geschildert.

Frau Buray Erika Mihályi — G. Sinay—Dr. E. Czoboly: **Untersuchung der Sprödbruchneigung von Aluminiumlegierungen** ..... S 270

Die Verfasser möchten — im Anschluss an die Beschreibung der Versuchsergebnisse — darauf hinweisen, dass die Bewertung der Aluminium-Baulegierungen vom Standpunkt der Sprödbruchneigung eine drängende und vorrangige Aufgabe darstellt.

Dr. O. Klug—J. Kónya—I. Riedl: **Untersuchung der dielektrischen Eigenschaften der bei verschiedenen Temperaturen kalzinierten Tonerde** S 277

Die bisherigen Versuchsergebnisse bieten eine Grundlage zur Verwendung der dielektrischen Messtechnik bei der Kennzeichnung der Tonerden mit verschiedenem Kalzinierungsgrad. Die Entwicklung eines instrumentierten Verfahrens zur Messung des Verhältnisses der Alpha/Gamma-Modifikationen erfordert jedoch weitere Untersuchungen. Durch diese Messung wird die Auswertung — im Vergleich zum kristalloptischen Verfahren einfacher und objektiver.

P. König: **Das Filtern von Rotschlamm in Tonerdefabriken mit einem Vakuum-Trommelfilter mit Abtragezylinder** ..... S 282

Die moderne Lösung des Rotschlammwaschens mit Vakuum-Trommelfiltern mit Abtragezylinder wird beschrieben. Nach Darstellung der Bedingungen der Rotschlammabtragung und des Separatorsystems zur Abtrennung des Grobkornes werden die Erfahrungen mit diesen Rotschlammfiltern im Werk Giulini (Ludwigshafen) sowie in der Tonerdefabrik Ajka behandelt. Die Erzeugung dieser Filter wurde in Ungarn bereits aufgenommen.

CONTENTS

L. Tömpe: **An investigation of the performance of open hearth furnaces** ..... P 241

The author proposes two methods for calculating the specific performance of open hearth furnaces. According to the first method the charge time is composed from the partial times for the various phases of production and the specific performance is obtained as the ratio of charge times to melt-down times. The second method utilizes a regression function obtained from the data of an electronic computer to calculate the performance. Both methods furnish the optimal campaign durations and the yearly time utilization parameters.

K. Kőhalmi: **Dimensional accuracy and trueness of shape of wide strip for cold rolling** ..... P 248

The paper details the shape defects of wide strips for cold rolling, indicating the results of these defects in cold rolling. The roll throat variations due to roll deflection, thermal camber and roll wear are discussed together with the possibilities of roll lubrication and cambering the reduce or compensate for these phenomena.

F. Csurgay: **The production of boiler tube strips in Hungary** ..... P 256

The author describes the older technology of boiler tube strip production and the novel procedure developed in the Csepel Tube Factory, showing the defects of the traditional technology and analyzing the role of the factors which mainly influence the bending of boiler tube strips.

E. Németh: **Difficulties in evaluating the ultrasonic test results of metallurgical products and in judging the possibility of utilizing them** ..... P 258

It follows from the difficulty of identifying defects in ultrasonic testing that the question of utilizing a product is the subject of much discussion between the produced and client in certain border-line cases. The parts under discussion are usually of high value.
The author wishes to aid these efforts by describing systematic methods of testing and evaluating and by analyzing the aspects of judging the possibilities of utilizing a part.

Mrs. Buray E. Mihályi—G. Sinay:—E. Czoboly **Investigating the tendency to brittle fracture in aluminium alloys** ..... P 270

The authors describe the results of their experiments and direct attention to the fact that the evaluation of structural aluminium alloys from the point of view of tendency to brittle fracture is a very urgent task.

Dr. O. Klug — J. Kónya — I. Ried: **Testing the dielectric properties of alumina calcined at different tmeperatures** ..... P 277

The test results obtained so far form a basis for using dielectric measuring methods to characterize alumina samples calcined at different temperatures. Further investigations are necessary, however, to develop an instrumented method for measuring the alpha/gamma proportion. This latter method can simplify the evaluation and render it more objective as compared to the crystal optical method.

P. König: **Filtering red mud in alumina plants with a vacuum drum filter with a stripping cylinder** ... P 282

The paper describes the modern solution for washing red mud by using vacuum drum filters with stripping cylinders. The conditons of red mud stripping and the separator system for separating coarse grains are presented, together with the experiences with red mud filters in the Giulini plant at Ludwigshafen and in the Magyaróvár alumina plant. The production of these filters has been taken up in Hungary already.

Főszerkesztő:
ÓVÁRI ANTAL

Szerkesztők:
DR. FUCHS ERIK, GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ, RUHMANN JENŐ

Szerkesztő bizottság:
BALÁZS FÜLÖP, DR. BECKER ERVIN, BOROSSAY BÉLA, CSEH MIKLÓS, DR. HAJTÓ NÁNDOR, DR. KÁLDOR MIHÁLY, KÉZDI ÁRPÁD, KOLLÁR SÁNDOR, DR. MÓCSY ÁRPÁD, PINTÉR ANDRÁS, DR. PILISSY LAJOS, DR. REMPORT ZOLTÁN, ROMWALTER ALFRÉD, SELMECZI BÉLA, SZELESS LÁSZLÓ, SZŐKE LÁSZLÓ, SZŰCS ENDRE, VAS IVÁN, DR. VERŐ BALÁZS.

A rajzokat készítette: KÜRTÖS MARGIT.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET FOLYÓIRATA

106. évfolyam 6. szám 1973. június

Martin-kemencék teljesítőképességének vizsgálata*

TÖMPE LÁSZLÓ okl. kohómérnök
Lenin Kohászati Művek

A szerző az SM-kemencék fajlagos teljesítőképességének kiszámítására két módszert javasol. Az egyik esetben az adagidő-tartamot az egyes gyártási fázisok részidejéből rakja össze és a fajlagos teljesítményt a berakási és a beolvadási idők viszonyszámából állapítja meg. A másik eljárás során elektronikus számítógép adataiból képezett regressziós függvények elemzése alapján számítja ki a teljesítőképességet. Mindkét módszerrel megállapíthatók az optimális kampányidők és az éves időkihasználású mutatók.

Bevezetés

Az SM-acélművek teljesítőképességének meghatározója a kemencesor üzeme. A termelő egységektől várható teljesítmény számítása viszont alapvető az üzem termelési tervének meghatározásában.

A kemencék teljesítőképességének számítására világviszonylatban elfogadott egységes módszer nincs, amely az SM-kemencékben végbemenő folyamatok thermodinamikai és reakciókinetikai paramétereire lenne építve.

Ennek oka az a rendkívül sok tényező, melyeknek nagy része nemcsak adagonként, de a gyártás folyamatában szinte pillanatonként változik. Matematikai megfogalmazásuk a vezető ipari államokban kiépített számítógépparkok ellenére egyelőre még várat magára.

Fentiek miatt gyakorlatilag is szükségesnek láttuk olyan számítási módszer elkészítését, amely közel egzakt módon adja meg a kemencék teljesítőképességét.

Tanulmányom ezt a módszert alkalmazza, felhasználva többek között a matematikai statisztikát és a vállalat birtokában levő Bull Gamma 115 típusú számítógépet.

1. Az adagidő-tartam változása a kampány folyamán, a kemence járati számának függvényében

A termelési kapacitást egy kampányra, vagy a kampányon belüli bármelyik adagra legkézenfekvőbb a t/ó teljesítmény és a hozzá tartozó adagidő-tartam szorzatából számítani maximális betétsúly mellett. Nagyobb időszakra (pl. év) történő termelési kapacitás számításánál természetesen a kemencék kampányai közötti átépítési időket is figyelembe kell venni.

Az adagidő-tartam változásának jelleggörbéje ismert.

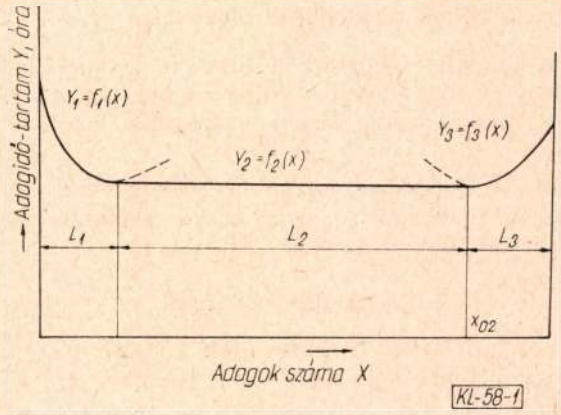
Az *1. ábrából* látható, hogy a kampány elején a adagidő-tartam némileg csökken, ezután csaknem lineárisan lassan nő, majd a kampány végén hirtelen emelkedik.

Az elektronikus számítógépen végzett korrelációszámítás szerint, az L_1 és L_3 szakaszokra a parabolikus összefüggés adja a legjobb közelítést, az L_2 szakasznál pedig nem követünk el számottevő hibát, ha ott az L_1 és L_3 szakaszban érvényes parabolák érintő egyenesét fogadjuk el.

Az időtartam és a járati szám függvénykapcsolatával a szakirodalomban nem találkozunk, ezért vállalkozunk a következőkben ennek felírására.

Az adag-időtartam változását a kampány folyamán az L_1, L_2, L_3 tartományban értelmezve, a három függvény szuperponálásával kapjuk.

$$y = y_1 + y_2 + y_3 = f_{1(x)} + f_{2(x)} + f_{3(x)} \qquad (1)$$



1. ábra. Az adagidő-tartam változása, az adagok számának függvényében

* A Vaskohászati Szakosztály 1972. évi nívódíj pályázatán díjat nyert pályamunka.

ahol $y_1 = f_{1(x)} = a_1x^2 + a_2x + a_3$ (2)

$$y_2 = f_{2(x)} = mx + c \quad (3)$$

$$y_3 = f_{3(x)} = b_1x^2 + b_2x + b_3 \quad (4)$$

Az egyes kemencék kiválasztott kampányának összetartozó adag-időtartam és járati szám értékpárok statisztikai adathalmazából, a parabolák egyenletét a legkisebb négyzetek módszere segítségével határoztuk meg.

Az $Y_1 = f_{1(x)} = a_1x^2 + a_2x + a_3$

függvénnyel szemben feltételünk, hogy:

$$\sum_{k=1}^{n} (y_k - a_1x_k^2 - a_2x_k - a_3)^2 = \text{min. legyen}$$

A négyzetreemelést elvégezve:

$$\sum_{k=1}^{n} (y_k^2 + a_1^2x_k^4 + a_2^2x_k^2 - 2y_ka_1x_k^2 - 2y_ka_3 + 2a_1a_2x_k^3 + 2a_1a_3x_k^2 + 2a_2a_3x_k$$

A konstansok (a_1, a_2, a_3) meghatározása céljából képezni kell a parciális differenciálokat:

a_1 szerint

$$\sum_{k=1}^{n} x_k^4a_1 + \sum_{k=1}^{n} x^3a_2 + \sum_{k=1}^{n} x_k^3a_3 = y_kx_k^2 \quad (5)$$

a_2 szerint

$$\sum_{k=1}^{n} x_k^3a_1 + \sum_{k=1}^{n} x_k^2a_2 + \sum_{k=1}^{n} x_ka_3 = \sum_{k=1}^{n} \quad (6)$$

a_3 szerint

$$\sum_{k=1}^{n} x_k^2a_1 + \sum_{k=1}^{n} x_ka_2 + \sum_{k=1}^{n} ka_3 = \sum_{k=1}^{n} y_k \quad (7)$$

2. Az adagidő-tartam meghatározása a gyártási fázisok részidejeiből

2.1. Az adagközi javítások időtartama (t_i)

Az adagközi javítások időtartama, az adott helyi viszonyok függvényében különböző nagyságú lehet. Matematikai kifejezésének gyakorlati jelentősége nincs.

Az LKM SM-acélműben, a gyártástechnológiai utasítás 0,66 órában írja elő a kemenceápolás időtartamát.

2.2. A szilárd betét berakási ideje (t_b)

A szilárd betét berakási ideje az alábbi képlettel számítható:

$$t_b = \frac{B \cdot C}{b_k} \cdot t_d \text{ (óra)}$$

ahol B betétsúly (szilárd betét + folyékony nyersvas) *(t)*,

C szilárd betét és az összes betétsúly viszonyszáma,

t_d a berakódaru műveletideje, 1 teknő anyag berakásakor (óra),

b_k a teknőbe rakható anyag súlya (t).

2.3. A beolvasztási idő (t_0)

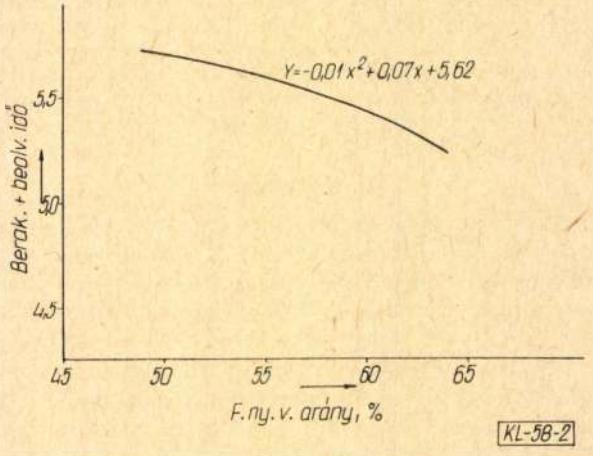
A beolvasztási időt abból a feltételből állapíthatjuk meg, hogy a berakási és a beolvasztási periódusokban kell az acélnak felvenni a teljes beolvadáshoz szükséges hőmennyiséget, a periódusonként különböző tüzelési hatásfokok és hőterhelések mellett.

Képletben kifejezve:

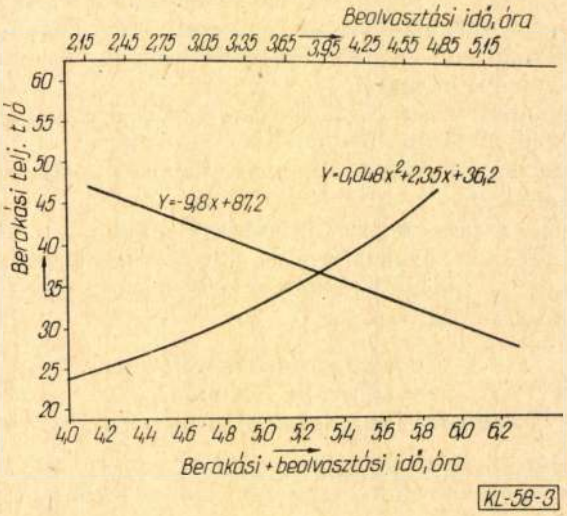
$$t_0 = \frac{Q - \eta_b \cdot H_b \cdot t_b}{\eta_0 \cdot H_0} \text{ (óra)}$$

ahol Q az acél teljes beolvadásához szükséges hasznos hőmennyiség (10 Kcal/ó)

H_b hőterhelés a berakási periódusban (10^6 Kcal/ó),



2. ábra. Berakási + beolvadási idő—f. ny. v. arány trendje



3. ábra. A kemence berakási teljesítményének változása a berakási és beolvasztási idő függvényében

H_0 hőterhelés a beolvasztási periódusban (10^6 Kcal/ó)

η_b tüzelési hatásfok a berakási periódusban, (%/100),

η_0 tüzelési hatásfok a beolvasztási periódusban (%/100).

A berakási és beolvadási idők meghatározhatók a *2.* és *3. ábrákon* szereplő függvényekből is.

2.4. A fövetési idő (t_f)

A fövetési idő meghatározására az alábbi képlet alkalmas:

$$t_f = \frac{C_b - C_k}{C} \text{ (óra)}$$

ahol C_b a teljesen beolvadt acélfürdő széntartalma (%-ban),

C_k a kész acél előírt széntartalma (%-ban)

C a fürdő széntartalma csökkenésének, leégetésének sebessége fövetéskor (%/ó).

A C leégetés sebességét 0,5 %/órában célszerű meghatározni. Gyártástechnológiai (minőségi) szempontból a beolvadási C-tartalom, a kész acél előírt C-tartalom felső határától 0,5%-kal kell, hogy nagyobb legyen, így — tervezés esetén — a fövetési időt 1 órában határozhatjuk meg.

A kemence frissítőképességét a teljes kikészítési időre vonatkozóan, az adagszám függvényében a *4. ábra* tartalmazza.

2.5. A fürdő raffinálási ideje (t_g)

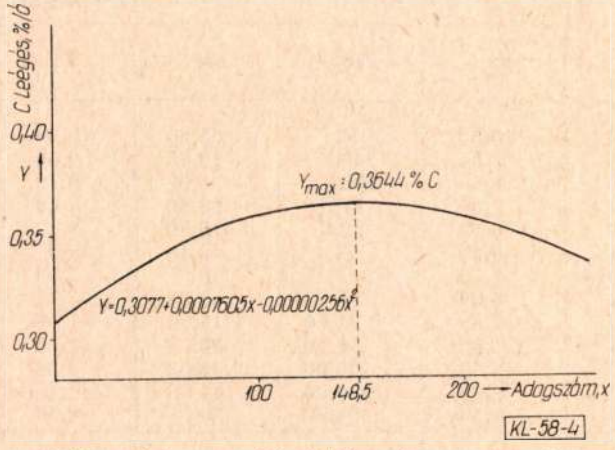
A fürdő raffinálási ideje az LKM gyártási utasítása szerint 0,75 óra.

2.6. A dezoxidálás és csapolás időtartama (t_{do})

A dezoxidálás és csapolás időtartamát, a gyakorlati tapasztalatok szerint, célszerű 0,42 órában rögzíteni.

Az adag legyártásához szükséges adagidő-tartam:

$$t_i = t_{jav} + t_b + t_0 + t_f + t_r + t_{do} \text{ (óra)}$$



4. ábra. A kemence frissítőképessége az adagszám függvényében

3. A fajlagos kemenceteljesítmény vizsgálata regresszió analízissel

A Martin-kemencék fajlagos teljesítményét nagyon sok tényező befolyásolja. Ezek közül azokat foglaltuk matematikai összefüggésekbe, amelyek a fajlagos teljesítményre döntő befolyással vannak.

Így az LKM 9. sz. 140 t-s kemencéjének teljesítményére az alábbi regressziós függvényt kaptuk számítógéppel:

$$K = -21{,}397 + 0{,}044x + 1{,}3u - 0{,}0367\,v + 1{,}3024\,z - 0{,}000328x^2 - 0{,}0108u^2 + 0{,}000056\,v^2 - 1{,}4356\,z^2,$$

ahol K a kemence fajlagos teljesítménye (t/ó),

X a beadott hulladékvas teknőinek száma adagonként (db),

u a folyékony nyersvas aránya (%)

v a szilárd hulladék berakásának befejezésétől, a folyékony nyersvas beöntésének kezdetéig eltelt idő (perc),

z a beolvadási próba és a készacél széntartalma közötti különbség (%).

Természetes az, hogy ha a négy független változó közül hármat átmenetileg constans értékeken tartunk és csak a negyediket változtatjuk, tetszés szerinti darabszámú görbesereget állíthatunk elő. Pl.:

a esetben:	*b esetben:*	*c esetben:*
$x = 60$ db	$x = 60$ db	$x = 60$ db
$v = 50$ perc	$v = 80$ perc	$v = 100$ perc
$z = 0{,}8$ %	$z = 0{,}8$%	$z = 0{,}8$%

Az eseteknek megfelelően K_a; K_b; K_c értékeket a folyékony nyersvas %-ának függvényében az *5. ábra* tartalmazza.

A *6. ábrán* egy másik kemence kampány $K = f(u)$ regressziós függvényeit ábrázoltuk a, b, c esetekben.

A másodfokú regressziós függvények szélsőértékei (maximumai)

$$\frac{dKa}{du} = 0 = 1{,}3 - 2 \cdot 0{,}0108\,u$$

és így

$$u = \frac{1{,}3}{0{,}0216} = 60{,}18\,\%$$

értéknél vannak

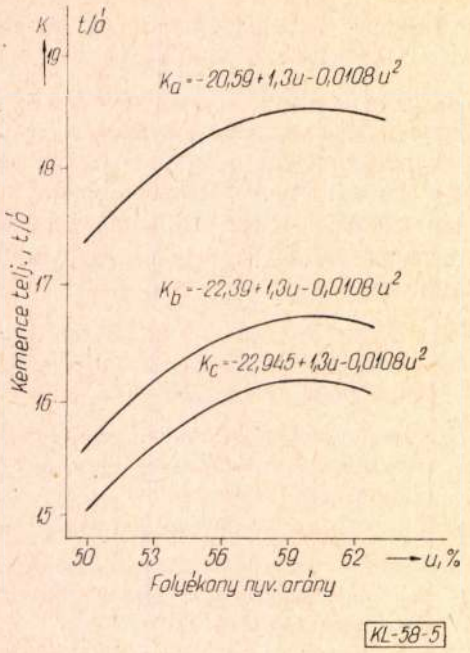
$$K_a \max = -20{,}59 + 1{,}3 \cdot 60{,}18 - 0{,}0108 \cdot 60{,}18^2 = 18{,}53 \text{ t/ó}.$$

$$K_b \max = -22{,}393 + 1{,}3 \cdot 60{,}18 - 0{,}0108 \cdot 60{,}18^2 = 16{,}73 \text{ t/ó}.$$

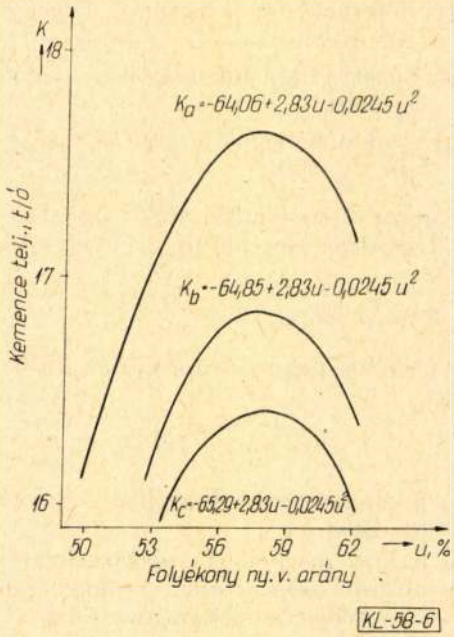
$$K_c \max = -22{,}945 + 1{,}3 \cdot 60{,}18 - 0{,}0108 \cdot 60{,}18^2 = 16{,}18 \text{ t/ó}.$$

Megállapítjuk az eredeti függvény x, v, z, szerint vett parciális deriváltjait is és ezekből a parciális szélsőértékhelyeket a független változók optimális értékeit a fajlagos teljesítményre vonatkozóan.

$$\frac{dK}{dx} = 0{,}044 - 0{,}000656\,x_0 = 0$$



5. ábra. Az egyik kemence fajlagos teljesítmény értékei a folyékony nyersvas %-ában



6. ábra. Egy másik kemence fajlagos teljesítménye a folyékony ny. v. arány függvényében

$$x_0 = \frac{0{,}044}{0{,}000656} = 67 \text{ kanál}$$

$$\frac{dK}{dv} = -0{,}0367 + 0{,}000112\, v_0$$

$$v_0 = \frac{0{,}0367}{0{,}000112} = 32{,}8 \text{ perc}$$

$$\frac{dK}{dz} = 1{,}3024 - 2{,}8712\, z.$$

$$z_0 = \frac{1{,}3024}{2{,}87} = 0{,}454\%\ C \text{ leégés/óra}.$$

A független változók optimális értékeiből számított fajlagos kemenceteljesítmény:

$$K_{opt} = -21{,}397 + 0{,}044 \cdot 67 \cdot 1{,}3 \cdot 60{,}18 - 0{,}0367 \cdot 32{,}8 + 1{,}3024 \cdot 0{,}454$$

$$-0{,}000328 \cdot 67^2 - 0{,}0108 \cdot 60{,}18^2 + 0{,}000056 \cdot 32{,}8^2 - 1{,}4356 \cdot 0{,}454^2$$

$$K_{opt} = 18{,}38 \text{ t/óra}$$

A kemenceteljesítmény jelentős mértékű változását mutatja a 7. *ábra*, a folyékony nyersvas % és a nyersvas-beöntés időpontja függvényében.

A regressziós függvények ezenkívül még sokszempontú elemzési lehetőséget nyújtanak, ezek azonban a tanulmány terjedelmét feleslegesen növelnék.

4. A kemence optimális kampányhosszának meghatározása

A SM-kemencéknek a termelés mennyisége szempontjából optimális kampányhosszát annál az adagszámnál érjük el, ahol az egy kemencekampányból és egy átépítésből álló időszakra vonatkozóan — a járati szám függvényében — az 1 órára eső acéltermelés görbéje

$$\left| \overline{T}_n = \frac{n \cdot Q}{\sum_{i=1}^{n} t_i + t_a} = \max \right|$$

1. táblázat

Járati szám	x_k	x_k^2	x_k^3	x_k^4	y_k	$y_k x_k^2$	$y_k x_k$	Y_1
1—5	—6	36	—216	1296	10,60	—382	—63,60	10,28
6—10	—5	25	—125	625	9,95	249	—49,75	9,66
11—15	—4	16	— 64	256	8,77	140	—35,08	9,12
16—20	—3	9	— 27	81	7,95	71,5	—23,85	8,68
21—25	—2	4	— 8	16	8,15	32,6	—16,30	8,33
26—30	—1	1	— 1	1	8,40	8,4	— 8,40	8,07
31—35	0	0	0	0	7,70	0	0	7,90
36—40	+1	1	1	1	8,35	8,35	8,35	7,77
41—45	+2	4	8	16	7,88	31,50	15,76	7,83
46—50	+3	9	27	81	7,86	70,70	23,58	7,93
51—55	+4	16	64	256	8,52	136,00	34,08	8,12
56—60	+5	25	125	625	8,33	208,00	41,65	8,40
61—65	+6	36	216	1296	8,43	304,00	50,58	8,76
Σ	0	182	0	4550	110,89	1642,05	—22,98	

2. táblázat

Járati szám	x_k	x_k^2	x_k^3	x_k^4	y_k	$y_k x_k^2$	$y_k x_k$	Y_1
216—220	—6	36	—216	1296	7,97	287	—47,82	8,09
221—225	—5	25	—125	625	8,63	213	—43,15	8,04
226—230	—4	16	— 64	256	7,92	126,5	—31,68	8,00
231—235	—3	9	— 27	81	7,72	69,5	—23,16	7,99
236—240	—2	4	— 8	16	7,68	30,7	—15,36	8,03
241—245	—1	1	— 1	1	7,85	7,85	— 7,85	8,00
246—250	0	0	0	0	8,27	0	0	8,08
251—255	+1	1	1	1	8,38	8,38	+ 8,38	8,15
256—260	+2	4	8	16	7,87	31,50	+15,74	8,25
261—265	+3	9	27	81	8,70	78,30	+26,10	8,36
266—270	+4	16	64	256	8,42	135,00	+33,68	8,50
271—275	+5	25	125	625	8,68	217,00	+43,40	8,66
276—280	+6	36	216	1296	8,85	318,00	+53,10	8,84
Σ	0	182	0	4550	107,04	1522,73	+11,38	

A $\overline{T}_n$ dimenziója t/ó, nem tévesztendő azonban össze a kemence üzemidejére számolt és általánosan fő paraméterként használt fajlagos kemenceteljesítmény t/ó értékével, mivel $\overline{T}_n$ az adagszámokkal növekvő (halmozott) termelésnek a kampány naptári órájára vonatkozó értéke.

Az optimális kampányhossz numerikus meghatározásához — abban az esetben, ha a kemencék üzemeltetésük során az optimális adagszámig nem jutottak el — első lépésként szükségünk van az adagidő-tartam, járati szám függvénykapcsolatának ismeretére, hogy az optimális adagszámig hiányzó adagok adagidejét meghatározhassuk.

Az adagidő-tartam — járati szám függvények meghatározásának matematikáját a 2. pont alatt leírtuk. Az alábbiakban numerikusan számoljuk a függvényeket az 1. kemence egyik kampányának adagidejei alapján. A konstansok normálegyenletei az Y_1 trendfüggvény meghatározására:

$$\sum_{k=1}^{N} x_k^4 a_1 + \sum_{k=1}^{N} x_k^3 a_2 + \sum_{k=1}^{N} x_k^2 a_3 = \sum_{k=1}^{N} y_k x_k^2$$

$$\sum_{k=1}^{N} x_k^3 a_1 + \sum_{k=1}^{N} x_k^2 a_2 + \sum_{k=1}^{N} x_k a_3 = \sum_{k=1}^{N} y_k x_k$$

$$\sum_{k=1}^{N} x_k^4 a_1 + \sum_{k=1}^{N} x_k a_2 + \sum_{k=1}^{N} k a_3 = \sum_{k=1}^{N} y_k$$

Az x_k értékeket a számítás egyszerűsítése végett úgy választottuk, hogy

$$\sum x_k \quad \text{és} \quad \sum x_k^3 = 0 \text{ legyen.}$$

A járati számokhoz tartozó értékeket az *1. táblázat* tartalmazza.

Mivel $\sum x_k$ és $\sum x_k^3 = 0$,

a normálegyenletek egyszerűsödnek:

$$\text{I.} \quad \sum_{k=1}^{N} x_k^4 a_1 + \sum_{k=1}^{N} x_k^2 a_3 = \sum_{k=1}^{N} y_k x_k^2$$

$$\text{II.} \quad \sum_{k=1}^{N} x_k^2 a_2 = \sum_{k=1}^{N} y_k x_k$$

$$\text{III.} \quad \sum_{k=1}^{N} x_k^2 a_1 + \sum_{k=1}^{N} k a_3 = \sum_{k=1}^{N} y_k$$

$$\text{I.} \quad 4550 x a_1 + 182 a_3 = 1642{,}05$$

$$\text{II.} \quad 182 a_2 = -22{,}98$$

$$\text{III.} \quad 182 a_1 + 13 x a_3 = 110{,}89$$

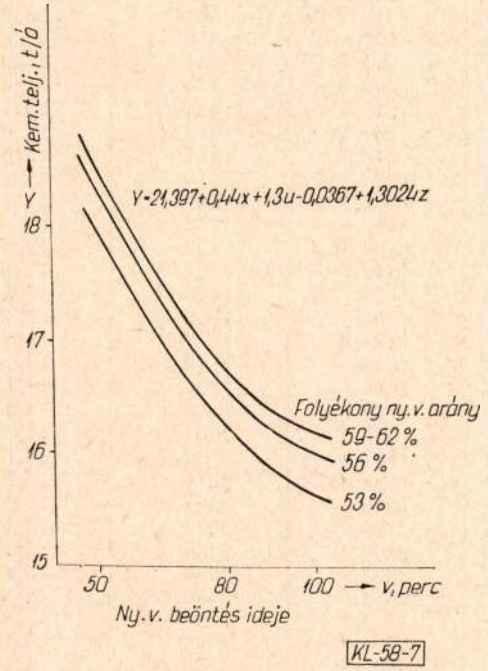
$$\text{II.} \quad a_2 = \frac{22{,}98}{182} = -0{,}126$$

$$\text{I.} \quad 4550 a_1 + 182 a_3 = 1642{,}05$$

$$\text{III.} \quad 182 a_1 + 13 a_3 = 110{,}89$$

$$\text{I.} \quad a_1 = \frac{1642 - 182 a_3}{4550} = 0{,}361 - 0{,}04 a_3$$

$$\text{III.} \quad 182(0{,}361 - 0{,}04 a_3) + 13 a_3 = 110{,}89$$



7. ábra. A kemence fajlagos teljesítménye a nyersvasbeöntés időpontja és a folyékony ny. v. részarány függvényében

III. $65{,}7 - 7{,}28a_3 + 13a_3 = 110{,}89$

III. $a_3 = \frac{45{,}19}{5{,}72} = 7{,}9$

I. $a_1 = 0{,}361 - 0{,}316 = 0{,}045$

$y = a_1x^2 + a_2x + a_3$

$Y_1 = 0{,}045x^2 - 0{,}126x + 7{,}9$

Az Y_3 parabola meghatározása az Y_1-hez hasonlóan történt az alábbi *2. táblázat* szerint.

I. $4550b_1 + 182b_3 = 1522{,}73$

II. $182b_2 = 11{,}38$

III. $182b_1 + 13b_3 = 107{,}04$

II. $b_2 = \frac{11{,}38}{182} = 0{,}0625$

I. $b_1 = \frac{1522{,}73 - 182b_3}{182} = 0{,}334 - 0{,}04b$

III. $182(0{,}334 - 0{,}04b_3) + 13b_3 = 107{,}04$

III. $60{,}79 - 7{,}28b_3 + 13b_3 = 107{,}04$

$b_3 = \frac{46{,}25}{5{,}72} = 8{,}08$

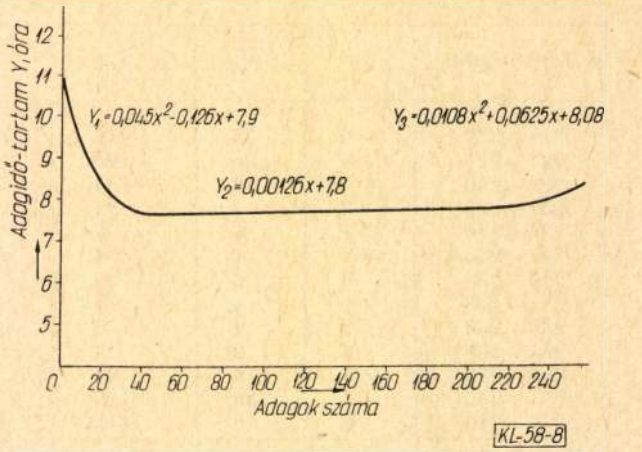
I. $b_1 = 0{,}334 - 0{,}3232 = 0{,}0108$

$y = b_1x^2 + b_2x + b_3$

$Y_3 = 0{,}0108x^2 + 0{,}0625x + 8{,}08$

A háromismeretlenes egyenletrendszer a konstansokra megoldható, és így

$Y_1 = f_1(x) = a_1x^2 + a_2x + a_3$ függvény ismert.



8. ábra. Az adagidő-tartam változása, az adagok számának függvényében

Az $Y_3 = f_3(x) = b_1x^2 + b_2x + b_3$ függvény konstansainak meghatározása $Y_1 = f_1(x)$ függvénnyel teljesen analóg módon történik.

Az $Y_2 = mx + c$ egyenes meghatározásánál abból a feltételezésből indulunk ki, hogy a két parabolának csak egy közös érintője lehet, és az $Y_2 = mx + c$ egyenesnek mindkét érintkezési pontban ezért:

$$a_1x^2 + a_2x + a_3 = mx + c$$
$$b_1x^2 + b_2x + b_3 = mx + c$$

3. táblázat

Járati sz. Osztályköz	Adagok száma n	Termelés halmozva $n \cdot Q$ (t)	Adagidő átlag ti (ó)	Adagidő halmozva Σti (ó)	$\Sigma ti + t_a$ (ó)	1 napt. ó-ra eső term. (t/ó)
1	2	3	4	5	6	7
1— 10	10	1 400	10,3	103,0	355	3,95
11— 20	20	2 800	8,35	186,5	438	6,40
21— 30	30	4 200	8,23	268,8	521	8,07
31— 40	40	5 600	8,03	349,1	601	9,33
41— 50	50	7 000	7,87	427,8	680	10,30
51— 60	60	8 400	8,40	511,8	764	11,00
61— 70	70	9 800	8,10	592,8	845	11,60
71— 80	80	11 200	8,57	678,5	931	12,05
81— 90	90	12 600	8,57	764,2	1016	12,40
91—100	100	14 000	8,11	845,3	1097	12,80
101—110	110	15 400	8,24	927,7	1180	13,05
111—120	120	16 800	7,84	1006,1	1258	13,35
121—130	130	18 200	8,37	1089,8	1342	13,55
131—140	140	19 600	7,25	1162,3	1414	13,85
141—150	150	21 000	8,05	1242,8	1495	14,05
151—160	160	22 400	8,13	1324,1	1576	14,20
161—170	170	23 800	7,97	1403,8	1656	14,35
171—180	180	25 200	8,10	1484,8	1737	14,50
181—190	190	26 600	7,87	1563,5	1816	14,65
191—200	200	28 000	8,17	1645,2	1897	14,75
201—210	210	29 400	7,60	1721,2	1973	14,90
211—220	220	30 800	7,78	1799,0	2051	15,00
221—230	230	32 200	8,28	1881,8	2134	15,10
231—240	240	33 600	7,70	1958,8	2211	15,20
241—250	250	35 000	8,06	2039,4	2291	15,27
251—260	260	36 400	8,13	2120,7	2373	15,35
261—270	270	37 800	8,56	2206,3	2458	15,37
271—280	280	39 200	8,76	2293,9	2546	15,38
281—290	290	40 600	9,05*	2384,4	2636	15,40
291—300	300	42 000	9,27	2477,1	2729	15,40
301—310	310	43 400	9,48*	2571,9	2824	15,37
311—320	320	44 800	9,78*	2669,7	2922	15,35
321—330	330	46 200	10,07*	2770,4	3022,4	15,30
331—340	340	47 600	10,38*	2874,2	3126,2	15,22

Az egyenleteket 0-ra redukálva és rendezve:

$$a_1x^2+(a_2-m)x+a_3-c=0$$

$$b_1x^2+(b_2-m)x+b_3-c=0$$

$$x_{1,2}=\frac{m-a_2\pm\sqrt{(a_2-m)^2-4a_1(a_3-c)}}{2a_1}$$

$$x_{3,4}=\frac{m-b_2\pm\sqrt{(b_2-m)^2-4b_1(a_3-c)}}{2b_1}$$

Mivel az érintőnek a parabolákkal csak egy-egy közös pontja van, mindkét diszkrimináns értékének 0-nak kell lennie, tehát

$$(a_2-m)^2-4a_1(a_3-c)=0 \qquad (8)$$

$$(b_2-m)^2-4b_1(b_3-c)=0 \qquad (9)$$

A kétismeretlenes másodfokú egyenletrendszer m-re két értéket ad, ezek közül csak az egyik valós.

$$m_1=\frac{a_1b_2-b_1a_2}{a_1-b}+\sqrt{\frac{256a_1^2\,|\,b_1b_3-a_3b_1\,|+256b_1^2\,|\,a_1a_3-b_3a_1\,|+64a_1b_1a_2^2+a_1b_1b_2^2-128b_1a_2a_1b_2}{8\,|\,a_1-b_1\,|}} \qquad (10)$$

Az m_1 kiszámított értékét a c-re rendezett (8) egyenletbe behelyettesítve:

$$c_1=\frac{4a_1a_3-(a_2-m_1)^2}{4a_1} \qquad (11)$$

és felírható a két parabolát érintő egyenes egyenlete:

$$Y_2=m_1x+c_2 \qquad (12)$$

Következő feladatunk az egyenes és a parabolák érintési pontjainak meghatározása. Az érintési pontok koordinátáit ott kapjuk, ahol az egyenes és a parabolák egyenletei egymást kielégítik:

$$m_1x+c_1=a_1x^2+a_2x+a_3 \qquad (13)$$

$$m_1x+c_1=b_1x^2+b_2x+b_3 \qquad (14)$$

A 0-ra redukált másodfokú egyenletekből

$$a_1x^2+(a_2-m_1)x+a_3-c_1=0 \qquad (13a)$$

$$b_1x^2+(b_2-m_1)x+b_3-c_1=0 \qquad (14a)$$

Az érintési pontok koordinátái $y_{10}, y_{20}, x_{10}, x_{20}$ meghatározhatók és felírható az adagidő-tartam a kemence teljes kampányára:

$$t_x=\int_{x=1}^{x_{01}}(a_1x^2+a_2x+a_3)\,dx+\int_{x=x_{01}}^{x_{02}}(m_1x+c_1)\,dx+$$

$$+\int_{x=x_{02}}^{x_n}((b_1x^2+b_2x+b_3)\,dx \qquad (15)$$

Az átlagos időtartam pedig:

$$t_k=\int_{x=1}^{x_n}\frac{t_{(x)}\,dx}{x_n} \qquad (16)$$

1.2. A teljesítmény változása a kampány folyamán, az állandónak feltételezett adagsúlyból és a (12) képlettel meghatározott adagidő-tartam függvényéből számítható:

$$T_x=\frac{x_n\cdot A}{\int_{x=1}^{x_{01}}(a_1x^2+a_2x+a_3)\,dx+\int_{x=x_{01}}^{x_{02}}(m_1x+c_1)\,dx+\int_{x=x_{02}}^{x_n}(b_1x^2+b_2x+b_3)\,dx} \qquad (17)$$

ahol T_x a kemence teljesítménye (t/ó)
x_n a kampány alatt legyártott adagok száma
A az adagsúly (konstans)

1.3. A kampány időszakában termelt mennyiség a (12) valamint (14) összefüggésekből:

$$Q_{\text{kamp}}=\int_{x=1}^{x_n}T_{(x)}\,dx\cdot\int_{x=1}^{x_n}t_{(x)}\,dx \qquad (18)$$

Az Y_1 és Y_3 parabolák érintőjének meghatározása van még hátra.

Az egyenes általános egyenlete: $y=mx+b$.

Az *1.1* pont alatt közölt levezetés alapján m_1 a (10) egyenletből, C_1 pedig a (11) egyenletből számítva:

$$Y_2=0{,}00638x+7{,}73$$

Az érintési pontok koordinátái a (13/a) és (14/a) egyenletekből:

P_1: $y_{10}=7{,}75$; $x_{10}=$ 0,8 (megfelel 38 adagnak)
P_2: $y_{20}=8{,}00$; $x_{20}=-2{,}5$ (megfelel 235 adagnak)

Az 1. sz. kemence adagidő-tartamának változása a kampányban:

$$t_x=\int_{x=-7}^{0{,}8}(0{,}045x^2-0{,}126x+7{,}9)\,dx+$$

$$+\int_{x=0{,}8}^{39{,}8}(0{,}00638x+7{,}73)\,dx+$$

$$+\int_{x=-2{,}5}^{+6}(0{,}0108x^2+0{,}0625x+8{,}08)\,dx$$

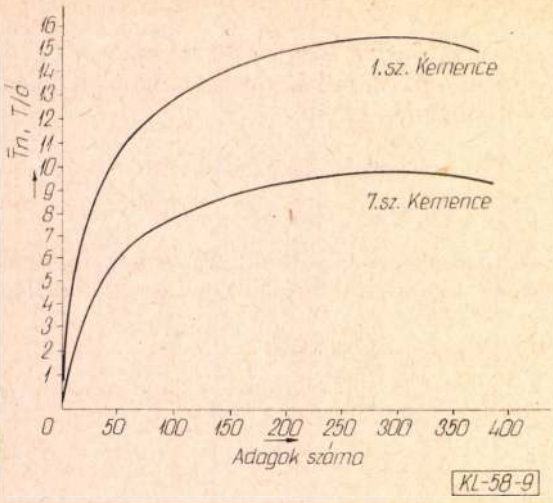
A függvényt a *8. ábra* diagramjában ábrázoltuk.

Az optimális kampányhossz számítása a *3. táblázat* szerint történt:

A *-gal jelzett adagidő értékeket az Y_3 trendegyenletből számoltuk.

A 7. oszlop értéksorából látható, hogy az optimális adagszám: 295.

A $\overline{T}_n$ és a járati szám között összefüggést az 1. és 7. sz. kemencékre vonatkozóan a *9. ábra* mutatja.



9. ábra. Az 1. sz. és 7. sz. kemencék optimális kampányhossza

Az optimális éves kampányszámot az alábbi képlettel számítjuk:

$$k_{opt} = \frac{In}{n_{opt} \cdot t_i + t_a}$$

ahol I_n naptári idő (ó/év)
n_{opt} optimális adagszám
t_a a hideg és meleg javítási idő (ó).

5. A kemence éves teljesítőképessége

Az üzemidőkihasználás értéke:

$$i_k = \frac{k_{opt} \cdot n_{opt} \cdot t_i \cdot 100}{I_{ü}} \quad (\%)$$

Az éves teljesítőképesség:

$$T = K \cdot I_n \cdot i_k \quad (t/év)$$

Összefoglalás

A tanulmány az SM-kemencék fajlagos teljesítőképességének számítására két módszert javasol.

Az egyik esetben a csapolt készacél súlyát adagonként állandónak tekintve, az adagidő-tartam a gyártási fázisok részidejéiből rakható össze és a fajlagos teljesítményt a k étérték viszonyszáma adja. A gyártási fázisok egyes részidejei között szoros kapcsolat van (pl. berakási idők között), ezeket a segédletként használt diagramok szerkezeti felépítése során figyelembe vettük.

A másik eljárásnál a kemencék fajlagos teljesítményét Bull Gamma 115 típusú számítógéppel — többszáz adag adatainak felhasználásával — kapott regressziós függvények elemzése útján állapítottuk meg.

Mindkét módszerrel egyaránt megállapítottuk az optimális kampányhosszt és az éves időkihasználási mutatót.

Ezután a kemence éves teljesítőképessége egyszerű képletből számítható.

A javasolt módszerek az alábbi fontos üzemi problémák megoldásához nyújtanak segítséget:

1. Adott helyzetben megállapíthatjuk, melyek a kemence üzemeltetésének optimális paraméterei, milyen lehet a tervezhető áteresztőképesség.

2. Az egyes tényezők hatásának külön ismerete (korrelációs együtthatók) alapján meghatározhatjuk azoknak a szükséges intézkedéseket melyek leghatásosabban növelik a kemencék teljesítőképességét.

3. A kemence munkájának ellenőrzése a kampány ideje alatt és elemzés után az akadályozó tényezők megszüntetése bármikor lehetséges.

IRODALOM

[1] *Schmitt, Wilhelm:* Siemens—Martin kemencék teljesítménnyel kapcsolatos problémái nyersvas-ócskavas eljárásnál. Stahl und Eisen 1955. 24. sz.
[2] *Schöberl, A.—Pick, E.—Baumgartner, J.:* Az ócskavas minőségének és a beolvadási feltételeknek befolyása az SM-kemence teljesítményére és költségeire. Radex-Rundschau 1966. 5. sz.
[3] *Kallenbach, Helmuth:* Üzemgazdaság imegfontolások egy SM-acélmű és egy blokkhengermű teljesítményének növelésénél. Stahl und Eisen 1957. 77. sz.
[4] *Balsay István:* A Siemens—Martin-acélgyártás. Vaskohászati Enciklopédia VII/1.

Hideghengerlésre szánt szélesabroncsok méretpontossága és alakhűsége*

KŐHALMI KÁLMÁN okl. kohómérnök
Dunai Vasmű

DK: 621.771.29:621.7.016.3:621.7.08/09

A tanulmány rendszerezi a hideghengerlésre kerülő szélesabroncsok alakhibáit. Leírja a különféle alakhibák következményeit a hideghengerléskor. Vizsgálja a hengerbehajlás, hődomborulat, hengerkopás következtében beálló résváltozásokat, valamint ennek csökkentése, ill. ellensúlyozása érdekében alkalmazott hengerkenés és a hengertest-domborítás lehetőségeit.

A meleg- vagy hideghengerléssel előállított lemezek ideális mértani alakja párhuzamos síklapokkal határolt hasáb. A valóságos lemez alak az ideálistól a gyártás műszaki korlátaitól függően többé-kevésbé eltér. A különböző mértékű és jellegű eltéréseknek az alakító művelet jellegzetes jegyeit magánviselő megjelenési formái alkotják az alaki és méthibák, valamint a felülethibák egy részének változatos választékát. E hibák döntően befolyásolják a lemeztermék felhasználhatóságát, ezért a gyártás műszaki lehetőségeinek és a feldolgozás követelményeinek reális összhangjában a termékszabványok előírják az eltérések megengedhető mértékét. Megfigyelhető, hogy a korszerű lemezfeldolgozó iparágak minőségi igényei az utóbbi időben különösen az alaki jellemzőkkel szemben fokozódnak. A követelmények fokozódása végig gyűrűzik a teljes gyártási folyamaton, mert a hengerlési folyamat alakvál-

* A Vaskohászati Szakosztály 1972. évi nívódíj pályázatán díjat nyert pályamunka.

tozási törvényei következtében a végső alaki jellemzők kialakulásában valamennyi alakítási műveletnek szerepe van. Ezért a hidegen hengerelt finomlemezek alaki tulajdonságai sem függetlenek az alapanyag tulajdonságaitól. A követelmények teljesítését tehát már a szélesabroncs hengerlésekor meg kell alapozni.

Az acélgyártmányok makrohibáit — köztük a lemezgyártmányok alakhibáit is — az MSZ 17780 szabvány definiálja. A gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy e hibák előfordulási formái sokkal változatosabbak, mint azt a szabvány leírja, de a létrejöttük okának jegyeit hordozó jellegzetességeik lehetővé teszik rendszerezésüket és így az osztályozás révén kiküszöbölésük problémája is jobban definiálható.

A szélesabroncs ideális alakja — mint korábban utaltunk rá — téglalap keresztmetszetű plánparallel hasáb. További vizsgálódásainkban csak a felületeket alkotó fő síkokat tartjuk szem előtt. A szélek alakja ugyanis részben a hideghengerlést megelőző szélezés miatt közömbös, másrészt alakhibái a tárgyalni kívánt hibáktól eltérőek. Szalag alakú termékről lévén szó, a hasáb véglapjai alaki szempontból elhanyagolhatóak. A szélesabroncs alakját tehát a felületeknek az előbbi definícióhoz viszonyított alakhűsége határozza meg. A valóságos alak jellemzője az, hogy a felületek nem tökéletes síkok, csak közelítik azt és nem tökéletesen párhuzamosak. A síktól és a párhuzamosságtól való eltérés mértéke, az eltérésnek valamely kiválasztott irányban történő lefutásában felfedezhető tendencia vagy szabályosság az osztályozás alapja.

1. Felületi alakhibák

Jellegzetességük az, hogy a felületek eltérése a síktól igen kifejezett és a két felület gyakorlatilag sehol sem párhuzamos.

Fajtái a következők:

1.1 Érdesség vagy rücskösség.
1.2 Lenyomatok.
1.3 Karc vagy horzsolás.

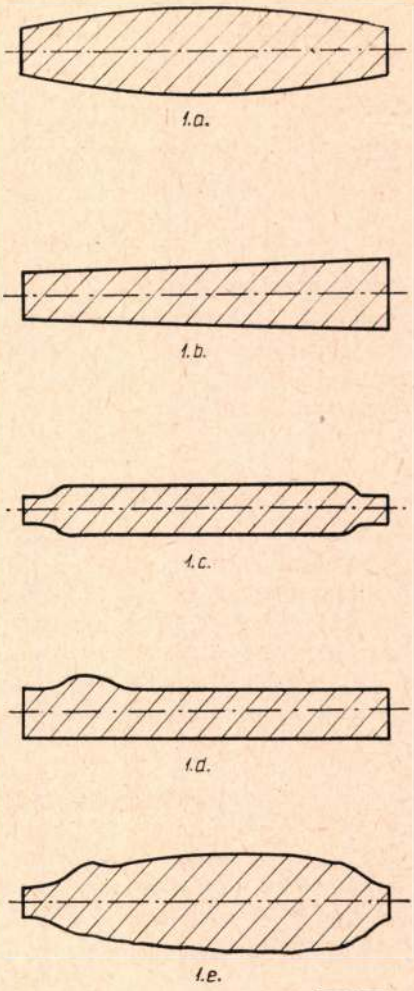
E hibák a felülethibák kategóriájába tartoznak, s ezért a tanulmány csak a teljesség kedvéért tett említést róluk. A továbbiakban a lenyomatok és a karc létezésétől eltekintünk és az érdes felület burkoló felületét tanulmányozzuk.

2. Vastagságváltozások

A bevezetőben az alakhibákról adott meghatározásból következően az alakhibák egy csoportját a burkolófelületek távolságának, vagyis a szélesabroncs vastagságának változásával lehet leírni. E hibacsoport jellegzetessége az, hogy a felület alakját a hengerrés terhelés alatti térbeli és időbeli alakváltozása következtében létrejövő keresztirányú és hosszirányú vastagságváltozás határozza meg, s a két felület gyakorlatilag sehol sem párhuzamos.

2.1 Keresztirányú vastagságváltozás

A hengerrés beállítási hibájának, térbeli rugalmas vagy maradó alakváltozásának a következménye.



1a ábra. Lencsésség
1b ábra. Ékesség
1c ábra. Lépcsősség
1d ábra. Sávosság
1e ábra. Több alakhiba összegződése

2.11 Lencsésség *(1a ábra)*

A hengerbehajlás és a domborúság összhatásában kialakuló szimmetrikus, de görbe határvonalú szelvényalak.

2.12 Ékesség *(1b ábra)*

A hengerek ferdesége miatti egyenes, de nem párhuzamos határvonalú szelvényalak.

2.13 Lépcső *(1c ábra)*

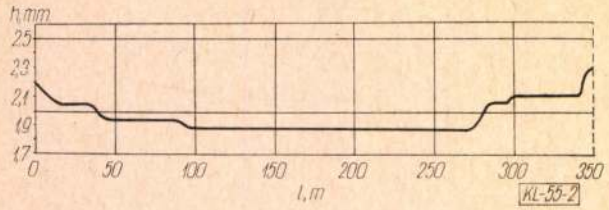
Kopott hengerekkel történő hengerléskor a szélek környezetében tapasztalható szimmetrikus, hirtelen, lépcsőszerű vastagságváltozás.

2.14 Sávosság *(1d ábra)*

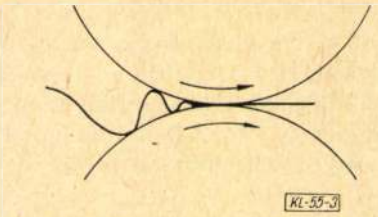
Egyenlőtlenül kopott hengerekkel alakított szalag helyi megvastagodása.

Itt meg kell jegyeznünk, hogy a sávvosság jelensége a jelenlegi kutatási eredmények szerint nem csupán a hengerkopásra visszavezethető alakhiba, ehelyütt azonban csupán ebből a tekintetből vizsgálhatjuk.

A gyakorlatban a felsorolt alakhibák tisztán sohasem fordulnak elő, a valóságos szelvényalakban mindig több alakhiba összegeződését ismerhetjük fel (*1e ábra*).



2. ábra. Hosszmenti vastagságváltozások



3. ábra. Befutó szalag átlapolódása

2.1 Hosszmenti vastagságváltozások *(2. ábra)*

A hengerrésnek a mechanikai és hőigénybevétel időbeli változásával összefüggő alakváltozásának a következménye. A hengerrés térbeli alakváltozása is az idő függvénye, vagyis a hosszmenti vastagságváltozás mértéke a szélesség mentén is változó.

3. Kifekvési hibák

A sík lapra terített szélesabroncs nem simul a síkhoz, felülete hullámszerűen változtatja irányát, a síktól való eltérés mértéke nagyságrendekkel meghaladja a vastagságváltozások mértékét. E hiba alakítási feszültségek következménye, mert egyenlőtlen alakváltozás esetén az alakítási feszültségek a jobban megnyúlt részek kihajlását okozzák.

3.1 Hullámosság

A hengerrés térbeli alakváltozása miatti egyenlőtlen alakítás következménye. Előfordulhat szélhullámosság vagy teknősség formájában aszerint, hogy az alakváltozás a széleken vagy középen nagyobb mértékű. Ékes szelvényű abroncs rendszerint egyoldalon szélhullámos.

3.2 Íveltség

A szélesabroncs felcsévélése maradó alakváltozással jár a nagy hőmérséklet miatt. Így a lecsévéléskor olyan keresztirányú alakítási feszültségek lépnek fel, amelyek a szélesabroncs keresztmetszetének ívszerű meggörbülését okozzák. Hideghengerléskor ez az alakhiba rendszerint nem okoz nehézséget.

A hidegen hengerelt szalag alakhibái

Az előforduló alakhibák felsorolása után vizsgáljuk meg, hogy mi ezen alakhibák következménye a hideghengerléskor. Mindenekelőtt azt kell leszögeznünk, hogy a hidegen hengerelt szélesszalag mértani alakja a szélesabronccsal azonos, így alakhibái is a felsoroltakhoz hasonlóak. A különbség egyrészt az, hogy a gyakolatban szokásos mérésekkel lényegében csak a kifekvési hibák érzékelhetőek, másrészt az, hogy a hibák keletkezése nem csupán a hideghengerlés körülményeire vezethetők vissza, hanem a felhasznált alapanyag hibáira is. Ezen összefüggéseken kívül az alapanyag alakhibái már a hideghengerléskor gondot okozhatnak.

Hullámosodás

Hideghengerléskor az alakítás biztonságos folyamatossága csak úgy képzelhető el, ha az anyagáramlás a hengerrésben a szalagszélesség mentén egyenletes. A befutó oldalon hullámot vető szalag ugyanis a *3. ábrán* bemutatott módon átlapolódást okozhat. A „hullámbefogás" következménye a bevágódás elnevezésű hiba, amely a szalagot feldolgozásra teljesen alkalmatlanná teszi. E jelenség ugyanakkor a hengerek felületét is tönkreteszi, enyhébb esetben ugyanis benyomódást okoz, súlyosabb esetben viszont a nagymérvű helyi felmelegedés következtében az anyag a hengerre heged. A szalag hullámosodása a befogási oldalon eredhet a szélesabroncs hullámosságából, de eredhet az egyenlőtlen hideghengerlési fogyásból is. A szélesabroncs alakja mindkét esetben meghatározó szerepű. Az ábra alapján azt is megállapíthatjuk, hogy hideghengerléskor a befogási oldalon csak olyan mérvű hullámosodás engedhető meg, amelyet az alkalmazott feszítőerő által létrehozott rugalmas megnyúlás ki tud simítani, mert a „hullámbefogás" csak így kerülhető el.

A szalag hullámosodása mind a befutó, mind a kifutó oldalon egyéb szempontból is veszélyes. A hideghengerlésnél alkalmazott szalagfeszítőerő által létrehozott mechanikai feszültség eloszlása a hullámos szalagban egyenlőtlen lesz. Ez különösen akkor veszélyes, ha a feszültség a szalagszéleken nagyobb, mert az esetleges szélhibák környezetében fellépő feszültségcsúcsok szalagszakadást okozhatnak. A szakadás veszélye a 0,5 mm-nél vékonyabb szalagok hengerlésekor jelentős.

A késztermék alakhibái, kifekvési hibák

A késztermék alakhibáinak vizsgálatában az alakváltozást közelebbről kell elemeznünk. A kifekvési hibák közös jellemvonása az, hogy alakítási feszültségek hozzák létre, amely feszültségek egyenlőtlen alakváltozásból erednek. Hengerléskor az alakváltozás lényege a darab vastagságának csökkentése és ennek következménye a vastagságcsökkenéssel arányos megnyúlás. A kifekvési hibát létrehozó egyenlőtlen megnyúlás tehát az egyenlőtlen vastagságváltozás következménye. Vagyis a tökéletes kifekvést biztosító alakváltozás matematikai törvénye a következő összefüggésekkel fejezhető ki.

$l_{sz}(x) = \text{const}$ legyen és ennek feltétele (1)

$$\frac{l_a(x) h_a(x)}{h_{sz}(x)} = \text{const legyen} \qquad (2)$$

ahol $l_a(x)$ az alapanyag szálhosszúsága x, vagyis a keresztirányú futókoordináta függvényében,

$l_{sz}(x)$ a hidegen hengerelt szalag szálhosszúsága,

$h_a(x)$ az alapanyag vastagsága x függvényében.

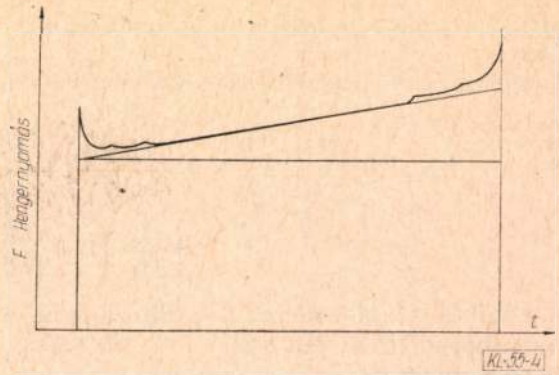
Az összefüggésből levonható következtetések az alábbiak:

— ha a szélesabroncs hullámos, akkor a nyújtási tényezőnek a szélesség mentén a szálhosszúsággal arányosan kell változnia,

— ha a szélesabroncs síkkifekvő, akkor a nyújtási tényezőnek a szélesség mentén nem szabad változnia.

A szélesabroncson megengedhető hullámosságot és szelvényhibát tehát az határozza meg, hogy a hideghengersoron milyen lehetőség van a hengerrés adott alakra való beállítására. Hagyományos kvartó hengersorokon az egyetlen lehetőség a megfelelő hengerdomborítás. Nyilvánvaló, hogy ez a lehetőség igen korlátozott. A h_a vastagság ugyanis a hossz mentén is változó, nem is beszélve az egy programon belül hengerelt darabok egymás közötti alaki eltéréseiről. Az alapvető nehézséget tehát nem is a szélesabroncs keresztirányú alakhibája, hanem annak a hosszmenti és darabonkénti változása jelenti.

Ez a megállapítás természetesen csak a folyamatos lefutású, szimmetrikus szelvényhibákra igaz. A szabálytalan és hirtelen változással járó szelvényhibák — a lépcső és a sávosság — a hideghengerlésnél teljesen áthidalhatatlan problémát jelent. A sávosság a megvastagodás helyén rövid hullámhosszú, igen feltűnő belső hullámosságot okoz, amely finomlemezen megengedhetetlen. A lépcső a szalagszélek hengerlésközbeni karéjszerű berepedezésére vezet.



4. ábra. A hengernyomás időbeli változásának elvi lefutása

A hengerrés meghatározása

Az előbbiek alapján tehát nem vizsgáljuk részletesebben az alakhibák létrejöttének egyébként is ismert okait, hanem a hideghengerlésnél nehézségeket okozó változó jelenségeket elemezzük. Az elmondottakból nyilvánvaló, hogy a hengerrés alakját meghatározó törvényszerűségekből kell elindulnunk. A hengerrés alakját a hengerbehorpadás és a darab rugalmas alakváltozásának elhanyagolásával az alábbi matematikai összefüggés írja le:

$$s(x;t)=T_0+mx(t)-\left[\frac{D_{tf}(x;t)+D_{ta}(x;t)}{2}+D_{mf}(x;t)+D_{ma}(x;t)+cp(x;t)\right] \qquad (3)$$

$s(x;t)$ a hengerrés nagysága az x helyen az idő függvényében,

T_0 a támhengerek tengelytávolsága szúrás előtt,

$mx(t)$ a hengerbeállítási ferdeség mértéke az idő függvényében. A hengerferdeség a szalag vezetésével összefüggő szabályozás miatt változó,

$D_t(x;t)$ a támhenger átmérője az x helyen az idő függvényében. Az átmérő a hőmérsékleteloszlás és a kopás miatt változó. D_{ta} az alsó, D_{tf} a felső henger átmérője,

$D_m(x;t)$ a munkahenger átmérője az x helyen az idő függvényében. Az átmérő a kezdeti domborítás, a hőmérsékleteloszlás és a kopás következtében változó. D_{ma} az alsó, D_{mf} a felső henger átmérője,

$cp(x;t)$ a hengerállvány és a hengerek terhelés alatti rugalmas alakváltozásából eredő résváltozás. A terhelés p önmagában is függ a helytől és az időtől. A rugóállandó jellegű C tényezőt a hengersor mechanikai merevsége határozza meg.

A változások időbeli lefutásának jellege kétféle. A mechanikai és hőigénybevétel okozta változások rugalmas jellegűek, tehát az igénybevétel megszűntével visszaáll az eredeti állapot. A mechanikai igénybevétel a hengerrést növeli, a hengerek melegedése miatti hőtágulásból adódó résváltozás pedig ezzel ellentétes. A kopás okozta résváltozás maradó jellegű és monoton növekvő a kihengerelt mennyiség függvényében. Egy darabon belül gyakorlatilag csak a reverzibilis folyamatoknak van jelentősége, míg a kopással összefüggő jelenségek fokozatosan, darabról darabra jutnak el az alakhiba kifejlődéséig.

A szélesabroncs hengerlésekor a darab hőmérséklete csökken, ennek következtében alakítási szilárdsága nő és így alakul ki a hengernyomás időbeli változása, amelynek elvi lefutását a *4. ábra* vázlata mutatja be. A darab végein a lépcsőszerű változásokat a hengerállványok közötti húzás létrejötte és megszűnte okozza. A darab vastagsága a hengersor merevségétől függően a hengernyomás arányában változik, mint ezt a 2. ábrán már bemutattuk. E jelenség tekintetében a hengersor műszaki adottságainak megváltoztatása nélkül lényeges javulást elérni nem lehetséges, bár elméletileg az állványonkénti fogyáselosztás hatása levezethető.

A hengerbehajlás és hengernyomás összefüggései

A hosszmenti vastagságváltozás a szélesség mentén nem egyenletes, vagyis a szélesabroncs profilja is változó. A 2. ábrán bemutatott szélesabroncs keresztmetszetét írja le a hossz mentén három helyen mérve az *5. ábra*. A lencsésség mértéke középen a legkisebb, a végeken pedig a legnagyobb, különösen



5. ábra. Egy szélesabroncs keresztmetszetének mért adatai

a fejvégen, amely a hengerlés irányát tekintve a hátsó vég.

Ez a jelenség a hengerbehajlásnak a hengernyomás függvényében bekövetkező változásával függ össze. A hengerbehajlás és a hengernyomás összefüggését a következő függvény írja le.

$$Z_{\ddot{o}} = FL_a^3\left\{\frac{1}{c_t}\left(12\frac{L_c}{L_a} - 7 - \frac{11\alpha L_a^3}{60F}\right) + \frac{1}{c_m}\left[(1-\beta)\cdot(3+3\beta-\beta^2) + \frac{11\alpha L_a^3}{60F}\right]\right\} + 1{,}18FL_a \cdot$$

$$\cdot\left[\frac{1}{A_t}\left(1 - \frac{\alpha L_a^3}{24F}\right) + \frac{1}{A_m}\left(1 - \beta + \frac{\alpha L_a^3}{24F}\right)\right] \qquad (4)$$

$Z_{\ddot{o}}$ a munka- és támhengerek alakváltozásának összegéből adódó résváltozás,
F a hengernyomás,
L_c a hengerek alátámasztási távolsága,
L_a az aktív testhossz,
α a nyomáseloszlást kifejező tényező,
β a szélesség és az aktív testhossz viszonya, a testhossz kihasználásának mértéke.

c_t, c_m, A_t, A_m a munka és támhengerek mechanikai merevségét kifejező tényezők.

A behajlás tehát a hengernyomással közel arányos, de az arány az aktív testhossz és a testhossz kihasználásának függvénye. Az erő függvényében bekövetkező változás így annál kisebb, mennél kisebb az aktív testhossz és mennél nagyobb a testhossz kihasználása. Külön kell itt szólni a nyomáseloszlást kifejező α tényezőről. E tényező nagysága döntően a hengertest domborúságától függ oly módon, hogy a domborúság növekedtével a nyomáseloszlás egyenlőtlensége nagyobb hengerbehajlást hoz létre azonos hengernyomásnál is. A hengerdomborítás tehát — akár a henger csiszolásával, akár zónahűtéssel hoztuk is létre — a behajlás miatti résváltozást abszolút értékben csökkenti ugyan, a hengernyomásváltozástól való függőség arányát azonban növeli és így e tekintetben kifejezetten károsnak tekintendő.

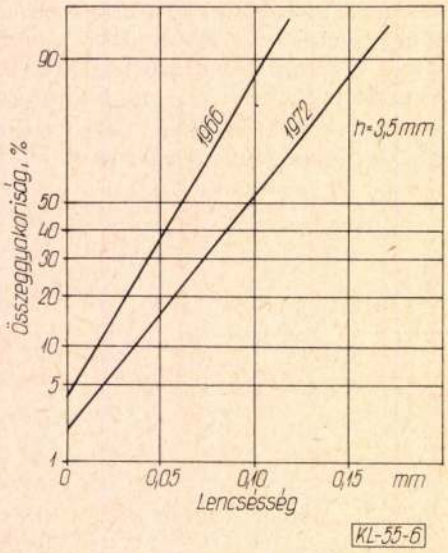
Az előadott elveket a Dunai Vasmű hideghengersorain a hengerpalást rövidítésével sikerrel alkalmazzák is, a meleghengersoron azonban több aggály is merült fel az alkalmazás ellen. A rövidített palástú munkahengerek alkalmazásakor ugyanis számolni kell azzal, hogy a támhengerek kopása az aktív testhosszra korlátozódik. Ez a körülmény pedig ékprogramozást kíván meg nemcsak a munkahenger, hanem a támhenger-cserék közti időszakban is. Az alkalmazásnak ezt a nehézségét azonban a termelésirányításban eddig nem sikerült megoldani.

Az idő függvényében lejátszódó jelenségek hatásában természetesen nagy szerepe van a hengerlési hossznak is. Ennek illusztrálására a *6. ábra* összeggyakorisági görbéin bemutatjuk azt a változást, amelyet a termelés fokozása érdekében végrehajtott darabsúlynövelés eredményezett. A fokozódó követelmények, valamint a termelés növelésével járó hatások tehát idővel elkerülhetetlenül összeütközésbe kerülnek és a leírtakból is érezhetően a megoldás csak a hengersor korszerűsítése — a hengerlési sebesség növelése, hengerhajlítás megvalósítása — lehet.

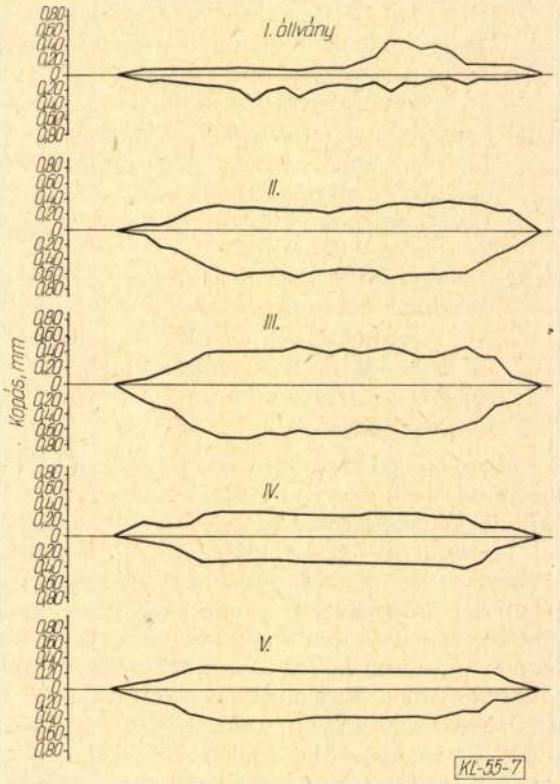
A hengerkopás következményei és kihatása az alakhibákra

Vizsgáljuk meg még ezután a kopás következményeiként jelentkező alakhibák kialakulását és a kiküszöbölés lehetőségeit. A hengerek kopása a kihengerelt mennyiségtől — pontosabban annak hosszától — a súrlódási és hőmérsékletviszonyoktól és a henger minőségétől függ.

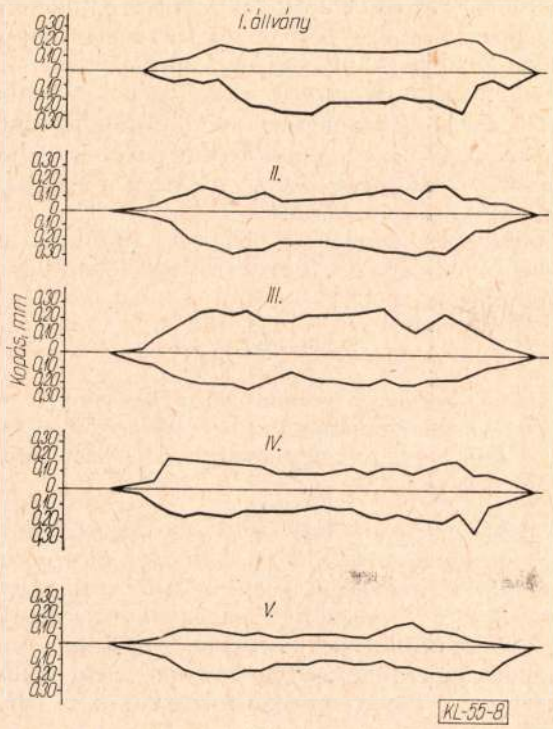
A *7.*, *8.* és *9. ábra* különböző mennyiségű szélesabroncs kihengerlése után kialakult munkahenger-



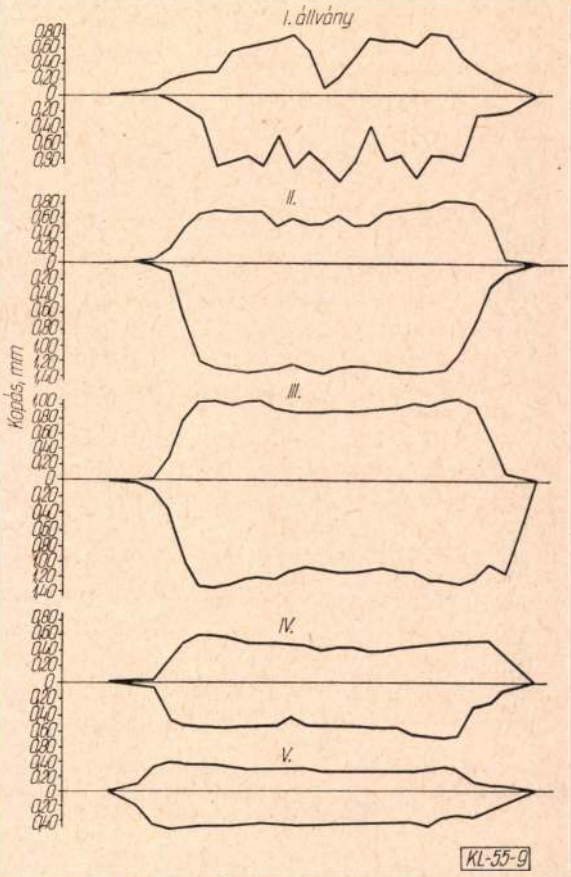
6. ábra. A hengerlési hossz befolyása



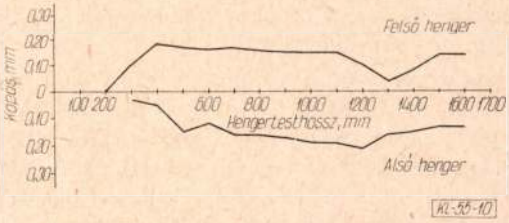
7. ábra. A hengerprofilok kis mennyiség kihengerlése után



8. ábra. A hengerprofilok közepes mennyiség kihengerlése után



9. ábra. A hengerprofilok nagy mennyiség kihengerlése után



10. ábra. Nagyobb kopásállóságú kompaund öntésű henger profilja hosszabb használat után

profilokat mutat be. A 7. ábra 40, és a 8. ábra 87, a 9. ábra pedig 117 km összhosszúságú szélesabroncs kihengerlése után mutatja a kész-sorozat öt állványába épített munkahengerek kopását. Az ábrából látható, hogy a mennyiség növekedtével a kopás mértéke nő, egyenlőtlensége pedig fokozódik. A kopás egyenlőtlenségének fokozódása a 7. és 8. ábra összevetéséből láthatóan megelőzi a teljes kopás növekedésének ütemét. Az alakhibák tekintetében különösen ez utóbbi okoz gondot. A sávosság legkézenfekvőbb oka ugyanis az egyenlőtlen kopásban keresendő. Megfigyeltük azonban, hogy az egyenlőtlen kopás és a henger keménységének esetleges palástmenti változása között semmiféle összefüggés nem mutatható ki. A hengerhűtés hatásosságának fokozása jelentős javulást hozott ugyan, de nem adott teljes megoldást. (A hűtés hatását egyébként jól mutatja az a különbség, amely a felső és az alsó munkahenger kopása között mutatkozik. A felső munkahengernél ugyanis technikailag egyszerűbb megoldani a hűtővíz felfogását és így az szinte vízfürdőben forog, az alsó hengerről pedig a hűtővíz pillanatnyi érintkezés után lecsorog.)

A hengerkopás csökkentésének módjai

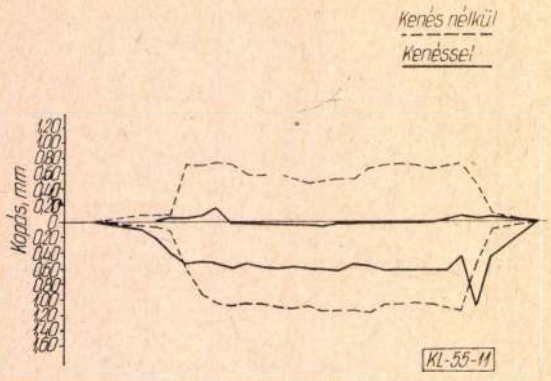
Két lehetőség mutatkozott még a probléma megoldására: a nagyobb kopásállóságú hengerek alkalmazása és a súrlódás csökkentése kenéssel.

Az öntöttvas hengereknél nagyobb kopásállóságú kompaundöntésű acélhengerekkel végzett kísérletek egyik mérési eredményét mutaja be a *10. ábra*. A bemutatott henger a kész-sorozat I. hengerállványában dolgozott és 80 km hosszúságú szélesabroncsot hengerelt ki. Kopása nem egészen fele az azonos mennyiséget kihengerelt öntöttvas hengerekének.

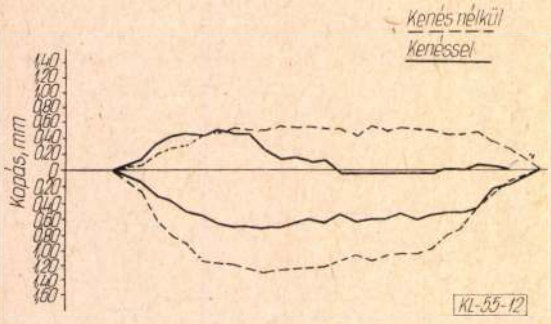
A kenési kísérleteket Quakerol HB 11 kenőanyaggal folytattuk. A kenőanyagot olaj-víz keverék formájában a támhengerekre vittük fel. Az alkalmazás módjáról ezúttal részletesebb leírás közlésére nincs lehetőség, csupán a kenés hatását mutatjuk be. Két mérési eredményt ragadunk ki illusztrációképpen a Dunai Vasműben lefolytatott alkalmazási kísérletek során gyűjtött adatokból.

A *11. ábra* mutaja a kész-sorozat II. hengerállványánál alkalmazott kenés hatását ugyanazon munkahengereken két egymást követő beépítésnél mérve. A *12. ábra* ugyancsak így készült, de a fúvókarendszer hibája következtében a kísérlet során a felső henger egy részére nem jutott olaj. Így e hibás kísérlet még kifejezettebben igazolja a kenésnek a hengerkopásra kifejtett hatását, mert ugyanazon hengerpaláston érzékelhetjük a kent és nem kent részek kopása közti eltéréseket.

A bemutatott ábrák rávilágítanak a módszer alkalmazásának nehézségeire is. A kenőanyagot megközelítően száraz hengerfelületre kell felvinni. A hűtővíz letörlése azonban meglehetősen nehéz mű-



11. ábra. A kenés hatása két beépítés után



12. ábra. Kenés nélkül (fúvókarendszer meghibásodása következtében) és zavartalan kenéssel üzemben tartott hengerek kopása

szaki feladat, különösen az alsó hengereknél. Ez világosan látszik a bemutatott ábrákból is, mert míg a felső hengeren gyakorlatilag alig érzékelhető a kopás, az alsó henger kopása a kétségtelen csökkenés ellenére még mindig jelentős.

A kenés helyesen alkalmazva tehát igen hatásosan csökkenti a kopást. A 12. ábrán látható hiba arra utal, hogy az üzemszerű kenés során olyan felviteli megoldást kell alkalmazni, amely üzembiztosan gondoskodik a kenőanyag egyenletes felviteléről, mind a felső, mind az alsó munkahengerre.

A hengerdomborítás görbéjének kialakítása

Végezetül még egy kérdést szeretnénk, csak mintegy jelzésképpen megemlíteni, az elméleti szakemberek figyelemfelkeltésére. A hengerbehajlás, a hődomborulat és a hengerkopás okozta résváltozás meghatározásánál általában csak a hengertest széle és közepe közti legnagyobb eltéréseket szokás számításba venni és a hengereket ennek megfelelően domborítják. A szakirodalom is erre alkalmas közelítő összefüggéseket ismertet, — ilyen a (4) összefüggés is — rendszerint nem vizsgálva azt, hogy e változások milyen matamatikai függvényekkel írhatók le a palást alkotója mentén. Márpedig az egyenletes alakváltozás törvénye megköveteli azt is, hogy az egymást követő alakítási műveletekben a darab szelvényének változása minőségileg azonos függvénnyel legyen leírható. Az említett határok azonban nyilván nem azonos minőségű függvénykapcsolatban érvényesülnek és így az összegeződésük révén kialakuló profil alakja is attól függ, hogy az összegben milyen arányban szerepel a behajlás, a hődomborulat, illetve a kopás. A kérdést tovább bonyolítja a hengerdomborítás.

A hengercsiszológépek domborítást előállító mechanizmusának konstrukciójától függően a domborítás lehet parabola vagy azt megközelítő sinus görbe lefutású. Korszerű csiszológépek azonban már olyan másoló mechanizmussal készülnek, amely lehetővé teszi bármilyen előre meghatározott hengerprofil kialakítását, de megoldatlan a szükséges profil számításának kérdése.

Timosenkov szerint a behajlott munkahenger semleges vonalának differenciál egyenlete a következőképpen írható le:

$$-qz(x) = EI \frac{d^4z}{dx^4} \qquad (5)$$

ahol $z(x)$ a semleges vonalat leíró függvény,
q a mechanikai igénybevételt leíró tényező,
EI a hengerek úgynevezett áthajlási tényezője.

A rendkívül bonyolult viszonyok között igen nehéz a megoldás során a peremfeltételek meghatározása. Külön nehézséget jelent az a tény is, hogy a valóságban q is változik a henger alkotója mentén és e változás különösen a hengerelt anyag és a munkahenger kölcsönhatásában ma még nem kellően felderített, így matematikai formában nem írható le.

Az mégis kézenfekvőnek látszik, hogy az (5) differenciál egyenlet megoldása tartalmaz exponenciális elemeket. *A. Troost* és *H. Wilkening* megoldásában pl. ez az integrálgörbe az alábbi formát ölti.

$$z_h(x) = H \operatorname{ch} nx \sin nx \qquad (6)$$

ahol $z_h(x)$ a behajlásból eredő résváltozás x függvényében,
H és n pedig a geometriai viszonyokat, a mechanikai igénybevételt és a hengerek merevséget leíró tényezők.

Állítsuk szembe ezzel a hengerdomborítást leíró függvényt. A Dunai Vasműben meglevő *3417 V* típusú, szovjet hengercsiszológép domborítást előállító másoló mechanizmusának működési elvéből következően a hengerpalást domborulatát a következő összefüggés ábrázolja.

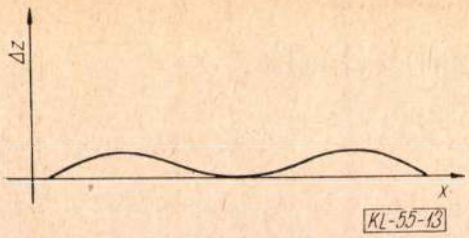
$$z_{cs}(x) = A\,(1-\cos kx) + B \sin^2 kx \qquad (7)$$

ahol $z_{cs}(x)$ a domborított henger alkotóját leíró függvény,
A, B és k a mechanizmus geometriai viszonyait leíró tényezők.

Állítható szerkezeti elemek következtében mind az A és B, mind a k tényező tartalmaz változó összetevőket.

Az A és B tényező a görbe amplitúdóját határozza meg, ezek megfelelő szabályozásával lehet tehát beállítani a (4) összefüggés alapján számított szükséges domborítást. A k tényező a görbe hullámhosszúságát befolyásolja, s így valamilyen elvi összefüggésben van a hengertest hosszúságával.

A hengerdomborítás célja a behajlás kompenzálása, az egyéb hatásokat figyelmen kívül hagyva tehát a (6) és (7) függvények különbségének zérust kell adnia. A két függvény azonban minőségileg eltér egymástól, a domborítás tehát nem tudja tökéletesen kompenzálni a behajtást. A valóságos különbséggörbe elvileg lehetséges egyik formáját a



13. ábra. A domborítás hatása. Valóságos különbséggörbe

13. ábra vázlata mutatja be. A megközelítés legnagyobb hibája természetesen attól függ, hogy a csiszológép beállításakor a k tényező értékét helyesen választották-e meg.

A tényleges viszonyok a leírtaknál lényegesen bonyolultabbak. A (6) összefüggés levezetésekor a szerzők az (5) egyenletet a $q(x) = \text{const}$ feltételezésével oldották meg, így ez a függvény önmagában is csak megközelítésnek tekinthető.

További eltérést jelent az, hogy a hengertest domborúsága az alkotómenti hőmérsékleteloszlás függvényében eltér a (7) összefüggésből számíthatótól. A hődomborulat matamatikai ábrázolása teljesen megoldatlan — a vizsgált szempontból használhatatlan, durva közelítéseket ismerünk csupán — az azonban bizonyos, hogy a hődomborulat a hengerlési körülményektől — fogyás, darabhőmérséklet, hengerlési sebesség, hűtőhatások stb. — függvényében az időben mind minőségi, mind mennyiségi szempontból változó, s ezt a jelenséget leíró függvény alakja (6) és (7) összefüggésektől nagyon nagy valószínűséggel eltér.

A hengereknek tehát nemcsak a kopott, hanem már a kezdeti profilja sem elégíti ki az egyenletes alakváltozás követelményeit, s ez a körülmény különösen a szélesabroncssor és a hideghengersor alakítási viszonyai összhangjának megteremtésében igen figyelemre méltó.

Következtetések

E probléma felvetésének aktualitását az adja, hogy számos esetben megfigyelhettünk olyan jelenségeket, amelyek az ismert összefüggésekkel már nem magyarázhatóak. Ilyen jelenség az, hogy a sávosság nem csupán erősen kopott hengerekkel gyártott szélesabroncsokon tapasztalható, hanem gyakran már közvetlenül a hengercsere után hengerelt első darabokon is. De hasonló esetekkel hideghengerlésnél is találkozhattunk. Nem ritka pl. a legvékonyabb szalagokon a kétoldalt szimmetrikusan, keskeny sávban jelentkező belső hullámosság, amelyet nem lehet visszavezetni az alapanyag alakhibájára.

A gyakorlat e problémák megoldásában igen sürgeti az elméleti kutatás segítségét. A hengersorok korszerűsítésénél, a zónahűtés és a hengerhajlítás alkalmazásánál ugyanis joggal merül fel olyan aggály, hogy e problémák fokozódhatnak és a hengerrés alakváltozásának teljes matematikai feltárása nélkül az ellenintézkedés csak sötétben tapogatózás lehet. A számítógépek alkalmazásában rejlő lehetőségek ugyanakkor egyre inkább megteremtik annak feltételeit, hogy a fentiekben érzékeltetett igen bonyolult viszonyokat a gyakorlat számára mennyiségileg is feltárjuk, ha rendelkezésre állnak a jelenségeket leíró matematikai összefüggések.

Megkíséreltük a leírtakban összefoglalni a hideghengerlésre szánt szélesabroncsok méretpontosságának és alakhűségének leglényegesebb kérdéseit, megpróbáltuk a gyakorlati tapasztalatok alapján megvilágítani az alakhibák kiküszöbölésének lehetőségeit. A vizsgált jelenségek egy részénél bebizonyosodott, hogy a megoldás csak a hengersor korszerűsítése lehet. Más esetekben azonban kimutattuk, hogy a gyakorlati és elméleti technológiai kutatás még sokat tehet a hengersor meglevő adottságainak mind jobb kihasználása érdekében. Bár e téren nem jutottunk túl a probléma megfogalmazásán, reméljük, hogy e kérdések felvetése a megoldást mégis előrelendíti.

IRODALOM

[1] *Mejerovics—Gercev—Gorelik—Klasszen:* Povisenyije tocsnosztyi lisztovovo prokata. Izd. Metallurgija 1969. Moszkva.
[2] *Borovik:* Ekszpluatacija valkov sztanov holodnoj prokatki. Izd. Metallurgija 1968. Moszkva.
[3] NME Kohógéptani és Képlékenyalakítástani Tanszéke kutatási jelentései.
[4] *Kőhalmi K.:* A szúrástervkészítés gyakorlata reverzáló hideghengersorokon. Kohászat 1970. 12.
[5] *Kőhalmi K.—Horváth Á.:* A hengerbehajlás szabályozása hagyományos felépítésű hideghengersorokon. Előadás a III. Országos Hengerész Konferencián.

Felhívás szerzőinkhez

A beküldött tanulmányokat, közleményeket általában a szerkesztőséghez való beérkezés sorrendjében jelentetjük meg kivéve, ha a lektor vagy a szerkesztő bizottság átdolgozást, kiegészítést lát szükségesnek.

A beküldött és a lektorok által közlésre javasolt cikkkéziratok gyors megjelentetését az eleve rendkívül hosszú (kb. három hónapos) nyomdai átfutási időn kívül leginkább az újbóli gépelést szükségessé tevő külalak — a nyomdai kézirat-szabványok előírásainak figyelmen kívül hagyása, így elsősorban a túl sűrű gépelés — hátráltatja.

Ismételten összefoglaljuk a kéziratokra legfontosabb előírásokat:

Papírnak csak egyik oldalára írt szöveg.

Széles margó, „kettes" sorköz, oldalanként 25 sor, soronként 50 leütés.

Az irodalomjegyzék, a rajzok és táblázatok, valamint az ábraaláírások nem a szövegbe beépítve, hanem külön lapokon legyenek.

A cikk elejére 3—4 mondatos, max. 6—10 soros tartalmi összefoglalót kérünk.

Szerző végzettségét, esetleges tudományos fokozatát, valamint a munkahelyét kérjük a cím alatt feltüntetni. A kézirat első oldalán, a gyors ügyintézés érdekében szerző hivatali és lakás címét, hivatali (esetleg lakás) telefonszámát kérjük megadni.

A jelenlegi anyagtorlódás miatt csak rövidre fogott cikkek megjelentetésére lehet számítani. A terjedelmes, 25 szabvány-kéziratoldalnál hosszabb cikkek közlését belátható időn belül nem tudjuk biztosítani. A hosszabb cikkek rövidítését a lektorok rendszerint nem vállalják, ezért megjelentetésük elhúzódik.

Kérjük cikkíróinkat, hogy tanulmányaikat, közleményeiket tömören fogalmazva, jól érthetően, rövid mondatokban írják meg és az általánosan elfogadott szakkifejezéseket használják.

A Szerkesztőség

A forrcsőív-gyártás hazai fejlődése*

CSURGAY FERENC okl. gépészmérnök
Csepel Acél és Fémművek, Csőgyár

DK: 621.774.1/6(439):539.373

A szerző a forrcsőívek gyártásának régebbi, valamint a Csepeli Csőgyárban kifejlesztett új eljárását ismerteti. Rámutat a hagyományos gyártási technológia hibáira. Elemzi azoknak a tényezőknek a szerepét, amelyek a forrcsőív hajlításra legnagyobb befolyást gyakorolnak.

A forrcsőív a csőíveknek egy olyan speciális típusa, melyet a DIN 2605 vagy az MSZ 2830 szabványokban meghatározott méretek jellemeznek.

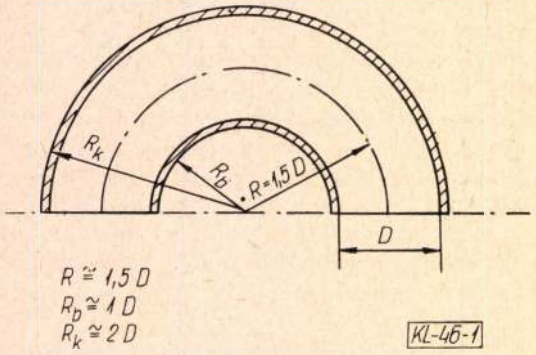
Legfőbb ismérvei:

Hajlítási sugara semleges szárban mérve ... 1,5 D
Ebből értelemszerűen következik, hogy a

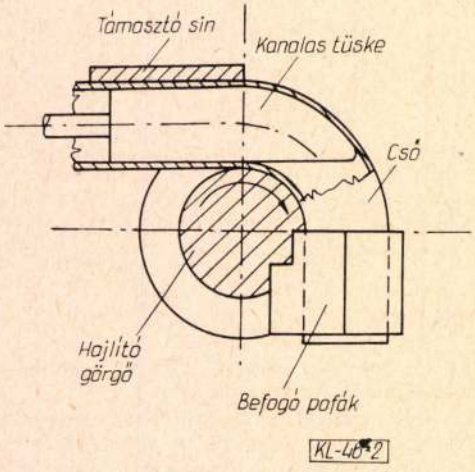
belső szár sugara ..... 1 D
külső szál sugara ..... 2 D

Egyenes szára nincs.

E tekintetben is egyedülálló az egyéb hajlítási módszerek között *(1. ábra)*.



1. ábra. A forrcsőív geometriai viszonyai



2. ábra. A hagyományos csőhajlítási technológia

A forrcsőív a Csepeli Csőgyárban normál falvastagsággal, az MSZ 29/2 szerinti A 35 anyagminőségből készül, ∅38—∅324 mm tartományban.

Hogy mit jelent a „**hajlítás**" korszerűsége, azt legjobban akkor tudjuk megközelíteni, ha ismerjük a hagyományos csőhajlítási technológiát *(2. ábra)*.

A korábban alkalmazott hajlítási eljárás lényege, hogy a meghajlítandó csövet vezető tüske alkalmazásával egy alakmásra húzzuk.

A folyamat lényege, hogy egy nyomaték- és egy haránterő végzi el a hajlítást.

A tüskével és az alakmással a hajlított cső minden — a hajlítási tengelyre merőleges metszetében — a pontos körgyűrű alakú keresztmetszetet kívánjuk biztosítani.

A kétféle erő, valamint a fellépő súrlódások miatt a hajlítás közben a külső szál falvastagsága elvékonyodik, míg a belső szálban a tömörödés következtében anyag halmozódik fel, tehát itt a hajlított cső fala megvastagodik.

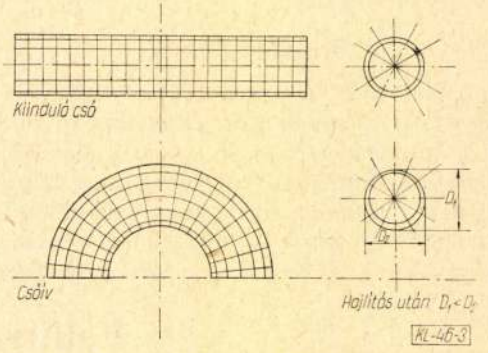
A deformáció mértéke kis hajlítási sugarak esetében, tehát a forrív gyártásánál jelentős.

Másik nagy minőségi problémát a régi csőhajlítási módszernél az jelenti, hogy a leggondosabb szerszámkialakítás és munka mellett sem biztosítható a pontos körkeresztmetszet.

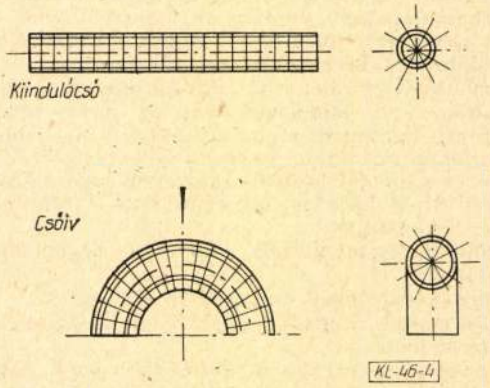
A külső oldalon fellépő feszítőerő és a belső oldalon fellépő feszítőerő hatására a cső ellipszis alakot vesz fel. Az ellipszis kistengelye a csőív szimmetria síkjában fekszik, a nagy tengely a hajlítás tengelyével párhuzamos.

Ez a belapult keresztmetszet egyrészt a csőben fellépő nyomások elviselésére kedvezőtlenebb, másrészt áramlástanilag is veszteséget jelent, ezért el kell kerülni.

A régi és új hajlítási móddal elkészített csőívet látjuk a *3.*, ill. *4. ábrán.*



3. ábra. A hagyományos hajlítás utáni állapot



4. ábra. A korszerű hajlítás utáni állapot

* A Hengerész Szakcsoport 1972. nov. 17-i csepeli ülésén elhangzott előadás.

A kiinduló egyenes csövet hosszanti irányban és rá merőlegesen karcokkal láttuk el, egyenletes elosztásban. Hajlításkor a csövön a beosztott hálózat négyzetei torzulnak.

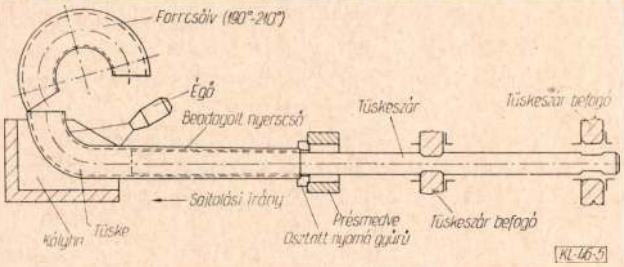
Míg a hosszanti alkotó irányú beosztások egymástól való távolsága változatlan marad, az erre merőleges osztások távolsága csak a nyúlás nélküli szálban változatlan, a külső oldalon megnövekszik, a belső oldalon fokozatosan csökken.

A korszerű gyártás mindezeket a hibákat, nevezetesen

— a falvastagság változását
— a keresztmetszet torzulását
— a befogáshoz szükséges, utólag eltávolítandó hulladékot nagymértékben csökkenti.

Az új technológia eredeti és ötletes. Egy német szabadalom veti fel először. Ez a hamburgi eljárás néven ismeretes gyártásmód nagy jelentőségűvé vált.

Az eljárás lényege, hogy az egyes kiinduló csődarabot egy meghatározott alakú, növekvő átmérőjű tüskére nyomják *(5. ábra)*.



5. ábra. A korszerű hajlító berendezés elvi vázlata

A meghajlított tüskén előre halad a cső, miközben az ív belső oldalán megfelelő mértékben felhevítik. A szerszám feltágítja a csövet és kialakítja a hibátlan minőségű forrcsőívét.

A hamburgi eljárás viszonyait látjuk a 4. ábrán. A kiinduló kisebb átmérőjű csövet hasonló négyzetes hálózattal láttuk el.

Hajlítás után a csőív feltágított keresztmetszetében a hosszanti beosztások az anyag belső oldalról kifelé történő áramlásának megfelelően az ábra szerinti mértékben eltolódnak.

Az eredetileg egyenletes osztástávolságok a külső oldaltól a kerület mentén a belső oldalig növekszenek. A keresztirányú beosztások távolsága csak a külső szálban marad változatlan, másutt a távolság csökken.

A nagy súrlódás miatt — és ez már tüske kialakítási probléma — a belső szálnál kismértékű késés mutatkozik. A hálózat négyzetei a külső oldalon majdnem változatlanok, a belső oldalon viszont trapéz alakúra nyúlnak.

Pl. 89 ∅ ívcső esetében 70 mm ∅ csőből kiindulva konkrét mérésekkel állapítottuk meg, hogy az ív külső oldalán megnyúlás nincs, sőt kissé tömörödött az anyag (5—7%) az ív belső oldalán nagymértékű, ez esetben 86%-os megnyúlást mértünk a feltágítás következményeként.

A helyileg fellépő 80—100%-os deformáció még kovácsolási hőmérsékleten is igen nagy igénybevételt jelent, még akkor is, ha ezzel hosszirányú rövidülés párosul, biztosítva az eredeti falvastagságot.

Ezért a kiinduló csőanyag jelentéktelennek látszó, észre sem vehető hibái az anyag felhasadásához vezethetnek.

Repedések, átlapolások és salakzárványok ezért nagy veszélyt rejtenek, selejtet, kihozatalromlást idézhetnek elő.

A hajlítási folyamat biztosítása sok tisztázandó és megoldandó problémát vet fel.

A jelenlegi gyártásmód kialakulása hosszú történelmi folyamat eredménye, de meg vagyunk róla győződve, hogy a technológia és hajlítószerszámok kialakítása tovább fejlődik és a jelenleginél is gazdaságosabb termelést fog biztosítani.

Jelenleg is folytatunk kísérleteket arra vonatkozóan, hogyan tudnánk növekvő előtolási sebesség és kisebb fajlagos tüske-felhasználással termelni.

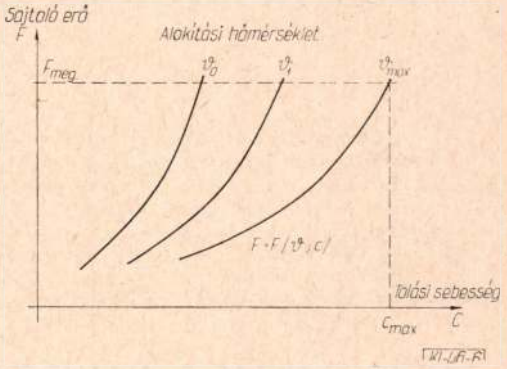
Ha a technológiai rendszer működését vizsgáljuk, akkor azt látjuk, hogy azt a következő tényezők határozzák meg:

1. az alakítási hőmérséklet (δ)
2. a sajtoló erő (F)
3. a présmedve sebessége, tolási sebesség (c)
4. a hajlító szerszám alakja.

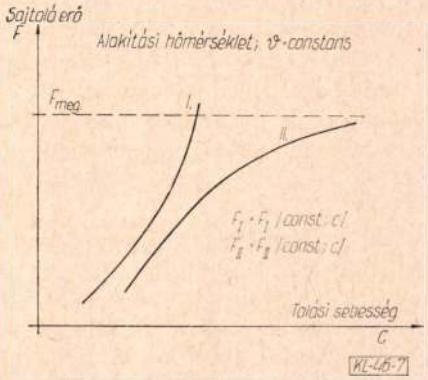
Vizsgáljuk a fenti tényezőket:

1. Alakítási hőmérséklet növelése a szükséges sajtoló erő csökkentését, vagy a tolási sebesség növekedését eredményezi.

A hőmérséklet azonban nem növelhető tetszés szerint. Határt szab — egyrészt a szerszám melegszilárdsága és meleg kopásállósága révén a gazda-



6. ábra. Hajlítószerszám jelleggörbéi



7. ábra. Különböző profilú hajlítószerszámok azonos alakítási hőmérséklethez tartozó jelleggörbéi

ságos szerszámfelhasználás, másrészt az a veszély, hogy a túl meleg anyag alakítás közben a szerszámon felgyűrődik. A hőmérséklet növelését tehát fizikai határok korlátozzák.

2. A sajtoló erő növelése adott hőmérséklet esetén eredményezheti a tolási sebesség növelését. Az erő felső határát megszabja egyrészt a tüskeszár szakító szilárdsága, másrészt a szárra felfűzött cső nyomószilárdsága. Az erő növelésének is megvannak a saját fizikai határai.

3. A tolási sebességet a szerszámprofil, a hőmérséklet és az erő egyértelműen meghatározzák. A sebesség önkényes, a fenti tényezőktől független változtatása, a rendszer működése tekintetében káros.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a termelékenység, azaz a c tolási sebesség, figyelembe véve a technológia biztonságát és a gazdaságos szerszámfelhasználást, kizárólag a szerszám alakítási tulajdonságainak javítása útján növelhető.

4. Adott szerszám alakítási tulajdonságait a hőmérséklet, sajtolóerő és a tolási sebesség változásainak tükrében ismerhetjük meg, a három változó kölcsönhatását egy

$F = F(\delta; C)$ alakú kétváltozós függvény írja le. A függvényt a *6. ábrán* láthatjuk.

A δ = constans görbék jellege a C—F koordináta rendszerben a szerszám alakítási tulajdonságait tükrözi. Ezt a görbesereget a továbbiakban a szerszám jelleggörbéjének nevezzük. A jelleggörbék kísérleti mérések alapján vehetők fel. Az ábra alapján is megállapítható, hogy az adott szerszámmal elérhető tolási sebesség, a hőmérséklet és a sajtoló erő pillanatnyi értékével meghatározott.

A fizikai tulajdonságok figyelembevételével meghatározott F_{max} megengedhető legnagyobb sajtoló erő, valamint a δ_{max} legnagyobb megengedhető hőmérsékleten felvett görbe kijelöli az adott szerszámmal elérhető legnagyobb tolási sebességet. C_{max}-nál nagyobb tolási sebesség igénye esetén változtatni kell a szerszám jelleggörbéjét, azaz a szerszám alakját.

A *7. ábra* két különböző szerszámmal azonos hőmérsékleten felvett jelleggörbét mutat. A termelékenység növelése és a szerszám, valamint a fajlagos energia költségek csökkentése szempontjából a II. jelleggörbe szerint működő szerszám előnyei nyilvánvalóak. Ezen gondolat felvetésének egyik célja a II. görbe szerint működő szerszámprofil méretezése.

Befejezésül és röviden összefoglalva a korszerű forrcsőív hajlítás eredményeit; megállapíthatjuk, hogy az új eljárás

— alapvetően javította a gyártmányminőséget
— növelte a gyártmány termelékenységét
— a szükségtelen befogási és kifutó vég hulladék, valamint az egyenletes falvastagság következtében az 1 t készáruhoz felhasznált közel 2000 kg alapanyag helyett kb. 1350 kg-ból gyártunk 1 t forrcsőívet
— alapvetően javította a gazdaságosságot
— a technológia elméleti összefüggéseinek keresése, utat nyithat a további fejlődésnek.

A kohászati termékek ultrahangvizsgálati eredményeinek értékelési nehézségei és a felhasználhatóság megítélése

NÉMETH EMIL okl. kohómérnök
Lenin Kohászat Művek

DK: 620.16:620.179.16.004.15

Az ultrahangvizsgálat hibaazonosítás nehézségéből következik, hogy határesetekben sok vita forrása a gyártó és a megrendelő közt a darab felhasználhatóságának a kérdése. Minden ilyen esetben nagyértékű darabok sorsáról kell dönteni.

Ehhez kíván a szerző segítséget nyújtani úgy, hogy rendszerezett vizsgálati és értékelési módszerek ismertetésén túl elemzi a felhaszhálhatóság megítélésének szempontjait.

Az utóbbi két évtized legáltalánosabban elterjedt — s ma már nélkülözhetetlen — roncsolásmentes vizsgálati eljárása, az ultrahanggal végzett vizsgálat. Elterjedését sokoldalú alkalmazhatósága siettette. Az anyagvizsgálati felhasználása kétirányban fejlődött. Kezdetben csak belső anyagfolytonossági hibák feltárására használták, újabban pedig a hőkezelt anyagok szövetszerkezetének az ellenőrzésére és szilárdsági értékeinek becslésére is alkalmazzák.

Kezdetben e vizsgálatokat nagy bizonytalanság kísérte, de később, a vizsgálati értékeléseket mindmind nagyobb mennyiségű roncsolásos vizsgálati eredménnyel azonosították, ill. ellenőrizték. Így napjainkban a vizsgálat értékelési módja már sokrétűen körülhatárolt, de még nem általánosítható. A képernyőn megjelenő amplitúdó-kitérés egymagában nem ad kellő felvilágosítást az értékelésre és ezért nem készülhetett még olyan általános érvényű összehasonlító képsorozat, amelyre a szállítási feltételeket egyértelműen vonatkoztathatnánk.

A gyártó és megrendelő sokat vitázott és részben vitázik még ma is arról, hogy milyen vizsgálati mód mellett a darab mely részén milyen nagyságú és természetű hibát sejtő elektroakusztikai jelzés engedhető meg [1].

Az alábbiakban az ilyen irányú tárgyilagos állásfoglaláshoz igyekszünk segítséget nyújtani.

Bár a tanulmánynak nem célja az ultrahangkeltés és terjedés fizikai sajátosságainak elemzése, de egy-két fontos alapelvre azonban rá kell mutatnunk, amelynek ismeretét a tudatos eredményértékelés nem nélkülözheti.

Vizsgálati alapelvek

A kohászati termékek anyagvizsgálatának gyakorlatában rendszerint a 2—4 MHz frekvenciájú ultrahangot alkalmazzuk. Keltésére a kvarc vagy báriumtitanát kristály piezoelektromos tulajdonságát használjuk fel.

Az adó-vevő fejben elhelyezett piezoelektromos kristályok a nagy frekvenciás elektromos impulzu-

sok hatására mechanikus rezgést keltenek. Az 1 vastagságú kristályban a keltett rezgés félhullámhossza $l=\lambda/2$ helyezkedik el, $f=v/2\,l$ frekvenciájú, illetve $\lambda=v/f$ hullámhosszú ultrahangot kelt, ahol v az ultrahanghullám sebessége a kristály anyagában.

Az így keltett hangimpulzusok a csatlakozó közegen át (olaj, zsír, víz) a vizsgálandó darabba hatolnak és ha nagy akusztikai ellenállású határfelülethez érkeznek (végfal, repedés, zárvány), akkor az optikai törvényeknek megfelelően visszaverődnek és az adás fordított folyamata megy végbe.

A visszaverődő hangimpulzusok a kristályban elektromos feszültség-impulzusokká alakulnak át, amelyeket erősítőn keresztül juttatunk el a katódsugárcső függőleges eltérítő elektródáira. Az itt észlelt amplitúdó-kitérések jellege, vagy a többszörös visszaverődés gyengülése utal a hangtérbe eső különféle hibákra, porozitásra, zárványra, repedésre, vagy éppen a durva szövetszerkezetre.

A fémtömegben kialakult hangtérnek csak a távolterét hasznosíthatjuk, mert a $h_0=D_K^2/4\lambda$-val jellemzett közeltérben (holtzóna) a nagyfokú interferencia miatti zavaró-sugárzás a hibaészlelést erősen zavarja. (D_K: a kristályátmérő.) Ezért a vizsgálható legkisebb vastagságú (b) darabnak a mérete olyan legyen, hogy a $b \geqq 2h_0$. (Ennél kisebb méretű darab csak folyadék alatt vizsgálható.) A vizsgálatoknál hasznosítható irányított távoltér hangtere olyan félkúpszöggel jellemezhető, amelynek nagysága

$$\sin\delta=\frac{1{,}2\lambda}{D_K}=\frac{1{,}2v}{fD_K}$$

A δ értékének a csökkenésével — a frekvencia növekedésével — adott kristályátmérő (D_K) mellett a hibakimutathatóság érzékenysége fokozódik.

A vizsgálatkor az ultrahang hullámok különböző szög alatt érhetik a hiba felületét. Minél nagyobb a beesési szög, annál kevesebb visszavert sugár érkezik a vevőfejbe, s ha a hibafelület kiterjedése párhuzamos a hangtér irányával, a kisebb hibák legtöbbször fel sem ismerhetők. Ezért meghatározott menetemelkedésű csavarvonal, vagy a palást felületén, egymáshoz viszonyítva 90°-kal eltolt helyzetű alkotók mentén haladva végezzük a darab vizsgálatát.

Esetenként — hasonló okok miatt — a merőleges besugárzó fejek mellett ferde besugárzó, ún. szögfejeket is alkalmazunk. Ezeknél az ultrahang sajátos jellegéből, a hullámhasadásból fakadó longitudinális és transzverzális hullámok terjedési sebességével arányos törési szögek határeseteit hasznosítjuk.

A fémtömegbe behatoló ultrahangintenzitás nagysága útközben gyengül. Ennek a gyengülésnek a mértékét az α veszteségi együtthatóval jellemezzük, amely egyrészt a vizsgálandó darab szövetszerkezetétől, másrészt pedig az ultrahang frekvenciájától függ és az ismert $I=I_0\,exp(-2\alpha x)$ összefüggésből számíthatjuk, ha ismerjük I_1 és I_2 intenzitásokhoz tartozó x_1 és x_2 távolságokat. Így

$$\alpha=\frac{1}{2(x_2-x_1)}\ln\frac{I_1}{I_2},$$

ahol $x_2-x_1=d$, az ultrahang által egyszeresen befutott úthossz cm-, vagy mm-ben. Az így kifejezett α érték neper/cm, vagy neper/mm.

Ha figyelembe vesszük, hogy a méréstechnikában elterjedtebb mérőszám az intenzitás-viszony logaritmusának a tízszerese, a decibell (dB), valamint azt, hogy az intenzitás a hagyományos amplitúdó négyzetével arányos, akkor az α értéke dB/mm-ben kifejezve:

$$\alpha=\frac{20}{2d}\log\frac{H_1}{H_2}\ [\mathrm{dB/mm}]$$

ahol d az ultrahang által egyszeresen befutott út hossza mm-ben és H_1, illetve H_2 pedig a képernyőn mérhető amplitúdó magasság. Ha ismerjük vagy megismerjük a vizsgált darabban az ultrahang sebességét (v), akkor az α értéket kifejezhetjük még a következő formában is:

$$\alpha=\frac{v}{2d}\,20\log\frac{H_1}{H_2}\ [\mathrm{dB/\mu s}]$$

I. Az ultrahang gyengülése és a szövetszerkezet

Az előző részben utaltunk már arra, hogy az ultrahang hullámenergiája a fémtömegen való áthaladás közben gyengül. Ha a végfalvisszhang ernyőkitéréseinek — amplitúdóinak — nagyságát rendre H_{v1}, H_{v2}, $H_{v3}\ldots H_{vn-1}$ és H_{vn}-el jelöljük, akkor az utolsó előtti egyenlet alapján felírhatjuk, hogy

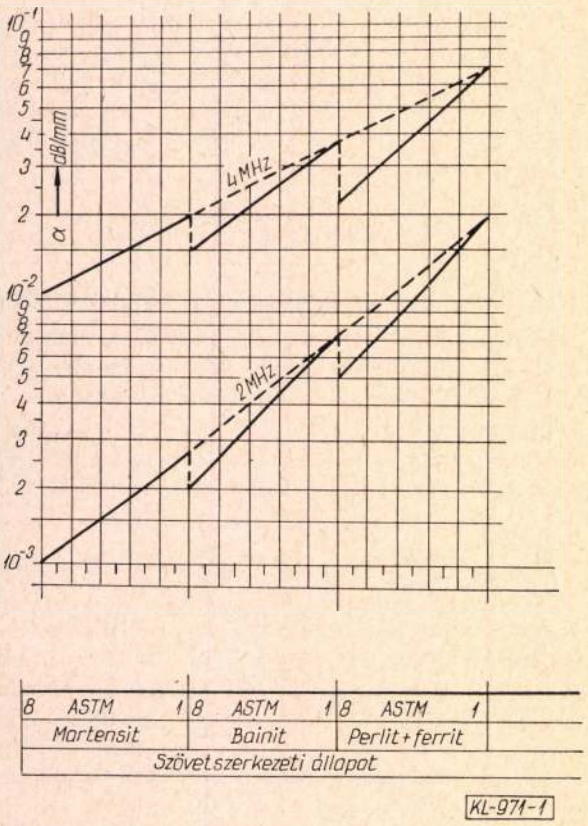
$$\alpha=\frac{20}{2d}\log\frac{1}{n-1}\left(\frac{H_{v1}}{H_{v2}}+\frac{H_{v2}}{H_{v3}}\ldots\frac{H_{vn-1}}{H_{vn}}\right)\ [\mathrm{dB/mm}]$$

Az így kifejezett α gyengülési — extinkciós — együttható két veszteségi tagból áll. A veszteség első tagja a hullámenergia *átalakulásából adódó abszorpciós* veszteségből, a második tag pedig — a zavaros vízben szóródó fényhez hasonlóan — a hullámenergia *átalakulás nélküli szóródási* veszteségéből adódik.

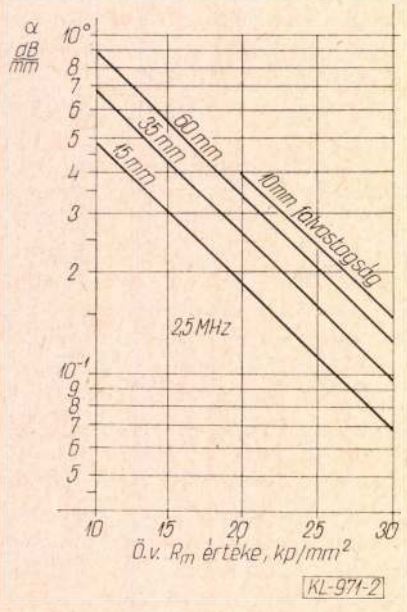
A gyengülés mérésénél csak a kettő együttes összegét tudjuk meghatározni, de gyakorlatilag ez hátrányt nem jelent, mert mindkét tag veszteségként jelentkezik. Eltekintve az ultrahang vizsgálat egyéb általános jellegű veszteségi tagjaitól, az elnyelődés tekintetében részünkre a frekvenciának és a szövetszerkezetnek a kölcsönhatása a legjelentősebb.

Ennek az összefüggésnek az elemzésével sok szerző [2—10] foglalkozott, de meghatározott, általános érvényű matematikai függvénykapcsolatát még nem dolgozták ki. Az acélok vizsgálatánál a $\lambda/D \gg 30$ esetén alig, a $\lambda/D>6$ esetén már erősen és a $\lambda/D\sim 1$-nél pedig a legerőteljesebben észlelhető a gyengülés mértéke. E megállapítás ellenére egyértelmű matematikai függvénykapcsolat nincs a szemcsenagyság (D) és a λ-t meghatározó frekvencia között, mert a szemcsenagyság mellett az acél szövetszerkezeti heterogenitása legalább olyan mértékben befolyásolja a gyengülést, mint a szemcsenagyság. Ezt bizonyítják acélok esetében azok a nagyhőmérsékleten (ausztenites állapotban) végzett vizsgálatok is, amikor ilyen esetekben elenyészően csekély gyengülést észleltek [11]. Tehát a gyengülés mértéke a frekvencia, a szemcsenagyság és a szövetszerkezeti heterogenitás, illetve diszperzitás növekedésével fokozódik.

Az előbbieknek megfelelően azonos frekvencia esetén a gyengülés mértékét az ausztenitesítés hőmérséklete és az azt követő hűlési sebesség határozza meg. A kritikusnál kisebb lehűlési sebességnél, amikor elegendő idő marad a diffúziós folyamat kialakulására, a legheterogénebb, következésképpen erős gyengülést okozó ferrit-perlites szövet alakul ki. A kritikushoz közel eső hűlési sebességnél — a korlátozott diffúzió során — a finomabb bainit kevésbé, majd a kritikusnál nagyobb lehűlési sebességnél létrejövő diffúzió nélküli átalakulási termék, a martensit legkevésbé gyengíti az ultrahangot.



1. ábra. Ultrahang gyengülése, frekvencia, szemcsenagyság és szövetszerkezet kölcsönhatása



2. ábra. Az öntöttvas szakítószilárdságának és az ultrahang gyengülésének a kölcsönhatása különböző falvastagság esetén ($f = 2{,}5$ MHz) [4]

Ha figyelembe vesszük, hogy a kritikus lehűlési sebesség az összetétel függvénye, s továbbá, hogy az oldatlan karbidok és a proeutektoidos szövetelemek mennyisége és az öntöttvasaknál pedig a grafit formája, mértéke és elhelyezkedése tovább növeli a variációs lehetőségek számát, belátható, hogy miért nehéz az általános érvényű matematikai függvénykapcsolatok meghatározása.

A 2 és 4 MHz frekvenciájú ultrahangnak az acél szövetszerkezetétől, szemcsenagyságától függő, illetve öntöttvasaknál a 2,5 MHz frekvenciájú ultrahangnak a szakítószilárdsággal és a falvastagsággal összefüggő α értékét [4] az *1.*, illetve *2. ábrák* szemléltetik. Az *1.* ábrán jól látható, hogy a gyengülési együttható értékét a szemcsenagyság mellett a szövetszerkezet diszperzitása hogyan befolyásolja. Mindezekből a gyakorlat részére mit hasznosíthatunk, mi a gyakorlati jelentősége ezeknek az értékváltozásoknak? Vegyük sorra a hatásokat.

1. A durvaszerkezetű és diffúziósan átalakult acél az ultrahangot „elnyeli" így a hibafeltáró vizsgálatra nem alkalmas. Ezért az ilyen állapotú acélból nem készülhet olyan termék, amit használat közben ultrahanggal ellenőrizni kívánnak. Az ilyen nem „hangáteresztő" darabok hőkezeléssel mindig megjavíthatók.

2. Sorozatgyártásnál a hőkezelés eredményességét, illetve a megkívánt szövetszerkezet finomságát az ultrahang áteresztőképességnek a mértékével ellenőrizhetjük. Ilyen esetekben, a vizsgálati előírások kidolgozásához a határesetek pontos megállapítására összehasonlító roncsolásos vizsgálatokat kell végezni.

3. Előzetes összehasonlító vizsgálatok végzése után a sorozatban gyártott öntöttvasaknál az ultrahang-elnyelődés mértékét a darabok szilárdsági értékbecslésére is felhasználhatjuk.

4. Végül az ultrahang elnyelődésének hatásával számolnunk kell a hibakereső vizsgálatok esetén is. Nem hanyagolható el például a hiba méretének meghatározására használt úgynevezett előtétskálák alkalmazásakor, ha az $\alpha > 2$ *dB/mm*, mert ezeknél az egyszerűsítő diagramok szerkesztésénél a hang-gyengülést nem vettük figyelembe.

II. Hibaértékelési rendszerek

A vizsgálatkor a fej haladó mozgatásával a darab egész térfogatát ellenőrizhetjük, ha a darab felületei hozzáférhetők. A részeredmények értékelésének összessége alapján elkészítjük a hibavázlatot, feltüntetve a hiba helyét, kiterjedését és valószínű jellegét. Ennek eredménye alapján kell azután döntenünk a darab felhasználhatóságáról.

1. A részeredmények értékelése

A vizsgálat megkezdése előtt a készüléket meghatározott erősítésre állítjuk be, azaz a készüléket *hangoljuk*. Ennek a hangolásnak több változata lehetséges, s ezek közül legelterjedtebbek a következők:

a) Az első esetben — durvahangolás esetén — a vizsgálandó darab teljesen hibamentes helyén a végfaljel egyszeres visszaverődését a képernyő legnagyobb méretére (H) állítjuk.

b) Második esetben — a finomhangolásnál — a készüléket kétszeres, vagy háromszoros végfal visszaverődésre állítjuk be (H_{v1}, H_{v2} és H_{v3}). Ha a $H_{v1} \leqq 0{,}3\ H$, vagyis amikor a hangáteresztőképesség hiánya miatt a hibafeltáró vizsgálat biztonsággal nem végezhető el, az acél darabokat A_3 hőmérséklet feletti hőkezelés után kell vizsgálni. Ilyen eset a nagykovácsdarabok melegen alakított és hőkezeletlen darabjainál, valamint az öntvényeknél nagyon gyakran előfordul.

c) Végül a harmadik esetben mérő — hitelesítő — etalonokkal, vagy meghatározott előírások szerint hangoljuk be a készüléket, amint azt majd az AVG-diagramoknál, illetve előtét skálák esetén látni fogjuk.

A hangolást követő vizsgálatkor az inhomogenitásokra utaló jelzések *értékelési módjait* az alábbi csoportokra oszthatjuk:

Az első csoportba sorolt értékelési módnál a vizsgálatkor kapott hibajeleket (h_1) a képernyő maximális méretéhez (H) viszonyítjuk és annak százalékában adhatjuk meg. Ezt azonban egyéb megkötéssel is párosíthatjuk: például az első végfalvisszhangot a képernyő magasságára hozzuk, s előírjuk, hogy meghatározott, 10—15 dB erősítés után vagy nem jelentkezhet hibajel, vagy ennek nagysága nem léphet túl egy megadott h_1/H viszonyt.

A második csoport szerinti értékelésnél a hibajel (h_1) és a hozzá tartozó végfal (H_v) amplitúdónak az arányát használjuk fel. *Michalski* és *Krächter* [12] a h_1/H_v amplitúdó arányokat a hibahelyek nagyságával és jellegével korrelációba hozta és ezt a rendszerezést azóta is számtalan roncsolásos vizsgálattal ellenőrizték, illetve azonosították és évek óta eredményesen alkalmazzák. Ezt a rendszerezést szemlélteti az *1. táblázat*. (Vizsgálat előtt a készüléket két hátfalvisszhangra hangoljuk.)

1. táblázat

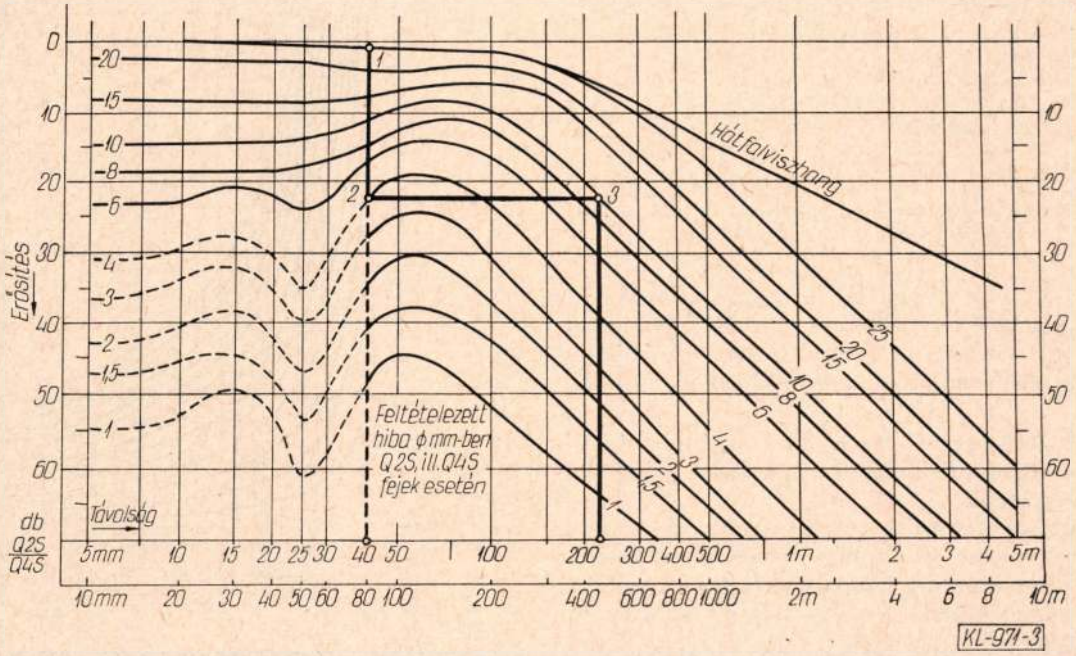
Az amplitúdó arány és a hibahelyek közti összefüggés

Oszt. Jel.	h_1/H_v	A hibajel jellege	A hangtérre irányuló hibafelületnek közelítő kiterjedése mm²-ben
0	Hibátlan	—	—
I.	≤1/10	Egy zárvány Kevés egyes zárvány Nagyon kicsi salaksor Mikroporozitás	0,5—2,0 0,1—0,5 —
II.	1/10—1/2	Egy zárvány Kevés egyes zárvány Kicsi salaksorok	2,0—10,0 0,5— 2,0
III.	1/2—2,0	Egy zárvány Több zárvány Erős salaksor Finom repedés	10,0—200,0 2,0— 10,0 —
IV.	>2	Egy zárvány Sok zárvány Repedés szakadás	» 200,0 » 10,0 —

A hibajelek nagyságának pontosabb értékelésénél figyelembe kell vennünk, hogy azonos méretű, de az adó-vevő fejtől különböző távolságra elhelyezkedő inhomogenitás más-más amplitúdó viszonyt eredményez. Ugyanaz az amplitúdó viszony az adó-vevő fejtől távolabb nagyobb inhomogenitásra utal. A hangtérnek ezt a hanggyengüléssel jellemezhető sajátosságát a következő értékelési mód már figyelembe is veszi.

A harmadik csoport szerinti értékelésnél, az inhomogenitás pontosabb meghatározására a *Krautkrämer* készülékekhez [13] az AVG diagramokat alkalmazhatjuk. A diagram a hiba távolsága (A), az erősítés mértéke (V) és a feltételezett hiba átmérőjének nagysága (G) közt állapít meg összefüggést, amint azt a *3. ábrán* láthatjuk. (Az A, V és G a német kezdőszavak betűi.)

Kövessük nyomon alkalmazásának lényegét. Legyen a vizsgálandó darab vastagsága 480 mm és a vizsgálathoz használjunk 2 MHz frekvenciájú kvarckristályfejet és mérőtestként pedig 40 mm



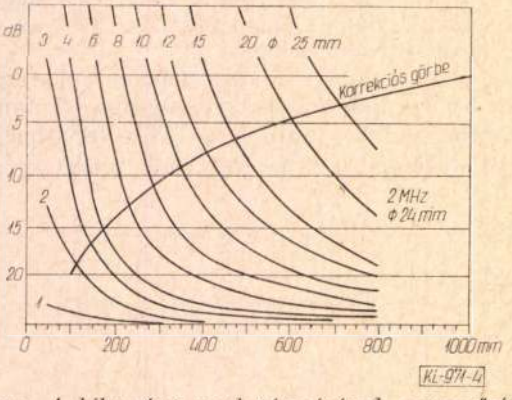
3. ábra. Hibaméret meghatározás AVG diagrammal, Krautkrämer szerint [13]

vastag lemezcsíkot. A vizsgálat megkezdésekor beállítjuk a készüléket az 500 mm-es mérőhatárra. A 40 mm-es lemezcsík első végfaljelét *2/5 H*-ra állítjuk és feljegyezzük a hozzátartozó erősítést *(10 dB)*.

A diagramon a 40 mm-es távolságban emelt merőlegesnek és a diagramot határoló végfalgörbe metszéspontját *(1)* megjelöljük. Ha vizsgálatkor például 225 mm távolságban hibajelet észlelünk, ezt 2/5 H-ra erősítjük és feljegyezzük az erősítés mértékét (32 dB). Az erősítés-különbséget *32—10 = = 22 dB*-t, az *1.* pontból az ordinátán visszamérjük, s az így kapott *2.* pontból jobbra haladunk mindaddig, míg a 225 mm-es távolságban észlelt hibahelyen emelt merőlegest nem metszi. A 3-mal jelölt metszéspont kiválasztja a ferdén futó görbékből az észlelt hibára jellemző műhiba átmérőt, jelen esetben a 10 mm-t.

Az általánosított — minden merőleges adó-vevő fejre alkalmas — AVG diagram annyiban tér el az előbbitől, hogy a vízszintes tengelyen hibatávolság/ /közeltér hányadosa, a műhiba átmérő helyén pedig a műhibaátmérő/kristályátmérő hányadosa található. Ha az általánosított AVG diagramokon ezeket az értékeket megszorozzuk a vizsgálatkor használt kristály közelterével, illetve a kristály átmérővel, akkor a relatív értékek helyett az előzőkben megismert abszolút értékeket kapjuk.

A fentiekben ismertetett AVG diagramok alkalmazása a gyakorlatban időigényességük miatt nehézkes. Ezért az értékelés módját úgynevezett előtét skálák alkalmazásával igyekeztek egyszerűsíteni [14]. Ennek egyik változatát szemlélteti a *4. ábra*, amelyen 2 MHz 24 mm ∅-jű adókristályhoz



4. ábra. A hibaméret meghatározásának egyszerűsítésére alkalmazott előtét skála [14]

tartozó 1000 mm vizsgálati tartományra érvényes előtét skála látható. 1000 mm-nél kisebb vastagságú darab esetén az ábrán látható korrekciós görbe felhasználásával alkalmazhatjuk az alábbiak szerint:

a) Az időtengelyt 1000 mm vizsgálati tartományra állítjuk. A hátfalvisszhangot a skála magasságra erősítjük.

b) Vékonyabb darab esetén megnézzük, hogy a vizsgálandó darab vastagsági méretéhez a korrekciós görbén milyen nagyságú dB érték tartozik.

c) Ezzel az értékkel megnöveljük a végfal beállításához tartozó erősítés nagyságát, s ezzel a berendezés vizsgálatra kész.

Az így beállított készülék hibavisszhang csúcsa közvetlenül érinti azt a görbét, amelynek hibanagyságával azonos mértékű az amplitúdóval jellemzett hiba. Ez a módszer azonban csak akkor alkalmazható, ha a hanggyengülés mértéke kielégíti a $2\alpha(D - X_f) \leq 2$ *dB* értéket [15], mert a diagram szerkesztésénél nem vették figyelembe a hanggyengülést. (D a vizsgált darab vastagsága és X_f pedig a hiba mélysége.) Ez az érték 2 MHz esetén nagykovácsdaraboknál rendszerint csak hőkezelt állapotban érhető el. 2 dB-nél nagyobb érték esetén a hátfalvisszhang erősítését módosítanunk kell. A vizsgálatkor ennek szükségességéről az első és második hátfalvisszhang teljes ernyőmagasságához tartozó erősítés különbség nagyságából az *5. ábra* felhasználásával gyorsan tájékozódhatunk. Az esetleg 2 dB-nél nagyobb hanggyengülés esetén a korrekció nagyságát is meghatározhatjuk, de az erre szolgáló irodalomra — hely hiánya miatt — csak utalunk [15].

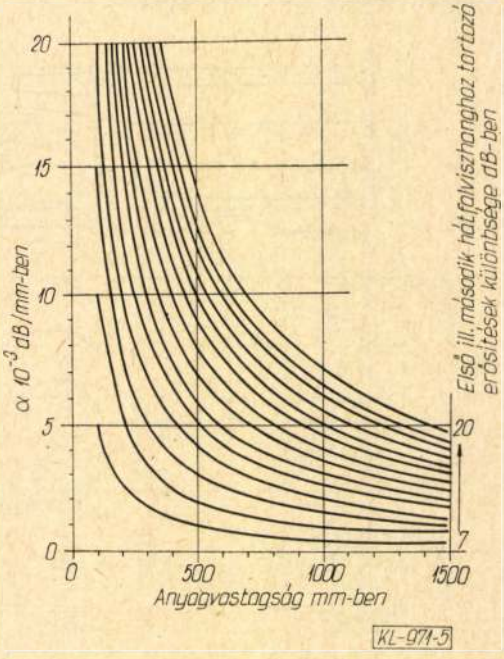
2. A részeredmények összesítő értékelése

A fenti egyedi észlelések összesítő értékelésére is több változat lehetséges, hogy ezek közül melyiket választjuk, azt döntően a vizsgált darab mérete, tagoltsága és a darab rendeltetése határozza meg.

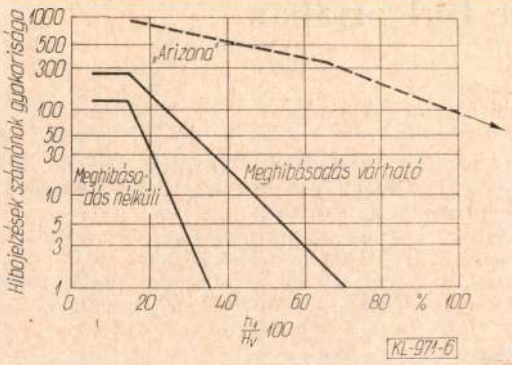
a) Leggyakoribb az az eset, amikor meghatározott beállítás, f és D mellett megkötjük a megengedett maximális amplitúdó nagyságát, vagy viszonyát, az előfordulások gyakoriságának a megkötésével, esetleg adott térfogatra, vagy csak a hosszmérettel jellemzett értékre fajlagosítva [16].

Nagy és tagolt darabok vizsgálatánál az amplitúdó-viszonyok maximumát, az előfordulások számát differenciáltan is előírhatjuk, attól függően, hogy a felhasználás körülményeinek figyelembevételével a vizsgált darab mely részét kívánjuk szigorúbban minősíteni.

b) Végül a h_1/H_e 100 részeredményeknek az előfordulásait gyakorisági diagramban is összesíthet-



5. ábra. Ultrahang-gyengülés értékének meghatározása 2 MHz vizsgálati frekvenciánál [15]



6. ábra. A hibajelek nagyság szerinti megoszlásának gyakorisága turbinaforgórész tömbök esetén [12]

jük. Ezt az értékelési módot nagy értékű darabok sorozatgyártásánál célszerű alkalmazni. Ilyen esetet szemléltet a *6. ábra*, amelyet *Rankin* és *Moriarty* [12] szerkesztett, mintegy 1500 db nagyméretű turbinaforgórésztömb vizsgálati eredményeinek tapasztalata alapján. Az ábrán látható szaggatott vonal az arizonai meghibásodott — üzem közben repedt — turbóforgórészek vizsgálati eredményeit jelzi.

c) Újabban az előzőhöz hasonló, de számszerűen jellemzett úgynevezett ultrahang tisztasági jelzőszám bevezetését ajánlják [17]. A jelzőszám-érték olyan hányados, ahol a számlálót a meghatározott nagyságú hibavisszhangok száma, a nevezőt pedig a vizsgált térfogatnak és az értékelési helyek számának a szorzata adja.

Bármennyire is hasznos és tanulságos ez az utóbbi két értékelési mód, Európában nem terjedt el. Az itteni szakemberek véleménye szerint ezek az értékelési formák egyoldalúak és sablonosak. Nem veszik figyelembe a hiba helyét, jellegét és a felhasználás körülményeit [18]. Ezért az európai országokban inkább az átfogó, metallurgiai jellemzőket és a felhasználáskor várható igénybevételt is figyelembe vevő értékelés az elterjedtebb. Ezt igyekeznek célszerűen rendszerezett formában rögzíteni.

III. A felhasználhatóság megítélése

A vizsgált darabok felhasználhatóságának megítélésénél mindig az a kérdés merül fel először, hogy milyen nagyságú és jellegű hiba engedhető meg a vizsgált darabban, vagy annak egyes részeiben.

E fontos kérdésre a legtöbb esetben csak nagyon általános — legtöbbször műszakilag nem ellenőrzött — csak feltételezett választ kapunk. A tény az, hogy a vizsgálati módszerek gyors fejlődését nem követte a különböző igénybevételek során előforduló egyes anyagfolytonossági károsodások mértékének a hatáselemzése. Így azután a túlzott biztonságra való törekvés olyan túlfokozott igényességre kényszeríti sok esetben a kohászatot, amely indokolatlan költségkihatást — selejtet — eredményez.

Különösen a nagyméretű kovácsolt és öntött daraboknál okoz ez gondot, mert sokan ez esetben sem tudnak a kis darabokra vonatkoztatott hibaérték szemléletüktől elszakadni.

Bár nehéz, de mégis tömören az alábbiakban körvonalazhatjuk a felhasználás megítélésénél figyelembe veendő szempontokat:

1. A J. K. skála 3—4-es fokozatánál kisebb zárványokat ultrahang vizsgálattal biztonsággal nem észlelhetünk.

2. Ha nincs külön megállapodásunk, akkor a fokozott igénybevételre kerülő anyagok felhasználhatóságának a megítélésénél általános irányelvnek vehetjük a következőket:

a) 250 mm ∅-nél nagyobb darabok vizsgálatakor 2 MHz-nél két reflexióra hangolás után a hibajel amplitúdó nagysága *0,75* H_v-nél nagyobb ne legyen.

b) 250 mm ∅-nél kisebb darabok vizsgálatakor 4 MHz-nél két reflexióra hangolás után a hibajel amplitúdó nagysága pedig ne haladja meg a *0,9* H_v értéket.

A hátfalvisszhangnak egyik esetben sem szabad csökkennie.

A fenti minősítési módszer olyan nagyságrendű anyagfolytonossági hibákkal egyenértékű, mint amilyen nagyságú hibákat a mágneses módszerrel vizsgált lépcsős próbák zárványminősítésénél általában még megengedhetünk. A felhasználás igénybevételéből adódóan a kisebb feszültséggel terhelt helyeken, például a semleges szál mentén, a fentieknél nagyobb érték is megengedhető, vagy fordítva.

Határesetekben a vizsgálati feltételek módosításával kapott újabb amplitúdó értékek változása mellett a vizsgált darab egyéb fémtani tulajdonságainak együttes értékelésére kell törekednünk, illetve ebből kell kialakítanunk a felhasználhatóságra vonatkozó végleges véleményünket.

IRODALOM

[1] *Rauferkus, Werner:* Archiv für das Eisenhüttenwesen 1963. 8 pag. 601.

[2] *Matteoli—Rovetta:* La metallurgia italiana 1968. 5. pag. 225.

[3] *Tietz:* Feingerättechnik, 1968. 12 (1969) 1 pag. 570. illetve 20.

[4] *Koppelmann — Frielinghaus:* Gissereitechnik *24* (1966) pag. 802.

[5] *Pris, J.:* Materialprüfung *2* (1968) 43.

[6] *Auric, Dietmar—Martin, E.:* Archiv für das Eisenhüttenw. *3* (1970) 285.

[7] *Silber—Krainer:* Berg- und Hüttenmännische Monatshefte *5* (1970) 97.

[8] *Fenkner, M.:* Zeitschrift für angewandte Physik *4* (1969) 312.

[9] *Szokolov, V. C.:* Defektoszkopija materialov 1961. 87.

[10] *Warren, J.—Mc Gonnagle:* Nondestruktive Testing 1961. 218.

[11] *Richter, H. U.:* Neue Hütte 7 (1967) 430.

[12] *Hans—Mayer, J.:* Materialprüfung *1* (1967) 1—14.

[13] *Krautkrämer:* Das Echo 1967. dec. 19. szám.

[14] *Kleinmann, G.:* Das Echo 1969. jan. 22. szám.

[15] *Kleinmann, G.:* Das Echo 1969. dec. 24. szám.

[16] *Cardona S.—Gottardi, F.:* International Wheel—Setes Congress 1963 Bergamo.

[17] *Daniel, S. S.—Rege, R. A.:* Journal of metals 1971. júl. 26.

[18] *Müller:* Handbuch der zerstörungsfreien Materialprüfung 1970. G. 128.

A vaskohászat helyzete Bulgáriában

A bulgár vaskohászat fejlődését az 1948-ban jóváhagyott első ipari fejlesztési terv alapozta meg. 1950-ben Bulgária gyakorlatilag még nem rendelkezett vaskohászati termeléssel, 1971-ben viszont az acéltermelés már közel *kétmillió tonnát* ért el. 1971-ben elért 228 kg-os egy főre eső acéltermelés abszolút értékben is figyelemre méltó. Az acéltermeléssel egyidőben növekedett a nyersvastermelés is. A hengereltáru-termelés a jelentős mennyiségű acél féltermék-import következtében nagyobb mértékben növekedett mint az acéltermelés, 1971-ben a hengereltáru termelés mennyisége annyi volt mint az acéltermelés. Az acél-, a nyersvas és a hengerelt-áruter melés növekedését az *1. táblázatban* láthatjuk.

1. táblázat

Nyersvas-, acél-, hengereltáru- és acélcsőtermelés Bulgáriában 1950—1971

ezer t

Évek	Nyersvas	Acél	Hengereltáru	Acélcső
1950	3,1	5,0	6,0	2,0
1955	8,5	74,0	74,0	5,0
1960	186,0	253,0	193,0	11,2
1965	691,0	588,0	431,0	10,0
1966	900,0	699,0	484,0	9,5
1967	1011,0	1240,0	609,0	7,6
1968	1081,0	1461,0	1028,0	19,5
1969	1097,0	1515,0	1208,0	79,1
1970	1201,0	1800,0	1420,0	114,0
1971	1335,0	1947,0	1752,0	136,0

2. táblázat

A fajlagos acéltermelés alakulása Bulgáriában

Évek	kg/fő
1950	0,7
1955	9,8
1960	32,2
1965	71,7
1966	84,7
1967	149,0
1968	175,0
1969	180,0
1970	212,0
1971	228,0

Az egy lakosra eső fajlagos acéltermelés növekedését a *2. táblázatban* láthatjuk.

Az acéltermelés jelentős százalékát korszerű gyártási módszerekkel termelik. 1971-ben a termelt acélból

1054 ezer t, 54% konverteracél,
499 ezer t, 25,5% martinacél és
395 ezer t, 20,5% elektroacél volt.

A bulgár vaskohászat alapanyaggal való ellátására a vasérc-szükséglet 40—50%-át importálják a többit hazai termelésből biztosítják. A kokszszükséglet jelentős részét saját kokszolóikban termelik, elsősorban import szénből. A vasérc-termelést és az importot, valamint a koksztermelést és az importot a *3. táblázat* tartalmazza.

3. táblázat

A bulgár vaskohászat alapanyagellátása

ezer tonna

Évek	Vasérc		Koksz	
	termelés	import	termelés	import
1960	415	...	20,4	343,5
1965	936	1004,4	733,0	263,8
1970	1321	1132,7	838,0	464,8
1971	1523	1191,6	1091,0	355,5

A hengereltáru-termékek szerkezetét az jellemzi, hogy nagy a laposáruk aránya kb. 55%. 1971-ben a hengereltáru-termékek szerkezete a következő volt:

durvasori rúd-idom ..... 226,6 ezer t 12,8%
finomsori rúd-idom ..... 167,8 ezer t 9,5%
hengerhuzal ..... 258,5 ezer t 14,5%
durvalemez ..... 648,4 ezer t 36,5%
melegen hengerelt finom lemez .. 301,4 ezer t 17,0%
egyéb hengerelt áruk ..... 171,4 ezer t 9,7%

Az acélcsőgyártásban a hegesztett csövek aránya 62%, 1971-ben 84,1 ezer t hegesztett és 51,4 ezer t varratnélküli csövet gyártottak.

A bulgár vaskohászati termelést két üzem, a *Perniki* és a *Kremikovci* Kohászati Üzemek adják.

A *Perniki*, Leninről elnevezett üzem építése 1950-ben kezdődött és 1970-ben 570 000 t acélt termelt. Az üzem a következő fő termelő berendezésekből áll:

2 nagyolvasztó, 2×230 m³-es
darabosító üzem
7 Siemens—Martin kemence, 6×70, 1×140 t
4 elektrokemence, 4×10 t
1965-ben üzembe helyezett „500"-as 4 állványos, 225 000 tonna tervezett kapacitású középsor,
1933-ban épült „300"-as egytengelyű finomsor 50 000 t kapacitással,
1953-ban üzembe helyezett „250"-es folytatólagos előnyújtósorral és két lépcsőben elhelyezett készsorral rendelkező finom-drótsor 200 000 t tervezett kapacitással,
1959-ben üzembe helyezett „1100"-as finomlemezhengersor két előnyújtó, egy kész és három simító hengerállvánnyal 30 000 t tervezett kapacitással,
1960-ban üzembe helyezett „2300"-as durvalemezsor 1 kvartó állvánnyal 94 000 t tervezett kapacitással,

A *Kremekovci* kohászati üzemet 1961-ben kezdték építeni és 1971-ben az acéltermelés 1,44 millió t volt. Az üzem a következő főbb termelő berendezésekből áll:

3 kokszolókemence, a 3. kemencét 1971 áprilisában helyezték üzembe. A 3 kemence össz kapacitása 1,424 millió tonna/év.
3 nagyolvasztó, 3×1033 m³,
darabosító üzem,
2 100 tonnás elektrokemence,
3 100 tonnás oxigénes konverter,
blokk-brammasor,
folytatólagos bugasor,
folytatólagos drótsor,
„1700"-as fékfolytatólagos szalagsor,
„140"-es „Stifel" csőhengersor, 80 000 tonna/év kapacitással,
hosszvarratú csőhegesztősor.

Jelenleg üzembe helyezés, illetve építés alatt vannak; a hideghengermű, a csőgyártó üzem és a lemezbevonó berendezések. Ezen fejlesztés keretében a következő berendezéseket helyezik üzembe:

— 4 állványos „1700"-as kvartó hideghengersor 1 millió tonna/év kapacitással, 0,4—2,5 mm vastag lemezek hengerlésére. A berendezést az „URALMAS" szállítja,
— 5 állványos „1200"-as kvartó hideghengersor kb. 0,5 millió t/év kapacitással 0,24 mm vastag lemezek hengerlésére. A berendezést a „Heurty" szállítja,
— Max. 1000 mm átmérőjű hegesztett csöveket gyártó sor 40 000 t/év kapacitással,
— Kis átmérőjű hegesztett csöveket gyártó sor 150 000 t/év kapacitással,
— Olajipari csöveket gyártó sor 110 000 t/év kapacitással,
A csőgyártó berendezéseket szovjetuniói gépgyárak szállítják.
— Ferrostán típusú elektrolitikus szalagónozó 120 000 t/év kapacitással.
— Tűzi szalaghorganyzósor,
100 000 t/év horganyzott lemez és
20 000 t/év alumíniummal bevont lemez kapacitással.
— Műanyagbevonósor 0,3—1,75 × 1500 mm méretű acélszalagtekercsek bevonására 34 000 t/4800 óra kapacitással.
— Zsírtalanítósor 140 000 t/év kapacitással.
— Folyamatos áthúzó hőkezelő kemence 120 000 t kapacitással.
— Tekercselőkészítősor 240 000 t kapacitással.
A szalag-előkészítő, hőkezelő és felületi bevonó beren-

4. táblázat

Foglalkoztatottak száma és aránya a bulgár kohászatban

ezer fő

Megnevezés	1960	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Iparban	724	895	968	1019	1032	1064	1084	1117
Kohászatban	8,4	20,1	22,2	25,4	25,9	27,0	27,6	27,6
Kohászatban, %	1,15	2,25	2,30	2,50	2,50	2,54	2,55	2,47

5. táblázat

A beruházások adatai Bulgáriában

millió leva

Megnevezés	1960	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Ipari beruházás	466	888	1072	1346	1463	1524	1607	1583
Kohászati beruházás	29,8	134	118	125	126	133	68,7	79,4
Kohászati beruházás, %	6,4	15,1	11,0	9,3	8,6	8,7	4,3	5,0

dezéseket a Heurthy cég szállítja. A berendezések üzembe-helyezését 1973—1974-ben tervezik.

Bulgária lakosainak száma 1971-ben 8,6 millió és a lakosság növekedési üteme 6,6 ezrelék volt. A kohászati iparágban foglalkoztatottak számát és százalékos arányát az összes iparban foglalkoztatottakhoz képest a *4. táblázatban* láthatjuk. A bulgár vaskohászatban 1971-ben az összes foglalkoztatottak száma 27 600 fő volt, ami az iparban foglalkoztatottaknak kb. 2,5%-a.

A bulgár vaskohászati beruházások összegét nemzeti valutában és arányát az össz-ipari beruházásokhoz az *5. táblázat* tartalmazza. Az 1965—1969-es évek vaskohászati beruházásainak átlaga 127 millió leva. Az 1970-es évtől kezdődően csökkent a beruházások összege átlag 74 millió levára.

A főbb vaskohászati termékek külkereskedelmi forgalmát az 1970—1971-es években a *6. táblázat* mutatja, ezekben az években éppen úgy mint az előző években a vaskohászati termékek importja nagyobb volt mint az export.

6. táblázat

Vaskohászati termékek külkereskedelme Bulgáriában, 1970—1971. években

ezer tonna

Termék	1970		1971	
	export	import	export	import
Nyersvas	40,6	295,2	25,9	280,4
Hengereltáru	642,5	1008,5	794,2	878,7
Acélcső	64,3	80,0	69,0	116,8

A bulgár vaskohászat terveiben a következő elérendő acéltermelési szint 4,5—5,0 millió t/év Ennek biztosítására a Fekete-tenger partján egy új kohászati üzem építését tervezik.

Osztatni Mihály

Revue de Metallurgie 1972/1
KGST statisztikai évkönyv 1972.
ENSZ negyedéves statisztikai bulletin 1972/3

Könyvismertetés

Haller: **Kovácsolás kézikönyve**

A kovácsolás szakirodalma újabb értékes kézikönyvvel gazdagodott. A Német Szövetségi Köztársaságban a Carl Hanser Verlag kiadásában Münchenben megjelent *Hans W. Haller*-től a „Handbuch des Schmiedens" című 522 oldalas kézikönyv 582 ábrával és 52 táblázattal.

A könyv két csoportban foglalkozik a kovácsolással, ezt követi a részletes szakirodalmi összeállítás és a tárgymutató.

Az első rész a kovácsolás történetéről és gazdasági jelentőségéről szól. Ezt követi a kovácsolás elméleti alapelveinek ismertetése. A harmadik részben a kovácsolás alapanyagairól olvashatunk. Ezután a szabadalakító- és a süllyesztékes kovácsolás műveleteit és eljárásait ismerteti a szerző, majd a kovácsolás utáni hőkezelés tárgyalása következik. A hatodik rész a kovácsolás izzítókemencéről és a hőkezelő-kemencékről szól, majd a különböző segédberendezésekről. Ugyanitt olvashatunk a két alapvető kovácsolási mód gépi berendezéseiről és szerszámairól. A hetedik rész a süllyesztékes kovácsolás pontosságáról tájékoztat.

A szakkönyv mind elméleti, mind pedig gyakorlati területen dolgozó kovács-szakemberek hasznos segítője, szép kiállítása a szerző és kiadója munkáját dicséri.

Latinák István

Értesítés nemzetközi konferenciáról

Kerekasztal-konferencia a drótkötelek élettartam vizsgálatainak jelenlegi helyzetéről

A Drótkötelek Élettartamát Tanulmányozó Nemzetközi Szervezet *szeptember 27—29.* között Milánóban kerekasztal-konferenciát rendez.

A teljes előadás-anyagot a résztvevők a konferencia előtt kézhez kapják. A kérdések a helyszínen elhangzó rövid összefoglalás után részletesen megvitatásra kerülnek.

A témacsoportok és előadóik a következők:

Bevezető előadás: *Prof. Gideon Meuse* Műsz. Főisk., Delft

A-témakör: Merevség és alakváltozás; a feszültségek
Előadó: *Prof. Giorgio Paolini* Műsz. Egy. Milano

B-témakör: Az elemi szálak statikus és fárasztó vizsgálata; kísérleti eljárások fejlődése
Előadó: *M. Verwilst*, Belga Gyárip. Szöv. Brüsszel.

C-témakör: A drótkötelek élettartam vizsgálatának jelenlegi helyzete.
Előadó: *Prof. Renato Giovanozzi*, Műsz. Egy. Torino

A tanácskozásokat egyetemi és ipari laboratóriumok, valamint kábelgyár üzemének megtekintése követi.

A részvételre a következő címen lehet jelentkezni:

Segreteria della OIPEEC Politecnico di Torino
Corso Duca degli Abruzzi, 24 10100 Torino — ITALIA
A részvétel díja, nem tagoknak ..... 7 500 Ft
A Drótkötél Nemz. Szervezet tagjainak ..... 15 000 Ft

Dr. Szombatfalvy Árpád
Vasipari Kutató Intézet

Korszerű külföldi üzemek ismertetése

Európa első direkt-redukción alapuló integrált acélműve az NSZK-ban

A Korf-csoporthoz tartozó Hamburger Stahlwerke néhány hónappal ezelőtt üzembe helyezett, direkt-redukción alapuló integrált acélműve a maga 600 000 t buga/év, ill. 450 000 t hengereltáru/év kapacitásával — Korfék szerint — új koncepciót valósít meg a kohászat fejlesztésében. (Középső utat képvisel a 100 000 t/év kapacitású mini-acélművek és a több millió t/év kapacitású óriási acélkombinátok között.) *A koncepció alapját a nagyolvasztó kiiktatása, azaz a földgáztüzelést-felhasználó direkt-redukciós eljárás képezi, kombinálva az elektro-acélgyártással, folyamatos öntéssel és hengerléssel.*

Direkt-redukció

A Svédországból importált darabos ércet és pelletet (Fe-tartalom 67%) a Midrex direkt-redukciós eljárással dolgozzák fel. Redukáló gázként a földgáz bomlásakor keletkező CO-t és H_2-t használják, amelyek az ércet aknás kemencében, 800 °C-on, néhány óra alatt 95%-ban *vasszivacssá* redukálják. A vasszivacsot szállítószalagon továbbítják az acélmű 6000 t-s tárolótartályába. A napi termelés 1200 t vasszivacs, ami 400 000 t/évnek felel meg. A folyamat teljesen automatizált, a berendezéseket 4 fő ellenőrzi.

Acélgyártás

A vasszivacsot (a betét 30—40%-a) és a hulladékot két egyenként 45 MVA teljesítményű 90 t-s, 5,8 m átmérőjű, UHP-elektrokemence dolgozza fel acéllá. A vasszivacs adagolása az olvasztás alatt folyamatosan történik, ami növeli a kihozatalt. A csapolási hőmérséklet 1680 °C.

Folyamatos öntőmű

Az acélt két 4 szálas, ívelt öntőművön (öntési sugár 5 m) 100—130 mm-es négyzetbugává öntik le 2—2,6 m/perc öntési sebesség, ill. 70 perc/90 t-s adag öntési idő mellett. A kihozatal 88%-os a hideg betétre vonatkoztatva.

Kapacitás: 600 000 t buga/év. A szálakat 300 t-s mechanikus repülőollóval darabolják, majd a bugák himbás hűtőrácson hűlnek ki.

Hengermű

A folyamatosan öntött buga 70—80%-át (450—500 000 t) egy 300 000 t/év kapacitású dróthengerművön ∅ 5,5—14 mm-es huzallá hengerlik ki. A 25 állványos hengermű egy durvasorból (9 duó-állvány, hengerátmérők: 520 mm/1 db, 490 mm/1 db, 460 mm/3 db és 390 mm/4 db) egy közbenső sorból (8 horizontál duó-állvány 345 mm-es hengerátmérőkkel) és egy kikészítő sorból (8 horizontál duó-állvány 285/258 mm-es hengerátmérőkkel) áll. A max. hengerlési sebesség 50 m/s. A huzaltekercsek súlya 1,5 t, hosszuk az átmérő függvényében 8 km körül van.

A felesleges bugát ma még a Klöckner cég veszi át, de már építik a 150 000 t/év kapacitású, 12 állványos rúdhengerművet, amelyen ∅10—28 mm-es rúdacélokat (főleg betonacélt) fognak hengerelni 12 m/s hengerlési sebesség mellett.

A 23 000 m² alapterületen elhelyezkedő acélmű összesen 850 embert foglalkoztat, 85%-ának nincs előzetes acélműi tapasztalata. A jelenlegi 600 000 t/év kapacitást a jövőben 1—1,2 millió t/év-re kívánják bővíteni ugyanazon terület igénybevétele mellett.

A különböző berendezések szállítói az alábbi cégek voltak:

Fővállalkozó és tervező: Korf Engineering Düsseldorf,
Direkt-redukciós üzem: Midland-Ross Cleveland, Ohio,
Elektrokemencék: Gütehoffnungshütte Sterkrade Oberhausen,
Folyamatos öntőmű: Schloemann Düsseldorf-Concast, Zürich,
Bugatároló és hűtőágy: Hoestemberghe és Klütsch Saarlouis,
Hengermű: Schloemann Düsseldorf. (P)

IAMI 1972. nov.

1972-ig üzembe helyezett direkt-redukciós üzemek

Üzem	Névleges kapacitás (1000 t-ban)	Üzembe helyezés
Hyl-eljárás	Fe a termékben	
Hoyolata y Lámina, Monterrey, Mexikó	66	1957
Hoyolata y Lámina, Monterrey, Mexikó	165	1960
Tamsa, Vera Gruz, Mexikó .	165	1967
Hoyolata y Lámina, Puebla, Mexikó	165	1969
Usiba, Bahia, Brazília	200	1972
SL-RN-eljárás	feldolgozott érc	
Highveld Steel & Vanadium Vitbank, Dél-Afrika	1000	1968
Inchon Ironworks, Szöul, Dél-Korea	230	1969
New Zealand Steel, Auckland Új-Zéland	190	1969
Falconbridge Nickel Mines Sudbury, USA	425	1970
Midrex-eljárás	termék	
Oregon Steel Portland, USA	400	1969
Georgetown Steel Georgetown, USA	400	1971
Korf Industrio & Handel Hamburg, NSZK	400	1971
Sidbec, Contrecoeur, Kanada	400	1972
HIB (Hi-vas-brikett)-eljárás US Steel Puerto-Ordaz Venezuela	1000	1972
Armco-eljárás:		
Armco, Houston, USA	320	1972

Metal Bulletin Monthéy, 1973. jan.

Legközelebbi szakosztályi nagyrendezvényünk

V. Országos Nyersvasgyártó és Acélgyártó Konferencia szept 19.—21-én Balatonszéplakon.

*

Felhívjuk tagjaink figyelmét a Szakosztály 1973. évi nívódíj pályázatára.
(A pályázat szövege lapunk 2. számának 83. oldalán található.)

Korszerű anyagvizsgálati berendezések

Automatikus működésű röntgenkészülék durvaszerkezet vizsgálatokhoz

A napjainkban használatos durvaszerkezetvizsgálati célokat szolgáló röntgenberendezések általában kéziszabályzással működtethetők, vagyis a csőfeszültség és a csőáram beállítását a kezelő személyzetnek kell végeznie. A helyes expozíciós idő megválasztása ugyancsak problematikus, mert mihelyt cseréljük a vizsgálandó próbadarabot, azonnal meg kell változtatni a megvilágítási időt, illetve a csőfeszültséget vagy a csőáramot. A helyes expozícióhoz ismerni kell a vizsgálandó anyagot, annak elnyelési tényezőjét, aztán szükségünk van egy expozíciós táblázatra, mely az elnyelő anyag rendszáma, elnyelési tényezője, a röntgencső árama, a film-fókusz távolság és film megkívánt feketedése, valamint az expozíciós idő közti összefüggést tartalmazza. Miután így az expozíciós időt meghatároztuk, arról is gondoskodni kell, hogy a felvételkészítés ideje alatt a csőfeszültség állandó legyen. A helyes expozíciós paramétereket legtöbb esetben csak próbálgatással lehet megállapítani. A röntgenberendezéseket gyártó cégek újabban olyan berendezések kifejlesztésére törekednek, melyek teljesen automatikusan működnek, a fenti műveletek egyikét sem kell a kezelőnek végeznie.

Az ahrensburgi Rich. Seifert & Co. Röntgenművek automatikus működésű készülékét röviden az alábbiakban ismertetjük.

A működés alapelve, hogy az expozíció alatt a röntgencső feszültsége nem állandó érték, hanem azt feszültségszabályzó szabályozza.[1] A szabályzás úgy történik, hogy a film mögé valamilyen sugárzásérzékelőt helyeznek el, s ez a defektor a film adott helyén a filmet érő sugárzással arányos jelet ad. Ezt a jelet erősítőn keresztül visszavezetik a feszültségszabályzóba, s összehasonlítják egy belső jellel. A szabályzó a transzformátor szekunder feszültségét olyan irányban változtatja meg, hogy a film érzékenységét is figyelembe véve a filmet érő sugárzásmennyiség a feketedés szempontjából optimális legyen.

Az érzékelő detektor speciálisan kiképzett ionizációs kamra. A készülék tehát a következőképpen készíti a felvételeket:

A cső árama időben konstans.

A detektorból jövő jelet erősíti, s a feszültségszabályozóba vezeti. A feszültség ennek következtében olyan értékű lesz, hogy a film megfelelő helyén éppen a film spektrálérzékenységének megfelelő sugárzásintenzitás lép fel. Ez azt jelenti, hogy mindig ugyanakkora feketedés érhető el, függetlenül az átvilágított darab anyagától és vastagságától. Lehetséges, sőt ajánlatos a kapcsoló órát feketedésskálával ellátni, így az mint integráló sugárzásmennyiségmérő elem működik. A kikapcsolás mind automatikusan mind kézi úton végezhető.

Hogy a vizsgálatokat *különböző alakú próbákon* kényelmesen elvégezhessék, különböző alakú detektorokat készítenek. A legtöbb célra használható az ún. *szendvics-szonda*. Ez $500 \times 120 \times 8$ mm méretben hajlékony anyagból készült, és a következő funkciói vannak.

— Méri a filmekvivalens dózismennyiséget.

— A fókusztávolságnak megfelelő elhelyezésben a filmet is tartja.

— A szórt sugárzás káros hatásának kiküszöbölésére integrált fóliakombináció szolgál, melyet szintén beépítettek a szondába.

— A vizsgálandó darabra mágnesesen felerősíthető.

A detektor erősítőjét egyelőre nem helyezték el a szondában, de a továbbfejlesztés során erre is sor kerülhet.

A berendezés teljesen automatikusan működik, egyetlen adatot kell vele közölni, a film érzékenységét. Ezt a detektor erősítőjén levő választókapcsolóval állítják be, s ezután a készülék önműködően készíti a felvételt.

A fenti berendezést *Dr. G. Basler*, a Rich. Seifert & Co. Röntgenművek mérnöke a balatonszéplaki VII. Kohászati Anyagvizsgáló Napokon részletesen bemutatja. (BB)

Beszámoló külföldi konferenciáról

Vasszivacsgyártási symposium Indiában

Február 19—24-én az indiai Jamsedpurban nemzetközi symposiumot tartottak, a vasszivacs gyártása és acéllá való feldolgozása tárgyában.

A symposiumot az Indiai Metallurgiai Kutató Intézet (National Metallurgical Laboratory) szervezte, azzal a célkitűzéssel, hogy áttekintsék a vasszivacsgyártás és az abból való acélgyártás jelenlegi helyzetét. A téma a fejlődő országok vasiparának megteremtése, ill. továbbfejlesztése szempontjából érdekes, különösen ott, ahol kokszolható szén nincs, vagyis a nagyolvasztónak nincs meg a kokszenergia bázisa, de szempont az is, hogy a nagyolvasztó és mellékberendezéseinek létesítéséhez szükséges hatalmas beruházási költségeket megtakarítsák.

A symposiumon 16 ország: Ausztrália, Ausztria, Belgium, Bulgária, Egyiptom, Franciaország, NSZK, Irán, Irak, Japán, Magyarország, Norvégia, Nagy-Britannia, Nepal, Tajföld, USA és India szakemberei vettek részt, több mint 250-en *(fénykép)*.

Hazánkat *dr. Visnyovszky László*, a műszaki tudományok doktora és *Gajdos László* KGYV főelőadó képviselték.

A symposiumon 44 előadás hangzott el. Az előadók ismertették az egyes országokban kidolgozott redukáló eljárásokat, kihangsúlyozva annak műszaki-gazdasági eredményeit. Több eljárás már üzemi szinten napi 500—1000 t vasszivacsot termel (Purofer, Midrex, Lurgi, Hyl stb.). Ezeknek jól értékelhető gazdasági mutatóik vannak. Gazdaságilag nem értékelhetők ma még a kísérleti stádiumban levő eljárások. Ezek közé lehet sorolni a magyar Vasipari Kutató Intézet carbotermikus redukáló eljárását, melyet *dr. Visnyovszky László* előadása ismertetett.



A symposium elnöksége a megnyitó ünnepségen

Előadásának címe „Szilárd karbon a leghatásosabb redukáló szer". Az előadás széles körű érdeklődést keltett, mert a carbotermikus eljárás munkamenete egyszerű, beruházási költsége kicsi, termelékenysége nagy és főképpen, mert nem kokszolható szenekkel végzi a vasszivacsgyártást. Sajnos üzemi méretű berendezés nem létesült, s így végleges gazdasági mutatókat nem lehetett bemutatni, ill. közölni.

M. Popov, az UNIDO (United Nation Industriel Development Orgn) bécsi irodájának kiküldötte úgy nyilatkozott, hogy meg kellene találni a módját az eljárás üzemi méretű megvalósításának (V. L.)

Egyesületi hírek

Kovács Szakcsoport előadása márc. 8-án

Vaskohászati Szakosztályunk Kovács-Szakcsoportja március 8-án a Kohó- és Gépipari Minisztérium Tervező Irodáinak (I., Krisztina krt. 55) kultúrtermében tartotta meg szokásos havi klubdélutánját.

A klubdélután keretében *Bieber Károly* Munkácsy-díjas kovácsművész tartott vetítettképes előadást. Az idős művész diaképeken bemutatott néhány, az országban fellelhető és kézikovácsolással mások által készített remekbe készített kovácsolt tárgyat, majd 100 db színes dia-felvételen ismertette saját műveit. Minden színes képhez néhány magyarázó szót fűzött, közölve, hogy a művészi darabok hol láthatók.

A magyar kovácsművészet termékei összegyűjtve ritkán láthatók, mert ma már kevés azoknak a száma, akik ezt a művészeti ágat művelik. Mivel ázoknak a száma viszont nagy, akik ebben a műfajban gyönyörködnek, ezért a klubnapon nagyon szép számmal jelentek meg tagjaink, sőt szép számmal olyanok is, akiknek az érdeklődését a közzétett meghívó váltotta ki.

A megjelenteket és az előadót mint házigazda a KGMTI Helyi Csoport részéről *Pintér András* tagtársunk, okl. kohómérnök, műszaki-gazdasági szaktanácsadó köszöntötte, majd *Bieber Károly* életútját és művészetét *Latinák István*, a szakcsoport vezetője foglalta össze.

A 80. évében ma is tervező, dolgozó és szakirodalmi munkáiból is ismert művész a kovács-kézműipart a század elején a tízes években ismerte meg nagybátyja óbudai műhelyében. Itt sajátította el a művészi kovácsolás alapvető fogásait, majd 1913-ban mint fiatal mesterlegény Bécsbe került, onnan Hamburgba, majd az első világháború hadiszolgálata Klagenfurtba és Bécsújhelyre szólította.

A háború után ismét Budapesten dolgozott, itt építi fel műhelyét, ahol kitartó, lelkiismeretes munkával jó rangot ad művészetének. Szorgos tevékenysége jeles alkotásokban teszi ismertté nevét. Nemcsak a művészi kovácsolás technikai fogásait, hanem a műszaki rajzot is megtanulta, megismerte a stílusokat, a tervezés és mintázás fogásait. Tervez és kivitelez, túllépett a kisipari művesség kötöttségein, mindig a kovácsolás törvényeinek figyelembevételével alakítja a vasat.

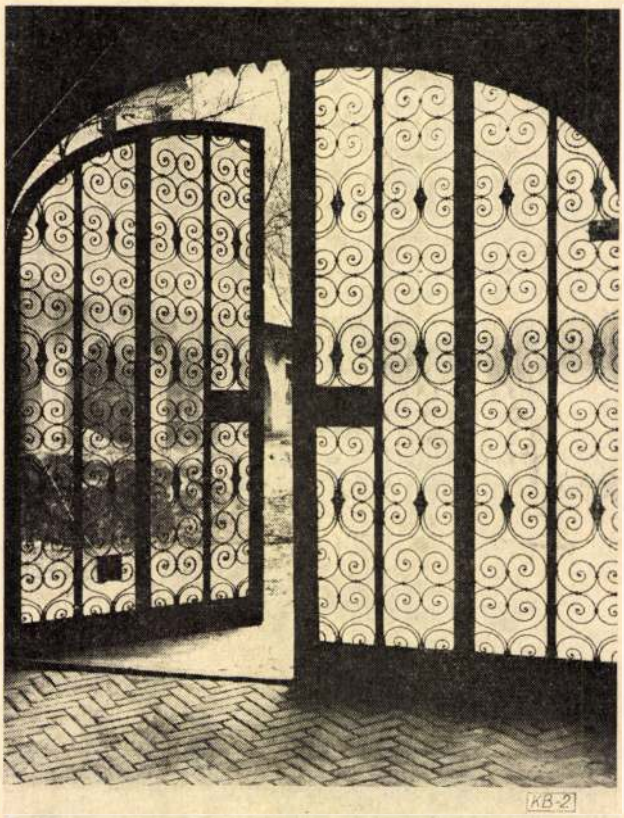
A különböző stílusok és a modern, egyszerű kifejezésmód egyaránt foglalkoztatja, saját kifejezésmódját jól tudja hasznosítani művészete számára. A hagyományos feladatok kivitelezése mellett egyre több új területet hódított meg művészete számára.

Különösen jelentős előrelépés történt *Bieber Károly* művészetében a felszabadulás utáni esztendőkben, amikor a modern építőművészet és a lakáskultúra is felfedezte a vas jelentőségét a belső formatervezésben, vagy ornamensként vagy az épület funkcionális részeként, felhasználva a kovácsolt vas nemes hatásait.

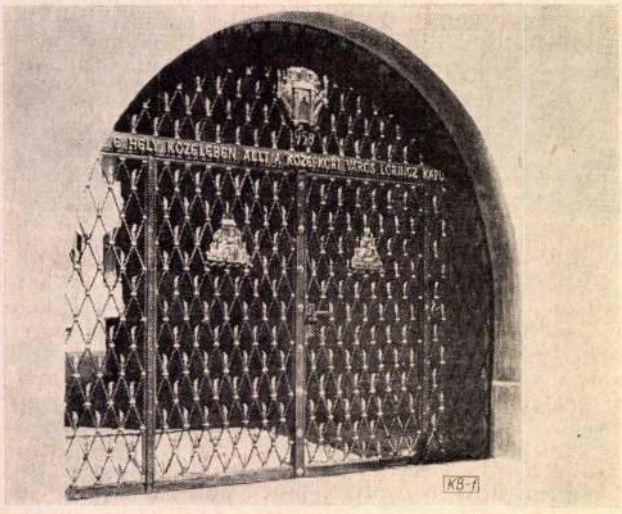
Ekkor születik meg az esztergomi „Három szerecsen" elnevezésű épülettömb 5×5 m nagyságú főbejárati kapuja *(1. kép)*. A kapu homlokzatán, fent középen a városi címer, két oldalán a Lőrinc-kapu domborművei 3 mm-es vastag vaslemezből készültek. A rács leveleit laposvasból kovácsolta.

A *2. képen* látható nagyméretű kétszárnyú kapu Budapesten a Puskin utcában található. Mind a tervek, mind pedig a kovácsolás az idős mester kezemunkája.

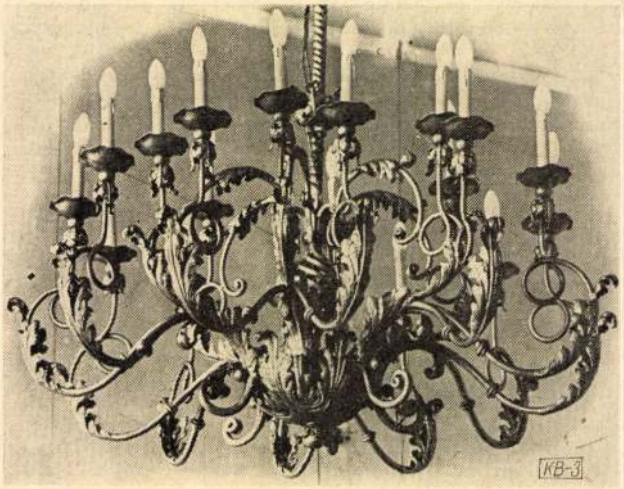
A *3. képen* a Magyar Nemzeti Galéria részére készített és kézimunkával kovácsolt nagyméretű csillárt mutatjuk be.



2. kép



1. kép



3. kép

A *4. képen* nemesen egyszerű vonalú kovácsolt vas gyertyatartó látható.

A művész kész munkái azt mutatják, hogy az idős mester keresi a kovácsolt alkotások új formáit, a kor-



4. kép



5. kép

szerű alkalmazások módját és az ábrázolások új lehetőségeit. Új alakítási módok foglalkoztatják, bár büszke arra, amit fiatalon megismert és amelyet egy emberöltő alatt művészetté fejlesztett.

A dia-vetítés után néhány perces keskeny színes mozgófilmet mutatott be a művész fia, *ifj. Bieber Károly* édesapja több szép alkotásáról és a műhelyében a mestert kovácsolás közben ábrázoló felvételből.

Az *5. kép* az idős mestert műtermében mutatja.

Az előadás végén a hallgatóság hosszantartó tapssal köszönte meg a látottakat és a hallottakat, majd a Szakcsoport vezetője mondott köszönetet *Bieber Károlynak* értékes előadásáért és *ifj. Bieber Károlynak* a közreműködésért és az egyes munkafogásokat ismertető filmfelvételek levetítéséért, majd átadta az előadónak az Egyesület emlékplakettjét.

Az idős mester köszönetet mondott a hallgatóságnak, majd a természetben bemutatott néhány művészi kovácsdarab készítésének gyakorlati fogásait is részletesen ismertette. Az előadás után kellemes baráti beszélgetés alakult ki az ősz mester és a szakmai részletek után is érdeklődő hallgatóság között.

Latinák István

*

Vaskohászati Szakosztályunk Vezetőségének határozata alapján Kovács-Szakcsoportunkban végzett jó munkájukért Egyesületünk *Korach Marcell*-t a Csepeli Acélmű Kovácsoló Gyárából, *Oláh Lajos*-t a Magyar Vagon- és Gépgyárból, *Szijgyártó István*-t a Gépipari Technológiai Intézettől, és *Zoletnik Sándor*-t a Ganz-MÁVAG-ból a Lipcsében március 15—16-án megrendezett Nemzetközi Képlékenyalakítási Konferenciára kiküldte. Az ötnapos Lipcsei tartózkodás során tagtársaink a lipcsei Tavaszi Vásárt is megtekintették.

Latinák István

Műszaki és gazdasági hírek

Új nemesacélgyártási eljárás

A nyugatnémet Standard-Messe és egy amerikai vállalat kombinált eljárást valósított meg a nemesacélgyártásban, amennyiben a vákuum-ívfényes gáztalanítást összekapcsolta az LD-Vas-eljárással. Az ívfény fenntartja a kemence hőmérsékletét, ill. megakadályozza a túlhevítést a vákuum alatti oxigénbefúvatás és ötvözés során. A Schoeller—Bleckmann Ternitz-i üzeme az első, ahol ezt a technológiát alkalmazzák, de már Angliában, Svédországban és Japánban is tervezik a technológia bevezetését. (P)

Metal Bulletin Monthly, 1973. jan.

Thyssen japán trafóacél-licencet vett

Az August Thyssen-Hütte megvette a Nippon Steeltől az „Orientcore HI-B" jelű, új elektrotechnikai célokat szolgáló acél előállítási és 15 nyugat-európai országra vonatkozó eladási jogát. Az acél a következő tulajdonságaival tűnik ki:

1. Vasvesztesége alacsony.
2. Mágneses térfogatváltozása szintén csekély, ezáltal a transzformátorok zúgása csökken.
3. Az acél nagy mágneses térerőssége nagyobb mágneses indukció alkalmazását teszi lehetővé, így a transzformátormag súlya csökkenthető, továbbá kisebb transzformátorok gyárthatók.
4. Vastagabb lemez felhasználásával nagyobb teljesítményű transzformátorok állíthatók elő. (P)

Stahl u. E. 1973. febr.

Kuba fejleszti nikkeltermelését

Kuba és a Szovjetunió megállapodást írt alá, amelynek értelmében Kuba a meglevő két nikkelbánya (Nicaro, Moa Bay) 36 000 t/év kapacitását egy harmadik bánya nyitásával három év alatt megkétszerezi. Ugyanakkor rögzítették, hogy a Szovjetunió a kubai nikkelt 4500 Rb/t-s, ill. a kobaltot 5000 $/t-s áron vásárolja meg. A kubai nikkeltermelés további fejlesztését szolgálják a KGST-országok gépi berendezés szállításai is, amelynek révén a 90 000 t/év kapacitást kívánják elérni. (P)

Metal Bulletin 5765

FÉMKOHÁSZAT

Rovatvezetők: GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ

Alumíniumötvözetek hidegtörési hajlamának vizsgálata*

BURAYNÉ MIHÁLYI ERIKA anyagvizsg. szakmérnök, SINAY GÁBOR okl. gépészmérnök
Fémipari Kutató Intézet
Dr. CZOBOLY ERNŐ, a műsz. tud. kandidátusa, okl. gépészmérnök
BME Mechanikai Technológia és Anyagszerkezettani Intézet

DK: 669.713:620.178.2:167

Ebben a dolgozatban a szerzők — a kísérletek eredményeinek ismertetésén túlmenően — arra szeretnék felhívni a figyelmet, hogy a szerkezeti alumíniumötvözetek ridegtörési hajlam szempontjából történő minősítése sürgető, megoldásra váró feladat.

A teherviselő alumíniumszerkezetek korszerű és gazdaságos előállítása szükségessé teszi a nagy szilárdságú ötvözetek kifejlesztését és alkalmazását. Az ötvözetek szilárdságának növelése közismerten többféle módon érhető el; az ötvözés, hőkezelés, hidegalakítás s ezek különböző változata és kombinációja mind ezt célozza. Annak a kutatómunkának a célkitűzése azonban, ami ezen a területen világszerte folyik, nem kizárólag az ötvözetek szilárdságának növelése. A szerkezeti anyagok használhatóságát — mint ismeretes — a szilárdságon kívül számos egyéb tulajdonsága is befolyásolhatja; elég itt példaként a hegeszthetőségre, hőállóságra vagy korrózióállóságra utalni. A nagy szilárdságú ötvözetek alkalmazása során ezeknek a „mértékadó tulajdonságoknak" a száma egy további, döntő fontosságú taggal bővült: a ridegtörési érzékenységgel.

A ridegtörés jelensége és vizsgálata

A ridegtörés fogalma az utóbbi évtizedekben az acélszerkezetekkel kapcsolatban vált közismertté [1], később azonban egyre több törési eset hívta fel a figyelmet arra, hogy más fémeknél — így pl. alumíniumötvözeteknél is — előfordul ridegtörés [2]. A mérnöki gyakorlat ugyanis minden olyan töréstípust ide sorol, ahol a törés bekövetkezését nem előzte meg makroszkópos értelemben vett alakváltozás; nem szükséges tehát, hogy a törés maga fizikai értelemben „rideg" módon, azaz hasadás útján menjen végbe [3]. Ezt azért is lényeges hangsúlyozni, mivel a hasadás, mint töréstípus, a lapközepes köbös rácsú fémeknél igen ritka, ennek ellenére a ridegtörés veszélyére alumíniumötvözeteknél is a katasztrófák egész sora figyelmeztet.

A ridegtörés veszélye nemcsak az anyagtól és az igénybevétel módjától, illetve körülményeitől, hanem a szerkezet méreteitől is függ. Annál nagyobb ez a veszély, minél nagyobbak a szerkezet méretei, elsősorban falvastagsága. Ezért a kisméretű modellek vagy próbatestek esetében a klasszikus anyagvizsgálat módszerei csak korrelációs összefüggések felállítására nyújtanak lehetőséget. Azt a problémát, hogy próbatestek eredményeiből a méretezéshez közvetlenül felhasználható anyagjellemzőket kaphassunk, s így a törés elleni biztonságra méretezhessük, a törésmechanika alapján lehet megközelíteni [4, 5]. A törésmechanika az anyag jellemzésére a hagyományos mérnöki gyakorlattól eltérően nem valamilyen feszültség dimenziójú mennyiséget, hanem az ún. „kritikus feszültségintenzitási paramétert", a K_{Ic}-t használja. A K_{Ic} dimenziója: kp/mm$^{3/2}$. Definíció szerint a K_{Ic} a feszülségintenzitási paraméternek, K-nak azt a kritikus értékét jelenti, amelynél egy adott anyagban egy repedés terjedni kezd és töréshez vezet [6]. Elméletileg ugyanis minden valóságos anyagban találhatók repedések (anyaghibák) s a kérdés lényege annak az eldöntése, hogy ezek mikor válnak terjedő repedésekké. Az említett K paraméter a külső terhelő feszültségtől, a repedés méretétől és a szerkezet, illetve a repedés méretarányától függő tényező, amelynek segítségével a repedés csúcsa körül keletkező feszültségállapot egyértelműen leírható [7].

Mindamellett a töréstechnika sem tudott — legalábbis ilyen rövid idő alatt — minden problémát megoldani. A K paraméter bevezetésénél, kiszámításánál s a kritikus érték, a K_{Ic} meghatározásnál annyi egyszerűsítő feltétel bevezetésére volt szükség, hogy az egész koncepció csak a valóban nagy szilárdságú anyagokra, s csak a viszonylag nagy falvastagságú szerkezetek esetében érvényes [8].

A kis és közepes szilárdságú anyagoknál továbbra is meg kellett maradni a klasszikus méretezési elveknél, ahol a méretezés alapját valamilyen feszültség dimenziójú mérőszám képezi [9]. A ridegtörés veszélye ellen azonban ez a méretezési mód nem nyújt elegendő biztonságot. Hangsúlyozni kell azt is, hogy a képlékeny anyagoknál nem annyira a repedés terjedése, mint inkább a repedés keletkezése a törés bekövetkezését előidéző elsődleges folyamat. A repedés keletkezésével kapcsolatos viszonyokat pedig a fajlagos törési munka — W_c (kp/cm^3) — jól tükrözi [10]. Alumíniumötvözetek esetében azonban gyakori annak a veszélye, hogy a kis és közepes szilárdságú anyagokban is keletkezzenek olyan makroszkópos repedések, amelyek az adott szerkezetben terjedni képesek anélkül, hogy a repedés terjedését megelőzően a képlékeny alakváltozás felemésztette volna az anyagra jellemző törési munkát. Ilyen mechanizmus előidézőjének kell tekinteni a hegesztésnél keletkező nagy belső

* Székesfehérváron, 1972. október 2—7. között megrendezett „Alumínium Konferencia" keretében megtartott előadás.

feszültségeket, a feszültségi korróziót stb. [11]. Ezekben az esetekben a katasztrofális törés bekövetkezését elsődlegesen az dönti el, milyen ellenállást tanusít az anyag a repedés terjedésével szemben.

Tulajdonképpen a kis- és közepes szilárdságú anyagok esetében is helyesebb lenne a méretezéshez közvetlenül felhasználható anyagjellemzők meghatározására törekedni, ha ez az említett megkötések miatt egyátalában lehetséges. Minthogy azonban ezt a célkitűzést az anyag nagyobb képlékenysége és a megfelelő kísérleti feltételek megteremtésének bonyolultsága gyakran nem teszi lehetővé, az irodalom más, jóval egyszerűbb vizsgálati módszereket javasol. Ezek eredményessége nem függ az anyag képlékenységétől viszont azok ellenállását a repedés terjedésével szemben jól mérhetővé teszi. Kísérleteink célkitűzése egy ilyen eljárás ellenörző vizsgálata volt közepes szilárdságú alumíniumötvözetek esetében.

Kísérleti anyag, vizsgálati módszerek

Kísérleteink során két szerkezeti alumíniumötvözetet: AlMg3- és az AlZn3Mg2Ti-t vizsgáltunk. A két anyag kémiai összetételét az *1. táblázatban* tüntettük fel. A két ötvözettel végzett kísérletsorozat három részből állt:

a) Vizsgálatok AlMg3 és AlZn3Mg2Ti alapanyaggal.

b) Vizsgálatok hegesztett AlMg3 próbatestekkel.

c) Vizsgálatok különböző módon hőkezelt AlZn3Mg2Ti próbatestekkel.

1. táblázat

A vizsgált ötvözetek elemzett összetétele

Ötvözet	Összetétel, súly %					
	Zn	Mg	Fe	Si	Cu	Ti
AlMg3	—	2,9	0,34	0,39	0,05	—
AlZn3MgTi2 .	4,1	2,05	0,35	0,22	0,06	0,14

Mindhárom kísérletsorozathoz 5 mm-es, üzemi gyártású lemezeket használtunk fel.

Az *a* pontban említett vizsgálatokhoz a próbatesteket az üzemi gyártású lemezekből alakítottuk ki, a két ötvözet közül az AlMg3 lemezanyag kemény, az AlZn3Mg2Ti lemezanyag pedig nemesített állapotban volt (utóbbinál az edzést kb. 2,5 éves természetes öregítés követte). A két anyag mechanikai jellemzőit a *2. táblázatban* foglaltuk össze. A táblázatban szereplő valamennyi adat 4 – 4 mérés átlagát jelenti.

2. táblázat

A vizsgált ötvözetek szilárdsági jellemzői

Ötvözet	Állapot	Jellemzők			
		σ_B kp/mm²	$\sigma_{0,2}$ kp/mm²	σ_{10} %	ψ %
AlMg3	kemény	31,0	25,1	6,4	19,5
AlZn3Mg2Ti	nemesített	39,2	25,4	10,1	10,8

A *b* pontban szereplő vizsgálatoknál a próbatesteket hegesztett AlMg3 lemezekből munkáltuk ki. A hegesztést a Fémipari Kutató Intézetben kétféle módon, AFI- és AWI-eljárással végeztük. A két eljárás hegesztési paramétereit az alábbiakban ismertetjük.

A kézi AWI hegesztés Hobart 360 típusú, AWI hegesztő berendezéssel készült. Az 5 mm-es lemezeket 30°-os él-letöréssel, tompán illesztettük és befogó szerkezetben, leszorítva hornyolt réz alátéten hegesztettük. A hegesztéshez 5 mm átmérőjű AlMg5 ötvözetű huzalt használtunk. A hegesztés paraméterei az alábbiak voltak:

áramerősség .....220 A
hegesztési sebesség .....17 cm/min
argonfogyasztás .....10 l/min
wolfram elektróda átmérője 4 mm

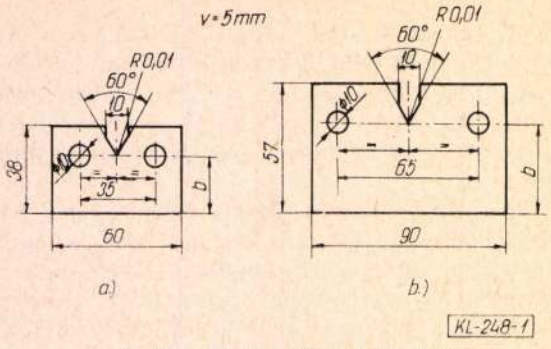
A gépi AFI hegesztés Oerlikon ACP 35 típusú hegesztőkészülékekkel Kjellberg hegesztőkocsival készült. Az 5 mm-es lemezeket tompán, hézag nélkül illesztettük és befogószerkezetben leszorítva, hornyolt réz alátéten hegesztettük. A hegesztéshez 1,6 mm átmérőjű Oerlikon Alfil 5 Mg típusú huzalt használtunk. A hegesztés paraméterei az alábbiak voltak:

áramerősség .....220 A
feszültség .....28 V
huzalsebesség .....7 m/min
hegesztési sebesség .....40 cm/min
argonfogyasztás .....15 l/min

A *c* pont vizsgálataihoz különböző módon hőkezelt AlZn3Mg2Ti próbatesteket használtunk. A hat különféle hőkezelési eljárást az alábbiakban ismertetjük:

Próbatestek jele	Hőkezelés
B	470 °C-on 1 óra oldóhőkezelés, vízhűtés, majd 3 hét természetes öregítés,
C	470 °C-on 1 óra oldóhőkezelés, vízhűtés, majd 110 °C-on 100 óra mesterséges öregítés,
D	470 °C-on 1 óra oldóhőkezelés, vízhűtés, majd 150 °C-on 100 óra mesterséges öregítés,
E	470 °C-on 1 óra oldóhőkezelés, vízhűtés, majd 200 °C-on 48 óra mesterséges öregítés,
F	470 °C-on 1 óra oldóhőkezelés, vízhűtés, majd 7 nap természetes öregítés, ezt követően 90 °C-on 24 óra és 150 °C-on további 24 óra mesterséges öregítés,
H	470 °C-on 1 óra oldóhőkezelés, vízhűtés, majd 7 nap természetes öregítés, ezt követően 90 °C-on 24 óra és 170 °C-on további 8 óra mesterséges öregítés.

A két ötvözet ridegtörési tulajdonságainak vizsgálatára mindhárom kísérletsorozatnál az Alcoa Research Laboratories által módosított US-Navy eljárást alkalmaztuk [12, 13]. A próbatestek *Kaufmann* [14] által ajánlott kialakítását és méreteit az *1. ábrán* tüntettük fel. Az ábrán látható két próba-



1. ábra. Navy-próbatestek méretei

test egymáshoz geometriailag hasonló, méretarányuk 1 : 1,5, kivéve a bemetszés rádiuszát és a terhelő kengyelek csatlakozására szolgáló fuvarokat, amelyek a nagyobb és kisebb próbatestnél egyaránt azonos méretűek. A mechanikai anyagvizsgálat területén jól ismert zavaró tényező a próbatestek eltérő méreteinek hatása a vizsgálat eredményére. Ezt a hatást vizsgálva az *a* és *b* kísérletsorozat méréseit mindkét próbatest-típussal elvégeztük.

A vizsgálati módszer kiválasztásának előzményeihez hozzátartozik az is, hogy az első kísérletsorozat alkalmával a Navy-eljáráson kívül két további, acélanyagok esetében eredményesen használt vizsgálati módszert is kipróbáltuk. Az egyik *Kanazawa* és *munkatársai* [15] által javasolt kettős bemetszésű hajlítópróba, a másik nagy szilárdságú acéllemezek vizsgálatára kifejlesztett, de később lágyacélok esetében is sikerrel alkalmazott konzolos húzópróba (double cantilever beam, vagy DCB-test) [16, 17].

A kettős bemetszésű hajlítópróbával végzett kísérletek a két alumíniumötvözet esetében nem jártak eredménnyel. A próbatestek meghajlításával meghatározható kritikus repedés-feltágulási értékek (crack opening displacement) szórása igen nagy, s a két anyag mérési adataiból számított középértékek alig térnek el egymástól.

Hasonló módon nem vezetett eredményre a DCB-eljárás sem. A sikertelenséget ebben az esetben a vizsgált ötvözetek képlékenysége okozta. Az egymást követő terhelési szakaszokban a próbatestek konzolos karjai nemcsak rugalmasan, hanem képlékenyen is deformálódtak, meggörbültek és kihajoltak. Ez a körülmény nem tette lehetővé a K_{Ic}-érték számítását, mivel annak meghatározására kidolgozott képlet csak abban az esetben érvényes, ha jelentős mértékű képlékeny alakváltozás a próbatest vizsgálata során nem lép fel. Nehézséget okozott a próbatest elszakításánál kapott diagramok kiértékelése is, ez részben abból adódott, hogy az alumíniumötvözetek jelentős része a repedésterjedés sebessége szempontjából másként viselkedik, mint az acél. Hasonló megfigyelést egyébként *Radon* is közöl egyik újabb dolgozatában [18].

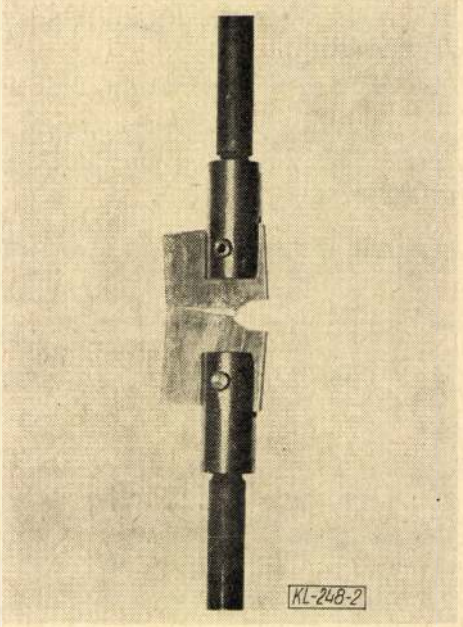
Ennek ellenére lehetségesnek tartjuk, hogy erősen ötvözött, nagy szilárdságú alumíniumötvözetek, vagy esetleg más próbatest-méretek esetében a vizsgálatok kezdeti eredménytelenségét okozó zavaró tényezőket ki lehet küszöbölni. Ezért mind a Kanazawa- mind a DCB-eljárás bizonyos változtatásokkal továbbra is szerepelni fog kutatási terveinkben.

A Navy-próbatesteket a lemezekből a hengerlési irányra merőlegesen munkáltuk ki, hogy a szakadás iránya a hengerlési iránnyal legyen párhuzamos. Amennyiben ugyanis a hengerlés során az anyag szövetszerkezetében makroszkópos anizotrópia alakul ki, úgy a repedés terjedése szempontjából ez a „veszélyesebb irány".

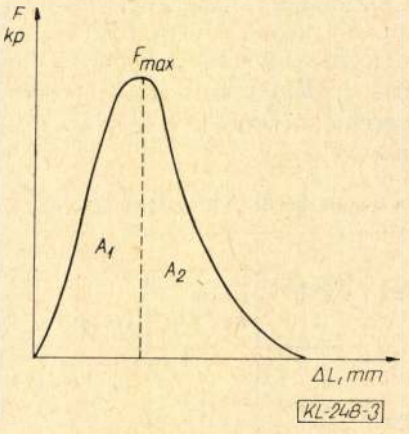
A próbatesteket megfelelően kialakított befogószerkezettel a BME Mechanikai Technológia Intézetben levő 10 tonnás „Instron TTDM" gyártmányú elektronikus szakítógépen, 2 Mp-os méréshatárt beállítva szakítottuk el (*2. ábra*). A szakítás során a keresztfej sebessége a kisebb próbatesteknél 0,5 mm/perc, a nagyobb próbatesteknél 1 mm/perc volt. A vizsgálatot a próbatestek teljes széthasadásáig folytattuk.

Az eredmények értékelése

A próbatestek elszakítása során a gép regisztrálóberendezése felrajzolta az — erő-nyúlás diagramot — (*3. ábra*). A diagram alatt levő területet integrálóberendezés segítségével integráltuk, mégpedig külön a görbe emelkedő szakasza, és külön az első szakasz alatt levő területet. Az irodalom szerint itt



2. ábra. A Navy-próbához alkalmazott befogó szerkezet



3. ábra. A Navy-próba során kapott erő-nyúlás diagram (elvi vázlat)

A_1 a repedés létrehozásához, A_2 pedig a repedés terjedéséhez szükséges munkát jelenti [19]. Utóbbit a repedés által létrehozott törési (repedési) felületre is szokták vonatkoztatni, s mint fajlagos munkát, vagy fajlagos repedésterjedési energiát adják meg (a_t).

A mérési adatokból meghatároztuk ezenfelül az ún. „törési szilárdság" (σ_t) értékét is. Ez a mérőszám tulajdonképpen egy fiktív feszültségérték, ezért inkább csak összehasonlító vizsgálatoknál lehet jelentősége. A σ_t alatt az a — bemetszés csúcsára vonatkoztatott — feszültség értendő, amelyet tökéletesen rugalmas állapotot feltételezve, s a bemetszés feszültséggyűjtő hatását figyelmen kívül hagyva lehet a maximális excentrikus húzóerőből a

$$\sigma_t = \frac{F_{max}}{b \cdot v} + \frac{M_{max}}{K} = \frac{4F_{max}}{b \cdot v}$$

összefüggéssel számítani. A képletben szereplő „b" és „v" jelentése az 1 ábráról olvasható le.

Az a kísérletsorozat mérési adatait, továbbá az azokból számított mérőszámokat a *3. táblázat* és a *4. táblázat* tartalmazza; a táblázatban szereplő valamennyi számadat 10 – 10 mérés számtani középértékét jelenti. Az eredményeket elemezve a következők állapíthatók meg:

— A mérőszámok közül az A_1 értéke jelentős mértékben függ a próbatest méreteitől, ezzel szemben sokkal kevésbé érzékelteti a két ötvözet között levő eltérést, anyagjellemzőként ezért nem célszerű használni. Ezt támasztja alá az is, hogy az A_1 mérőszám alapján a kisméretű próbatestek esetében az AlZn3Mg2Ti ötvözet, a nagyobb próbatestek esetében viszont az AlMg3 ötvözet bizonyult a repedés keletkezése szempontjából ellenállóbbnak.

3. táblázat

Alapanyagból készült Navy-próbatestek vizsgálatai eredményei

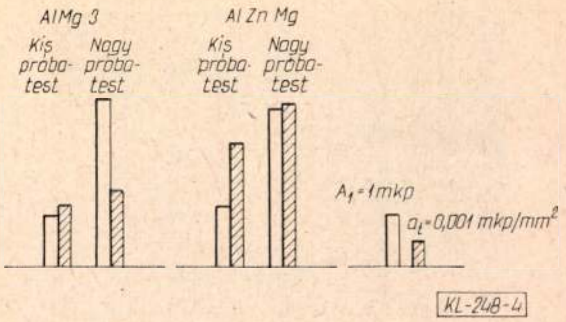
Ötvözet	Próbatest	A_1 mkp	A_2 mkp	F_{max} kp	a_t mkp/mm² ×10⁻³	t kp/mm²
AlMg3	Kisebb méretű	0,97	0,29	1293	2,3	41,4
AlMg3	Nagyobb méretű	3,74	0,58	1878	3,0	38,3
AlZn3 Mg2Ti	Kisebb méretű	1,14	0,54	1345	4,3	42,8
AlZn3 Mg2Ti	Nagyobb méretű	2,91	1,17	1815	6,0	41,3

4. táblázat

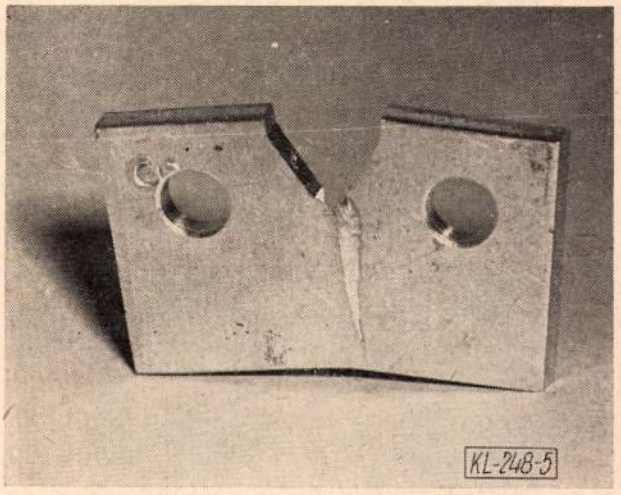
Hegesztett AlMg3 lemezből készült Navy-próbatestek vizsgálati eredményei

Hegeszt. eljárás	Próbatest	A_1 mkp	A_2 mkp	F_{max} kp	a_t mkp/mm² ×10⁻³	t kp/mm²
AWI	Kisebb méretű	2,19	2,24	1189	9,4	20,8
	Nagyobb méretű	3,30	3,77	1682	11,0	19,6
	Kisebb méretű	3,70	2,62	1310	12,3	24,6
	Nagyobb méretű	4,37	4,38	1647	14,0	21,1

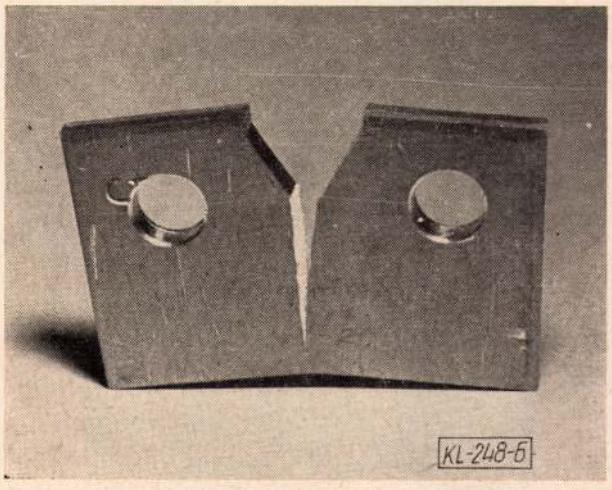
— A fajlagos repedésterjedési energia (a_t) kevésbé függ a próbatest méreteitől és egyúttal világosabban mutatja a két anyag közti különbséget. Figyelemre méltó, hogy a kemény állapotban levő AlMg3 ötvözet fajlagos repedésterjedési energiája mintegy csak a fele a klasszikus szilárdsági mérőszámok alapján ridegebbnek tartott AlZn2Mg2Ti ötvözetének. Annál inkább elgondolkoztató ez az eredmény, mivel az AlMg3 próbatestek törése valóban „képlékeny jellegű" törés, amelynek síkja megegyezik a legnagyobb csúsztatófeszültség irányával (*5. ábra*). Az AlZn3Mg2Ti próbatestek törése viszont „rideg jellegű", ha azt a kritériumot tekintjük, hogy itt a töret felülete a repedés megindulásakor merőleges a húzóerő irányára (*6. ábra*).



4. ábra. Az 1. ábrán feltüntetett méretekkel végrehajtott Navy-próbák eredményei. A parallelogrammák 10—10 mérés átlagát mutatják

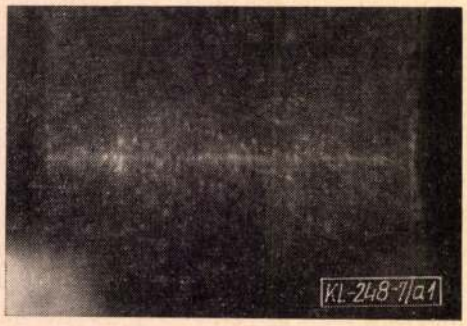


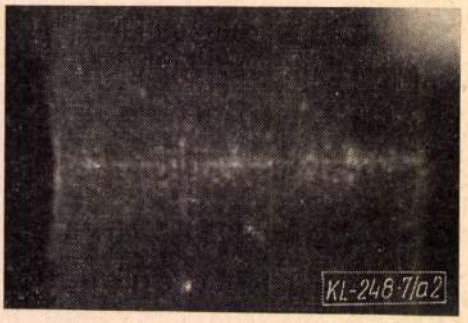
5. ábra. Képlékeny jellegű törés az AlMg3 anyagból készült Navy-próbatestnél

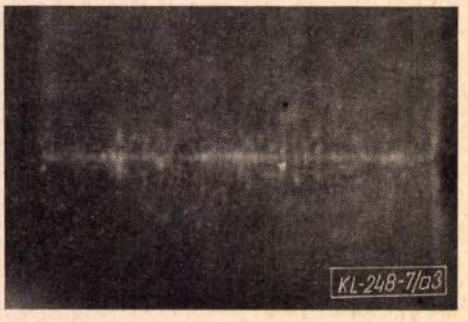


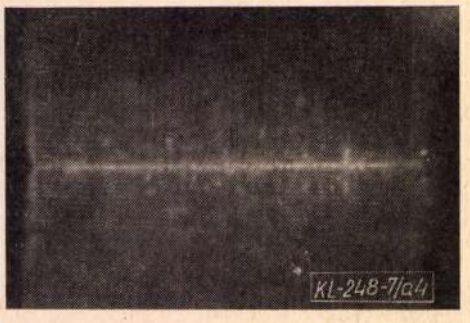
6. ábra. Rideg jellegű törés az AlZn3Mg2Ti anyagból készült Navy-próbatestnél

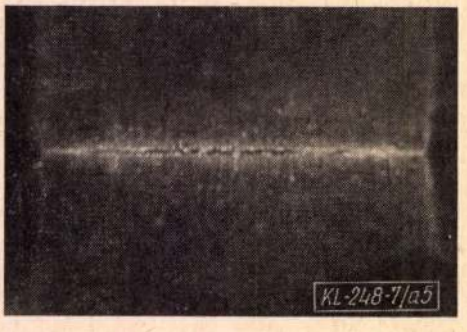
— Viszonylag ugyancsak kevéssé változik a σ_t értéke a próbatest méretének függvényében, de nem jelzi elég érzékenyen a két ötvözet tulajdonságainak eltérését. A mérőszám információtartalmának megítélése szempontjából kedvező, hogy a mérethatás-

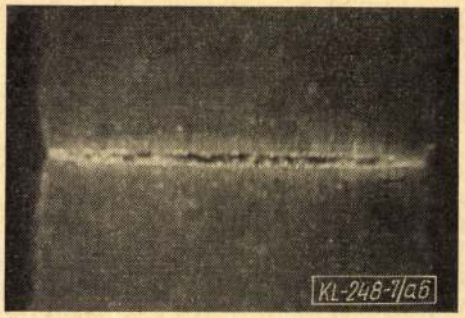


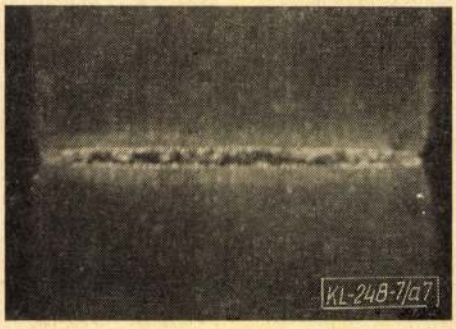


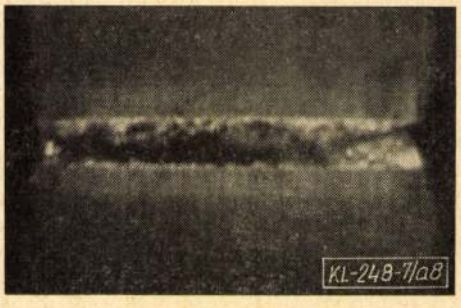


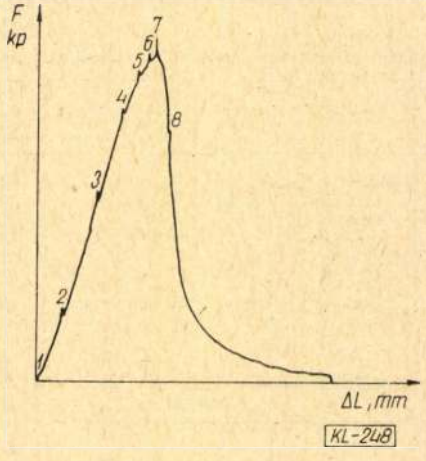












7. ábra. AlZn3Mg2Ti anyagból készült Navy-próbatest bemetszésének tövéről készült felvételek 15×-ös nagyításban (a). A felvételek készítésének idejét is feltüntető erőnyúlás diagram (b)

ból eredő eltérés azonos tendenciával jelentkezik mind a két ötvözetnél. Mindamellett további méréseket tartunk szükségesnek ahhoz, hogy a σ_t használhatóságáról alumíniumanyagok esetében megalapozott véleményünk legyen.

— A vizsgált két ötvözetnél korrigálni kell azt a már idézett megállapítást, hogy az A_1 területtel jellemzett energia a repedés létrehozásához, az A_2 energia pedig a repedés terjedéséhez szükséges. A bemetszés tövében ugyanis már a maximális erő elérése előtt is észlelhető volt a repedés. Ezt mutatja be a *7a ábrán* látható felvételsorozat; a felvételek 15-szörös nagyítással készültek a bemetszés tövéről szakítás közben. Az egyes felvételek keszítésének idejét a *7b ábrán* látható szakítódiagramon tüntettük fel. A próbatest AlZn3Mg2Ti ötvözetből készült kisméretű Navy-próbatest volt. Az ábrasoro-

zat alapján már az 5. felvételnél jól látható a makroszkópos méretű repedés, ami azonban — a diagram szerint — még nem képes elindítani egy katasztrofális törést, mérete tehát kisebb a kritikus repedés méreténél.

Az előzőekben említett energia-megosztás tehát helyesen úgy szól, hogy az A_1 területtel jellemzett energia a kritikus méretű repedés létrehozására, míg az A_2 energia annak továbbterjesztésére fordítódik.

A *b* kísérletsorozat méréseiből levonható következtetések összhangban állnak az előzőkben elmondottakkal. Ezekhez a vizsgálatokhoz mindkét méretű próbatest úgy készült, hogy a varrat a terhelést átadó két csap közt középen, a terhelő erő irányára merőlegesen helyezkedett el, s a bemetszés éle egybeesett a varrat középvonalával.

A fajlagos repedésterjedési energiát itt a varrat domborulatának megfelelően megnövelt keresztmetszetre számítottuk. Így a biztonság irányába tértünk el, mivel a fajlagos mérőszámok kisebbnek adódtak. A törés ezeknél a vizsgálatoknál kevés kivétellel mindig a varratban következett be. A törés síkja a képlékeny törésre jellemző, közel 45°-os hajlású sík volt. A mérés eredményeit a *4. táblázat* mutatja, amelyben az egyes adatok 5, illetve 10 mérés számtani középértékét jelentik.

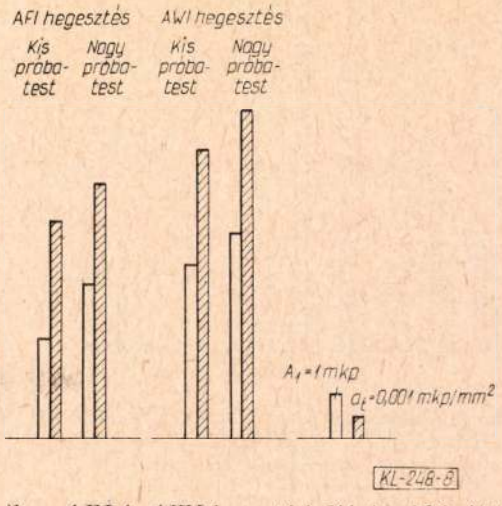
A mérőszámok használhatóságát és információtartalmát illetően ezeknek az eredményeknek az alapján is hasonló megállapítások tehetők, mint azt a hegesztetlen próbatestekkel végzett vizsgálatok értékelésénél tettük. A fajlagos repedésterjedési energia viszonylag kevéssé függ a próbatest méreteitől, bár az értékek szórása itt nagyobb, mint az alapanyagból készült próbatesteknél volt, ami feltehetően a hegesztéssel előidézett nagyobb szerkezeti inhomogenitásra vezethető vissza. A σ_t értékek szórása kisebb, a méret-hatás viszont valamivel kifejezettebben jelentkezik.

Összehasonlítva a hegesztetlen és hegesztett AlMg3 próbatestek mérési adatait, arra az eredményre jutunk, hogy a fajlagos repedésterjedési energia a kemény állapotú alapanyaghoz képest a varratban megnövekedett, annak ellenére, hogy megnövelt keresztmetszettel számoltunk. A repedés terjedésével szemben kifejtett ellenállás szempontjából tehát az AlMg3 huzallal készített varrat sokkal jobbnak bizonyult, mint a kemény AlMg3 lemezanyag. Ez felhívja a figyelmet arra, hogy az a szemlélet, mely szerint a hegesztési varrat ridegtörési hajlam szempontból mindig kedvezőtlen tényezőként jelentkezik a teherviselő szerkezeteknél, helytelen s csak megfelelő vizsgálat alapján mondható ítélet a varrat szerepéről.

Különösen az AWI-eljárással készült hegesztések bizonyultak a vizsgálatok során rendkívül szívósnak. Ez összhangban áll azzal a tapasztalattal, hogy ennél az eljárásnál a kisebb hegesztési sebesség miatt tömörebb és szívósabb varratot kapunk, mint az AFI-hegesztéssel készült hirtelen dermedő és mikroporozitásokat tartalmazó varrat esetében.

Szemléltető képet a hegesztett próbatestek A_1 és a_t értékeiről a *8. ábrán* láthatunk.

A *c* kísérletsorozat tulajdonképpen egy hosszabb kutatás első lépcsőjének tekinthető, amelyben arra



8. ábra. AFI és AWI hegesztési eljárással készített varratok Navy-próbáinak eredményei

szerettünk volna választ kapni, milyen mértékben változik az AlZnMg-típusú ötvözetek ridegtörési érzékenysége a kiválási folyamatot befolyásoló különböző hőkezelési módok hatására.

A vizsgálatokat itt a kisebb méretű Navy-próbatestekkel végeztük el. Ezt megelőzően szakítóvizsgálattal meghatároztuk a különböző módon hőkezelt anyag szilárdsági jellemzőit (*5. táblázat*). A *6. táblázat* tartalmazza a Navy-próbatestek mérési eredményeit (számtani középértékek), a *9. ábra* pedig az A_1 és a_t mérőszámok változását szemlélteti.

Az adatokból világosan kitünik, hogy a fajlagos repedésterjedési energia mennyire érzékenyen reagál a különböző hőkezelések okozta anyagszerkezeti

5. táblázat

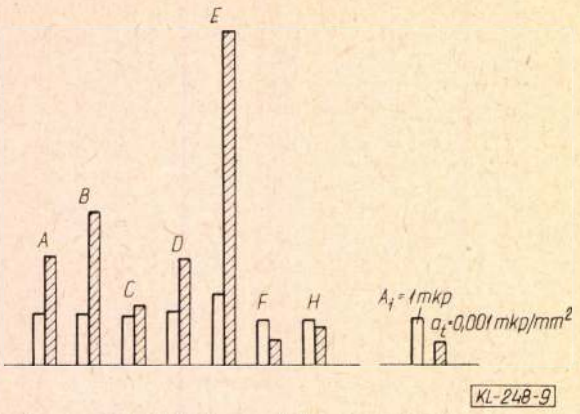
Különböző módon hőkezelt AlZn3MgTi próbatestek szilárdsági jellemzői

Próbatest jele	σ_B kp/mm²	$\sigma_{0,2}$ kp/mm²	δ_{10} %	ψ %
A	Lásd a 3. táblázat adatait			
B	32,6	19,7	17,3	31,5
C	39,9	32,8	14,6	28,0
D	34,0	25,7	14,7	35,6
E	23,4	10,8	23,3	45,6
F	42,1	36,7	16,9	30,4
H	39,7	32,9	13,0	32,3

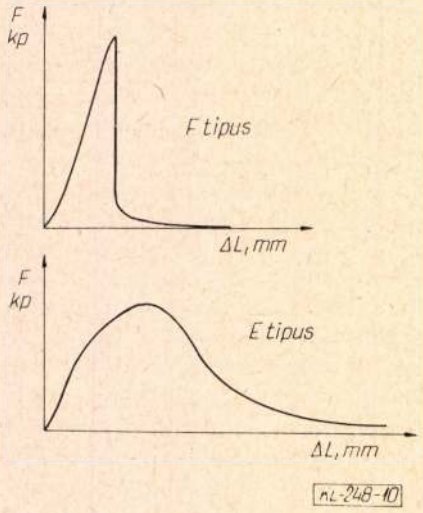
6. táblázat

Különböző módon hőkezelt AlZn3Mg2Ti lemezből készült Navy-próbatestek vizsgálati eredményei

Próbatest jele	A_1 mkp	A_2 mkp	F_{max} kp	a_t mkp/mm² 10^{-3}	σ_t kp/mm²
A	Lásd a 3. táblázat adatait (kisebb méretű próbatestek)				
B	1,13	0,85	1228	6,5	37,8
C	1,13	0,34	1387	2,6	42,7
D	1,20	0,59	1338	4,5	41,2
E	1,52	1,83	933	14,1	28,7
F	1,02	0,14	1362	1,1	41,9
H	1,02	0,22	1310	1,7	40,3



9. ábra. Különféleképpen hőkezelt (lásd a 3c pontot) AlZn3Mg2Ti anyagból készült próbatestek Navy-próbáinak eredményei



10. ábra. A 9. ábrán bemutatott sorozatból a legkisebb, illetve a legnagyobb repedésterjedési munkát adó próbatest erő-nyúlás diagramja

eltérésekre. Még világosabban látszik ez a *10. ábrából*, amelyen a legkisebb, ill. legnagyobb repedésterjedési energiával rendelkező *F*-, ill. *E*-jelű próbatest elszakításához tartozó görbét tüntettük fel. Még, ha a továbbiakban el is tekintünk a „túlöregített" *E*-jelű próbatestek eredményeitől, azt látjuk, hogy a fennmaradó öt csoport fajlagos repedésterjedési energiája, meglehetősen kis szórás mellett 1 : 5 arányban tér el egymástól. Ugyanakkor viszont a σ_t-értékek eltérése, ha az *E*-jelű próbatesteket ismét figyelmen kívül hagyjuk, sokkal kevésbé számottevő.

Bár nem szeretnénk az első eredmények alapján végleges következtetéseket levonni, mint érdekességet meg kell említeni, hogy az irodalom [20] szerint több szempontból igen sikeres többlépcsős hőkezelés (*F*- és *H*-jelű próbatestek) az anyag repedésterjedéssel szemben mutatott ellenállását tekintve hátrányosnak bizonyult. Ez a körülmény ismét felhívja a figyelmet arra, hogy a szerkezeti anyagok tulajdonságairól, használhatóságáról alkotott véleményünk módosítására lehet szükség minden olyan esetben, amikor a szerkezet üzemeltetése során a ridegtörés veszélyével is számolni kell.

Összefoglalás

Két közepes szilárdságú alumíniumötvözet: AlMg3 és AlZn3Mg2Ti ridegtörési érzékenységét vizsgáltuk a módosított US-Navy eljárással. Megállapítható volt, hogy a mérési eredményekből számítható fajlagos repedésterjedési energia alkalmas mérőszám az ötvözetek ridegtörési érzékenységének jellemzésére. A mérőszám-méretezéshez közvetlenül ugyan nem használható fel, de alumíniumötvözeteknél, ahol a teherviselő szerkezetek katasztrofális törése szempontjából gyakorta döntő tényező, hogy az anyag milyen ellenállást tanúsít a repedés terjedésével szemben, hasznos útbaigazítást nyújt azok törési sajátosságairól. Értéke csak kevéssé függ a próbatestek méretétől, információtartalma viszont kiterjedt adott ötvözeten belül az anyagszerkezet változásainak jelzésére is. Alkalmas továbbá hegesztett kötések vizsgálatára s a hegesztési eljárás hatásának elemzésére.

IRODALOM

[1] *Irwin, G. R.:* Fracture mechanics. Contribution to the First Symposium on Naval Structural Mechanics. Stanford University, Stanford, California 1958.

[2] *Radon, J. C.—Crosby, J. R.:* Fracture toughness of an Al-alloy in the biaxial stress-field. Proceedings of the Third Conference on Dimensioning and Strength Calculations. Budapest 1968. Akadémiai Kiadó. pp. 553—566.

[3] *Orowan, E.:* Fracture and strength of solids. Reports on Progress in Physics, vol. XII. pp. 185—232. Phys. Soc. London 1949.

[4] *Irwin—Srawley, J. E.:* Progress in the development of crack toughness fracture tests. Materialprüfung vol. 4. (1962) Nr. 1. pp. 1—11.

[5] *Stone, D. E. W.—Turner, C. E.:* Brittle behaviour in laboratoryscale mechanical testing. Proceding of the Royal Society A. vol. 285. (1965) pp. 83—103.

[6] *Brown, W. F. Jr.—Stawley, J. E.:* Plain strain crack toughness testing of high strength metallic materials. ASTM Spec. Techn. Publ. No. 410.

[7] *Irwin, G. R.:* Fracture testing of high-strength sheet materials under conditions appropriate for stress analysis. NRL Report No. 5486 Washington, 1960.

[8] *Knott, J. F.:* Mechanics and mechanisms of large-scale brittle fracture in structural metals. Materials Science and Engineering vol. 7. (1971) pp. 1—36.

[9] *Gillemot, L.—Czoboly, E.:* Generalised theory of fracture. Proceedings of the 2 nd Symposum on Fracture. Mariánske-Lázne 1970.

[10] *Gillemot, L.—Sinay, G.:* A kontrakciós munka mint anyagjellemző. Gép vol. 10 (1958) pp. 237—246.

[11] *May, M. I.:* Application of fracture mechanics. In: Fracture toughness; ISI Publ. No. 121. (1968).

[12] *Kaufmann, J. G.—Knoll, A. H.:* Tear resistance of aluminium alloy sheet as determined from the Kahn-type tear-test. Materials, Research and Standard vol. 4. (1964) No. 4. 151—155.

[13] *Kaufmann, J. G.—Hunsicker, H. Y.:* Fracture-toughness testing at Alcoa Research Laboratories. Fracture Toughness Testing and its Application, ASTM Spec. Techn. Publ. No. 381. (1965).

[14] *Kaufmann, J. G.:* Fracture toughness of aluminium alloy plate from tension tests of large centerslotted panels. Journal of Materials vol. 2. (1967) No. 4. 889—914.

[15] *Kanazawa, T.—Machida, S.—Momota, S.—Hagiwara, X.:* Study of C. O. D. concept for brittle fracture initiation. IIW Report X-519—69 (1969).

[16] *Hoagland, R. G.:* On the use of the double cantilever beam specimen for determining the plane strain

fracture toughness of metals. Trans. ASME, Journal of Basic Engineering. Paper No. 67-Met-A1967. 1—8.
[17] *Kosalicky, P.:* A törési szívósság meghatározása ék alakú kétkarú próbatest segítségével. (Cseh nyelven) Proc. of the 2nd. Symposium on Fracture. Mariánske-Lázne, 1970.
[18] *Radon, J. C.:* Fracture toughness of an Al-alloy at high temperatures. Proceedings of the Fourth Conference on Dimensioning and Strength Calculations. Akadémiai Kiadó, Budapest. Megjelenés alatt.
[19] *Jahn, N. A.—Imbedo, E. A.:* Further study of navy tear test. The Welding Journal 29 (1950) No. 2. 84-s/96-s.
[20] *Young, J. G.:* BWRA experience in the welding of aluminium-zinc-magnesium alloys. Welding J. 47. (1968) 10, 451-s/461-s.

Különböző hőmérsékleten kalcinált timföld dielektromos tulajdonságainak vizsgálata

Dr. KLUG OTTÓ,
a kémiai tud. kandidátusa, okl. vegyészmérnök
Fémipari Kutató Intézet

KŐNYA JÁNOS
okl. kohómérnök
Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohó

RIEDL ISTVÁN
okl. kohómérnök
Nehézipari Műszaki Egyetem Fémkohászattani Tanszék, Miskolc

DK: 669.712:66.046.41:537.226:621.317.33

Az eddigi vizsgálati eredmények alapot szolgáltatnak arra, hogy a dielektromos mérőtechnikát felhasználhassuk a különböző kalcináltságú timföldek jellemzésére. További vizsgálatokat igényel azonban az alfa és gamma módosulatok arányának mérésére használható műszeres eljárás kifejlesztése. Ez utóbbi a kristályoptikai módszerrel szemben a kiértékelést egyszerűbbé és objektívebbé tenné.

A timföld minősítésével, fizikai-kémiai tulajdonságainak vizsgálatával kapcsolatban merült fel a dielektromos tulajdonság tanulmányozásának a kérdése. Eddig e területen ugyanis igen kevés kutatás folyt és az irodalomban sem találtunk a különböző timföldek dielektromos állandójára vonatkozó adatokat.

Por alakú anyagok dielektromos tulajdonságainak vizsgálatával *Starke* [1], *Hoffmann* [2] értekezése, *Oehme* [3] és *B. Nagy* [4] valamint *Knoke* [5] foglalkozott, de konkrétan a timföld dielektromos tulajdonságaival egyik dolgozat sem foglalkozik. *B. Nagy* és *munkatársai* [6, 7] által közölt dolgozat csupán egyes bauxitok és timföldek nedvességtartalmának vizsgálatáról számol be. Ásványok és kőzetek dielektromos állandóját *Howel* mérte [8].

Kísérleteink célja a timföld dielektromos tulajdonságainak, a hőmérséklettel való változásának és a timföldhidrát kalcinálása során keletkező fázisok képződési hőmérsékletének, illetve a képződési hőmérsékletnek a felfűtés sebességével való változásának meghatározása volt.

Ezek ugyanis lehetőséget adnak más vizsgálati módszerekkel kiegészítve a kalcinálás során keletkező fázisátalakulások, illetve a timföld szerkezetének a megismerésére.

A kísérletekhez Almásfüzitőn Bayer-eljárással előállított timföldhidrátot használtunk fel. A timföld kalcinálását villamos fűtésű kemencében 24 óra hosszat ± 10 (°C) pontossággal 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200 °C-on végeztük.

A dielektromos állandó meghatározása immerziós módszerrel

Mivel a porcellával való közvetlen DK-mérés nem vezetett a kívánt eredményre [9], ezért irodalmi adatok alapján a *Starke* által ajánlott immerziós módszert használtuk a timföldhidrát és a különböző hőmérsékleten kalcinált timföldek dielektromos tulajdonságának meghatározására. Ez a vizsgálati módszer immerziós folyadékként binér elegyet használ. A binér elegy egyik komponensének nagyobb, a másik komponensének kisebb a DK-ja, mint a vizsgálandó pormintáé. Előbb az azonos mennyiségű timföldből, de különböző összetételű immerziós folyadékokból álló zagyok dielektromos állandóját mértük meg. Ezután a különböző mennyiségű acetonból és azonos mennyiségű dioxánból álló elegyek DK-értékét határoztuk meg. A két érték különbségéből képzett differenciákat az immerziós oldat összetételének függvényében ábrázolva, a mérési pontokon áthaladó egyenes az abszcisszát az úgynevezett izodielektromos pontban metszi. Ez a pont az izodielektromos elegy összetételének felel meg.

A binér elegy összetétele — binér elegy DK-görbéről leolvashatjuk az izodielektromos elegy DK-értékét, ami a porminta DK-jával azonos.

Az aceton dielektromos állandója $\varepsilon = 21{,}4$ nagyobb, a dioxáné $\varepsilon = 2{,}235$ pedig kisebb a timföld várható dielektromos állandójánál.

A 27 ml dioxánból és 0,25 ml-enként adagolt acetonból álló immerziós folyadékba 26 g timföldet, illetve timföldhidrátot mértünk be.

Az immerziós folyadék és timföld zaggyal töltött cella univerzális dielektrométeren mért összkapacitás értékeit (C_3) az *1. táblázat* tartalmazza.

A táblázat adataiból az immerziós folyadék és a timföld szuszpenzió dielektromos állandója (ε) a következő összefüggés segítségével számítható:

$$\varepsilon = \frac{C_3 - C_2}{C_1} \qquad (1)$$

ahol $C_2 = 5{,}517$ [pF] — a cella szórt kapacitása,
$C_1 = 10{,}283$ [pF] — a cella mérőkapacitása.

A mérőcella mérő- és szórt-kapacitását ismert dielektromos állandójú folyadékkal határoztuk meg. A számított dielektromos állandókat (ε) a *2. táblázat* tartalmazza.

A Starke-féle módszer alkalmazása esetén szükséges immerziósoldat-összkapacitás értékeket és a

1. táblázat

Immerziós folyadék-timföld zaggyal töltött cella összkapacitási értékei

Aceton [ml]	Timföld-hidrát	Kalcinálási hőmérséklet [°C]						
		600	700	800	900	1000	1100	1200
	C_3 [pF]							
0	41,1	43,9	44,5	46,8	48,9	43,0	41,2	40,5
0,25	41,9	44,3	45,1	47,1	49,1	43,2	41,5	41,1
0,5	42,1	45,0	45,6	47,9	49,8	43,5	42,0	41,5
0,75	42,8	45,5	46,2	48,4	50,0	43,9	42,5	42,0
1,00	42,9	46,0	46,5	48,9	50,1	44,0	42,9	42,2
1,25	43,8	46,5	47,0	49,0	50,5	44,5	43,1	42,5
1,50	—	46,9	47,8	49,3	51,0	45,2	43,2	42,9

2. táblázat

Immerziós oldatból, timföldhidrátból, ill. timföldből álló zagy DK-értékei

Aceton [ml]	Kalcinálatlan hidrát	Kalcinálási hőmérséklet [°C]						
		600	700	800	900	1000	1100	1200
	ε							
0	3,460	3,732	3,791	4,014	4,218	3,645	3,470	3,402
0,25	3,538	3,771	3,848	4,043	4,248	3,664	3,499	3,460
0,5	3,557	3,839	3,897	4,121	4,306	3,693	3,547	3,499
0,75	3,625	3,888	3,956	4,170	4,325	3,732	3,596	3,547
1,00	3,635	3,936	3,985	4,218	4,335	3,742	3,635	3,567
1,25	3,722	3,985	4,034	4,228	4,374	3,791	3,654	3,596
1,50	—	4,024	4,111	4,257	4,423	3,859	3,664	3,635

3. táblázat

A 27 ml dioxánt és különböző mennyiségű acetont tartalmazó immerziós oldat összkapacitási- és DK-értékei

Aceton [ml]...	0	0,25	0,5	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00
C_3 [pF] ..	29,0	30,0	31,2	32,2	33,7	35,0	36,2	38,5
ε	2,283	2,380	2,497	2,594	2,740	2,867	2,983	3,207

Aceton [ml]...	2,50	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
C_3 [pF] ..	40,9	43,0	45,2	48,2	49,8	51,5	54,0	55,0
ε	3,440	3,645	3,859	4,150	4,306	4,471	4,714	4,812

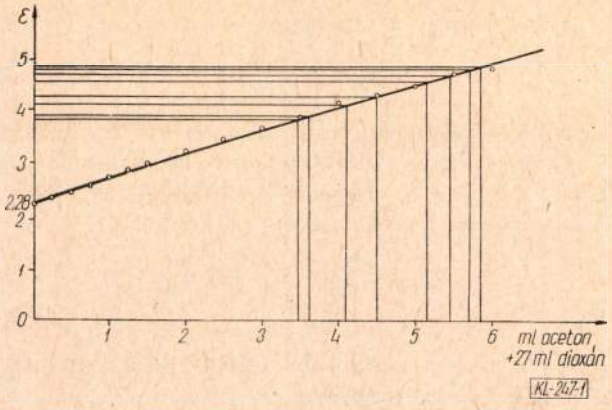
segítségükkel számított dielektromos állandókat a *3. táblázat* tartalmazza.

A táblázat adataiból megszerkeszthetjük az immerziós oldat dielektromos állandójának változását az immerziós oldat acetontartalmának a függvényében *(1. ábra)*.

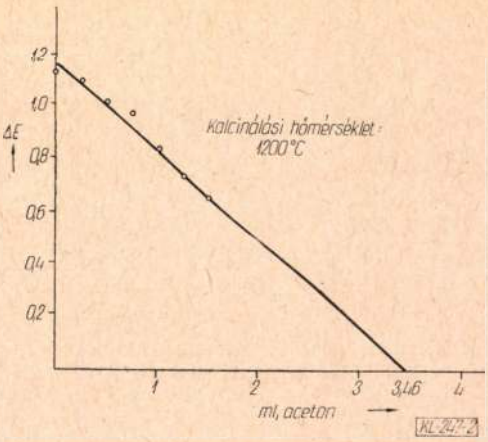
Az izodielektromos folyadék összetétele, amelynek dielektromos állandója tehát a timföld dielektromos állandójával azonos — az immerziós folyadékösszetétel — DK differencia ($\Delta\varepsilon$) függvényből olvasható le. A DK differencia ($\Delta\varepsilon$) a tiszta immerziós folyadék és a timföld-immerziós folyadék zagy DK-ja közötti különbséget jelenti.

A különböző hőmérsékleteken kalcinált timföldekre, illetve a timföldhidrátra érvényes DK differenciákat az immerziós folyadék összetételének a függvényében a *4. táblázatba* foglaltuk össze.

A táblázat adataiból megszerkeszthetők a külön-



1. ábra. Az immerziós oldat dielektromos állandójának a változása az immerziós oldat acetontartalmának a függvényében



2. ábra. Az 1200 °C-on kalcinált timföld vizsgálatánál az izodielektromos pont megszerkesztése

böző kalcinálási hőmérsékletre érvényes izodielektromos folyadék összetételét megadó diagramok. E diagramok közül az 1200 °C-os kalcinálási hőmérsékletre érvényes görbe a *2. ábrán* látható. Az izodielektromos folyadék acetontartalma pedig az *5. táblázatban* található. Ezen acetontartalmak függvényében az 1. ábráról olvashatók le a különböző kalcináltságú timföldeknek, illetve a timföldhidrátnak megfelelő dielektromos állandók.

A timföld dielektromos állandója és a kalcinálási hőmérséklete közötti összefüggést a 3. ábráról olvashatjuk le. A mérési eredmények kiértékelése és összefoglalásaként a kapott pontokra regressziós görbéket illesztettünk a legkisebb négyzetek elvének felhasználásával. A *3. ábrán* látható pontok elhelyezkedése alapján feltételeztük, hogy a timföld dielektromos állandójának a kalcinálási hőmérséklettel való változása másodfokú parabolával közelíthető meg. A mérési adatok felhasználásával a regressziós egyenlet:

$$Y' = 2{,}6913 + 0{,}0063\,x - 4{,}678 \cdot 10^{-6}\,x^2 \qquad (2)$$

az egyenletben

Y' a vizsgált timföld vagy — hidrát DK-ja,
x a kalcinálás hőmérséklete (°C)

4. táblázat

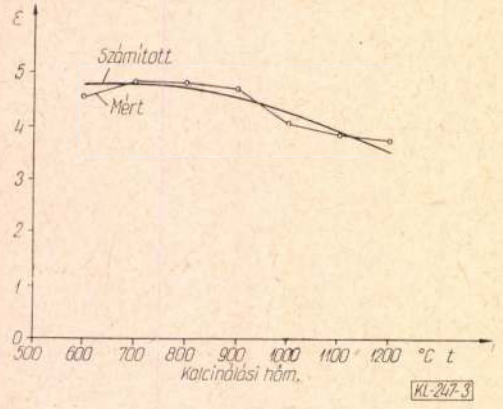
Immerziós folyadék-timföld zagy és tiszta immerziós oldat DK-értékei közti különbség

Kalcinálási hőmérséklet [°C]	Aceton [ml]						
	0	0,25	0,5	0,75	1,00	1,25	1,5
	$\Delta\varepsilon$						
600	1,449	1,391	1,342	1,294	1,960	1,118	1,041
700	1,508	1,469	1,400	1,362	1,245	1,167	1,128
800	1,731	1,663	1,624	1,576	1,478	1,361	1,274
900	1,935	1,868	1,809	1,731	1,595	1,507	1,440
1000	1,362	1,284	1,196	1,138	1,002	0,924	0,876
1100	1,187	1,119	1,050	1,002	0,895	0,787	0,681
1200	1,119	1,080	1,002	0,953	0,827	0,729	0,652
Timföldhidrát	1,117	1,158	1,060	1,031	0,895	0,855	—

5. táblázat

A különböző hőmérsékleteken kalcinált timföld és a timföldhidrát vizsgálatánál kapott izodielektromos folyadék acetontartalma és DK-értékei

Kalcinálási hőmérséklet [°C]	600	700	800	9000	1000	1100	1200	Timföld-hidrát
Izodielektromos folyadék, [ml] aceton	5,16	5,86	5,70	5,46	4,1	3,62	3,46	4,5
ε	4,55	4,85	4,8	4,7	4,1	3,90	3,80	4,25



3. ábra. A timföld dielektromos állandójának a változása a kalcinálási hőmérséklet függvényében

A görbének 673,33 °C-nál maximuma van.

A közelítés mértékét a korrelációs index (I) fejezi ki.

Ez az alábbi összefüggés segítségével számítható:

$$I = \sqrt{1 - \frac{\Sigma(Y - Y')^2}{\Sigma(Y - \overline{Y})^2}} \qquad (3)$$

az egyenletben

Y a mért értékeket,

Y' a regressziós függvény értékeit,

$\overline{Y}$ a mért értékek átlagát jelentik.

Az *5. táblázat* adatai alapján a korrelációs index $I = 0{,}906$-nak adódott, tehát a másodfokú parabola jó közelítéssel írja le a dielektromos állandónak a kalcinálási hőmérséklettel való összefüggését.

A dielektromos veszteség meghatározása direkt módszerrel

A dielektromos veszteséget a fázisszög (φ) kiegészítő szögének (δ) tangensével adják meg ($\delta = 90 - \varphi$). A dielektromos veszteséget közvetlen méréssel, rugós porcellával mértük. 8,00 g anyagot (timföldet vagy hidrátot) mértünk be és mértük a cellák átvezetési veszteségeit (G_1; G_2) és a cella összkapacitását (C_3). A munkahőmérséklet 24 °C volt. A próbákat azonos térfogatra tömörítve, azonos nyomás mellett vizsgáltuk.

A dielektromos veszteséget a

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\omega \cdot C \cdot R} \qquad (4)$$

összefüggés segítségével számoltuk.

Az univerzális dielektrométer mérőfrekvenciája $f = 3$ MHz $\pm 5\%$. Ennek ismeretében az előbbi összefüggés a következőképpen módosul:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{530 \cdot (G_2 - G_1)}{C_3 - C_2} \cdot 10^{-4} \qquad (5)$$

itt a

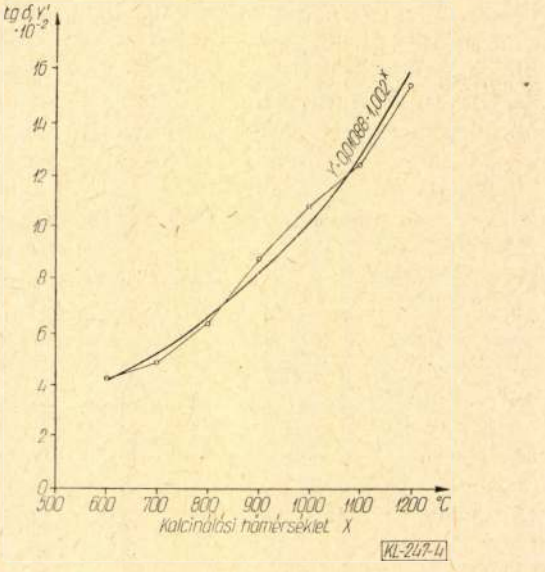
G_2 μS a timfölddel töltött cella veszteségi átvezetése,

G_1 μS a cella veszteségi átvezetése levegő dielektrikumban,

C_2 7,372 [pF] a cella szórt kapacitása.

A mért adatokat, valamint a timföldhidrát és a különböző kalcináltságú timföldek ($C_3 - C_2$), ($G_2 - G_1$) és a tg δ értékeit a *6. táblázatban* foglaltuk össze.

A dielektromos veszteségnek a kalcinálási hőmérséklettől való függését a *4. ábra* szemlélteti. Az ábrán látható mérési pontok alapján feltételeztük, hogy a dielektromos veszteség és a kalcinálási hő-



4. ábra. A timföld dielektromos veszteségének a változása a kalcinálás hőmérsékletének függvényében

6. táblázat

Különböző kalcináltságú timföldek dielektromos veszteségi értékei

Mért érték	Kalcinálatlan hidrát	Kalcinálási hőmérséklet [°C]						
		600	700	800	900	1000	1100	1200
C_3 [pF]	9,5	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2
G_2 [μS]	10,06	9,66	9,9	10,4	11,4	11,93	12,5	13,5
$C_3 - C_2$ [pF]	2,128	1,828	1,828	1,828	1,828	1,828	1,828	1,828
$G_2 - G$ [μS]	1,86	1,46	1,700	2,200	3,00	3,73	4,30	5,30
tg δ	0,0462	0,0422	0,0492	0,0637	0,0869	0,1080	0,1246	0,1536

A dehidratációs és átalakulási folyamatok DTG-görbéi csúcsainak megfelelő hőmérsékletek *7. táblázat*

A kemence felfűtési sebessége [°C/perc]	Az átalakulási folyamat [°C]								
	I.			II.			III.		
	kezdete	DTG-csúcs	vége	kezdete	DTG-csúcs	vége	kezdete	DTG-csúcs	vége
2,3	195	200	240	240	290	383	383	500	750
4,8	200	210	250	250	300	400	400	503	770
7,1	215	230	273	273	320	413	413	530	850
21,0	207	233	270	270	327	457	457	540	900

mérséklet között exponenciális függvénnyel leírható kapcsolat áll fenn. A mérési eredmények felhasználásával a regressziós görbe egyenlete:

$$Y' = 0{,}01088 \cdot 1{,}002^{x} \qquad (6)$$

ahol Y' a veszteségi szög tangense,

x a kalcinálási hőmérséklet, [°C].

A korrelációs index, $I = 0{,}99$.

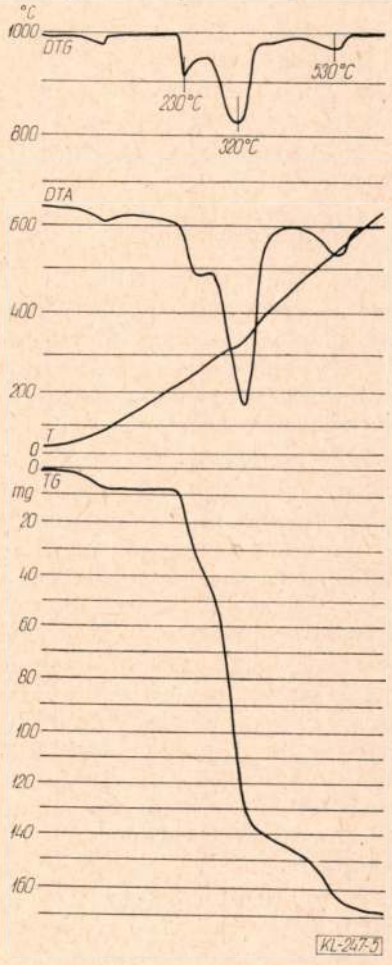
Ez az mutatja, hogy a görbe nagyon jól megközelíti a mérési pontokat.

A felfűtési sebesség hatása a timföld kalcinálása során keletkező fázisok képződési hőmérsékletére

A felfűtési sebesség hatása a timföld kalcinálása során keletkező fázisok képződési hőmérsékletére.

Ezeket a vizsgálatokat derivatográffal végeztük. A derivatogramok 2,3; 4,8; 7,1; és 21 °C/perc felfűtési sebességgel készültek. Ezek közül a 7,1 °C/perc felfűtési sebességgel készített az *5. ábrán* látható. A felvételen megfigyelhető a hidrargillitre jellemző háromlépcsős bomlási folyamat, amelyeket endoterm hőhatás kísér. Az átalakulások jellemző hőmérséklete a DTG görbe csúcsának megfelelő hőmérséklet. A dehidratációs folyamatok kezdetének, befejezésének és a DTG-görbe csúcsának megfelelő hőmérsékleteket a *7. táblázat* tartalmazza.

A táblázat adataiból látható, hogy a felfűtési sebesség növelése következtében az átalakulási folyamatok a nagyobb hőmérsékletek irányába tolódnak el.



5. ábra. A timföldhidrátnak 7,1 °C/perc felfűtési sebességgel készített derivatogramja

Összefoglalás

Kísérleti eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a kalcinálási hőmérséklet befolyásolja a timföld dielektromos állandóját és dielektromos veszteségét. A dielektromos állandó — hőmérséklet függvény 600—1200 °C hőmérsékleti tartományban másodfokú parabola szerint változik, amelynek 600 és 700 °C között maximuma van. A kalcinálási hőmérséklet növekedtével erőteljes, exponenciális dielektromos veszteség figyelhető meg. A dielektromos tulajdonságok változása a timföldhidrát kalcinálása során bekövetkező szerkezeti változások következménye. Az átalakulási folyamatokat jellemző hőmérsékletek pedig a felfűtés sebességével arányosan változnak és a felfűtési sebesség növekedtével a nagyobb hőmérsékletek felé tolódnak el.

IRODALOM

[1] *Starke, K.:* Wiedemanns Ann. Physik. 60, 629 (1897).

[2] *Hoffmann, T.:* Dielektrikumok elmélete. Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest 1954.

[3] *Oehme, F.:* Dielektrische Messmethoden zur quantitativen Analyse und für chemische Strukturbestimmungen 2. kiadás Verlag Chemie, Weinheim/Bergstr. 1962.

[4] *B. Nagy S.:* Dielektrometria. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1970.

[5] *Knoke, S.:* Z. Elektrochem. 43, 749 (1937).

[6] *B. Nagy S.—Klug O.—Varga B.:* Bányászati és Kohászati Lapok, Kohászat 103, 555. (1970).

[7] *B. Nagy S.—Varga B.—Klug O.:* Bányászati és Kohászati Lapok, Kohászat 104. 417. (1971).

[8] *Howell, B., F.—Licastro, P. H.:* Bull, Geol. Soc. America 70. 1621. (1959).

[9] *Kónya J.:* Diplomaterv. Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc, 1972. 58—61. o.

Timföldgyári vörösiszap szűrése leszedőhengeres vákuum-dobszűrővel

KŐNIG PÁL okl. gépészmérnök
Alumíniumipari Tervező Vállalat

DK: 669.712.1:66.066/.67—982(439)

A közlemény ismerteti a vörösiszap-mosás korszerű megoldását a leszedőhengeres vákuum-dobszűrők alkalmazásával. Bemutatja a vörösiszap-leszedés feltételeit, a durvaszemcse-leválasztásra kialakított szeparátor-rendszert. Ezek után tárgyalja a Giulini ludwigshafeni üzemében, majd a magyaróvári timföldgyárban szerzett tapasztalatokat a vörösiszap szűrőkkel, melyek gyártása Magyarországon is megindult.

A Bayer-rendszerű timföldgyártásnál a bauxitfeltárás során keletkező zagy szétválasztása igen nagy jelentőségű a technológia szempontjából. E feladat első lépése a tiszta aluminátlúg elválasztása a vörösiszaptól, amely műveletre a legtöbb üzem ülepítő berendezést alkalmaz.

Második lépés a vörösiszap mosása az Al_2O_3 és Na_2O veszteségek csökkentése érdekében.

Hazánkban csak úgy, mint más országokban a vörösiszapot előszeretettel mosták ellenáramban, 5 – 7 sorbakapcsolt ülepítőben. Ennél a módszernél az oldott Na_2O veszteség az utolsó tartály alsó elfolyásában a száraz iszapra vonatkoztatva mintegy 0,3 – 1,8 súlyszázalékot tett ki.

A kimosás hatásfoka és így az Na_2O veszteség függ a mosólépcsők számától, az iszapkoncentrációtól és mindenekelőtt a felhasznált mosóvízmennyiségtől. Az egyes mosófokozatok nagy helyigénye, valamint a behozott mosóvíz bepárlásának költségnövelő hatása a figyelmet a szűrők irányába terelte. E módszer szerint a vörösiszapot 1 – 2 mosófokozat után szűrőre viszik, ahol egyidejű kimosással folyadékmentesítik. Ennél a módszernél a lényegesen kisebb mosóvíz-felhasználás bepárlási költségcsökkenést eredményez, ugyanakkor a szűrők helyigénye az elhagyott 4 – 5 ülepítőhöz viszonyítva jóval kisebb, aminek különösen a meglevő timföldgyárak bővítésénél van döntő jelentősége.

A kezdeti próbálkozások keretes szűrőprésekkel nem vezettek eredményre, a nagy munkaerő és szűrőszövet felhasználása miatt.

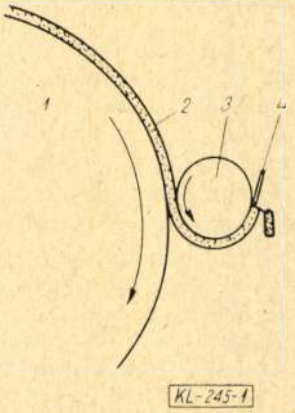
Javulást a 30-as években megjelenő félautomata Kelly-szűrők hoztak, melyek zárása-nyitása automatikusan történt és csak egy tömített felülettel rendelkeztek, amely a hibalehetőséget lecsökkentette. Teljesítményük maximálisan 30 – 35 kg/m² ó volt száraz iszapra vonatkoztatva.

Vörösiszap-mosás leszedőhengeres vákuumdobszűrővel

Mivel a Kelly-szűrő sem hozott kellően kielégítő erdeményt, a figyelem a folyamatos üzemű szűrők felé terelődött, különös tekintettel a vákuum-dobszűrőkre. Kezdetben minden próbálkozás megakadt a szűrőszövet kiválasztásánál és a leszedő berendezés kialakításánál. Ugyanis az 1 – 3 mm vastag tapadós, nyálkás lepényt, a szűrődobról nem tudták eltávolítani. Biztató eredményeket a 60-as évek elején kaptak, amikor a hengeres leszedővel szerzett, agyag és kaolin szűrési tapasztalatokat alkalmazták a vörösiszap szűrésére.

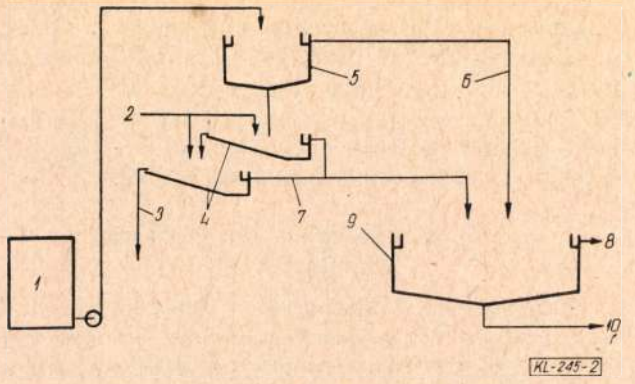
Az első üzemi beruházást a Dorr-Oliver cég végezte 1962-ben az ALCAN jamaicai üzemében. A vörösiszap-szűrésre alkalmazott vákuum-dobszőrűk legfontosabb elemei: a leszedőhenger és a megfelelő szűrővászon. A leszedőhenger működtetése a szűrőhajtóműhöz kapcsolt láncmeghajtás segítségével történik. A henger forgásiránya ellentétes a dobforgás irányával és kerületi sebessége a dobénál kb. 1%-kal nagyobb. A dob és a henger közötti távolság állítható, de mindig nagyobb kell legyen, mint a maximális lepény-vastagság. Ellenkező esetben a leszedőhenger bepréseli a lepényt a szűrővászon pórusaiba és ezáltal az igen hamar eltömődik.

A lepény eltávolítása a hengerről fésűs kaparókéssel történik, amely lepénycsíkokat hagy a hengeren. Ez a hengeren maradó réteg, mint kontakt réteg hat és lefejti a dobról a szűrt lepényt. A leszedőhengeres lepény-eltávolítás elvi sémája az *1. ábrán* látható.



1. ábra. A leszedőhengeres lepényeltávolítás elvi sémája
1 szűrődob, 2 szűrt lepény, 3 leszedőhenger, 4 fésűs kaparókés

A hengeres leszedési technológia elterjedését gátolta az, hogy korábban csak pamutalapanyagú szűrővásznak álltak rendelkezésre. E szövetek szálasszerkezete viszonylag durva felületet eredményezett, amelyről a lepény eltávolítása igen nehéz feladat, és így a szűrővászon gyors eltömődéséhez vezetett. Ezzel szemben a korszerű szintetikus szálak sima, nem tapadó felületet alkotnak. Annak ellenére, hogy ma már különböző műanyag alapú szűrővásznak igen nagy választékban állnak rendelkezésre, mégis sok kísérletet igényel egy, a vörösiszap szűrésére alkalmas szűrőszövet kiválasztása. Ennek oka, hogy a legtöbb szintetikus szál nagy hőmérsékleten és nagy marónátron koncentráció mellett nem elég ellenálló. Vákuumdob-szűrők folyamatos üzemeltetésének előfeltétele, hogy a szűrendő zagyból a durva szemcséket előzőleg eltávolítsák. Az osztályozást általában a hígítás után végzik, hidroszeparátorral és sorbakapcsolt gereblyés osztályozóval,



2. ábra. A durva szemcsék eltávolításának kapcsolási sémája

1 hígítótartály, *2* mosóvíz, *3* durva szemcsék, *4* gereblyés osztályozó, *5* hidroszeparátor, *6* hidroszeparátor túlfolyás, *7* gereblyés osztályozó, túlfolyás, *8* alum nátlúg, *9* ülepítő, *10* vörösiszap

ahol a 150 μ feletti szemcséket eltávolítják. Hidroszeparátor esetén a határszemcsére a Dorr-Oliver cég 7 m/h ülepedési sebességet ad meg. A durva szemcsék eltávolításának kapcsolási vázlata a 2. *ábrán* látható.

Az osztályozásra azért van szükség, mert a 150 μ-nál nagyobb szemcsék a szűrőteknőben kiülepednek és a lengőkeverőmű mozgását akadályozzák. A durvább szemcsék lebegtetése a lengőkeverőmű nagyobb lengésszámmal történő üzemeltetésével azért nem lehetséges, mert a teknőben levő zagy intenzív mozgása a szűrődobon levő lepényt lemossa.

Az osztályozás ellenére a teknőbe kerülnek durva szemcsék, amelyek kiülepednek. Abban az esetben, ha a szűrő felületén homokszemcsék jelennek meg, a szűrőteknőt ki kell mosni. Erre a célra a teknő egyik végén, az ürítéssel ellentétes oldalon vízbevezetésről kell gondoskodni. A teknő kimosásának gyakorisága 1 – 3 nap.

A vörösiszapzagy feladása a szűrőkre lehetőleg szabad ráfolyással, azaz közbeiktatott szivattyú nélkül történjen. Amennyiben erre nincs megfelelő szintkülönbség, célszerű a feladatra membrán szivattyúkat alkalmazni.

Membránszivattyúval szállított zagy esetén a szürési telejsítmény kb. 10%-kal kisebb a szabadráfolyásos értéknél. Ugyanez az érték 10 – 40%-kal kisebb centrifugál szivattyúval szállított zagy esetén, amelynek oka az, hogy a szivattyú járókereke szétveri a ülepítőkben keletkezett agglomerátumokat.

Nagyon fontos a szűrési teljesítmény szempontjából a vörösiszapagy betáplálási koncentrációja. Üzemi kísérletek azt mutatták, hogy a teljesítmény a koncentrációval közel arányos, de értéke vörösiszap fajtánként más és más. Egy példát kiragadva a fordulatszám, vákuumérték, hőmérséklet stb. azonos értéken való tartása mellett 200 g/l-es zagynál a teljesítmény 125 kg/m²ó, 300 g/l-esnél 155 kg/m²ó.

Általában a fajlagos szűrési teljesítmény, 100 és 200 kg száraz iszap/m² óra érték között van. Mivel a szűrési teljesítmény függ még a feldolgozott bauxittól és annak őrlési finomságától is, adódhatnak kirívó értékek.

Ilyen a durvára őrölt görög bauxit vörösiszapjának szűrése, ahol már 500 kg/m²ó teljesítményt is elértek. Általában a második mosó-ülepítő fokozatról lejövő vörösiszapzagyot szűrik, amelynek szilárdanyag-tartalma 280 – 340 g/l, Na_2O tartalma kb. 35 g/l, hőmérséklete 65 – 85 °C.

A kis Na_2O tartalomnak és a nagyobb hőmérsékletnek annyiban van jelentősége, amennyiben a viszkozitást befolyásolják, mivel a teljesítmény a viszkozitás négyzetgyökével fordítottan arányos.

A szűrési teljesítmény mellett nagy jelentősége van a vörösiszap kimosási hatásfokának, mivel a szűrőről leszedett lepény tapadónedvessége, általában 35 – 40 %. Rossz hatásfoki kimosás esetén nagy mennyiségű Na_2O távozna veszteségként a hányóra.

Az iszap kimosására 3 – 4 m³/t vörösiszap mennyiségű, 70 – 90 °C hőmérsékletű mosóvizet alkalmaznak. Ebben az esetben max. 1,5 % oldható Na_2O maradék található a lepényben. (A fenti adatok száraz vörösiszapra vonatkoznak.) A szűrő mosóberendezése 3 db bukógátas mosóvályúból áll, amely biztosítja a mosófolyadék lepényre történő lágy és egyenletes adagolását.

A bevihető mosóvíz mennyiségét a szűrt iszap tulajdonságai döntően befolyásolják. Mennyisége annyi legyen, hogy a szűrődobon levő lepényt a mosó és előszárító zónákon egészen a teknőben levő zagyszintig befedje. Ellenkező esetben a lepény megrepedezik, s a vákuum a keletkezett réseken megszökik. A mosóvályú helyzete állítható a legjobb kimosási hatásfok elérése érdekében.

Az utolsó üzemelő mosóvályú helyzetét meghatározza az a tény, hogy a dobon a henger felé folyó mosóvíz ne mossa le a lepényt a leszedő hengerről. A szűrő üzemeltetése a tömszelence nélküli szűrők legnagyobb merülési mélységével, 35%-kal (dobátmérőre vonatkoztatva) történik. A nagy szűrési teljesítmény szempontjából célszerű a dobot nagy fordulatszámmal járatni, mivel a teljesítmény egyenesen arányos a fordulatszám négyzetgyökével.

Ennek határt szab az a tény, hogy kb. 2/perc fordulatnál a leszűrt lúg nem vezethető el maradéktalanul a szűrőcellákból és a kimosási idő is lerövidül, ami kedvezőtlen.

A vörösiszap szűrési görbéje lapos. Ez azt jelenti, hogy a kialakult lepénynek rohamosan nő az ellenállása. Ennek oka a finom szemcseeloszlásban és a lepény összenyomhatóságában keresendő. Ez az oka annak is, hogy a fordulatszámot maximálisra választjuk, mert a teknőben rövid tartózkodási idő alatt is kialakul az 1 – 3 mm-es lepény, ami hosszabb tartózkodási idő alatt sem növekedne jelentősen.

A lepény nagy ellenállása következtében kicsi a levegő áteresztő képessége, és így kicsi a cellákban a szűrlet-levegő keverék áramlási sebessége is. A szűrlet teljes mértékű eltávolítása miatt a cellákat hamis levegőztetéssel látták el.

A gyakorlat azt bizonyítja, hogy a szűrőt 350 – – 450 Torr vákuum mellett célszerű üzemeltetni. Ennek több oka van:

a) A szűrőlepény fajlagos ellenállása — mivel a vörösiszap összenyomható szűrőlepényt alkot, s így ellenállása nyomásfüggő — ezen a nyomáson minimális.

b) A vákuumérték növelésével vastagabb lepény keletkezik, amelyet a rossz levegőátbocsájtó képes-

ség miatt már nem tud kiszámítani, és a nedves lepényt a leszedőhenger nem tudja eltávolítani.

A szűrés ideje alatt a szűrődobon a vákuum következtében párolgás, és ezzel egyidejű, mintegy 20 — — 25 °C hőmérsékletcsökkenés következik be, amely eredményeként bizonyos mértékű só, illetve alumíniumhidroxid kiválás, illetve kristályosodás lép fel, amely a szűrőszövet elrakódásához vezet.

A maximális szűrési teljesítmény fenntartása céljából 1 — 3 naponként a szűrővásznat nagynyomású vízsugárral meg kell tisztítani.

A szűrő és kiszolgáló berendezések jellemző adatai

Szűrő:

Dobátmérő	3020 mm
Dobhossz	5350 mm
Szűrőfelület	50 m²
Szükséges alapterület legnagyobb mérete	3,9 × 7,5 m
Legnagyobb magasság	4 m
Tengelymagasság	1805 mm
Maximális dobmerülés	35% (dobátmérőre vonatkoztatva)
Szűrőteknő térfogat	8,11 m³
Üres súly	16 t
Fordulatszám-tartomány	0, 2, 4 f/perc (fokozatmentes)
Dobhajtómotor teljesítménye és fordulatszáma	4 kW; 1440/perc
Keverőmotor teljesítménye és fordulatszáma	4 kW; 1440/perc
Keverő lengésszáma	23 f/perc
Leszedő-henger átmérő	512 mm
Szűrletszedő edény	∅ 800 × 1400 mm

Vákuumszivattyú:

$p = 300$ Torr abszolút nyomásnál az elszívandó levegő mennyisége: $Q = 0{,}35$ m³/m² perc.

Roots fúvó:

Az aláfúvató levegő nyomása $p = 0{,}1$ att, mennyisége $Q = 2$ m³/m² óra.

Szűrővászon tisztító berendezés:

Szállított víz mennyisége: $Q = 110$ l/perc

Szállított víz nyomása: $H = 140$ att

Mérési adatok

A Giulini Ludwigshafen-i timföldgyárának üzemi adatai 50 m²-es dobszűrőn szűrt vörösiszapra vonatkozólag, amit a magyar szakértőkkel közöltek, s amely értékek helyességéről szakértőinknek az üzemben módjuk volt meggyőződni, a következők voltak 1969-ben:

A timföldgyár weipai bauxitot dolgozott fel.

Az osztályozott és ülepített vörösiszap zagyot ülepítőben két fokozatban mossák.

Az ülepítő és mosófokozatok között, valamint a szűrőkre történő feladásnál, a zagy továbbítása a szintkülönbség következtében, hidrosztatikus nyomással, azaz közbeiktatott szivattyú nélkül történik.

A szűrőkre táplált zagy szilárdanyag-tartalma	250—300 g/l
A szűrőkre táplált zagy Na_2O_k tartalma	40 g/l
A lepény tapadónedvessége	38—39%
A szűrlet + mosószűrlet szilárdanyagtartalma	20—40 g/l
Fajlagos szűrési teljesítmény	150 kg/m/ó*
Fajlagos mosóvíz-fogyasztás	2—2,5 l/kg*
Szűrt iszap oldott Na_2O tartalma	0,6—08 súly%*

A *-gal jelölt értékek száraz vörösiszapra vonatkoznak.

Érdekességként említendő meg, hogy a vörösiszap-szűrés kezdeti időszakában, amikor a vörösiszapzagyot centrifugál szivattyúval szállították, az ülepítők, mosófokozatok és szűrők között a fajlagos szűrési teljesítmény mindössze 80 — 100 kg/m²ó értéket ért el száraz iszapra vonatkozólag.

Vörösiszap-szűrés a Magyaróvári Timföldgyárban

A Magyaróvári Timföldgyár bővítésénél vetődött fel a gondolat, hogy a beruházás során, a vörösiszap elválasztást és mosást vákuumszűrők alkalmazásával oldják meg.

A vörösiszap elválasztására, illetve mosására a bővítés során két lehetőség adódott:

1. Vákuum-dobszűrők alkalmazása
2. A meglevő mosósor bővítése

A két változatot gazdasági számítással elemezve a szűrési változat adódott gazdaságosabbnak.

Szűrők kapcsolása:

Az ülepítő alsó elvételét a II. mosófokozat túlfolyásával keverik, és centrifugál szivattyúval szállítják az I. mosófokozatba.

Az I. mosófokozat alsó elvételét a szűrők szűrletével keverik és centrifugál szivattyúval szállítják a hidroszeparátorba.

A hidroszeparátor alsó elvétele, szabadráfolyással, az első gereblyés osztályozóra jut. A kiválasztott durva frakciót a II. gereblyés osztályozóra mossák, majd a berendezést elhagyó anyagot a vörösiszap tároló térre szállítják. A gereblyés osztályozók túlfolyását közös edénybe vezetik és a hidroszeparátor túlfolyójába szivattyúzzák. A hidroszeparátor túlfolyása szivattyúzás nélkül a II. mosófokozatba kerül.

A II. mosófokozat alsó elvétele a hidroszatikus nyomáskülönbség hatására szivattyúzás nélkül folyik a szűrőteknőbe. A szűrőből távozó szűrletet és mosószűrletet utánülepítőbe vezetik. Az utánülepítő alsó elfolyását visszaállítják a szűrőkre az I. mosófokozat alsó elvezetéséhez.

A szűrődobon levő vörösiszap mosására alkalikus kondenzvizet használnak. A leszedőhengerrel eltávolított iszapot gyorskeverő teknőbe ipari vízzel zagyolják, majd a vörösiszaptérre szállítják.

A zagyolást később nagyrészt vörösiszaptérről visszatérő vízzel oldják meg. A MOTIM a hidroszeparátor előzőkben ismertetett beépítését azzal indokolja, hogy ezzel megakadályozza, hogy az ülepítő és az egyes mosófokozatban leváló paladarabok és szennyeződések a szűrő teknőjébe jussanak. A membránszivattyúk centrifugálszivattyúval való helyettesítése csak átmeneti jellegű.

Az alkalmazott vörösiszap-mosást jellemző technológiai adatok 1972 novemberében a következők voltak:

A szűrőkre táplált zagy szilárdanyag-tartalma	280—340 g/l
A szűrőkre táplált zagy Na_2O_k tartalma	35—38 g/l
A szűrőkre táplált zagy hőmérséklete	58—60 °C
A szűrődob fordulatszáma	1,6 f/perc
A lepény vastagsága	2—2,5 mm
A lepény tapadónedvessége	43—45%

A szűrlet + mosószűrlet hőmérséklete	58—60 °C
A szűrlet + mosószűrlet szilárdanyag-tartalma	28—40 g/l
Iszapmosóvíz hőmérséklete	96 °C
Szűrési nyomás	300—350 Torr vákuum
Fajlagos szűrési teljesítmény	90 kg/m²ó*
Fajlagos mosóvíz-fogyasztás	1,72—1,98 l/kg*
Szűrt iszap oldott Na_2O tartalma	0,6—0,8 súly%*

A *-gal jelölt értékek száraz vörösiszapra vonatkoznak. A fajlagos szűrési teljesítmény viszonylag alacsony szintjének oka — mint azt a Giulini cég tapasztalatai is bizonyítják — a vörösiszapzagy ülepítő és mosófokozatok közötti centrifugál szivattyú továbbítása.

Másodlagos okként említendő meg, a halimbai bauxit feltárása során keletkezett vörösiszapzagy rossz ülepedési és szűrési tulajdonsága.

A szűrők kezelésére alkalmazott személyek száma:

2 fő/műszak.

Szűrővászon tisztítás:
- Gyakorisága ..... 2 naponként
- Időtartama ..... 40—60 perc

Teknőtisztítás:
- Gyakorisága ..... 1—2 naponként
- Időtartama ..... 30—50 perc

Vörösiszap-szűrők hazai gyártása

A kedvező üzemi tapasztalatok alapján megkezdődött az 50 m²-es vákuum-dobszűrők magyarországi gyártása, leszedőhengerrel és anélkül is, a Dorr-Oliver cég licence alapján, amelyet az ALUTERV-Chemokomplex társulás vásárolt meg.

Az ICSOBA hírei

Beszámoló az ICSOBA Magyar Bizottsága 1972. december 7—8-án tartott 3. teljes üléséről

Az ICSOBA Magyar Bizottsága Ajkán és Keszthelyen tartotta meg 3. teljes ülését 1972. december 7. és 8-án továbbá elnökségi ülését az aktuális kérdések megvitatása és azokban határozathozatal céljából.

Az első nap programja, mely délelőtt 10 órakor kezdődött az Ajkai Timföldgyár és Alukohó Vállalat Kultúrházában, *dr. Tóth Béla* műszaki igazgatóhelyettes előadása volt „Az új (II) timföldgyár üzembehelyezésének tapasztalatai" címen. Előadásában kiemelte az érdeklődésre számottartó adatokat, az építés folyamán előfordult eseményeket, az átmeneti nehézségeket sem hallgatta el, s azok sikeres kiküszöbölését, kitért a korszerű megoldásokra, továbbá a kivitelezés egyes szakaszainak időbeli és pénzügyi eredményeire.

A beruházási javaslatban szereplő célkitűzések az alábbiak voltak: Fejlesztési költség 2,173 milliárd Ft + + 10 %; a beruházási költség — előirányzat 1,851 milliárd Ft; a konvertibilis deviza 1,8 millió dollár. A beruházás kezdési éve 1967. és befejezési ideje 1972. A megvalósítási időtartam 5,5 év + 10 %. A timföldgyártási kapacitás üzembehelyezésének tervezett ideje 1973. július 31. Az alapberuházásban 312 lakás épült meg felvonulási célra. Az Ajkai Erőműben kapcsolódó beruházásként 1 db 120 t/óra nyelőképességű ellennyomásos turbina és 2 db 120/10 kV-os kültéri transzformátor létesült. A Megyei Tanács 425 lakás építéséhez szükséges keretet kapott. Az egész létesítmény generáltervezője az ALUTERV volt, míg a kivitelezést 5 generálkivitelező vállalat végezte.

A kivitelezés az üzembehelyezés során szerzett tapasztalatok bővelkedtek mind a tervezésben, mind annak végrehajtásában korszerű megoldásokkal és átmeneti nehézségekkel, mely utóbbiak leküzdése sikeresen kifejezte a tervező és kivitelező szakemberek összedolgozásának eredményességét a jó munka érdekében.

Az előadást tervezői szemszögből kiegészítette *Nagy Péter*, létesítményi főmérnök, ALUTERV korreferátumában. Elég sok problémát adott a tervezésnél az alapadatok pontos és végleges lerögzítése, néhány esetben azokon változtatás történt, amelyek kihatással voltak a korábban megadott tervelkészítési határidőkre, azokat módosítani kellett.

Mindkét előadó ismertetését dia-képekkel tette szemléltetőbbé, melyek elősegítették az élénk figyelmet a jelenlevő szakemberek részére. Mindkét előadás bő ismeretanyagot szolgáltatott a megjelent szakemberek számára, de még azok is nagy érdeklődést tanúsítottak, kik az alumíniumiparnak nem ezen területén dolgoznak, így a bányászok, geológusok és kohászok. Az előadásokat hozzászólás követte, majd annak a létesítménynek a megtekintése, melyről szó volt.

Az ICSOBA Magyar Bizottsága 3. teljes ülése délután már Keszthelyen a Helikon Szálló előadótermében folytatódott és 16 órakor megkezdődött az elnökségi ülés. Itt került megvitatásra az IMB 1973. évi programja, melyet lényegében az ICSOBA III. Nemzetközi Szimpóziuma, melyre 1973. szeptember 17—21. között kerül sor Nizzában, határoz meg. Az elnökségi ülést *Szennay István*, vezérigazgatóhelyettes MAT, az IMB üv. elnöke nyitotta meg és pontonként terjesztette az elnökségi tagok elé a megvitatandó kérdéseket, melyek mindegyikére az ülés végeztével megfelelő határozat született azzal, hogy azokat az IMB Titkársága külön tájékoztatóban az érdekeltek számára közzéteszi. Az elnökségi ülés az esti órákban ért véget *Solymár Károly*, FÉMKUT laboratóriumvezető a gyenge minőségű bauxitok feldolgozása tárgyában Besztercebányán megtartott nemzetközi kollokvium alkalmával elhangzott előadások igen érdekes összefoglalójával. Ezután a résztvevők igen kellemes baráti összejövetelen vettek részt fehér asztal mellett.

A 3. teljes ülés második napi programján *Timár Vilmos*, a MAT vezérigazgatóhelyettese „A magyar alumíniumipar részvétele a nemzetközi munkamegosztásban különös telintettel a szocialista integrációra" tárgyú előadása szerepelt. A jól felépített és sok részletre kiterjedő előadás élénk érdeklődést váltott ki. Az előadáshoz hozzászólt a saját munkaterületének szemszögéből *dr. Nagy György* osztályvezető METALIMPEX, *dr. Relle Péter* főosztályvezető MINERALIMPEX, *dr. Juhász Ádám* igazgató, ALUTERV, *Szakál Pál* vezérigazgató-helyettes CHEMOKOMPLEX.

A résztvevők a hasznos és kellemes benyomások érzésével távoztak el az IMB 3. teljes ülésének végeztével.

Bányai Bálint
az ICSOBA titkára

Egyesületi hírek

Beszámoló az ALUMÍNIUM KONFERENCIA '72-ről

Székesfehérvár, 1972. október

Székesfehérvárott első ízben került megrendezésre az „Alumínium Konferencia '72". Célja a Székesfehérvári Könnyűfémmű teljes gyártási keresztmetszetének bemutatása, az itt folyó, illetve a MAT-hoz tartozó Intézetekben és Vállalatoknál folyó tudományos-műszaki munkák ismertetése volt.

A Konferencián közel 300 fő vett részt, akik közül 32 baráti és 29 tőkés országokból érkezett. A belföldi felhasználók közül csak kevesen vettek részt. A több napos időtartamra tervezett Konferencia simán és nyugodt légkörben folyt.

Az előadások nagy számát és az átfogott témakörök sokasága miatt, vita csak egyes előadások után indult meg. Ilyen széles spektrumú Konferencián vita igen nehezen kezdődik. Vita kifejlődéséhez egy-egy témakörben csak egy-két napos szimpóziumot ajánlatos rendezni, pl. „Alumínium tuskók öntési technológiája", „Alumínium az építészetben", „Alumínium a közlekedésben" stb.

A hozzászólásoknál egyes gyárak képviselői sok esetben túllépték az engedélyezett időt. A Konferencia lefolyását kismértékben zavarta, hogy az előadások teljes anyaga nyomdai kapacitás hiánya miatt csak később jelenik meg. Ez már tartalmazni fogja a vitát és a hozzászólásokat is.

A Székesfehérvári Könnyűfémmű OMBKE helyi csoportja a Konferencia megszervezésével és lefolytatásával kapcsolatos feladatokat jól látta el.

A jövőben megrendezésre kerülő „Alumínium Konferenciák szervezésénél a következőket javasoljuk:

— A témakörök számát ajánlatos csökkenteni, pl. csak a félgyártmánygyártást tárgyalni, illetve a feldolgozással külön konferencián kell foglalkozni.
— A berendezéseket gyártó vállalatok szakembere csak a gépeiken bevezetett fejlesztések eredményeit ismertessék.
— Az előadások szövegét célszerű a Konferencia megnyitásakor a résztvevőknek kiadni.
— Az előadásokat lehetőleg egy helyen kell tartani a rendezéssel járó adminisztráció csökkentésére.
— A pénzügyek intézése egységesebb, ha a részvételi díjak a rendező intézményhez futnak be; a gazdasági elszámolást így rövidebb idő alatt lehet lezárni.
— Az előadások jegyzeteinek kiadására célszerű szerkesztő bizottságot szervezni.

A Szervező Bizottság nevében
Zachár László

Szakosztályi hírek

A Fémkohászati Szakosztály Székesfehérvári Csoportja (Könnyűfémmű) február 7-én tartotta idei első ülését, amelyen megjelent *Várhelyi Rezső*, a szakosztály elnöke, *Török Frigyes* elnökhelyettes és *dr. Laboda Sándor*, a szakosztály titkára is. A helyi csoport vezetősége részéről jelen volt *Egerszegi János* elnök, *Csömöz Ferenc* titkár, *dr. Csák József*, *Limpár István*, *Kisdéri Antal*, *Németh Lajos*, *Jakab István*, *Kaszás Ferenc*, *Oláh Zoltán* és *Puza Ferenc*.

Egerszegi János elnök üdvözlő és megnyitó szavai után *Csömöz Ferenc* titkár tartott tájékoztatást.

Az 1972. évi munka értékelése:

1972-ben a csoport 4 üzemi előadást és egy 8 előadásból álló előadássorozatot rendezett. Nagy részt vállalt a csoport a város milleneumi ünnepségsorozatához kapcsolódó „Alumínium Konferencia '72" 5 napos nagy rendezvény előkészítésében, szervezésében, megrendezésében. A hazai műszaki-tudományos rendezvényeken, tanulmányutakon, külföldi cégek kiállításain, előadásain 24 alkalommal, összesen 108 fővel vett részt a csoport. Csoportunk fogadta a vállalatunkhoz üzemlátogatásra érkező társegyesületi csoportokat és biztosította számukra a szakmai vezetést. A csoport tagságának irodalmi közlései főleg a Kohászati Lapokban, a Magyar Alumíniumban és a Fejér megyei Műszaki Életben jelentek meg (13. közlemény). Az Alumínium Konferencián 6 előadást tartottak csoportunk tagjai. Rendszeresen részt vettünk az OMBKE és a MTESZ munkájában. Csoportunk tagjai megtalálhatók az OMBKE 62. tisztújító közgyűlésén választott választmányi tagok között, a Magyar Alumínium szerkesztőbizottságában, a MTESZ Fejér megyei szervezetének elnökségében és szakbizottságaiban.

Az 1973. évi részletes program összeállítása

A csoport havonta egy szakmai klubdélutánt rendez, melynek keretében a vállalat egy-egy konkrét technológiai problémájáról, fejlesztési kérdésekről, valamint általános, a műszaki ismereteket bővítő témákról hangzik el előadás, vita. A csoport idén is aktívan bekapcsolódik az Alba Regia „Műszaki Hetek" programsorozatába. Fokozni kívánjuk a társadalmi rendezvények számát, „kupaalapító szakestélyt" rendezünk. A 100 fős csoport tagság aktivitásának javítása céljából szakmai csoportokat alakítunk a főbb techhológiai területek (tuskógyártás, hengerlés, sajtolás, készárugyártás), illetve az ipargazdasági-termelésirányítási-fejlesztési területen dolgozó tagjaink összefogására. A szakmai csoportok az adott szakterület témáival, problémáival foglalkozó rendezvények *gazdái*, a csoport egységén belül önállóan működő részegységei lesznek. A csoporttagság jelentős része fiatal. A vállalat KISZ Bizottságával történt megállapodás szerint patronáljuk a FMKT által szervezett Kiváló Ifjú Mérnök és Kiváló Ifjú technikus mozgalmakat, az arra érdemes pályamunkákat leközöltetjük a Kohászati Lapokban.

A tájékoztatást vita követte, majd néhány egyéb aktuális kérdésben hozott határozatot a vezetőség.

*

A MTESZ Fejér megyei Szervezetének 1973. január 25-i Elnökségi Ülésén Csömöz Ferenc csoport titkár tájékoztatást adott a Fémkohászati Szakosztály Székesfehérvári Csoportjának munkájáról. A tájékoztatás két év munkájára terjedt ki, mivel az előző beszámolóra 1970. október 1-én került sor.

Az Elnökségi Ülés, melyen részt vett *Dancs Kálmán*, a Városi Tanács VB elnökhelyettese és *Gál Ödön*, a MTESZ központi titkára is, az előzetesen szétküldött beszámoló anyag, a szóbeli kiegészítés, a Székesfehérvári Könnyűfémmű vállalatvezetőségének véleménye és a hozzászólások alapján a csoport munkáját pozitívan értékelte és *Egerszegi Jánost*, a csoport elnökét, valamint *Csömöz Ferencet*, a csoport titkárát jegyzőkönyvi dicséretben részesítette.

Dr. Csák József
Székesfehérvár

Műszaki és gazdasági hírek

Tóth Károly magyar származású vegyészmérnök 6 évvel ezelőtt alapította az Alkalmazott Alumínium Kutató Intézetet egy olcsó, folyamatos alumínium előállító eljárás kidolgozására New Orleansban. A *Tóth* eljárás elve alumínium-előállítás alumíniumklorid fémmangánnal való redukciójával; a technikai módozatok még mindig fejlődnek. Az eljárás lényeges, szabadalmazott sajátossága kaolin-agyag klórozása, és a nyert alumíniumklorid mangán fémmel való redukciója. A kalcinált agyagot klórozzák; a fémklorid áramot szabályozott kondenzáltatással tisztítják; a vasat mint ferrikloridot és ferroalumíniumot távolítják el. A mangánt a mangánklorid oxidálása után visszavezetik a rendszerbe, majd a mangánoxidot mangánfémmé redukálva az alumínium-mangán reaktorba adagolják. A technológia részleteit a tervezett kísérleti üzemben fogják kidolgozni. A kísérleti üzem előreláthatóan 1973-ban indul. A *Tóth*-eljárás — írja a lap —, ha sikerül ipari méretűvé fejleszteni, esetleg elavulttá teheti a jelenlegi elektrolitikus alumínium kohókat. A módszer szerint ugyanis agyag, vagy gyenge minőségű bauxit is feldolgozható és a közbenső timföld lépcsőt teljesen kiküszöböli. (BE)

Metals Week, 1973. február 19, p. 9.

*

A norvég kivitelben az ércek és fémek még mindig az első helyen állnak, de ezt a hagyományos kivitelt egyre több gépipari termék követi. A norvég exporttanács adatai szerint 1959 óta a gépipari termékek exportjának értéke háromszorosára szökött fel, és 1971-ben 5183 millió koronát tett ki. Ugyanebben az időszakban (a hajók kivételével) az egész kivitel is megháromszorozódott, 16 140 millió koronát ért el, amiből az ércekre és a fémekre 32 százalék jutott. A hagyományos exporttermékek közül a halászati termékek részaránya az 1959. évi 22 százalékról 1971-ben 15 százalékra esett vissza: a papír és cellulóztermékek részesedése pedig 21-ről 5 %-ra.

Az alumínium, a ferroötvözetek és a magnézium iránt az egyre lanyhuló nemzetközi kereslet következtében e szektorok expanziója valamivel alábbhagyott; a legnagyobb norvég alumíniumtermelő üzem kapacitását csak 80 százalékban tudta kihasználni.

A viszonylag olcsó és bőséges vízi energia alkalmazásával a fémkohászati ipar irigylésre méltó gyorsasággal fejlődött: 1961 és 1971 között ezen iparág termelési indexe 100-ról 205-re emelkedett. Az alumíniumtermelés megháromszorozódottés 1971-ben 530 ezer tonnára emelkedett, az acéltermelés 863 ezer tonnát, a ferroötvözetek előállítása 648 ezer tonnát és a réztermelés 28 ezer tonnát ért el. Az alumíniumtermelés nagy része mint nyersalumínium termék kerül kivitelre.

A *British Aluminium* igazgatója az alumíniumipar perspektívájáról szólva bejelentette, hogy nem ért egyet azokkal a nézetekkel, melyek szerint az alumíniumipar elérkezett a krónikus túltermelés időszakába. Ebben az évben a keresletnövekedés olyan mértékű volt, hogy lehetővé vált az eladási árak emelése. Az 1973-as évre a British Aluminium szerint ismét mintegy 10 %-os keresletnövekedés várható. 1973-ban az USA alumínium kínálata a kereslettel várhatóan egyenlő lesz. Nyugat-Európában csökkenni fognak a még meglevő alumínium-feleslegek amennyiben a beruházásoknál figyelembe veszik a jelenlegi kapacitás feleslegeket.

A British Aluminium prognózisa szerint viszont csökkenni fognak az exportra orientálódott vállalatok elhelyezési lehetőségei, mivel számos ország, mely korábban importőr volt, szükségleteit egyre inkább a hazai termelésből fedezi (pl.: a Közös Piac eredeti 6 tagországa, valamint Anglia és Japán). (HW)

BIKI 1972. november 30.

*

Kreisky osztrák kancellár február 6-i sajtókonferenciáján bejelentette, hogy az államosított vas- és acélipar üzemeinek összevonását a színesfémipari vállalatok fuziója követi még ebben az évben. Az összevonás a következő üzemeket érinti:

Vereinigte Metallwerke, Ranshofen — Berndorf (Felső- és Alsó-Ausztria)
Vereinigte Wiener Metallwerke
Kupferhütte, Brixlegg (Tirol)
Kupferbergbau, Mitterberg (Salzburg)
Bleiberger Bergwerksunion (Karinthia és Burgenland). (HW)

Osztrák TV Zeit im Bild adása 1973. II. 6.

*

Suharto elnök januárban vagy februárban ellátogat Nyugat-Iriánba, ahol többek között hivatalosan felavatja az amerikai érdekeltségű *Freeport* bányavállalat által megnyitott rézbányát, az ország első ilyen üzemét. A bánya érckészletét 33 millió tonnára becsülik, átlagosan 2,5 százalékos fémtartalommal.

Az eddigi munkálatok során felszínre hozott ércből készült 9000 tonna koncentrátumot most szállítják Japánnak, 2000 tonnát pedig az NSZK-nak. A koncentrátum fémtartalma több mint 30 százalék.

A bánya teljes várható hozamát egyébként hosszú lejáratú szerződésekben már lekötötték a japán és nyugatnémet vevők. (HW)

Világgazdaság 1973. január 9. sz.

*

A *Toyo Seikan Kaisha* japán konszern alumíniumkannákat kezd gyártani ebben az évben. A tervek szerint évi 200 millió kannával jelentkeznek majd a piacon. A termelést a Continental Can amerikai konszern licence alapján folytatják. (HW)

Világgazdaság 1973. január 30. sz.

*

1971-ben Jamaica bauxittermelése az 1970. évi 11,8 millió tonnáról 12,2 millió tonnára, timföldtermelése pedig 4,2 millió tonnáról 4,65 millió tonnára emelkedett. (HW)

Metal Bulletin 1972. szept. 12.

*

Az ALCOA vállalat és japán képviselője a *Morimura Brothers Inc. of Tokyo* cég 75:25 részvényaránnyal új társaságot alapított „pelyhes timföld" (tabular alumina) gyártására. Ez a termék nagy hőfokon kezelt, jól kalcinált alumíniumoxid, mely nagy lemezes kristályokból áll. Nagy fajsúlyú, nyomásszilárdsága és jó hőlökésállósága teszi keresetté. Eddig ezt a terméket az ALCOA két üzemben gyártotta: Rotterdamban surinami, Pittsburgban arkansani bauxitot dolgoztak fel. Az ALCOA gyártásán kívül csak a Kaiser Aluminium Co állítja még elő ezt a terméket. (HW)

Industr. Minerals 1972. október

*

Az USA Kereskedelmi és Ipari Kamara Georgiai Tagozata javaslatot tett egy új, kis teljesítményű (5 t/nap), helyi kaolin előfordulásra telepített timföldgyár létesítésére és erre a célra 20 millió dollárt kért a Szövetségi Kormánytól. Az eljárás lényegesen eltér a klasszikus, bauxiton alapuló eljárástól és eredményesség esetén nagy horderejű lehet. A Georgiai Institute of Technology a Hyde-Margonlin salétromsavas eljárást ajánlotta, mely becslés szerint 54 $/t önköltséggel kereskedelmi minőségű timföldet állít elő igen gazdaságosan (a bauxiton alapuló timföld önköltségénél csak 4 $-kal drágábban).

Georgia 3,5 millió tonna/év mennyiséggel az USA összes kaolinkitermelésének 75 %-át adja. A termelés 90 %-át a papír-, gumi-, festék és egyéb iparok dolgozzák fel, 10 %-ot pedig tűzállóanyag gyártáshoz kalcinálnak. Az USA 500 millió tonnára becsült készleteinek felhasználására újabb lehetőségeket keresnek és az új kísérleti timföldgyár is ezt a célt szolgálja. (HW)

Industr. Minerals. 1972. október

*

Az ALCOA és a görög kormány között hosszantartó tárgyalássorozat után elkészült a Görögországban felépítendő timföld-alumínium kombinát terve. Az építési munkálatokat 1977-ben kezdik meg. A timföldüzem kapacitása 260 ezer tonna, az alumíniumkohó kapacitása

130 ezer tonna lesz, melyeket a jövőben megkétszereznek majd.

Az érdekelt felek még nem vitatták meg, hová építsék fel a timföldüzemet, valamint az alumíniumkohót, és hogyan biztosítsák az üzem és a kohó számára a nyersanyagot és az energiát. Tárgyalások folynak Parnassus Bauxite-tal, mely a vállalkozáshoz szükséges bauxitot szállítaná. Ezzel egyidejűleg a Reynolds tárgyalásokat folytat a Parnassusszal közös alumíniumkohó létesítéséről is. (HW)

Metal Bulletin 1972. szept. 8.

*

Az ALCOA 5 000 tonna elsődleges alumínium eladásáról kötött magállapodást Kínával. A szerződés értéke több, mint 2 millió dollár, mely kb. 20 cent/libra árának felel meg. (HW)

Metal Bulletin 1972. szeptember 5.

*

A görög *Aluminium de Gréce S. A.* alumínium termelése 112 853 tonnát tett ki 1971-ben az előző évi 86 404 tonnával ellentétben és ez csúcsot jelentett. A timföld termelés felfutott 463 760 tonnára a fentemlített időben az 1970. évi 309 887 tonnával ellentétben és ez a növekedés kereken 50 %-os volt. A vállalat kivitel emelkedése kitett kereken 30 %-ot 1971-ben és ez állt 240 718 tonna timföldből az 1970. évi 164 519 tonnával, illetőleg 85 082 tonna alumínium az 1970. évi 61 330 tonnával ellentétben. (K. J.)

METALL 1973. 1. f. 84. o.

*

A Szovjetunió javaslatot tett görög üzletembereknek egy 450 ezer tonna évi kapacitású, a helyi bauxitot feldolgozó timföldgyár létesítésére. Az illetékes üzleti körök már aláírtak egy előzetes szerződést a Szovjetunióval, melynek értelmében Görögország a kb. 100 millió dolláros beruházást az új létesítményben előállított timföld 7 éven keresztül történő szállításával törleszti.

Az ALCOA és a Reynolds képviselői személyes tárgyalásokat folytatnak Görögországban a tervezett alumíniumipari beruházásokról.

Görögország egyes üzleti körei szerint előnyösebb lenne, ha a Szovjetunió az ALCOA-val és a Reynolds-szal együtt közösen létesítene és működtetne egy 1 millió tonna évi kapacitású timföldüzemet, melyben esetleg az Aluminium de Gréce-nek is részesedése lenne. Azonban a terv megvalósulása nem látszik valószínűnek. (HW)

Metal Bulletin 1972. szeptember 22.

*

Japán bauxitimportja 1971-ben és 1972-ben az alábbiak szerint alakult:

	1971	1972 (előrebecslés)
	ezer tonna	
Összesen	4300	4800
Ebből		
Indonézia	1000	1000
Malaysia	800	800
Ausztrália	2500	3000

Japán növelni fogja Ausztráliából származó bauxitbehozatalát. Indonéziából és Malaysiából viszont nem várhatók szállításnövelések tekintettel arra, hogy a készletek korlátozottak és a minőség évről évre romlik.

1971-ben Japán az alumíniumtermelés mintegy 9 %-os csökkenésének eredményeképpen az előző évi mennyiség kétszeresét, 224 ezer tonna timföldet exportált.

Ez évben hasonló kivitel várható. A japán timföld fő vásárlói a Szovjetunió (1971-ben 60 ezer tonna), Dél-Korea (27 ezer tonna) és Ausztrália (14 ezer tonna). (HW)

Metal Bulletin Monthly 1972. október

*

A Societe Miniere de Tenke-Fungurume befejezett 350 fúrást 46 892 m összhosszúságban. Az érctartalékot 45,7 millió t-ra becsülik — oxid és szulfid ércek vegyesen — 5,5 % réz és 0,55 % kobalt tartalommal. Ebből 20,4 millió t oxidérc, 5,6 % savban oldható réz és 0,39 % savban oldható kobalttartalommal.

Mining Journal 280 k. 7175 sz. 1973. február 23. p. 156

*

Az U. S. Commerce Department az 1973 Industrial Outlook-ban közli, hogy a primer fémtermelés tovább növekszik, bár lassabban, mint az utóbbi évben.

Alumíniumtömb és hengerelt árukban mintegy 8 % növekedést várnak 5,67 millió t-ig. Múlt évi becslés szerint a szállított mennyiség eléri az 5,25 t-t.

A Comm. Dep. véleménye szerint az alumíniumfogyasztást növelni fogja az építészeti felhasználás, alumínium szerkezetek és új típusú konténerek gyártása. Új piacokat teremthet továbbá a folyékony földgáz előállítása, kezelése és raktározása.

A hazai ércekből előállított raffinált réz mennyisége várhatóan eléri ebben az évben az 1,75 millió t-t, növekedés 6 %.

Mining Journal 280 k. 7175. sz. 1973. február 23. p. 151.

*

Codelco jelenti, hogy Chile öt nagy rézbányája 1972-ben 593 219 t rezet termelt az 1971. évi 571 224 t-val összehasonlítva. A termelés nem érte el az évi 630 000 t-s célkitűzést.

Mining Magazine 1973. március hó p. 201.

*

A Musoshi bányából behajózták Japán felé az első rézdúsítmány szállítmányt. A 15 000 t-s koncentrátum szállítmány mintegy 5000 t rezet tartalmaz. A bánya a Nippon Mining of Japan a Zaire-i Kormányzattal közösen évenként mintegy 53 000 t rezet termel.

Mining Magazine 1973. március hó p. 200.

*

A Lakeshore-i külszíni és mélyművelésű rézbánya jövő év vége felé kerül üzembe közel Casa Grandehoz, Arizonában. Jelentések szerint a kezdeti réztermelés 68,9 et/év (katód és cement réz). A véggázokból nyert kénsavat a külszíni fejtés oxidérceinek lúgzására használják fel és a nyert cement-réz 74%-os. A mélyművelésű zóna, mely 24 millió 1,69% réztartalommal, most van feltárás alatt.

Mining Magazine 1973. március hó p. 201.

*

Las Ventanas kohó kombinát új lángkemencével bővült. A kénsav és szuperfoszfát gyárral kombinált bővítés napi 1200 t koncentrátum feldolgozására alkalmas és a kohómű teljesítményét a jelenlegi 115 000 t-ról 212 000 t-ra növeli.

Mining Magazine 1973. március hó p. 200.

*

Egyesül a Cyprus Mines és a Bagdad Copper corporation. A C. M. Los Angeles-bázisú nemzetközi bányatársulat. Tulajdonában van a Bruce Mine, amely 1971-ben 2200 t rezet adott el. 50%-ban érdekelt a Pima Mining és a Marcona Corp.-ban, amely rézérc kapacitását 1972-ben napi 54 000 t-ra növelte. Ipari érdekeltségei is vannak. Övé a Rome Cable, mely réz és alumínium kábeleket gyárt.

Bagdad Mines kapacitását két lépcsőben 1975-ig kétszeresére növeli. Oldószeres extrakciós üzemet is létesít, amely évente 7200 t katódrezet állít elő. A két vállalat pénzügyi vonatkozású kapcsolatait a későbbiekben rendezik.

Mining Journal 280 k. 7174 sz. 1973. február hó p. 137.

*

A legnagyobb problémát viszkózus anyagok kezelésénél a melegítés/hűtés és keverés jelenti. Kettősfalú, mechanikusan kevert egységek használhatók viszkózus folyadékok, iszapok és szilárd anyagok fűtésére és hűtésére. A cikk a szokványos típusú keverőket tárgyalja és a használatukkal kapcsolatos problémák megoldását ismerteti. Ez az egyik módja a mozgatás és keverésnek. A másik módszer a legújabban kifejlesztett mozgásnélküli keverők, „motionless mixers", melyet a 105—114. oldalakon két cikk ismertet. (BE)

Chemical Engineering 1973. március, 1973. március 19. p. 98—104.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

106. ÉVFOLYAM



AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET LAPJA
BUDAPEST, 1973. JÚLIUS HÓ
7

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

Горный и Металлургический Журнал Металлургия
Zeitschrift für Bergbau und Hüttenwesen **Hüttenwesen**
Mining & Metallurgical Journal **Metallurgy**

ALAPÍTOTTA: PÉCH ANTAL 1868-ban

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET

A MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI EGYESÜLETEK SZÖVETSÉGE TAGJÁNAK LAPJA

Szerkesztőség: 1061 Budapest VI., Anker köz 1. I. 105.
Tel.: 426-795

TARTALOM

RÉTI VILMOS: A melegen hengerelt szélesszalag gyártásának fejlesztése a Dunai Vasműben .. 289
DR. GULYÁS JÓZSEF: Finom- és drótsorok üregezésének sajátos elméleti vonatkozásai 296
NAGY GÉZA: Égetett magnezittéglák korrózióállóságának fokozása a szabadpórusokba történő karbonbevitellel 301
RAPATYI JÓZSEF: Nagyjavítások, részjavítások előkészítése és levezetése korszerű szervezési és számítástechnikai módszerek alkalmazásával 309
Egyesületi hírek 314
Beszámoló külföldi tanulmányútról 315

FÉMKOHÁSZAT

DR. WÉBER JÓZSEF—RIEDL ISTVÁN: A rézkohászat fejlődési irányai 316
DR. CSÁK JÓZSEF—SZABÓ LAJOS—DR. VORSATZ BRUNÓ—ZEMPLÉN-PAPP ÉVA: Neutronaktivációs oxigénmeghatározási módszer alkalmazása az alakítható Al-ötvözetek optimális fémkezelési technológiáinak kialakításánál 323
FARKAS FERENC—GOMBOS MÁRTON—KOVÁCS FERENC—DR. KLUG OTTÓ: A szóda- és kausztikus nátronfüggetlen tartomány szerepe timföldgyári aluminátlúgok összetétele meghatározásánál a vezetőképesség- és fajsúlymérés felhasználásakor 330
DR. POZSGAI VILMOS—HORVÁTH ZOLTÁN: Nagytisztaságú (99,999—99,995%-os) bizmut előállítása 333
A Fémkohászati Tanszék hírei 335
Szabványosítási hírek 335
Műszaki és gazdasági hírek 336
A hazai alumíniumipar hírei 336

ÖNTÖDE

KOVÁCS LÁSZLÓ: Az izzítás és a tárolás hatása a ferroövezetek gáztartalmára 145
KURT LINNEWEH: Croning-eljárás helyzete 25 év után 153
HERBERT GROLLA: Teljesen automatizált, kiszolgálás nélküli formázósorok 158
BAKÓ KÁROLY—SÁRKÖZY GYÖRGY: A magkészítés termelékenysége 160
Szakosztályi hírek 157, 167
Szabványosítási hírek 168

Megjelenik havonként
Egyszámlaszám egyesületi tagok részére: Magyar Nemzeti Bank 61 770
Egyévi előfizetés: 180,— Ft. Egyes példányok ára: 15,— Ft
Bánya- és Kohászati Lapok — KOHÁSZAT

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1906 Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-293. Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató
73.7., 983 — Révai Nyomda, Budapest V., Vadász utca 16.
F. v.: Povárny Jenő
Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (1900 Budapest, József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára
A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultúra" P. O. B. 14. Budapest 62

Index: 25.155

ÉVFOLYAM ГОД JAHRGANG YEAR 106

SZÁM № Nr. No. 7

JÚLIUS ИЮЛЬ JULI JULY 1973

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

ЖУРНАЛ ГОРНОГО ДЕЛА И МЕТАЛЛУРГИИ МЕТАЛЛУРГИЯ
ZEITSCHRIFT FÜR BERG UND HÜTTENWESEN HÜTTENWESEN
JOURNAL OF MINING AND METALLURGY METALLURGY

СОДЕРЖАНИЕ

В. Рети: **Усовершенствование производства горячекатаных широких лент на Дунайском металлургическом комбинате** ..... С 289

Во всем мире растет количество плоских продуктов, поэтому везде стараются повысить емкость станов для прокатки широких лент.
Работа ознакомливает с полунепрерывными станами для прокатки широких лент, введенными в эксплуатацию в 1960-ом году на Дунайском металлургическом комбинате и с разработанной технологией прокатки. Описаны работы, проведенные с целью увеличения емкости в прошлых годах. В результате этих работ в 1972-ом году было произведено 1 миллион тонн проката вместо 400 000 т/год. запланированно увеличение емкости еще на 1,5—2 т/год.

Д-р Й. Гуяш: **Теоретические основы калибровки проволочных станов** ..... С 296

Статья занимается теоретическими вопросами прокатки на непрерывных станах с точки зрения скорости прокатки и деформации.
С увеличением скорости прокатки согласно известным эмпирическим формулам уменьшается угол захвата. В диапазоне скоростей 10—30 м/сек теплота, возникающая на поверхности из-за трения вызывает уменьшение коэффициента трения и таким образом уменьшение угла захвата.
Расширение влияет на размерную точность прокатки. В статье сопоставлены растяжения и расширения у разных калибров. Приведена оптимальная технология прокатки с точки зрения удельного расхода энергии. Практическое применение метода показано на примерах.

Геза Надь: **Увеличение коррозионностойкости отоженных магнезитных кирпичей с введением углерода в свободные поры** ..... С 301

В статье приводятся результаты лабораторных и промышленных испытаний, проведенных при производстве отоженных магнезитных кирпичей, пропитанных дёгтем. Описана установка собственной конструкции, приведена технология. Экспериментальные кирпичи были встроены в шлаковую зону дуговой электропечи. Заводские опыты и макроскопические и микроскопические исследования вынутых кирпичей оправдали тот факт, что введение углерода значительно повысит коррозионностойкость у огнеупорных кирпичей, находящихся в щелочной атмосфере сталеплавильных печей.

Й. Рапати: **Подготовка и проведение генеральных и частичных ремонтов с применением современных методов организации и вычислительной техники** ..... С 309

В статье обсуждается капитальный и частичный ремонт, подготовка и проведение ремонта, оценка и приведены экономические вопросы. Результаты, полученные на Дунайском металлургическом заводе в этой области являются очень важные, однако достигнутые успехи настаивают на дальнейшей работе.

Д-р Й. Вебер—И. Ридл: **Направления развития медной металлургии** ..... С 316

Возрастающие требования по количеству меди, постепенное уменьшение содержания меди в рудах меди, более строгие предписания по охране природы привели к необходимости введения новых методов и усовершенствований в развитие медной металлургии. В работе анализируются те обстоятельства, которые вынудили развитие и условия развития. Приведено развитие огневой металлургической обработки руд меди. В статье с помощью таблиц и с приведением литературных данных показываются технологические стороны и обсуждаются вопросы, связанные с охраной природы.

Д-р Й. Чак, Л. Сабо, д-р Б. Воршатц, Э. Земплен-Папп: **Применение определения содержания кислорода методом активации нейтронов при разработке оптимальной технологии обработки деформируемых алюминиевых сплавов** ..... С 323

В статье обсуждены разные методы определения содержания оксидов и результаты экспериментов проведенных с целью разработки оптимального способа обработки расплавов. Для контроля чистоты деформируемых алюминиевых сплавов при проведении экспериментов был опробован метод определения кислорода с помощью активации нейтронов. Этот метод для деформируемых алюминиевых сплавов еще не был применен. На основе проведенного большого числа экспериментов следили за загрязненностью металла, исследовалась связь между оксидами и газами и оценивали эффективность выбранных технологических действий.

Ф. Фаркаш, М. Гомбош, Ф. Ковач и *О. Клуг:* **Роль „соданезависимого" и „кауст. натр-независимого„ диапазонов в определении состава алюминатных растворов с помощью измерения электропроводимости и плотности** ..... С 330

В Исследовательском институте цветных металлов был разработан метод определения основных компонентов ($Na_2O_{кауст}$, Al_2O_3 и Na_2CO_3) алюминатных растворов при помощи измерения физических параметров. При измерении были использованы „соданезависимого" и „каустический-натр-независимого" диапазонов электропроводности для снижения числа изменяемых величин многокомпонентной системы.

Д-р Вильмош Пожгаи—Золтан Хорват: **Создание высокочистотного (99,999—99,995%) висмута** ..... С 333

Исходя из металлургического металла создание висмута чистоты 99,999—99,995% с помощью зонной плавки. Характеристика процесса, определение оптимальных параметров, эффективность раффинирования.

INHALT

V. Réti: **Entwicklung der Herstellung von warmgewalzten Breitbändern im Donau-Eisenwerk ... S 289**

Weltweit vermehrt sich die relative Menge der Flacherzeugnisse, demzufolge erhöht sich die Kapazität der Breitbandwalzwerke. Die ursprüngliche Anordnung und Walztechnologie des im Jahre 1960 im Betrieb gesetzten, halbkontinuierlichen Breitbandwalzwerkes. In Interesse der Kapazitätserhöhung vorgenommene und ausgeführte, bzw. geplante Entwicklungsstufen des Walzwerkes, mit welchen die Anfangskapazität von 400 000 Tonnen im Jahre 1972 auf eine Million Tonnen erhöht werden konnte und später sogar eine Jahreskapazität von 1,5 bis 2,0 Millionen Tonnen erzielt wird.

Dr. J. Gulyás: **Die eigenartigen theoretischen Beziehungen der Kalibrierung von Fein- und Drahtstrassen ..... S 296**

Theoretische Fragen der Geschwindigkeits- und Umformungsumstände an kontinuerlichen Fein-Drahtstrassen. Mit Zunahme der Walzgeschwindigkeit vermindert sich — laut empirischen Angaben — der Eingriffswinkel. Die Geschwindigkeit von 10 bis 30 m/s vermindert die an der Oberfläche entstehende Reibungswärme und dadurch auch den Eingiffswinkel. Die Breitung beeinflusst die Massgenauigkeit der Walzerzeugnisse. Vergleich der Breitung und der Verlängerung in den verschiedenen Streckkalibern. Der den optimalen Energieverbrauch sichernde Stichplan und seine Anwendbarkeit beweisende konkrete Beispiele.

G. Nagy: **Steigerung der Korrosionsbeständigkeit von gebrannten Magnesitsteinen durch Kohlenstoffinfiltration in die freien Poren ..... S 301**

Erfahrungen mit Teer getränkten, gebrannten Magnesitsteinen im Labor und im Betrieb. Die Einrichtungen und die Technologie der Herstellung dieser Steine. Die Steine wurden in die Schlackenzone eines Lichtbogenofens eingebaut. Die Betriebserfahrungen, sowie die makro- und mikroskopische Untersuchung der gebrannten Steine haben bestätigt, dass durch die Kohlenstoff-Durchtränkung die Korrosionsbeständigkeit der in den agressiven Ofenzonen eingebauten Steine erheblich gesteigert wird.

J. Rapatyi: **Vorbereitung und Ableitung von Gross- und Teilreparaturen mit Hilfe von zeitgemässen organisatorischen und rechentechnischen Methoden ..... S 309**

Vorbereitung, Ableitung und Bewertung von Gross- und Teilreparaturen, und ihre wirtschaftliche Beziehungen. Die auf diesem Gebiet erreichten Ergebnisse im Eisenwerk „Donau" sind bedeutend, und spornen zur Fortsetzung der Bestrebungen an.

Dr. J. Wéber—I. Riedl: **Die Entwicklungsrichtungen der Kupfermetallurgie ..... S 316**

Der steigende Kupferbedarf, die ständige Abnahme des Kupfergehaltes der Kupfererze, sowie die immer strengeren Vorschriften des Umgebungsschutzes haben in der Kupfermetallurgie die Einführung neuer Verfahren, Arbeitsweisen und Modernisierungen erzwungen. Die Arbeit analysiert die Bedingungen dieser Entwicklung und die bei der Entwicklung zur Geltung gelangenden Gesichtspunkte. Sie bietet eine Übersicht der Entwicklung der Feuerverhütung der Kupfererze, die diesbezüglichen technologischen und Umgebungsschutz-Aspekte, unter Anwendung von übersichtlichen Tabellen und einer ausführlichen Literaturübersicht.

Dr. J. Csák—L. Szabó—Dr. B. Vorsatz—É. Zemplén-Papp: **Die Anwendung eines Sauerstoffbestimmungsverfahrens mittels Neutronenaktivierung bei der Entwicklung der günstigen Metallbehandlungstechnologie für Al-Knetlegierungen ..... S 323**

Die verschiedenen Sauerstoffbestimmungsverfahren und die Ergebnisse der Versuche zur Entwicklung des günstisten Schmelzebehandlungsverfahrens werden besprochen. Zur Konstrolle der Reinheit der Al-Knetlegierungen wurde das Sauerstoffbestimmungsverfahren mit Neutronenaktivierung eingesetzt, dass in der ungarischen technsichen Praxis bei Al-Knetlegierungen bis jetzt noch nicht zur Anwendung gelangte. Mit den mit diesem Verfahren möglichen zahlreichen Untersuchungen wurde die Verunreinigung des Metalles verfolgt, weiter wurde die Verbindung zwischen Oxid und Gas untersucht und die Wirksamkeit der gewählten technologischen Operationen wurde bewertet.

F. Farkas—M. Gombos—F. Kovács—Dr. O. Klug: **Die Rolle der Soda- und kaustischen Natron unabhängigen Bereiche in der Konzentrationsbestimmung von Aluminatlaugen in der Tonerdefabrik mittels Leitfähigkeits- und Dichtemessungen S 330**

In dem Forschungsinstitut für Nichteisenmetalle wurde eine Methode zur Bestimmung der Hauptkomponente ($Na_2O_{kuost.}$, Al_2O_3 und Na_2CO_3) von Aluminatlaugen under Anwendung der Messung physikalischer Parameter ausgearbeitet. In dieser Bestimmung wurden die „Soda-unabhängiger" und „kaust. Na_2O-unabhängiger" Leitfähigkeitsbereiche zur Reduktion der Veränderlichen des Mehrkomponentensystems verwendet.

Dr. V. Pozsgai—Z. Horváth: **Die Darstellung von hochreinem Wismut mit (99,999—99,9995%) Bi-Gehalt ..... S 333**

Von Hüttenmetall ausgehend wurde Wismut mit 99,999—99,9995%-iger Reinheit durch Zonenschmelzen hergestellt. Kennzeichnung des Vorganges, Bestimmung der optimalen Parameter, Wirksamkeit der Reinigung.

CONTENTS

V. Réti: **The development of hot-rolled wide strip rolling int he Duna Ironworks** ..... **P 289**

The ratio of flat rolled products is increasing everywhere, requiring an enlargement of the capacities of wide strip mills.
The paper describes the original arrangement of the semi-continuous wide strip mill started at the Duna Ironworks in 1960 and its rolling technology. In recent years several development steps were realized to enlarge the capacity of the mill which was originally designed for 400.000 tons of charge per year. In 1972 the mill produced one million tons and the capacity will be increased further to 1.5—2 million tons per year.

Dr. J. Gulyás: **Specific theoretical aspects of roll pass designing for fine and wire mills** ..... **P 296**

The paper discusses theoretical problems of velocity and deformation in continuous rolling mills. The angle of nip is reduced, according to well-known empirical data, with the increase of rolling velocity. In the range of 10—30 m/sec the superficial heat of friction reduces the coefficient of friction and therefore also the angle of nip. Widening influences the dimensional precision of the rolled product. The widening and stretching produces by various types of stretching grooves are compared. The rolling schedule leading to the optimal specific power consumption is described, with practical examples of application.

G. Nagy: **Increasing the corrosion resistance of calcined magnesite brick by carbon introduction into the open pores** ..... **P 301**

In connection with the production of a tar-soaked, calcined magnesite brick Hungarian laboratory and plant tests are described. The equipment designed by the author and the technology are detailed. The experimental bricks have been built into the slag zone of an electric arc furnace. Plant tests and macroscopic and microscopic tests on worn bricks removed from the furnace have proved that the introduction of carbon significantly improves the corrosion resistance of refractory bricks exposed to aggressive slags in the reducing atmosphere of steelmaking furnaces.

J. Rapatyi: **The preparation and execution of large-scale repair projects, using modern methods of organization and calculation** ..... **P 309**

The preparation, execution and evaluation of maintenance projects — e.g. large-scale repair and partial repair — are described together with some economic problems. The Duna Ironworks has significant results in this field, and they urge us to further efforts.

Dr. J. Wéber—I. Riedl: **Lines of development of copper metallurgy** ..... **P 316**

The constant increase of the copper demand, the continuous reduction of the copper content of copper ores, the increasingly strict specifications of environmental protection have enforced the introduction of novel processes, methods and modernizations in copper metallurgy. The paper analyzes the conditions enforcing this development and the aspects of the development. The development of copper ore smelting and its technological and environmental aspects are shown, with illustrating tables and a review of literature.

Dr. J. Csák—L. Szabó—Dr. B. Vorsatz—É. Zemplén-Papp: **Application of the oxygen determination by neutron activation analysis in developing the optimal metal treatment procedure for wrought Al alloys** ..... **P 323**

The paper discusses the methods of oxygen determination and the results of tests for developing the optimal treatment procedure for the melt of wrought Al alloys. The oxygen determination by neutron activation analysis was used to control the purity of the wrought Al alloy melts; this has not been employed before in Hungarian technical practice. The numerous tests made possible by this method were used to follow the variation of impurity content of the metal, to study the connexion between the oxide and the gas and to evaluate the effectivity of the selected technological operations.

F. Farkas—M. Gombos—F. Kovács—Dr. O. Klug: **Role of the soda- and caustic sodium-independent ranges for concentration determination of aluminate liquors in the alumina plant using conductivity and density measurements** ..... **P 330**

In the Research Institute for Non-Ferrous Metals is a method elaborated for determination of the main components ($Na_2O_{caust.}$ Al_2O_3 and Na_2CO_3) in the aluminate liquor, measuring the change of physical parameters. In this measurement for reduction of the variable quantities of the many-component system, the "soda-independent" and "caustic sodium-independent" conductivity ranges are used.

Dr. V. Pozsgai—Z. Horváth: **The preparation of high purity (99,999—99,995%) bismuth** ..... **P 333**

The preparation of high purity 99,999—99,9995% bismuth from virgin metal by zone melting. Characterization of the process, determination of optimal parameters, effectivity of the purification.

Főszerkesztő:
ÓVÁRI ANTAL

Szerkesztők:
DR. FUCHS ERIK, GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ, RUHMANN JENŐ

Szerkesztő bizottság:
BALÁZS FÜLÖP, DR. BECKER ERVIN, BOROSSAY BÉLA, CSEH MIKLÓS, DR. HAJTÓ NÁNDOR, DR. KÁLDOR MIHÁLY, KÉZDI ÁRPÁD, KOLLÁR SÁNDOR, DR. MÓCSY ÁRPÁD, PINTÉR ANDRÁS, DR. PILISSY LAJOS, DR. REMPORT ZOLTÁN, ROMWALTER ALFRÉD, SELMECZI BÉLA, SZELESS LÁSZLÓ, SZŐKE LÁSZLÓ, SZŰCS ENDRE, VAS IVÁN, DR. VERŐ BALÁZS.

A rajzokat készítette: KÜRTÖS MARGIT.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET FOLYÓIRATA

106. évfolyam 7. szám 1973. július

A melegen hengerelt szélesszalag gyártásának fejlesztése a Dunai Vasműben*

RÉTI VILMOS okl. kohómérnök
Dunai Vasmű

DK: 338.45:621.771.23(439):62.016.2

Világszerte növekszik a lapostermék részaránya, ezért a szélesszalag hengersorok kapacitását mindenütt bővítik.

A tanulmány ismerteti a Dunai Vasmű 1960-ban üzembe helyezett félfolytatólagos szélesszalag sorának eredeti telepítési elrendezését és a kialakított hengerlési technológiát. Leírja a kapacitás bővítés érdekében az elmúlt évek során végrehajtott és a tervezett jelentősebb fejlesztési lépcsőket, amelyeknek eredményeként az eredetileg 400 000 t/év betétre tervezett hengersoron 1972-ben már 1 mill. tonnát hengereltek és a hengersor kapacitást még tovább, 1,5—2 mill. t/év-re kívánják növelni.

A hengereltacélok termékválasztékában néhány évtized alatt alapvető változás következett be. A hengerelt termékek egyre nagyobb hányada lett az ún. lapostermék, úgy, hogy napjainkban a hengereltáru termelésben a lapostermékek részaránya — fejlett viszonyokat feltételezve — a teljes mennyiség kétharmada.

A lapostermékekből 80% a 900 mm-nél szélesebb, az ún. szélesszalag.

A szélesszalag gyártása Földünkön összesen kb. 110 hengersoron (ezek közül a szocialista országokban közel 20 működik), ún. szélesszalag soron valósul meg. Ha meggondoljuk, hogy 1927-ben épült az USA-ban az első szélesszalag sor, és 1935-ben világszerte még alig 10 ilyen hengermű volt üzemben, érzékelhetjük a legutóbbi 35 esztendőnek hallatlan fejlődését, hiszen a hengersorok száma több, mint megtizszereződött.

A számbeli fejlődés mellett természetesen az egyes hengersorok technikai fejlettsége, teljesítőképessége is lényegesen emelkedett. Jellemző erre, hogy úgyszólván eltűntek a korábban szintén szélesszalag sornak számító Steckel-sorok.

A technikai színvonal emelkedésének kifejezésére az utóbbi időben — hasonlóan a computerekhez — már I. II. III. generációjú szélesszalag sorokról beszélnek. Az egyes generációkat az egyszerűség kedvéért a létesítés dátumával jelölik. Így első generációjúnak számítanak azok a sorok, melyek 1960-ig létesültek, a második generáció üzembehelyezési évei 1960—1970, és a harmadik generáció az 1970-es években indult. A megkülönböztetést természetesen nem a születési év, hanem az egyes generációk között kimutatható technikai színvonalkülönbség jellemzi.

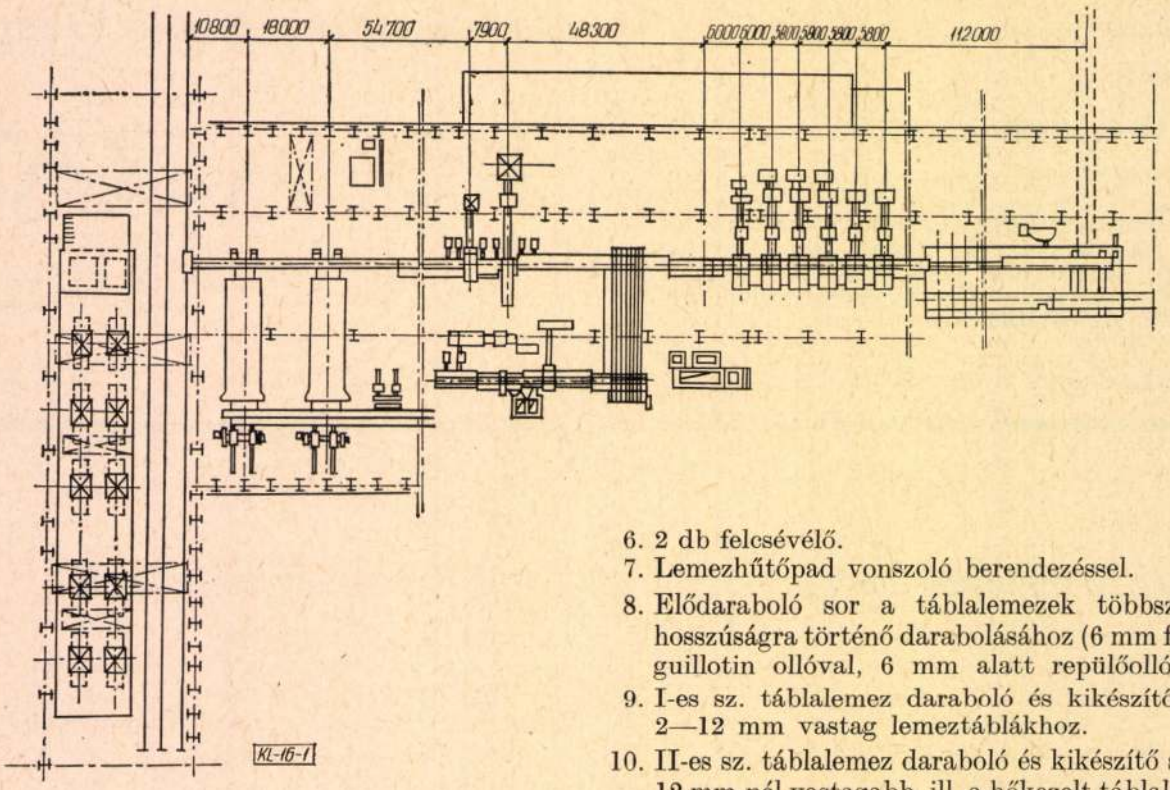
Érdekes jelenségnek, és a műszaki emberek előrelátásának vagy jó megérzésének kell tekintenünk azt a körülményt, hogy a szélesszalag sorok történelmében alig néhány sor működését szűntették meg tervszerűen, viszont annál többet rekonstruáltak. A műszakiak előrelátása — vagy szerencséje — következtében lehetséges volt I. generációjú sorokat II. generációjú színvonalra fejleszteni.

A jelenleg üzemben levő szélesszalag sorok fejlettségére jellemző, hogy kapacitásuk átlagosan 2 millió t/év, tehát a világ szélesszalag gyártó —igaz, hogy kihasználatlan — kapacitása meghaladja a 200 millió tonnát.

A Dunai Vasműben 1960-ban üzembe helyezett félfolytatólagos szélesszalag sor szerény helyet foglal el fejlettsége, kapacitása tekintetében nemcsak a világ, de a szocialista országok szélesszalag sorai között is. Hazai jelentőségét azonban nem kell külön méltatni. Napjainkban a Lőrinci Hengerműi és a Borsodnádasdi Lemezgyár mellett az ország egyetlen melegen hengerelt szalagot és lemezt termelő berendezése.

Köztudott, hogy üzembe helyezésével volt lehetséges a hazai hengereltáru választékban a lapostermékek részarányát jóval 30% fölé emelni és ezen a szinten tartani.

* Aggteleken a IV. Országos Hengerész Konferencián 1972. szept. 27-én elhangzott előadás rövidített és átdolgozott anyaga.



1. ábra. A DV Meleghengermű telepítési vázlata

A Dunai Vasmű szélesszalag sorát eredetileg 400 et laposöntecs betétre tervezték. Termelési feladata hármas volt:

— laposbugahengerlés a Lőrinci Hengermű számára,
— szalaghengerlés hideghengerműi továbbfeldolgozásra,
— melegenhengerelt táblalemeztermelés.

A kiinduló betétanyag 4–5 t súlyú laposöntecs volt, melyet — mivel külön laposbuga hengerlő sort nem terveztek — első lépésben a szélesszalag sor előnyújtóján bugává, második lépcsőben a laposbugákat újra felhevítve szalaggá, ill. lemezsávvá hengereltük.

A legnagyobb hengerelhető szalag, ill. lemezszélesség 1500 mm kész méretnek felelt meg, a vastagság 2–12, ill. 18 mm, a felcsévélt szalagok vastagsága 2–6 mm-rel szerepel a tervekben.

Az 1350 mm-nél szélesebb lemezeket, ill. szalagokat max. 1600 mm hosszúságú bugából, az előnyújtón szélesítve kellett gyártani.

A termelési feladatokhoz az alábbi főbb termelőberendezések szolgáltak, az *1. ábrán* látható elrendezésben.

1. 5 db iker mélykemence.
2. Vertikális és horizontális duó előnyújtó állványok; az állványok között bugafordító berendezés.
3. Keresztirányú bugavonszoló, bugaolló és rakásoló.
4. 2 db 50—70 t/ó teljesítményű tolókemence.
5. 5 db 1700-as quarto állványból álló folytatólagos készsor, eléje épített repülőollóval és revetörő duo állvánnyal.
6. 2 db felcsévélő.
7. Lemezhűtőpad vonszoló berendezéssel.
8. Elődaraboló sor a táblalemezek többszörös hosszúságra történő darabolásához (6 mm felett guillotin ollóval, 6 mm alatt repülőollóval).
9. I-es sz. táblalemez daraboló és kikészítő sor 2—12 mm vastag lemeztáblákhoz.
10. II-es sz. táblalemez daraboló és kikészítő sor a 12 mm-nél vastagabb, ill. a hőkezelt táblalemezek gyártására.
11. Görgősfenekű normalizáló kemence.
12. Max. 6 mm vastagságú tekercsből max. 3 m hosszú táblákat daraboló berendezés.
13. Tekercshasító berendezés max. 8 mm vastagságig.

(Megjegyzendő, hogy a két utóbbi berendezés a hideghengermű csarnokában települt).

Az elrendezési vázlatra tekintve, fel szeretném hívni a figyelmet a továbbfejleszthetőséget alapvetően befolyásoló két körülményre. A mélykemencecsarnok merőlegesen áll a hengersor tengelyvonalára, a sort egyik végén lezárja. Még fontosabb meghatározó az előnyújtó és készsor közötti, mindössze 45 m-es távolság. Látható, hogy a sor telepítésénél nem volt szempont annak alapvető fejleszthetősége. Fel sem vetődött az az igény, hogy olyan félfolytatólagos sor létesüljön, melyet egyszer később teljesen folytatólagossá építsenek ki. A max. 5 t-ban meghatározott darabsúly, a 4—5 kg/mm tekercsszélességű fajlagos tekercssúly, továbbá az, hogy a szalaggá hengerlés két lépésben történjék, a táblalemez-gyártás megtervezett módja, kis kapacitású, de a 400 et betétben megszabott szokatlanul alacsony termelési feladatot kielégítő berendezést eredményezett. Ezt a megállapítást erősíti még az az adat is, mely szerint a hengersor főhajtásainak együttes teljesítménye mindössze 21 300 kW, azaz egy nagyságrenddel kisebb, mint a mai, nagy teljesítményű, korszerű sorok hajtásteljesítménye. Talán a kis kapacitásigény vezette a tervezőt arra a műszakilag nehezen indokolható, de mindenképpen olcsóbb megoldásra, hogy az előnyújtó vízszintes állványa az általában szokásos quartoval szemben duo elrendezésű legyen. *(1. táblázat,* a hengerméretek és hajtásteljesítmények.)

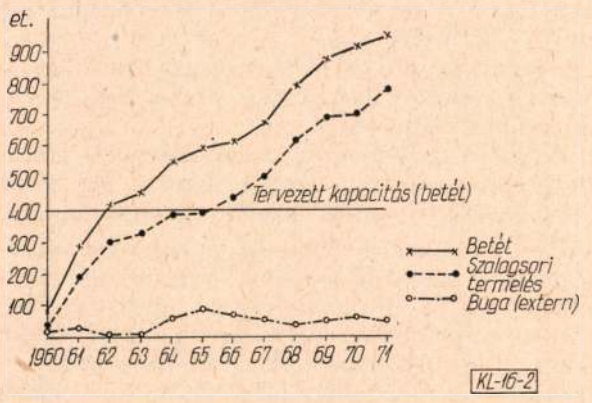
1. táblázat

A Dunai Vasmű szélesszalagsor hengerei és hajtásuk

Állvány	Munkahenger			Támhenger			Motortelj., kW	Hengerek fordulatsz., n/p
	Átmérő, mm	Hossz, mm	Csapágy	Átmérő, mm	Hossz, mm	Csapágy		
EF	1000—900	900	görgős	—	—	—	1840	53—107
EV	1100—980	2000	csúszó	—	—	—	4600	50—100
RT	600—570	1700	görgős	—	—	—	370	22— 66
K1	650—615	1700	görgős	1250—1170	1700	görgős	2500	33— 64
K2	650—615	1700	görgős	1250—1170	1700	görgős	2500	65—110
K3	650—615	1700	görgős	1250—1170	1700	görgős	2500	87—145
K4	650—615	1700	görgős	1250—1170	1700	görgős	2500	110—210
K5	650—615	1700	görgős	1250—1170	1700	görgős	2500	120—250

A meleg szélesszalag sor üzembehelyezését követő években, saját hideghengerműi továbbfeldolgozás híján (a hideghengermű csak 1965-ben indult meg) a DV. fontos feladata volt a termelt melegszalag értékesítési lehetőségeit — esetleg továbbfeldolgozott formában — a termelés felfutásával együtt biztosítani. Az exportlehetőségek kihasználásával, továbbá a szalagnak spirálcsővé, ill. hajlított profillá történő továbbfeldolgozásával sikerült a vásárlói igényeket erőteljesen megnövelni, úgy, hogy az igények rövidesen meghaladták a sor tervezett teljesítőképességét. A meleg szélesszalag sor 11 év alatt elért teljesítményét bemutató *2. ábrából* látható, hogy a tervezett teljesítményt az indulás utáni második évben, 1962-ben már elértük. Látható továbbá a hengersori teljes betét és az ebből gyártott szalagsori, ill. extern-buga termelés.

A szélesszalag sor 1971-ben több, mint 930 et betétet dolgozott fel, azaz a tervezett értéknek több, mint kétszeresét. Nyilvánvaló, hogy ezt a termelési eredményt nem egyedül a szovjet szállítású gépekben szerencsére mindig megtalálható tartalékok kihasználásával értük el, szükség volt egész sor technológiai, műszaki, fejlesztési intézkedésre is. A továbbiakban ezek közül szeretném a legfontosabbakat ismertetni.



2. ábra. A meleghengersori termelés alakulása 1960—1971. között

A termelésnövelést döntően az ún. egymeleges hengerlés bevezetése tette lehetővé. Azáltal, hogy elhagyván a közbülső bugafázist, az öntecsből az előnyújton már az első menetben készsorra adható max. 30 mm vastagságú előlemezt hengerlünk, lényegesen megnövekedett az előnyújtó teljesítménye.

Ennek a munkamódszernek előfeltételét elsősorban az acélműben kellett megteremteni, hiszen csak olyan öntecsek hengerelhetők ki közvetlenül szalaggá, melyek felületi minősége már öntecs állapotban is megfelelő és a hengerlés során sem lesz hibás, mert a kifogástalan szalag, vagy lemezfelület mindenképpen elsőrendű követelmény. Acélművünk munkájának méltatásául mindössze egyetlen adat: a teljes kihengerelt öntecsmennyiségnek alig 5—6%-a mutat az előnyújtás során olyan felületi hibákat, melyek miatt egymelegből nem hengerelhető kész szalaggá, hanem csak lapos bugává.

Az egymeleges hengerlés sikeres megvalósítása lehetővé tette a tolókemencék leállítását és a fajlagos hőenergia fogyasztás a korábbinak egynegyedére csökkent.

Jelentősen megjavult az egymeleges hengerlés következtében a kihozatal is úgy, hogy 1 t melegen hengerelt szélesszalagtekercset kb. 1160 kg öntecsbetétből állítunk elő.

Az egymeleges technológia révén megnövekedett mennyiségű öntecsbetétet csak a mélykemencék kapacitásnövelésével lehetett felmelegíteni. Komoly műszaki teljesítményként kell értékelnünk azt a tényt, hogy a mélykemencék kamraszámának 20%-os növelésével oldottuk meg a több, mint 100 %-kal megnövekedett hevítési feladatot.

A 450—500 mm vastagságú öntecseket 20—30 mm vastagású előlemezekké az előnyújtó sor eredeti hajtásával csak 19—21 szúrással lehetett kihengerelni. Ennek következménye, a darab nemkívánatos lehűlése, az előnyújtó hajtásteljesítményének fokozására terelte a figyelmet. Szükségessé tette ezt a fejlesztést az is, hogy a csévélőkön

végrehajtott módosításokkal sikerült a tekercselhető legnagyobb ∅-őt megnövelni, és lehetővé vált max. 7,2 t-ás tekercsek gyártása, ill. max. 8,5 t-ás tuskók feldolgozása.

A magyar elektromosipart dicséri, hogy vállalkozott olyan sorvonó motor megkonstruálására és legyártására, mely az adott motoralaphoz és tengelymagassághoz alkalmazkodott. Teljesítménye a táplálógenerátorok később bekövetkezett cseréjével az eredeti hajtómotor 4600 kW teljesítményével szemben 6400 kW lett, változatlan 50/100-as fordulattal. Az új hajtómotorral, melyhez tirisztoros gerjesztést és új elektromos szabályozást tervezett és készített elektromosiparunk, az előnyújtón 13—17 szúrással hengerelhető az előbb említett program.

A darabsúlyoknak fentebb leírt növelése nagyobb teherbírású öntecsbeadó kocsit igényelt és szükségessé tette a görgősorok megerősítését is.

Említésre méltó még az előnyújtónál bevezetett azon technológia, amikor is a befogás alapfordulatnál történik és így a hengerlés átlagos sebessége megnő.

A termelés emelkedése nem lett volna megvalósítható a hengerhűtő és reveleverő rendszerek továbbfejlesztése nélkül.

A hengerhűtés hatékonyabbá tétele céljából nyomásfokozó szivattyúkat iktattunk be és új szűrők beépítésével, valamint a hűtővíz klórozásával csökkentettük az eldugulásokból bekövetkező hűtési zavarokat. A reveleverő rendszernél végrehajtott fejlesztések lehetősége sajnos, nagyon korlátozott volt, és ezért — bár a szállított vízmennyiség megkétszereződött — a rendszerrel biztosítható max. 80 atm-ás revétlenítés nem eléggé hatásos, további fejlesztést igényel.

A készsoron végrehajtott fejlesztések szinte kizárólag a villamos hajtás korszerűsítését célozták. Új villamosszabályozást kapott a végvágó repülőolló hajtása. A készsori állványok hajtómotorjainak sebességszabályozását a korábbi transduktorok helyett tranzisztoros áramkörökkel sikerült eredményesen megoldani. A hurokfeszítő motorok tirisztoros betáplálásával állandó szögállású, a hengerek fordulatszámára hatni tudó hurokfeszítésünk lett. A csévélő hajtómotorok tápgenerátorainak gerjesztésénél tirisztorok és tranzisztorok alkalmazásával korszerűsítettünk.

Említésre méltó az előnyújtó résállítását automatizáló, hazai tervezésű és gyártású programvezérlés, melyet még össze kell hangolnunk az ettől jelenleg még független, saját kivitelezésű irányváltó automatikával.

Apróság, de sokatígérő az a kísérleti berendezés, mellyel a készsori munkahengereket lehet különleges kenőolajjal kenni. Az üzemszerű bevezetéstől a hengergarnitúrán kihengerelhető szalaghossz növekedését, a szalagfelület minőségének javulását reméljük.

A termelésnek elért mérvű növekedése természetesen csak az időkihasználás javításával volt lehetséges. Ez a karbantartási munka minőségének megjavításával vált lehetővé. Ennek keretében néhány, sok üzemzavart okozó berendezést vagy alkatrészt új konstrukciójúval cseréltünk le, de megváltoztattuk a tervszerű karbantartás rendszerét is. E tevékenység eredményeként kevesebb tervszerű karbantartási szünettel, és mégis megritkult üzemzavarokkal a sor időkihasználása jelentősen megjavult.

Nem hallgatható el a hideghengerműi üzembe helyezésének termelést növelő hatása sem. A melegszalag-sori termelésben megnövekedett részarányú tekercstermelés egyértelműen növelte a termelékenységet.

A Dunai Vasmű szélesszalag sorának tonnákban mért eredményei mellett meg kell emlékezni arról a nem kevésbé fontos tényről is, hogy az eredetileg elképzelt termékválaszték az igények bővülésével kiszélesedett. Eredményesen gyártjuk a korszerű, nagyszilárdságú acélokból a spirálcső-gyártás számára szükséges szalagtekercseket, ill. az emelt folyáshatárú szerkezeti acélokból a táblalemezeket. Évi néhány ezer tonna erősen ötvözött, többek között saválló minőségű lemezt is hengerlünk. A minőségi program eme bővülése szükségessé tette természetesen a készsor és csévélők közötti lemezhűtő rendszernek a lehetőségek határáig történt fejlesztését és kihasználását, valamint a normalizáló kezeléshez szükséges kiegészítéseket.

Az előbbiekből látható, hogy a DV. úgyszólván mindent megtett, ami egy adott hengersor kisebb beruházásokkal, technológiai fejlesztésekkel elérhető felfuttatásához egyáltalán lehetséges. Mivel a szélesszalagsor felé irányuló követelmények mind mennyiségi, mind minőségi tekintetben továbbfokozódnak, nem kerülhető el a sor bizonyos rekonstrukciója. A fejlesztés legfontosabb célkitűzései:

— a kapacitás növelése
— a vékony (2—3 mm-es) szalagok a jelenleginél jobb síkkifekvéssel, mérettűréssel történő gyártása
— vastagabb szalagtekercsek gyártása hegesztett csőgyártás céljára
— a kihozatal javítása mind a tekercs, mind a táblalemez gyártásnál.

Ezek a célkitűzések lényegében azonosak azokkal, melyeket világszerte a meglevő szélesszalagsorok rekonstrukciójánál vagy új sorok építésénél meg kívánnak valósítani. Ha ezeket, az általánosnak modható célokat és a megvalósításhoz szükséges berendezéseket végigtekintjük, meghatározhatók a Dunai Vasmű hengersorának fejlesztési korlátai, ill. lehetőségei is.

A régi hengersorok korszerűsítésénél vagy új sorok létesítésénél az első számú feladat újabban a méretválaszték bővítése.

Ha rekonstrukciónál a szalagszélesség növelése általában nem is lehetséges, új sorokat ma ritkán építenek 2000 mm-nél kisebb szalagszélességre.

Már a harmincas években is épültek ilyen igazán szélesszalagsorok, de a legújabbak, pl. a Novolipeckben, a Youngstown Steel Indiana Harbor-ban, a Krupp Bochumban levő, vagy a Nippon Steel Kimitsu üzemében működő hengersorok mind 2000 mm-nél szélesebb szalagokat tudnak hengerelni. Természetesen ilyen lesz a Nippon Steel Oita üzemének vagy a francia Solmer Fos-sur-Mer-ben

épülő új szélesszalagsora is. Ezeknek a gigantikus berendezéseknek jellemzésére említsük meg, hogy a sori főhajtások teljesítménye 100—150 000 kW.

A Dunai Vasmű hengersorán a jelenlegi 1550 mm-nél nagyobb szélesség hengerlésére természetesen a jövőben sem gondolhatunk.

A szélesszalagsorokon kezdetben általánosan 2 mm alsó, 6—8 mm felső vastagsági határú szalagokat hengereltek. Később sikerült a hengerelhető alsó határt 1,25 mm-re eltolni és a legvastagabb szalagméret 12—16 mm lett. A manapság épülő új sorozatokat részben olyan célkitűzéssel tervezték, hogy a legkisebb szalagvastagság 0,8—0,9 mm lehessen, ill. más esetben a 20—25 mm vastagságot tűzték ki célul.

Az igen kis vastagságokat természetesen csak a hengerállványok számának szaporításával lehet kihengerelni, ezért épülnek sorok 8—9 db készsori állvánnyal. Ennek megfelelően a régebben 8—10 m/s kifutási sebesség a mai korszerű soroknál 12—21 m/s-ra nőtt, és az épülő új soroknál 25—30 m/s lesz. Érdekes jellemzője a vékonyszalagot hengerlő új soroknak, hogy a csévélők viszonylag kisebb sebességnél fognak be, a befogás után a csévélő és a hengersor együtt egyenletesen felgyorsul 0,05—0,1 m/s² gyorsulással a maximális sebességre. Újdonságnak számít az a megoldás is, hogy a 2,5 mm-nél vékonyabb szalagok felcsévélésére a hengersorhoz viszonylag közel, külön csévélőket építenek be, míg a vastagabb szalagokat a szalagvastagság és a szalaghűtés által meghatározott nagyobb távolságban levő csévélők fogadják.

A nagyobb szalagvastagságok természetesen különleges szalaghűtést igényelnek, érzékeny, lehetőleg automatikusan szabályozható, elsősorban lamináris hűtőrendszerrel, melynek vízigénye eléri a 10—15 000 m³/ó nagyságrendet.

A DV. célkitűzései között nem szerepel 2 mm-nél vékonyabb szalagok meleghengerlése, de a gyártható és csévélhető szalagvastagságot 12 mm-re kívánjuk felemelni. Ez a meglevő csévélők cseréjével és a kis teljesítményű szalaghűtő rendszer teljes rekonstrukciójával valósul meg.

A méretválaszték bővítése, mint láttuk, önmagában nagyobb, erősebb, gyorsabb berendezést igényel, ezzel egyben lehetőség nyílik a nagyobb darabsúlyok hengerlésére.

A kezdeti 5—10 kg/mm-ről már 20—25 kg/mm-re nőtt, és 30—35 kg/mm-re fog nőni a fajlagos darabsúly, így a maximális darabsúlyok 45 t-ra emelkednek. Ezek, vagy az ennél is nagyobb darabsúlyok eredményezték többek között a szélesszalag sorokon a folyamatosan öntött bugák térhódítását. A folyamatosan öntött bugák szinte korlátlan hosszúságban gyárthatók, viszont a gyártható keresztmetszet változatosságát illetően nagyobb a kötöttség, mint a hengersoron nyújtott bugák esetében. Ezért azon hengersorok, melyeket kifejezetten folyamatosan öntött bugák feldolgozására építenek (pl. Nippon Steel Oita) előnyújtó sora nem teljesen folytatólagos, hanem ún. vegyes, egyutas, reverzáló és tandem-állványokból álló sor, viszont a szokásosnál több és erősebb vertikális hengerlő berendezéssel bír. Ez a megoldás magától értetődő, ha meggonduljuk, hogy a folyamatosan öntött bugákat egységes szélességi mérettel, tehát esetenként jelentős oldalirányú alakítással kívánják ezen a soron kihengerelni.

A nagysúlyú és nagyméretű bugák hevítésére 300 t/ó feletti teljesítményű, 13—15 m belső szélességű kemencemonstrumok szükségesek. Ha a léptető-gerendás kemencék szerkezeti tekintetben jelentenek újdonságot, az újabban elterjedő, ún. sugárzó boltozatos kemecék 400 Kcal/kg körüli hőfogyasztásukkal, gyors és érzékeny szabályozhatóságukkal tűnnek ki.

Hogy a kemence utáni görgősorokat megkíméljék a kizuhanó, nagy súlyú bugák által okozott igénybevételtől, de azért is, hogy a bugák alsó felületét karcolásoktól, sérülésektől óvják, az új kemencékből a bugákat általában kiszedő gépekkel emelik ki.

A Dunai Vasmű szélesszalag sorának fejlődésében alapvető lépés lesz a folyamatosan öntött bugák megjelenése. A bugák alkalmazása nemcsak az előnyújtó sor, és ezzel a teljes hengersor teljesítményét fogja megnövelni, de lehetőség lesz a darabsúly növelésére is a később ismertetendő módon. A bugabetét és a megnövekvő teljesítmény új hevítőberendezéseket, tolókemencéket igényel, melyekről még bővebben szólunk.

A hengersorok korszerűsítésénél, ill. korszerű hengersorok építésénél a másik célkitűzés a szűk mérettűrésű, planparallel keresztmetszetű szalag gyártása. Ezt a követelményt természetesen a szalag teljes hosszúságában megkívánják. A feladat megvalósításának eszközei részben a szabályozástechnika, ill. az automatizálás, részben a gépszerkesztés területén biztosítandók.

A hevítőberendezés automatikus tüzelésszabályozása, a kellő hosszúságú kiegyenlítő zóna (vagy a léptető gerendás fenék) feltétele annak, hogy a bugát az előírt hőmérsékleten ún. fekete vonalak nélkül kapja a hengersor.

A hengerlés során folyamatosan ellenőrizni, és ha szükséges, szabályozni kell a hengerlésben levő darab hőmérsékletét. Ez megbízhatóan szintén csak automatikával oldható meg.

Tudjuk, hogy a folyamatos hengerállványok között vagy a készsor és a csévélő között esetleg húzást szenvedő szalag elvékonyodhat, bekeskenyedhet. Csak jól működő sebességszabályozással, hurokfeszítéssel rendelkező hengersoron remélhető egyenletes, mérettartó szalag.

A mérettűrés tekintetében egyre fokozódó követelmények kielégítését a készsorban, ill. az után alkalmazott vastagság és szélességmérő, és a vastagságmérővel vezérelt automatikus hengerrésállítás, azaz vastagságszabályozás nélkül nem lehet elképzelni. Ugyanebből az okból elengedhetetlen a pontosan szabályozható, automatikus vezérlésű hengerhűtés is.

Ahhoz, hogy a hengerrés valóban a számított, ill. beállított méretű legyen, merev állványszerkezet, kis hengerütést biztosító csapágyazás, pontos szerelvények stb. szükségesek.

A planparallel keresztmetszet megközelítése különösen vékony szalagoknál nehéz feladat. Az újabban elterjedőben levő hidraulikus előfeszítés, azaz a munkahengereknek negatív irányú meghaj-

lítása, természetesen a hengerkopás miatt szükséges automatikus korrekció lehetőségével látszik eredményt hozó megoldásnak.

A jobb szalaggeometria és mérettűrés eléréséhez szükséges korszerűsítések közül sajnos, hengersorunkon csak néhány valósítható meg. Az új tolókemencék a legkorszerűbb tüzelési és szabályozási rendszerűek lesznek. Talán sikerül megoldást találni az előnyújtó víszintes állvány jelenlegi csúszócsapágyainak görgős csapágyakra történő kicserélésére. A reveleverő rendszer rekonstrukciója során igyekezni fogunk a lehetőség szerint a hengerelt darab hőmérsékletének befolyásolására is módot teremteni. Nyitott kérdés még, lesz-e módunk a készsor rekonstrukciójánál a mechanikus és villamos berendezések, valamint az automatika olyan mértékű fejlesztésére, mellyel a méretpontossági követelményeket ki tudjuk majd elégíteni. Az biztos, hogy a készsori állványok számának szaporítása, mint a rekonstrukció legvalószínűbb lépése, már önmagában is kedvező hatású lesz a hengerelt darab mérettűrésére, keresztmetszetére.

Szó volt már arról, hogy a továbbfejlesztett vagy az új hengersorokon a hengerelhető felső vastagsági határ alaposan megnőtt. Ha ehhez hozzávesszük még azt, hogy a 6—25 mm vastagságú szalagokat általában nem hideg továbbhengerlésre, hanem szerkezeti célokra szánják és ennek megfelelő minőségű acélból gyártják, nyilvánvaló az a követelmény, hogy a lemezszalag teljes hosszán azonos mechanikai tulajdonságokat kell biztosítani.

Ezt a feladatot, a metallurgiai munkán túl, a hengerész, a hengerelt darab anyagának, méretének megfelelő, szabályozott hengerlési és csévélési hőmérséklettel, azaz a szabályozott hűtéssel tudja elérni. Különösen kiemelendő a szalaghűtés jelentősége. Ha nem biztosítható a kellő teljesítményű, a szalag szélességi és vastagsági méretének, valamint a kifutási sebességnek megfelelően automatikusan szabályozott hűtőrendszer, akkor a mechanikai tulajdonságok egyenletességét nem, vagy csak költséges és hosszadalmas hőkezeléssel lehet biztosítani.

A Dunai Vasmű szalaghűtő berendezése már a mai követelményeknek sem felel meg, a hengerelhető szalagvastagságnak 12 mm-esre történő emelése a szalaghűtő rendszer teljes rekonstrukcióját teszi szükségessé.

Az eddigiekben felsorolt célkitűzések eléréséhez szükséges fejlesztések némelyike egyben a termelékenységet, a berendezés kapacitását is megemeli. Van még néhány, eddig fel nem sorolt olyan korszerűsítési megoldás, mely elsősorban,vagy kifejezetten a termelékenységet növeli. A hengersor hengereinek, vezetékeinek computerrel vezérelt, a betáplált programnak megfelelő automatikus beállítása nyilvánvalóan csökkenti a méretváltoztatásoknál szükséges kieső időt.

A nagyteljesítményű sorok kész hengereit műszakonként két alkalommal is cserélni kell. A hengercserélés gépesítése a hengercsere időt harmadára, ötödére csökkentette, hiszen a cserélendő hengerpárok számától függetlenül a teljes készsoron a hengercsere 5—10 perc alatt végrehajtható. Újabban foglalkoznak olyan hengercserélési móddal, mikor a csere hengerlés közben egy-egy állványnál történnék, tehát a sor hengercsere miatt egyáltalán nem állna le.

Saját sorunk rekonstrukciójakor nem valószínű, hogy a közeljövőben sor kerülhet a hengerállítás számítógépes vezérlésére. A hengercserélés gépesítését a készsor rekonstrukciója során programba szeretnénk venni, de addig is igyekszünk a már említett munkahenger kenés előnyeit hasznosítva a hengercseréket ritkítani.

Ha kifejezetten a Dunai Vasmű szélesszalagsorának kapacitására, és arra gondolunk, hogy a sor termelésének egy része táblalemez, akkor egyéb előnyök, pl. javuló kihozatal mellett, kapacitásnövekedést fog eredményezni az, hogy a teljes táblalemez termelést felcsévélt szalagok lefejtésére és darabolására kívánjuk átállítani.

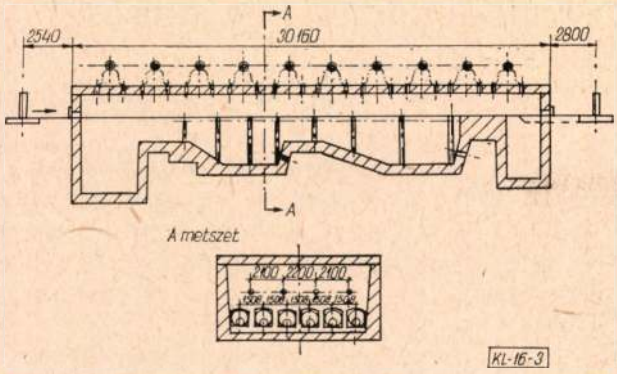
A következőkben kiemelném és összefoglalnám DV. szélesszalag sorának fejlesztési célkitűzéseiről előbb elszórtan mondottakat.

Mint említettem, alapvető fordulatot jelent a folyamatosan öntött bugákra történő átállás. Folyamatos öntőműveink ez év végétől fokozatosan évi 800 et bugát fognak adni 180—240 mm vastagságban. A kihengerelhető legnagyobb bugahosszúság, ill. darabsúly a berendezéseink adta megkötések, elsősorban az előnyújtó és készsor közötti távolság miatt sajnos, a későbbiekben sem fog különösen magas értéket elérni. A készsor rekonstrukciója előtt egységesen 4200 mm hosszúságú 240 mm vastag bugát hengerelve, az 1500 mm-es legnagyobb szélességnél a maximális darabsúly 12 t körül lesz, de a keskenyebb szalagoknál is 20—25% -kal emelkedni fog a darabsúly a jelenlegihez képest.

Jegyezzük meg, hogy a folyamatosan öntött bugák mellett továbbra is hengerelnünk kell öntecseket, mivel a folyamatos öntőművön 1000 mm-nél keskenyebb bugákat nem gyártunk, és bizonyos acélminőségek leöntheősége is kétséges. Emellett a folyamatos öntőmű tervezett kapacitása egyébként is kisebb, mint acéltermelésünk.

Mint már említettem, elhatároztuk a felcsévélő berendezések cseréjét. Az új szovjet gyártmányú csévélők kiválasztásánál figyelembe vettük a várható legnagyobb darabsúlyt. Mivel új előnyújtó építésére, és ezzel az előnyújtó és a készsor közötti távolság megnövelésére csak rendkívül nagy anyagi áldozattal kerülhetne sor, a készsor rekonstrukcióját, a hengerállványok számának 6 vagy 7 db-ra történő növelését feltételezve, a legnagyobb kihengerelhető darab fajlagos súlya 10—12 kg/mm darabszélesség, azaz max. 15 t lehet. Ezt a darabsúlyt továbbnövelni azért sem lehetne, mert a tekercsek továbbfeldolgozása során a rendelkezésre álló emelőberendezések teherbírása is határt szab. A csévélőkről elmondottakat összefoglalva, tehát max. 12 mm vastag, 10—12 kg/mm súlyú, max. 15 t teljes súlyú tekercseket fogunk tudni gyártani.

Mivel az új csévélőket a hengermű üzemének lehető legkisebb zavarásával kell telepítenünk, azokat a meglevő csévélők mögé, mintegy 80 m távolságban helyezzük el, és kiépítjük a tekercseknek a hideghengerműbe való szállítására a jelenlegítől független konvejor-rendszert.



3. ábra. A tervezett új tolókemence

A hengerlendő buga hevítésére a korábban épült tolókemencék helyén 2 db 150—170 t/ó teljesítményű tolókemence építhető. Ez a teljesítmény hozható ki a hengersori görgősor és a hengermű csarnokának szélső fala által meghatározott területen, a csarnok acélszerkezetének változtatása nélkül *(3. ábra)*.

A kemencék belső szélessége kb. 9,5 m lesz, úgy, hogy a 4200 mm hosszúságú bugák két sorban, a készsori rekonstrukció utáni időben hengerelni tervezett 8500 mm hosszú, 180 mm vastag bugák egy sorban lesznek áttolhatók. Az áttoló rendszert azért választottuk, mert nem kívánjuk vállalni a léptető gerendás kemencék nagyobb beruházási és üzemköltségét, valamint az új rendszerrel járó bizonytalanságokat.

A kemencék fenéksíkja a hengersori bevezető görgősorral azonos magasságban lesz, a bugákat a kemencéből kiszedő gépek emelik ki.

A tüzelési rendszer az ismert legkorszerűbb, ún. sugárzóboltozatos. Ennél a rendszernél a kemenceboltozat teljesen sík, tehát építése és tartóssága kedvezőbb, jobbak a kemencetér áramlási viszonyai. A szabályozhatóság a nagyszámú, rövidlángú boltozati égő révén rendkívül rugalmas, a felmelegítés egyenletességére pedig jellemző az egy bugán garantált max. 20 °C hőmérsékletkülönbség.

Fűtőanyagként 4500 Kcal /Nm³ földgáz-kohógáz keverék, ill. a kohóállások idején tiszta földgáz lesz alkalmazható.

Szovjet tervek alapján egyelőre egy kemencét építünk meg.

A rekonstrukció további elhatározott lépése a revétlenítő rendszer és a szalaghűtő berendezés korszerűsítése. Ezeknek műszaki terveit a szovjet központi tervező iroda most készíti, tehát bővebben szólni róluk nem tudok. Mivel a szalaghűtésre, a jelenlegi 1000 m³/ó körüli vízmennyiségnek többszörösére lesz szükség, lényegesen tovább kell fejlesztenünk az egész meleghengermű vízellátását.

Eléggé pontosan meghatározhatók a táblalemezeknek tekercsből történő gyártásához szükséges fejlesztések. Első lépésként a meglevő I. sz. daraboló sort kívánjuk kiegészíteni lecsévélő berendezéssel és a vágósorba a 2—5 mm-es lemezek egyengetésére új egyengetőgépet fogunk tenni. Második lépésként kerülhet sor a szalagot mozgása közben daraboló, programvezérelt új olló beépítésére.

Utóljára hagytam a készsor rekonstrukciójának kérdését, jóllehet, előadásom során többször utaltam erre. A készsori rekonstrukció lehetőségeit a szövjet Gipromeznek adtuk ki vizsgálatra. Az év végére várt tanulmányból ki kell derülnie, hogy a lehetséges megoldások közül melyik az, amely beruházási ráfordításait és gazdasági eredményeit tekintve megvalósításra ajánlható. A műszaki és gazdasági optimum megtalálása nem lesz könnyű feladat, és valószínű, hogy sok esetben kompromisszumra kényszerülünk. Annyi biztos, hogy csak olyan rekonstrukciós megoldást lehet elfogadni, melynek megvalósítása — amellett, hogy pénzügyi terheit illetően indokolható — a folyamatos termelést tartósan nem teszi lehetetlenné. Nem vitatható ugyanis azt hiszem, hogy népgazdaságunk lényeges szélesszalag termeléskiesést nem vehet tudomásul.

A felsorolt fejlesztési célkitűzések megvalósításával a szélesszalagsor kapacitása emelkedni fog. Számításaink szerint a folyamatosan öntött bugabetét — még úgy is, hogy a betét egy része továbbra is öntecs marad — 20—30%-os termelésnövekedést eredményezhet. Ehhez a termelési szinthez természetesen előfeltétel a folyamatosan öntött bugák használata révén elérhető darabsúly növekedés is.

További termelésnövekedést eredményez a melegen hengerelt táblarész gyártásának tekercslefejtés-darabolásra történő átállítása. A kész termékekben várható 3—4%-kal jobb kihozatal, ez azonban a teljes szalagsori eredményt legfeljebb tized százaléknyi nagyságrendben befolyásolja.

A készsori rekonstrukció, attól függően, hogy az elemzések alapján milyen mértékű fejlesztést határozunk el és valósítunk meg, a sori kapacitást 1,5-2 millió t betét kihengerlésére növeli.

Az eddig történt, és a már elhatározott fejlesztések eredményezni fogják a korábban említett választékbővülést is. További lényeges eredmény — ha nem is a meleghengerműben —, hogy a nagyobb tekercssúly következtében termelésnövekedés és kihozataljavulás várható a továbbfeldolgozás során, elsősorban a hideghermű̈ben.

A kívülálló szemlélőnek úgy tűhet, hogy a DV. szélesszalagsorának rekonstrukcióját nagyon óvatosan, nem eléggé átfogóan, és főleg időben túlságosan elnyújtva hajtjuk végre. Tudjuk, hogy sokakban felvetődött a régi sor rekonstrukciója helyett új sor építésének gondolata. Az ilyen véleményekkel szemben fel kell hívnunk a figyelmet a népgazdaság és a vállalat fejlesztési erejének korlátjaira. Minden egyes fejlesztési intézkedést alapos, a takarékosságot messzemenően figyelembe vevő gazdasági értékelés kell, hogy megelőzzön, és keresni kell a műszaki-gazdasági szempontból optimális megoldást. A megvalósítás időtartamát pedig részben a fejlesztés céljára megteremtődő alapok képződésének üteme, másrészt a megvalósításnak a hazai technikát figyelembe vevő időszükséglete határozza meg.

Finom- és drótsorok üregezésének sajátos elméleti vonatkozásai*

Dr. GULYÁS JÓZSEF okl. kohómérnök, egyetemi adjunktus
NME Kohógéptani- és Képlékenyalakítástani Tanszék, Miskolc

DK: 621.171.06—015:621.778

A tanulmány a folytatólagos sorokon való hengerlés sebességi és alakítási viszonyainak elméleti kérdéseivel foglalkozik.

A hengerlési sebesség növekedésével az ismert empirikus adatok szerint csökkent a befogási szög. A 10—30 m/s sebességtartományban a felületen keletkező súrlódási hő csökkenti a súrlódási tényezőt és ezen keresztül a befogási szöget.

A szélesedés befolyásolja a hengerelt termék méretpontosságát. A tanulmány összehasonlítja a különböző típusú nyújtóüregek szélesedési, nyújtási viszonyait. Ismerteti a fajlagos energiafelhasználás szempontjából optimális hengerlést biztosító szúrásterv kidolgozását. Ennek a módszernek gyakorlati alkalmazhatóságát konkrét példákon keresztül mutatja be.

Bevezetés

A különböző hengersorok közül az elmúlt húsz évben a finom- és drótsorok fejlődése volt a legintenzívebb. Ez a fejlődés elsősorban az állványok folytatólagos elrendezésében és a hengerlési végsebesség növekedésében nyilvánult meg. Ennek következtében a korszerű finom- és drótsorok termelési kapacitása a régi nyitott sorok termelésének mintegy négy-ötszörösére nőtt.

A hengersorok gyors fejlődéséből adódó újszerű viszonyok szükségszerűvé tették az eddig alkalmazott technológiák újraértékelését és módosítását. Ez a fejlesztő munka részint az üregezés átalakítására, részint az alakítási és sebességi viszonyok összehangolására vonatkozott.

Befogási szögek alakulása folytatólagos hengersorokon

A korszerű finom- és drótsorokon alkalmazott hegerlési végsebesség öt-hatszorosa a hagyományos nyitott sorok végsebességének. A kisebb sebességű hengerléshez viszonyítva ennek megfelelően módosulnak a befogási viszonyok. Régebben elvégzett kísérletek alapján ismeretes volt az a tény, hogy a maximális befogási szög értéke csökken a hengerlési sebesség növekedésével. A jelenleg alkalmazott nagyobb 20...30 m/s sebességgel végzett hengerléskor nem ismeretesek a megengedhető befogási szögek értékei. Ha sikerül a befogási szög és a hengerlési sebesség között valamilyen fizikai tartalmú összefüggést találni, akkor ebben a nagyobb intervallumban is megállapítható a hengerlési sebesség hatása.

A maximális befogási szög, illetve a megengedhető magasságcsökkenés a befogáskor kialakult súrlódási tényező jól ismert függvénye:

$$\Delta h_{\max} = D\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}\right)$$

Másrészről ismeretes, hogy a meleghengerlésnél a súrlódási tényező a hőmérséklet (t) növekedésével csökken. Ez a csökkenés az acélfelületen képződő oxidréteg szerkezetének változásával függ össze. Ez az összefüggés *Ekelund* és *Pavlov* kísérletei nyomán, számszerűen pedig *Geleji* révén vált ismertté [1, 2]:

$$\mu = 0{,}82 - 0{,}0005 \cdot t$$

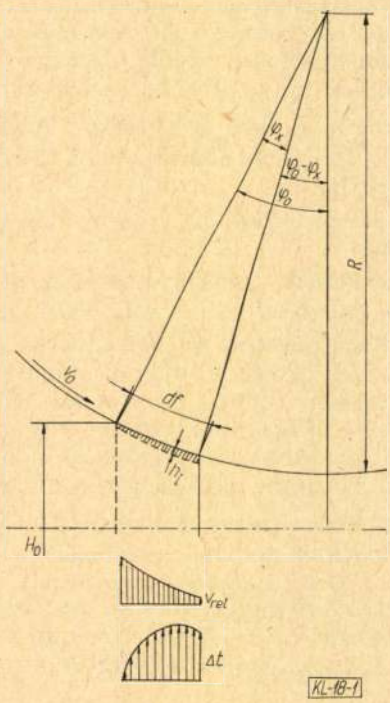
ahol $\Delta h_{\max}$ a megengedhető magasságcsökkenés,
D a hengerátmérő,
μ súrlódási tényező,
t hengerlési hőmérséklet.

A korszerű hengersorokon alkalmazott nagy hengerlési sebességek következtében a hengerek közé befutó darab felületén jelentős nagyságú relatív sebesség keletkezik, ami az érintkező felületen tekintélyes súrlódási hőt hoz létre. A súrlódási hő a felület egy meghatározott rétegében emeli a darab hőmérsékletét és emiatt csökken a súrlódási tényező.

Mivel a folytatólagos sorokon a hengerek közé befutó darab sebessége megfelel az anyagfolytonossági feltételnek, a henger kerületi sebessége nagyobb, mint a befutó sebesség. A relatív sebesség (v_{rel}) a befogási ív mentén a következőképpen fejezhető ki *(1. ábra)*:

$$v_{\text{rel}} = v_0\left(\frac{\cos(\varphi_0 - \varphi_x)}{S} \cdot \frac{H_0}{H_0 - 4R \cdot \sin^2 \frac{\varphi_0 - \varphi_x}{2}} - 1\right)$$

ahol H_0 a darab befutó magassága,
v_0 a hengerlési sebesség,
$\varphi_0 - \varphi_x$ a darab végéhez tartozó pillanatnyi befogási szög,
S előresietési tényező.



1. ábra. A relatív sebesség ábrázolása

* Aggteleken a IV. Országos Hengerész Konferencián 1972. szept. 27-én elhangzott előadás rövidített és átdolgozott anyaga.

A befogási ív mentén a darab előrehaladásával nő a súrlódási munka (Q_{surl}):

$$Q_{surl} = \frac{1}{427} \cdot 2\mu \cdot k_f \cdot b \cdot v_{rel} \cdot df \text{ [kcal/sec]}$$

ahol k_f alakítási szilárdság,

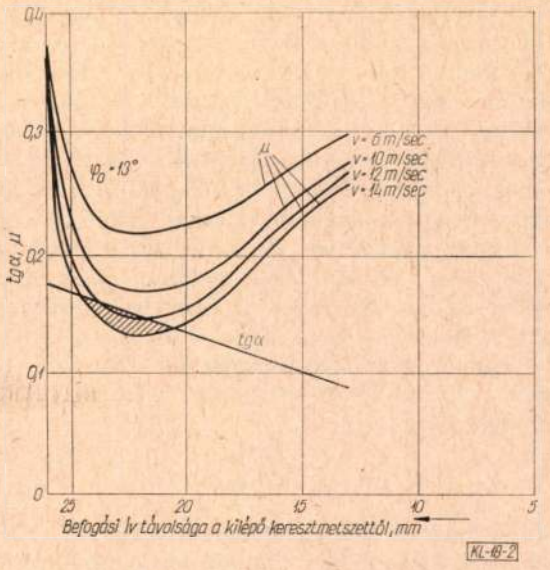
b a darab szélessége,

df a befogástól megtett út hossza.

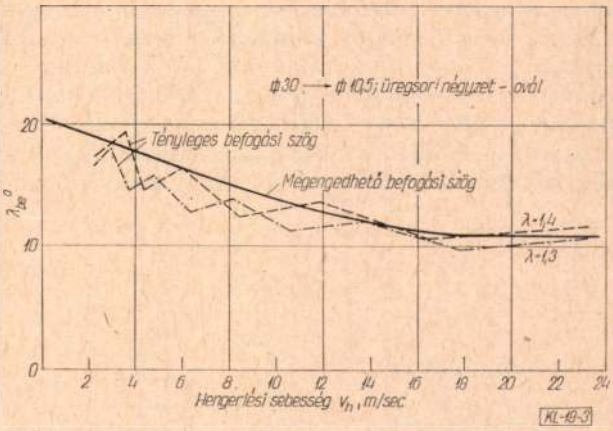
Ez a súrlódási munka egy „h_i" vastagságú felületi réteg hőmérsékletét Δt értékkel növeli. A hengerrésbe befutó felület hőmérséklete a leírt hatások következtében először növekszik, majd a relatív sebesség csökkenése miatt csökken. A hengerrésen végigfutó darab-felület hőmérsékletének megfelelően változik a darab és a henger közötti súrlódási tényező. Ha a „df" hengerrésben a súrlódási tényező kisebb lesz, mint az illető érintkezési ponthoz tartozó befogási szög ($\varphi_0 - \varphi_x$) tangense, akkor a behúzó erők kisebbek lesznek, mint a darabot visszatoló erők. Ebben az esetben a darab megáll, és nem fut végig a hengerrésen. A biztonságos befogás feltétele tehát az előbbiek értelmében a következőképpen írható fel:

$$\mu_x = \operatorname{tg}(\varphi_0 - \varphi_x)$$

A *2. ábrán* látható a különböző hengerlési sebességhez tartozó súrlódási tényező változása a befutó darab felületén, valamint a befogási ív mentén a felületi pontokhoz tartozó középponti szögek tangensértékei. Az ábrából következik, hogy az adott magasságcsökkenés mellett a befogás csak 12 m/s hengerlési sebesség alatt biztonságos. Ha ezzel a módszerrel különböző kezdő befogási szöghöz (φ_0) megállapítjuk a kritikus hengerlési sebességet, akkor a *3. ábrán* közölt csökkenő görbét kapjuk. Az ábrában bejelöltük egy folytatólagos sorra vonatkozó befogási szögek értékeit, kétféle közepes nyújtási tényező esetén. Látható, hogy állandó nyújtási tényező alkalmazásakor a sebesség növekedésével a tényleges befogási szögek egyre inkább közelítik a megengedett befogási szög határvonalát. Ezért a biztonságos befogás érdekében a sebesség növekedésével célszerű csökkenteni a nyújtási tényezőket.



2. ábra. A különböző hengerlési sebességekhez tartozó súrlódási tényezők változása

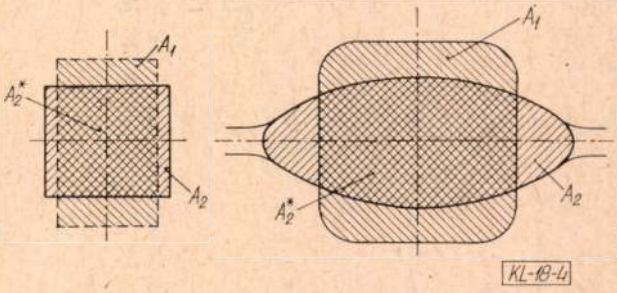


3. ábra. A különböző befogási szögekhez tartozó kritikus hengerlési sebességek

A négyzet-ovál és torzkör-ovál üregrendszerek összehasonlítása

A folytatólagos sorokon először a nyitott sorokon jól bevált négyzet-ovál üregrendszert alkalmazták. Ezt az üregrendszert a nagy nyújtáson kívül, a túlzott mértékű szélesedés is jellemezte. Nyilvánvaló, hogy egy üregrendszer elemzésekor elsősorban a szélesedés és nyújtás viszonylagos értékeit kell kiinduló alapként tekinteni. Ezért a különböző üregrendszerek értékeléséhez az úgynevezett területi nyújtási tényezők fogalmát kell bevezetni. A *4. ábrán* látható elemi hengerlés esetében a háromféle nyújtási tényező értelmezése:

$$\lambda_{ht} = \frac{A_1 + A_2^*}{A_2^*}; \quad \lambda_{bt} = \frac{A_2 + A_2^*}{A_2^*}; \quad \lambda_{lt} = \frac{A_1 + A_2^*}{A_2 + A_2^*}$$



4. ábra. A háromféle területi nyújtási tényező

A háromféle nyújtási tényező között a következő kapcsolat van:

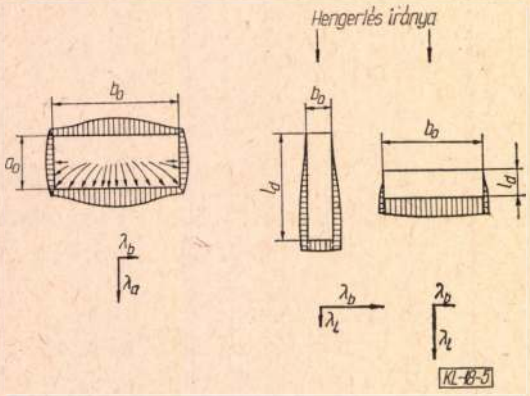
$$\lambda_{ht} = \lambda_{bt} \cdot \lambda_{lt}$$

Ez az összefüggés azt jelenti, hogy hengerléskor a magasságirányú alakváltozás oldalirányú és hosszirányú megnyúlássá alakul át. Mivel a nyújtóüregek fő feladata a darab keresztmetszetének csökkentése, ezért az üreg kialakításakor arra kell törekedni, hogy a λ_{bt} az egységet közelítse meg.

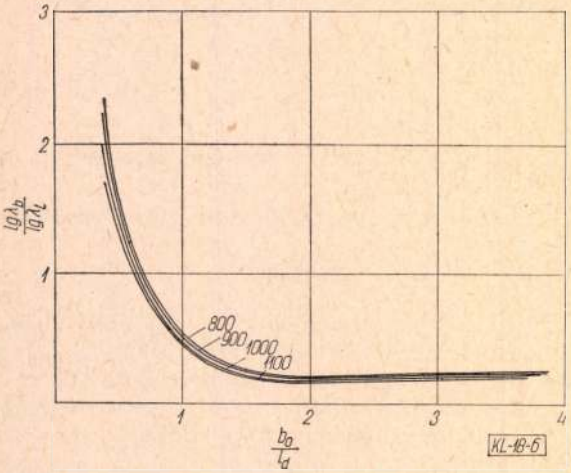
A nyújtóüregekben való szélesedést alapvetően két körülmény befolyásolja. Az egyik a nyomott felület geometriai viszonya, a másik a magasságcsökkenésnek a szélesség szerinti eloszlása. Az *5. ábrán* a nyomott felületek geometriájától függő anyagáramlási irányok láthatók. Az ábra bal oldalán egy egyenlőtlen oldalú (b_0; a_0) prizma képlékeny összenyomásakor kialakult áramlási vonalak vannak ábrázolva. Az áramlási vonalak nagyobb része a rövidebb oldallal párhuzamos irányba tart, tehát ebben az irányban lényegesen nagyobb lesz a fajlagos megnyúlás, mint a másik irányban [3]. A prizma duzzasztásakor a két oldal irányába létrejövő alakváltozás tehát az oldalak arányától függ:

$$\frac{\lambda_b}{\lambda_a} = f\left(\frac{b_0}{a}\right)$$

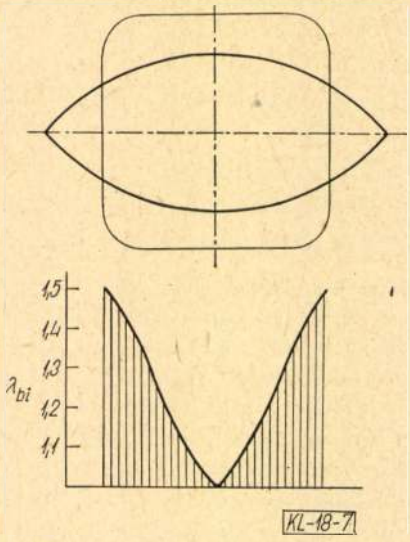
Mivel hengerléskor a hengerrésben elhelyezkedő anyagoszlop feszültségi állapota ferde lapok között végzett duzzasztásnak felel meg [5], ezért a két fő irányban létrejövő fő alakváltozás a nyomott felület oldalviszonyától függ (5. ábra jobb oldala). Ezen általános értelemezésű függvénykapcsolatot *Poluchin* diagramban ábrázolta kísérleti adatok alapján *(6. ábra)* [4]. Adott üregben a diagramból egyértelműen megállapítható a szélesedés értéke, ha a magasság irányú alakváltozás egyenlő. Mivel a nyújtóüregekben a magasságcsökkenés a szélesség mentén változik, ezért az elemi szélesedéseket



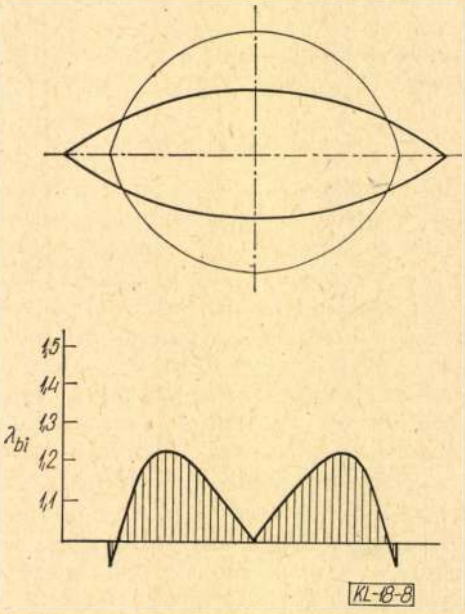
5. ábra. A nyomott felületektől függő anyagáramlási irányok



6. ábra. A Poluchin diagram



7. ábra. Egy 1,74 nyújtási tényezőjű oválüreg helyi szélesedésének eloszlása



8. ábra. A helyi szélesedés eloszlása torzkör ovál bevezetése esetén

a szelvénynek hasábokra való osztásával lehet meghatározni. Egy elemi hasáb oldalirányú nyújtási tényezője a következőképpen fejezhető ki:

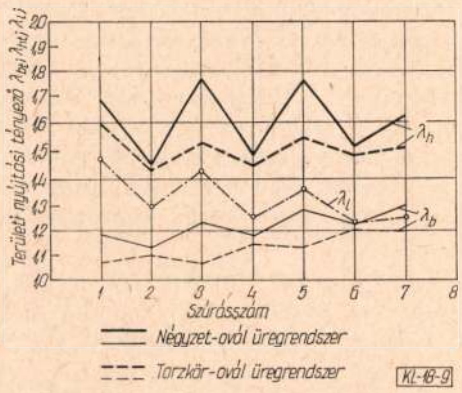
$$\lambda_{bi} = 1 + 4(\lambda_{bk} - 1)\frac{b_{in}}{b_0} \cdot \frac{\Delta h_i}{\Delta h_k}$$

ahol b_{in} a hasáb távolsága a szelvény közepétől,
Δh_i az elemi hasáb magasságcsökkenése,
λ_{bk} a nyomott felület alapján számolt közepes nyújtási tényező,
Δh_k közepes magasságcsökkenés,
b_0 befutó szelvény szélessége.

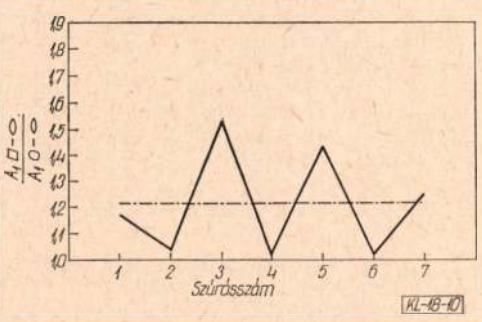
A fenti összefüggéssel tetszőleges nyújtó üregben elemezhetők a szelvény egyes részeinek szélesedési értékei. Ezzel a módszerrel összehasonlítható a finomsorokon alkalmazott kétféle üregrendszer szélesedésének eloszlása. A *7. ábrán* egy 1,47 nyújtási tényezőjű oválüreg helyi szélesedésé-

nek eloszlása látható, ha a beszúrt darab négyzetszelvény alakú. A *8. ábrán* ugyanilyen nagyságú nyújtási tényező esetén ábrázoltuk a helyi szélesedés eloszlását, ha az ovalüregbe torzkör szelvény (elliptikus ovál) kerül beszúrásra. A két ábra összevetéséből látható, hogy a négyzet-ovál üregrendszerben a szelvényre vonatkozó helyi szélesedés egyenlőtlensége több, mint kétszerese a torzkör-ovál üregrendszernél kialakult szélesedés egyenlőtlenségének. Másrészről az egész szelvényre vonatkozó területi szélesedés a négyzet-ovál rendszerben mintegy 70%-kal nagyobb a torzkör-ovál rendszer szélesedésénél. Ennek a különbségnek egyik döntő oka az, hogy a négyzet-ovál üregrendszernél a nagy alakváltozás a szelvény szélén történik, ahol nagy az oldalirányú anyagáramlás. Ezt a tényt az előző összefüggés $b_{ik} \cdot \Delta h_i$ szorzatának nagy értéke mutatja. A kétféle üregezés összehasonlításakor bemutatott módszert általánosítva megállapítható, hogy az az üregalak kedvezőbb a szélesedés szempontjából, amelynél a $b_{ik} \cdot \Delta h_i$ szorzat a szelvény szélessége mentén a lehető legkisebb.

A kétféle üregrendszer további összehasonlítása céljából egy ⧈ 10 méretű négyzetacél hengerlésére szolgáló nyolc szúrásos üregsort szerkesztettünk meg, egyrészt négyzet-ovál, másrészt torzkör-oval rendszerre vonatkozóan. A kiinduló szelvény mérete mindkét esetben ⧈ 30 volt. A számítás során az azonos sorszámú szúrásokban a nyújtási tényező egyenlő volt. Minden egyes üregben meghatároztuk a szelvényre vonatkozó magassági, illetve szélességi irányú átlagos nyújtási tényezők értékeit, melyeket a *9. ábrán* mutatunk be. Az ábrából leolvasható, hogy a torzkör-ovál üregrendszerben azonos hosszirányú nyújtási tényezőkhöz kisebb magasságcsökkenés és szélesedés tartozik, mint a négyzet-ovál üregrendszerben. Ezen különbségek egyik legjelentősebb következménye a pontosabb méretek elérése mellett a szúrások enegiaszükségletének csökkenése. Az alakítási teljesítmény ugyanis — egyébként azonos körülmények mellett (hengerátmérő, hengerlési hőmérséklet, sebesség) — a magasságirányú fogyásterülettől (A_1) függ, mely a magasságirányú nyújtási tényezővel (λ_{hi}) arányos.



***9. ábra.** A nyújtási tényezők üregenkénti alakulása*



***10. ábra.** A kétféle üregezési rendszerben alkalmazott fogyásterületek alakulása*

A *10. ábrán* látható a kétféle üregrendszerben alkalmazott fogyásterületek viszonya. Megállapítható, hogy a négyzet-ovál üregrendszer fogyásterületei átlagosan 20—22%-kal nagyobbak a torzkör-ovál üregrendszerben alkalmazott fogyásterületeknél azonos nyújtási tényezők esetén. Ez a körülmény nemcsak a hengerlési teljesítményeket, hanem a hengerkopási viszonyokat is jelentősen befolyásolja.

A hengerlési teljesítményből számítható technológiai paraméterek elemzése

A folytatólagos sorokon alkalmazott üregezések kialakításakor messzemenően figyelembe kell venni a hengerállványokat hajtó motorok teljesítőképességét. A nyitott sorok esetében a meghajtó teljesítményeket utólagos ellenőrzéssel lehet meghatározni, mivel az egyes szúrások sebességviszonyai egymástól eltérnek. A folytatólagos sorokra érvényes anyagfolytonossági összefüggés lehetővé teszi a nyújtási tényezők célszerű elosztását az egész hengersorra vonatkozóan. E célból az egyes szúrásokra vonatkozó klasszikus képleteket általánosítani kell az anyagfolytonossági összefüggés segítségével. Az alakítási teljesítményszükséglet egyik összetevője az alakítási ellenállás. A Gelejiféle közepes alakítási ellenállás értéke (k_{ki}) a hengerrés geometriai viszonyával felírva [5]:

$$k_{ki} = k_{fi}\left(1 + c\mu \cdot \frac{l_{dk}}{h_k}\right)$$

Ez a képlet az anyagfolytonossági egyenlettel átalakítva a következő egyszerű formulában írható fel:

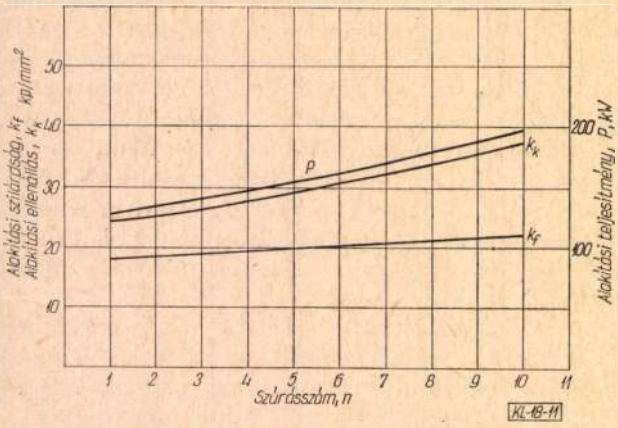
$$k_{ki} = k_{fi}\left(1 + 0{,}85 \cdot c\mu \cdot \sqrt{\frac{R}{a_0}\varepsilon_i \sqrt{\frac{A_0}{A_i}}}\right)$$

ahol k_{fi} az anyag alakítási szilárdsága az i-edik szúrásban,
A_0 a kiinduló négyzet területe,
A_i az n-edik szúrásban a szelvény területe,
a_0 a kiinduló négyzet laptávolsága,
ε_i az i-edik szúrásban a fajlagos alakváltozás nagysága,
C konstans, értéke 0,8—1,0 között van meleghengerléskor.

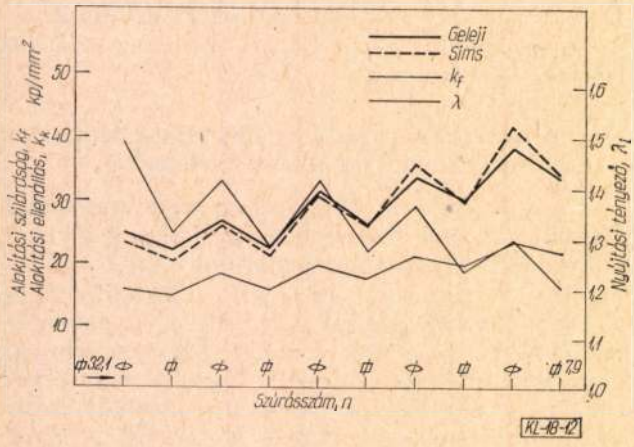
Az alakítás teljesítményszükségletét (P_i) az alakítási ellenálláshoz hasonlóan lehet átalakítani:

$$P_i = k_{ki} \frac{A_{0v0}(\lambda_i - 1)}{102} \text{ [kW]}$$

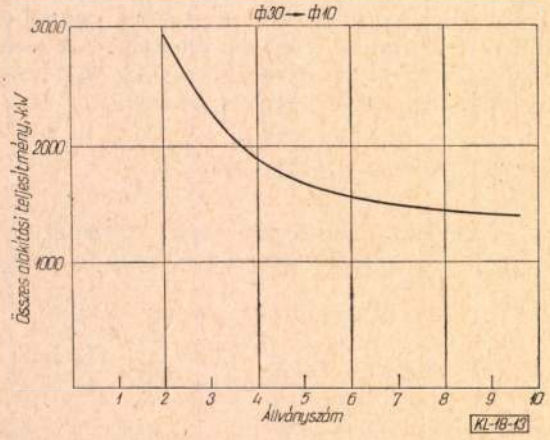
ahol λ_i az i-edik szúrás nyújtási tényezője.



11. ábra. Az alakítási teljesítményszükséglet



12. ábra. Az alakítási ellenállás a gyakorlati üregezések során



13. ábra. A teljesítményszükséglet alakulása 10 mm-es négyzetacél hengerlésekor az egyes szúrásokban

Mivel az alakítási ellenállás szúrásról szúrásra növekszik, ezért az alakítási teljesítményszükséglet a fenti összefüggés szerint szintén növekvő tendenciát mutat, ha a nyújtási tényező értéke állandó *(11. ábra)*. Mivel a folytatólagos hengersorok építésénél az egyik alapvető szempont a meghajtó motorok egységesítése, ezért a fenti összefüggés szerint célszerű a nyújtási tényezőket csökkenteni az alakítási ellenállás növekedésének ütemében A nyújtási tényezők csökkentésének elve egybeesik az első fejezetben említett befogási sebesség kedvező viszonyainak kialakításával, ezért a korszerű folytatólagos sori üregezéseknél vezérelvnek célszerű tekinteni.

A gyakorlati üregezéskor az alakítás ellenállás nem monoton értékben növekszik, mivel az egymást követő üregek geometriai viszonyai az aszimmetrikus átlóviszonyok miatt eltérőek. Az emelkedő tendencia azonban itt is egyértelműen bizonyítható *(12. ábra)*. Az ábrán egy négyzetovál üregsornál számítottuk ki az alakítási ellenállás értékeit. A számítást Geleji-féle formulán kívül *Sims* módszerével [6] is elvégeztük, a kétféle módon számított értékek jó egyezést mutatnak.

A hengersorok tervezésekor nem közömbös az állványok számának —, vagy ami ezzel hasonló értelmű technológiai fogalom — a szúrások számának megválasztása. Adott kiinduló szelvényből adott végméretre való hengerléskor különböző szúrásszám mellett kiszámítható az összes teljesítményszükséglet.

A *13. ábrán* látható, hogy 10 laptávolságú négyzetacél hengerlésekor a hengerlés összes teljesítményszükséglete a szúrások számának növelésével, azaz az átlagos nyújtási tényező csökkenésével csökken. A hengerlés teljesítményfogyasztása szempontjából tehát a minél nagyobb állványszám alkalmazása a célszerű. A beruházási és szerszámfogyasztási költségek azonban a fenti feltételnek bizonyos ésszerű határt szabnak.

Az ismertetett technológiai paraméterek rövid vázlatos elemzésével azt szándékoztam bizonyítani, hogy a korszerű, folytatólagos soron való hengerlés technológiájának kidolgozása komplex feladat, melynek megoldásához az egész sorra vonatkozó általános összefüggések adnak kiinduló alapot. Ezek az általános törvényszerűségek a folytatólagos hengerlés anyagfolytonossági törvényéből származnak.

IRODALOM

[1] *Ekelund, S.:* Einige dynamische Erscheinungen beim Walzen. Jerkantorets Annaler. 111. 39—97. (1927)

[2] *Geleji S.:* Bildsame Formung der Metalle in Rechnung und Versuch. Akademie Verlag Berlin 1960—61. 227—233.

[3] *Gulyás J.:* Különböző arányú négyszögalapú prizmák duzzasztása. Disszertáció. NME 1963.

[4] *Poluchin, P.:* Usirenyije v ovalnüch i kvadratnüch kalibrach. Sztalj. 1949. No. 4.

[5] *Geleji S.:* A fémek képlékeny alakításának elmélete. Akadémiai Kiadó, Bp. 1967. 296—299; 362—365.

[6] *Sims, R. B.:* Speeddependent Varialbes in Cold Strip Rolling I. Iron Steel Inst. 179. 285—295 (1952).

Felhívjuk tagjaink figyelmét az 1973. évi nívódíj-pályázatunkra. Beküldési határidő: okt. 31.

A pályázati feltételek a 2. szám 83. oldalán találhatók.

Égetett magnezittéglák korrózióállóságának fokozása a szabadpórusokba történő karbonbevitellel*

NAGY GÉZA okl. kohómérnök, egyetemi tanársegéd
Nehézipari Műszaki Egyetem, Tüzeléstani Tanszék

DK: 666.763.4:668.7:620.197

A tanulmány ismerteti egy kátránnyal átitatott égetett magnezittégla előállításával kapcsolatos, hazai laboratóriumi és üzemi kísérletek eredményeit. Leírja a saját tervezésű berendezést és ismerteti a technológiát. A kísérleti téglákat egy ívfényes elektrokemence salakozójába építették be. Az üzemi tapasztalatok, valamint a kiépített, elhasználódott téglák makro- és mikroszkópos vizsgálatai igazolták, hogy a karbonbevitel jelentősen növeli az acélgyártó kemencék redukáló atmoszférájában agresszív salakhatásnak kitett tűzállótéglák korrózióállóságát.

A kutatómunka célja:

Egy olyan módszer hazai kifejlesztése, amely lehetővé teszi a korszerű acélgyártás tűzálló bélés anyagokkal szemben támasztott követelményeinek kielégítését, más szóval a hagyományos falazóanyagoknál stabilisabb kerámiai szerkezet kialakítása, amely képes fokozottabban ellenállni a kémiai korróziónak, olvadékeróziónak és a termomechanikai hatásoknak.

Az értekezés felépítése:

1. Bevezetés.
   A problémafelvezetés ipari háttere és a lehetséges megoldások rövid ismertetése.
2. Laboratóriumi mérések.
   A választott megoldáshoz szükséges alapkutatás jellegű kísérletek ismertetése.
3. Üzemi vizsgálatok.
   A kísérleti mennyiségben beépített hagyományos és karbontartalmú téglák korrózióállóságának összehasonlítása.
4. Javaslat az üzemi megvalósításra.
   Az impregnálás gyakorlati kivitelezéséhez javasolt berendezés működési elvének ismertetése.
5. Összefoglalás.
   A tapasztalatok összegezése és értékelése.

1. Bevezetés

A világ acéltermelésének rohamos növekedése és a termékek minőségével szemben támasztott követelmények fokozódása sürgeti az olvasztókemencék tűzállóbélésének igényesebb anyagokkal történő kialakítását. Tekintettel arra, hogy a kemence működése minden esetben technológia-centrikus — vagyis a gyártási folyamatot nem lehet alárendelni falazattartóssági szempontoknak —, érthető, hogy általában a tűzállóanyagok minőségének javítását tűzik ki célul.

Számottevő problémát vet fel a kemenceépítés számára az egyenlőtlen kopás (salaköv !) és a metallurgiai folyamatok gyorsítását célzó oxigén befúvatása, amely növeli a kémiai korrózió és olvadékerózió tűzálló falazatra gyakorolt hatását. Ebből következik, hogy az exponált igénybevételnek is ellenállni képes tűzálló építőanyag kifejlesztése rendkívül időszerű feladat. Igaz ugyan, hogy a hazai kohászat fejlesztési céljait illetően nincs minden tekintetben kielégítő és végleges állásfoglalás. Aligha képezheti azonban vita tárgyát az, hogy nemzetközi vonatkozásban versenyképes hazai acélgyártás nem képzelhető el az oxigénes eljárások valamely gazdaságos változata nélkül [1]. Célszerű tehát erre felkészülni, hogy a megvalósítandó új eljárás bevezetése során, importmegoldás nélkül tudjunk eleget tenni a fokozott követelményeknek.

A nemzetközi megoldásokat vizsgálva megállapítható, hogy a kitűzött cél olyan tűzállótermék kifejlesztésével érhető el, amely a jelenleginél nagyobb tűzállósággal, kisebb porozitással, vagyis nagyobb kémiai és termomechanikai ellenállóképességgel rendelkezik. A számos megoldás közül kettő érdemel megkülönböztetett figyelmet:

1. Kémiailag tiszta (lehetőleg egykomponensű) és megfelelő ásványi homogenitással rendelkező tűzálló anyagot, nagynyomóerejű hidraulikus présen alakítanak olyan tömörré, hogy annak szabad porozitása izzítás után nem haladja meg a 10%-ot. Az így nyert téglaszerkezetben az alkotó kristályok üveges fázis nélkül, közvetlen kötésben illeszkednek, és minimálisra csökken az olvadékkal érintkező, úgynevezett támadási felület.

2. A hagyományos módon gyártott égetett tűzálló téglák pórusait teljes mértékben telítik valamilyen karbonhordozóval (ált. kőszénkátrány), amelyből a krakkmaradékként visszamaradó karbon a tégla látszólagos porozitását közel felére csökkenti. A karbon jelenléte fokozza a tégla tömörségét, növeli tűzállóságát és termomechanikai stabilitását, továbbá javítja korrózióállóságát.

Az 1. megoldás drága alapanyagot és szinte teljesen új technológiai berendezéseket igényel, vagyis rendkívül költséges. Így csak tiszta és nagytűzállóságú ásványi vagy szintetikus (tengervízi magnezit) alapanyagokkal rendelkező országokban jöhet számításba.

A 2. megoldás ezzel szemben csupán egy alkalmas karbonhordozó előállítását és a változatlan technológiával gyártott tűzállótermékek, aránylag kis költségű utókezelését igényli.

Kutatómunkánk során az utóbbi utat követtük. Kiválasztottuk a hazánkban beszerezhető legalkalmasabb karbonhordozót, amellyel kísérleti mennyiségű téglát itattunk át, majd összehasonlítás céljából beépítettük a Lenin Kohászati Művek elektróacélművének egyik kemencéjébe a legexponáltabban igénybe vett (salakövi) részbe, párhuzamosan a hagyományos téglákkal.

Ezek után áttérünk kísérletünk ismertetésére, amelyet célszerűen az üzemi vizsgálatokat megelőző laboratóriumi mérések tárgyalásával kezdünk.

* A Vaskohászati Szakosztály 1972. évi nívódíj pályázatán díjat nyert pályamunka.

2. Laboratóriumi mérések

Miután a kemencebélés korrózióállóságának fokozására, a bevezetőben is említett karbonitatásos utókezelést választottuk, szükségessé vált a legalkalmasabb hazai karbonhordozó felkutatása.

A szóba jöhető karbonhordozók legfontosabb jellemzőit kimértük és táblázatba foglaltuk *(1. táblázat)*.

1. táblázat

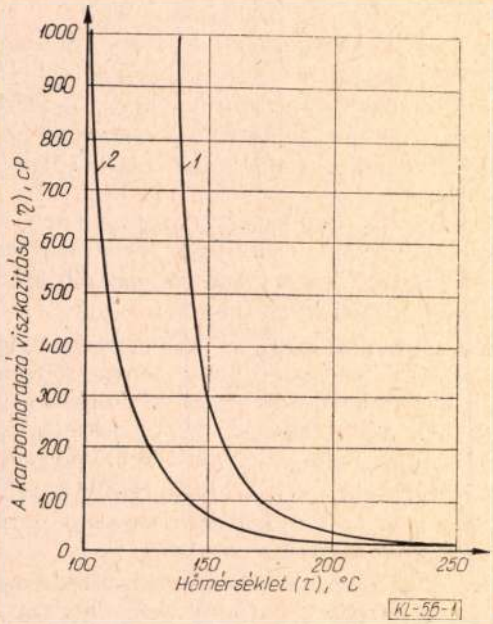
A karbonhordozók legfontosabb jellemzői

Karbonhordozó	Jellemző érték	
	Lágyuláspont °C	Maradó karbon súly %
Kőszénkátrány-szurok	70	58,09
Szurok : kátrány (keverék: 2 : 1)	50	49,64
Kőszénkátrány	0 (50 °C-on: 4 E°)	20,04
Bitumen	37	30,5

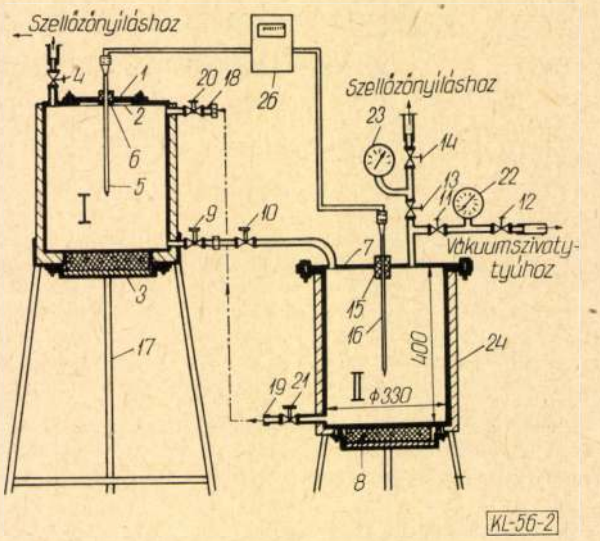
Legalkalmasabbnak a Dunai Vasmű által forgalomba hozott (1000 Ft/t) kőszénkátrány-szurok bizonyult, elsősorban nagy maradó karbontartalma miatt, de nem elhanyagolható szempont, hogy előnyös lágyuláspontja lehetővé teszi az impregnált tégláknak előkrakkolás nélküli beépítését. Ez utóbbi egy költséges művelet megtakarításán túl a maradó karbon mennyiségének növekedéséhez vezet, mivel a beépítés helyén történő gyors felmelegedés gátolja az illórészek eltávozását [2, 3, 4, 5].

A karbonhordozó megválasztását követően kimértük viszkozitásváltozását a hőmérséklet függvényében *(1. ábra)*.

Ennek segítségével meghatároztuk az optimális hőmérséklettartományt ($t_{opt} = 230 - 250$ °C), majd a

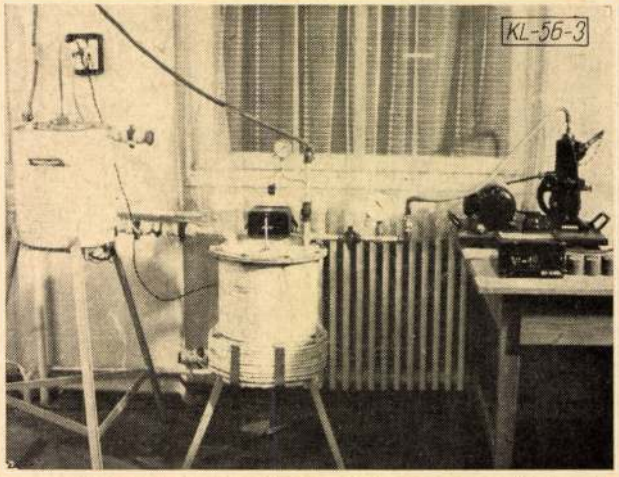


1. ábra. Az 1. és 2. karbonhordozó (1. tábl.) viszkozitásának változása a hőmérséklet függvényében



2. ábra. Impregnáló berendezés

I. — olvasztótartály; II. — impregnálótartály; 1, 7 — légmentesen záró fedél; 2 — adagoló nyílás; 3, 8 — elektromos fűtés; 4, 11, 12, 13, 14 — szelep; 6, 16 — FeKo hőelem; 6 — azbesztdugó; 9, 10, 20, 21 — csap; 15 — tömszelence; 17 — állvány; 18, 19 — csővezeték a karbonhordozó visszajuttatására; 22 — vákuummérő; 23 — nyomásmérő; 24 — azbesztszigetelés; 26 — hőmérsékletleolvasó



3. ábra. A berendezés elrendezése az olvasztás és impregnálás ideje alatt

Magnezitipari Művek által gyártott 2 G 16-jelű égetett magnezittéglákból kivágott 100 g-os próbatesteket impregnáltunk különböző ideig egyszerű főzéssel és vákuum alkalmazásával.

A kísérlet lefolytatásához szükségessé vált egy alkalmas berendezés megtervezése és megépítése. Ennek vázlatos rajza látható a *2. ábrán*. Itt jegyezzük meg, hogy a berendezés alkalmas kisszámú szabványos méretű tűzállóanyag impregnálására is.

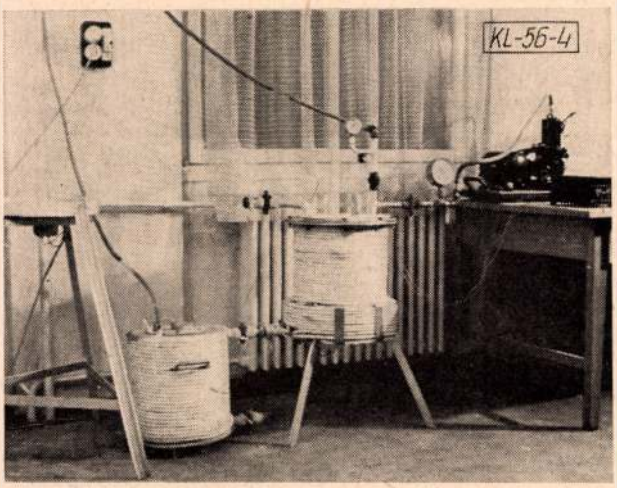
A berendezés működésének leírása: A kiinduló állapotot a *3. ábra* szemlélteti.

A szilárd halmazállapotú kőszénkátrányszurok a fűthető olvasztótartályba (1) kerül, egy létmentesen lezárható adagoló nyíláson keresztül (2). Itt megolvad, miközben a tartály szellőző nyílásának szelepe (4) nyitott helyzetben van. A folyékonnyá váló szurok hőmérséklete FeKo hőelemmel (5) mérhető, amely egy furattal ellátott azbesztdugón (6) keresztül nyúlik a fürdőbe. Közben az impregnálandó próbatestek az impregnáló tartályba (II)

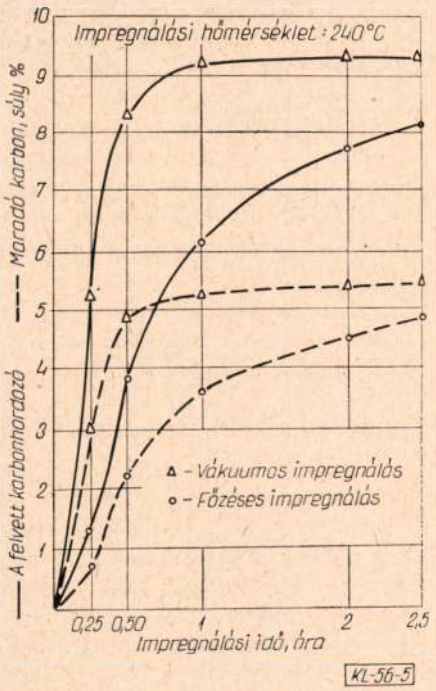
helyezhetők, ahol a tartály vákuumbiztos lezárása után elárasztható folyékony szurokkal. Az impregnálás lefolytatható vákuum alkalmazásával vagy anélkül (egyszerű főzés).

A szükséges impregnálási idő eltelte után az olvasztótartály (I) leemelhető az állványról (17), és a *4. ábrán* látható módon a folyékony karbonhordozó visszajuttatható.

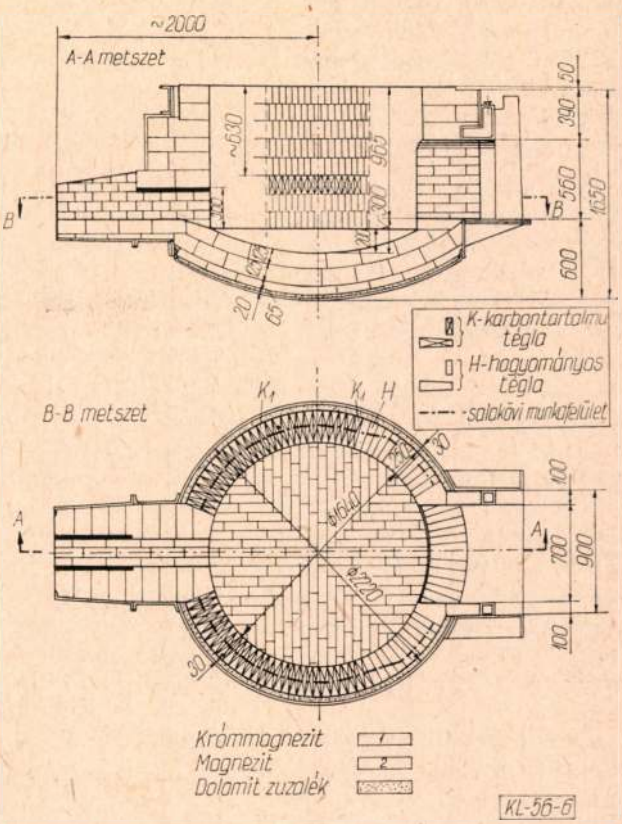
A fent bemutatott berendezés segítségével impregnált magnezittéglák karbonhordozó felvételét az *5. ábrán* mutatjuk be. Az ábráról világosan leolvasható a vákuum alkalmazásának karbonhordozó-felvételt növelő és egyben kezelési időt csökkentő hatása. Megjegyezzük azonban, hogy az egyszerű főzéses eljárás impregnálási idejének kellő mértékben történő növelésével (4—5 óra) nagyon jól megközelíthető a vákuumos impregnálás során mért karbonhordozó-felvétel. Ennek ellenére célszerű a



4. ábra. A tartályok elhelyezkedése a karbonhordozó visszajuttatása közben



5. ábra. Különböző módon utókezelt égetett magnezit próbatestek (l. porozitás 24%) karbonhordozó felvétele és maradó karbontartalma a kezelési idő függvényében



6. ábra. A kísérleti téglák elhelyezkedése a LKM 16-os számú ívfényes kemencéjének salakzónájában

vákuum alkalmazása, egyrészt a rövid impregnálási idő (1—1,5 óra) miatt — ami közvetlen kihatással van a gazdaságosságra és a termelékenységre —, másrészt mindenképpen légmentesen záró rendszert kell építeni (munkavédelmi szempontok miatt) és így a vákuumos impregnálás megvalósítása csupán egy vákuumszivattyú árának megfelelő többletráfordítást jelent.

Mivel a bázikus tűzállóanyag impregnálásával kapcsolatban számos pozitív külföldi tapasztalatot ismerünk, továbbá a tégla pórusaiba történő karbonbevitellel nem új minőséget, hanem csak új szerkezetet hozunk létre, így a fent leírt kísérletek során meghatározott optimális impregnálási körülmények között utókezelt tűzállóanyagokat kockázat nélkül beépíthettük felhasználási helyükre.

3. Üzemi vizsgálatok

A nemzetközi gyakorlatban a karbontartalmú bázikus kemencebéléstéglák kutatását és kifejlesztését elsősorban az oxigénes acélgyártás előtérbe kerülése sürgeti. Emellett azonban számos szerző javasolja [6, 7, 8, 9] az elektrokemencék salakövi részének kátránykötésű dolomit, magnezit, illetve égetett és kátránnyal átitatott magnezittéglákkal történő kifalazását.

Kísérleteinket — elsősorban lehetőség hiányában — elektrokemencében végeztük.

A laboratóriumi kísérletek során legalkalmasabbnak talált kőszénkátrányszurokkal (lágyuláspont 70°) teljes keresztmetszetében átitatott téglákat a *6. ábrán* bemutatott módon építettük be a Lenin

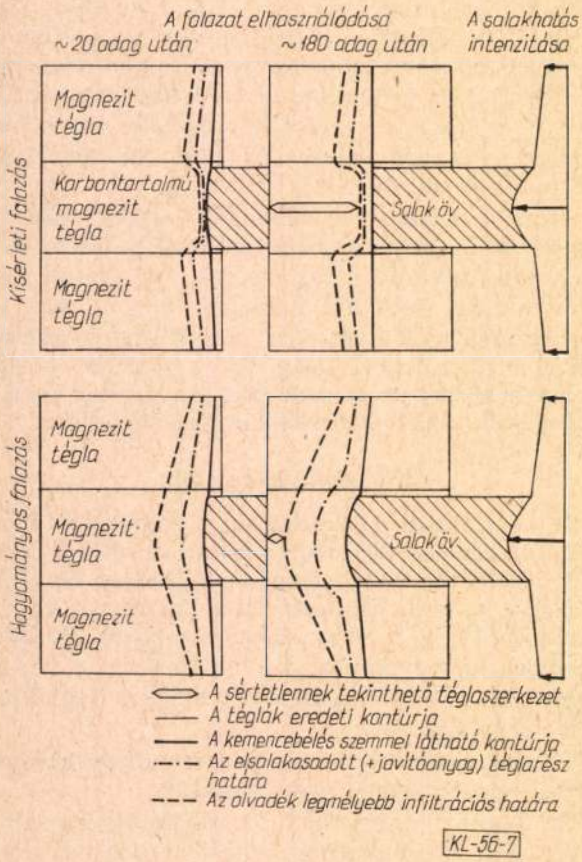
Kohászati Művek Elektroacélművének 16-os számú kemencéjének salakövi részébe. Ugyanebbe a sorba raktunk néhány hagyományos téglát is. A kísérleti időszak 1972. jún. 7-én kezdődött, ekkor a kemencefenék adagszáma 509 volt, a kemencéből először csapolt adagjele 167993.

A kemence falazatcseréjére 1972. jún. 10-én a 168175-ös adag után került sor, ami azt jelenti, hogy a kísérletifalazat 182 adagot bírt ki. Ez jelentős javulás a szokásos adagszámokhoz képest, amelyek az előző félév során 104 és 150-es szélső értékek között mozogtak és a súlyozott átlaguk 115 körüli érték.

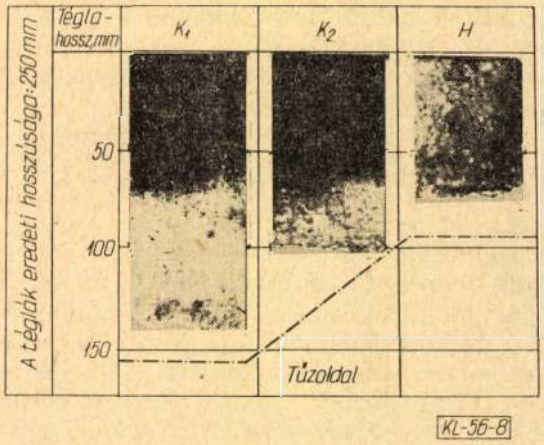
A kísérleti falazat használata során a szokásos acélminőségeket gyártották a kemencében, ami kb. azt jelenti, hogy az adagok fele (rendszertelenül váltakozva) alakos öntvényekhez használt Mn-, C-, Mo- acél, míg a másik fele kokillaöntéshez használt, nagyon változó minőségű ötvözött acél (pl. Mn-2; Cr-100; K-3; Mn-1; BL-2; S-131 stb.). Ez utóbbiaknál általában részleges salakelemzéseket is végeztek, ezek eredményeit vizsgálva megállapítható, hogy az FeO értéke 5—15%-os, míg a CaO értéke 45—70%-os értékhatárok között váltakozott.

Az adagnapló bejegyzéseiből kitűnik, hogy a kemence a szokásos javítások mellett végig kifogástalanul üzemelt.

Meg kell azonban jegyezni, hogy a kemence üzemeltetői a 20. adag táján aggódtak, mivel a kísérleti övben jelentős bemélyedést tapasztaltak, amely a rendszeres javítás ellenére minden adag után újra



7. ábra. A kemencefal kopásának sémája karbontartalmú és hagyományos magnezittéglából készült salaköv esetén



8. ábra. Méretarányos felvétel a salakövből származó karbontartalmú (K_1, K_2) és hagyományos (H) téglákról

felfedezhető volt. A jelenség a 40—50. adag után megszűnt, sőt a falazat kopása teljesen egyenletesnek tűnt, ellentétben a korábbi gyakorlattal.

E jelenség oka abban rejlik, hogy az első időkben a karbontartalmú kísérleti téglák felületére nem tapadt fel a javítóanyag, ezzel szemben az alatta és fölötte levő hagyományos téglák felülete elsalakosodott és így jól javítható volt. A megszűnése azzal magyarázható, hogy miután a kísérleti téglák felületi rétegéből kiégett a karbon, felülete kismértékben elsalakosodott és a javítóanyag jól kötődött hozzá, így nem sodródott el minden adag után. A továbbiakban tapasztalható kopást — hagyományostól kisebb mérvű — jelentősen mérsékli a karbon közvetett (gázpárnán keresztüli) salakinfiltrációt gátló hatása *(7. ábra)*.

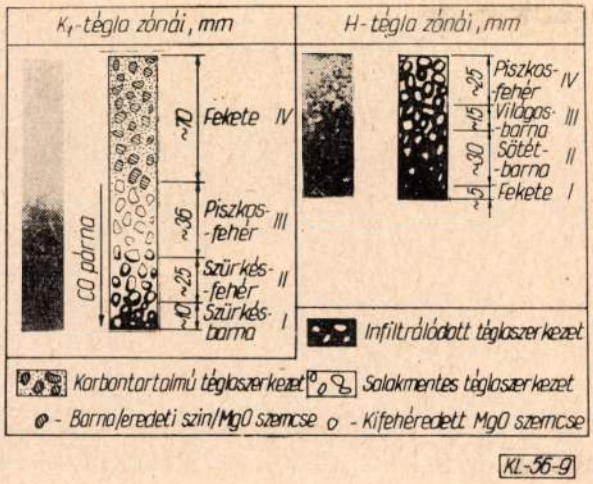
A falazat kibontása után a 6. ábrán bejelölt, salakövi téglákról (K_1; K_2; H) méretarányos felvételt készítettünk *(8. ábra)*.

Az ábrán K_1-el jelölt tégla mindkét oldalról karbontartalmú, míg a H-jelű tégla hagyományos téglákkal volt körülvéve, ezzel szemben a K_2-es jelű tégla a határrétegből származik. Ezért a továbbiakban csak a jellemzőbb K_1 és H jelzésű téglák vizsgálatával foglalkozunk. Összehasonlításképpen a 9. ábrán bemutatjuk a téglák elsalakosodását és ennek, valamint más felhasználásközbeni hatások következtében kialakuló réteges elszíneződést.

A következőkben — a *9. ábra* jelöléseit használva — bemutatunk néhány mikroszkópi felvételt, amely a különböző téglarészekből származó csiszolatokról készült *(10. 11. ábra)*.

A tűzállófalazat elhasználódásának kinetikája

Ismeretes, hogy a falazat elhasználódása a mechanikus sérülések és a hőingadozás okozta — különböző feszültség-hatások, továbbá a kristályszerkezeti átalakulásokkal járó roncsolódások mellett nagy részben a vegyi korrózionak tulajdonítható (az utóbbi fokozza az olvadékerózió mértékét is). E jelenség lényegében számos integrálisan ható fizikai-kémiai folyamat eredménye. A vegyi és a mechanikai elváltozások az építőanyag értékes tulajdonságainak romlásához vezetnek. Mind a szilárd, mind az olvadékfázisban lejátszódó reakciók



9. ábra. Karbontartalmú (K_1) és hagyományos (H) tégla szerkezeti elhasználódásának szemléltetése és a különböző módon elszíneződött rétegek méretei

egyúttal kölcsönösen egymást is befolyásolják. Reakciómechanizmusaik elkülönített vizsgálata tehát nem lenne célszerű, mivel a gyakorlati észlelések szerint a részfolyamatok nem értékelhetők additive [9].

A fémfürdő ferrosztatikus nyomása és a kapillárishatás (nedvesítési nyomás) jól nedvesedő anyagok esetén jelentős mértékben megnöveli a diffúzió, valamint az oldódás mértékét, ugyanakkor a rosszul nedvesedő karbonalapú, ill. karbontartalmú, tűzállóanyagok esetén az előzőekkel ellentétben csökkenti a salakinfiltrációt, vagyis a korrózió mértékét. E fontos tényezőn túl jelentős szerep jut a reagáló anyagok kristálytani és kémiai összetételének, valamint a hőmérsékletnek.

Ezek után belátható, hogy helytelen lenne és nem is vezetne használható eredményre az egyes folyamatok elszigetelt tanulmányozása, vagy egyes tényezők reakcióviszonyokra gyakorolt hatásának számokkal történő kifejezése. Következésképpen az egyes jelenségek elemzését kizárólag az összefüggések világosabb bizonyítása céljából tartjuk indokoltnak.

A korrózió megindulásának feltétele, hogy az egymással érintkező tűzállóbélés és olvadék egy vagy több alkotója között oldódási lehetőség vagy vegyi affinitás álljon fenn. Miután mind a tűzállóanyag, mind a salak többalkotós rendszerként fogható fel, a kölcsönhatás intenzitása az ellentétes jellegű alkotók — savas és bázikus vegyületek — arányától függ.

A tűzállóbélés elhasználódását leggyakrabban úgy jellemzik, mint a szilárd halmazállapotú anyag oldódását folyadékban [11, 12].

Az oldódás sebességét (V_0) cm/mp-ben kifejező összefüggés:

$$V_0 = \frac{D}{\varrho \cdot \delta} \cdot (C_t - C_0) \quad \cdot \qquad 1)$$

ahol D a diffúziós együttható, cm^2/mp

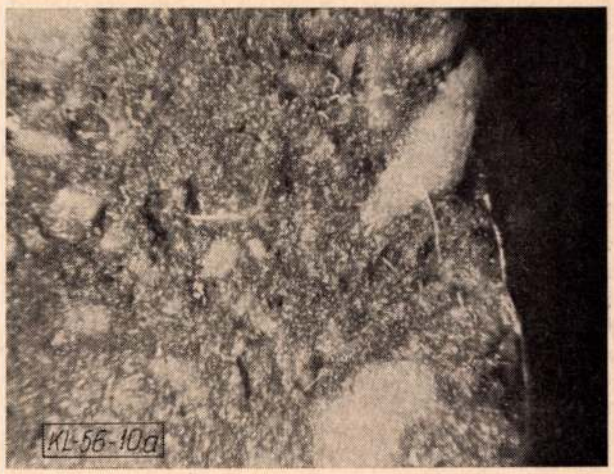
C_t az olvadék telítési koncentrációja (tűzálló anyagra), g/cm^3

C_0 az olvadék (fém-salak) mindenkori koncentrációja, g/cm^3

ϱ a diffúziós réteg vastagsága, cm

δ a kristály elméleti sűrűsége, g/cm^3

Az oldódási sebesség mértékét jelentősen befolyásolja a koncentrációgradiens értéke $[(C_t - C_0)/\delta]$,



10a ábra. Hagyományos magnezittégla munkafelület alatti része. (I. zóna) fehér = MgO szemcse, sötétszürke = elsalakosodott terület. A szemcsék erősen megkoptak, a téglaszerkezet salaktartalma kb. 70%. (Visszavert fényben 30×)



10b ábra. Salakkal átjárt téglaszerkezet (III. zóna). Itt az elsalakosodás mértéke kisebb, kb. 50%. (Visszavert fényben 30×)



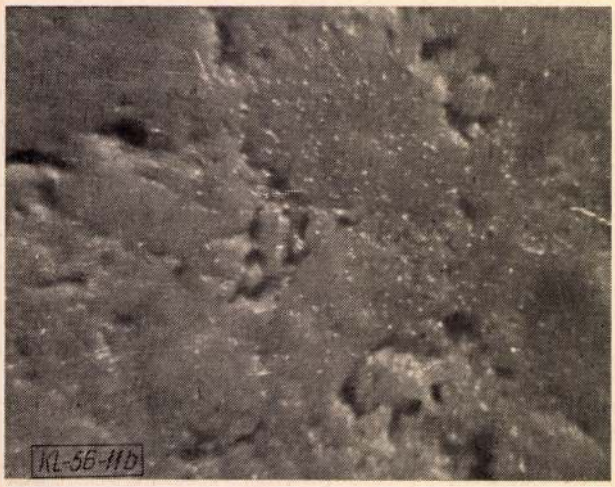
10c ábra. Sértetlennek tekinthető téglarész (IV. zóna). A téglaszerkezetben csak kis mennyiségű salak infiltrálódott és téglaalkotók közötti üveges fázis közel azonos színe miatt a szemcsehatárok nehezen ismerhetők fel. Salaktartalom kb. 10%. (Visszavert fényben 30×)



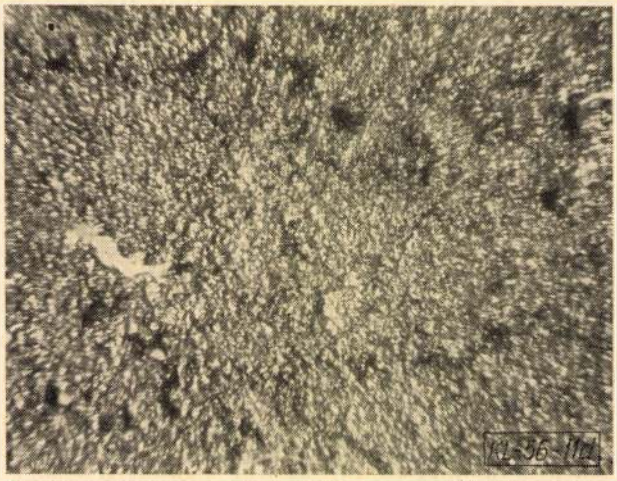
11a ábra. Karbontartalmú magnezittégla felületi zónái (I—II.) A felvételen a beszivárgott salak csak kis elszíneződést okozott, a MgO-szemcsék kismértékben koptak, de jelentős üveges fázison keresztül kapcsolódnak egymáshoz. Salaktartalom: kb. 10%. (Visszavert fényben 30×)



11c ábra. Átmeneti réteg a karbonmentes (III) és karbontartalmú (IV.) zóna között, világos szürke = részben kifehéredett MgO szemcse, fekete = grafit. (Az apró fehér pontok a csiszolat síkjába eső grafitkristályokról visszavert fény következménye.) Salaktartalom = 0. (Visszavert fényben 30×)



11b ábra. Salak és karbonmentes téglaszerkezet. (III. zóna). A kifehéredett MgO szemcsék jelentős üveges fázison keresztül kötődnek egymáshoz. Salaktartalom 0. (Visszavert fényben 30×)



11d ábra. Karbontartalmú téglaszerkezet (IV. zóna). Itt a MgO szemcsehatárok nem ismerhetők fel, mert az eddigiekkel ellentétben a szemcsék nem fehéredtek ki (sötétbarna maradt). Salaktartalom = 0. (Visszavert fény 30×)

amely az oldóközeg (olvadék) mozgásának következtében sokkal nagyobb mint nyugvó folyadék esetén *(12. ábra)* [12].

Ha az (1) képletet megszorozzuk az oldási felülettel (F-cm²-ben), akkor megkapjuk az olvadék által másodpercenként oldott tűzállóanyag mennyiségét *(V)* cm³/mp-ben.

$$D=\frac{D}{\varrho\cdot\delta}(C_t-C_0)\cdot F \qquad (2)$$

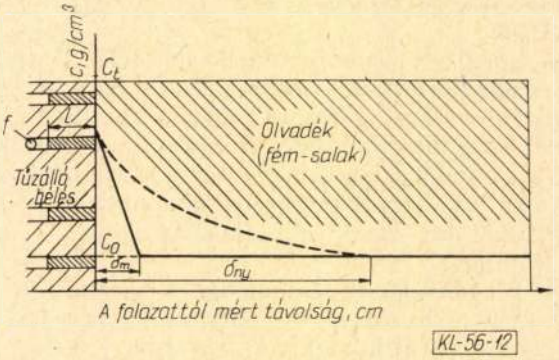
Irodalmi adatok alapján a *D*-diffúziós állandó a hőmérséklettel a következőképpen változik [10, 12, 13].

$$D=D_0 e^{-\frac{A}{RT}} \qquad (3)$$

ahol D_0 = konstans

$A=\frac{\text{g cal}}{\text{g atom}}$-ban a diffúzió aktiválási energiája

Az utóbbi időben végzett vizsgálatok alapján (*Dushman* és *Langmuir* szerint) szilikát olvadékok



12. ábra. A diffúziósréteg vastagsága (δ)

C_t — telítési koncentráció, C_0 — olvadék koncentráció, *f* — pórus keresztmetszet, δ_m — diffúziós rétegvastagság mozgó olv. esetén, δ_{ny}—diffúziós rétegvastagság nyugvó olv. esetén, *L* — a salakinfiltráció mélysége

esetében a diffúziós állandó a következőképpen fejezhető ki [10, 13].

$$D=a^2\frac{}{Nh}e^{-\frac{A}{RT}} \qquad (4)$$

ahol *a* = az atomok egymástól mért távolsága.

Az oldódás sebessége tehát annál nagyobb, minél nagyobb a diffúziós állandó, minél nagyobb a szilárd anyag felülete (F), minél távolabb van az oldat (olvadék), a telítettség határától (C_t) és minél kisebb a diffúziós réteg vastagsága. Az oldódás sebessége (V_0) tehát a tűzálló anyag és a fürdő érintkezésbe kerülésének pillanatában a legnagyobb és az oldó közeg (salak) telítődésének mértékében csökken elvileg nullára, ami azonban csak az infiltrált kapillárisok belsejében képzelhető el, mert a felületen mindig megújul az olvadék, noha elkerülhetetlen egy vékony — tűzállóanyagra nézve koncentráltabb — diffúziós peremréteg kialakulása. A peremréteg vastagsága, kémiai összetétele, vagyis diffúziós ellenállása számos tényező függvénye, olyan értéket azonban semmiképpen nem érhet el — az acélgyártás során —, hogy e rétegbe a telítettségi koncentráció (C_t) létrejöjjön.

A salak támadásának kitett, pórusos és az olvadék által jól nedvesíthető téglánál a tiszta diffúziós oldáshoz csatlakozik az olvadékerózió, ami a tégla egyes szemcséit még a tökéletes oldás előtt a kristályszerkezetből kiszakítja és a maradék szemcsét a fürdőbe viszi. E folyamatot nagymértékben elősegíti a téglaszerkezet pórusossága, mivel ez a korrózió kiteljesedéséhez vezet, vagyis elősegíti a szemcsehatároknak vagy kristályhidaknak az oldási folyamatát, ami egy kisszilárdságú, laza téglaszerkezet kialakulását eredményezi.

A porozitás okozta kémiai korrózió növekedés magyarázatához használjuk fel a 12. ábra jelöléseit és induljunk ki a (2) képletből.

Ha a tégla geometriai felületéből F levonjuk a nyílt pórusok össz keresztmetszetét ($f=\varepsilon$), akkor az összefüggés a következőképpen módosul:

$$V'=\frac{D}{\varrho}\cdot\frac{C_t-C_0}{\delta}(F-\varepsilon) \qquad (5)$$

$$V'<V$$

Ez azonban még csak a téglafelület pórusmentes részéből származó oldott tűzállóanyagmennyiség cm^3/mp-ben. Ehhez hozzá kell adni az infiltrálódott pórusok palástfelületén ($2r\pi L=\omega$) támadó olvadék kémiai reakciója révén oldódó tűzállóanyag mennyiséget (V'').

$$V''=\frac{D}{\varrho}\cdot\frac{C_t-C_0}{\delta+\beta}\,\omega \qquad (6)$$

$$0\leqq\beta\leqq L$$

A V' és V'' összegezése és az egyenlet célszerű átrendezése után kapjuk a pórusos és L mélységben olvadékkal telített téglaszerkezet vázalkotóiból időegység alatt (mp) feloldott tűzállóanyagmennyiséget (V^+).

$$V^+=V'+V''=\frac{D}{\varrho}\left[\frac{C_t-C_0}{\delta}\cdot(F-\varepsilon)+\frac{C_t-C_0}{\delta+\beta}\cdot\omega\right] \qquad (7)$$

Mivel az $\omega\ll\varepsilon$-nál, így a V^+ sokkal nagyobb, mint a pórusmentes anyagokra vonatkozó (2)-es összefüggésből származó érték.

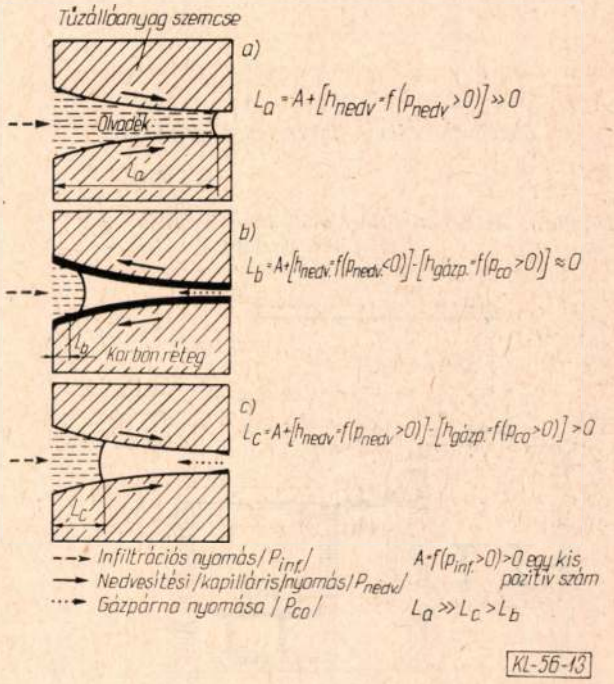
Összegezésképpen megállapítható, hogy az infiltráció következtében megnövekedett támadási felület jelentősen növeli a kémiai korrózió mértékét. Ezt a hatást fokozza az a tény is, hogy a reakciórétegben a pórusok mennyisége — és így a támadási felület — jelentősen megnövekszik [4].

A gyakorlatban természetesen a V'' értéke csak egy bizonyos felső határig emelkedhet, mivel növekedésének határt szab a δ diffúziós réteg β értékkel történő növekedése révén beálló koncentrációgradiens csökkenés

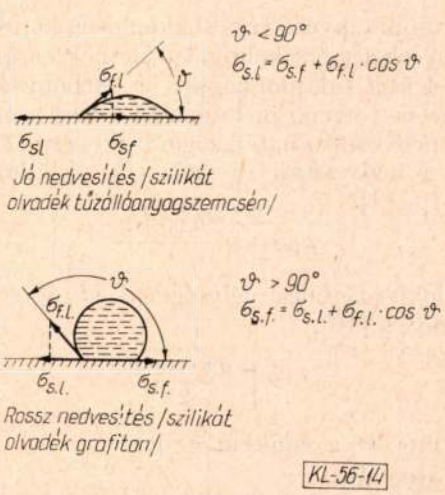
$$\left(\frac{C_t-C_0}{\delta+\beta}<\frac{C_t-C_0}{\delta}\right).$$

A reakció leállásához (egyensúlyba jutásához) azonban ez a tény is csak elvileg vezethet, mivel a legfelső laza téglaréteg erózió révén elsodródik és így nincs lehetőség az egyensúlyi állapot kialakulására.

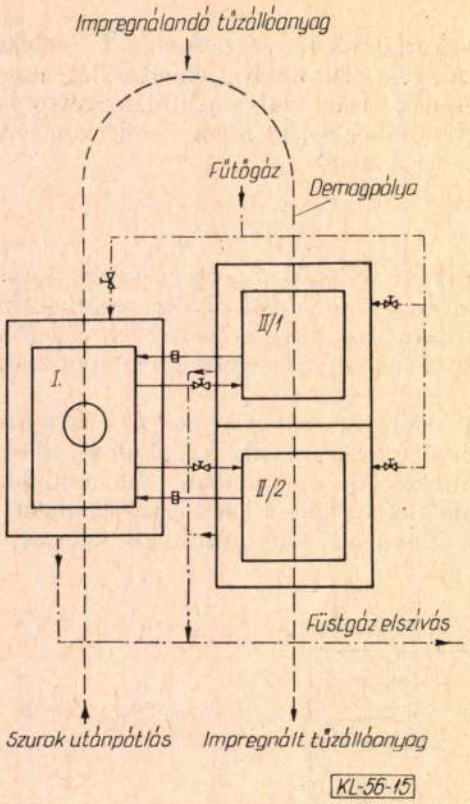
A reakcióréteg vastagságára (L) nézve azonban egy látszólagos egyensúly kialakulhat, ahol L értéke változatlan, ez azonban csak a mindenkori munkafelülethez képest lehet igaz (az eredeti téglahosszat alapul véve az infiltrációs mélység állandóan nő).



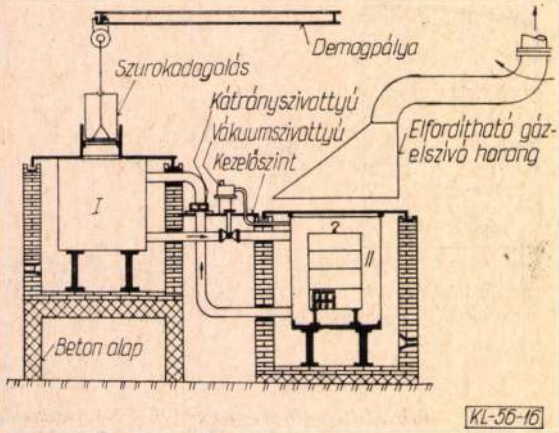
13. ábra. A salakinfiltráció mélységének (L) alakulása karbonmentes (a), karbontartalmú (b), karbontartalmú, de a reakciórétegben már dekarbonizálódott (c) téglaszerkezet esetén



14. ábra. A nedvesíthetőség értelmezése



15. ábra. Az üzemi impregnáló berendezés javasolt telepítési vázlata



16. ábra. Az üzemi megvalósításhoz szükséges impregnáló berendezés elvi felépítése

Az utóbbi tényező (L) csökkentésén keresztül jelentősen lehet mérsékelni a tűzállóbélés kopását. E célt szolgálja tulajdonképpen a karbonnak téglaszerkezetbe történő juttatása *(13. ábra)*, ami egyrészt a nedvesítési határszög növekedése *(14. ábra)* vagyis a nedvesítési nyomás (P_{nedv}), csökkenése révén [10, 11].

$$p_{\text{nedv}} = \frac{2\delta \cos \vartheta}{r} \qquad (8)$$

A salakbeszűrődés mélységének (L) csökkenését eredményezi [10].

$$L = \sqrt{\frac{\sigma \tau \cdot \cos \vartheta r}{2\eta}} \qquad (9)$$

ahol τ mp-ben a salakhatás ideje

η $\frac{\text{dyn} \cdot \text{mp}}{\text{cm}^2}$-ben az olvadék viszkozitása

A karbonnak a fent leírt infiltrációt csökkentő hatása azonban csak addig lényeges, míg a karbon ki nem ég a reakciórétegből, mivel a későbbiek során a tégla nem dolgozó szerkezetében levő karbon folyamatos oxidációja révén [11] kialakuló gázpárna (p_{co}) nyomása akadályozza meg, illetve csökkenti a salakinfiltráció mértékét (13/c) és így a falazat kémiai korrózióját.

4. Javaslat az üzemi megvalósításra

Miután a nagyüzemi megvalósítás során megépítendő berendezés működési elve azonos, csak méreteiben és a fűtésmódjában tér el a 3. ábrán bemutatott laboratóriumi berendezéstől, ezért itt csak a javasolt telepítési vázlatot *(15. ábra)* és a berendezés egyszerűsített metszetét mutatjuk be.

Az impregnálási technológia rövid leírása:

Az utókezelésre szánt égetett téglákat rakodóketrecben vagy egy célszerűen kialakított raklapon, demagdaru segítségével egy légmentesen lezárható rezervoárba ($II_{11,2}$..) kell helyezni, majd a tartály légtelenítése után 250 °C hőmérsékletű szurokkal kell elárasztani. A szükséges impregnálási idő elteltével a folyékony szurok kátrányszivattyú segítségével visszajuttatható az olvasztótartályba (I). Az impregnáló tartály fűtésének megszüntetése és fedelének eltávolítása után, egy föléje fordítható elszívóharang segítségével addig kell a rendszert hűteni, míg a téglák felületére tapadt szurok megszilárdul. Ezután a raklap kiemelhető és a téglák beépíthetők. (Megjegyezzük, hogy az eljárás hőszükséglete 250—300 °C-os hulladékfüstgáz felhasználásával is biztosítható.)

5. Összefoglalás

Kutatómunkánk során egy, a korszerű acélgyártás következményeit kielégítő úgynevezett kátránnyal átitatott égetett magnezit béléstégla hazai előállításával kapcsolatos laboratóriumi és üzemi kísérleteket végeztük el. Megterveztük és elkészíttettük az utókezeléshez szükséges berendezést, a legfontosabb jellemzők alapján felkutattuk a legalkalmasabb hazai karbonhordozót, majd az optimális utókezelési körülmények meghatározása után kísérleti mennyiségű téglát itattunk át és építettük be egy ívfényes elektrokemence salakzónájába. Az üzemközben szerzett és a téglák felhasználás utáni makro- és mikroszkópos vizsgálata utáni tapasztalatok alapján megállapítottuk, hogy megfigyeléseink egyeznek a nemzetközi tapasztalatokkal, mely szerint a karbonbevitel jelentősen megnöveli a redukáló atmoszférában agresszív salakhatásnak kitett tűzálló bélésidomok korrózióállóságát.

Ezen tapasztalatok alapján javasoljuk a hazai elektrokemencék salakzónáinak karbontartalmú magnezittéglából történő építését.

További reményekre jogosítanak fel tapasztalataink a későbbiekben bevezetendő oxigénes acélgyártás kemencebélés igényének gazdaságos hazai előállítású tűzállóanyaggal történő kielégítését illetően is.

IRODALOM

[1] *Dr. Antal Boza József:* Az oxigénfúvás hatása a tűzállóbélés korróziójára. TÜKI Szeminárium Miskolc, NME 1972.

[2] *Hardes—Kienov:* Feuerfesthunde 1960. P 244—267.
[3] *I. A. Orlovszkij:* Konvertúnüje ogneupóer za rubersón. Szerija II. Informácija Moszkva, 1968. 11. 5—6. p. 1—18.
[4] *Barthel H.:* Die infiltrationschemende Wirkung des kohlenstoffs beim Verschleiss von teerhaltigen basischen Steinen in Sauerstoffblasgefässen. Ber. Dt. Keram. Ges. 1970. 47. évf. 7. sz. p. 402—407.
[5] *Nagy Géza:* Alumíniumszilikát öntőszerelvények korrózióállóságának fokozása karboninfiltrációval. Miskolc, NME Tüzeléstani Tanszék, 1971. (OMBKE pályamunka).
[6] *R. Duke, I. R. Lokin:* Refractories for the avcfurnace at Steel, Peech and Trazer 1968. p. 154—170.
[7] *Dr. K. H.* Obst és szerzőtársai: Korszerű acélgyártási eljárások bázikus tűzálló anyagai. Bányászati és Kohászati Lapok, KOHÁSZAT, 104. évf. 1. sz. p. 14—19.
[8] *H. Parnham:* Elektric-furnace refractories. Steelma in the basic arc furnace, 1967. p. 138—144.
[9] *Dr. Antal Boza József:* Elektro- és martinkemencében megvalósítandó oxigénes acélgyártási eljárás tűzállóanyagainak kiválasztása. Zárójelentés. NME Miskolc, 1971. dec. 18. p. 55—79.
[10] *Dr. Antal Boza József:* Salak-beszűrődés a kemencék tűzálló bélésébe. (Előadás) KGM—TÜKI Tudományos ülésszak Miskolc 1964. Megjelent: NME Magyarnyelvű Közleményei XIII. köt. Miskolc, 1967.
[11] *W. Gans, O. Knacke, E. Moorauf:* Zur Erosion und Trenkung von Magnesitsteinen. Archiv. f. d. Eisenhüttenw. 1968. 39. IX. 9. p. 669—72.
[12] *Erdey-Gruz Tibor:* A fizikai kémia alapjai. Budapest, 1963. p. 498.
[13] *Horváth Aurél:* Kohászati Fizikai Kémia, Budapest, 1961. p. 254.

Nagyjavítások, részjavítások előkészítése és levezetése korszerű szervezési és számítástechnikai módszerek alkalmazásával*

RAPATYI JÓZSEF okl. villamosmérnök
Dunai Vasmű

DK: 669.1.013: 658/58/.589.001.2

A cikk a karbantartási tevékenységek közül elsősorban a nagyjavítással és részjavításokkal, ezek előkészítésével, lebonyolításával és értékelésével, majd néhány gazdasági kérdéssel foglalkozik. A Dunai Vasműben ezen a területen elért eredmények igen jelentősek és az eddigi sikerek biztatóak.

Bevezetés

A Dunai Vasmű Meleghengerművében az úgynevezett egymeleges hengerlés technológiájának bevezetésével lényegében a gyártásszervezés magasabb formájára tértünk át. Ennek következtében az előnyújtói és az 1700-as folytatólagos szélesszalagsori berendezések technológiailag sorba kapcsolódnak. Egyidőben emelkedett ezen berendezések automatizáltsági foka is.

A fenti változások olyan karbantartási rendszer és javítási szervezési módszer kialakítását, ill. alkalmazását tette szükségessé, ami igazodott a termelés szervezés és a gépi berendezések színvonalához. Tarthatatlanná vált az a javítási rendszer, ami negyedéves ciklusban következett, s időtartama 4 – 6 nap volt. Az éves négyszeri nagyjavítás lényegében nem töltötte be azt a szerepet, amit a mai értelemben vett nagyjavítások feladatkörébe sorolunk.

A nagyjavítás elemzésekor — ami a tervszerű javítások egyik fontos tevékenysége — nem lehet nélkülözni a részjavítások szervezési, előkészítési és programozási kérdéseit.

Részjavítások szervezése és előkészítése

A Hengermű gépészeti és villamos berendezéseit javítási csoportokra osztottuk. Egy-egy javítási csoportba értelemszerűen olyan technológiai egységet vagy egységeket soroltunk, amelyek egymástól részben vagy teljes egészében elkülöníthetők.

A „javítási csoport" fogalom tartalma alapvetően más, mint a „szerelési csoport" és „szerelési egység" fogalmaké. A gépsorok javítási csoportokra való felosztása a karbantartással szemben támasztott követelményekből fakad és egyetlen célja az, hogy az állásidők halmozódását az át nem hidalható terjedelmes javításnak több kisebb javításra való felosztásával elkerülje. A javítási csoportokra való felosztás tehát semmiképpen sem kapcsolódik a szerelési egységek vagy gépek szerinti konstrukciós tagoláshoz. Az egyes javítási csoportok például egy vagy több szerelési egységet, hidraulika-egységeket, számító berendezéseket és hasonlókat foglalhatnak magukba.

A Meleghengerműben összesen 110 géprész és 121 villamos javítási csoportot alakítottunk ki. A villamos berendezések javítási csoportjaiba a villamos gépek, hajtásautomatikák, szabályozó és vezérlő egységek is beletartoznak. A gépészeti és villamos berendezések karbantartási intézkedéseit összehangoltuk.

Összefoglaltuk a súlyponti berendezések javítási csoportjait. Feltüntettük a javítási csoportokhoz tartozó periódus számot, mely 3 fokozatú javítási intézkedést tartalmaz, úgymint kis (I), közepes (II) nagyjavítás (III). A kis, közepes és nagyjavítás elnevezés csak terminológiai egyezést mutat a karbantartó szakemberek körében ismert fogalmakkal. A kialakított karbantartási intézkedések mélysége fokozatonként más és más, és javítási csoportonként egyedileg állapítottuk meg a csoportba tartozó berendezések műszaki elemzése, az alkatrészek igénybevétele, a hajtásautomatikák bonyolultságának figyelembevételével.

A periódus meghatározása és előre történő programozása igen nagy és komoly műszaki feladat. A csoportba tartozó berendezés vagy berendezések, hajtásautomatikák teljes mértékű műszaki ismeretein kívül az üzemvitelből származó összes igénybe-

*A Hengerész Szakcsoport ápr. 29-én Dunaújvárosban tartott ülésén elhangzott előadás rövidített változata.

vételek és hatások számbavétele szükséges. Itt nélkülözhetetlen az elmúlt évek üzemzavar statisztikáinak elemzése. Az így szerzett információk alapján a javítási csoportok periódus számai mindhárom fokozatra meghatározhatók.

Javítási periódusnak nevezzük a két egymást követő részjavítás közötti időt. A javítási periódust egyaránt ki lehet fejezni üzemórákban, valamint naptári időtartamokban (napokban, hetekben, vagy hónapokban). A naptári időtartamok használata előnyösebb, mert így nemcsak a periódus részjavítások szervezése és tervezése könnyebb, hanem az elérhető pontosság is teljesen kielégítő.

A javítási periódus nagysága a javítási csoportot képező géprészek elhasználódásától függ. Legkedvezőbb esetben, amelyet azonban gyakorlatilag alig lehet elérni, a javítási periódus megegyezik a részjavítás alkalmával javításra vagy cserére szoruló alkatrészek élettartamával, vagyis a részjavítást olyankor végezzük, amikor ezek az alkatrészek elérték a kopáshatárukat. Az időszakos részjavítások módszerének bevezetése alkalmával mindenekelőtt a javasolt ideiglenes javítási periódust kell alapul venni, s helyes nagyságát a karbantartási jegyzőkönyvek és az üzemzavar-statisztikák alapos kiértékelése útján kell meghatározni. Ha a periódus nem felel meg a tényleges kopásnak, a mindenkori feltételeknek megfelelően hosszabbítani vagy rövidíteni kell.

Minthogy a folyamatos sor különböző javítási csoportjain a kopás különböző gyorsaságú, az egyes javítási csoportok javítási periódusidői eltérhetnek egymástól. A szervezés egyszerűsége érdekében lehetőleg nem szabad túl sok variánst alkalmazni. Az eredetileg megállapított periódusidőt csak a részjavítások eredményeinek és a fellépő üzemzavarok elemzésének alapján célszerű megváltoztatni.

A helyi adottságoknak megfelelően itt a technológiai igényekhez alkalmaszkodva a részjavítások periódusait 21 napban határoztuk meg, mivel az egybeesik a támhengercserék ciklusaival. A javítások ideje pedig általában 24 óra.

Az ismertetett részjavítási módszer kidolgozásával és annak bevezetésével a Dunai Vasmű Meleghengermű karbantartási rendszerét megváltoztattuk. Ezzel a hosszabb lélegzetű nagyjavításokat elkerülni természetesen nem tudtuk, azonban az előzőleg negyedévenként tartott 4–6 napos nagyjavítást ritkítottuk, és jelenleg évi 1 alkalommal, általában rekonstrukcióval egybekötött 6–8 napos nagyjavítást tartunk, illetve tervezünk.

Az alkalmazott módszer eredményességét az *1. táblázat* adatai bizonyítják.

A részjavítások előkészítése

Minden tervszerű javításnak és ezzel az időszakos részjavításoknak is lényeges előnye az üzemzavarok javításával ellentétben az a lehetőség, hogy a javításokat jól elő lehet készíteni és ezáltal rövidebb idő alatt lehet lebonyolítani.

Minél alaposabban előkészítjük a részjavításokat, annál inkább lehet rövidíteni a javítás időtartamát és annál inkább ki lehet használni a részjavítások elvégzéséhez betervezett nem termelő időt. A részjavítások előkészítésének fontos okmánya az előző részjavításról felvett jegyzőkönyv, amelyben a mindenkori javítási csoport ellenőrzése alapján a következő javításra vonatkozó utasításokat és a következő javítás alkalmával kicserélésre váró pótalkatrészeket is feltüntették. Valamennyi részjavítás előkészítése tehát már az előbbi részjavítás elvégzésekor kezdődik. További adatot szolgáltatnak: a bevizsgálási jegyzőkönyvek, a kieső idők statisztikájának értékelése, valamint a kezelő személyzet esetleges észrevételei.

Mint előzőleg már említettük, a részjavítási ciklusok nagysága 21 nap. Ezen idő alatt kell az elkövetkezőt előkészíteni. A javítások időtartama 24 óra. A munkaszervező csoport munkáját és a javítás előkészítés fázisait az *1. ábrán* bemutatott javítás előkészítési hálóterv tartalmazza.

Az egyes tevékenységek részletesen ki vannak dolgozva, ismertetésétől tehát itt eltekintünk. Jellemző azonban, hogy az előkészítés során van olyan tevékenység, ahol a vállalat Üzemfenntartási Főmérnökének is döntenie kell egy meghatározott időpontban.

Összefoglalva, az alábbi legfontosabb feladatokat kell végrehajtani a 21 napos ciklus szerint végzett 24 órás részjavítások eredményessége érdekében;

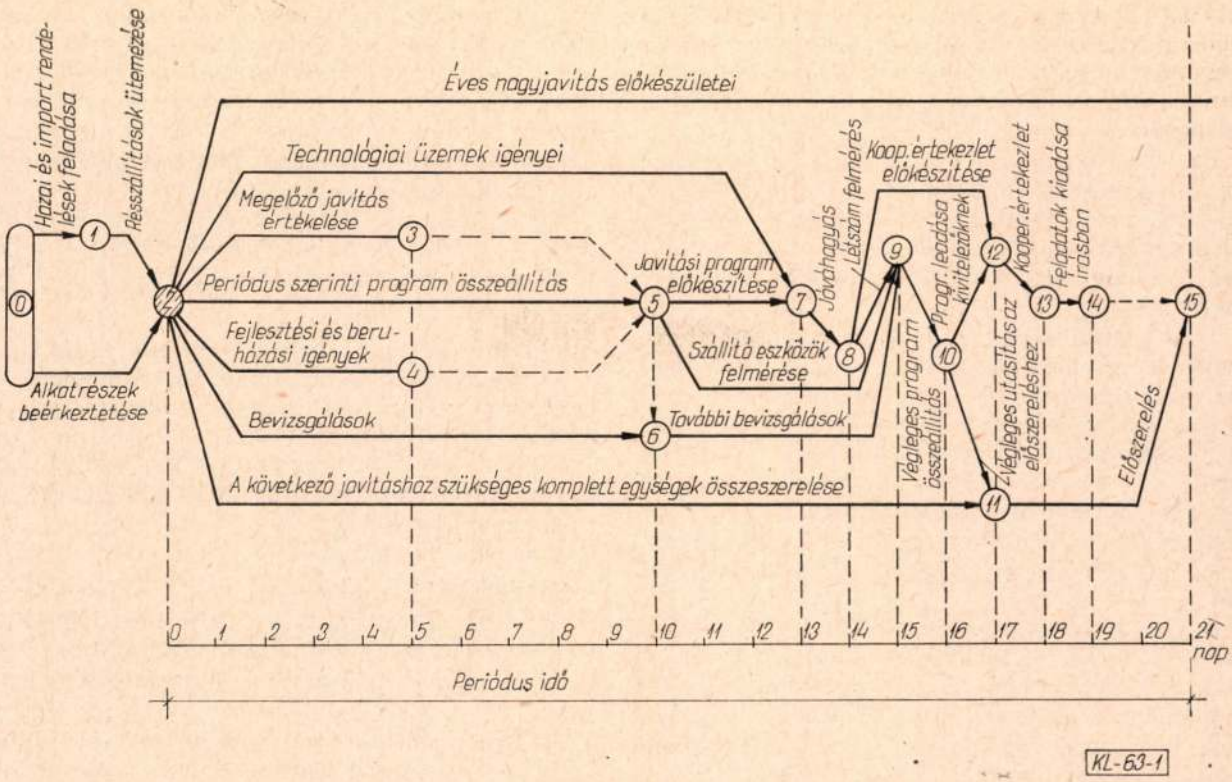
1. Éves szinten előre ki kell jelölni a ciklusokat, figyelembe véve az éves nagyjavítás várható időpontját.

2. Biztosítani kell a részjavítások előkészítésekor a komplett szerelési egységeket, pontosabban fokozni kell a komplett szerelési egységek számát, egyes géprészek mind nagyobb arányban történő felhasználását.

1. táblázat

	Üzemzavar alakulása	Tervszerű javítási idő	Fajlagos karbant. ksg.	Tartalék alk. felhaszn.	Túlóra felhasználás	Üz. idő kihasználás	Termelés
Az előző év bázis időszak adatait 100-nak véve	100	100	100	100	100	100	100
A részjavítások bevezetése utáni	75	89	98	97	57	102	106

Különösen szembetűnik, hogy növekvő termelés mellett a tervszerű karbantartási idő 11%-os csökkenésével egyidőben az üzemzavarok is 25%-kal csökkentek. A kettő együtt számszerűen 216 termelési órát jelent egy évben.



1. ábra. Részjavítások előkészítési hálóterve

3. Meg kell változtatni az alkatrészgyártás módját, biztosítani kell az előző rendszer szerinti koncentrált negyedéves javítások nagytömegű, azonos idejű alkatrészgyártása helyett a részgyártás folyamatosságát és választékát.

4. Gondoskodni kell a 21 napos ciklusban történő leállások alkalmával a rendszeres szakmunkaerő biztosításáról.

5. Fontos az egyes munkák művelettervezése, ami kiterjed a szerszám, készülék, emelő és szállító berendezések, valamint a munka előkészítés vizsgálatára.

Nagyjavítások szervezése, előkészítése, programozása és levezetése

A nagyjavítások közvetlen előkészítésének időszakában egyik legnagyobb gond a tartalékalkatrész igények megállapítása. Az alkatrészrendelések összeállításánál a TMK szervezetek különféle statisztikai adatokra támaszkodnak.

A matematika és különösképpen a valószínűségszámítás, a matematikai statisztika módszerei igen pontos és könnyen számítható becsléseket tesz lehetővé.

Az alkatrészek élettartama labóratóriumi kísérletek esetén is igen tekintélyes mértékben ingadozik, bár ilyenkor az élettartamot befolyásoló tényezők számát lényegesen korlátozni lehet. Normáüzemi feltételek mellett, az eltérő nagyságú tényezők sokasága révén a szórás lényegesen emelkedik. Elég nagy statisztikai halmaz esetén feltételezhető, hogy az élettartam a Gauss-féle haranggörbe szerint oszlik meg.

Több kutató közel egyező vizsgálati eredménye szerint az alkatrészek élettartamának max. és min. értéke között az arány 5 – 40 nagyságrendű. Szovjet kutatók szerint gördülőcsapágyak esetében kivételes gyártási gondosság mellett a max. és min. élettartam 1 : 5 arányú.

Mielőtt a nagyjavítással kapcsolatosan a részletkérdéseket tárgyalnánk, érdemes megvizsgálni egy-két olyan módszert, aminek segítségével matematikai módszerek alkalmazásával képet kapunk az alkatrészek élettartam ingadozásairól, fogyasztás valószínűségéről, esetleg meghatározhatjuk a biztonsági készlet nagyságát megfelelő valószínűségi szinten.

A kohászati berendezések jellegéből adódóan a javításokhoz sok egyedi alkatrészt is kell biztosítani. Számtalan kérdés merül fel, ha azt mérlegeljük, hogy egy adott kulcsponti berendezésen a tervezett javítás során kell-e a szóban forgó egyedi alkatrészt cserélni, szükség van-e ezen alkatrész biztosítására?

A kérdésre adott választ nehezíti

a) ha nagyértékű az alkatrész,

b) ha meghibásodása nagy termeléskieséssel jár,

c) ha ez ideig még nem hibásodott meg (nincsenek adataink).

Ilyenkor a beszerzés fölötti döntés gyakran személyi adottságoktól függ (optimizmus, pesszimizmus, türelem, türelmetlenség és a biztonságérzés iránti vágy befolyása stb.).

A fentiekből látszik, jó lenne olyan módszer ismerete, amelynek alkalmazásával, a karbantartáshoz, javításokhoz szükséges egyedi alkatrészek beszerzése fölötti döntést is valamiféle modell segítségével biztonságosan meg tudnánk hozni.

A kérdés a karbantartással foglalkozó szakembereket a világon mindenütt foglalkoztatja. Az

„AUROC" Francia Társaság egy kohászati üzem karbantartásának vizsgálata során úgy találta, hogy egy matematikai modell állítható fel, amely minden egyes alkatrészre megadja az optimális darabszámot.

Az elemzések során úgy találták, hogy ezek a törvényszerűségek Poisson-féle eloszlást követnek, grafikus módszerekkel ábrázolhatók és üzemszerűen, egyszerű és kielégítően pontos válaszokat adnak, a különböző beszerzési és raktározási kérdésekre.

Több ezer alkatrész beépítésének és üzemeltetési idejének figyelemmel kísérése, az élettartam függvények meghatározása, a kockázatvállalás és egyéb optimalizációs feladatok megoldása, esetleg korrelációs függvények felírása, ezekkel rejtett összefüggések feltárása stb. egyszerű eszközökkel igen bonyolult, jóformán megoldhatatlan feladat. Hasonlóképpen nem egyszerű a meghibásodási gócok keresése, sem a szokásos naplózásos nyilvántartás mellett.

Egyes üzemzavarok vizsgálatánál sok esetben helyes következtetéseket és hatásos intézkedéseket csak akkor lehet tenni, ha ismerjük többek között a szóban forgó alkatrész futási, üzemelési idejét is.

A fenti problémák elektronikus számítógépes adatfeldolgozással megoldhatók. Ahhoz, hogy a számítógép a kívánt adatokat hetenként, havonta stb. szolgáltassa, az alábbi feladatokat kell elvégezni:

A számítógép programozásához a feldolgozásra szánt összes alkatrész nyilvántartási alapadatait be kell táplálni.

Javítások, vagy egyéb alkalommal beépítésre kerülő alkatrészekről az alábbi adatokat kell rögzíteni:

1. dátum (csere időpontja),
2. alkatrész száma,
3. a meghibásodott és beépített alkatrész száma,
4. meghibásodás oka.

A fenti adatok rögzítését 1970. XI. 6-án gépszámonként csoportosítva az előnyújtó és készsori berendezéseknél megkezdtük, amiből később a számítógépes feldolgozás megoldható. Ezzel az egyszerű módszerrel rendszerezett adatok is bizonyos áttekintést adnak és a továbbiakban célszerűen felhasználhatók.

Az üzemzavarok nyilvántartásával párhuzamosan több személy is foglalkozik a Hengerműben és az Üzemfenntartási Főosztályon egyaránt. Ez igen nagy adminisztrációs munkát jelent. A feldolgozás megsém teljesen áttekinthető, csak a főbb berendezésekről lehet képet kapni. A részletek elemzése rendkívül hosszadalmas feladat.

Az alkatrészek alapadatainak számítógépre vitele után az üzemzavar jelentések alapján, a számítógépes programozás megoldható, ezzel a meghibásodási gyakoriság alkatrészenként figyelhető.

Nagyjavítás súlypontjainak meghatározása

A nagyjavítás időpontja többé-kevésbé egy évre előre meghatározható. Ez egyébként alapkövetelmény és feltétlenül szükséges ahhoz, hogy a helyi részjavítások ciklusait ki lehessen alakítani.

A már említett részjavítási módszer alkalmazásával a nagyjavítások súlypontja olyan berendezésekre, összefüggő technológiai egységekre esik, amelyeken végzett munka mélysége a rekonstrukció fogalmát is kimeríti. Természetszerűen a nagy kiterjedésű javítások alkalmával általános rekonstrukciós feladatok végzése is előtérbe kerül.

A Dunai Vasmű Meleghengermű 1972. évi nagyjavítás előkészítése a fenti elvek szerint történt. Ezen nagyjavítást az alábbi javítási súlypontok jellemzik:

a) a mélykemence csarnok gépészeti munkái,
b) az előnyújtó állványok gépészeti munkái,
c) az előnyújtó automatikus villamoshajtás és energiaátvitel rekonstrukciója,
d) az új csévélők telepítésével kapcsolatos távlati fejlesztési beruházási munkák előkészítése, ill. részbeni megkezdése,
e) energetikai munkák.

Ezeket a főbb területeket 1 – 1,5 évvel előre meghatároztuk. Már itt, az előkészítés legelső fázisában területi felelősöket neveztünk ki, akik az üzemfenntartási Főmérnöktől írásban kapták meg a feladatokat.

A területi felelősök az üzemfenntartási munkában jártas, nagy gyakorlattal rendelkező mérnökök, akik a nagyjavítás, ill. rekonstrukciós munkák előkészítésétől és levezetésétől az értékelésig egységes elvek szerint vesznek részt.

A részjavításoknál ismertetett javítási csoportokra kidolgozott hálótervek felhasználásával a nagyjavítás súlypontjait érintő berendezésekre természetesen a rekonstrukciós és a fejlesztési munkákat figyelembe véve nagyjavítási hálóterveket készítettünk. Ezek egységesítése révén összeállítottuk a komplett összefüggő 1972. évi nagyjavítás logikai hálótervét.

A tevékenységek időbecslését PERT-technika alkalmazásával végeztük el. Az így készült háló nagyon részletes, amibe a tevékenységek rejtett függőségi viszonya is feloldódik.

A végleges háló több mint 1000 eseményt tartalmaz, ennek a Dunai Vasműn belüli számítógépre vitele nem lehetséges, ugyanis csak egy kis teljesítményű Cellatron C 8205 típusú NDK gyártmányú számítógéppel rendelkezünk.

A feladatot úgy sikerült megoldani, hogy a műszaki szempontokon kívül a részhálók képzésénél, ill. az egyes tevékenységek összevonásával a számítógép kapacitását is figyelembe vettük.

A német eredeti programot, amely 5 részből áll, úgymint

a) bevitel, kontrollálás, tevékenységi sorrend megállapítása,
b) start- és célesemény megállapítása és kontrollálása,
c) tevékenységek rendezése,
d) esemény-orientált számítások elvégzése,
e) valószínűségszámítás elvégzése.

egy hatodik résszel is ki kellett egészíteni. Ez a programrész adja meg az egyes tevékenységek tartalékidejét nap, óra, perc kiírással. Ennek fontossága a javítás tényleges bonyolítása során kézenfekvő.

Az általunk készített meleghengerműi nagyjavítás hálóterve több, mint ezer eseményt tartalmaz annak ellenére, hogy a részhálókban feltüntetett tevékenységek beépítését összevonások után végeztük el. Igaz, hogy a kritikus úton levő tevékenységek száma ennél lényegesen kisebb, azonban várhatóan a javítás folyamán a kritikus út változik, esetleg több alkalommal és így az egész háló átdolgozása rövid idő alatt az események folyamatos nyomonkövetése érdekében elektronikus számítógép alkalmazása nélkül reménytelen feladat.

Az információk tartalma és formája előre meghatározott, ami a hálótervben rögzített tevékenységek végrehajtásáról ad egyértelmű betekintést. Az irányító központ a tevékenységekről kapott információkat összegyűjti és azt a számítógéphez továbbítja.

Utasítások kiadásánál a számítógéptől kapott eredményeket figyelembe veszik és felhasználják. Az irányító központban a nagyjavítási munkák előrehaladását az összevont hálóterven nyomon követik.

A Dunai Vasműben első ízben kívántuk a nagyjavítás levezetésében és operatív irányításában a számítógépet felhasználni, természetesen a helyi korlátozott adottságok figyelembevételével.

Továbbra is megtartjuk azokat a módszereket, amelyek a javítások levezetése során ez ideig jól beváltak, csak most a számítógéppel, mint segédeszközzel, a javításirányítás hatékonyságát és eredményességét kívánjuk fokozni.

Javítások gazdasági kérdései

Napjainkban a vállalatok üzemfenntartási vezetői egyre többet foglalkoznak karbantartások gazdaságosságát érintő kérdésekkel. Nyilvánvaló cél az állóeszközök fenntartására fordított összegek csökkentése, oly módon, hogy az állóeszközök ez által károsodást ne szenvedjenek. A karbantartási „javítási" költségek növekedésének irányába ható tényezők viszont egyre erőteljesebben jelentkeznek. Ilyen többek között a berendezések bonyolultságának és automatizálási fokának állandó emelkedése, az állóeszközök fokozott kihasználására irányuló törekvés és a karbantartó létszám növekedése. Statisztikai megfigyelés alapján várható, hogy *míg 1970-ben átlagosan minden 5. üzemi dolgozó foglalkozott karbantartással, addig 1980-ban minden 3. dolgozó fog karbantartással foglalkozni.*

Ismeretes, hogy a kitermelt vállalati eredményt a fenntartási költségek lineálisan befolyásolják. Az üzemeknek a max. rentabilitás biztosítása céljából feltétlenül szükséges a karbantartási javítási munkák gazdaságosságára az eddigieknél még nagyobb figyelmet fordítani.

Statisztikai adatok bizonyítják, hogy átlagosan valamely üzemen belül az összes karbantartási javítási költség 70–80%-a a berendezések mintegy 20–25 százalékánál jelentkezik. Éppen a költségek csökkentésénél alapvető teendő, meghatározni ezeket a magas költségeket okozó tételeket és az erőt ezekre koncentrálni. Elsősorban itt kell alapos munkát végezni, még mielőtt az alacsonyabb költségeket jelentő tételekkel foglalkoznánk.

Általában, ha karbantartási-javítási tevékenységek értékelésére kerül sor, erre a célra valamilyen mutatószámot szoktunk használni. A szakirodalomban számos mutatószámot találhatunk, amelyek közös hibája, hogy rendszerint a karbantartás egy-egy résztevékenységét vizsgálják és hasonlítják össze valamilyen alapul vett bázisadattal.

A karbantartási-javítási tevékenységnek ilyen „részletek" alapján történő vizsgálata nem mindig helyes következtetésekhez vezet.

Komplex mutatószámra van tehát szükség ahhoz, hogy a karbantartás tevékenységét kellő alapossággal és megnyugtató módon értékelni lehessen.

Egy nagy külföldi gyár üzemigazgatója véleményünk szerint elfogadható mutatószámot javasolt erre a célra, amelyet részleteiben az alábbiakban közlünk.

Véleménye szerint a helyes értékítélethez három alapvető tényezőt kell figyelembe venni. Ezek a következők:

a) karbantartási költségek,

b) gépállásidő,

c) hulladék (selejt).

Vizsgáljuk meg a három tényezőt kissé részletesebben.

a) Karbantartási költség

1. Tervszerű karbantartó munka (TMK) költségei.
2. Üzemzavaros javítások költségei.
3. Kiegészítések és változtatások (üzemzavarok költségeinek csökkentése érdekében szükségesnek látszó változtatások, kiegészítések költségei).

Ezek a költségek összesítve a vizsgált állóeszközállomány bruttó értékének bizonyos százalékát teszik ki. Jelöljük ezt az értéket A-val.

A mutatószám képzéséhez csak a ténylegesen üzemelő állóeszközök értékét kell figyelembe venni.

b) Gépállásidők

A gépállást úgy definiálhatjuk, mint azt az időt, amelyet a termelés a beállított termelési óráiból elveszít.

1. Üzemzavar miatt kieső idő.
2. Javítások beütemezett idő felüli elhúzódása.
3. Kiegészítések, változások kivitelezéséhez szükséges idő.

Fejezzük ki a gépállásidő összidőt a tervszerű termelési órák százalékában. Jelöljük ezt az értéket B-vel.

c) Hulladék (selejt)

1. Karbantartási hiányosságra visszavezethető hulladék, ill. selejt Ft értéke.

Fejezzük ki a selejt százalékos mennyiségét az adott időszak teljes termeléséhez viszonyítva. Jelöljük ezt az értéket C-vel.

Ha ezt a három tényezőt készpénz-értékben súlyozzuk, akkor az üzemfenntartás hatékonyságát

az alábbi mutatószám fejezi ki:

$$C=\frac{K}{x\cdot A+y\cdot B+z\cdot C}$$

ahol K const.,

x összes karbantartási költség az alapul vett évben,

y karbantartási okokból bekövetkezett időveszteség összköltsége az alapul vett évben,

z karbantartási okokból bekövetkezett hulladék (selejt) összköltsége az alapul vett évben.

K értékét úgy határozzuk meg, hogy az alapul vett évben $E=100$ legyen.

Ha a további években $E>100$, akkor az üzemfenntartási munka — gazdasági vonatkozásban — javult. Ha pedig $E<100$, akkor ennek ellenkezőjéről van szó.

A fenti képlet egyszerűsége mellett is jól használható és lehetőséget ad arra, hogy az egyes gyárrészlegek üzemfenntartási tevékenységét

— saját előző tevékenységük gazdasági eredményességéhez.

— más gyárrészlegekhez,

— vállalati üzemfenntartás összeredményéhez viszonyítva egyértelműen, azonos alapelvek alapján hasonlítsuk össze.

Az eddig elmondottak alapján célunk az E-értékének növelése lehet.

Összefoglalás

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a nagyjavítások és részjavítások előkészítése és levezetése korszerű szervezési és számítástechnikai módszerek felhasználása nélkül gazdaságosan és hatékonyan ma már elképzelhetetlen.

Ez ideig manuális módszerekkel végezték a kohászatban és a gépiparban ezen javítások tervezését és kivitelezés irányítását, valamint a karbantartásra vonatkozó elszámolások elvégzését.

Világszerte nagy problémát okoz, hogy a manuális ütemezés hosszú időt vesz igénybe, nagyon nehezen optimalizálható, nem végezhető kellő körültekintéssel, a szakemberek megfelelő kihasználása gyakran nem eléggé eredményes, a pénzügyi információk áttekinthetetlenek és az egész módszer nehézkes.

Ezek a problémák csak adatfeldolgozó rendszerrel tervezett és irányított karbantartási rendszer használatával oldhatók meg.

IRODALOM

[1] *Prékopa András:* Bevezetés a valószínűségszámításba. Bp. Mérnöki Továbbképző Intézet 1956.

[2] *Gnyegyenko—Hincsin:* Valószínűségszámítás. Bp. Művelt Nép Könyvkiadó 1954.

[3] *Leinwaber, P.:* Mathematich-statistische Verfahren im Fabricsbetrieb. Berlin, Benth 1951.

[4] *Dr. Kindler József:* Matematikai statisztika. Tankönyvkiadó Bp. 1966.

[5] *Anoth – Lipták:* Matematikai statisztika. Bp. Felsőokt. Jegyzetellátó V. 1954.

[6] A PERT-módszer felhasználása a kohászati karbantartási munkák szervezésére. Ekonomikai organizacja pracy 1964. 11. sz OMK fordítás.

[7] *Zuhovickij, Sz. I.—Radics, I. A.:* Hálótervezés matematikai módszerei, optimalizálások a háló alapján. Moszkva, 1966.

[8] Karbantartás tervezése és irányítása számítógéppel. IBM. karbantartás irányító program — IBM. tájékoztató 1971. okt.

[9] *Kugel, R. V.:* A gépelemek és gépcsoportok élettartamának szórása. Gépipari Közlemény Moszkva, 1959. 5. füzet 9—16. old.

[10] Stahl und Eisen 92/1972. jan. 6. sz.

[11] Kohászati Karbantartási Ankét előadás anyaga. Miskolc, 1972. máj. 9, 10, 11.

Egyesületi hírek

Szakosztályvezetőségi ülés április 17-én

A Vaskohászati Szakosztály a soronkövetkező vezetőségi ülését, amelyet *Nagy Zoltán* elnökhelyettes vezetett, az egyesületi központ átköltöztetése miatt a KGMTI egyik üléstermében tartotta meg április 17-én.

Első napirendi pontként *dr. Tardy Pál* titkár ismertette az Egyesület anyagi helyzetét és a Szakosztály ezzel kapcsolatos feladatait. Először az elnökségi üléseken történtekről tájékoztatta a vezetőséget és elmondta, hogy az előző évi hiányok miatt az elnökség átdolgozásra visszaadta a jóváhagyásra beterjesztett költségvetést. Ismertette a bevételi és a jelentősebb kiadási tételeket, kiemelve a központ működésével kapcsolatos kiadásokat, valamint az egyes szakosztályok igényeit. A mi szakosztályunk igényeinek fedezése céljából további bevételekről kellene gondoskodni. Ezek származhatnának további külföldi előadások térítési költségeiből, a nagyrendezvények bevételeiből, vagy a jogi tag vállalataink további támogatásából.

A feltett téma élénk érdeklődést keltett, hiszen a további egyesületi élet alapjait döntően befolyásolja a költségvetés.

A tájékoztatáshoz *Éles László, dr. Remport Zoltán, Óvári Antal, Répás Pál, Grega Oszkár, dr. Pőcze László, Szűcs Endre, Clement Andor, Latinák István, dr. Kismarthy Lóránd, Gruber Imre* és *Laczka János* vezetőségi tagok szóltak hozzá. A hozzászólók által tett jól felhasználható javaslatok a bevételek emelésének legcélszerűbb megoldására, a takarékoskodásra és a jövőbeni gazdálkodás szempontjaira vonatkoztak.

Nagy Zoltán elnökhelyettes köszönetet mondott a javaslatokért és ígéretet tett, hogy a költségvetés véglegesítésekor a javaslatokat az elnökség figyelmébe fogja ajánlani. Kérte a vezetőségi tagok hasonlóan aktív segítségét, az első félévi gazdálkodás elemzésekor és a szakosztály ez évi munkája során a többletbevételt eredményező rendezvények lebonyolításában.

Második napirendi pontként *Horváth Gyula* a szeptemberi V. Országos Nyersvasgyártó és Acélgyártó Konferencia szervezésének állásáról adott tájékoztatást.

A szervezést a DV-i csoport tagjai végzik. A tájékoztatók már szétküldésre kerültek. Az előadók felkérése folyamatban van, az előadások témái már majdnem teljesen kialakultak. Jelentős világcégek (Concast, ASEA) is képviseltetik magukat egy-egy időszerű témával. Balatonszéplakon 300 résztvevő részére a férőhelyet már biztosították.

Ezt követően *Nagy Zoltán* elnökhelyettes a jövő évben esedékes hidegalakító konferencia témáját vetette fel. Egyelőre abban történt megállapodás, hogy Dunaújvárosban, vagy Salgótarjánban kerül megrendezésre.

Latinák István beszámolt a Kovács Szakcsoport 4 tagú küldöttségének Lipcse-i útjáról, valamint *Bieber László* Munkácsy-díjas kovácsművész előadásáról.

Clement Andor a Krakkóban tartott Mélyhúzó konferenciáról tett jelentést, *Répás Pál* röviden az Anyag-

vizsgáló Napokra történt eddigi jelentkezések adatait ismertette, *dr. Remport Zoltán* pedig a Hengerész Szakcsoport márc. 29—30-án Dunaújvárosban tartott üléséről adott tájékoztatást. Röviden ismertette a szakcsoport munkája során eddig szerzett tapasztalatokat. Az érdeklődés változatlanul élénk, az egyes kohászati üzemekben tartott üléseken igen nívós beszámolók hangzanak el és nagyon örvendetes, hogy ezek zömét már fiatalabb tagtársaink tartják. A Szakcsoport vezetősége a megtárgyalt témára vonatkozó kötetlen eszmecserére mindig elegendő időt biztosít. (ÓA)

Kovács-klubnap ápr. 25-én Salgótarjánban

Vaskohászati Szakosztályunk Kovács Szakcsoportja új kezdeményezésként a szokásos klubnapját április 25-én Salgótarjánban tartotta. A klubnap, ill. a tanulmányi kirándulás résztvevői, a Szakcsoport 50 tagja külön autóbusszal a délelőtti órákban érkezett a Salgótarjáni Kohászati Üzemek Művelődési Házához, ahol a gyár Kovácsüzemének vezetői fogadták az érkezőket.

Az emeleti előadóteremben *Molnár József* tagtársunk, a Kovácsoló Gyárrészleg vezetője köszöntötte a megjelent kovács-szakembereket, majd *Halász Árpád* tagtársunk a Gyárrészleg műszaki vezetője a gondosan összeállított programot ismertette. Ezután rövid előadásban tájékoztatta a hallgatóságot a nagymúltú gyár történetéről és a Kovácsoló Gyárrészleg múltjáról, jelenéről és a fejlesztés főbb irányáról. Az előadásból megtudták a résztvevők, hogy a Salgótarjáni Kohászati Üzemek gyáregységei között jelentős helyet foglal el a Kovácsoló Gyárrészleg mind a dolgozói létszám, mind a termelési érték, mind pedig a fejlesztés tekintetében. Előadása után *Szabó Antal* tagtársunk, a gyár műszaki fejlesztési előadója ismertetett néhány már megvalósított érdekes technológiai megoldást. Előadását üzemlátogatás követte.

Nyolc-tíz fős csoportonként figyelhették meg a résztvevők az egyes alakítógépeken végzett műveleteket a csoportok irányítását végző helybeli technológus tagtársaink szakszerű magyarázata mellett.

Az üzemlátogatás után a Művelődési Házban vetített-képes előadás keretében *Huppauer László* okl. gépészmérnök a DIGÉP főkonstruktőrének helyettese ismertette az általuk gyártott ellenütős kalapácsok szerkezetében eszközölt korszerűsítéseket és ezek előnyeit.

Az előadás után a tanulmányút résztvevői a vendéglátókkal közös ebéden vettek részt. Majd a részletes konzultáció következett. A hozzászólások során több időszerű téma került szóba, a feltett kérdésekre adott szakszerű válaszok jól egészítették ki az előadásokat és a látottakat.

A megjelentek nevében a Kovács Szakcsoport titkára mondott köszönetet a Kovácsoló Gyárrészleg vezetőjének a kifogástalan rendezésért és a szakmai szempontból értékes látottakért és hallottakért, majd a csoport autóbuszon visszautazott Budapestre.

A tanulságos szakmai kirándulásért az SKÜ vezetőségét és az Egyesületünk Helyi Csoportját köszönet illeti.

Latinák István

Elnökségi ülés április 18-án

Egyesületünk elnöksége április 18-án, az új budapesti központban (VI., Anker köz 1. I. em.) ülést tartott.

Az ülést *dr. Dobos György*, a Magyar Alumíniumipari Tröszt vezérigazgatója, egyesületi elnökünk vezette.

A napirend szerint először *Szabó Csaba* titkár adott tájékoztatást arról, hogy a februári elnökségi ülésen elhangzott javaslatok, majd a hozott határozatok alapján, — a szakosztályok vezetőivel egyetértésben — milyen változtatásokat végeztek az 1973. évi költségvetésen.

A módosított költségvetést az elnökség jóváhagyta.

Ezután *Moharos Jenő* főtitkár az egyesületi tagok jubileumi tagságával kapcsolatos intézkedésekről tett jelentést. Az Egyesület vezetősége mindig nagy jelentőséget tulajdonított annak, hogy az OMBKE köztiszteletben álló, több évtizedes és folyamatos tagsággal rendelkező tagjainak megbecsülését figyelemmel kísérje és megfelelő módon érvényre juttassa.

Az Alapszabály vonatkozó rendelkezésének megfelelően (104. §.) az elnökség azoknak, akik 40 vagy 50 éve tagjai Egyesületünknek, tevékenységük elismeréséül emléklapot, ill. a Zorkóczy emlékérem bronz-fokozatát szokta adományozni, választmányi ülésen, illetve közgyűlések alkalmával.

Az elnökség határozatot hozott ezen gyakorlat fenntartására. Tudomásul vette, hogy a Titkárság a tagnyilvántartás gondos felülvizsgálatát és rendszerezését elvégezte és úgy döntött, hogy a nyilvántartás eddigi hiányossága vagy egyéb sajnálatos adminisztrációs hiba miatt kimaradt néhány tagtársunk kitüntetését a legközelebbi alkalommal át kell adni.

Az ülés határozatot fogadott el arról, hogy a választmányi ülést május hóban kell megtartani Dunaújvárosban.

A napirendnek megfelelően *dr. Kassai Ferenc*, a Bányászati Szakosztály elnökhelyettese beszámolt a szakosztály 1972. évi munkájáról.

Ezután az elnökség meghallgatta *Éles László*, az Érem Bizottság vezetőjének előterjesztését az ICSOBA emlékérem alapításáról, melyet jóváhagyásra a választmányi ülés elé terjeszt az elnökség. (Hei)

Beszámoló külföldi tanulmányútról

Alakítástechnológiai konferencia Lipcsében

A Vaskohászati Szakosztály Kovács Szakcsoportja márc. hóban, a Lipcsében megrendezett Nemzetközi Alakítástechnológiai konferenciára és a Tavaszi Lipcsei Vásár megtekintésére 6 fő résztvevővel tanulmányutat szervezett.

Az alakítástechnológiai konferenciát a VEB Kombinat Umformtechnik Erfurt és a Kammer der Technik DDR márc. 15—16-án rendezte. A konferencián 10 előadás hangzott el. Az előadásokat a képlékenyalakító berendezések gyártásának fejlesztése, méretpontosságának, teljesítőképességének növelése, a lemezalakítás és méretpontos süllyesztékes kovácsolás problémái és fejlesztési célkitűzései tárgykörökben tartották.

A méretpontos süllyesztékes kovácsolás problémáit 2 előadó ismertette. *L. Rötz* az NDK-ban kifejlesztett haránthengerlés és sorjamentes sajtolással elért eredményekről számolt be. Az új technológia hazai vonatkozásban is ismert.

A következő előadó *V. Mescserin* professzor (Mosztankin) a zárt szerszámban végzett süllyesztékes kovácsolás alapvető problémáit ismertette. Fontos szerepet tulajdonít az eljárás alkalmazásához a térfogatpontos darabolásnak, a kismértékű hőfokingadozásnak, az előalak kiképzésének, az automatikus adagolásnak, ellenőrzésnek, az alakítógép és szerszám megválasztásának.

T. Rut az LNK-ban kifejlesztett, szabadalmaztatott, zömítőkészülékkel elért eredményekről adott tájékoztatást. A készülékkel mechanikus sajtón vízszintes irányú zömítést lehet végezni. A kistömegű gyártásban a vízszintes kovácsológép munkáját helyettesítve gazdaságosan alkalmazható.

W. Demmler az Erfurtban kifejlesztett PXS 125 típusú új konstrukciójú mechanikus daraboló sajtót ismertette. A sajtó rudak és vastagfalú csövek darabolására alkalmas.

A Lipcsei Vásáron — kovácsolási vonatkozásban — különös érdeklődésre tarthatott számot a Strojimport által kiállított LFJ 100 típusú újszerű orsós sajtó. Előállító: a Kassai VSS. Az LFJ családban a 63, 100, 160, 250 Mp névleges nyomóerejű, 170, 340, 680, 1350 kpm névleges alakítóenergiájú orsós sajtókat gyártják. A sajtókat a könnyű szerkezet és korszerű felépítés jellemzi. A hagyományos orsós sajtókkal ellentétben nem találhatók a nagy frikciós tárcsák. A meghajtó villanymotor ékszíjjal egy szabadon futó, vízszintes elrendezésű segéd lendkereket hajt meg, mely a teljes energiát tárolja. A segédlendkerék a munkaköket alatt elektropneumatikus vezérlésű dörzsgyűrűs tengelykapcsoló közvetítésével működteti a fölötte ugyancsak vízszintesen elhelyezett főlendkereket és csavarorsót.

Szijgyártó István

FÉMKOHÁSZAT

Rovatvezetők: GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ

A rézkohászat fejlődési irányai

Dr. WÉBER JÓZSEF tudományos munkatárs RIEDL ISTVÁN egyetemi adjunktus
Nehézipari Műszaki Egyetem, Fémkohászattani Tanszék, Miskolc

DK: 669.34:614.71

A rézigények állandó növekedése, a rézércek réztartalmának fokozatos csökkenése, az egyre szigorúbb környezetvédelmi előírások, új eljárások, munkamódszerek és korszerűsítések bevezetését kényszerítették ki a rézkohászat fejlődésében. A tanulmány elemzi a fejlődést kikényszerítő körülményeket, a fejlődésnél érvényesülő szempontokat. Bemutatja a rézércek tűzi kohósításának fejlődését, ennek környezetvédelmi és technológiai vonatkozásait, áttekinthető táblázatokkal, és idevonatkozó irodalom részletes ismertetésével.

Napjaink kohászatára jellemző, hogy az egyre több és jobb minőségű fémeket igénylő felhasználó iparágak, valamint az egyre szigorúbbá váló környezetvédelmi intézkedések nemcsak a kohósítási eljárások fejlődését, hanem azok gyökeres átalakulását is kikényszerítik. Ezalól a rézkohászat sem kivétel. Fejlődési irányát is elsősorban

— a teljesítménynövelés,
— a gazdaságosság fokozása, valamint
— a környezetvédelmi intézkedések jellemzik.

A fejlődésnél érvényesülő szempontok

A teljesítménynövelés, a gazdaságosság fokozása, a környezetvédelmi intézkedések igen erős kölcsönhatásban állanak egymással. Az irodalmi adatokból megállapítható, hogy a rézkohászatban a környezetvédelmi előírások figyelembevételével egymás mellett két, elsősorban a helyi adottságoktól függő irányzat figyelhető meg:

— a meglevő üzemek hagyományos, többlépcsős munkamódjának részleges korszerűsítése a gazdaságos termelés határáig,
— a gazdaságosan nem fejleszthető munkamódok elhagyása és új eljárások bevezetése.

Így napjainkban az alábbi főbb szempontok érvényesülnek:

— a termelés lehetőleg bővítés nélküli növelése,
— a gáztisztítás tökéletesítése,
— az oxigénfelhasználás szélesebb körű elterjedése,
— egyes műveletek egyszerűsítése, összevonása,
— a termelékenység növelése,
— a kohósításra kerülő anyagok értékes alkotóinak jobb hasznosítása,
— az üzemköltségek csökkentése,
— a fémkihozatal növelése,
— a nehéz fizikai munka kiküszöbölése,
— gépesítés és automatizálás stb.

A rézkohók fejlesztéséhez nagymértékben hozzájárul:

— a gazdaságosabb energiaforrások feltárása és kiaknázása,
— a korszerűbb elégetők kialakítása,
— a gáztisztító berendezések tökéletesítése,
— az oxigénelőállítás technológiai fejlődése és önköltségének csökkenése,
— a kénsavgyártás technológiai fejlődése,
— a villamos energia önköltségének csökkenése,
— a jobb minőségű tűzállóanyagok árbeli versenyképessége,
— a kohósítás elméleti alapjainak jobb megismerése,
— a fúvókákat felváltó lándzsaszerkezetek tökéletesedése stb.

Az egyre növekvő mennyiségi igények kielégítésével a Földön az évi rézfelhasználás az elmúlt évtizedben évenként átlagosan 4,1%-kal növekedett és 1970-ben már elérte a 9,4 millió tonnát. Ennek mintegy 40%-át hulladékból fedezték. Becslések szerint 1980-ban összesen 13 millió tonna rézfelhasználással számolhatunk, melyből 8,1 millió tonna ércekből származik majd [1].

A rézércbányászatnál elsősorban gazdaságossági okokból a külfejtések kerültek előtérbe. Amerikai becslések szerint az várható, hogy a hetvenes évek végére már a 0,25% rezet tartalmazó érc is gazdaságosan bányászható lesz [2]. Szerencsés körülmény, hogy a legnagyobb mennyiségben feldolgozásra kerülő szulfidos rézércek jól flotálhatók, mert a tűzi kohósításnál csak olyan dúsított anyagok jöhetnek szóba, amelyeknél a réztartalom legalább 5%. Ennek ellenére számolni kell a rézércek *„kritikus alsó réztartalmának"* a kohósítást is befolyásoló hatásával, mert a rézelőállítás önköltségét döntő módon a bányászat és ércelőkészítés költségtényezői befolyásolják. Az utóbbiaknak növekvő irányzata a kohósítási költségek csökkenésével kompenzálható, mégpedig elsősorban gazdaságosabb kohósítási műveletek bevezetésével. Általános jelenség, hogy a hagyományos kohósító eljárásoknál a rézelőállítás önköltsége jelentékenyen növekszik. Az önköltséget újabban egyre nagyobb gáztisztítási költségek is terhelik.

A hidrometallurgiai eljárásokat a rézkohászatban eddig csak akkor használták, amikor rézben szegény és gazdaságosan nem dúsítható érceket dolgoztak fel. Újabban a rézércek és színporok,

meddőhányók, felhagyott bányákban visszamaradt szegény ércek, valamint robbantással fellazított ércek és réztartalmú piritpörkölékek, szállóporok nedves úton történő feldolgozása egyre inkább előtérbe kerül [2, 3] elsősorban a környezetvédelem miatt, de azért is, mert a kohósítás

— a lelőhelyen való lúgzás,
— a halmokban történő lúgzás,
— a baktériumos lúgzás,
— az oldószeres extrakció

révén lényegesen egyszerűbbé és olcsóbbá válik, és a réz elektrolízissel kellő tisztasággal gazdaságosan kiejthető.

A nedves eljárások kétségtelen előnye az is, hogy ezek során a levegő gázokkal és porokkal való szennyeződése messzemenően elkerülhető, de számolni kell a vizek fokozódó szennyeződésével. A vizek mai szennyezettsége, valamint a kohászati üzemek ismert vízgazdálkodási nehézségei alapján a nedves eljárások közül is csak azok számíthatnak szélesebb körű bevezetésre, amelyek a színporok kohósítását minél kevesebb lépésben, minél kevesebb vízfelhasználással, könnyen és gazdaságosan megoldható lúgtisztítással és vízregenerálással, kellő tisztaságú fém előállításával a tűzi útnál gazdaságosabban oldják meg. Ezzel kapcsolatban említésre méltó, hogy a kohósításra kerülő érc értékes alkotóit kísérő meddő a tűzi útnál a vassal együtt salak formájában hányókra vihető, esetleg fel is dolgozható. A nedves eljárások oldott vasa, iszapos jellegű meddője viszont kémiailag aktív, és így a környezet számára veszélyesebb, mint a salak.

Annak ellenére, hogy ma már egyre több rezet állítanak elő nedves úton [4], ezek az eljárások a tűzi módszereket a közeljövőben még nem fogják kiszorítani. A természetben előforduló nagyobb gyakoriságuknak megfelelően tűzi úton főképpen dúsított szulfidos rézérceket dolgoznak fel. Ezért a rézkohászat fejlődését elsősorban a szulfidos ércek kohósításának fejlődése határozza meg. Ennek ellenére a növekvő igények kikényszerítették a nagy olvadáspont miatt nehezen olvasztható, illetve a lúgzásnál sok savat fogyasztó, esetleg nemesfémeket is tartalmazó oxidos rézércek célszerűbb feldolgozására kínálkozó lehetőségek kihasználását. Például kevés rezet tartalmazó oxidos (szilikátos) rézércek dúsítására az elmúlt évtizedben sikerrel bevezették az 1923-ban szabadalmaztatott *Torco-eljárást* [5]. Ezzel a kiinduló érc összetételétől és a munkamód változataitól függően 30—70% réztartalmú dúsítványt kapnak kb. 90%-os rézkihozatallal.

Rézércek tűzi kohósításának fejlődése

Színporokból tűzi úton a nyersréz több lépésben vagy egy lépésben, illetőleg nyers rezes kéneskő előállításával vagy ennek megkerülésével állítható elő. Ezeket a ma ismert lehetőségeket foglalja össze az *1. táblázat*. Ennek alapján a jellemzőbb fejlesztési irányzatokat a *2. táblázatban* foglaljuk össze, és ezeket az alábbi, a környezetvédelmet és egyes technológiai lépéseket érintő megjegyzésekkel egészíthetjük ki.

1. táblázat

A nyersréz előállítási lehetőségei

Kéneskő előállításával több lépésben		Kéneskő előállításának megkerülésével	
kéneskő előállítása		több lépésben	egy lépésben
két lépésben	egy lépésben		
Részleges oxidáló pörkölés forgódobos kemence Wedge-kemence fluidizáló pörkölő [6, 7a, 22] röptében pörkölő kemence zsugorítva pörkölő berendezés átszívásos [7b] átfúvásos Kéneskőre való olvasztás aknáskemence [7b, 7c, 8—10] lángkemence [6, 7d, 11, 22] villamos kemence [36]	Nyers színpor olvasztása lángkemence [7e, 11—16, 35] Röptében való olvasztás [22, 67] Outokumpu Oy eljárása [17] Furukawa Mining Co. eljárása [7f] International Nickel Co. eljárása [7g] Hibi Kyodo Smelting Co. eljárása [18] Olvasztás ciklonkemencében [72] szovjet munkamód [19] amerikai munkamód [20]	Tökéletes oxidáló pörkölés Redukáló olvasztás villamos kemence Brixlegg-eljárás [24]	Egy berendezésben konverterezés [7c, 8, 22] Worcra-eljárás [25, 30] Noranda-eljárás [26] Brittingham-eljárás [27, 30] INCO-eljárás [28] Folyamatos üzemű több berendezésben Mitsubishi-eljárás [29] Stewart-féle kaszkádeljárás [30]
Konverterezés [13, 18, 22, 21] álló konverter fekvő konverter [7h] Hoboken-féle konverter [21] lándzsás konverter [22, 28, 29, 46] folyamatos konverterezés [32] Konti-eljárás [23]			

2.1 *A régi alapelvek szerinti kohósításnál*

A rézkohászat jellemzőbb fejlesztési irányai

2. táblázat

A fejlesztés módja	Néhány példa	Fontosabb közvetlen előnyök
A *tüzelési mód* megváltoztatása [29, 72] Földgáztüzelés Olajtüzelés Szénportüzelés Vegyes tüzelés Levegőelőmelegítés [28, 7 f] Oxigénnel dúsított levegő [7 b] Villamos fűtés [7 f, 32, 33, 64]	Lángkemencék és forgódobos finomító kemencék; Hulladékok vagy köztermékek beolvasztása villamos kemencében [22] Villamos pótfűtés a Kivcet-eljárásnál [34]	Környezetvédelem Javuló hőtechnikai hatásfok Kisebb energiaigény Nagyobb munkahőmérséklet Nagyobb termelékenység Könnyebb szabályozás Automatizálhatóság
A távozó *gázok hasznosítása* [13, 14, 18, 32, 35, 53, 56]	Hőhasznosító kazán [7 f, 13] Rekuperátor [7 f] Gáztisztító berendezések [24] porleválasztók mosók kénhasznosítás [35]	Környezetvédelem Javuló hőtechnikai hatásfok
A kohósító berendezések *méretének* növelése, *alakjának* megváltoztatása [33, 35, 72]	Nagyobb méretű, folyamatos üzemű lángkemencék, konverterek, forgódobos finomító kemencék, Hoboken-féle konverter [21, 36] Konverter-kemencék [22, 23] Flaven-kemence rézhulladékok beolvasztására [37]	Kisebb hőveszteség Nagyobb termelékenység Nagyobbfokú gépesítés Automatizálási lehetőség Kisebb munkaerőszükséglet Matematikai modellezhetőség Folyamatosabb munkamód
Termelékenyebb kohósító berendezések *kisebb* méretekkel [32, 72]	Pelletezők [7c, 16, 54] Zsugorítva pörkölők [7b] Fluidizáló pörkölők [6, 7a, 22] Röptében olvasztó kemencék [7f, 7g, 17, 18] Ciklonolvasztó kemencék [12, 13, 19, 20, 33] Lándzsás kemencék, konverterek [22, 23, 28] Asarco-aknáskemence [3, 47] Az egylépcsős nyersrézelőállítás olvasztóberendezései [7c, 8, 22, 25—30]	A kedvezőbb anyag- és hőátadással növekvő teljesítmény A hőenergia koncentrálása Jobb hőtechnikai hatásfok Gyorsabban végbemenő folyamatok Kisebb fajlagos beruházási igény Csökkenő üzemköltségek
A kemencék *üzemének* megváltoztatása [32]	A kéneskőre olvasztó aknáskemencéknél [8, 9, 38] Meleg levegő befúvás Olajbefúvás Szénporbefúvás	Gazdaságosabb üzem Meglevő kapacitások jobb kihasználása
	Asarco-aknáskemencéknél gázbefúvatás [3]	Teljesítmény, energiaszükséglet és femminőség szempontjából a legcélszerűbb kemence fémek beolvasztására
	Fúvóka helyett lándzsák használata [22, 27, 28] Lángkemencéknél [28] Forgódobos kemencéknél [28] Konvertereknél [22] Konverter-kemencéknél [18] Folyamatos konverterezésnél [23] Worcra-eljárásnál [30]	Növekvő üzembiztonság Nagyobb teljesítmény A metallurgiai folyamatok jobb szabályozása
A *betét* jellegének és az *adagolás* módjának megváltoztatása [32, 72]	Nyers színpor adagolása lángkemencébe [7e, 11—16, 39] Szárított színpor adagolása lángkemencébe [47] Nyers színés forró pörkölék adagolása lángkenmecébe [37] Poralakú száraz betét befúvatása röptében olvasztóknál [7,f 7g, 17, 18] Szárított betét befúvatása cikklonkemencéknél [19, 20] Színpor-pelletek adagolása a közvetlen nyersrézelőállításnál konverterezésnél [10, 40—45] Noranda-eljárásnál [26] Színpor befúvás lándzsával [22, 29] Színpor-szállópor-pelletek adagolása aknáskemencébe [7b, 7c, 38] Röptében pörköléshez [37] Lehetőleg olvadt betét adagolása a konverterezéshez és a tűzi finomításhoz Pótlékok befúvása a metallurgiai folyamatok szabályozására: salakképző pótlékok, kénező pótlék, redukáló pótlék	Javuló hőtechnikai hatásfok Egyenletesebb és termelékenyebb munkamód A metallurgia folyamatok könnyebb szabályozása A szállóporveszteségek csökkenhetnek A távozó gáz egyenletesebb mennyiségű és összetételű
Oxigén és oxigénnel dúsított levegő használata a metallurgiai folyamatokhoz [7c, 7g, 18, 22, 29, 31—33, 47, 72]	Kéneskőre olvasztásnál lándzsás lángkemence [28] INCO-lángkemence [28] INCO röptében olvasztó [7g] Konverterezésnél [10, 28, 40—45, 47] Hitachi-eljárás [28, 37] lándzsás konverterek [22, 23, 28] Közvetlen nyersrézelőállítás színporból lándzsás lángkemence [28] INCO-kemence [28] lándzsás Worcra-kemence [30] A tűzi finomításnál lándzsás oxigénfúvatás [46]	A pörkölés, a kéneskőre olvasztás, konverterezés, tűzi finomítás intenzifikálása A hőenergia koncentrálása Nagyobb munkahőmérséklet Jobb hőtechnikai hatásfok Jobb oxigénkihasználás Kevesebb fúvószél Kisebb fúvatási időtartam Kevesebb, de kéndioxidra nézve dúsabb gáz Kedvezőbb porleválasztás Nagyobb termelékenység
Redukáló gázok használata [12, 13, 26, 33]	Tűzi finomítás szénhidrogénekkel vagy ammóniával [48—53] Salak réztartalmának csökkentése [26] szénmonoxiddal Pelletpörkölék redukálása [54] hidrogénnel	Korszerűbb munkamód

2. táblázat folytatása

A fejlesztés módja	Néhány példa	Fontosabb közvetlen előnyök
Hagyományos *munkamódok elhagyása*, munkafolyamatok *összevonása* [32]	Feketeréz előállítása két lépésben Brixlegg-eljárás [24] Pörkölés elhagyásával közvetlen kéneskőre olvasztás lángkemencében [7e, 11, 16] röptében olvasztó kemencében [7f, 7g, 17, 18] ciklonolvasztóban [19, 20] Pörkölés és kéneskőre olvasztás részbeni elhagyásával kéneskő és színpor együttes konverterezése [7c, 8, 22, 31, 47] A szakaszos munkamód helyett folyamatos munkamódra való áttérés lángkemencéknél egylépcsős nyersrézelőállítás [25—30]	Környezetvédelem Korszerűbb, termelékenyebb munkamódok
Az *exotermás* metallurgiai folyamatok kihasználása *folyamatos munkamódot* biztosító, autogén jellegű eljárások bevezetésével [32, 72]	Kéneskő előállítása egy lépésben nyers színporból lángkemencében [39] röptében olvasztás [7f, 7g, 17, 18] olvasztás ciklonkemencében [19, 20] Pörkölék és száraz színpor együttes olvasztása kéneskőre [37] Kéneskő és színporpelletek együttes konverterezése Hitachi-eljárás [10] Folyamatos konverterezés [23] Lándzsás munkamódok [28] oxigénnel oxigénnel dúsított levegővel Nyersréz folyamatos előállítása [25—30]	Környezetvédelem Nagyobb termelékenység Gazdaságosság Kisebb anyag-, energia-, munkaerőigény Egyenletesebb mennyiségű, kéndioxidban dúsabb gáz Csökkenő tüzelőanyagfelhasználás Nagyfokú automatizálhatóság Kisebb beruházási igény
Számítógépes folyamatszabályozás [18]	Konverterezés [42, 55] Röptében olvasztás [56]	Optimális munkakörülmények biztosítása

2.2 *Az újabb alapelvű kohósítási műveletek*

A fejlesztés módja	Néhány példa	Fontosabb közvetlen előnyök
Oxidos rézércek tűzi dúsítása	Torco-eljárás [5]	Tűzi és nedves úton nehezen feldolgozható ércek gazdaságos dúsítása
Hagyományos munkafolyamatok elhagyása: nedves eljárások bevezetése [66]	Harlan-eljárás [5] Lúgozóberendezések helyett halmokban, föld alatt is lúgoznak A réz kiejtésénél: elektrolízissel rézpor előállítása [5] nyomás alatti redukció hidrogénnel [57, 58] szénmonoxiddal kéndioxiddal cementálás helyett extrakció [57, 59] Réztartalmú salakok flotálása [22] Flotálási meddő lúgzása [30]	Gazdaságosabb munkamódok Közvetlen rézporelőállítás Cementréz, érc, hulladék lúgzási oldatából [62]
Laboratóriumi jellegű eljárások üzemi elterjedése	Reguler OFHC-réz Garantált OFHC-réz nagyüzemi előállítása [5] Olvasztás vákuumkemencében, elektronsugaras kemencében Zónás olvasztás Réz elektrolitos finomítása kétszeri elektrolízissel Réz tűzi finomítása szintetikus salakokkal, buzgatás gázokkal [33, 39, 51] Az arzén eltávolítása rézelektrolitból amalgám-elektrolízissel [5]	Nagytisztaságú, jobb minőségű réz
Lúgzási katalizátor jelenlétében	CLCA-katalizátor a HCl—H_2SO_4-keverékes lúgzásnál [30]	12—48 órás lúgzással 80—90%-os rézkihozatal CuS—$CuFeS_2$-ércekből
Biometallurgiai eljárások bevezetése, baktériumok felhasználása [2, 5]	Flotálásnál szulfátok szulfiddá redukálásához Hidrometallurgiában ferrivasnak ferrová redukálásához Perkolációs lúgzásnál Rézpor redukciós kiejtésére	Gazdaságosabb munkamódok
Ioncserélők használata, oldószeres extrakció bevezetése [2, 5, 22, 59, 66]	Lúgzásnál Lúgtisztításnál Elektrolit tisztításánál	Gazdaságosabb munkamódok
Közvetlen félgyártmány előállítás	Katódrézből rézdrót Properzi-eljárás [5] CMCR-eljárás [5] Anódából elektrolízissel közvetlenül rézdrót [60] rézlemez, Pedone-eljárás [61] rézfólia [57] Rézporból sajtolással, hengerléssel szalag, drót, cső, lemez [58]	Gazdaságosabb munkamódok

Környezetvédelmi vonatkozások

A színporok kohósításánál a tüzelőanyagból és a betétből a munkafolyamatok minden egyes lépésénél keletkeznek SO_2- és SO_3-tartalmú gázok, melyek nehezen gyűjthetők össze. Ezért ezek gyakran nem is dolgozhatók fel gazdaságosan kénre, kénsavra, kéndioxidra. Ily módon a rézkohók azon üzemek közé tartoznak, melyek a környezetet a legnagyobb mértékben szennyezik. A szennyezéshez természetesen jelentősen hozzájárul a gázok portartalma is. A tökéletes gáztisztítás igen költséges, és ezt a szállópor és kén hasznosításával járó előnyök csak némileg kompenzálják.

Az iparilag fejlett és sűrűn lakott országokban a környezetszennyeződés mérséklését már régóta igen szigorú előírásokkal, illetve jelentős beruházásokkal biztosítják [66]. Például *Japánban* a légtérbe engedhető kéndioxid mennyiségét időtartamra vonatkoztatva is szabályozták [67]. *Belgiumban* a kéményen át a levegőbe kerülő gázok kéndioxidtartalma és a kéményt elhagyó gázok hőmérsékletének függvényében előírták a minimális kéménymagasságot [21].

A jelenleg még leggyakoribb kohósítási technológiáknál a kéneskőre olvasztó lángkemencénél és a kéneskő konverterezésénél keletkezik olyan mennyiségű és összetételű gáz, mely a környezetszennyeződés szempontjából a legkárosabb [24], mert a színpor kéntartalmának legfeljebb 90%-át lehet a gázokkal összegyűjteni és hasznosítani [22]:

— a lángkemencét elhagyó gáz kéndioxidtartalma általában nem haladja meg az 1–2%-ot; fizikai hőtartalma, valamint szállóportartalma hasznosítható, de kéntartalma olyan kevés, hogy gazdaságosan általában nem dolgozható fel, magas kéményen át a szabadba engedve azonban mégis kipusztítja a növényzetet,

— a konverterezésnél a gázelvezetés csak nehezen és költségesen oldható meg: sok gáz kerül a munkatérbe, illetve az elszívott gázt rendszerint sok hamis levegő hígítja. A konverterezés egyes periódusainak megfelelően így nemcsak a gázmennyiség, hanem annak összetétele is szélsőségesen változik, ami több konverter párhuzamos üzemével sem mindig küszöbölhető ki teljesen.

Kedvezőbb a helyzet a rézszínporok levegővel való fluidizáló pörkölésénél, ahol egyenletes mennyiségű és minőségű gáz keletkezhet. A pörkölési gáz, a lángkemence füstgáz és a konvertergáz egyesítve 4–5% SO_2-tartalmú gázt biztosíthat, ha a kohó évi teljesítménye legalább 400 000 t színpor, ill. kb 100 000 t nyersréz [24].

Az előzőekhez képest kedvezőbb a helyzet a kéneskövet egy lépésben előállító olyan munkamódoknál, ahol a színport röptében olvasztó kemencében kohósítják [9–11]. Itt a kemencét elhagyó gázok mennyisége mindenképpen kisebb, de oxigénfelhasználással még tovább csökkenthető. A gázok kéndixoidtartalma kedvezőtlenebb körülmények között is meghaladja a 9%-ot. A kisebb gáztérfogat a sikeres porleválasztás szempontjából is kedvező.

A röptében olvasztó munkamódoknál a színpor előzetes szárításánál használt kemencét elhagyó füstgáz porleválasztás után kéményen át a szabadba engedhető, ha a fűtéshez ként nem tartalmazó tüzelőanyagot használnak és optimális munkahőmérsékletet tartanak. A röptében olvasztó eljárásoknál a kéneskő réztartalma rendszerint nagyobb, mint a lángkemencében előállított kéneskőé. Ez természetesen a konverterezésnél is kedvező.

A környezetszennyeződés miatt azonban nemcsak a gázok SO_2- és SO_3-tartalma káros. Például a konverterezésre kerülő kéneskőből oldott ólom és cink már a csapolás és szállítás során is illan, miközben kevés kén is oxidálódik. Ez együttesen fehér füst formájában jut a közvetlen környezetbe. Hasonlóképpen a közvetlen munkatéri környezetet szennyezik a rézkohászati salakok értékesebb fémkomponenseit kinyerő tűzi eljárások is (például: kénező olvasztás, redukáló olvasztás a salakok réztartalmának csökkentésére; ólom és cink illósítása salakokból stb.).

Mindezek a körülmények kényszerítik a rézkohókat, hogy a hagyományos munkamódokkal előbb-utóbb szakítva a rézszínporok kohósítására elsősorban

— a ként jobban koncentráló, vagyis a kéntartalmú gázokat jobban gyűjtő,

— a kéntartalmú gázok mennyiségének csökkentését,

— a gazdaságos gáztisztítást a kénhasznosítást lehetővé tevő eljárásokat találjanak és vezessenek be. Ilyen közvetlen lehetőségek máris

— az oxigén és oxigénnel dúsított levegő használata a pörkölésnél, az olvasztásnál, a konverterezésnél, a tűzi finomításnál; a tüzelésnél,

— egyes munkafolyamatok elhagyása, illetve összevonása,

— folyamatos eljárások bevezetése,

— egyetemlegesebb jellegű eljárások bevezetése (például komplex színporok kohósítása a *Kivcet*-eljárással [34], *Worcra*-eljárással [25], *Inco*-eljárással [28] stb.)

— a tűzi kohósítás helyett a nedves útra való áttérés.

Technológiai vonatkozások

A színporokból nyersrezet előállító rézkohók ma az *1. táblázatban* szemléltetett lehetőségek alapján leggyakrabban a *3. táblázatban* részletezett három technológia egyikét használják [24]. E három változat közül napjaink követelményeinek a röptében olvasztás felel meg, mert ez biztosítja egyedül a környezetszennyeződés hatásos csökkentését [22]. A röptében olvasztás nagyobb termelékenysége ellensúlyozhatja a tökéletesebb porleválasztást is magában foglaló nagyobb beruházási igényt. Így századunk ötvenes éveitől kezdve egyre nagyobb érdeklődés nyilvánul meg az *Outokumpu Oy* eredeti eljárására (1948) alapozott röptében olvasztó munkamódok iránt [66, 68, 69]. A gyakorlati kivitelezésnél igen jelentős eredményeket értek el *Japánban*. Például a *Furukawa Mining*-nél (*Ashio*) kénben szegényebb kiindulóanyag is gazdaságosan kohósítható, a végsalak réztartalma nem haladja meg a 0,5%-ot, a kénkihozatal pedig 91% [7f].

3. táblázat

A három leggyakoribb kohósítási eljárás során keletkező gázok jellemzői azonos színpor feldolgozásánál [24]

A kéneskő-előállítás módja	A gáz származási helye	A betétre vonatkoztatott %-os kénmegoszlás	Nm^3 gáz/t réz	SO_2+SO_3 %	g por/Nm^3 gáz	Nm^3 SO_2+SO_3/t réz	kg por/t réz
Nyers színporból	lángkemence	24	15 000	1,63	5	244,5	75
	konverter	72	24 000	3,1	4	744,0	96
			39 000			988,5	171
Forró pörkölékből	pörkölő kemence ..	50	3 800	13,05	50	494,5	190
	lángkemence	12	8 000	1,23	10	98,4	80
	konverter	35	4 800	7,25	15	348,0	72
			16 600			941,9	342
Szárított színporból	szárító kemence ..	—	4 000	0,1	100	4,0	400
	röptében olvasztó .	72	6 400	11,05	35	696,2	224
	konverter	24	3 300	7,25	15	239,3	49,5
			13 700			939,5	673,5

A *Hibi Kyodo Smelting. tamanoi* rézkohóját tartják jelenleg a legkorszerűbbnek [18]. *Naoshimában* az új röptében olvasztó a tervek szerint emisszió mentes, számítógéppel irányított, szinte emberi beavatkozás nélküli üzemű lesz évi 36 000 t réz teljesítménnyel [56].

A röptében olvasztó munkamódok nagyon termelékenyek, kicsiny a helyszükségletük, kicsiny a külső hőszükséglet, jól gépesíthetők és automatizálhatók, kicsiny a munkaerőszükségletük stb. E számos előnyt kísérő jelentős hátrány, hogy a salak nagyobb réztartalma miatt nem vihető hányóra. Viszont ennek a hátránynak is köszönhető, hogy még jobban vizsgálták a rézkohászati salakokat, és ennek eredményeképpen kialakult a salakflotálás [22, 38, 70], mellyel a konvertersalakok is gazdaságosan dolgozhatók fel.

A röptében olvasztás hátrányaként tartják számon, hogy jelentős a szállóporképződés. Ezzel szemben a cinklonolvasztásnál [19, 20] lényegesen kevesebb szállóporral, de a salak nagyobb magnetittartalmával (és így még nagyobb rézveszteséggel) kell számolni [20, 22, 23].

A röptében történő olvasztással ma még a kéneskőnek csak kisebb hányadát állítják elő. Várható, hogy a rézkohászat további fejlődését a nyersrezet egy lépésben (folyamatosan) előállító és a nedves eljárások térhódítása fogja jellemezni [30].

Összefoglalás

Néhány kényszerítő körülmény (egyre növekvő rézigény, rézércek réztartalmának fokozatos csökkenése, környezetvédelmi előírások miatti növekvő gáztisztítási költségek stb.) hatására a rézkohászat fejlődési irányát is a teljesítménynövelés, a gazdaságosság fokozása, valamint a környezetvédelmi intézkedések (gáztisztítás és kénhasznosítás) jellemzik. A rézkohók meglevő hagyományos, többlépcsős munkamódjai (a berendezések méretének növelésével, a tüzelési mód megváltoztatásával, levegőelőmelegítéssel, füstgáz-hőhasznosítással, oxigénfelhasználással, villamos fűtéssel stb.) a gazdaságosság határáig korszerűsödnek, de ezzel párhuzamosan már kialakultak a gazdaságosan nem fejleszthető munkamódok elhagyásával és egyes munkafolyamatok összevonásával az új eljárások is (röptében való olvasztás, színpor és kéneskő együttes konverterezése, salakflotálás; színporból közvetlenül nyersrezet előállító eljárások).

A rézércek kohósításánál a tűzi út egyre erősödő versenytársa a hidrometallurgia, mert a színporok tűzi kohósításánál döntővé válik a gázok kéntartalmának gazdaságos hasznosítása és értékesítése.

A rézkohászatban jelenleg és a közeljövőben is korszerűnek tekinthető az a munkamód, amelynél a flotálással előállított, rézben lehetőleg dús színporból az elekrolitrezet a hagyományosnak tekinthető öt lépésből (pörkölés, kéneskőre olvasztás, konverterezés, tűzi finomítás, elektrolitos finomítás) álló eljárással szemben négy vagy három lépésben úgy állítják elő, hogy kohósítás közben minél kevesebb kén kerüljön a környezetbe.

E cél elérésére nagymértékben korszerűsödött a lángkemence és üzeme, egyre nagyobb teret hódít a röptében való olvasztás és a kéneskő és színpor együttes konverterezése mellett kialakulóban vannak a nyersrezet egy lépésben előállító, gazdaságosnak ígérkező eljárások is. Ezzel kapcsolatban figyelembe kell venni, hogy a Földön előállított réznek kb. 40%-át eddig is a gazdaságosnak tartott önköltségnél drágábban állították elő [71]. Ezért az ebben érdekelt üzemek előbb-utóbb munkamódjuk gyökeres megváltoztatására kényszerülnek. A korszerű lángkemencés vagy röptében olvasztó munkamód csak bizonyos termelési nagyságrendtől gazdaságos. Ugyanez vonatkozik a konverterezésre stb. is. Ezért jelentősek azok a kísérletek és kísérleti üzemek, amelyeknél aránylag kevés beruházást igénylő

kicsiny, de ugyanakkor igen termelékeny egységekben folyamatos üzemben kohósítják a színport [29, 30].

IRODALOM

[1] Erzmetall *25* (1972) 415—416.
[2] *Tarján G.:* BKL-Bányászat *105* (1972) 713—720.
[3] *Horváth Z.:* BKL-Kohászat *102* (1969) 545—551.
[4] *Monhemius A.:* Chemical and Process Engineering *51* (1970) 1. 65—68.
[5] *Horváth Z.:* BKL-Kohászat *104* (1971) 83—87.
[6] *Blair, J.:* Journal of Metals *18* (1966) 3. 324—327.
[7] *Anderson, J.—Queneau, P.:* Pyrometallurgical Processes in Nonferrous Metallurgy. Gordon and Breach Science Publishers, New York—London—Paris, 1967.
[8] *Yoshida, K.:* Erzmetall *24* (1971) 452—456.
[9] *Szcsasztlivij, V.:* Cvetnie Metalli *43* (1970) 11. 92—93.
[10] *Tsurumoto, T.:* Freiberger Forschungshefte *B 150* (1969) 7—17.
[11] *Spira, P.—Themelis, N.:* Journal of Metals *21* (1969) 4. 35—42.
[12] *Queneau, P.:* Extractive Metallurgy of Copper, Nickel and Cobalt. Interscience Publishers, New York—London, 1961. 159—203.
[13] *Nagano, T.—Niimura, M.:* Journal of Metals *20* (1968) 7. 76—81. World Mining *20* (1967) 4. 52—57.
[14] *Beals, G.—Cadle, J.:* Journal of Metals *20* (1968) 7. 85—92.
[15] *Beall, J.:* Mining Engineering *19* (1967) 6. 58—65.
[16] Engineering and Mining Journal *161* (1960) 4. 108—111.
[17] Outokumpu News (1969) 1. 3—8.
Bridgstock, G.: Engineering and Mining Journal *172* (1971) 4. 120—123.
[18] *Mealey, M.:* Engineering and Mining Journal *173* (1972) 6. 130—131.
[19] *Onajev, J.:* Neue Hütte *10* (1965) 210—216.
[20] *Quarm, T.:* Engineering and Mining Journal *170* (1969) 10. 80—82.
[21] *Leroy, J.—Lenoir, P.:* Advances in extractive metallurgy and refining — Symposium, London, 1967. Paper 15.
[22] *Milliken, C.:* Journal of Metals *22* (1970) 8. 51—54., *20* (1968) 4. 39—45., Mining Engineering *23* (1971) 5. 48—50.
[23] *Sehnalek, F.—Holéczy, J.—Schmiedl, J.:* Journal of Metals *16* (1964) 416—420.
[24] *Schwartz, W.—Eisert, W.:* Erzmetall *25* (1972) 505—511.
[25] *Worner, H.—Reynolds, J.—Andrews, B.—Collier, A.:* Developments in Worcra smelting-converting. Advances in extractive metallurgy and refining — Symposium, London, 1971. The Institution of Mining and Metallurgy, 1972. 19—38.
[26] *Themelis, N.—McKerrow, G.:* The Noranda process for continuous smelting and converting of copper concentrates. 100th AIME Annual Meeting, New York, 1971.
[27] *Brittingham, G.:* Australian Mining *61* (1969) 4. 55—57.
[28] *Kuxmann, U.:* Erzmetall *19* (1966) 549—600.
[29] Engineering and Mining Journal *173* (1972) 8. 66—68.
[30] Engineering and Mining Journal *173* (1972) 2. 75—79.
[31] *Messner, M.—Kinneberg, D.:* Journal of Metals *13* (1961) 820—824.
[32] *Diomidovszkij, D.:* Cvetnie Metalli *32* (1959) 2. 27—34., *33* (1960) 5. 18—26.
[33] *Glinkov, M.—Gudima, N.:* Cvetnie Metalli *44* (1971) 12. 1—4.
[34] *Lukasev, L.—Müzovszkij, G.—Poznjakov, V.:* Cvetnie Metalli *41* (1968) 11. 22—26.
[35] Engineering and Mining Journal *173* (1972) 8. 69—71. Mining Engineering *21* (1969) 5. 66.
[36] *Rodolff, D.—Marble, E.:* Journal of Metals 24 (1972) 7. 14—24.
[37] *Goosens, H.:* Erzmetall *24* (1971) 105—110., 150.
[38] *Pawlek, F.:* Erzmetall *19* (1966) 503—509., *22* (1969) 413—418.
[39] *Mahoney, P.—Starrat, F.:* Engineering and Mining Journal *169* (1968) 54. 71—77.
[40] *Kersanszkij, I.—Nyikitina, L.:* Cvetnie Metalli *40* (1967) 1. 31—36.
[41] *Nagibin, V.:* Cvetnie Metalli *41* (1968) 10. 30—35.
[42] *Liszovszkij, D.—Ivanov, V.—Kitajev, G.:* Cvetnaja Metallurgija *13* (1970) 5. 134—139.
[43] *Morris, T.:* Journal of Metals *20* (1968) 7. 73—75.
[44] *Abramov, N.:* Cvetnie Metalli *39* (1966) 6. 22—24.
[45] *Emicke, K.:* Erzmetall *19* (1966) 609—614.
[46] *Gerlach, J.—Schneider, N.—Wuth, W.:* Metall *25* (1971) 1245—1251.
[47] *Beall, J.—Haddon, W.:* Mining Engineering *21* (1969) 11. 59—60.
[48] *Livemont, A.:* Metallurgie *11* (1971) 1. 61—67.
[49] *Wels, T.:* Engineering and Mining Journal *169* (1968) 9. 143.
[50] *Karita, T.:* Journal Mining and Metallurgical Inst. Japan *86* (1970) 985. 329—330.
[51] *Mackey, K.—Gibson, N.:* Bulletin Inst. Mining and Metallurgy Transactions *77* (1968) 736. C 19—31.
[52] *Katta, T.:* Erzmetall *24* (1971) 452—456.
[53] *Meisel, G.:* Journal of Metals *22* (1972) 5. 31—39.
[54] *Fine, M.—Schluter, R.:* Mining Engineering *22* (1970) 11. 71—74.
[55] *Foreman, J.:* Journal of Metals *17* (1965) 616—618.
[56] Erzmetall *26* (1973) 48.
[57] Engineering and Mining Journal *162* (1961) 4. 91., *168* (1967) 1. 97—100., 10. 118., *173* (1972) 7. 94—96., 1. 94—95.
[58] Engineering and Mining Journal *162* (1961) 4. 91.
[59] *Palley, N.—Paige, P.:* Engineering and Mining Journal *173* (1972) 7. 94—96.
[60] *Cibula, A.—Finch, N.:* Erzmetall *21* (1968) 99—103.
[61] *Corsetti, C.:* Metall *20* (1966) 1206—1210.
[62] *Burkin, A.:* Metallurgical Review *12* (1967) 1. 1—14.
[63] Mining Engineering *21* (1969) 5. 66.
[64] *Schopov, N.:* Neue Hütte *17* (1972) 265—269.
[65] *Diomidovszkij, D.—Saligin, L.—Galjnbek, A.:* Cvetnie Metalli *32* (1959) 2. 27—34.
[66] *Swan, D.:* Mining Congress Journal *57* (1971) 76—85.
[67] *Herbert, I.:* Mining Annual Review 1971. 223—243., 1972. 229—253.
[68] Australian Mining *64* (1972) 2. 76—77.
[69] Mining Magazine *127* (1972) 541.
[70] *Frank, L.:* Erzmetall *25* (1972) 238—243.
[71] *Miller, H.:* The competitive position of copper products. Pergamon Press, London, 1965.
[72] *Lange, A.:* Erzmetall *13* (1960) 151—157., 216—223.

Neutronaktivációs oxigénmeghatározási módszer alkalmazása az alakítható Al-ötvözetek optimális fémkezelési technológiáinak kialakításánál

Dr. CSÁK JÓZSEF okl. kohómérnök, a műszaki tud. kandidátusa
SZABÓ LAJOS okl. kohómérnök
Székesfehérvár Könnyűfémmű

Dr. VORSATZ BRUNÓ okl. kohómérnök, a műszaki tud. kandidátusa
ZEMPLÉN-PAPP ÉVA okl. vegyészmérnök
Központi Fizikai Kutató Intézet

DK: 621.7.04:669.15:543.53.061

A jelen tanulmány a különböző oxidmeghatározási módszereket és az optimális olvadékkezelési eljárás kidolgozására irányuló kísérletek eredményeit tárgyalja. Az alakítható alumíniumötvözetek tisztaságának ellenőrzésére a magyar műszaki gyakorlatban alakítható alumíniumötvözeteknél még nem alkalmazott neutronaktivációs oxigénmeghatározást próbáltunk ki kísérleteink során. A neutronaktivációs módszer által lehetővé tett nagyszámú vizsgálat alapján a fém szennyezettség-változását követtük nyomon, vizsgáltuk az oxid és gáz kapcsolatát, és értékeltük a kiválasztott technológiai műveletek hatékonyságát.

Az alumíniumolvadékok szennyezettsége

Az üzemi körülmények között gyártott ún. reális alumíniumötvözetek olvadéka bonyolult, különböző alkotófázisokból álló rendszer, melyben fémes szennyezőelemek, makroszkopikus és mikroszkopikus méretű szilárd és gázállapotú nemfémes szennyezők találhatók.

Az alumíniumolvadékok szilárd nemfémes szennyezőit alapvetően az Al és az egyes ötvözőelemek oxidjai, kisebb részben nitridek, szulfidok, karbidok, illetőleg egyéb idegen anyagok alkotják. A gázállapotú szennyező szinte teljes mennyiségben hidrogén.

Az oxidok keletkezésének lehetőségei igen széleskörűek. Elsőként lehet megemlíteni az olvadék felületén keletkező és onnan keverésnél, vagy egyéb fürdőmozgásnál az olvadékba kerülő oxidokat. A levegővel érintkező Al felületén különösen olvadt állapotban, rövid idő alatt néhány száz, sőt 1—2 ezer Å vastagságú oxid-réteg keletkezik. Érdemes megemlíteni, hogy a keletkező réteg vastagságára az idő és hőmérséklet mellett az ötvözőelemek gyakorolnak jelentős hatást. Kísérleti tapasztalatok szerint a Be, Cu, Fe, Si Mn és Zn ötvözése (1% körüli ötvözőtartalomnál) igen kismértékben, a Ca, Mg és Na ötvözése viszont jelentős mértékben növeli az alapfém oxidálódását. Ez utóbbi hatására jellemző adat, hogy már *10—100 ppm* Na-tartalomnál az oxidképződés többszöröse a Na-mentes fémének [1]. A fémmel érintkező kemencelégtér általában több-kevesebb mennyiségben tartalmaz vízgőzt. A víz-alumínium reakció eredményeképpen keletkező oxid a másik komoly forrása a szennyeződéseknek. E keletkezési formának külön veszélye, hogy az oxiddal egyidejűleg hidrogén is keletkezik.

További forrásai az oxidszennyeződésnek a fémfürdőbe kerülő fémoxidok — Fe_2O_3, Cu_2O, SiO_2 stb. — redukciója során keletkező Al_2O_3, valamint a fürdőbe adagolt hulladékok, elő- és segédötvözetek felületi kérge és saját belső szennyezőtartalma.

Morfológiai szempontból az oxidoknak két csoportját szokás általában megkülönböztetni:

— makroszkopikus méretű, az olvadékban rendszertelenül elhelyezkedő finomabb, durvább hártyák, vagy tömör képződmények;

— mikroszkopikusan finom, a fémben nagyjából egyenletesen elrendezett, szuszpendált állapotban lebegő részecskék.

A különböző szerzők többé-kevésbé egybehangzó adatai szerint az alakítható alumíniumötvözetekben az oxigéntartalom *10—500 ppm* között, nagytisztaságú fémalumíniumban egyes szerzők szerint *0,2—10 ppm* között van [2, 3, 4]. Ezek az értékek a mikroszkopikusan finom oxidokra vonatkoznak, zárványjellegű oxidok meghatározása és %-os értékkel való jellemzése általában igen nehezen oldható meg. Az öntészeti ötvözetek szennyezettsége általában nagyobb.

A nemfémes szennyezők jelentős hatást gyakorolnak a fém különböző tulajdonságaira és a kristálytani szerkezetére. Ez a hatás általában kedvezőtlen, mértéke pedig az oxidok minőségétől, mennyiségétől, eloszlásaitól és méreteitől függ.

A durva, rendszertelen eloszlású kiválások formájában megjelenő szennyezők csökkentik a gyártmányok aktív keresztmetszetét, terheléskor a feszültségek gyűjtőhelyei, alakításkor a szerszámok fokozott kopását, vagy tönkremenetelét okozzák, felhasználáskor a korrózió támadási pontjai stb. Az olvadékból való teljes vagy részbeni eltávolításuk növeli a szakítószilárdságot, nyúlást, korrózióállóságot, javítja az anyag öntési tulajdonságait (folyékonyság, formakitöltőképesség stb.).

A finom, egyenletes eloszlású oxidszennyezés kismértékben növeli a szakítószilárdságot, a melegtörékenységi és a repedékenységi hajlamot, nagymértékben csökkenti a folyékonyságot, az alakíthatóságot, korrózióállóságot és az eloxálhatóságot.

Meg kell említeni — bár ez még igen kevéssé tisztázott kérdés —, hogy ez utóbbi oxidféleség a kristályosodás folyamatára is hatással van. Egyes kutatók szerint az oxidszennyeződés mennyisége és a részecskék aktivitása befolyásolja az elérhető túlhűtés mértékét és ezen keresztül a tuskó makro- és mikroszerkezetét. Saját kísérleteink során is volt ilyen tapasztalatunk, azonban a kapott eredmények további megerősítésre szorulnak [11].

A gázállapotú nemfémes szennyező, a hidrogén általában az oxidhoz kapcsolódva jelentkezik, növelve annak káros hatását. Egy oxiddal erősen szennyezett fémnek általában magas a hidrogéntartalma is és viszont. A kétféle szennyező közti kötés egyesek szerint egészen szoros $Al_2O_3 \cdot XH$

tipusú komplex vegyület, mások szerint a gáz lazán kötődik a fémben lebegő kisebb-nagyobb oxidrészecskékhez.

A különböző oxidokkal és egyéb szilárd nemfémes szennyezőkkel, valamint hidrogénnek szennyezett alumíniumolvadék és az abból gyártott fém nem elégíti ki a gyártmányokkal szemben támasztott egyre növekvő követelményeket. A fém tisztaságának növelése, az alakításnál és felhasználásnál jelentkező hibák csökkentése, illetve megszüntetése szükségessé teszi az olvadék kezelését, tisztítását.

Az olvasztási és fémkezelési technológiák kialakítása során az a törekvés, hogy a kevésbé szennyezett, azaz a lehető legalacsonyabb oxid- és hidrogéntartalmú fémet lehessen biztosítani.

Adott technikai feltételek mellett — kemencék típusa, fűtése, fémkezelő sók, az olvasztóból a pihentetőbe való átcsapolás módja stb. — az a fémkezelési technológia tekinthető optimálisnak, amely a legrövidebb idő alatt, a legolcsóbban állítja elő a legtisztább fémet. Mivel a technikai fejlődés következtében a körülmények és a lehetőségek is állandóan változnak, az öntödékben a fémkezelési technológiák tökéletesítése állandó kutatási-fejlesztési feladat.

A fémtisztaság szempontjából kedvező műveletek kiválasztásához és a kezelőanyagok hatékonyságának összehasonlításához alapvető szükséglet, hogy az oxid- és gáztartalmat gyorsan és pontosan meg tudjuk határozni. Amíg az olvadék gáztartalmának mérésére kialakult módszerek és készülékek jók — az ún. „első buborék" elven működő, gázöblítéses, meleg extrakciós berendezések — és a kapott eredmények is jól használhatók, az oxidtartalom mérésére alkalmazott módszerekről nem lehet ugyanezt elmondani. A továbbiakban ezt a kérdést kívánjuk részletesebben megvizsgálni.

Az alumíniumötvözetek oxigéntartalmának meghatározási lehetőségei

Az oxigén meghatározása különböző elvek alapján lehetséges. Leggyakrabban az oxidok elkülönítésén alapuló módszereket szokás használni. Ez történhet olyan módon, hogy az oxidokat vákuumban vagy semleges gázatmoszférában redukáló olvasztással, illetve termikus disszociációval elbontják, majd az így keletkezett gáz (rendszerint CO) megállapított mennyiségéből számítják ki az elemzett fém oxigéntartalmát. Egy másik módja az elkülönítésnek az, hogy a fémet távolítják el az oxidok mellől, pl. szelektív oldással, vagy illékony vegyület formájába való hozással, és a mosadék mennyiségéből határozzák meg az oxigéntartalmat.

Ezen eljárások mellett újabban előtérbe kerülnek a radioaktivációs analízis különböző módszerei, és még ma is használják az ún. technológiai próbákat, valamint ritkábban néhány fizikai kémiai elveken működő módszert.

A fentiek szerint tehát a fémek oxigéntartalmának meghatározási módszerei a következőképpen csoportosíthatók:

1. Az oxid elbontása és az oxigén gáz alakban való extrahálása a próbából (meleg extrakció);

2. Olyan oldási módszer, vagy reakció alkalmazása, amelynél az oxidok mellől a fém eltávolítható (brómmetanolos eljárás, sósavgázas, illetve klórgázas eljárás);

3. Az oxigén valamelyik izótópjával létrehozott magreakció (neutrongenerátoros módszer, töltött részecskékkel való aktiválás);

4. Technológiai módszerek (makrocsiszolatok összehasonlítása, folyékonyságmérés, töretpróbák, pl. *Dobatkin—Zinovjev*-próba [5], vákuum alatti dermesztés);

5. Egyéb módszerek (röntgendefektoszkópia, fluoreszcens anyagokat alkalmazó módszerek stb.).

Az első csoportba sorolható módszerek alumíniumnál és ötvözeteinél általában nem válnak be, mert az extrakció hőmérsékletén az alumínium erősen illan. Csak kis grafit védőtok, vagy vasfóliába való csomagolás alkalmazásakor nyerhetők jó eredmények, ez azonban a méréseket komplikálttá teszi. A másik fajta módszer eredményessége részben az elválasztás tökéletességétől függ, részben pedig attól, hogy az oldás, illetve a gázáramban való hevítés közben oxidálódik-e a fém egy kis része. Mindkét eljárás hosszadalmas, több részműveletből áll, végrehajtásukhoz azonban különleges berendezés nem szükséges, csupán jó elszívás, bár tagadhatatlanul hátrányuk, hogy az egészségre ártalmas anyagokkal kell dolgozni. A két módszer eredményei irodalmi adatok és saját méréseink szerint is bizonytalanok [6]. A két oxidelválasztási módszer legfőbb hibája — a technológiai kísérletek igényeit figyelembe véve —, hogy nagyon kevés próba dolgozható fel segítségükkel, emellett az eredményeket befolyásolja a próba alakja (forgács, reszelék, tömör darab). Hátrányuk még a kis mintasúly is, ami különösen akkor jelentkezik előnytelenül, ha egyenlőtlen eloszlású, durva zárványok jelenlétével kell számolni. A negyedik és ötödik csoportban felsorolt módszerek közös hátránya, hogy általában nem adnak számszerű eredményt, — ami a meghatározást szubjektívvá teszi —, vagy ha adnak, az csak statisztikai jellegű méréseknél, nagyszámú, rendszerint igen munkaigényesek, hosszadalmasak és az eredmények csak közvetve utalnak a tényleges oxidtartalomra. Ennek ellenére a fém szennyezettségi fokának megismerése iránti igény miatt napjainkban is elterjedten alkalmazott üzemi eljárások, sőt fejlődésük is megfigyelhető.

A harmadik csoport módszereinek a gyakorlatban is gazdaságosan keresztülvihető formája a neutrongenerátoros aktivációs elemzés. E módszer tulajdonságai igen előnyösek, azonban a berendezés viszonylag drága és bonyolult volta miatt alkalmazása csak ott célszerű, ahol a kellő kihasználtság biztosítható. A módszer az előzőkhöz viszonyítva igen komoly előnyökkel rendelkezik.

— A tényleges oxid-, illetve oxigéntartalmat lehet meghatározni.

— Nagyszámú próba dolgozható fel és ez igen megnöveli a meghatározás tisztaságát és fontosságát.

— Jól reprodukálható számszerű eredmények a 0,001—0,1% Al_2O_3 koncentrációtartományban.

— Az ötvözőelemek koncentrációjától független eredmények.

— A nagyszámú minta gyorsan feldolgozható és ugyanazon minták oxigéntartalma más módszerekkel is ellenőrizhető.

A módszer előnyei miatt a fémkezelési kísérleteink során ezt alkalmaztuk döntően, egyéb módszerek csak az itt kapott eredmények ellenőrzésére szolgáltak.

A neutronaktivációs módszer leírása

Vizsgálatainkat az NA—2. típusú neutrongenerátor felhasználásával, aktivációs analízissel végeztük. A neutrongenerátor 120 kV-os feszültséggel működő részecskegyorsító, melynél nehézvízből előállított deutérium ionjaival triciumatomokkal telített titánlemezt bombáznak. Ilyenkor 14 MeV-körüli energiájú neutronok keletkeznek.

A neutronaktivációs oxigénelemzés legalább 10^9 neutron/cm^2·sec fluxusú 14 MeV-es neutronokkal (ún. gyorsneutronokkal) való besugárzásból, majd az ezt rövid idő múlva követő gammaspektrometriás aktivitásmérésből áll. Az elemzés céljaira a gyorsneutronokkal kiváltható

$$16_{O/n\cdot p}/16_N$$

magreakció használatos, melyben a 16-os tömegszámú oxigénizotóp szerepel. Ennek természetes előfordulási aránya 99,76%. A keletkező radioaktív 16_N izotóp felezési ideje 7,4 sec és β-sugárzás, valamint 6,13 MeV illetve 7,13 MeV energiájú gammasugárzás kibocsátása közben bomlik [7].

A magreakció aktiválási hatáskeresztmetszetének maximuma 11,8 MeV-nél, a reakció küszöbértéke pedig 9 MeV felett van. Az oxigénelemzéshez az automatikus fluxusnormálás módszerét használtuk [8]. A módszer lényege, hogy a mintával azonos geometriájú monitort, a neutronok fluxusának mérésére szolgáló testet (mely jelen esetben nagy oxigéntartalmú plexikorong) helyezünk a minta mögé, a kettős csövű pneumatikus csőpostába, mely egyszerre továbbítja a mintát és a monitort a besugárzás helyére, illetőleg onnan a mérőhelyre. Mivel besugárzáskor a minta és a monitor egyszerre aktiválódik és mérésük is egyidőben történik, a mérési időt pedig a monitor elővválasztott beütésszáma határozza meg, a gyorsneutron-fluxus ingadozásból származó hiba kiküszöbölhető és a mintáknál ily módon mért beütésszám egyúttal már egy átlagos fluxusra normált értékként adódik. A mérőfejek 3″×3″ NaI(Tl) szcintillációs detektorok, a mérést 2 db egycsatornás amplitúdó-analizátorral végezzük.

A besugárzási idő 15—30 s, a mintatovábbítás ideje 1 s, a mérés időtartama 15—20 s.

A kiértékelés relatív módon történt. A hitelesítés céljára mesterségesen összeállított standardokat illetőleg tömegspektrométerrel megelemzett ismert oxigéntartalmú mintát használtunk. A hitelesítő minták geometriája az elemzendő próbákéval azonos. A mesterségesen összeállított standardok kis oxigéntartalmú alumínium korongok, melyek egyenletesen elosztott furataiba ismert oxigén koncentrációjú és súlyú plexirudacskákat helyeztünk.

A minták jelenleg ∅ 27,5×7,5 mm méretű korongok. Felületüket nem kezeltük sem a besugárzás előtt, sem utána. Az alumínium és ötvözetei felületén levegőn bizonyos vastagságú oxidréteg alakul ki, mely — különösen kis mintasúly, tehát a mintasúlyhoz viszonyított aránylag nagy mintafelület esetében — az oxigéntartalom meghatározásánál hibát okozhat. E hiba kiküszöbölésére különböző megoldások találhatók a szakirodalomban [4], az általunk használt minták felülete azonban aránylag kicsi a súlyhoz viszonyítva, azért vizsgálatainknál a felületi oxidréteg okozta hiba figyelembevétele azáltal történt, hogy egyrészt gondosan ügyeltünk az azonos módon és méretekkel történő mintamegmunkálásra, másrészt az ismert oxigéntartalmú hitelesítő-próbáink ugyancsak azonos módon készültek és az oxigénkoncentrációnak megfelelő — extrapolált — érték segítségével megállapítottuk az adott mintaméretre vonatkozó — átlagosnak tekintett — oxigéntartalmat, melyet korrekcióként használunk. Ez az érték egyébként lényegében megegyezik az irodalmi értékkel.

A leírt roncsolásmentes vizsgálatok elemzési hibája 100 ppm oxigéntartalom esetén mintegy ±15 ppm, 10 ppm oxigéntartalom esetén a pontosság természetesen kevésbé jó ±3—5 ppm-el lehet számolni.

Az alumíniumban levő oxigénatomok gyakorlatilag teljes mennyisége oxid formájában van jelen. Erre utalnak azon irodalmi adatok, melyeknél hibahatáron belüli egyezés mutatkozik az alumíniumban neutrogenerátorral és szelektív oldás segítségével meghatározott oxigéntartalmak között. Ez az egyezés nem állna fenn, ha az oxigén egy — már számításba jöhető része — oldott gáz alakban volna jelen a fémben. A neutrongenerátoros elemzési eredmények, összevetve a vákuumextrakciós, illetve a redukáló olvasztásos vivőgázas eljárások eredményeivel, általában kissé magasabbnak mutatkoznak. Ennek oka abban keresendő, hogy míg a neutrongenerátorral a minta összes oxigéntartalmát határozzuk meg, addig a kifejlesztéses módszerek az oxidok tökéletlen elbomlásától függően, negatív hibával terhelt eredményeket szolgáltatnak. Mivel az alumínium oxigéntartalma feltehetően egyenlőtlenebb eloszlású, mint más fémeké, a neutrongenerátornál használt 10—12 g-os mintákat, valamint a mintavételkor leöntött fémöntecsből készített több mintakorong által adódó jobb átlagolási lehetőséget ebből a szempontból előnyösebbnek kell tartani. Míg a vivőgázas redukciós, illetve vákuumextrakciós módszereknél a minták a vizsgálat folyamán tönkremennek, az aktivációs elemzés mintái változatlanul megmaradnak, így a minták elemzés után más módszerrel is analizálhatók, illetve az elemzések bármikor megismételhetők. Az alumínium oxigéntartalmának meghatározására vonatkozó kísérleti eredményeket összefoglalva megállapítható, hogy a neutrongenerátoros aktivációs analitikai módszer a kívánalmakat kielégíti. Az oxigéntartalomra vonatkozó értékek jól reprodukálhatóak és a fém oxigéntartalmában bekövetkező változásokat jól mutatják. A fluorból eredő zavaró hatással nem kell szá-

molni, mivel a tömegspektrometriás analízis szerint az adott ötvözetekből vett minták 1 ppm-nél kisebb mennyiségű fluort tartalmaztak *(1. ábra)*.

A kidolgozott mérési módszer alkalmas a mátrixelem (Al), valamint az összes többi ötvöző és szennyező elem zavaró hatásának kiküszöbölésére is.

A neutronaktivációs elemzés alkalmas az alumíniumötvözetek oxidszennyezettségének meghatározásához.

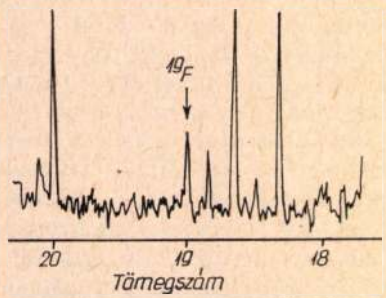
A korszerű elképzeléseknek megfelelően kialakított alumínium félgyártmány-gyártó öntödékben, így a Székesfehérvári Könnyűfémű öntödéjében is a tuskógyártás az alábbi főbb műveletekből áll:

— olvasztás (földgáztüzelésű teknős lángkemencében),
— tisztító sókezelés,
— összetétel korrekció,
— salakozás, hőfokbeállítás,
— átcsapolás (elektromos ellenllásfűtésű teknős öntőkemencébe),
— tisztító sókezelés, salakozás,
— pihentetés,
— öntés.

Mint erről már az előzőekben említést tettünk, az olvasztás és a további kezelések során gázzal, oxiddal szennyezett olvadékot kapunk, és az ebből öntött tuskó a feldolgozás és felhasználás során kedvezőtlenül viselkedik.

A Székesfehérvári Könnyűfémműben évek óta folyik kutatómunka a fém tisztaságának növelése érdekében. Ehhez a tevékenységhez, azaz az optimális fémkezelési technológia kialakításához alkalmaztuk a neutronaktivációs minősítési módszert annak eldöntésére, hogy az adagok szennyezettsége milyen mértékben csökken az alkalmazott változtatások hatására.

A hagyományos fémkezelési technológia kloridok és fluoridok keverékét alkalmazta az olvadék védelmére és tisztítására. Az új technológia szerint a tisztításhoz egy bonyolult összetételű, a salakot a fémtől jól elválasztani képes sókeveréket használtunk, valamint hexaklóretánnal, illetve a bomlási termékként keletkező klórral intenzív gáztalanítást és fémtisztítást hajtottunk végre. A munka során nemcsak a végtermék, azaz az öntésre kerülő fémolvadék és az öntött tuskó szennyezettségére voltunk kíváncsiak, hanem az egyes kezelési műveleteknek a szennyezettségre gyakorolt hatására is, ezért a fémkezelési folyamat során nagyszámú oxidmeghatározást terveztünk. Az ismert módszerek ilyen nagymennyiségű vizsgálati anyag feldolgozásához nem voltak alkalmasak, ezért vált szükségessé, hogy a vizsgálatokhoz egy új, a hazai szakmai gyakorlatban e célra még nem alkalmazott módszert keressünk.



A fluortartalom meghatározása

A felvétel AEI MS 702 R kettős fókuszálás, nagyfelbontású tömegspektrométerrel készült. A ^{19}F tartalom a lemezfeketedés alapján < 1 ppm

KL-239-1

1. ábra. A fluortartalom meghatározása. A felvétel AEI MS 702 R kettős fókuszállású, nagyfelbontású tömegspektrométerrel készült. A ^{19}F tartalom a lemezfeketedés alapján < 1 ppm

Az üzemi kísérletek leírása

A hagyományos fémkezelési technológiával 18 db átlagosan 12 tonnás adagot, összesen 216 tonna tuskót gyártottunk az alábbi ötvözetekből:

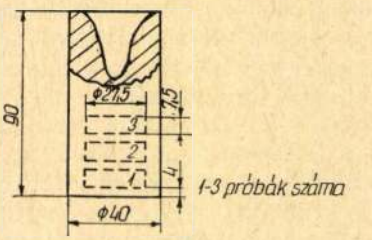
Ötvözet	Fémmennyiség, tonna
AlMgSiFe	24
AlMgSi 1	96
AlMgSi 1,5	36
AlMg 3	12
AlMg 4	36
AlMg 5	12

Az adagokat 99,5 és 99,7 minőségű kohófémből, Al—Si, Al—Mn előötvözetből, fémmagnéziumból és visszatérő présműi hengerműi hulladékból állítottuk össze. A hulladék mennyisége az adagokban változó volt. Feltételesen három típusú betétet különböztettünk meg a gyártás során attól függően, hogy milyen állapotú betétalkotó adja a betétsúly több, mint 50%-át.

— tömbös (99,5—99,7 minőségű kohófém),
— darabos hulladékos (présmaradék, selejtes tuskó, darabolási hulladék),
— laza hulladékos (lemez hulladék, forgács stb.).

A kísérleti adagok döntő hányada laza hulladékos volt.

Az olvasztókemencében végzett műveletek a beolvadás, tisztító sókezelés, salakozás, ötvözés, összetétel korrekció után és közvetlenül átszívatás előtt mintát vettünk az oxidmeghatározáshoz, valamint ezzel párhuzamosan az „első buborék" elven működő „Dardel" készülékkel gáztartalmat mértünk. Az oxidpróba méreteit és belőle kivágott minták helyét a *2. ábra* mutatja.



Az öntött próba és az elemzésre kivágott próbák vázlata

KL-239-2

2. ábra. Az öntött próba és az elemzésre kivágott próbák vázlata

A próbavételnél a legnagyobb gondossággal jártunk el a fémfelszín, próbavevő kanál és kokilla előkészítésénél és statisztikai biztonság érdekében a próbavételi helyet a kemencében változtattuk.

Mérésenként minimum két próbát öntöttünk, amiből 6 mintát vágtunk ki. Az oxid-, illetve oxigén tartalmat 3—6 korongpróba elemzési eredményeinek átlagaként határoztuk meg.

Az átcsapolást követően az elektromos ellenállásfűtésű kemencében az átcsapolás, tisztító sókezelés, pihentetés után, valamint az öntés alatt 30 percenként vettünk gáz- és oxidpróbákat.

A kísérleti fémkezelési technológiával 6, egyenként 12 tonnás adagot, összesen 72 tonna tuskót gyártottunk az alábbi ötvözetekből:

Ötvözet	Fémmennyiség, tonna
AlMgSi 1	24
AlMgSi 1,5	24
AlMg 4	12
AlMg 5	12

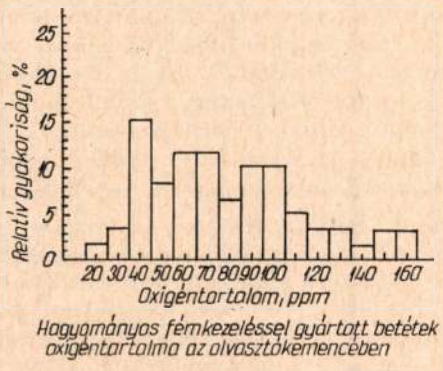
A próbákat a fentiek szerint leírt módon a fémkezelési folyamat azonos fázisaiból vettük.

A hagyományos és kísérleti fémkezelési technológiával gyártott betétek nemfémes szennyezettsége

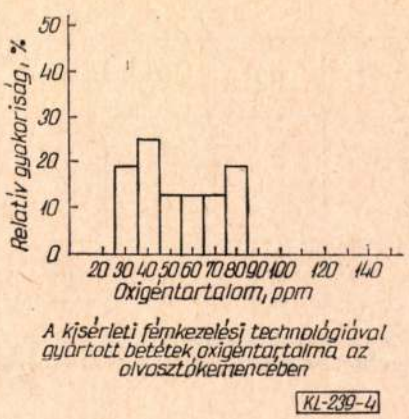
A két fémkezelési technológiát 530 oxigén- és 150 hidrogénmeghatározási eredményre támaszkodva hasonlítottuk össze. Az eredmények feldolgozásánál egzakt statisztikai módszereket alkalmaztunk.

Az olvasztókemencéből vett próbák oxigéntartalmának hisztogramját a *3.* és *4. ábrán* adtuk meg.

A hagyományos fémkezelési technológiával kezelt betéteknél az oxigéntartalom várható értéke (μ_1^{2x}) az olvasztókemencében 95%-os valószínűséggel $50 < \mu_1^{2x} < 123$ ppm határok közé esik. Az eredményekből számított középérték — 80, a szórás — 35,2 ppm oxigén. A kísérleti fémkezelési technológiával kezelt betétek várható oxigéntartalma (μ_2) azonos valószínűséggel a $40 < \mu_2 < 80$ ppm egyenlőtlenséggel jellemezhető. Az oxigéntartalom középértéke ebben az esetben 50 és a szórása 18,2 ppm.



3. ábra. Hagyományos fémkezeléssel gyártott betétek oxigéntartalma az olvasztókemencében



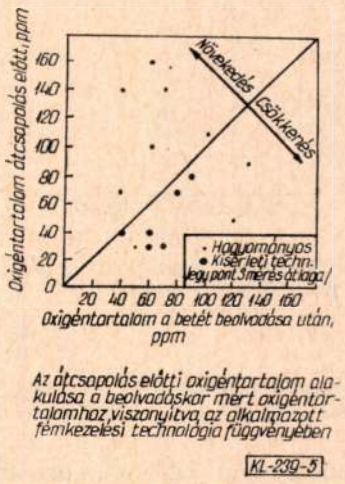
4. ábra. A kísérleti fémkezelési technológiával gyártott betétek oxigéntartalma az olvasztókemencében

Az olvasztókemencében alkalmazott intenzív fémtisztítás tisztább fémet eredményez. Ezt bizonyítja az *5. ábra* is, ahol az átcsapolás előtti oxigéntartalmat hasonlítottuk össze a beolvadáskor mért oxigéntartalommal.

A hagyományos technológiával kezelt betétek döntő többségének oxigéntartalma az átcsapolásig növekszik a beolvadáskor mért oxigéntartalomhoz viszonyítva.

A kísérleti technológiával gyártott betéteknél az átcsapolást megelőző intenzív hexaklóretános kezelés hatására az oxigéntartalom csökken a beolvadáskor mérthez képest.

Az adagok gáztartalma hasonlóan alakul. A beolvadást követő magas gáztartalom (>0,5 cm³/100 g Al) az átcsapolásig csökken, átlagban (80 mérést alapulvéve) 0,3 cm³/100 g Al értékre a hagyományos technológiánál.



5. ábra. Az átcsapolás előtti oxigéntartalom alakulása a beolvadáskor mért oxigéntartalomhoz viszonyítva az alkalmazott fémkezelési technológia függvényében.

Az új fémkezelés alkalmazásakor az átlagos gáztartalom

$$\begin{matrix} 0{,}2+0{,}04 \\ -0{,}05 \end{matrix}\ \text{cm}^3/100\ \text{g Al}$$

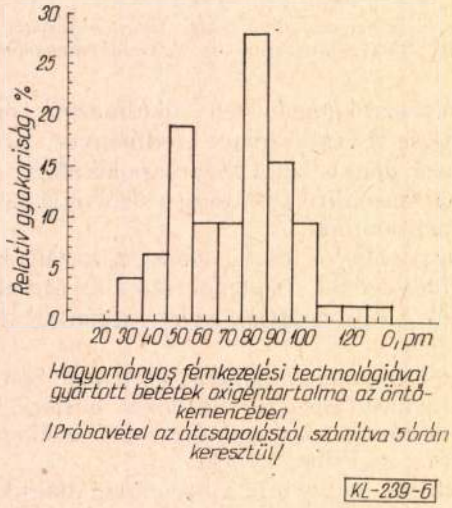
értékre csökkent.

A tuskók nemfémes szennyezőtartalma az adaggyártás egészét tekintve attól függ, hogy az öntés megkezdéséig mennyire sikerül az olvadék szennye-

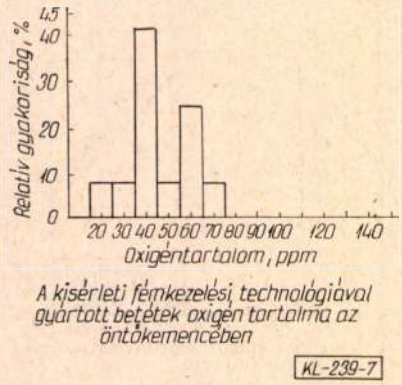
1. táblázat

y \ x	20	30	40	50	60	70	80	90	100	n_y
0,2	3	3	11	3	4	4	5		1	34
0,3			4	6	2	3	2	8	1	26
0,4						1	1	4	1	7
0,5						1			1	2
n_x	3	3	15	9	6	9	8	12	4	69
y_i	0,2	0,2	0,22	0,26	0,23	0,29	0,25	0,33	0,35	x

Jelölés: x — oxigéntartalom, ppm; y — gáztartalom, cm³/100 g Al; n_x, y_y — a változó gyakorisága; y_i — az oxigéntartalomhoz tartozó gáztartalom középértéke.



6. ábra. Hagyományos fémkezelési technológiával gyártott betétek oxigéntartalma az öntőkemencében (Próbavétel átcsapolástól számítva 5 órán keresztül)



7. ábra. A kísérleti fémkezelési technológiával gyártott betétek oxigéntartalma az öntőkemencében

zettségét csökkenteni. Ebben az olvasztókemencei műveletek mellett az átcsapolás és az öntőkemencében való kezelés, valamint pihentetés játszik fontos szerepet.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy az olvasztókemencei előélet döntő jelentőségű a tuskók szennyezettsége szempontjából. Ezt mutatja a *6. ábra*, ahol az öntőkemencéből vett próbák oxigéntartalmának hisztogramja látható.

A hagyományos fémkezelési technológiával kezelt betétek oxigéntartalma az öntőkemencében alig alacsonyabb — $52 < \mu_2 < 96$ *ppm* — mint az olvasztókemencében volt.

Az eredményekből számított középértéket 80 ppm-nél kaptuk 21 ppm-es szórással. A gáztartalom átlaga (42 mérésből) 0,30 cm³/100 g Al.

A *7. ábra* tanúsága szerint a kísérleti fémkezeléssel gyártott betétek oxigéntartalma alacsonyabb. Az oxigéntartalom értékei *95%-os* valószínűséggel *39 és 77 ppm* határok között helyezkednek el. A számított középérték *50 ppm oxigén*, a szórás *16,1 ppm*. A gáztartalom szintén alacsonyabb ebben az esetben: 28 mérés átlagában 0,2 cm³/100 g Al.

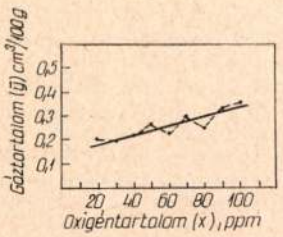
Mivel a hagyományos fémkezelési technológiával 18, a kísérleti fémkezelési technológiával 6 adagot, azaz nem azonos mennyiségeket gyártottunk le, szükségesnek láttuk annak ellenőrzését, hogy két különböző alapsokaságról van szó, melyek nem azonos várható értékkel bírnak. Az alkalmazott hipotézisvizsgálati eljárás során a szórásnégyzetek és középértékek összehasonlításával (F-próba, t-próba) *99%-os* valószínűséggel meggyőződtünk arról, hogy a kétféle technológiával kapott eredmények egymástól különböző alapsokaság tagjai és így összehasonlíthatók.

A nagymennyiségű gáz- és oxidtartalomra vonatkozó mérési adat a technológiák hatékonyságának összehasonlításán túlmenően lehetőséget adott egyéb megállapítások megtételére is egy olyan területen, ahol igen sok bizonytalanság uralkodik.

Az alumíniumötvözetek nemfémes szennyezőtartalmára vonatkozó, de különösen a gáz- és oxidtartalom közötti összefüggésekkel kapcsolatos irodalomban [6, 8, 10] gyakran egymásnak ellentmondó megállapítások jelennek meg. A jelentős eltéréseket elsősorban az alkalmazott gáz- és oxidmeghatározási módszerek különböző pontosságában és a kísérleti körülmények eltérő voltában, másodsorban az olvadék oxid- és gáztartalma egymáshoz kapcsolódásának feltételezhetően fennálló különbözőségében kell keresnünk. Nem elhanyagolható az sem, hogy milyen mennyiségű mérési adat áll rendelkezésre az értékeléshez.

Adataink feldolgozásához az oxigén- és gáztartalom közötti kapcsolat meghatározásához, statisztikai módszert alkalmaztunk. Grafikus módon meghatároztuk a regressziós egyenest, amely az oxigéntartalom adott értékéhez a gáztartalom várható értékét adja meg közelítőleg. Az egymáshoz tartozó értékpárokat az 1. táblázatban adtuk meg.

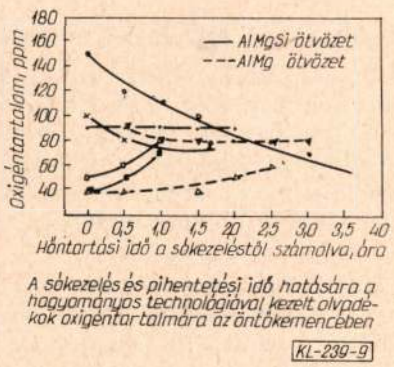
A táblázat adataiból x—y_i koordinátákban ábrázoltuk a regressziós egyenest *(8. ábra)*.



8. ábra. Az oxigén- és gáztartalom közötti összefüggés

Az adatok alapján megállapítható, hogy a kísérleti jellegű adagoknál *20—100 ppm* közötti oxigéntartalomnál a gáztartalom szoros kapcsolatban van az oxidszennyezettséggel. Az oxigéntartalom növekedésével a várható gáztartalom is nő és viszont.

Az öntőkemencében a fürdő lesalakozása után a hőntartás során félóránként vett próbák oxigéntartalmát a *9. ábra* szemlélteti. Egy-egy görbe egy-egy adagra vonatkozik. A görbék futásából arra az egyébként kézenfekvőnek tűnő következtetésre juthatunk — amit azonban még tovább vizsgálatokkal kell alátámasztani —, hogy az oxidtartalom a tisztítóművelet utáni pihentetés során egy egyensúlyi érték felé változik, amelyet *3—4 óra* alatt ér el. A viszonylag magas, *100—150 ppm* oxigénértékek csökkennek, az alacsony, *40 ppm* körüli értékek növekednek egy *60—90 ppm* oxigénértékek felé. Az egyensúlyi szintet feltételezhetően az olvadék előélete és az ennek megfelelő szennyezettsége, az alkalmazott műveletek és anyagok — azaz a technológia — az oxid és gáz kapcsolatának minősége és még egyéb más tényező határozza meg, melyek jelenlétét és hatását további kutatások során lehetséges tisztázni.



9. ábra. A sókezelés és pihentetési idő hatására a hagyományos technológiával kezelt olvadékok oxigéntartalmára az öntőkemencében

Összefoglalás

Az alumínium és ötvözetei olvadéka a kiinduló anyagok minőségétől és a gyártási technológiától függően több-kevesebb nemfémes szennyezőtartalommal jut el az öntéshez. A félgyártmányokkal szemben támasztott egyre növekvő igények a nemfémes szennyeződés minimálisra csökkentését követelik a szakemberektől. A Székesfehérvári Könynyűfémmű e cél elérése érdekében folyamatosan tökéletesíti a fémkezelési technológiát.

A jelenleg ismert oxidmeghatározó módszerek eredményei eddig nem adtak lehetőséget arra, hogy a meghatározott oxigéntartalom és a fémfürdői tisztasága, illetve a megszilárdult fém mechanikai és egyéb tulajdonságai között a gyakorlat számára használható összefüggésekhez lehessen jutni. Ennek nyilván több oka van, melyek közül az oxigén inhomogén eloszlása az egyik lényeges, a másik a próbavételből származó bizonytalanság, néhány pedig még felderítésre vár.

A neutronaktivációs elemzés egyik előnye éppen az, hogy egy adagból — a fém egy bizonyos állapotából — nagyszámú próba vehető ki és elemezhető meg. Az így nyerhető nagyszámú eredmény átlaga már használható adatot nyújt. A neutronaktivációs elemzésnél az általunk használt nagy próbasúly szintén csökkenti az inhomogenitásból eredő hibát, egyúttal a próbavétel módja is kevésbé befolyásolja az eredményeket. A próbák geometriájából következően — a többi oxigénmeghatározó módszerhez viszonyítva — az egységnyi próbasúlyra eső próbafelület a legkisebb, és jól definiált, tehát a felületi oxigéntartalom figyelembe vehető.

Ezen előnyök figyelembevételével, nagyszámú elemzés statisztikus vizsgálatának eredményeképpen — mint azt egyébként a 3., 4., 6., 7. ábrák is mutatják — arra a következtetésre jutottunk, hogy a kutató-fejlesztő munkánk során szükségesnek látszó oxidmeghatározó módszerként a neutronaktivációs oxigénelemző eljárást találtuk a legmegfelelőbbnek, mert

— nagyszámú próba dolgozható fel,

— az eredmények jól reprodukálhatók,

— az eredmények statisztikus értékelése alkalmas a tuskó-gyártási folyamat nyomonkísérésére az oxidszennyezés alakulása szempontjából.

Mindezek az eredmények elősegítik a tuskógyártási technológia javítását, anélkül, hogy a gyártási költségeket észrevehetően növelnék.

A vizsgálati módszer alkalmazását az 1971-ben elvégzett kísérletek eredményein kívántuk bemutatni. A kapott eredmények már a technológiai kísérletek kezdeti szakaszában is igazolták a várakozásainkat. A neutronaktivációs módszer alkalmazásával sikerült nyomonkövetni az oxidtartalom változását az olvasztástól az öntésig, sikerült az egyes műveletek hatására és az olvadék szilárd nemfémes szennyezettségére vonatkozóan adatokat gyűjteni.

A módszer alkalmazása nyomán megállapítható volt, hogy az új fémkezelési technológia mind gáztartalom, mind oxidtartalom szempontjából tisztább tuskót eredményez, mint a hagyományos. Ez abból a szempontból jelentős, hogy munkánk ezen kezdeti szakaszában megerősített bennünket a kiválasztott technológiai változtatások helyességéről alkotott véleményünkben.

A módszer segítségével sikerült összefüggést megállapítani a fém oxidtartalma és gáztartalma között, valamint lehetővé vált az egyensúlyi oxidtartalom vizsgálata az öntőkemencében.

IRODALOM

[1] *Thiele, W.:* Al és Al-ötvözetek oxidációja. Alumínium, 1962. november, 701—715.

[2] *Kissling, R. J.—Wallace, J. F.:* Fedősók az oxidok eltávolítására Al-ötvözetekből. Foundry, 1963. március, 76—81.

[3] *Tournaire, M.—Renouard, M.:* Szennyeződések és kis adalékok hatása az Al-ötvözetek tulajdonságaira. Revue de Metallurgia, 1959. május, 435—442.

[4] *Dugain, F.—André, M.—Speecke, A.:* Alumínium oxigéntartalmának meghatározása 14 MeV-es neutronos aktivációs elemzéssel. A besugárzás utáni felületeltávolítás hatása. Radiochem, Radioanal. Letters 4 (2) 35—41 (1970).

[5] *Dobatkin, V. I.:* Oxidmeghatározási technológiai próba. Zavodszkaja Laboratórija. 1966. 4. sz. 449—50.

[6] *Fischer, I.—Kästner, W.—Aschenhong, H.:* Az oxigén meghatározása alumíniumban és ötvözeteiben. Giesserei, 1971. 58. 680—84.

[7] *Nickel, H.—Rottmann, J.—Stöcker, H.—Köster, A. —Frohberg, M. G.:* Az oxigén meghatározása acélban és fémporokban, 14 MeV-es neutronokkal. Arch. Eisenhüttenwes. 35 (7) 637—647 (1964).

[8] *Vorsatz B.:* Neutronaktivációs analízis 14 MeV-es neutronokkal. Kandidátusi disszertáció. Budapest. 1968.

[9] *Bunk, W.—Zabliensky, H. B. V.:* Az alumíniumolvadék gáz- és oxidszennyezettség közötti kapcsolat. Z. Metallkunde, 1968. 59. 10. sz. 757—61.

[10] *Sarov, M. V.:* Az alumínium és ötvözeteinek gázelnyelése és gáztalanodása. Metallovedenie szplavov legkih. metallov. Moszkva, 1970.

[11] *Csák J.:* Az öntés közbeni szűrés hatása az $AlMg_3$ ötvözet tulajdonságaira. V. Magyar Öntőnapok, Budapest 1969. május 27—30. Kiadványban. 176—184.

A szóda- és kausztikus nátronfüggetlen tartomány szerepe timföldgyári aluminátlúgok összetétele meghatározásnál a vezetőképesség- és fajsúlymérés felhasználáskor

FARKAS FERENC, GOMBOS MÁRTON, KOVÁCS FERENC
okl. villamosmérnökök
és dr. KLUG OTTÓ
okl. vegyészmérnök, a műszaki tud. kandidátusa
Fémipari Kutató Intézet

DK: 669.2/.8:061.6:669.712.1:537.311.3:531.42:53.08

A timföldgyári aluminátlúgok fő összetevőinek (Na_2O_{kauszt}, Al_2O_3 és Na_2CO_3) meghatározására fizikai paraméterek mérésén alapuló módszert dolgoztak ki a Fémipari Kutató Intézetben. A mérésnél felhasználják a „szódafüggetlen" és a „kauszt-Na_2O-független" vezetőképesség-tartományt a többkomponensű rendszer változóinak redukálására.

A *Bayer*-körfolyamat egyik leglényegesebb technológiai pontja a feltárás előtti zagybeállítás, amelynek meghatározó szerepe van a bauxit Al_2O_3-tartalmának kinyerésénél. A helyes, és automatizált zagybeállítás csak azáltal lehetséges, hogy a kémiai koncentrációval (Al_2O_3, Na_2O_{kauszt}) arányos fizikai mennyiségeket mérünk és ezek folyamatos mérése alapján az optimális kémiai koncentrációra történik a szabályozás.

Az egyre több helyen folyó kutatás [1—8] a koncentráció meghatározásánál a vezetőképességmérést helyezi előtérbe, esetleg kiegészítve fajsúly vagy ultrahang-terjedési sebesség méréssel. A vezetőképességmérés oszcillometriás megoldás pedig [5—8] azt a nagy előnyt hozza magával, hogy lehetőség van galvanikus kontaktus nélkül, a technológiai fő-ágban vagy „by-pass"-ágban való mérésre.

Munkánk célja az volt, hogy részletesen felmérjük a timföldgyári aluminátlúg-oldatok fő összetevőinek hatását az oldatok vezetőképességére és fajsúlyára. Ennek érdekében 1966—1969 között több, mint 12 000 mérésből álló sorozatot vizsgáltunk, hogy valamennyi lehetséges változatot meghatározzuk [9—11].

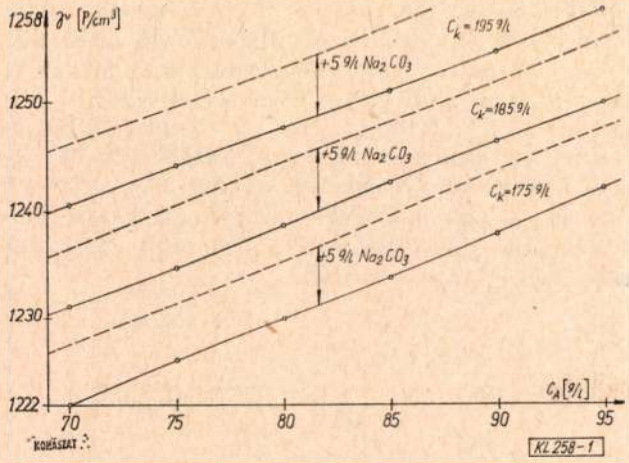
Az alkalmazott készülékek

A vezetőképességméréseket az FKI-ban kifejlesztett, induktív cellás, precíziós műszerrel, az Oscimhometerrel végeztük [12]. A fajsúlymérésre nagytérfogatú piknométert használtunk.

A „szóda-független" tartomány meghatározása

A timföldgyári aluminátlúgoldatok mind fajsúly, mind vezetőképesség szempontjából háromkomponensű rendszernek tekinthetők: Na_2O_{kauszt} Al_2O_3 és Na_2CO_3 tartalommal. Az üzemi lúgoldatokban jelenlevő egyéb komponensek mennyiségingadozása (± 2 g/l) és ennek hatása a fő komponensekéhez képest elhanyagolható.

Ha a kémiai összetétel-változás hatását vizsgáljuk a mért paraméterekre, akkor a következő eredményekhez jutunk: Az Na_2O_{kauszt}, Al_2O_3 és a Na_2CO_3 függvényében a fajsúly olyan változást mutat *(1. ábra)*, amely szűkebb koncentrációtartományokban lineárisan jól közelíthető. Az összetételi jellemzők nagyobb mértékű változásakor a bemutatott görbesereg a kontrakció fellépte miatt nem érvényes. A lúgoldatok izoterm hígítása (deszt. vízzel) a *2. ábrán* bemutatott eredményekhez vezet. Ezesetben az oldat mólviszonya (α) nem változik, és a görbék maximumos lefutást mutatnak. A maximum környezetében a vezetőképesség értéke csak kismértékben függ az Na_2O_{kauszt} koncentrációtól, de mólviszony- és szódafüggő. Ha a szódatartalom közel állandó értékű, akkor



1. ábra. A kémiai összetételváltozás hatása az aluminátlúgoldatok fajsúly-változására (Szaggatott vonallal jelöltük a szóda-tartalmú lúgoldat fajsúly-változását)

az izoterm hígítással közvetlenül mérhető a lúgoldat mólviszonya [6].

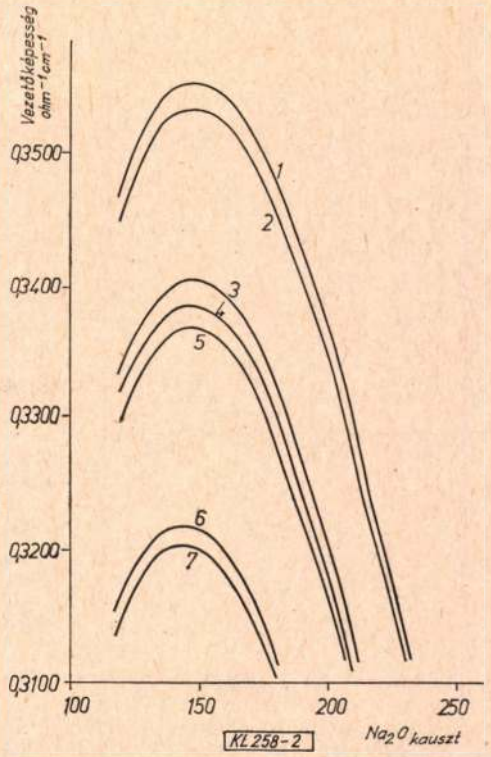
A 2. ábrából látható, hogy a szódatartalom csökkenti a lúgoldat vezetőképességét. Kis Na_2O_{kauszt} koncentrációknál a szóda vezetőképesség növelő hatású (nő az összion koncentráció). Nyilvánvaló az is, hogy desztillált vízbe szódát adagolva a vezetőképesség monoton növekedni fog. Ezekből következik, hogy létezik egy olyan Na_2O_{kauszt} koncentráció, amelynél az oldat vezetőképessége független az oldat szódatartalmától. Ezt kísérleteink is bizonyították *(3. ábra)*.

Ha híg aluminátlúgoldatok vezetőképesség-változását nézzük különböző szódakoncentráció mellett (3. ábra), akkor látható, hogy a vezetőképesség, — induktív cellával mérve, — 50—55 g/l Na_2O_{kauszt} koncentráció-tartományban független a lúg szódatartalmától. Ez a tartomány tehát „szódafüggetlen tartománynak" tekinthető. A tartomány üzemi lúgok esetén is meghatározható, azonban az egyéb szennyezők miatt a kisebb Na_2O_{kauszt} koncentrációk felé tolódik el *(4. ábra)*. Ha tehát a lúgoldat vezetőképességét a szódafüggetlen tartományban történt hígítás után mérjük, a kapott eredményt az oldat szódaszint-változása nem fogja befolyásolni. Ez a felismerés sok esetben előnyösen felhasználható a vezetőképességmérésen alapuló összetétel meghatározásánál [10, 11, 13].

A Na_2O_{kauszt}-független tartomány meghatározása

A vizsgált aluminátlúg-oldatok vezetőképességét — a 2. ábra alapján — úgy is felrajzolhatjuk, hogy az állandó Al_2O_3-tartalom mellett mért értékeket ábrázoljuk az Na_2O_{kauszt} függvényében. Ily módon az 5. ábrán látható, ugyancsak maximumos lefutású görbéket kapjuk. A maximum környezetében, viszonylag széles Na_2O_{kauszt} tartományban a vezetőképesség független az Na_2O_{kauszt} koncentráció-változástól és csak az Al_2O_3, valamint a Na_2CO_3 összetevők függvénye lesz.

Ha a vizsgált lúg koncentrációja ennek az *5. ábrán* bemutatott maximumnak közelébe esik (200 – 230 g/l Na_2O_{kauszt}) és az oldat szódatartalmának ingadozása kicsiny, akkor a lúgoldat



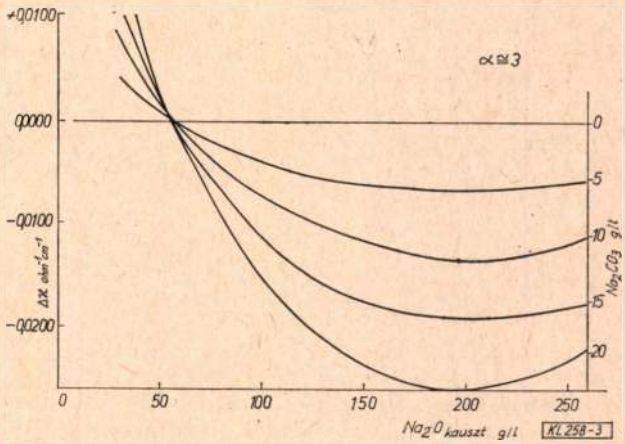
2. ábra. Aluminátlúgoldatok vezetőképesség változása 50 °C-on, izoterm hígítás során

1 — mólviszony: 4,57 szódakonc. 0 g/l; 2. — mólviszony: 4,57 szódakonc. 10 g/l Na_2O szóda; 3 — mólviszony: 4,06 szódakonc. 0 g/l; 4 — mólviszony: 4,06 szódakonc. 10 g/l Na_2O szóda; 5. — mólviszony: 4,06 szódakonc. 20 g/l Na_2O szóda; 6 — mólviszony: 3,55 szódakonc. 0 g/l; 7 — mólviszony: 3,55 szódakonc. 10 g/l Na_2O szóda

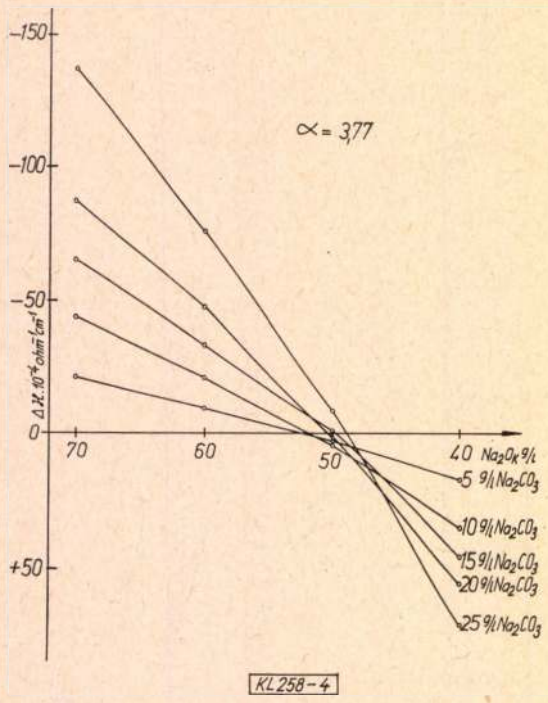
vezetőképességének mérésével Al_2O_3-koncentrációja közvetlenül meghatározható.

A Bayer-rendszerű timföldgyártásnál a malomra, nedves őrlésre bevitt ún. feltárólúg (sűrűlúg) Na_2O_{kauszt} koncentrációja olyan értékű, hogy a lúgoldat vezetőképessége az 5. ábrán bemutatott maximumok tartományába esik.

Ezt jól láthatjuk a *6. ábra* görbéinél, ahol a szintetikus aluminátlúgokkal és az Almásfüzitői Timföldgyár feltárólúgjával, 50 °C-on (az üzemi lúggal 70 °C-on is) végeztük a vezetőképesség mérést. Az állandó Al_2O_3 koncentrációt azáltal biztosítottuk, hogy az oldathoz szilárd NaOH formá-



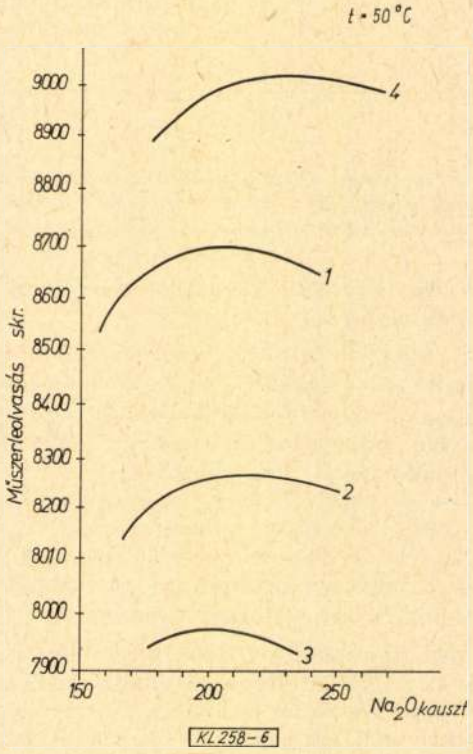
3. ábra. Szintetikus aluminátlúgoldat vezetőképességkülönbségének alakulása a szódakoncentráció növelésének hatására. (A vezetőképesség-különbséget a szódamentes lúgoldathoz viszonyítottuk)



4. ábra. Üzemi aluminátlúgoldat (Almásfüzitői Timföldgyárból) vezetőképesség-különbségének alakulása a Na_2CO_3 koncentráció változásával, a szódafüggetlen tartomány környezetében

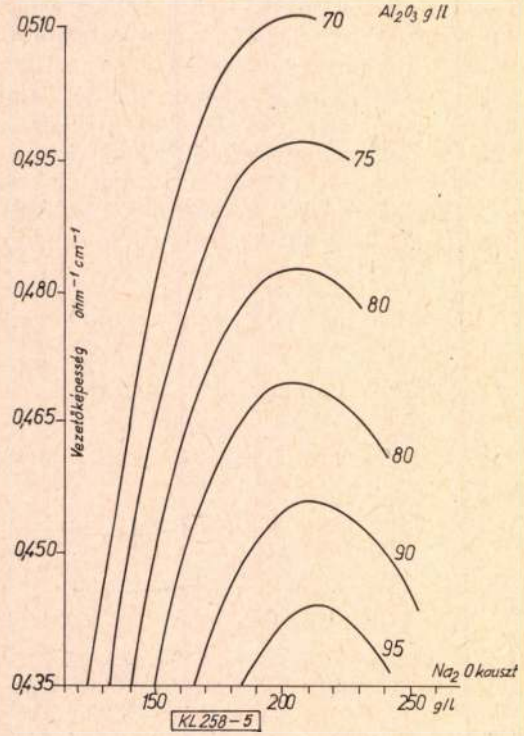
jában adtuk a kauszt. Na_2O-t megváltoztató lúgot. Érdemes felfigyelni az ábrán arra is, hogy míg 50 °C-on a „Na_2O_{kauszt}-független tartomány" a 190 – – 210 g/l Na_2O_{kauszt} értékek közé esik (1 – 3 görbék), addig ez 70 °C-on a nagyobb koncentrációk (215 – – 235 g/l Na_2O_{kauszt}) felé tolódik el (4. görbe). Ebből következik, hogy a mérési hőmérséklet alkalmas megválasztásával ezt a független tartományt a technológiai üzemállapothoz illeszthetjük.

A *6. ábrán* bemutatott kísérletek során fel kellett figyelni arra is, hogy egyrészt míg a NaOH elméletileg 77,5% Na_2O_{kauszt}-nak felel meg, a gyakorlatilag kapható a. lt. minőségű NaOH csak 74,6%-nak felelt meg, másrészt pedig a 45 – 50 g/l Na_2O_{kauszt}-nak megfelelő mennyiségű NaOH adagolásakor 1,5 – 2%-nyi (15 – 20 ml/l) térfogatnövekedést tapasztaltunk.



6. ábra. Szintetikus és üzemi lúgoldatok vezetőképesség változása a Na_2O_{kauszt} koncentráció függvényében állandó alumínium koncentrációnál

1 — szintetikus aluminátlúg, 50 °C-on, Al_2O_3 = 71,0 g/l; 2 — szintetikus aluminátlúg, 50 °C-on, Al_2O_3 = 95,5 g/l; 3 — Almásfüzitői Timföldgyár feltárólúgja, 50 °C-on, Al_2O_3 = 85,6 g/l; 4 — Almásfüzitői Timföldgyár feltárólúgja, 70 °C-on, Al_2O_3 = 85,6 g/l



5. ábra. Vezetőképesség maximumok jelentkezése állandó Al_2O_3 koncentráció mellett, a Na_2-kauszt koncentráció függvényében (Na_2O_{kauszt} független tartomány)

Ez a jelenség akkor derült ki, amikor a számított és elemzett Na_2O_{kauszt} értékek az egyes NaOH beadagolások után átlag +0,35%-os eltérést mutattak, amely különbség végül a közel 100 g/l Na_2O_{kauszt} koncentrációnövelés során addicionálódva a számított 248 g/l helyett 234 g/l Na_2O_{kauszt} értékkel 14 g/l-t tett ki. Ez az eltérés jóval meghaladja az Na_2O_{kauszt} mérés hibáját [14].

A feltárólúg vizsgálatánál az Al_2O_3-ra vonatkoztatott vezetőképesség-érzékenység mintegy egy nagyságrenddel nagyobb, mint a Na_2CO_3-ra vonatkozó érzékenység. Figyelembe véve a feltárólúgnál fellépő Al_2O_3 és Na_2CO_3 ingadozásokat, és kísérleti eredményeinket, megállapíthattuk, hogy a vezetőképességmérés alapján az Al_2O_3 koncentráció $\pm 1 - 1,5$ g/l pontossággal határozható meg.

A mérési eredmények alkalmazása

Az ismertetett „szódafüggetlen" és „Na_2O_{kauszt}-független"-tartományokat, továbbá az izoterm hígítással kapott vezetőképesség-maximum értéket

használtuk fel a Fémipari Kutató Intézetben a timföldgyári aluminátlúgoldatok folyamatos összetételmérő módszerének kidolgozásánál [13]. Az eljárás, amely az Almásfüzitői Timföldgyárban került megvalósításra a lúgoldatok fajsúlymérésén és immerziós cellás, folyamatos vezetőképességmérésén alapszik. Az eljárás lehetőséget ad ugynezen alapon más, hígításos, vagy egyszerűsített mérési elrendezések alapján való koncentráció-meghatározásra is.

A munka során nyújtott támogatásért és a munkában való részvételért ezúton is köszönetet mondunk *Prof. dr. Szabó Zoltán* akadémikus, egyetemi tanárnak, *dr. Horváth Zoltán* egyetemi tanárnak, *Németh Béla* automatika osztályvezetőnek, *dr. Wéber József* és *Fehér Iván* tud. munkatársaknak.

IRODALOM

[1] SzKB Cvetmetavtomatika (Moszkva): Műszaki jelentés, 1970.
[2] *Averbuh, M. A.—Anohin, V. P.—Biérger G. I.—Bromberg, V. I. és Mihajlov, Sz. P.:* Trudü VNIKI Cvetmetavtomatika (Moszkva), No. 2. 74. (1971).
[3] *Joram, H. J.:* Glas-Intsr.-Techn., *1970.* 1137.
[4] Beckman Co. Inc.: Instrumental Method for Continuously Controlling Alumina to Caustic Ratio in Bayer Plant Liquors. Előadás: 99. AIME Meeting; J. Metals, *1970.* No. 1. 10.
[5] *Valló F., Tóth B. és Pungor E.:* Vegyi és Olajipari Automatizálási Konferencia Anyaga (Budapest, 1972), 179.
[6] *Farkas, F., Klug, O., Gombos, M. és Kovács, F.:* Hung. Sci. Instr., No. *24.* 25. (1972).
[7] *Klug, O., Farkas, F., Gombos, M., Kovács, F. és Németh, B.:* Zbornik Radova JUREMA (Zagreb), *1.* 73. (1970).
[8] *Gombos, M., Klug O. és Barakka I.:* Timföldgyártási Ankét Előadási Anyaga, Almásfüzitő, *1970.* 125.
[9] FKI időszaki és zárójelentései (T. sz.: 11—06), Budapest, 1966; 1967; 1968. és 1969.
[10] *Farkas F., Kovács F., Klug, O. és Gombos M.:* Vegyi- és Olajipari Automatizálási Konferencia Anyaga (Budapest, 1972), 156.
[11] *Farkas F.:* Előadás az „Aluminátlúgok műszeres elemzése" Ankéton, Ajka, 1970. jún. 8.
[12] *Klug, O., Gombos M., Kovács F. és Farkas F.:* Magy. Kémikusok Lapja, *26.* 515. (1971).
[13] *Kovács F., Klug O., Gombos M. és Farkas F.:* 161 078 sz. magyar szabadalom (1969. ápr. 24).
[14] *Fehér I.:* Kohászati Lapok, *101.* 287. (1968).

Nagytisztaságú (99,999—99,995%-os) bizmut előállítása

Dr. POZSGAI VILMOS
okl. vegyészmérnök

HORVÁTH ZOLTÁN
technikus

Fémipari Kutató Intézet

DK: 669.76.046.55:167.001.24

Kohófémből kiindulva 99,999—99,9995%-os tisztaságú bizmut előállítása zónás olvasztással. A folyamat jellemzése, az optimális paraméterek meghatározása, a tisztítás hatékonysága.

Általában 99,9—99,95%-os tisztaságú kohófémből (vagy valamely vegyületéből) kiindulva nagytisztaságú bizmut előállítására a szakirodalomban többféle eljárást ajánlanak. Ilyenek a vákuumdesztilláció, zónás olvasztás, továbbá különböző kémiai tisztítóeljárások, illetve ezek kombinációi [1—10].

Korábbi munkánkban a vákuumdesztillációval történő tisztításra vonatkozó laboratóriumi kísérleteinkről beszámoltunk [11]. Ebben foglaltaknak megfelelően megállapítottuk, hogy a bizmut vákuumdesztillációval eredményesen tisztítható. Kísérleti gyártási szinten azonban a technikai kivitelezhetőség, hatékonyság, gazdaságosság és egyéb meggondolásokból kiindulva a zónás olvasztásos eljárást előnyösebbnek ítéltük meg.

Zónás olvasztás

A zónás olvasztást fémek tisztítására, sok esetben eredményesen alkalmazzák. Kivitelezéskor (általában vákuumban vagy semleges atmoszférában) egy, esetleg több meghatározott szélességű olvadt zónát, meghatározott sebességgel, folyamatosan mozgatnak el, egy — tisztítandó fémből öntött — szilárd rúd egyik végétől a másikig. (Többszöri áthúzásnál mindig ugyanabban az irányban történik a zóna mozgatása) [12].

Az eljárás a tisztítandó fém szennyezőinek folyékony, illetve szilárd fázisban mutatkozó, különböző mértékű oldékonyságán alapszik. A tisztítás hatékonysága a kétféle oldékonyság arányával, az elméleti megoszlási hányadossal (K_0) jellemezhető:

$$K_0 = \frac{C_s}{C_1}$$

C_s egy adott szennyező koncentrációja a szilárd fázisban;
C_1 ugyanazon szennyező koncentrációja a folyékony fázisban.

A megoszlási hányados effektív értéke (K) az olvadt zóna haladási sebességétől — pontosabban a dermedési sebességtől — is függ. A Burton—Frim—Schlichter elmélet szerint:

$$K = \frac{K_0}{K_0 + (1 - K_0)e^{-\frac{V\delta}{D}}}$$

ahol V a dermedési sebesség (cm/s);
δ annak a rétegnek a vastagsága, cm-ben, amelyben a szennyezők nem áramlással, hanem diffúzió útján vándorolnak;
D diffúziós állandó (cm^3/s).

A fentiek értelmében azok a szennyezők, melyek megoszlási hányadosa (a két fázis között) $K_0 > 1$, az olvadt zóna haladásával azonos irányban, a zónázott rúd vége felé mozdulnak el, illetve koncentrálódnak, egyúttal azt is jelenti, hogy az ilyen szennyezőktől egy adott alapfém zónázással hatá-

sosan tisztítható. Ilyen szennyező a bizmutban pl. az Ag és a Pb [5, 6, 13].

Azok a szennyezők, amelyekre $K_0 \cong 1$, zónázással nem vagy csak nagyon nehezen távolíthatók el. Ilyen szennyező a bizmutban a Co [7]. Azok a szennyezők pedig, melyekre vonatkozóan $K_0 > 1$, az olvadt zóna mozgásával ellenkező irányban mozdulnak el, és a zónázott rúd elejére koncentrálódnak. Ilyen szennyező a bizmutban pl. a Fe és az Sb [8].

A zónás olvasztásnak, mint tisztítási eljárásnak az előnye, hogy a folyamat optimális paramétereinek (az olvadt zóna szélessége, haladási sebessége, az áthúzódások száma) meghatározása után kevés a munkaerőszükséglet, az üzemeltetés kényelmes és az elszennyeződési veszély kicsi.

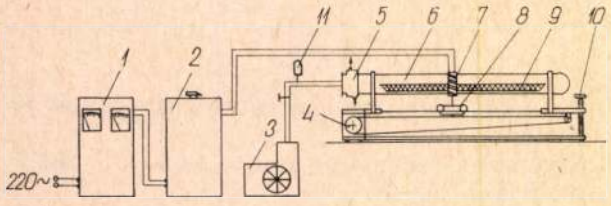
Alacsony olvadáspontja és ehhez a hőmérséklethez tartozó viszonylag alacsony gőznyomása miatt a bizmut zónázása (ellenállásfűtés, nem nagy vákuum) technikailag viszonylag egyszerűbben megvalósítható.

Hátránya, hogy gazdaságosan csak eleve viszonylag tiszta fémek továbbtisztítására alkalmazható, és viszonylag időigényes.

Zónázó berendezés és zónázás

A bizmut zónázáshoz kialakított berendezés vázlatos rajza az *1. ábrán* látható. A berendezés olyan, hogy az olvadt zónát létrehozó és fenntartó fűtőtest mozgatható a zónázandó rúd hosszában. A haladási sebesség a húzómű megfelelő beállításával szabályozható, illetve változtatható. A berendezés ellenállásfűtésű.

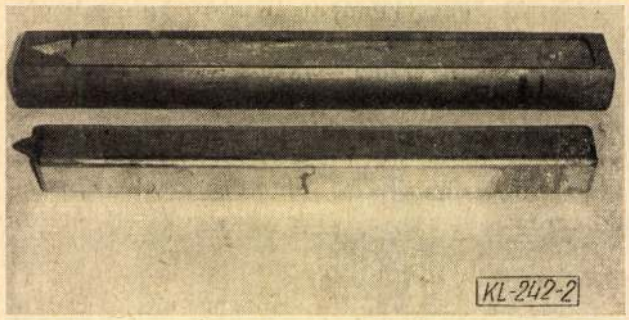
A kvarccső lényegében a zónázó munkatere. Átmérője 100 mm, falvastagsága 2—2,5 mm, hosszúsága 1000 mm. Egyik végén zárt. A másik vége



1. Áramstabilizátor
2. Transzformátor
3. Vákuumszivattyú
4. Húzómű
5. Vízhűtéses vákuum-csatlakozó
6. Kvarccső
7. Fűtőelem
8. Fűtőelem továbbító
9. Grafitcsónak
10. Dőlésszögállító csavar
11. Vákuummérő

KL-242-1

1. ábra. Zónázó berendezés vázlatos rajza



2. ábra. Grafitcsónak és a zónázandó Bi-rúd

bontható zárófedéllel van lezárva és azon keresztül csatlakozik a vákuumszivattyúhoz.

A berendezéshez tartozik még egy toroidtranszformátor és egy feszültségstabilizátor.

A zónázás nagytisztaságú grafitból kimunkált csónakban történik. A csónakról és a zónázandó bizmutrúdról készült felvétel a *2. ábrán* látható. Az adszorbeált nedvesség eltávolítása céljából a grafitcsónakot 1100 °C-on egy órán keresztül izzítottuk. Tárolása műanyagzsákban por- és légmentesen lezárva.

A kvarccső és a csónak méreteinek megfelelően az egyszerre zónázható bizmut mennyisége (a zónázandó rúd súlya) 16—17 kg. Ezt a mennyiséget a kvarccső és a grafitcsónak törésveszélye miatt nem tartottuk célszerűnek növelni.

A zónázás a vákuumszivattyú folyamatos működtetése mellett történik. Áthúzási sebesség (az olvadt zóna haladása a rúd hosszában) 60 mm/óra.

Kisebb zónaszélesség előnye az, hogy rövidül a rúd szennyezett részének a hossza, hátránya viszont, hogy azonos tisztaság elérése több áthúzást igényel.

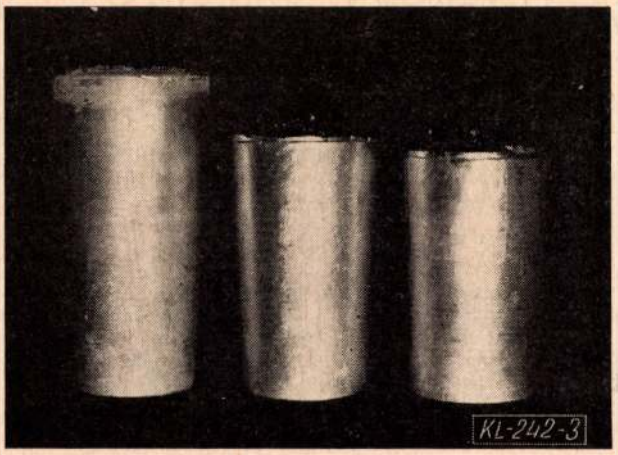
Meghatározott zónaszélességgel és áthúzási sebesség mellett az áthúzások számát a bizmut esetében elsősorban az ezüst- és az ólomszennyezés szabja meg. A kísérleti eredmények és a kísérleti gyártás során nyert tapasztalatok azt mutatták, hogy az előzőekben megadott zónázási paraméterek mellett öt áthúzás után a zónázott rúd hosszának 55%-a biztonságosan eléri, esetenként meg is haladja az 5N-es tisztaságot. A fenti körülmények között (a megadott csónak-méret) ötszöri áthúzással zónázott bizmut analízis-eredményeit több rúd átlagára vonatkoztatva az *1. táblázat* tartalmazza.

Az eredmények azt mutatják, hogy ilyen szennyezettségű anyagból kiindulva — homogenizáló olvasztással — a zónázott rúd tiszta részéből levágott 30—35 cm-es hosszúságban (az 1. táblázatban

1. táblázat

Zónázott bizmut analízis-eredményei

Távolság a rúd elejétől számítva	Szennyezők ppm-ben				
	Fe	Pb	Cu	Ni	Ag
10 cm-re	1	1—1,5	0,1—0,5	1—1	0,5—2
30 cm-re	1	1—2	0,2—1	0,5—1	0,5—3
40 cm-re	1	5—8	2—3	0,5—1	2—3
Kiind. anyag	2—3	10—30	5—10	5—10	10—30



3. ábra. 99,999%-os tisztasági Bi-öntecsek

megjelölt szennyezőkre nézve) a bizmut megfelel az 5N minőségnek. Ilyen homogenizált öntecsekről készült felvétel látható a *3. ábrán.*

Amennyiben a kiindulási anyag — elsősorban ezüst és ólomra nézve — szennyezettebb, az áthúzódások számát növelni kell.

Ez olyan kiindulási anyagnál, amelyek szennyezői: Ag: 0,010%, Pb: 0,0050%, Cu: 0,0010—0,0020%, 10 áthúzásra volt szükség ahhoz, hogy a rúd 50%-a elérje az 5N minőséget.

Következtetések

1. A bizmut zónás olvasztással a kialakított berendezésben eredményesen tisztítható.
2. Az 1. táblázatban megadott szennyezettségű bizmutból kiindulva ötszörös áthúzás után a zónázott rúd kétharmad része — a vizsgált szennyezőkre nézve — megfelel az 5N tisztaságnak.
3. A zónázó berendezés kapacitása kb. 400 kg/év.

IRODALOM

[1] *Cleper, C.:* Revue Roamine Met. 7. Nr. 1. (1962) 131—139.
[2] NDK szab. DB 27 025 (1961).
[3] *Lange, A.:* Reinstoffe in Wiss. and Technik. Intern. Symp. 1961. Dresden, 1963. 15—28.
[4] *Nyikolajenko, G. N.:* Csisztüe metallü i poluprovodnyiki Metallurgizdat, Moszkva (1959) 212—222.
[5] *Alexandrov, B. N.:* Fiz. met. i metallovegyenyie 14. (1962) 733—736.
[6] *Wernich, W.—Benson, W.—Dorsi, I.:* J. of Metales. 9. Nr. 7. (1957) 996.
[7] *Vigdorovics, V. N.:* Cvetnája metallurgia 3. (1960) 126—135.
[8] *Geil, W.,—Ziegenbalg, E.:* Reinstoffe in Wiss; und Techn. Internat. Symp. 1961. Dresden. Akad. Verlag Berlin (1963) 245—256.
[9] Progr. Seniconduct. Vol. 7. London (1963) 18—44.
[10] *Fremi, B.:* Moritevechió. 12. Nr. 1—2. (1961) 2—18.
[11] *Pozsgai, V.—Huszár, L.:* Kohászati Lapok (1967) 272—278.
[12] *Pfann, W. G.:* Zone Melting. New-York (1958).
[13] *Schell, H. A.:* Z. für Metallkunde. 46 (1955) 58—61

A Fémkohászati Tanszék hírei

A Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsa *dr. Horváth Zoltán* tanszékvezető egyetemi tanárt a Munka Érdemrend arany fokozatával tüntette ki.

*

Dr. Stefán Mihály megvédte akadémiai doktori disszertációját *„Lágymágneses anyagok mikroötvözésének néhány kérdése"* címmel. Az opponensek *Pál Lénárd* levelező tag, *dr. Horváth Zoltán* a műsz. tud. doktora és *dr. Káldor Mihály* a műsz. tud. kandidátusa voltak.

*

Az 1972/73-as tanév második félévében az alábbi fakultatív tárgyak oktatása folyt: *dr. Czeglédi Béla:* Oldószeres extrakciós eljárások a fémkohászatban, és *Romwalter Alfréd:* Műkorundgyártás.

Meghívott gyakorlatvezetők: *Egri László:* Röntgenvizsgálatok alkalmazása a fémkohászatban, és *Imre Aladár:* Fajlagos felület meghatározása.

*

A tanszék nyolc negyedéves hallgató számára adott ki diplomatervező feladatot a következő tárgykörökben: cézium extrakciója salétromsavas oldatból, nátriumaluminát oldatok elektromos vezetésének változása, vörösiszap-nátriumaluminát zagy elektromos vezetésének és viszkozitásának változása, nátriumaluminát oldatok felületi feszültségének változása, urán extrakciója kloridos és szulfátos oldatból, rézérc baktériumos lúgzása, réz elválasztása nikkeltől és cinktől ioncsere segítségével.

*

Elkészítette a tanszék *„A recski rézkombinát kohászati technológiája"* című tanulmányt az Aluterv megbízásából.

Sz. A.-né

Szabványosítási hírek

ÚJ SZABVÁNY

MSZ 707—73 (Az MSZ 707—66 helyett) *Horgany. Anyagminőségek*

A szabvány átdolgozására a vonatkozó KGST szabványajánlás módosulása miatt került sor. Az eddigi két horganyminőség megmaradt, de csökkentve lettek egyes szennyezőelemek megengedett felső határértékei.

ÚJ SZABVÁNYTERVEZETEK

MSZ 4301 T (Az MSZ 4301—49 helyett) *Fémek hegesztése. Ömlesztő hegesztés. Hegkötések*

A tervezet vas és nemvasfémek ömlesztő hegesztésénél általánosan alkalmazott kötésformákra vonatkozó meghatározásokra és fogalmakra vonatkozik. A szabványtervezet tárgyalja a kötésalakok a hegesztési él az illesztés, a hegvarrat-fajták, a hegpont-fajták fogalmi meghatározásait és azokat ábrákkal is illusztrálja.

MSZ 16404 T *Alumínium és ötvözött alumínium. Tárcsák hidegfolyatásra*

A szabványtervezet a hidegfolyatási rendeltetésű köralakú tömör, köralakú lyukas és négyszögletes tárcsák mérethatárait, mérettűréseit, keménységi és felületi előírásait és azok vizsgálatát tárgyalja.

K. E.

Műszaki és gazdasági hírek

Régóta folynak kísérletek a *Bayer—Hall* rendszerű alumíniumkohósítás helyettesítésére. Az Alumínium Co of America, Pittsburgh és az Applied Alumínium Research Corp. (AARC) New Orleans folyamatban levő kutatásai az eljárások ipari bevezetéséhez vezethetnek.

Az Alcoa eljárás — mint múlt hónapban közzétették — a hagyományos timföldet klórozza és a nyert alumíniumtrikloridot elektrolizálja, fémalumíniumot és visszacirkuláltatott klórt előállítva. A jelenlegi kohósítás gyakorlatához képest 30% energiamegtakarítást remélnek.

Az AARC-féle (*Toth* eljárás) technológia kaolinból vagy agyagból indul ki, klórozással indul és a kloridokat frakcionáltan kondenzálja. Az alumíniumkloridot mangánnal redukálja. Közlés szerint a reakció gyorsan és mérsékelt hőmérsékleten megy végbe. *B. E.*

Chemical & Engineering News, 1973. febr. 26.

*

A becslések szerint a Kínai Népköztársaságban 20 000 tonna nyersónt állítanak elő évente, s ebből 13 000 tonna — feltételezhetően — a hazai szükségleteken felüli mennyiség. Washingtonban úgy tudják, hogy Kína ma már évente 6200 tonna nyers ónt ad a el külföldre, főként Franciaországnak, Hollandiának, az NSZK-nak és Dániának.

Világgazdaság, 1973. február 13. sz.

*

A jugoszláv és a bolgár érdekelt vállalatok, valamint minisztériumi és tervhivatali képviselők között tovább folynak a tárgyalások a jugoszláv alumínium Bulgáriába történő szállításáról. A megbeszélések lényege a szerződés módozatainak és tartalmának rögzítése, az árak és a pénzhitel kérdése.

A tervek szerint Jugoszlávia évente 20—25 ezer tonna alumíniumot szállítana Bulgáriának 1976 után. Bulgária áru- és pénzhitel segítségével kívánja a vásárlásokat hosszú távra biztosítani.

Világgazdaság, 1973. február 13. sz.

* *H. W.*

A Chemical Engineering három részből álló cikksorozatot közöl a rézkohászat mai helyzetéről:

1. rész: A rézkohászat környezetkárosító problémái
2. rész: A mai rézkohászat. A tudomány helyzete
3. rész: A holnap rézkohászata

A harmadik rész a *Cymet*, *KIVCET*, *Arbiter* stb. eljárásokkal és a környezetvédelem kérdéseivel foglalkozik.

Chemical Engineering. 1973. ápr. 16.

*

Az angol járműipar szuperplasztikus ötvözetet fejlesztett ki a karosszériagyártáshoz. A ZnAl22 ötvözet nyúlása 45%.

Metall, 1973. ápr.

*

A lengő-hengerlés jelentős új hideg-hengerlési eljárás. A hengerelt termék felületének szerkezetét kedvezően befolyásolja.

Metall, 1973. ápr. *

Az Alcoa eredményt ért el szerkezeti anyagok fejlesztésében. *Saphibres* néven kihozta az alfa timföld alapú műszálját, mely vékonyabb 20 mikrométernél. Az eddigi hőálló műszálak 50% timfölddel csak 1400 °C-ig voltak alkalmasak, ez a szál viszont 99% feletti timföldtartalommal már 1800°-ig használható. *K. E.*

Metall, 1973. ápr.

*

Az *Anaconda Co.* tervbe vette egy olyan üzem építését, amely rézkoncentrátból az általa kifejlesztett nedves metallurgiai eljárással elektrolit rezet állít elő. A 36 000 t/év kapacitású üzem beruházási költségeit 22 millió $-ra becsülik, s a tervezett üzembehelyezés 1974 vége.

NE-Metalle, 1973. jan. 6.

*

A világ 1972. évi 3,3 millió t-s ólomfelhasználása előreláthatólag 3,5%-kal haladja meg az 1971. évit — jelentette ki a *Bleiberger—Bergwerks-Union* igazgatója. A horganyfelhasználás kb. 9%-kal növekszik, s eléri a 4,3 millió t-t. A termelő kapacitások nehézség nélkül ki tudják elégíteni a két fémben jelentkező szükségletnövekedést. *P. I.*

NE-Metalle, 1972. dec. 7.

*

8794 tonna finomított rézexporttal *Lengyelország* lett a kelet-európai országok közül az NSZK legfontosabb rézszállító országa.

A szövetségi köztársaság 1971-ben Szovjetunióból (7608 tonnát), Bulgáriából (761 tonnát), Magyarországról (699 tonnát) és Csehszlovákiából (89 tonnát) importált.

A meglevő 1972-es számok alapján azzal lehet számolni, hogy az NSZK importja Lengyelországból ebben az évben lényegesen emelkedik.

A szállítások erre az évre több mint 15 000 tonnának felelnek meg. *H. W.*

„Partner" 1972. október 5. D kiadás

*

A világ óntermelése és felhasználása (Szovjetunió, Kína, Észak-Korea, Vietnam, Albánia, Bulgária, Románia és NDK nélkül) a *Nemzetközi Óntanács* közzétett utolsó statisztikai bulletinje szerint 12 hónap időszakában — 1971. aug.-tól 1972 júliusáig — a következő volt (tonnában):

	1971/72	1970/71
Bányászat	192 000	187 000
Kohászat (ón)	190 300	184 800
Felhasználás (becsült)	188 100	184 500

A fenti tanács 1972. július hó végén számol még dúsított ércben 13 200 tonna ónnal és 46 000 tonna fémónnal. *K. J.*

METALL 1973. 1.

A hazai alumíniumipari hírek

Átadták az Almásfüzítői Timföldgyár új vörösiszaptároló terét, mely lehetővé teszi a vörösiszap elhelyezését 1980-ig.

*

Az Inotai Alumíniumkohóban üzembehelyezték a szalaghasító berendezést, mely alkalmas 22—500 mm szélességű és 0,3—3 mm vastagságú termék előállítására.

*

Három évtizeddel ezelőtt kezdte meg termelését az Ajkai Alumíniumkohó. Az akkor tervezett 10 000 t/év kapacitást több lépcsőben növelték és jelenleg a termelés meghaladja a 20 000 tonnát.

*

A MAT készárugyártása az 1972. évet igen kedvező értékkel zárta. Az 1971. évi 2482 tonnával szemben 1972-ben már 3813 tonna készárutermelést ért el, amely 54 százalékos növekedést jelent.

*

A Balassagyarmati Fémipari Vállalat, mint a MAT legfiatalabb termelőegysége, 1972-ben 3 nagy építőipari szerelés kivitelezését végezte el: az Inotai Alumíniumkohó huzalhúzó üzemének fedését, az inotai gázturbinás erőmű épületének teljes burkolását és a péti nyersfoszfátraktár fedését.

R. O. I.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

106. ÉVFOLYAM



AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET LAPJA
BUDAPEST, 1973. AUGUSZTUS HÓ 8

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

Горный и Металлургический Журнал Металлургия
Zeitschrift für Bergbau und Hüttenwesen **Hüttenwesen**
Mining & Metallurgical Journal **Metallurgy**

ALAPÍTOTTA: PÉCH ANTAL 1868-ban

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET

A MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI EGYESÜLETEK SZÖVETSÉGE TAGJÁNAK LAPJA

Szerkesztőség: 1061 Budapest VI., Anker köz 1. I. 105.
Tel.: 426-795

TARTALOM

	Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület választmányi ülése Dunaújvárosban	337
DR. VERŐ JÓZSEF:	A mértékegységek nemzetközi rendszere, az SI	343
DR. VOITH MÁRTON:	A hengerlés sebességének felső határa hidegszalaghengersoron	348
DR. KISS ERVIN:	A növelt sebességű hengerlés technológiájának néhány elvi kérdése	354
DR. BÉRES LAJOS—VIZY GYÖRGY—DR. ROMVÁRI PÁL:	Fáradásos törés kialakulása sínszálakban	359
	VÁLYI PÉTER	347
	Egyesületi hírek	363
	30 éves évfolyamtalálkozó Sopronban	364
	FÉMKOHÁSZAT	
	A Fémipari Kutató Intézet 25 éves jubileumáról	365
DR. ZÁMBÓ JÁNOS:	A 25 éves Fémipari Kutató Intézet	366
HORVÁTH GYULA:	Na—Al-szilikátok fázisalakulásai a vörösiszap kohósításakor	371
DR. BÁRCZY PÁL:	Az AlMgSi1 ötvözet kiválási folyamatainak vizsgálata ellenállásméréssel	379
	Szakosztályi hírek	382
	Műszaki és gazdasági hírek	384
	ÖNTÖDE	
DR. NÁNDORI GYULA—GYÖRÖK GYÖRGY:	Ce-tartalmú ritkaföldfém ötvözet felhasználása vasöntvények gyártására	169
P. N. AKSZENOV:	A korszerű formatömörítési eljárások fejlődése öntvények tömeggyártásakor	178
DR. VARGA FERENC—TAMÁS ISTVÁN—HAVASI LÁSZLÓ:	A hazai gömbgrafitos öntvénygyártás feltételei	182
	Szakosztályi hírek	187
	A lengyel PAN-STOP konferencia	188
	Bolgár öntéstechnikai konferencia	190
	Japán öntőipara	190
	Könyvismertetések	192

Megjelenik havonként
Egyszámlaszám egyesületi tagok részére: Magyar Nemzeti Bank 61 770
Egyévi előfizetés: 180,— Ft. Egyes példányok ára: 15,— Ft

Bányászati és Kohászati Lapok — **KOHÁSZAT**

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1906 Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-293. Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató
73.8., 1187 - Révai Nyomda, Budapest V., Vadász utca 16.
F. v.: Povárny Jenő

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (1900 Budapest, József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára
A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultúra" P. O. B. 14. Budapest 62

Index: 25,155

ÉVFOLYAM ГОД JAHRGANG YEAR 106

SZÁM № Nr. No. 8

AUGUSZTUS АВГУСТ AUGUST AUGUST 1973

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

ЖУРНАЛ ГОРНОГО ДЕЛА И МЕТАЛЛУРГИИ МЕТАЛЛУРГИЯ
ZEITSCHRIFT FÜR BERG UND HÜTTENWESEN HÜTTENWESEN
JOURNAL OF MINING AND METALLURGY METALLURGY

СОДЕРЖАНИЕ

Д-р Верэ Йожеф: **Международная система измерения SI** ..... **С 343**

Необходимость введения простой единой системы единиц измерения, принятых и действующих во всем мире. Настоящее положение в проблеме введения системы SI. Из истории образования системы SI и последствия введения системы в технику.

Д-р Воит Мартон: **Верхний предел скорости прокатки ленты на холоднопрокатном стане** . **С 347**

Данное исследование занимается проблемой зависимости изменения формы холоднокатанных лент от изменения скорости прокатки, а также упругости и температуры межвалковой щели. Обсуждает роль поверхностного натяжения и зависимость между опасностью разрыва прокатываемой ленты и скоростью прокатки.

Д-р Киши Эрвин: **Некоторые теоретические вопросы технологии прокатки при повышенных скоростях прокатки** ..... **С 354**

Повышение скорости прокатки является одним из эффективнейших средств увеличения мощности стана. Скорость прокатки многосторонне влияет на основные параметры прокатки, поэтому следует учитывать предшествующие условия и последствия повышения скорости. Исследование дает полную картину о факторах ограничивающих скорость прокатки, а также знакомит с некоторыми конкретными методами, применяемыми в опытах, связанных с влиянием скорости и их результатами.

Д-р Вереш Леаш, Визи Дердь и *д-р Ромвари Пал:* **Излом на усталость в железнодорожных рельсах** ..... **С 359**

За последние десятилетия нагруженность железнодорожных рельс значительно возросла, одновременно возросло и число поломок рельс вследствии усталости. На основании испытания характеристик, вызывающих поломку было установлено, что число моломок можно снизить путем применения материалов гомогенной структуры и легированных сплавов или использованием рельс с большим поперечным сечением профиля.

Шинаи Габор: **О 25 летнем юбилее Исследовательского Института Цветных Металлов** ..... **С 365**

Д-р Замбо Янош: **Исследовательскому Институту Цветных Металлов 25 лет** ..... **С 366**

Хорват Дюла: **Фазовые изменения Na—Al-силикатов при переплавке красного шлама** ..... **С 371**

Автор статьи провел испытания по определению фазовых изменений Na—Al-гидросиликатов в красном шламе; установил интервалы температур стабилизации отдельных фаз; далее, установил зависимости между фазовыми изменениями и потерями N_2aO, возникающими при переплавке.

Д-р Барци Пал: **Испытание процесса осаждения сплава марки AlMgSi1 методом измерения электрического сопротивления** ..... **С 379**

Метод испытания путем измерения электрического сопротивления пригоден для определения характеристик процессов с образованием зон. Электрическое сопротивление испытуемого сплава, при идентичных условиях гомогенизации и старения, является функцией способа охлаждения и промежуточной обработки. Спинодная температура в большой степени зависит от содержания вакансий (дефекты решетки) и таким образом осаждение может произойти при температуре равной температуре старения при предварительном образовании зон или без него.

INHALT

Dr. J. Verő: **Das internationale SI-System der Masseinheiten** ..... S 343

Notwendigkeit eines weltweit gültigen, einfachen Systems der Masseinheiten. Heutiger Stand der Einführung des SI-Systems. Geschichte der SI-Einheiten. Die Folgen der Einführung des Systems in der Technik.

Dr. M. Voith: **Die obere Grenze der an Kaltbandstrassen anwendbaren Walzgeschwindigkeit** ... S 347

Der Zusammenhang der Walzgeschwindigkeit an Kaltbandstrassen mit der elastischen und temperaturbeingten Formänderung des Walzspaltes. Die Rolle der ebenen Zugkraft, sowie der Zusammenhang zwischen Walzgeschwindigkeit und Bruchgefahr des Bandes.

Dr. E. Kiss: **Einige Grundfragen des Walzens mit höherer Geschwindigkeit** ..... S 354

Eine wirkungsvolle Möglichkeit der Erhöhung der Kapazität von Walzstrassen ist die Steigerung der Walzgeschwindigkeit. Die Walzgeschwindigkeit hängt vielfach mit den übrigen kennzeichnenden Parametern des Walzens zusammen, deshalb sind die Bedingungen und Folgerungen ihrer Erhöhung wissenswert. Die die Erhöhung der Walzgeschwindigkeit einschränkenden Wirkungen, sowie einige konkreten Methoden und Ergebnisse der Versuche zur Studie der Wirkung der Geschwindigkeit.

Dr. L. Béres—Gy. Vizy—Dr. P. Romvári: **Das Entstehen eines Ermüdungsbruches in Schienensträngen** ..... S 359

Die Inanspruchnahme der Eisenbahnschienen wuchs in den letzten Jahrenzehnten erheblich, somit vermehrte sich auch die Zahl der Schienenbrüche wegen Ermüdung. Auf Grund der Untersuchung von Bruchursachen kann festgestellt werden, dass die Verminderung der Brüche durch Anwendung von Schienen mit homogenem Gefüge, durch Legieren des Schienenwerkstoffes und durch Einbau von Schienen mit einem grösseren Querschnitt vermindert werden kann.

Dr. J. Zámbó: **25 Jahre Fémipari Kutató Intézet (Nichteisenmetall Forschungsinstitut)** ..... S 366

Gy. Horváth: **Phasenumwandlungen von Na—Al-Silikaten bei der Verhüttung von Rotschlamm** . S 371

Die Verfasser hat die Phasenumwandlungen des Na—Al-Hydrosilikatgehaltes im Rotschlamm untersucht und die Temperaturabhängigkeit der Stabilität der einzelnen Phasen bestimmt. Er behandelt auch die Beziehungen zwischen den Phasenumwandlungen und den beim Verhütten auftretenden Na_2O-Verlusten.

Dr. P. Bárczy: **Untersuchung der Ausscheidungsvorgänge in der AlMgSi1-Legierung durch Widerstandmessung** ..... S 379

Die elektrische Widerstandsmessung ist ein geeignetes Verfahren zur Bestimmung der Kennwerte der Zonenbildungserscheinungen. Der elektrische Widerstand der geprüften Legierung ist in gleichen Homogenisierungs- und Alterungsbedingungen abhängig von der Abkühlungsweise und von der dazwischenliegenden Behandlung. Die Spinodaltemperatur ist in hohem Masse abhängig von dem Leerstellengehalt. Die Ausscheidung kann bei gleicher Alterungstemperatur deshalb durch vorherige Zonenbildung oder ohne diese erfolgen.

CONTENTS

Dr. J. Verő: **SI, the international system of measuring units** ..... P 343

The necessity for an internationally accepted simple system of measuring units. The present situation of the introduction of the SI system. From the history of SI units; the consequences of the introduction for industry.

Dr. M. Voith: **The upper limit of rolling speed in cold strip mills** ..... P 347

The relationship between the rolling speed in cold strip mills and the elastic and thermally induced deformation of the roll throat is discussed. The author shows the role of the plane tension and the relationship between the rolling speed and the tendency to hot rupture.

Dr. E. Kiss: **Some fundamental problems of high-speed rolling** ..... P 354

Increasing the rolling speed is the most effective method of raising the capacity of rolling mills. The speed has a manifold influence on the characteristic rolling parameters and is influenced by them; therefore it is necessary to know the conditions and consequences of increased speeds. The paper discusses the effects which limit the speed increase and some methods for testing the effect of speed togetherwith the results of these tests.

Dr. L. Béres—Gy. Vizy—Dr. P. Romvári: **Fatigue fractures in rails** ..... P 359

The load on railway rails has increased substantially in the past decades and has lead to an increasing number of fatigue fractures. From a study of the causes of fracture one may conclude that the number of fractures might be reduced by employing rails with a homogeneous microstructure, an alloyed rail material and rails with bigger cross-section.

Dr. J. Zámbó: **25 years Fémipari Kutató Intézet (Nonferrous metal research institute)** ..... P 366

Gy. Horváth: **The phase transformations of sodium aluminium silicates during the smelting of red mud** ..... P 371

The author has studied the phase transformations of sodium aluminium hydrosilicates in red mud and the temperature dependence of the stability of each phase. He has also investigated the relationship between the phase transformations and the Na_2O losses occurring during smelting.

Dr. P. Bárczy: **A study of precipitation processes in the AlMgSi1 alloy by resistance measurements** .... P 379

The measurement of electric resistances can be used to determine the characteristics of zone formation. In identical conditions of homogenization and aging the electric resistance of the tested alloy depends on the mode of cooling and on the intermediate treatment. The spinodal temperature is closely dependent on the vacancy content. Therefore precipitation at identical temperatures of aging can occur with or without previous zone formation

Főszerkesztő:
ÓVÁRI ANTAL

Szerkesztők:
DR. FUCHS ERIK, GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ, RUHMANN JENŐ

Szerkesztő bizottság:
BALÁZS FÜLÖP, DR. BECKER ERVIN, BOROSSAY BÉLA, CSEH MIKLÓS, DR. HAJTÓ NÁNDOR, DR. KÁLDOR MIHÁLY, KÉZDI ÁRPÁD, KOLLÁR SÁNDOR, DR. MÓCSY ÁRPÁD, PINTÉR ANDRÁS, DR. PILISSY LAJOS, DR. REMPORT ZOLTÁN, ROMWALTER ALFRÉD, SELMECZI BÉLA, SZELESS LÁSZLÓ, SZŐKE LÁSZLÓ, SZŰCS ENDRE, VAS IVÁN, DR. VERŐ BALÁZS.

A rajzokat készítette: KÜRTÖS MARGIT.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET FOLYÓIRATA

106. évfolyam 8. szám 1973. augusztus

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület választmányi ülése Dunaújvárosban

Egyesületünk 1973. évi választmányi ülését május 15-én Dunaújvárosban a Dunai Vasmű kultúrtermében tartotta, amelyen kb. 300-an vettek részt, az Egyesület elnökségi és választmányi tagjai, valamint a meghívott vendégek.

Az elnökségben helyet foglaltak *dr. Kocsis József*, a kohó- és gépipari miniszter első helyettese, *dr. Gagyi Pálffy András*, *Hammer Ferenc*, *Kemény Kornél*, *Komjáthy László* alelnökök, *Moharos Jenő* főtitkár, *dr. Horváth János*, a Vaskohászati Szakosztály elnöke, a MVAE vezérigazgatója, *Borovszky Ambrus*, a Dunai Vasmű vezérigazgatója és *Répásy Gellért*, a Dunai Vasmű műszaki vezérigazgató-helyettese *(1. kép)*.

Az elnökségi ülést a távollevő egyesületi elnök megbízásából *Komjáthy László* alelnök nyitotta meg, és rövid megnyitó beszédében utalt arra, hogy legutóbbi 1960-ban tartotta Egyesületünk Dunaújvárosban a magyar kohászat legkorszerűbb üzemében választmányi ülését. Ezalkalommal is nagyszámban gyűltek össze az ország minden részéből a bányászok és kohászok, Egyesületünk vezetőségi tagjai. Kiemelte a Dunai Vasmű múlt évben elért kiemelkedő teljesítményét, — az 1 millió tonnát elérő évi nyersacéltermelést — ami a mi viszonyaink közt igen jelentős, eddig még el nem ért csúcsteljesítmény. Hangsúlyozta a bányászok és kohászok hagyományos összetartozását, ami a mai rendkívül gyors technikai fejlődésben is mindegyik szaknak jelentős erőforrást jelent, éppen ezért nagyon hasznos, ha a testvér szakágazat vezetői közvetlen tapasztalatból megismerik hazánk legkiemelkedőbb szocialista vasművének folyamatban levő beruházásait.

Ezután üdvözölte a megjelent vendégeket, kötük *dr. Kocsis Józsefet*, a kohó- és gépipari miniszter első helyettesét, *dr. Simon Sándort*, a miskolci NME rektorát, tiszteleti és aranydiplomás tagjainkat és a vendéglátó vasmű vezetőjét *Borovszky Ambrus* vezérigazgatót.

Végül átadta *dr. Dobos György* elnök üvdözletét, akit váratlan elfoglaltsága akadályozott a résztvételben.

Ezt követően *Borovszky Ambrus* vezérigazgató köszöntötte a választmányi ülés résztvevőit, röviden ismertette a programot és eredményes munkát kívánt.



1. kép. A választmányi ülés elnöksége és a résztvevők egyik csoportja

Ezt követően hangzott el *Moharos Jenő* főtitkár beszámolója.

Tisztelt Választmányi Ülés!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület 62. Közgyűlése (1972. április 21—22.) óta eltelt egy év rövid idő ahhoz, hogy az Egyesület életében kibontakozó széles körű tevékenységet, és a szakosztályok munkájának dinamikus fejlődését reálisan értékelhessük, valamint az elmúlt időszak eredményei alapján jelentkező hibák tanulságait levonva eredményességünk mércéjét megvonjuk. Az új vezetőség kellő aktivitással és következetes rendszerességgel kezdett hozzá a saját elképzeléseink, valamint az előző ciklusban elhatározott feladatok megvalósításához.

Az újszerű munkastílus kialakítását és a folyamatos egyesületi élet hatékonyságának javítására irányuló célkitűzéseket befolyásolta az egyesület ez év elején bekövetkezett, a felszabadulás óta hatodik költözködése, amely a tervszerűtlen lebonyolítás miatt elég vontatottan haladt és az elhatározástól a beteljessülésig közel három hónapot vett igénybe. Az Elnökség és a szakosztályok megfiatalodott és részben vidéki tagtársakkal felfrissült vezetősége azonban lelkes aktivitással, áldozatkészséggel lehetővé tette, hogy a költözködés nehézségein túl és egyéb problémákat áthidalva egyesületi életünk zavartalan legyen és úgy érezzük, hogy zökkenőmentes is volt.

Erről a tevékenységről szeretnék ismertetést adni a Választmányi Ülés tisztelt résztvevőinek, rövid beszámolómban kiemelni néhány fontosabb tevékenységi kört felölelő és az egyesület egészére vonatkozó feladatokat magában foglaló célkitűzésekről és azok végrehajtásáról.

Ezt megelőzően azonban engedtessék meg, hogy egyesületünk régi és féltve őrzött hagyományainak megfelelően e helyről is tisztelettel emlékezzünk meg azon huszonnyolc tagtársukról, akik a múlt évi közgyűlés óta eltávoztak körünkből és örök pihenőre tértek:

Árkos T. Ágnes (Celei Miklósné) kohómérnök
Barta Sándor okl. bányamérnök
Benedek Ferenc okl. bányamérnök
Dr. Fekete Sándor okl. bányamérnök
Gál József főaknász
Gruber Károly szaktechnikus
Haklik István előadó
Hámori Zoltán okl. villamosmérnök
Illés Károly főbányamester
Jandrik Ferencné technikus
Károlyi Ernő üzemegységvezető
Kiss Zoltán ny. igazgató
Lomniczy Dezső okl. kohómérnök
Mészáros Ferenc ny. laborvezető
Mészáros György okl. kohómérnök
Oláh Sándor okl. gépészmérnök
Oswald István bányatechnikus
Dr. Pantó Gábor geológus
Dr. Pecznik János okl. gépészmérnök
Perendy Lajos technikus
Róth Kálmán okl. bányamérnök
Dr. Somoskéri Ödön aranydiplomás bányamérnök
Tatay József telepvezető
Varga Frigyes ny. főkönyvelő
Varga Gyula okl. kohómérnök
Vincze Lajos bányatechnikus
Zátonyi Arnold okl. kohómérnök
Zentay László műszaki fordító

Egyperces néma felállással adózzunk emlékeiknek.

1. Egyesületi irányelvek és feladatok meghatározása

A 62. Közgyűlés után az új Elnökség elsőrendű feladatának tekintette rendezni és meghatározni azon irányelveket, amelyek a jövőben elvi és gyakorlati segítséget adnak az egyesületi élet továbbfejlesztéséhez. Ezen iránymutatások és azok megvalósításának főbb vonalai az alábbiakban foglalhatók össze:

a) Közreműködés az ipari vállalatok és irányító szerveik általános központi gazdaság-fejlesztési célkitűzéseinek megvalósításában.

Az Egyesület érdekelt szakosztályai figyelemmel kísérik pl. a közúti járműgyártás, az alumíniumipar központi fejlesztési programját, résztvesznek az iparági koncepcionális tervek bírálatában és ajánlásokat tesznek, foglalkoznak a környezetvédelemmel, üzem- és munkaszervezési kérdésekkel stb.

b) A minisztériumokkal való kapcsolatok javítása együttműködési megállapodások megkötésével.

A MTESZ és kilenc tagegyesülete (közöttük az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület is) folyó év április 16-án kötött ilyen együttműködési szerződést a Kohó- és Gépipari Minisztériummal.

c) Együttműködés és kapcsolattartás az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottsággal és az ágazati szakszervezetekkel.

d) A fiatalok bevonása az egyesületi és társadalmi munkába.

e) Aktív résztvétel a szakmunkás és az egyetemi oktatás helyzetének folyamatos vizsgálatában és az oktatást elősegítő javaslatok kidolgozásában.

Ilyen irányú kezdeményezésünket a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Bányászati Kara készségesen fogadta. Eredményeként ez év őszén az ipar részéről régen óhajtott témában, robbantástechnikai mérnöktovábbképző tanfolyam megindítására kerül sor.

A fentiekben felsorolt jelentősebbnek tartott, a MTESZ és az OMBKE Közgyűlés határozatait magában foglaló irányelvek és utaztatások alapján készítették el a szakosztályok a 3 éves munkaprogramjaikat.

2. Középtávú tervek készítése

A szakosztályok és az Elnökség egy ciklus-időre vonatkozó fontosabb feladatait részletesen tartalmazó programmal kapcsolatosan az volt az elgondolás, hogy a szakosztályok vezetőségeinél kialakult elképzelések és újszerű gondolatok részben bizonyos irányelveket határozzanak meg, részben pedig megfelelő előremutatással a legszükségesebb tennivalókat is rögzítsék, illetve a következő időszakra konkretizálják.

A középtávú tervek alapját képezték az 1973. évi szakosztályi és elnökségi operatív munkaprogramoknak is. Ezek tartalma általában négy főgondolat köré csoportosítható:

a) Koordináció és összhang a társadalmi egyesületekre vonatkozó párt- és kormányhatározatokkal, valamint a MTESZ és az OMBKE közgyűlés határozataival.

b) Együttműködés a társ- és külföldi egyesületekkel, szakosztályokkal, valamint intenzívebb kapcsolat a bányász-kohász fiatalokkal.

c) Szakmai előadások, rendezvények szervezése, a fiatal szakembereket ösztönző pályázatok kiírása, kiadványok megjelentetése.

d) A szakosztályok és az Egyesület anyagi eszközeivel való célszerű gazdálkodás.

A programok értékelése és azok eddigi végrehajtását igazoló aktív tevékenység alapján elmondható, hogy ezek a tervek mélyrehatóan elemezték és komolyan figyelembe vették a hivatkozott határozatok tudománypolitikai irányelveit, féltő gonddal ápolják az egyesületi összetartozás gondolatát, valamint hathatós segítséget kívánnak nyújtani az ipar minden területén a műszaki-fejlesztési problémák végrehajtására irányuló törekvéseknek a hazai és külföldi élenjáró műszaki megoldások tudatosítása és hasznosítása révén.

3. Elnökségi bizottságok megalakítása

Az egyesületi élet színvonalának növelése, differenciáltsága és hatékonyabbá tétele érdekében az Elnökség 1972. május 26-án és július 7-én tartott ülésén határozatot hozott az Elnökség mellett korábban működő bizottságok megerősítésére és új bizottságok létrehozására.

A hét elnökségi bizottság a következő:

Érem Bizottság (vezetője *Éles László)*
Nemzetközi Kapcsolatok Bizottsága *(Szücs Imre)*
Társadalmi Bizottság *(Szabó László)*
Történeti Bizottság *(Székely Lajos)*
Oktatási Bizottság *(Szőke László)*
Alapszabály Bizottság *(dr. Kovács Mihály)*
Ifjúsági Bizottság *(Podányi Tibor)*

Minden bizottság munkáját egy-egy alelnök patronálja. Ezúton közvetlen kapcsolat létesülhet a bizottságok és az Elnökség között, amely révén a feladatok megoldása szélesebb körüvé, az egyesületi demokrácia fejlesztésére irányuló törekvések hatékonyabbá válnak.

A bizottságok önállóan végzik munkájukat. Kezdeményező készségük és a problémák kiválasztása alapján tevékenységük már eddig is eredményesnek ítélhető meg.

4. Az egyesületi élet aktivitása

Elsősorban a szakosztályok munkájának aktivizálódása az, amely egyesületi életünk kedvező irányú változását reprezentálja, bizonyítja a rohamos és egyre nagyobb méreteket öltő aktivitást.

Rövid pillantás az elmúlt év rendezvénynaptárára, a rideg számok az alábbiakról tájékoztatnak:

Műszaki ismeretterjesztő előadás	59
Műszaki tudományos előadás	92
Kulturális, társadalmi jellegű rendezvény	21
Vezetőségi ülés	58
Egyéb	13

Összesen tehát 243 előadás, ankét, rendezvény, szimpózium, vezetőségi ülés stb. volt, amelynek 63%-át, mintegy 150 előadást a vidéki csoportok szerveztek. A fenti előadásokon résztvevők száma meghaladta a 8000 főt.

Kétségtelen, hogy a rendezvényeket a vidékorientáltság jellemzi. Ez természetes is, mert hisz az ipar problémái elsősorban a termelő üzemeknél jelentkeznek, egyesületünk anyagi bázisának legfontosabb erőforrását a zömmel vidéken elhelyezkedő bányák, gyárak és üzemek biztosítják és nem utolsósorban az Egyesület közel 6700 fős tagjának 85,6%-a vidéki.

A statisztika számszerűsített adataiból nyilvánvalóan fontos következtetéseket és megfelelő realitással rendelkező megállapításokat lehet levonni. Egy konferencia vagy rendezvény műszaki tartalmát és sikerét azonban a résztvevő szakemberek tudják értékelni és eredményét saját munkaterületükön hasznosítani.

Külön ki kell emelni — és a rendező szakosztályok munkatársait a dícséret hangján illetni — azon nagyrendezvények és nemzetközi konferenciák szervezését, amelyek vitathatatlan hasznosságuk, élenjáró műszaki információ szolgáltatásuk mellett a műszaki-tudományos fejlődés során felszínre kerülő új jelenségekre, az ún. interdiszciplináris tevékenységre hívták fel a szakemberek figyelmét. Fentieken túlmenően még a magyar bányász-kohász műszaki társadalom nemzetközi hírnevét is öregbítették.

Az elmúlt évben a nemzetközi jellegű és nagyobb jelentőségű konferenciák a következők voltak:

Bányászati Szakosztály: Nemzetközi Bányamérési Konferencia, Bp.

Vaskohászati Szakosztály: IV. Országos Hengerész Konferencia, Aggtelek.

Fémkohászati Szakosztály: Alumínium Konferencia, 72. Székesfehérvár.

Olajbányászati Szakosztály: XIII. Vándorgyűlés, Hajdúszoboszló.

Öntödei Szakosztály: VI. Magyar Temperöntési és Mintakészítési Napok, Sopron.

5. Fiatal szakemberekkel való foglalkozás

Egyesületünkben tovább kell folytatni azt a munkát, amelyet irányvonalaiban a már többször említett párthatározat, de konkrétan az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület 62. Közgyűlésének Határozata így fogalmazott meg:

„...folytatni és bővíteni kell a fiatalabb tagjainknak az egyesületi életbe való fokozottabb bekapcsolódását célzó kezdeményezéseket."

A szakosztályi tervek részletesen foglalkoznak és változatos módszereket javasolnak a fiatalok társadalmi munkába való bevonására: diplomapályázatok külön értékelése és díjazása; találkozások rendezése intézmények, vállalatok vezetőivel; ta-

nulmányutak szervezése; ifjúsági csoportok létrehozása; hatékonyabb kapcsolat a vállalatok KISZ szervezeteivel, stb. elképzelések szerepelnek a programokban. A részben megvalósult és megoldásra váró javaslatok célja az egyesületi élet megszerettetése a fiatal szakemberekkel, aktív egyesületi tagok utánpótlása, a külön szakmák együvétartozását elősegítő szakemberek gondolatának összekapcsolása az Egyesület keretein belül.

A hagyományápolással párosuló szakmai ismertetés kitűnő példáját mutatta az egyetemisták részére Rudabányán szervezett „bányajárás".

Az Öntödei Szakosztály tömegeket mozgató kezdeményezése volt amikor intenzíven kapcsolódott be a KISZ KB. a KGM és Vas- és Fém- és Villamosenergiaipari Dolgozók Szakszervezete által meghirdetett „Ki minek mestere" c. vetélkedő szakmai előkészítésébe és lebonyolításába. Az 1972 nov. 1. és április 18. között rendezett háromfordulós vetélkedőn 400 fiatal öntő szakmunkás versenyzett és igyekezett bemutatni a szakma szépségét, elősegíteni a fiatalok pályaválasztását. Remélhető, hogy a verseny döntőjéről a TV április 17—18-i közvetítésében megismert országos méretű mozgalom az öntészet szakember utánpótlását elősegíti és felhívja a figyelmet a fontos, kevésbé ismert szakma fejlesztésére és korszerűsítésére.

A szakosztályok, de különösen az ifjúsággal foglalkozó bizottság eddigi odaadó munkája biztosítékot nyújt arra vonatkozóan, hogy az elnökség részéről nagy jelentőségűnek tartott ifjúsági kérdés problematikájának megoldása kedvező irányba halad.

A Közgyűlés után az Elnökség határozatának megfelelően megalakult az önálló, 261 főből álló Egyetemi Osztály, amely a bányász-kohász egyetemi ifjúság II., III., IV. évfolyamának hallgatóit foglalja egy egységbe. Sajátságos helyzeténél fogva igyekszik megszerettetni és felszínre hozni a régi bányász-kohász emlékeket, a kedves és hangulatos diákévek haladó hagyományait, pl. ballagás, új bányász-egyenruha, közvetlen szakmai és baráti kapcsolatok teremtése az üzemekben és vállalatoknál dolgozó idősebb kollégákkal.

6. Külügyi tevékenység

Külügyi kapcsolatunk az előző évekhez hasonlóan 1972-ben is intenzív volt: a kiutazott 266 fő mintegy 1560 valutanapot töltött külföldön. Egyesületünk tagjai számos konferencián, kongresszuson, tanulmányúton, szakmai kiállításon vettek részt, ahol a külföldi bányászati és kohászati ipar műszaki-technikai színvonalával ismerkedhettek meg.

A kiutazások megoszlása a következő volt:

Szakmai tanulmányút	70 fő
Egyesületi kapcsolatok ápolása	6 fő
Ipari vásár, kiállítás	56 fő
Konferencia, kongresszus	123 fő
Egyéb céllal	11 fő
Összesen	266 fő

Nemzetközi kapcsolatunk új szervezet, társegyesület bekapcsolásával nem szélesítette együttműködését, azonban a különböző országokkal fennálló megállapodások tartalmi elmélyítésére és a kapcsolattartás intenzifikálására törekedett. Természetesen vannak még megoldásra váró problémák, mint pl. a külügyi tevékenység adminisztratív szabályozása és anyagi finanszirozása, a külügyi bizottság és a szakosztályok hatáskörének rendezése, továbbá felül kell vizsgálni az egyes külföldi egyesületekkel érvényben levő megállapodások szakmai tartalmát, az együttműködés szükségességét esetleg módosítását.

7. A taglétszám alakulása

Az 1972. december 31-i állapot szerint nyilvántartunk 6671 fő folyamatos tagsággal rendelkező egyesületi tagot, 560 fővel többet, mint amennyi az előző év azonos időszakában volt.

Ebből — nem kis szerénységgel — azt a következtetést vonhatjuk le, hogy egyesületünk a fiatalok, technikusok és mérnökök számára vonzó, mert tagtoborzás nélkül, önként jelentkeznek és az Egyesület felvirágoztatása érdekében szívesen vállalják a társadalmi munkát.

A szakosztályok taglétszámának megoszlási aránya az alábbi:

Bányászati	42,5%
Kőolaj- Földgáz- Víz	11,5%
Vaskohászati	21,8%
Fémkohászati	9,4%
Öntödei	10,9%
A legkisebb és egyben a legfiatalabb az Egyetemi Osztály	3,9%

8. Hagyományaink ápolása

Az Elnökség mellett működő bizottságok között szerepel a Történeti Bizottság. „A bányászat és kohászat múltjának kutatása, a meglevő hagyományok és újak felderítése" határozta meg feladatát az Elnökség.

A bizottság a fenti célkitűzések megvalósítása érdekében széles körű kutató és felderítő programot dolgozott ki. A minden szakosztályból delegált egy-egy fő bizottsági tag nemcsak a saját szakmájához közelálló régi „nagyjaink" munkásságát és életét tárja fel, hanem a szakosztályokkal való szoros kapcsolattartás révén erősíti a bányászat és kohászat hagyományaira épülő egységet és az egyesületbe tömörült szakmák művelőinek összetartozását.

Célszerű és hasznos volna, ha a bizottság az Egyetemi Osztállyal közös programot dolgozna ki, amely program keretében előre meghatározott rendszerességgel végezhetnék hagyományaink, dicső elődeink, feledésbe ment szokásaink feltárását és valamilyen formában történő megörökítését.

Tisztelt Választmányi Ülés!

Röviden és vázlatosan a fentiekben kívántam tájékoztatást adni azokról az elhatározásokról és elképzelésekről, amelyek a vezetőség legfontosabb célkitűzései között szerepelnek az egyesületi élet fokozottabb javítása és társadalmi tevékenységének magasabb színvonalra történő emelése érdekében.

Beszámolóm nem törekedett teljességre, hanem a részfeladatok elhanyagolása mellett csak a legfontosabbnak ítélt célkitűzések ismertetésére szorítkozott.

Köszönöm a figyelmüket és kérem a Választmányi Ülést jelentésem elfogadására.

A főtitkári beszámoló után *dr. Kocsis József*, a kohó- és gépipari miniszter első helyettese tartott előadást *„A magyar kohászat helye és szerepe a népgazdaságban, távlati fejlesztése a szocialista integráció útján"* címmel *(2. kép)*.

Előadásában összevetve a világ kohászatának fejlődésével vázolta a magyar kohászat eddigi fejlődését. Hazánk részére nyersanyag lelőhelyek közelében fekvő korszerű nagyságrendű nagyüzem szocialista integráció keretében való felépítése gazdasági szempontból és a legkorszerűbb technológiára való áttérés szempontjából nagy előnyt jelentene. Jelenleg a számunkra legkedvezőbb fázisintegráció kiválasztása folyik és ehhez kérte az Egyesület segítségét.

A szünet után *dr. Simon Sándor*, a NME rektora kért szót. Röviden beszámolt az önálló egyetemi osztály egy év alatti fejlődéséről, amely létszámban ma már a tagság 3,9%-át teszi ki. Az Egyesület befolyása az egyetemi hallgatók körében örvendetesen erősödik. A mai ifjúság majd minden régi dolgot elavultnak tekint, szemléletük nem mindig reális, ezért az egyetemi osztály vezetői igyekeznek az ifjúságot szakmaszeretetre és a testvér szakok iránti tiszteletre nevelni. Ebben nagy szerepe van az Egyesület haladó hagyományainak és ezen a téren kér továbbra is segítséget az Egyesületől.

Helyesli az előadásban felvetett gondolatot a hazánk részére a kohászatfejlesztés legoptimálisabb megoldásának keresését. A hazai gépipar igénye nem mindig világos, mint pl. a minden feltételek közt jól hegeszthető acélokra vonatkozó igény. A gépipar távlati fejlesztési koncepcióját azonban a kohászati fejlesztési optimum kikeresésekor figyelembe kell venni.

Dr. Schmidt Eligius Róbert a 104 éve alapított Magyar Földtani Intézet nevében köszöntötte a választmányi ülést. Kérte, hogy az Egyesület szakjaink nagyjairól ne feledkezzen meg, emlékük megőrzése érdekében ragadjon meg minden alkalmat és vegye gondozásba sírhelyeiket.

Ezután *Éles László*, az Érembizottság vezetője terjesztette elő az ICSOBA-érem alapítására vonatkozó javaslatot.

Tisztelt Elnökség!

Tisztelt Választmányi Ülés!

Egyesületünk Fémkohászati Szakosztálya 1973. év elején éremalapítási javaslattal fordult az Érembizottsághoz. A javaslat előzménye, hogy az ICSOBA (Nemzetközi Bauxit Alumíniumoxid és Hidroxid Tudományos Bizottság) II. Közgyűlése alkalmával 1969 okt. 7-én *Lomniczy Dezső* néhai főtitkárunk érem alapítását indítványozta, amelylyel a nemzetközi munkában kiváló eredményt elért tudósokat és szakembereket jutalmazna Egyesületünk Elnöksége az ICSOBA Magyar Bizottságának előterjesztése alapján.

A Fémkohászati Szakosztály álláspontja, hogy az *ICSOBA-érem* az Egyesületünk által alapított és az Elnökség által adományozott érem legyen. Ennek szellemében kidolgozták javaslatukat, megszerkesztették az Érem alapítólevelét és adományozásának rendtartását és a Érembizottságon keresztül az 1973. ápr. 18-i Elnökségi ülés elé terjesztették. Az Elnökség a javaslatot megvitatta és az alapító levelet kisebb módosítással jóváhagyta.



2. kép. Dr. Kocsis József, a kohó- és gépipari miniszter első helyettese előadást tartott a magyar kohászat távlati fejlesztéséről

Az Érem 3 változatban kidolgozott terve elkészült és jóváhagyás esetén első ízben ez évben a Nizza-i közgyűlésen lesz kiadható. Kérem a tisztelt Választmányi Ülést, hogy a Fémkohászati Szakosztály ICSOBA-érem alapítására vonatkozó javaslatát fogadja el.

Az „*ICSOBA Emlékérem*" alapítólevele és adományozásának rendtartása:

I. Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület az alumíniumipar megteremtésében úttörő munkát végzett tudósok emlékének, valamint az Egyesületnek az ICSOBA szervezeti megerősítésében és az alumíniumipari nemzetközi tudományos együttműködés fejlesztésében kifejtett tevékenységének megörökítésére emlékérmet alapított.

II. Az „ICSOBA emlékérem" jelképezi az emberiség közkincsévé vált, az alumíniumipar fejlesztése érdekében *Berthier*, *Bayer*, *Héroult* és *Hall* által végzett tudományos tevékenységet és egyben a nemzetközi együttműködés jelentőségét a tudomány és technika fejlesztésében, a békéért és a jobb életért.

III. Az „ICSOBA emlékérem" 70 mm átmérőjű, nemesfémből vert érem, amelynek

egyik oldalán *Pierre Berthier* (1782—1861) francia akadémikus, a bauxit felfedezője, *Karl Joseph Bayer* (1847—1904), a Bayer-timföldgyártó eljárás megalkotója, továbbá *Paul Louis Toussaint Héroult* (1863—1914) és *Charles Martin Hall* (1863—1914), az alumíniumelektrolízis feltalálóinak domborművű arcképe, fenti tudósok neve és születési-halálozási évszáma,

a másik oldalán az ICSOBA és az Egyesület emblémája, a kitüntetett neve és az adományozás évszáma, körben pedig „Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület" szöveg olvasható

IV. Az „ICSOBA Emlékérem"-mel az ICSOBA azon magyar, vagy külföldi állampolgárságú tagja tüntethető ki, aki a nemzetközi tudományos egyesület tevékenységi területén jelentős tudományos, vagy gyakorlati eredményt ért el, vagy jelentősen hozzájárult a szervezet megerősítéséhez, a nemzetközi tudományos együttműködés elmélyítéséhez. A tulajdonos nevét az Érmen fel kell tüntetni és az adományozás tényét az Egyesület szaklapjaiban, valamint az ICSOBA szaklapjában közzé kell tenni.

V. Az „ICSOBA Emlékérem" az általában négyévenként sorrakerülő ICSOBA Nemzetközi Közgyűlésen, első alkalommal 1973-ban a III. Közgyűlés alkalmával adható ki, legfeljebb három személynek. Az Emlékérem kiadására vonatkozó személyi javaslatokat az ICSOBA Magyar Bizottsága Elnökségének javaslata alapján az Érembizottság elnöke és az Egyesület főtitkára közösen terjesztik az Elnökség elé. A kiadásról az Elnökség határoz. Az emlékéremmel pénzjutalom nem jár.

Tisztelt Elnökség!

Tisztelt Választmányi Ülés!

Az Egyesület Vezetősége mindig nagy jelentőséget tulajdonított annak, hogy a köztiszteletben álló több évtizedes, folyamatos tagsággal rendelkező tagjainak megbecsülését figyelemmel kísérje és megfelelő módon érvényre juttassa.

Egyesületünk Alapszabálya is támogatja ezen megtiszteltetés folyamatos ápolását, amikor az Alapszabály 104. §-ban a következők szerint rendelkezik:

„Az Egyesület Elnöksége jogosult mindazoknak a tagoknak, akik 40, vagy 50 esztendeje megszakítás nélkül tagjai az Egyesületnek, az Egyesületben kifejtett tevékenységük elismerésére oklevelet adományozni".

Ennek a hagyománynak kíván Elnökségünk eleget tenni és hosszú, több évtizedes hűséges munkát és Egyesületünkhöz való ragaszkodást elismerni a *Zorkóczy Samu* Emlékérem bronz fokozat és oklevél következő tagtársaink részére történő adományozásával:

Ládai Jenő okl. bányamérnök 1920 óta, azaz 53 éve tagja Egyesületünknek;

Szentgyörgyi Czeke Endre 1925 óta, azaz 48 éve tagja Egyesületünknek;

Boday Gábor okl. bányamérnök 1931 óta, azaz 42 éve tagja Egyesületünknek;

Zsille Lajos 1931 óta, azaz 42 éve tagja Egyesületünknek.

A kitüntetetteknek jó egészséget és további hasznos Egyesületi tevékenységet kívánok mindnyájunk nevében.

A kitüntetteket a választmányi ülés résztvevői meleg ünneplésben részesítették.

Komjáthy László alelnök zárószavában utalt az elhangzott főtitkári beszámolóra. Ismertette az Elnökség állásponját arra vonatkozóan, hogy szükségtelen új határozathozatal, miután a tisztújító közgyűlés óta alig egy év telt el és ott a 3 éves ciklusra részletes munkaprogramot fogadott el a közgyűlés.

Megköszönte *dr. Kocsis József* előadását, amely konkrétebben fogalmazta meg a hazai vaskohászat fejlesztésével kapcsolatos legfontosabb feladatokat és így ezt figyelembe véve dolgozhatja ki az Egyesület álláspontját a MTESZ és a KGM közti szerződésben vállalt kötelezettsége teljesítéséhez.

*

Ezt követően a választmányi ülés résztvevőit a Dunai Vasmű ebéden látta vendégül az Arany Csillag Szálló éttermében.

Ebéd után az érdeklődők több csoportban szakszerű kalauzolás mellett megtekintették a Dunai Vasmű üzemeit. A legnagyobb érdeklődést a szovjet tervek alapján épülő folyamatos öntőmű váltotta ki, amely hazánk első ilyen jellegű üzeme lesz és még ez év folyamán üzembe lép. *(OA)*

A mértékegységek nemzetközi rendszere, az SI*

Dr. VERŐ JÓZSEF akadémikus
a Vasipari Kutató Intézet igazgatója

DK: 389.1 (100) : 5317 SI

Egy világszerte érvényes, egyszerű mértékegységrendszer szükségessége. Az SI és bevezetésének jelenlegi helyzete. Az SI-egységek történetéből; a bevezetés következményei a technikában.

Egy világszerte érvényes, egyszerű mértékegységrendszer szükségessége

Elődeink a régmúlt időben nagyon sokféle mértékkel mértek. Szomszédos országokban, tartományokban, sokszor még egymástól nem is távol fekvő városokban más fonttal, rőffel, mérővel mérték a forgalomba hozott árucikkeiket. Az USA még 1830-ban is szükségesnek látta, hogy a törvényhozás útján egységesítse a súly- és hosszmérés mértékegységeit és azok használatát az egész országban kötelezővé tegye.

De nem is kell a múltba visszatekintenünk; könnyen meggyőződhetünk arról, hogy a jelenleg használatos mértékegységeink rendszere eléggé bonyolult és nehezen áttekinthető. Erre a célra elegendő, ha a következő felsorolásban közlöm néhány energiamennyiség értékét, a jelenleg is használatos egységekben kifejezve. Az értékek a következők:

100 g barnaszén fűtőértéke	240 kcal
1 kW-os fűtőtest 16,5 perces fogyasztása	0,278 kWh
1 HP-s motor munkája 23,5 perc alatt	0,376 HPh
20 m/s sebességgel mozgó, 500 kg tömegű test mozgásenergiája ...	102 000 m. kp
Egy ma még nem létező atomfizikai gyorsító energiája	$6{,}25.10^{22}$ eV
12,5 m^3 10 MGOe-es mágnesanyag energiája	125 MGOe

Valószínűen nem csekély gondot okozna, vagy legalábbis szorgosan keresnünk kellene a szükséges átszámító tényezőket, ha az volna a feladatunk, hogy nagyságuk szerint rendezzük a felsorolt értékeket. A dolgot avval könnyíthetem meg, hogy elárulom: a közeli jövőben, legkésőbb vagy tíz év múlva, valamennyi felsorolt értéket egyaránt 10^6 J = 1 MJ-ként fogjuk megnevezni; valamennyi felsorolt energiamennyiség ugyanis egyforma nagyságú.

A felsorolásban csak olyan mértékegységeket használtam, amelyek a metrikus rendszerű országokban jelenleg is járatosak. A felsorolás még bővebb is lehetne, ha ugyanazt az energiamennyiséget még brit hőegységekben, font-lábakban, vagyis az angolszász országokban használatos egységekben is feltüntettem volna. Ez az úgynevezett *imperial* — birodalmi — *egységrendszer* jelenleg még erős konkurrense a metrikus rendszernek.

A mértékegységeknek még húsz évvel ezelőtt is fennállott zűrzavara azonban egyre kevésbé tűrhetőnek bizonyult. A közlekedés fejlődésével a világ, időben mérve, erősen összezsugorodott; távoli országokat, világrészeket órák alatt közelíthetünk meg, a nemzetközi kereskedelem pedig sokmillió tonna számra juttat el javakat a termelőtől nagy távolságon át a fogyasztóhoz, felhasználóhoz. Ennek következtében az összes szükséges mértékegységeknek világszerte érvényes módon való egységesítése egyre sürgetőbb szükségességgé vált. A természettudományoknak a technikával, a termeléssel és gazdasággal bekövetkezett bensőséges összefonódása szintén ebben az értelemben hatott.

Ennek a minden oldalról elhangzó kívánságnak tett eleget a *Súlyok és Mértékek Általános Konferenciája* 1954-ben avval, hogy kidolgozta a hat alapegységet magában foglaló rendszert. A hat alapegység a következő: a hosszúságé a *méter*, a tömegé a *kilogram*, az időé a *másodperc*, az áramerősségé az *amper*, a hőmérsékleté a *kelvin*, a fényerősségé a *candela*. A hat alapegység alkotta rendszert a következő Általános Konferencia 1960-ban nemzetközinek nyilvánította *Systéme International des Unités* elnevezéssel (kötelező jelölése SI) és egyben a méterkonvenció 136 tagállamának bevezetésre ajánlotta. Az 1971. évi 14. Általános Konferencia az alapegységek sorát még kiegészítette egy hetedikkel, anyagmennyiségek alapegységéül a *mol*-t jelölvén ki.

Az SI bevezetésének jelenlegi helyzete

A Mértékek és Súlyok 11. Általános Konferenciáján, 1960-ban elfogadott állásfoglalás nyomán az SI bevezetése elég gyors ütemben megkezdődött. Azokban az országokban, ahol már eddig is a méterrendszer volt használatos, a bevezetés folyamata egyszerűbb; megindítása céljából vagy törvényt vagy más, országosan kötelező jogszabályt alkotnak. Magyarországon a 3/1969 (I. 24) Korm. rendelet és annak nyomán a MSZ 4900-70. sz. szabvány tíz lapja a tudomány és technika területén szükséges összes SI-egységeket ismerteti, 1972 július 1-én hatályba is lépett.

Az SI bevezetését, használatát kötelezővé tevő jogszabály azonban csak megindítja a folyamatot, de korántsem zárja azt le. Az SI-egységek kötelező és kizárólagos használata csak néhány éves átmeneti időszak elteltével lehetséges. Azután ugyanis, hogy az SI-egységek törvényes mértékegységekké váltak valamely országban, a forgalomba kerülő javak, árucikkek lényeges tulajdonságait rögzítő valamennyi előírást, de ezeknek a tulajdonságoknak mérését, meghatározását szabályozó szabványt is át kell dolgozni. Ilyen minőségi előírás manapság nagyon sok van, ezért azok átdolgozása időt kíván. Ez a munka is megindult már. Az *ISO*, a *Nemzetközi Szabványosító Szervezet*, de ezenkívül

* A VII. Kohászati Anyagvizsgáló Napok plenáris előadása. Balatonszéplak, 1973. május 30.

a műszaki-gazdasági téren szorosabban együttműködő államcsoportok, például az EGK és a KGST szabványosító testülete is készít szabványjavaslatokat az SI szellemében és azokat a tagországok rendelkezésére bocsátja, hogy a saját szabványaikat azok alapján dolgozzák ki. Az új szabványok készítésének ez a nemzetközi irányítása célszerű, mert főként a vizsgálatok módszerének egységesítése az SI bevezetésének nagyon hasznos, kívánatos velejárója lehet.

A méterrendszert eddig is használó országokban az SI-egységek kizárólagosan kötelező használatba vételének határidejét többnyire 1977 végével jelölik ki. Az átmenet idején még különböző engedményekkel is enyhítik a felmerülő nehézségeket; ezekről az engedményekről, amelyek megszokott, nem SI-egységek további használatát teszik lehetővé, a bevezetést elrendelő törvény, annak végrehajtási utasítása, illetve a szabvány ad tájékoztatást. A könnyen nélkülözhető régi egységek további használata azonban azonnal tilossá van nyilvánítva; ilyen egységek például a Fahrenheit- és Reaumur-fok, a font, a kX-egység. A tudományos és műszaki irodalomban az SI-egységek használatát némelyik ország, köztük Magyarország is, korábbi hatállyal kötelezővé teszi.

Az angolszász országokban az SI bevezetése kétségtelenül nagyobb nehézségeket okoz. Amikor 1875-ben 17 ország aláírta a méterkovenciónak nevezett nemzetközi szerződést, Anglia egy óriási gyarmatbirodalom birtokosaként a világ vezető nagyhatalma, egyben a legfejlettebb ipar hazája is volt és a „splendid isolation" légkörében élt. Ekkor megengedhette magának, hogy megtartsa a hosszú idő alatt kifejlődött mértékrendszerét. Azóta azonban Anglia helyzete gyökeresen megváltozott: izoláltságról ma már nem lehet szó. Angliának most már feltétlenül szüksége van a méterkovenció országaival való műszaki és gazdasági kapcsolatokra, aminek talán legékesebb bizonyítéka az a több éves szívós küzdelme az EGK tagságáért, amit ez év elején sikerült is elérnie. Az EGK összes államai azonban a méterrendszerben mérnek, ezért Anglia is rákényszerült a méterrendszer elfogadására, hogy a tagság adta gazdasági lehetőségeket minél jobban hasznosíthassa. A metrikálásnak (metrication) nevezett művelet lebonyolítását kormánybizottságra bízták, amelynek a feladatot 1975 végéig végre kell hajtania. A méterrendszert mindjárt az SI alakjában vezetik be, fokozatosan ugyan, de elég gyors ütemben. A legismertebb folyóiratok szerkesztőségei már 1971 óta kezdik a megjelentetendő tanulmányok szerzőit arra kérni, hogy az angol mértékegységek helyett az adataikat SI-egységekben adják meg. A jelek szerint az ipar sem idegenkedik az új egységek használatától; a BSC például 1972 tavasza óta termékeinek egy részét már metrikus méretekkel is gyártja, szállítja.

Az USA 1875-ben 16 más állammal együtt aláírta ugyan a méterkovenciót, a méterrendszer bevezetésére azonban mégsem került sor. A múlt század utolsó negyedében ugyanis az USA legfontosabb kereskedelmi partnere Anglia volt, ezért annak mértékrendszerét célszerű volt megtartani. Azóta az USA gazdasága, főként pedig az ipara óriásivá fejlődött és azok a költségek is nagyon nagyra nőttek, amelyeket az ipar gépeinek, szerszámainak és mérőeszközeinek méterrendszerűvé való átalakítása vagy kicserélése megkíván. Ezeket a költségeket különböző források 6—16 milliárd dollárra becsülik; az összeget el is oszthatják néhány évre, de még így is nem csekély terhet jelent. Másrészt viszont az USA iparának évi 10—25 milliárd dollár összegű kára van, mert a gyártmányaiból ennyivel többet exportálhatna, ha azok metrikus méretűek volnának. Az utóbbi a jelek szerint elég erős érv volt az ipar ellenállásának leküzdésére. Anglia belépése a EGK-be valószínűen szintén ilyen értelemben hatott. Ilyen körülmények között a szenátus 1972. aug. 19-én törvénybe iktatthatta a méterrendszer, helyesebben az SI bevezetését. A kereskedelmi államtitkárság másfél év alatt köteles kidolgozni az áttérés részletes tervét; az SI teljes bevezetésének határidejét 1982-ben rögzítették.

A jelenlegi helyzet röviden avval jellemezhető, hogy tíz éven belül a méterkonvenciónak jelenleg már 136 tagállamában a méterrendszeren kívül mindenfajta egyéb mértékegység használata végleg megszűnik. Mindössze néhány kevéssé jelentős és nem régen önállósult állam marad ezután, amely még nem szánta el magát az SI bevezetésére; ezek az államok a következők: Barbados, Gambia, Ghana, Jamaica, Liberia, Malawi, Maskat és Oman, Sierra Leone és Trinidad.

Az SI egységek történetéből

Az egységek nemzetközi rendszere, *az SI magában foglal hét alapegységet, valamint az alapegységekből származtatott nagyszámú koherens egységet és két kiegészítő egységet.* Az alapegységeket már felsoroltam; koherens egységnek az alapegységekből az úgynevezett 1:1 viszony révén származtatott egységeket nevezzük. A *sebesség* koherens egysége például az út egységének, a méternek és az idő egyeségének, a szekundumnak hányadosa, tehát a $m \cdot s^{-1}$, a *sűrűség* egysége pedig a tömeg egységének, a kilogrammnak és a térfogat egységének, a köbméternek hányadosa, vagyis $kg \cdot m^{-3}$. A koherens egységnek mindig az alapegységek különböző hatványainak szorzata vagy hányadosa. *Kiegészítő egységként a síkszög egysége, a radian és a térszög egysége a szteradián szerepel az SI-ben,* m/m, illetve m^2/m^2 alakban.

Az alapegységek közül a *méter* és a *kilogramm* története kezdődött legkorábban. 1795 ápr. 5-én a francia konvent a párizsi délkör negyvenedmilliomod részeként definiálta a métert és 1 cm^3, a fagyáspont hőmérsékletén levő víz tömegét, a grammot, a tömeg egységeként. Az utóbbi definció hamarosan megváltozott és a mintegy 4 °C hőmérsékletű víz 1 cm^3-ének tömege lett a gramm. A konvent határozatának szellemében *Janety* a két új egység megtestesítése céljából izzó állapotában kalapálással tömörített platinaszivacsból készített egy pontosan egy m hosszú, négyszög keresztmetszetű rudat és egy 1000 g tömeget képviselő, mintegy 40 mm átmérőjű és ugyanolyan magas

hengert. *Janety* ősméterét és őskilogrammját a Conseil des Anciens 1799-ben a két mértékegység megtestesítéseként elfogadta és használatukat törvényesen engedélyezte. A két ősetalont ugyanabban az évben a francia állami levéltárban helyezték letétbe.

A következő jelentős esemény a méterkonvenció néven ismert nemzetközi egyezmény megkötése és 17 állam részéről való aláírása volt 1875-ben. Ebben az egyezményben a csatlakozó államok kötelezték magukat a méterrendszer bevezetésére. Sok nehézség merült fel, amelyeknek elhárítása céljából egy szükség szerinti időközökben összeülő nemzetközi testület kellett. Ez a testület, a *Mértékek és Súlyok Általános Konferenciája* 1889-ben ülésezett először. Ekkor már ismeretes volt, hogy a méter eredeti definíciója nem felel meg pontosan a valóságnak és az is szükségesnek látszott, hogy a méterkonvenció tagországai egy-egy méter és kilogramm prototípus birtokában jussanak. Ebből a célból 30, X-keresztmetszetű méter és 40 hengeres kilogramm etalon készült platina-iridium ötvözetből; közülük egyet-egyet nemzetközi etalonnak minősítettek. Azóta a méter definíciója a nemzetközi etalon neutrális síkjában levő két karc távolságát jelenti; ezt a távolságot később a ^{86}Kr izotóp meghatározott színképvonalát adó sugárzás hullámhosszúságával is definiálták, hogy bármikor és bárhol reprodukálható legyen. A kilogramm definíciója nem változott; a kilogramm 1889 óta a nemzetközi etalon tömegével egyenlő.

A méterrendszer harmadik fontos alapegysége a *szekundum*, a másodperc; természeti értékként, a Föld egy teljes fordulatához szükséges idő 86 400-ad részeként definiálták. Ez az egyetlen nem decimális alapegység, a teljes szög fokbeosztásához igazodik. Később megállapították, hogy a Föld nem egészen egyenletes szögsebességgel forog, ezért az idő egységét egy arra alkalmas atomóra frekvenciájának felhasználásával is definiálták.

A méter, kilogramm és szekundum alkotta fundamentumon a méterrendszernek több változata alakult ki. A fizikában alapegységként eleinte a *cm*-t, *g*-ot és *s*-ot használták *CGS-rendszer* néven, a technikában azonban inkább a nagyobb alapegységek, a *m*, a *kg* és a *s* volt használatos *MKS-rendszer* néven. A fizikusok később szintén az MKS-rendszerre tértek át, fennmaradt azonban egy lényeges különbség a fizikai és technikai MKS-rendszer között. A technikában a kilogramm tömegnek a 45. szélességi fokon mért súlyát az erő egységeként használták; amíg tehát a fizikai egységek rendszerében az erő egysége származtatott, a tömeg egysége pedig alapegységvolt, a technikai egységek rendszerében az erő egysége volt alapegység, a tömeg egysége pedig származtatott. A technikai rendszerben megnyilvánuló felfogásnak az az alapja, hogy a tömeget nem érzékelhetjük közvetlenül, csak közvetve, ha valami erő, például a Föld vonzása is hat rá; erőt viszont közvetlenül is érzékelhetünk.

A kilogramm fogalom kétféle értelmezése hosszú ideig tartó vitát váltott ki, bár az illetékes általános mérésügyi konferenciák többször is állást foglaltak olyan értelemben, hogy a kilogramm a tömeg egysége. A kétértelműség zavarok és félreértések forrása is volt, ezért mintegy 40 évvel ezelőtt olyan javaslatok születtek, hogy a kilogramm erő rövid jele *kp* vagy *kgf* legyen. Ezeket a javaslatokat azonban nem mindenütt fogadták el és arra sem voltak alkalmasak, hogy áthidalják a fizikai és a technikai egységrendszer között szakadékként tátongó különbséget.

Ennek az egyáltalán nemkívánatos állapotnak 1954-ben a 10. Általános Konferencia vetette végét avval, hogy a kilogrammot újból a tömeg egységének nyilvánította; ezt a határozatot hat évvel később a 11. konferencia az SI-nek nemzetközivé nyilvánításával a tudomány és technika egész területén kötelezővé tette.

Csak röviden említem meg, hogy az angolszász egységek rendszerében a font szintén kétértelmű egység, a tömegnek és az erőnek egységeként használatos.

A múlt század utolsó negyedében az elektrotechnika már annyira fejlett volt, hogy mértékegység-rendszerének kialakítása is szükségessé vált. Ezt a feladatot 1881-ben az *Első Nemzetközi Villamosságtani Kongresszus* oldotta meg; a fizika CGS-rendszerét véve alapul, megalkották a legfontosabb mennyiségek mértékegységeit és azokat neves tudósokról nevezték el: *ohm*, *volt*, *amper*, *farad* stb. ebből az időből származik. A mértékegységek etalonjait is rögzítették, pl. az ohmot meghatározott méretű higanyszálnak adott hőmérsékleten mérhető ellenállásaként.

A méréstechnika tökéletesedésével később kiderült, hogy 1881-ben az elektrotechnikai egységeket nem sikerült tökéletesen összehangolni a mechanikai egységekkel. Ezért 1948-ban az elektrotechnikai egységeket újból definálták, méghozzá oly módon, hogy azok rendszere a mechanikai egységek rendszerével egyesíthetővé lett. Az így kialakított méréstechnikai rendszer a mechanika és elektrodinamika összes jelenségeinek, összefüggéseinek leírására alkalmas lett. A két rendszer egyesítése azonban csak avval a feltétellel volt végrehajtható, hogy a kilogramm a mechanikai egységek rendszerében csak a tömeg egysége: ez a körülmény a 10. mérésügyi általános konferencia döntésében természetesen nagy súllyal esett latba.

A fizikai-elekrotechnikai és mechanikai mértékegységek rendszerének egységesítése és egyesítése egyébként már 1901-ben is felmerült; erre a lehetőségre *Giorgi* mutatott rá elsőként. Előbb azonban 1935-ben az elektrotechnika is áttért a CGS-rendszerről a MKS-rendszerre és egyben negyedik alapegységnek fogadta el az ampert. Az így kialakult rendszer *MKSA-* vagy *Giorgi-rendszer* néven vált ismeretessé.

A fizika és technika összes jelenségeinek, folyamatainak leírása céljából az ismertetett négy alapegységen kívül kell még mértékegység a hőmérséklet megjelölésére, a fotometria számára és anyagmennyiség megadása céljából.

A hőmérséklet egységéül a *kelvint* választották, a víz hármaspontjának a termodinamikai skálán mért hőmérsékletének 273,16-ad részét. A Celsius-skála továbbra is használható; a °C-ban mért *t*

hőmérséklet a kelvinben mért T hőmérsékletből a $t=T-273{,}15$ szerint számítandó ki; a Celsius-skála zérus pontja ugyanis nem esik egybe a víz hármaspontjának hőmérsékletével.

Fotometriai alapegységnek a fényerősség egységét, a *candelát* választották; ezt az egységet már korábban, még a második világháború előtt definiálták a platina olvadáspontjának hőmérsékletén levő fekete testből pontosan körülírt körülmények között kisugárzó fény mennyiségeként.

Anyagmennyiség egységeként 1971-ben a 14. Mérésügyi Általános Konferencia a *mol*-t jelölte ki; ez az egység régóta ismeretes.

Amint az 1971. évi konferencia még egy kiegészítést határozott el, hogy teljesebbé tegye az 1954-ben alkotott rendszert; az SI tehát az eredeti alakjában nem valami megváltoztathatatlan, megkövesedett rendszer, annak tökéletesítése még tovább folytatódik. Olyan kiegészítéseket, amelyek az SI lényegét nem érintik, az ISO, valamint az EGK, KGST államok szabványosító szervezetei is kezdeményezhetnek és kezdeményeznek is.

Az SI bevezetésének következményei a technikában

Az alapegységek történetéből arra következtethetünk, hogy az SI általános bevezetése a technikában nagyobb változást fog okozni, mint a természettudományokban, a műszakiakra tehát nagyobb terhet fog róni, mint a természettudományok művelőire. Ennek oka elsősorban két fontos fogalom egységében bekövetkező változás, két olyan fogalomében, amelyekre a metallurgiában és a fémtanban igen gyakran van szükségünk. Ez a két fogalom az *erő* és az *energia* vagy munka.

A műszaki életben főképpen a következő nehézségre kell számítanunk. Az erő az SI-ben nem alapmennyiség, egysége származtatott egység; az erő koherens SI-egysége a *newton*, az az erő, amely 1 kg tömeget 1 m/s² gyorsulással mozgat: $1\ N=1\ kg\cdot m/s^2$; az eddig használt erő egység, a kp, egy kg tömegnek és a 9,81 m/s² nehézségi gyorsulásnak a szorzata. *Egy kp tehát* $9{,}81\ kg\cdot m/s^2=9{,}86\ N$. Ennek a változásnak az lesz a következménye — többek között —, hogy valamennyi feszültség érték, például a szerkezeti anyagaink folyási határa, szilárdsága megközelítően egy nagyságrenddel nagyobb számértékkel fog szerepelni. A lágy acél szilárdsága a megszokott mintegy 35 kp/mm² helyett 350 N/mm².

Ha szigorúan ragaszkodnunk kellene a koherens egységekhez, a változás még sokkal nagyobb arányú volna. A feszültség koherens egysége ugyanis N/m², ez pedig nagyon kicsiny érték: $1\ N/m^2=9{,}81.10^{-6}$ kp/mm², a lágy acél szilárdsága koherens egységben tehát mintegy 350.10^6 N/m² volna. A nagyon kicsiny vagy túlságosan nagy koherens egységek helyett azonban azok decimális többszörösei is használhatók: a decimális szorzók 10-nek olyan hatványai, amelyeknek kitevője 3 vagy annak többszöröse 12-től—18-ig. A feszültség egységeként tehát használható a $10^6\ N/m^2=1\ MN/m^2=1\ N/mm^2$. Az irodalomban ez a két érték máris megjelent a feszültség egységeként; a megközelítően egy nagyságrendi különbség a megszokott számértékekhez képest azonban mindenképpen megmarad.

Azt a kívánságot, hogy az anyagok tulajdonságait jelentő számértékek lehetőleg ne változzanak meg, bizonyos mértékig tiszteletben iparkodnak tartani. A gyakran használt és a műszaki szakemberek emlékezetébe mélyen bevésődött Brinell- és Vickers-keménység értékekre vonatkozó javaslat ezt bizonyítja. Ezeket a keménység értékeket eddig a kp-ban mért erőnek és a nyom felszínének hányadosaként, kp/mm² egységekben fejeztük ki. A jövőben a nyomot létesítő erőt is N-ban kell mérnünk, mihelyt az ilyen erőmérővel felszerelt gépek a piacon és a laboratóriumokban megjelennek; ennek következtében a keménység értékeit egy nagyságrenddel nagyobb szám fejezné ki. Furcsának tűnnék, hogy a lágy acél keménységét 1000, az edzett acélét pedig 10 000 nagyságrendű számmal kellene megadnunk. Ezért az a javaslat, hogy az erőt N-ban mérjük ugyan, de a keménység értékének kiszámításakor osszuk el 9,81-gyel. Így a számérték nem változik, de a kp/mm² egység az SI szabályai értelmében nem használható, ezért egyszerűen el kell hagyni; a jövőben a *Brinell- és Vickers-keménység nevezetlen számként irandó*, például HB vagy HV = 200.

Gázok és folyadékok nyomásának mértékegysége az SI-ben a Pascal, az 1 Pa = 1 N/m² szintén nagyon kicsiny egység. Az eddig használt egységek, a technikai atmoszféra 1 at = 1 kp/cm² = 98 066,5 Pa és a fizikai atmoszféra 1 atm = 760 torr = 101 325 Pa, tehát mindkettő megközelítően 10^5 Pa. A 10^5 szorzó azonban az SI-ben nem használatos; a javasolt egységek, a 10^3 Pa = 1 kPa és a 10^6 Pa = 1 MPa a két, illetve egy nagyságrenddel különböznek az eddig használt, megszokott egységektől. Itt az a javaslat született, hogy SI-egységnek nem tekintendő 10^5 Pa = 1 bar fogalmat használjuk; ez az egység a kétféle atmoszféra értéktől csak egy-két százalékkal különbözik.

Hasonló nehézséget fog okozni a *munka*, energia SI-beli egységének, a *joule*nak általános elterjedése; erre a célra a metallurgiában, termodinamikában eddig a cal, a mechanikában, tehát az anyagvizsgálatban is a m.kp volt használatos. Az utóbbinak J-ra való átszámítása a számértéknek kereken egy nagyságrendnyi növekedését okozza, mert 1 J = 1 N.m, vagyis 1 m.kp = 9,81 N.m = 9,81 J. A cal átszámítása azonban a régitől teljesen különböző számértéket ad, lévén 1 cal = 4,1868 J. Valószínűen eltelik néhány év, amíg megszokjuk, hogy például a vas olvadáshője 274 J/g vagy 1530 J/mol, a fajhője pedig 0,5 J/(g.K).

Ezek az előre látható nehézségek nem olyan súlyosak, amilyennek most látszanak és talán nem is lesznek hosszú életűek. Az SI bevezetése és általános használata viszont a technika számára olyan előnyöket is tartogat, amelyeket bízvást többre értékelhetünk, mint a nehézségeket. Az előnyök közül első helyen említendő, a természettudományok és a technika mértékegység-rendszerének közös volta. Mostanában a természettudományok, elsősorban a fizika és a technika határvonala mind jobban elmosódik, ezért nagyon is

kívánatos, hogy a két tudományterületen dolgozók közös nyelven beszéljenek.

Másik hasznos következmény az lesz, hogy a fizikai mennyiségek közt fennálló összefüggéseket az SI koherens egységeivel egyszerűbben önthetjük matematikai formába. Nagyon sok egyenletünkben szerepel olyan számérték, amely csupán az egyenletben szereplő mennyiségeknek kellően össze nem hangolt mértékegységei miatt szükséges átszámítás céljából kell. Ha egy egyenletben minden mennyiséget SI-egységekben helyettesítünk be, akkor az eredményt átszámítás nélkül koherens egységekben kapjuk; az SI megalkotásának egyik célja éppen az volt, hogy sokféle nem koherens egység használatának végét vesse és feleslegessé tegye az emiatt szükséges átszámítást.

A mondottak megvilágítása céljából két példát mutatok be. Az egyenletesen gyorsuló mozgás egyenlete

$$a = 0{,}5\, a \cdot t^2$$

Ha ebbe az egyenletbe az a gyorsulás értékét m/s^2, a t időt az s egységekben helyettesítjük be, az s utat m-ben kapjuk minden átszámítás nélkül. Ha viszont a t időt percekben számítjuk, az s utat pedig km-ben akarjuk kapni, az a gyorsulás egységén nem változtatunk, akkor az egyenlet kibővül a $60^2/1000$ értékű szorzóval:

$$s = 0{,}5 \cdot 3{,}6 \cdot a \cdot t^2$$

A 0,5 tényező integrálásból származik, nem átszámító faktor.

A villamosságtanból vett másik példa azt mutatja be, hogy az SI egységei az anyagok tulajdonságairól alkotott képünket egyszerűbbé, áttekinthetőbbé teszi. Ferromágneses anyagok minőségét többek között két olyan mérőszámmal is jellemezzük, amely a térfogat egységére vonatkoztatott energiát jelent. Egyikük az átmágnesezéskor érvényesülő hiszterézis, ezt erg/cm^3-ben mérjük, a másik pedig a permanens mágnesanyagok teljesítmény szorzata, amelyet GOe-ben fejezünk ki. Az ilyen egységekben kifejezett adatokat egymással nem mérhetjük össze. Számítsuk át a két mértékegységet SI-egységekre. A hiszterézis egysége

$$1\ erg/cm^3 = 10^{-7}\ J/cm^3 = 0{,}1\ J/m^3$$

a teljesítmény szorzat egysége pedig, minthogy

$$1G = 10^{-4}\, T = 10^{-4}\ kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$$

$$\text{és } 1\ Oe = \frac{1000}{4\pi}\ A \cdot m^{-1} = 80\ A \cdot m^{-1}$$

$$1\ GOe = 80 \cdot 10^{-4}\ kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$$

Ha az utóbbi értéket m^3/m^3-rel megszorozzuk:

$$1\ GOe = 80 \cdot 10^{-4}\ kg \cdot m^2 \cdot s^2 \cdot m^{-3} = 80 \cdot 10^{-4}\ J/m^3$$

ugyanaz az egység, mint a hiszterézisé. Az SI egységeiben kifejezve, az egyforma értelmű fogalmak, mennyiségek mértékegysége tehát ugyanaz.

Azokat a nehézségeket, amelyekre az SI bevezetésének következményeként számíthatunk, nyilván azok a műszaki szakemberek fogják jobban érezni, akik sokéves vagy évtizedes tevékenységük során hozzászoktak a régi mértékegységekben kifejezett számértékekhez, a kp/mm^2-ben mért szilárdság értékekhez, a cal-ban mért energiaértékekhez, A fiatal szakemberek, akiknek erre még nem volt idejük, könnyebben megbirkóznak az említett nehézségekkel, esetleg észre sem veszik azokat, ha például a szakmai képzésüket már az SI szellemében és mértékegységeivel készített tananyag alakjában kapják meg. Ebből következik, hogy a műszaki egyetemek tankönyveit, jegyzeteit minél előbb át kell dolgozni. Elismerem, hogy ez nagy munka, de megéri a fáradságot, ezenkívül pedig most már törvényes kötelezettség is. A szabványokban a régi mértékegységek 1975. jan. 1-ig, egyéb kiadványokban 1980. jan. 1-ig. használhatók ugyan, mégis azt kell szem előtt tartanunk, hogy a már hatályos 4900—70 sz. MSZ szerint: „A szabvány hatálya kiterjed minden magyar nyelvű sokszorosított vagy nyomtatott kiadványra."

IRODALOM

[1] Magyar Szabványügyi Hivatal: MSZ 4900—70: Fizikai mennyiségek neve, jele és mértékegysége.

[2] *Dukáti F.:* A nemzetközi mértékegység-rendszer (SI) bevezetése. Szabványosítás *24* (1972) 334.

[3] *Genscher, K.:* Mit jelent a newtonnak, mint az erő egységének bevezetése a Brinell-, Rockwell- és Vickers-Keménységmérés szempontjából. Materialprüf. *13* (1971) 199.

[4] *Mitter, W.:* A mértékegységek nemzetközi rendszerének bevezetéséhez. Berg- u. Hüttenm. Monatsh. *117* (1972) 235.

[5] *Smith, F. J.:* Kilogramm etalonok. Platinum Metals Review *17* (1973) 66.

VÁLYI PÉTER

Mély megrendüléssel értesültünk, hogy a Lenin Kohászati Művekben tett látogatása során Vályi Péter okl. vegyészmérnök, a Minisztertanács elnökhelyettese, az MSZMP Központi Bizottságának tagja, szept. 15-én az acélmű öntőcsarnokában súlyos balesetet szenvedett, majd szept. 18-án a súlyos égési sérülései következtében elhunyt.

*

Vályi Péter különféle nagyfontosságú állami vezetői beosztásaiban mindig szívügyének tekintette a magyar kohászat fejlesztését, értékes segítségét, támogatását ismételten tapasztaltuk és ezért kétszeresen fájdalmas az egész kohásztársadalom számára, hogy éppen egy acélműben érte világviszonylatban is szinte egyedülálló, súlyos, tragikus baleset.

A hengerlés sebességének felső határa hidegszalaghengersorokon

Dr. VOITH MÁRTON okl. kohómérnök, egyetemi adjunktus
Nehézipari Műszaki Egyetem Kohógéptani és Képlékenyalakítástani Tanszék, Miskolc

DK: 621.771.29 : 621.7.08/.09

A tanulmány a hidegszalag hengersorok hengerlési sebességének és a hengerrés rugalmas- és hőmérséklet változásából eredő alakváltozásának összefüggéseivel foglalkozik. Tárgyalja a sík húzóerő szerepét, valamint hengerlési sebesség és a szalagszakadás veszélye közötti összefüggést.

Hengersorok kapacitás-növelésének egyik legkézenfekvőbb módja a hengerlés sebességének növelése A sebesség növelése azonban számos gépészeti és technológiai feltételt követel meg.

Egy adott hidegszalagsoron pl. a hengerlési sebesség növekedésével a szalagszakadás gyakoribbá válik. A dolgozat célkitűzése, hogy összefüggést keressen a szalagszakadás és az alkalmazott hengerlési sebesség között, illetve ezt az összefüggést matematikailag leírja, majd kísérletileg ellenőrizze.

Szalagok hideghengerlése jelentős húzó-, illetve fékezőerő alkalmazása mellett történik. A hengerelt szalag sík kifekvésének feltétele az, hogy a szalagban mindenütt húzófeszültség legyen (*1. ábra*).

$$\sigma_{hú} = \sigma_{hú,\,átl} \pm \Delta\sigma \geqq 0,$$

ahol a $Z_{hú}$ húzóerőből kiszámítható átlagos

$$\sigma_{hú,\,átl} = \frac{Z_{hú}}{A_2}$$

húzófeszültségre az egyenlőtlen alakváltozás miatt rászuperponálódik egy $\pm\Delta\sigma$ belső feszültség. Ahol $h_2 = h_{2,\,átl}$, ott $\Delta\sigma = 0$. A hengerrésben a fajlagos alakváltozás a szalag szélessége mentén a hengerek alakváltozása miatt nem állandó. A fajlagos magasságcsökkenés-különbség az 1. ábra jelöléseivel:

$$\Delta\varepsilon = \frac{|\, h_2 - h_{2,\,átl} \,|}{h_{2,\,átl}}.$$

A hengerrés-változás csak akkora lehet, hogy a sík szalagkifekvés biztosításához szükséges húzófeszültség a szalagban csak rugalmas alakváltozást okozzon. (A folyáshatárt megközelítő feszültség méretcsökkenést, illetve szakadást okoz.) Ekkor pedig érvényes a Hooke-törvény:

$$\Delta\sigma_{hú} = E \cdot \Delta\varepsilon$$

Optimális esetben a szalag sík kifekvéséhez az *1a ábra* szerinti hengerrés mellett a szélső szálakban a húzófeszültség zérus, a középső szálban pedig maximális (az *1b* ábra esetén pedig fordítva):

$$\sigma_{hú,\,max} = |+\Delta_{hú,\,max}| + |-\Delta\sigma_{hú,\,max}| =$$

$$= E \cdot \frac{|\, h_{2\,max} - h_{2\,min} \,|}{h_{2,\,átl}} = E \cdot \frac{\delta h_{2\,max}}{h_{2,\,átl}},$$

mivel

$$+\Delta\sigma_{hú,\,max} = E \cdot \frac{|\, h_{2\,max} - h_{2,\,átl} \,|}{h_{2,\,átl}}$$

és

$$-\Delta\sigma_{hú\,max} = E \cdot \frac{|\, h_{2,\,átl} - h_{2\,min} \,|}{h_{2,\,átl}}.$$

Az optimális feszültségeloszláshoz tartozó $Z_{hú}$ erőnél nagyobb húzóerő pl. az 1a ábra szerinti hengerrés esetén a szélső szálban feltétlenül húzófeszültséget létesít, azonban a középső szálban jelentkező feszültség-csúcsot szükségtelenül megnöveli (1a ábra szaggatott vonala).

A helyileg fellépő maximális húzófeszültségnek a szalagszakadás veszélye korlátot szab:

$$\sigma_{hú,\,max} = \psi \cdot k_{f2},$$

ahol $\psi = 0{,}75$ biztonsági tényező.

A legnagyobb eredő hengerrés-különbség abszolút értéke behelyettesítések után, adott $h_{2,\,átl} = h_{2\,névl}$ szalagméret esetén:

$$\delta h_{2,\,max} = |\, h_{2,\,max} - h_{2\,min} \,| = \frac{\psi \cdot k_{f2} \cdot h_{2,\,átl}}{E} \qquad (1)$$

A δh_2 eredő hengerrés-változás az alapdomboríts mellett a hengerek rugalmas alakváltozásából és a hő okozta alakváltozás összegéből alakul ki.

A rugalmas alakváltozásból származó hengerrés-változás

A korszerű kvartó hideghengerállványok támhengerátmérője többszöröse a munkahengerekének, ezért a behajlásból származó hengerrés-változás elhanyagolható a rugalmas belapulás mellett.

A hengerlési erő hatására a munkahenger a szalaggal való érintkezési ív helyén, illetve a támhengerrel való érintkezés helyén is belapul. A belapulás miatt a nyomott ív hossza megnő (*2. ábra*) [3]:

$$l'_d = \sqrt{r \cdot \Delta h} + 2{,}35 \cdot \frac{r}{E} \cdot k_k,$$

ahol a közepes alakítási ellenállás [2]:

$$k_k = k_{fk} \cdot \left(1 + C \cdot \mu \cdot \frac{l_d}{h_k}\right) - \frac{\sigma_{hú,\,átl} + \sigma_{fék,\,átl}}{2} \qquad (2)$$

A r sugarú munka-,illetve az R sugarú támhenger a hengerlési erő hatására l^* hosszúságú egyenes mentén fog egymással érintkezni [3]:

$$l^* = 2{,}15 \cdot \sqrt{\frac{k_k \cdot l'_d \cdot D_{köz}}{2 \cdot E}},$$

ahol

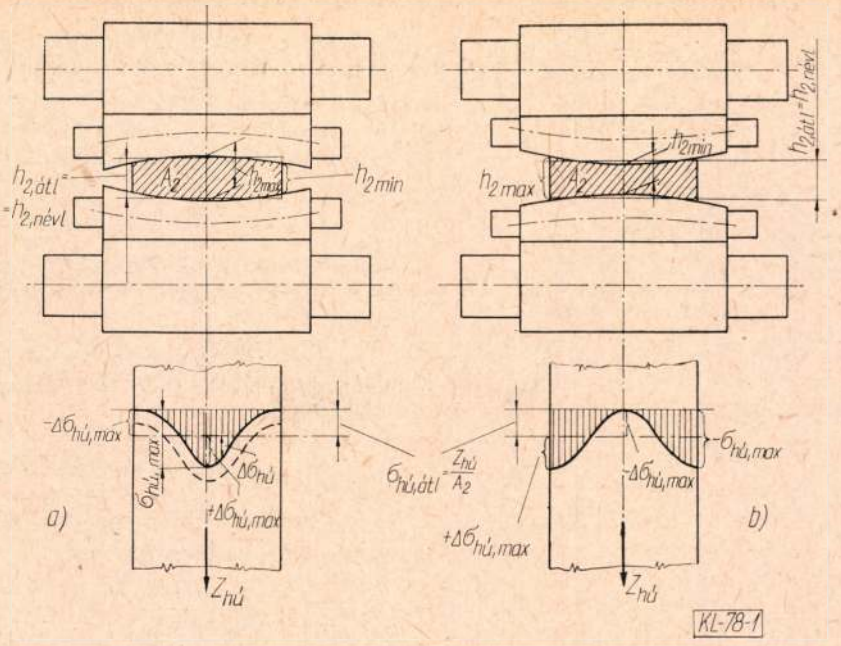
$$D_{köz} = \frac{4Rr}{R + r}.$$

A hengerek érintkezési helyén a rugalmas benyomódás mélysége [3]:

$$h^* = \left(\frac{2{,}15}{2}\right)^2 \cdot \frac{k_k \cdot l'_d}{E}.$$

A rugalmas belapulás hatására bekövetkező hengerrés-növekedés a két-két henger közötti, egyenként $2h^*$ belepulásnak, valamint a szalag és a munkahenger közötti belapulás kétszeresének az összege. Ha ez utóbbit oldalanként $(1/2\ h^*)$-ra becsüljük, a teljes hengerrés-változás:

$$\Delta h_2 \approx (2 \cdot 2h^*) + \left(2 \cdot \frac{1}{2} \cdot h^*\right) = 5h^*,$$



1. ábra. Feszültség-eloszlás a hengerrésből kilépő szalagban

illetve az acél rugalmassági moduluszát ($E = 21 \cdot 10^3$ kp/mm²) behelyettesítve:

$$\Delta h_2 = 2{,}75 \cdot 10^{-4} \cdot k_k \cdot l'_d \quad [\text{mm}],$$

ahol:

$$k_k \quad [\text{kp/mm}^2] \quad \text{és} \quad l'_d \quad [\text{mm}].$$

Mind az l'_d és l^* belapulás, mind a h^* benyomódás a hengerpalást szélessége (szalagszélesség) mentén változó, mivel k_k is változik a szélesség mentén, a σ_{hu} és $\sigma_{fék}$ egyenlőtlen megoszlása miatt.

A nyomófeszültség megoszlását a nyomott felületen, az utóbbi időben számos kutató vizsgálta.

A munkahengerbe az alkotó mentén több, kis átmérőjű erőmérőtestet (ún. stiftet) építettek be, amelyekkel a nyomófeszültségek (alakítási ellenállás) megoszlását az elfordulási szög, azaz a nyomott ívhossz függvényében mérni és regisztrálni lehet [4; 5] (*3. ábra*).

A hengerek különböző nagyságú rugalmas belapulása miatt a hengerrés-változás a szalag közepén, illetve a szélein érvényes alakítási ellenállás függvénye:

$$\delta h_{2,\,\text{rug}} = |\, \Delta h_2^{\text{közép}} - \Delta h_2^{\text{szél}} \,| =$$

$$= 2{,}75 \cdot 10^{-4} \cdot (k_k^{\text{közép}} \cdot l_d'^{\,\text{közép}} - k_k^{\text{szél}} \cdot l_d'^{\,\text{szél}}) \qquad (3)$$

A (3) egyenlet tovább egyszerűsíthető, mivel a szalag széle és a közepe között az alakítási ellenállás-különbség sokkal nagyobb, mint a nyomott ívhosszak eltérése. Ezért l'_d a (3) egyenlet zárójeles kifejezéséből kiemelhető:

$$\delta h_{2\,\text{rug}} = 2{,}75 \cdot 10^{-4} \cdot l'_d \cdot (k_k^{\text{közép}} - k_k^{\text{szél}}) \qquad (3/\text{a})$$

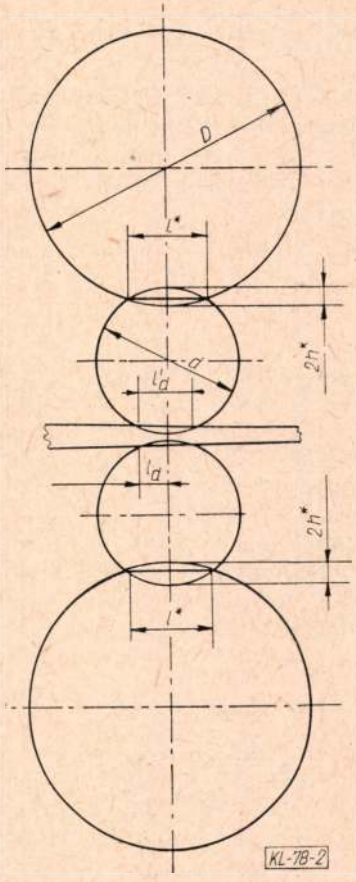
A hőmérséklet hatására bekövetkező hengerrés-változás

A munkahenger t_0 hőmérsékletre előmelegítve kerül beépítésre a hengerállványba. Hengerlés közben a felületén keresztül behatoló hőmennyiség a homogén t_0 kezdeti hőmérsékletű hengertest keresztmetszetében exponenciális hőmérséklet-eloszlást hoz létre (*4. ábra*). A henger átmérőjének a hőtágulás hatására bekövetkező méretváltozása a keresztmetszet átlagos hőmérsékletváltozásának a függvénye:

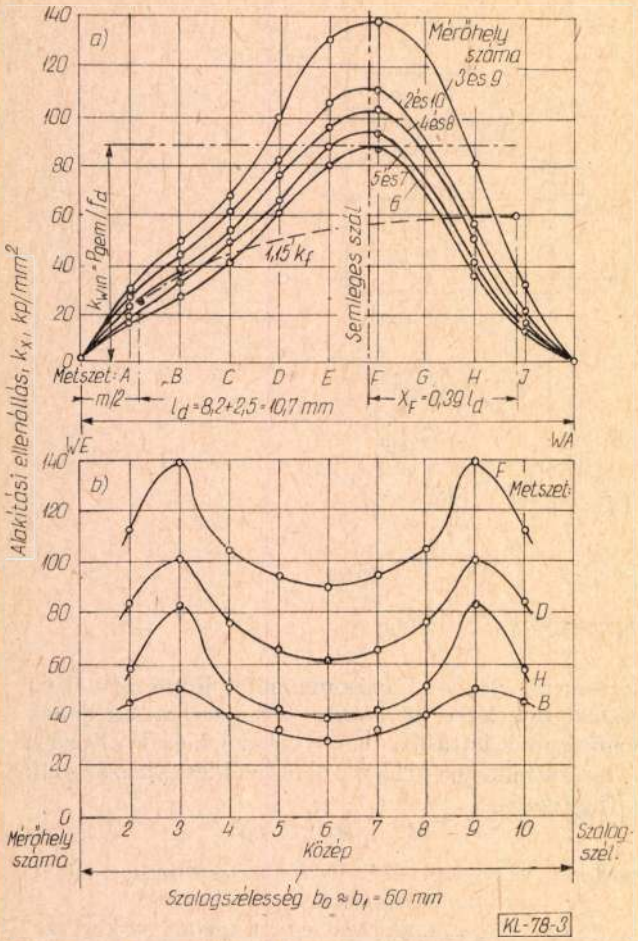
$$\Delta d = \alpha \cdot d (t_{\text{átl}} - t_0) \qquad (4)$$

ahol $\alpha = (11 \ldots 14) \cdot 10^{-3} 1/°\text{C}]$ az acélhengerek lineáris hőtágulási együtthatója,

$t_{\text{átl}}$ [°C] a hengertest egy tetszőleges keresztmetszetének átlagos hőmérséklete.



2. ábra. A munka- és a támhengerek belapulása



3. ábra. Az alakítási ellenállás mért megoszlása a nyomott ív (a ábra) és a szalagszélesség (b ábra) mentén, C 10 acél 20%-os fogyással való hideghengerlésekor

A hengertest egy tetszőleges keresztmetszetének átlagos hőmérséklete a hőmérséklet-megoszlást leíró exponenciális görbe alatti terület átlagos magassága. Az átlagos hőmérséklet a 4. ábra szerint lineáris közelítéssel:

$$t_{átl} = \frac{1}{r} \cdot \left[r \cdot t_0 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot (t_{fel} - t_0) \right] =$$

$$= t_0 + \frac{m}{d} \cdot (t_{fel} - t_0) \qquad (5)$$

ahol m a hőmennyiség behatolási mélysége ($m < r$, különben a hengerrés instabilissá válik).

Az utóbbi egyenletben két ismeretlen (m és t_{fel}) szerepel. A további számítás előtt ezek értékét meg kell határozni.

A henger felületi hőmérséklete

A henger felületének hőmérsékletét a hengertestbe behatoló hőmennyiség, valamint a hűtéssel elvont hőmennyiség egyenlőségéből lehet kiszámítani:

$$\xi \cdot \dot{Q}_{súrl} = \alpha_{heng\text{-}em} \cdot A_h \cdot (t_{fel} - t_{em}) \quad \left[\frac{kkal}{s} \right] \qquad (6)$$

ahol A_h [m²] a munkahenger emulzióval hűtött felülete ($A_h = d\pi b^*$),

$\alpha_{heng\text{-}em}$ ≈0,5...1,0 [kkal/m², s, °C] hőátadási tényező a henger és az emulzió között [1],

t_{em} [°C] az emulzió hőmérséklete.

A hengertestet a henger és a darab felületi elemeinek relatív elmozdulásából keletkező hőmennyiség melegíti. A Kohógéptani és Képlékenyalakítástani Tanszék kísérleti mérései [1] szerint a felületi súrlódási munkából keletkező hőmennyiségnek

$$0{,}5 \leqq \xi \leqq 1{,}0$$

hányada jut a hengertestbe, a többi az emulziót és a kifutó szalagot, valamint a környezetet melegíti.

A felületi súrlódás munkájából az időegység alatt keletkező hőmennyiség (egy hengertestre vonatkozóan):

$$\dot{Q}_{súrl} = \frac{1}{427} \cdot \mu \cdot F \cdot v_{rel,köz} \quad \left[\frac{kkal}{s} \right].$$

A közepes relatív csúszási sebesség az *5. ábra* szerint, ha az előresietést figyelmen kívül hagyjuk:

$$v_{rel,köz} \approx \frac{1}{2} \cdot v_{rel,\,max} = \frac{V \cdot \varepsilon}{2},$$

mivel

$$v_{rel,max} = v_2 - v_1 = v_2 \cdot \left(1 - \frac{h_2}{h_1} \right) = v_2 \cdot \varepsilon \cong v \cdot \varepsilon.$$

A hőegyensúlyra vonatkozó (6) egyenlet rendezése után a hengerfelület hőmérséklete:

$$t_{fel} = t_{em} + \frac{\xi \cdot \dot{Q}_{súrl}}{\alpha_{heng\text{-}em} \cdot A_h} =$$

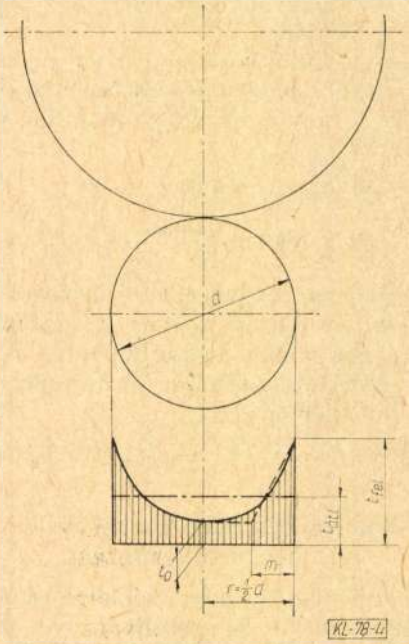
$$= t_{em} + \frac{\xi \cdot \mu \cdot k_k \cdot b \cdot l'_d \cdot v \cdot \varepsilon}{2 \cdot 427 \cdot \alpha_{heng\text{-}em} \cdot A_h} \quad [°C] \qquad (7)$$

mivel a hengerlési erő:

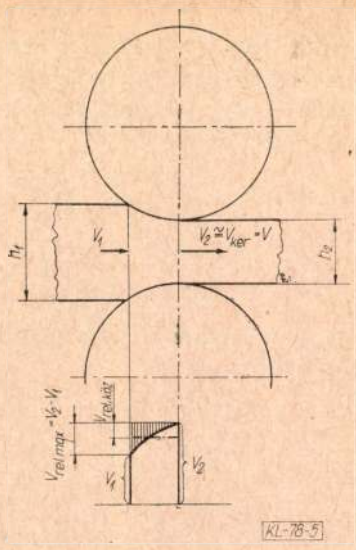
$$F = k_k \cdot b \cdot l'_d \quad [kp].$$

Behatolási mélység

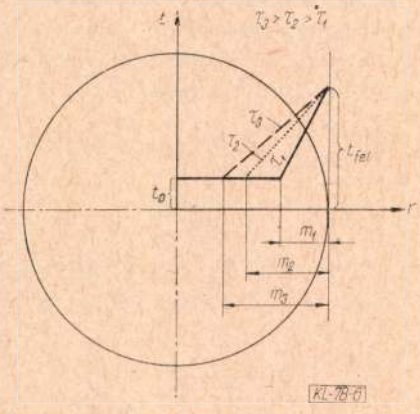
A hengertestben kialakuló hőmérsékletmegoszlás az idő függvényében változik (*6. ábra*). Az exponenciális hőmérséklet-görbéket egyenesekkel helyettesítve, definiálhatunk egy tetszőleges



4. ábra. Hőmérséklet-megoszlás a munkahenger egy tetszőleges keresztmetszetében



5. ábra. A felületi súrlódási munka hőegyenértéke



6. ábra. A hengertestben kialakuló hőmérséklet-megoszlás különböző időpillanatokban

τ időhöz tartozó m behatolási mélységet, ami azt a távolságot jelenti, ahol a hőmérséklet az előmelegítési (t_0) hőmérsékletre csökken. Az m rétegvastagságú „cső" Δt-vel való felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség, valamint a hőveztéssel a hengertestbe beáramló hőmennyiség egyenlőségéből a behatolási mélység kiszámítható.

A henger külső, m falvastagságú csőszerű részének felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség:

$$W = c \cdot G \cdot \Delta t = c \cdot \Delta t[(D-m) \cdot \pi \cdot m \cdot b \cdot \gamma] \quad (8)$$

Ez a hőmennyiség a Δt hőfeszültség hatására τ idő alatt a hengertestbe áramlik. A hengertestbe áramló hőmennyiség Newton törvénye értelmében

$$W = \lambda \cdot \frac{\Delta t}{m} \cdot A_{\text{köz}} \cdot \tau = \lambda \cdot \frac{\Delta t}{m} \cdot (D-m) \cdot \pi \cdot b \cdot \tau \quad (9)$$

mivel az m falvastagságú „cső" középvonalának felszíne:

$$A_{\text{köz}} = (D-m) \cdot \pi \cdot b$$

A (8) és (9) egyenletek egyenlőségéből a τ időhöz tartozó behatolási mélység:

$$m = \sqrt{\frac{\lambda \cdot \tau}{c \cdot \gamma}} = C_1 \cdot \sqrt{\tau} \quad [\text{m}] \quad (10)$$

ahol τ [s] a szúrás időtartama,
c [kkal/kp, °C] a hengerelt szalag anyagának fajhője (Al: 0,22; acél: 0,115)
λ [kkal/kp, s, °C] a hengerelt szalag anyagának hővezetőképessége (Al: 0,055; acél: 0,008)
γ [kp/m^3] a hengerelt anyag fajsúlya (Al: 2600; acél: 7800).

A fizikai állandókból kiszámítható C_1 konstans acélszalagra.

$$C_1 = 3{,}05 \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^{1/2}}\right],$$

alumíniumszalagra:

$$C_1 = 10^{-2} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^{1/2}}\right].$$

A hőmérséklet hatására bekövetkező hengerrés-változás

A henger egyes keresztmetszeteiben az átlagos hőmérséklet nem azonos, ezért a (4) egyenlet szerint a hengertest hőtágulása a szalagszélesség mentén különböző. A hőmérséklet-változás hatására bekövetkező hengerrés-változás (*7. ábra*):

$$|\delta h_{2,\text{hőm}} = |\, h_2^{\text{közép}} - h_2^{\text{szél}}| = 2 \cdot |\, \Delta d^{\text{közép}} - \Delta d^{\text{szél}}\,| =$$

$$= 2 \cdot \alpha \cdot d \cdot |\, t_{\text{átl}}^{\text{közép}} - t_0^{\text{közép}} - t_{\text{átl}}^{\text{szél}} + t_0^{\text{szél}}\,| \quad [\text{mm}] \quad (11)$$

ahol a kettes szorzóval azt vesszük figyelembe, hogy a támhenger alkotója megközelítőleg egyenes marad, mert $D \gg d$. Másrészről viszont, mivel a behatolási mélység kicsi ($m < r$):

$$t_0^{\text{szél}} = t_0^{\text{közép}},$$

tehát

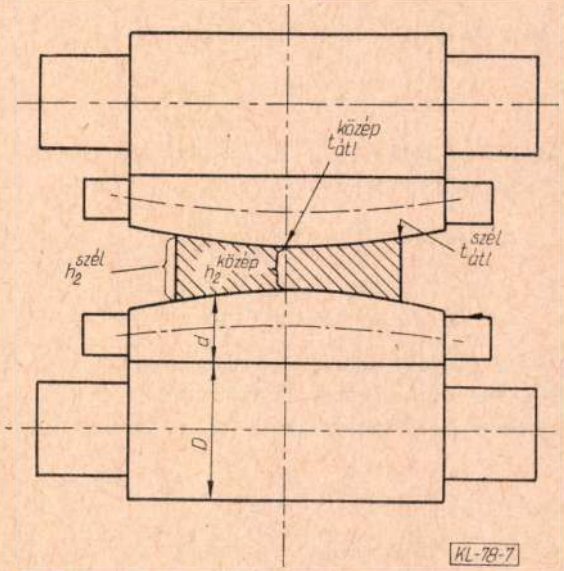
$$\delta h_{2,\text{hőm}} = 2 \cdot \alpha \cdot d \cdot |\, t_{\text{átl}}^{\text{közép}} - t_{\text{átl}}^{\text{szél}} \quad [\text{mm}] \quad (12)$$

Az egyes hengerkeresztmetszetek átlagos hőmérsékletét kifejező (5) egyenletet behelyettesítve a (12) egyenletbe, a hőmérséklet-változás hatására bekövetkező hengerrés-változás:

$$\delta h_{2,\text{hőm}} =$$

$$= C_2 \cdot \frac{b}{b^*} \cdot \sqrt{\tau} \cdot \mu \cdot v \cdot \varepsilon \cdot \frac{l_d'}{d} \cdot (k_k^{\text{közép}} - k_k^{\text{szél}}) \; [\text{mm}] \quad (13)$$

$$C_2 = \frac{\alpha \cdot \xi \cdot C_1}{427 \cdot \alpha_{\text{heng-em}} \cdot \pi} \left[\frac{s^{1/2} \cdot \text{mm}^2}{\text{kp}}\right]$$



7. ábra. A hőmérséklet-változás hatására bekövetkező hengerrés-változás

Al anyagú szalag hengerlésekor:

$$C_2 = 0{,}83 \cdot 10^{-4} \; \frac{s^{1/2} \cdot \text{mm}^2}{\text{kp}}$$

Acélszalagok hengerlésekor:

$$C_2 = 0{,}25 \cdot 10^{-4} \; \frac{s^{1/2} \cdot \text{mm}^2}{\text{kp}}$$

A (13) egyenletbe τ [s]; v [m/s]; l'_d [mm], d [m] k_k pedig [kp/mm^2] dimenzióban helyettesítendő.

Eredő hengerrés-változás

Az eredő legnagyobb hengerrés-változás a rugalmas alakváltozás és a hőtágulás előjelhelyes összege. Al-anyagú szalagok hengerlésekor:

$$\delta h_2 = \delta h_{2,\text{rug}} - \delta h_{2,\text{hőm}} =$$

$$= 2{,}75 \cdot 10^{-4} \cdot l'_d \cdot \left(1 - 0{,}3 \cdot \frac{b}{b^*} \cdot \sqrt{\tau} \cdot \mu \cdot v \cdot \varepsilon \cdot \frac{1}{d}\right) \cdot$$

$$\cdot (k_k^{\text{közép}} - k_k^{\text{szél}}) \quad [\text{mm}] \qquad (14)$$

Acélszalag hengerlésekor 0,30 helyett az együttható számértéke: 0,09.

Hengerrés-változás végső soron azért alakul ki, mert a k_k a hengerelt szalag szélessége mentén nem azonos. Az alakítási ellenállás szélességmenti változása elsősorban a húzófeszültségek intenzitásának megváltozásától függ. A *8. ábra* szerint a kifutó szalagban elképzelhető legkedvezőtlenebb húzófeszültségmegoszlás, ha a kifutó szalag középen vastagabb:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_{\text{hú}}^{\text{szél}} &= 0 \\ \sigma_{\text{hú}}^{\text{közép}} &= \psi \cdot k_{f_2} \end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

illetve ha a szalag szélei a vastagabbak:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_{\text{hú}}^{\text{szél}} &= \psi \cdot k_{f2} \\ \sigma_{\text{hú}}^{\text{közép}} &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

Egyenletes, de maximális fékezést feltételezve:

$$\sigma_{\text{fék}}^{\text{szél}} = \sigma_{\text{fék}}^{\text{közép}} = \psi \cdot k_{f1} \qquad (17)$$

A húzófeszültségek szélső értékeit figyelembe véve, a (14) egyenlet:

$$\delta_{2,\max} = 2{,}75 \cdot 10^{-4} \cdot l'_d \cdot \left(1 - 0{,}3 \cdot \frac{b}{b^*} \cdot \sqrt{\tau} \cdot \mu \cdot v \cdot \varepsilon \cdot \frac{1}{d}\right) \cdot$$

$$\cdot \frac{\psi \cdot k_{f2}}{2} \quad [\text{mm}] \qquad (18)$$

A (18) egyenletet az (1) egyenlettel összevetve, a szalagszakadás elkerülése miatt:

$$2{,}75 \cdot 10^{-4} \cdot l'_d \cdot \left(1 - 0{,}3 \cdot \frac{b}{b^*} \cdot \sqrt{\tau} \cdot \mu \cdot v \cdot \varepsilon \cdot \frac{1}{d}\right) \cdot$$

$$\cdot \frac{\psi \cdot k_{f2}}{2} = \frac{\psi \cdot k_{f2} \cdot h_{2,\text{névl}}}{E}, \qquad (19)$$

illetve az alumínium közepes $E = 7 \cdot 10^3$ kp/mm^2 rugalmassági moduluszát behelyettesítve, a hengerlési sebességet tartalmazó $(v \cdot \sqrt{\tau})$ szorzat kifejezhető:

$$v_{\max} \cdot \sqrt{\tau} = 3{,}35 \cdot d \cdot \frac{b^*}{b} \cdot \frac{1}{\mu \cdot \varepsilon} \cdot \left(1 - \frac{h_{2,\text{névl}}}{l'_d}\right) \qquad (20)$$

A szúrásidő a szalaghosszakkal is kifejezhető:

$$\tau = \frac{l_2}{v} = \frac{\lambda \cdot l_1}{v} = \frac{l_1}{(1-\varepsilon) \cdot v} \qquad (21)$$

A sebességtől függő τ értékét (21. egyenlet) behelyettesítve a (20) egyenletbe, *alumínium szalagok* hideghengerlésekor megengedhető legnagyobb hengerlési sebesség kiszámítható:

$$v_{\max} = 11{,}3 \cdot \frac{d^2}{l_1} \cdot \left(\frac{b^*}{b}\right)^2 \cdot \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^2 \cdot \mu^2} \cdot$$

$$\left(1 - \frac{h_{2,\text{névl}}}{l'_d}\right)^2 \quad \left[\frac{\text{m}}{s}\right] \qquad (22)$$

ahol d és l_1 [m] dimenzióban helyettesítendő.

Tekintettel arra, hogy

$$\frac{h_{2,\text{névl}}}{l'_d} \ll 1,$$

jó közelítéssel:

$$\boxed{v_{\max} = 11{,}3 \cdot \frac{d^2}{l_1} \cdot \left(\frac{b^*}{b}\right)^2 \cdot \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^2 \cdot \mu^2} \quad \left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]} \qquad (22/\text{a})$$

Acélszalag hengerlésekor a C_2 együttható számértéke: 0,25. 10^{-4} [$s^{1/2}$ mm^2 kp^{-1}]. Ennek megfelelően a (19) egyenlet alakja:

$$2{,}75 \cdot 10^{-4} \cdot l'_d \cdot \left(1 - 0{,}09 \cdot \frac{b}{b^*} \cdot \sqrt{\tau} \cdot \mu \cdot v \cdot \varepsilon \cdot \frac{1}{d}\right) =$$

$$= \frac{2 \cdot h_{2,\text{névl}}}{E}, \qquad (23)$$

illetve az acél közepes $E = 2{,}1 \cdot 10^4$ [kp/mm^2] rugalmassági moduluszát behelyettesítve, a $(v\sqrt{\tau})$ szorzat:

$$v_{\max} \cdot \sqrt{\tau} = 11{,}1 \cdot d \cdot \frac{b^*}{b} \cdot \frac{1}{\mu \cdot \varepsilon} \cdot \left(1 - 0{,}35 \cdot \frac{h_{2,\text{névl}}}{l'_d}\right) \qquad (24)$$

A τ szúrásidő nagyságát a hengerlési sebesség függvényében a (21) egyenlettel már meghatároztuk. A (21) egyenletet a (24) egyenletbe behelyettesítve, *acél*szalagok hideghengerlésekor megengedhető legnagyobb hengerlési sebesség:

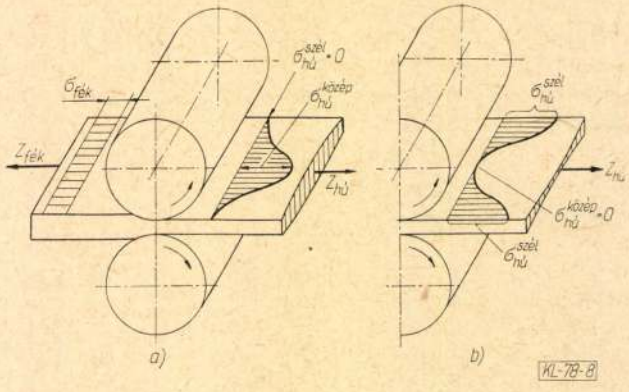
$$v_{\max} = 124 \cdot \left(\frac{b^*}{b}\right)^2 \cdot \frac{d^2}{l_1} \cdot \frac{1-\varepsilon}{\mu^2 \cdot \varepsilon^2} \cdot$$

$$\left(1 - 0{,}35 \cdot \frac{h_{2,\text{névl}}}{l'_d}\right)^2 \quad \left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right] \qquad (25)$$

ahol d és l_1 [m] dimenzióban helyettesítendő.

Tekintettel arra, hogy

$$0{,}35 \cdot \frac{h_{2,\text{névl}}}{l'_d} \ll 1,$$



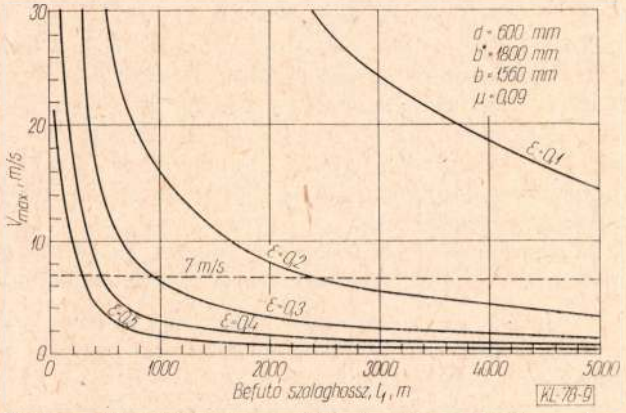
8. ábra. A húzófeszültség szélső értékei

közelítőleg:

$$v_{max} = 124 \cdot \left(\frac{b^*}{b}\right)^2 \cdot \frac{d^2}{l_1} \cdot \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^2 \cdot \mu^2} \quad \left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right] \qquad (2)5/a$$

Az eredmények ellenőrzése

Az *alumínium* szalagok hideghengerlésekor érvényes (22/a) egyenlettel meghatározott maximális hengerlési sebességeket a *9. ábrán* szemléltetjük $d = 600$ mm munkahengerátmérő, $b^* = 1800$ mm hengerszélesség, $b = 1560$ mm szalagszélesség, és $\mu = 00{,}9$ súrlódási tényező esetén (székesfehérvári adatok). A példaként választott hidegsor legnagyobb gépészeti sebessége 7,0 m/s, az alkalmazott fogyások pedig nem haladhatják meg a szúrásonkénti 30%-ot, ezért szúrástervkészítéskor a 9, ábra szerint csak $l_1 > 1000$ m szalagok hengerlésekor kell a szakadás veszélyét megvizsgálni.



9. ábra. Maximális hengerlési sebesség alumínium szalag hideghengerlésekor

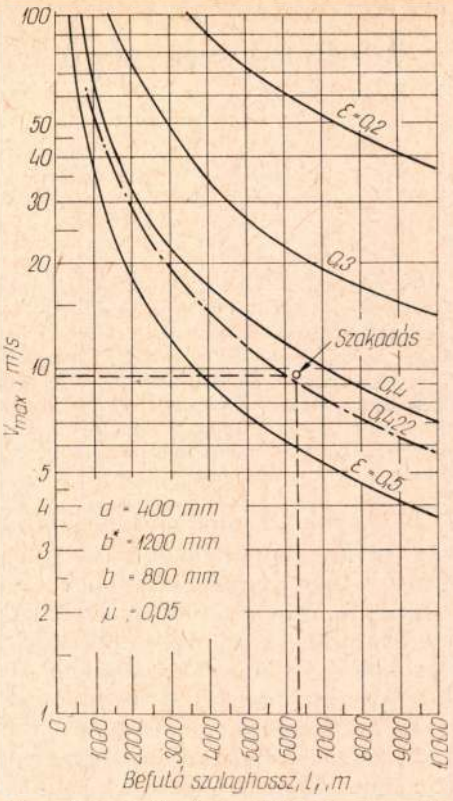
Az *acélszalagok* hengerlésére érvényes (25/a) egyenletet féllogaritmikus léptékben szerkesztett diagramon szemléltetjük (*10. ábra*), $d = 400$ mm munkahengerátmérő, $b^* = 1200$ mm hengerszélesség, $b = 800$ mm szalagszélesség és $\mu = 0{,}05$ súrlódási tényező esetén (dunaújvárosi adatok). Az ábrába berajzoltuk egy vizsgált szúrás v_{max} görbéjét is. A szúrás adatai:

$$h_1 = 0{,}38 \text{ mm}$$
$$h_2 = 0{,}22 \text{ mm}$$
$$\Delta h = 0{,}16 \text{ mm}$$
$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_1} = 42{,}2\,\%$$
$$l_1 = 6300 \text{ m}.$$

Ebben a szúrásban a (25/a) egyenlet szerint az $l_1 = 6300$ m befutó szalaghosszhoz $v_{max} = 9{,}1$ m/s tartozik. A Kohógéptani Tanszék [1] kísérleti mérései során ugyanezen szúrásban $v = 9{,}5$ m/s hengerlési sebesség alkalmazása esetén a szalag valóban elszakadt. A kísérletek során regisztrált paraméterek alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

— A szalag a hengerrésben, illetve közvetlenül utána szakadt, amit a húzófeszültség azonnali megszűnése jelez

— A húzófeszültség megszűnésének pillanatában a hengerlési erő ugrásszerűen kb. 1,5-szeresére növekszik.



10. ábra. Maximális hengerlési sebesség acélszalag hideghengerlésekor

— A szakadást megelőző másodpercekben a fékező feszültség erősen oszcillált és megnövekedett. Ezzel teljesen szinkronban a befutó szalag vastagságának hirtelen csökkenése figyelhető meg.

— A kifutó szalagban levő közepes húzófeszültség a szakadást megelőzően rendhagyó változást nem mutat.

— A hengerlés sebessége a szakadást megelőzően konstans volt (9,5 m/s).

Összefoglalás

Egy hidegszalag-hengersoron elérhető legnagyobb hengerlési sebesség — adott külső feltételek mellett — szoros összefüggésben van a hengerrés rugalmas- és a hőmérséklet-változásból eredő alakváltozásával, mivel a sík szalagkifekvés biztosításához alkalmazott húzóerő inhomogén feszültségmegoszlást eredményez. A dolgozat matematikailag megfogalmazza a hengerlési sebesség és a szalagszakadás veszélye közötti összefüggést mind acél-, mind alumíniumszalag hengerlésére, és a kapott összefüggéseket kísérletileg is ellenőrzi.

IRODALOM

[1] NME Kohógéptani és Képlékenyalakítástani Tanszék: A DV 1200-as kvartó hideghengersor alakítástechnológiai vizsgálata. Kutatási zárójelentés, 1969.

[2] *Geleji S.:* A fémek képlékeny alakításának elmélete Akadémiai Kiadó, Budapest, 1967.

[3] *Geleji, A.:* Bildsame Formgebung der Metalle Akademie Verlag, Berlin, 1967.

[4] *Vater, M.—Nebe, G.—Petersen, J.:* Über die Druckverteilung beim Kaltwalzen von Bändern mit und ohne Längszugspannungen Stahl und Eisen, 1966. S. 710.

[5] *Heller, W.—Polzin, R. R.—Wiegels, H.:* Zur Frage der experimentellen Ermittlung von Spannungsverteilungen bei der bildsamen Formgebung Bänder, Bleche, Rohre, 1971. S. 544.

A növelt sebességű hengerlés technológiájának néhány elvi kérdése

Dr. KISS ERVIN egyetemi tanár
Nehézipari Műszaki Egyetem, Kohógéptani és Képlékenyalakítástani Tanszék, Miskolc

DK: 621.771 : 621.8.03

Hengersorok kapacitásnövelésének leghatékonyabb módja a hengerlési sebességek fokozása. A sebesség sokoldalú kölcsönhatásban van a jellemző hengerlési paraméterekkel, így növelésének előfeltételeit és következményeit ismernünk kell. A dolgozat átfogó képet ad a sebesség fokozását korlátozó hatásokról, valamint a sebességhatás vizsgálatával kapcsolatos kísérletek néhány konkrét módszeréről és eredményéről is.

A ma korszerűnek mondható hengerlési technikát egy olyan fejlődési folyamat pillanatnyi „állapotának" tekinthetjük, amelynek múltját és jelenét ismerjük, jövőjét extrapolációkkal előrejelezni törekszünk. A további fejlődés „lehetőségeit" azokban a koncepciókban kell keressük, amelyek a jelenlegi hengerlési technika intenzifikálására és a termékek minőségének javítására irányulnak. Szakemberek körében gyakran felvetődik az a téma, hogy a jelenlegi hengerlési technológiák és berendezések fejlesztésének vonatkozásában vannak-e egyáltalán korlátok és ha igen, akkor azokat milyen műszaki és gazdasági feltételek determinálják. Napjaink és a közeli jövő legfontosabb kutatási témáit világszerte az újabb fejlesztési lehetőségek vizsgálata, és az objektív korlátozó tényezők elemzése képezi. A feladatok rendkívül sokrétűek és komplexek. Az alapvető célkitűzéseket azonban egyszerűen összegezhetjük: Gazdaságosabb termelés, nagyobb termelékenység, a hengerelt termék minőségi jellemzőinek további javítása mellett.

Ezeket a célkitűzéseket jól tükrözik a hengersorok fejlődésében megfigyelhető alábbi fő tendenciák:

— A termelékenység fokozását biztosítják a folyamatos anyagfolyást megvalósító, vagy legalább megközelítő, folytatólagos sorozatok, szélső lehetőségként az egybehegesztett bugákkal végzett folyamatos hengerlés. A legújabb fejlesztési törekvésekben találkozhatunk a folyamatos öntőmű és a hengersor közvetlen összekapcsolásával. Az eljárás színes- és könnyűfémek vonatkozásában már általánosan ismert, elterjedt. (Properzi, Hazelette stb.) Acélokra a folyamatos öntőműhöz csatlakozó, 60%-nál nagyobb mértékű alakváltozást biztosító alakító egységek mint pl. bolygóhengeres (Planéta) hengerállvány, lengőhengeres, vagy lengőpofás (DSW) berendezések nagy lehetőséget ígérnek.

— A sorozatok termelőképességét hatékonyan meg lehetett emelni a növelt hengerlési sebességek feltételeinek kialakulásával.

— A termékek méretpontosságát és minőségét a technológia, a gépszerkesztés és a gépgyártás fejlődése során kidolgozott sokféle korszerű megoldás jelentősen javította.

— Mind a termelőkapacitások növelésével, mind a termékek minőségének javításával összefüggő fejlődés elválaszthatatlan a hengerléstechnológiai, géptani és elektrotechnikai kutatási eredményektől. A korszerű méréstechnika műszerei és mérési módszerei, valamint a számítógépek térhódítása nemcsak a kutató-tervező tevékenységben, hanem a termelés közvetlen ellenőrzésében és irányításában is fontos szerepet kaptak.

A fejlődés valamennyi jellegzetes elemének vizsgálata ez alkalommal messzire vezetne, ezért csak egyetlen jellemző paraméter részletesebb elemzésével foglalkozhatunk.

Ha a hengersorok fejlődési folyamatát egyetlen paraméter tükrében akarjuk vizsgálni, úgy a legszemléletesebb és legjellemzőbb a *hengerlési sebesség*. A hengerlési sebesség valamennyi hengerléstechnológiai paraméterrel korelációs kapcsolatban áll, közvetlenül befolyásolja a hengersor termelőképességét, a gyártás gazdaságosságát és közvetve a termék minőségét is.

A hengersorok fejlődését a hengerlési sebesség növekedésével az alábbiak szerint jellemezhetjük:

— amíg a hengersorokat emberi vagy állati erővel majd később vízierővel mozgatták, csak rendkívül alacsony hengerlési sebességekről lehetett szó;

— a gőzgépes hajtás elterjedése volt az első lehetőség a hengerlési sebesség növeléséhez. A hengersorok kiszolgálása azonban túlnyomórészt kézi úton történt, ami a megengedhető hengerlési sebességeket még erősen korlátozta;

— a hengersorok villamos hajtása már jelentős sebességnövelést tett lehetővé. A meghajtó motorok oldaláról a sebességnövelésnek elvileg nem is mutatkoztak korlátai. Korlátot egyedül a kiszolgálás, a vezérlés, a szabályozás és a biztonsági követelmények jelentettek;

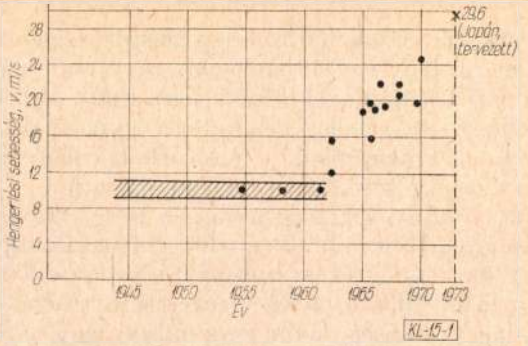
— ezeket a korlátokat lényegesen kitágította a gépesítés, és az automatizálás;

— napjaink fejlődését a hengerlési sebességek további növelése jellemzi, amit a gépi berendezések és az automatizálás további fejlesztésén túlmenően a számítógépek felhasználása tett lehetővé.

Az *1. táblázat* vázlatos áttekintést ad acélhengerművek hengerlési sebességének mai szintjéről.

A *folytatólagos széles abroncssorok* a legdinamikusabban fejlődő hengersorok közé tartoznak. Ezt a hengerlési sebességek fejlődését bemutató *1. ábra* is jól szemlélteti. A folytatólagos abroncssorokon régebben szokásos végsebességek 9—12 m/s között mozogtak. Külföldi tudósításokból értesülhettünk olyan „szuperhengersorok" építéséről is, amelyeken a hengerlési sebesség 25—29,6 m/s a tekercssúly 45 Mp, a legnagyobb szalagszélesség 2180 mm és az éves termelés 5 millió tonna.

A fejlődés trendjét vizsgálva felvetődik a kérdés: vannak-e egyáltalán korlátai a hengerlési sebességek további növelésének? Jelenlegi ismereteink



1. ábra. Folytatólagos széles abroncssorok ($b > 900$ mm) hengerlési végsebességének fejlődése

szerint *sebességkorlátok* léteznek, amelyeket a következő feltételekkel, illetve hatásokkal lehet jellemezni:

— A hengerlési sebesség fokozásával arányosan növekvő teljesítmények, nagyobb teljesítményű sorvonómotorok és növekedő energiaköltségek gazdaságossági korlátot képeznek.

— A hengerelt darab felmelegedése, a hengerlés „hőmérlegének" kedvezőtlen alakulása. Ez a hatás az egyik leghatározottabb fizikai korlátot jelenti, amennyiben a hengerelt termék véghőmérséklete egy fémtanilag pontosan definiálható maximális értéket — a minőség romlása nélkül — nem haladhat meg.

— A fajlagos hengerkopás a sebességgel arányosan növekszik, ezért a méretpontosság érdekében viszonylag gyakrabban kell hengert cserélni. Az így kieső idő csökkenti a hasznos gépi idő kihasználását.

— A nagy sebességgel hengerlő berendezések automatikus szabályozó vezérlő szerveiben megmutatkozó „holt idő" a méretingadozásokban viszonylag nagyobb darabhosszra kiterjedő „hibákat", méretselejtet jelenthet.

— A nagy sebességgel futó hengerelt darab jelentős mozgási energiája üzemzavar esetében, számottevő károsodást okozhat a berendezésekben és rendkívül nagyfokú balesetveszélyt jelent.

— Mint érdekes jelenség feltétlen említést érdemel a szélesszalagsorokon 15 m/s-ot meghaladó kifutási sebesség és 2,5 mm-nél vékonyabb szalagok esetében jelentkező aerodinamikai hatás. Ennek következtében a szabadon kifutó szalag az elvezető görgőpálya fölött „repülő szőnyeg" módjára lebeg. A kifutó szalag sebességét tehát csak akkor lehet növelni, ha a szalag kifutó végét a csévélő már befogta. A folytatólagos sorozat és a csévélő motolla szinkron felgyorsítása a befogási pillanatot követően különleges szabályozástechnikai feladatokat jelent.

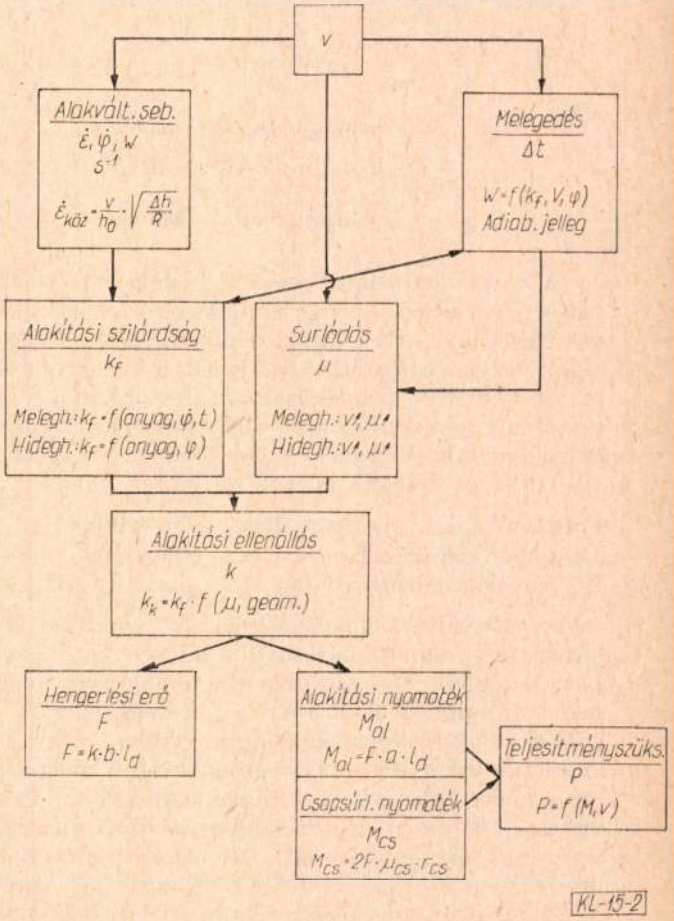
A *2. ábra* alapján vázlatosan áttekinthetjük a hengerlési sebesség által befolyásolt paramétereket és azok kölcsönös összefüggéseit. A vázlat az egyszerűbb áttekinthetőség érdekében nem tünteti fel a szalagfeszítés hatását. A szalagfeszítés mint külső erő megváltoztatja a hengerrés feszültségi és sebességi viszonyait. Végeredményben — mint az általánosan ismert — csökkenti a hengerlési erőt és megváltoztatja a semleges vonal helyzetét. Ez utóbbi kihat az alakítási nyomatékra és az előresietésre.

1. táblázat

Korszerű hengersorok sebességtartománya

	Hengersor		v (m/s)	Megjegyzés
Meleghengersor	Folytatólagos finomsorok		16	
	Drótsorok	Folyt. HV ..	25—30	
		Blokk elr. ..	35—50	Kísérletileg: 60 m/s
	Folyt. széles szalag sorok		10—15	Tervezett: 29,6 (Japán)
Hideg	Reverzáló kvartó sorok		8—10	
	Tandem sorok ...		30	

Érdemes utalni azokra a pontosan definiálható kapcsolatokra, amelyek a hengerelt termék vastagságingadozása, a hengerlési erő és a hengerállvány merevsége között fennállnak. A hengerlési sebesség megváltozása, a termék méretingadozására egyrészt a hengerlési erőn, másrészt a hengertest felmelegedésével összefüggő termikus alakváltozásokon, — a termikus bombiron — keresztül hat.



2. ábra. A hengerlési sebesség és a jellemző technológiai paraméterek kölcsönhatása

A továbbiakban röviden tekintsük át a hengerlési sebesség és a jellemző paraméterek közötti jellegzetes összefüggéseket.

Alakváltozási sebesség

Nádai és *Sachs* a 30-as évek elején már utaltak az alakváltozási sebesség fogalmára és annak jelentőségére az alakváltozási mechanizmus vizsgálatakor, valamint a különböző alakítóműveletek sebességviszonyainak összehasonlításakor. A gyakorlatban ez a paraméter hosszú ideig nem tudott meghonosodni. A hengerlési sebességek növelésével azonban olyan újszerű problémák vetődtek fel, amelyeket csak a korszerű tudományos eredmények alapján lehetett elemezni és megoldani. Az alakváltozási sebesség az időegységben végbemenő fajlagos alakváltozás (jele: $\dot{\varepsilon}$, $\dot{\varphi}$ dimenziója [1/s] vagy [%/s]). Közepes értékének kiszámítására használt ismertebb egyszerű összefüggések:

$$\dot{\varepsilon}_{köz} = \frac{v}{l_d} \cdot \varepsilon;$$

$$\dot{\varepsilon}_{köz} = \frac{v}{h_0} \cdot \sqrt{\frac{\Delta h}{R}}\ ; \text{ (Amman)}$$

$$\dot{\varphi}_{köz} = \frac{v}{l_d} \cdot \ln \frac{h_0}{h_1} = \frac{v}{l_d} \cdot \varphi; \text{ (Sims, Hoff, Dahl)}$$

$$\dot{\varphi}_{köz} = \frac{v}{l_d} \cdot \varepsilon \cdot \frac{2h_0}{h_0 + h_1}\ ; \text{ (Ekelund)}$$

$$\dot{\varphi}_{köz} = \frac{2 \cdot v \cdot l_d}{R \cdot (h_0 + h_1)}\ ; \text{ (A. I. Zelikov)}$$

$$\dot{\varphi}_{köz} = \frac{v}{l_d} \cdot \frac{\Delta h}{h_0}\ ; \text{ (Trinks)}$$

ahol

v a hengerlési sebesség

l_d a nyomott ív vetülete

$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0}$ a fajlagos alakváltozás

Az alakváltozási sebesség a hengerrésen belül változó, a változás jellege az alakváltozás mértékének függvénye. Ha a fajlagos alakváltozás $\varepsilon > 0{,}25$, akkor az alakváltozási sebességnek a hengerrésben maximuma van. Gyakorlati számításokban a fenti összefüggésekkel meghatározható közepes értékkel dolgozhatunk. A hengerlési gyakorlatban $\dot{\varphi}$ értékei 10—$10^4 [s^{-1}]$ értékek között fordulnak elő.

Folytatólagos abroncssorokon	10—$200\ [s^{-1}]$
Tandem hidegszalagsorokon ...	100—$1000\ [s^{-1}]$
Folytatólagos drótsorokon	max. $10^4\ [s^{-1}]$

Az alakváltozási sebességnek az alakítási szilárdságra gyakorolt hatásával a 30-as évek óta sok kutató foglalkozott, az ebben a témakörben megjelent tanulmányok száma tekintélyes.

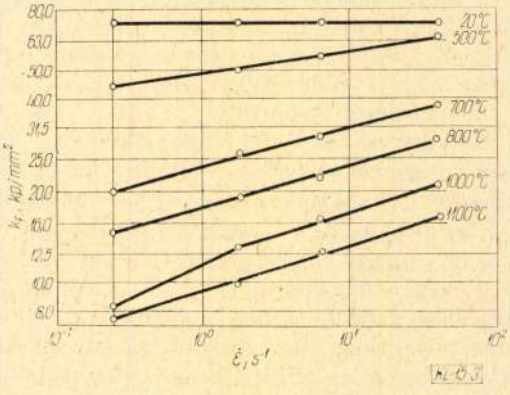
Hidegalakításkor a sebesség közvetlen hatása az alakítási szilárdságra lényegesen kisebb mértékű, mint melegalakításkor. A hőmérséklet és az alakváltozási sebesség együttes hatását adott alakváltozási mértékre jól szemlélteti a C15-ös acélra vonatkozóan példaként bemutatott *3. ábra*.

Képlékeny alakváltozás során a darab hőmérsékletének az alakváltozás mértékének és az alakváltozás sebességének hatása komplex módon jelentkezik. Ezek hatását egymástól elszigetelten vizsgálni vagy egyáltalán nem, vagy csak szigorú kísérleti körülmények között lehetséges. Minthogy a sebesség és a melegedés hatása egymást átfedik, egzakt szétválasztásuk — elsősorban a nagy alakítási sebességek mellett — megoldhatatlan.

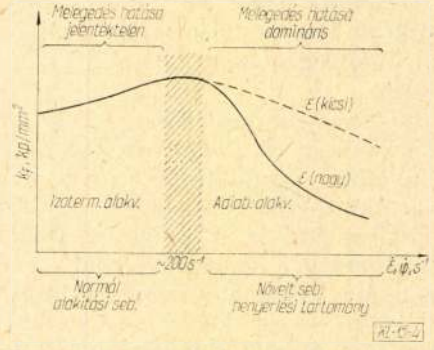
Az alakítási sebesség hatása a hengerelt darab felmelegedésére indirekt módon abban jelentkezik, hogy az alakváltozási munkával arányosan rövid időn belül fejlődő meleg elvezetésére a hengerrésben nagy sebesség esetén csak milsec nagyságrendű idő áll rendelkezésre. Folytatólagos szalagsoron ha pl. $v = 10$ m/s az átfutási idő $1{,}5 \cdot 10^{-3}$ s. Folytatólagos drótsoron pl. $v = 50$ m/s mellett az átfutási idő $2 \cdot 10^{-4}$ *s*. Ez azt jelenti, hogy a képződött melegmennyiségből a hengerrésben gyakorlatilag majdnem semmi sem adódik át a hengereknek, a környezetnek, illetve a hűtő- kenőanyagnak, mivel a hőátadás időfüggő folyamat és a rendelkezésre álló idő nagyon rövid. A képződött meleg változatlanságát a nagy sebességre jellemző „adiabatikus jelleg"-gel fejezzük ki.

A *4. ábra* vázlatos áttekintést ad a hőmérséklet, az alakváltozási sebesség és az alakítás mértékének az alakítási szilárdságra gyakorolt komplex hatásáról. Az ábrából megállapítható, hogy nagyobb sebességek esetén a felmelegedés hatása dominál és meghatározóvá válik.

A hengerlés hőmérlegének meghatározása elméleti összefüggésekkel bonyolult, mivel számos hőtani jellemző (hőátadási tényezők, hőátadó felületek, hőmérsékletgradiensek) kiszámítása a hengerlés dinamikus viszonyai között nehézségekbe ütkö-



3. ábra. Az alakváltozási sebesség és a darab hőmérsékletének komplex hatása az alakítási szilárdságra meleghengerléskor (Hengerelt anyag: C 15)



4. ábra. Elvi vázlat az alakváltozási sebesség, az alakváltozás mértéke és a hőmérséklet komplex hatásának szemléltetésére

zik. Lényegesen egyszerűsíthető a hőmérleg kidolgozása, ha az elméleti számításokat kísérleti mérésekkel megállapított konkrét adatokra építjük fel.

Az alakítási sebesség és a melegedési viszonyok közötti összefüggések vizsgálata komplex elméleti és kísérleti kutatásokat igényel. A téma sok részproblémát foglal magában, amelyek közül ez alkalommal röviden csak a legfontosabbakat emelném ki:

— Mint ismeretes az *alakváltozási munka* meleggé alakul. Ez a melegmennyiség csak az alakítási szilárdságtól és a deformáció mértékétől függ, a sebességtől független.

— A hengerek felülete mentén jelentkező *súrlódási munka* is meleggé alakul. Ez a súrlódási meleg viszont sebességfüggő. A súrlódási hő elsősorban a felületi rétegekben emeli a hőmérsékletet innen terjed hővezetés útján a belső rétegek felé, ha a megfelelő hőmérsékletgradiens biztosított.

— Nagy alakváltozási sebességek esetén az alakítás közben fejlődő meleg elvezetésére lényegében nincs idő *(adiabatikus alakváltozás)*.

— A melegedési viszonyokat befolyásolják az alakváltozás alatt álló test geometriai méretei, a hővezetési szám, a darabban kialakuló hőmérsékleteloszlás és a hőelvonás (hűtés) intenzitása. Meg kell jegyezzük, hogy a hengerek közötti *alakítási zónában* a szokásos hűtőrendszerek hatékonysága egészen minimális.

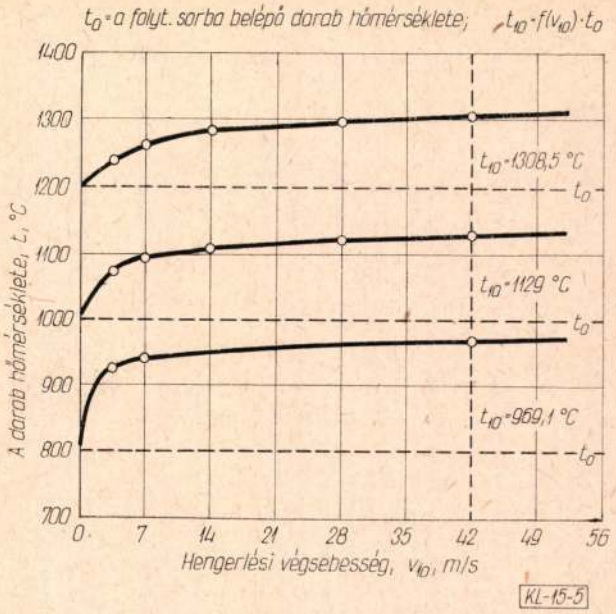
— A közvetlen alakváltozás alatt álló anyagrész felmelegedése és lehűlése egyidejűleg megy végbe. Az eredő hőmérséklet e két ellentétes folyamatot meghatározó paraméterektől függ.

— Az alakított test keresztmetszetében sem az alakváltozás mértéke, sem az alakváltozás sebessége nem egyforma (inhomogén alakváltozás). Ennek következtében a kialakuló hőmérséklet sem lehet egyenletes eloszlású az alakítási zónán belül *(inhomogén hőmérsékleteloszlás)*.

— Az inhomogén hőmérsékleteloszlás és az adiabatikus jelleg következtében nagy sebességű alakításkor helyileg akkora hőmérséklet is kialakulhat, amelyen a fém szövetszerkezetében esetenként előforduló alacsony olvadáspontú fázis megolvad, vagy káros helyi szövetátalakulás megy végbe.

— Nem hagyható figyelmen kívül a felmelegedés hatása a henger szilárdságára, hőokozta alakváltozására és élettartamára sem. A nagysebességű hengerlés egyik alapvető követelménye a nagy teherbírású, kopásálló, nagy élettartamú henger. A henger élettartamát megfelelő intenzitású hűtéssel és a súrlódási tényező hatékony csökkentését biztosító kenőanyaggal, illetve kenési rendszerrel lehet növelni feltételezve azt, hogy a henger anyagának mechanikai jellemzői, valamint felületi minősége és geometriája a szigorított feltételeknek egyébként megfelel.

A darab felmelegedésére egy példát mutat az *5. ábra*, amely egy korszerű nagysebességű drótsoron mért kifutási hőmérsékleteket szemlélteti a befutó hőmérséklet és a hengerlési sebesség függvényében.



5. ábra. Hengerelt huzal hőmérsékletének alakulása egy 10 állványos folytatólagos drótsoron a hengerlési végsebesség függvényében (Stahl u. Eisen 1968. Nr. 15. 800 old.)

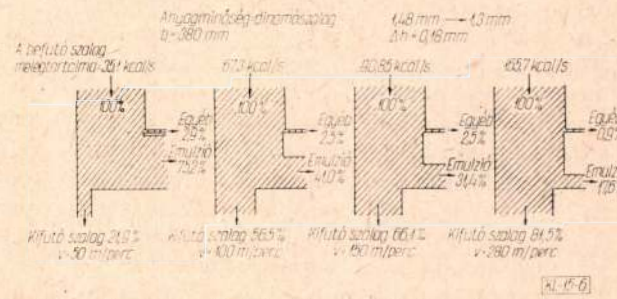
Hideghengersorok hőmérlegének kidolgozásával az NME Kohógéptani és Képlékenyalakítási Tanszékén mind a SAKÜ, mind a DV hideghengersorával kapcsolatosan újszerű saját vizsgálati módszerekkel részletesen foglalkoztunk. E helyen a rendkívül nagy volumenű anyagból példaként csak egy — a hengerlési sebesség függvényében szerkesztett — Shankey-diagramsort *(6. ábra)*, egy fajlagos melegmennyiségeloszlást szemléltető diagramot *(7. ábra)* és a munkahengerek mért felületi hőmérsékletét tartalmazó *(8. ábra)* diagramot mutatnám be.

A súrlódási tényező egyike a hengerléselméletek legtöbb problémát jelentő paramétereinek.

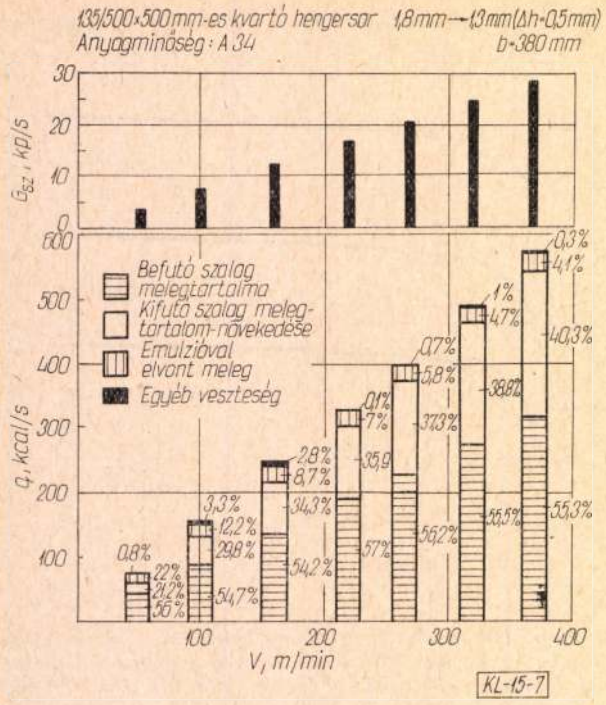
Meleghengerléskor az alakítási zónában csúszó és tapadó súrlódás egymás mellett jelentkezik. A tapadási zóna terjedelmének meghatározása sok kutatót foglalkoztat. A súrlódási tényező meleghengerléskor sokoldalú kapcsolatban áll a hengerlési jellemzőkkel.

$$\mu = f\left(\text{anyag, fel. minőség, } t\,(°C),\ v,\ \frac{l_d}{h_k}\right)$$

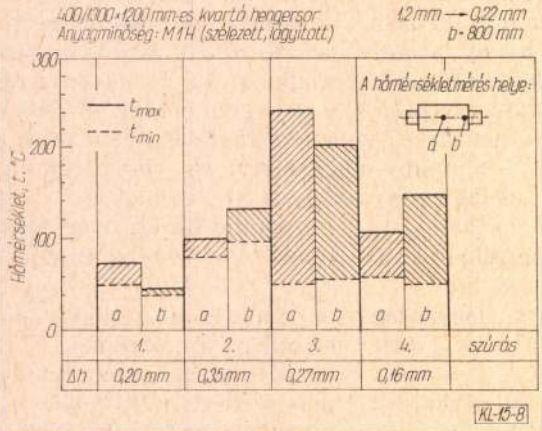
A hengerlési sebesség hatása kettős, egyrészt közvetlenül befolyásolja a súrlódási mechanizmust, másrészt a hőmérséklet növelésén keresztül befolyásolja a súrlódási viszonyokat. Mind a hőmérsék-



6. ábra. A „hengerlés hőmérlegének" alakulása a hengerlési sebesség függvényében, a dinamó szalag hideghengerlésekor 135/500 × 500-as kvartó hengersoron



7. ábra. A fajlagos melegmennyiségek eloszlása hideghengerléskor



8. ábra. Munkahenger mért felületi hőmérsékletének alakulása kvartó hideghengerállványon

let, mind a hengerlési sebesség növekedése a súrlódási tényezőt csökkenti, amit a kísérleti adatokon alapuló *Geleji*-féle empirikus formula meleghengerlésre vonatkozóan érdes acélhengerekre így fejez ki:

$$\mu = 1{,}05 - 0{,}0005 \cdot t - 0{,}056 \cdot v$$

Az összefüggés *csak 5 m/s* sebességig és 700 °C-ig érvényes. A nagyobb hengerlési sebességekhez tartozó súrlódási viszonyok meghatározása elsősorban meleghengerlésre vonatkozóan további kutató munkát tesz szükségessé.

A *hideghengerléshez tartozó súrlódási tényezőkkel* kapcsolatosan lényegesen több adat, kutatási eredmény áll rendelkezésünkre. A súrlódási tényezőt befolyásoló jellemző paraméterek: anyagminőség, a henger és a darab felületi minősége, a hengerlési sebesség, kenőanyag. A kísérleti eredmények alapján szerkesztett diagram *(9. ábra)* a súrlódási tényező és a hengerlési sebesség kapcsolatát szemlélteti.

Hengerlési erő és nyomaték

A hengerlési sebesség hatását a *10. ábrán* bemutatott diagram szemlélteti, amelyet a magdeburgi műszaki főiskolán végzett kísérleti mérések alapján szerkesztettek.

Sebesség hatása az oljafilmes csapágyakra

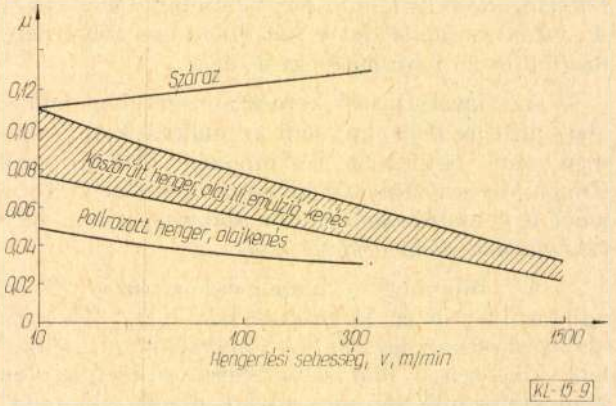
Olajfilmes csapágyazású hideghengerállványokon megfigyelték, hogy a csapágyakban az olajfilm vastagsága sebességfüggő. A sebesség hatása Starcenko kísérletei szerint 1—2 m/s sebességnél a legnagyobb $v > 10$ m/s esetében már nem mutatható ki. A csapágy „felúszása" a kifutó szalag vastagságának megváltozásában (csökkenésében) jelentkezik. Ezt a hatást kísérletileg nehéz elválasztani a súrlódási tényező csökkenésének eredményeként csökkenő hengerlési erőtől és az ennek következtében jelentkező vastagságcsökkenéstől.

A nagy hengerlési sebesség mellett az alakítási zónában számottevő *gyosulások* jelentkeznek:

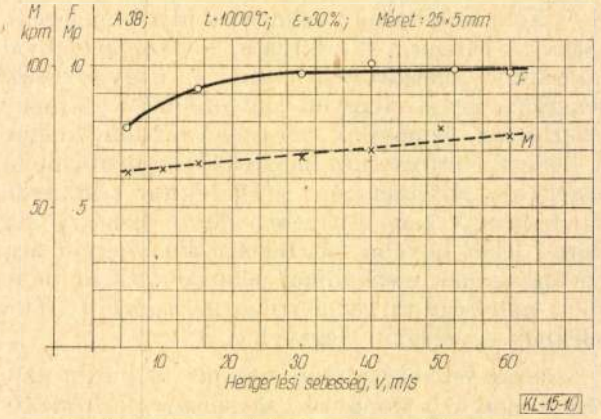
$$\dot{u} = \frac{dv}{di} \approx \frac{\Delta v}{\Delta i}$$

ahol Δv a sebesség növekedése a hengerrésben,
Δi átfutási idő a hengerrésen.

Az alakítási zónában a sebességnövekedés arányos a keresztmetszet csökkenéssel. A Δi idő a növekedő sebességgel rendkívül kis értékre csökken. Egy szalaghengersoron pl. $v = 3$ m/s hengerlési sebesség $\varepsilon = 0{,}5$ alakváltozás mellett 6 mm-es szalag hengerlésekor a közepes gyorsulás a hengerrés-



9. ábra. Összefüggés a súrlódási tényező és a hengerlési sebesség között acélszalagok hideghengerlésekor



10. ábra. Hengerlési erő és hengerlési nyomaték alakulása a hengerlési sebesség függvényében

ben 11. g, a maximális gyorsulás 16. g. Nagy sebességű drótsoron ($v = 60$ m/s) a gyorsulás pl. 10 000 g, ami számottevő gyorsító erőt jelent. Ezt a gyorsító erőt a henger és a darab közötti súrlódó erőnek kell biztosítania. Határesetben a gyorsító erő a súrlódó erőt meghaladhatja, ami káros megcsúszást okozhat.

A hengerléstechnika fejlesztésének célja a termék minőségének javítása, a termelékenység növelése és a fajlagos költségek csökkentése. Ezeket a célokat azonban csak úgy lehet elérni, ha a fejlődés racionális lehetőségeit és korlátait ismerjük. Ebben a vonatkozásban a hengerlési sebesség csupán egyik komponens, amelynek fokozását sok egyéb feltétel korlátozza. Ezek közül a leglényegesebbeket az alábbiakban foglalhatjuk össze:

— a termék káros mértékű felmelegedése

— a hűtőrendszer hűtákapacitásának meghatározott hőtani korlátai

— a nagyobb mértékű hengerkopás

— a szabályozó automatika tranziens folyamataiból adódó holt idők

— a nagy sebességekkel együttjáró fokozott balesetvédelmi követelmények, különleges védőberendezések.

Az dolgozat — adott keretek között — nem elemezhette részletesen mindazon elméleti és kísérleti eredményeket, amelyek a témakörhöz kapcsolódnak. Az elmondottak célja elsősorban az volt, hogy a sebességhatás komplex bemutatásával ráirányítsa a figyelmet ennek a dinamikusan fejlődő hengerlési paraméternek a jelentőségére és fontosságára.

Fáradásos törés kialakulása sínszálakban

Dr. BÉRES LAJOS okl. gépészmérnök—VIZY GYÖRGY okl. gépészmérnök
Dr. ROMVÁRI PÁL okl. gépészmérnök, tszv. egyetemi tanár
Nehézipari Műszaki Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék Miskolc

DK: 625.143 : 620.173 : 620.18

A vasúti sínek igénybevétele az utóbbi évtizedekben jelentősen megnőtt, s ezzel megnőtt a fáradásos síntörések száma. A törést okozó tényezők vizsgálata alapján megállapítható, hogy a törések számát homogén szövetszerkezetű sínek, ötvözött sínanyag vagy nagyobb keresztmetszetű sínek használatával lehet csökkenteni.

A műszaki fejlődés természetes velejárója, hogy az alkatrészekkel szemben növekednek a követelmények. Megbízhatóbbnak és terhelhetőbbnek kell lenniök, s ugyanakkor könnyebbeknek. Különösen szembetűnő ez a változás a közlekedés területén.

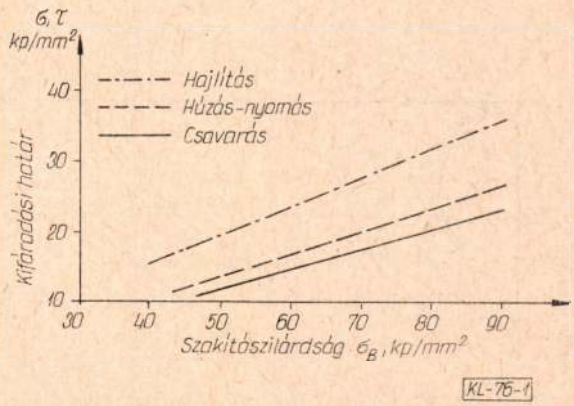
A szerkezeti elemek mechanikai tulajdonságainak igénybevétel hatására bekövetkező változásaival számos kutató, kutatóintézet foglalkozik. A kutatás egyre céltudatosabban olyan makro-, illetve mikrohibák létrejöttének megismerésére irányul, amelyek az adott szerkezeti elem élettartamát általában csökkentik, ritkábban növelik. Külső és belső hibák keletkezhetnek a folyáshatárnál kisebb feszültségszinten, ismétlődő igénybevétellel terhelt szerkezetekben is. A szerkezeti elemben ismétlődő statikus, és különösen az ismétlődő dinamikus terhelés hatására a hiba mérete kritikus értékre növekedhet és például vasúti kocsitengely, illetve sín törése esetén katasztrófához vezethet.

A törések kiindulópontja rendszerint felületi vagy belső anyaghibára vezethető vissza, ezért a *törés mechanizmusának* megismerése rendkívüli jelentőségű. A fáradás okozta törés kialakulásának sok részlete még ma is tisztázatlan, noha az utóbbi évek kutatásai jelentős eredményekről tanúskodnak. Igazolták például, hogy a fáradás okozta repedés keletkezésében kizárólag az ismételt igénybevétel hatása a meghatározó [1—3]. Számos vizsgálat eredménye arra utal, hogy a teljes töréshez vezető folyamat a szerkezet ismételt igénybevételének kezdetére vezethető vissza. Polírozott felületű, belső hibáktól mentes próbatesteken végrehajtott, igen nagyszámú fárasztóvizsgálat eredménye azt mutatta [1], hogy a kifáradási határ és a szakítószilárdság közötti kapcsolat különböző jellegű igénybevétel mellett is egyértelmű *(1. ábra)*.

A vasúti sín igénybevétele

A terhelés a sínben igen bonyolult feszültségi állapotot hoz létre. Az ezzel kapcsolatos ismeretek a következőkben foglalhatók össze:

a) A sín szimmetriasíkjában támadó erő, a sínben, mint kéttámaszú tartóban a hossztengellyel párhuzamos feszültségeket ébreszt. Ezek nagyságát és megoszlását *Eisemann* [4] elméleti számítások-



1. ábra. Összefüggés az acélok kifáradási határa és a szakítószilárdság között

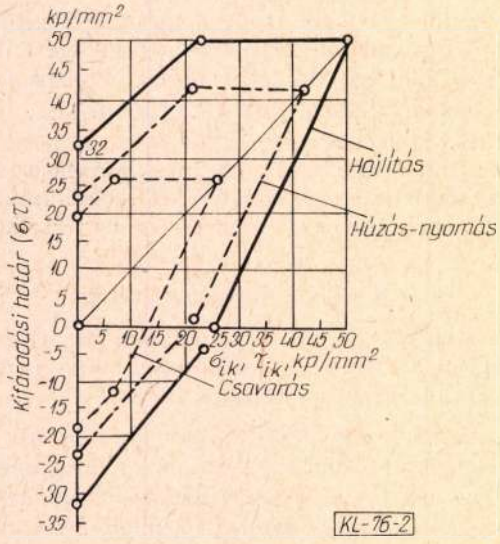
kal és korszerű mérési módszerrel műanyagsínen meghatározta.

Az előző feszültségek értékét a gyártási és a gátolt hőtágulásból eredő feszültségek módosítják. A MÁV 48·3 kp/fm típusú sineknek a téli időszakban a legjobban igénybe vett része a síntalp, amelyben —25 °C hőmérsékleten egy 10 Mp súlyú teher áthaladása a húzófeszültségnek körülbelül 25±8 kp/mm² változásával jár. Nyáron, +55 °C hőmérsékleten a legnagyobb igénybevétel a sínfejben ébred; az előzővel azonos terhelés mintegy 13±10 kp/mm² nyomófeszültségváltozást eredményez.

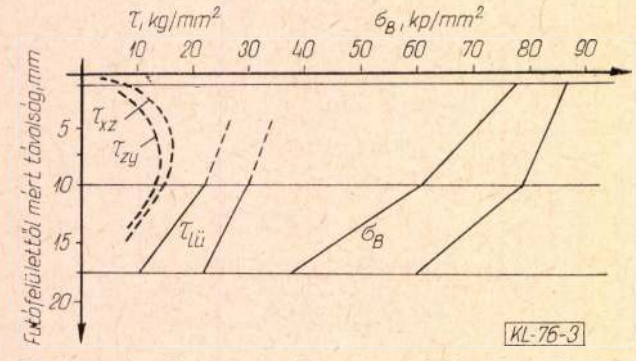
Az előző feszültségértékek a sínacél biztonsági területen belül helyezkednek el *(2. ábra)*, tehát megengedhetők.

b) A valóságban a keréknyomás általában nem függőleges irányú és nem a szimmetriasíkban hat. Ez az aszimmetrikus, excentrikus terhelés az oldalütésekből származó erőhatásokkal együtt 3—5 kp/mm² nagyságú, önmagukban veszélytelen csavarófeszültségeket kelt [4].

c) A kerék-sín érintkezési pontján a felületi nyomásból további, jelentős, úgynevezett *Hertz*-feszültségek ébrednek. E csusztató feszültségek legnagyobb, 15 kp mm² értéküket a futófelülettől 5—7 mm mélységben érik el [5].



2. ábra. A sínacél biztonsági területe



3. ábra. Az Eisenmann-féle csúsztató feszültségek (τ_{xz}, τ_{xy}), valamint a keresztirányú szakítószilárdság és az ahhoz tartozó lüktető kifáradási határ változása a sínfejben

A sínacél fontosabb mechanikai jellemzői

A hengerlés következtében s sínek hosszirányú mechanikai jellemzői kedvezőbbek a keresztirányú mechanikai jellemzőknél.

A hengerelt termékek keresztirányú szakítószilárdsága 70—90%-a a hosszirányban mért szakítószilárdságnak, s ezen túl erősen függ a salakosság mértékétől. A tapasztalat szerint a sínek salakossága meghaladja az egyéb hengerelt termékek salakosságát [6], ezért a síneknél erőteljesebb szilárdságcsökkenéssel kell számolni.

Az előzők igazolására meghatároztuk egy fáradtan eltört vasúti sín szilárdsági tulajdonságát. A 3 mm átmérőjű próbatesteket a törés síkjától 250—300 mm távolságban, a fútófelülettől eltérő mélységből munkáltuk. ki. A szakítószilárdság mért értékeit (σ_B), az Eisemann által meghatározott csúsztatófeszültségek (τ_{xz}; τ_{zy}) változását, valamint az adott szakítószilárdsághoz tartozó lüktető-csavaró ($\tau_{lü}$) kifáradási határt a *3. ábrában* foglaltuk össze.

Az ábra alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

1. A vizsgált sínszálak keresztirányú szakítószilárdsága a futófelület közelében 78—88 kp/mm². A futófelülettől távolodva a szakítószilárdság erőteljesen csökken, s 17,5 mm mélységben már csak 38—60 kp/mm² értéket ér el. Mind a szakítószilárdság csökkenése, mind annak a felülettől mért távolsággal való szórása a hengerlés okozta soros szövetszerkezet, a növelt salakosság és az egyéb belsőanyaghibák következménye.

2. A sínacél lüktető-csavaró kifáradási határa ($\tau_{lü}$) a szakítószilárdsághoz hasonlóan csökken. A 3. ábra szerint az említett kifáradási határ 7—15 mm mélységben csupán 50%-kal haladja meg az igénybevétel hatására ébredő feszültségeket. Ez korántsem megnyugtató, mivel egy kedvezőtlen helyzetű, illetve méretű salakzárvány éles bemetszés jellegű helyén egy mindössze 50%-os feszültségcsúcs már kezdő repedés létrejöttét okozhatja.

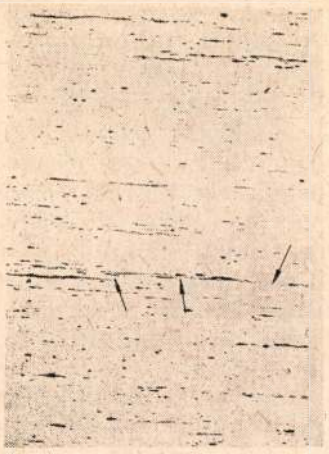
A fáradásos törés kialakulása

Az igénybevétel és az acél mechanikai jellemzőinek ismeretében véleményünk szerint a vasúti sínek fáradásos törése három csoportba sorolható.

a) Az erősen zárványos sínacélt terhelve a hosszan elnyújtott, összefüggő, nagyméretű zárványsorok csúcsainál kialakuló éles bemetsző hatás következtében jelentős feszültségcsúcsok keletkeznek. E pontokból kiindulva a zárványsorok mentén több négyzetcentiméter felületű szétválások keletkeznek, majd megfelelő méretre kifejlődve, a csusztató feszültség hatására, a számukra legkedvezőbb síkba elfordulva, jellegzetes alakú fáradásos töréshez vezetnek *(4. és 5. ábra)*.

Az előző megfontolás és számos megfigyelésünk alapján megállapíthatjuk, hogy *vízszintes és függőleges síkban elválások csak erősen szennyezett sínacélban keletkeznek.*

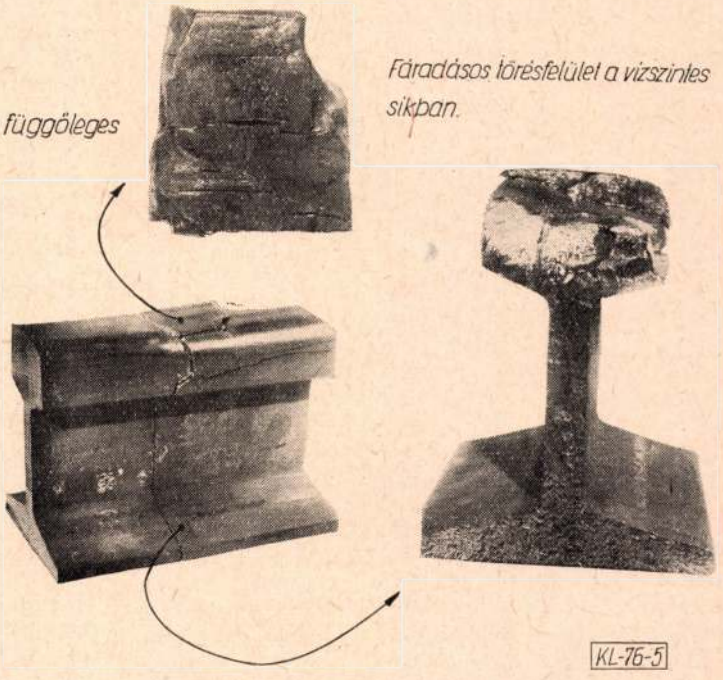
b) A nemfémes zárványokkal kevésbé szennyezett acél fáradásos törése *a hossztengelyre merőleges síkban* indul meg. Ennek oka abban keresendő,



4. ábra. Salakzárványok végeiből kiinduló fáradt repedések a futófelület alatt 10—12 mm mélységben. N = 12,5×

Az előzőkben kifejtett okok miatt a sínszálat a terhelés általános esetben csavarásra veszi igénybe. A sín bonyolult keresztmetszetét és összetett terhelését elemezve feltételezhető, hogy a sín alakváltozása sem lesz egyenletes. A sínre ható terhelés következtében nem csupán a sínszelvény teljes keresztmetszete fordul el a *7. ábrán* bejelölt középpont körül, hanem a viszonylag nagy keresztmetszetű sínfej is elfordul saját csavarási középpontja körül.

A 6. ábrán bemutatott, kezdődő szétnyílás a sínfejre ható ismétlődő csavaró igénybevétel következtében a *8. ábrán* látható elvi vázlat-sorozat szerint fejlődik tovább. A „vese" középpontját képező, utoljára eltűnő magrész a csavaró igénybevétel csavarási középpontjának tekinthető. A pályába beépített sín törése általában a *8/d.*, a *8/e.*, a *8/f* ábrán bemutatott fejlődési fokozatok után következik be. A vese alakú töret két szára a legritkább esetben esik egy síkba, ezért a két szár talál-



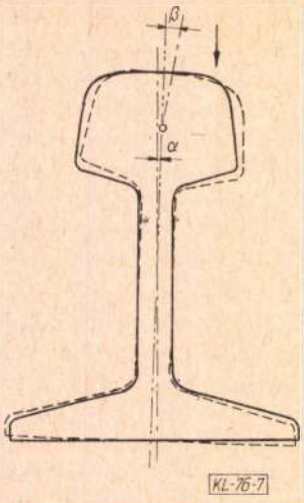
5. ábra. Erősen salakos sínszál vasúti pályában bekövetkezett fáradt törése

hogy a kisebb mennyiségű salak nem képez összefüggő zárványsort, így vízszintes és függőleges elválások előidézője sem lehet. A belső inhomogenitások következtében azonban a keresztirányú szakítószilárdság főleg helyileg olyan mértékben csökkenhet, hogy a jellemző csúsztató feszültség értéke meghaladja a kifáradási határt (lásd 3. ábrán). *Eisemann* szerint ez 7—10 mm-re a fútófelület alatt, míg saját megfigyeléseink szerint 10—15 mm mélységben következik be; főleg ott, ahol összefüggő, az átlagosnál vastagabb ferritháló, zárvány, dúsulás alakul ki.

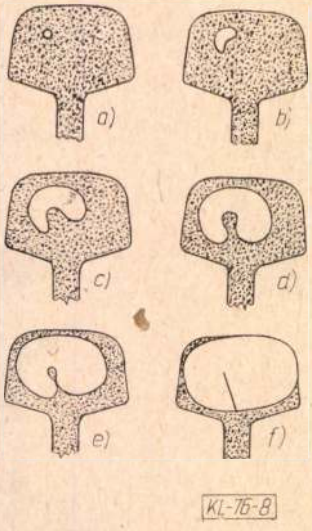
Az igénybevétel hatására a hálószerűen elhelyezkedő ferritben, illetve a zárványok környezetében elcsúszások, majd mikrorepedések keletkeznek, melyekből további ismétlődő igénybevétel során szétnyílás, makrorepedés fejlődik ki *(6. ábra)*. Az ábra ultrahangos vizsgálattal meghatározott hibát, illetve a hibás helyen, laboratóriumban eltört sín keresztmetszetét szemlélteti.



6. ábra. Kezdődő fáradásos törés a sínszál hossztengelyére merőleges síkban



7. ábra. A sínszál alakváltozása a terhelés hatására



8. ábra. A vese alakú törés kifejlődésének vázlata

kozása után a *8/f* ábrán egyenes vonallal rajzolt „lépcső" található.

c) A 8. ábrán vázolt repedésnövekedés gyorsan elvezet a teljes töréshez, ha a sínfejben elhengerelt szívódási üreg, lunker, vagy egyéb nagyméretű anyagfolytonossági hiány képződött *(9. ábra)*. A sínfej szakítószilárdsága ebben az esetben hossz- és keresztirányban egyaránt minimális, így a csavaró feszültségek a szilárdságilag leggyengébb síkban, igen kisszámú igénybevétel után a sín töréséhez vezetnek.

Következtetések

Az évtizedekkel ezelőtt épített vasúti pályákon a tengelynyomást és az utazósebességet korszerű szintre növelve, s ezzel egyidejűleg a kerékátmérőt csökkentve egyre gyakoribb a sínfejből kiinduló fáradásos törés. Viszgálataink és elemzéseink szerint ennek oka a következőkre vezethető vissza:

Egyrészt a megnövelt terhelésből eredő nyírófeszültségek megközelítik a keresztirányú szakítószilárdságból kiszámítható csavaró kifáradási határt. A keresztmetszet azon pontjában, ahol bármely oknál fogva a nyírófeszültségek meghaladják a csavaró kifáradási határt, megindul a szemcsehatáron elhelyezkedő ferritháló széttöredezése. Ez a sínfejben belső szétnyíláshoz vezet, mely mint a vesealakú törések kezdeti fényes foltja jól felismerhető (lásd a 6. ábrán).

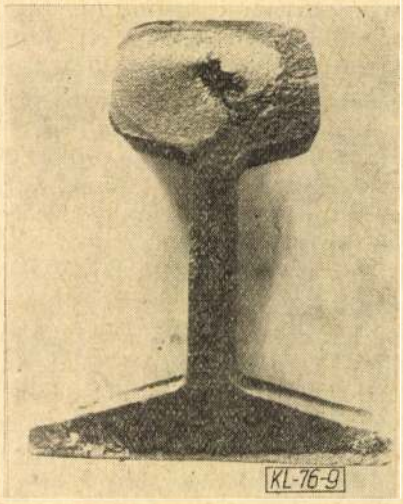
A kifáradási határ helyi értékét másrészt csökkentheti a durva hibának számító szívódási üregen kívül a salakzárvány, a gázdúsulás, vagy a ferrit átlagot meghaladó mennyisége. Vizsgálataink arra utalnak, hogy a salakzárvány okozta éles bemetszés hatására kialakuló feszültségcsúcs a fáradt törés elindításában meghatározó lehet.

Mivel a sínacél jelentős mennyiségű nemfémes zárványt tartalmazó hengerelt termék, tehát meszsze nem ideálisan homogén anyag, továbbá mivel az igénybevétel jellege és nagysága, valamint időbeli változása is csupán közelítőleg ismert, a 3. ábrából kiolvasható biztonság nagyon kicsinynek ítélhető.

Az igénybevételből ébredő nyírófeszültségek értéke a kerékátmérőből [4, 5], a tengelynyomásból és a vontatási sebességből jó közelítéssel számítható. A kerékátmérőnek az utóbbi évtizedekben eszközölt csökkentése, a tengelynyomás és a menetsebesség növelése a hagyományos igénybevételre tervezett sínpályák biztonságát jelentősen csökkentette. Egyidejűleg meg is nőtt a fáradásos törések gyakorisága. Évtizedekkel ezelőtt a sínfejben fáradásos törés igen ritkán, főleg csak durva anyaghiba: lunker, salakbehengerlés és hasonlók következtében fordult elő.

A nagyobb igénybevétel hatására a kisebb, sőt az egészen kisméretű hibák is kritikussá válnak és fáradt törés elindítói lehetnek. A biztonságot javítaná a keresztirányú szakítószilárdság, valamint az ezzel összefüggő csavaró kifáradási határ növelése. Ennek realizálása azonban nem egyszerű, mivel egyrészt a sorosság és a zárványtartalom jelentős csökkentését igényli, másrészt a sínszálak szövetkszerkezetében a homogén, tisztán finomlemezes perlites szövetszerkezetet feltételezi.

A jelenlegi, gyakran erősen salakos sínacél helyett megfelelőbbnek az előállítása a kohászat feladata. A gazdaságosságot is figyelembe véve azonban megállapítható, hogy jelentős változás e tekintetben nem várható, mivel a zárványok mérete és mennyisége egy meghatározott érték alá



9. ábra. Elhengerelt szívódási üregből kifejlődött vese alakú törés

nem szorítható. Ebből kiindulva a fáradásos törések csökkentésére az alábbi lehetőségek kínálkoznak:

1. Homogén szövetszerkezetű sínek használata. A jelenleg használt, hőkezeletlen sínek durva ferrithálós-perlites szövetszerkezetűek. A durva ferrithálós szövetszerkezet a vesealakú törések kiindulópontja lehet, mivel a kristályhatármenti szétválások itt kezdődnek. A homogén perlites szövetszerkezet hőkezeléssel előállítható, s ennek kifáradási határa lényegesen kedvezőbb.

2. Ötvözött sínanyag felhasználása. Az ötvözés mértékével jelentősen növelhető a hossz- és keresztirányú szakítószilárdság, illetve a csavaró kifáradási határ. Figyelembe véve, hogy fáradást elsődlegesen a fejrészben ébredő Hertz-feszültségek okoznak, a kifáradási határ növelése elsősorban a sínacél szilárdságnövelésével érhető el.

3. Nagyobb keresztmetszetű sínek alkalmazása A növelt keresztmetszetű sín szélső szálában azonos terhelés mellett csökken az igénybevétel s ezáltal a fáradt törés keletkezésének valószínűsége is.

IRODALOM

[1] *Sors L.:* Gépelemek méretezése kifáradásra. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1958.

[2] Fracture. — Proceedings of an international conference on the atomic mechanism of fracture held in Swampscott, Massachusetts. April 12—16. 1959.

[3] *Yokobori, T.:* An Interdisciplinary Approach to Fracture and Strength of Solids. — Wolters-Noordhoff Scientific Publications LTD. Groningen, 1967.

[4] *Eisenmann, J.:* Die Beanspruchung der Schiene. Der Eisenbahn Ingenieur *18* (1966).

[5] *Eisenmann, J.:* Schienenkopfbeanspruchung. Eisenbahntechnische Rundschau *10* (1967).

[6] *Béres L.:* Fáradt törés kialakulása vasúti pályákban. Közlekedéstudományi Szemle *2* (1969).

Egyesületi hírek

Az Acélgyártási Szakbizottsági ülés a Lenin Kohászati Művekben

Az Acélgyártási Szakbizottság május 8-án és 9-én tartotta második ülését a Lenin Kohászati Művekben. Az ülésen résztvett a Szakbizottság 10 állandó tagja, valamint az LKM-ből 20 fő acélgyártó szakember.

Május 8-án három előadás keretében az acélgyártással, illetve a tűzállóanyag-gyártással kapcsolatos problémákkal foglalkoztak.

Jung János LKM Martinacélmű gyárrészleg főmérnöke a tuskókihozatal-javítással elért eredményekről számolt be. Ismertette az LKM-ben kifejlesztett és szabadalmazott tuskófelöntés bélésanyagának hatását. Előadásában összehasonlította a hagyományos samott bélésű, a külföldi eredetű ún. Leva, valamint a saját prekotizált kovaföldből készített bélésanyag hőelvonó, illetve hőszigetelő hatását.

Felvételeket mutatott be az új tűzállóanyaggal bélelt felöntőfejek belső szerkezetéről. 4—6%-os anyagmegtakarítást lehet elérni a tuskósúlyra vonatkoztatva az új megoldással. Kereken 50%-kal olcsóbb, mint a hasonló külföldi felöntőfej bélésanyagok. A kovaföld alapanyagú felöntőfej alkalmazásával 131 Ft/t megtakarítást értek el.

Csurgai István Magnezitipari Művek főtechnológusa a hazai tűzállóanyagipar fejlesztési eredményeiről számolt be. Előadásában a bázikus tűzállótégla-gyártás legújabb külföldi eredményeit, többek közt az osztrák Radex és Veitschi tűzálló-téglagyárak által alkalmazott gyártási eljárásokat ismertette. Összehasonlítást tett az égetett és vegyi kötésű bázikus téglák minősége, belső szerkezete és felhasználhatósága vonatkozásában. Ismertette az SM kemence nagy igénybevételű függesztett boltozati tégláinak fejlesztése és minőség javítása terén eddig végzett munkákat és a további célkitűzéseket.

Az előadást követő vitában felszólalt *Szipka Károly* (Csepeli Acélmű), *Modla Géza* (LKM), *Zátonyi László* (LKM) és *Takács István* (DV).

A következő előadó *Kiss László* LKM Elektroacélmű üzemvezető ismertette az 50 t-s új elektrokemence és acélmű beindulása óta elért eredményeket. Hazánkban egyetlen nagyméretű elektrokemence üzemének beindítása és üzemvitele sok új problémát vetett fel, amelyet az üzem vezetői és dolgozói 4 év alatt eredményesen oldottak meg. Diagramok bemutatásával ismertette a kemence üzemidő kihasználás javulását, ami az 1969. évi induláskor 80,4% volt és 1973-ban 96,2% — az oldalfal, a boltozat és a fenéktartósság növelését. A kemencejavítási időt 20 óra alá csökkentették, mert a teljes oldalfalat daru segítségével egyszerre tudják kicserélni. A selejtcsökkentés érdekében argongáz öblítést, illetve vákuumozást alkalmaznak. A francia Heurthy cég által szállított vákuumozó berendezés alkalmas üstből kokillába, illetve üstből üstbe öntés közbeni vákuumkezelésre. A vákuumozás hatására jelentős selejtcsökkenést értek el pl. az abroncsacélok selejtje 13,6%-ról 5,5%-ra csökkent, a süllyeszték acélok selejtje megszűnt. A vákuumozó berendezést folyamatosan használják, jelenleg 78%-ban van kihasználva, de még 8—10 et acél vákuumozásra van kapacitásuk. A rendelőknek a vákuum-kezelés költségeit (kb. 205 Ft/t) nem számítják fel. Kiss László előadása áttekintést adott arról a jelentős műszaki és üzemviteli munkáról, amelyet az elmúlt 4 évben sikerrel végeztek el.

Az előadáshoz *Modla Géza* (LKM) és *Takács István* (DV) szólt hozzá.

Május 9-én délelőtt két előadás volt napirendre tűzve.

Csomós Zoltán műszaki igazgató KOKÖV „A szénacélhulladék előkészítés jelenlegi helyzete és fejlesztési lehetőségei" címmel tartott előadást. Az acélgyártók körében részleteiben ritkán taglalt témát nagy érdeklődéssel hallgatták az ülés résztvevői. Az előadó ismertette a legkorszerűbb nyugati és szocialista hulladékelőkészítő technológiákat és berendezéseket. Rámutatott az ezen a téren hazai elmaradottságunkra és ezek felszámolására tett intézkedésekre. Nagy teljesítményű, 6 mm vastag acélhulladék sajtolására alkalmas bálázógépet telepítettek Miskolcon, amelyet ez év május havában fognak indítani. A gép teljesítménye 150 et/év. Hasonló berendezés telepítésére kerül sor Budapesten és a Dunai Vasműben is. Tervbevették az öntödék ellátásának javítására a korszerű kokillatörő berendezés létesítését is, amely kiküszöböli hagyományos eljárás balesetveszélyes, sok fizikai munkát igénylő módszerét. A forgácselőkészítésre korszerű forgácstörő berendezéseket fognak beszerezni. A tervezett fejlesztések megvalósítása után 40% térfogatsúly javulással lehet számolni és az éves szénacélhulladék-előkészítés mennyisége 850 et lesz. *Horváth Gyula* (MVAE) a mennyiségek, *Bódi László* (LKM) az árnövekedés, *Modla Géza* (LKM) a minőség vonatkozásában szólt hozzá az előadáshoz. *Schottner Lajos* (OKÜ) az oxigént alkalmazó SM üzemek igényei alapján tette meg észrevételeit, helyeselvén a hulladékelőkészítés fejlesztését, mert a növekvő acéltermelés megkívánja az 1,5—2,0 t/m²ó rakási sebességeket, amit csak nagy térfogatsúlyú, vagy előkészített hulladékkal lehet elérni.

Molnár József LKM kutatási osztályvezető előadásában az acélgyártással összefüggő kutatási tevékenységet ismertette. Új különleges minőségű acéltípusokat vezettek be, többek közt a növelt folyási határral bíró, jól hegeszthető N 52—75 és N 75—75 jelű acélokat.

Ezeket T komplex dezoxidálószerrel gyártják. Ez utóbbinak minőségjavító hatásáról is beszámolt az előadó. Saját kutatási munka eredménye a nagy szilárdságú, jól hegeszthető és korrózióálló Unicor elnevezésű acélcsalád. Kifejlesztették az új típusú, nagy C tartalmú automata acélokat és a már bevezetett ötvözetlen JF jelű, jól forgácsolható acélok ötvözött változatainak kidolgozására folynak kísérletek. Újabban a ritkaföldfém-ötvözés hatását kutatják a szerszám- és gyorsacélokban. Foglalkoznak a maraging típusú acélok előállításával is. A kifejlesztett új acéltípusokra szabadalmi oltalmat kaptak és külföldi érdeklődés mutatkozik ezen acélok átvételére.

Az előadáshoz *dr. Iván Géza* (LKM) szólt hozzá, hangsúlyozva a külföldi irodalom és dokumentáció fontosságát.

Az előadások után az ülés résztvevői megtekintették az új elektroacélmű üzemét, ahol az előadás során elhangzottakat az üzemvezetők gyakorlatban is bemutatták, és az érdeklődőknek részletes felvilágosítást adtak.

(É L)

30 éves évfolyamtalálkozó Sopronban

Június hó 29-én délután a soproni Alma Mater kertjében gyülekeztek az 1939-ben iratkozott és 1943-ban valetált bányászok, kohászok és erdészek, hogy megtartsák 30 éves évfolyamtalálkozójukat. Az évfolyam négyötöde — összesen több mint 80-an, köztük 13 kohász — talált lehetőséget arra, hogy egy-két napra kiszakítsa magát a mindennapi élet megszokott ritmusából és deresedő hajjal, feleség és gyermekek társaságában — részben már unokákkal is dicsekedve — ellátogasson a felejthetetlen egyetemi évek emlékét idéző, szép Sopronba *(1. kép)*.



1. kép. A 30 éves évfolyamtalálkozó résztvevői az Alma Mater főbejárata előtt

A tágas matematika előadóteremben *dr. Ormos Károly* valéta elnökünk üdvözölte professzorainkat, az Alma Matert és a találkozón megjelent hajdani évfolyamtársakat. Végszavára felcsendült a „Gaudeamus igitur...", egy összeforrott évfolyam köszöntötte nevelőit, oktatóit. Majd *dr. Káldy József*, az Erdészeti és Faipari Egyetem dékánhelyettese, az Alma Mater egyik jogutódjának nevében üdvözölte a találkozó résztvevőit *(2. kép)*.

Az előző találkozókon már bevált szokás szerint sorra elmondta ezután mindegyik „firma" a 30 év rövid történetét, közben néhány Sopronban, ill. Miskolcon tanuló „balek"-utód átadta az egyetem főépületét, a hűségtornyot, a bányász és erdész jelvényt ábrázoló kerámia plakettet, valamint a valetálásról készült néhány emlékfotót. Többen egészségi állapotuk, vagy egyéb akadály miatt csak levélben jelentkeztek, ezek tartalmát a szakok megbízottai ismertették. Színes és felemelő kép bontakozott ki: ez az évfolyam századunk legnehezebb évtizedeiben idehaza és a világ minden kontinensén megállta helyét. Akár mint bányaigazgató, vagy a thaiföldi útépítés műszaki irányítója, akár a világ legnagyobb ferroszilícium-kohójának (Vargön, Svédország) főmetallurgusa, vagy a szívsebészeti műszeres ellenőrzés szakemberre és a ranglétra alacsonyabb fokán megmaradt évfolyamtársak egyaránt azt bizonyították, hogy az Alma-Mater-től kapott útravaló elégséges volt és ezzel jól sáfárkodtak.



2. kép. „Vivant professores..." Dr. Falk Richárd, Dr. Tarján Gusztáv, Dr. Táczy—Hornoch Antal, Dr. Vendel Miklós professzorok és Dr. Káldy József rektorhelyettes a matematikai előadóteremben megtartott találkozón. Dr. Ormos Károly átadja az emlék plaketteket

A „Ballag már a véndiák..." örökifjú dallamára búcsúzott el az ünneplő csoport az Egyetemtől, hogy este a Fenyves Szálló éttermében vacsorán találkozzon ismét. Az éjszakai órákba nyúló emlék-felidézést *Schmidt György* szakavatott vezényletével gyakran szakították meg a fiatalos szívvel énekelt selmeci dalok.

A következő nap reggelén az évfolyam megbízásából egy kis csoport végigjárta a temetőket és koszorúkkal tisztelgett az elhunyt professzorok emlékének.

Délelőtt *Tuskó Lászlónak, Hollayné—Madas Gabinak* és a többi lelkes soproni erdésznek szervezésében a „Textilesforrás"-hoz rándult ki az ünneplők zöme, tovább ízlelgetve a régi soproni egyetemi évek emlékeit.

A hajdani Nika-vendéglőben búcsúztak el egymástól újabb öt évre a jóbarátok, magukkal víve a jól sikerült találkozó szép emlékét.

Külön ki kell emelni azt a szervező munkát, amit az egyetemi hallgatókból álló lelkes kis csoport végzett. Ezek nagy része természetszerűen soproni erdőmérnök hallgató volt, de néhány miskolci bányász és kohász hallgató is csatlakozott hozzájuk és így a rendezőségben is képviselve volt mindhárom szak.

Sző—L.

* Örömmel közöljük ezt a beszámolót a jól sikerült soproni évfolyamtalálkozóról. Tudjuk, hogy az elmúlt években már rendeztek néhány hasonló évfolyamtalálkozót. Sajnos, ezekről nem sikerült beszámolókat szereznünk. Reméljük, hogy egyre több jubiláló évfolyam szervez a jövőben hasonló találkozót Sopronban, ill. Miskolcon. Az erre vonatkozó felhívásokat szívesen közöljük lapunkban. Csak azt kérjük, hogy kellő időben küldjék be ezeket a találkozók szervezői. *(Szerk.)*

FÉMKOHÁSZAT

Rovatvezetők: GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ

A Fémipari Kutató Intézet 25 éves jubileumáról

A Fémipari Kutató Intézet ez év május 15-én ünnepelte fennállásának 25 éves évfordulóját. A jubileumi ülés elnökségében *Ambrus Károly*, az MSZMP XI. kerületi PB-titkára, *Czottner Sándor* ny. miniszter, *dr. Dobos György* MAT vezérigazgató, Egyesületünk elnöke, *dr. Fülöp József*, a Központi Földtani Hivatal elnöke, *dr. Gillemot László* akadémikus, egyetemi tanár, *Kamarás Mihályné*, a Vegyipari Dolgozók Szakszervezetének főtitkárhelyettese, *dr. Kocsis József*, a kohó- és gépipari miniszter első helyettese, *dr. Lőrincz Imre*, a nehézipari miniszter első helyettese, *dr. Osztrovszky György* az OMFB elnökhelyettese, *dr. Papp Elemér*, az Intézet ny. tudományos osztályvezetője, c. egyetemi tanár és *dr. Zámbó János*, az Intézet igazgatója foglalt helyet. Az elnöki tisztet *dr. Miskei Mihály* tudományos osztályvezető, az Intézet párttitkára töltötte be.

A mintegy 350 főnyi hallgatóság soraiban ott ültek az együttműködő szocialista társintézetek vezetői, az Intézet alapítótagjai és nyugdíjas törzsgárdatagjai is. Az állami és társadalmi szervektől, továbbá az együttműködő intézményektől meghívott vendégek száma közel 180 volt.

Elsőként *dr. Zámbó János* igazgató emelkedett szólásra és beszédében áttekintést adott az Intézet 25 éves tevékenységéről, iparágban elfoglalt helyéről, majd végül a jövő feladatairól. A tömör és előremutató beszámoló után a külföldi társintézetek vezetői köszöntötték a jubiláló Intézetet. *N. Kuncsev* igazgató, a plovdivi Nipkicm, *dr. L. Kubicsek* igazgató, a prágai VUK, *dr. S. Ziegenbalg* igazgatóhelyettes, a freibergi FNE, majd *Z. G. Naszürov* osztályvezető, a leningrádi VAMI és a moszkvai SZKB CMA intézetek dolgozóinak üdvözletét tolmácsolta. A melegszavú köszöntések után mindegyik felszólaló ízléses ajándékkal tette még maradandóbbá az ünnepi alkalom emlékét.

A külföldi vendégek után *dr. Juhász Ádám* igazgató a MAT-intézmények, *dr. Laboda Sándor* főszakértő Egyesületünk, az OMBKE, *dr. Kocsis József* a Kohó- és Gépipari Minisztérium, *dr. Verő József* akadémikus, igazgató a VASKUT, *dr. Szigeti József* akadémikus a MŰFI, majd végül *dr. Gillemot László* akadémikus, mint az Intézetnek alapításakor, majd utána 21 éven át volt igazgatója fejezte ki jókívánságait és kívánt sok további sikert.

Ezután *dr. Lőrincz Imre* miniszterhelyettes, az Intézet műszaki igazgatóhelyettesének, *dr. Várhegyi Győzőnek* és *dr. Illyés Tibor* gazdasági igazgatóhelyettesnek a Munka Érdemrend ezüst fokozatát, *Csiszár Lujza* gazdasági ügyintézőnek pedig annak bronz fokozatát nyújtotta át, majd az Intézet 8 dolgozóját részesítette a Nehézipar Kiváló Dolgozója kitüntető címben.



1. ábra. Elnöki megnyitó

A kitüntetések átadása után kellemes meglepetésben volt részünk: a „Kutatás a magyar alumínium szolgálatában" című, tudományos alapossággal összeállított és az Intézet alumíniumipari tevékenységét a timföldgyártástól az alumíniumanyagok alkalmazásáig nagyszerűen áttekintő tizenötperces színes filmet láthattunk.

A megnyitástól kezdve még két óra sem telt el, és sor került a jubileum alkalmából rendezett kiállítás megtekintésére. Ötletes tablókon és ízlésesen berendezett vitrinekben az Intézet egyes osztályai és laboratóriumai most fizikai valóságukban érzékeltették azt, amiről *dr. Zámbó* igazgató beszélt és amiről a film is szólt, az Intézetnek az alumíniumiparágon túlterjedő tevékenységével is kiegészítve. Így a vörösiszap feldolgozása, a korundtermékek,



2. ábra. Dr. Zámbó János igazgató ünnepi beszédét tartja



3. ábra. Dr. Laboda Sándor, az OMBKE Fémkohászati Szakosztályának üdvözletét tolmácsolja

a fél- és készgyártmányok mellett például vanádiumszalagot is láthattunk. Különösen tetszett az Intézet tanácstermében látható három vitrin, amelyben a bauxitra, timföldre és korundra, valamint az alumíniumfémre vonatkozó tudományos ismeretek alaposságát érzékeltették vendéglátóink.

A kiállítás megtekintése után már nem maradt más hátra, csak az, hogy rövid fogadáson elbeszélgessünk egymással és végül az Intézet dolgozóinak egészségéhez és sikereihez kívánjunk

S. G.

Jószerencsét!

A 25 éves Fémipari Kutató Intézet*

Dr. ZÁMBÓ JÁNOS igazgató
okl. vegyészmérnök, a műsz. tud. kandidátusa

DK: 669.2./8 + 62 + 061.6 (439) : 06.09 „1948/1973"

A felszabadulás után alig 1—2 évvel az ország vezetői az újjáépítés hatalmas gondjai mellett nagy felelősségtudattal hozzáláttak az iparfejlesztés feltételeinek megteremtéséhez. A Gazdasági Főtanács 1948. április 8-án tartott ülése határozatban kimondta, hogy:

„Szükségesnek tartja a szélesebb alapon nyugvó alumíniumipar és könnyűfémipar megteremtését, ebből a célból „Magyar Alumínium és Könnyűfémipari Kutató Intézet" néven külön szervezet felállítását határozta el."

Az Intézet megszervezésével és vezetésével a Műegyetem Mechanikai- Technológiai Tanszékének vezetőjét bízta meg. A kiinduló alapot a Műegyetem Mechanikai-Technológiai és Elektrokémiai Tanszékének tudományos személyzete és működési feltételei képezték. A Gazdasági Főtanács a laboratóriumi és ipari kísérleti program elvi irányítására egyidejűleg Alumínium Kutatási Tanács szervezezését írta elő és meghatározta annak személyi összetételét.

A Bánya- és Energiaügyi Miniszter az Intézet elnevezését 1951-ben Fémipari Kutató Intézet névre változtatta meg. Az 1967 óta érvényes hivatalos bejegyzés szerint az Intézet tevékenységi köre fémkohászati, fémfeldolgozási és alkalmazástechnikai kutatások végzése laboratóriumi és félüzemi méretekben, egyes nagy tisztaságú és ritkafémek, valamint vegyszerek gyártása.

Az FKI 1968-ban ünnepelte fennállásának 20. évfordulóját. Ennek keretében Dr. Gillemot László akadémikus, aki több mint 20 évig vezette az Intézetet, előadásában részletesen ismertette az első 20 év történetét. Az ünnepségen elhangzott összes előadás jubileumi kiadványként, könyv formában is megjelent, ezért ez alkalommal rendelkezésre álló időt az Intézet tevékenységének bemutatására szeretném felhasználni.

* Az intézet jubileumi ülésén, 1973. május 15-én elhangzott előadás.

Magyarországon a színesfémipar teljes vertkumát figyelembe véve, az alumíniumipar a legjelentősebb. Ez kezdettől fogva meghatározta tevékenységünket. Kutatási kapacitásunk 25 év átlagában mintegy háromnegyed részét az alumíniumipari témák tették ki és jelenleg is kb. fennáll ez az arány. Ezért szabad legyen az Intézet 25 éves tevékenységének ismertetését csak a magyar alumíniumipar fejlődésén és helyzetén keresztül érzékeltetni.

Az 1920 után megindult geológiai kutatások világviszonylatban is figyelemre méltó bauxitvagyont tártak fel Magyarországon. Az alumíniumipari tevékenység induló évének az 1926-os év tekinthető, amikor 3700 tonnával kezdetét vette a bauxit termelése, és a kibányászott érc mennyisége 1943-ban elérte az 1 millió tonnát.

A bauxit hazai feldolgozása 1932-ben egy bauxit cementgyár és egy kisteljesítményű timföldgyár létrehozásával indult meg, amíg az alumíniumelőállítás csak 1935-ben vette kezdetét. A külföldi, elsősorban német tőkeérdekeltségű vállalkozások keretében a második világháborút megelőző években, valamint a háború ideje alatt további timföldgyári és kohászati beruházások folytak és szerény méretekben meghonosodott az alumínium félgyártmány és készárugyártó ipar is. A fejlesztés jellegét és a külföldi érdekeltséget azonban jól mutatja, hogy 1944-ben az 1 millió tonnás bauxitbányászathoz, ami az akkori időkben világviszonylatban is igen jelentősnek számított, mindössze 21 e. tonnás timföldgyártás, kereken 10 e. tonna alumínium és mintegy 9 e. tonna alumínium félgyártmány termelés tartozott.

Ebben az időben jelentős geológiai kutatás folyt a bauxitvagyon mennyiségének megállapítására, lényegében megtalálták a ma ismert összes fontosabb bauxitmezőket. Korszerű külfejtéses és megfelelő mélyművelési bányászatot teremtettek meg, de csak legjobb minőségű, 20—24 hányadosú ércet termeltek ki. A szerény méretű timföldgyártás, alumíniumkohászat és félgyártmány termelés színvonala nem számottevő, de az ipar meghonosodása a gyártási tapasztalatok megszerzése szempontjából fontos volt.

Az a törekvés, hogy bauxitkincsünk hasznosítását a lehető legmagasabb feldolgozási fokú termékek előállításával hazailag oldjuk meg, csak a felszabadulás után érvényesülhetett.

Ettől számítva az alumíniumipar fejlődését három szakaszra lehet bontani. A Potsdam-i egyezmény értelmében a német érdekeltségek szovjet tulajdonba kerültek, így az alumíniumipar 1954-ig magyar—szovjet vegyes vállalat keretében működött, ekkor a szovjet fél tulajdonát képező érdekeltségeket előnyös feltételekkel átadta a magyar államnak. A MÁSZOBAL működése alatt helyreállították és bővítették a meglevő termelési kapacitásokat, az Almásfüzitői Timföldgyár megkezdte működését, Inotán új alumíniumkohó létesült. 1954-ben a timföldtermelés meghaladta a 130 e. tonnát, az alumíniumtömb előállítása 30 e. tonnára, a fégyártmányok gyártása kereken 25 e. tonnára emelkedett. Ezzel az első szakasz be is fejeződött, és összefoglalóan úgy jellemezhető, hogy a magyar alumíniumipar létrehozását öleli fel. Műszaki fejlesztés szempontjából e korszak legjelentősebb eseménye volt a tudományos-műszaki kapcsolatok megteremtése a Szovjetunióval. A termelés irányításában részt vevő gyakorlati szakembereken keresztül és a tudósokkal, kutatókkal kialakított kapcsolatok útján nemcsak a szovjet termelési tapasztalatokat vettük át, hanem rajtuk keresztül értesültünk az iparilag fejlett tőkés országok (elsősorban USA) eredményeiről is, amikhez a hidegháború korszakában egyébként nem juthattunk volna.

Az 1955—62 közötti időszakban főleg a meglevő gyárak intenzifikálásával a termelés 1962-ben timföldből 240 e. tonnát, kohó alumíniumból pedig 53 e. tonnát ért el. A székesfehérvári présmű üzembe helyezésével kezdetét vette a félgyártmánygyártás nagyarányú fejlesztése.

A második szakaszt a timföld- és alumíniumtermelés viszonylag lassú mennyiségi fejlődése mellett az üzemek technológiai színvonalának rendkívül gyors ütemű fejlődése jellemezte. Ez a feldolgozóipar fejlesztésével jelentkező problémák kényszerítő hatásának szükségszerű következménye volt. A bauxitvagyonunk mennyiségi és minőségi adatainak pontosabb meghatározása után gyengébb minőségű érc feldolgozására kellett rátérnünk, a villamos energia drága és kevés volt, a bauxitot mind mélyebbről és mind nagyobb hányadát karsztvíznivó alól lehetett kibányászni. A gazdaságos termelés fokozódó követelményeinek csak a műszaki színvonal emelésével lehetett eleget tenni. Az iparágban erre az időre felhalmozódott ismeretek hatása lemérhető például a timföldgyárakban a szakaszos működésű berendezések folyamatos üzemre való átalakításán, a fajlagos gőzfelhasználáson, a kohók villamosenergia-fogyasztásán és gépesítésén (kéregbetörés, tüskehúzás, timföldadagolás).

1962-ben a Szovjetunióval megkötött timföld-alumínium-egyezmény lehetővé tette a bauxitvagyon további kihasználását gátló akadály: az olcsóbb villamos energia hiányának áthidalását, biztosította az ország fémalumínium forrásainak nagymértékű bővítését, így megteremtette a tekintélyes alumínium félgyártmány és készárugyártás feltételeit hazánkban. Ez a szakasz a jelentős mennyiségi fejlődés mellett az egyoldalúság felszámolását is jelenti.

Az egyezmény megkötése óta eltelt tíz év alatt timföldtermelésünk megkétszereződött, félgyártmány termelésünk pedig két és félszeresére növekedett. Az egy személyre jutó alumíniumfelhasználás 1972-ben 10 kilogrammra emelkedett és a központi fejlesztési program lehetővé teszi, hogy 1985-re elérje a 16—19,5 kilogrammot, ami nemzetközi összehasonlításban is magas érték. A Fémipari Kutató Intézet 25 éves tevékenysége, úgy érezzük, szervesen kapcsolódott az iparfejlesztési célkitűzésekhez, és kutatási eredményeivel hozzájárult az iparág műszaki színvonalának emeléséhez, a termelés gazdaságosabbá tételéhez, a termékek minőségének javításához. Itt szeretném hangsúlyozni, hogy egy kutatóintézet eredményei

önállóan nem jelennek meg. Megvalósításuk az iparban fáradságos hosszú munka eredménye, melynek során a tevékenységet mind jobban a termelésben dolgozó szakemberek veszik át. Ezért amikor az Intézet eredményeiről beszélünk, azt mindig az iparág közös sikereinek tekintjük. A továbbiakban a tevékenységünket a timföldipar, alumíniumkohászat, félgyártmány- és készáru-gyártás csoportosításban szeretném ismertetni.

A magyar timföldipar egyik fő problémája a világszerte szokásosnál lényegesen gyengébb minőségű bauxit feldolgozásából ered. Az Intézet a Bayer- és a zsugorításos eljások kombinálásának legkülönbözőbb változatait dolgozta ki, melyek azonban nem kerültek megvalósításra. Ennek oka az, hogy a kombinált eljárások önköltsége ugyan a Bayer-technológiáénál kevésbé érzékeny a bauxit minőségére, a gyengébb bauxitból gyártott timföld azonban így is lényegesen drágább, és a beruházási költségek is nagyobbak. Így a 7—8 hányadosú bauxitok feldolgozására is a Bayer-technológia bizonyult hazailag a legkedvezőbbnek. E felismerés alapján maradt a Bayer-technológia fejlesztése továbbra is a központi kérdés. Az utóbbi években a vörösiszap elhelyezési gondok és környezetvédelmi megfontolások a bauxit, illetve vörösiszap értékes alkotóinak komplex hasznosítására irányították a figyelmet. Az Intézetben kidolgozott és nagyüzemi méretekben ellenőrzött technológia lehetővé teszi közepes minőségű bauxitból az Al_2O_3 tartalom jó hatásfokú kinyerését, kis marónátron veszteséggel a vastartalom hasznosítását, a másodlagos iszap esetleges cementipari felhasználását. Az eljárás megvalósításához azonban még további üzemi kísérletekre lesz szükség. A megfelelő kísérleti üzem hiánya, valamint az igen nagy költségek miatt a kérdés lezárásához a továbbiakban fokozott nemzetközi együttműködés szükséges.

Az ötvenes években sikeres üzemi kísérleteket folytattunk gáztisztító massza előállítására vörösiszapból. Ezen időszakból kiemelem Lányi Bélának a kort megelőző csőfeltárási kísérleteit. A téma felvetése és a vizsgálati eredmény műszaki tudományos előrelátást mutat. Az eljárás ipari bevezetése külföldön és hazánkban is napjainkban valósul meg.

A bauxitok kísérő elemei kinyerése terén a magyar timföldipar mindig élen járt, amit a vanádium és gallium előállítás üzemi megoldása is bizonyít. Technológiát dolgoztunk ki a bauxitok Ti tartalmának kinyerésére is.

Az egyes hazai bauxitok a lelőhelytől függően jelentős összetételi és technológiai különbségeket mutatnak. Az FKI és a Bauxit Kutató Vállalat hatalmas munkát végzett a bauxitok tulajdonságának jobb megismerésére. A bauxitkataszteri vizsgálatok megteremtették a rendszeres bauxitminősítés alapjait. Az utóbbi években előtérbe került ásványos elemzési és morfológiai vizsgálatokkal tisztáztuk a bauxit összetétele, fizikai kémiai tulajdonságai, valamint a Bayer-technológiában tapasztalható viselkedése közötti összefüggéseket. Ezek az ismeretek szilárd alapot adnak ma már nemcsak a magyar, hanem a világ bármely bauxitjának olyan technológiai értékeléséhez, melynek alapján timföldgyárat lehet tervezni.

A Bayer-technológián belül lejátszódó kémiai folyamatok és fázisátalakulások terén felhalmozódott ismeretek lehetővé teszik, hogy ezeket a folyamatokat kedvező irányba befolyásoljuk, és a timföldkihozatal növelése, a nátronveszteség csökkentése és a vörösiszap ülepedésének, moshatóságának javítására használjuk fel. Az Intézet szabadalmi oltalomra bejelentett eljárásai határainkon túl is széles körű érdeklődést váltanak ki, és az alumíniumipar szellemi exporttevékenységét segítik elő.

A Bayer-technológia terén felhalmozódott ismeretek lehetővé teszik, hogy a magyar timföldipar megbirkózzon olyan bonyolult és súlyos problémával, mint a kalcitos-dolomitos bauxitok feldolgozása, ami jellegénél fogva váratlanul érte az üzemeinket.

Az elmodottak alapján kijelenthetjük, hogy a magyar timföldipar műszaki színvonala napjainkban a világ élvonalához tartozik. Ezt igazolja meglevő gyáraink bővítése és olyan üzemek létesítése, amelyek nagyteljesítményű egységekből állnak, kellően automatizáltak, műszerezettek és üzemvitelileg jól kézben tarthatóak.

Az alumíniumkohászat Csepelen 1935-ben az Elektrochemisk oslói cég segítségével 12 kA-es kádakkal indult, majd 1937-ben 24 kA-es kádakat helyeztek üzembe, hasonló egységekkel működött később a Tatabánya I. és II. csarnok is. Az ajkai fémelőállítás 29 kA-es áramerősséggel kezdődött. A Tatabányai III-as csarnok 1950-ben és Inota 1952-ben szovjet és norvég tapasztalatok felhasználásával korszerű felső tüskés konstrukcióval már 50 kA-el kezdett termelni. Ezzel az alumíniumkohászat új üzemekkel történő fejlesztése be is fejeződött, ekkor a termelési kapacitás mintegy 44 e. to/év volt. A termelés további mintegy 50%-os bővítése kizárólag az üzemek intenzifikálása útján történt. E tevékenység alapját az elektrolizáló kádak hőmérlegének rendszeres felvétele és a hosszú éveken keresztül több lépcsőben végzett üzemi áramerősségnövelési kísérletek képezték.

Az alumíniumkohászat üzemviteli problémáinak hosszú évekig alapvető oka az import anódmassza sokfélesége volt. Ezért az Intézet kezdettől fogva foglalkozik anódmassza gyártási kérdéseivel. Sajnos, ilyen gyár létesítésére nem került sor, az üzemviteli gondok azonban rákényszerítettek a probléma alapos megismerésére. Vizsgálati módszereket dolgoztunk ki, amit a szállítók is elfogadtak, s receptúra módosításainkat a saját üzemeinkben is alkalmazzák; ezáltal hozzájárultunk a német, csehszlovák, lengyel és szovjet szállítók műszaki színvonalának emeléséhez. Megtanult az ipar változó összetételű import masszából is jól dolgozni. és tisztáztuk a petrolkoksz és kötőanyagszurok hazai nyersanyagokból történő előállításának lehetőségeit. A vizsgálatok során olyan fluor-adalékos receptúrát alakítottunk ki, mely a felsőtüskés kádaknál 60—70%-os salakcsökkentést és fémminőség-javulást eredményez. A katódszerkezetnél az építési technológia fejlesztésével, az építőanyagok minőségének javításával, az árambevezető sín beágyazásának módosításával az üzemekben az átlagos kádélettartam az

1954. évi 30 hónapról 52 hónapra nőtt. A szovjet kutatási módszerek meghonosításával korszerű olvadékelektrolízis laboratórium létrehozása lehetővé tette az olvadék tulajdonságainak tanulmányozását, az elektrolízis folyamatainak vizsgálatát és a technológia optimalizálását. Kidolgoztuk az adalékos ($NaCl$, CaF_2) üzemi technológiát, melyre feltehetően a további üzemi áramerősség növelésekor szükség lesz.

Általában megállapítható, hogy az alumíniumkohászat az új kapacitások létrehozásával, a technológia terén saját műszaki fejlesztés alapján a termelés intenzifikálásával, az 1960-as évek elején kialakított kádkonstrukciókkal az évtized közepe tájékán a világ élvonalához tartozott, és az akkori időknek megfelelő kiszolgáló gépekkel rendelkezett. Az ezt követő időszakban, bár az elméleti ismeretek rendelkezésre álltak, nagy teljesítményű kohók létesítésének hiányában új kádkonstrukció létrehozásában a nemzetközi fejlődésből kényszerűen kimaradtunk, a meglevő üzemeknek gépesítése és automatikus szabályozása terén erőfeszítéseink ellenére sem tudunk versenyképesek maradni.

A hazai alumíniumipari tevékenység fő célja az alumíniumfelhasználás fokozása. Ehhez egyrészt megfelelő mennyiségben, jó minőségben és bő választékban kell az alumínium félgyártmányokat biztosítani, ami a szerkezetek méretezéséhez, a megfelelő kötések kialakításához, felületi védelemhez szükségesek. Az Intézet ilyen irányú tevékenységéből szeretnénk megemlíteni néhányat.

A termék minőségét illetően ott, ahol ezt elsősorban a fém összetétele szabja meg, az alumíniumkohászat színvonala lehetővé tette a félgyártmány és készáru jó minőségét is, mint pl. az ötvözetlen alumínium vezetékhuzal esetében. A jó alapfém és a fémkezelési módszerek biztosították az alumíniumkábelek és vezetékanyagok versenyképességét a világpiacon. A felhalmozódott ismeretek ezen a téren zökkenőmentessé tették a folyamatos öntvehengerlő eljárások bevezetését. A felhasználási célnak megfelelő félgyártmányok további előfeltétele az összetétel és a fémkezelés mellett a hengerlési és sajtolási tuskók jó minősége. Az e téren végzett kutatások eredményeként a szélzónamentes, finomszemcsés és homogén tuskók öntéstechnológiája üzemi bevezetésre kerülhetett.

Az ilyen tuskókból — fokozott technológiai felügyelet mellett — olyan termékek is gyárthatók, mint például a mélyhúzható lemezek, de már üzemszerűen is készül olyan félgyártmány, mint az importot ma már helyettesítő fóliaelőtermék. Ezeknek a fokozott igényeket kielégítő termékeknek a gyártásában szükséges szigorú technológiai követelmények betartásához a félgyártmánygyártó üzemek berendezéseit és műszerezettségét kell továbbfejleszteni. A teherviselő szerkezetek céljára a háborús évek alatt kifejlesztett Dural-ötvözet nem hegeszthető, ezért a nálunk kidolgozott szegecselési eljárással épült a kontinens első alumíniumhídja Szabadszálláson. A szegecselt kötésről azonban szükségszerűen át kellett térni a hegesztésre. A hegeszthető ötvözetek közül a Nautal (AlMg 4,5) lett a magyar kishajók építési anyaga. Az 1955-ben elkészült alumíniumserlegű dömperek, az 1958-ban átadott 2 alumínium villamos motorkocsi és 2 vasúti személykocsi kifogástalanul üzemelt, folytatása azonban — legalábbis nálunk — sajnos nem következett, pedig ma már világszerte a gyors- és függővasutak, nagysebességű szerelvények mind alumíniumból készülnek.

A szilárdság növelésének érdekében az 1950-es évek végén jól hegeszthető, önnemesedő, AlZnMg-típusú ötvözetek bevezetését javasoltuk. Ez az ötvözet a járművek és csarnokszerkezetek területén újszerű és gazdaságos alumíniumfelhasználást tett lehetővé, és ezzel számos fejlett alumíniumiparral rendelkező országot is megelőztünk. Ebből következett azután 8—10 év elteltével az, hogy — más országokhoz hasonlóan — mi is észleltünk az alumíniumötvözetek hegesztéseinél az anyag eddig ismeretlen elridegedését. Ezért kellett a szolnoki nyersfoszfátraktárt lebontani. Ilyen sajnos — a bauxitcementhez hasonlóan — a leggondosabb előkészítés ellenére is bekövetkezett és csak ott kerülhető el, ahol más nyomdokain, kitaposott úton haladva nem vállaljuk a kockázatot.

Számos új, fokozott követelményeket kielégítő felhasználásra adtak lehetőséget az AlMgSi-ötvözet továbbfejlesztésére irányuló sokoldalú kutatásaink.

Az ötvözetfejlesztéshez természetesen csatlakozott az egyes kötési módszerek paramétereinekmeghatározása és a méretezési elvek tisztázása.

Az alumíniumanyagok alkalmazási területének kiszélesítésére, ill. korrózióvédelmének javítására újabb dekorációs és fokozott követelményeket kielégítő eljárásokat dolgoztunk ki. A kidolgozott direktszínező anódos oxidációs eljárások nagyban elősegítették azt, hogy Magyarországon az alumíniumanyagok építészeti felhasználása fellendülésnek indult. Ezek a rétegek esztétikai hatásuk mellett kíváló korrózióállóságukkal és színtartósságukkal tűnnek ki.

Az alumínium előkészítésével és lakkozásával kapcsolatban felkészültünk arra, hogy a rendelkezésünkre álló ismeretanyag és technológia a szalaglakkozás területén bevezetésre kerüljön.

Az elmondottakkal szerettem volna érzékeltetni, hogy a félgyártmány és az alumínium-felhasználásnál a legfontosabb területeken nagy ismeretanyag gyűlt össze. a hasznosításuk azonban csak helyenként történt meg jó hatásfokkal. Ennek okát abban látjuk, hogy az elmúlt időszakban az alumínium hiánya miatt a felhasználók igényeit mennyiségileg sem lehetett kielégíteni, és a kezdeményezések önmagukban kevésnek bizonyultak. Ma a nehézségeket az okozza, hogy az alumínium-felhasználás kiszélesítése több ismeretet, gondosságot igényel, a gyártmányok többségében drágábbak, mintha más anyagból készültek volna, az előnyök pedig a felhasználás során jelentkeznek, és az egyszeri magasabb beruházás jelenleg még gyors megtérülés esetén sem kedvez az alumíniumnak. A félgyártmány termelés rohamos fejlesztése, a minőség és választék növelésére tervezett beruházások, az élenjáró hazai és külföldi tapasztalatok felhasználása azonban bizonyos alapját képezi annak a célkitűzésnek, hogy a félgyártmány és készáru-termelés frontján is felzárkózzunk a világ élvonalához az 1979-es évek végére.

Az alumíniumipar műszaki fejlesztése terén tehát általában az alábbi fő feladatok tűzhetők ki:

Az alumíniumkohászatban újabb erőfeszítéseket kell tennünk, hogy a meglevő üzemekben korszerűsítéssel továbbra is versenyképesen tudjunk termelni. A timföldgyártás nagyarányú mennyiségi fejlesztését a bauxitvagyonunk ma már nem teszi lehetővé, ezért különös gonddal kell ügyelnünk arra, hogy az elért színvonalat újabb hazai üzemek építése nélkül részben a szellemi export útján is tartani tudjuk. A félgyártmány-gyártásánál viszont a mennyiségi fejlesztés lehetőségeit ki kell használni a műszaki színvonal gyors emelésére.

Alapjában e célkitűzések eléréséhez tartalmazza a feladatokat a magyar alumíniumipar központi fejlesztési programjának kutatási célprogramja, melyet a Minisztertanács 1972-ben országos színtű kutatási célprogrammá nyilvánított. Az FKI legfontosabb feladata jelenleg a célprogramból ráháruló kutatási programok kívánt időre történő megoldása. Ha a végrehajtás tapasztalatait az elmúlt 2 év alapján szabad általánosítani, akkor megállapíthatjuk, hogy a kialakult rendszer megteremtette az iparfejlesztés és kutatás szoros összhangját. A program teljes megoldására kötött szerződések biztosítják a tervszerű folyamatos tevékenységet, és hosszútávra rendezték az Intézet pénzügyi helyzetét. Sajnos nem ilyen kedvező a helyzet a kutatási eszközök terén. A kutatás hatékonyságának egyik fő akadálya a szükséges eszközök és hely hiánya. Ennek fontosságát támasztja alá az a változás is, mely az elmúlt 5—10 évben minden ipari kutató intézetben tapasztalható a kutatós módszereiben és a kutatói szemléletben. Régebben a kutatás módszere alapjában empirikus volt, az elméleti ismeretek alapján a kutatók kialakították munkahipotézisüket és ezek kísérleti igazolására törekedtek. Ma már korszerű mérőberendezések és vizsgálati módszerek lehetővé teszik az anyag molekuláris, illetve atomi szintű kölcsönhatásainak megismerését, és az elemi folyamatok nyomonkövetését. Ez a folyamat elkerülhetetlenül magával hozta a kutatók szakosodásának szükségességét is. Mivel az említett műszerekkel és berendezésekkel a technológus-kutatók már közvetlenül nem tudnak dolgozni és a kapott információkat értelmezni, ezt a feladatot az úgynevezett anyagtudományra a „Material Science"-re specializálódott szakemberek látják el, szemben a folyamatelméletre felkészült szakembergárdával, akik szemléletben és módszereikben a hagyományos technológus kutatóhoz állnak legközelebb. E folyamat számszerűen is lemérhető az FKI-ben, ahol még 5 éve is a tudományos munkatársak zömében technológusok voltak, ma már mintegy 30%-uk közvetlen anyagtudománnyal foglalkozik, és az alumíniumipari technológiák terén közvetlen ismeretekkel nem rendelkezik. Ezt a kétirányú szakosodást viszont az ipari kutatási problémák megoldásakor a 2 típus team-rendszerű integrációjával kell kompenzálni, ami a kutatás-szervezés speciális formáját teszi szükségessé. A technológus kutatóink zöme 15—20 éve végezte az egyetemet. Ahhoz, hogy képesek legyenek megfogalmazni problémájukat az anyagtudománnyal foglalkozók számára, hogy megismerjék e tudomány nyújtotta lehetőségeket, és a kapott információkat képesek legyenek hasznosítani, döntő fontosságúvá vált a kutatók továbbképzésének kérdése. Ezért minden kutatóra vonatkozóan elkészítettünk a szakmai, ideológiai és nyelvi továbbképzési tervünket és megszabtuk az általános követelményeket is, mely szerint az Intézetben nem tölthet be kutató állást, aki valamelyik világnyelvből legalább középfokon államvizsgát nem tesz, meghatározott időn belül nem szerzi meg az egyetemi doktori címet; a vezető munkatársak pedig tárgyalóképes nyelvismerettel és tudományos fokozattal kell, hogy rendelkezzenek.

Az alumíniumipar kutatási célprogramja végrehajtásának alapvető problémáját abban látjuk, hogy végrehajtásához — részben a feladatok nagy száma miatt — az erőket nem tudjuk a szükséges mértékben koncentrálni. Ezen az egyes feladatok törlése sem segít, a kutatók átcsoportosítása ugyanis csak bizonyos határok között lehetséges. Az Intézet létszáma a jövőben sem növelhető Budapesten a jelenlegit lényegesen meghaladó mértékben, ezért a célprogram sikeres teljesítése érdekében meg kell oldani az iparági kutatási kapacitások és erőforrások téma-orientált teljes intergációját és az iparágban a termelés irányítással foglalkozó műszakiak egyrészének bevonását a kutatás-fejlesztési feladatok megoldásába.

Reménytelen vállalkozás lenne, ha akár csak felsorolás jelleggel is megkísérelném ismertetni az Intézet teljes tevékenységét és problémáit. Az FKI jubileumára készült kiadvány, melyet vendégeink számára ez alkalommal tisztelettel átnyújtunk, az Intézetről készült film megtekintése, és a kiállításunkkal történő megismerkedés, melyet szives figyelmükbe ajánlunk, reméljük kiegészíti a 25 éves tevékenységünkről alkotott képet, és e beszámolóban a felvillantott néhány kérdés talán érzékelteti törekvéseinket, elképzeléseinket.

Az MSZMP Központi Bizottsága tudománypolitikai irányelvei hosszútávú terveinek elkészítésében és mindennapi tevékenységükben határozottan szabja meg és irányítja munkánkat. Ennek megfelelően alapvető feladatunknak tekintjük, hogy a jövőben még szorosabb legyen kapcsolatunk az iparral, és a kutatási eredmények ipari hasznosítása révén hozzájáruljunk a termelés hatékonyságának gyors emeléséhez. Ez továbbiakban is csak az alumíniumipar vezetőinek és dolgozóinak aktív támogatásával, a kutató bázisok és az ipar megértő együttműködésével érhető el. Az intézet nevében köszönetemet fejezem ki az ipar vezetőinek, a velünk együttműködő vállalatoknak, intézményeknek és mindazon személyeknek, akik közvetlen vagy közvetett támogatásukkal segítették munkánkat, és őszintén remélem, hogy az elkövetkező 25 évben közös tevékenységünk eredményeként az alumíniumipar minden fázisában világviszonylatban is számottevő színvonalat érünk el.

Na-Al-szilikátok fázisalakulásai a vörösiszap kohósításakor

HORVÁTH GYULA okl. kohómérnök
Fémipari Kutató Intézet

DK: 669.712.1 : 669.017 : 001.5

A szerző megvizsgálta a vörösiszap Na—Al-hidroszilikát tartalmának fázisátalakulásait; meghatározta az egyes fázisok stabilitásának hőmérsékletváltozásait; megállapította továbbá a fázisátalakulások és a kohósítás során fellépő Na_2O-veszteségek közötti összefüggéseket.

A vörösiszap kohósításnál — a feldolgozás körülményeitől függően — több-kevesebb Na_2O távozik el a rendszerből marónátron veszteséget okozva. Pedig az Na_2O visszanyerése a vörösiszapból döntő mértékben befolyásolja az egyes eljárások gazdaságosságát.

A vörösiszapban a Na_2O-tartalom tapadó lúg alakjában, vagy vegyületenként kötve (zeolit, szodalit, cancrinit, [1.], [2.], [3.], [4.]) fordul elő.

Kísérleteinket mesterséges Na-Al-hidroszilikátokkal végeztük. Mivel a vörösiszap kohósításánál kokszot és meszet is használunk, célunk az volt, hogy megállapítsuk a hőkezelés és adalékanyagok hatására a Na-Al-hidroszilikátokban végbemenő fázisátalakulásokat, és megfigyeljük, hogy a fázisátlalakulások és az Na_2O-veszteség között milyen összefüggések vannak.

Vizsgálatainkhoz Müller Mikro 111 típusú röntgendiffraktométert és MOM Derivatograph-ot használtunk.

1. Kísérletek mesterséges Na-Al-hidroszilikátokkal

1.1 Zeolit vizsgálata

Ezt a vegyületet vízüveg és nátrium-aluminát oldat reagálásával készítettük 90 °C-on. Nemecz és társai [3] szerint ilyen körülmények között a Linde-zeolithoz közelálló összetételű anyag keletkezik. Az általunk gyártott anyag ilyen összetételű lett (lásd: *1. táblázat*).

A röntgenfelvétel alapján (*1a ábra*) a minta vonalainak elhelyezkedése és intenzitása megegyezik a Linde 5 Å zeolittal, amely $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4{,}5\ H_2O$ képlettel jellemezhető.

1.1.1 Zeolit fázisátalakulásai a hőmérséklet függvényében

A zeolitban a hőmérsékletemelkedés hatására bekövetkező fázisátalakulások hőmérsékletéről a *2. ábrán* bemutatott derivatogram segítségével tájékozódtunk. A DTA görbén 180, 465 és 840 °C-on minimum, míg 880 és 1090 °C-on maximum található. A minimumok víz- és Na_2O-vesztéssel kapcsolatosak, míg a minta vízvesztési határhőmérséklete (400 °C), valamint a DTA görbén 880 és 1090 Celsius-fokon, súlyváltozás nélkül megfigyelhető maximumok fázisátalakulásokra utalnak.

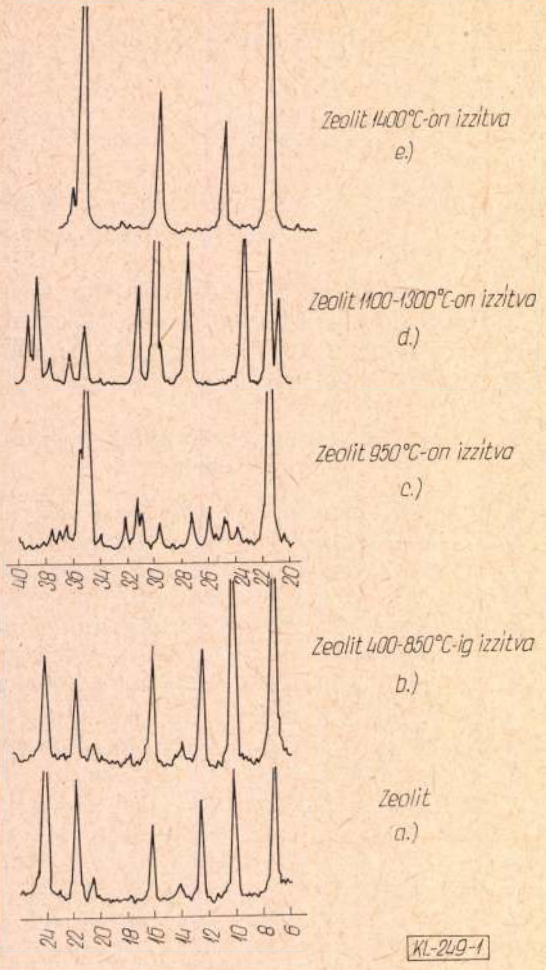
A zeolit szerkezeti átalakulásának tanulmányozására olyan mintákat vizsgáltunk meg, amelyeket előzőleg 400, 625, 750, 850, 950, 1100, 1200, 1300 és 1400 Celsius-fokon 1—1 órán át hőkezeltük. Ugyanakkor néhány mintát megelemeztünk, és összetételük alapján kiszámítottuk az Na_2O-veszteségüket. Ezeket az adatokat szintén az 1. táblázatban tüntettük fel.

A zeolitban a hőmérsékletemelkedés hatására végbemenő fázisátalakulásokat az *1a—e ábrák* röntgendiffraktogramjain mutatjuk be.

1. táblázat

Különbözőképpen kezelt zeolitok összetétele és az Na_2O-veszteségek, %

A minta			Na_2O	Al_2O_3	SiO_2	CaO	Izzítási veszteség	Na_2O veszteség
száma	kezelése	jele						
1	hevítve	Zeolit	19,5	28,2	34,5	0,1	17,6	0
		Zeolit 400 °C-ig	22,8	34,1	41,7	0,1	1,3	3,4
		Zeolit 525 °C-ig	22,1	34,9	42,6	0,1	0,2	8,0
		Zeolit 625 °C-ig	22,1	35,0	42,8	0,1	0	8,7
		Zeolit 1220 °C-ig	22,1	35,0	42,8	0,1	0	8,7
		Zeolit 1350 °C-ig	21,4	35,3	43,2	0,1	0	12,4
2	1400 °C-ig hevítve	57,2 % Zeolit + 42,8 % CaO	8,8	21,6	26,5	43,0	0	40,3
3		44,4 % Zeolit + 33,4 % CaO + 22,2 % koksz	8,0	21,8	26,6	43,5	0	46,5
4		66,7 % Zeolit + 33,3 % koksz	21,1	35,4	43,3	0,1	0	14,2



1. ábra. a) *Zeolit,* b) *Zeolit 400—850 °C-ig izzítva,* c) *Zeolit 950 °C-on izzítva,* d) *Zeolit 1100—1300 °C-on izzítva,* e) *Zeolit 1400 °C-on izzítva*

Az *1*a ábrán kiinduló anyagunk fázisösszetétele látható: $(NaAlSiO_4)_{12} \cdot 27\ H_2O$ összetételű zeolit.

400—850 °C-os izzítás után a zeolit kristályszerkezete szinte azonos a kiinduló anyagéval. Az eltérést csak a reflexiók kisebb Å-értékek felé tolódása jelzi (lásd: 1b ábra).

Az 1c ábrán a 950 °C-on izzított minta fázisösszetételét mutatjuk be. A zeolit ezen a hőmérsékleten már átalakult: főleg kis hőmérsékleten stabilis carnegieit ($NaAlSiO_4^A$) és kevés nefelin ($Na_2Al_2Si_2O_8$) keletkezett belőle.

Ezt a fázisátalakulást jelezte a 2. ábra DTA görbéjén 880 °C-on megfigyelhető maximum.

1100 és 1300 °C között a minták már zömében nefelint tartalmaznak, s kisebb mértékben kis hőmérsékleten stabilis carnegieitet, ahogyan azt az 1d ábrán láthatjuk. Ebben a hőmérsékletközben a nefelin az uralkodó fázis. Erre utal az említett 1090 Celsius-fokos maximum.

Az 1e ábra szerint az 1400 °C-os anyagban nefelin már újból nincsen, csak a kis hőmérsékleten stabilis carnegieitet azonosíthatjuk a mintában.

A diffraktogramok alapján megállapíthatjuk, hogy a zeolit a hőmérséklet növelés hatására az alábbi fázisátalakulásokon megy át:

$$\text{zeolit} \xrightarrow{880\ °C} NaAlSiO_4^A + (Na_2Al_2Si_2O_8) \xrightarrow{1090\ °C} \rightarrow Na_2Al_2SiO_8 + (NaAlSiO_4^A) \xrightarrow{1350\ °C} NaAlSiO_4^A.*$$

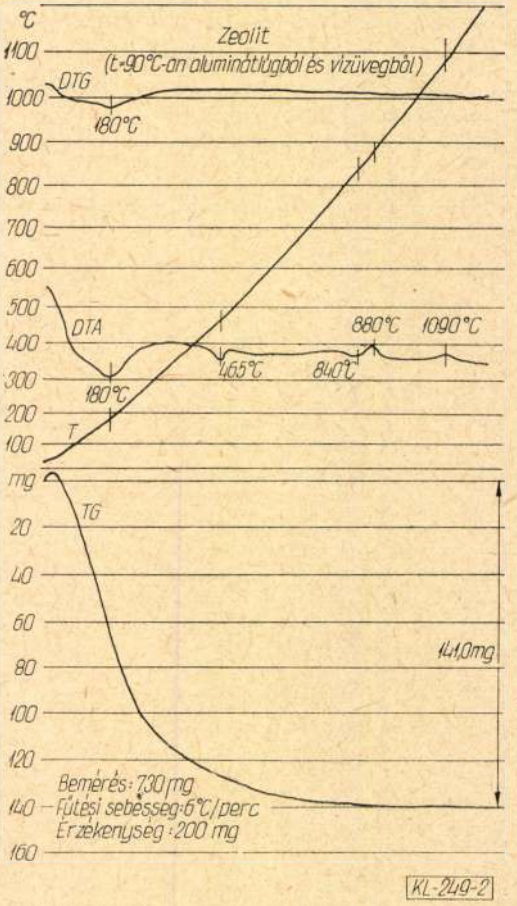
Az 1. táblázat alapján a zeolit még a fázisátalakítások előtt, kis hőmérsékleten (<625 °C) 8,7%-ot veszít Na_2O-tartalmából, a fázisátalakulások jellemző hőmérsékletein, 880 és 1090 °C-on nincs Na_2O-veszteség. Újabb Na_2O illanást csak nagy hőmérsékleten (>1200 °C) felett tapasztalunk, mely azonban csupán 3,7%, nem jelentős mértékű. Ez arra utal, hogy mind a nefelin, mind pedig a carnegieit fázisok nagyon stabilis vegyületek, csak nagy hőmérsékleten bomlanak meg, s keletkezésük, ill. átalakulásuk nem jár Na_2O-veszteséggel.

A kisebb hőmérsékleten észlelhető Na_2O-veszteség tehát csakis a zeolit tapadó Na_2O-tartalmából származhat, s az összes Na_2O veszteségnek 71%-át teszi ki. A kötött Na_2O csak nagy hőmérsékleten távozik, az összes Na_2O-veszteségnek 29%-a.

1.1.2 Mész-, koksz-, mész- és kokszadagolás hatása a zeolitra

E vizsgálatokhoz felhasznált elegyek összetételét az alábbiakban tüntetjük fel:

1. Zeolit önmagában
2. 100 sr. zeolit + 75 sr. CaO = 57,2% zeolit + + 42,8% CaO
3. 100 sr. zeolit + 75 sr. CaO + 50 sr. koksz = = 44,4% zeolit + 33,4% mész + 22,2% koksz
4. 100 sr. zeolit + 50 sr. koksz = 66,7% zeolit + + 33,3% koksz.



2. ábra. Zeolit (t = 90 °C-on aluminátlúgból és vízüvegből)

A 2. és 3. sz. elegybe adagolt mész mennyisége csaknem elegendő a zeolit felbontására, amikor is az alábbi egyenlet szerint NA és C_2S képződik:

$$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2\,SiO_2 + 4\,CaO = Na_2O \cdot Al_2O_3 + 2(2\,CaO \cdot SiO_2)$$

(Az elegyek mésztartalma C_2S képződéséhez szükséges mészmennyiséghez viszonyítva 87, ill. 88%.)

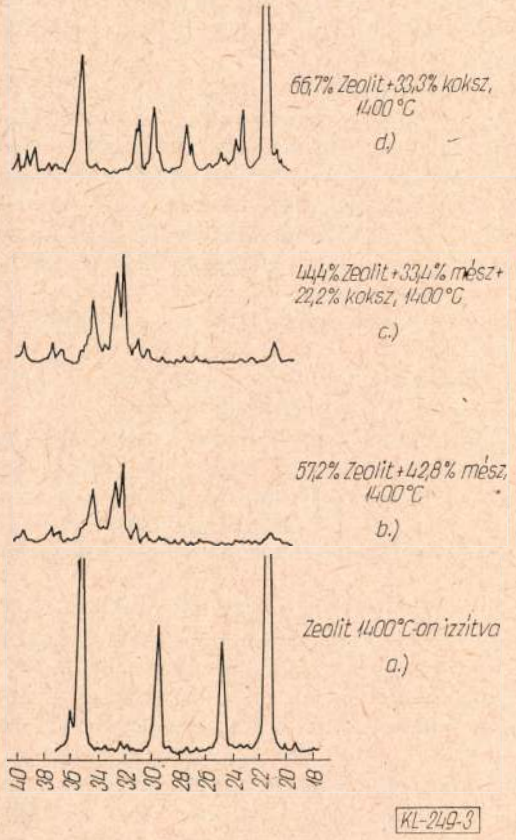
Ezeket az elegyeket 1400 °C-ra hevítettük fel, és 1—1 órán át hőntartottuk. A hőkezelt minták kémiai összetételét és Na_2O-veszteségét is az 1. táblázat tünteti fel, míg fázisösszetételüket a *3a—d* ábrán láthatjuk.

A 3a ábra az 1e ábrával azonos.

Mészadagolás hatására a carnegieit szerkezet felbomlik, β-dikalcium-szilikát ($\beta - C_2S$) és nátrium-aluminát (NA) keletkezik, de kevés felbomlatlan carnegieitet is találunk a mintában (3b ábra). A mészadagolás hatására más carnegieit módosulat ($NaAlSiO_4^F$) van ebben az anyagban, mint a mész nélküliekben ($NaAlSiO_4^A$).

A 3c ábrán a zeolit + mész + koksz elegyből származó minta fázisösszetételét mutatjuk be. A minta gyakorlatilag ugyanaz, mint az előzőben.

A 3d ábra a zeolit + koksz elegy hőkezelésével nyert minta röntgendiffraktogramját tünteti fel. A kokszadagolás hatására az alacsony hőmérsékleten stabilis carnegieit részben nefelinné alakul át. (A mészadagolás hatására ugyanezen anyagból felső carnegieit [$NaAlSiO_4^F$] lett!)



3. ábra. a) *Zeolit 1400 °C-on izzítva,* b) *57,2% Zeolit + 42,8% mész, 1400 °C,* c) *44,4% Zeolit + 33,4% mész + 22,2% koksz, 1400 °C,* d) *66,7% Zeolit + 33,3% koksz, 1400 °C*

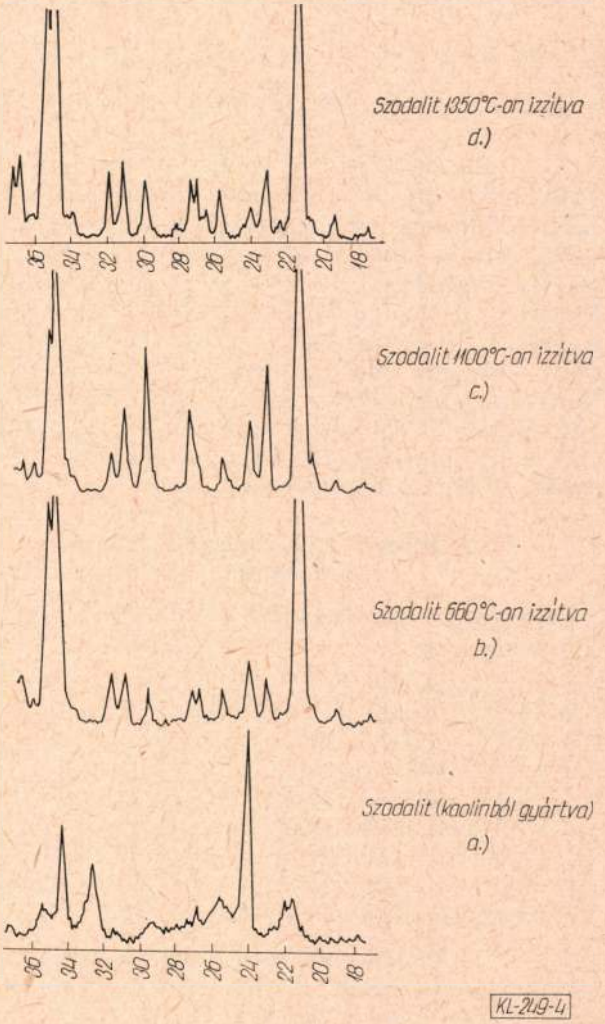
A röntgendiffraktogramok szerint a zeolit koksz jelenlétében nem sokat változik. Ezt támasztja alá az 1. táblázatban erre az elegyre kiszámított 14,2%-os Na_2O-veszteség is. Mész jelenlétében azonban a zeolit felbomlik, $\beta - C_2S$ és NA keletkezik, s eközben jelentős mennyiségű (40,3%) Na_2O távozik el a mintából. Mész és koksz együttes jelenlétében az Na_2O-veszteség még nagyobb: 46,5%.

1.2 Szodalit vizsgálata

A feltárási körülményektől függően a 100 °C-nál nagyobb hőmérsékleten feltárt kaolinból szodalit és cancrinit típusú fázisok képződnek [3].

Mi is ilyen anyagot állítottunk elő a kaolinit feltárásával, 210 °C-on. Kémiai összetételét a *2. táblázat*, míg fázis-összetételét a *4a ábra* tünteti fel. A minta zömében Natrodavyneből ($3\,NaAlSiO_4 - Na_2CO_3$), Noseanból ($3\,NaAlSiO_4 \cdot NaOH$) és Cancrinitből ($3\,NaAlSiO_4 \cdot NaOH$) áll, de tartalmaz még Illitet, kétféle Zeolitot és nem reagált Kaolinitet, valamint nátriumaluminátot ($Na_2O \cdot Al_2O_3$) is.

Az egyszerűség kedvéért a Natrodayne, a Nosean és Cancrinit fázisok felsorolása helyett a továbbiakban „szodalit" elnevezést fogjuk használni.



4. ábra. a) *Szodalit (kaolinból gyártva),* b) *Szodalit 660 °C-on izzítva,* c) *Szodalit 1100 °C-on izzítva,* d) *Szodalit 1350 °C-on izzítva*

1.2.1. A szodalit fázisátlalakulásai a hőmérséklet függvényében

A hevítés hatására — a zeolithoz hasonlóan — a szodalit is elveszti víztartalmát, és csökken Na_2O-tartalma is. Erről a szodalit különböző hőmérsékleten, 1—1 óráig hőkezelt mintáinak elemzéséből győződhettünk meg. Ezen minták összetételét is a *2. táblázatban* adjuk meg. Segítségével értékeljük az *5. ábrát*, mely a szodalit derivatogramját tünteti fel. Az ábra DTA görbéjén 860 és 1050 °C-on maximum található, míg 150, 300 és 660 °C-on minimum figyelhető meg. A szodalit szerkezeti átalakulását ezért a súlyveszteségre utaló határhőmérséklet (415 °C) és a fázisátalakulásokat jelző fenti hőmérsékleteket is figyelembe véve 415, 660, 950, 1100 és 1350 °C-on 1—1 óráig izzított, majd lehűtött minták röntgendiffraktogramján vizsgáltuk. A felvételeket a *4a—d ábrákon* láthatjuk.

A 4a ábrán a kiinduló szodalit összetételét mutatjuk be, melyet már korábban ismertettünk.

A 415 °C-on hőkezelt minta ugyancsak a már említett fázisokat tartalmazza, de a vízvesztés miatt az egyes reflexiók intenzitása megváltozott.

A 660 °C-on hőkezelt minta felvételén (4b ábra) már új fázisok jelennek meg: kis és nagy hőmérsékleten stabilis carnegieit ($NaAlSiO_4^A$, $NaAlSiO_4^F$), valamint nefelin ($Na_2Al_2Si_2O_8$). A minta zömében a kétféle módosulatú carnegieitből áll. Az 5. ábra DTA görbéjén 660 °C-on megfigyelhető minimum a carnegieit fázisok megjelenésére utal. Kevés, fel nem bomlott Natrodavyne és Nosean mellett még kis mennyiségben $Na_2Al_2O_4$, Illit, Zeolit és Cancrinit fázisokat találtunk a mintában. Mivel a kaolinit felbomlott, nem azonosíthatjuk.

A 950 °C-on hőkezelt anyag röntgenképe azonos az előzőével, de a mintában már Cancrinit sem található, és a Natrodavyne is csaknem teljesen elbomlott.

A 4c ábrán azt a felvételt mutatjuk be, amely az 1100 °C-os hőntartás után lehűtött mintáról készült. Az előző mintákhoz hasonlóan itt is a carnegieit fázisok az uralkodóak, de a nefelin mennyisége már jelentősen megnőtt. Ezt jelzi az 5. ábra DTA görbéjének 1050 °C-os maximuma is.

1350 °C-on (4d ábra) a nefelin mennyisége újból csökken, mert ezen a hőmérsékleten már nem stabilis a fázis. A minta jellegét a kétféle carnegieit fázis adja meg, de egy kevés elbomlatlan Noseant, valamint Zeolitot és Nátrium-aluminátot is azonosíthatunk benne.

A 4a—d ábrák szerint a szodalit fázisátalakulásai a hőmérséklet függvényében az alábbiak:

$$\text{Szodalit} \xrightarrow{660\,^\circ C} NaAlSiO_4^A + NaAlSiO_4^F + (Na_2Al_2Si_2O_8) \xrightarrow{1050\,^\circ C} NaAlSiO_4^A + NaAlSiO_4^F +$$
$$+ Na_2Al_2Si_2O_8 \xrightarrow{1350\,^\circ C} NaAlSiO_4^A = + NaAlSiO_4^F + (Na_2Al_2Si_2O_8)$$

A 2. táblázat szerint a szodalit is veszít Na_2O tartalmából 5,6%-ot, mielőtt a fázisátalakulások megkezdődnének. A fázisátalakulások hőmérsékletein 660 és 1050°C-on további 8,1% Na_2O-veszteség észlelhető, azonban ez is még a tapadó Na_2O-ból, ill. a Na-aluminát bomlásából származik. A kötött Na_2O-tartalom illanása csak 1200 °C felett kezdődik meg, s nem jelentős mértékű; Na_2O veszteség = 4,9%. Igy az összes Na_2O-veszteség az 1400 °C-ig izzított mintában 18,6%-ot tesz ki, s ennek mintegy 74%-a tapadó Na_2O-ból származik, és 26%-a kötött Na_2O-ból.

1.2.2. Mész- és kokszadagolás hatása a szodalitra

Ezekhez a vizsgálatokhoz az alábbi elegyeket állítottuk össze:

1. 100% szodalit
2. 86,2% szodalit + 13,8% CaO
3. 75,8% szodalit + 24,2% CaO
4. 62,3% szodalit + 37,7% CaO
5. 52,2% szodalit + 47,8% CaO
6. 87,0% szodalit + 13,0% koksz
7. 68,0% szodalit + 21,8% CaO + 10,2% koksz
8. 56,9% szodalit + 34,5% CaO + 8,6% koksz
9. 48,4% szodalit + 44,3% CaO + 7,3% koksz

A 2., 3., 4. és 5. sz. elegyben a mész mennyiségét fokozatosan növeltük. A Na—Al-szilikát felbontását, vagyis dikalciumszilikát (C_2S) és nátrium-aluminát (NA) képződését biztosító mész mennyiségének %-ában kifejezett mész-tartalmukat a *3. táblázat* tünteti fel.

A 6. elegy kokszot, míg a 7., 8 és 9. sz. elegy meszet és kokszot egyidejűleg tartalmaz. Relatív mésztartalmuk szintén a 3. táblázatban látható.

A mintákat 1350 °C-ra hevítettük fel, és 1—1 óráig hőntartottuk, majd lehűtöttük. Kémiai összetételüket a 2. táblázat tünteti fel. Ugyancsak itt adjuk meg a különbözőképpen kezelt szodalitok Na_2O-veszteségét is.

A mészadagolás hatását a *6a—e* ábrákon figyelhetjük meg.

A 6a ábra a mészmentes szodalit összetételét mutatja be, a 4d mintával azonos.

A C_2S képződéshez szükséges mész mennyiségének mintegy 25%-a (a elegy, 6b ábra) már változásokat idéz elő. Új fázisok jelennek meg: a C_2S ($2\,CaO \cdot SiO_2$) és a C_3A_5 ($3\,CaO \cdot 5Al_2O_3$), melyek a carnegieit-nefelin fázisok részleges megbomlását jelzik.

A 3. sz. mintában (6c ábra) a nefelin és a kétféle módosulatú carnegieit fázis mellett ugyancsak megtalálhatjuk a C_2S és a C_3A_5 vegyületeket is, de a carnegieit-nefelin fázisok rovására egy újabb fázis, a gehlenit C_2AS ($2\,CaO \cdot Al_2O_3 - SiO_2$) is megjelenik.

Ha a mész mennyisége C_2S képződésére elegendő, akkor — elméletileg — a Na—Al-szilikát fázisok felbomlanak, és C_2S, valamint NA keletkezik belőlük. A 6d ábra szerint bár a NA és a C_2S fázisok mennyisége a korábbi mintákhoz viszonyítva megnőtt, az elméletinél kevesebb mennyi-

* Megjegyzés: A zárójelbe tett fázis mennyisége kisebb a másikhoz viszonyítva.

2. táblázat

Különbözőképpen kezelt szodalitok összetétele és a Na_2O-veszteségek, %

A minta száma	A minta jele	Na_2O	Al_2O_3	SiO_2	CaO	Fe_2O_3	SO_3	CO_2	Nedvesség	Izzítási veszteség	Na_2O veszteség
1	Szodalit	25,5	33,3	32,9	0,7	0,3	0,25	1,85	5,1	10,4	—
	Szodalit 415 °C-ig hevítve	25,8	35,6	35,2	0,8	0,3	0,3	2,0	—	4,2	5,8
	Szodalit 660 °C-ig hevítve	24,1	36,5	36,0	0,8	0,3	0,3	2,0	—	2,1	13,7
	Szodalit 950 °C-ig hevítve	24,5	37,1	36,6	0,8	0,3	—	0,6	—	0,35	13,7
	Szodalit 1100 °C-ig hevítve	24,7	37,2	36,9	0,8	0,3	—	0,2	—	0,20	13,7
	Szodalit 1200 °C-ig hevítve	24,7	37,3	37,0	0,8	0,3	—	—	—	—	13,7
	Szodalit 1400 °C-ig hevítve	23,6	37,8	37,5	0,8	0,3	—	—	—	—	18,6
2	86,2 % szodalit + 13,8 % mész ...	20,1	32,7	32,4	14,5	0,3	—	—	—	—	20,0
3	75,8 % szodalit + 24,2 % mész ...	17,3	28,9	28,7	24,9	0,2	—	—	—	—	22,4
4	62,3 % szodalit + 37,7 % mész ...	11,8	24,2	24,0	39,7	0,2	—	—	—	—	36,1
5	52,2 % szodalit + 47,8 % mész	8,1	20,8	20,7	50,2	0,2	—	—	—	—	49,0
6	87,0 % szodalit + 13,0 % koksz ...	23,2	37,7	38,0	0,8	0,3	—	—	—	—	21,2
7	68,0 % szodalit + 21,8 % mész + 10,2 % koksz	17,0	28,8	29,0	24,8	0,5	—	—	—	—	24,3
8	56,9 % szodalit + 34,5 % mész + 8,6 % koksz	9,0	25,5	25,7	39,4	0,4	—	—	—	—	54,9
9	48,4 % szodalit + 44,3 % mész + 7,3 % koksz	4,0	21,5	21,7	52,4	0,3	—	—	—	—	76,1

(1350 °C-ig hevítve)

ségű CaO miatt — felbomlatlan nefelin és carnegieit fázisokat, valamint gehlenitet és találunk még a 4. sz. elegyben.

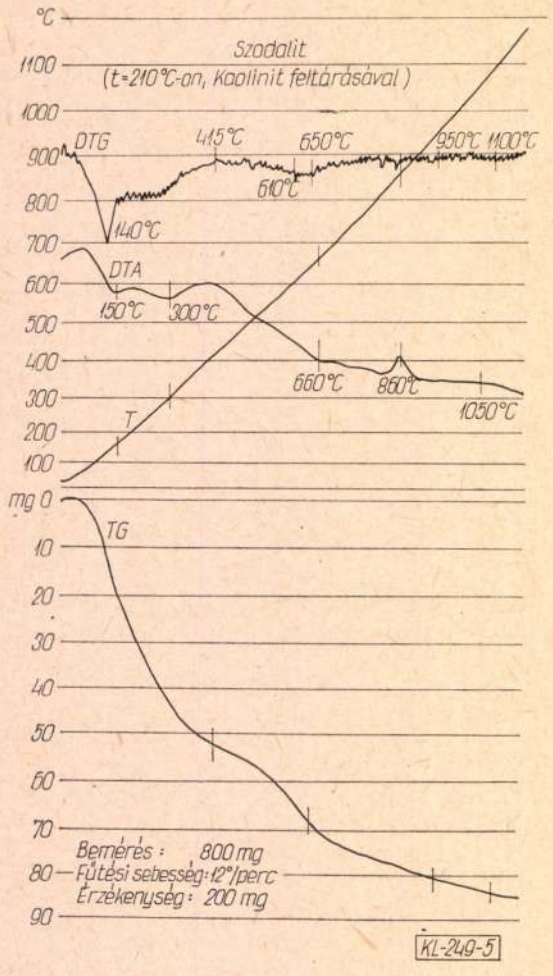
Ha a mész mennyiségét olyan nagyra növeljük, hogy az elegendő a C_2S, képződésére, sőt feleslegben is van, akkor a 6e ábra szerinti fázisokat figyelhetjük meg az 5. sz. minta röntgendiffraktogramján. A nefelin és a carnegieit fázisok szinte teljesen eltűnnek, C_2S és $C_{12}A_7$ képződött belőlük. NA ($Na_2O \cdot Al_2O_3$) alig van a rendszerben. A legszembetűnőbb a gehlenit ($2\ CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$) mennyiségének a megnövekedése.

A kokszadagolás hatását az 1. és 6. sz. elegy összehasonlításával tanulmányozhatjuk. A *7a ábra* az 1350 °C-on hőkezelt szodalit fázisösszetételét mutatjuk be, míg a *7b ábrán* a szodalit + koksz elegyét. A két minta fázisösszetétele szinte azonos.

Ez is megerősíti azt a tapasztalatot, melyet a zeolit vizsgálatakor már levontunk: hogy a koksz a nefelin-carnegieit fázisokat a vizsgálatok mintegy 1400 °C hőmérsékletéig alig bontja meg. (A 6. sz. minta Na_2O-vesztesége = 21,2%. Lásd: 2. táblázat.)

A mész- és kokszadagolás együttes hatását a szodalit fázisösszetételére a *8a—b ábrákon* tanulmányozhatjuk.

A 8a ábra a 3. sz. elegy, míg a 8b ábra a 7. sz. elegy röntgendiffraktogramját mutatja. A koksz adagolása a szodalit + mész elegyéhez képest főleg a gehlenit fázis megnövekedésében jut kifejezésre, mely a nagyobb mértékű Na_2O-veszteséggel függ össze. Gyakorlatilag ugyanezt tapasztalhatjuk a nagyobb mennyiségű meszet tartalmazó 4. és 8., valamint 5. és 9. sz. elegyeknél is.



5. ábra. Szodalit (t = 210 °C-on, kaolinit feltárásával)

A kémiai és fázisvizsgálatok eredményei összhangban vannak egymással és megerősítik mindazokat a következtetéseket, melyekre a zeolit típusú Na—Al-hidroszlikátok kutatásánál jutottunk.

A szodalit is átalakul a hőmérséklet hatására. A zeolittal szemben ez az átalakulás nem 880 °C-on, hanem már 660 °C-on megtörténik; a szodalitból nefelin és kétféle típusú carnegieit képződik. E fázisok 1350 °C-ig megtalálhatók a mintákban, de a nefelin itt is az 1100 °C-os mintában szerepel a legnagyobb mennyiségben.

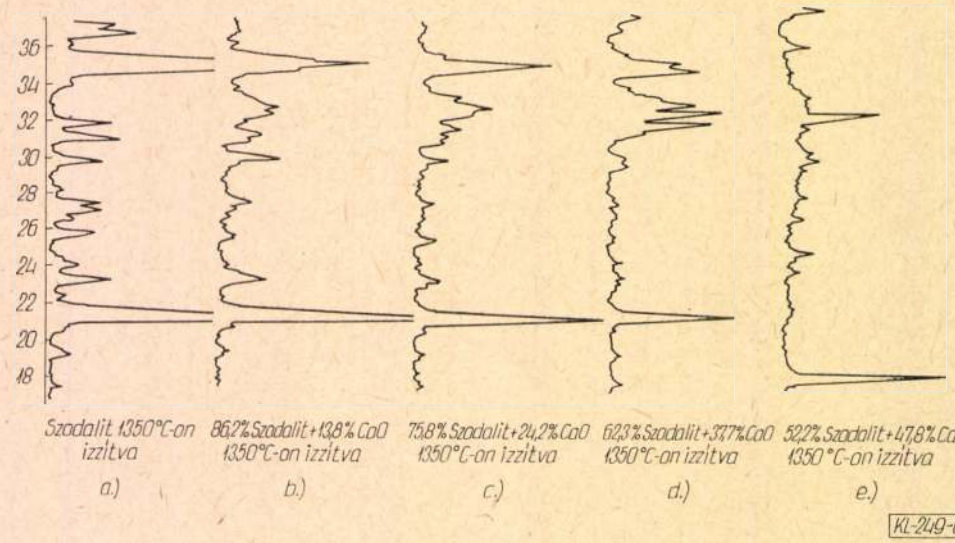
3. táblázat

A szodalit-elegyek mésztartalma a C_2S képződéséhez szükséges mészmennyiség százalékában

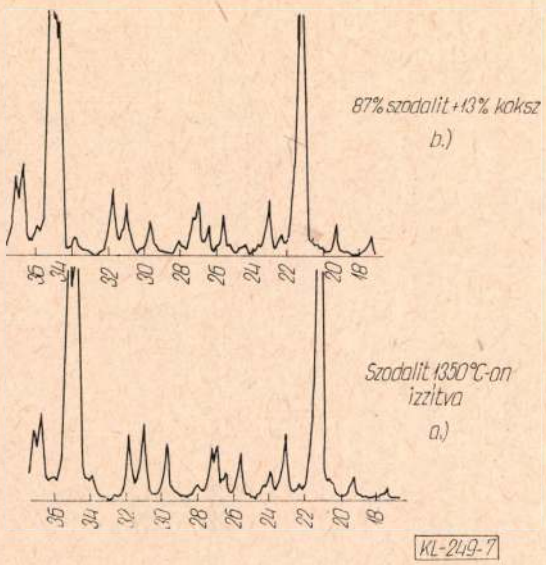
Minta	Az elegyek mésztartalma a C_2S képződéséhez szükséges mészmennyiség %-ában
1	0
2	24,0
3	46,6
4	88,6
5	129,6
6	0
7	45,8
8	82,1
9	129,0

Kokszadagolás hatására csak kismértékben nő az Na_2O-veszteség: 18,6%-ról 21,2%-ra.

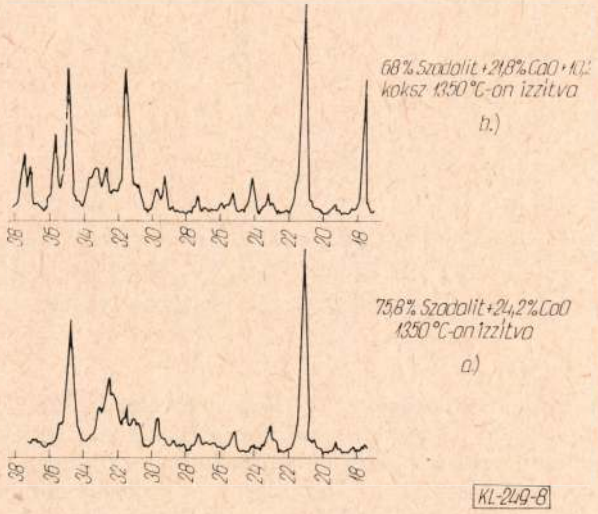
Ha különböző mennyiségben meszet adagolunk a szodalithoz, akkor azt tapasztalhatjuk, hogy már viszonylag kevés mész hatására is megbonlik a Na—Al-szilikát szerkezet: és C_2S, valamint NA képződik. A mész mennyiségétől függően kisebb-nagyobb Na_2O-veszteséget tapasztalhatunk: Kevés mész csak kis Na_2O-veszteséget okoz (lásd: 2. táblázat). Ha a mész mennyisége már elegendő ahhoz, hogy a Na—Al-szilikát SiO_2-tartalmát C_2S



6. ábra. a) *Szodalit 1350 °C-on izzítva,* b) *86,2% Szodalit + 13,8% CaO 1350 °C-on izzítva,* c) *75,8% Szodalit + 24,2% CaO 1350 °C-on izzítva,* d) *62,3% Szodalit + 37,7 CaO 1350 °C-on izzítva,* e) *52,2% Szodalit + 47,8% CaO 1350 °C-on izzítva*



7. ábra. a) *Szodalit 1350 °C-on izzítva,*
b) *87% szodalit + 13% koksz*



8. ábra. a) *75,8% Szodalit + 24,2% CaO 1350 °C-on izzítva,*
b) *68% Szodalit + 21,8% CaO + 10,2% koksz 1350 °C-on izzítva*

formájában lekösse, akkor a veszteség 36,1%-ra nő meg.

Még több mész adagolása az Na_2O-veszteséget 49,0%-ra emeli.

Mész és koksz együttes jelenlétében a szodalit Na_2O-veszteségre nagyobb, mint a meszet tartalmazó elegyeké (pl. 49,0%-ról 76,1%-ra nő meg, lásd: 2. táblázat).

2. Az Na_2O-veszteségek kinetikája

A Na—Al-hidroszilikátok hőmérséklet-növekedés hatására elvesztik víz- és tapadó Na_2O-tartalmukat, majd átalakulnak $NaAlSiO_4$ képlettel jellemezhető carnegieitté, ill. $Na_2Al_2Si_2O_8$ összetételű nefelinné. A kiinduló anyagtól függően ezek az átalakulások más-más hőmérsékleten játszódnak le.

A zeolitból 880 °C-on kis hőmérsékleten stabilis carnegieit ($NaAlSiO_4^A$) és nefelin ($Na_2Al_2Si_2O_8$) lesz (lásd: 1c ábra).

A szodalit 660 °C-on kis- és nagy hőmérsékleten stabilis carnegieitté és nefelinné alakul ($NaAlSiO_4^{A,F}$) és $Na_2Al_2Si_2O_8$ lesz (lásd: 4b ábra)

A hőmérséklet további növekedésekor elérkezünk egy olyan hőmérsékletközbe, amikor a carnegieit fázisok rovására a nefelin fázis mennyisége megnő. Ezt figyelhetjük meg az 1d és 4c ábrán. Ez a hőmérsékletköz 1100—1300 °C-on található. A zeolitnál a 2. ábra 1090 °C-os maximum jelzi ezt; míg a szodalitnál az 5. ábrán, 1050 °C-on figyelhetjük meg ezen átalakulást. Az 1350—1400 °C-on izzított anyagokban az 1e és 4d ábra szerint főként kis- és nagy hőmérsékleten stabilis carnegieitet, és kevés nefelint azonosíthatunk.

A carnegieit és nefelin nagyon stabilis fázisok, csak nagy hőmérsékleten (>1200 °C) bomlanak meg. Ezért mész nélküli zeolit- és szodalitminták vizsgálatakor 1300—1400 °C-ig csak mintegy 10—20% Na_2O-veszteséget tapasztalhatunk, melyek zöme (50—70%-a) a minták tapadó Na_2O-tartalmának illanásából adódik. A tapadó lúg tehát az Na_2O-veszteség első forrása.

Ha a vizsgált anyagokhoz meszet adagolunk, akkor a nátrium alumínium-szilikátok (a továbbiakban NAS-ok) a mésszel reakcióba lépnek, és 600—800 °C hőmérsékleten lejátszódik a:

$$NAS + CaO \rightarrow C_2S + C_2AS + NAS + NA + N \nearrow \ldots 1.$$

reakció.

A reakció során a mész mennyiségétől függően — a NAS szerkezet megbomlik, és új fázisok: $C_2S \cdot (2\,CaO \cdot SiO_2)$, $NA(Na_2O - Al_2O_3)$, és $C_2AS(2\,CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2)$ keletkeznek, miközben a szerkezetileg kötött Na_2O egy része eltávozik. Az Na_2O-veszteség 10—20%.

A felbomlatlan NAS mennyisége a mész mennyiségével fordítva arányos. Minél több a mész, annál kevesebb a nem regáló NAS, de annál több az Na_2O-veszteség (lásd: 6a—e ábrák és 2. táblázat).

Nagyobb hőmérsékleten, 1200 °C felett a NAS fázisok adalékok nélkül is megbomlanak, és a kötött Na_2O-tartalom mintegy 5—15%-a elmegy a rendszerből.

Mész és koksz jelenlétében ez a hatás még erőteljesebb, mivel 1000 °C felett már lejátszódik a:

$Na_2O + C \rightarrow 2Na + CO \ldots 2$ reakció is, mely a Na_2O-veszteség növekedését segíti elő. Ily módon az Na_2O-veszteség a 40—80%-ot is eléri.

A NAS-ok felbomlásakor az Na_2O-veszteség miatt „pár nélkül maradt" Al_2O_3 a C_2S-hoz kötődik, és vele C_2AS-ot $(2\,CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2)$, gehlenitet képez.

Az Na_2O-veszteség másik forrása tehát a NAS szerkezet bomlásakor fellépő Na_2O-illanás.

Az Na_2O-veszteség harmadik része abból adódik, hogy a NAS-ok bomlásakor képződő $Na_2O \cdot Al_2O_3$-vegyület sem stabilis. A keletkező NA összetétele a hőmérséklettől függ. Nagyobb hőmérsékleten kisebb Na_2O tartalommal képződik [5], illetve a hőmérséklet növelésével a vegyület Na_2O-tartalma csökken.

Az $Na_2O \cdot Al_2O_3$ stabilitását mész, koksz, továbbá mész és koksz jelenlétében is megvizsgáltuk.

(A NA-ot szódából és timföldből készítettük, 1350 °C-on, 1 óra időtartamú zsugorítással. A többi elegyet is ugyanezen hőkezelési módszerrel állítottuk elő.) A vizsgált minták összeállítása az alábbi:

1. NA
2. 91% Na + 9% koksz
3. 83,3% NA + 16,7% CaO
4. 74,1% NA + 14,8% CaO + 11,1% koksz

A mintákról készített röntgendiffraktogramokat a *9a—d* ábrán mutatjuk be, kémiai összetételüket pedig a *4. táblázat* tünteti fel.

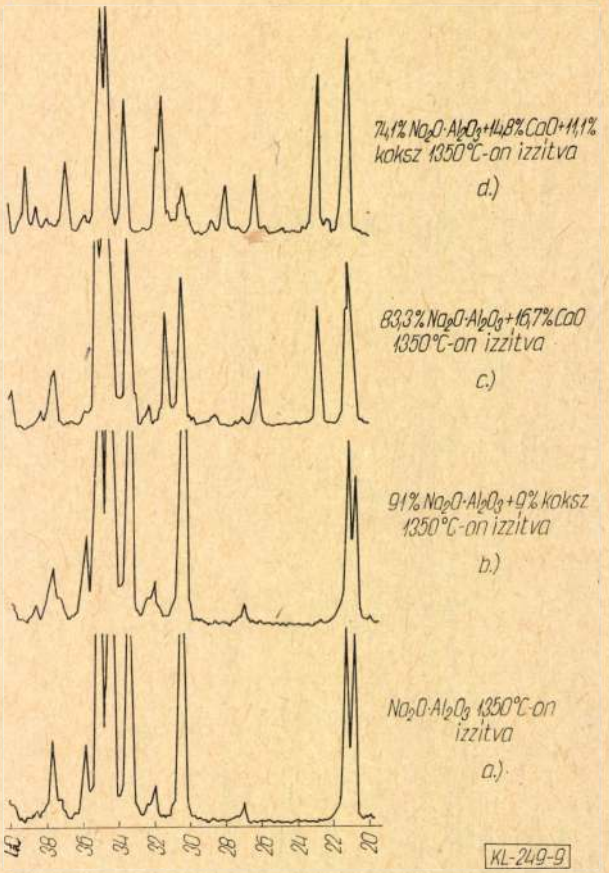
A 9a ábra szerint kétféle módosulatú NA képződött a szóda és timföld zsugorításakor. Ha ehhez az elegyhez kokszot adunk, akkor mindkét NA-vegyület reflexióinak csökkenését tapasztaljuk, ennek megfelelően 5,3% Na_2O veszteség számítható ki a minta összetételéből (lásd: 9b ábra és 4. táblázat 2. sz. minta).

A NA mész jelenlétében megbomlik és az alábbi

$$NA + CaO \rightarrow C_{12}A_7 + N_2C_3A_5 + NA + N \ldots 3$$

reakcióegyenlet szerint kalcium-aluminát ($C_{12}A_7$ = 12 CaO · 7 Al_2O_3), továbbá nátrium-kalcium-aluminát (2 Na_2O · 3 CaO · 5 Al_2O_3) képződik belőle. A mész mennyiségétől függ a felbomlatlan NA mennyisége. A NA bomlása közben itt is Na_2O szabadul fel. A 9c ábra fázisai, valamint a 4. táblázat 3. sz. mintájának 8,5%-os Na_2O-vesztesége ezt bizonyítja.

Mész és koksz együttes jelenlétében a (9d ábra) NA stabilitása még kisebb, az Na_2O-veszteség 54%-ot ér el (lásd: 4. táblázat 4. sz. minta).



9. ábra. a) *Na_2O Al_2O_3 1350 °C-on izzítva*, b) *91% Na_2O · Al_2O_3 + 9% koksz 1350 °C-on izzítva*, c) *83,3% Na_2O · Al_2O_3 + 16,7% CaO 1350 °C-on izzítva*, d) *74,1% Na_2O · Al_2O_3 + 14,8% CaO + 11,1% koksz 1350 °C-on izzítva*

Összefoglalás

Mesterséges Na-Al-hidroszlikátokkal laboratóriumi kísérleteket végeztünk annak megállapítására, hogy milyen összefüggések vannak a vörösiszap pirometallurgiai feldolgozásakor az elillanó Na_2O mennyisége és a Na-Al-hidroszlikátok fázisátalakulásai között.

Fázisvizsgálataink során meggyőződhettünk arról, hogy a nátrium—alumínium—hidroszlikátok a hőmérsékletemelés hatására elvesztik víz- és tapadó Na_2O-tartalmukat, majd pedig carnegieit-nefelin típusú nátrium—alumínium—szilikátokká alakulnak át. Ezen vegyületek stabilitási hőmérséklet-intervallumait, ill. az egyes fázisátalakulások hőmérsékleteit meghatároztuk: A Na—Al-hidroszilikátokban a hőmérséklet növekedésének hatására az alábbi fázisátalakulásokat figyelhetjük meg:

$$\text{zeolit} \xrightarrow{880\ ^\circ C} NaAlSiO_4^A + (NaAl_2Si_2O_8) \xrightarrow{1090\ ^\circ C} Na_2Al_2Si_2O_8 + (NaAlSiO_4^A) \xrightarrow{1350\ ^\circ C} NaAlSiO_4^A$$

$$\text{szodalit} \xrightarrow{660\ ^\circ C} NaAlSiO_4^A + NaAlSiO_4^F + (Na_2Al_2Si_2O_8) \xrightarrow{1050\ ^\circ C} Na_2Al_2Si_2O_8 + NaAlSiO_4^A +$$
$$+ NaAlSiO_4^A \xrightarrow{1350\ ^\circ C} NaAlSiO_4^A + NaAlSiO_4^F + (Na_2Al_2Si_2O_8).$$

Megállapítottuk, hogy a zeolit és szodalit is csupán tapadó Na_2O-tartalmát veszíti el az 1000—1100 °C-ig bekövetkező fázisátalakulásokon. Kötött Na_2O-tartalmuk csak nagyobb hőmérsékleten (> 1200 °C) bomlik meg kis (5—15%) mértékű Na_2O-veszteség kíséretében. A zeolitból és szodalitból keletkező carnegieit-nefelin vegyületek tehát nagyon stabilis fázisok, a vizsgálatok 1350 °C-os hőmérsékletéig csupán 10—20% Na_2O veszteséget szenvednek, melynek mintegy 50—70%-a a tapadó lúgtartalomból származik.

Koksztartalmú elegyekben 1000 °C felett fellép már a $Na_2O + C \rightarrow 2\ NA + CO$ reakció, melynek következtében az Na_2O-veszteség 15—20%-ra nő meg.

Mész jelenlétében a Na-Al-szilikátok (NAS-ok) már kis hőmérsékleten is (6—800 °C) bomlani kezdenek, mert lejátszódik a $NAS + CaO \rightarrow NA + C_2S + NAS + C_2AS$ reakció, melynek során nátrium-aluminát ($Na_2O \cdot Al_2O_3$), dikalcium-szilikát (2 CaO · SiO_2) és gehlenit (2 CaO · Al_2O_3 · SiO_2) keletkezik.

A NAS-ok felbomlása a mész mennyiségétől függ, vele egyenesen arányos. A bomlás közben az Na_2O egy része eltávozik, s az Na_2O-veszteség így 20—50%-ot is elérhet.

4. táblázat

Különböző nátrium-aluminát-elegyek összetétele és Na_2O-vesztesége, %

Minta	Na_2O	Al_2O_3	CaO	SiO_2	Izzítási veszteség	Na_2O veszteség
1. NA (nátrium-aluminát)	37,3	59,9	—	0,1	4,4	0
2. 91 % NA + + 9 % koksz	36,1	61,3	—	0,6	3,8	5,3
3. 83,3 % NA + + 16,7 % CaO	29,1	51,2	16,4	0,2	6,3	8,5
4. 74,1 % NA + + 14,8 % CaO + + 11,1 % koksz	16,0	56,0	17,5	1,1	8,3	54,0

Mész és koksz együttes jelenlétében az Na_2O-veszteségek még nagyobbak: 40—80%-ra emelkednek.

A NAS-ok CaO-dal reagálásakor *keletkező Na-aluminát maga sem stabilis*, ez a fázis is bomlik, ha a hőmérsékletet emeljük, vagy ha koksz és/vagy mész van jelen. Ily módon e fázisból is eltávozhat Na_2O-tartalmának 5—50%-a, miközben a

$$NA + CaO \rightarrow C_{12}A_7 + \overset{\nearrow}{N} + N_2C_3A_5 + NA$$

reakció szerint kalcium-aluminát ($12\,CaO \cdot 7\,Al_2O_3$), nátrium-kalcium-aluminát ($2\,Na_2O \cdot 3\,CaO \cdot 5\,Al_2O_3$) képződik belőle. A bomlás mértékét itt is a CaO mennyisége szabja meg.

A vizsgálatok alapján megállapíthatjuk, hogy a vörösiszap kohósításakor a legnagyobb Na_2O-veszteségre akkor számíthatunk, ha minél nagyobb hőmérsékleten, továbbá mész és redukálószer együttes jelenlétében végezzük a feldolgozást.

Mivel — gazdaságossági okokból — a vörösiszap Na_2O-tartalmának visszanyerésére törekszünk, a fentiek elkerülésére olyan eljárást kellett kidolgoznunk, mely lehetővé tette a redukáló és a salak összetételét beállító műveletek különválasztását, s így az eljárás véghezvitelét kis Na_2O-veszteséggel [7., 8., 9].

IRODALOM

[1] *Juhász Á. és társai:* Kohászati Lapok 98. *66* (1965) és 100. *40* (1967).

[2] *Vörös I.:* Fémipari Kutató Intézet Közleményei IX. (1970).

[3] *Nemecz E. és társai:* Kohászati Lapok *101. 89.* (1968).

[4] *Solymár K.:* Előadás az ICSOBA Kongresszusán, Budapest, 1969.

[5] *Arakeljan, O. I.:* Trudü VAMI *40. 32.* (1957).

[6] *Horváth Gy.:* Előadás a VAMI-FKI kutatói ankéton. Budapest, 1970. szeptember 28—október 3.

[7] Magyar találmányi bejelentés: MA-2220 m. sz.

[8] *Dobos Gy.—Solymár K.—Horváth Gy.:* Előadás a GDMB konferenciáján, Stuttgart, 1972. április 26—30.

[9] *Dobos Gy.—Horváth Gy.—Felföldi Z.:* Előadás az ICSOBA konferenciáján. Banska Bystrica-Ziar nad Hronom. 1972. június 6—8.

Az AlMgSi1 ötvözet kiválási folyamatainak vizsgálata ellenállásméréssel

Dr. BÁRCZY PÁL okl. kohómérnök, egyetemi adjunktus
Nehézipari Műszaki Egyetem Fémtani Tanszék

DK: 669.715 : 620.18 : 537.311.3

A villamos ellenállásmérés alkalmas módszer a zónaképződési folyamatok jellemzőinek megállapítására.

A vizsgált ötvözet villamos ellenállása azonos homogenizálási és öregítési körülmények között is a hűlési mód és a köztes kezelés függvénye.

A spinodal hőmérséklet a vakanciatartalomtól erősen függ, így a kiválás azonos öregítési hőmérsékleten történhet előzetes zónaképződéssel, vagy a nélkül is.

Minden valóságos fém vagy ötvözet fajlagos villamos ellenállása alapvetően két tag összegeként adódik:

$$\varrho = \varrho\,(T) + \varrho_{sz} \qquad (1)$$

ahol $\varrho(T)$ jelenti az ideális kristály rácsrezgésből származó ellenállását, amely a hőmérséklet függvénye ($T < 20$ °K esetében T^5-nel, ennél magasabb hőmérsékleteken T-vel arányos), ϱ_{sz} pedig a rács periodicitását megzavaró tökéletlenségek által előidézett szórt elektronhullámok okozta ellenállás, amely a hőmérséklettől egyáltalán nem *(Matthiesson)*, vagy csak kevéssé függ.

Következésképpen a rács zavartsági állapotának a megváltozása a villamos ellenállás megváltozását idézi elő. Ezt a körülményt a fémek, ötvözetek állapotváltozásait vizsgáló kutatások igen gyakran használják fel egy-egy ötvözet felhasználás szempontjából ideális állapotának kikísérletezésére. Ebben a cikkben egy Mg-t; Si-t és Mg-t tartalmazó gyakorlati alumíniumötvözettel végzett kísérletekről kívánok beszámolni.

Irodalomból ismert [1, 2], hogy az $AlMg_2Si$ ötvözet homogén állapotból túlhűtve instabil állapotba jut, s átalakulása zónaképződéssel kezdődik, majd csíraképződéssel-növekedéssel folytatódik. Az egyes kutatók álláspontja a kiválási kinetikával kapcsolatban ma még nem egységes, a legvalószínűbbnek az alábbi sorrend tűnik.

1. Az első lépcsőben GP zónák keletkeznek [1—13]. Ezek homogén, koherens, saját rács nélküli képződmények. Mivel az oldott atomok és a vakanciák között szoros a kölcsönhatás [8], a zónához diffundáló atomok vakanciákkal együtt érkeznek. Ezért a zóna vakanciában dús [3, 4, 5]. A zóna alakja a régebbi irodalom szerint fonalszerű [4, 5, 11]. Természetesen ez közvetett következtetés, hiszen ilyen zónát még nem sikerült láthatóvá tenni.

2. A második lépcsőben egy belső rend alakul ki a zónákban, miközben vakanciatartalmuk lecsökken. A méretük is megnő 30 Å körüli átmérővel 100—150 Å hosszúságúra. Átvilágítós mikroszkóppal e képződmények megfigyelhetőek [6, 3, 11, 13]. E tüske alakú zónák az alaprács (100) irányaiban állnak, teljes koherenciában. A zóna hosszában 4,04 Å a periodicitás, azaz megegyezik az alumínium alaprácsával.

3. A harmadik lépcsőben a „tüskék" helyén pálcikák keletkeznek mintegy 50 Å átmérővel, 1000 Å-t is elérő hosszal. E pálcikáknak már önálló rácsuk van, felületen középpontos, szabályos, 6,42 Å méretű elemi cellával [3]. E pálcikák már fázisként foghatók fel, mely fázist az irodalom β'-val jelöli. Ez is koherens képződmény, az alábbi kristálytani kapcsolattal:

$$[110]_{\beta'} \| [100]_{Al}$$

Megjegyezzük, hogy a β' fázis kimutatása $Mg_2Si = 1{,}5\%$-nál sikerült, de a $Mg_2Si = 0{,}8\%$-nál nem.

4. A negyedik lépcsőben keletkezik a stabil Mg_2Si fázis, CaF_2 típusú ráccsal, 6,32 Å rácsmérettel. Az Mg_2Si fázis vastag bot vagy lemez alakú, az alapráccsal való kristálytani összefüggése egyértelműen

$$[110]_{Mg_2Si} \| [100]_{Al}$$

azaz megtartja a β' fázisét. Nyilvánvalóan a β' fázisból, annak helyén alakul ki. A határok természetesen már nem lehetnek koherensek. E fázist β-val jelöli az irodalom.

Fentiek kiegészítéseként szükséges megjegyezni, hogy a 70 °C alatti képződményeket eddig még semmilyen eszközzel nem sikerült azonosítani, bár a villamos ellenállásmérés [18, 19, 8, 11], belső súrlódás meghatározás [12] és mechanikai vizsgálatok [15, 11, 16, 17] eredményei szerint kétségtelenül zónaképzés folyik ilyen körülmények között is. Egyesek szerint ilyen alacsony hőmérsékleten gömbalakú zónák jönnek létre [9, 14].

Átalakulási kinetika tekintetében a folyamatokat két csoportra lehet osztani.

a) **Homogén folyamatok**

Ezek képződési feltételeit az határozza meg, hogy a spinodal hőmérséklethez képest mekkora a túlhűlés. A spinodal hőmérsékletet pedig az összetételen kívül a rugalmas feszültségek és a vakanciatartalom is igen erősen befolyásolják. Ezek a folyamatok folyamatosan zajlanak, csíraképződés nélkül, diffúzióval (negatív diffúziós együtthatóval). A folyamatok eredményeképpen nem jön létre önálló rácsú fázis, csak ötvözőfémben dús zóna. E folyamatokat a villamos ellenállás növekedése kíséri, és a mechanikai tulajdonságok kisméretű javulása (rugalmassági határ, keménység nő).

b) **Heterogén folyamatok**

Csíraképződéssel-növekedéssel mennek végbe. Termodinamikailag a szolvusz hőmérséklethez képesti túlhűlés a hajtóerő. A folyamat végbemenetele nem függ a rugalmas feszültségtől, illetve a vakanciatartalomtól, hiszen a szolvusz hőmérsékletre ezek nem hatnak. A folyamat sebessége azonban függ a vakanciatartalomtól, mivel diffúziós átalakulásról van szó. Az átalakulás eredményeképpen önálló rácsú új fázis keletkezik. A folyamat során a villamos ellenállás csökken, a szilárdsági tulajdonságok kezdetben nőnek, majd csökkennek.

Fentieken kívül az ötvözés befagyasztás utáni hőkezelésénél a következő effektusokat kell figyelembe venni:

a) A befagyasztott vakanciák hatása. A villamos ellenállást növeli.

b) A hűtés közbeni vakancikitemperálódáskor keletkező diszlokációgyűrűk. Ezek is ellenállás növekedést okoznak [11].

c) A befagyasztott vakanciák és az oldott idegen atomok kölcsönhatása. Az idegen atom-vakancia párok kialakulása ellenállás csökkenéssel jár [20].

A kísérleti program

Mivel igen sokféle jelenség együttes fellépéséről van szó, olyan kísérletek elvégzését láttuk célszerűnek, ahol sem a homogenizálási, sem az öregítési hőmérséklet nem változik. A következő hőkezeléseket és méréseket végeztük el.

1. Homogenizálás 550 °C, 30'. Vízhűtés 0 °C-ra. Ellenállásmérés 0 °C-on, 16 órán át hevertetve a próbát. Öregítés 200 °C-on, in situ ellenállásmérés. Hűtés 0 °C-ra, ismét ellenállásmérés.

2. Homogenizálás 550 °C, 30'. Vízhűtés 0 °C-ra. Ellenállásmérés 0 °C-on, 16 órán át hevertetve a próbát. Öregítés 200 °C-on, in situ ellenállásmérés. Hűtés 0 °C-ra, ismét ellenállásmérés.

3. Homogenizálás 550 °C, 30'. Olajhűtés 200 °C-ra. In situ ellenállásmérés. Hűtés 0 °C-ra, ismét ellenállásmérés.

4. Hőkezelés 420 °C-on, 30'. Vízhűtés 0 °C-ra, mérés. 200 °C-os hőkezelés, in situ ellenállásmérés. 0 °C-ra hűtve, ellenállásmérés.

5. Homogenizálás 550 °C, 30'. Vízhűtés 0 °C-ra, mérés. 2 perces hőkezelés 0—250 °C közötti hőmérsékleten. Vízhűtés 0 °C-ra, mérés.

6. Homogenizálás 550 °C, 30'. Vízhűtés 0 °C-ra, mérés. 0°C-on 16 óra hevertetés. 2 perces hőkezelés 0—250 °C között. Vízhűtés 0 °C-ra, mérés.

A kísérlet körülményei

A vizsgált anyag 1 mm átmérőjű huzal volt, az alábbi összetétellel:

Mg	Si	MgSi	Si felesleg	Mn
0,92	0,93	1,45	0,39	0,83

A huzalból 100 mm hosszúságú próbák készültek. Egy-egy próbával az 1., 2., 3., 4. hőkezeléseket elvégeztük, mégpedig a különböző próbákkal különböző sorrendekben. Így kiküszöbölődtek

azok a hibák, amelyek az esetlegesen fennmaradó előző struktúrából adódtak volna.

Az 5. és 6. hőkezeléseknél minden hőkezelési hőmérséklethez külön próbát használtunk.

A homogenizálás ólomfürdőbe merülő kvarccsőben történt. A hőmérsékletingadozás ± 1 °C volt.

Az in situ regisztrált ellenállásmérést 200 °C-on nagy pontosságú szilikon olaj termosztátban hajtottuk végre ± 1 °C pontosság mellett.

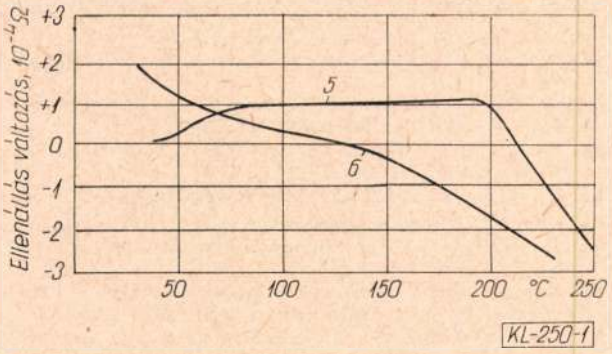
A villamos ellenállás mérése 0 °C-on egyenárammal táplált Thomson-híddal történt. Pontosság $\pm 10^{-6}$ Az in situ mérést a Fémtani Tanszéken kifejlesztett váltóáramú Thomson-híddal végeztük. Ennek pontossága $\pm 10^{-5}$. Az egyes mérési pontok 2 sec-ként követték egymást.

A gyors hűtés, illetve melegítés után a mérést 10 sec-nél rövidebb idő után meg lehetett kezdeni.

Kísérleti eredmények

A vízben hűtött próbák ellenállása 0 °C-on $\varrho_0 = 6{,}62\ \mu\Omega$ cm volt. A 4. hőkezelésnél, a szándékosan tökéletlenül homogenizált és vízben hűtött próbáknál 6,01 $\mu\Omega$ cm.

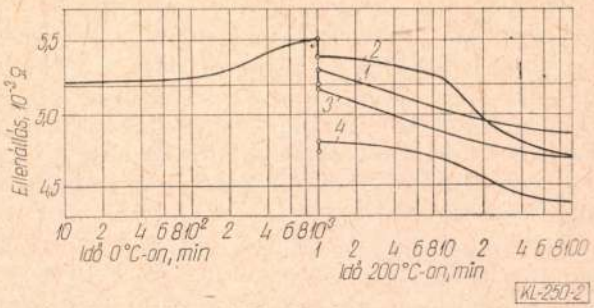
Amint azt a 5. pont szerinti kísérlettel tisztáztuk: 0—250 °C között gyors ellenállásváltozás következik be igen rövid idő alatt *(1. ábra)*.



1. ábra. A homogenizált és befagyasztott próba ellenállásának változása különböző hőmérsékletű 2 perces tartás hatására (5. és 6. kísérlet)

A 6. kísérlet eredményét is az 1. ábra tartalmazza: a 0 °C-on 16 órán át tartott próbák ellenállása 2 perces melegítéskor 130 °C-ig tovább nő, 130 °C felett azonban már csökken.

A 16 órás 0 °C-os hőkezeléskor bekövetkező ellenállásváltozást és a 200 °C-on lejátszódó változást a *2. ábrán* foglaltuk össze. Az ábra megrajzolásakor felhasználtuk az 1. ábra adatait is: ugyanis a 200



2. ábra. Az 1., 2., 3. és 4. kísérletek eredményei. A 200 °C-on bekövetkező változások is transzformálva vannak 0 °C-ra

°C-on 5 sec-tól pontosan mért ellenállás sehol nem mutatott növekedést, így az 1. ábrával összevetve fel kellett tételezni az 1. hőkezelésnél egy igen gyors (5 sec-nál rövidebb idő alatt lejátszódó), 200 °C-on mérhetetlen ellenállásnövekedést, míg a 2. hőkezelésnél egy hasonlóan gyors ellenálláscsökkenést.

Az *1. táblázatban* foglaltuk össze mérési eredményeinket.

Az eredmények értékelése

1. A vízben hűtött próba ellenállása 200 °C-on igen gyorsan (<5 sec) megnő. A jelenség oka az, hogy a befagyasztott vakanciák (ezek mennyisége 10^{-4}) az oldott atomok egy részét igen mozgékonnyá teszik, s így gyorsan alakulhatnak ki az első zónák. Mivel az ötvözet spinodal hőmérséklete $T_s = 220$ °C, és

$$\frac{T_s - T_{min}}{T_s} = \frac{2kT_s}{Q} \qquad (2)$$

érvényes az ideális zónaképződési folyamatokra [21], ahol $Q = 0{,}65$ eV a vakanciamozgás aktiválási energiája), a zónaképződés $T_{min} = 156$ °-nál a leggyorsabb. Valószínű tehát, hogy a zónaképződés melegítés közben játszódik le.

2. A vízben hűtött próbában 0 °C-on játszódik a zónaképződési folyamat. A folyamat lassú, de a vakanciák a 16 órás tartás alatt több oldott atomot is a zónához juttatnak. (A zónához jutó vakancia újra visszatér a mátrixba.) A zónák igen kis méretűek, de sok van belőlük.

3. A 0 °C-on tartott próba ellenállása 200 °C-on hirtelen lecsökken (1,7%-kal). Ez azzal lehet összefüggésben, hogy nagyobb hőmérsékleten a spinodal területben kevesebb számú zóna lehet csak stabil, így egyes zónák elbomlanak [8]. A bomlás mennyiségét a vakanciák száma határozza meg.

1. táblázat

A villamos ellenállás értéke $10^{-3}\ \Omega$

A hőkezelés száma	0 °C					200 °C		
	A vízhűtés után	A 200 °C-ra melegítés előtt	2 perces 200 °C-os melegítés után	100 perc 200°C-os melegítés után	A lassú folyamat okozta változás	5 sec után	100 perc után	A lassú folyamat okozta változás
1	5,21	5,21	5,30	4,87	—0,43	8,11	7,71	—0,40
2	5,18	5,48	5,39	4,71	—0,68	8,22	7,64	—0,58
3	—	—	—	4,707	—	7,78	7,30	—0,48
4	4,72	4,72	4,80	4,38	—0,42	6,75	6,33	—0,43

Jelenleg még vitatott kérdés az, hogy 0 °C-on a vakanciák kitemperálódnak-e. Ha a vakanciatartalom lecsökken, az ilyen állapotra vonatkozó spinodal hőmérséklet drasztikus csökkenése miatt [11], a 200 °C-on már nem képződhetnek zónák. Ezért a további folyamat a zónák oldódásából és a β' fázis kiválásából áll. Ez a folyamat pedig csíraképződésesnövekedéses.

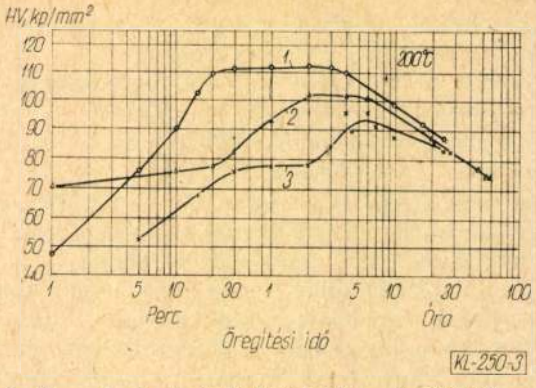
4. Erre utal az a tény is, hogy a 200 °C-os olajban hűtött próba (3. kísérlet) ellenállása a 2. kísérletben kapott ellenállással lényegében megegyezik. Ugyanis a 200 °C-ra való hűtéskor vakancia valószínűleg egyáltalán nem fagy be, s ez esetben a lecsökkent spinodal hőmérséklet miatt minden bizonnyal a β' csíraképződéses-növekedéses folyamatos heterogén kiválása játszódott le.

5. Az 1. kísérlet végén kapott ellenállás azért nagyobb a 2., illetve 3. kísérletnél kapottnál, mert a szövetben kohorens zónák maradhattak meg. (Az utóbbi két esetben ezek feloldódtak, illetve képződésük elmaradt, mivel a 200 °C számukra a spinodalnál nagyobb hőmérsékletet jelent.) Hasonló okok miatt lesz az 1. hőkezelésnél adódó keménység is nagyobb *(3. ábra).*

6. A 2. folyamat a 3-nál lassúbb. Ennek oka az lehet, hogy a folyamatos kiválás az előzőekben kialakult zónák miatt csak az ötvözőfématomok hosszabb távú diffúziójával haladhat előre.

7. A tökéletlen homogenizáció után 420 °C-ról vízben hűtött próbában kevés vakancia maradt, viszont a sok Mg_2Si kiválás miatt az oldott Mg és Si atomok száma is kevesebb. Ezért az ellenállás kicsi. 200 °C-on lassan játszódik a folyamat, de ugyanakkor ellenállás-csökkenéshez vezet, mint az 1. hőkezelés.

8 Az 1. táblázatból látszik, hogy az ellenállás hőmérsékleti együtthatója az ötvözet állapotától függ. A 4. hőkezelésnél 200 °C-on nagyobb ellenállásváltozást lehet mérni, mint 0 °C-on, az 1. és 2. hőkezelésnél pedig kisebbet. Ez azt jelenti, hogy az 1. és 2. esetben nőtt a hőmérsékleti együttható, a 4. esetben pedig csökkent, a Matthiessen-szabály itt tehát semmiképpen nem volt érvényes.



3. ábra. Az 1., 2. és 3. kísérletek során 200 °C-on bekövetkező keménységváltozás

9. Az 5. és 6. mérésekből (1. ábra) a spinodal hőmérséklet vízhűtés után ≈220 °C-ra, kitemperált vakanciák esetében pedig 130 °C-ra adódik.

IRODALOM

[1] *Guinier, A.—Lambot, H.:* C. R. Acad. Sci., 227 (1948) *74.*
[2] *Kelly, A.—Nicholson, R. B.:* Progr. Mater. Sci., *10* (1963) 151.
[3] *Thomas, G.:* J. Inst. Metals, *90* (1961—62) 57.
[4] *Lutts, A.:* Thése Fac. Sci. Appl., Liége, 1960.
[5] *Lutts, A.:* Acta Met., *9* (1961) 577.
[6] *Lambot, H.:* Mém. Sci. Rev. Mét. (1950) 709.
[7] *Murakami, Y.—Komatsu, S.—Onisri, T.:* Mém. Fac. Eng. Kyoto Univ., *31* (1969) 130.
[8] *Panseri, C.—Federighi, T.:* J. Inst. Metals, *94* (1966) 99.
[9] *Cordier—Gruhl:* Zschr. F. Metallk., *10* (1965) 669.
[10] *Borchers—Kainz* Metall (1964) 203.
[11] *Brichet, C.—Wyon, G.—Lacombe, P.:* Mém. Sci. Rev. Mét., *67* (1970) 702.
[12] *Williams, K. J.:* Acta Met., *15* (1967) 393.
[13] *Pashley—Rhodes—Sendorek:* JIM, *94* (1966) 41.
[14] *Banizs, K.:* Bányászati és Kohászati Lapok (1970) 559.
[15] *Schaaber, O.:* Härterei-Techn. Mitt. *25* (1970) 1.
[16] *Dies, K.:* Zschr. f. Metallk. (1966) 227.
[17] *Gujatic:* Aluminium, *43* (1967) 628.
[18] *Bárczy P.:* Bányászati és Kohászati Lapok *104* (1971) 61.
[19] *Bárczy P.:* IV. Anyagvizsgáló Napok 1971.
[20] *Kovács J.—Lendvai J.—Nagy E.:* Fizika 2 Suppl. 2. (1970).
[21] *Cahn, J. W.:* Trans. AIME, *242* (1968).

Szakosztályi hírek

A *Fémkohászati Szakosztály* 1973. február 22-én megtartott vezetőségi ülésén *Várhelyi Rezső* szakosztályi elnök, *Török Frigyes* alelnök, *dr. Laboda Sándor* titkár, *Nádas István, Mayer János, Mizerák László* szakosztály vezetőségi tagok, *Szalai Jenő* ICSOBA összekötő, és mint meghívottak: *Garay László, Kolosy Ernő* és *Galambos Sándor* vettek részt.

Az elnök a szakosztály vezetősége nevében felkérte *Garay László* és *Kolosy Ernő* tagtársakat, hogy a Kohászati Lapok Fémkohászati rovatának vezetését, mely *Lomniczy Dezső* elhunytával megüresedett, vegyék át. Nevezettek a megbízást elfogadták és több javaslatot tettek a rovat színesebbé, élőbbé tételére. Több hozzászólás és javaslat alapján a vezetőség elhatározta, hogy a későbbiek során kibővített vezetőségi ülésen részletesen foglalkozni fog úgy a fémkohászati rovatnak, mint a szakosztályi életnek a lapban való rendszeres ismertetésének helyzetével. A szakosztályi élet híranyagának összegyűjtésével és ennek a rovatvezetők rendelkezésére bocsátásával *Galambos Sándort* bízta meg, aki a megbízást elfogadta.

Ezután a vezetőség a titkár tájékoztatása alapján megvitatta az 1973. évi költségvetés átdolgozásával kapcsolatos feladatokat. Foglalkozott a vezetőség az 1972. évi timföld-oktatással, a jubileumi évkönyvvel, a nyugdíjas tagdíj bevezetésére vonatkozó javaslattal, valamint az ICSOBA és a Fémkohászati szakosztály rendezvényeinek egyeztetési és költségvetési kérdéseivel. A kérdések rendezésére a vezetőség határozatokat hozott. *G. L.*

*

A Fémkohászati Szakosztály vezetősége 1973. március 7-én vezetőségi ülést tartott, amelyen *Várhelyi Rezső* szakosztályi elnök, *Török Frigyes* alelnök, *dr. La-*

boda Sándor titkár, *Mayer János, Mizerák László, Nádas István* vezetőségi tagok vettek részt. Az elnök tájékoztatta a szakosztály vezetőségét az 1973. febr. 16-án megtartott Elnökségi ülésről, amely az 1973. évi költségvetést nem fogadta el és új költségvetés előterjesztésére utasította a szakosztályokat. Az új költségvetést a munkaterv ismertetésével együtt kell előterjeszteni.

Foglalkozott a vezetőség a külföldi utaztatásokkal kapcsolatos jogszabályok és a deviza engedélyeztetés kérdéseinek felülvizsgálatával. Hozzájárult a székesfehérvári KÖFÉM OMBKE Csoportja kérésére *Limpár Istvánnak* csehszlovákiai KGST szabványkonferencián való részvételéhez és a költségek fedezéséhez.

Tárgyalta a *Zsigmondy emlékérem* odaítélésének szakosztályi vonatkozásait, javasolta, hogy az Elnökséghez tartozó bizottságokat egészítsék ki Környezetvédelmi Bizottsággal és a szakosztály jelöljön ide megbízottat. A Vezetőség elhatározta, hogy az idei Freibergi Kohászati Napokra nem jelöl résztvevőt, mivel a témák nem fémkohászati jellegűek. Intézkedett a szakosztály munkatervének összeállítására, felkérte *Nádas Istvánt* olyan könyveléstechnikai módszer kidolgozására, mely lehetőséget ad a vezetőségnek a kiadások mindenkori ellenőrzésére. Foglalkozott még a Vezetőség a külföldi előadások szervezésével, az előadások helyének biztosításával és a szervezés költségei térítésének kérdéseivel. A Vezetőség megállapodott abban, hogy a legközelebbi ülését Kecskeméten fogja megtartani. *G. L.*

*

A Fémkohászati Szakosztály vezetősége 1973. április 16-án Magyaróváron az OMBKE helyi csoportjánál kibővített vezetőségi ülést tartott, amelyen a szakosztály vezetősége részéről *Török Frigyes* alelnök, valamint *Nádas István* és *Mizerák László* vezetőségi tagok, a helyi csoport részéről *Hegyi Endre, Harrach Walter, Ács Tibor* és a vezetőség további 6 tagja vett részt.

A vezetőségi ülés a MOTIM Konferencia előkészítésének helyzetét tárgyalta meg. A konferenciára, amelyet máj. 30. és 31-én tartanak, eddig 40 belföldi és 7 külföldi résztvevő jelentkezett. A beszámoló szerint az előkészületek kielégítőek és megfelelő ütemben haladnak.

A helyi csoport vezetősége ismertette az 1973. évi munkatervét, gazdasági helyzetét, tagtoborzással kapcsolatos tapasztalatait és a helyi csoport néhány kívánságát tolmácsolták a szakosztály vezetőségének. *G. L.*

*

A Fémkohászati Szakosztály vezetősége 1973. ápr. 11-én megtartott vezetőségi ülésén jelen volt *Várhelyi Rezső* szakosztály-elnök, *Török Frigyes* alelnök, *dr. Laboda Sándor* titkár, valamint *Nádas István, Mayer János, Mizerák László* vezetőségi tagok és *Szalai Jenő* ICSOBA összekötő.

A szakosztály vezetősége az 1973. évi munkaterv végrehajtásával és előkészítésével kapcsolatos feladatokról tárgyalt. Így a Magyaróváron megrendezésre kerülő MOTIM konferencia szervezésének helyzetéről és költségvetéséről, a székesfehérvári konferencia ügyeinek lezárásáról. Megbízta a titkárt, hogy az 1973. évi munkatervet és költségvetést máj. 9-re terjessze a vezetőség elé, tisztázza a OMBKE vezetőségével a Jubileumi Évkönyv kiadásával és terjesztésével kapcsolatos feladatokat. Megbízta Mayer Jánost, hogy a külföldi előadások szervezésének helyzetéről a következő vezetőségi ülésen adjon tájékoztatást. Végül Cseh—Lengyel—Román ICSOBA tanulmányutakra 2—2 fő kijelölését határozta el. *G. L.*

*

A Fémkohászati Szakosztály Ipargazdasági Szakcsoportja és a Mosonmagyaróvári Helyi Csoport május 21-én *dr. Galambos Sándor:* „Az alumíniumipar néhány speciális készletgazdálkodási problémája" című előadásának meghallgatásával és megvitatásával rendkívül jól sikerült klubnappal folytatta első félévi rendezvénysorozatát.

A 30 főnyi hallgatóság nagy érdeklődésére jellemző, hogy az előadást követő vitát a vitavezető csoporttitkárnak az idő előrehaladására való tekintettel kellett lezárnia. *H. W.*

*

1973. május 30-án ötödízben gyűltek össze *a magyar üveggyártás és tűzállóanyagipar olvasztva öntött tűzállóanyagokkal foglalkozó szakemberei*, hogy megvitassák a gyorsan fejlődő iparág állandóan változó problémáit. Az idei konferencia az előzőekhez hasonlóan elsősorban azt tűzte ki célul, hogy az olvasztva öntött tűzállóanyagok gyártása és felhasználása területén érdekelt szakemberek közvetlen formában cserélhessék ki tapasztalataikat. A rendezvényre, mely az OMBKE Fémkohászati Szakosztály MOTIM Csoportjának hagyományos tavaszi programja, idén Belgiumból, Csehszlovákiából, Finnországból és a Német Szövetségi Köztársaságból is érkeztek előadók és hallgatók.

A konferencia részletes programja a következő volt:

A konferenciát *Hegyi Endre*, a gyár igazgatója és az OMBKE MOTIM Helyi Csoportjának elnöke nyitotta meg.

Paludetto Primo Bruno (Cosinter, Milano)—*Harrach Walter* (MOTIM): **„Szempontok olvasztva öntött tűzállóanyagok kiválasztásánál"**

Ma már nem az a kérdés, hogy alkalmas-e az olvasztva öntött tűzállóanyag az üvegipari kemencékben való felhasználásra, hanem arról kell dönteni, hogy a nagy választékból melyik gyár melyik típusa alkalmazható a leggazdaságosabban. A megkívánt és az egyes gyártmányokban meglevő tulajdonságok összehasonlítása grafikus, vagy számérték szerinti rangsorolás módszerével történhet és lehetőséget ad az objektív döntésre. Sajnos az olvasztva öntött tűzállóanyagok számos jellemző tulajdonsága hiányzik egyes gyárak műszaki katalógusaiból (C-tartalom, kristályfázisok stb.), vagy a tulajdonságok meghatározására nincs egységes módszer (buborékképző index, korrózióállóság stb.), ami nehezíti az összehasonlítást. A vizsgálati módszerek egységesítése jelentősen előmozdítaná a fejlődést és megkönnyítené a felhasználók helyzetét is.

Dr. Lőcsei Béla (SZIKKTI, Budapest): **„ZrO_2 koncentrátummal öntött kádkövek"**

(Az előadást *Karabélyos Péter* tartotta meg.)

A nagy cirkontartalmú kádkövek ZrO_2 tartalmának beállítása technikai cirkonoxiddal erősen növeli a gyártmány önköltségét. A SZIKKTI eljárást dolgozott ki, melynek segítségével zömében cirkonoxidot és alumíniumoxidot tartalmazó koncentrátum nyerhető. Ennek alkalmazása az olvasztva öntött tűzállókövek gyártásánál olcsóbban teszi lehetővé a cirkonoxidtartalom növelését. A kiindulóanyagok ismertetése után a szerző egyszerűsített gazdaságossági számítást közöl.

Romwalter Alfréd (FÉMKUT, Budapest): **„Olvadékból öntött tűzállókövek vizsgálatainak tapasztalatai"**

Az olvasztva öntött idomok különböző rétegmélységből vett mintáinak elektronmikroszkópos és mikroszondás vizsgálata érdekes következtetésekre ad lehetőséget a fázisok eloszlására a kőfelszíntől a kő belseje felé távolodva. Szépen követhető a mikroszonda segítségével az egyes alkotók dúsulása a kristályhatárokon és másoké a kristályközi olvadékfázisban. A vizsgálatok alapján magyarázatot találhatunk némely üzemi jelenségre pl. a kövek izzadására. A vizsgálatok folytatása fényt fog deríteni néhány olyan kérdésre is, melyet eddig csak a hőkezeléstől vagy fizikai paraméterektől függően próbáltak magyarázni egyes szerzők (repedékenység).

Dr. Sajó Istvánné—Major Gabriella (FÉMKUT, Budapest): **„Cirkonhomokok gyorsvizsgálata röntgenspektrográfiás módszerrel"**

Cirkonhomokok klasszikus vizsgálatánál részben a vizsgálati módszer időt rabló volta, részben pedig egyes műveletekből esetleg előadódó hibalehetőségek miatt a műszaki ellenőrzés jelenlegi állása mellett célszerűbb elemzési módszer kidolgozása kívánatos. A röntgenspektrográffal történő vizsgálatok megfelelő gondossággal elvégzett előkészítő munkák után nemcsak a cirkonhomokok főalkotóinak gyors és megbízható vizsgálatát teszik lehetővé, hanem segítségükkel meghatározhatók az eddigi vizsgálatokban mellőzött kis mennyiségben jelenlevő és nyomokban található szennyezők is. A módszer kiterjesztése az összes érdekesebb összetevőkre nagyban megkönnyítheti az anyagvizsgálatokat és a gyártásközi ellenőrzést.

Szőke André (Glaverbel, Bruxelles): **„Tapasztalatok magyar olvasztva öntött tűzállóanyagokkal a belga síküveggyártásnál"**

Ha a Belgiumban 1958—1968 között felhasznált magyar olvasztva öntött tűzállóanyagokat a meglevő fotódokumentációk és üzemi tapasztalatok birtokában kritikai vizsgálat tárgyává tesszük, nagymértékű fejlődést lehet megállapítani. Az első KORVISIT kövek szerkezeti hiányosságai teljesen eltűntek, ugyanakkor az első anyagokban is már meglevő kedvező tulajdonságok (pl. alacsony buborékképző index) tovább javultak. A gyártóműnek az 1968-ig szállított kövek kritikus ellenőrzése alapján ajánlani lehet, hogy a jövőben műszaki fejlesztési tevékenységét elsősorban a kövek repedezettségének csökkentésére irányítsa. A jelenlegi gyártásból kijövő idomok már alig mutatnak repedéseket, így ennek alapján minden remény megvan arra, hogy ez a tulajdonság is teljesen a felhasználók igényeinek megfelelően alakuljon.

Babl Albert—Lukacs Johann (LONZA, Waldshut): **„Tűzálló korundmasszák irreverzibilis tágulásának kérdései"**

Korundmasszák vékony rétegben való alkalmazásának sok esetben határt szab azok repedékenysége a kiégetés során. Megfelelő adalékok (MgO, kaolin) adagolásával elérhető olyan masszaösszetétel, mely lehetővé teszi, hogy a kiégetéskor fellépő tágulást a spinell- vagy mullitfázis képződése során fellépő moltérfogatcsökkenés kompenzálja. A korundmasszák összetételére vonatkozó kísérletek az alkotók helyes arányának megválasztásán túlmenően a legkedvezőbb szemcseeloszlás kialakítására is kitértek.

Az előadásokat követő vitában a hozzászólók és kérdezők kiegészítő felvilágosításokat kértek a cirkonkoncentrátummal történő olvasztás minőségi és gazdaságossági adataira, a síküveggyártás technológiai kérdéseire, a kőizzadás vizsgálati módszerekből adódó eltéréseire, a korundmasszák üvegipari felhasználásával kapcsolatos eddigi tapasztalatokra, illetve kiegészítették a cirkonhomokelőkészítés metodikájáról elmondottakat, a MOTIM kádkövek fejlődésének műszaki adatait.

A konferencián *Romwalter Alfréd* a tisztségnek megfelelő szakértelemmel és diplomáciai készséggel elnökölt.

Az első nap estéjén a MOTIM dunaszigeti üdülőjén tábortűz melletti halsütés és másnap Fertőd, Fertőrákos, Sopron útvonalon lebonyolított műemléktúra lehetőséget nyújtott a résztvevőknek újabb személyi kapcsolatok megteremtésére és a régi kapcsolatok elmélyítésére. A konferencia rendezésében a MINERALIMPEX Külkereskedelmi Vállalat is részt vett.

A MOTIM Helyi Csoport Vezetősége reméli, hogy az időközben kiadott rendelkezések sem jelentenek végleges akadályt a jövő évi konferencia lebonyolításában. Kár volna ugyanis egy hagyományossá vált és a résztvevők által aktivitásukkal bizonyított hasznos rendezvényt megszüntetni.

Az 1974. évi konferencia előreláthatóan a vas- és acélipar tűzállóanyag problémáinak tárgykörét fogja tárgyalni.

H. W.

Műszaki és gazdasági hírek

Bauxit, timföld, műkorund

Bár a pontos termelési adatok nem ismeretesek, bizonyosnak vehető, hogy 1972-ben Ausztrália volt a világ első bauxittermelője. Előrejelzések szerint Ausztrália súlya tovább fog nőni a világ bauxittermelésében.

Mining Magazine, 1973. január.

*

1972-ben az ausztráliai Comalco Weipában 7,6 millió bauxitot termelt ki, szemben az 1971. évi 7,2 millió tonnával. A vállalat bauxitexportja azonban az 1971. évi 7,4 millió tonnáról 6,9 millió tonnára csökkent. E visszaesést a Comalco két tényezővel indokolja:

— 1972-ben a világ alumíniumkohói jelentős kapacitáskihasználatlansággal működtek;

— 1971. decemberében az USA dollárleértékelésével az ausztrál dollár viszonylagos felértékelése kedvezőtlenül befolyásolja az exportot. 1972 folyamán a Comalco néhány vevőjével már megállapodott egy új árban.

Metal Bulletin, 1973. január 23.

*

1972-ben Guinea bauxitkészleteit 2,4 milliárd tonnára becsülték. A bauxittermelés tekintetében Ausztrália és Jamaika után következik, készletei azonban e két országénál nagyobbak.

A jelenleg folyamatban levő beruházásokban a guineai kormányon kívül számos tőkés vállalat (Alcoa, Alcan, Martin Marietta, Pechiney Ugine Kuhlman, Vereinigte Alumínium Werke, Montedison Spa), valamint Jugoszlávia is résztvesz.

Mining Journal, 1973. január 12.

*

A Mitsubishi Chemical Industries évi 100 000 tonna kapacitású timföldüzemet kíván megépíteni a Shikoku-i alumíniumkohó mellett, melynek timföldellátását eddig teljes mértékben az Alcoa of Australia biztosította. A timföldüzem megépítését már régóta tervezték, az alumíniumpiac kedvezőtlen helyzete miatt azonban többször is elhalasztották.

Mining Magazine, 1972. december.

*

Az Energoinvest jugoszláv vállalat a bauxitbányászat és timföldgyártás fejlesztésére 130 millió $ szovjet hitelt kapott.

A jugoszláv cég a szovjet Cvetmet-Promexport vállalat segítségével 600 ezer tonna/év kapacitással bővíti a zvorniki üzemét, évi 2 millió tonnával több bauxitot bányász ki Vlasnicában és a jajcei lelőhely kitermelését évi 500 ezer tonnára emeli.

A szovjet fél a hitel ellenében 10 éven át évi 600 ezer tonna timföldet és 500 ezer tonna bauxitot kap. A bauxit mely a Bosansky Krupaban levő lelőhelyről való, tűzállóanyaggyártásra alkalmas.

Economic Echo From Yugoslavia, 1972. 6. szám.

*

Az US Bányászati Minisztériumának közlése szerint 1971-ben az olvasztott Al_2O_3 csiszolóanyagok termelése az előző évhez képest mennyiségben 24 %, értékben 11 % csökkenést mutatott.

Fehérkorund termelés 20 500 s. t, színeskorund termelés 125 570 tonna volt. Ebből 90 %-ot a csiszolóipar 10 %-ot a tűzállóanyagipar használ fel.

A szilíciumkarbid termelés (130 000 s. t.), melyből 52 % a csiszolóipar és 48 % a tűzállóiparanyag felhasználása mennyiségben 22 %-kal, értékben 12 %-kal nőtt.

Vörös csiszolóföldből (66 638 s. t.) kétharmadot használt fel a csiszolóipar, egyharmad rész töltőanyagnak lett felhasználva. Ebben a termékben 10 % mennyiségi és 9 % értékben mért növekedés volt.

Szintetikus gyémántból 1971-ben 13 ezer karát volt a termelés és 3 ezer karát a regenerált mennyiség. (Természetes gyémántlelőhely az USA-ban nincs).

Industrial Minerals, 1972. december.

H. W.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

106. ÉVFOLYAM



AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET LAPJA
BUDAPEST, 1973. SZEPTEMBER HÓ
9

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

Горный и Металлургический Журнал Металлургия
Zeitschrift für Bergbau und Hüttenwesen Hüttenwesen
Mining & Metallurgical Journal Metallurgy

ALAPÍTOTTA: PÉCH ANTAL 1868-ban

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET

A MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI EGYESÜLETEK SZÖVETSÉGE TAGJÁNAK LAPJA

Szerkesztőség: 1061 Budapest VI., Anker köz 1. I. 105.
Tel.: 426-795

TARTALOM

DR. VISNYOVSZKY LÁSZLÓ: Szilárd szén a leghatásosabb redukálószer 385
DR. LŐRINCZ OSZKÁR: Számítógépek hengerművi alkalmazása 392
HARALD A. KOCH—BERNHARD QUATEMBER: Berendezés a villamos vezetőképesség folyamatos mérésére 401
KEMÉNY TAMÁS: Tapasztalatok magyar gyártmányú elektronikus öntőüst mérlegekkel 403
Korszerű külföldi berendezés ismertetése 408
Beszámolók külföldi konferenciákról 409
Beszámoló konferenciáról 410
Beszámoló külföldi tanulmányútról 412
Egyesületi hírek 413
Szabványosítási hírek ..... B/III.

FÉMKOHÁSZAT

DR. VÁRHEGYI GYŐZŐ—DR. SZOLNOKI JÁNOS—DR. MISKEI MIHÁLY—DR. LAKATOS TAMÁS: Fémek kinyerése baktériumokkal 415
KOVÁCS FERENC—FARKAS FERENC—DR. KLUG OTTÓ—GOMBOS MÁRTON—VÖRÖS KÁROLY: Szilárdanyag-tartalom meghatározása timföldgyári Dorr-rendszerű ülepítő- és mosótartályok kónusz-zagyában 419
TÓTH MIHÁLY: Villamosenergia-veszteség alumíniumelektrolizáló kádak külső áramvezető síneiben 422
Fémkohászati műszaki-gazdasági hírek 428
Fémkohászati üzemi hírek 429
Nemzetközi szabványosítási hírek 431
Könyvismertetés 432

ÖNTÖDE

SZENDE GYÖRGY—TOKÁR ISTVÁN—SZEKERES JÁNOS: Formázástechnológiai kutatások a Gépipari Technológiai Intézetben 193
SZABÓ JÁNOS: Néhány gondolat nyomásos öntőgépeink tartalékalkatrész ellátásának problémáiról 196
Könyvismertetés 197
KATONA REZSŐ: A melegkamrás nyomásos öntés bevezetésének tapasztalatai az ELZETT Sátoraljaújhelyi Gyárában 198
JURAJ BARTEK: Csehszlovák nyomásos öntőgépek új konstrukciós megoldása 201
JINDRICH VALECKI: Új irányzatok a nyomásos öntőszerszámok tervezésében 207
10 éves az Öntödei Vállalat 212
A MTESZ és az ifjúság kapcsolatáról 215

Megjelenik havonként
Egyszámlaszám egyesületi tagok részére: Magyar Nemzeti Bank 61 770
Egyévi előfizetés: 180,— Ft. Egyes példányok ára: 15,— Ft
Bányászati és Kohászati Lapok — **KOHÁSZAT**

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1906 Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-293. Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató 73.9., 1335 - Révai Nyomda, Budapest V., Vadász utca 16.
F. v.: Povárny Jenő

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (KHI 1900 Budapest, József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára
Külföldön terjeszti a „Kultúra" Könyv- Hírlap Külkereskedelmi Vállalat, H—1383 Budapest, Postafiók 149

Index: 25,155

ÉVFOLYAM ГОД JAHRGANG YEAR 106

SZÁM № Nr. No. 9

SZEPTEMBER СЕНТЯБРЬ SEPTEMBER SEPTEMBER 1973

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

ЖУРНАЛ ГОРНОГО ДЕЛА И МЕТАЛЛУРГИИ МЕТАЛЛУРГИЯ
ZEITSCHRIFT FÜR BERG UND HÜTTENWESEN HÜTTENWESEN
JOURNAL OF MINING AND METALLURGY METALLURGY

СОДЕРЖАНИЕ

Д-р Л. Вишновски: **Твердый углерод как самое эффективное редуцирующее средство** ..... **С 385**

Редуцируемость металлических оксидов. Методы исследования реакции редукции. Исследования, проведенные методом замораживания. Исследования термическим анализом. Редукция оксидов железа твердым углеродом, водородом и CO. Скорость реакции редукции. Редукция с твердым углеродом происходит и в инертной атмосфере. Оптимальный механизм редукции и его практическое осуществление. Результаты полупромышленных испытаний.

Д-р Оскар Леринц: **Применение вычислительных машин в прокатном цеху** ..... **С 392**

Автор обсуждает важность, формы и возможность применения вычислительных машин, играющих роль в автоматизации прокатных цехов. После пересмотра ступеней развития автоматизации автор принимая во внимание технические возможности отечественных прокатных цехов обсуждает некоторые важные вопросы об автоматизации.

Х. А. Кох—В. Квутембер: **Установка для непрерывного измерения электропроводимости** ... **С 401**

Разработана новая установка для исследования термически активизированных процессов, для измерения электропроводимости. Используется четыреугольный переменный ток, который полностью исключает влияние мешающих сигналов.

Т. Кемень: **Опыты с электронными весами венгерского производства для литейного ковша . С 403**

В статье приведена новая, современная и очень интересная область применения электронной измерительной техники. Автор ознакомливает с применением электронных весов для литейного ковша на сталеплавильных заводах и на заводах цветной металлургии. Описывается применение электронных весов, присоединенных непосредственно с дигитальным компенсатором.

Д-р Дёзё Вархеди—д-р Янош Солноки—д-р Михай Мишкеи—д-р Тамаш Лакатош: **Извлечение металлов с помощью бактерий** ..... **С 415**

Авторы ознакамливают с влиянием микроорганизмов в процессе выщелочивания металлов и возможностях их применения в первую очередь в процессе извлечения металлов из руд, содержащих малое количество металла. Приведены самые существенные реакции, происходящие с участием биокатализа. Приведены типы бактерий, обсуждается процесс выщелочивания с помощью бактерий, необходимые установки, принимая во внимание результаты проведенных исследований, показаны возможности отечественного применения.

Ковач, Ф., Клуг, О., Фаркаш, Ф., Гомбош, М. и *Вёрёш, К.:* **Определение содержания твердой фазы в пульпе под конусом сгустителей и промывателей на глиноземном заводе** ..... **С 419**

Был разработан осциллометрический (высокочастотный) метод и конструирован индуктивный датчик из пластмассы для непрерывного измерения содержания твердой фазы в пульпе под конусом сгустителей и промывателей при производстве глинозема по способу Байера. С целью контроля инструментального измерения нами были разработаны весовый метод — более точный, чем использованный до сих пор на заводе, — и экспресс-метод на основе взвешивания равных объемов пульпы и чистого раствора. Результаты, полученные лабораторными измерениями и инструментальным методом, показали хорошое совпадение.

Михай Тот: **Потеря электрической энергии в внешних токопроводящих рельсах алюминиевых электролитических ванн** ..... **С 422**

Дается математический метод для определения потерь энергии и напряжения во внешних токопроводящих рельсах алюминиевых электролитических ванн в случае разных форм рельсов и различного распределения тока.

INHALT

Dr. L. Visnyovszky: **Der feste Kohlenstoff als wirkungsvollste Reduktionsmittel** ..... S **385**

Die Reduzierbarkeit von Metalloxyden. Die Untersuchungsmethoden von reduzierenden Reaktionen. Untersuchungen mit dem Einfrierverfahren, weiter mit der thermischen Analyse. Die Reduktion der Eisenoxyde mit festem Kohlenstoff, mit Wasserstoff und mit Kohlenoxyd. Die Geschwindigkeit der Reduktionsreaktione. Die in einer inerten Atmosphäre abspielende Reduktion mit festem Kohlenstoff. Der optimale Mechanismus der Reduktion und seine praktische Verwirklichung. Ergebnisse von Kleinbetriebsversuchen.

Dr. O. Lőrincz: **Anwendungs von Rechnern in Walzwerken** ..... S **392**

Bedeutung und Anwendungsmöglichkeiten von Rechnern, welche in der Automatisierung eine wichtige Rolle spielen. Die Entwicklungsstufen der Automatisierung. Einige wichtigen Aufgaben der Automatisierung in den einheimischen Walzwerken.

H. A. Koch—B. Quatember: **Einrichtung zur kontinuierlichen Messung der elektrischen Leitfahigkeit** ..... S **401**

Eine neue Einrichtung zur Untersuchung von thermisch aktivierten Vorgängen und zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit. Die neue Apparatur verwendet Wechselstrom und schaltet weitgehend die verschiedenen Störzeichen aus.

T. Kemény: **Erfahrungen mit den in Ungarn hergestellten elektronischen Giesskranwagen** ..... S **403**

Zeitgemässe Anwendung von elektronischen Wagen. Elektronische Giesskranwagen in Stahlwerken und in der Buntmetallindustrie. Die elektronische Giesskranwage in direkter Verbindung mit einem digitalen Kompensator.

Dr. Gy. Várhegyi—Dr. J. Szolnoki—Dr. M. Miskei——Dr. T. Lakatos: **Die Gewinnung von Metallen mittels Bakterien** ..... S **415**

Die Verfasser beschreiben die Wirkung der Mikroorganismen bei der Auslaugung von Metallen und die Rolle und Anwendungsmöglichkeiten der Bakterien bei der Gewinnung von Metallen aus armen Erzen und Bergehalden. Die mit Biokatalyse verlaufenden wesentlichsten Reaktionen werden beschrieben. Die Verfasser erläutern den Vorgang der bakteriellen Auslaugung, die Bakterienarten, die Anlagen, die Möglichkeiten der heimischen Anwendung auf der Grundlage der bisherigen Ergebnisse.

F. Kovács—Dr. O. Klug—F. Farkas—K. Vörös—M. Gombos: **Bestimmung des Feststoffgehaltes in der Konus-Trübe der Dorr-Setz- und Wachsanlagen in der Tonerdefabrik** ..... S **419**

Bei der Tonerdeerzeugung nach Bayer haben wir für die kontinuierliche Messung des Feststoffgehaltes in der Konus-Trübe der Setz- und Waschbehälter ein oszillometrisches Verfahren entwickelt, wozu eine induktive Messzelle aus Kunststoff gebaut wurde. Zur Kontrolle der instrumentierten Messung haben wir ein dem bisherigen gegenüber genaueres gravimetrisches Verfahren und ein auf der Gewichtsmessung gleicher Volumina der reinen Flüssigkeitsphase beruhendes Verfahren entwickelt. Die Ergebnisse der Labor- und der instrumentierten Messungen stimmen gut überein.

M. Tóth: **Elektroenergieverlust in den äusseren Stromleitungschienen von Aluminiumelektrolysewannen** ..... S **422**

Der Verfasser beschreibt ein Berechnungsverfahren zur Bestimmung des Energieverlustes bzw. Spannungsverlustes, der in den äusseren Stromleitungsschienen von Aluminiumelektrolisierwannen bei verschiedenen Schienenformen und Stromverteilungen auftritt.

CONTENTS

Dr. L. Visnyovszky: **Solid carbon, the most effective reductant** ..... **P 385**

The reducibility of metal oxides. Methods of studying reduction reactions. Investigations by "freezing in" the reaction. Tests by thermal analysis. The reduction of iron oxides with solid carbon hydrogen and CO. The rate of readuction reactions. Reduction with solid carbon also takes place in an inert atmosphere. The optimal reduction mechanism and its practical realization. The results of pilot plant tests.

Dr. O. Lőrincz: **The application of computers in the rolling mill**..... **P 392**

The author discusses the significance, and possibilities of computers applied in the automation of rolling mills. He reviews the stages of development of automation and details some important tasks of automation with respect to the technical conditions of Hungarian rolling mills.

H. A. Koch—B. Quatember: **Equipment for the continuous measurement of electric conductivity** .. **P 401**

A novel type of equipment has been developed for studying thermally activated processes and measuring electric conductivity; the instrument uses square a.c. and eliminates the effects of most disturbing signals.

R. *Kemény:* **Experiences with electronic pouring ladle weighing machines made in Hungary** .... **P 403**

The paper discusses a very interesting, novel application of electronic weighing procedures. The use of electronic pouring ladle weighing machines in steelworks and in coloured metal processing is described; a short review is given of the combination of electronic pouring ladle scales combined with a digital compensator.

Dr. Gy. Várhegyi—dr. J. Szolnoki—dr. M. Miskei—dr. T. Lakatos: **Extraction of metals by bacteria P 415**

The authors discuss the influence of microorganisms in the leaching of metals and the application of bacteria for leaching poor ores and tailing dumps. They describe the main reactions of biocatalysis, the bacterium species, the process of leaching by bacteria, the equipment, the possibilities of domestic application on the basis of recent results.

F. Kovács—dr. O. Klug—F. Farkas—K. Vörös—M. Gombos: **Determination of the solids content in the cone slurry of the settling and washing tanks of a Dorr machine in an alumina factory** ..... **P 419**

An oscillometric method has been developed for measuring the solids content in the cone slurry of settling and washing tanks on the Bayer alumina production process; a plastic cell has been built for inductive measurement. Agravimetric method with increased precision and a rapid method based on measuring the weight of equal volumes of the liquid phase have been developed for the control of instrumented measurement. The results of the instrumented measurements show a good agreement with the laboratory results.

M. Tóth: **Electric power loss in the external busbars of aluminium electrolysis baths** ..... **P 422**

A method is presented for computing power and voltage losses in the external bus bars of aluminium electrolysis baths, depending on the bus bar shape and current distribution.

Főszerkesztő:
ÓVÁRI ANTAL

Szerkesztők:
DR. FUCHS ERIK, GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ, RUHMANN JENŐ

Szerkesztő bizottság:
BALÁZS FÜLÖP, DR. BECKER ERVIN, BOROSSAY BÉLA, CSEH MIKLÓS, DR. HAJTÓ NÁNDOR, DR. KÁLDOR MIHÁLY, KÉZDI ÁRPÁD, KOLLÁR SÁNDOR, DR. MÓCSY ÁRPÁD, PINTÉR ANDRÁS, DR. PILISSY LAJOS, DR. REMPORT ZOLTÁN, ROMWALTER ALFRÉD, SELMECZI BÉLA, SZELESS LÁSZLÓ, SZŐKE LÁSZLÓ, SZŰCS ENDRE, VAS IVÁN, DR. VERŐ BALÁZS.

A rajzokat készítette: KÜRTÖS MARGIT.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET FOLYÓIRATA

106. évfolyam 9. szám 1973. szeptember

A szilárd szén a leghatásosabb redukálószer*

Dr. VISNYOVSZKY LÁSZLÓ, a műszaki tudományok doktora

DK.: 669.1:669.017.3:543.226

Fémoxidok redukálhatósága. A redukciós reakciók vizsgálatának módszerei. Befagyasztásos módszerrel végzett vizsgálatok. Vizsgálatok termikus analízissel. Fémoxidok redukciójának mechanizmusa. Vasoxidok redukciója szilárd szénnel hidrogénnel és CO-val. A redukciós reakciók sebessége. A szilárd C-os redukció inert atmoszférában is végbe megy. Az optimális redukció mechanizmus és annak gyakorlati megvalósítása. Kisüzemi kísérletek eredményei.

A fémoxidok redukálhatóságát azzal az oxigénmennyiséggel szokták jellemezni, amelyet a redukálószer egységnyi súlyú oxidtól ez időegység alatt elvon. A magasabbrendű oxidokból nem közvetlenül redukálódik a fém, hanem az összes lehetséges közbenső oxidfokozatokon keresztül. Pl. a Fe_2O_3-ból először Fe_3O_4, majd FeO lesz és a fémvas mindenkor a FeO-ból keletkezik.

A vasércek redukálhatóságát általában 80% oxigén elvonására vonatkoztatják, ami a magasabbrendű oxidok wüsztitté való átalakulását és a fémképződést is magában foglalja, tehát több folyamatnak globális oxigénelvonási sebességét adja meg.

A redukciós reakciók lefolyásának vizsgálatára többféle alapvető módszer látszik célravezetőnek:

1. A próba mikroszkópi vizsgálata, redukció közbeni, befagyasztás után,
2. A folyamatok entalpia változásának mérése.
3. A próba súlyváltozásának mérése.
4. A gáz alakú termékek mennyiségének és minőségének meghatározása.
5. Az oxid kristályszerkezeti változásának mérése.

Az első módszer előnye, hogy egyszerű és megmutatja az anyag szerkezetének változását, hátránya, hogy a vizsgálat szakaszos és pontosan nem definiálható állapotot rögzít. A többi módszer folyamatos mérést tesz lehetővé, de nehéz az egyes reakciókat szétválasztani akkor, ha egymásba folyó, vagy szimultán futó folyamatokról van szó. Ehhez az volna a kívánatos, hogy a különféle méréseket egyidejűleg ugyanabban a mintában végezzük el. A „Derivatograph"-készülék kiegészítve gázelemző műszerrel lehetővé teszi, hogy a hőmérsékletet, az entalpia változást, a súlyváltozást, a súlyváltozásban bekövekező sebességváltozást, valamint a reakcióknál keletkező gázok minőségét ugyanazon próbában az idő, ill. a hőmérséklet függvényében egyidejűleg folyamatosan határozzuk meg, amivel az egyidejű mérések egész sorozatát lehetséges megvalósítani.

Befagyasztásos módszerrel végzett kísérletek

1. kép. 200× nagyításban 0,2—0,3 mm-es magnetit szemcséket mutat, amelyeket 800 °C-on redukáltunk H_2-vel. Minden felületet, minden pórust, ahova a H_2 behatolhatott, fémréteg vesz körül. A redukció ezután nagyon lelassult, mert a gáz nem tudott áthatolni a kb. 4 μ vastag fémrétegen.



1. ábra. 800 °C-on hidrogénnel redukált 0,2—0,3 mm-es magnetit-szemcsék. 200×

* 1973. febr. 20-án Indiában, Jamsedpuriban rendezett Nemzetközi Vasszivacs Szimpóziumon elhangzott előadás rövidített anyaga.

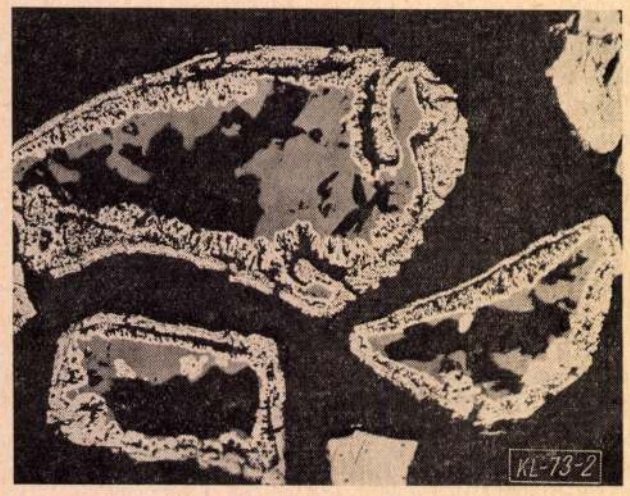
2. kép. Amikor az érc közé kokszport is kevertünk és ugyancsak H_2-vel redukáltuk, az elsődleges fémhártya felszakadozott és újabb reakció front indult az érc belseje felé, majd újabb összefüggő fémkéreg kialakítása után a redukció ismét leállt. A jelenség magyarázata az, hogy a fémkéreg szilárd C-nal érintkezve Fe_3C-vé alakult, ez pedig redukálta a belső oxidot

$$Fe_3C + FeO = 4\ Fe + CO$$

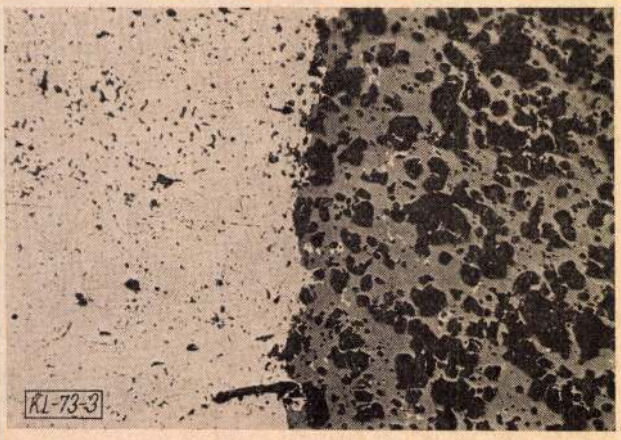
és a hártyán belül képződött CO nyomása felszakította a fémhártyát, újabb utakat nyitva meg a redukáló gáz számára.

3. kép. Fe_2O_3-ból készített brikettet mutat 50 × nagyításban, melyet szénpor között redukáltunk 1150 °C-on. Az oxidhoz nem kevertünk szenet. A fémvas-képződés kívülről indult A fém és oxid határa éles, átmeneti részben redukált réteg nem fedezhető fel, és az érc pórusainak belső felületén sem látszik fémvas, tehát a redukcióban gáz nem vett részt, a szilárd C redukált, diffúzióval jutva kívülről befelé.

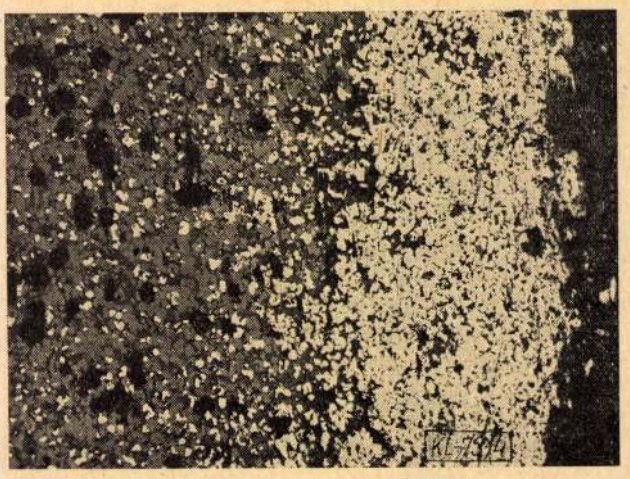
4. kép Amikor a brikettbe kevés grafitport is kevertünk és ugyancsak szénpor között redukáltunk, a redukció nemcsak a kerületen, hanem a brikett belsejében levő grafitszemcsék körül is végbement. A pórusokban itt sem látszik gázredukciótól származó fémképződés. Ebből csupán arra lehet következtetni, hogy a C gázfázis közrejátszása nélkül közvetlenül redukált.



2. ábra. 800 °C-on hidrogénnel redukált koksszal kevert magnetit-szemcsék 100 ×



3. ábra. 1150 °C-on kokszpor között redukált ércbrikett



4. ábra. Grafittal kevert ércbrikett 1150 °C-on kokszpor között redukálva. 50 ×

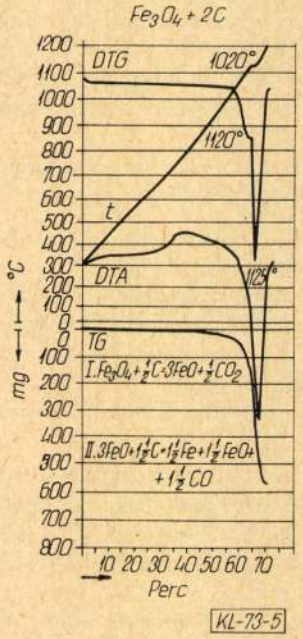
E vizsgálatok rögzítik ugyan az adott helyzetet, de a reakciók tényleges lefolyásáról és annak mechanizmusáról nem mondanak semmit. Erre vonatkozólag már többet tudunk meg a derivatográfiás mérésekből.

Kísérletek termikus analízissel

A vasoxidok oxigénbontása is oxidfokozatonként lépcsőzetesen megy végbe, és a fémvas mindig a legalacsonyabb rendű oxidból a wüsztitből (FeO) képződik. Az egyes redukciós szakaszok azonban kis hőmérsékletkülönbséggel indulnak, ami miatt azonos hőmérsékleten több reakció együtt fut és nem könnyű őket szétválasztani.

Először a $Fe_3O_4 + 2C$ keverék reakcióját vizsgáltuk argon atmoszférában. Ez a C mennyiség elegendő volna a teljes redukcióhoz, ha az alábbi folyamat megy végbe:

$$Fe_3O_4 + 2C = 3\ Fe + 2\ CO_2$$



5. ábra. Magnetit részleges redukciója grafittal

A kísérlet lefolyását a *5. ábra* mutatja.

A diagram az idő függvényében van felvéve,

t görbe a hőmérsékletet,

DTA görbe az entalpiaváltozást,

TG görbe a súlyváltozást,

DTG görbe a súlyváltozásban bekövetkezett sebesség változást mutatja.

A *DTG* görbe tulajdonképpen a súlyváltozás differenciál hányadosa, ezért minimuma mindig a súlyváltozás legnagyobb sebességét jelzi.

A redukált próbában csak 45,1% fémvasat és 0,15% C-t találtunk, tehát a magnetitnek csak egyrésze redukálódott fémig, annak ellenére, hogy a C teljesen elfogyott. A diagramon két redukciós szakaszt lehet megkülönböztetni. Az első 1020 °C-on kezdődik és sebességének maximumát 1120 °C-on éri el, de befejeződése előtt megindul egy másik reakció is, melynek sebességi maximuma 1125 °C-on mutatkozik. Mindkét folyamat erősen endoterm. A gázelemző készülék kezdetben csak CO_2 tartalmat mutatott, majd 1100 °C-tól kezdődően megjelent a CO is. A továbbiakban a CO_2 tartalom rohamosan csökkent, a CO viszont megnőtt és a kísérlet vége felé már csak tisztán CO-t lehetett kimutatni.

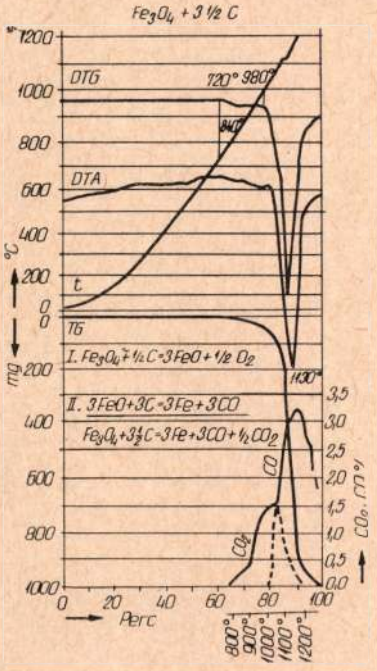
Eszerint a magnetit (Fe_3O_4)redukciója két fokozatban megy végbe, és a fémvas képződése már megindul mielőtt a wüsztitig menő redukció teljesen befejeződne. A wüsztitig menő redukció gáztermé ke CO_2, a fémig menő redukcióé pedig CO.

Fentiek alapján a magnetit fémvassá való redukciójának részletes mechanizmusa a *6. ábra* szerint:

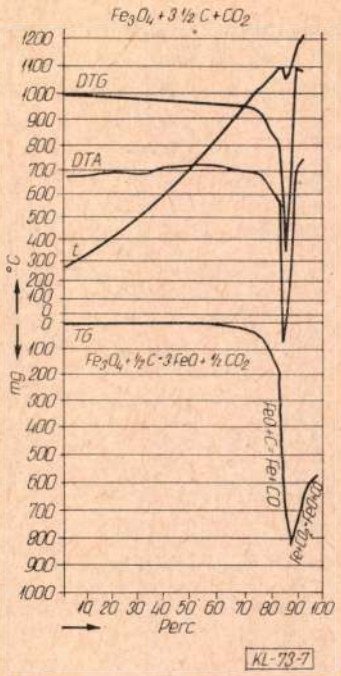
$$\text{I. } Fe_3O_4 + 1/2\ C = 3\ FeO + 1/2\ CO_2$$
$$\text{II. } 3\ FeO + 3\ C = 3\ Fe + 3\ CO$$

$$Fe_3O_4 + 3\ 1/2\ C = 3\ Fe + 3\ CO + 1/2\ CO_2$$

Az ábrán feltüntettük a képződő gáz összetételét is. Az egyes szakaszok erősen átfedik egymást, mert kis hőmérsékletkülönbséggel indulnak, de sebességük így is jól meghatározható.



6. ábra. Magnetit teljes redukciója és a képződő gázok összetétele



7. ábra. Magnetit redukciója grafittal CO_2 atmoszférában

A fémig menő II. folyamat sebessége:

$$1130\ °C\text{-on} \quad v_{max} = 35\ mg\ O_2/g\ FeO \cdot perc$$

Az Fe_3O_4 + 3 1/2 C keverék reakcióját lefolytattuk CO_2 atmoszférában is. E kísérlet derivatogramját a *7. ábra* mutatja. Az I. reakció ugyanúgy megy végbe, mint argonban, tehát CO_2 jelenléte nem zavarja azokat a redukciókat, melyeknek gáztermé ke CO_2, és megindul a fémképződési II. folyamat is, de maximális sebességének elérése után, vagyis amikor a CO fejlődés már csökkent elkezdődött a fémvas oxidációja

$$Fe + CO_2 = FeO + CO$$

reakció szerint, amit a próba gyors súlynövekedése egyértelműen jelez.

A hematit (Fe_2O_3-) redukció-mechanizmusának megállapítására először a 2 Fe_2O_3 + 3 C keveréket vizsgáltuk argon atmoszférában. Ez a C mennyiség elegendő volna a teljes redukcióhoz, ha a redukciók folyamán csak CO_2 képződne.

A redukció ténylegesen a *8. ábra* szerint folyt le, két jól megkülönböztethető lépésben. Az első folyamat 900 °C-on kezdődik, legnagyobb sebességét 1085 °C-on éri el, de közben megindul egy második reakció, melynek endoterm maximuma 1130 °C-on van.

Súlyveszteség, gázelemzés és a redukált próba vegyelemzése alapján, a két folyamat a következő egyenletekkel azonosítható:

$$\text{I. } 2\ Fe_2O_3 + C = 4\ FeO + CO_2$$
$$\text{II. } 4\ FeO + 2\ C = 2\ Fe + 2\ CO + 2\ FeO$$

$$2\ Fe_2O_3 + 3\ C = 2\ Fe + 2\ CO + CO_2 + 2\ FeO$$

Két mol Fe_2O_3 teljes redukciójához ezek szerint 5 mól C szükséges, amikor is

$$2\ Fe_2O_3 + 5\ C = 4\ Fe + 4\ CO + CO_2$$

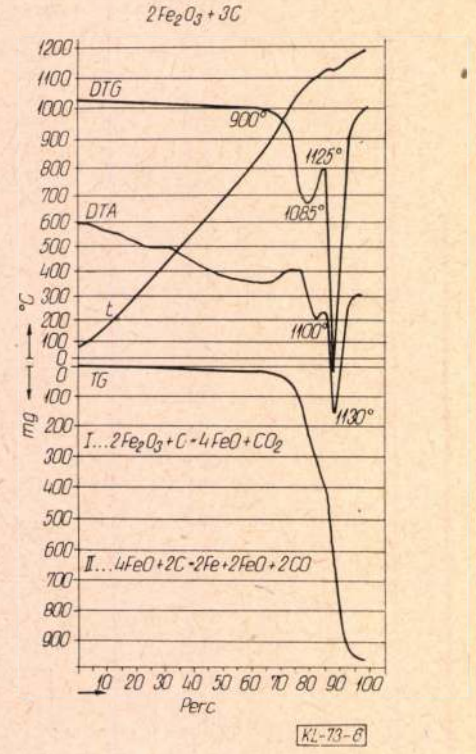
A hematit szilárd C-os redukcióját CO_2 atmoszférában is megvizsgáltuk, lefolyását a *9. ábra* mutatja. Az I. reakció zavartalanul sztöchiometrikus

mennyiségben folyik le és élesen jelentekezik II. fémképződési reakció megindulása is. Ez a redukció nagy sebességgel halad, de csak addig, amíg a CO_2 oxidáló hatása érvényre nem jut. Ettől kezdve a már redukálódott fém, hasonlóan a magnetit redukciójához ismét oxidálódik, éspedig a mért súlynövekedés szerint FeO-vá. A fémképződési redukció sebessége 1130 °C-on 33 mg O_2/g FeO.

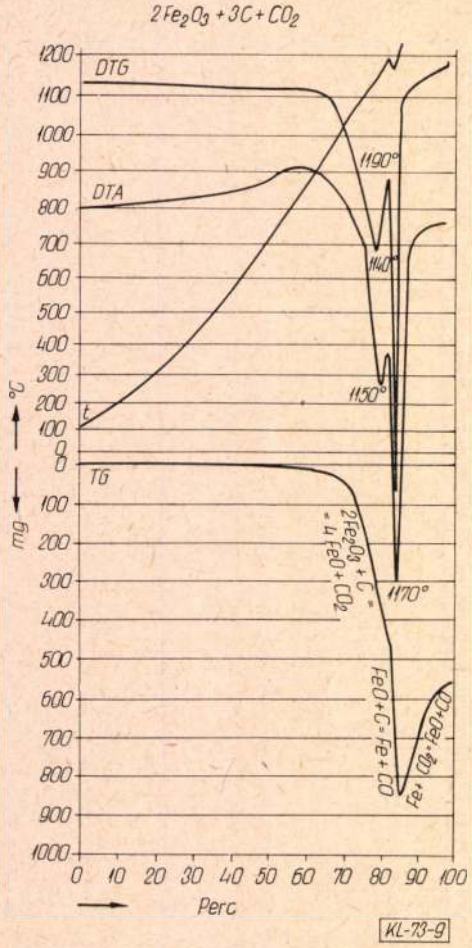
A redukciós kísérleteket elvégeztük CO és H_2 gázzal is. Kitűnt, hogy ez a morális mechanizmus bármely redukálószerrel ugyanaz, különbség csupán az egyes redukciós szakaszok kezdő hőmérsékletében és sebességében van.

A *10. ábra* hematit hidrogénes redukciójának lefolyását mutatja 25 °C/perc fűtési sebességnél. Itt az első reakció 360 °C-on kezdődik és súlyvesztesége megfelel a Fe_3O_4-é való átalakulásnak. A második szakasz 710 °C-os sebesség maximummal 790 °C-ig tart, súlyvesztesége a wüsztit fázisnak felel meg. A reakciók azonban még jobban átfedik egymást, mint a C-os redukcióknál. Közben megindul a fémvas képződése is.

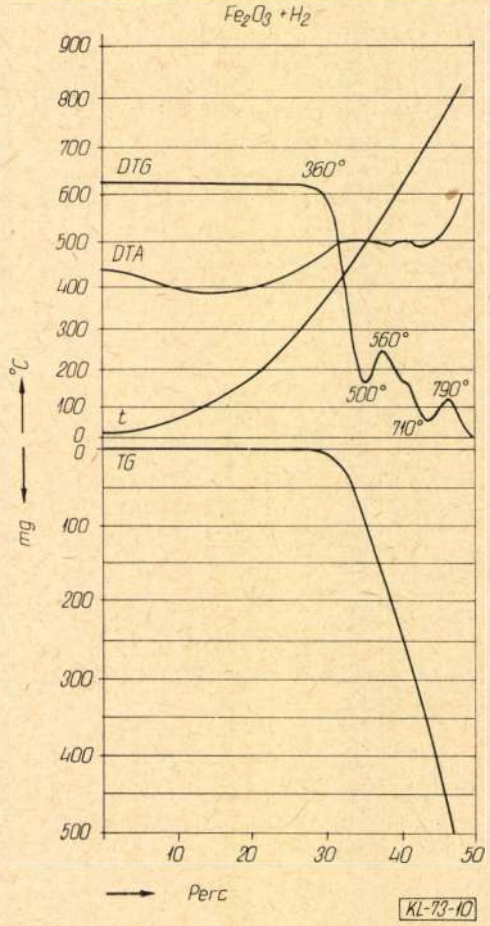
A magnetit hidrogénes redukciójánál nem tudtunk elérni 100%-os redukciót. 0,1—0,2 mm-es szemnagyságnál a redukció 59,5%, 20 μ szemnagyságnál 89% redukciós fok elérése után gyakorlatilag megszűnt. Ennek oka rácsszerkezeti okokra vezethető vissza. Mint a 1. képen láttuk a szabad felületeket 4 μ vastagságú fémréteg borítja be, melyen a H_2 nem tud áthatolni. Hematitnál ez a jelenség nem fordul elő, mert a hematit hexagonális rácsszerkezete porózusabb, mint a magnetit köbös rácsa, és így a vashártya a felületet nem tudja teljesen beborítani, sőt a redukció a kristályoknak nem-



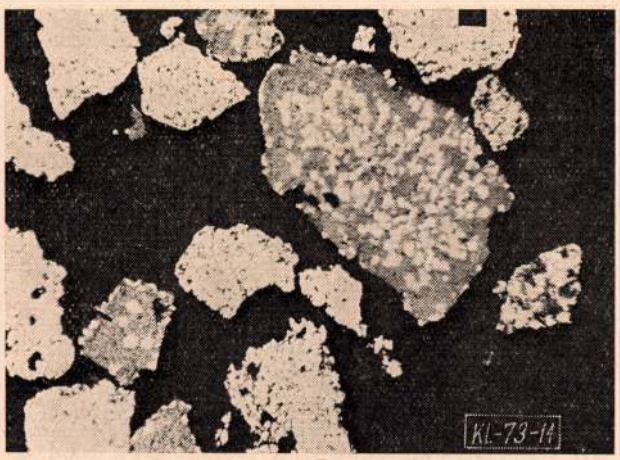
8. ábra. Hematit részleges redukciója grafittal



9. ábra. Hematit redukciója grafittal CO_2 atmoszférában



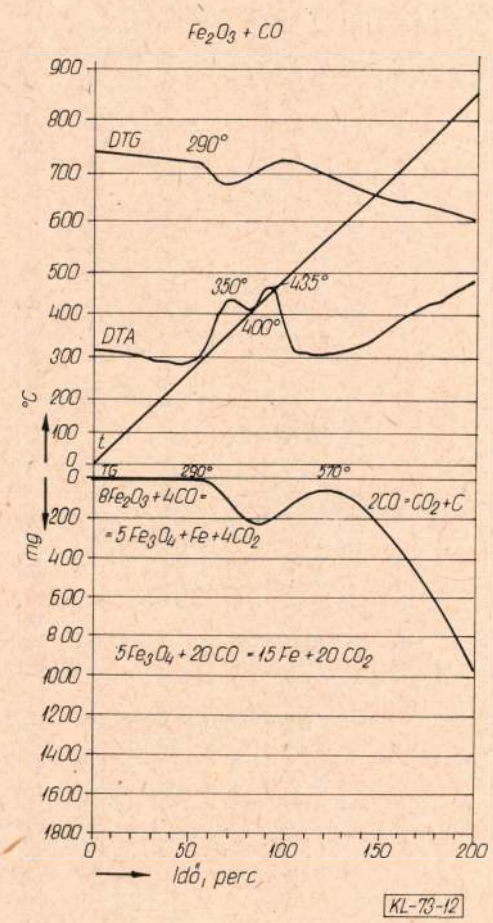
10. ábra. Hematit redukciója hidrogénnel



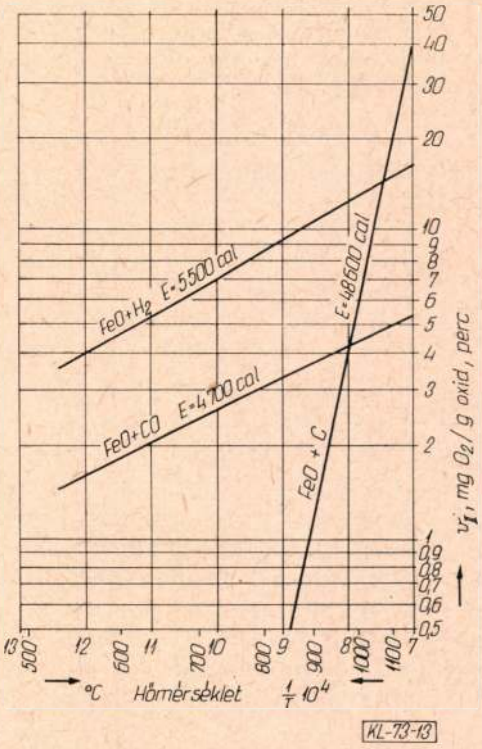
11. ábra. Hidrogénben redukált hematit szemcsék

csak a szélén, hanem a beljesében is megindul, amint azt a *11. ábra* szemlélteti. Ahhoz, hogy gázzal a magnetit is teljesen átredukálható legyen, az ércet előzőleg hematittá kell pörkölni, vagy pedig 8—10 μ szemnagyságban kellene redukálni.

A CO a hidrogénnél is kisebb hőmérsékleten kezdi a vasoxidokat redukálni. *12. ábra* szerint a hematit szénmonoxidos redukciójának kezdete 4,3 °C/perc fűtési sebességnél 290 °C, a hőhatás exoterm. E reakció 350 °C-os sebesség maximuma után, a *DTA* görbén újabb exoterm folyamat kezdődik, de az nem súlycsökkenéssel hanem súlynövekedéssel jár. A lehűlt próbában sok C-t találtunk, és így biztosra



12. ábra. Hematit redukciója CO-val



13. ábra. A fémvasképződés sebességének Arrhenius-egyenesei

vehető, hogy a súlynövekedést a kiváló C okozta. A C kiválás exoterm maximumát 435 °C-on mutatja a diagram. Innen kezdve a C kiválás csökken és 570 °C-nál éri el az oxigénelvonás sebességét. 570 °C fölött a redukció gyorsabb, mint a C kiválás. A folyamatos C kiválás miatt további redukciós fokozatok nem különböztethetők meg.

Sok kísérlettel megállapítottuk, hogy a C kiválás kezdete egybeesik a fémvas megjelenésével. Ennél a kísérletnél a fémvas-képződés 380 °C-on indult meg. Gyors fűtésnél a C kiválás csökken, valószínű azért, mert a fémvas képződése nagyobb hőmérsékletekre tolódik el.

A szénkiválasztás zavaró hatásának kiküszöbölésére a vizsgálatokat úgy végeztük, hogy a próbát argon atmoszférában melegítettük fel a kívánt hőmérsékletre és állandó hőmérsékleten vizsgáltuk a redukciók lefolyását. A redukciók oxidfokozatonkénti szakaszossága ilyenkor is jól megállapítható volt és ez lehetőséget adott az egyes redukciós szakaszok sebességének megmérésére. Ugyanígy jártunk el a hidrogénes redukciók sebességének meghatározásánál is.

Az állandó hőmérsékleteken mért oxigén elvonási sebességeket a *13. ábrán* foglaltuk össze, ahol a mért súlycsökkenés $v = \text{mg } O_2/\text{g oxid} \cdot \text{perc}$ értékeket logaritmikus léptékben 1/T függvényében, Arrhenius-egyeneseken mutatjuk be.

Az ábrából látható, hogy a hidrogénes redukció sebessége azonos hőmérsékleten mindig nagyobb, mint a szénmonoxidosé, továbbá, hogy a hőmérséklet növekedésével, a hidrogénes redukció sebessége jobban növekszik, mint a szénmonoxidosé. Ebből arra lehet következtetni, hogy a redukciós folyamatok meggyorsítására pl. nagyolvasztókba csak H_2 tartalmú gázokat érdemes befújtatni.

A szilárd C-nál végbemenő redukciónál 1000 °C fölötti hőmérsékleteken sokkal nagyobb oxigénelvonási sebességeket mértünk, mint a gázos redukcióknál. Méréseink szerint, a:

$$FeO + C - Fe + CO$$

redukciósebességi egyenlete 13,6 °C/perc hőmérséklet emelésnél

$$v_{II} = 1{,}32 \cdot 10^9 \exp. \left(-\frac{48600}{RT}\right)$$

Arrhenius-egyenesét berajzoltuk a *13.* ábrába. Eszerint 1150 °C-on az oxigénelvonási sebességek:

$FeO + C = Fe + CO$ $v_{II} = 40$ mg O_2/g FeO · perc
$FeO + CO = Fe + CO_2$ $v_{II} = 5{,}3$ mg FeO · perc
$FeO + H_2 = Fe + H_2O$ $v_{II} = 17$ mg FeO · perc

Ebből arra lehet következtetni, hogy a direkt redukció nem mehet CO-on keresztül a Boudouard reakció közvetítésével, mint azt gyakran feltételezik, hanem maga a szilárd C reagál a szilárd oxiddal. Ugyanis a CO a közölt v_{II} értékek szerint csaknem nyolcszor lassabban redukál, mint amit C jelenlétében ténylegesen mérni lehet. A C a hidrogénnél is kb.2,5-szer gyorsabban redukál ezen a hőmérsékleten.

Az optimális redukciós mechanizmus

A megállapított redukciós sebességek alapján levezethető a vasszivacs-gyártás optimális redukciós mechanizmusa, melynek végső eredménye:

$$2\ Fe_2O_3 + 3\ C = 4\ Fe + 3\ CO_2$$

Láttuk azonban, hogy ilyen reakció nem létezik, a fémvas mindig wüsztitből keletkezik, éspedig C-os redukciónál 1000 °C felett CO keletkezése közben. A végső redukciós szakasz tehát

$$4\ FeO + 3\ C = 3\ Fe + 3\ CO + FeO$$

A redukció azonban így nem teljes, 1 mol redukálatlan FeO marad.

A teljes redukcióhoz (4 Fe) ebbe a redukciós zónába, csak 3 FeO-nak szabad érkeznie, vagyis a fenti redukciónál keletkező 3 CO-ból egyet fel kell használnia 1 mól FeO-nak fémig való redukciójához.

$$4\ FeO + 3\ CO = Fe + CO_2 + 2\ CO + 3\ FeO$$

Redukció után a gáz összetétele 33,4% CO_2 + 66,6 százalék CO. Ez a gázösszetétel 700 °C alatti redukciót tesz lehetővé. A wüsztitig való redukciót most már a 33,4% CO_2 + 66,6% CO tartalmú gáznak kell elvégeznie. Tekintve, hogy ez a redukció CO_2 atmoszférában is végbemegy, a redukciónak termodinamikai akadálya nincs.

Összegezve és hőmérséklet szerint sorrendbe állítva a folyamatokat:

1. 280 °C felett $2\ Fe_2O_3 + 2\ CO + CO_2 = 4FeO + 3CO_2$
2. 700 °C-on $4\ FeO + 3\ CO = Fe + 3\ FeO + CO_2 + 2\ CO$
3. 1000° felett $Fe + 3\ FeO + 3\ C = 4\ Fe + 3\ CO$

Redukciósebesség $2\ Fe_2O_3 + 3\ C = 4\ Fe + 3\ CO_2$

$v_1 = 5$ mg O_2/g · perc
$v_2 = 2{,}4$ mg O_2/g · perc
$v_3 = 22$ mg O_2/g · perc

Ebből a mechanizmusból egész molekulákkal való számítás miatt a magnetitképződést kihagytuk.

Vasszivacs-gyártásnál tehát a direkt és indirekt redukciók fenti kombinációja adja az optimális mechanizmust, mert így a C redukciós petenciálja teljesen kihasználható.

Kérdés azonban, hogy kinetikai, azaz termelékenységi szempontból is optimális-e ez a mechanizmus.

A teljes redukció idejét a leglassúbb, azaz a 2. sz. redukció szabja meg. Minthogy ennek a redukciónak sebessége 700 °C-on csak 2,4 mg O_2/g · perc szemben a 3. reakció 22 mg O_2/g perc sebességével (1100 °C) az érceknek kereken 10-szer hosszabb ideig kell tartózkodnia 700 °C-on, mint 1100 °C-on. A 700 °C-os zónát tehát 10-szer nagyobbra kell méretezni, vagy pedig a termelékenységet kell a 2. reakció sebességére korlátozni.

A gyakorlat szempontjából előnyösebb lehet, ha mind a 4 mol FeO-t C-nal redukáljuk és akkor az optimális redukció egyenlet

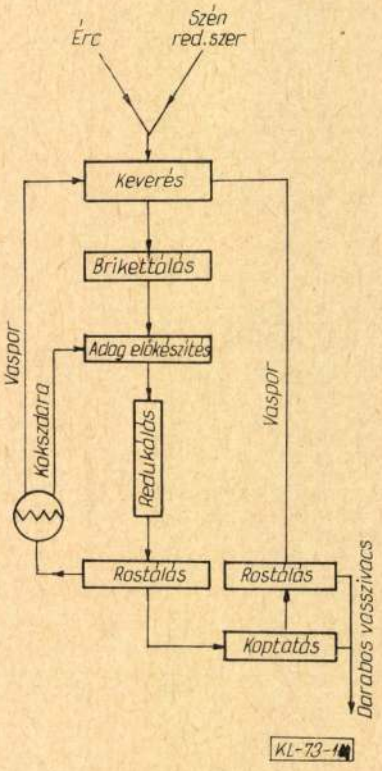
hematitnál $2\ Fe_2O_3 + 4\ C = 4\ Fe + 2\ CO_2 + 2\ CO$
magnetitnél $Fe_3O_4 + 3\ C = 3\ Fe + CO_2 + 2\ CO$

Ilyenkor a termelékenység csupán attól függ, hogy milyen gyorsan tudjuk az érc-szén keveréket 1100 Celsius-fokra felmelegíteni.

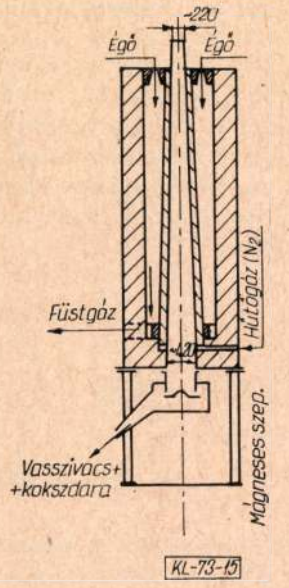
A redukáló C szükséglet: 215 kg C/t Fe.

A C-os redukciónál mindegy, hogy a kiinduló érc magnetit, vagy hematit, a magnetit érceket, tehát nem kell előzőleg hematittá pörkölni.

Nagy termelékenység és gyors redukció elérésére a redukciót elég magas hőmérsékleten — 1100 °C-



14. ábra. A vasszivacs gyártás munkamenete



15. ábra. A retortás vasszivacs gyártás vázlata

on — kell végezni és az endoterm folyamat hőszükségletét is ezen a hőmérsékleten kell közölni. Ha sikerül a redukció hőmérsékletét csökkenteni, ez lényeges tüzelőanyag-megtakarítást is jelent. Faszénnél a redukció kb. 100 °C-kal alacsonyabb hőmérsékleten következik be és aktiváló anyagok jelenlétében (pl. K_2CO_3, $Na\,NO_5$) még tovább, 900—950 °C-ra csökken a fémvas képződési reakció hőmérséklete. A hőszükséglet ilyenkor 1 t 95% Fe tartalmú vasszivacsra hőveszteség nélkül 2 500 000 cal/t, míg 1100 °C-os redukciónál 3 800 000 cal/t vasszivacs.

A hőszükséglet fedezése nem történhet CO_2-t tartalmazó füstgázokban, tehát vagy külső fűtést kell alkalmazni a kokszoló kemencéknél használatos vertikális retortákhoz hasonlóan, vagy pedig forró inert gázzal, pl. előmelegített nitrogénnel kell a hőmennyiséget a rendszerrel közölni. A nitrogén léghevítőkben melegíthető fel pl. 1300 °C-ra, és ezzel a forró gázzal, akár aknáskemencében, akár a Hyl-eljáráshoz hasonlóan nagyméretű üstökben, vagy forgókemencékben lehet az érc-szén keveréket a redukció hőmérsékletére hevíteni. A szükséges N_2 kb. 5500—6000 N_2/t vasszivacs.

Az érc + szén + aktiváló anyag keverékét a szoros érintkezés biztosítására brikettezni, vagy pelletezni kell. Aknáskemencében az összetapadás elkerülésére célszerű a brikettek közé kokszdarát is keverni, mely a redukcióban nem vesz részt és ismételten visszaadagolható.

Az eljárás munkamenete és berendezése rendkívül egyszerű *(14. ábra)*

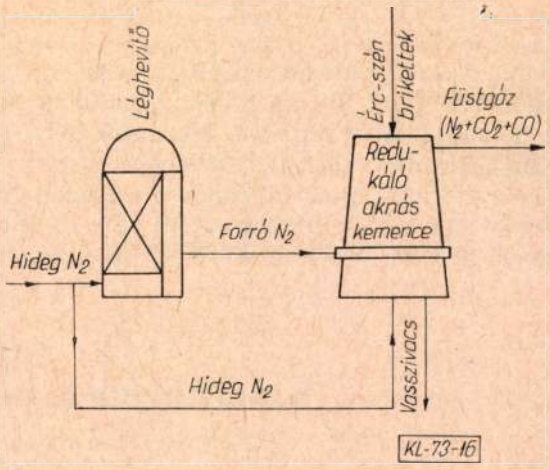
1. a nyersanyagok összeőrlése 1 mm szemnagyságra és keverése a redukáló szénnel.

2. a brikettezés kb. 20 mm ∅-jű darabokká,

3. redukálás pl. aknáskemencében, vagy üstökben, vagy forgókemencében,

4. vasszivacs és kokszdara szétválasztása rostálással,

5. a vasszivacs koptatása, az esetleg hozzásült koksztól.



16. ábra. Vasszivacs gyártás aknáskemencében előmelegített nitrogénnel

Forró nitrogénnel való fűtés esetén, a távozó gáz csak kevés CO-t tartalmaz, nem hasznosítható, a szabadba engedhető.

Az eljárást 0,44 m³ térfogatú, külső fűtésű retortában kísérleteztük ki. Az elért redukciós fok 90—95%, a teljesítmény 5—6 t/m³ 24 óra volt. A kokszpor redukáló szerrel termelt vasszivacs összetétele:

Össz Fe	83,40%
Fém Fe	82,37%
C	1,44%
S	0,092%
SiO_2	9,14%
Al_2O_3	3,06%

A retortás eljárás egyik lehető kiviteli vázlatát a *15. ábra* mutatja. N_2-befúvásos aknáskemencés megoldást mutat a *16. ábra.*

Aknás kemencében, ahol jobb a hőátadás kb. 10 t/m³ volna elérhető.

Összefoglalás

Derivatográfiás (termikus analízis) mérések azt mutatják, hogy a vasoxidok oxigénlebontása lépcsőzetesen, az összes lehetséges oxidfokozaton keresztül megy végbe. A redukció mechanizmus minden redukáló szernél ugyanaz. A fémvas mindig a legalacsonyabb oxidból, a wüsztitből képződik, akár hematit, akár magnetit volt a kiinduló anyag. A CO kezdi legkisebb hőmérsékleten 290 °C-on redukálni a hematitot, a hidrogén 350 °C-on és a szilárd C 680 °C-on. A wüsztit redukciója fémvassá CO-val 380 °C-on H_2-vel 390 °C-on kezdődik. C-nal a fémképződés 900 °C felett lassan indul, de 1150 °C-on már 8-szor gyorsabban redukál, mint a CO és 2,5-szer gyorsabban, mint a hidrogén. Az $FeO + C = Fe + CO$ reakció inert atmoszférában (Ar, N_2) is tökéletesen végbemegy.

Ezekből a kinetikai adatokból következik, hogy a vasszivacs-gyártás 1100—1200 °C-on végzett C-os redukcióval lehet a leggyorsabb, legtermelékenyebb. A C-os redukció hőmérsékletét aktiváló anyagokkal (K_2CO_3, $NaNO_3$) le lehet szállítani

900—950 °C-ra. Az érc-szén keveréknél, melyet célszerűen brikettek, vagy pelletek formájában adagolnak a redukáló kemencébe, a termelékenység csupán attól függ, milyen gyorsan sikerül az anyagot felmelegíteni a redukció hőmérsékletére, CO_2 és H_2O tartalmú füstgázok jelenléte nélkül.

Labotatóriumi retortás kemencében félórás áthaladást is meg lehetett valósítani 95%-os redukciós fok mellett. Kisüzemi külső fűtésű 0,44 m^3-es retortában 5 órás áthaladásnál 6 t/m^3 retortatérfogat termelékenységet értünk el. A hőközlés jobb hatásfokkal oldható meg aknáskemencében, pl. úgy, hogy 1200 °C-ra felmelegített N_2-t fújtatunk át az anyagoszlopon. Ebben az esetben kb. 10 t/m^3 nap teljesítményre lehet számítani. A N_2-vel való hőközlés alkalmazható forgókemencében is. A nitrogén léghevítőkben ma már akár 1300—1400 °C-ra is előmelegíthető.

Számítógépek hengerművi alkalmazása

Dr. LŐRINCZ OSZKÁR okl. kohómérnök, gazdasági mérnök
Ózdi Kohászati Üzemek

DK.:621.771.06:681.322

A szerző a hengerművek automatizálásában szerepet játszó számítógép jelentőségét, alkalmazásának formáit és lehetőségeit tárgyalja. Az automatizálás fejlődési fokozatainak áttekintése után a hazai hengerművek műszaki adottságait figyelembe vevő automatizálás néhány fontos feladatával foglalkozik.

A számítógépek hengerműi alkalmazásának jelentősebb hazai eredményeiről ma még nem számolhatunk be. A kohászati alkalmazásról is mérsékelten, miután csupán Lenin Kohászati Művek rendelkezik egy BULL G. 115 géppel és a Csepeli Tröszt egy ELLIOTT 4130 és egy ICL 4-52 géppel. Ezek a vállalatok is a korábbi Hollerith-feladatok ellátása utáni időszak komolyabb felfejlesztésének korát élik [1].

Csepeli Tröszt a számítógépén 70%-ban Hollerith feladatokat lát el [1].

Az Ózdi Kohászati Üzemek és a Dunai Vasmű a gépbeszerzés előkészítési tevékenysége során számos feladatot végzett el külső intézmények és intézetek közreműködésével, kialakulóban van az LKM-nél egy átfogó számítógépi koncepció folyamatszabályozási feladatokra és a jelenleginél lényegesen nagyobb terjedelmű ügyviteli feldolgozásra. Úgy tűnik, jelenleg a Dunai Vasmű áll a legközelebb a számítógép beszerzéséhez és az elképzelése szerinti alkalmazáshoz.

A számítógépek száma az élenjáró országok kohászatában az utóbbi években rohamosan növekszik. A növekedés az LD-konverterek és a hengerművek folyamatszabályozási feladatainál figyelhető meg, valamint vállalati ügyviteli és termelésirányítási feladatoknál.

Azok az eredmények, amelyek a számítástechnika kohászati, ezen belül hengerműi alkalmazásáról adnak számot olyanok, hogy be kell látnunk, nem múló divatról van szó, hanem olyan szükségszerűségről, amely elől egyetlen országnak és egyetlen iparágnak vagy vállalatnak sem lehet kitérnie.

A számítógépek számának növekedése és a fejlődést befolyásoló körülmények

Napjainkban több, mint 100 000 számítógép üzemel világszerte és a statisztikai adatok vizsgálatából kiderül, hogy a számítógépek száma kb. kétévenként megduplázódik [2].

A hat legnagyobb számítógépparkkal rendelkező ország 1971—72. évi fejlődését mutatja be az *1. táblázat* [3], a hazai számítógéppark növekedését pedig a *2. táblázat*, amelyhez meg kell jegyezni, hogy 1975-ben várhatóan 400 lesz a gépek száma [19].

1. táblázat

A jelentősebb számítógépparkkal rendelkező országok számítógépeinek száma, ill. növekedése

Ország	1971	1972	Növekedés %
USA	64 000	83 500	30,5
NSZK	7 084	9 186	29,7
Japán	6 718	8 695	29,4
Egyesült Királyság	5 350	6 347	18,6
Franciaország	5 300	7 122	34,4
Szovjetunió	4 000	7 000	75,0

2. táblázat

A hazai számítógéppark száma és növekedés

Év	1967	1968	1969	1970	1971
Gépek száma	48	65	86	120	161
Növekedés, %	—	35,9	32,3	39,5	34,2

A számítógép rohamos elterjedése még nem indokolja egymagában a kérdéssel való egyre behatóbb foglalkozást. Indokolják azok az előnyök, amelyek alkalmazásuk révén bekövetkeznek, annak ellenére, hogy az előnyök számszerűsíthetőségével, így egyértelmű kimutathatóságával még problémák mutatkoznak. Megjegyezzük, hogy sok szélsőséges nézet alakult ki a számítógépek vállalati alkalmazásával kapcsolatban, és olyan vélemények is olvashatók, mint [4] — idézzük:

„. . . egyes számítógépipari szakértők véleménye szerint a számítógép a szervezett vállalatok 90%-ánál csalódást okozott. Ez a szám valószínűleg túlzott, de a vállalatok legalább 40—50%-a elvesztette illúzióit és talán 10 vagy 20%-a őszintén katasztrófának tekinti számítógépparkját."

A számítógépfelhasználás olyan sok területre terjed ki és a velük szemben támasztott igények oly mértékben differenciálódtak, hogy az egységes értékelés szempontjainak kialakítását e körülmény majdnem lehetetlenné teszi. A számítógép gazdaságosságát vizsgálni olyan esetekben, amikor a probléma nélküle nem oldható meg (pl. rakétatechnika), nyilvánvalóan értelmetlen, ugyanakkor a vállalati alkalmazások során a gazdagásosság kérdése a legfontosabb szempont, amitől nem lehet eltekinteni. Más dolog az, hogy ezekre a kérdésekre sem tudnak az alkalmazók ma még világos és egyértelmű választ adni.

Problémát jelent az is, hogy a legtöbb vállalatnál a számítógép nem kapja meg azt a folyamatos figyelmet a vállalatvezetéstől, mint amelyet a beruházás nagysága és annak potenciális előnyei indokolnak. Nemrégiben egy felmérésből, amelyben 2500 USA-beli vezetőt kérdeztek meg, kiderült, hogy a számítógéppel elérendő célokat nem a vállalatvezetés, hanem a technikusok állapították meg. A felmérők ebből azt a következtetést vonták le, hogy ez volt a fő oka annak, amiért annyi vállalat vallott kudarcot számítógép-rendszereik igazi előnyeinek kihasználásában [5].

A hengerművek ma az ipar egyik legnagyobb termelési értéket előállító, legnagyobb állóeszközállományú üzemei közé tartoznak. A világ hengerműveinek termelési értéke ma 50—60 milliárd $/év. A föld minden lakosára kb. 15 $, a fejlett országok lakosaira 55—65 $ értékű hengereltáru jut évente [6].

A hengerművek fejlődésében világosan végigvonul az a törekvés, hogy a hengerelt termék automatikus továbbítása a technológiai folyamatban biztosított legyen. Ez a körülmény számos hengermű-szabályozás és vezérlési probléma felmerüléséhez vezetett és indokolja a számítógépes folyamatszabályozás kifejlesztését és alkalmazását, minthogy az automatizálás a számítógépes szabályozás és irányítás alapja.

A hengereltáru-termelés lefolyása azonban nem csupán műszaki feladat. Gazdasági és piaci (üzletpolitikai) vonatkozásainak jelentősége semmivel sem marad el az előbbi mellett.

A jelenlegi körülmények között, amikor a piaci viszonyok oly széles hatókörrel érvényesülnek, amikor a gazdasági szabályozás kívánalmai a vállalati és az állami érdek összeegyeztetése bonyolult viszonyokat teremt, a termelésirányítás és a vezetés tökéletesítésének hagyományos módszerei már nem biztosítanak optimális megoldásokat.

A hengerműi automatizálás és a kutatás meglevő eredményei tulajdonképpen az alábbi területeken nyernek felhasználást:

— korszerű hengerművek tervezésében,
— rekonstrukcióknál,
— korszerű hengerművek működésének tökéletesítése területén,
— régi telepítésű hengerművek munkájának megjavításában a mechanizálás és automatizálás útján,
— a termelési folyamatok irányításában.

A feladat jelentősége és a munka bonyolultsága ezeken a területeken különböző mértékű, a kitűzött cél elérése jellegében más-más feladatok megoldását jelenti, a ráfordítások és az elért eredmények viszonya is különböző lesz.

A tervezőintézetben korszerű hengerművek tervezésekor nem csupán a már ismert automatikaelemeket, szabályozó eszközöket és elveket alkalmazzák új hengerművek kialakításához, hanem a legfrissebb tudományos eredmények által felszínre hozott legkorszerűbb ismereteket hasznosítják és olyan eddig el nem ért műszaki-gazdasági paramétereket tűznek ki elérendő célul, amelyek révén gyakran ugrásszerű fejlődést érnek el.

Üzemekben az újabb építésű hengerművek munkájának tökéletesítése során legtöbbször a szűk keresztmetszeti helyek feloldását tűzik ki célul és a már másutt sikerrel alkalmazott módszereket adaptálják saját viszonyaikra.

Régi hengerművekben a technológiát alapvetően változatlanul hagyó olyan mechanizálást, automatizálást valósítanak meg legtöbbször, ami révén az üzem munkájának eredménye gyökeresen megjavul. Ezzel a konstrukció és a telepítés kereteit túllépő eredmények nem érhetők el, ezért ez esetben pl. a számítógépes folyamatirányítás megvalósítása irreális célkitűzés lenne. Nem jelenti azonban ez azt, hogy a számítógépi alkalmazás ugyanakkor ilyen hengerművekben semmi más feladatra sem jöhet szóba.

A számítógépek alkalmazásának célkitüzései

A teljesség igénye nélkül az automatizálás és a számítógép alkalmazásának legfontosabb célkitűzései a következőkben jelölhetők meg:

— a termelés gazdaságosságának javítása (anyagfelhasználás és üzemidő kihasználás javítása, selejt csökkentése),
— a termelékenység növelése (létszámcsökkenés, termelés mennyiségi növelése),
— a munkafeltételek javítása,
— egyenletes termékminőség és szűk mérettűrés biztosítása,
— kézi vezérléssel már nem irányítható hengerlési módszerek megvalósítása,
— a termelési folyamatok összehangolása szabályozás és vezérlés útján,
— a termelési folyamat áttekinthetőbbé tétele, a beavatkozások hatékonyságának javítása, a vezetés információkészleteinek bővítése,
— a termelésirányítás tökéletesítése,
— a vezetés hatékonyságának növelése stb.

E célkitűzések az alábbi feladatok összességének jól átgondolt megoldását jelentenék [9]:

— A fő- és segédüzemi termelőberendezés (kemence, sorvonó motor, görgősorok, repülőolló stb.) automatikus
  — vezérlése (nyílt hatáslánc) és szabályozása (zárt hatáslánc),
— a technológiai részfolyamatok
  — vezérlése és szabályozása,
— a teljes gyártási lánc folyamatszabályozása
— a termelésirányítás és az ellenőrzés információrendszerének
  — vezérlése és szabályozása.

A számítógépek ipari alkalmazási körét a következők szerint csoportosíthatjuk:

1. folyamatszabályozás és irányítás, ezen belül
— részfolyamat,
— teljes gyártási folyamat;
2. termelésirányítás
— egymással összefüggő több üzem együttes irányítása a rendelés beérkezésétől a teljesítéséig,
— üzemen belüli termelésirányítás;
3. igazgatás (döntési rendszer) és ügyviteli feldolgozás
— termelésirányításhoz kapcsolódó adatokkal,
— termelésirányítás adatai és egyéb kiegészítő adatok,
— csak ügyvitel céljára gyűjtött adatok.
4. Operációkutatás, műszaki-gazdasági elemzés és tudományos számítás.

Speciálisan a hengerművek szempontjából alkalmazható módszer sok mindentől függ, alapvetően azonban csoportosítható az alkalmazás aszerint, hogy
— új és korszerű hengerműről, vagy
— régi hengerműről van-e szó.

Új és korszerű hengerművekben a folyamatirányítás az egyik legfontosabb feladat, aminek a magyarázata abban van, hogy a technikai adottságok legteljesebb kihasználását ez teszi lehetővé (különösen nagy sebességek esetén a szabályozási és vezérlési problémák kézbentartása miatt). A termelésirányítás és az ügyviteli feldolgozás alapjait egy ilyen rendszer eleve megteremti.

Régi termelőberendezésekben — különösen, ha a technológiai folyamatok gépesítettsége nem kellően megoldott — esetleg csak részfolyamatszabályozásokról lehet szó (blokksori állítócsavar, manipulációs berendezés stb.).

Amennyiben széles a termelőberendezés termékválasztéka, ilyen esetben a termelésirányítási és programozási feladatok lehetnek döntőek, miután ezek megoldása útján a termelőberendezések műszaki kapacitáshatárai egyre inkább megközelíthetőbbé válnak. Jelentős tartalékokat lehet ezen az úton feltárni. A technológia színvonalától függetlenül az ügyviteli és döntéselőkészítési feladat ebben az esetben is ugyanolyan fontos marad, mint az egyéb esetekben.

A hengerlés rendszerint a vertikális kohászati üzem utolsó fázisa, így ennek eredményében testesül meg a vállalat egészének működése. A hengerművet megelőző üzemek munkája a hengermű programjára épül, ezért ezeknek az üzemeknek — legalábbis az acélműig bezárólag (szolgáltató és kiszolgáló üzemeknek is) — szoros gyártás-programozási kapcsolata van. Munkájának optimális irányításához a teljes műre vonatkozó lényeges adatokra és információkra van szükség, ezért a fejlődés egyre inkább a teljes vállalat komplex automatizálásának irányába mutat. Ezt a szintet csak fokozatosan lehet elérni, s a megközelítés útjára vonatkozóan általános sémákat adni nem lehet.

A megközelítés konkrét útja és módja a vállalat mindenkori
— termelőüzemeinek automatizáltsági mértékétől,
— a termelésirányítási feladatok bonyolultságától és ebből eredően,
— a vezetési és irányítási feladatok összetettségétől, a vállalat szervezettségétől függően,
— a döntési igények mértékétől, s végül
— az anyagi lehetőségektől függ.

Amikor a számítógépek üzemi alkalmazásának részleteivel foglalkozunk, érdemes megemlíteni azt, hogy a számítógépeket ma még az Egyesült Államokban is 85%-ban adminisztratív munkák, 10%-ban irányítási jellegű munkák megoldásához használják, míg döntési jellegű feladatokra az alkalmazása jóformán alig fordul elő [10].

Emellett megállapítható, hogy a kohászati alkalmazásuk száma más iparágakéhoz képest jelentős, hiszen az amerikai kohászatban 1969. évi adatok szerint kb. 3000, az európai kohászatban többszáz számítógép dolgozik [11].

A számítógépek kohászati alkalmazásával kapcsolatos cikkek olvasásánál általában legtöbbször
— konkrét alkalmazási példákkal találkozunk, vagy arról írnak, hogy
— milyeneknek kell lenniük a számítógépeknek, amelyeket valamilyen meghatározott feladatra telepítenek és milyen legyen (ha több gép is van) a gépek hierarchikus tagozódása.

Sokkal inkább úgy merül fel a kérdés — legalábbis nálunk —, hogy egy kohászati vállalat mikor jut abba a helyzetbe, hogy a számítógépre égetően szüksége van, különben észrevehető hátrányba kerül az ilyeneket alkalmazókkal szemben, illetve az adott termelőberendezések műszaki paraméterei által nyújtott lehetőség kihasználása, vagy termelési folyamatok optimális lefolyása nem biztosítható ennek hiányában.

Hogyan és milyen módon dönthető el, mikor jön el az ideje a gépbeszerzésnek és főképpen milyen feladatra?

Erre a kérdésre csak helyzetelemzés alapján lehet válaszolni. A helyzetelemzésnek műszaki-gazdasági tartalmúnak kell lennie.

Egy magyarországi kérdőíves felmérés szerint [3] a számítógép alkalmazása során presztízs szempontoknak a megkérdezettek 20%-a tulajdonított jelentőséget. Ugyanezen felmérés során az információ minőségének, mennyiségének, az integrált információrendszer előkészítésének, létszámcsökkentési törekvéseknek tulajdonítottak jelentőséget. A termelékenység, gazdaságosság és hasonló lényeges kérdésekre nem is irányult a figyelem. Ezekből arra lehet következtetni, hogy erőteljesen befolyásolja a számítógépek alkalmazásának megítélésekor hazánkban is a szakembereket az az egyre erősödő vélemény, hogy nem szabad a gazdaságosságot egyedüli vagy kizárólagos szempontnak tekinteni. Az információk minősége, mennyisége a jobb döntésnek legalább akkora jelentőséget tulajdonítanak. Ezeknek valóban nagy a jelentőségük, de az ilyen fogalmak hangoztatása azonban arra is jó, hogy elirányítsa a figyelmet a leglényegesebbről, a gazdaságosságról, minthogy a gazdaságosság mérhető és számonkérhető, az előbbiek kevésbé.

A számítógép alkalmazásának gazdaságossági vizsgálata nem nélkülözhető az ipari telepítésnél.

A számítógépek hengerműi alkalmazásában komplexitást elérni anélkül nem lehet, hogy a vertikális gyár más üzemei ne lennének a számítógépi fel-

dolgozásba bekapcsolva, a folyamatirányítás feladatkörét kivéve. Hengermű vagy hengerművek termelésirányítási feladatkörét nem lehet célszerűen automatizálni a kapcsolódó üzemek (pl. az acélmű programozása) nélkül. Amennyiben a termelésirányítás feladata automatizálásra kerül, az eközben feldolgozott adatokat célszerű más célra is felhasználni, ami elvezet az adatfeldolgozások, sőt a műszaki-közgazdasági számítások és a döntéselőkészítések elvégzéséhez.

Számítógépeknek csupán hengerműi alkalmazása tiszta formában a mi üzemi méreteink mellett csak mint folyamatszabályozás tárgyalható. Minden más esetben szükségszerűen bekapcsolódik a vállalat többi üzeme, illetve funkciója is.

Más oldalról vizsgálva a kérdést azt mondhatjuk, hogy amennyiben bármilyen ok miatt nincs folyamatszabályozásra lehetőség, a kapcsolódó üzemekkel együttműködő korszerű irányításra és adatfeldolgozásra változatlanul szükség van, eltérés csupán annyi, amennyi eltérést az adatok pontossága és megbízhatósága okoz, abból eredően, hogy az adatok születése nem a folyamatirányítás számítógépi adataiból származik. Maga a rendszer lehet ugyanolyan tökéletes.

A vezérlés és szabályozás módszereinek fejlődése

Ha feltesszük a kérdést, mi a feltétele annak, hogy hengerműi automatizálást megvalósítsunk a folyamatszabályozásban, akkor vizsgálni kell, hogy részfolyamat vagy teljes folyamat automatizálását kell-e megvalósítani. A részfolyamatnál vizsgálni kell, hogy a teljes rendszer működésének szempontjából döntő feladatot kell-e automatizálni és ezen automatizálás milyen szintjét kell megvalósítani. Kiindulásnak a kézi irányítás feladatait és eszközeit kell vennünk.

A kézi irányításra az *1. ábra* jellemző.

Még legmodernebb hengerműben is fellelhető a kézi irányítás. A régi hengerművekben nagyobb számban, az újabbakban esetleg csak néhány ponton. A kézi irányításnak is különböző fokozatai vannak a minden egyes művelet kézi irányításától a csak gombnyomással indítandó vagy befejező folyamatokig bezárólag.

A kézi irányításnak — hasonlóan az automatikus irányításhoz — feltétele, hogy a szabályozott folyamatra vonatkozóan a szabályozást irányító számára legyen

— program (mit és mikor szabályoz). Ismert legyen a szabályozás mértéke, amelynek eszközeként

— mérő berendezések vagy készülékek és olyan

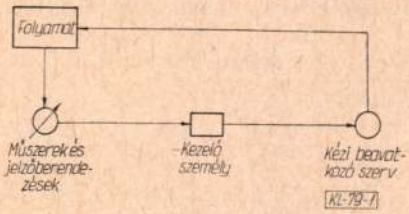
— eszközök álljanak rendelkezésre (pl. villamos szabályozó berendezés, kormány, gomb, kapcsoló stb.), amelyek a folyamatba való beavatkozást lehetővé teszik.

Az automatizálás foka végső soron azt fejezi ki, hogy milyen az összes elvégzendő művelet kézi és automatikus végrehajtásának aránya. Ez az arány azonban még nem utal az automatizálás és a termelőberendezés műszaki színvonalára, mert ugyanazon célt szolgáló automatizálási eszközök is különfélék lehetnek. Ugyanakkor a termelőberendezés konstrukciója is lehet olyan, hogy magán viseli a korszerű elrendezés minden lényeges jegyét, tehát már a termelőberendezés az elrendezés folytán is a technológiai folyamat automatizálásának alapvető feladatait megoldotta (pl. automatikus szálvezetés folytatólagos megoldással vagy átvezetőkkel).

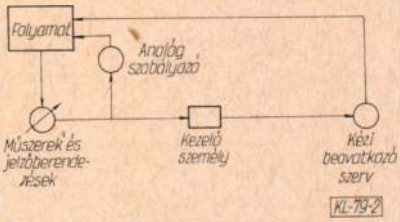
Rendszerként szemlélve a hengerművek működését, a technológiai folyamat lefolyását, egyformán szabályozott a teljesen automatikus irányítás és a teljesen kézi irányítás is.

Különbség a kettő között, illetve a kettő különböző fokozatai között a működőképesség és működőkészség minőségi különbözőségében van, abban, hogy a kézi irányítás korlátozza és behatárolja mind a teljesítmény, mind a gyártmánypontosság, mind pedig a korszerű üzemszervezés és gazdaságosság stb. egymás mellett, egyidőben fennálló követelményeit. A bonyolult rendszereknek (és a hengerműi ilyen) emberek által történő kézi irányítása és összehangolása sohasem mehet oly tökéletesen végbe, mint az automatizált folyamatokban (az automatizálás fogalmát itt az egyes műveletek automatikus elvégzésétől a számítógépes irányításig bezáróan értjük). Ezért az ilyen módon irányított folyamatok a mai színvonalon mérve nem is lehetnek megfelelően korszerűek és gazdaságosak.

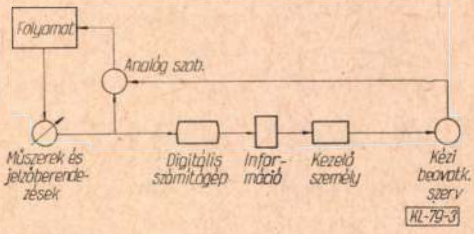
A kézi irányítást kiegészíthetik olyan automatizálási eszközök, részautomatikák, amelyek a kéz irányítás feladatait nagymértékben könnyítik, esetleg ilyen feladat elvégzése alól a kezelőket mentesítik. Utóbbi esetben a kezelők csak alapjelet vagy névleges értéket állítanak be, csupán ellenőrzik a folyamat végrehajtását, esetleg korrekciókat végeznek. Ezt a *2. ábra* szemlélteti (pl. ózdi motollák szabályozása).



1. ábra. Hagyományos szabályozás



2. ábra. Részben automatizált szabályozás



3. ábra. Részben automatizált irányítás számítógéppel támogatva

A műveleti részautomatika ma már szinte minden komolyabb feladat végrehajtásában megtalálható, alkalmazásuk sokféle és szerteágazó, egyedi jellegtől a szabványosig terjed és nem mindig hozhatók közvetlen kapcsolatba a szabályozástechnikával. Ezért ezekkel e helyen nem foglalkozunk.

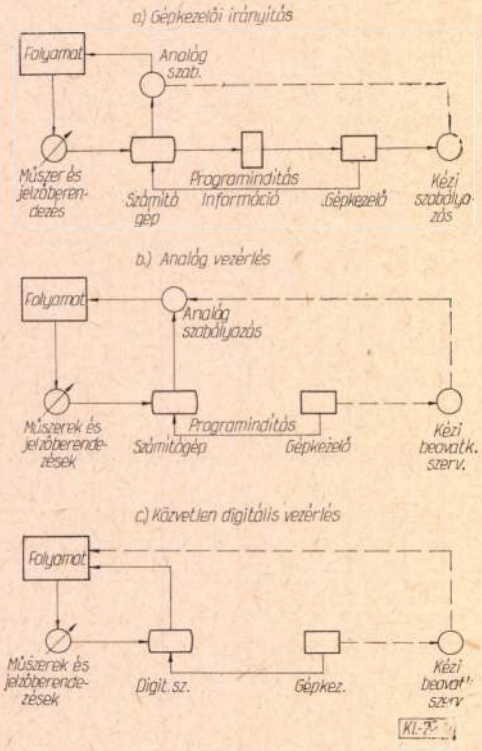
Kiemelkedő jelentőségűek viszont a szabályozástechnika és a munka eredményessége szempontjából a részfolyamatok automatizálásának olyan megoldásai, amelyek a technológiai folyamat részeként a folyamat intenzív és pontos lefolyását támogatják és segítik elő, de amely műveletsorok önállóak a feladatrészek elvégzése szempontjából (eltekintve itt attól, hogy a folyamat egyes műveleteinek befejezése indítja-e a következő műveletet, avagy külső irányítás — pl. program — határozza meg azok egymásutáni sor- és időrendjét).

Ilyenekként említhetők a hengerművekben elsőként alkalmazott automatizálások, mint pl. a kemencék szabályozása, a hajtásszabályozás, az ollók vágásának vezérlése és a darabolás optimalizálása, a hurokszabályozás, csavarállítás stb. Ezekre és a hasonló feladatokra nézve igen sokféle megoldás ismert.

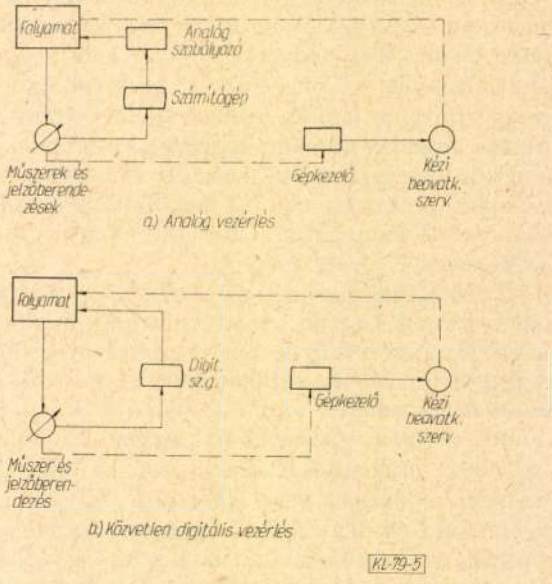
Jelentősek azok a részautomatikák, amelyeknél az irányítói feladatokat számítógépekkel (analóg v. digitális) támogatják. Ilyen megoldás vázlatát mutatja a *3. ábra*. Itt a számítógép az adatokat feldolgozva ad információt vagy utasítást a kézibeavatkozáshoz.

Példaként említhető meg erre a hengerlési nyomaték számítására üzemi viszonyok közepette alkalmas alábbi eljárás, amelyet analóg számítógéppel valósítottak meg [12].

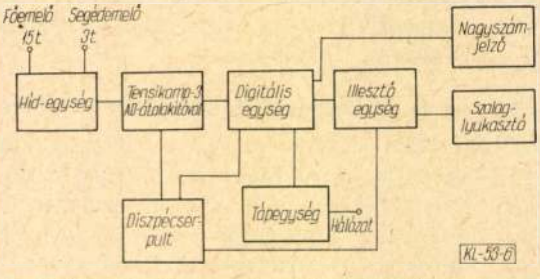
Az eljárás alapja az az ismert módszer, amely szerint a hengersorvonó motor motoráramából, a fordulatszámból és a hasznos mágneses térerősségből számítható a hengerlési nyomaték. Újszerűsége az eljárásnak, hogy a mágneses térerősséget annak a feszültségnek az integrálásával számolja, amely a hengersorvonó motor egyik pólusára helyezett tekercsben indukálódik, miközben a felhalmozódó hibákat meghatározott üzemállapot elérésekor önműködően kiküszöböli.



4. ábra. Fixprogramos programvezérlés



5. ábra. Adaptív számítógépes automatizálás



6. ábra. On-line rendszerű feedward/feedback folyamatszabályozás

A rendszerrel elért pontosság nem rosszabb a mérődobozos mérés adatainál.

A számítógéppel támogatott irányítási folyamatokhoz fixprogramos és adaptív számítógépet lehet felhasználni. Ilyen esetekben a teljes folyamat az automatika-rendszer irányítása alatt áll, a kezelők az irányítást csak szükség szerint veszik át. A fixprogramos programvezérlés vázlatát a *4. ábra* mutatja.

A hengerműi részautomatizálás jelenlegi helyzetére a programvezérlő rendszerek jellemzőek, amelynek a központja nem számítógép, hanem központi vezérlőrendszer és információi lehetnek lyukkártyák, állapotjelző visszacsatlakozó jelek, a kezelő által leadott kézi vezérlési jelek. Ettől fontosabb a fixprogramos számító rendszerek elterjedése. Ebben a rendszerben a hengerlés egyes műveleteire vonatkozó jeleket érzékelők adják, illetve azokat lyukszalagon, lyukkártyán, mágnesdobon, ferrittárolóban gyűjtik. Alapját a technológiai utasítás és az átlagos üzemi feltételre alapozott gyártási folyamat képezi. Hátránya, hogy kiinduló anyagban nagy egyenletességet kíván

(felületi minőségben, darabsúlyban, méretben), ami nem kedvez a rugalmas programirányítás követelményeinek. Az előre nem látható tényezőket nem tudja figyelembe venni. Átmeneti, a magasabb szintű automatizálást előkészítő megoldásnak tekinthető. Jelenleg még a legelterjedtebb megoldások közé tartozik.

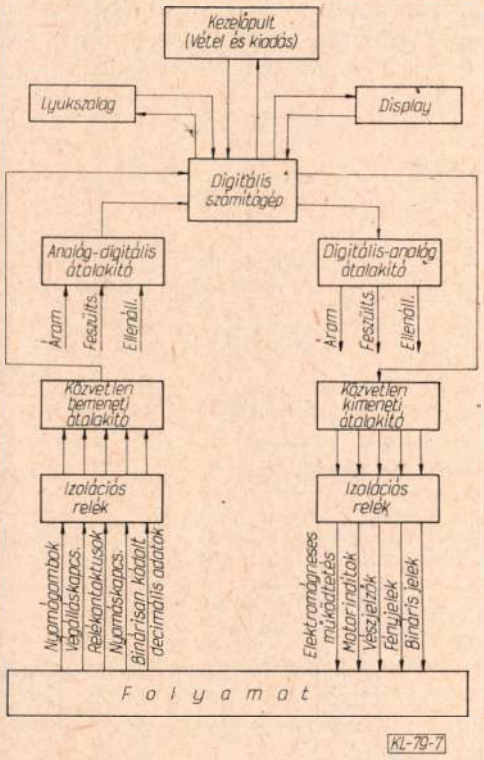
A fixprogramos és adaptív számítógép között számos átmeneti fokozat lehet.

A tisztán adaptív számítógépes irányítás lényege, hogy a szabályozandó berendezéssel on-line van összekapcsolva, nem előre táplált átlagértéket jelentő adatokkal dolgozik, hanem folyamatosan méri a tényleges üzemi paramétereket és az optimális megoldásokra szabályoz. Jellemzője, hogy állandóan javítja, célszerűsíti a folyamat modelljét [6].

Ilyen berendezés alkalmazása esetén a kezelőszemélyzet elvileg csak ellenőrző szakemberekből áll, új adatokat adnak be, vagy korrekciókat végeznek. Az irányításba csak üzemzavar esetén avatkoznak be *(5. ábra)*.

A *6. ábra* a „feedward" rendszerben (bemenő oldali adatok alapján vezérel) dolgozó, matematikai modell alapján működő és a „feedback" rendszerrel (kifutó oldali jellemzők alapján vezérel) kombinált, on-line szabályozású megoldását mutatja.

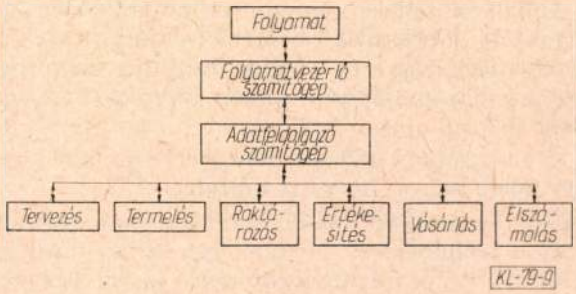
A *7. ábra* egy meleghengermű számítógép folyamatirányító rendszerének elvi felépítését mutatja be.



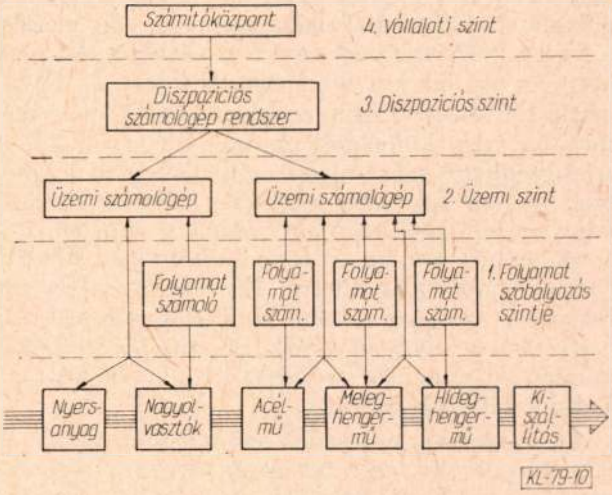
7. ábra. Egy meleghengermű számítógépes folyamatirányításának elvi felépítése



8. ábra. Integrált szabályozás



9. ábra. Komplex automatizálás



10. ábra. Négy szintre kiépített számítógép rendszer elvi elrendezése

A számítógépes szabályozási rendszer telepítésénél viszonylag sokáig tart, amíg a rendszert optimális teljesítményre lehet hozni. Az előkészítő fázist általában a nyitott, of-line rendszerű feldolgozás előkészítés, matematikai modellek készítése, kipróbálása előzi meg.

A zárt rendszerű szabályozás megvalósítása azoknak az adatoknak a felhasználásával veheti kezdetét, amelyeket a számítógép korábban a hengerelt darabok hengerlése során gyűjtött és tárolt. Az optimális hengerlési körülmények biztosításához munka közben igen sok beavatkozásra van szükség, különösen ha nagyszámú minőséget, sokféle terméket kell gyártani, amelyek közül azonos kombináció viszonylag ritkán fordul elő.

Amikor a folyamatszabályozó gép több részfolyamat egybehangolását, vagy az önálló egységek technológiai folyamatát irányítja akkor, integrált irányításról beszélünk *(8. ábra)*.

A hengerműi integrált irányítás lényege abban van, hogy

— egyetlen darab kihengerlését minden ponton az előírt követelményeknek megfelelően hangolja össze és vezérli a számítógép, amellett

— az egymást követő darabok és a teljes gyártás az előírt programnak megfelelően sorrendben, ütemben, teljesítménnyel megy végbe.

Az ilyen módon dolgozó gépek másodlagos, de nagyon fontos funkciója azoknak az adatoknak a gyűjtése és átadása, amelyek az adatfeldolgozás és a termelésirányítás és műszak-elszámolás alapadatát képezik.

Abban az esetben, amikor az integrált irányítás feladatait kiegészítik a termelésirányítás és az adatfeldolgozással, és a teljes irányítás számítógépek munkáján alapszik, akkor *komplex automatizálás* valósul meg *(9. ábra)*.

Ilyen komplex vállalati rendszert 4 szintre kiépített formában a *10. ábra* mutat.

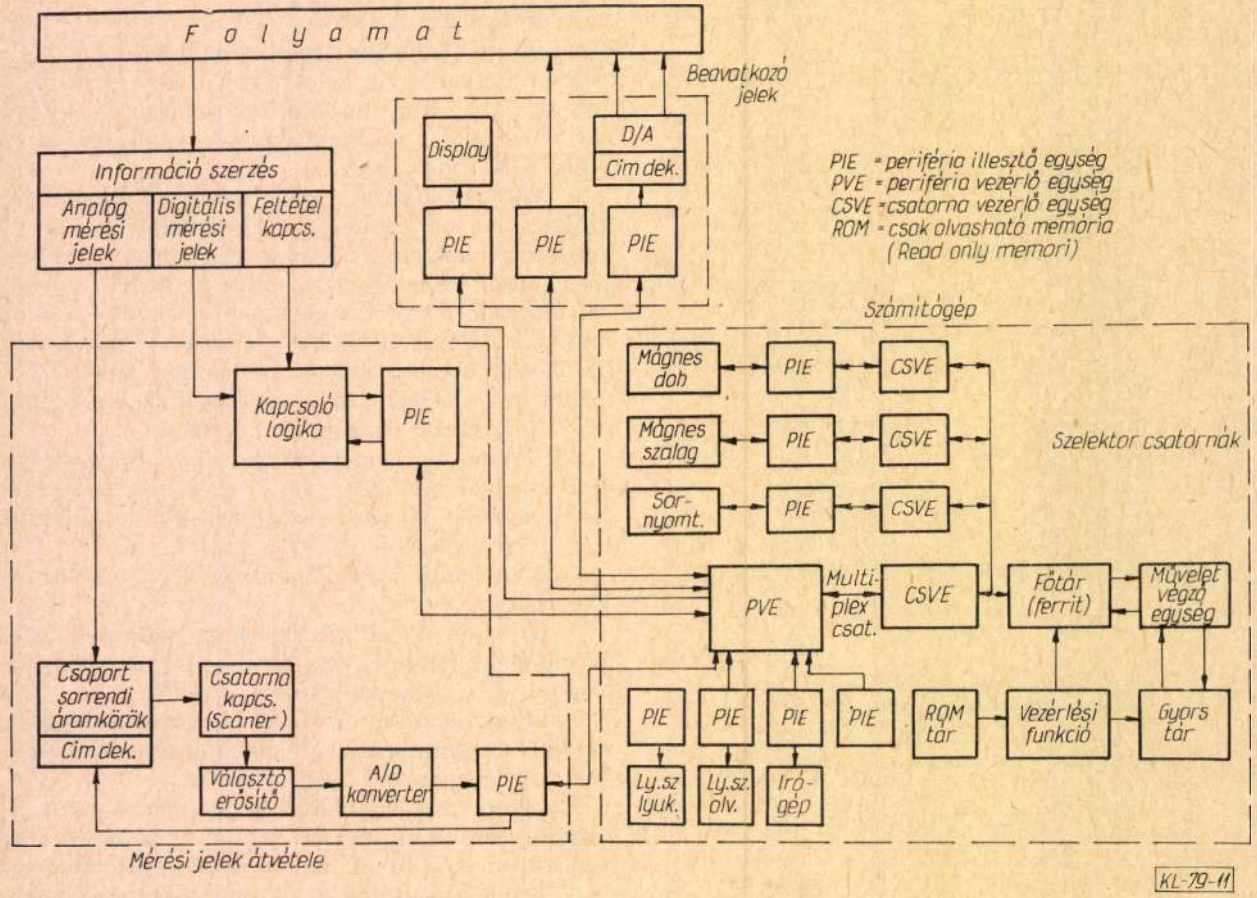
Egy hengerműn belüli komplex automatizálás alatt a technológiai folyamat egy teljes műveletsorát irányító folyamatvezérlést és az egymást követő darabok hengerlésének program szerinti irányítását az ehhez tapadó adatok teljes feldolgozását kell érteni; még pontosabban a hengerlési műveletek folyamatszabályozását és a hengerlési folyamat irányításának együttes végzését. Itt nem lényeges az, hogy a folyamatszabályozó és folyamatirányító számítógép egyetlen gépben ölt-e testet [13], vagy külön folyamatszabályozó és külön adatfeldolgozó számítógép működik együtt, amelyek esetleg egy még nagyobb vállalati tervező vagy számítógéphierarchia valamely szintjén dolgozó gépnek van pl. a termelésirányítási feladat szempontjából alárendelve. Egyébként helyes törekvés az — egyre inkább kifejlődőben is van —, hogy már a folyamatvezérlő számítógép gyűjtsön minden olyan adatot, amellyel a funkciója ellátása során találkozik [13, 14].

A komplex automatizálás során legfontosabb annak felismerése, hogy nem egy hengerművet, hanem egy hengermű termelési rendszert kell automatizálnia. Bármennyire is lényeges a részfolyamatok szabályozása és egybehangolása, ha a rendszer céljaként nem azt látjuk, hogy a teljes folyamat működjön optimálisan, akkor elvész a részfolyamatok szabályozásába és optimalizálásába és ezek egymással való összehangolásába fektetett munka eredménye.

A számítógép alkalmazásának néhány területe és módja

Az eddigiekben áttekintettük az automatizálási fokozatokat. Legjelentősebbeknek azokat a fokozatokat kell tekintenünk, amelyek során a számítógépek bekapcsolódnak. A hengerműi gyakorlatban számos részfeladat megoldása ismert analóg, vagy pedig digitális számítógép alkalmazásával.

A nagyobb hatókörű részfolyamatok automatizálására a digitális számítógépek általában alkalmasabbak. A digitális számítógépi szabályozás vázlatát a *11. ábra* mutatja. Ilyen berendezések alkalmazási területeiből, különösen a reverzáló hengersorokat lehetne kiemelni mint olyanokat, amelyeknél a szabályozandó feladatok sokasága különösen bonyolult megoldásokat kíván (pl. követelmény, hogy a reverzálási idő alatt a hengerállítás fejeződjék be és a beállítás pontossága nagy legyen). Számítógépes szabályozással blokksoron 1 mm, lemezsorokon 0,1—0,005 mm beállítási pontosság elérhető, míg kézi állítással 180 mm/s-on 3—4 mm, 300 mm/sec állítási sebesség mellett 8—10 mm tévedés is előfordul [6]. A reverzáló hengersorok automatizálásának világszintjét olyan szabályozó rendszerek jelentik, amelyek programját számítógépek készítik és azokat lyukkártyán, lyukszalagon



11. ábra. Folyamatirányító számítógép vázlatos felépítése

stb. adják be a programvezérlő berendezésbe. Programtábla segítségével max. 23 szúrásos hengerlési ciklus állítási előírásai adhatók be. A memóriától függően ferritmagos tárolóval 40—60, egyenként 13—23 szúrásos program tárolható [15, 16].

A fixprogramos rendszerek programját pl. szúrástervet, a várt egyenletes anyagminőség hőmérséklet és bemenő méret feltételezésével számítják ki, figyelembe véve az előfeltételekből várható ingadozásokat. Jellemzője, hogy a kézi kormányzáskor kialakult rendszerhez hasonlóan, tapasztalati és matematikai formulák felhasználásával állítják fel a hengerlési műveletsor modelljét, minthogy azonban az alkalmazkodó képessége nem a tényleges helyzet alakulásának függvénye, hanem a már említett előfeltételekből leszármaztatható ingadozások, ez a rendszer akkor is óvatosabb technológiával dolgozik, amikor a hengerelt darab lehetővé tenné az erőteljesebb alakítást és a kisebb szúrásszámot [6].

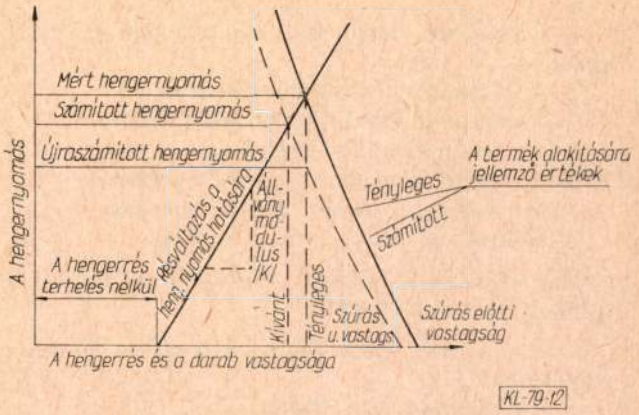
Az egyik korszerű [17] szalaghengerműben adaptív digitális számítógép a hengerlési feladatokat matematikai modell alapján végzi és a hengerelt darabok függvényében tovább javítja a modellt. Egy adott szúráshoz tartozó hengerrést úgy határoz meg, ahogyan ezt a *12. ábra* ábrázolja.

A hengerrést annyival csökkenti, amekkora a növekedés a hengernyomás következtében.

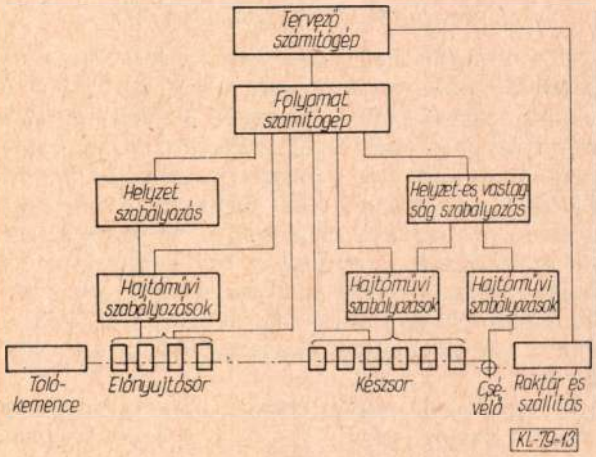
Az ábra jobb oldalán levő görbék a hengerelt termék képlékenyalakváltozását jellemzik, a bal oldalon levő egyenes a hengerrés változását adja meg, az egyenes iránytangense pedig a hengerállvány modulusát. A darab képlékenyalakváltozását leíró görbe és a hengerrés-változást kifejező görbe metszéspontja adja meg a hengerelt darab vastagságát, ekkor az állványt terhelő erő azonos a hengernyomással.

Az integrált irányítási rendszer megvalósítása már olyan összetett feladat megoldását jelenti, amelynél a folyamatirányítás és szabályozás mellett a termelésirányítás hengerműre eső feladatai is és az adatfeldolgozásnak jelentős, a folyamathoz kapcsolódó számadatai gyűjtésre kerülnek és amely adatok a műszaki-gazdasági elemzés számára is jelentős részben biztosítottak. Ugyanakkor elképzelhetően a folyamatirányítás megvalósításának előfeltételeként már rendelkezésre állnak különféle matematikai modellek, operáció kutatások ill. első eredményeink folyamatos továbbfejlesztése folyik. Ezekre utal pl. egy meleg szélesabroncssor — amit a *13. ábra* mutat — alábbi funkcióinak ellátása is [18]:

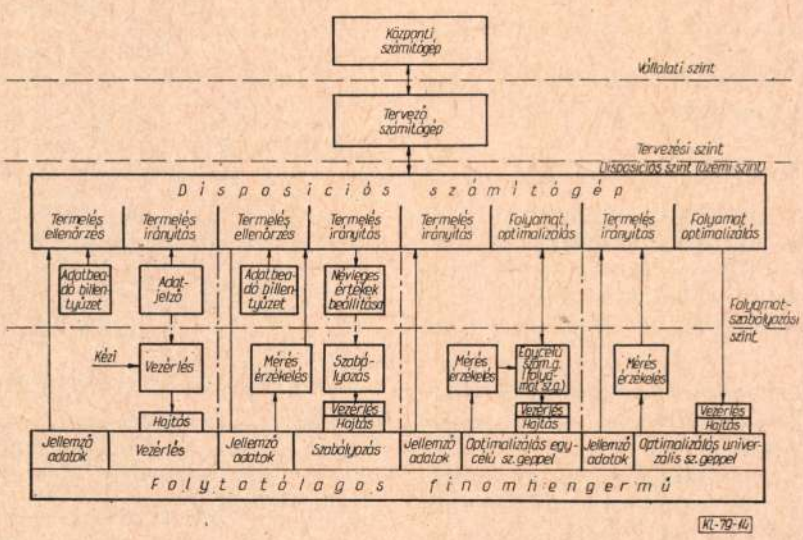
— az anyagfolyás folyamatos követése,
— az abroncs elejének névlegesérték-számítása,
— a vastagság folyamatos szabályozása,



12. ábra. Hengerlési erő — hengerlési diagram



13. ábra. Szélesszalaghengermű folyamatirányítása és szabályozása



14. ábra. Automatizálási hierarchia

— a befejező hengerlési hőmérséklet szabályozása,
— a feltekercselési hőmérséklet és
— a szélesség lehetséges szabályozása,
— az anyagáramlás vezérlése,
— a technológiai munkamenet tervezése,
— a hibás hengerlések átprogramozása,
— a készletek folyamatos kezelése.

Ezen funkciók ellátása feltételezi az alábbi feladatok optimalizálását:

— a hengerelt gyártmány tűrései és minőségi követelményei,
— a hengersor kapacitása,
— a gyártási programok kialakítása,
— a raktárak kezelése és ellenőrzése,
— gazdaságos üzemmenet megvalósítása.

Még teljesebb megoldást jelent a komplex automatizálás, amelyre a *14. ábra* utal [13]. Egy ilyen rendszer megvalósítása nemcsak a teljes termelésirányítást és az adatfeldolgozást tételezi fel, hanem a számítógépi döntési rendszer meglétét és mindazt a sokféle számítástechnikai feladatot, a teljes körű műszaki és gazdasági elemzést, az üregezési feladatok számítógépes megoldásainak kísérleteit és különféle eredményeit is, amelyeknek már jelenleg is oly széles körben tanúi lehetünk a szakirodalom adatai, de személyes tapasztalatszerzések alapján is.

Pl. egy ilyen, csupán üzem és folyamatirányítás szintjén dolgozó géptől (pl. 32 K-s R 4000 típusú) az alábbiakat várják [13]:

— 30% forgóeszköz-megtakarítást,
— 1% effektív hengerlési idő javulást,
— az I. minőségű termékek részarány-növekedését,
— a fajlagos anyagfelhasználás csökkenését (a vágási hosszak 0,03%-os optimalizálása),
— a munka-termelékenység 4%-os növelését.

Külön előnyként veszik számba
— a kezelő személyzet munkájának megkönnyítését,
— az anyagkeveredések csökkentését,
— a minőségi kifogások és a különböző reklamációk csökkentését,
— külön rendelések soron kívüli legyártásának nagyobb lehetőségét,
— gyors adat- és információ-biztosítást és azok elemzési lehetőségét (műszaki és gazdasági vonatkozásban),
— a tervezés és vezetés javítását stb.

A számítógépi célkitűzésekre, valamint az automatizálási fokozatok fejlődése és alkalmazásukkal kapcsolatban elmondottakra tekintettel a kohászati üzemek helyzetét, feladatát, fejlődését és problémáit figyelembe véve, az alábbiakat lehet megfogalmazni:

Új termelőberendezéseknél a számítógépes folyamatszabályozás és folyamatirányítás alkalmazását követelménnyé kell tenni.

A meglevő hengerművek korszerű, jól gépesített és automatizált alapvető technológiai folyamatait meg kell vizsgálni abból a szempontból, hogy integrált jellegű automatizálás kiépítése lehetséges-e. Legalább a súlyponti feladatok részautomatizálását meg kell valósítani.

A régebbi termelő üzemekben, amelyekben a technológiai folyamatok sem teljesen gépesítettek, az egyes, technológiai szempontból súlyponti berendezéseket kell automatizálni.

A sokrétű programozási, termelési és irányítási feladatok gépesítettségét az üzem korszerűségére való tekintet nélkül célul lehet kitűzni.

A sokirányú műszaki-gazdasági elemzésekre úgyszólván mindenütt lehetőség van, ennek terjedelme az anyagi eszközök nagyságától függ. Egy hazai tanulmány szerint [6] a kohászati üzemek hengerművei automatizálásának költsége 2 éven belül megtérül. E megállapítás egyébként jól egyezik azokkal a közleményekkel, amelyeket a nemzetközi irodalom alapján a tanulmány feldolgozott.

Összefoglalás

A számítógép hengerműi alkalmazásával kapcsolatosan egy cikk keretében csak vázolni lehet azokat a feladatokat, amelyekre a számítástechnika és az alkalmazástechnika jelenlegi fejlettségi szintjén már komolyan lehet hazánkban is gondolni.

E cikk keretében az automatizálás világszerte fennálló problémáival és az automatizálás fejlődési fokozatainak bemutatásával foglalkoztunk. Ma már tehető olyan megállapítás, hogy a jelenlegi helyzetben mind a részfeladatokkal, mind a teljesebb és nagyobb feladatokat megoldó automatizálással egyaránt lehet eredményesen foglalkozni, ha helyesen ismerjük fel a súlyponti feladatot. A számítástechnikai eszközök sokfélesége és beszerzési lehetőségei ma már minden nagyobb vállalat számára lehetővé teszi a vállalat anyagi erőihez mért alkalmazást, ha az adottsággal és a lehetőséggel kellően élnek a szakembereink.

IRODALOM

[1] *Víg György—dr. Wéber Mihály:* Termelésirányítási rendszerek szervezése a Csepel Művekben. Információ Elektronika, 1972. 3. szám.
[2] *Csáki Frigyes:* Vizsgálódások a számítástechnika köréből. Automatizálás, 1971/10.
[3] *Dr. Komonyi Zoltán:* A hatékony számítógépesítés néhány feltétele vállalatainknál. Ipargazdasági Szemle, 1972. 4. sz.
[4] *Smith, D.:* Behind the glamour. The Economist, February 27. 1971. VII—XXVII. old.
[5] Computers in Metalworking. Canadian Metalworking, 33. köt. 1. sz. füzet. 13—20. oldal.
[6] OMFB Tanulmány: Az automatizálás magyarországi alkalmazása. Budapest, 1969. május hó.
[7] *Dr. Korán Imre:* A vas- és acélipar fejlődésének általános irányzatai. Kohászat. 1970. 3. szám.
[8] *Karl—Heinz Skarupke:* Gesichtspunkte der technologischen Arbeit in den Walzwerken der DDR Neue Hütte, 1970. Nr. 2. 75. old.
[9] *Lőrincz Oszkár:* Proizvodityelnoszti prokátnüh sztánov sz pomoscsu EVM. Zaporozse, 1971. szeptember.
[10] *Rochebrunne, R.:* Les Dossiers de l'Entreprise, 1970. szept. 22.
[11] ÓKÜ Számítógépes koncepcióterv.
[12] *Heidepriem, J., Thielecke, F.:* Walzmomentmessung über Analogrechner. Stahl und Eisen, 1967. november 24. sz. 1482—1488. old.
[13] *Jürgen Habeck:* Prozessrechnereinsatz im kontinuierlich gesteuerten Feinstahlwalzwerk. Neue Hütte, 1972. március 3. szám.

[14] *Massey, R. G.:* Quality control-computer development et Spencer Works. Iron and Steel, 1966. okt. 11. 491—495. o.

[15] *Herwig von Hye—Fegerl Sepp-Rheinheusen:* Planung einer programmgesteuerten Blockstrasse mit Automatische Walzablans. Stahl und Eisen, 1963. 9. szám, 489. old.

[16] *Von Max Hoppichler in Peine:* Erfahrungen mit einer wollprogrammierten Blockstrasse. Stahl und Eisen, 1966. 25. szám, 1668. old.

[17] *Smith, A. W.:* Control Computer Teaches Itself To Roll Metals. Blast Furnace and Steel Plant. 58. évf. 1970. júl. 7. füzet, 484—488. old.

[18] *Fiebig:* Integrierte Automatisierung eines Walzwerkes. Stahl und Eisen, 1964. 4. sz. 160—165. o.

[19] *Harsányi—Pál:* A hazai számítástechnika helyzete és a fejlődés irányai. Automatizálás, 1972. 4. szám. KGM—MTTI, Budapest.

[20] Zastosowanie techniki cyfrowej do automatyzacji i organizacji pracy w walcownictwie, Wiadomosci Hutnicze 1966. május 5. 22. évf. 151—154. old.

Berendezés a villamos vezetőképesség folyamatos mérésére*

HARALD A. KOCH—BERNHARD QUATEMBER

Bécsi Műszaki Egyetem, Alkalmazott Fizika Intézet Ausztria

DK: 621.317.33:537.721.728

A termikusan aktivált folyamatok vizsgálatára, a villamos vezetőképesség mérésére új elrendezést dolgoztak ki, amely négyszögletes váltóáramot használ és amely messzemenően kiküszöböli a különféle zavaró jelek hatását.

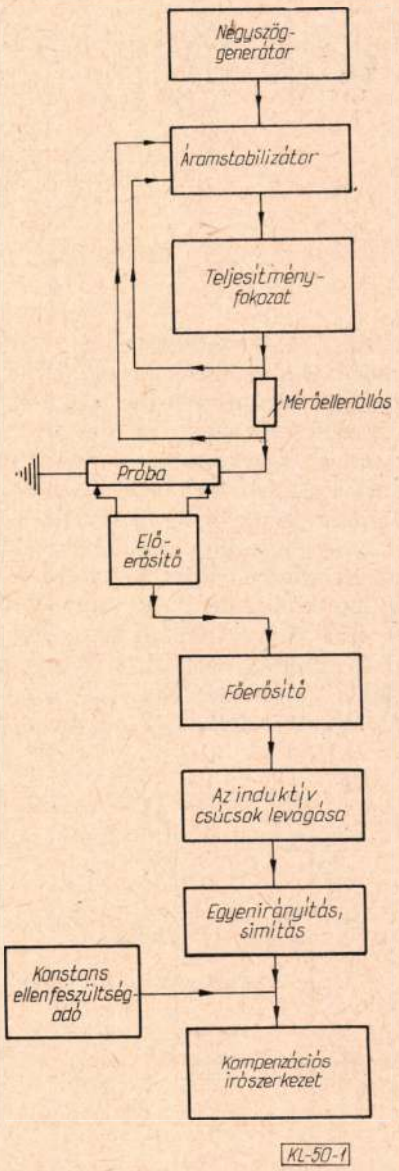
A villamos vezetőképesség mérése az egyik legjobb módszer például a könnyűfémötvözetek termikusan aktivált folyamatainak kutatásában [1, 2]. Különösen fontos itt a homogenizálódás és a kiválások keletkezésének vizsgálata, mert közvetlen technológiai érdeklődésre tarthatnak számot.

Eddig általában az volt a szokás, hogy a villamos vezetőképességet rövid ideig tartó, egyedi mérésekkel határozták meg; többnyire közönséges, vagy annál kisebb hőmérsékleten. A módszer az izzítás vagy hevertetés egyes időpontjaiban adta meg a vezetőképesség értékét. Főként a kiválások keletkezésének kezdeti, gyorsan végbemenő szakaszaiban azonban csak a folyamatos mérés jelent megoldást, mégpedig az izzítás hőmérsékletén levő próbán.

A következőkben a Bécsi Műszaki Egyetem *(Technische Hochschule Wien)* Alkalmazott Fizikai Intézetében épített mérőberendezésünket mutatjuk be, amely alkalmas ilyen mérések végrehajtására. A berendezés kétségtelenül nagy méréstechnikai felkészültséget kíván. Előnye azonban, hogy az esetleges, szuperponálódó zavarokat messzemenően kiszűri, és valóban csak a mérendő jelet szolgáltatja.

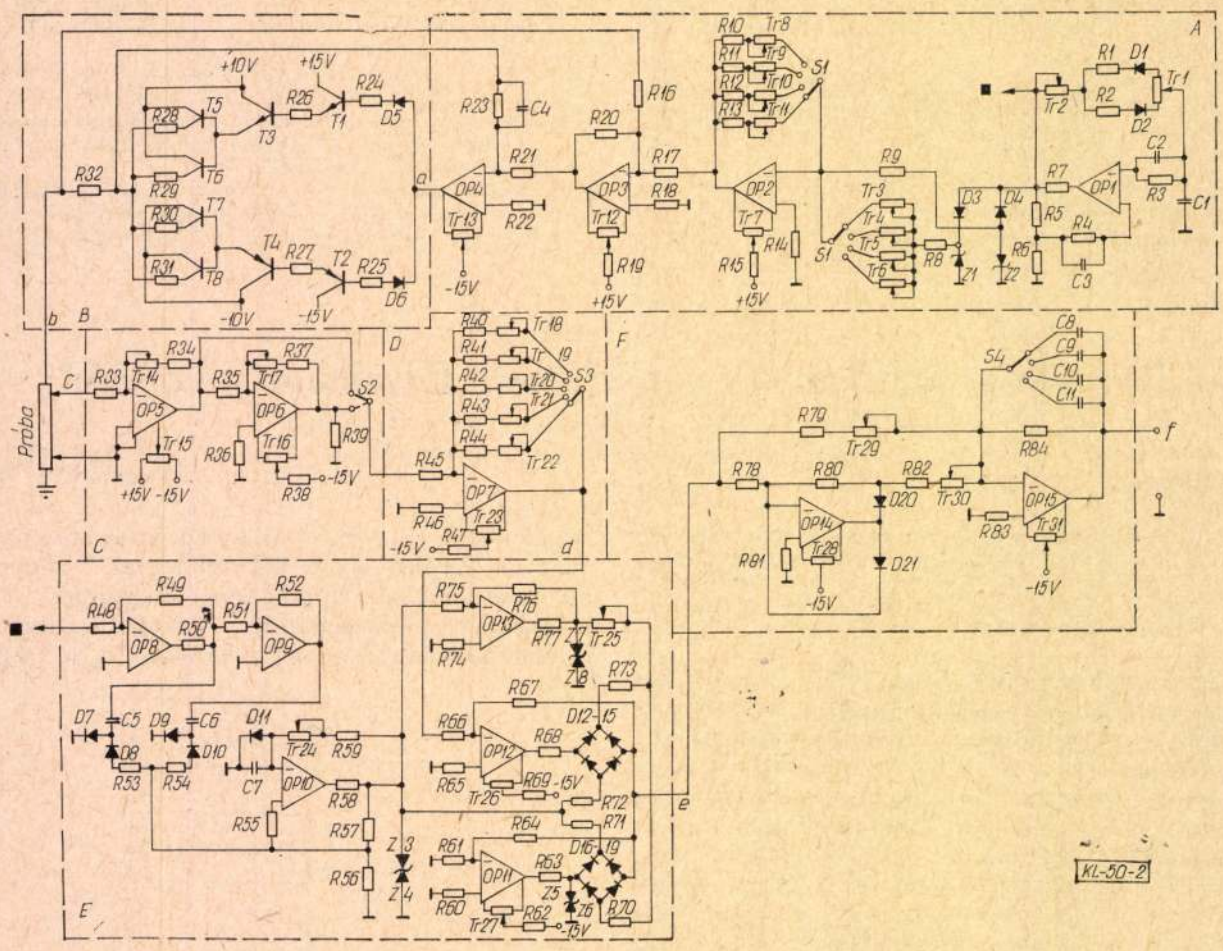
Egy próbavillamos vezetőképességét (ellenállását) többféleképpen határozhatjuk meg. Az egyik, szokásos mód a *Thomson-híd* használatán alapul. Kedvező ebben, hogy a mérés nagyon pontos, bár csak egyedi vizsgálatokra alkalmas. A próba vezetőképességét tehát Thomson-híddal csak egy-egy adott időpontban lehet megállapítani. Újabban gyorsan terjed az *örvényáramos módszer:* egy a tárgyra helyezhető tekercscsel a próbában örvényáramot indukálunk, amelynek nagysága függ a próba vezetőképességétől. Az indukált áram visszahat a tekercs eredeti, villamos erőterére, s ezt használják fel a vezetőképesség meghatározására. A mérés kényelmes, és gyorsan végrehajtható. Sajnos, csak mérsékelt pontosság érhető el ily módon. Ezenkívül a próba alakját és minimális méreteit illetően olyan követelmények merülnek fel, amelyeket nem mindig lehet kielégíteni.

Bizonyára a legkézenfekvőbb módszer az, amikor *egyenáramot* vezetnek át a próbán, és a próba



1. ábra. Blokkvázlat

* Előadás a VII. Kohászati Anyagvizsgáló Napokon, Balatonszéplak, május 30—június 1.



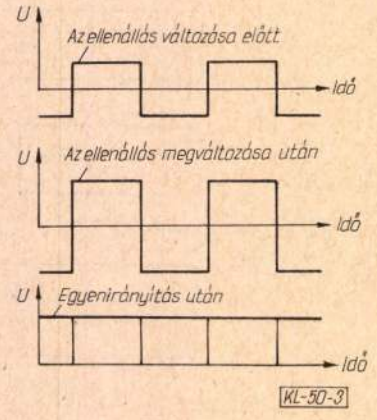
2. ábra. Elvi kapcsolási rajz

végein mérik a potenciálkülönbséget. Igaz, ilyenkor tudomásul kell vennünk az egyenáramú feszültségmérés és egyenáramú erősítés minden hátrányát. Főként termofeszültségek és az áramot hozzávezető huzalok, kontaktusok változó ellenállása, valamint nem utolsó sorban a mérőerősítők nem tökéletes állandósága okoznak zavarokat.

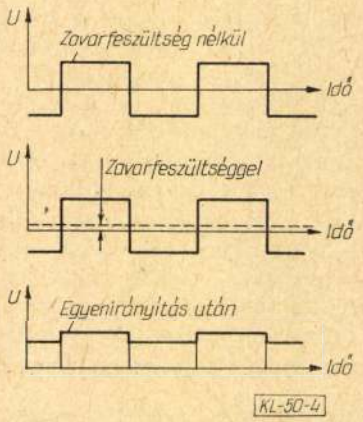
P. L. Rossiter kísérelte meg először [3], hogy a próbán négyszögletes váltóáramot vezessen keresztül, s hogy így kompenzálja ki a nem kívánt külső hatásokat. Ezt az elvet vettük át mi is. A kapcsolást azonban teljesen megváltoztattuk, s integrált áramkörökkel valósítottuk meg. A részletek a [4] és [5] munkákban találhatók meg; ezúttal csak az *1. ábra* blokkvázlata és a *2. ábra* áttekintő kapcsolási rajza révén mutatjuk meg a lehetőségeket.

Mindenekelőtt két Zener-dióda segítségével szimmetrikus, négyszögletes váltófeszültséget állítunk elő. Ezt egy teljesítményfokozattal határozott, négyszögjellegű váltóárammá alakítjuk. Sorbakötünk egy pontosan ismert mérőellenállást, valamint a mérendő próbát. A mérőellenálláson levett potenciálkülönbséget a teljesítményfokozatra visszavezetve biztosítható, hogy az áram nagysága a próba ellenállásának változásakor is a választott, állandó értéken maradjon.

A *próbán* keletkező potenciálkülönbséget *élek* segítségével, közvetlenül a próbán vesszük le, és



3. ábra. Az U-jel a próba ellenállásának változásakor



4. ábra. Az U-jel egy zavaró feszültség szuperponálásakor

egy hőmérsékletre kompenzált mikrovolt-előerősítőn át a főerősítőre visszük tovább. A próba induktív hatása révén a minden négyszög elején létrejövő feszültségcsúcsokat a korrigáló fokozatban kiküszöböljük (levágjuk), és a fennmaradó feszültségjelet egy kétutas egyenirányítóra visszük. Ez utóbbi a negatív félhullámokat pozitív irányba fordítja, s a pozitív félhullámokat változatlanul hagyja. Mint látni fogjuk, a mérőjel az egyenirányítás után még lépcsős lehet, s ezért egy RC-taggal még ki kell simítani.

Az így létrehozott, egyenáramú jelet végül egy kompenzációs írószerkezetre, *kompenzográfra* vihetjük. Konstans ellenfeszültséget az írószerkezetre kapcsolva, a kompenzográf érzékenyebb méréstartományában dolgozhatunk. Ez a leolvasási pontosságot jelentősen megnöveli.

A vázolt, viszonylag nagy apparatív felkészültséget igénylő mérőberendezés előnyét könnyen beláthatjuk. A próba ellenállásának változása a próbán levett, négyszögalakú potenciálmenetek azonos jellegű változását okozza mind a pozitív, mind a negatív félhullámban; az ellenállás változásának hatása tehát a csúcsértékek közötti változásban is megnyilvánul *(3. ábra)*. A negatív félhullám megfordítása után ezért *olyan egyenáramú jel keletkezik, amely a próba ellenállásával arányosan változik.* Ha azonban a mérendő jelre egy külső zavar okozta, egyenáramú komponens szuperponálódik, akkor ez a hibajel az egész négyszögjelnek a nulla-szinthez képesti eltolódását okozza csak; anélkül hogy a négyszögcsúcsok közötti távolság megváltozna *(4. ábra)*. Az egyenirányítás után a jelen csak négyszögletes lépcsők vannak, amelyeket az RC-tag kisimít. A zavarjelek így valóban kikompenzálódnak: a jel csak a próba ellenállásától függ, a zavarjel nem játszik szerepet. *Az elérhető mérési pontosság kb. ±0,25%-ra tehető,* nagy hőmérsékletű, folyamatos mérés esetén is.

A mérőjel zavartalanságának biztosítására az előerősítőt közvetlenül a próba közelében helyeztük el, egy kis, árnyékolt házba építve. A külső, szórt mezőkre rendkívül érzékeny, a próba és az előerősítő közötti csatlakozó vezetékek hosszát így a minimálisra csökkenthettük. A többi építőelemet az áramellátással, a kompenzográffal és a precíziós ellenfeszültségadóval együtt egy műszerszekrényben helyeztük el.

Az ismertetett berendezés kifejlesztéséhez és megépítéséhez szükséges anyagi fedezetet előzékeny módon az „Österreichischer Fond zur Förderung der wisssenschaftlichen Forschung" („Osztrák alap a tudományos kutatás elősegítésére") bocsátotta rendelkezésünkre.

IRODALOM

[1] *Köster, W.:* Z. Metallkde. *60* (1969) 75—84.
[2] *Köster, W., Heusler J.:* Metall *22* (1968) 1—8.
[3] *Rossiter, P. L.:* Jn. of Physics E-Scient. Instr. *3* (1970) 530—532.
[4] *Bahr, H.:* Diplomamunka. T. H. Wien, 1972.
[5] *Quatember, B.:* Műszaki doktori értekezés. T. H. Wien, előkészítése folyamatban.

Tapasztalatok magyar gyártmányú elektronikus öntőüst mérlegekkel

KEMÉNY TAMÁS okl. gépész és vill. mérnök
Méréstechnikai Központi Kutató Laboratórium

DK: 621.746.3:681.26.083.001.57

A cikk az elektronikus mérlegeléstechnika igen érdekes és modern, új alkalmazásáról számol be. Ismerteti az elektronikus öntőüst mérlegek felhasználását acélművekben és a színesfém kohászatban és röviden vázolja az elektronikus öntőüstt mérleg közvetlen digitális kompenzátorral való alkalmazását.

Bevezetés

Az alapanyaggyártó iparágak között a kohászat foglalkozik a legnagyobb anyagmennyiségek mozgatásával termelési folyamataiban. Az anyagok mennyiségének pontos ismerete elengedhetetlen ahhoz, hogy gazdaságosan lehessen termelni. Az anyagmennyiségek egyrészt az üzem anyagmérlegéhez nyújtanak fontos információt, másrészt a technológiai folyamatok irányításához és ellenőrzéséhez is elengedhetetlenek. Az elektronikus mérlegek az anyagáramlásban részt vevő mennyiségek méréséhez a technika mai állása mellett a legmegfelelőbb eszközöknek bizonyulnak [1].

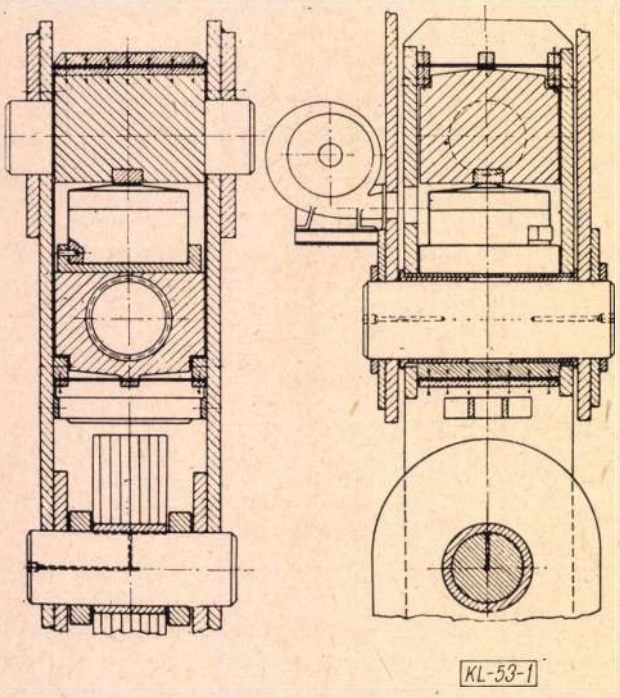
A Magyar Méréstechnikai Központi Kutató Laboratóriumban 15 éve foglalkozunk az elektronikus mérlegek elemeinek kutatásával és fejlesztésével, valamint a mérleg berendezések alkalmazás technikájával. Az ipari sorozatgyártást a Metripond Mérleggyár végzi. Röviden összefoglalva, a TENSIPOND elektronikus mérlegrendszerhez kidolgoztuk a TENSICELL-SP szuperprecíziós erőmérőcella sorozatot 0,1%-nál kisebb pontatlansággal [2], a TENSIKOMP-3 csúszóérintkező nélküli automatikus kompenzátort [3], a TENSIQUANT közvetlen digitális integrált áramkörös kompenzátort [4], továbbá az analóg és digitális jelfeldolgozás egységeit [5] és a rádiós jeltovábbítást [6].

A felsorolt elemek megfelelő elrendezésével a Tensipond elektronikus mérlegrendszer analóg és digitális változata egyaránt építőkocka szerűen állítható össze és a mérlegtechnikai gyakorlatban előforduló bármilyen kohászati mérlegelési probléma megoldható. Számos országban, az ipar legkülönbözőbb területein jelentős mennyiségű elektronikus mérleget valósítottunk meg és ezek többsége évek óta a legdurvább üzemi körülmények között üzemel. Az alkalmazástechnikai tapasztalatokat a rendszer egyes elemeinek továbbfejlesztésekor rendszeresen figyelembe vesszük.

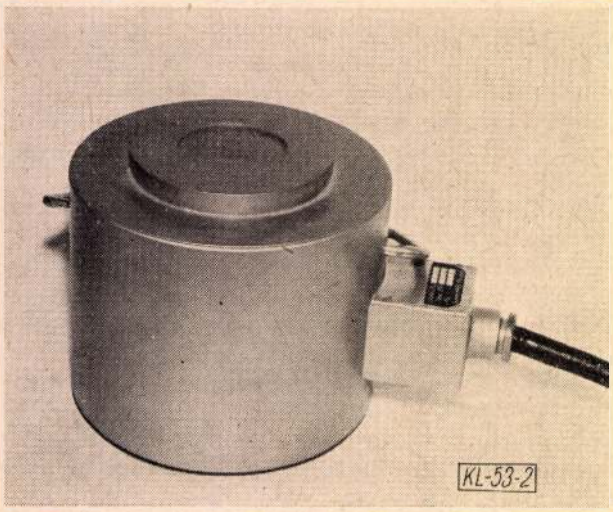
Elektronikus öntőüst mérlegek acélművek részére

Az öntőüst mérlegek képviselik az elektronikus mérlegeléstechnika legbonyolultabb rendszerét, amely a műszer felépítése terén a legteljesebb kiépítést igényli és az alkalmazástechnika vonatkozásában a legnehezebb körülményeknek kell ellenállnia.

Az általános jellemző tulajdonságok miatt ezen a helyen a Dunai Vasműben működő elektronikus öntőüst mérleget ismertetjük. Az alkalmazástechnikai körülmények talán itt a legszigorúbbak. Az erőmérő cellák beépítési helye kb. 3 m távolságban van az öntőüstben levő folyékony acél felületétől és ezért a mérőcellák erős hősugárzásnak vannak kitéve. Az elektronikus egységek a darukabinban helyezkednek el és a hőmérséklet itt is a legkedvezőtlenebb esetben túllépi a 60 °C-t. A daru mozgása során a berendezés rendszeres rázásnak van kitéve és időnként ütésszerű igénybevételeket is szenved. Az öntési technológia következtében nagy mennyiségű finomszemcsés por lepi el a berendezést és ez a por elektromosan is vezet. Az üzemi egyenfeszültségű hálózat szintje is széles határok között, lökésszerűen ingadozik.



1. ábra. Az acélmembránok elhelyezése

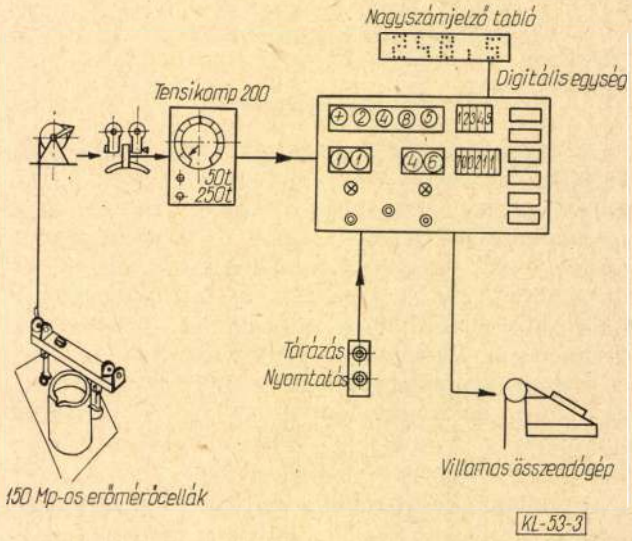


2. ábra. Az acélmembrán

Mérő érzékelőként 2 db 150 Mp-os erőmérő cellát építettünk be az öntőüstöt tartó horogszerkezetbe. Az erőmérő cellákat egy erő-irányváltó szerkezet foglalja magába, amely a húzóerőt nyomóerővé alakítja át. Az acélszerkezetet erősen túlméretezett acélmembránok tartják rendeltetésszerű helyzetben és ez biztosítja azt, hogy az erőmérő cellák kizárólag tengelyirányú erőt kapjanak. Ez ugyanis alapvető követelmény az üzembiztos és pontos működés szempontjából *(1. és 2. ábra)*.

Az automatikus kompenzátort és az adatfeldolgozó szerveket a darukabinban helyeztük el. Az árnyékolt mérőkábelt csúszóérintkező nélküli rugós kábeldobbal vezetjük az erőmérő celláktól a futómacskára, innen vonszolt kábelszerkezet fut a daruhíd mentén, majd a daru állványzata mentén rögzített kábel kapcsolódik a kabinban elhelyezett adatfeldolgozó rendszerhez. Az elektronikus műszercsoport a tápegységen kívül analóg és digitális egységekből áll. Az analóg egység „Tensikomp—200" jelű szervomotoros, körskálás automatikus kompenzátor, amelyben az elektronikus mérlegeknél általánosan bevált csúszóérintkező nélküli nyúlásmérő bélyeges kiegyenlítési elvet alkalmazzuk. A kompenzátor két méréshatárral és ennek megfelelően kettős skálával rendelkezik: 250 tonnás méréshatárban az ütésben levő acél súlyát, 50 tonnás méréshatárban az öntött tuskók súlyát lehet mérni. Az öntés megkezdése előtt az üstben levő mindenkori anyagsúly az elektronikus egységbe beépített „Taramatik" automatikus tárázó berendezéssel kitárázható.

A Tensikomp—200 automatikus kompenzátor által mért analóg értéket a műszer tengelyére szerelt analóg—digitális szöghelyzet átalakítóval és speciális 2 méréshatárú dekódolóval alakítjuk át digitális jelsorozattá. A számjegyes súlyértéket nagyszámjelző tablóval, a daruhídról jól



3. ábra. Kapcsolási rajz a mérőcellák adatainak kiírására

látható módon kijelezzük és villamos nyomtatógéppel regisztráljuk. A digitális egységben helyezkedik el a dátum, és az adagszám beállító egység, valamint az automatikus digitális óra. A nyomtatógép ellenőrző szalagján egymás után jelenik meg a mért súly, a dátum, az óra, perc és az adagszám. Az adatnyomtató a súlyértékeket tetszőleges időtartamra összegezni is tudja *(3. ábra)*. A berendezéshez kidolgoztuk az öntési sebességmérő és regisztráló egységet is *(7. ábra)* ez azonban technológiai nehézségek miatt nem került felszerelésre.

A fentiekben ismertetett vaskohászati elektronikus öntőüst mérleget 1969-ben helyeztük üzembe a Dunai Vasmű acélművében. Ehhez jelentős segítséget kaptunk a Dunai Vasmű vezetőségétől és munkatársaitól, amiért ezúton is köszönetet mondunk.

A berendezés pontossági ellenőrzése igen nehezen végrehajtható feladat. Az abszolút pontosságot csak úgy lehet ellenőrizni, ha az elektronikus darumérleget előzetesen mechanikus hídmérlegen lemért és hitelesnek tekinthető súlyokkal terheljük meg és a mutatott értéknek a pillanatnyi terhelő súlytól való különbségét képezzük. Tekintettel a 250 tonna felső méréshatárra, ez hosszú időt igénybe vevő eljárás. Az öntődaru 3 műszakban, megszakítás nélkül dolgozik és több órás leállást csak nagyon ritkán lehet engedélyezni. A nehézségek ellenére az ellenőrzést elvégeztük 116 870, 183 710 és 218 050 kg terhelésekkel. Mindhárom súlyértéket háromszor emeltük fel a daruval és a közbenső tehermentesítéseknél a mérleg nullhelyzetét ellenőriztük. Az adatok kiértékelése során megállapítottuk, hogy a méréssorozat legnagyobb hibája nem lépte túl a felső méréshatárra vonatkoztatott 0,25%-ot. Az egymást követő 3 terheléssorozat azt is igazolta, hogy a berendezés reprodukáló képessége jobb, mint a mérleg felbontó képessége, azaz „üst" állásban kisebb mint 500 kg, „öntecs" állásban kisebb mint 100 kg.

A felbontó képességre nézve ez az adat említésre méltó, mert az alkalmazott 2 db 150 Mp-os erőmérő cella összesen 300 Mp méréshatárára vonatkoztatva a 100 kg-os felbontó képesség kb. 0,03%-nak felel meg. Egyébként a mérleg reprodukáló képessége üzem közben is bármikor ellenőrizhető oly módon, hogy azonos súlyt többször egymás után emelnek fel.

A több éves tapasztalat alapján a berendezés használatát az acélgyártási technológiában már előírták. A mechanikus hídmérlegeket — melyekkel korábban az acélmű kihozatalát mérték — megszüntették és így a bugák kisebb melegveszteséggel jutnak a hengerműbe. Ez a körülmény önmagában kb. évi 2 millió forint megtakarítást eredményez, aminek következtében a beruházási költség 1 évnél rövidebb idő alatt megtérül.

Külön említést érdemel az a munkaszervezés, amellyel biztosítani tudták az öntőüst mérleg folyamatos használatát. A daru kezelőszemélyzetét az elektronikus mérleggel bizonylatolt mennyiség alapján premizálják és így a dolgozók elsőrendű érdeke, hogy a berendezés folyamatosan működőképes legyen. A legkisebb hiba esetén azonnal értesítik a központi műszerüzemben levő karbantartó szolgálatot, amely a hibát azonnal elhárítja.

Elektronikus öntőüst mérlegek a színesfém kohászatban

A színesfém kohászatban fellépő speciális igények kielégítésének egy jellegzetes példája az NDK-beli Mansfeld Kombinát Eisleben-i üzeme részére szállított darumérleg. A berendezés a Kupfer-Silberhütte gyáregységben üzemel, egy 16 m fesztávolságú darura szerelve. A berendezés bonyolultságát növeli, hogy a futómacska forgó mozgást is végez és 2 emelőművel rendelkezik. A főemelő két üzemmódban működik. Az egyik üzemmód a javító üzem, amikor a névleges terhelhetőség 25 Mp. A másik üzemmód öntő- és darabáru daruként való alkalmazása, ennek névleges terhelhetősége 12,5 Mp.

A segédemelő emelőképessége 3,2 Mp. A daru részben szabadban, részben a konverter csarnokban dolgozik. A berendezést a konverterek töltésére, a fekete réz csapolására és öntésére, darabáruk szállítására és javítására egyaránt használják. A daruk irányítása a daruhíd közepén rögzített kabinból történik. A darumérleg mérőhely átkapcsoló segítségével vagy a 3,2 Mp-os segédemelő, vagy a 12,5 Mp-os főemelő által szállított terhet méri. Az elektronikus darumérleg méréshatára főemelő állásban 15 Mp, segédemelő állásban 3 Mp. Az erőmérő cellákat a fő- és segédemelő felső kötélkiegyenlítő korongjának túlterhelésvédő egységébe építették be.

A főemelőnél egy-egy erőmérő cellát építettünk be a kötélkiegyenlítő dob mindkét csapágyához, a segédemelőnél egyetlen erőmérő cellát alkalmaztunk erő-irányváltó keretbe szerelve, a kiegyenlítő korong csapjánál. A főemelőnél az emelési magasság gyakorlatilag változatlanul maradt, a segédemelőnél kb. 600 mm-rel csökkent.

Az erőmérő cellákat úgy választottuk meg, hogy a daru normál üzeme esetén túlterhelésből adódó hibák maradó károsodást ne okozhassanak. Az erőmérő cellákat csak tengelyirányú erővel szabad megterhelni, erről a szerkezetbe épített membrán rendszer gondoskodik *(4. és 5. ábra)*.

Az erőmérő cellák a terheléssel arányos villamos jelet szolgáltatnak, amely egy bonyolult kábelvezető rendszeren keresztül a darukabinban elhelyezett műszerszekrényhez vezet, ahol a mérést kompenzációs módszerrel végezzük.

A mérőkábel rendszer a következő fő részekből áll:

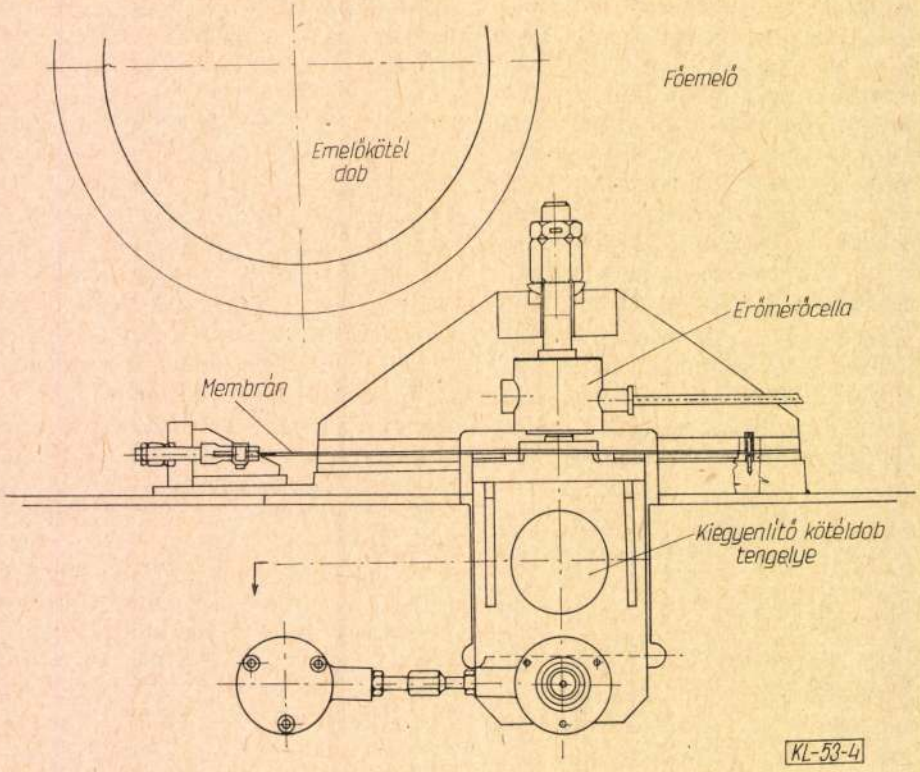
1. Rögzített kábel az erőmérő celláktól a csatlakozó dobozokig, melyek a futómacskán helyezkednek el.

2. A forgómacskán rögzített csatlakozó dobozról egy újabb csatlakozó dobozig, forgáskiegyenlítő kábelvezető közbeiktatásával.

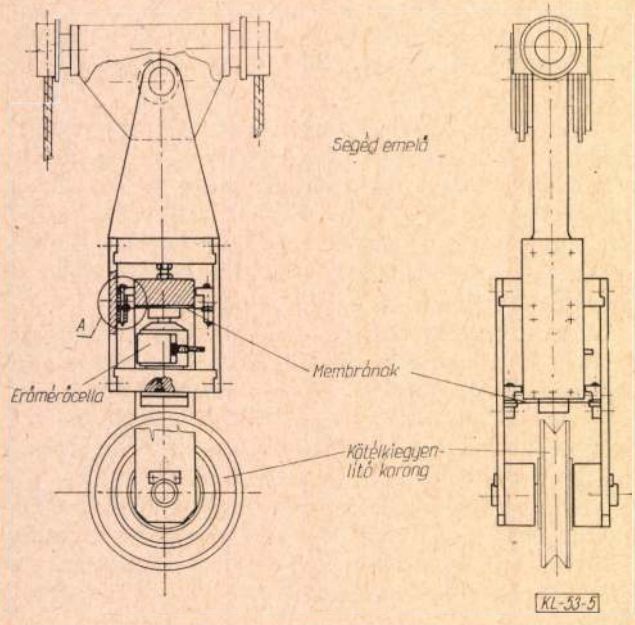
3. A futómacskától a daruhídon rögzített csatlakozó dobozig vonszolt kábelrendszerrel.

4. A daruhídról a darukabinban felállított műszerszekrényig, rögzítve, védőcsőbe szerelve.

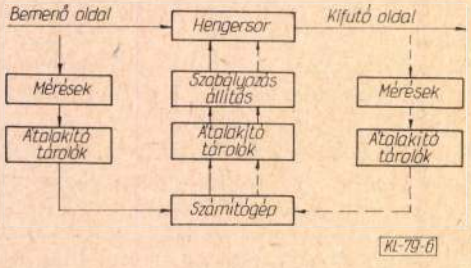
5. A darukabin hátoldalán 1800×600×400 mm méretű helyet kellett kiépíteni a műszerszekrény



4. ábra. Az erőmérőcellák megterhelése



5. ábra. Az erőmérőcellák kapcsolódása az emelőszerkezetben



6. ábra. A berendezés működésének blokksémája

részére. Ebben a következő egységek helyezkednek el:

a) Tensikomp 3 analóg automatikus kompenzátor,

b) hídegység,

c) digitális egység,

d) illesztő egység és

e) tápegység.

A műszerszekrény mellett a berendezéshez csatlakozik egy ADDO—X svéd gyártmányú szalagperforátor pormentes kivitelben. Ezzel BCD kódolású, 8 csatornás lyukszalag készíthető, amely a következő adatokat regisztrálja:

Kódszám (5 számjeggyel)

Dátum (év, hó, nap)

Időpont (óra, perc)

Mért súlyérték előjellel (5 számjegy és előjel).

Az eleketronikus mérleg működtetése diszpécserpultról történik, melyet a darukezelő feje fölött a kabin első falán helyeztünk el.

A mért súlyértéket nagyszámjegyes kijelző tabló segítségével a csarnokból le lehet olvasni. A tabló 5 számjegyes, minden egyes szám 7 világító elemből áll. A számok magassága kb. 300 mm.

A berendezés működése a *6. ábra* szerinti blokksémával érthető meg. Az erőmérő cellák által szolgáltatott, terheléssel arányos villamos jel a hídegységbe jut, amely a diszpécserpultról működtethető reléket tartalmaz. Ezek segítségével a kívánt mérőhely kapcsolódik a Tensikomp 3 automatikus kompenzátorra. A műszer skáláján a súlyérték közvetlenül leolvasható.

A Tensikomp 3 kompenzátor mutató tengelyéhez a műszer belsejében egy analóg digitális szöghelyzet átalakító csatlakozik. Ennek kimenetén

a súlyérték *Watts* kódban jelentkezik, melyet a digitális egységben elhelyezett dekódoló a 10-es számrendszer jeleivé alakít át. A számjegyes súlyérték egyrészt közvetlenül a digitális egységen leolvasható, másrészt a diszpécserpulton, továbbá a daruhídon elhelyezett nagyszámjelző tablón is. A digitális jelsorozat jut az adatfeldolgozó vezérlő egységre is, amely a szalagperforátort működteti.

A digitális egységben helyezkedik el az automatikus digitális óra, amelynek jele ugyancsak megjelenik a diszpécserpulton. A diszpécserpulton lehet a kódszámot beállítani és a súlyértéket megfelelő előjellel ellátni. Ugyancsak a diszpécserpultról történik a szalagperforátor üzemmódjának megválasztása és működtetése.

„Darabáru" üzemmódban a táraválasztó kapcsolót a „bruttó" nullhelyzetbe kapcsoljuk, ekkor a mérleg a horogra akasztott terhet közvetlenül mutatja. Meghatározott szállító tartályokkal való méréskor a 3-féle rögzített táraérték közül a táraválasztó gombbal a megfelelőt kell beállítani, majd üres tartállyal a mérleg nullpontját ellenőrizni lehet. Esetleges tárasúly változáskor a megváltozott értéket a hídegységbe beépített tárázó gombokkal lehet korrigálni. A tartályokat megtöltve a mérleg közvetlenül a nettó súlyt mutatja.

A táraválasztó kapcsolót öntődaruként való használatkor „automatikus tárázás" állásba kell kapcsolni, majd az üres öntőüst felemelése után a tárázó gomb megnyomásával a mérleg nullázható. Ezt követően a mérleg mindenkor az üstben levő nettó anyagsúlyt mutatja. Amennyiben csapolás közben az üst nem függ a darun, hanem a daru csak a kemence elé helyezi az üstöt és a csapolásra később kerül sor, a közvetlen nettó súly mérése nem lehetséges. Ez mégis úgy oldható meg, hogy a darukezelő az üst súlyát külön megméri „bruttó" tárakapcsoló állásban és ezt a számító egységbe (—) előjellel táplálja be, illetve saját céljára feljegyzi. Miután a csapolás befejeztével a rézzel telt üstöt a daru ismét felemeli, a mérleg az összsúlyt, azaz az üst és az olvadék együttes súlyát méri. Ezt a bruttó étéket (+) előjellel táplálja be a számítóegységbe. A darukezelő a nettó súlyt saját részére úgy tudja meghatározni, hogy az összsúlyból a korábban feljegyzett üstsúlyt levonja. A számítóegység kivonja egymásból a különböző előjellel beadott értékeket, amelyek azonos kódszámot viselnek.

Segédemelővel történő méréskor az üzemmód választó kapcsolót a 3 Mp-os állásra kell kapcsolni és a mérés módszere azonos a 15 Mp-os méréshatáréval. A 15/3 Mp-os darumérleg analóg skálaosztása 25/5 kp, felbontóképessége 600 osztás. A mérési pontatlanság max. $\pm 0{,}5\%$ a mindenkori skála végértékére vonatkoztatva. A berendezés hibátlan működését a Német Mérésügyi Hivatal (DAMW) az elmúlt év során rendszeresen ellenőrizte.

Elektronikus öntőüst mérleg közvetlen digitális kompenzátorral

A korszerű integrált áramkörök ipari elterjedésével lehetségessé vált elektronikus mérlegek céljára egy olyan közvetlen digitális kompenzátor kialakítása, amellyel max. 5000 skálaosztás felbontóképességet tudunk megvalósítani.

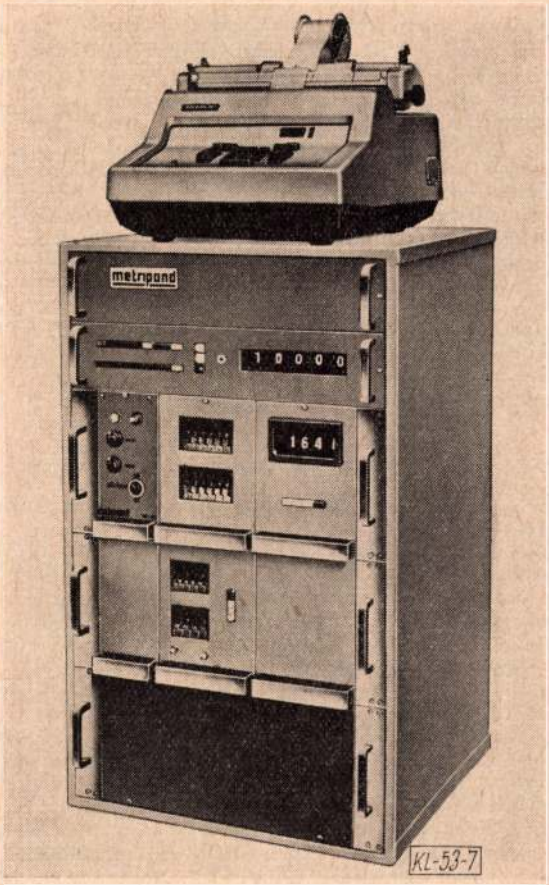
A Tensiquant közvetlen digitális kompenzátor működési elve alapján 2 részre osztható. Az erőmérő cella a frekvencia konverterhez csatlakozik. A konverter a mérőcella kimenőjelét impulzus sorozattá alakítja át, amelyet egy programozható számláló egység dolgoz fel. A mérési eredményt egyrészt kijelzi, másrészt ez vezérli a csatlakoztatható további adatfeldolgozó egységeket.

A kompenzáció tisztán elektronikus eszközökkel, mozgó alkatrész nélkül történik. A frekvencia konverter átalakítási pontossága a legkedvezőtlenebb környezeti viszonyok mellett is jobb, mint 0,02%. A konverter az impulzus sorozatot a mérőcella tápfeszültségének és kimenő feszültségének arányából állítja elő és ezért a tápfeszültség ingadozása széles határok között nem rontja a mérési pontosságot.

A konverterben előállított impulzus-sorozat frekvenciáját integrált áramkörös, tisztán digitális rendszer méri és a frekvencia mérésén és kijelzésén kívül a mérlegtechnikai szempontból szükséges aritmetikai műveleteket is elvégzi. Igy bruttó és nettó súlymérésre alkalmas, súlynövekedés és súlycsökkenés is kijelezhető, rögzített és változó tárasúlyokat tud tárolni, illetve automatikusan táráz.

A kompenzátor a mérőcellára ható, esetleg dinamikusan változó erőhatás középértékét méri, a kijelzés időalapjára vonatkoztatva.

Az időalap megfelelő megválasztásával, a dinamikus terhelés frekvenciájának ismeretében ideális csillapítási viszonyokat lehet megvalósítani. A 7.



7. ábra. Öntőüstmérleg kiértékelő egysége

ábra egy Tensiquant műszer felhasználásával készített közvetlen digitális öntőüst mérleget mutat be, amelynek kísérleti üzeme a Lenin Kohászati Üzemekben jelenleg folyik.

A közvetlen digitális kompenzátor nagy pontossága és felbontó képessége a Tensincell—SP szuperprecíziós erőmérő cellák felhasználásával ma már lehetővé teszi 0,1% összpontatlanságú elektronikus mérlegek megvalósítását.

A csatlakozó műszerek lehetővé teszik, hogy az elektronikus mérlegrendszer valamennyi mérlegtechnikai gyakorlatban fellépő igényt ki tudjon elégíteni. Az építőkocka rendszerű konstrukció előnye a gyors tervezés és a tetszőlegesen bonyolult ipari vagy laboratóriumi mérési összeállítások, adatgyűjtő rendszerek, automatikus ellenőrző és vezérlő rendszerek megvalósítása.

Összefoglalás

A korlátozott terjedelem miatt ebben a beszámolóban nincs lehetőség az elektronikus híd- és tartálymérlegek, adagoló- és programkeverő mérlegek, valamint szállítószalag mérlegek területén elért eredményekről tájékoztatást nyújtani. Az ismertetett analóg és digitális öntőüst mérlegek segítségével megkíséreltem a TENSIPOND mérlegrendszer fejlesztésének és gyártásának mai helyzetéről képet adni. Ezeket a berendezéseket a hazai ipar és a baráti országok kohászata nagy mennyiségben igényli és ezért felkészülünk a nemzetközi igények megfelelő minőségű kielégítésére.

IRODALOM

[1] *Kemény T.:* VDI-Berichte Nr. 176, 1972. p. 125—157.

[2] *Kovács S.:* Mérés és Automatika, *20* (1973. No. 3.) p. 95—101.

[3] *Kemény T.:* Mérés és Automatika *20* (1972) 3. sz. p. 80—85.

[4] *Papp K.:* Digital-Kompensator Tensiquant mit eichfähiger Genauigkeit für industrielle elektromechanische Waagen. 3. Internationale Konferenz des IMEKO-Subkomitees Kraftmessung und Wägung. Osztrava — 5. 7. Sept. 1972.

[5] *Kemény T.:* Elektromechanische Waagen im Dienste der Fertigungskontrolle und der Prozessregelung mit Rechenanlagen. 3. Internationale Konferenz des IMEKO Subkommittees „Kraftmessung und Wägung, Ostrava 5—7. Sept. 1972.

[6] *Kemény T.:* Erfahrungen beim Einsatz von elektromechanischen Kramwaagen. Symposium „Probleme der Rationalisierung durch Automatisierung aus Sicht des Anwenders" 21—23. Nov. 1972. Halle.

[7] *Kovács S.:* VDI-Berichet Nr. 176 (1972) p. 73—86.

[8] *Kemény T.:* Automatizálás *20* (1972) 5. sz.

Korszerű külföldi berendezés ismertetése

Az andernachi folytatólagos szélesszalag hengermű teljesen automatikus vezérlése

Andernach am Rhein-ben (NSZK) a közelmúltban helyezték üzembe a hatállványos folytatólagos szélesszalag hengermű automatikus vezérlő berendezését, amelyet a Siemens tervezett és gyártott a helyszíni igényeknek megfelelően. Maga a hengersor vékony ónozott lemezektől a gépkocsi karosszérialemezekig hengerel kis karbontartalmú acél finomlemezeket, s az automatikus vezérlést a mérettartomány széles körű változása, a hengermű lehető legeredményesebb kihasználhatósága, az állandó, azonosan magas minőségi szint biztosítása és az emberi szubjektív tényezők kikapcsolása tette szükségessé. A hengermű bevezetett teljesítményfelvétele 30 ezer kW, s ezt a teljesítményfelvételt kell 0,03 %-on belüli pontosságú fordulatszám-szabályozással, 30 ms alatt működő elektrohidraulikus hengerbeállítással vezérelni, amit műveletszabályozó számítógép beépítésével sikerült megvalósítani.

Az átáramló anyagmennyiség szabályozása szalagvégek egyenletes vastagságát biztosítja

Az automatizálás alapfeltétele az a jól ismert követelmény, hogy valamennyi hengerállványon azonos időtartam alatt azonos anyagmennyiségnek kell áthaladnia. Minthogy azonban a nyers szélesabroncs vastagsága nem állandó, hanem kisebb-nagyobb mértékben változó, az első két hengerállvány lassú hengerrés szabályozóval rendelkezik, s ezáltal a harmadik állvány már kiegyenlített vastagságú anyagot kap az első két állványtól. Az állandó anyagmennyiség átáramlása a sebesség szabályozásával biztosított, ezenfelül állandó értéken kell tartani még a szélesszalag feszítési értékét is két-két hengerállvány között. A feszítő erőt hidraulikus berendezés segítségével lehet szabályozni. A szabályozó berendezés egyaránt működőképes a tekercsek befűzésekor és az áthengerelt tekercs végének kifuttatásakor alkalmazott lassú, továbbá az üzemi gyors hengerlési sebességek alkalmazásakor. Ezáltal a vastagsági mérettűrésen kívül eső szakasz hossza kb. 10 m-re csökkenthető.

Számítógépes folyamatszabályozás

A Siemens-rendszerű számítógép ellenőrzi a hengerlési változók optimumon tartását, ez a számítógép a szabályozó egységek szuperponált központja, amely az összes alárendelt vezérlő-szabályozó egységgel közli az irányító egységek értékét. A számítógép a bemenő nyers szélesabroncs méretei alapján kidolgozza az optimális szúrástervet, amihez feldolgozza az előirányzot készméreteket és a technológiai feltételeket is; ez utóbbiak közé számíthatjuk a soron belül a terhelés elosztását, a hengerlési erődiagram sima lefutását és az utolsó állványokban előirányzott tényleges fogyasztást, ami a kész szélesszalag alakhűségét szabja meg. A számítás modelltechnológiákkal végzett összehasonlításra alapul. A számítógépbe a szélesszalag átfutásának teljes ideje alatt betáplálják a hengersori karakterisztikák mért értékeit, amelyekből a gép a megkívánt értékeket levezeti, majd minden állvány szükséges paramétereit kiszámítja és ez utóbbi értékeket összehasonlítja a mért értékekkel. Az így kapott eredményeket kell a modelladatokkal egybevetni, s az adódó eltérések adnak impulzust a szabályozó egységek működtetéséhez. Így a hengerlés teljes folyamatát ellenőrzi a műszer és szükség esetén korrigálásokat végezve minden jelentkező zavarténvezőt kiküszöböl. A gép méri és tárolja az olyan összefüggéseket is, mint pl. milyen következménye van a hengerhűtő emulzió hőmérsékletváltozásának a szélesszalag hoszszanti keménységváltozására, s az így tárolt adatokat később, azonos minőségű szalag hengerlésekor a korrigáláshoz felhasználja.

A hengerlés segédműveleteinek száma egy-egy tekercs felrakásától, felnyitásától és befűzésétől a kész tekercs kifuttatásáig, kötegeléséig és levételéig mintegy 200-ra tehető. A műveletek időoptimuma csak úgy érhető el, ha elvégzésük impulzusát maga a hengerlés alatt levő szalag adja. Az automatika a tekercsről elektronikus képet készít és ezt a tényleges állapotnak megfelelően végigköveti.

Ugyanakkor a műveletszámító gép tekercsenként naplózza a hengerlés körülményeit, s ezek az adatfeljegy-

zések a minőségi ellenőrzéshez adnak hasznos információkat, számítógépbe visszatáplálva pedig a termelési tervek összeállításához adnak lehetőséget.

A hengersor 2500 mérési pontjából érkező jeleket a központi műszer hibák vagy zavarjelek szempontjából értékeli és a normálistól eltérő értékeket az idő függvényében rögzíti. Az így kapott feljegyzésekből a zavart kiváltó ok megállapítható, tehát lehetőség van a hibaok gyors elhárítására.

Az ábra a hatállványos hengersor központi vezérlő asztalát mutatja. A kézi beavatkozás szükségtelen, a teljes hengersor számítógépes vezérlésű.

Siemens PI 3 508 d — E28

RJ

Beszámoló külföldi konferenciákról

A III. Nemzetközi Törési Konferencia Münchenben

A német Kohászati Egyesület (VDEh) április 8—13. között Münchenben rendezte a III. Nemzetközi Törési Konferenciát, amelyen a Vasipari Kutató Intézet kiküldöttjeként előadással vettünk részt. A konferencia színhelye a müncheni Hilton szálló volt, ahol megfelelő konferenciatermek álltak rendelkezésre és az előadások párhuzamosan egyszerre hat előadóteremben folyhattak.

A konferencia tematikája a következő kilenc témacsoportra tagolódott:

1. Töréselmélet,
2. Törési feltételek, törésmechanika,
3. A fémekben lejátszódó törések szövetszerkezeti vonatkozásai,
4. Korrózió és egyéb környezeti hatások befolyása a törésre,
5. Fáradásos jelenségek,
6. A műanyagok törése,
7. Összetett anyagok törése,
8. Műszaki alkalmazások,
9. A törési jelenségek üvegben, kerámikus anyagokban és betonban.

Az egyes témacsoportokat plenáris előadások vezették be, amelyeket nemzetközileg elismert, felkért előadók tartottak. Az előadások száma egyébként megközelítette a háromszázat; az előadók 27 országból kerültek ki. A résztvevők száma kb. 1000-re tehető.

Ahogy a konferencia tematikájából is kitűnik, az előadások jelentős része gyakorlati problémákkal foglalkozott, ahol a cél azonban az volt, hogy a törésmechanikai, töréselméleti meggondolásokat gyakorlati feladatok megoldására alkalmazzák. Számunkra is ezek az előadások, ill. témacsoportok voltak a legérdekesebbek, ennek megfelelően elsősorban a 2., 3., 5. és 8. szekció előadásait látogattuk. Az előadások általában színvonalasak voltak, de azt is megállapíthattuk, hogy néhány hazai kutatási eredmény nem marad el a konferencián ismertetett angol, német, amerikai stb. eredmények színvonalától. Elég sok előadás foglalkozott a hegesztett szerkezetek, nyomástartó edények törési problémáival; a vizsgálati módszerek között igen elterjedt az általunk is alkalmazott COD-vizsgálat statikus körülmények között.

Az előadásunkat április 13-án, pénteken délelőtt tartottuk a 2. szekcióban. Témája szerint („Légköri korrózióálló acélok törési szívóssága és a töretfelület morfológiája közötti összefüggések") sokkal inkább a 3. szekcióba illett volna, az előadást azonban így is élénk érdeklődéssel hallgatták. Hozzászólásra — az aznapi legtöbb előadáshoz hasonlóan — nem került sor.

A konferencia hivatalos nyelve az angol volt, így minden előadás ezen a nyelven hangzott el. Az előadásokat teljes egészében kinyomtatták, ezeket a résztvevők 10 kötetben kapták kézhez.

A konferencia szervezése általában jónak mondható; véleményünk szerint azonban az ilyen „monstre" konferenciák hatékonysága elmarad a kisebb konferenciákétól. A rendkívül nagyszámú, egyszerre sok helyen folyó előadások ugyanis megosztják a figyelmet, és nehéz úgy beosztani az időt, hogy az egy-egy ember számára érdekes előadások között ne legyen időbeli átfedés. Hazai konferenciáinkhoz képest a konferencia költségei magasak voltak, hiszen a részvételi díj (260 DM) csak a részvételt, a kiadványt, a frissítőket és egy közös vacsora költségeit fedezte; a szállásról és ellátásról a résztvevők maguk gondoskodtak.

Összefoglalva; a konferencián való részvételt elsősorban a következők miatt tartjuk hasznosnak: a konferencia előadásai és vitái alátámasztották a törésmechanika tervezői gyakorlattá tétele céljából a Vasipari Kutató Intézetben folyó kutatás irányának helyességét, valamint a bemutatott eredmények és az Intézetben jelenleg rendelkezésre álló eredmények között esetleg fennálló különbség, megnyugtatónak mondható.

Dr. Rittinger János—Dr. Tardy Pál

1973. évi Osztrák Vaskohászati Napok

Az Osztrák Vaskohász Egyesület (Eisenhütte Österreich) május 24—26-án rendezte meg Radentheinben és Leobenben az ez évi Vaskohászati Napokat. Szokás szerint ezzel kapcsolatban tartották meg az egyesületi közgyűlésüket is, amelyre Egyesületünk képviselőit néhány év óta rendszeresen meghívják. Ez évben az Egyesület, illetve Szakosztályunk képviseletében *Nagy Zoltán* elnökhelyettes, *Óvári Antal* főszerkesztő és *Csépe Ferenc*, az Ózdi Helyi Csoport titkára vettek részt a közgyűlésen.

A résztvevők száma elérte a háromszázat. Külföldről, elsősorban az NSZK-ból, vettek részt nagyobb számban, ezenkívül belgák, svédek, svájciak és a jugoszlávok képviseltették magukat. Érdekes szokás az osztrák egyesületben, hogy a jelentkezéskor részletes program és a beszámoló jelentés mellett a résztvevők munkahelyét is feltüntető névsort is átadják.

Az ünnepélyes megnyitót Radentheinben tartották meg, ahová különvonat, majd ehhez csatlakozó autóbuszok szállították Leobenből a résztvevőket. A Városházán tartott megnyitó előadásban *dr. Trenkler* professzor, az Egyesület elnöke, utalt arra, hogy az általános szokástól eltérően helyesnek bizonyult az a néhány éve kialakult rendszer, hogy a megnyitót nem az Egyesület székhelyén, hanem valamelyik vaskohász telepen tartják és az előadások előtti napra iktatják be az üzemlátogatást is. Ezzel sikerült elérniök, hogy az üzemlátogatáson sokkal többen vesznek részt, mintha azt az utolsó napra tennék, továbbá az üzemlátogatás során már összeismerkednek a résztvevők és kötetlen légkörben kialakulnak a külföldiek bevonásával a szűkebb szakmai érdeklődési csoportok.

Az üzemlátogatást elismerést érdemlően, rendkívül gondosan szervezték meg és 10—12 fős csoportokban pontosan kijelölt útvonalon, valóban szakszerű magyarázatokkal kísérve vezették végig a résztvevőket az üzemen. Ilyen kis csoportban jó alkalom nyílott az adódó szakmai kérdések megvitatására. Az üzemlátogatás végén ünnepélyesen avatta fel Karintia tartományi főnöke az üzem most elkészült, korszerű Karabedarf rendszerű 130 m-es alagútkemencéjét.

Másnap Leobenben a Bányászati Főiskola újonnan épült szárnyában levő teljesen korszerű nagy előadóteremben szakmai előadásokkal folytatódtak a Vaskohászati Napok. A két plenáris előadást *Stüwe* és *dr. Nitsche* professzorok tartották a mikroszkópokról, ill. a rasterelektronmikroszkópról, és a mikroszondáról. Ezt követően négy szakcsoportban (Metallurgia, Anyagvizsgálat, Üzemgazdaság, Energia- és hőgazdálkodás) hangzott el párhuzamosan 18 szakmai előadás. A meghallgatott előadásokból kitűnt, hogy az előadók a rendelkezésükre álló max. 30—40 percben valóban csak a téma lényegét és a legújabb eredményeket mondták el, korszerű vetítőgépek segítségével, bőségesen illusztrálva. Minden előadás után elegendő időt biztosítottak a vitára. — Érdekes, hogy ezeken a főiskolai hallgatók is igen aktívan vettek részt.

Néhány előadást NSZK-beli és svéd szakemberek tartottak. A nagyolvasztóba való olajbefúvás gazdaságos-

ságáról, az LD-eljárásról és a vákuumozásról, és a korszerű matematikai eljárások kohászati alkalmazásáról szóló előadások váltották ki a legnagyobb érdeklődést. (Megkíséreljük ezeket lapunkban legalább kivonatosan leközölni.)

A délután folyamán került sor a közgyűléseken szokásos egyesületi munkáról szóló beszámolóra, a számvizsgáló bizottság jelentésére és az elnökség egy részének újraválasztására.

Harmadik napon tartott díszgyűlés képezte a rendezvény csúcspontját, amelyet a nyugati egyesületeknél szokásosan néhány klasszikus zeneszámmal nyitottak meg. A megnyitóban *dr. Trenkler* elnök üdvözölte a szövetségi kormány és a stajerországi tartomány kormányképviselőjét, a Főiskola rektoráit, az Alpine-VOEST vezérigazgatóját, valamint az NSZK-beli, a jugoszláv és a magyar egyesület kiküldötteit. A külföldi egyesületek nevében *dr. Schenk* professzor, a VDEh elnöke üdvözölte az osztrák egyesületet.

A rövid elnöki előadásban *dr. Trenkler* professzor főleg az államosított legnagyobb 4 osztrák vállalat (Alpine, VOEST, Böhler, Schöller-Bleckmann) egy konszernbe való összefogását emelte ki. Hangsúlyozta, hogy az egységes vezetés, gazdaságos szakosított termelés és a fejlesztés összehangolása érdekében az osztrák egyesület ezt már évek óta szorgalmazta. Így végre egy évi 4 mill. t-t gyártó konszern alakult ki, amely Nyugat-Európában a termelési rangsorban a tizenegyedik helyre került és remélhető, hogy a legkorszerűbb kohászati eljárások bevezetése révén az osztrák vaskohászat meg tudja tartani azt az élvonalbeli helyét a világon, amit az LD-eljárás révén két évtizeddel ezelőtt kivívott. Foglalkozott a kohómérnök-képzés problémáival is utalva arra, hogy 6 év óta hiány mutatkozik kohómérnökökben és az igény jelenleg is nagyobb, mint ahányan Leobenben kohásznak beíratkoznak.

Ezt követően került sor az egyesületi kitüntetésekre. Tiszteleti taggá választották *Oberhoffer* professzort és *H. Kegelt*, a nyugatnémet egyesület elnökét, a Stahl und Eisen főszerkesztőjét, a két egyesület együttműködésében elért eredmények elismeréseképpen. (Érdekes, hogy 1952 az osztrák egyesület újjászervezése óta mindössze 8 tiszteleti tagja van az Egyesületnek.)

Ezután adták át az osztrák egyesület egyetlen érmét, ill. a 30 000 Schillinges Hans Manzacher-díjat *dr. Holzgrubernek*, aki a Böhler Műveknél a folyamatos öntés továbbfejlesztésével ért el jelentős sikereket. 20 országban szabadalmaztatott találmánya szerinti berendezésből világszerte már 8 működik. (Ezzel az éremmel, ill. a díjjal eddig mindössze két szakembert tüntetett ki az osztrák egyesület. Az alapítólevél szerint az érem csak annak a fiatalabb korosztályba tartozó szakembernek adható, aki nemzetközileg elismert eredményt tud felmutatni a vaskohászat területén.)

Befejezésül — ismét a szokásostól eltérően, de figyelemreméltó programpontként — a szorosan vett szakmától távolálló, de igen időszerű témájú előadást iktattak be: *dr. H. Pichler* az osztrák Űrkutatási Bizottság elnöke tartott egy rendkívül érdekes, sok képpel-rajzzal kísért előadást „Űrállomások, a jövő laboratóriumai" címmel. Előadásában természetesen az űrkutatás révén a kohászatra háruló anyagminőségi, ill. igénybevételi követelményekre is kitért. (Ó. A.)

Beszámoló konferenciáról

VII. Kohászati Anyagvizsgáló Napok

Balatonszéplak, május 30—június 1.

Május 29-én délután benépesültek a balatonszéplaki *INTERPRESS Hotel*, a *DV-MEDICOR Üdülő* és a *NIM Üdülő* épületei. Kisebb-nagyobb csoportokban érkeztek a VII. Kohászati Anyagvizsgáló Napok résztvevői.

A konferenciát több mint egy évvel ezelőtt kezdte szervezni a Vaskohászati Szakosztály Anyagvizsgáló Szakcsoportjának vezetősége: *dr. Fuchs Erik* (elnök), *Répás Pál* (titkár), *Borossay Béla, Kalmár Elemér, Katona László, dr. Pőcze László* és *dr. Weszprémy Barna.* A szervezőbizottság később kiegészült a következő munkatársakkal: *Gegus Ernő, dr. Gergely Márton, Pocsaji László, Szeliga Mihály, Szij Zoltán, dr. Tardy Pál* és *Zimmer Károly.* A konferencia rendezésébe a Magyar Tudományos Akadémia Fémszerkezettani Bizottságán kívül bekapcsolódott a Gépipari Tudományos Egyesület Anyagvizsgáló Szakosztálya is.

A GTE már többször közreműködött nagyrendezvényeink létrehozásában. Ezúttal azonban különleges helyzet adódott: a VII. Kohászati Anyagvizsgáló Napoknak magába kellett foglalnia a *XVI. Magyar Színképelemző Vándorgyűlést.* Nem látszott ugyanis indokoltnak a kohászat és a gépipar kémikusai számára néhány hónapon belül egy másik (színképelemző) analitikai konferenciát is rendezni. A beolvasztás kétségtelen műszaki és gazdasági előnyei mellett már korán mutatkozott hátrány is. Egyebek között túlságosan megnőtt a részvételre jelentkezők száma. A balatonszéplaki színhely kompromisszumok nélkül csak mintegy 400—450 résztvevő kulturált elhelyezésére és ellátására alkalmas, a létszám pedig végül 540-re nőtt.

A *VII. Kohászati Anyagvizsgáló Napok* minden nehézség ellenére megtartotta hagyományos szerkezetét: a *Fémtani Szekció* fémtani és anyagvizsgálati módszerekkel, fémtani alapismeretekkel és az eredmények ipari



1. ábra. Verő akadémikus a plenáris előadását tartja



2. ábra. A megnyitó hallgatóságának egy része

hasznosításával, bevezetésével foglalkozott. A *Kémiai Szekció* a kohászat kémiai analitikai módszereit tárgyalta. A *XVI. Magyar Színképelemző Vándorgyűlés* előadásai részben önálló szekcióüléseken hangzottak el, részben a kémikusok a színképelemzőkkel közös előadásokat is tartottak.

A konferencia hivatalos programja május 30-án reggel 8,30-kor *plenáris üléssel* kezdődött. Megfelelő előadóterem csak Siófokon állt rendelkezésre, a megnyitóra ezért a siófoki *Bányász Üdülő* nagytermében került sor.

Az ülést *dr. Fuchs Erik*, a rendezőbizottság elnöke az alábbi szavakkal nyitotta meg:

„Igen tisztelt Hallgatóim !

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Vaskohászati Szakosztályának Anyagvizsgáló Szakcsoportja először 1960-ban, Ózdon tartott Anyagvizsgáló Napokat; 130—140 hazai és egyetlen külföldi résztvevővel. A második konferenciára két évvel később, Budapesten került sor. 1964 óta pedig — általában ugyancsak kétévenként — Balatonszéplakon találkozunk. Az előadásokat egy-egy fémtani, illetve kémiai szekcióban szoktuk megtartani.

Most hetedszer gyűlünk össze, s bár nem törekedtünk rá, minden eddiginél több a résztvevő, több az előadás. A rendezésben Szakcsoportunkon kívül résztvett a Magyar Tudományos Akadémia Fémszerkezettani Bizottsága, valamint a Gépipari Tudományos Egyesület Anyagvizsgáló Szakosztálya. Konferenciánk ezúttal magába foglalja a XVI. Magyar Színképelemző Vándorgyűlést. Körülbelül 540 regisztrált résztvevőnk van, a külföldiek száma 120-ra tehető. A nagyszámú előadást négy párhuzamos sorozatba kellett osztanunk. A nagyra nőtt méretek érthetően nehézségekkel jártak. Különösen a néhol zsúfolt elhelyezést illetően kell az érdekeltek megértését kérnünk. Mégis reméljük, hogy sikerült megteremteni a hasznos munka, a szakmai tapasztalatcsere, a személyes találkozások kielégítő feltételeit.

Kedves kötelességem, hogy a rendezők nevében szeretettel köszöntsem a VII. Kohászati Anyagvizsgáló Napok minden résztvevőjét. Megkülönböztetett tisztelettel üdvözöljük körünkben a főhatóságaink, valamint a kohó- és gépipari vállalatok megjelent vezetőit, továbbá külföldi kollégáinkat, akik a következő államokból érkeztek hozzánk: Ausztria, Bulgária, Csehszlovákia, Finnország, Jugoszlávia, Lengyelország, Német Demokratikus Köztársaság, Német Szövetségi Köztársaság, Svájc, Svédország.

Végül e helyen is köszönet illeti az üdülőket rendelkezésünkre bocsátó szerveket, vállalatokat; a Vasipari Kutató Intézet vezetőit, akik a szervezést és a nyomdai munkák elvégzését házon belül lehetővé tették, továbbá mindazokat, akik a rendezvényünk létrejöttét bármilyen módon elősegítették.

Még egyszer sok szeretettel köszöntöm konferenciánk résztvevőit, s a VII. Kohászati Anyagvizsgáló Napokat ezennel megnyitom."



3. ábra. A külföldiek egy csoportja a Helikon-Tavernában tartott csárda-vacsorán. A asztalfőn Prof. Dr. F. Lihl, a bécsi műegyetem professzora



4. ábra. Millner akadémikus plenáris előadása közben

A megnyitó után plenáris előadások következtek. *dr. Verő József* akadémikus a mértékegységek nemzetközi rendszerét, az SI-t ismertette. *Dr. Millner Tivadar* akadémikus előadása az „Anyagvizsgálati vonatkozású újabb felismerések a wolframkutatás területén" témával foglalkozott. *Dr. Tóth János*, a Vasipari Kutató Intézet helyettes igazgatója külföldi kiküldetése miatt nem tudta „Kohászati kutatásunk az új mechanizmus első öt évében" c. beszámolóját megtartani, de az előadás anyaga a konferenciai kiadványban a résztvevők rendelkezésére állt. A plenáris ülés *Reiner Zimmermann* „Kutatásszervezési tapasztalatok, különös tekintettel az oktatás és a kutatás kapcsolatára" c. korreferátumával ért véget. Ez a korreferátum a Freibergi Bányászati Akadémia Metallurgia és Anyagtani Szekciójának kutatásszervezési módszereivel foglalkozott, s különösen azért volt érdekes a hazai hallgatóság számára, mert az NDK-beli megoldások sok szempontból nálunk is hasznosítható eredményeiről szólt.

A plenáris ülés után szünet, majd szekcióelőadások következtek. Ez utóbbiak részletesebb ismertetése meghaladná ennek a beszámolónak a kereteit, hiszen összesen 120 előadás szerepelt a programban. Az egyes sorozatokban elhangzott előadásoknak itt ezért csak az előadóit említjük, megjegyezve, hogy néhány közérdekű előadás anyagát cikk alakjában még közölni fogjuk lapunkban. *Az előadások teljes anyagát* a konferenciai kiadvány tartalmazza. A résztvevők két-két, fémtani vagy kémiai előadásokat tartalmazó kötetet kaptak kézhez, a magyarok magyarul, a külföldiek idegen nyelven. Összesen nyolcféle kötet készült, amelyeknek összeállítása és kiadása komoly erőfeszítést követelt a Vasipari Kutató Intézet kollektívájától. — Az előadók a következők voltak:

Fémtani Szekció

F/1-*sorozat: Prohászka J., Szőke L., Eckstein, H. J.* (NDK), *Peisker, D.* (NDK), *Fuchs E., Roósz A., Káldor M., Skalicky, P.* (Ausztria). — **F/2**-*sorozat: Tóth J., Veles, P.* (Csehszlov.) *Hidvéghy, J.* (Csehszlov.), *Clement A., Artinger I., K.-né Maróti G., Narancsik P., Verő B., Rittinger J., Gergely M., Pocsaji L., Kamarás, L.* (Csehszlov.) *Sobotka, J.* (Csehszlov.) *Foldyna, V.* (Csehszlov.) *Brázdil, V.* (Csehszlov.) *Tranta F., Kisfaludy A., Kálmán Gy.*, — **F/3**-*sorozat: Koritta, J.* (Csehszlov.) *Holecek, S.* (Csehszlov.), *Tranta F.-né, Szij Z., Banizs K., Bobok Gy., Bárczy P., Nébli V., K.-né Cseténvi E., Wagendristel, A.* (Ausztria), *Kulcsár J., Tóth A., Albert B., Lorge Gy., Csébi J., Eigner V., Csepregi O.*, — **F/4**-*sorozat:*

Czinege I., Sárossy Gy., Csákó J., Fehérvári A., Bacskai A., Takács S., Lehofer K., Lipinski, W. (Lengyelo.), *Kromp, K.*, (Ausztria), *Kromp, W.* (Ausztria), *Weiss, B.* (Ausztria), *Szombatfalvy Á., Földeáki M., Szabados E., Szűrös L., Schleusener, D.* (NDK), *Arató P., Lendvai J., Wiesinger, H. D.* (NDK), — **F/5**-*sorozat: Tardy P., Kovács L., Eördögh I., Simmen, B.* (NDK), *Koch, F.* (NDK), *Koch, H.* (Ausztria), *Quatember, B.* (Ausztria), *Csanády A.-né, Stefániai V., Tschegg, E.* (Ausztria), *Oettel, H.* (NDK), *Gangli P., Romwalter A., Gémesi M., Imre A., Horváth Cs., Kreisz J., Tvrdy, M.* (Csehszlov.), *Hyspecka, L.*, (Csehszlov.), *Mazanec, K.* (Csehszlov.), *Matolcsy M.* — **F/6**-*sorozat: Varga L., Lizák J., Krakszner, Gy.* (Jugoszl.), *Zábávnik, V.* (Csehszlov.), *Karel, V.* (Csehszlov.), *Német E., Egri L., Kocsó I., S.-né Gábor M., Fenyvesi Gy., Németh S., Basler, G.* (NSZK), *Réti P., Kasumagic, I.* (Jugoszl.), *Sladojevic, B.* (Jugo.), *Kőszegi L.*

Kémiai és Színképelemző Szekció

K/1-*sorozat: Sajó I., Sipos A.-né, Jugyelevics, J. G.* (SZU), *Bujanova, L. M.* (SZU), *Selpakova, J. R.* (SZU), *Csucsalina, L. Sz.* (SZU), *Protopopova, N. P.* (SZU), *Prohorova, Sz. A.* (SZU), *Heegn, H.* (NDK), *Dimitrova M.* (Bulgária), *Lovasi J., Szűcs P.-né* — **K/2** és **S/2**-*sorozat: Inczédy J., Thomich, W.* (NSZK), *Slickers, K.* (Svájc), *Peltola, H.* (Finno.), *Saarelainen, E.* (Finno.), *Moenke, L.* (NDK), *Zimmer K., Járó M., Schulze, M.* (NDK), *Répás P., Gegus E., Móritz P., Veres S., Saarni, K.* (Finno.), *Weszprémy B., Petrakiev, A.* (Bulgária), *Paneva, A.* (Bulgária), *Koleva, I.* (Bulgária). — **K/3**-*sorozat: Kalmár E., Vorsatz B., Pilissy L., Imre J., Büchel, E.* (NSZK) *Lemm, H.* (NSZK), *Pásztor G., Holecek, S.* (Csehszlov.), *Patlejch, V.* (Csehszlov.), *Szűcs P.-né, Tomcsányi L., Bozsai I.*

Színképelemző Vándorgyűlés

S/1-*sorozat: Pavlovic, B.* (Jugoszl.), *Ikonomov, N.* (Jugoszl.), *Todorovic, M.* (Jugoszl.), *Pravceva, C.* (Bulgária), *Delyska, A.* (Bulgária), *Ninova, V.* (Bulgária), *Török T., Heltai Gy., Kádas M., Demény D., Eszenyi L.-né Luft, B.* (NDK), *Tóth B.-né, Szőke L.* — **S/2**-*sorozat:* a Kémiai Szekcióval közös előadások. — **S/3**-*sorozat: Strzyzewska, B.* (Lengyelor.), *Fijalkowski, J.* (Lengyelo.), *Kucharzewski, B.* (Lengyelo.), *Zadgorska, Z.* (Bulgária), *Krasnobaeva, N.* (Bulgária), *Szabó Z. L., Tóth I., Pöppl L., Jugyelevics, I. G.* (SZU), *Szaburova, V. P.* (SZU), *Torgov, V. G.* (SZU), *Abdallah, A.*, (Lengyelo.), *Pszonicki, L.* (Lengyelo.), *Szakács O., Horváth Zs., Zapp E., Harsányi E., Pólos L., Bezur L., Pungor E., Posgay Gy.-né, Borsodi M.-né, Lovási J., Czakow, J.* (Lengyelo.), *Demény D., Papp L., Szarvas P., Szilvássy Z.-né, Kántor T., Pungor E., Fodor P., Youssef, Y. S., Kántor T., Pungor E., Lakatos I., Paksy L.*

A szekcióelőadások június 1-én, délben értek véget.

Előadásokat ezúttal is csak a délelőtti órákban tartottunk, s arra törekedtünk, hogy délutánonként az érdeklődő nyugodt, kulturált körülmények között, szűkebb körben vitassák meg problémáikat. Ehhez ideális környezetet biztosítottak a már felsorolt üdülők, a Balaton partja, s nem utolsó sorban a mindvégig rendkívül jó időjárás. A kollégiális kapcsolatok elmélyítését szolgálta az a magyaros vacsorával egybekötött autóbuszkirándulás is, amelynek végállomása a vonyarcvashegyi *Helikon Taverna*-vendéglő, a balatonfüredi *Tölgyfa*-csárda, illetve az ugyancsak balatonfüredi *Koloska*-csárda volt.

Meggyőződésünk, hogy a VII. Kohászati Anyagvizsgáló Napok jól szolgálta a kitűzött célokat. A rendezők munkája azonban nem ért véget. Összegezniük kell a tapasztalatokat, s mielőbb ki kell alakítani a következő, 1975. évi, VIII. Kohászati Anyagvizsgáló Napok szervezésének alapjait. *(F. E.—R. P.)*

Beszámoló külföldi tanulmányútról

A Q—BOP és SIP acélgyártó eljárások tanulmányozása Amerikában

A Q—BOP (Qiet-Bottom-Oxigén-Process) és SIP (Submerged Injection Process) alsófúvatású oxigénes acélgyártó technológiákat tanulmányozta egy kohászati delegáció július 20—31. közötti időszakban az Egyesült Államokbeli US Steel Gary-ban levő, illetve a canadai a Sydney Steel Nova Scotia-i Martin üzemében.

A tanulmányút résztvevői: *dr. Énekes Sándor,* (LKM) *dr. Fürjes Emil* (OKÜ), *Kemény Kornél* (OT), *Martin Imre* (MVAE), *Pataricza Imre* (METALIMPEX), *Répási Gellért* (DV), és *Varró Kálmán* (KGM) voltak.

A US Steel Gary üzemében az új Q—BOP üzem megtekintésére nyílt alkalom.

Ez a vállalat SM, LD és Q—BOP acélművekkel rendelkezik. Az SM üzemben 200 tonnás álló martinkemencék vannak, mintegy 18 db, amelyből 14—15 működik szakaszosan. A vállalat acéltermelésének jelentős részét az LD konverterüzem képviseli, amelynek kapacitása 4,5 mt/év. A megépített Q—BOP üzem eredetileg martin acélmű volt, a tervezés során LD konvertereket kívántak betelepíteni csarnokbővítéssel egybekötve. A kivitelezés alatt azonban az új eljárás alkalmazására határozták el magukat, így a csarnokok az LD üzemhez szükséges nagyobb magassággal bírnak. Az építés mintegy 2 évet vett igénybe és 1972. decemberére lett kész. Az építés során a régi SM csarnokokból 2 megmaradt, illetve beépítésre került. A Q—BOP üzem első próbái 1973. febr. 14-én indultak egy műszakban. Két hét múlva áttértek a két műszakos üzemre, egy hónapon belül pedig bevezetésre került a három műszakos üzem.

A kísérleti üzem tapasztalatai alapján megállapítható volt, hogy az LD üzemben lehozható 57 adag/nap kapacitással szemben, a Q—BOP üzem 62 adag/napot tud biztosítani. A vállalatot a Q—BOP eljárás bevezetésére

— a jobb fémkihozatal,
— a kisebb fajlagos tűzállóanyag fogyasztás,
— kisebb mennyiségű salak,
— rövidebb fúvatási idő, káros hatások nélkül,
— kisebb beruházási költségek

elérésére ösztönözte.

Az eltelt időszakban az állandóan javuló üzemi körülmények az eljárás létjogosultságát bizonyították.

A beolvasztható hulladék mennyiség még nem érte el az LD üzemnél felhasznált 29%-ot. Ennek okát üzemelési körülményekkel magyarázták, ugyanis legnagyobb probléma az indulásnál a fenékfúvatású technológia elsajátítása volt, a konverterszájnál képződő medve csökkentése, illetve eltávolítása, a meleg fenékcsere megtanulása. A fúvókák számának növelésével, a földgáz bevezetésével, a folyamatos üzemmel, valamint a magasabb nyersvas beöntési hőmérséklettel, mintegy 4,9%-os hulladékmennyiség növelést kívánnak elérni. A hulladék előmelegítéssel (10 perces melegítés) további javulást terveznek. Az üzemben három konverter van 220 tonnás (short t) kapacitású, amelyből kettő állandóan üzemel, egy pedig javítás alatt van. A látogatás alkalmával kétórás előmelegítés után konverter üzembe-indítását láttuk. Az adagidő 42 perc volt.

A fúvókákkal ellátott (12 db fúvóka) cserélhető konverter fenekekből 9 db van, 3 beépített, 3 bontási és 3 hidegen elkészített állapotban. A konverter fenekek tartóssága jelenleg 270 adag, célkitűzés a 300 adag elérése. A konverter bélések tartóssága 900—1000 adag, így egy kampány alatt 2 melegfenék csere válik szükségessé. A konverter és a cserélhető fenék tűzálló anyaga magnezittégla.

A konverterek üzeme az acélmű szakembereinek közlése szerint zavartalan, hasonló, vagy megegyezik az LD üzemek üzemviteli körülményeivel, a fúvatás alatt nyugodt és csendesebb, mint a felsőfúvatású oxigénes konverter, e körülményt a látogatás alkalmával legyártott és megtekintett 3 adag is bizonyította.

A Q—BOP eljárás technikai problémáit a PECOR és ez USS Engineers and Consultants tervezőivel is megvitattuk. A tervezők közölték, hogy kifejezetten Q—BOP eljárással tervezett és épített üzem jelenleg még nem működik, ugyanis a Gary-ban üzemelő konverter átmérő és magasság viszonya 1,3, míg a kifeje-

zett Q—BOP konverternél ez 1,0. Tervezés alatt van jelenleg egy 1,3 mt/év kapacitású, zöldmezős telepítésű Q—BOP üzem, amely oxigén ellátás és folyamatos öntőmű nélkül, mintegy 20%-kal kisebb fajlagos beruházási költséget igényel, az ugyanilyen kapacitású LD üzem létesítési költségével szemben. A beruházási összegekben a füstgáz tisztítás költségei mintegy 15%-os részesedéssel bentfoglaltaknak.

Üzemlátogatás a Sydney Steel-nél

Az üzem 6 db 200 tonnás buktatható SM kemencével dolgozik, amelyből 1 állandóan javításon van. Az elmúlt időszak alatt 3 kemencében teremtették meg a SIP technológiai alkalmazásának lehetőségét. 1971 októberében az 5. sz. kemencében kezdték el a kísérleteket, majd 1972. év folyamán a 6. sz. kemencét is átépítették. Az 5 kemence közül 1 kemence dolgozott SIP technológiával 1973. április hó végéig. A termelési adatok alapján számított t/nap termelési adatok kemencénként meghatározásra kerültek, melyből kiderül, hogy a SIP technológiával mintegy 50%-os átlagos teljesítmény növekedés érhető el kemencénként. A fúvókafogyasztás mintegy 5 dollárcent/t és adagonkénti fogyása 10 mm/adag. A kemence boltozat tartóssága 150 adag szemben az SM-technológiánál elért 300—350 adaggal. A kísérletek alatt legyártott közel 1300 adag 87%-os kihozatalt bizonyított. A fúvatás ideje alatt semmiféle rendellenesség (berobbanás) nem történt, a fürdő fúvatása nyugodt volt. Követelmény, hogy a fúvóka a fenéktől mintegy 400 mm-re kb. a fürdőmélység közepén helyezkedjen el. Az üzemben tapasztaltak alapján meggyőződtünk arról, hogy SIP technológia egyszerű beépítésével, kis beruházási igényével a termelésnövelés jelentős eszköze lehet a korszerű SM kemencékben is. (VK).

Egyesületi hírek

A KGMTI-ben működő Helyi Csoport tevékenysége

A múlt évben indult szervezőmunka eredményeként 1972 februárjában a KGMTI dolgozói közül az OMBKE tagjai (33 fő) Ideiglenes Helyi Csoport Vezetőséget választottak. Az Ideiglenes Vezetőség feladata a KGMTI dolgozói közötti tagtoborzás, valamint a végleges vezetőséget megválasztó taggyűlés előkészítése volt. Az Ideiglenes Vezetőség feladatait sikeresen végrehajtotta. A tagok száma 13-mal növekedett és a vezetőségválasztó taggyűlést múlt év április havában tartották meg.

A taggyűlést *Inokai János* igazgató, az Ideiglenes Vezetőség elnöke nyitotta meg. A megválasztott Jelölő Bizottság javaslatát *Kollár Sándor* terjesztette elő, melynek alapján a következő ciklusra 7 tagú vezetőséget választottak. A Helyi Csoport elnöke *Inokai János*, a KGMTI igazgatója, titkára pedig *Kézdi Árpád* lett.

A megválasztott vezetőséget az OMBKE Vaskohászati Szakosztály nevében *Nagy Zoltán* alelnök, az Öntödei Szakosztály nevében pedig *Szász József* alelnök üdvözölte.

Inokai János bizalmat megköszönő beszédében nyomatékosan kihangsúlyozta, hogy a KGMTI-ben végzett tervezői munka és az egyesületi munka egymást kölcsönösen kiegészíti és erősíti.

A vezetőségválasztó taggyűlésen, a szavazatok összeszámolásának ideje alatt *Dolgos László* okl. kohómérnök beszámolt az Osztravában 1971 októberében „Acélgyártás Tendem-kemencékben" témakörben rendezett nemzetközi konferenciáról. Érdeklődéssel kísért előadását élénk vita követte. A hallgatóságot elsősorban a hazai alkalmazás lehetőségei érdekelték. Ilyen aspektusból sorra vették hazai acélműveinket.

A közgyűlésen elhangzott szempontok és a helyi sajátosságok figyelembevételével a megválasztott Vezetőség az 1972. évi munkájához munkatervet dolgozott ki. A Vezetőség a munkaterv összeállításánál olyan program kidolgozását tartotta szem előtt, mely nemcsak a kohászokat, hanem a kohászati tervezésekkel foglalkozó más szakmák képviselőit is serkenti az egyesületi munkába való bekapcsolódásra. A Helyi Csoport az egyesületi munka sajátos módszereivel segítséget kíván nyújtani a gazdasági vezetésnek, hosszú távon pedig kezdeményezőjévé válik az egyesületi szinten végzendő tervezéssel és fejlesztéssel kapcsolatos tevékenységeknek.

November 9-én klubnap keretében *Kollár Sándor* okl. kohómérnök „Utazás a spanyol tengerpartra" címmel sikeres vetítettképes beszámolót tartott.

Január 10-én a Helyi Csoport felkérésére *Mándoki Andor* okl. kohómérnök, a Vas- és Acélipari Egyesülés főosztályvezetője, színes képek vetítésével illusztrált előadást tartott svédországi tanulmányútja tapasztalatairól „Vaskohászati gyárakon belüli korszerű anyagmozgatás" címmel. Előadásában domináló tényező volt a nagyteljesítményű, gumikerekes, közúti járművek kohászati üzemekben történő alkalmazása. A hozzászólók egyrészt a hazai viszonyok közötti alkalmazás lehetőségeit taglalták, másrészt a szállítási feladatok tőkés és a szocialista viszonyok közötti megoldásában a beruházások szerepének azonosságait és különbségeit elemezték.

Február 22-én *Osztatni Mihály* okl. kohómérnök és *Nagy Béla* okl. mérnök a Helyi Csoport érdeklődő tagjai részére „Novolipeck-i üzemlátogatás tapasztalatai" címmel tanulmányúti beszámolót tartottak, melyet konzultáció követett. *Osztatni Mihály* tagtársunk előadásának első részében, különös tekintettel a szovjet állam megalakulásának 50. évfordulójára, általános helyzetképet adott a szovjet vaskohászatról. Az előadásokat követő konzultáció során az a vélemény alakult ki, hogy a tömeggyártást kielégítő 10 millió t/év nagyságrendű kohászati üzemek mellett a regionális igények kielégítésére az 1 mill. t/év termelési kapacitású acélműveknek is van és a jövőben is lesz szerepe.

A Kovács-Szakcsoport szervezésében és a KGMTI Helyi Csoport közreműködésével márc. 8-án nagyszámú érdeklődő részére a KGMTI kultúrtermében „Iparművészeti kovácsolás" címmel *Bieber Károly* kovácsművész színes filmvetítéssel és kovácsolt tárgyak bemutatásával egybekötött nagysikerű előadást tartott.

A Helyi Csoport tevékenysége az ismertetett előadásokon kívül a következőkre is kiterjedt:

A „Kohászat"-ban a tervezés- és fejlesztéssel kapcsolatos szakcikkek megjelenése érdekében tagjaink öntödei és hengerműi problémákat dolgoztak ki, melyekből 1972-ben már több meg is jelent. Ez a munka tagtársaink részéről folyamatos tevékenységnek ígérkezik.

A Helyi Csoport jó kapcsolatokat alakított ki a Kohászati Gyárépítő Vállalat és az Ózdi Kohászati Üzemek Helyi Csoportjával. Ennek eredményeként, a vállalatok gazdasági vezetőinek anyagi támogatásával a fiatalabb generációt képviselő tagtársaink az alábbi tanulmányutakon vettek részt:

Osztrava (Witkovicze és Kuncice) ..... 5 fő, 4 nap
Osztrava—Krakkó (Nova-Huta) ..... 1 fő, 13 nap
Kecskeméti Kádöntöde ..... 5 fő, 1 nap

Végül azt is megemlítjük, hogy az 1972. év végére a Helyi Csoport taglétszáma 64 főre növekedett. Beigazolódott, hogy Egyesületünk életébe szívesen bekapcsolódnak nem kohász végzettségű, de a kohászat fejlesztésével foglalkozó különböző szakterületek képviselői is. (KS)

A Hengerész Szakcsoport március 29—30-i ülése Dunaújvárosban

A Hengerész Szakcsoport márc. 29-én és 30-án tartotta meg I. negyedéves rendes ülését. 29-én a Dunai Vasmű klubhelyiségében, 30-án pedig a NME Kohó- és Fémipari Főiskola tanácstermében.

Az összejövetelen megjelent a Vaskohászati Szakosztály részéről *Nagy Zoltán* alelnök és *Óvári Antal* főszerkesztő, a NME Kohó- és Fémipari Főiskola részéről *Molnár László* igazgató, a MVAE részéről *Dévényi György* igazgató, a Dunai Vasmű részéről *Répási Gellért* műszaki vezérigazgató helyettes, a Vasipari Kutató Intézet részéről *dr. Tóth János* igazgatóhelyettes. A tanácskozáson résztvettek a Hengerész Szakcsoport állandó

tagjai, továbbá a Dunai Vasmű és a Főiskola hengerész és továbbfeldolgozó szakemberei.

A megjelenteket, mint házigazda *Répási Gellért* üdvözölte a Dunai Vasmű Igazgatósága és az Egyesület helyi csoportja nevében, majd az elnöklő *Dévényi György* nyitotta meg a tanácskozást.

1. Napirendi pont: A Meleghengermű fejlesztésének kérdései.

A bevezető előadást *Réti Vilmos* fejlesztési főosztályvezető tartotta a Meleghengermű fejlesztésének kérdéseiről. Ismertette a Meleghengermű felfutását, amely a névleges 0,4 milliós betétszinttel szemben 1972-ben 1 millió tonnánál nagyobb termelést ért el. A felfutást a következő tényezők tették lehetővé; *a)* a berendezésben meglevő tervezési tartalékok, *b)* a bevezetett egyenleges technológia, amelynek üzemszerűvé tételét az Acélmű lényeges felületjavítási tevékenysége tette lehetővé, *c)* a berendezés menetközbeni fejlesztése.

Főbb fejlesztések a következők voltak: az előnyújtó meghajtás teljesítményének 30 %-os növelése, a hengerhűtés korszerűsítése, a reveeltávolítás megoldása és a tekercssúly növelése.

A jelenleg tervbevett fejlesztés a következő célokat szolgálja: *a)* a kapacitás bővítése, *b)* a minőség javítása, *c)* a méretválaszték bővítése. A kapacitás bővítését a folyamatos öntés bevezetésével és a veszteségidők csökkentésével kívánják elérni. Elsősorban a hengercsereidőt rövidítik. A teljesítmény növelése érdekében a 6 kp/mm helyett kb. 10 kp/mm tekercssúlyt terveznek. Minőségjavítás céljából elsősorban a hidraulikus vastagságszabályozást kívánják bevezetni, foglalkoznak a hengerlés hőmérsékletének szabályozásával, és a kifutó darab pontosabb hűtésével, részben a mechanikai tulajdonságok javítása, részben a reve csökkentése céljából. A táblalemezek gyártására bevezetik a lefejtő-lemezgyártás technológiáját. A méretválaszték bővítése érdekében növelik a tekercsben gyártott szalagok vastagságát, ezzel a spirálcsövek méretválasztékát bővítik.

Tóth Mátyás technológus a mikroötvözésű spirálcsövekhez gyártott szalagok szabályozott hengerléséről számolt be. A szabályozás a véghőmérsékletre és a szalag hűtésére irányul. Üzemszerűen kétféle összetételű alapanyagból gyártanak legalább 42 kp/mm² folyáshatárú szalagokat. Az egyikben egyedül V a mikroötvöző, a másikban V és Nb. Ez utóbbit kis karbontartalommal gyártják; ún. perlitszegény szövettel, 0,42-nél kisebb karbonegyenértékkel. A szalagok az 52 típusú acélcsövek gyártásához alkalmasnak bizonyultak. Jelenleg kísérletet végeznek féligcsillapított acélok hengerlésének szabályozására is.

Szücs Ferenc okl. villamosmérnök, az előnyújtó állvány automatikus állítás-szabályozását ismertette. A VILLATI által tervezett berendezést 1972 közepén állították üzembe és fokozatosan fejlesztették fel. Jelenleg az előnyújtó üzemidejének kb. 70 %-ában dolgozik automatikával. Az állítás vezérlését lyukszalag segítségével végzik, amplidin szabályozással. Foglalkoznak a torlóállvány állításának szabályozásával is.

2. Napirendi pont: Hidegen hengerelt lemezek gyártásának kérdései

Budavári Ottó technológus a hidegen hengerelt lemezek és szalagok átmeneti korrózióvédelmével foglalkozott. Elsősorban azokat a lemezeket és szalagokat kell korrózió ellen védeni, amelyeket tengeri úton szállítanak. Ezeket olajozással védik. Annak megállapítására, hogy különböző olajok milyen felületi védelmet nyújtanak tengeri levegő okozta korrózióval szemben, sópermetkamrában végeztek kísérleteket. Megvizsgálták különböző olajok hatását, és megkeresték azokat az olajkészítményeket, amelyek a védelmet legjobban biztosítják.

Kaczander Károly üzemvezető a kombináltsavas pácolást ismertette. A tisztán kénsavas pácolás helyett a Dunai Vasműben áttértek a kétlépcsős pácolásra. Első lépcsőben kénsavval, második lépcsőben sósavval pácolnak. Ezzel növelték a pácolás teljesítményét és javították a szalagok felületi minőségét. Az előadó összehasonlította a kénsavas és sósavas pácolás előnyeit és hátrányait és arra az álláspontra helyezkedett, hogy a kénsavas pácolás látszólagos gazdasági előnyeit a sósavas pácolás minőség- és teljesítményjavító hatása nagyrészt ellensúlyozza.

3. napirendi pont: A hengerművi karbantartás és a másodtermékgyártás kérdései

Rapatyi József karbantartásvezető a hengerműben folyó TMK szervezésről számolt be. Elmondotta, hogy munkaszervező irodát állítottak fel, amely a TMK módszertani fejlesztésével foglalkozik. A szervezés keretében a folyamatosan kapcsolódó berendezéseket részekre osztották fel és részenként külön-külön vizsgálják a meghibásodások időbeni jelentkezését, amely tapasztalat szerint szabályos eloszlást mutat. Ezek ismeretében dolgozzák ki a berendezések megelőző javításának idejét, majd a javítás lebonyolítására típus hálóterveket munkálnak ki. A mechanikai berendezések ilyen jellegű karbantartása kialakítás alatt van, a villamos motorok karbantartását azonban már több éve a kidolgozott elvek alapján végzik, számítógép felhasználásával.

Varga Ferenc fejlesztőmérnök a hajlított-profilgyártás jelenlegi helyzetét ismertette. A Dunai Vasműben hidegen hajlított profilokat nyitott és zárt kivitelben gyártanak igen nagy választékban. Kiinduló anyagként meleg, vagy hideg-tekercset használnak fel, amelyet hasítás után görgős hajlítással alakítanak a kívánt alakra és méretre. A zárt szelvényeket először csővé alakítják, majd nagyfrekvenciás indukciós hegesztéssel csőszelvénnyé alakítják, utána egyengetik és végső alakra formálják. Gyártott szelvényeik kiterített mérete 40—400 mm között van. Bemutatta néhány bonyolultabb és érdekesebb szelvény hajlítási tervét.

Horváth István műszaki osztályvezető a zárt szelvények speciális technológiai problémáiról tartott előadást. Különös hangsúllyal foglalkozott a zárt szelvények hegesztésének kérdésével, amely a gyártás fő problémáját képezi. Tapasztalat szerint jó minőségű hegesztett kötéseket a 0,16 %-nál kisebb C-tartalmú acélokon lehet elérni. Nagymértékben növekedett a gyártás biztonsága, mióta az ellenállás hegesztéséről a nagyfrekvenciás hegesztésre tértek át.

Az előadásokat vita követte, majd a résztvevők a Halászcsárdában baráti hangulatú vacsorán vettek részt.

A másnapi előadásokat a Főiskola oktatói tartották.

4. napirendi pont: A Főiskola nevelő és tudományos tevékenysége

Dr. Schummel Rezső a NME Kohó- és Fémipari Főiskolai Karán végzett üzemmérnök-képzésről adott átfogó képet. Foglalkozott az üzemmérnök-képzés indokaival, az ipar által támasztott ilyen irányú igényekkel, az elhelyezkedés lehetőségeivel, a szakosítás jelenlegi helyzetével és a képzés várható jövőjével. Összehasonlítást tett a külföldi és a hazai üzemmérnök-képzés módszerei és jellege között.

Rédei András docens az Alakítástechnológiai Tanszéken folytatott gyakorlati képzést és tudományos munkát ismertette. Beszámolójából különös figyelmet érdemel a különböző szerzők által közölt hengerlési képletek összehasonlítása. Véleménye szerint még közel sincs meg az összhang a kísérleti eredmények eredményeképpen kapott tapasztalati képletek és a hengerlés jelenségeinek elméleti feldolgozása között.

Dr Tóth Tamás adjunktus az acélok hidegalakíthatóságáról tartott előadást. Részletesen foglalkozott a titánnal stabilizált austenites acélok hidegalakítás közbeni viselkedésével, az alakíthatóságot meghatározó tényezőkkel.

Az előadások után a feltett kérdésekre főleg a Főiskola célkitűzéseire az előadók részletes felvilágosításokat adtak.

Ezután *Molnár László* igazgató, a Főiskola részéről megköszönte, hogy a Szakcsoport az ülés egyrészét a Főiskolán tartotta és hangsúlyozta a Főiskola és az üzemek szoros együttműködésének szükségességét. Véleménye szerint a dinamikus kölcsönhatástól várható a jövőben is jó eredmény. Kérte, hogy a gyakorlatban működő szakemberek a korszerű üzemmérnök képzés érdekében támogassák a Főiskolát.

Befejezésül a találkozót *Dévényi György* elnök értékelte, kiemelte a sokrétű nívós előadásokat.

Ezt követően a résztvevők megtekintették a képlékenyalakítástani Tanszék gépcsarnokát, amely egyre több berendezéssel (kalapácsok, hengersorok, kemencék) rendelkezik, valamint a metallográfiai laboratóriumot. (RZ)

FÉMKOHÁSZAT

Rovatvezetők: GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ

Fémek kinyerése baktériumokkal

Dr. VÁRHEGYI GYŐZŐ
a műszaki tudományok doktora
igazgatóhelyettes, FKI

Dr. SZOLNOKI JÁNOS
a biológiai tudományok kandidátusa
MTA Geokémiai Kutató Laboratórium

Dr. MISKEI MIHÁLY
a kémiai tudományok kandidátusa, FKI

Dr. LAKATOS TAMÁS tudományos munkatárs, FKI

DK.:622.775:576.8:577.17:167

A szerzők tanulmányukban ismertetik a mikroorganizmusok hatását a fémek kilúgozásának folyamatában és a baktériumok szerepét és felhasználásuk lehetőségeit elsősorban a szegényércek és a meddőhányók fémtartalmának kinyerésében. Közlik a biokatalízis közreműködésével lejátszódó leglényegesebb reakciókat. Ismertetik a baktériumfajtákat, tárgyalják a baktériumos kilúgozás folyamatát, berendezéseit, rámutatnak a hazai alkalmazás lehetőségeire, figyelembe véve az eddigi kutatásaik eredményeit.

A színes- és ritkafémek iránti kereslet növekedése az egész világon tapasztalható. A rendelkezésre álló egyre alacsonyabb fémtartalmú érckészletek feldolgozása a hagyományos kémiai módszerekkel nem minden esetben gazdaságos és csak az eddigiektől eltérő technológiával valósítható meg.

A hidrometallurgiában régóta ismeretes, hogy a ferri-sók savas oldatának erős kilúgozó hatása van. A különböző fémeket az ércekből szulfát, vagy egyéb formában kioldják, miközben ferro-vá redukálódnak. Az eljárás széles körben való elterjedésének korábban gátat vetett az a körülmény, hogy a képződött ferro-vasat savas közegben egyátalán nem, vagy csak nehezen és költséges módon lehetett a hagyományos kémiai eljárásokkal ismét ferrivé oxidálni. Bizonyos — a Thiobacillus genushoz tartozó — kemoautotróf kénbaktériumok azonban képesek arra, hogy a ferro-sókat ferrivé oxidálják biokatalitikus úton [1]. A folyamat a következő egyenlettel jellemezhető:

$$4\,FeSO_4 + H_4SO_4 + O_2 \xrightarrow{\text{biokatalízis}} 2\,Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$

Ha a ferriszulfát fémszulfidra (pl. pirit) hat, ferroszulfát és kén keletkezik:

$$FeS_2 + Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow 3\,FeSO_4 + 2\,S$$

Az így képződött kenet ugyancsak baktériumok oxidálják kénsavvá:

$$2\,S + 3\,O_2 + 2\,H_2O \xrightarrow{\text{biokatalízis}} 2\,H_2SO_4$$

Ezek a folyamatok természetes körülmények között is lejátszódnak. A pirites kőszénbányák vastartalmú, savas, erősen korrodeáló hatású bányavize, valamint egyes szulfidérc-lelőhelyek magas fémtartalmú savas bányavize túlnyomórészt ezen mikrobák tevékenységének hatására keletkezik [2]. A *Rio Tintó*-i ércbányák elfolyó bányavize pl. annyi oldott rezet tartalmaz, hogy abból már évszázadok óta gazdaságosan kinyerik a fémet. Az a felismerés, hogy a fémek oxidációja mikrobiológiai hatásra következik be, csak *Colmer* és *Hinkle* [3] vizsgálatai óta ismeretes, akik exakt módon igazolták a folyamat biokatalitikus jellegét, és izolálták a megfelelő mikroorganizmust, amelyet Thiobacillus ferrooxidansnak neveztek el (*1. ábra*).



1. ábra. Thiobacillus ferrooxidans. A — ×1300; B — ×15 000. (Fény-, ill. elektronmikroszkópos felvétel)

Ez a mikroorganizmus felfedezése óta hatalmas karriert futott be, a *Szovjetunióban*, az *USA*-ban és *Kanadában* ipari méretekben alkalmazták [4, 5, 6] és hozzá fűződik a hidrometallurgia egy új ágának a biometallurgiának a kialakulása [7].

Szerepet játszanak ezek a mikrobák a fémek migrációjában, sőt, a jelenkori áthalmozódásban és, egyes üledések érctelepek kialakulásában is [8, 9, 10, 11].

Ezek a baktériumok nemcsak a szulfidércek oxidációját tudják katalizálni, de segítségükkel egyéb, nem szulfid típusú ércek is kilúgozhatók, mint pl. a négyértékű urán hatértékűvé oxidálódik, és ezáltal oldhatóvá válik [6, 12, 13].

Minthogy az eljárás gazdaságos, világszerte egyre inkább tért hódít, és újabban nem csupán a szegényércek és meddőhányók, de a dús, műrevaló ércek kilúgozására is kezdik felhasználni [13, 14].

A biometallurgiában felhasznált baktériumok

Az oxidációs folyamatokban résztvevő baktériumok mintegy 1—1,5 μm hosszúságúak és 0,5 μm vastagságúak, pálcika alakúak, mozgékonyak. Aerobok, vagyis csak levegő jelenlétében képesek élni. Kemoautotrofok, mai annyit jelent, hogy életünk-

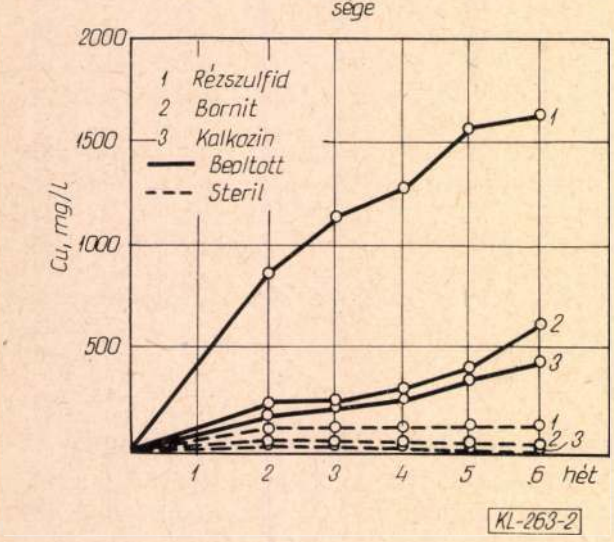
höz semmiféle szerves anyagra nincs szükség. A testük felépítéséhez szükséges karbont a levegő szén-dioxidjából veszik fel, élettevékenységükhöz szükséges energiát pedig szervetlen anyagok oxidációjából fedezik. Savtűrők, 0,6—5,8 pH-tartományban életképesek. Számukra optimális hőmérséklet tartomány 35—40 °C között van. A Th. ferrooxidans a kétértékű vasat és a ként használja fel energiaforrásként [15, 16].

A már említett Thiobacillus ferrooxidanson kívül ide tartozik a Th. thiooxidans, amely szintén a bányavizekben fordul elő és jelentős oxidációs szerepe van [17, 18, 19]. Umbreit szerint [16] egyedüli energiaforrása a kén, amelyet kénsavvá oxidál. Morfológiailag a Th. ferrooxidanshoz hasonló. Ez ideig a legsavtűrőbb organizmus, még $pH = 0{,}6$ értéknél is életképes.

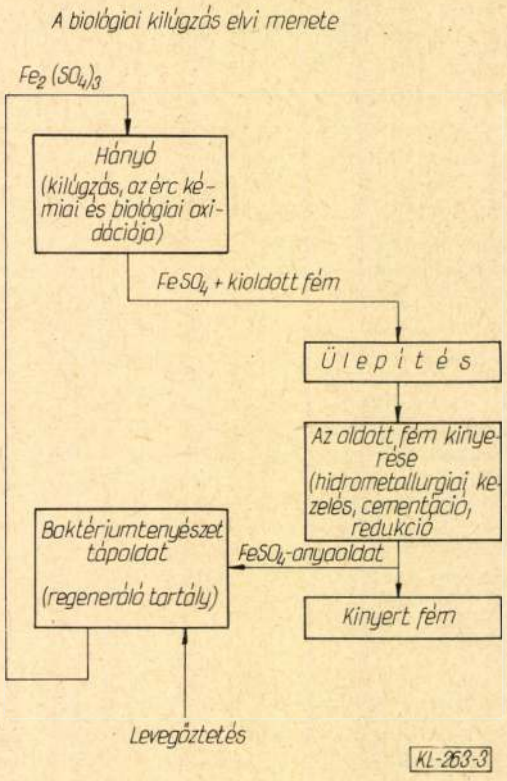
Az ércek kilúgozásánál felhasználják még a Ferrobacillus ferrooxidans-t is, amely egyaránt kén- és vasoxidáló hatású [20, 21, 15, 22, 23]. A fenti baktériumok, vagy ezek valamelyike a legtöbb savas bányavízben megtalálható. Ha ilyen bányavizet antiszeptikumokkal kezelünk (pl. fenol), vagy előzőleg baktériumszűrőn sterilizáltuk, és ezután hozzuk össze valamilyen ércccel, kilúgozás nem tapasztalható, legfeljebb igen kis mértékű. Baktériumok jelenlétében viszont nagy mennyiségű fém lúgozható ki. Ezzel bizonyíthatjuk [24], hogy pl. a réz előfordulása a bányavizekben mikrobiológiai folyamat eredménye (*2. ábra*).

A Th. ferrooxidans a baktériumos kilúgozási folyamatokban legáltalánosabban használt organizmus, mert a legkülönfélébb fémszulfidokat képes megtámadni [25, 26, 27, 15, 18, 29, 21, 30, 31, 32, 33]. Ezenkívül oxidos ércek [34] és olyan ásványi meddők, iszapok kilúgozásához is alkalmas, amelyek ritka fémeket (pl. Ti, V, Ga, In) tartalmaznak [35, 32].

Újabban kitenyésztettek olyan kemoautotrof kénbaktériumot is (Th, Y), amely nem savas, hanem semleges vagy enyhén lúgos közegben képes a



2. ábra. 42 napos inkubáció után oldatba ment réz mennyisége



3. ábra. A biológiai kilúgzás elvi menete

fémeket oxidálni [43]. Ezek jelentősége különösen olyan ércek esetében nagy, amikor a kísérő kőzet karbonátos.

A baktériumos kilúgozás folyamata. Általános irányelvek

A nyersanyagok fémtartalmának biokatalitikus extrakciója a kapcsolódó technológiai lépcsőkkel együtt három fő részre bontható (*3. ábra*).

1. A kénsavas vas(II)-szulfát kilúgozó oldat előállítása, a baktériumok tenyésztése, a ferroszulfát biokatalitikus regenerálása ferriszulfáttá.
2. A hányó, ill. az érc kilúgozása.
3. A kioldott fém kinyerése az oldatból.

A folyamat, lényegét tekintve tehát, egy zárt ciklusban történik, melynek során a kilúgozandó anyagot a ferriszulfát-kénsav tartalmú kilugozó oldattal hozzuk érintkezésbe. A kilúgozó oldat a benne levő fém kinyerése után visszakerül egy regeneráló tartályba, ahol levegő bevezetésekor a baktériumok ferroszulfát tartalmát ismét ferriszulfáttá oxidálják [36].

A kilúgozandó anyag kezelésére nem lehet egységes módszert megadni, minthogy, a nyersanyag, a helyszín, az éghajlat, az anyagmozgatási lehetőségek stb. esetenként nagyon eltérőek lehetnek. Ezért csak általános technológiai irányelvekről beszélhetünk, amelyek alapján minden esetben az adott körülményeknek megfelelően kell kialakítani az optimális technológiát.

Az érc kilúgozása általában hányókon történik. Fontos, hogy a hányó vízzáró rétege legyen telepítve; a hányó tetején betáplált kilúgzó oldat átszivárgása közben ne legyen nagy a párolgási veszteség és az oldat a hányó alján összegyűjthető legyen.

A hányókat általában PVC-fóliával és fahánccsréteggel borított egyirányban lejtős alapra telepítik. A kilúgozó oldat a hányón átszivárogva gyűjtőmedencébe kerül, ahonnan — több hányót figyelembe véve — központi — gyűjtőtárolóba vezetik a benne oldott fém kinyerése céljából. Általában itt végzik az oldat regenerálását is.

Az eljárás különösen alacsony fémkoncentrációjú (1%) hányók feldolgozására gazdaságos, amikor a baktériumos perkolációval kinyert fémet sem az érc kitermelésének, sem feltárásának vagy őrlésének a költsége nem terheli.

Tekintettel arra, hogy a kilúgozási folyamat savas közegben játszódik le ($pH = 2{,}0—2{,}4$), szükségszerű, hogy a hányó anyaga minél kevesebb karbonátos kőzetet tartalmazzon.

A kilúgozás időtartama szempontjából igen fontos az anyag szemcsemérete és nedvesíthetősége. A diffúziós folyamatok elősegítése céljából sok esetben kapilláraktív anyagokat alkalmaznak (pl. *Twenn-206*), amelyek igen jó hatással vannak az extrahálás kezdeti sebességére.

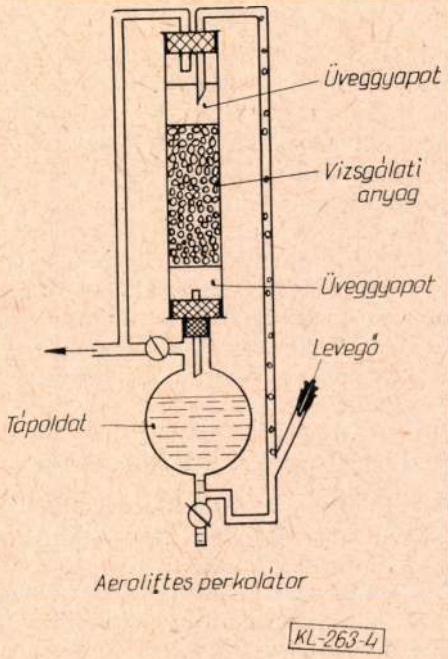
A kilúgozás hőmérséklete fontos technológiai paraméter mind a baktériumok tevékenysége, mind a kilúgozás sebessége szempontjából. Ezért az éghajlati viszonyok a perkolációs lehetőségeket erősen befolyásolják. A baktériumos oxidáció útján képződött ferriszulfát mennyisége a kilúgozó oldatban gondosan szabályozható. Amennyiben a ferri/ferro-arány a kilúgozó oldatban alacsony, csökken a kilúgozás intenzitása; amennyiben az arány magas, $Fe(OH)_3$ csapadék válhat ki az oldatból, ami a kioldott fém egy részét visszatarthatja, emiatt a kihozatal szintén romlik. Fontos ezért, hogy a kilúgozó oldat redoxi-potenciálja (*Eh*) és *pH*-ja állandóan ellenőrizhető legyen.

Bár a biológiai kilúgozás módszerét a gyakorlatban túlnyomórészt a már kitermelt hányóanyag kilúgozására használják, feltétlen említést érdemel a bányában „*in situ*" alkalmazott kilúgozás, amely egyszerűségénél fogva érdeklődésre tarthat számot [4]. Ezt a módszert olyankor alkalmazzák, ha a kőzet ércben szegény, az érc túlságosan szórt lencsékben helyezkedik el és ezért nem gazdaságos a kitermelése. Ilyenkor jól hasznosíthatók pl. a kilúgozandó érctömeg alatt elhelyezkedő elhagyott, kis lejtésszögű vágatok, amelyekben vízzáró réteget alakítanak ki, majd az ércet rábombantják. Ezután a kilúgozó oldatot a vágat legalsó részén összegyűjthetjük, és a felszínre szivattyúzhatjuk.

A baktériumos kilúgozás berendezései

A laboratóriumi kilúgozás legegyszerűbb készüléke az ún. aeroliftes perkolátor, amelyet a *4. ábrán* mutatunk be. Ez az egyik leggyakrabban alkalmazott laboratóriumi berendezés [20, 37, 34, 38, 53]. A vizsgálandó anyagot a berendezés üvegcsövébe helyezik, és két oldalról üveggyapottal lezárják. A baktériumot tartalmazó oldatot felül vezetik be, és a cső alján levő gyűjtőmedencében fogják fel. A recirkuláció oldalcsövön, levegő bevezetéssel oldható meg.

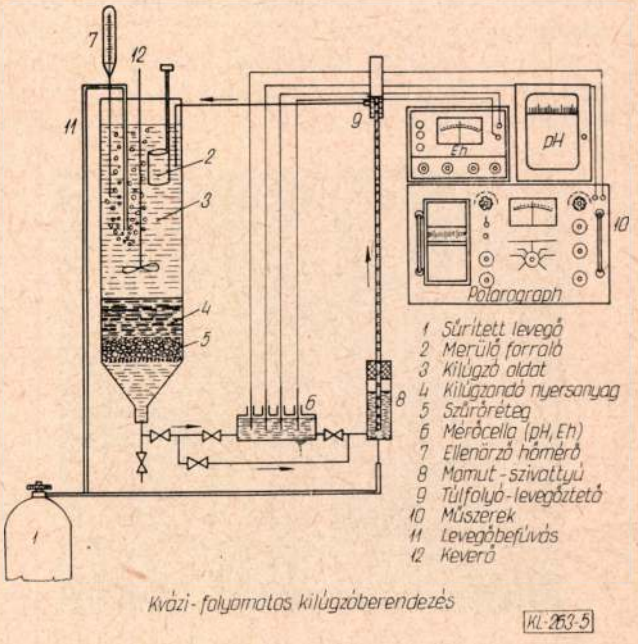
Nagylaboratóriumi méretű kilúgozásnál igen jól alkalmazható az *5. ábrán* látható berendezés, amely



4. ábra

megegyezik a *Moss* és munkatársai [40] által 1967-ben kidolgozott extraktorral, és amelyet különféle anyagok kilúgozására intézetünkben felhasználunk.

Ez a készülék lehetőségeket ad a folyamatos kultúra alkalmazására, ami azt jelenti, hogy a tápanyagellátás és a baktériumok szaporodási sebességének összehangolása révén dinamikus egyensúlyi állapotnak megfelelő viszonyokat lehet fenntartani. A tápoldatok egyetlen anyag kivételével minden tápanyagot feleslegben tartalmaznak. Ennek adagolásával lehet a baktériumok növekedési, ill. szaporodási sebességét szabályozni. A készülék változtatható fordulatszámú keverővel (400—1500/perc),



5. ábra. Kvázi-folyamatos kilúgzóberendezés

és *pH*, valamint *Eh* folyamatos mérésére alkalmas mérőcellával van felszerelve.

A hányón történő kilúgozás modellezésére alkalmazzák a laboratóriumi méretű ún. dézsás kilúgozást [6]: egy kb. 15°-os lejtésű asztalon műanyag edényeket helyeznek el, amelyekben az extrakció fontosabb paramétereit (pl. szivárgási sebesség, mosási gyakoriság) beállítják.

A halomextrakciónál, ill. a tartályban történő perkolációnál alkalmazott csővezeték, folyadéktartályok, szivattyúk stb. leírásával nem foglalkozunk, mert ezeket a gyakorlatban mindenütt egységesen alkalmazzák. Ezekkel kapcsolatban egyetlen kikötés van, nevezetesen, hogy ne viselkedjenek baktericid anyagként.

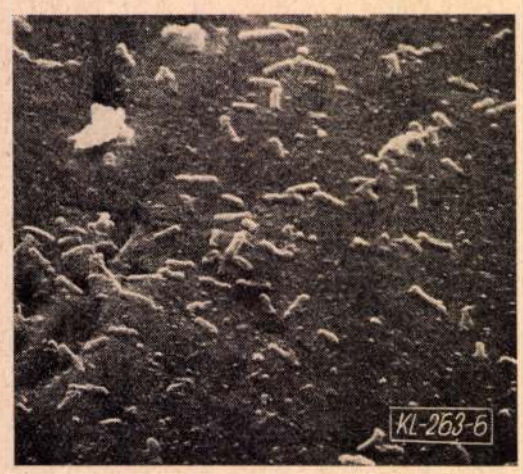
Hazai lehetőségek és eddigi eredményeink

A biometallurgia hazai lehetőségeinek feltárása és megvalósítása érdekében már régebben együttműködés alakult ki a Fémipari Kutató Intézet és a MTA Geokémiai Laboratórium között. Kezdetben előkísérleti jelleggel, az utóbbi években a *Ritkafém Tárcaközi Koordináló Bizottság*, illetve a *Központi Földtani Hivatal* megbízására végzünk kutatást e tárgykörben [41].

A nyersanyagbázis felmérése céljából mintákat gyűjtöttünk be az alacsony fémtartalmú érclelőhelyekről (pl. szerpentinelőfordulás, Kőszeg-Vashegy, Perkupa), szulfidos ércásványok meddőhányóiról (Mátra vidék), szem előtt tartva a *MÁFI* által megkutatott — és jelenleg művelés alatt nem álló — lelőhelyeket [42]. Megvizsgáltuk továbbá erőművek salak és pernyemintáit, amelyek közül a százhalombattai erőműpernye vanádium és nikkeltartalmának kinyerésére kidolgozott eljárásunkat említjük meg.

A fenti munkával párhuzamosan savas bányavízből baktériumtörzseket tenyésztettünk ki. Egy ilyen törzs scanning elektrommikroszkópos felvételét a *6. ábrán* mutatjuk be.

A baktériumokat hozzászoktattuk a magas fémtartalom elviseléséhez. Így pl. rendelkezünk olyan baktérium törzzsel, amely 120 g/l $FeSO_4$ oldatban is virulens. Jelenleg különböző ritkafémtartalmú ipari hulladékok helyzetét vizsgáljuk laboratóriumi körülmények között és baktériumtenyészetet adaptálunk az egyes nyersanyag-típusok perkolációs körülményeihez. Eddigi eredményeink összefoglalását a „Nyersanyagok baktériumos kilúgozása" (T. sz.: R-1) c. zárójelentés tartalmazza.



6. ábra. Th. ferrooxidans. Elektronmikroszkópos felvétel (×3000)

IRODALOM

[1] *Breed, R. S.—Murray, E. G. D.—Smith, N. R.:* Bergey's manual of determinative bacteriology. Baltimore (1957).

[2] *Kuznyetsov, S. I.—Ivanov, M. V.—Lyalikova, N. N.:* Introduction to geological microbiology. New York (1963).

[3] *Colmer, A.—Hinkle, M. E.:* Science, 106 (1947) 253—256.

[4] Primenenie bakterialnogo metoda vüscselacsivanija cvetnüh metalov iz zabalanszovüh rud. (cikkgyűjtemény) Moszkva, 1968.

[5] *Sheffer, H. W.—Evans, L. G.:* Copper leaching practices in the Western United States. Washington. 1968.

[6] *Fischer, J. R.:* C. I. M. Bull. 5/1966. 588—592.

[7] *Szolnoki J.:* Technika, 2 (1967).

[8] *Szolnoki, J.—Virágh, K.:* Abstr. IX. Intern. Kongr. f. Microbiol. Moscow. (1966).

[9] *Virágh, K.—Szolnoki, J.:* Földtani Közl. **100** (1970) 43—54.

[10] *Szolnoki, J.:* M. T. A. X. Oszt. Közl. **3** (1969) 283—302.

[11] *Szádeczky Kardoss, E.—Szolnoki, J.:* Geonomia és Bányászat. (Megjelenés alatt.)

[12] *Mouret, M.:* Rev. d'industr. minerale **5** (1968) 415—418.

[13] *McCreedy, N. N.—Harrison, V. F.—Gow, W. A.:* XXX C. I. M. Bull. **2** (1969) 135—140.

[14] *Gow, W. A.—Ritcey, G. M.:* C. I. M. Bull. **12** (1969). 1330—1339.

[15] *Moss, F. J.—Andersen, J. E.:* Proc. Aust. Inst. Min. Met., Canberra, **225** (1968) 15—25.

[16] *Umbreit, W. W.:* Scientia (Milano) **99** (1964) 92—95.

[17] *Duncan, D. W.—Trussel, P. C.—Walden, C. C.:* Applied Microbiology, **12** (1964). 122—126.

[18] *Sutton, J. A.—Corrick, J. D.:* U. S. Bureau if Mines. Report of investigation. **5839** (1961) p. 16.

[19] *Watanabe, A.—Uchida, Z.—Fukuya, S.:* Hakko Kyokaishi, **25** (1967) 431—440.

[20] *Corrick, J. D.—Sutton, J. A.:* Dept. of the Interior, Bureau of mines (1965).

[21] *Stotsky, G.—Rem, L. T.:* Can. F. Microbiol. **12** (1966) p. 547.

[22] *Silverman, M. P.—Lundgren, D. G.:* J. Bacteriol. 77. **5** (1969) 642—647.

[23] *Mouret, M.:* Revue d'industrie minerale, **50**. **5** (1968) 415—418.

[24] *Szolnoki, J.—Bognár, L.:* Acta Geol. *8* (1964) 179—187.

[25] *Ljalikova, N. N.:* Tr. Mosk. Obschchest, Ispyt. Prir. ot Dol. Bid. **24** (1960) 211—216.

[26] *Ehrlich, A. L.:* Economic Geology, **58** (1963) 991—994.

[27] *Landesman, J.—Duncan, D. W.—Walden, C. C.:* Can. J. Microbiol. **12. 1** (1966) 25—33.

[28] *Sutton, J. A.—Corrick, J. D.:* U. S. pat. 3. 336. 161 (Cl. 136—186) aug. 15. (1967).

[29] *Ivanov, V. J.—Nagirnyak, F. F.:* Cvet. Metal., *35* (1962) 30—36.

[30] *Gradzinskaya, K. P.:* Sol. Khoz. Med. Akad. Nauk. Ukr. SSr. Respub. Mezhvedom sb. (1966) 50—59.

[31] *Duncan, D. W.—Walden, C. C.—Trussel, P. C.:* U. S. pat. 3. 305. 353 (Cl 75—101) 1967. febr. 21.

[32] *Kulikova, M. F.:* Dokt. Akad. Nauk. SSSR. 164. 3 (1965) 764—676.

[33] *Bryner, L. C., Beck, J. V.—Davis, D. B.—Wilson, D. G.:* Industrial Engineering Chemistry, **36** (1954). 2587—2592.

[34] *Fischer, J. E.:* The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin (1966. máj.) 588—592.

[35] *Mayling, a. a.:* Can. pat. 744. 701 (Cl, 195—241) okt. 18 (1966).

[36] *Zimmerley, S. R.—Wilson, D. G.—Prater, J. D.:* U. S. Pat. 2. 829. 964 (1958).
[37] *Duncan, D. W.—Walden, C. C.—Trussel, P. C.—Lowe, E. A.:* Transactions Society of Mining Engineers (1967. jún.) 122—128.
[38] *Ivanov, V. I.—Nagirnyak, F. I.—Stepanov, B. A.:* Mikrobiologya *30* (1961) 688—692.
[39] *Marchlewitz, B.—Hasche, D.—Schwatz, W.:* Z. Allgem. Microbiol. **1** (1961) 179—191.
[40] *Moss, F. J.—Beech, G. A.—Bush, F.—Richard P. A. D.:* Bioch, and Bioeng. (Sajtó alatt.)
[41] Nyersanyagok fémtartalmának baktériumos kilúgzása. FKI zárójelentés (1972).
[42] MÁFI: Összefoglaló értékelő jelentés a területi ritka-elemkutatás tájékoztató jellegű kutatási fázisának eredményeiről. Budapest (1970. dec.).
[43] *Ljalikova, N. N.:* Kénbaktériumok szerepe az ércek kilúgzásában Dokl. AN. SzSzSzR 176 (1967) 1432.

Szilárdanyag-tartalom meghatározása timföldgyári Dorr-rendszerű ülepítő- és mosótartályok kónusz-zagyában

KOVÁCS FERENC okl. vill. mérnök, FARKAS FERENC okl. vill. mérnök,
Dr. KLUG OTTÓ okl. vegyészmérnök, GOMBOS MÁRTON okl. vill. mérnök, Fémipari Kutató Intézet
VÖRÖS KÁROLY okl. vegyészmérnök, Almásfüzitői Timföldgyár

DK.: 669.712.1.111.2:66.066:537.25

A Bayer-timföldgyártásnál az ülepítő-, ill. mosótartályok kónusz-zagyában a szilárdanyag tartalom folyamatos mérésére oszcillometriás módszert fejlesztettünk ki és műanyagból készített induktív mérőcellát szerkesztettünk. A műszeres mérés ellenőrzésére a jelenleg használatosnál pontosabb súly szerinti eljárást és egy gyors, a zagy és a tiszta oldatfázis azonos térfogatainak súlymérésén alapuló módszert dolgoztunk ki. A laboratóriumi és a műszeres méréssel kapott eredmények jó egyezést mutattak.

A Bayer-timföldgyártás során képződő vörösiszap ülepítése és mosása egy- és többkamrás Dorr-rendszerű ülepítő tartályokban történik. A tartályok aljából (kónusz) elvett iszapzagy szilárdanyag tartalmát az egyenletes üzemeltetés szempontjából célszerű lehetőleg azonos és optimális szinten tartani. Hazai timföldgyáraink a zagyelvételt mennyiségmérés alapján (pl. Almásfüzitőn mérőréses méréssel) [1—3] szabályozzák, ami első közelítésben kedvező eredményeket adott, azonban a szilárdanyag tartalom közel állandó szinten tartása így nem valósul meg teljesen.

Intézetünkben megvizsgáltuk az ülepítő tartályoknak megfelelő koncentráció viszonyok között az oszcillometriás mérés lehetőségét [4] és egy olyan mérőrendszert dolgoztunk ki, amely a kontaktusmentes méréstechnika alkalmazásával biztosítja az üzemileg megfelelő pontosságú zagy-szilárdanyag tartalom meghatározást [5].

Kísérleti rész.
Az üzemi mérőmódszerek ellenőrzése

A Magyaróvári Timföldgyár tapasztalata szerint [6] a jelenleg üzemileg használt súly szerinti mérőmódszer igen pontatlan, amelynek oka részben a mintavétel pontatlanságában, részben pedig a kis mennyiségű minta feldolgozásában rejlik. Az általunk vizsgált esetekben 300—340 g/l szilárdanyag tartalmú zagyban a párhuzamos méréseknél 40—60 g/l-es, azaz 15—20%-os hiba is előfordul.

Az üzemi módszer esetében (pl. Almásfüzitőn) a mintavevőt, amelyet egyéb minták vételére is használnak, nem tisztítják meg a rárakódott iszapos zagyrétegtől, hanem ezzel közvetlenül, a bukógát kiömlőnyílásánál veszik a mintát. A kivett kb. 500 ml-nyi zagyot a laboratóriumba szállítva szobahőmérsékletre hűtik, felkeverik és üzemenként más, de kb. 50—100 ml-nyit vesznek ki belőle mérőhengerrel, lemérik a súlyát, és a csapadékot leszűrik.

A folyadékfázis teljes leszívódása előtt forró deszt. vizet öntenek a zagyra és ezzel az egyszeri mosással az iszapot leszívatják, szárítják 110—160 °C-on (súlyállandóságig), majd mérik.

A módszer szembetűnő hibaforrásai:

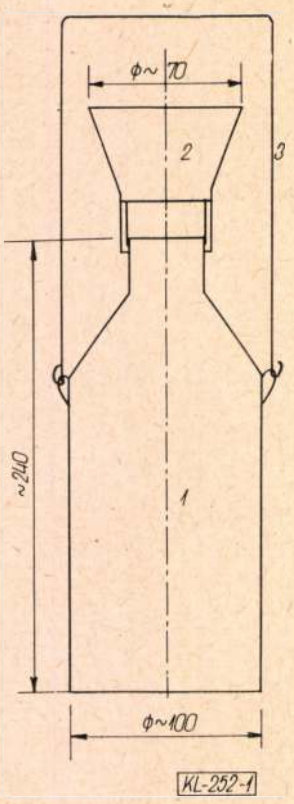
— a mintavevőre rakódott rétegek és a bukógát peremére tapadt esetleges darabok leválása;
— a felkeverés tökéletlensége;
— legfőképpen a mosás elégtelensége (sok tapadó nátron), és a méréskor elkövetett hibák 10—20-szoros „többszöröződése", mert a kis térfogatú anyagot 1 literre kell vonatkoztatni.

A felmerült hibák lecsökkentésére két újabb mérési eljárást dolgoztunk ki, amelyek — ha kellő elővigyázattal végzik a munkát — általában 10 g/l szilárdanyag tartalmon belüli pontosságot biztosítanak. Ezek:

1. Súly szerinti mérés,
2. Gyorsmérés mérőhengerrel.

1. Súly szerinti mérés. A mintavételt gondosan kitisztított (célszerűen a korábbi mintafelvétel után tisztára mosott!) mintavevő kanállal végezzük. Ezt a mérőrésen kiömlő zagyáramba tartjuk oly módon, hogy az ne érjen a mérőrés széléhez és lehetőleg ne essenek bele a gátperemről leváló nagyobb darabok. Az így vett zaggyal (több kanálnyi mennyiséggel) feltöltjük az *1. ábrán* bemutatott mintegy 1,7—2 literes mintavevőt (amelynek térfogatát előzőleg vízzel feltöltve pontosan meghatároztuk). A mintavevő üres súlyát előzőleg táramérlegen megmérjük. A beöntő tölcsért lecsavarva a fölös zagy leömlik (esetleg simító lappal lecsapható). A mintavevő kanalat és a csavarmenetes tölcsért kívül-belül tisztára mossuk, a tölcsér visszacsavarása után a mintavevőt kívül iszapmentesre mossuk és tisztítjuk, majd beszállítjuk a laboratóriumba.

A zaggyal telt mintavevőt lemérjük. Ezután a zagyot zománcedénybe átvisszük, a mintavevőt



1. ábra. Vörösiszap-zagy mérésére kialakított nagytérfogatú mintavevő

forró csapvízzel belülről alaposan kitisztítjuk és kb. 100 ml ülepítőszer (lisztes víz) hozzáadása után zománcedényben levő zagyot forró vízzel kb. 14—16 literre felhígítjuk, a Na_2O-koncentráció csökkentése céljából. Előbb a zagy fölötti tisztább folyadékréteget, majd a sűrűbb zagyot vákuumos szűrőn leszűrjük. A szűrőn maradt iszapot előre lemért porcellántálba visszük (szűrőpapírral együtt) és szárítószekrényben, 130 °C-on súlyállandóságig (kb. 48 óra!) szárítjuk. A mintavevő kitisztítását ennek kiszárítása után az üres-súly mérésével ellenőrizzük. Ennek a kezdetben mért üres súlytól csak 0,3—0,8 g-nyira szabad eltérni.

A művelet lassú, a szárításon kívül kb. 4,5—5 órát igényel. Pontosságát azonban fokozza az, hogy az elkövetett hibák a térfogat arányában osztódnak.

Vizsgálatainkban az Almásfüzitői Timföldgyárban használt mintavevő 1786,15 ml térfogatú és 2541,2 g súlyú volt. Ily módon, ha pl. a méréseknél 10 g-nyi hibát követtünk volna el, ez az osztással csak 5,6 g/l értékre csökkent. A leszűrt, hígított oldatokat kauszt. Na_2O-ra is megelemeztük. Ezek 7,8—12 g/l között változó $Na_2O_{kauszt.}$ koncentráció között változtak, így hidrolízistől nem kellett tartani.

2. *Gyors mérés mérőhengerrel.* Ehhez a megoldáshoz két mérőhengert használunk. A módszer azon alapszik, hogy a vörösiszap fajsúlya ismert, és kevéssé változik. (Üzemi közlések szerint 2,9—3,0 p/cm³ közötti értékű.) Ha tehát egységnyi térfogatot (célszerűen 1 litert) veszünk, és mérjük a tiszta fázis és a zagyfázis súlyát, ezekből a szilárdanyag tartalom meghatározható. A tiszta oldatfázisra vonatkozóan V_t térfogat és γ_t fajsúly esetében a súly

$$G_t = V_t \cdot \gamma_t$$

lesz. Zagy esetén a szilárd fázis jelenléte az oldattérfogatot megváltoztatja, az oldatfázis rész fajsúlya azonban változatlan marad: a zagy súlya tehát

$$G_z = V_{t_1} \cdot \gamma_t + V_{sz} \cdot \gamma_{sz}$$

és

$$V_t = V_{t_1} + V_{sz}$$

A részletes levezetést mellőzve, csupán a végső formulát adjuk, amely szerint a szilárd vázlat térfogata:

$$V_{sz} = \frac{G_z - G_t}{\gamma_{sz} - G_t}$$

Ha a súlyértékekre áttérünk, akkor a számításhoz használható képlet a következő lesz:

$$G_{sz} = \frac{G_z - G_t}{\gamma_{sz} - G_t} \cdot \gamma_{sz}$$

ahol G_z — a zagy súlya; G_t — a tiszta oldatfázis

1. táblázat

Ülepítő-zagy szilárdanyag tartalmának mérése mérőhengerrel

A mérés száma	Tiszta fázis súlya, g	Zagy súlya, g	Szilárdanyag tartalom, g/l ha az iszap fajsúlya			Súly szerint mért szilárdanyag tartalom, g/l
			2,90	2,95	3,00	
1130	1239,5	1430,5	333,4	329,4	325,3	330
1201	1234,5	1430,0	341,2	336,9	332,9	334
1202	1215,0	1378,3	280,5	277,1	273,7	276
1204	1246,5	1353,9	236,5	185,2	183,0	—
1205	1249,9	1380,9	250,2	233,5	230,7	—
1206	1243,5	1385,9	275,7	247,1	244,1	—
1207	1249,5	1405,9	287,5	272,2	269,0	—
1211	1236,5	1400,9	273,7	283,9	280,6	285
1213	1237,0	1393,9	275,3	270,3	267,1	271
1215	1246,5	1402,9	275,3	271,8	268,5	260
1218	1249,0	1390,9	249,4	246,2	243,2	247
1220	1243,0	1379,9	239,7	236,7	233,9	234
1221	1237,5	1405,9	294,7	291,0	287,5	280
1304	1247,3	1397,0	263,1	259,8	256,7	260

súlya azonos térfogatban, γ_{sz} — a szilárd vörösiszap fajsúlya (2,9—3,0 g/cm³); G_{sz} — a szilárd anyag súlya a térfogatban. Ha tehát 1 literes térfogattal dolgozunk, akkor közvetlenül g/l-ben kapjuk meg a zagy szilárdanyag tartalmát.

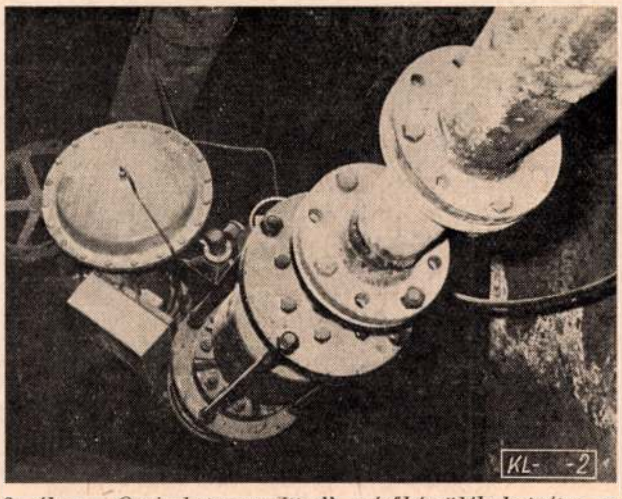
A módszer rendkívüli egyszerűsége: *két súlymérésből szilárdanyag-tartalom meghatározása*, komoly előnyt jelent az előbbi módszerrel szemben. Hibaforrás, és a módszer pontosságát korlátozó tény az, hogy az iszap fajsúlya — ha nem is pillanatszerűen —, de változik. 300—400 g/l közötti tartományban előforduló 0,1 g/cm³ fajsúlykülönbség ±10 g/l hibát okoz a szilárdanyag mérésében.

A mérés kivitele a következő: Az üresen lemért két 1000 ml-es (esetleg 500 ml-es) száraz mérőhengerbe, gondosan letisztított mintavevő kanállal egyidejűleg veszünk mintát a kónusz-zagyból (pl. a mérőrésen kiömlő zagyból a súly szerinti mérésnél leírt óvatossággal), és a tiszta zónából (túlfolyásból), jelig töltve a mérőhengert. Mivel a két minta azonos hőmérséklete — ülepítő tartályoknál — közel azonos, ily módon az ebből adódó térfogatkülönbség mint hibaforrás jelentéktelen. A megtöltött mérőhengereket ezután a laboratóriumban táramérlegen lemérjük (a lehűlés közben bekövetkezett térfogatváltozást nem vesszük figyelembe) és a kapott súly-adatokból — levonva az üres mérőhengerek súlyát — kiszámíthatjuk a szilárdanyag tartalmat. Az Almásfüzitői Timföldgyárban végzett üzemi mérések (*1. táblázat*) a nagytérfogatú zagymintával, súly szerint mért eredményekkel egyező értékeket adtak. Egy mérés időigénye kb. 30—40 perc, tehát lényegesen gyorsabb az előbbi módszernél.

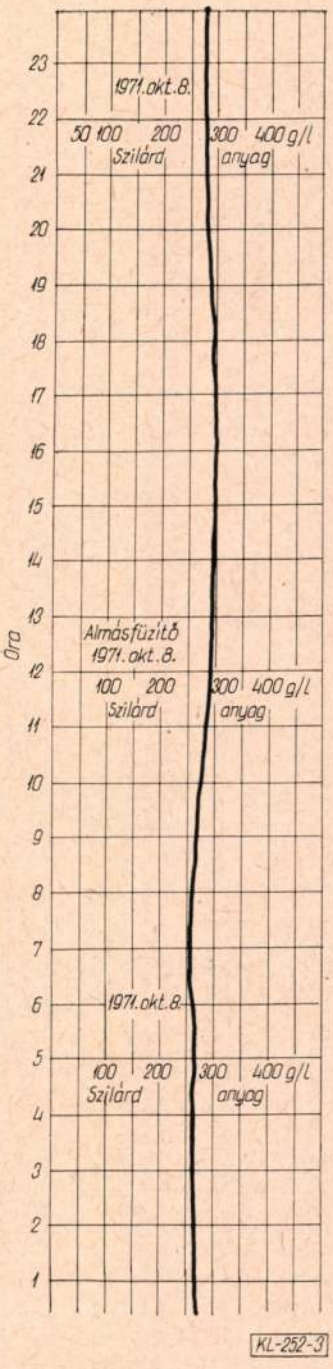
Oszcillometriás mérés

Az eddigiekben ismertetett mérési eljárásokat lényegében ellenőrzési célra alakítottuk ki. Az Almásfüzitői Timföldgyárban ugyanis hosszabb ideje működik az az „Oscimhotransmitter"* készülék,

* A készüléket gyártja a Fémipari Kutató Intézet, exportálja: Metrimpex, a—137 Exp. Laboroszt., Budapest 62. Postafiók 202.



2. ábra. „Oscimhotransmitter" mérőkészülék beépítve az Almásfüzitői Timföldgyár „C"-ülepítő tartályának kónuszánál levő csővezetékbe

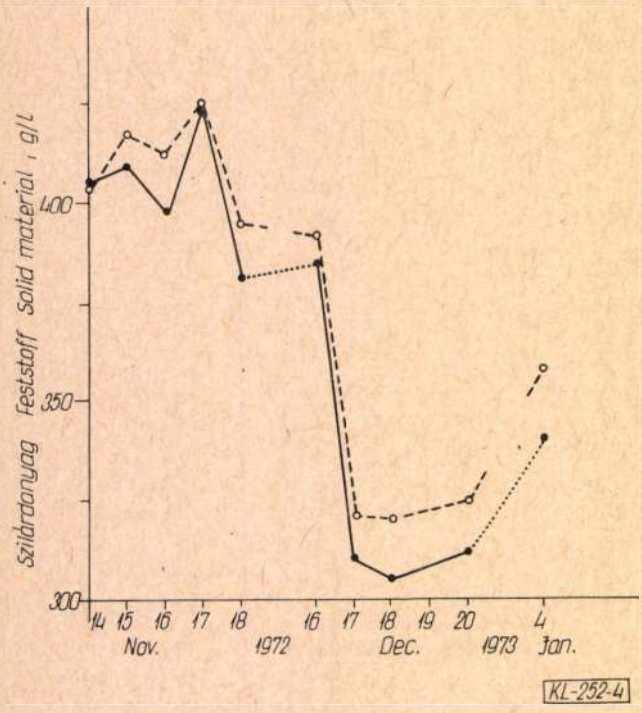


3. ábra. Részlet az „Oscimhotransmitter" által felvett regisztráló-szalagról

amely közvetlenül méri és regisztrálja az iszapzagy szilárdanyag tartalmát. A készülék hőálló műanyagból készült, peremkötéses csőcellából (*2. ábra*), a hozzáépített oszcillátor, jelátlalakító-távadó fokozatból áll.

A műszer kivitele biztosítja a főágban való közvetlen mérés lehetőségét szükség esetén hőmérsékletkompenzáció beépítését. A kijelzés a műszerterembe történik, ahol regisztráló műszer írja a változásokat.

A regisztrálószalag egy részletét a *3. ábrán* mutatjuk be.



4. ábra. A „C" ülepítő kónusziszap szilárdanyag tartalmának mérése „Oscimhotransmitter"-rel (——— vonal) és ennek ellenőrzése súly szerinti módszerrel, az 1. ábrán bemutatott mintavevő felhasználásával (Almásfüzitő, 1972. nov.—1973. jan.)

A mérés lényege, hogy közvetlenül a zagyvezetékbe beépített mérőcellával mérjük a zagy vezetőképességét, az üzemileg kialakult hőmérsékleten (ülepítő esetében kb. 100 °C-on). A hőmérséklet esetleges ingadozását százalékarányos kompenzációval vesszük figyelembe. A zagy szilárdanyag tartalmának változása által a cellatérben megváltozik a vezető keresztmetszet, és az ennek következtében megváltozott vezetőképesség — a megfelelő összefüggések ismeretében (4, 5) — korelációba hozható a g/l-ben mért szilárdanyag tartalommal és ily módon a mérőműszer közvetlenül „iszap g/l"-értékre kalibrálható (*4. ábra*).

Ezt a mérési megoldást a továbbiakban ki akarjuk terjeszteni egyéb vörösiszap-zagyok vizsgálatára, továbbá a hidrátzagyok folyamatos mérésére is. Ezeken a területeken folytatott előkísérleteink biztató eredményeket adtak.

IRODALOM

[1] *Németh B.—Barakka I.—Füsti E.-né—Locsmándi G.* és *Boros F.*: Timföldgyártási Ankét anyaga, Almásfüzitő, 1970. 147.
[2] *Barakka I.—Németh B.—Füsti E.-né—Locsmándi G.* és *Boros F.*: Timföldgyártási Ankét anyaga, Almásfüzitő, 1970. 183.
[3] *Horváth I.*: Timföldgyártási Ankét anyaga, Almásfüzitő, 1970. 341.
[4] *Gombos M.*: FKI zárójelentés. 1969.
[5] Magyar szabadalmi bejelentés, FE-885 (1972).
[6] *Kiss Z.*: Magánközlemény, 1972.

Villamosenergia-veszteség alumíniumelektrolizáló kádak külső áramvezető síneiben

TÓTH MIHÁLY ok. kohómérnök
Tatabányai Alumíniumkohó

DK. 669.713.7+62—465:621.365:537.214

A szerző számítási módszert közöl alumíniumelektrolizáló kádak külső áramvezető sineiben előálló energia-, illetve feszültségveszteségek meghatározására különböző sínalakok és árameloszlások esetén.

A kohóalumínium előállításához szükséges villamosenergiának kb. 3—5%-a — vagyis kb. 500—800 kWh/t — a kádakhoz tartozó külső áramvezető-sínekben veszendőbe megy. Ez az energiaveszteség elvileg csökkenthető az áramvezető sínkeresztmetszetek növelésével, amelynek határt szab a beruházási költségek egyidejű rohamos növekedése. A korszerű ipari alumíniumelektrolizáló kádaknál a villamosenergia árától függően évente 1 tonna kohóalumínium termelésre vonatkoztatva 50—100 kg alumíniumsínt építenek be, ami önmagában mintegy 10%-át képezheti az alumíniumkohók összes beruházási költségeinek. Emiatt is jelentős a sínezési energiaveszteség viszonylag pontos ismerete, illetve ennek számítására és mérlegelésére vonatkozó módszer.

Általános megfontolások

Az egyenáramú kWh/t-ban kifejezett N_s sínezési veszteséget η áramhatásfok esetén, a következőképpen szokás számítani:

$$N_s = \frac{2{,}98 U_s}{\eta}, \qquad (1)$$

ahol: U_s az egy kádra átlagosan jutó feszültségesés a sínben V.

Tekintettel arra, hogy az egyes áramvezető sínszakaszokban az áramerősség nem azonos, sőt egy sínszakaszon belül is változhat, ezért az (1)-ben szereplő sínezési feszültségesés közvetlen méréssel nem határozható meg, ezért ez külön értelmezendő.

Ha a kádsínezést n számú olyan szakaszra bontjuk, amelyek mindegyikében szakaszonként állandó I_k áramerősség folyik, a veszteség a sínben I áramerősségnél a következőképpen írható fel:

$$N_s = \frac{2{,}98 \sum_{k=1}^{n} I_k U_k}{I \eta} \qquad (2)$$

(1) és (2)-ből

$$U_s = \frac{\Sigma I_k U_k}{I} \qquad (3)$$

A továbbiakban egyrészt arra törekszünk, hogy U_s-t a kád teljes I áramerősségének és a sínek geo-

metriai méreteinek függvényében fejezzük ki, másrészt a kádsíneket olyan szakaszokra bontjuk, melyeken belül vagy amelyek között az áramerősség, illetve az áramrészesedés valamilyen törvényszerűség szerint változik.

A továbbiakban egy-egy sín — szerkezeti szakaszhoz (pl. anódvezérsín, mankó, csatlakozó stb.) tartozó U_s^e ekvivalens feszültségen azt a feszültségesését értjük, amelyik a (3) összefüggésből adódik, vagyis amelyet megszorozva a káderáramerősséggel éppen az energiaveszteséget kapjuk. Ettől általában (a teljes áramerősséggel egyenletesen átjárt szakaszokat kivéve) eltér a szóban forgó sínszakasz két végpontja között fizikailag mérhető U_s^m, illetve párhuzamosan kapcsolt szakaszoknál ezen mérhető feszültség értékek átlaga.

Vizsgálatainkat három típusban tárgyaljuk. A teljesség kedvéért először a teljes árammal átjárt (pl. felszálló), majd a lineárisan változó árammal átjárt (anód és katódvezérsín), végül pedig a párhuzamosan kapcsolt, de különböző áramerősséggel terhelt vezetőket (mankók, csatlakozók, ezek kontaktusai) vizsgáljuk.

1. A teljes árammal átjárt sínszakaszok vizsgálata

Az áram áthaladási irányát követve a teljes árammal átjárt sínszakaszok a következők: a katódvezérsín vízszintes szakaszának az utolsó acélkatódsínhez való leágazás utáni része; a felszállók, az anódvezérsíneknek az első anódtüskéhez való leágazásáig terjedő szakasza. Ezen szakaszok hosszát l^0-lal, keresztmetszetüket pedig F_0-lal, a vezető fajlagos villamosellátását ϱ-val jelölve e sínszakaszok energiavesztesége, illetve feszültségesése:

$$W_0 = \frac{I^2 \varrho l_0}{F_0} \tag{4}$$

$$U_0 = \frac{I \varrho l_0}{F_0} \tag{5}$$

Itt nem beszélhetünk külön mérhető és ekvivalens feszültségesésről, mert a kettő azonos egymással.

2. Lineárisan változó áramerősséggel átjárt sínek

Az áramfolyás irányában haladva az anódvezérsínben az első tüskeleágazástól kezdődően az áram erősen csökken, a katódvezérsínben pedig az acélkatódsínhez való leágazásoknak megfelelően növekszik. Az áramerősség a leágazások geometriai sűrűségétől és az anódtüskék, illetve katódsínek áramrészesedésétől függően diszkrét ugrásokkal változik. A valóságos árameloszlást a sín hossza mentén kétféle módon közelítjük meg. Az egyik esetben feltételezzük, hogy az egyes leágazásoknál az áramerősségugrások azonosak, vagyis hogy leágazásokon azonos áramerősség folyik, a másik esetben pedig ezen túlmenően még azt is feltételezzük, hogy a leágazások olyan kis távolságra vannak egymástól, hogy a változás lineárisan folyamatosnak tekinthető.

Az ipari elektrolizálókádak anód- és katódsínjeit hosszuk mentén állandó F_1 keresztmetszettel, vagy a jobb anyagkihasználás céljából az áram áthaladási irányában lineárisan fogyó keresztmetszettel készítik.

A hossza mentén változó keresztmetszetű, vagy változó áramerősséggel terhelt sínben keletkező joule hőt és a sínben bekövetkező feszültségesést vizsgálataink során összehasonlítjuk azokkal a veszteségekkel, amelyek az ugyanolyan hosszúságú de a teljes keresztmetszetű és teljes árammal terhelt sínre vonatkoznak. (lásd. (4) (5) összefüggést.)

Ezen összehasonlítás révén meghatározzuk a k_w úgynevezett *veszteségszorzót*, a k_u *feszültségszorzót* és a c_u *relatív feszültségszorzót*. E szorzók sorra azon dimenzió nélküli számokat jelentik, amelyekkel a (4) és (5) összefüggések szerinti teljes keresztmetszetű és teljes árammal terhelt sínekre vonatkozó veszteségeket kell megszorozni ahhoz, hogy a tényleges veszteségeket kapjuk, illetve amellyel e célból a sínszakasz két végpontja között fizikailag mérhető feszültséget vagy feszültségátlagot kell megszorozni.

2.1. Állandó keresztmetszetű sinek

2.1.1. Vizsgálat folyamatosan változó áramerősségnél

A vizsgálathoz felhasznált modellt az *1. ábra* mutatja. Feltételezéseink szerint a vezető tetszőleges hosszirányára merőleges keresztmetszetében folyó $i\,(x)$ áram erőssége:

$$i(x) = I\left(1 - \frac{x}{l_1}\right) \tag{6}$$

2.1.1.1. Az energiaveszteséget (W_{tf}) a $0 \leqq X \leqq l_1$ sínszakaszon az F_2 keresztmetszetű és dx vastagságú elemi térfogatban képződött

$$\mathrm{d}W = \frac{i^2 \varrho \, \mathrm{d}x}{F_1}$$

differenciális mennyiség 0 és l_1 határok között végrehajtandó integrálásával kapjuk, vagyis a (6)-ot, figyelembe véve:

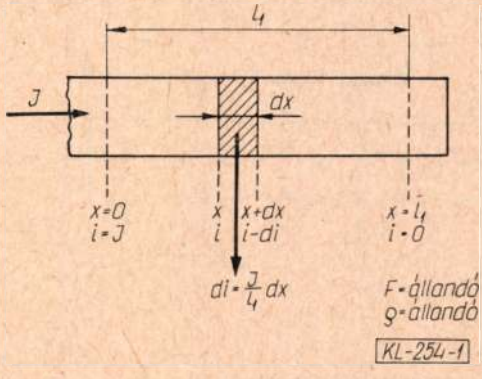
$$W_{tf} = \int_0^{l_1} \frac{i^2 \varrho}{F_1} \, \mathrm{d}x \tag{7}$$

A behelyettesítést, integrálást és az összevonásokat elvégezve:

$$W_{tf} = \frac{I^2 \varrho l_1}{3F_1} \tag{8}$$

2.1.1.2. Az ekvivalens feszültséget a (3) alapján úgy kapjuk, ha (8)-at osztjuk az áramerősséggel, vagyis:

$$U_{tf}^e = \frac{I \varrho l_1}{3F_1} \tag{9}$$



1. ábra. Állandó keresztmetszetű folyamatos-fogyóáramerősséggel terhelt sín

A (8) és (9) összefüggéseiből látható, hogy az energiaveszteség és feszültségesés csak harmada annak a veszteségnek, amely akkor állna elő ha a sínszakaszban a teljes I áramerősség folyna. Másképpen azt mondjuk, hogy a veszteségszorzó egyharmad. 2.1.3. A mérhető feszültségesés a sínszakasz két végpont között úgy számítható, ha a dx elemi hosszon bekövetkező

$$\mathrm{d}U=\frac{i\varrho\,\mathrm{d}x}{F_1}$$

elemi feszültségesés $0\leqq X\leqq l_2$ intervallumban integráljuk:

$$U_{tf}^{m}=\int_0^{l_1}\frac{i\varrho}{F_1}\,\mathrm{d}x \qquad (10)$$

A kijelölt műveleteket (6) felhasználásával elvégezve:

$$U_{tf}^{m}=\frac{I\varrho l_1}{2F_1} \qquad (11)$$

A (11) összefüggésből látható, hogy a sínszakasz két végpontja között mérhető feszültségesés csak fele annak a feszültségnek, amely akkor állna elő, ha a sínben végig teljes áramerősség folyna. Másképpen azt mondhatjuk, hogy e sínszakasz feszültségszorzója 0,5.

Ha összevetjük a (9) és (11) összefüggéseket, akkor az adódik, hogy az U_{tf}^{m} mérhető feszültséget kétharmaddal kell megszorozni ahhoz, hogy az ekvivalens feszültséget kapjuk. E sínszakasz relatív feszültségszorzója kétharmad.

2.1.2. Vizsgálat szakaszosan változó áramerősségnél

Ha feltételezzük, hogy minden egyes leágazásnál az áramerősségcsökkenés azonos, akkor a *2. ábrán* bemutatott modell szerint a tetszőleges k-adik leágazás után a sínben folyó áram erőssége:

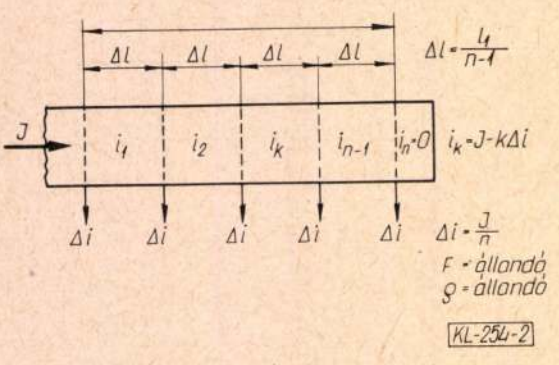
$$i_k=I\left(1-\frac{k}{n}\right) \qquad (12)$$

2.1.2.1. Az energiaveszteség, ha feltételezzük, hogy a leágazások egymástól egyenlő Δl távolságra vannak, akkor a k-adik leágazás utáni szakaszban képződött joule hő (12) felhasználásával:

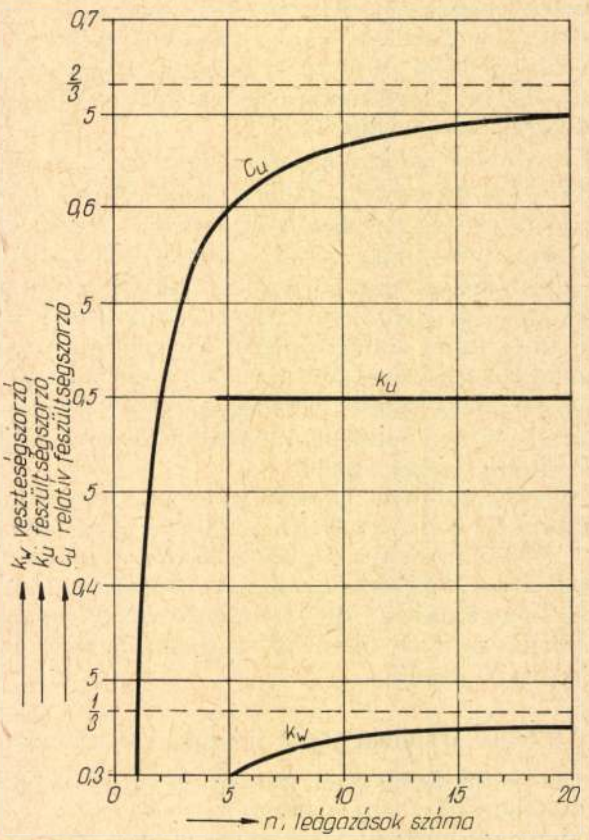
$$\Delta W_k=\frac{I^2\varrho l_1}{F_1(n-1)}\left(1-\frac{k}{n}\right)^2 \qquad (13)$$

Tekintettel arra, hogy n leágazásnak $(n-1)$ köze van, az l_1 hosszúságú sínben képződött energiaveszteség (W_{td})

$$W_{td}=\frac{I^2\varrho l_1}{F_1(n-1)}\sum_{k=1}^{n-1}\left(1-\frac{k}{n}\right)^2 \qquad (14)$$



2. ábra. Állandó keresztmetszetű szakaszosan-fogyóáramerősséggel terhelt sín



3. ábra. A veszteség- és feszültségszorzók függése az áramleágazások számától

A (14)-ben kijelölt négyzetreemelést, majd az így kapott sorozatokra a vonatkozó összegezéseket, továbbá a lehetséges egyszerűsítéseket elvégezve a következő egyenletet kapjuk:

$$W_{td}=\frac{I^2\varrho l_1}{F_1}\cdot\frac{2n-1}{6n} \qquad (15)$$

(8) és (15) összevetéséből belátható a k_w veszteségszorzóra az alábbi határátmenet:

$$\lim_{n\to\infty}k_w=\lim_{n\to\infty}\frac{2n-1}{6n}=\frac{1}{3}, \qquad (16)$$

mely esetben (15) (8)-kal azonos.

A *3. ábrán* megrajzoltuk a (16) összefüggésnek megfelelő függvényt. Az ábrából látható, hogy az ipari alumíniumelektrolizáló kádnál a állandó keresztmetszetű fogyóárammal terhelt sínek k_w veszteségszorzója 0,31 és 0,33 értékek között változik, vagyis nem követünk el nagy hibát, ha a (8) összefüggés szerint adódó egyharmados szorzót alkalmazzuk.

2.1.2.2. Az ekvivalens feszültséget a (15)-nek az áramerősséggel való osztása révén kapjuk:

$$U_{td}^{e}=\frac{I\varrho l_1(2n-1)}{6nF_1} \qquad (17)$$

2.1.2.3. A mérhető feszültségesést az l_1 sínszakasz két végpontja között az egyes leágazások között be-

következő feszültségesések összegezéséből kapjuk:

$$U_{td}^{m}=\frac{I\varrho l_1}{(n-1)F_1}\sum_{k=1}^{n-1}\left(1-\frac{k}{n}\right)=\frac{I\varrho l_1}{2F_1} \qquad (18)$$

A (11) és (18) összevetéséből látható, hogy az állandó keresztmetszetű sínszakaszok két végpontja között mérhető feszültség folyamatosan és szakaszosan egyenletesen fogyó áramerősségek esetén megegyezik. Ily módon a k_u feszültségszorzó független az áramelágazások számától (ld. 3. ábra). A 3. ábrából az is belátható, hogy a C_u relatív feszültségszorzó (amely az ekvivalens és a mérhető feszültség hányadosa) az ipari kádaknál előforduló leágazási számoknál 0,6 és 0,66 értékű.

2.2. Fogyó keresztmetszetű sínek

A jobb anyagkihasználás céljából általában a katódvezérsíneket, de sokszor az anódvezérsíneket is az áram haladási irányában lineárisan változó keresztmetszetűre képezik ki. Ha az első áramelágazásnál a sín keresztmetszete F_1 és az utolsó leágazásnál ennek a p-ed része, akkor a sínvég keresztmetszete pF_1. A továbbiakban megvizsgáljuk a sínezési veszteségeket a 2.1.1. és a 2.1.2. pontok szerinti folyamatosan, illetve szakaszosan fogyó áramerősségek esetén.

2.2.1. Vizsgálat folyamatosan változó áramerősségnél

A *4. ábra* szerinti a sínben folyó áram erősségét a (6) összefüggés fejezi ki, a sín $F(x)$ keresztmetszete pedig lineárisan fogyó esetben az alábbiak szerint változik, annak hossza mentén:

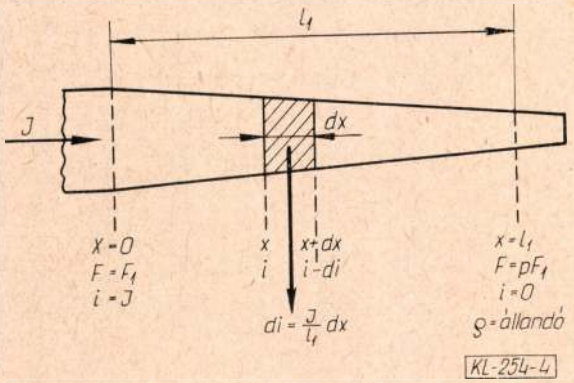
$$F(x)=F_1\left(1-\frac{1-p}{l_1}x\right) \qquad (19)$$

2.2.1.1. Az energiaveszteség (W_{ff}) a (7) összefüggés analógiájára

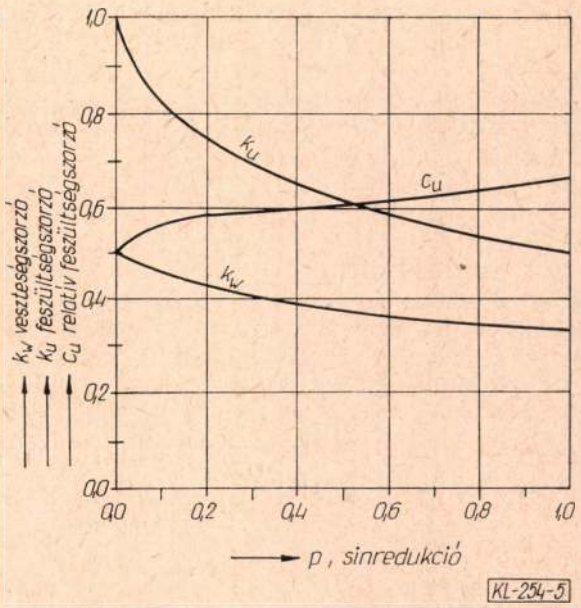
$$W_{ff}=\varrho\int_0^{l_1}\frac{i^2(x)}{F(x)}\,dx \qquad (20)$$

melybe $i(x)$ helyébe a (6)-ot, $F(x)$ helyébe pedig a (19)-et behelyettesítve és elvégezve az $x/l_1=y$, továbbá az $(I_1-p)=$ a helyettesítéseket, az energiaveszteségre a következő összefüggést kapjuk:

$$W_{ff}=\frac{I^2\varrho l_1}{F_1}\int_0^1\frac{(1-y)^2}{1-ay}\,dy \qquad (21)$$



4. ábra. Fogyó keresztmetszetű, folyamatosan-fogyóáramerősséggel terhelt sín



5. ábra. A veszteség-, feszültség- és relatív veszteségszorzó függése a sínredukciótól

(21)-ben az integrálást, a visszahelyettesítéseket és az összevonásokat, továbbá az egyszerűsítéseket elvégezve az alábbi összefüggést kapjuk:

$$W_{ff}=\frac{I^2\varrho l_1}{F_1}\cdot\frac{0{,}5-2p+p^2(1{,}5-\ln p)}{(1-p)^3} \qquad (22)$$

(22)-ből kitűnik, hogy ha p egyhez közeledik, akkor az összefüggés második tagja, vagyis a k_w veszteségszorzó határértékben egyharmadhoz tart, illetve a (22) összefüggés átmegy a (8)-ba (lásd *5. ábra*). Ha viszont a p zérushoz tart, akkor az előbbi veszteségszorzó határértékben a 0,5 értéket veszi fel.

2.2.1.2. Az ekvivalens feszültséget (3) alapján úgy kapjuk, ha (22)-öt osztjuk a teljes áramerősséggel:

$$U_{ff}^{e}=\frac{I\varrho l_1}{F_1}\cdot\frac{0{,}5-2p+p^2(1{,}5-\ln p)}{(1-p)^3} \qquad (23)$$

2.2.1.3. A mérhető feszültségesés a sínszakasz két végpontja között (10) analógiájára

$$U_{ff}^{m}=\varrho\int_0^{l_1}\frac{i(x)}{F(x)}\,dx \qquad (24)$$

(6)-ból $i(x)$-et, (19)-ből pedig $F(x)$-et (24)-be behelyettesítve, továbbá az előbbiek szerint az $x/l_1=$ $=y$ és az $(I_1-p)=$ a helyettesítéseket elvégezve:

$$U_{ff}^{m}=\frac{I\varrho l_1}{F_1}\int_0^1\frac{1-y}{1-ay}\,dy \qquad (25)$$

A (25)-ben kijelölt integrálást elvégezve:

$$U_{ff}^{m}=\frac{I\varrho l_1(1-p+p\ln p)}{F_1(1-p)^2} \qquad (26)$$

(26)-ból láthatóan:

$$\lim_{p\to 0}\frac{1-p+p\ln p}{(1-p)^2}=1;\ \text{és}\ \lim_{p\to 1}\frac{1-p+p\ln p}{(1-p)^2}=0{,}5$$

vagyis a k_u feszültségszorzó $p=0$-nál az 1-hez, $p=$ $=1$-nél pedig a *0,5* értékhez tart, azaz az utóbbi esetben (26) a (11) összefüggésbe megy át (lásd. az *5. ábrát*).

Ha képezzük a (23) és (26) összefüggések hányadosát, kapjuk azt a C_u relatív feszültségszorzót, amellyel a sínszakasz két végpontja között fizikailag mérhető feszültségesést meg kell szorozni ahhoz, hogy az energiaveszteséggel arányos ekvivalens feszültséget kapjuk:

$$C_u=\frac{0{,}5-2p+p^2(1{,}5-\ln p)}{(1-p)(1-p+p\ln p)} \tag{27}$$

Az 5. ábrából kiolvasható, hogy a relatív feszültségszorzó $p=0$-nál a 0,5, $p=l$-nél pedig 2/3 és p növekedésével monoton növekszik.

2.2.2. Vizsgálat szakaszosan változó áramerősségnél

A vizsgálat modelljét a *6. ábra* mutatja be. Ragadjuk ki a fogyó sínnek a k-adik és a $(k+l)$-edik leágazása közötti szakaszát. Az ábrából is belátható a sín keresztmetszete a k-adik leágazásnál:

$$F_k=F_1\left[1-\frac{(k-1)(1-p)}{n-1}\right] \tag{28}$$

a $(k+1)$-ediknél pedig:

$$F_{k+1}=F_1\left[1-\frac{k(1-p)}{n-1}\right] \tag{29}$$

Ha a k-adik legágazásnál $x=0$, a $(k+1)$-ediknél pedig $x=\Delta l$, akkor e határok között (27) és (28)-ból adódóan a sínkeresztmetszet az alábbi összefüggés szerint változik:

$$F(x)=F_1[Ak-Bx], \tag{30}$$

ahol:

$$A_k=1-\frac{(k-1)(1-p)}{n-1} \quad \text{és} \quad B=\frac{1-p}{\Delta l(n-1)}.$$

Az áramerősség a k-adik és $(k+1)$-edik leágazás közötti szakaszban pedig:

$$i_k=I\left(1-\frac{k}{n}\right). \tag{31}$$

2.2.2.1.

Az energiaveszteséget (W_{fd}) a két leágazás közötti sínszakaszban képződő joule hő (ΔW_k)k szerinti összegezésével kapjuk:

$$\Delta W_k=i_k^2\varrho\int_0^{\Delta l}\frac{\mathrm{d}x}{F_1(A_k-Bx)} \tag{32}$$

A (32) integrálását és a helyettesítéseket, valamint egyszerűsítéseket elvégezve:

$$\Delta W_k=\frac{I^2\varrho l_1}{F_1(1-p)}\ln\left(\frac{n-k+pk-p}{n-k+pk-1}\right)^{\left(1-\frac{k}{n}\right)^2} \tag{33}$$

A teljes sínszakaszban előálló energiaveszteséget a (33)összefüggésnek k szerinti összegezésével kapjuk, vagyis:

$$W_{fd}=\sum_{k=1}^{n-1}\Delta W_k \tag{34}$$

A (34)-ben a k mentes tényezőket kiemelve az összegezés, mint szorzatok produktumok természetes logaritmusa írható fel:

$$W_{fd}=\frac{I^2\varrho l_1}{F_1(1-p)}\ln\prod_{k=1}^{n-1}\left(\frac{n-k+pk-p}{n-k+pk-1}\right)^{\left(1-\frac{k}{n}\right)^2} \tag{35}$$

2.2.2.2. Az ekvivalsen feszültséget (35)-nek az áram erősségével való osztása révén kapjuk:

$$U_{fd}^e=\frac{I\varrho l_1}{F_1(1-p)}\ln\prod_{k=1}^{n-1}\left(\frac{n-k+pk-p}{n-k+pk-1}\right)^{\left(1-\frac{k}{n}\right)^2} \tag{36}$$

2.2.2.3. A mérhető feszültségesést (32)-hez hasonlóan a:

$$\Delta U_k^m=i_k\varrho\int_0^{\Delta l}\frac{\mathrm{d}x}{F_1(A_k-Bx)} \tag{37}$$

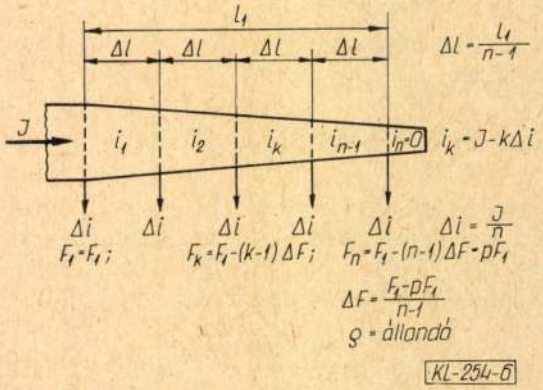
összefüggés integrálása és k szerinti összegezésével kapjuk, vagyis:

$$U_{fd}^m=\frac{I\varrho l_1}{F_1(1-p)}\ln\prod_{k=1}^{n-1}\left(\frac{n-k+pk-p}{n-k+pk-1}\right)^{\left(1-\frac{k}{n}\right)^2} \tag{38}$$

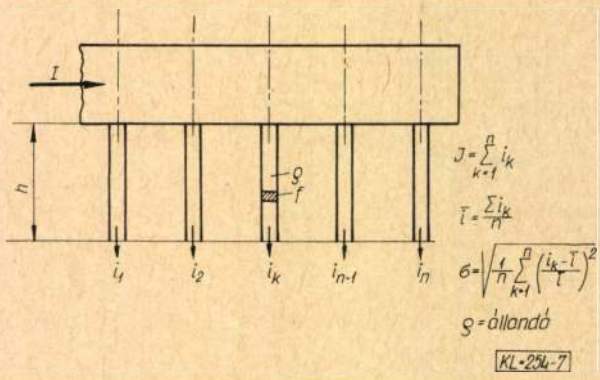
(36) és (38) szerinti számításokat elvégezve és az eredményeket az 5. ábrával összevetve megállapítható, hogy a gyakorlatban előforduló esetekben a fogyó árammal terhelt sínekben az áramerősség változása gyakorlatilag folyamatosnak tekinthető, vagyis kielégítő pontosságot ad a (23) és (26) összefüggések használata.

3. Párhuzamosan kapcsolt áramvezető szakaszok vizsgálata

Az elektrolizáló kádak villamosan párhuzamosan kapcsolt és különböző áramerősséggel terhelt áramvezetői a következők: oldaltüskés kádak tüskéi és csatlakozói, felsőtüskés és blokkanódás kádak anódtüskéi és anódrúdjai (mankói), továbbá mindkét kádtípus katódsínjei és katódflexiblisei. Az utóbbiak áramterhelése sok esetben azonosnak vehető.



6. ábra. Fogyó keresztmetszetű, szakaszosan-fogyó-áramerősséggel terhelt sín



7. ábra. Párhuzamosan kapcsolt áramvezetők

A 7. *ábrának* megfelelően tételezzük fel, hogy az n db f keresztmetszetű, h hosszúságú párhuzamosan kapcsolt áramvezetőkben sorra $i_1, i_2, \ldots i_k \ldots i_n$ áramerősség folyik.

3.1. A képződött energia összege (W_p) a k-adik vezetőben előálló $W_k = i_k^2 \varrho h/f$ joule hőmennyiség k-szerinti összegezéséből adódik:

$$\Delta W_p = \frac{\varrho h}{f} \sum_{k=1}^{n} i_k^2 \qquad (39)$$

Ha a matematikai statisztikai formulák figyelembevételével képezzük a párhuzamosan kapcsolt áramvezetők között előálló különböző áramrészesedések relatív szórásnégyzetét

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n} \left(\frac{i_k - \bar{i}_k}{i_k} \right)^2 \qquad (40)$$

és figyelembe vesszük, hogy az $\bar{i}$ közepes áramterhelés a teljes áramerősségnek az egy áramvezetőre eső része ($\bar{i} = I/n$) és a teljes áramerősség azonos az egyes áramvezetőkben folyó áramok összegével ($I = \Sigma i_k$), akkor a (39)-ben szereplő négyzetösszeg kifejezhető a statisztikai szórás függvényeként.

(40)-ben a négyzetreemelést elvégezve, majd az így kapott összefüggésből az áramerősségek négyzetösszegét kifejezve:

$$\Sigma i_k^2 = \frac{I^2}{n} (\sigma^2 + 1) \qquad (41)$$

(41)-et (39)-be helyettesítve a párhuzamosan kapcsolt áramvezetők energiaveszteségét a következő összefüggés adja:

$$\Delta W_k = \frac{I^2 \varrho h}{nf} (\sigma^2 + 1) \qquad (42)$$

(42)-ből kitűnik, hogy a párhuzamosan kapcsolt áramvezetőkben előálló energiaveszteség $(\delta^2 + 1)$-szer nagyobb annál a veszteségnél, amely akkor állna elő, ha az egyes áramvezetők között az áram egyenletesen oszlana el.

3.2. Az ekvivalsen feszültségesést (ΔU_p^e) (42)-nek a teljes áramerősséggel való osztása révén kapjuk:

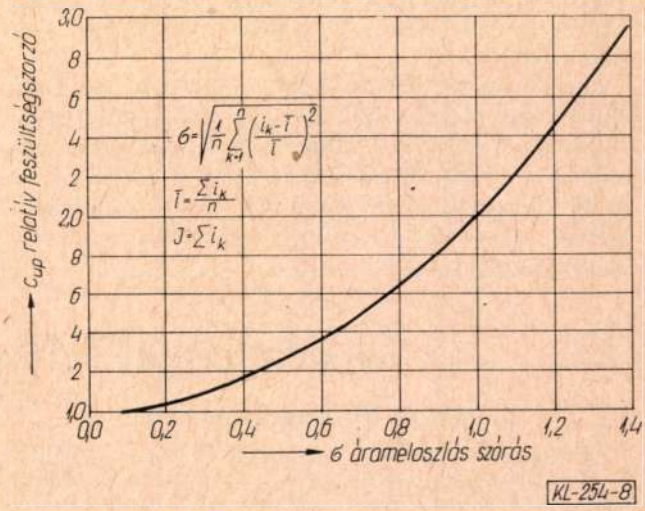
$$\Delta U_p^e = \frac{I \varrho h}{nf} (\sigma^2 + 1) \qquad (43)$$

3.3. A mérhető feszültségek számtani átlagértéke (ΔU_p^m) ugyanazt a feszültséget adja, mintha az áram egyenletesen oszlana el, hisz:

$$\Delta U_p^m = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n} \Delta U_p^m = \frac{\varrho h}{nf} \sum_{k=1}^{n} i_k \qquad (44)$$

(44)-ből ugyanis látható, hogy a mérhető feszültségesés független az árameloszlástól. Ennek megfelelően ha az energiaképződéssel arányos feszültséget méréssel kívánjuk meghatározni, akkor a (43) és (44) összevetésekből láthatóan a mért feszültségértékek átlagát $(\sigma^2 + 1)$-gyel minden esetben be kell szorozni, vagyis:

$$\Delta U_p^e = (\sigma^2 + 1)\, \overline{\Delta U}_p^m \qquad (45)$$



8. ábra. A relatív feszültségszorzó függése az árameloszlástól

A (42) és (43) összefüggéseket jó közelítéssel különböző hosszúságú áramvezetőkre úgy alkalmazzuk, hogy h helyébe a mindenkori technológiai ingadozások figyelembevételével kiszámított átlagos értéket írjuk. Ha pedig a közelítően azonos villamos ellenállású kontaktusokon bekövetkező ekvivalens feszültségértékeket akarjuk meghatározni, akkor a (42) és (43) összefüggésekben $\varrho h/f$ helyébe a kontaktusok ohmokban kifejezett átlagos villamosellenállását írhatjuk, mérések alapján történő meghatározásnál pedig a mért ΔU_{ko}^m átlagérték még szorzandó $(\sigma^2 + 1)$-gyel, vagyis:

$$\Delta U_{ko}^e = \frac{I r_{ko}}{n} (\sigma^2 + 1) \qquad (46)$$

$$\Delta U_{ko}^e = \overline{\Delta U}_{ko}^m (\sigma^2 + 1) \qquad (47)$$

A (43), (45) és a (46), (47) összefüggésekből látható, hogy a párhuzamosan kapcsolt áramvezetőknél a C_p relatív veszteségszorzó $(\sigma^2 + 1)$-gyel azonos, melynek az áramerősség szorzásától való függését a *8. ábra* mutatja be.

Összefoglalás

A hosszuk mentén változó áramerősséggel terhelt sínszakaszok (anód- és katód-vezérsín) és a villamosan párhuzamosan kapcsolt áramvezetők (mankók, tüskék) esetén mért feszültségek, illetve ezek átlagértékeinek a teljes áramerősséggel való szorzata lényegesen különbözhet a szóban forgó sínszakaszokon bekövetkező energiaveszteségtől. A tényleges energiaveszteség és a teljes áramerősség hányadosaként definiálható az ún. *ekvivalens feszültségesés*, melynek nagysága a sínek alakjától és az árameloszlástól is függ.

Állandó keresztmetszetű, a sín egyik végére lineárisan zérusra csökkenő áramerősséggel terhelt sínek esetén (anód- és katódvezérsín) az energiaveszteség és az ekvivalens feszültségesés: 30—33%-a, míg a mérhető feszültségesés: kereken 50%-a annak a veszteségnek, amely akkor állna elő, ha a sínszakaszban végig a kezdeti maximális áramerősség folyna. Ennek megfelelően a mérhető feszültségesés

0,5—0,66-os faktorral kell megszorozni ahhoz, hogy az energiaveszteségnek megfelelő ekvivalens feszültséget kapjuk.

Fogyó anód-, illetve katódvezérsínek esetén a sínkeresztmetszet-csökkenés mértékétől függően, a teljes árammal átjárt állapothoz képest az ekvivalens feszültség meghatározásánál 0,3—0,5-ös, a mérhető feszültségnél pedig 0,5—1-es szorzófaktor alkalmazása indokolt. Ennek megfelelően a sínszakasz két végpontja között mérhető feszültséget 0,5—0,66-os faktorral indokolt szorozni az ekvivalens feszültség meghatározásához.

A párhuzamosan kapcsolt áramvezetők, illetve ezek kontaktusain bekövetkező ekvivalens feszültségeséseinek meghatározásához (ha σ^2-tel jelöljük a párhuzamos ágak között meglevő árameloszlás szórásnégyzetét), a számított vagy mért értékeket (σ^2+1)-gyel indokolt megszorozni.

Fémkohászati műszaki és gazdasági hírek

II. Országos Ritkafém Ankét Pécsett

A Ritkafém Tárcaközi Koordináló Bizottság, az MTA I. főosztálya és Pécsi Akadémiai Bizottsága, a Nehézipari Műszaki Egyetem és a Mecseki Ércbányászati Vállalat közös szervezésében, igen nagy érdeklődés mellett rendezték meg 1973. június 12—13-án a II. Országos Ritkafém Ankétot a Pécsi Orvostudományi Egyetem épületében. Az ankét előadásain mintegy 60 szakember vett részt, akik a ritkafémek geológiájával, előállításával, elemzésével és alkalmazásával kapcsolatos kérdéseket vitatták meg. A kétnapos ankéton 28 előadás hangzott el, ami egyben megmutatta, hogy a ritkafémek iránti érdeklődés jelentősen megnövedett. Az előadások a következő kutatási és vizsgálati eredményekről számoltak be:

Barabás A.—Kósa L.—Majoros Gy.—Wéber B.: A ritkaföldfém kutatás néhány földtani lehetősége Magyarországon;
Cornides I.—Kada I.-né: Ritkaföldfémek tömegspektrometriás analitikája;
Csillag J.: Hazai szkarnos képződmények ritkafém-vizsgálatai;
Csővári M.: Szkandiumoxid kinyerése uránérc feldolgozási hulladékokból;
Czeglédi B.: Uránércek baktériumos kilúgzása;
Czeglédi B.—Csővári M.: A nagytisztaságú ritkaföldfém-oxidok hazai előállításának néhány szempontja;
Deák M.: Ritkafémek és oxidjaik felhasználása az üveg-iparban;
Éles L.: A ritkafém és ritkaföldfém ötvözés hatása a növelt folyáshatárú acélok szövetszerkezetére és mechanikai tulajdonságaira;
Fekete K.: Cirkonsók felhasználása a bőriparban;
Fodor M.: Ritkaföldfém — ortoferrit és gránát egykristályok és vékonyrétegek növesztése;
Fülöp J.: A geológiai és metallurgiai kutatás feladatai a hazai ritkafém-források bővítésére;
Horváth Cs.: Ritkafémek felhasználása színesfém ötvözetekben;
Horváth Z.—Szepesy A.-né: Kénsavas rézszulfátoldatokból a réz extrakciója;
Iván L.: Az ötödik oszlop ritkafémkloridjainak új előállítási módszerei;
Kovatsits M.-né—Horváth M.—Vajda F.: Korszerű vizsgálati eljárások a ritkafémek meghatározására;
Mikó L.: A hazai ritkafém nyersanyagszükséglet biztosítási lehetőségei a harmadik világ országaiból;
Miskei M.: A titán ipari felhasználásának hazai problémái;
Nándori Gy.: Cérium keverékfém tartalmú öntöttvasak felhasználása alakos öntvények gyártására;
Pőcze L.: Ritkafémek felhasználása katalizátorok készítésére;
Riedl I.: Nagyon tiszta mangánkarbonát előállítása;
Simon S.: A ritkafémek szerepe az acél tulajdonságainak javításában;
Solymárné Gábor M.—Kocsó I.: A keménymágneses tulajdonságok alapját képező mágneses fázisok R-Co ötvözetekben;
Szabó J.: Ritkafémek felhasználása az EIVIRT gyártmányainál, különös tekintettel a várható fejlődésre;
Tarján G.: Ritkafémtartalmú kőzetek előkészítése fizikai és kémiai módszerekkel;
Várhegyi Gy.: A ritkafém felhasználás helyzete és perspektívája hazánkban;
Varjú Gy.: Ritkafémtartalmú nyersanyagok műrevalóságának kérdései;
Viczián I.—Kada I.-né: Néhány ritkafém tömegspektrometriás meghatározása kőzetekben;
Zelenka T.: Színesfém és ritkafém standard minták vizsgálati tapasztalatai.

K. O.

Nemvasfém kooperáció elmélyítése Franciaország és Szovjetunió között

Franciaország és a Szovjetunió tovább akarja mélyíteni a műszaki-tudományos együttműködését a nemvasfémek területén. A rövidesen aláírásra kerülő egyezményben elsősorban az alumínium területei, az elektródagyártás, a réz és rézötvözetek feldolgozása, a nemvasfém-ércek feldolgozási technikájának és technológiájának tökéletesítése, valamint az ólom és cink kinyerési technológiájának megjavítása szerepelnek. Ezenkívül hosszúlejáratú szállítási szerződést írnak alá szovjet nemvasfémek, elsősorban cirkon, vanádium, technikai niobiumpentoxid Franciaországba történő szállításáról. Ugyancsak növelni akarják a jövőben az „Alumínium Pechiney" által a Szovjetunióba történő timföld szállítást.

Metall 1973. ápr.

G. L.

India: Réz tervek

Az indiai réztermelést, amely jelenleg kb. 10 000 t/év, az 1973—1978. évi ötéves terv keretében 50 000 t/év, majd 1983-ra 75 000 t/év termelésre kívánják növelni. Erre az időre az évi felhasználás előreláthatóan eléri a 110 000 t-t.

A Khetri/Rajasthan-i érclelőhelyek környékén jelenleg egy ércelőkészítőmű és egy kohómű épül, melyeknek 1974. év végére kb. 31 000 t/év végkapacitást kell elérnie. A Malanjkhand/Madhya Pradesh körzetében feltárt rézérc vagyont 40 millió tonnára becsülik és a felszíni ércbányászat megnyitását 1980-ra tervezik.

Metall 1973. ápr.

G. L.

Spanyolországi titánoxid

A British Titan Ltd. és az Explosivos Rio Tinto társaság között megegyezés jött létre egy közös vállalat alakításáról a délspanyolországi Huelva tartományban egy új titándioxidüzem létrehozásáról, melyhez a tőke 55 %-át az Explosivos Rio Tintó cég biztosítaná. A titandioxidüzem felépítésének költségét 1,5 milliárd pezetára becsülik. A műnek évi 30 000 t kezdőkapacitást kell biztosítania. A termelés kezdetét 1975-re tervezik.

Metall 1973. ápr.

G. L.

Svédország: Ólom és cinkércek

A belga Vieille Montague-hoz tartozó közép-svédországi Iskarsund-i bánya ólom és cinkérc termelését, amely jelenleg 320 000 t, 1976-ra 600 000 t-ra fogják növelni. A beruházások előreláthatóan 55 millió svédkoro-

nát tesznek ki. Különféle becslések szerint az Iskarsund bányatérségben levő ércartalékok 9 % cink- és 1,5 % ólomtartalmúak.

Metall 1973. ápr.

G. L.

Ezüst-felhasználás 1972-ben

A tőkés országok ezüstfelhasználása ipari célokra, és új pénzérmék verésére 1972-ben a New York-i Handy Harman cég becslése szerint 422,5 millió uncia volt, 9 %-kal magasabb, mint 1971. évben (1 kg kb. 32 uncia. Szerk.) Az ezüst ipari felhasználására H H szerint kb. 382 millió uncia esett, ami az előző évhez képest 6 % növekedést mutat. A pénzérmék verésére a nevezett cég adatai szerint kb. 40,5 millió unciát fordítottak, ami 1971-hez képest 48 %-os növekedést mutat. Az USA-ban az ipar 1972-ben 142 millió unciával mintegy 10 %-kal használt fel több ezüstöt, mint 1971-ben. A következő években tartós áremelkedéssel lehet számolni. Ipari ezüst a H H szerint elegendő mennyiségben fog rendelkezésre állni.

Metall 1973. ápr.

G. L.

Fémkohászati üzemi hírek

Folyamatos vízszintes öntőberendezés üzembehelyezése a Csepeli Fémműben

A Csepeli Fémműben a különleges nehézfémszalag igények minőségi és mennyiségi kielégítésére terbevettek egy folyamatos vízszintes öntőgépből, egy duó és egy kvartó hengerállványból álló berendezéssor felállítását. A hengerállványokat a Fröhling, az öntőberendezést a Technika Guss NSZK cég szállította. A berendezéssorból a duó állványt és az öntőgépet már üzembehelyezték, a kvartó állvány szerelés alatt áll.

A VIISNE típusú folyamatos öntőberendezés a folyékonyfémet tároló 400 kg befogadóképességű kemencéből, a grafitkokilla kristályosítóból és a kihúzó berendezésből áll. Az ötvözetek olvasztására 2 db 600 kg-os indukciós fűtésű Ricou-kemence szolgál.

Az öntés megindítása a kristályosítóba behelyezett megfelelő méretű vastuskó segítségével történik. A rádermedt fém kihúzását a kristályosítóból levegőnyomással összeszorított hengerek segítségével végzik.

A kihúzóhoz csatlakozó marógép vidiabetétes maróhengere egyszerre forgácsolja simára a szalag alsó és felső fedőlapját. A forgácsot levegővel elszívják. A lemart szalagot repülőfűrésszel darabolják, vagy feltekercselik. A berendezést a Csepeli Fémmű 320×15 mm-es méretű alpakka, bronz, réz-nikkel és sárgaréz ötvözetű szalagok előállítására kívánja alkalmazni.

A berendezés alkalmas 200—400 mm közötti szélességű és 15—100 mm vastagságú szalagok előállítására. Minden kívánt mérethez külön kristályosító kokilla szükséges. A kristályosító grafit kokillák vízhűtésesek. A berendezés alkalmas rudak és csövek öntésére is. A kihúzó berendezés sebessége szabályozható. A gép teljesítménye 2000 t/év, három műszak esetén. A grafitkokillák tartóssága folyamatos üzem esetén alpakkára 40 óra, sárgarézre és bronzra egy hét.

A már üzembehelyezett Fröhling duó 600 kw teljesítményű, 560 mm átmérőjű, 400 mm palásthosszúságú hengerekkel. A 320 mm széles, 15 mm vastag öntött szalagot hidegen hengerlik 100 m/perc sebességgel 2 mm vastagságra több szúrással. A hengerállvány reverzálható.

A 2 mm alatti méreteket a kvartóállványon fogják hengerelni.

K. J.

Alumínium

Az amerikai Kaiser alumíniumkonszern január 3-ával megint felemelte az alumíniumtermékek jelentős részének eladási árait. Ezúttal drágább lesz minden olyan durva- és finomlemez, amelyet eddig a hivatalos listaáraknál olcsóbban hoztak forgalomba. A hivatalos listaárak egyelőre nem változnak.

Az emelkedés minimálisan egy centet tesz ki libránként. Az építőiparban használt lemezek ára 1—2 centtel, a feldolgozóiparban használatos lemezek ára pedig 2—4 centtel drágul.

Azonos mértékű áremelést jelentett be az amerikai Anaconda konszern alumíniummal foglalkozó leányvállalata is.

Világgazdaság 1973. január 9. sz.

*

A japán alumíniumipar tavaly első ízben állított elő 1 millió tonnánál többet, termelése 1 009 134 metrikus tonna volt. 1971-hez képest ez 13,7 százalékos emelkedést jelent.

Az iparág érdekképviseletének véleménye szerint a csúcseredmény elérését az tette lehetővé, hogy belföldön növekedett a kereslet alumínium késztermékek iránt. A fokozódó igények kielégítését az újonnan épült finomító üzemek tették lehetővé.

A gyárak az elmúlt évben 1 008 885 tonna alumíniumot, azaz 21,2 százalékkal többet szállítottak vevőiknek.

Japán elsődleges alumíniumtermelési kapacitása öt év alatt kétszeresére nő, ha a jelenlegi tervek megvalósulnak. Ipari források szerint a Mitsubishi csoport tavaly megkezdte finomítási kapacitásának évi 100 ezer tonnával való bővítését. A Sumitomo márciusban kezdi meg egy hasonló kapacitású új alumíniumkohójának építését. Ugyanennek a csoportnak egy másik leányvállalata kétszázezer tonnás finomító építését tervezi, amelynek első részlege 1976-ban kezdené meg a termelést. A bővítés gondolatával foglalkozik három másik alumíniumipari vállalat is, a Mitsui Alumínium, a Japan Light Metal és a Showa Denko.

A Japán Light Metal Co. szerint siettetni kell a bővítési programok végrehajtását, mert évről évre nehezebbé válik a szükséges elektromos energia biztosítása. A jen újabb felértékelése rendkívül érzékenyen érintené az ország alumíniumiparát, mivel megindulna az olcsó alumínium beáramlása. Másrészt ipari körökben olyan vélemények is hallhatók, hogy ezek a nagymértékű bővítési elgondolások olyan jellegű kapacitásfeleslegek kialakulására vezethetnek, mint amilyenek két évvel ezelőtt az acél- és a petrolkémiai iparban kialakultak.

Világgazdaság 1973. február 13. sz.

*

A Kaiser Alumínium and Chemical Corp. bejelentette, hogy április 1-től másfél centtel emeli az alumíniumöntvények libránkénti árát. Az alumíniumkábelek ára február 19 óta már 6 százalékkal drágább. Közölte még, hogy a rúdalumíniumok árát 5 százalékkal készül emelni.

Világgazdaság 1973. február 9.

*

Az Alumínium Co. of America bejelentette, hogy januárban újból üzembe állít eddig leállított alumíniumkohó kapacitásokat, minthogy az elsődleges alumínium készletei a kereslettel egyensúlyba kerültek. Ezért hat alumíniumkohónál növeli a termelést. Ezenkívül új kohót helyeznek üzembe évi 100 ezer tonna tömbalumínium kapacitással.

A bővítések megvalósításával a konszern alumíniumgyártó kapacitásának kihasználása idén 82-ről 90 százalékra növekszik.

Világgazdaság 1973. január 9. sz.

*

A világon tavaly összesen 11 490 000 metrikus tonna elsődleges alumíniumot gyártottak, 6 százalékkal többet, mint az előző évben — állapította meg ideiglenes számítások alapján a World Bureau of Metal Statistics.

A nyugati világ termelése ugyancsak 6 százalékkal volt nagyobb, 9 150 000 tonnát tett ki. 5 százalékkal emelkedett az USA alumíniumtermelése, amely 3 730 000 tonnával a nyugati világ összes termelésének 41 százaléka.

Japán alumíniumtermelése első ízben haladta meg az 1 millió tonnát, 13 százalékos növekedéssel 1 011 000 tonnát ért el.

Kanadában ezzel szemben 10 százalékkal kevesebbet állítottak elő, összesen 915 000 tonnát.

Nyugat-Európában a termelés 7 százalékkal emelkedett, főként a legnagyobb termelő országokban: Norvégiában, az NSZK-ban és Franciaországban. Angliában az olvasztókapacitások fejlődése folytatódott, a korábbi 119 000 tonna helyett tavaly már 170 000 tonnára emelkedett.

A világ elsődleges alumíniumfogyasztása közel 9 százalékkal nőtt és elérte a 11 375 000 tonnát. Ebből a nyugati világ felhasználása 9 125 000 tonnát tesz ki, 9 és fél százalékkal többet, mint 1971-ben.

Az USA több mint 9 százalékkal emelte a felhasználást, és 4 277 000 tonnával első ízben lépte túl a 4 millió tonnás határt.

Japánban is új rekordot értek el 1 160 000 tonnával. Nyugat-Európában az összes nagyobb felhasználó ország fogyasztása emelkedett, a növekedés összesen 8 százalék volt; 2 708 000 tonna elsődleges alumíniumot használtak fel.

Világgazdaság 1973. január 23. sz.

H. W.

A titogradi alumíniumüzem az elmúlt évben kezdte meg az elsődleges alumíniumtermékek exportját. Eddig 11 ezer tonna alumíniumot értékesített konvertibilis devizáért.

Fő vásárlói az NSZK, Olaszország, és Japán voltak.

Yugoslavia Export 1973. január.

H. W.

*

1972-ben Norvégia elsődleges alumíniumtermelése kb. 550 ezer tonna volt, 3—4 %-kal több, mint 1971-ben. Az alumíniumpiac kedvezőtlen helyzete miatt azonban az iparág kapacitáskihasználtsága évi átlagban a 80 %-ot sem érte el.

Jelenleg Norvégiában van a tőkés világ elsődleges alumíniumtermelő kapacitásának 6 %-a, a nyugat-európai országok kapacitásának pedig 21 %-a (710 000 tonna)

1972-ben Norvégia 520 000 tonna elsődleges alumíniumot exportált. *H. W.*

Metal Bulletin 1973. január 18.

*

A világ elsődleges alumíniumtermelése 1972-ben 6 %-kal nőtt és 10 885 ezer tonnáról 11 490 ezer tonnára emelkedett, jelenti a World Brueau of Metal Statistics.

Az USA termelése, mely a világtermelés 41 %-át adta, 5 %-kal nőtt. Nyugat-Európa alumíniumtermelése az átlagosnál valamivel jobban 7 %-kal nőtt. Legdinamikusabban Kanada és Japán termelése nőtt (10 %, ill. 13 %). Az alumíniumfogyasztás 9 %-kal emelkedett és elérte a 11 375 ezer tonnát. Ebből a nyugati világ felhasználása 9125 ezer tonna, ami 9,5 %-os növekedést jelent. Az USA fogyasztása 9 %-kal nőtt (4 millió tonna), Nyugat-Európáé 8 %-kal (2,7 millió tonna), Japán felhasználása több mint 1 millió tonna.

Mining Journal 1973. január 19.

H. W.

*

A World Bureau of Metal Statistics előzetes adatai szerint 1972-ben a világ elsődleges alumíniumtermelése 11,5 millió tonna volt, ami az 1971. évi termelésnél 6 %-kal magasabb. A tőkés országok termelése az előző évihez viszonyítva 6 %-kal, 11 millió tonnára, ezen belül az USA termelése 5 %-kal, 3,7 millió tonnára, Japáné pedig 13 %-kal kereken 1 millió tonnára, Nyugat-Európáé pedig 7 %-kal növekedett.

Kanada alumíniumtermelése 10 %-kal, 915 ezer tonnára csökkent. *H. W.*

Metal Bulletin 1973. január 19.

*

A guineai kormány meg akarja gyorsítani az ország középső területén fekvő dabolaii bauxitlelőhely feltárását, melynek készleteit több mint 80 millió tonnára becsülik, de Dabola a jugoszláviai Energoinvest-tal együt timföldüzemet fog felépíteni.

Metal Bulletin 1973. január 23.

H. W.

*

A japán elsődleges alumínium termelők 10 %-os áremelésről folytatnak tárgyalásokat a hazai fogyasztókkal. E törekvés azonban nehézségekbe fog ütközni, ugyanis az importált alumínium viszonylag olcsón szerezhető be.

Metal Bulletin, 1973. január 12.

H. W.

*

1973. februárjában a jugoszláviai Sibenik-ben üzembe helyezik az elsődleges alumíniumüzemet, amelynek kezdő kapacitása 75 ezer tonna lesz.

Népgazdasági előirányzatok szerint 1973-ban Jugoszlávia bauxittermelése 3,5 millió tonna, timföldtermelése 700 000 tonna, elsődleges alumíniumtermelése pedig 240 000 tonna lesz.

A jugoszláv alumíniumipar nagy része Dalmáciára fog koncentrálódni 1975-re e területen 1 millió tonna bauxitot fognak kitermelni, 300 000 tonna timföldet és 110 000 tonna elsődleges alumíniumot fognak előállítani.

Metal Bulletin 1973. január 19.

H. W.

*

Az Alcoa új eljárást dolgozott ki, mely az alumíniumgyártáshoz szükséges energiát 30 %-kal csökkenti. Az eljárás lényege abban áll, hogy a timföldhöz az eddig használt fluorid-tartalmú anyagok helyett klorid-oldatot adalékolnak. Az eljárásnak az energiamegtakarításon kívül további előnyei is vannak: csökkenti a környezet szennyeződését és enyhít a kryolithiányon (a kryolit a fluorid egyik fontos alapanyaga).

Az új eljárást jelenleg az Alcoa által létesített próbaüzemben kísérletezik ki. *H. W.*

The Economist 1973. január 27.

*

A japán alumíniumtermelők igen nagy ellenállást fejtenek ki a jen esetleges újabb felértékelésével kapcsolatban. A jen 1971. augusztustól decemberig tartó lebegtetése, majd 1971. decemberében bekövetkezett 16,88 %-os felértékelése egybeesett az alumínium kedvezőtlen konjunktúrájával, melynek következtében Japán elsődleges alumíniumexportja mintegy 50 %-kal csökkent. A jen újabb felértékelésének további exportcsökkentő és importnövelő hatása lenne, ugyanis a hazai tonnánkénti ár már jelenleg is mintegy 60 dollárral magasabb az importnál.

Japán elsődleges alumínium-igénye jelenleg évi 1,2—1,3 millió tonna, termelő kapacitása pedig 1,2 millió tonna. A jelenlegi árviszonyok mellett azonban évente legalább 300 000 tonna igen versenyképes importtal kell számolni.

The Journal of Commerce 1973. február 5.

H. W.

*

A Svédország energiaellátásáról szóló tanulmány következtetése szerint 1977—1990 között 20 nagykapacitású (1000 MW feletti) atomerőművet kell építeni az ország biztonságos villamosenergia ellátásához.

BIKI, 1973. január 13.

H. W.

Vanádiumpentoxid

Az USA Bányászati Hivatalának adatai szerint 1970-ben a világ vanádiumérckészlete 9 millió tonna volt. A közelmúltban jelentős lelőhelyeket fedeztek fel Ausztráliában és Dél-Amerikában. Az ércek vanádiumtartalma 0,5—1,5 %. 1970-ben a tőkés országok vanádiumérc-kitermelése 17 ezer tonna volt.

Az acélpiac élénkülése következtében a nyugat-európai fémpiacon emelkedett a vanádiumpentoxid ára. A 98 %-os V_2O_5 tartalmú termék eddigi 1,44—1,55 $/lib-

rás átlagára jelenleg 1,5—1,6 $/librára emelkedett. (Az említett árak CIF-paritásban értendők).

Előrejelzések szerint kőolaj- és földgáz-csövek előállítására egyre nagyobb mennyiségű vanádiumot fognak felhasználni.

BIKI, Mining Journal 1973. január 13., 17.

H. W.

A fémkohászat és bányászat összevonása Ausztriában

Kreisky kancellár bejelentette, hogy az államosított osztrák vas- és acélipar összevonása után a kormány még 1973-ban megvalósítja az államosított fémipari vállalatok összevonását is. A tervnek számos ellenzője van. Dr. Tauss, az államosított holdingtársaság az ÖIAG felügyelőbizottságának elnöke figyelmeztetett azokra a nehézségekre, melyek a problémákkal küzdő Vereinigte Metallwerke Ranshofen—Berndorf vállalat és néhány deficites vállalat egyesítéséből adódnak. Meg kell azt is határozni, hogy ki fizeti a deficitet.

Steiermark és Vorarlberg kivételével Ausztria összes többi tartományaiban van államosított fémipari üzem, melyet az összevonás érint. Öt társaság és egy leányvállalat 11 üzeméről van szó. Réz-, ólom-, ón- és antimonbányák és kohók, alumíniumkohók továbbá fémfeldolgozó és vegyi üzemek kerülnek összevonásra. Az Aluminiumwerk Ranshofen, továbbá Berndorf és Amstetten üzemekből áll a Vereinigte Metallwerke Ranshofen—Berndorf vállalat, melyekhez két éve hozzácsatolták a Metallwerk-Möllersdorf vállalatot is.

Legtöbb gonddal a rézszektor küzd. A Hochkönig lábánál (Salzburg) bányásszák és készítik elő a rézércet, amelyet Arnoldstein-ben (Karinthia) a Bleiberger Bergwerksunion üzemében pörkölnek, a pörköt a Montanwerke Brixlegg GmbH (Tirol), Ausztria legrégibb állami vállalata kohósítja. Az összevonás ugyan nem rövidíti le a hosszú szállítási utat (Salzburg—Karinthia—Tirol), de megfontoltabb beruházást tesz lehetővé. Mitterbergben egyébként új, gazdaságosabb hidrometallurgiai eljárással kísérleteznek, ami csökkentheti a ráfizetéses rézelőállítás önköltségét. Mitterberg 1972. évi vesztesége jelentős fejlesztési hozzájárulás ellenére is több mint 20 millió schilling volt. A kohósított rezet a Vereinigte Metallwerke üzemei Amstettenben és Berndorfban, Möllersdorfban, valamint a Vereinigte Wiener Metallwerkében dolgozzák fel. Utóbbi 300 dolgozóval a legkisebb állami vállalat ebben a szektorban.

A Bleiberger Bergwerksunion üzemei Bleiberger-Kreut-ben (Karinthia) ólom- és ónércet, Schleiningben (Burgenland) antimonércet bányásznak. A vállalatnak Arnoldsteinben ólomkohója, pörkölőüzeme, kénsavgyára, továbbá ónkohója és vegyi üzemei működnek. A Pörtschach melletti Saagban ólomoxid gyár üzemel. Franz Geist, az ÖIAG vezérigazgatója is Walter Wimberger, a Vereinigte Metallwerke vezérigazgatója nyilatkozatukban közölték, hogy milyen lehetőségeket jelent az egyesítés. Az új konszernben a Vereinigte Metallwerke mint anyavállalat működik, melyhez egyes cégek (pl. a Bleiberger Bergwerksunion) mint leányvállalat csatlakoznak, mások vállalati önállóságukat elvesztve olvadnak be az új társaságba és üzemegységként üzemelnek tovább. Léteznek javaslatok más, nem az ÖIAG irányítása alá tartozó vállalatok (Buntmetallfirma Karo-Enzesfeld (N. Ö.), Kabel und Drahtwerk, Wien) beolvasztására is. Az új nagyvállalat azonban ez utóbbiak nélkül is 7500 munkavállalóval évi 3,4 milliárd Schilling értékű árut termelne.

Osztrák TV Zeit im Bild adása

H. W.

Mauritánia kiépíti saját réztermelését

A mauritániai kormány ismertette a hatalmas vasérc és rézelőfordulásai hazai feldolgozására vonatkozó terveit. A mauritániai fővárosból Nuatchokból származó információ szerint az acéltermelést évi 1 millió tonnára, a réztermelést évi 30 000 tonnára tervezik. A beruházás költségeit 100 milliárd C. F. A frankra (2 milliárd F) becsülik. Fel kell építeni egy 40 000 lakású várost és egyidejűleg Nuatchokban egy kikötőt, tengeri hajók részére.

Metall, 1973. március.

G. L.

Az 1972. évi horganytermelés és felhasználás

A Birmigham-i Fémstatisztikai Világiroda a horgany 1972. évi világtermeléséről a következő várható adatokat hozta nyilvánosságra (t-ban):

Horganyérc termelés	1972	1971
világ összesen	5 564 000	5 552 000
ebből: a nyugati világ	4 316 000	4 307 000
ezen belül: Kanada	266 000 1	1 266 000
Kohóhorgany termelés		
világ összesen	5 365 000	
ebből: a nyugati világ	4 115 000	
ezen belül:		
NSZK	335 000	
Belgium	250 000	
Franciaország	260 000	
Olaszország	154 000	
Nagy-Britannia	73 000	117 000
USA	701 000	768 000
Kanada	471 000	
Ausztrália	296 000	
Kohóhorgany felhasználás		
világ összesen	5 441 000	
ebből: nyugati világ	4 281 000	4 675 000
ezen belül:		
nyugat-európai országok	1 608 000	
USA	1 310 000	
Japán	690 000	

A statisztika szerint a bányászati termelés stagnál, a kohó termelés növekedése mintegy 8 %, míg a felhasználás kb. 9 %-kal csökkent.

Metall, 1973. március.

G. L.

Vállalatalapítás ritkafémek termelésére

Az Alumínium Company of America (Alcoa) és a Molybdenum Corporation of America (Molycorp) 51 % (Alcoa) és 49 % részesedési aránnyal megalapította Rare Earth Metals Company of America (Remcoa) vállalatot, hogy a ritkafémek iránti növekvő érdeklődésnek eleget tehessenek.

Metall, 1973. március.

G. L.

Réz és cinkérc Észak-Svédországban

Széleskörű állami támogatással a Boliden AB készenek mutatkozik a norvég határ közelében levő északsvédországi stekenjokki új réz és cinkércbánya átvételére. Érdeklődést mutatott az állami tulajdonban levő, LKAB is, amely a kirunai vasérc kitermelését végzi, de a kormányzat végül is a Boliden-ajánlátot fogadta el, mivel több munkahelyet garantált.

Az állam és Boliden közti megegyezés szerint a stekenjokki bányatársaságot 20 évre bérbevennék. Kiépítéséhez az állam 27 millió svéd koronát ad, ezenkívül 100 millió skr hitelgaranciát. Boliden kötelezi magát évi 400 000 t érc termelésére és kb. 200 személy foglalkoztatására. A vállalkozástól 20 évig nem lehet visszalépni. A terv felülvizsgálatára kizárólag a „népgazdasági jövedelmezőség" szempontjainak figyelembevételével kerülhet sor.

Metall, 1973. március.

G. L.

Japán: Dowa Mining fejleszti a galliumtermelését

A Dowa Mining Co. Ltd. elhatározta, hogy az 1972-ben létesített galliumfinomítójában ez év március—áprilistól a galliumtermelést havi 30 kg-ra növeli. A továbbiakban a kapacitást havi 200 kg-ra fogja növelni.

A Dowa Mining Co. adatai szerint 1972-ben Japán mintegy 300 kg galliumot dolgozott fel legnagyobbrészt importból. A szükséglet még növelhető volna, mivel a galliumot alacsony olvadáspontja (29,8 °C) és magas párolgási hőmérséklete miatt (2064 °C) nemcsak félvezetőkként, hanem pl. termometerek töltőanyagaként, magas hőmérsékletek jelzésére, kvarclámpákba és elektronikus célokra is használnák.

Metall, 1973. március.

G. L.

Könyvismertetés

A. V. Kurdjumov, M. V. Pikunov és *R. A. Bahtyiarov:* **Színesfémötvözetek olvasztása és dermedése** (Plavka i zatverdevanie szplavov cvetnüh metallov)

A könyv 1968-ban jelent meg Moszkvában a Metallurgia kiadó gondozásában 227 oldalon, 50 ábrával és 16 táblázattal. Az anyagot 204 irodalmi forrásra támaszkodva állították össze a szerzők.

A könyvben igen jó rendezésben tekinthetők át a fémek és ötvözeteik olvasztásakor és dermedésekor lejátszódó folyamatok. A szerzők nem szorítkoznak a egyszerű leírására, hanem minden esetben törekednek felderíteni az egyes jelenségek törvényszerűségeit és a kölcsönös összefüggéseket. Egyet lehet érteni azzal a szemlélettel, mely szerint az olvasztásnál és a tuskók dermedésénél a teljes kép érdekében a túl részletes, szűk területre vagy csak különleges esetre vonatkozó vizsgálat helyett, a folyamatokat elsősorban kvalitatív módon tárgyalják, összefogva a paraméterek teljes körét és így vizsgálva a hatásuk jellegét. Ismert tény, hogy ezen a tudományterületen a folyamatok törvényszerűségeinek megismerése általában kísérleti úton történik különleges körülmények közt, ezért a kapott eredmények általánosítása és a jelenségek kvantitatív leírása igen nehézkes. A szerzők számítások alkalmazását azokban az esetekben tartják elfogadhatónak, amikor a folyamatra ható tényezők köre egyértelműen tisztázott.

Megkönnyíti a fogalmak megértését, hogy a könyv külön választja és tárgyalja az ötvözetek kristályosodását és a belőlük gyártott tuskók dermedési viszonyait.

Mivel a szerzők szándékosan nem érintik a konkrét technológiákat, hanem az elméleti jellegű, általános tárgyalásmódot választják, az anyag igen széles körű hasznosítása válik lehetővé. Hasznos ismereteket nyújt a könyv a kutatónak egy konkrét feladatnál a megoldáshoz vezető út kiválasztásához, és az üzemi szakembernek, aki a jelenségek korrekt leírásának birtokában befolyásolni tudja a technológiát. Külön említést érdemelnek a könyv végén elhelyezett táblázatok, melyek a tárgyalt fémek és ötvözetek legfontosabb fizikai és fizikai-kémiai jellemzőit foglalják össze.

A könyv a következő fontosabb fejezeteket tartalmazza.

1. Fémötvözetek és előállításuk fiziko-kémiai alapjai
2. Fémek kristályosodása
3. Az öntvények dermedése
4. Az öntészeti tulajdonságok és az ötvözet helye az egyensúlyi diagramban

Cs. J.

*

H. Ginsberg és *K. Wefers:* **Alumínium és magnézium.** Második, bővített kiadás, p. 218, 84 ábra és 9 táblázat.

A második, bővített kiadást az indokolta, hogy az első kiadás szakkörökben jó fogadtatásra talált. Általában az volt a vélemény, hogy a fémelőállítás technológiája túl rövid. A szerzők az átdolgozásnál ezt a fejezetet is kibővítették anélkül, hogy gyakorlati területre térnének rá. Ez utóbbi speciális szakkönyvek feladata.

Az iparban rendkívül elterjedt könnyűfém, az alumíniumon kívül az új kiadásban a még könnyebb magnézium-ismertetésére is sor került.

A könyv fontosabb részei:

1. rész. Alumínium. A nyersanyag, feldolgozása és kohósítása.

2. rész. Magnézium. A nyersanyag feldolgozása és kohósítása.

3. rész. A nyersanyag-ellátás helyzete, a fémelőállítás a jelenben és az egyes államok fejlesztési tervei.

B. E.

Wolfgang Vosnizek: **Werkstoffe kurz und übersichtlich.** (Anyagok röviden és áttekinthetően). 5., változatlan kiadás. 111 oldal, 62 szövegközi ábra. Méret: 16,5×23 cm. Ár kartonkötésben kb. 3,50 keletnémet márka. — VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. Leipzig 1973.

A kötetet a fémes anyagokkal foglalkozó szakmák alapozó tankönyvének szánták. Ismerteti az anyagok fizikai, technológiai és kémiai tulajdonságait, a fémek felépítését és a legfontosabb anyagvizsgáló módszereket. Ezután a szerző bemutatja a vasötvözetek fajtáit és tulajdonságait, majd a használatos acélminőségeket. Következik az ötvözetlen acélok hőkezelésének áttekintése, valamint néhány nemvas fém, illetve ötvözet ismertetése. A könyv külön fejezetekben tárgyalja a korróziót, a műanyagokat, a nemfémes szerkezeti anyagokat, valamint a kenőanyagokat és a hűtőfolyadékokat. A könyv kitűnő szerkesztésével, áttekinthető felépítésével jó szolgálatokat tesz az ipari tanulók, a középfokú képesítésű szakemberek képzésében.

F. E.

Dobatkin: **Könnyűfém ötvözetek fémtana**

A könyv a „Nauka" kiadó gondozásában jelent meg 1970-ben Moszkvában 226 oldalon. Összeállítását egy szerkesztő kollektíva végezte *V. I. Dobatkin* irányításával.

Az ismert szovjet szakember, *Sz. M. Voronov* tiszteletére 1969 májusában tudományos ülésszakot szerveztek Moszkva egyik tudományos központjában. Az ülésszakon elhangzott előadásokat rendezték sajtó alá a szerkesztő kollektíva tagjai.

Az igen széles területet felölelő anyagot a szerkesztők négy csoportra osztották be, ezek képezik a könyv négy fejezetét.

Az első fejezetben az alumíniumötvözetek szerkezetével és tulajdonságaival foglalkozó munkák kaptak helyet. Ezekben a szerzők a technológiai paramétereknek a különböző ötvözetek szerkezetére gyakorolt hatásával, valamint a mechanikai, korróziós és egyéb tulajdonságoknak az anyagok belső szerkezeti állapotával való összefüggéseinek meghatározásával foglalkoznak.

A második fejezet az alumíniumötvözetek finomításával, a nemfémes szennyezőktől való tisztításával, az egyes ötvözetek kristályosodásával és szemcsefinomításával foglalkozó előadásokat foglalja magában. A harmadik fejezet munkái az alumíniumötvözetek félgyártmányai termelésénél alkalmazott technológiák tökéletesítésével és a termékek minőségjavításával kapcsolatos problémákat tárgyalják. A negyedik fejezetbe a magnéziumötvözetek fémtana egyes részleteit, valamint a gyártási technológiákat elemző műveket csoportosították a szerkesztők.

Az előadások igen magas műszaki és tudományos szinten tárgyalják a felvetett témákat.

A munkák megállapításai minden esetben nagyszámú kísérleti anyaggal vannak megalapozva, ill. bizonyítva. Az eredmények felhasználhatósága szempontjából nagy előnyt jelent az, hogy a vizsgálatok tárgya általában valami üzemi ötvözet vagy technológia, és az elvégzett kísérletek is üzemi vagy félüzemi méretűek.

A könyvben összegyűjtött munkák sok hasznos információt adhatnak az érintett területek szakembereinek, melyek különösen a rohamosan fejlődő alumínium félgyártmánygyártás számára jelenthetnek hasznos ismeretanyagot. Elsősorban ezek érdeklődésére számíthat a könyv.

Csák

VI Auber köz 1-3. 2 pl.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

106. ÉVFOLYAM



AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET LAPJA
BUDAPEST, 1973. OKTÓBER HÓ 10

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

Горный и Металлургический Журнал **Металлургия**
Zeitschrift für Bergbau und Hüttenwesen **Hüttenwesen**
Mining & Metallurgical Journal **Metallurgy**

ALAPÍTOTTA: PÉCH ANTAL 1868-ban

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET

A MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI EGYESÜLETEK SZÖVETSÉGE TAGJÁNAK LAPJA

Szerkesztőség: 1061 Budapest VI., Anker köz 1. I. 105.
Tel.: 426-795

TARTALOM

ROBONYI ANDOR: Az acélhuzal alapanyaga és a huzalgyártás technológiai tervezése 433

DR. S. PAWLOWSKI—J. SMALEC: Szénmonoxid, metán és hidrogén atmoszférának ellenálló tűzálló és hőszigetelő anyag 440

SZEGEDI JÓZSEF: Az oxigénes konverteres acélgyártás reakciókinetikai vizsgálata 443

DR. SZOMBATFALVY ÁRPÁD—FÖLDEÁKI MÁRIA: Új módszer szegregációs folyamatok vizsgálatára 450

BOBOK GYÖRGY: Folyamatosan öntött bugák kristályosodásának fémtani alapjai 454

IVÓCS LÁSZLÓ: Szilikatéglák tulajdonságainak hatása a hengereltáru termelésére 458

Beszámoló konferenciáról 463

Beszámoló külföldi konferenciáról 464

FÉMKOHÁSZAT

BOBOK GYÖRGY—LAKNER JÓZSEF: Közepes szilárdságú AlZnMg-ötvözetek többlépcsős öregítésének és termomechanikus kezelésének fémtani vonatkozásai 465

VARGA BÉLA—DR. B. NAGY SÁNDOR—DR. KLUG OTTÓ—DR. MÁTYÁS JÓZSEF: Bauxitok nedvességártalmának automatikus ellenőrzése 471

DR. BÁRCZY PÁL—DR. TRANTA FERENC: Le Chatelier-Protevin effektus Cu—Al ötvözetben 475

A Fémkohászattani Tanszék hírei 478

A Fémkohászati Szakosztály hírei 479

Fémkohászati műszaki és gazdasági hírek 479

ÖNTÖDE

DR. NÁNDORI GYULA—DÚL JENŐ: Szürke és fehér töretű öntöttvasak térfogatváltozásainak vizsgálata a dermedés folyamán 217

Könyvismertetés 224

Szabványosítási hírek 224

DR. TAMÁSKOVICS NÁNDOR: A földgázpóttüzelésű kúpolókemence alapparamétereinek jellegéről 225

HECKENAST GUSZTÁV—KISZELY GYULA: Adatok a magyarországi öntészet történetéhez. A vasöntészet kezdete Magyarországon (Öntöttvas táblák a XVI—XIX. századból) 229

Szakosztályi hírek 238

Megjelenik havonként

Egyszámlaszám egyesületi tagok részére: Magyar Nemzeti Bank 61 770

Egyévi előfizetés: 180,— Ft. Egyes példányok ára: 15,— Ft

Bányászati és Kohászati Lapok — **KOHÁSZAT**

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1906 Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-293. Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató 73. 10., 1687 — Révai Nyomda, Budapest V., Vadász utca 16.
F. v.: Povárny Jenő

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (KHI 1900 Budapest, József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára

Külföldön terjeszti a „Kultúra" Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat, H—1389 Budapest, Postafiók 149

Index: 25,155

ÉVFOLYAM
ГОД
JAHRGANG
YEAR
24

SZÁM
№
Nr.
No.
10

OKTÓBER
ОКТЯБРЬ
OKTOBER
OCTOBER
1973

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

ÖNTÖDE

ЖУРНАЛ ГОРНОГО ДЕЛА И МЕТАЛЛУРГИИ **ЛИТЕЙНОЕ ДЕЛО**
ZEITSCHRIFT FÜR BERG- UND HÜTTENWESEN **GIESSEREI**
JOURNAL OF MINING AND METALLURGY **FOUNDRY**

СОДЕРЖАНИЕ

Д-р Д. Надори—Е. Дул: **Определение объемных изменений литейных чугунов с серым и белым изломом в процессе затвердевания** ..... **С** 217

Авторами применялся новый метод определения изменения объема и увеличения длины, возникающих в процессе кристаллизации чугунов различного химического состава с пластинчатым и шаровидным графитом; результаты испытаний изображались с помощью помещенного в центре образца термоэлемента, в зависимости от скорости охлаждения. Определено, что выделение графита само по себе не характеризует величину объемных изменений, сопровождающих кристаллизацию чугунов, зависящую также в значительной степени от кристаллизации основной структуры.

Д-р Н. Тамашкович: **О характере основных параметров вагранки с дополнительным отоплением природным газом** ..... **С** 225

Автором трактуются наиболее важные параметры вагранки с дополнительным отоплением природным газом. Обсуждаются создание оптимального расстояния воздух-плоскость горения, правильный выбор количества двуваемого воздуха и природного газа, а также процессы сгорания, имеющие место в вагранке.

Г. Гекенаст—Г. Кисели: **Данные к истории литейного производства в Венгрии. Начало чугунного литья в Венгрии. (Литые чугунные плиты из XVI—XIX веков.)** ..... **С** 229

Авторами составляется исторический обзор развития венгерского чугунолитейного производства. На примерах иллюстрируется уровень развития литейного дела в среднем и новом веках.

INHALT

Gy. Nándori—J. Dúl: **Untersuchung der Volumänderung von Gusseisen mit grauem und weissem Bruch während der Erstarrung** ..... **S** 217

Die Verfasser haben mit einem neuen Prüfverfahren die Volum- und Längenänderung untersucht, die während der Kristallisation von Gusseisen mit Plättchen- und Kugelgraphit auftritt. Die Ergebnisse wurden mit Hilfe eines in der Probenmitte angeordneten Thermoelementes als Funktion der Abkühlungsgeschwindigkeit registriert. Die Graphitausscheidung an sich ist nicht charakteristisch für die Grösse der die Gusseisenkristallisierung begleitenden Volumänderungen: diese sind auch stark von der Kristallisierung des Grundgefüges abhängig.

N. Tamáskovics: **Die Grundparameter des Kupolofens mit Erdgaszusatzfeuerung** ..... **S** 225

Der Verfasser behandelt die wichtigsten Parameter des Kupolofens mit Erdgas-Zusatzfeuerung. Er bespricht die optimale Festlegung des Abstandes Luft- und Brennerfläche, die richtige Wahl der Wind- und Erdgasmenge, die im Kupolofen auftretenden feuerungstechnischen Vorgänge.

G. Heckenast—Gy. Kiszely: **Angaben zur Geschichte des ungarischen Giessereiwesens. Die Anfange der Eisengiesserei in Ungarn. (Gusseisentafeln aus dem XVI.—XIT. Jahrhundert.)** ..... **S** 229

Die Verfasser geben eine kurze historische Zusammenfassung der Entwicklung der Eisengiesserei in Ungarn. Der hohe technische Stand des mittelalterlichen und neuzeitlichen ungarischen Giessereiwesens wird mit zahlreichen Beispielen belegt.

CONTENTS

Gy. Nándori—J. Pál: **Investigating the volume changes during the solidification of grey and white cast iron** ..... **P** 217

The authors have used a novel technique for testing the volume and length changes during the crystallization of lamellar and spherioidal graphite cast iron of variable composition; with the aid of a centrally arranged thermocouple the results were recorded as a function of cooling rate. Graphite precipitation in itself does not characterize the volume changes which accompany the crystallization of cast iron; these also depend largely on the crystallization of the fundamental microstructure.

N. Tamáskovics: **The fundamental parameters of the cupola with auxiliary natural gas firing** ... **P** 225

The author discusses the main parameters of the cupola with auxiliary natural gas firing: the optimal arrangement of the distance between the blast and burner planes, the correct selection of blast and natural gas volumes, the combustion processes in the cupola.

G. Heckenast—Gy. Kiszely: **Data from the history of Hungarian foundries. The beginning of ferrous casting in Hungary. (Cast iron tables of the Sixteenth to Nineteenth Centuries.)** ..... **P** 229

The authors summarize the beginnings of iron casting in Hungary. They present numerous examples to prove the high technical level of Hungarian ferrous foundries of the Middle Ages and up to modern times.

Főszerkesztő:
ÓVÁRI ANTAL

Szerkesztők:
DR. FUCHS ERIK, GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ, RUHMANN JENŐ

Szerkesztő bizottság:
BALÁZS FÜLÖP, DR. BECKER ERVIN, BOROSSAY BÉLA, CSEH MIKLÓS, DR. HAJTÓ NÁNDOR, DR. KÁLDOR MIHÁLY, KÉZDI ÁRPÁD, KOLLÁR SÁNDOR, DR. MÓCSY ÁRPÁD, PINTÉR ANDRÁS, DR. PILISSY LAJOS, DR. REMPORT ZOLTÁN, ROMWALTER ALFRÉD, SELMECZI BÉLA, SZELESS LÁSZLÓ, SZŐKE LÁSZLÓ, SZŰCS ENDRE, VAS IVÁN, DR. VERŐ BALÁZS.

A rajzokat készítette: KÜRTÖS MARGIT.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET FOLYÓIRATA

106. évfolyam 10. szám 1973. október

Az acélhuzal alapanyaga és a huzalgyártás technológiai tervezése

ROBONYI ANDOR okl. kohómérnök
DIMÁVAG

DK 669.14.018.29 : 621.778.1

Szerző a dróthúzó szempontjából, gyakorlati tapasztalatok alapján osztályozza és részletezi a hengerhuzalok leggyakoribb hibáit és ezek következményeit a húzás műveletére. Külön figyelmet igényelnek a technológiai tervezéshez összeállított nomogramok és egyenlet, amelyek a húzóműnek jelentenek nagy segítséget abban, hogy a huzalrendelők kívánságait kielégítő acélhuzal gyártásához a megfelelő alapanyagot és gyártási technológiát kiválassza.

A hengerhuzal szabványok közös jellemzője, hogy főként a hengerelt huzal kémiai összetételét írják elő, míg a hengerhuzalok hibáira, valamint meghatározásukra általában nem tartalmaznak részletes előírásokat.

A következőkben ezekkel a hibákkal foglalkozunk röviden, a dróthúzó szemével ítélve meg őket. A tárgyalhatóság kedvéért a szokásoknak megfelelően a hengerhuzal hibákat három csoportba osztottuk:

1. belső hibák,
2. felületi hibák,
3. alakhibák.

A hengerhuzalok belső hibái

a) Dúsulások

Egyik legkellemetlenebb hiba a *kéndúsulás*. Előfordulási gyakorisága az *1. táblázatban* látható (1967—1968).

1. táblázat

Karbontartalom, %							
0,5—0,59		0,60—0,69		0,7—0,79		0,80—0,89	
Mn% 0,45%	Mn% 0,5%	Mn% 0,45%	Mn% 0,5%	Mn% 0,45%	Mn% 0,5%	Mn% 0,45%	Mn% 0,5%
1,38	1,43	1,42	0,49	2,98	1,21	0,50	2,09
Előfordulási gyakoriság, %							

A kéndúsulás általában a huzal közepén helyezkedik el. Már egészen kis mértékű kéndúsulás is elegendő ahhoz, hogy a huzal az első vagy a második húzásban jellegzetes kúpos törettel elszakadjon. A kellemetlenségben ez még szerencse is, mert így nem kerülhet a lényegesen nagyobb fogyással készülő készáruba.

A *foszfordúsulás* előfordulási gyakorisága század százalék nagyságrendű, így sem lényeges termelési, sem minőségi kiesést nem okoz.

Az előző két elemnél a *mangán* kevésbé hajlamos dúsulásra. A huzalgyártó mégis többször találkozik az Mn dúsulás jeleivel mint pl. foszfordúsulással. Ez úgy figyelhető meg, hogy a huzalban sorokba rendezett (Fe; Mn) S zárványok között találjuk a mangánban dúsabb martensites részeket. Ez már legtöbbször a kihúzó dobon, de az első vagy második húzásban — a martensitrög nagyságától és a huzalátmérőtől függően — feltétlenül a huzal törését okozza.

A *karbon dúsulása* a keresztmetszetben nem figyelhető meg, egy-egy karika hosszában azonban néha tetemes C-eltérés tapasztalható. Ilyen esetekben a karika hossza mentén változó mechanikai tulajdonságot találunk. Sokszor ez is selejt képződéshez vezet.

b) Dekarbonizálódás

Bár felületi hibajelenség, mégsem a felületi hibák közé soroltam, mert egyszerű szemrevételezéssel nem állapítható meg. Különösen a nagy C-tartalmú — rugógyártásra szolgáló — alapanyagban káros. Megjelenési formája legtöbbször szakaszos, mind a hossz, mind a palást mentén. Jellegzetes hibákat okoz. A huzal csavarásakor a dekarbonizációs szakasz csavarodik, a huzal többi része nem. Így nagyon kis csavarási számot kapnak. (Hasonló hibát szakaszos egyenlőtlen kenés is okozhat.)

A huzalok hajlításakor keresztirányú repedések képződnek a dekarbonizálódott zónában, s ezek a repedések gyors huzaltöréshez vezetnek. A dekarbonizálódás néha durva és egyenlőtlen szemnagysággal, az átmeneti zónában pedig durva lemezes eutektoiddal párosul. Az ilyen hengerhuzal hőkezelése nem sikerülhet, mert a homogén austenit biztosítása gyakorlatilag lehetetlen. (Olyan nagyok a diffúziós utak, hogy sem a hőmérséklet, sem a hőntartási idő növelésével nem biztosítható homogén austenit.)

Jellegzetes dekarbonizációs hiba még a kész rugók „leülése" kisszámú igénybevétel után. Hasonló hibát a rugó alakhibája, vagy a rugóhuzal ovalitása is okozhat.

c) Zárványosság

Megtörténik, hogy a kemence anyagából vagy az öntőüstből valamilyen törmelék a folyékony acélba, s innen a hengerhuzalba kerül. Ez a külső eredetű zárvány olyan durva hiba, hogy már az első húzásban szakadást okoz.

A belső eredetű zárványok között legtöbb gondot a huzalgyártásban a szulfid és szilikát zárványok okozzák. Mennyiségük általában olyan kicsi, hogy a szokásos mikroszkópos vizsgálati módszerekkel nem is érdemes vizsgálni. A zárványok ezek ellenére sok kellemetlenséget okoznak. A húzott huza- „saját" feszültségei — a képlékeny hidegalakításból eredő feszültségek — a zárványok körül megváltoznak. Egyik-másik kedvezőtlen helyzetű zár-

Húzások száma n →	A táblázat adatai a $K_{\Sigma F;q}$ értékei.							
	A húzások száma n							
ΣF, % összfogyás ↓	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	1,00							
6,0	1,04							
9,0	1,07							
12,0	1,08							
15,0	1,09							
18,0	1,11	1,10						
21,0	1,12	1,11						
24,0	1,14	1,12						
27,0	1,15	1,14	1,12					
30,0	1,17	1,16	1,14					
33,0	1,19	1,18	1,16	1,14				
36,0	1,21	1,19	1,17	1,16				
39,0	1,23	1,21	1,19	1,18	1,16			
42,0	1,25	1,23	1,21	1,19	1,18			
45,0	1,27	1,25	1,23	1,21	1,20	1,18		
48,0	1,29	1,28	1,26	1,24	1,22	1,20		
51,0	—	1,30	1,28	1,26	1,24	1,22	1,21	
54,0		1,33	1,30	1,29	1,27	1,25	1,23	1,23
57,0		1,36	1,33	1,32	1,30	1,28	1,26	1,25
60,0		1,39	1,36	1,35	1,33	1,31	1,29	1,28
63,0		1,42	1,39	1,38	1,35	1,33	1,32	1,30
66,0		—	1,43	1,42	1,40	1,37	1,35	1,34
69,0			1,47	1,45	1,43	1,40	1,39	1,38
72,0			1,52	1,50	1,48	1,45	1,43	1,43
75,0			1,58	1,56	1,54	1,50	1,48	1,47
78,0			—	1,62	1,60	1,57	1,55	1,53
81,0				1,70	1,67	1,64	1,62	1,60
83,0				1,76	1,74	1,69	1,68	1,66
85,0				1,82	1,80	1,76	1,74	1,72
87,0				—	1,88	1,84	1,82	1,80
89,0					1,98	1,94	1,92	1,90
90,0					2,03	1,99	1,97	1,95
91,0					2,11	2,07	2,04	2,02
91,5					—	2,09	2,07	2,05
92,0						2,13	2,11	2,09
92,5						2,16	2,15	2,10
93,0						—	2,19	2,17
93,5							2,24	2,22
94,0							—	2,28
94,5								2,35
95,0								—
96,0								

A táblázat adatai kerekítettek.

vány körül feszültségcsúcsok képződnek. További igénybevétel, pl. csavarás vagy hajlítás hatására ezek a feszültségek meghaladhatják a huzal anyagának szakítószilárdságát, s így robbanásszerű törést okozhatnak.

A pontszerű zárványok hatásának megítélése rendkívül nehéz, s az adatok sem elégségesekarra, hogy hatásukról határozott állásfoglalást lehetne kialakítani.

Hengerhuzalok felületi hibái

a) Hosszirányú repedés

A legalattomosabb hengerhuzal hiba. Vizsgálattal megállapítani a hengerhuzalban nagyon nehéz, mert hosszuk és mélységük is rendkívül változó. Előfordulási gyakoriságukat a C-tartalom és a repedés mélységének függvényében az *1. ábra* mutatja. Vizsgálataink szerint a repedések mélység szerinti eloszlása a *2. ábrának* megfelelő.

A repedés húzás alatti viselkedésének meghatározására 0,70—0,80% C-tartalmú anyaggal végeztünk kísérletet. Több ezer hengerhuzal és az ezekből 80%-os fogyásnak megfelelő hidegalakítással készült húzott huzal repedésmélységét hasonlítottuk össze. Ezt az összevetést szemlélteti a *3. ábra.*

Jól látható, hogy a repedések mélysége a hengerhuzal feldolgozása közben lényegesen megnőtt. Azt, hogy a 160 mikron mélységű repedés nőtt 960 mik-

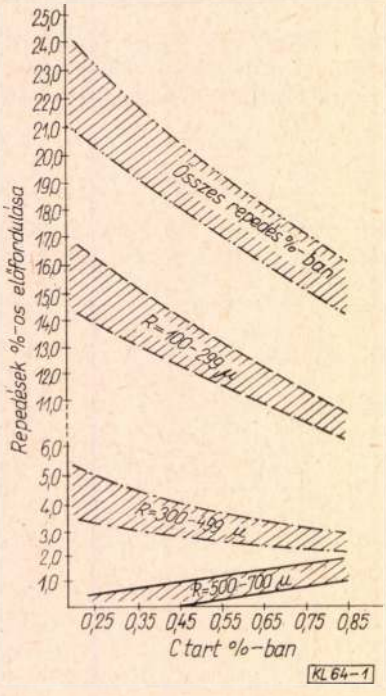
2. táblázat

A változók: az összfogyás $\Sigma F\%$ és n húzások száma

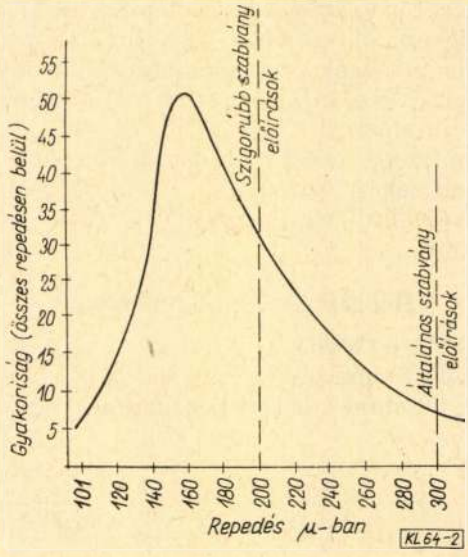
A húzások száma n										
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1,24										
1,27	1,24									
1,29	1,26									
1,32	1,30	1,29								
1,36	1,34	1,32	1,31	1,29						
1,39	1,37	1,36	1,35	1,34						
1,45	1,43	1,41	1,40	1,39	1,36					
1,51	1,48	1,46	1,44	1,43	1,42					
1,58	1,55	1,53	1,51	1,49	1,48	1,46	1,45	1,43		
1,64	1,60	1,58	1,57	1,55	1,52	1,51	1,50	1,47	1,46	
1,70	1,66	1,63	1,62	1,60	1,58	1,56	1,55	1,53	1,51	1,50
1,78	1,75	1,72	1,70	1,68	1,66	1,63	1,61	1,60	1,59	1,58
1,88	1,84	1,82	1,80	1,77	1,75	1,71	1,69	1,67	1,66	1,65
1,93	1,88	1,86	1,84	1,82	1,79	1,76	1,74	1,72	1,69	1,68
1,99	1,97	1,95	1,91	1,89	1,87	1,84	1,81	1,79	1,77	1,74
2,03	1,98	1,96	1,94	1,92	1,90	1,86	1,84	1,82	1,79	1,77
2,07	2,03	1,99	1,97	1,95	1,93	1,89	1,87	1,85	1,82	1,81
2,09	2,07	2,03	2,01	1,99	1,97	1,94	1,91	1,89	1,87	1,85
2,15	2,10	2,08	2,06	2,03	2,01	1,98	1,97	1,92	1,90	1,88
2,20	2,15	2,13	2,10	2,08	2,05	2,02	1,99	1,96	1,94	1,92
2,26	2,20	2,18	2,15	2,13	2,10	2,07	2,05	2,02	1,99	1,96
2,32	2,24	2,22	2,22	2,19	2,16	2,12	2,10	2,07	2,04	2,02
2,39	2,34	2,31	2,29	2,25	2,23	2,18	2,16	2,16	2,12	2,08
2,56	2,50	2,47	2,44	2,42	2,38	2,34	2,32	2,29	2,26	2,22

Pontos adat pl.: $\Sigma F = 87$; $n = 10$; $K = 1{,}745$
$\Sigma F = 89$; $n = 10$; $K = 1{,}838$

ron mélységűre, az előfordulási gyakoriságok egyezése bizonyítja. Ezek a „feszültség" alatti repedések — tangenciális feszültség — csavarással szemben rendkívül érzékenyek. A csavarási töret ilyen esetben mindig seprűs, szálkás. (A zárvány okozta feszültségcsúcs esetében, mikor a szakadáshoz kisebb feszültség szükséges, mint a nyíráshoz, a töret kagylós, de a huzal egyszerre több helyen törik szét.)



1. ábra. A hosszirányú repedések előfordulási gyakorisága a C-tartalom és a repedés mélységének függvényében



2. ábra. A repedések mélység szerinti eloszlása

b) Keresztirányú szakadás

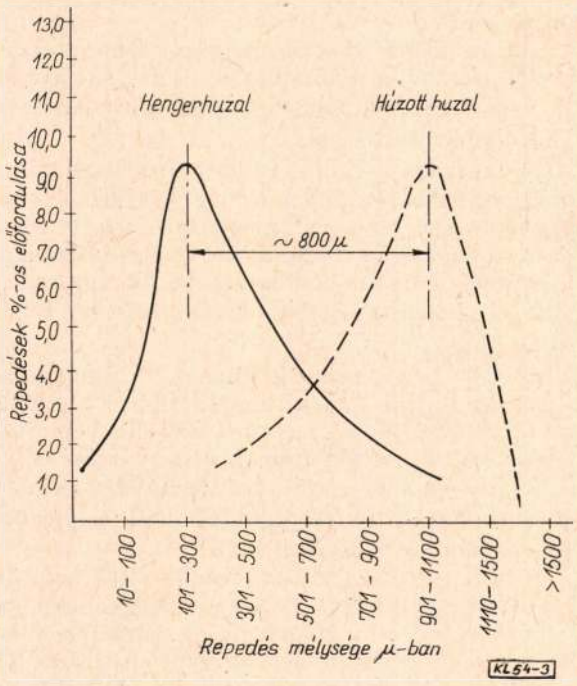
Termelési szempontból nagyon káros. Vastagabb huzalok esetén már patentozáskor — hajlító igénybevétel alatt — sok törésnek ez az okozója. Minőséget rontó hatása alig van, mert a kész huzalba nem kerül.

c) Hosszirányú karc

Legjellemzőbb tulajdonságuk a transkrisztallin jelleg. Mélységük általában nem haladja meg a 100 mikront. A repedéssel ellentétben, amely mindig interkrisztallin, általában nagy hosszon halad végig, legtöbbször az egész karikán. A karcok mélysége húzás közben csökken, ez a csökkenés azonban

Húzások száma n és húzási sebesség (m/p) →	Húzások száma									
	6					9				
Σ F összfogyás (%) ↓	$v \leqq 200$ m/p	400	600	900	1200	$v \leqq 200$ m/p	400	600	900	1200
66	0	0,033	0,052	0,071	0,085					
69	0	0,0345	0,055	0,075	0,089	0	0,023	0,0365	0,050	0,0595
72	0	0,036	0,057	0,078	0,093	0	0,024	0,038	0,052	0,062
75	0	0,0375	0,060	0,081	0,097	0	0,025	0,0396	0,0542	0,0648
78	0	0,038	0,062	0,085	0,101	0	0,026	0,0412	0,0565	0,0675
81	0	0,0405	0,064	0,088	0,105	0	0,027	0,043	0,059	0,070
83	0	0,0415	0,066	0,090	0,107	0	0,0278	0,044	0,060	0,0715
85	0	0,0425	0,067	0,092	0,11	0	0,0284	0,045	0,0615	0,0735
87	0	0,0435	0,069	0,094	0,112	0	0,029	0,046	0,063	0,075
89	0	0,0445	0,0705	0,096	0,113	0	0,0298	0,047	0,0645	0,0765
90	0	0,045	0,0715	0,097	0,114	0	0,03	0,047	0,065	0,078
91						0	0,0304	0,048	0,066	0,0785
91,5						0	0,0306	0,0485	0,0665	0,079
92						0	0,0308	0,0487	0,0667	0,0795
92,5										
93										
93,5										

a fogyás nagyságával nem egyenesen arányos. Ha a karc hengerléskor nem az utolsó üreg után keletkezett, akkor a további melegalakítás a karcot mintegy összezárja. Ezekbe a zárt karcokba mikroszkópos méretű revedarabok kerülhetnek. A karcok ilyen típusa húzás közben már szakadást is okozhat. A karcok mindenképpen növelik a kész huzal felületi érdességének mélységét, s ezzel a huzal fáradási tulajdonságait rontják.



3. ábra. A hengerhuzalok és ezekből 80%-os fogyásnak megfelelő hidegalakítással készült huzalok repedésmélységének alakulása

d) Behengerlés

A repedést vagy karcolást a felület felszakadása jellemzi. A behengerlésnél a felület nem szakadt, jellegzetes alakja folytán az előzőktől általában jól megkülönböztethető. Húzáskor legtöbbször forgácsszerűen válik le a huzalról. A húzókő előtt ez a forgács felgyűrődik és szakadást okoz. Ez a hiba a kisebb C-tartalmú huzalokon gyakoribb, mint a nagyobb C-tartalmúakon.

e) Réteges szétválás

Legtöbbször belső hiba okozza, de a felületen is látható formában jelentkezik, ezért soroltuk a felületi hibákhoz. Rendkívül durva hiba, már az első húzásban szakadást okoz.

f) Hengerhuzalok alakhibái

A leggyakrabban előforduló alakhibák a következők:

1. kitöltetlen szelvény,
2. túltöltött szelvény,
3. eltolódott szelvény.

A huzalgyártás szempontjából két csoportba oszthatók. Az elsőbe azok tartoznak, amelyek nem okoznak durva hibát a drótgyártásban, pl. a kitöltetlen és túltöltött szelvény egyes típusai. Az ilyen huzalból azonban egyetlen hőkezeléssel gyártott készárut nem szabad készíteni. Csak előhúzott termék lehet, amelyet ismételt patentozás és készrehúzás követ.

3. táblázat

2α	6°	8°	10°	12°	14°	16°	20°	24°
K_α	0,978	0,985	0,993	1,00	1,012	1,021	1,042	1,063

4. táblázat

Húzások száma									
13					17				
$v \leqq 200$ m/p	400	600	900	1200	$v \leqq 200$ m/p	400	600	900	1200
0	0,0173	0,0276	0,0376	0,045					
0	0,018	0,0286	0,039	0,0468					
0	0,0187	0,0296	0,0405	0,0485					
0	0,0193	0,0305	0,0415	0,0497					
0	0,0196	0,0312	0,0425	0,0506	0	0,015	0,0236	0,0325	0,0388
0	0,0202	0,0319	0,0435	0,0521	0	0,0153	0,0243	0,0332	0,0397
0	0,0206	0,0326	0,0445	0,0533	0	0,0157	0,025	0,0342	0,0407
0	0,0208	0,033	0,045	0,0538	0	0,0159	0,0253	0,0345	0,0411
0	0,0211	0,0334	0,0456	0,0543	0	0,0161	0,0255	0,0348	0,0415
0	0,0212	0,035	0,0458	0,0547	0	0,0162	0,0257	0,035	0,0418
0	0,0213	0,0365	0,046	0,0549	0	0,0163	0,0259	0,0352	0,0421
0	0,0214	0,0338	0,0462	0,0552	0	0,0164	0,026	0,0354	0,0424
0	0,0215	0,0341	0,0466	0,0556	0	0,0165	0,0261	0,0356	0,0426
0	0,0217	0,0344	0,047	0,056	0	0,0166	0,0262	0,0358	0,0428

A második csoportba a húzáskor durva hibát okozó alakhibák sorolhatók. Ezek olyan helyzetűek, hogy hidegalakítás alatt a keresztmetszetnek csak kis részében okoznak nagy fogyást. A későbbiek folyamán ez mindig a huzal felrepedéséhez vezet.

A huzalgyártás technológiai előkészítése

A megrendelő általában az igényeit jól kielégítő huzalt kíván. Az igénybevételeket ismerve, a felhasználás céljára legjobban megfelelő huzalt szabványból választja ki. Megrendeléskor a huzalgyártóval közli a kért huzal átmérőjét, a minőséget meghatározó szabvány és az ezen belüli csoport számát, s a szükséges mennyiséget.

A technológus számára ezek a legfontosabb adatok. Ezek ismeretében tudja a gyártáshoz szükséges legjobb alapanyagot, a leggazdaságosabb gyártást biztosítani.

Az első lépés mindig egy durva tájékozódás arról, hogy a rendelkezésre álló alapanyagok közül melyik a célnak legjobban megfelelő. Sokszor már ekkor kompromisszumot kell kötni, — mert a külön féle kívánalmak együttes biztosítása másként nem lehetséges. Az alapanyagoknak ezt a közelítő meghatározását a *4. ábrán* látható nomogram segíti elő.

A nomogram négy részből áll. A bal oldal a karbontartalom és átmérő függvényében a patentozással biztosítható szilárdságot tünteti fel. A középső rész számító pontsoros nomogram, amely a kész huzal kívánt szakítószilárdságából és az összfogyásból a patentozás utáni szakítószilárdság, s ezzel a C-tartalom meghatározását teszi lehetővé. Az összfogyás optimális kiválasztását a nomogram jobboldali, kettéosztott része teszi lehetővé, mert a csavarási és hajtogatási számok legnagyobb értékei a C-tartalom és összfogyás függvényében itt meghatározhatók. A szükséges alapanyag és a készáru megkívánt tulajdonságainak az ismeretében kezdődhet a huzal gyártásának részletesebb megtervezése.

Az ehhez szükséges fontosabb lépések:

1. Az alkalmazható maximális részfogyás meghatározása (korlátot jelenthet pl. az *öregedés*) [1—7, 11].

2. Az összfogyás és a részfogyások ismeretében a húzások minimális számának [4, 8] meghatározása.

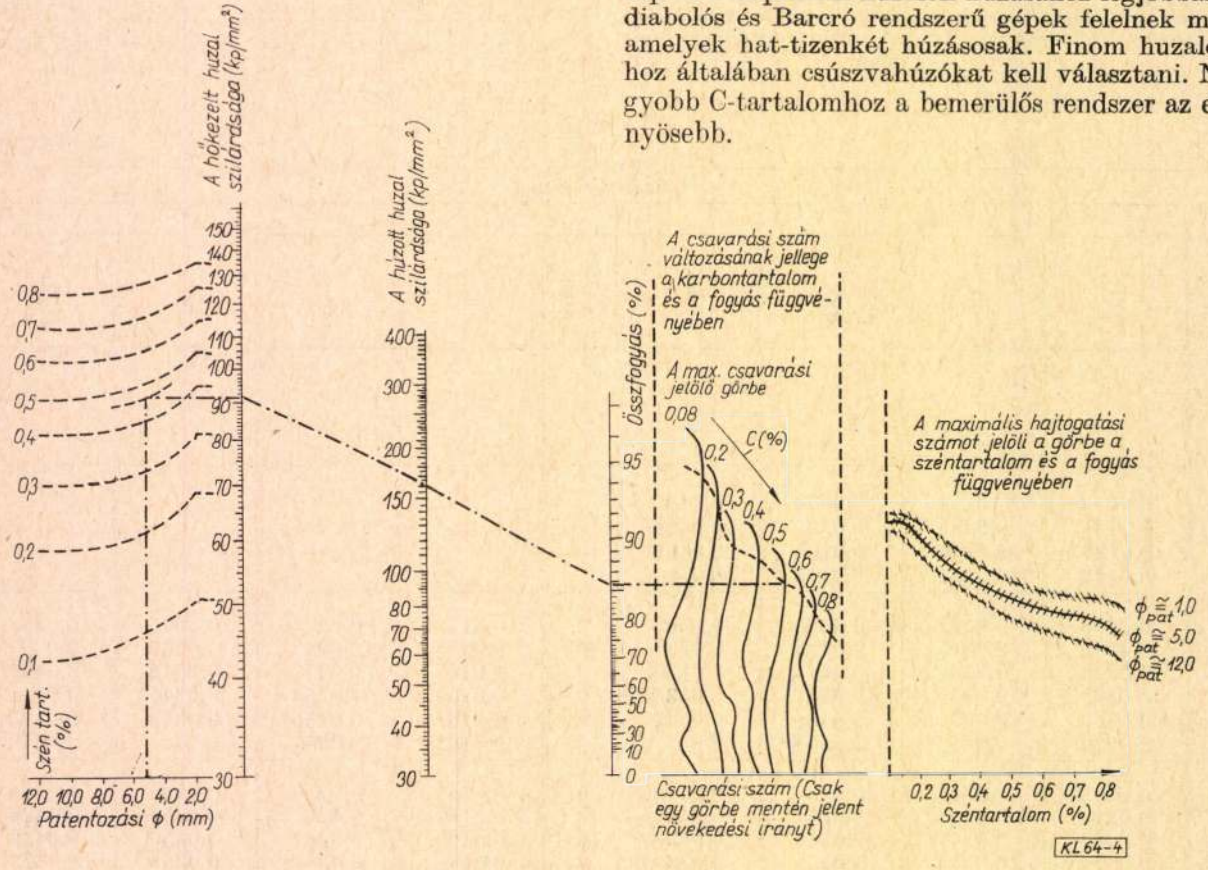
3. A maximálisan megengedhető húzási sebesség [3, 4, 5] meghatározása.

4. A műszaki korlátok ismeretében gazdaságossági szempontból az optimumnak (pl. húzási sebesség, gyártási sorrend stb.) meghatározása [9, 10].

A fenti lépések az irodalomból ismert összefüggések segítségével könnyen elvégezhetők. Így ezzel a kérdéssel részletesebben itt nem szükséges foglalkozni.

Fontos lépés a húzógép kiválasztása. A mai húzóüzemekben a húzógépek minden típusa megtalálható (diabólós, Barcró, egyenes, illetőleg bemerülős és fecskendező csúszvahúzók) A gyártás céljainak legjobban megfelelő húzógép kiválasztásához ilyen esetben több szempontot kell figyelembe venni, ezek a következők.

1. A kész huzal átmérője. Kezelhetőségi okokból a vastag huzalokat ($d_{ind.} = 8{,}0$ mm) egyenes húzógépekre kell tervezni. Ha a húzások száma nagyobb, mint hét, több gépre kell elosztani a sorozatot. Közép és középfinom huzalok húzásához legjobban a diabolós és Barcró rendszerű gépek felelnek meg, amelyek hat-tizenkét húzásosak. Finom huzalokhoz általában csúszvahúzókat kell választani. Nagyobb C-tartalomhoz a bemerülős rendszer az előnyösebb.



4. ábra. Nomogram az alapanyagok kiválasztására

5. táblázat

Átmérő csoport (mm) → / ΣF, % összfogyás ↓	K_D értékei a ΣF(%) és az utolsó patentozási átmérő függvényében						
	(—) ←		→ Patentozási átmérő csoportok (+)				
	1,0—2,5	2,6—4,9	5,0—5,9	6,0—7,5	8,0—9,5	10,0—11,5	12,0—14,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6,0	0,0024	0,0012	0,0	0,00075	0,0020	0,0027	0,0036
9,0	0,0036	0,0018	0,0	0,00113	0,0030	0,0040	0,0055
12,0	0,0048	0,0024	0,0	0,00150	0,0040	0,0054	0,0072
15,0	0,0060	0,0030	0,0	0,00187	0,0050	0,0065	0,0090
18,0	0,0072	0,0036		0,00225	0,0060	0,0080	0,011
21,0	0,0084	0,0042		0,00262	0,0070	0,0094	0,012
24,0	0,0096	0,0048		0,0030	0,0080	0,0105	0,014
27,0	0,0108	0,0054		0,0034	0,0090	0,012	0,016
30,0	0,0120	0,0060		0,00375	0,0099	0,0135	0,018
33,0	0,0132	0,0066		0,00412	0,0108	0,0145	0,020
36,0	0,0144	0,0072		0,0045	0,0120	0,0160	0,022
39,0	0,0156	0,0078		0,0049	0,0130	0,0175	0,023
42,0	0,0168	0,0084		0,0052	0,0140	0,0190	0,024
45,0	0,0180	0,0090	Átmérő	0,0056	0,0150	0,020	0,026
48,0	0,0192	0,0096	korrekció	0,0060	0,0160	0,0215	0,028
51,0	0,0204	0,0102	nincs	0,0064	0,0170	0,023	0,030
54,0	0,0216	0,0108		0,0067	0,0180	0,024	0,032
57,0	0,0228	0,0114		0,0071	0,0190	0,025	0,034
60,0	0,0240	0,0120		0,0075	0,020	0,0265	0,036
63,0	0,0252	0,0126		0,0079	0,021	0,0290	0,038
66,0	0,0264	0,0132		0,0082	0,022	0,031	0,0395
69,0	0,0276	0,0138		0,0086	0,023	0,0325	0,041
72,0	0,0288	0,0144		0,0090	0,024	0,0340	0,0425
75,0	0,0300	0,0150		0,0094	0,025	0,035	0,044
78,0	0,0312	0,0156		0,0097	0,026	0,036	0,0455
81,0	0,0324	0,0162		0,010	0,027	0,037	0,0475
83,0	0,0332	0,0166	0,0	0,0104	0,0275	0,038	—
85,0	0,0340	0,0170		0,0106	0,028	0,0385	—
87,0	0,0348	0,0174		0,0108	0,0285	—	—
89,0	0,0356	0,0178		0,0111	0,0290	—	—
90,0	0,0360	0,0180		0,0112	0,0295	—	—
91,0	0,0364	0,0182		0,0113	0,030	—	—
91,5	0,0366	0,0183		0,0114	—	—	—
92,0	0,0368	0,0184		0,0115	—	—	—
92,5	0,0370	0,0185		0,0116	—	—	—
93,0	0,0372	0,0186		0,0117	—	—	—
93,5	0,0374	0,0187		—	—	—	—
94,0	0,0376	0,0188		—	—	—	—
94,5	0,0378	0,0189		—	—	—	—
95,0	0,0380	0,019		—	—	—	—
96,0	0,0384	—	0,0	—	—	—	—
	Negatív K_D		0,0	Pozitív K_D			

2. A húzások száma. A húzások száma döntően hat a minőségen kívül a gazdaságosságra is. Ha ui. a részfogyás indokolatlanul kicsi s ezzel feleslegesen nagy a húzások száma, nemcsak a minőség romlik az egyenlőtlen alakváltozás miatt, hanem a húzógép termelési hatásfoka is (több dob, több szakadási lehetőség). Ha viszont a húzások száma nagyon kicsi s így a részfogyás a kívánatosnál nagyobb, nem kerülhető el az alakítási öregedés, s ez selejteződésre vezet.

3. A kész huzal megkívánt technológiai tulajdonságai. Közepes és nagy C-tartalmú huzaloknál nagyobb hajtogatási és csavarási számot lehet biztosítani diabolós gépen, mint Barcrón vagy egyeneshúzón. Jól beállított összefogyás esetén a $\sigma_{0,2}/\sigma_B$ hányados nem lehet nagyobb mint 0,82. Ez az érték még biztosítja a huzal szokásos továbbfeldolgozását. Ha diabolós gépen dolgoznak, ez az érték kisebb, mint egyeneshúzón és ugyanígy kisebb bemerülős csúszvahúzón, mint fecskendős húzón, amikor egyébként minden más körülmény azonos.

4. Felületi követelmények. Különféle felületi minőségekhez különféle kenési módok tartoznak. A kívánalmaktól függően a huzal gyártását olyan gépre kell tervezni, ahol ezek a különleges kenési módozatok alkalmazhatók.

A fontosabb adatok ismerete után a technológus a gyártmányt pontosan megtervezi. Ehhez a tervezéshez nyújt segítséget a *2—5. táblázat*. Ezek segítségével a patentozási szilárdság ismeretében a kész huzal szakítószilárdságát lehet meghatározni úgy, hogy közben figyelembe vesszük a húzások számának, a húzószerszám profilnak, a kiinduló huzalátmérőnek és a húzási sebességnek a hatását a húzott huzal szakítószilárdságának alakulására.

A táblázatok használatához a következő összefüggés szükséges.

$$\sigma_{Bk} = \sigma_{Bpat.}(K_{\Sigma F;\alpha} \cdot K_\alpha + K_v + K_D)$$

ahol σ_{Bk} a kész húzott huzal szakítószilárdság (kp/mm²)

σ_{Bpat} a patentozás után kapott szakítószilárdság (kp/mm²)

$K_{\Sigma F;\alpha}$ a geometriai összfogyás és részfogyás — így húzási szám — hatását kifejező tényező (2. táblázat)

K_α a húzókő kúpszögének a szakítószilárdság alakulására gyakorolt hatását kifejező tényező (3. táblázat)

K_v a húzási sebesség hatását kifejező tényező (4. táblázat)

K_D a huzal készrehúzás előtti utolsó patentozási átmérőjének hatása a szakítószilárdságra (5. táblázat)

A számítással kapott adatokat a rendelt huzalra vonatkozó szabvánnyal kell összevetni, s így eldönthető, hogy a választott gyártástechnológia megfelelő-e vagy sem. Ha az eredmény nem megfelelő, a számítást meg kell ismételni, s addig folytatni (iteráció) míg a kívánt σ_{Bk} értéket kapjuk.

A technológus ezzel szinte mindent megtett, amit előre tehetett, hogy a maximális kihozatalt minimális gyártásköltséggel biztosítsa.

A tényleges drótgyártás azonban csak ez után kezdődik. A nem megfelelő technológiai fegyelem, pl. keveredés az üzemen belül, nem megfelelő gépkezelés — kőbeállítás, hűtés, kenés stb. — mind szóródást okoz, azaz szélesíti az eloszlási haranggörbét. s így természetesen növeli a kiesést.

IRODALOM

[1] Grundlagen der bildsamen Formgebung 1966. Düsseldorf.

[2] Journal of the Iron and steel Institute 1948. aug. 353—359. oldal.

[3] Neue Hütte 1969. július 404—409. oldal.

[4] Deformacionöj negrev a proizvoditelnoszty volocsilnovo oborudovanyija 1970. Moszkva.

[5] *Dr. Geleji:* Kohógéptan. 1953.

[6] Stahl u. Eisen 1961. dec. 1729—1739. oldal.

[7] Herstellung von Stahldraht 1. rész.

[8] *Schemmer:* Archiv für das Eisenhüttenwesen 1951. 11/12.

[9] Neue Hütte. 1972. márc. 161. oldal.

[10] Draht-Welt 1968. Nr. 4. 231—236. oldal.

[11] Production Technologii 85—89. oldal.

Szénmonoxid, metán és hidrogén atmoszférának ellenálló tűzálló és hőszigetelő anyag*

Dr. S. PAWLOWSKI — J. SMALEC
Gliwice, Lengyelország

DK 669.14.041 : 666.763/764 : 661.92

A CO, CH_4 és H_2 keverékeiből álló atmoszférákat „védőgáz" atmoszférának nevezzük, mert a keverékek az acél kemencebetétet megvédik a légköri korrózió káros hatásaitól. Ugyanezen gázkeverékek azonban csökkentik a kemencefalazat élettartamát, különösen az endotermikus összetételűek és az ammóniából disszociált, nagy hidrogéntartalmú gázkeverékek. Szerző megmagyarázza a gázkeverékek korróziós viselkedésének okait, ill. a korróziót okozó vegyegyenleteket. Ezek ismeretében választott ki olyan összetételű tűzálló anyagokat, amelyek a védőgáz által okozott korróziós hatásnak ellenállnak, s ezek ellenállóképességét üzemi kísérletekkel igazolta.

Bevezetés

A védőatmoszféra alkalmazása a fémek hőkezeléséhez a hevítőkemencék falazatába épített tűzálló és szigetelt anyagok munkakörülményeinek és igénybevételének megváltozását eredményezte. A védőatmoszféra olyan gázokat tartalmaz, amelyek rontják a falazat tartósságát. Elsősorban a szénmonoxidról, metánról, hidrogénről, valamint a hidrogén elégetésekor keletkező vízgőzről van szó.

Minél többet tartalmaz az atmoszféra ezekből a gázokból, annál agresszívebb. Viszonylag kevésbé káros az exotermikus: 0,7—10% CO, 0,7—15% H_2 és 0—1% CH_4 tartalmú gázközeg. Jóval agresszívebb az endoterm 17—20% CO-ból, 28—32% H_2-ből és 0—5% CH_4-ből álló gázközeg, valamint az 1—24%, vagy mintegy 75% H_2-t tartalmazó disszociált ammóniából álló gázok. Az atmoszféra roncsoló hatása megnő, ha a gázkeverék 10% metánt vagy 5% propánt is tartalmaz.

A gázkorrózió a fent említett gázok bomlástermékeinek romboló mechanikai hatásán, vagy egyes tűzálló oxidokkal való közvetlen reakcióján alapszik. Ezek a gázok — mindenekelőtt azonban a hidrogén —, ha a tűzálló téglák vagy szigetelő masszák pórusait kitöltik, jelentősen megváltoztatják a tűzálló anyag hővezetőképességét, amit figyelembe kell venni a védőgáz atmoszférás hőkezelő kemence falazó anyagának kiválasztásakor.

A gázok korrozív hatása

A CO korrozív hatása a tűzállóanyagok pórusaiba berakódó elemi karbon feszítő hatásának tulajdonítható:

$$2\,CO \rightleftharpoons CO_2 + C$$

Ez a reakció 445—1000 °C hőmérsékleten játszódik le, és itt a veszélyes reakciótartomány 700 °C alatt van. A reakciót katalizátor, különösen vasoxid jelenléte gyorsítja. Hasonló karbonkiválással járó bomlási reakció lép fel metán esetén is:

$$CH_4 \rightleftharpoons C + 2\,H_2 \qquad (2)$$

* 1972 decemberben Miskolcon a Nehézipari Műszaki Egyetemen tartott Tudományos Ülésszakon elhangzott előadás.

Ez a reakció 900 °C körüli hőmérsékleten a legintenzívebb. A metánhoz hasonlóan bomlik el a bután és propán is. A karbonkiválás következtében a tűzálló anyagok színe megváltozik a fehértől, vagy krém színtől a világos és sötét szürkéig és a vasoxid-dúsulás helyére növekvő mennyiségű pelyhes fekete karbon lép, amely repedéseket és az anyag bomlását okozhatja.

Kísérleti úton megállapították, hogy ha a vasvegyületek mennyisége Fe_2O_3-ra átszámítva 2,3%-nál nem több, a tűzállóanyagban a CO és a metán korrózió csak színváltozást okoz. A vasoxidoknak azonban egyenletesen elosztva szilikát vegyület alakban kell jelen lenniük. Ilyen esetben semmi repedést, vagy a mechanikai tulajdonságok romlását nem lehet megfigyelni. Nyilvánvaló, hogy minél kevesebb vasvegyületet tartalmaznak a tűzálló anyagok, annál bizonyosabbak lehetünk afelől, hogy CO—CH_4 atmoszférában is üzembiztosan alkalmazhatók. Ezért ajánlanak a cégek olyan téglákat, amelyek Fe_2O_3 tartalma 1%, sőt 0,5% alatt van. A CO—CH_4 által okozott roncsolódás az anyag pórusaiban fellépő mechanikai hatások függvénye, amit a nagyobb mértékű karbonkiválás okoz, ettől teljesen eltérő a hidrogén korrózió. A hidrogén közvetlenül reagál a SiO_2-vel és az illékony reakciótermék — a SiO — a hidegebb részekbe jutva ismét SiO_2-vé oxidálódik:

$$SiO_2 + H_2 = SiO + H_2O \quad (3)$$

$$SiO + {}_1/_2\, O_2 = SiO_2 \quad (4)$$

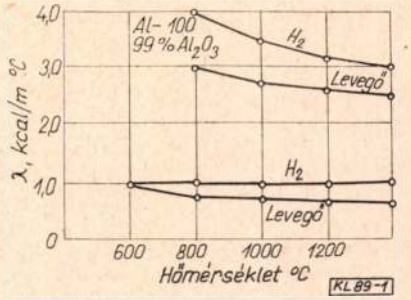
Az SiO jól észlelhető oxidációja 1100—1150 °C hőmérséklettartományban figyelhető meg. 1400 °C hőmérsékleten hidrogén hatására a mullitra ($3\,Al_2O_3 \cdot 2\,SiO_2$) 100 óra alatt 5%-nál több SiO_2 rakódik, amitől az anyag színe krémről ibolyás feketére változik. Ezáltal a hidegnyomó szilárdság 25 százalékkal romlik. Hosszabb ideig tartó hidrogén korrózió hatására a téglák szivacsossá válnak, ami később a teljes széteséshez vezet.

A SiO_2-tartalmú tűzállóanyagok hidrogén korróziója gyorsan megy végbe és különösen nagyobb nyomás esetén veszélyes. A hidrogénnel való érintkezés 1100 °C felett csak korlátozott SiO tartalmú tűzállóanyagokkal volna tanácsos. Igen nehéz üzemviszonyok között és nagyobb nyomás esetén tiszta Al_2O_3-ból készült tűzállóanyagokat kell alkalmazni 0,5% alatti SiO_2 tartalommal.

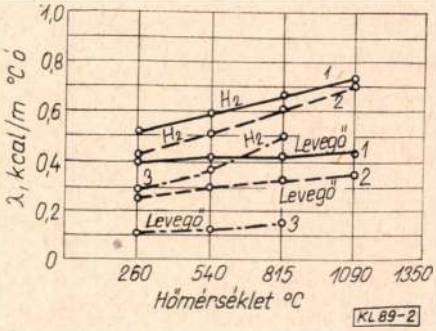
Mindenekelőtt vonatkozik ez a falazatnak a kemence atmoszférával közvetlen érintkezésben levő belső rétegére. A külső rétegek minőségére vonatkozóan lényegesen enyhébb követelmények szükségesek.

A hővezetési szám hidrogén atmoszférában

A hidrogén hővezetési száma hétszer-nyolcszor nagyobb, mint a nitrogéné, oxigéné, szénmonoxidé, vagy a vízgőzé. Ha hidrogén tölti ki a tűzállóanyagok pórusait, a hővezetési számnak meg kell változnia. Normál esetben a tűzállóanyagok hővezetési számát levegővel töltött pórusokkal mérik. A különböző tűzállóanyagok és szigetelő téglák hővezető számait levegővel, illetve hidrogénnel kitöltött pórusok esetén az *1.* és *2. ábra* mutatja be.



1. ábra. Tömör korundtéglák (Al 100) és korund szigetelő téglák (R134) hővezetési száma levegőben és H_2-ben



2. ábra. Samott téglák és nagy timföldtartalmú szigetelő téglák hővezetési száma levegőben és H_2-ben

1. 66% Al_2O_3, $d = 1{,}04$ g/cm³. 2. 39% Al_2O_3, $d = 0{,}82$ g/cm³. 3. 36% Al_2O_3, $d = 0{,}43$ g/cm³

Amint a feltüntetett adatokból látható, a szigetelő és tűzálló anyagok hővezetési száma hidrogén atmoszférában jelentősen nagyobb. Kisebb porozitású, valamint nagyobb látszólagos sűrűségű kerámiai anyagokban 10—50%-os növekedés is megfigyelhető, ezzel szemben nagyobb porozitású és kisebb látszólagos sűrűségű tűzállóanyagokban ez az érték 2—4-szer nagyobb, mint levegő atmoszférában. Mivel a különbségek ilyen nagyok, figyelembevételük nélkül a hőtechnikai számításokon komoly hibákat lehet elkövetni.

A tűzállóanyagok megválasztása

Amint a tűzállóanyagok gáz hatására bekövetkező korróziójának vázolt elemzéséből láthatjuk, az atmoszféra nagymennyiségű szénmonoxid, metán, propán, vagy bután jelenlétében a legagresszívebb. A hidrogén ugyanilyen agresszív lehet, de főként nagy nyomáson, ami azonban ez ideig hőkezelő kemencékben nem szokásos, azonban a vegyiparban alkalmazott nagynyomású katalitikus metánbontó berendezésekben előfordul.

Különös gondossággal kell megválasztani a tűzállóanyagokat dúsított endotermikus és egzotermikus gázközegekhez. Kisebb minőségű követelményt támasztanak disszociált ammónia atmoszférával, vagy nem dús egzotermikus gázközeggel érintkező tűzállóanyagokkal szemben.

A gliwicei Tűzállóanyag Kutató Intézetben végeztek néhány olyan kutatást, amelyeknek CO, H_2 és CH_4 atmoszférához megfelelő tűzálló és szigetelő anyag kiválasztása volt a célja. A laboratóriumi és konkrét üzemi kísérletek az *1. táblázatban* felsorolt tűzállóanyagok kiválasztásához vezettek.

CO, CH_4 és H_2O gázatmoszférában alkalmazható tűzálló anyagok és szigetelő masszák fontosabb tulajdonság értékei *1. táblázat*

Anyag	Kémiai összetétel, %		Látszólagos sűrűség g/cm³	Nyomószilárdság kp/cm²	Nyitott porozitás %	Hővezetőképesség kcal/m, °C, ó			Maximális felhasználási hőmérséklet °C
	Al_2O_3	Fe_2O_3				400 °C	800 °C	1000 °C	
Szigetelő téglák	42,0	1,8	0,7—0,9	40—60	—	0,30	0,35	—	1400
Szigetelő téglák	36,0	2,3	0,4—0,6	10—50	—	0,20	0,30	—	1250
Szigetelő téglák	20,0	2,3	0,3—0,4	5—13	—	0,13	0,17	—	850
Korund téglák	90,0	1,5	2,9—3,1	800—1600	20—24	—	—	3,0	1700
Mullit téglák	72,0	2,0	2,4—2,5	400—600	16—20	—	1,48	1,62	1600
Nagy timföldtartalmú téglák	62,0	2,0	2,3—2,4	400—600	16—18	—	1,42	1,53	1500
Samott téglák	36,0	2,3	1,8—2,0	180—300	22—26	1,90	1,15	1,20	1400

A Tűzállóanyagintézet 1971. évben végzett vizsgálatai alapján.

2. táblázat

Tűzálló és könnyű betonok néhány tulajdonság-értéke

Betonminták	Látszólagos sűrűség g/cm³	Nyomószilárdság kp/cm³	Maximális felhasználási hőmérséklet °C
Könnyű perlit betonok	0,6—0,8	20—30	800
Könnyű samott betonok	1,0—1,2	30—50	1200
Tűzálló samott betonok	1,8—2,0	150—500	1300
Tűzálló timfölddús betonok	2,2—2,4	200—500	1500
Tűzálló korund betonok	2,6—3,0	300—600	1800

A tégla kiválasztása mellett fontos a kötőhabarcs helyes megválasztása is. Itt alapelvként lehet kimondani, hogy a téglákat azonos anyagú vagy hasonló kémiai összetételű habarccsal lehet kötni. Gyakran vízüveget adnak a habarcsokhoz, hogy a téglák tapadási szilárdságát növeljék és jobb kötést érjenek el. A kaolin-szigetelő téglák kötésére olyan habarcsot kell alkalmazni, amely 50 súly% lisztszerű őrleményből (a téglák mechanikai megmunkálásának hulladékából) és 50 súly% tiszta, iszapolt kaolinból áll. Az alkotók szemcsemérete nem haladhatja meg a 0,5 mm-t. A száraz szemcséket vízzel keverik sűrűn folyó konzisztenciáig, s ehhez a száraz alkatrészek arányában 4 súly% nátrium vagy kalcium vízüveget (sűrűség 1,35—1,40 g/cm³) adnak hozzá. Hasonló habarcsot készítenek samott szigetelő téglák kötéséhez, amikor tégla őrleményt és tűzálló anyagot alkalmaznak. A perlit-téglák olyan habarccsal köthetők, amelyet 8 térfogatrész perlitből és 2 térfogatrész agyagból vízüveggel kevernek (1 térf. rész vízüveg és 2 térf. rész víz). Ez is sűrűn folyó konsztenciájú. A korund idomokat korund habarccsal kötik, a mullit téglákat és timfölddús építő elemeket timfölddús habarccsal, a samott téglákat pedig samott habarccsal kötik.

A kemencefalazatokban alkalmazott tágulási hézagok tömör kitöltésére legjobban a tűzálló kaolinrost (gyapot!) felel meg, amely nagy hőmérsékleten is rugalmas marad.

Az utóbbi években egyre több tűzálló és szigetelő beton került alkalmazásra. Ezek a betonok samott vagy korund adalékkal, tűzálló cementtel készülnek (1 térf. rész cement és 3 térf. rész adalék arányban). Porózus, könnyű adalékanyaggal szigetelő beton készíthető.

Védőgázas kemencék falazatához timföldtörmelék és timföldcement alapú beton alkalmazható, ha megfelelően kicsi az adalék Fe_2O_3 tartalma. A tűzálló betonokat kész építőelemek formájában alkalmazzák vagy közvetlenül döngöléssel, vagy zsaluzatba való öntéssel készítik a falazatot. Néhány beton tulajdonságát a *2. táblázat* tünteti fel.

Az égetett téglák és termékek tűzálló és szigetelő betonnal helyettesíthetők. Betonból hézagmentes falazat készíthető, a tágulási hézagokat azonban ez esetben is ki kell alakítani. A tűzálló és szigetelő betonok alkalmasak a kemencefalazat gyors javítására, foltozására, a leégett részek helyreállítására. A hidrátkötésű betonok szárítási és felhevítési ideje 1000 °C hőmérsékletre 20—30 óra.

Az oxigénes konverteres acélgyártás reakciókinetikai vizsgálata

SZEGEDI JÓZSEF okl. kohómérnök, docens
NME Kohó- és Fémipari Főiskola, Dunaújváros

DK: 669.182.218.54:536.66:541.127

A tanulmány az oxigénes konverteres acélgyártás során lejátszódó alapvető oxidációs folyamatok reakciókinetikai vizsgálatáról szól. Foglalkozik a fürdőmozgásra jellemző paraméterekkel, az oxigénsugárral, a karbon molekuláris diffúziójával és a karbon oxidáció két jellegzetes periódusával. Megállapítja, hogy az oxidáció sebességét döntően az oxigén bevezetési sebessége határozza meg.

1. Bevezető

Az oxigénes konverteres acélgyártás a legfiatalabb nagyüzemű tömegacélt előállító eljárás. 1952-ben Linzben helyezték üzembe a világ első oxigénes konverteres Acélművét, s azóta az eltelt idő alatt az eljárás — nagyarányú fejlődés révén — az egyik legfontosabb eljárássá fejlődött. Ezt bizonyítja az a tény is, hogy már 1969-ben az oxigénes konverteres acéltermelés az évi 200 millió tonnát elérte, továbbá a világtermelés 36,8%-át ekkor az eljárás adta [1].

Az eljárás közismerten egyaránt alkalmas ötvözetlen és ötvözött, szerkezeti szerszám és különleges acélok gyártására. Az acélfajták gyártástechnológiáját az előállított acélok vizsgálatát kiterjedt szakirodalom tárgyalja, felölelve, az összes fontos metallurgiai szempontot. A hazai viszonyokat figyelembe véve a közeljövőben az oxigénes konverteres acélgyártás alkalmazásra kerülhet tömegacél termelési és öntödei acélgyártási eljárásként.

A NME KFFK Metallurgiai Tanszéke — az Öntödében már meglevő TÜKI-rendszerű forrószeles kupoló kemencéhez — egy kísérleti 500 kg betétsúlyú oxigénes konverter egységet épített. A kupoló konverter duplex acélgyártás megvalósításához, hazánkban eddig még nem alkalmazott oxigénes konverteres acélgyártás kidolgozása szükséges. Az eljárás megvalósításához ismerni kell az oxigénes acélgyártás alapvető metallurgiai törvényszerűségeit.

Az oxigénes acélgyártást a nagy gyorsaság jellemzi. Az adaggyártás közbeni beavatkozás, illetve az ellenőrzés, vagy a kívánt irányban történő módosítás nehezen valósítható meg. A folyamat jellege megkívánja az adagösszetétel és az adagvezetés előre történő meghatározását. A rendelkezésre álló üzemviteli adatok és az elméleti törvényszerűségek ismeretében például, a kívánt csapolási hőmérséklet, a kész acél összetétele a folyamatra felállított „matematikai modell" segítségével előre meghatározható. A modell segítségével a konverteres acélgyártás automatizálása, számítógépes irányítása valósítható meg. Az oxigénes konveteres eljárás irányítása is megköveteli a metallurgiai folyamatok ismeretét.

2. A reakció sebesség szerepe a konverteres eljárásnál

Az oxigénes konvertes acélgyártás betétanyaga folyékony nyersvas. Az adaggyártáskor nagy nyomású ipari oxigénnel történik a nyersvas kísérő elemeinek oxidációja.

Az oxidáció sebessége alapvetően meghatározza az adagidőt. Az adagidőt a reakciók által meghatározott és a technológiai műveletekhez szükséges időre lehet felbontani:

$$t_a = t_r + t_t$$

ahol t_a adagidő [óra]
t_r reakció által meghatározott idő [óra]
t_t technológiai idő [óra]

A technológiai idő magába foglalja a kemence adagközi javítás, a nyersvas beöntés, a hozag és hulladék adagolás, a próbavétel, a hőmérséklet mérés és a salaklehúzás idejét. A technológiai idő természetesen csökken, ha a művelet a fúvatással egyidőben történik.

A reakciók által meghatározott idő vagy a fúvatási idő a nyersvas kisegítő elemeinek oxidálására fordított idő. A reakció ideje megadható valamely kísérő elemre

$$t_r = \frac{[\Delta \mathrm{Me}\,\%]}{V_{[\mathrm{Me}]}}$$

$[\Delta \mathrm{Me}\,\%]$ az eltávolítandó nyersvas kísérő elem [%]
$V_{[\mathrm{Me}]}$ a kísérő elem átlagos oxidációs sebessége [%/óra].

A kisérő elemek közül a karbon oxidációja a legfontosabb, így a reakció idő vagy fúvatási idő:

$$t_r = \frac{[\Delta \mathrm{C}\,\%]}{V_{[\mathrm{C}]}}$$

alakban írható fel. Az acélmű éves termelését a következőképpen lehet meghatározni:

$$\acute{E} = n \frac{B}{t_a} \cdot N \cdot K$$

ahol $\acute{E}$ évi acéltermelés [t]
B betét tömege [t]
n konverterek száma
N naptári idő [óra]
K naptári idő kihasználás

Az adagidőre felírt összefüggést figyelembe véve:

$$\acute{E} = n \cdot N \cdot K \cdot B \frac{V_{[C]}}{V_{[C]} t_a + [\Delta \mathrm{C}\,\%]}$$

Az éves acéltermelést meghatározó tényezők közül adott üzem esetén n, N, k, B állandónak tekinthető, így

$$\acute{E} = C \cdot \frac{V_{[C]}}{V_{[C]} \cdot t_t + [\Delta \mathrm{C}\,\%]}$$

összefüggést kapjuk.

Az üzemben a technológiai idő és az eltávolítható karbontartalom viszonylag kis intervallumban változik, így a konverteres acélművek éves acéltermelését alapvetően a karbon kiégési sebesség határozza meg. A reakció sebesség ismerete és elemzése alapvetően szükséges a konverteres acélgyártók részére.

* A Vaskohászati Szakosztály 1972. évi nívódíj pályázatán díjat nyert pályázat.

3. Az oxigénes acélgyártás alapvető folyamatainak jellemzése

Az oxigénes konverteres acélgyártás során a folyékony nyersvas frissítés nagynyomású ipari oxigénnel történik. A fúvatás hatására a nyersvas kísérő elemei oxidálódnak. A lejátszódó reakciók a következők:

A fúvatás hatására „primer salak" forró folt — keletkezik, mely vasoxidból áll:

$$2[Fe]+\{O_2\}=2(FeO)$$
$$4(FeO)+\{O_2\}=2(Fe_2O_3)$$

A vasoxid a salak és a fémfázis határán redukálódik:

$$(Fe_2O_3)+[Fe]=3(FeO)$$

a vasoxidul a megoszlási hányadosnak megfelelően a fémfázisba kerül:

$$(FeO)=[FeO]$$

A fémfázisban oldott vasoxidul elvégzi a nyersvas kísérő elemeinek az oxidációját:

$$[FeO]+[Me]=[Fe]+(MeO)$$

Az oxigén átadás kettős szakaszát az $\{O_2\}$, (FeO). [FeO] mechanizmust a következők bizonyítják:

a. A fúvatás kezdeti szakaszán barna füst képződik. A barna füst az oxigénsugár és a fém találkozási helyén kialakuló „primer salak" nagy hőmérséklete és a vasoxidok pájolgása miatt képződik.

b. az oxigénes konvertes eljárásnál a vas oxidációja nagyobb mértékű, mint a szélfrissítéses eljárásoknál. Ugyanis a nagy sebességű oxigénsugár ütközésekor vascseppek keletkeznek, így a gáz-fém érintkezési felület nagyságrenddel nagyobb lesz. A reakciófelület megnövekedése pedig a nagyobb mértékű oxidáció lejátszódását segíti elő.

c. Az oxidáció során keletkező fémoxidok közül csak a vasoxidul oldódik a fémfázisban.

d. A fúvatás során nagy reakció sebesség tapasztalható. Ez, a fürdő mozgást figyelembe véve csak akkor érhető el, ha az oxidációs folyamatba valamilyen aktív anyag vesz részt. Ez az anyag az oxigént szállító fürdőben oldódó vasoxidul.

4. Az oxidáció sebesség vizsgálata

A lejátszódó folyamatok sebességének meghatározása, dr. Horváth Zoltán [2.] módszere alapján végezhető el. Egy rendszer adott helyén a koncentráció változás áramlás, diffúzió, megoszlás és kémiai reakció lejátszódása miatt következik be.

Az eljárás viszonyai között valamely komponens (C, MnSi) „eltávolítási" vagyis oxidációs sebessége az eljárás termelékenységét és ezzel az acélmű éves termelését alapvetően határozza meg. A vizsgálat céljából célszerű a fürdő karbontartalmának változási sebességét kiválasztani. Ezt az acélgyártás jellege is megkívánja, mivel a fúvatást mindig egy meghatározott karbontartalom eléréséig végzik. A karbon oxidáció sebességét a koncentráció változás sebességére felírt részsebességek alapján célszerű megvizsgálni.

4.1. A fürdő áramlásából adódó koncentráció változás vizsgálata:

A fürdő áramlása következtében a koncentráció változás sebességét a koncentráció és az áramlási sebesség határozza meg:

$$V_á=\mathrm{div}\,(\vec{cv})$$

ahol $V_á$ a fürdő mozgása miatt bekövetkező koncentráció változás,

c a vizsgált komponens koncentrációja,

$\vec{v}$ fürdő mozgás sebessége.

Az oxigénes konverteres acélgyártást sajátos fürdőmozgás jellemzi. A fürdőmozgást a befúvatott oxigén ütközése, a szénmonoxid képződése és sűrűség különbség idézi elő.

4.11. A befúvatott oxigén hatására létrejövő fürdőmozgás vizsgálata

Az eljárásnál a folyékony nyersvasat oxigénnel fúvatják. Az oxigénlándzsából kiáramló oxigénsugár szilárd testként hatol a fémfürdőbe. Az oxigén befúvás hatására kialakuló fürdőmozgás sebessége meghatározható az oxigénlándzsából kilépő oxigén sebessége, a szállított oxigén tömege, a szabadsugár szerkezete, valamint az oxigénsugár és fém ütközési viszonya alapján.

4.111. Az oxigénlándzsából kilépő oxigén sebessége

Az oxigénsugár lándzsából való kilépése az összenyomható közeg tartályából való kiömlésének felel meg. Ekkor a kiáramlási sebesség Bernoulli egyenlet alapján határozható meg [3]:

$$V=\sqrt{\frac{x}{x-1}\cdot\frac{p_{02}}{\varrho_{02}}\cdot\left[1-\left(\frac{p}{p_{02}}\right)^{\frac{x}{x-1}}\right]}$$

ahol V az oxigénlándzsából kilépő oxigén áramlási sebessége [m/s]

x adiabatikus kitevő, oxigénre 1,4

p_{02} az oxigénlándzsában (fúvókában) mért oxigén nyomás [kg/m²]

ϱ_{02} az oxigén fúvókában mért sűrűsége [kg/m³]

p a konverterben mérhető nyomás [N/m²] (általában a normál nyomással egyenlő).

Az oxigén sűrűsége a felírt kifejezésekben a fúvókában mért értékkel szerepel. A nyomásváltozás miatt szükséges átszámítani a konverterben levő nyomásra:

$$\varrho=\left(\frac{p}{p_{02}}\right)^{1/x}\cdot\varrho_{02}$$

ahol ϱ az oxigén sűrűsége a konverterben mért nyomáson (normál nyomáson) [kg/m³]

4.112. A szállított oxigén mennyisége

A fürdő mozgási sebesség kiszámításához szükséges meghatározni az időegység alatt befúvatott oxigén tömegét:

$$m=\varrho\cdot v\cdot F$$

ahol m az időegység alatt szállított oxigén tömege [kg/s],

F a fúvóka keresztmetszete [m²].

Az áramlási sebességet figyelembe véve, az időegység alatt áramló oxigén tömege:

$$m = F\sqrt{\frac{x}{x-1}\,\varrho \cdot p_{02}\left(\frac{p}{p_{02}}\right)^{2/x}\left[1-\left(\frac{p}{p_{02}}\right)^{x/x-1}\right]}$$

4.113. A szabad sugár szerkezete

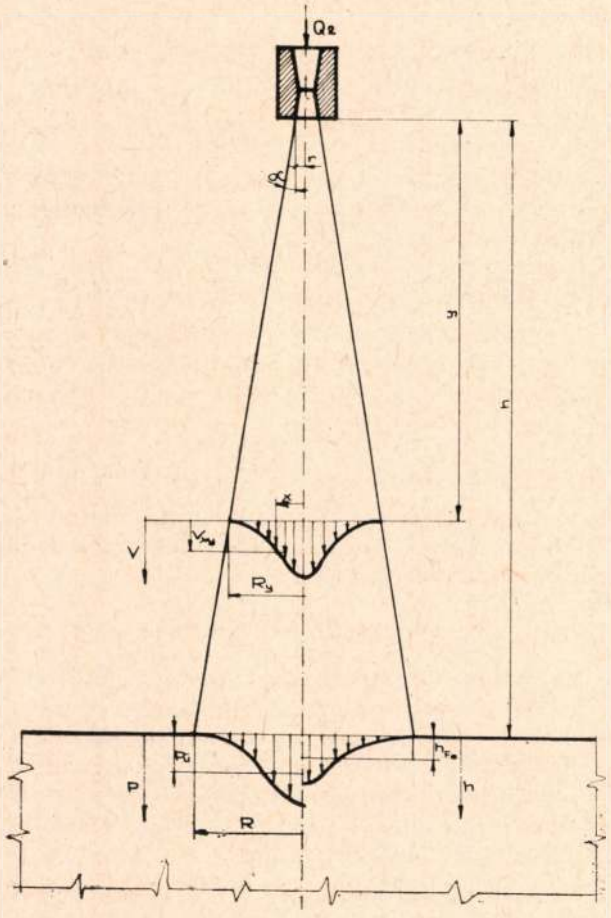
A szabad sugár szerkezetét áramlási viszonyait az oxigénlándzsa szerkezete, az alkalmazott fúvatási nyomás és az oxigén által megtett út határozza meg. Az oxigén lándzsakilépő része általában Laval-fúvóka. Az áramló oxigén ennek megfelelően kúpfelülettel határolt (*1. ábra*).

Az oxigénsugár és a fém találkozási felületét, az ún. reakció felületét a fúvóka sugara (r), a kilépési szög (α) és a fúvóka távolság (h) határozza meg:

$$R = r + h \cdot tg\alpha$$

A szabad sugár adott keresztmetszetében a közegellenállás és a súrlódás miatt a sebesség eloszlása nem egyenletes. A sebesség változik a fúvókától mért merőleges (y) és a középvonaltól mért vízszintes (x) távolsággal. A sebesség változására a szabad sugár valamely keresztmetszetében a következő összefüggés adható meg (az 1. ábra jelölését alkalmazva):

$$V_{xy} = \frac{A}{r}\left(1-\frac{y}{B}\right)\left[1-\left(\frac{x}{Ry}\right)^{2/3}\right]^2 \cdot v$$



1. ábra

Ahol A, B az áramlás jellegétől függő kísérleti úton meghatározható állandók. „A" az áramló oxigénsugár súrlódását, „B" a közegellenállást veszi figyelembe.

4.114. Az oxigénsugár és a fém ütközési viszonya

Az oxigén sugár és fém találkozásakor kialakuló viszonyok alapvetően meghatározzák az eljárás metallurgiáját. A találkozási helyen az oxigén mozgási energiája nyomási energiává alakul át. Ezt fejezi ki a találkozási helyre felírt Bernoulli egyenlet:

$$\frac{1}{2}\,\varrho \cdot v_{\ddot{u}}^2 = p_{\ddot{u}}$$

A találkozási — ütközési — helyen mérhető nyomás az ütközési nyomás ($p_{\ddot{u}}$). A találkozási helyen mérhető sebesség az oxigénsugár átlagos sebességével lesz egyenlő:

$$V_{\ddot{u}} = V_{xy}$$

Az átlagos sebesség $y = h$ helyen a következőképpen számítható:

$$\overline{V_h} = \frac{\int_0^R V_{xy}\cdot dx}{R} = \frac{1}{R}\cdot\int_0^R \frac{A}{r}\cdot\left(1-\frac{b}{B}\right)\cdot$$

$$\cdot\left[1-\left(\frac{x}{R}\right)^{2/3}\right]^2\cdot v\cdot dx =$$

$$\overline{V_h} = \frac{A\cdot v}{R\cdot r}\cdot\left(1-\frac{h}{B}\right)\cdot\int_0^R\left[1-\left(\frac{x}{R}\right)^{2/3}\right]^2 dx =$$

$$= \overline{V_h} = \frac{0{,}45A}{Rr}\left(1-\frac{h}{B}\right)v$$

Figyelembe véve Laval-fúvóka alkalmazásakor R értékét, a közepes, vagyis az ütközés helyén mérhető, sebesség a következő:

$$\overline{V_h} = V_{\ddot{u}} = \frac{0{,}45A}{r(r+h\,tg\,\alpha)}\left(1-\frac{h}{B}\right)\cdot v$$

Az ütközési nyomást

$$p_{\ddot{u}} = \frac{1}{2}\cdot\varrho\cdot\left[\frac{0{,}45A}{r(r+h\,tg\,\alpha}\cdot\left(1-\frac{h}{B}\right)\right]^2\cdot v^2$$

az oxigén sűrűsége, a fúvóka konstrukciója (r, α), az oxigén kilépési sebessége (v) és a fúvóka távolság (h) határozza meg. Az így levezetett ütközési nyomás a reakció felületre vonatkoztatott átlagos érték. A reakció felületen az ütközési nyomás eloszlása természetesen követi a sebességi eloszlást.

Az oxigénsugár behatolási mélysége az ütközési helyre érvényes Bernoulli-egyenlet alapján határozható meg. Az ütközés helyén a nyomási energia helyzeti energiává alakul át:

$$P_{\ddot{u}} = \varrho_{Fe}\cdot h_{Fe}\cdot g$$

ahol ϱ_{Fe} a vasolvadék sűrűsége [kg/m³]
h_{Fe} a behatolási mélység [m].

A behatolási mélység az ütközési nyomásra kapott összefüggés alapján:

$$h_{Fe} = \frac{pv}{\varrho_{Fe}\cdot g} = \frac{1}{2g}\cdot\frac{\varrho}{\varrho_{Fe}}\cdot\left[\frac{0{,}45\cdot A}{r(r+h\,tg\,\alpha)}\cdot\left(1-\frac{h}{B}\right)^2\right]\cdot v^2$$

alakban írható fel.

Az oxigén sugár átlagos behatolási mélységét a kilépési sebesség (v), az oxigén és az acélsűrűség viszonya, a fúvóka konstrukció (r, α) és a fúvóka távolság (h) határozza meg. A reakció felületén a behatolási mélység eloszlása megegyezik az ütközési nyomás, illetve a sebesség eloszlásával.

Az ütközés helyén az oxigénsugár mozgási energiája térfogati munkavégződésre fordítódik. A szállított energia a fémfázis R sugarú reakció felületű és h_{Fe} átlagos mélységű térfogatára hat és a térrész „kiszorításával" fürdőmozgást idéz elő.

Az ütközés helyén a következő energia egyenlet érvényes:

$$\frac{1}{2}\cdot m_{O_2}\cdot v^2 = p_a\cdot \Delta V$$

A kiszorított térfogat:

$$\Delta V = F_R\cdot h_{Fe} = R^2\pi\cdot h_{Fe}$$

A szállított oxigén tömege:

$$m_{O_2} = F\cdot\varrho\cdot v\cdot t = r^2\cdot\pi\cdot\varrho\cdot v\cdot t$$

Az ütközési nyomást és a felírt összefüggéseket figyelembe véve az energia egyenlet a következő alakra hozható:

$$\frac{1}{2}\cdot r^2\pi\cdot\varrho\cdot v\cdot t\cdot v^2 = \frac{1}{2}\cdot\varrho\cdot v_a^2\cdot R^2\pi\cdot h_{Fe}$$

Ebből az energia egyenletből a fürdőmozgás sebessége a következőképpen adódik:

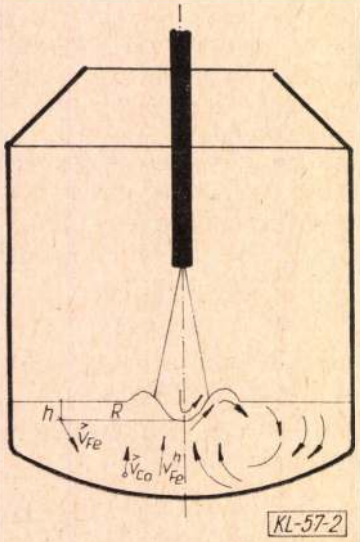
$$v_{Fe} = \frac{h_{Fe}}{t} = \left(\frac{r\cdot v}{R\cdot v_a}\right)^2\cdot v$$

Figyelembe véve az ütközési helyen mérhető sebességet a fürdő mozgás sebessége:

$$v_{Fe} = \left[\frac{Br^2}{0{,}45A(B-h)}\right]^2\cdot v$$

Az oxigén befúvás hatására kialakuló fürdőmozgás sebességét az oxigén kilépés sebessége (v), a fúvóka sugara (r), a fúvóka távolsága (h) határozza meg.

Az oxigén befúvás hatására kialakuló fürdő mozgás jellegét a *2. ábra* mutaja be.



2. ábra

A fürdőmozgás sebesség vektora a fém tömegében a fürdő mélységétől és a középvonaltól mért távolságtól függ (R).

$$\vec{v}_{O_2} = \vec{v}(v_{Fe}/R, h)$$

A sebesség eloszlás leírására szolgáló matematikai függvény igen bonyolult alakban adható meg. A sebességet ezért egyszerűsítés miatt a továbbiakban csak a függőleges irányban vesszük figyelembe.

4.12. A szénmonoxid képződés okozta fürdőmozgás

A nyersvas karbontartalmának oxidációjakor képződő szénmonoxid fürdőmozgást idéz elő. A fővetés hatására kialakuló fürdőmozgás sebessége:

$$V_{CO} = \frac{V_{\{CO\}}}{m_{Fe}}\cdot h\cdot\varrho_{\{CO\}}$$

ahol $V_{\{CO\}}$ az időegység alatt képződött szénmonoxid térfogata [m³/s]
h fürdőmélység [m]
$\varrho_{\{CO\}}$ sűrűség [kg/m³]
m_{Fe} betét tömege [kg].

4.13. A sűrűség különbségéből létrejövő fürdőmozgás

Az oxigén befúvatása hatására a fürdőben sűrűségkülönbség jön létre. A sűrűségkülönbség elsősorban a felületi réteg dekarbonizációja miatt jelentkezik. A sűrűség különbségéből létrejövő fürdő mozgást a karbon kiégés sebessége a diffúzió és a fürdő mélysége határozza meg.

4.14. A fürdőmozgás okozta koncentráció változás vizsgálata

A fürdőmozgás hatására bekövetkező koncentráció változás sebességét

$$v'_a = \operatorname{div}(c\vec{v}) = \vec{v}\cdot\operatorname{grad} c + c\cdot\operatorname{div}\vec{v}$$

a fürdő koncentráció gradiensétől és a fürdőmozgási sebesség divergenciájától függő részsebességek határozzák meg.

A [C]+[FeO] reakció esetében a koncentráció változás sebességét a következők jellemzik:

A $\vec{v}\cdot grad\ c$ részsebesség: a vizsgált reakció szempontjából az oxigén szállítását fejezi ki. A fürdőmozgás sebessége:

$$\vec{v}_f = \vec{v}_{Fe} + \vec{v}_{CO} + \vec{v}_{\Delta s}$$

három részfolyamatból tevődk össze. A $\vec{v}_{Fe}$ általában nagyság renddel nagyobb, mint $\vec{v}_{Co}$, illetve $\vec{v}_{As}$. Az oxigén, illetve a fémfázisban oldott vasoxidul koncentráció változás sebessége:

$$\vec{v}_l \cong \vec{v}_{Fe};\quad v_{[FeO]} = \vec{v}^{\,f}_{Fe}\cdot\operatorname{grad} c_{[FeO]}$$

A vasoxidul koncentráció a fürdő h mélységében állandónak tekinthető. Az állandó oxigén utánpótlás miatt a vizsgált h mélységben a mindenkori karbontartalomhoz tartozó egyensúlyi oxigén tartalom lesz a koncentráció. A felszíni rétegben az oxigén koncentrációja a fürdőben oldódó „maximális" értékkel egyenlő. Ezek alapján:

$$v_{[FeO} = \frac{C^{max}_{[FeO]} = C^{egyensúlyi}_{[FeO]}}{h}\cdot v^{h}_{Fe} = \frac{\Delta C_{[FeO]}}{h}\cdot v^{h}_{Fe}$$

Vagyis az oxigénszállítás sebessége egyenesen arányos a fürdő függőleges irányú (V_{Fe}^{h}) sebességével, és fordítottan arányos a fürdő mélységgel. Ezek alapján kimondható, hogy az oxigén befúvás hatására kialakuló fürdőmozgás feladata az oxigén szállítás. A reakció felületen — a forró foltban — keletkező vasoxidul fürdőben történő elszállítás sebességét a fürdő oxigénnel való ellátását alapvetően a befúvatott oxigén hatására kialakuló fürdőmozgás határozza meg. Az oxigénszállítás diffúziós jellegét a fúvatás tulajdonképpen aktív anyagáramlássá alakítja át, így érhető el az eljárásra jellemző nagy reakció sebesség.

Az ún. függőleges sebesség nagyságát az előzőekben levezetett fürdőmozgási sebesség határozza meg.

$$v_{Fe}^{h} = v_{Fe} = \left[\frac{Br^2}{0{,}45A(B-h)}\right]^2 \cdot v$$

A fúvatás során az oxigénszállítás sebességét — tekintve, hogy $A, r, B, v,$ állandó — a fúvóka távolsággal lehet szabályozni.

Az oxidációs sebesség változtatását az eljárás gyakorlatában a foszfor oxidációjának a karbon kiégés elé helyezésére alkalmazzák. A foszfor kiégéséhez lágy oxigén sugár, vagyis nagyobb fúvóka távolsággal való mészporos fúvatás szükséges. A nagyobb fúvóka távolsággal kisebb fürdőmozgást, így kisebb fürdő oxigén telítést érnek el. Így a foszfortalanítás lejátszódásának reakciókinetikai feltételei kedvezőbbek, mint a karbon oxidációja.

Így dolgoznak a Thomas nyersvasak feldolgozásakor (OLP, LD–AC eljárás). Ekkor oxigén és mészpor keverékével nagy fúvóka távolsággal történik a fúvatás. A foszfor kiégése és a salak lehúzás után a karbon oxidáció elérése érdekében a kisebb fúvóka távolsággal történik az oxigén befúvása. Az oxidáció sebesség fokozására a fúvóka távolság csökkentése áll rendelkezésre. A fúvóka távolságot általában optimális értékre állítják be. A kis fúvóka távolsággal történő oxigén befúvása túlzott fürdőmozgással jár, ami káros vas kivetődést okoz.

A $c \cdot \mathrm{div}\,\vec{v}$ koncentráció változás részsebesség tulajdonképpen a szénmonoxid képződés okozta fürdőmozgást fejezi ki. Ugyanis ha a tér forrásmentes, akkor

$$\mathrm{div}\,\vec{v} = 0$$

feltétel érvényes. A fürdőmozgást előidéző tényezők közül forrást csak a szénmonoxid keletkezése okoz így

$$\mathrm{div}\,\vec{v} = \mathrm{div}\,\vec{v}_{Co}$$

Figyelembe véve $\vec{v}_{Co}$ értékét

$$\mathrm{div}\,\vec{v} = \frac{v_{\{Co\}}}{m_{Fe}} \cdot \varrho_{\{Co\}}$$

Vagyis a szénmonoxid okozta fürdőmozgás hatására bekövetkező koncentráció változás:

$$c_{[FeO]} \cdot \mathrm{div}\,\vec{v} = \frac{v_{\{Co\}}}{m_{Fe}} \cdot \varrho_{\{Co\}} \cdot c_{[FeO]}$$

egyenesen arányos az időegység alatt képződött szénmonoxid mennyiségével, vagyis a karbon kiégés sebességével. Ez a részsebesség tényező rámutat arra, hogy metallurgiai szempontból a szénmonoxid képződése az intenzív fürdőmozgás mellett is nagy fontosságú.

4.2. A diffúzió okozta koncentráció változás vizsgálata

A diffúzió okozta koncentráció változás sebességét Fick II. törvény írja le. A sebességet a diffúziós állandó és a koncentráció hely szerinti változása határozza meg. Az eljárás viszonyai között a molekuláris diffúzió jelentős, a fúvatás kezdetén megváltoztatja a kísérő elemek oxidációs sorrendjét. A diffúzió elemzéséhez szükséges meghatározni az elemek oxidációs sorrendjének termodinamikai valószínűségét.

4.21. A nyersvas kísérő elemeinek oxidációs sorrendje

A nyersvas kísérő elemeinek oxidációs sorrendjét a kísérleti konverteres acélgyártás viszonyai között egy korábbi dolgozatban [4] már termodinamikai számítások alapján meghatároztam.

A fúvatásnál a következő összetételű nyersvasat használnak:

C	3,2 —3,9%
Mn	1,0 —1,8%
Si	0,8 —1,2%
P	0,01—0,02%

A nyersvas hőmérséklete: 1350–1450 °C.

Az oxigén nyomására 8 atmoszféra.

A számítást termodinamikai potenciál változás alapján végeztem és Si, Mn, C sorrendet állapítottam meg. Azonban például a szilíciumtartalom kiégéséből adódó fürdő hőmérséklet emelkedés miatt, tehát bizonyos fúvatási idő után, az elemek oxidációja együttesen megy végbe, és ezt a termodinamikai számítások és a fúvatási diagramok is bizonyítják.

4.22. Az oxidációs sorrend megváltoztatása a fúvatás kezdetén a molekuláris diffúzió miatt

A fúvatás elején megfigyelhető a karbon oxidációja, bár ez az adott viszonyok között csak később — bizonyos szilícium oxidáció után — várható. A jelenség a molekuláris diffúzió miatt következik be. A diffúzió által bekövetkező koncentráció változási sebesség:

$$v_d = D\frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$$

A diffúziós állandó *Stokkes — Einstein* [5] által levezetett összefüggés szerint a következőképpen változik:

$$D = \frac{k \cdot T}{6\pi r \eta}$$

ahol k Boltzman állandó [J/°k]
η a vas dinamikai viszkozitása [Ns/m²]
r a diffundáló részecske ionsugara [m]
D diffúziós állandó [m²/s]

A molekuláris diffúzió oka a fémfázisban levő kísérő elemek különböző ionsugara. A különböző ionsugárral rendelkező elemek molekuláris diffúzió se-

bessége *Fick* és *Stokkes — Einstein* összefüggések alapján

$$\frac{v_1}{v_2}=\frac{r_2}{r_1}$$

fordítottan arányosak az ionsugárral.

A nyersvas kísérő elemeinek ionsugara Ångströmben, *Erdey-Gruz* [6] adatai szerint a következő:

Fe^{++}	0,75	Mn^{++}	0,80
P^{+++}	0,50	Si^{++++}	0,38
C^{++++}	0,15	O^{--}	1,45

A karbon diffúziós sebessége a nyersvas kísérő elemei közül a legnagyobb. *Erdey-Gruz* adatai alapján

$$v_{[C]}=2{,}5v_{[Si]}=5{,}3v_{[Mn]}=9v_{[O]}$$

a karbon diffúziós sebessége 2,5—9-szer nagyobb, mint a Si, Mn, vagy oxigén sebessége. A fúvatás kezdeti szakaszán az olvadék felszíni rétegében a dekarbonizáció oka: a karbon nagyobb diffúziós sebessége.

4.2.3. A molekuláris diffúzió szerepe a fürdő oxigén ellátásában

Az oxigén befúvás hatására kialakuló — főleg vasoxidokból álló primmer salak — forró folt — oxigéntartalma a fémnek megoszlás útján adódik el. Az olvadék felszíni rétegéből a belső részhez történő diffúziós oxigén eljutása az oxigén kis diffúziós képessége miatt nem valószínű. Az oxidálódó elemek diffúzió képessége mind nagyobb, mint az oxigénné. Ez a tény is bizonyítja, hogy az oxigénes konverteres acélgyártásnál a fürdő oxigénnel való telítését a befúvás hatására kialakuló fürdőmozgás biztosítja.

4.3. A megoszlás miatt bekövetkező koncentráció változás vizsgálata

A megoszlás miatt bekövetkező koncentráció változás fürdő oxigén ellátása szempontjából jelentős. A részsebesség

$$v_m=\omega\cdot\beta(C_2-C_1)$$

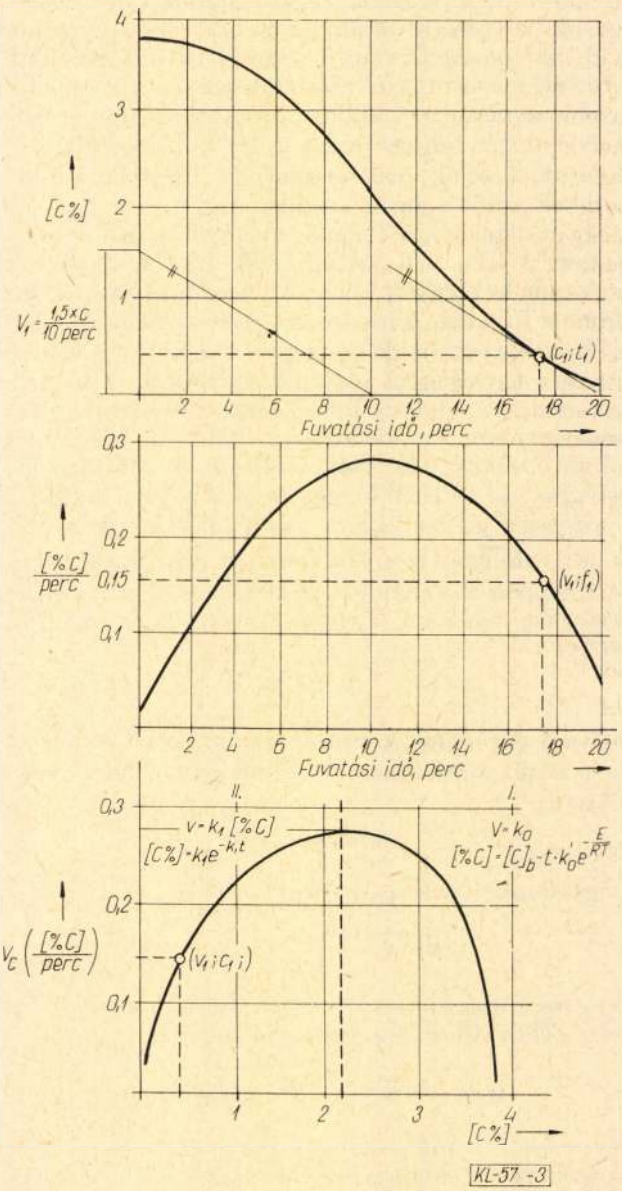
a fajlagos felülettől (β) és a koncentráció különbségtől és az arányossági tényezőtől (ω) függ. Az eljárásnál a megoszlás a salak és a fém, illetve a gáz és a fém fázis között jön létre. Az oxigén közvetetten, illetve közvetlenül jut el a fémfázisba. A fémfázisban levő oxigén a nyersvasban oldott elemekhez, fürdő áramlás útján jut el. A befúvatott oxigén salak- és fémfázis közötti megoszlástól bekövetkező koncentráció változás sebességét a fajlagos érintkezőfelület nagysága határozza meg, mivel a két fázisban mérhető koncentráció különbség állandó. A fajlagos érintkező felületet a reakciófelület határozza meg. A reakciófelület az oxigénsugár és a vas ütközési felületével egyenlő. A reakció sebesség növelése — nagyobb betétsúlyú konverterek esetén — a reakciófelület növelésével úgy érhető el, hogy több fúvókás oxigén lándzsát alkalmaznak. Az azonos fúvókatávolsággal, oxigén nyomással és fúvókakeresztmetszettel történő fúvatás a több fúvókás lándzsával növelhető a szállított oxigén mennyisége és az ezzel összefüggő paraméterek (mint pl. ütközési nyomás). Az oxigén befúvás hatására kialakuló ütközés hatására vascseppek keletkeznek. Az oxigén közvetlenül reagál a fürdőből kilépő vascseppekkel. A közvetlen oxigén átadás, vagyis a gáz- és a fémfázis közötti oxigén megoszlási sebesség is alapvetően a fajlagos felülettől függ. (A koncentráció különbség állandónak tekinthető.) A két típusú megoszlási sebesség effektív mérése bonyolult. Gyakorlatilag értékét az oxigénbefúvás sebességével lehet egyenlőnek venni.

4.4. A kémiai reakció sebesség vizsgálata

Az oxidáció sebességét

$$v_k=k\cdot c^x$$

a reakciósebességi állandó(k) koncentráció és a reakciórendűség (x) határozza meg. Az adagidő és az éves acéltermelés szempontjából a karbonkiégés sebessége a meghatározó. A karbonkiégés sebességét a fúvatási diagramok elemzése alapján lehet meghatározni. A rendelkezésre álló és a szakirodalomban



3. ábra

közölt fúvatási diagramok elemzése a karbon oxidáció szempontjából azonos eredményeket ad.

A vizsgálathoz felvett fúvatási diagramot a *3. ábra* mutatja be. A fúvatási diagramon a fürdő karbontartalmának és hőmérsékletének változása látható a fúvatási idő függvényében.

E fúvatási diagram alapján grafikusan megszerkeszthetők a $V_{[C]} - t$, illetve a $V_{[C]} - [C\%]$ diagramok.

A karbonkiégés sebesség-idő diagram a fúvatási diagram grafikus differenciálásával szerkeszthető meg, a karbonkiégés sebesség-karbon diagram pedig a vizsgált időhöz tartozó értékek alapján.

A karbonkiégés sebessége az idő függvényében egy maximumos görbe szerint változik. Ez a görbe gyakorlatilag a gázfelszabadulás miatt jelentős. A változó mennyiségű szénmonoxid a füstgáz hűtő és tisztító rendszer munkáját teszi egyenlőtlenné.

A karbon oxidáció szempontjából jelentősebb a sebesség-karbon görbe. A maximum pont a diagramot két mezőre osztja. Nagyobb karbontartalmaknál a karbonkiégés független a fürdő karbontartalmától. A reakció sebesség növekedése a hőmérséklet növekedése miatt következik be. Ebben az időszakban a karbonkiégés sebességét alapvetően a fúvatási paraméterek határozzák meg. Kisebb karbontartalmaknál a karbonkiégés sebességét a karbontartalom határozza meg. A fúvatás elején a karbon oxidációja nullad-, a végén elsőrendű kémiai reakciónak felel meg. A két periódust a karbon oxidáció sebesség maximum pontja választja el. A maximum pont helyzetét, a hozzá tartozó karbontartalmat és fúvatási időt a konverter nagysága, a fürdő térfogata a fúvatási paraméterek, a nyersvas összetétele határozza meg. A maximális karbonkiégési sebesség a vizsgált diagramokon általában akkor jelentkezett, amikor a fém hőmérséklet már nem nagy mértékben változott.

4.5. Az oxidáció összsebességének meghatározása

Az oxigénes konverteres eljárás metallurgiája alapvető sajátosságokkal rendelkezik. Az oxidációs folyamatok elemzése alapján kimondható, hogy az oxidációs sebességet alapvetően az oxigénbevezetési, befúvatás sebessége határozza meg.

A fúvatási sebesség vagy intenzitás az időegység alatt szállított fajlagos oxigén mennyiségét jelenti.

$$i = \frac{V}{B}$$

ahol i fúvatási intenzítás $[m^3O_2/s \cdot kg]$

V időegység alatt szállított oxigén $[m^3O_2/s]$

B fém tömege [kg]

A fúvatási intenzitás határozza meg alapvetően az elérhető oxidációs sebességet és a fúvatási időt. A fúvatási idő tulajdonképpen a reakcióra fordított idővel egyenlő és kifejezhető a fajlagos oxigén felhasználás és a fúvatási intenzitás hányadosaként:

$$t_f = t_r = \frac{1000 \cdot f_{O_2}}{60 \cdot i}$$

ahol f_{O_2} fajlados O_2 felhasználás $[m^3\ O_2/1\ t$ acél$]$

t_f fúvatási idő v. reakció idő [perc] (továbbiakban: t).

Másrészt a fúvatási idő az eltávolítandó karbon és a karbonkiégés sebességének a hányadosa.

$$= \frac{[\Delta C\%)}{V[c]}$$

így a fúvatási intenzitás és a közepes karbonkiégési sebessége között az

$$i = \frac{1000 \cdot f_{O_2}}{60 \cdot [\Delta C\%]} \cdot V[c]$$

összefüggés alapján az egyenes arányosság áll fenn.

5. Összefoglaló

Az acélgyártás termelékenységét alapvetően befolyásolja az oxidációs folyamatok sebessége. E dolgozat az oxigénes konverteres acélgyártás során lejátszódó alapvető oxidációs folyamatok reakciókinetikai vizsgálatával foglalkozik. Az eljárásra jellemző az oxigén befúvás hatására kialakuló fürdőmozgás. A fürdőmozgása biztosítja az oxigén fémfázisában való gyors, egyenletes eloszlását. A fürdőmozgást a fúvatási paraméterek határozzák meg. Az eljárásnál jelentős a karbon molekuláris diffúziója és az oxigén megoszlás útján történő átadása.

A fúvatási diagram elemzése alapján kimutatható, hogy a karbon oxidáció két jellegzetes periódusban megy végbe. Az oxidáció sebességét az oxigén bevezetési sebessége határozza meg.

IRODALOM

[1] A világ nyersacél termelésének 1969. évi statisztikai adatai. Stahl und Eisen 1971. 897. old.

[2] *Horváth Zoltán:* A koncentráció változás sebessége: Kohászati folyamatokban I. rész. Kohászat 1969. 35—41. old.

[3] *Pattantyus:* Gépész- és Villamosmérnökök kézikönyve. 2. kötet. 822—824. old. Műszaki Könyvkiadó. Budapest 1962.

[4] *Szegedi József:* Oxigénes konverteres acélgyártás folyamatainak vizsgálata és matematikai modellje. (Nehézipari Műszaki Egyetemi pályamunka. 1972. Pedagógus nap.)

[5] *Erdey-Grúz Tibor—Schay Géza:* Elméleti fizikai kémia II. kötet. 220—221. old. Tankönyvkiadó, Budapest 1964.

[6] *Erdey-Grúz Tibor—Schay Géza:* Elméleti fizikai kémia I. kötet. 287. oldal. Tankönyvkiadó, Budapest 1962.

Új módszer szegregációs folyamatok vizsgálatára

Dr. SZOMBATFALVY ÁRPÁD okl. gépészmérnök — FÖLDEÁKI MÁRIA okl. fizikus
Vasipari Kutató Intézet

DK: 669.14:620.181.538.22:53.08

A szerzők mágneses eljárást dolgoztak ki a vasban intersztíciósan oldódó C, N atomok kimutatására és szegregációjuk nyomonkövetésére. Az eljárás a Richter-féle mágneses utóhatás mérésén alapszik. Közelítő modell alapján ismertetik a módszer fizikai alapjait és a mérőberendezés működési elvét. A kidolgozott módszerrel ötvözetlen acélokon tanulmányozható az oldódás és a kiválás folyamata a hőmérséklet és az idő függvényében.

Az eredmények kvalitatíve egyeznek más mérési módszerek (torziós inga) alapján végzett hasonló vizsgálatok eredményeivel.

Bevezetés

A törésmechanika fejlődésével, a fémfizikai ismeretek elterjedésével előtérbe került a vasban intersztíciósan oldódó C, N és O atomok szerepe. Megállapították, hogy ezek döntő hatással vannak a szívós és a rideg állapot kialakulására, az átmeneti hőmérséklet nagyságára. A nagy tömegben gyártott szerkezeti acélok mindig tartalmaznak karbont, nitrogént, oxigént, de elsősorban nem ezek mennyisége, hanem oldott vagy szegregált állapota határozza meg a mechanikai tulajdonságokat, főként a szívósságot.

Az oldott állapot kimutatása, a kiválási folyamatok tanulmányozása igen fontos anyagvizsgálói feladat. Ennek jelentőségét bizonyítja a szakirodalomban e tárgyban megjelenő nagyszámú közlemény.

Az intersztíciósan oldott atomok jelenlétének kimutatására, szegregációs folyamatok vizsgálatára általában a Kê-féle torziós inga használatos, amivel az anyag belső súrlódása mérhető [1]. Lényege, hogy a huzal alakú próbatest egyik végét befogják, másik végére egy korongot rögzítenek. Ennek elfordításával, majd szabadon bocsátásával a huzalt csavaró lengésbe hozzuk. Az így keltett külső mechanikai feszültségekkel periodikusan változtatjuk a rácsszerkezet egyes méreteit. Az elemi cellák méreteinek állandó változtatásával az intersztíciós atomokat állandó helycserére kényszerítjük. A lengések amplitúdójának csökkenéséből meghatátozható a csillapítási tényező; ennek ismeretében következtetni lehet az intersztíciósan oldódó atomok mennyiségére és fajtájára.

Az inga bizonyos feltételek között megbízható, jól reprodukálható eredményeket szolgáltat. Hátránya, hogy a kísérletet különböző hőmérsékleteken sokszor kell ismételni, az anyagra jellemző görbe pontjait számítással egyenként meghatározni, ezért hosszadalmas. Használhatóságát azonban az korlátozza, hogy csak vékony huzalok, szalagok vizsgálatára alkalmas, emiatt ipari problémák megoldására alig terjedt el.

Célkitűzés

Az intersztíciós atomok jelenlétének kimutatására, oldódási és szegregációs folyamatok tanulmányozására, az öregedés és öregedési hajlam ellenőrzésére olyan vizsgálati módszert kívántunk kifejleszteni, amellyel nagyobb darabokból kimunkált próbatestek lehetőleg gyorsan vizsgálhatók. Az intersztíciós atomok hatását a fémek fizikai tulajdonságaira részletesen vizsgálták, így eléggé ismeretesek. Elméleti megfontolások alapján, gyakorlati szempontok figyelembevételével a mágneses tulajdonságokkal való kapcsolat felhasználása látszott legcélszerűbbnek [2]. Hasonló mérésekről az újabb irodalomban is olvashatunk; a közlemények azonban csak igen nagy tisztaságú fémeken folytatott kísérletekről számolnak be, midőn az anyagot csupán egyetlen fajta elemmel szennyezték és a mérést fizikai laboratóriumi körülmények között végezték. Ezért jelentőségük inkább elméleti jellegű [3, 4].

A módszer fizikai alapjai [2, 5, 6]

Vizsgálati módszerünk a mágneses utóhatáson alapszik. Mágneses utóhatásokon olyan jelenségeket értünk, hogy a ferromágneses anyagok a mágneses tér hatására csak késve változtatják tulajdonságaikat. Pl. a H térerősség és a B indukció között fázis különbség van, az erre jellemző időállandó perc nagyságrendű is lehet. Az eljárásunk alapját képező Richter-féle utóhatás szemléletes, közelítő mikrofizikai értelmezése a következő: a vas elemi mágneses tartományokból — doménekből áll. Ezek telítésig mágnesezett cellák, melyek spontán mágnesezési iránya megegyezik az atomrács valamelyik főirányával. Így összesen hat, statisztikailag rendezetlen helyzet lehetséges. Egy-egy doménen belül az atomrács torzult: a spontán mágnesezés irányába eső rácsméret nagyobb a reá merőleges síkban fekvő méreteknél. Nyilvánvaló, hogy a nagyobb térközben jobban elférnek az idegen atomok, mert így kisebb a kristályenergia. Emiatt az oldott atomok számára a mágnesezési vektor kitüntetett irányt jelent a vele párhuzamos kockaéleken több idegen atom helyezkedik el. A rendszer tehát statisztikailag rendezett.

Gyenge külső mágneses tér hatására a doméneket határoló Bloch-falak eltolódnak. Szomszédaik rovására megnőnek mindazok a domének, amelyek a külső mágnesezés irányával párhuzamosak, vagy közel párhuzamosak. A Bloch-fal eltolódása következtében megváltozik az oldott atomok számára energetikailag kedvező irány, így ezek átugranak a kitágult hézagokba; az átugráskor szükséges energiát a hőmozgás adja.

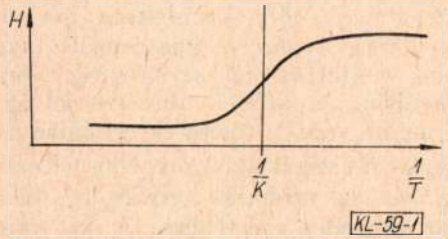
Kis amplitúdójú váltakozó irányú mágneses térben a Bloch-falak rezgő mozgást végeznek, ami néhány atomtávolságnyira terjed. Ezen belül az elemi cellák periodiukusan átmágneseződnek, tehát az intersztíciós atomok számára kedvező kockaél is állandóan változik. Ennek hatására az oldott atomok periodikus mozgást végeznek — amennyiben bizonyos feltételek teljesülnek. Az oldott

atomok áttelepüléséhez ugyanis némi idő szükséges. Ezért a Bloch-fal elmozdulását az atomok bizonyos fáziskéséssel követik. Az oldott atomok tartózkodási ideje, ezzel együtt a fázisszög nagysága hőmérséklet-függő: adott frekvencia esetén alacsony hőmérsékleten az atomok tartózkodási (relaxációs) ideje olyan nagy, hogy az oldott atomok nem mozdulnak ki eredeti helyükből, a fázisszög zérus. Magas hőmérsékleti tartományban viszont az atomok mozgékonysága nagy, ezek késés nélkül követik a rácsméretek változását, a fázisszög szintén zérus. A két szélső érték között van egy olyan hőmérsékleti intervallum, amelyen belül a fázisszög maximumos görbe szerint változik. Az oldott C és N atomok ugrási frekvenciája szobahőmérsékleten 1 sec nagyságrendű, tehát a Hz körüli frekvenciájú rezgésnél jelentkezik a maximális fázisszög.

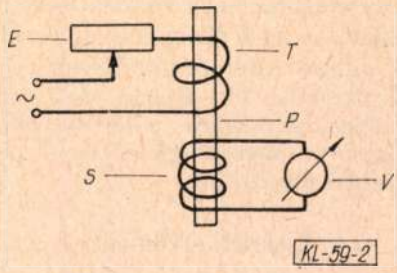
Az ismertetett mágneses utóhatáson alapuló módszer és a torziós inga között bizonyos hasonlóságot találhatunk: mindkét kísérlet során az atomrács periodikus torzításával az oldott atomokat ismételt helyváltozásra kényszerítjük. A különbség elvileg az, hogy egyik esetben mágneses térrel, másik esetben mechanikai feszültséggel létesítjük az elemi cellák torzulását.

A mágneses utóhatásnak az itt leírt magyarázata szemléletes, de erősen közelítő. A jelenség szabatos tárgyalása csak energetikai megfontolások alapján lehetséges. A Bloch-fal és az intersticiósan oldott atomok között kölcsönhatás van, a közöttük kialakult erőtér az egymáshoz való helyzetüket stabilizálja. A Bloch-fal elmozdítása csak megfelelő nagyságú külső energia közlése árán lehetséges. Adott mágnesezettség eléréséhez emiatt viszonylag nagy energia szükséges, ha a hőmérséklet alacsony. Ha azonban a hőmérséklet olyan magas, hogy az oldott atomok a váltakozó irányú mágneses tér okozta Bloch-fal mozgást követni tudják, kisebb energia elegendő állandó mágnesezettség fenntartására. Közbülső hőmérsékleti tartományban az állandó amplitúdójú mágneses indukció fenntartására szükséges külső mágneses erőtér meredeken változik, amint ezt az *1. ábrán* vázlatosan szemléltetjük.

Ez a változás intersticiós atomok jelenlétét bizonyítja: a változás nagysága (utóhatás erőssége) az oldott atomok mennyiségével arányos; a K karakterisztikus hőmérséklet — a görbe inflexiós pontja — az atom tartózkodási (relaxációs) idejére és az ugrás aktivációs energiájára jellemző. Ennek segítségével az oldott atomok fajtája is megállapítható. Többféle oldott atom esetén a hatások csak matematikailag választhatók szét.



1. ábra. Állandó mágnesezettség fenntartására szükséges külső tér nagysága a hőmérséklet függvényében



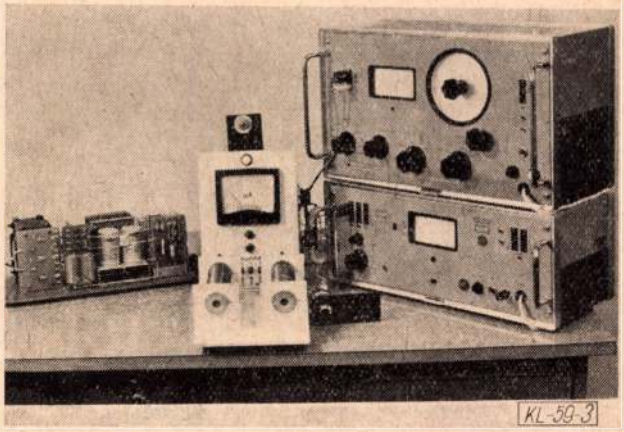
2. ábra. A mágneses utóhatás mérés elvi vázlata
T — primértekercs, P — próba, S — szekundertekercs, V — voltmérő, E — ellenállás

A vizsgálat voltaképpen abból áll, hogy a próbatest hőmérsékletének növelése közben mérni kell az állandó mágnesezettség fenntartásához szükséges energiát, illetve annak változását. A *2. ábra* szerint ez a következőképpen történik: A T tekercscsel mágnesezzük a P próbatestet, amely az S tekercsben U_0 feszültséget indukál. Ennek értéke a V voltmérőn olvasható le, és a próba mágnesezettségének mértékével arányos. A hőmérséklet növelésekor nő a műszeren leolvasható feszültség, ezért az E ellenállást növelni kell az eredeti, U_0 indukált feszültség visszaállítására. Az ellenállás változása a gerjesztő energia (külső tér) megváltozásával arányos, ezért a hőmérséklet függvényében felrajzolt ellenállásváltozás az utóhatás folyamatát jelenti.

Elvi okokból az abszcisszán az abszolút hőmérséklet reciprok értékét célszerűbb feltüntetni, amint ez a 4. ábrán is látható.

Az érzékenység fokozására kompenzációs módszert használunk: a V-műszer csupán az indukált feszültség megváltozását mutatja. A próbatestet egyenárammal táplált bifiláris tekercscsel melegítjük. A hőmérsékletet ellenállás-hőmérővel mérjük és elektronikusan szabályozzuk $\pm 0{,}5$ °C pontossággal. Vizsgálati hőmérsékleti tartomány $+20$ és $+130$ °C. A méréseket 40 Hz frekvencián végeztük. A próbatestek átmérője 1—4 mm, hossza 40—60 mm.

Az összeállított berendezés fényképe a *3. ábrán* látható. Előtérben látható a mérő- és kompenzáló tekercs, felül a hőmérséklet leolvasó műszer, oldalt az áramforrások és a hanggenerátor.



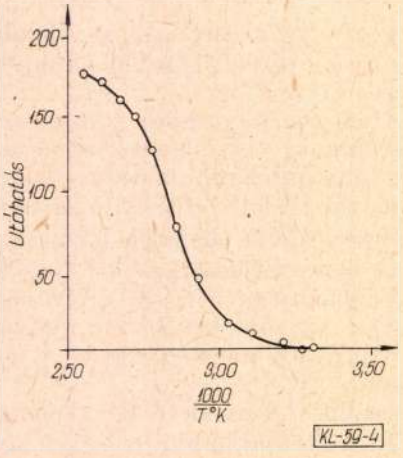
3. ábra. A mágneses utóhatást mérő berendezés fényképe

A mérés menete, hogy fokozatosan növeljük a hőmérsékletet és az E ellenállást úgy szabályozzuk, hogy a V műszer kitérése mindvégig konstans maradjon. A vizsgálat 30—40 perc alatt végezhető el. Az utóhatás nagyságára jellemző ellenállásváltozást (önkényes mértékegységben) a hőmérséklet függvényében ábrázoljuk.

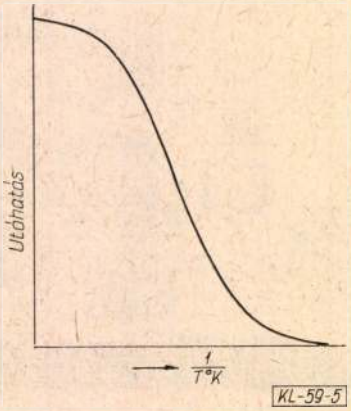
Kísérleti eredmények

Berendezésünkkel eddig közel kétszáz vizsgálatot végeztünk. Kísérleteink elsődleges célja annak eldöntése, hogy a módszer alkalmas-e a gyakorlatban interszticiósan oldott atomok kimutatására, továbbá szegregációs folyamatok ellenőrzésére. A vizsgálati anyagok főleg kis C tartalmú, ipari tisztaságú ötvözetlen acélok, részben csillapítatlan, részben csillapított minőségben.

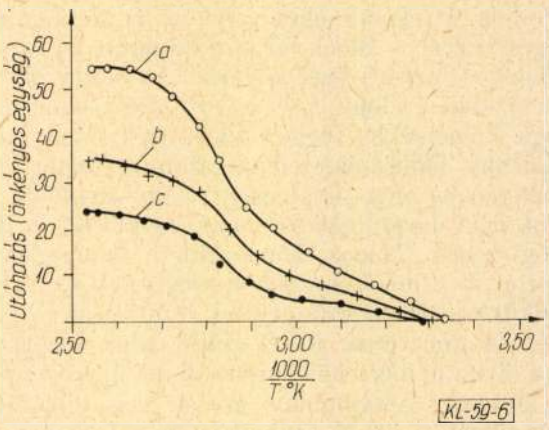
Egyik mérésünk eredményét a *4. ábra* szemlélteti. Ehhez a kísérlethez a következő összetételű acélt használtuk: 0,11% C, 0,07% Si, 0,48% Mn, 0,009% N. Az anyagot 900 °C-on homogenizáltuk, és erről lassan hűtöttük, majd a karbidok oldására 700 °C-ra melegítettük; 2 órás hőntartás után vízben hűtöttük, ezt követően azonnal elkezdtük a mérést. A diagramon az abszcissza az abszolút hőmérséklet reciprokát, az ordináta a primer kör ellenállásának növekedését: az utóhatással arányos mérőszámot jelenti. A görbe alakja nagymennyiségű interszticiós atom jelenlétét bizonyítja.



4. ábra. Csillapítatlan lágyacél utóhatás-görbéje



5. ábra. Egyetlen elemmel szennyezett tiszta fém utóhatása



6. ábra. Az edzési öregedés kimutatása mágneses utóhatás segítségével

a — 590 °C-ról gyorsan hűtött, b — 100 °C-on 3 órán át öregített, c — 100 °C-on 13 órán át öregített

Méréseink elméleti alátámasztására bemutatjuk az *5. ábrát*, amely csupán egyetlen interszticiós elemmel szennyezett, rácshibáktól mentes, tiszta fém Kronmüller és Zener alapján [2, 5] kiszámított utóhatási görbéjét jelenti.

Az elméleti görbét a kísérletileg meghatározott görbékkel (4., *6. ábra*) összehasonlítva kitűnik, hogy jellegük teljesen azonos; ez alátámasztja a vizsgálati mód helyességét. Alakjuk azonban némileg különbözik: a mérések alapján felrajzolt görbe elnyújtottabb, menetében hullámok, törések lehetnek. Ez abból ered, hogy az iparilag gyártott acél többféle interszticiósan oldódó atomot tartalmaz, rácshibákkal, feszültségekkel terhelt.

A 6. ábra az edzési öregedés kimutatására irányuló kísérleteink néhány eredményéről tájékoztat. A vizsgálati anyag különösen nagy nitrogéntartalmú, csillapítatlan acél. Összetétele:

0,16% C
0,01% Si
0,70% Mn
0,300% N
0,004% O

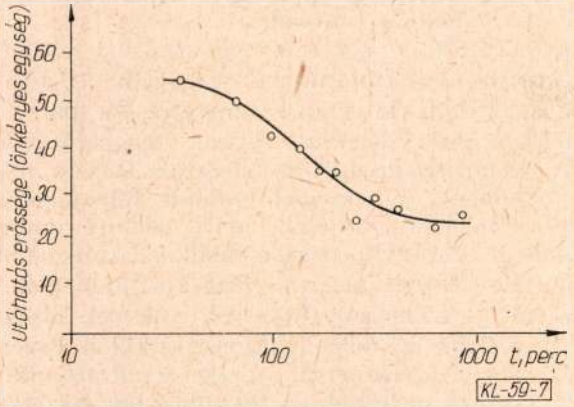
A próbatesteket 700 °C-on lágyítottuk, majd 590 °C-ról vízben edzettük a nitrogén oldatban tartására. A szegregációt 100 °C-on végeztük, különböző időtartamú megeresztéssel. Az edzett, valamint a 3 és 13 órás megeresztés után végzett méréssorozat eredményeit feltüntető görbék jól jellemzik az egyébként ismert öregedési folyamatot.

Mint látható, az utóhatás erőssége, tehát az oldott atomok mennyisége mintegy felére csökkent a 13 órás hőkezelés hatására.

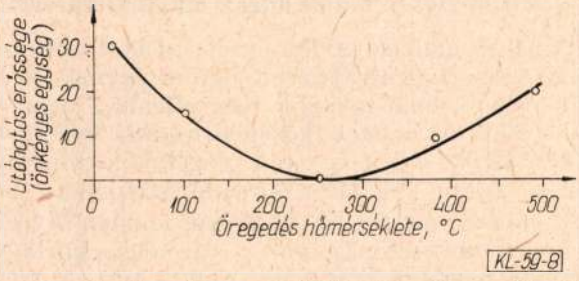
A 100 °C-on idő függvényében lezajló öregedés folyamatát a *7. ábra* szemlélteti. Itt az egyes próbák mérése során meghatározott maximális relaxációt tüntettük fel az öregítés időtartama függvényében. A görbe kvalitatíve jól egyezik a torziós ingán végzett mérések eredményeivel [7].

Részletesen vizsgáltuk az öregedés hőmérsékletének hatását az utóhatás erősségére, tehát közvetve az öregedés mértékére. A kísérleteket az előbbi anyaggal, 590°C- ról való gyors hűtés után végeztük. A megeresztés minden esetben 1/2 óráig

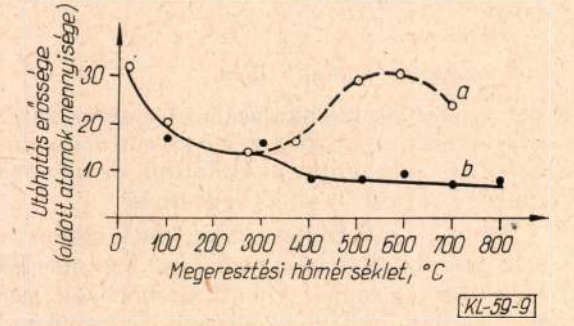
tartott, utána a próbát vízben hűtöttük. Egyik méréssorozat eredményét a *8. ábrán* mutatjuk be. Ez azt igazolja, hogy a tapasztalatokkal egyezően 250 °C-on a nitridek teljes mértékben kiválnak; ennél nagyobb hőmérsékleten pedig ismét fokozatosan oldódnak



7. ábra. Az öregedési idő hatása 100 °C-on a szegregációra. Edzés: 590 °C-ról, hűtés vízben



8. ábra. A nitrogén szegregációja 590 °C-on való oldás után. Hőntartás 1/2 óra



9. ábra. 850 °C-ról edzett, különböző hőmérsékleten megeresztett csillapítatlan acél utóhatása

a — gyorsan, b — lassan hűtve

A leírt kísérletek a nitrogén oldódásának és kiválásának kimutatására irányultak. További vizsgálódásainkkal a karbon szerepét kívántuk ellenőrizni. A már korábban is használt anyagot 850 °C-on izzítottuk a C és a N oldására; az oldott állapotot gyors hűtéssel rögzítettük.

A próbákat félórán át különböző hőmérsékleten megeresztettük; egyik sorozatot gyorsan, a másikat lassan hűtöttük. Méréseink eredményeit a *9. ábrán* foglaltuk össze. Ez a következőket tanúsítja: kb. 250 °C-ig a nitridek kiválása hasonlóképpen megy végbe, mint 590 °C-os hűtés után; a kiválás azonban kisebb mértékű, ami arra utal, hogy az intersticiósan oldott atomok egy része (nyilvánvalóan a C) továbbra is oldva marad. Nagyobb hőmérsékleten a N ismét oldódni kezd, amit gyors hűtés esetén az *a*-görbe bizonyít; ezzel párhuzamosan azonban megkezdődik a C kiválása. Ha a próbát megeresztés után lassan hűtjük, a N és a C kivált állapotban marad, a folymatot a *b*-görbe jellemzi.

Az itt bemutatott néhány kísérleti eredmény, az eddig elvégzett összes vizsgálatainkkal együtt határozottan azt igazolja, hogy a kidolgozott módszer és az ehhez használt berendezés alkalmas a célkitűzésben megjelölt feladat elvégzésére: a vasban intersticiósan oldott atomok jelenlétének és szegregációjának kimutatására. Természetesen ez még korántsem elegendő az ipari anyagvizsgálati igények kielégítésére. Kvantitatív analízisekhez a berendezést hitelesíteni kell, a különböző intersticiós atomok kritikus hőmérsékletét (relaxációs idejét) és az ehhez tartozó utóhatást meg kell határozni adott frekvencián, hogy az egyes elemek hatását szét tudjuk választani. Ezek a feladatok megoldhatónak látszanak és remélhető, hogy ezt az eljárást a gyakorlati anyagvizsgálat szolgálatába állíthatjuk.

IRODALOM

[1] *Kê T. S.:* Phys. Rev. 1947, *71*, 533.
[2] *Kronmüller H.:* Nachwirkung in Ferromagnetika Springer Tracts in Natural Philosophy, Vol. 12, 1968.
[3] *Blanc G.:* Mém. Sci. Rev. Mét, 1968, *LXV*, 133.
[4] *Pauthenet R.:* Mém, Sci. Rev. Mét, 1969, *LXVI*, 451.
[5] *Zener C.:* Elasticity and Anelasticity of Metals The University of Chicago Press, Chicago, Illionis, 1947.
[6] *Maringer R. E.:* Mém. Sci. Rev. Mét. 1968.]*LXV*, 123.
[7] *Dijkstra L. J.:* J. of Metals, *1*, 1949. 252.

Értesítés a Jubileumi Évkönyv új kiadásáról

Egyesületünk Jubileumi Évkönyve 1973 elején készült el. A korábbi felmérések alapján — mint utóbb kiderült — túl kevés példányszámot rendeltünk meg. A Titkársághoz beérkezett igényeknek, megrendeléseknek azok beérkezési sorrendjében tettünk eleget és az Évkönyvvel kapcsolatos utolsó — harmadik — értesítésünkre, melyben közöltük, hogy már csupán kb. 100 példány áll rendelkezésre, hirtelen több mint 400 újabb megrendelés érkezett. Sajnos ezen igényeket már nem tudtuk kielégíteni. Pótkiadásra nyomdai kapacitás hiánya miatt hosszú ideig nem volt mód.

Most örömmel értesítjük tagjainkat, hogy 1974. január első felében elkészül a Jubileumi Évkönyv pótkiadása. (A könyvet nyomdai úton lemezre fényképeztettük és eredeti formájában és kötésében adjuk ki ismét.)

Tanulva a korábbi tapasztalatokból, kérjük Tagtársainkat, valamint a csoport-titkárokat, hogy azok, akik e sorok olvasásakor még nem kapták meg a Jubileumi Évkönyvet, s korábbi vagy most felmerült igényük alapján szeretnék megszerezni, levélben sürgősen jelentsék be igénylésüket az OMBKE Titkárságán.

A Jubileumi Évkönyv ára változatlan: tagoknak 50,— Ft, nem tagoknak, illetve vállalatoknak, könyvtáraknak 200,— Ft.

A Jubileumi Évkönyveket elkészítés után január hó folyamán utánvéttel postázzuk azon megrendelők részére, akik levélben nem jelentik be, hogy személyesen kívánják átvenni.

OMBKE Titkársága

Folyamatosan öntött bugák kristályosodásának fémtani alapjai

BOBOK GYÖRGY okl. kohómérnök, tud. munkatárs
Vasipari Kutató Intézet

DK.: 669.14.018.29:620.186

A dolgozat a folyamatos öntés fémtani alapjait foglalja össze a legújabb ismeretek figyelembevételével. Az áttekintés segít a technológiai részletek megértésében.

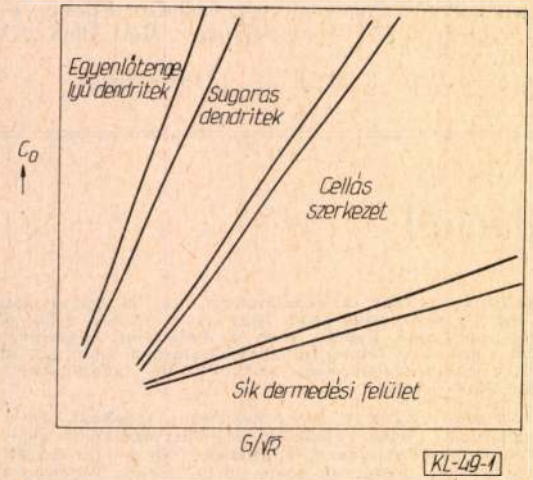
A közelmúltban megjelent előző dolgozatunk [1] a folyamatos bugaöntés hőtani alapjaival foglalkozott. Most a *fémtani alapokat* tekintjük át. Lényeges körülmény ebben, hogy az öntött buga szerkezetével szemben támasztott követelmények nem olyan szigorúak, mint az alakos öntvények esetében. A képlékeny alakítás és a hőkezelések ugyanis a buga öntött szerkezetét még megváltoztatják. Noha ezek a műveletek új, — bár az öntött szerkezettől nem mindig független — szemcseszerkezet kialakulását eredményezik, a késztermék porozitása és összetételi egyenlőtlensége még igen nagy mértékű alakítás után is elsősorban az öntés körülményeitől függ.

Az elmúlt évtizedben sokat foglalkoztak a kristályosodási folyamatokkal és ennek eredményeként ma már ismeretesek az öntött szemcséket (azok méretét, szerkezetét) meghatározó tényezők:

— *az olvadék kémiai összetétele*, beleértve az ötvözőkön kívül a szennyezőket, gázokat, esetleges adalékokat,

— *a hűtési viszonyok.*

A legfontosabb paraméterek közötti összefüggést mutatja az *1. ábra*, melyet elméleti megfontolások és számos ötvözetrendszeren elvégzett megfigyelés után lehetett megrajzolni. A C_0 az olvadék eredeti ötvözőtartalmát jelenti az elvileg binér ötvözetben, G a hőmérsékletgradiens az olvadékban, a szilárd/olvadék határfelületen, R a mikroszkopikus (tényleges) dermedési sebesség. A diagram csak azokra az esetekre vonatkozik, amelyekben az olvadék nincs termikusan túlhűlve, azaz a hő a szilárd fázison keresztül távozik ($G > 0$). Sajnos, a gyakorlati bugaöntés körülményei között a három paraméterből kettő, G és R általában ismeretlen.



1. ábra. Az öntött szerkezetet meghatározó legfontosabb paraméterek közötti összefüggés jellege [3]

Csak azt tudjuk, hogy értékük a keresztmetszet mentén állandóan változik.

Laboratóriumi körülmények között a feltüntetett esetek mind előfordulnak, sőt a cellás kristályosodásnak több változata is ismeretes. Az ipari méretekben öntött bugákra egyenlő tengelyű és sugaras dendrites kristályok jellemzők. Ritkán, főleg tiszta fémek, pl. kohóalumínium folyamatosan öntött bugáiban a felszín alatt néhány mm-rel celluláris kristályosodással is találkozhatunk. A buga öntött szerkezetének vizsgálatakor külön szoktak beszélni a szemcseszerkezetről, amelyet makroszerkezetként is szokás emlegetni és külön a szemcséken belüli szerkezetről, amelyet gyakran mikroszerkezetnek neveznek. A továbbiakban mi is ezt a felosztást követjük [2, 3].

A folyamatosan öntött bugák makroszerkezete

A hagyományos módon öntött tuskók szerkezetéhez hasonlóan rendszerint három egymástól elkülöníthető zónát találunk. Közvetlenül a buga felszíne alatt és a buga közepén *egyenlő tengelyűek* a kristályok, a két egyenlő tengelyű tartományt pedig *sugaras kristályokból* álló tartomány választja el egymástól. Ez általában minden ötvözet és bugaméret esetén így van — bár néha a közbülső egyenlő tengelyű rész nincs meg —, de az egyes zónák mérete ötvözetenként és az öntési körülmények függvényeként is széles határok között változhat.

Egyenlő tengelyű felületi zóna

Ezen kristályok kialakulásának magyarázatára két nézet létezik. A megfigyelések szerint valószínű, hogy mindkét mechanizmus előfordul, de más-más körülmények között válnak jelentőssé.

A régebbi és általánosan elfogadott elképzelés szerint a kokillafallal érintkező fém nagymértékben túlhűlhet és ennek következtében sok csíra alakul ki és indulhat növekedésnek. Nagy jelentősége van a potenciális *csírák hatékonyságának* (azaz milyen mértékű túlhűlés szükséges stabilizálásukhoz, illetve a növekedésük megindításához). Ha a csírák kis túlhűléssel aktivizálhatók, a kristályok növekedése lassú marad, kevesebb látens hő szabadul fel, a túlhűtött állapotot sikerül hosszabb ideig megtartani, ami több kristály és szélesebb egyenlő tengelyű zóna kialakulásához vezet. Ha a csírák csak nagy túlhűléssel aktivizálhatók, az elsőként kialakult néhány csíra az erősen túlhűlt olvadékban gyorsan tud növekedni, nagy mennyiségű hő szabadul fel, amely az olvadékot felmelegíti, megszüntetve ezzel újabb csírák aktiválásának lehetőségét.

A csírák hatékonyságán túl a *túlhűtött zóna mérete* a másik meghatározó tényező. A túlhűtött réteg vastagsága az öntési hőmérséklettől (az olvadék túlhevítésének mértékétől), a kristályosító falának

hőmérsékletétől és a két anyag hőtani jellemzőitől függ.

A már kialakult csírák a hőelvonás sebességétől függő sebességgel növekszenek. Ismeretes, hogy nagyobb növekedési sebesség alacsonyabb szilárd/olvadék határfelületi hőmérsékletet igényel. Ha az adott növekedési sebességhez tartozó túlhűlés nagyobb, mint a csírák aktiválásához szükséges, a növekedéssel egyidőben még további, növekedésnek induló csírák is kialakulnak. A hőelvonás sebességének növelése az egyenlő tengelyű zóna kiszélesedését hozza magával, ami összhangban áll a tapasztalattal.

Újabban egyes laboratóriumi megfigyelésekre alapozva azt állítják, hogy az egyenlő tengelyű zóna kialakulását nagymértékben befolyásolják a kristályosító felülete mentén kialakuló áramlások és ez az áramlás a kristálysokszorozódási mechanizmussal együtt a döntő tényező. A hipotézissel kapcsolatos vizsgálatok kimutatták, hogy ez a mechanizmus csak akkor jut szerephez, ha a kokillafal és a fém közötti gyors hőátadást valamely módon lecsökkentjük, és a gyakorlati körülmények között az elsőként említett mechanizmus valószínűbb.

Sugaras kristályok

A sugaras kristályok a felületi, egyenlő tengelyű krisztallitokból alakulnak ki, az egyes kristályok eltérő növekedési lehetőségében rejlő okok miatt. A kezdetben kialakult kristályok növekedését az egyenlő tengelyű zónában a gyors hőelvezetés határozza meg és ez elfedi a különböző kristálytani irányokban jelentkező eltérő növekedési lehetőségeket. A kéreg vastagodásával és a termikusan túlhűlt zóna eltűnésekor előtérbe kerül a hőelvezetés irányának és a kristálytanilag előnyös növekedési iránynak kölcsönös helyzete. Azok a kristályok, amelyeknek előnyös növekedési iránya (köbös rácsú fémeknél ez az [100]) a hőelvezetés irányával azonos, a többieknél gyorsabban tudnak növekedni. Köbös fémeknél ezzel egyidőben oldalirányú növekedésük is meggyorsul, hiszen azok is előnyös kristálytani irányok. Így ezek a kristályok nemcsak a kristályosító falára merőleges irányban nőnek gyorsabban, hanem azzal párhuzamosan is és ezzel az előnytelenebb kristályok növekedését előbb-utóbb megakadályozzák. A sugarasan növekvő kristályok száma egyre csökken, mérete nő, és egyre határozottabb textúra jelentkezik. Az elmondott folyamatok részletes leírása megtalálható az irodalomban.

Vannak különleges felhasználási területek, ahol a sugaras kristályosodás éppen nagymértékű textúrája miatt előnyös, de általában alakításra szánt tuskókban nem szeretik. Különösen kedvezőtlen a folyamatos öntés körülményei között, ha a buga közepéig terjed, mert fokozott folyásiüreg képződéséhez és makrodúsuláshoz vezet. A könnyűfémbugákban a sugaras kéreg vastagsága általában 10—20 mm között változik. Megfelelő szemcsefinomítás és öntési körülmények között mérete még tovább csökkenthető Az acélbugákban a sugaras zóna mérete rendszerint jóval nagyobb, gyakran középig terjed. A sugarasság az öntési körülmények helyes megválasztásával csökkenthető. A sugaras kristályok nem teljesen merőlegesek a dermedési frontra, attól néhány fokkal eltérnek. Ezt az eltérést az olvadék szilárd/olvadék határfelület menti áramlásának tulajdonítják.

Egyenlő tengelyű kristályokból álló magzóna

Az öntött szerkezet sugarasból egyenlő tengelyű szerkezetté válásának okát még ma sem ismerjük eléggé. Legalább négy, egymástól eltérő magyarázat él erre a bugaöntés szempontjából oly fontos jelenségre. Az egyik magyarázat az *összetételi túlhűlésen* alapszik, ezért röviden megismerkedünk ennek a jelenségnek a lényegével.

Egy előre haladó — feltételezés szerint sík — dermedési front előtt az ötvözőelemek az egymással egyensúlyban levő szilárd, illetve olvadék—fázis eltérő összetétele miatt feldúsulnak, ha a megoszlási állandó $k < 1$. A feldúsult réteg mérete a dermedési front előrehaladásának sebességétől és az olvadékon belüli diffúzió és keveredés viszonyaitól függ.

Az egyszerűség kedvéért tételezzük fel, hogy a keveredés elhanyagolható mértékű; ekkor a tranziens jelenségek lejátszódása után az olvadék ötvözőtartalma a fázis határfelületétől mérve a következő függvénnyel írható le:

$$C_0 = C_e \frac{1-k}{k} \exp\left(-\frac{R}{D}x\right) + C_e$$

ahol x a határfelülettől mért távolság, R a dermedési sebesség, D az ötvöző diffúzióállandója az olvadékban, k a megoszlási hányados,

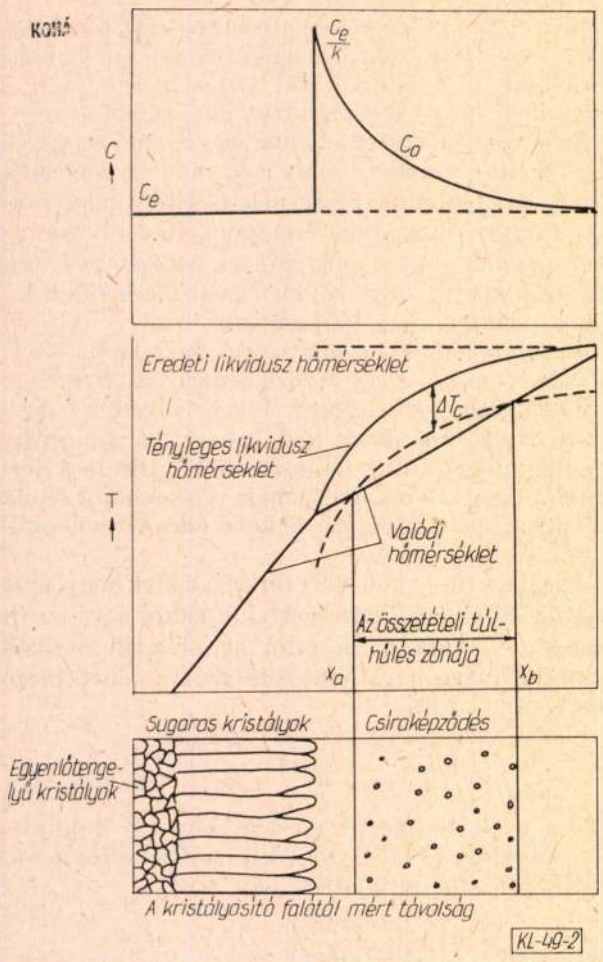
$$k = \left(\frac{C\ \text{szolidusz}}{C\ \text{likvidusz}}\right) \quad T = \text{konst}$$

C_e a kiindulási koncentráció. A levezetés számos egyszerűsítést tartalmaz, de kvantitatív kísérletek igazolták helyességét a bugaöntés körülményeire.

Az ötvözők ilyen értelmű feldúsulására a dermedési front előtt, a transzkrisztallin zóna kialakulása után számíthatunk, hiszen a felületi, egyenlő tengelyű zóna kristályai a zóna teljes vastagságában egyidejűleg növekednek és így a feldúsulás nem egy fronton, hanem a köztes olvadékban jön létre.

A likviduszhőmérséklet függvénye az összetételnek, ezért a dermedési fronttól való távolságnak is. Az olvadék termikusan túl nem hűlhet — a hőt a tuskó szilárd kérgén vezetjük el —, ezért a csírák aktiválásához túlhűlés eddig nem jöhetett létre. Most viszont a viszonyok megváltoznak; a kialakuló ún. *összetételi túlhűlés* csíraképződést tesz lehetővé. Az elmondottakat összefoglalóan mutatja a *2. ábra*. A dermedési front előtt az x_a—x_b tartományban az ott levő likvidusz hőmérséklethez képest a meglevő pozitív hőmérsékletgradiens esetében is elérhető a csírák hatékonyságára jellemző kritikus ΔT-nél nagyobb túlhűlés. Ezért az itt levő embriókból csírák alakulhatnak ki, amelyek növekedni fognak. A dermedési front előtt növekvő kristályok felszabaduló látens hője a sugaras kristályok növekedési sebességét ugyanakkor lecsökkenti.

Mivel az így kialakult krisztallitok a szilárd kéreggel közvetlenül nincsenek kapcsolatban, a tócsában levő áramlások ezek egy részét magukkal sodorhatják és az egész olvadt keresztmetszetben azok egyenletes eloszlását eredményezik. Az ele-



2. ábra. Az összetételi túlhűlés hatására létrejövő csiraképződés szemléltetése

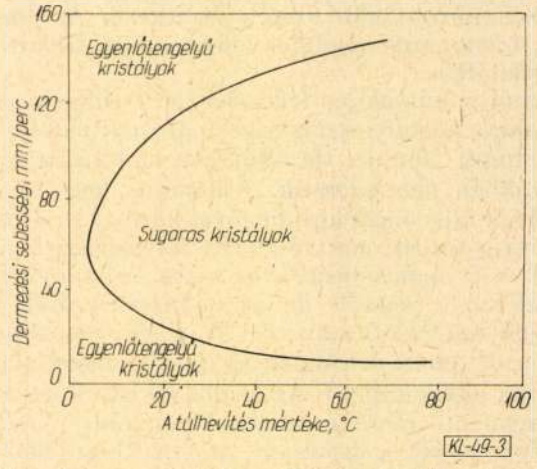
gendően nagy méretre növekedett kristallitok már a némileg magasabb hőmérsékletű olvadékban is stabilak maradhatnak, illetve „túlélik" a magasabb hőmérsékleten eltöltött időt; vagy ha a tócsában levő olvadék hőmérséklete a likvidusz alatt van, további növekedésre képesek. A sugaras kristályos és az egyenlő tengelyű zóna között egy ötvözőben dús zóna jelenik meg.

Az elmélet segítségével könnyen magyarázható az öntési hőmérséklet csökkentésének, az ötvöző-tartalom növelésének és a hatékonyabb csírák jelenlétének sugaras kristályosodást visszaszorító hatása. Érthetővé válik az a széles körű tapasztalat, hogy a tiszta fémek fokozottan hajlamosak sugaras kristályosodásra, és nehéz eredményesen szemcsefinomítást elérni.

Egy másik, és valószínűleg a valóságban is fontos szerepet játszó mechanizmus szerint a sugaras és az egyenlőtengelyű szerkezet változásának alapja a dendritágak visszaoldódása. Az elméleti számítások ugyanis nem minden esetre igazolták az előzőekben ismertetett modellt, a tapasztalatok viszont rámutattak, hogy az olvadékon belüli áramlások rendkívül fontos szerepet játszanak a szerkezet megváltozásában. Ha ezeket az áramlásokat valamely módon megszüntetjük, a buga teljes keresztmetszetében sugarasan kristályosodik. Ezek a megfigyelések, valamint az ultrahangos és más, rezgetéssel végzett szemcsefinomítási kísérletek vezettek el a kristálysokszorozódási mechanizmus felismeréséhez. Ezen azt kell érteni, hogy a növekvő szekunder dendritágak a megfigyelt hőfluktuáció és olvadékáramlások következtében visszaoldódhatnak. A visszaoldódás elvileg a primérszekundér dendritág csatlakozási pontjánál a leggyorsabb, a szekunder dendrit „nyakánál". A nyaknál visszaolvadt, a primér dendritágtól függetlenné vált, tehát szabad elmozdulásra képes dendritágat az olvadékáramlás elsodorhatja. Ha az olvadék tömege nincs nagy mértékben túlhevítve (ez a tócsa nagy részében igaz), a megfelelő méretű ágak képesek megmaradni, és lévén homogén csírák, már igen kis túlhűléskor növekedni. Amint az olvadékban ily módon a növekvő kristályok felszaporodnak, további független mozgásuk nem lehetséges, egymással érintkezve egy laza szerkezetet képeznek, amely megállítja a sugaras kristályok növekedését. Az elképzelés helytállósága számításokkal is alátámasztható.

Felmerült annak a gondolata is, hogy valamennyi kristály csírája — a sugarasoké és az egyenlő tengelyűeké is — a kokillafallal való érintkezés rövid ideje alatt fellépő erős túlhűléskor alakul ki. Végül egyes elképzelések szerint a csiraképződés a kristályosítóba érkező olvadéksugárban játszódik le. Ezen utóbbi hipotéziseket rendszeresen nem vizsgálták, de egyes megfigyelések például ekviaxiális szemcsék a sugaras zónában e feltételezések segítségével magyarázhatók meg.

A folyamatosan öntött acélbugákban *Poppmeier* vizsgálta a transzkrisztallin zóna kiterjedését. Valamennyi általa vizsgált paraméter hatását vissza tudta vezetni a helyi kristályosodási sebesség és a túlhevítés (öntési hőmérséklet) között talált összefüggésre. A tapasztalatai lényegét a *3. ábrán* találjuk összegezve. A sugaras-egyenlőtengelyű szerkezetváltozáshoz tartozó értékpárok ötvözetenként és az öntési körülményektől függően némileg módosulnak, de a görbe jellege nem változik. A sugarasan kristályosodott zóna vastagsága növekszik az öntési hőmérséklet, buga keresztmetszet, másodlagos hűtés intenzitásának növekedésekor.



3. ábra. A sugaras kristályosodást okozó kritikus dermedési sebesség a túlhevítés függvényében [3]

A folyamatosan öntött tuskók mikroszerkezete

Az öntött bugák szemcseméretе mellett a szemcsén belüli szerkezet, főként a dendritágak mérete a minőség legfontosabb jellemzője. Ez belátható könnyen, ha figyelembe vesszük, hogy a dendritág határokon sok, a szemcsehatárokra jellemző elváltozás jelentkezik:

— ötvöződúsulás figyelhető meg a határ felé közeledve (mikroszegregáció),

— nem-egyensúlyi, másodlagos fázisok jelenhetnek meg,

— egyensúlyi másodlagos fázisokat, nem-fémes zárványokat tartalmaznak,

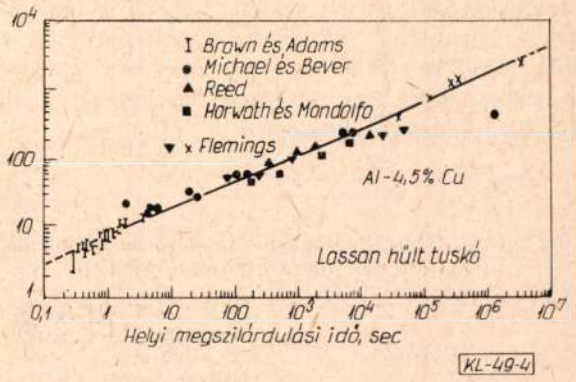
— a dendritág-határokon a fogyásból, vagy túlzott gáztartalomból eredően pórusok, mikroporozitás alakul ki.

Ha figyelembe vesszük, hogy a dendritág határainak felülete néhány nagyságrenddel nagyobb a szemcsehatárok felületénél, érthetővé válik, hogy minden olyan tulajdonság, amely a fent felsorolt jelenségektől függ, a dendritág méretének és nem a szemcseméretnek a függvénye. Ezen tulajdonságok közül legfontosabb a *homogenizálás időszükséglete*, a homogenitás mértéke viszont már rendkívül sok egyéb tulajdonságot befolyásol.

A következőkben röviden ismertetjük (anélkül, hogy a magyarázatukra kitérnénk) a folyamatosan öntött tuskókban megjelenő dendritek morfológiáját. A cellás kristályosodást a tuskóöntésben elfoglalt kis szerepe miatt most elhanyagoljuk. A dendritek formájukat tekintve némileg különböznek a sugaras, illetve egyenlő tengelyű kristályosodás tartományában. A sugaras tartományt azok a krisztallitok alkotják, amelyeknek a leggyorsabb növekedést lehetővé tevő kristálytani irányuk a hőelvonás irányával párhuzamos. Ezt a kristálytani irányt *dendrites iránynak* is szokták nevezni.

A dendrit hőelvonás-irányban növekvő része képezi a primér dendritágat. Köbös rácsú fémek esetén két másik előnyös növekedési irány is létezik, az adott esetben ezek merőlegesek a primér dendritág növekedési irányára. Ezekben az irányokban fejlődnek ki a másodlagos dendritágak. A másodlagos dendritágak egymástól mért távolságát — hasonlóan a primér dendritágak ettől különböző távolságához — a hűlési viszonyok határozzák meg. A másodlagos dendritágak tengelye és a köztük később kristályosodó anyag is azonos irányítottságú és a megfigyelések szerint a másodlagos ágak sora egy síkot alkot. Szokták ezt a megjelenési formáját a dendritnek *„plate-like"* lemezszerű morfológiájának is nevezni.

Az egyenlő tengelyű kristályok dendrit-morfológiája eltér az előbb leírttól. Az ilyen dendritben nincsen primer dendritágnak nevezhető kitüntetett irány és a három egymásra merőleges sík bármelyikével is történt a metszés, hasonló képet kapunk. Ezekben, az irodalomban *„pine-like"* típusúaknak nevezett dendritekben, amelyek körülbelül egyenlő sebességgel növekedtek a három irányban, nem lehet és nincs is értelme különbséget tenni első-, másod- és harmadlagos dendritágak között. Ezen morfológiai különbségeken túl a dendritek belső szerkezetét jellemző két fő tulajdonság, a dendritágak mérete és a mikrodúsulások jellege független a krisztallit milyenségétől. Számos ötvözet vizsgálata azt mutatta, hogy az ötvözet összetételén túl a *helyi megszilárdulás ideje* a meghatározó paraméter. Ez az első pillanatra meghökkentő körülmény a dendritágak megfigyelt „durvulási" folyamatának a következménye. Bizonyított tény, hogy a dermedés során a kezdetben kialakult dendritágak közül a kisebbek megolvadnak és egy durvulási folyamat játszódik le. A dendritágak durvulása addig folytatódik, amíg a megszilárdulás teljes egészében be nem fejeződik. A durvulás kinetikája az ipari méretű és a laboratóriumi körülmények között öntött bugákban azonos, a dendritágak átlagos lineáris mérete a helyi megszilárdulási idő 1/3-ik hatványával arányosan nő. Példaképpen *Flemings* 4% Cu-tartalmú, binér alumínium-ötvözetre kapott diagramját mutatjuk be *(4. ábra)*.



4. ábra

A folyamatos bugaöntés nagyobb és a buga különböző részein kevésbé eltérő hűtési, illetve megszilárdulási sebességet biztosít, amely kisebb és egyenletesebb dendritág méretet eredményez. Ez a hagyományosan öntött tuskókhoz képest feltétlenül kedvező. Az előnyöket akkor tudjuk teljes mértékben kihasználni, ha *a helyi megszilárdulási időt, a makroszkopikus dermedési sebességet, a teljes keresztmetszetben egyenletesen tudjuk nagy értékűre növelni.*

Mikroszegregáció

A nem-egyensúlyi kristályosodás következtében kialakuló mikroszegregációt — bár egyszerű esetekre megoldott matematikailag — kiszámítani a kristályosodási folyamatok bonyolultsága miatt nem tudjuk egyelőre. Elég sok mikroszondás megfigyelést végeztek viszont és ezek azt mutatják, hogy a dermedési sebesség széles tartományában a dendritágon belül kialakuló szegregációs viszony nem változik. Szegregációs viszony alatt az egy ágban mérhető maximális és minimális koncentráció viszonyát értjük ($S = C_{max}/C_{min}$); erre vonatkozólag az *1. táblázat* néhány adatot tüntet fel.

Az adatok egyértelműen mutatják a kisebb dendritméret előnyét; hiszen ebben az esetben ugyanazon koncentráció különbséget lényegesen kisebb távolságon belül kell kiegyenlíteni. Nagymértékben csökken a diffúziós távolság, amelynek viszont a négyzetével arányos azonos körülmények között a hőkezelés szükséges ideje. Várható, hogy

a folyamatosan öntött acélokban olyan homogenitást érhetünk el, nagyüzemileg elfogadható idő alatt, amelyre eddig nem volt lehetőség. Ez pedig az ötvözetekből készült termékek lényeges tulajdonságjavulásával kecsegtet.

1. táblázat

Az $S = C_{max}/C_{min}$ szegregációs viszony és a dendritág mérete vas alapú ötvözetekben [3]

Ötvözet	Szekundér dendritág mérete, μm	Szegregációs viszony
Fe-10 % Ni	50	1,35
	75	1,32
	125	1,38
	235	1,38
Fe-1,5 % Cr-1,0 % C	40	4,0
	120	4,1
	220	4,5
	250	4,0

Összefoglalás, következtetések

Az elmúlt évtizedekben megteremtődtek a különféle fémek folyamatos, vagy félfolyamatos öntésének technológiai feltételei. A folyamatos bugaöntés gazdasági, technológiai előnyeit széles körben hasznosítják. Viszonylag kevesebbet foglalkoztak viszont eddig a hőátadási viszonyok valósághű leírásával és a tuskó öntött szerkezetének kialakulásával. A továbbiakban feltétlenül több figyelmet érdemel ez a témakör, mert ezekről a folyamatokról szerzett ismeretek birtokában a technológiai paraméterek ésszerűbben fejleszthetők és lehetőség nyílik arra, hogy a folyamatosan öntött bugák szerkezetét a kívánalmaknak megfelelően alakíthassuk ki. A technológiai és gazdaságossági előnyök mellett így a folyamatosan öntött buga minőségi fölénye is egyre nagyobb jelentőségű lehet.

IRODALOM

[1] *Bobok Gy.:* BKL-Kohászat (1973) 5. sz.
[2] *Chalmers, B.:* Principles of Solidification New-York 1964.
[3] The Solidification of Metals. Cikkgyűjtemény. ISI Pub. 110. London. 1968.

Szilikatéglák tulajdonságainak hatása a hengereltáru termelésére

IVŐCS LÁSZLÓ okl. kohómérnök
Ózd Kohászat Üzemek

DK: 669.183.21:624

Siemens-rendszerű mélykemencékben, ahol a szűk cellaméret korlátozza a tűzállóanyag kihasználásának lehetőségét, az Ózdi Kohászati Üzemekben az égetéskor kevésbé átalakított, Findlings és nehezen átalakuló kvarcitokból készített szilikatéglák feleltek meg a legjobban. A tanulmány értékeli az utóbbi évtizedben használt szilikatéglák tulajdonságait, kihatásait az állásidő alakulására és közvetve a hengereltáru termelésére.

Előzmények

Az Ózdi Kohászati Üzemek Acélművének rekonstrukcióját nem követte a hengermű korszerűsítése. Az utóbbi évtizedben a mélykemence park vált a hengereltáru termelés szűk keresztmetszetévé, ezért az érdeklődés mindinkább a mélykemence park kihasználása felé irányult. A Siemens-rendszerű mélykemencék kihasználását elsősorban a boltövek tartóssága rontja.

1962-ig nem foglalkoztunk a szilika boltövtéglák elhasználódásának körülményeivel. A későbbiek folyamán mind gyakrabban kellett foglalkoznunk azokkal a tényezőkkel, amelyek a szilikatégla gyártására és elhasználódására hatnak. A megváltozott üzemviszonyok között a szilikatégla gyártását szükségszerűen kétszer kellett más alapanyagbázisra és technológiai körülményekre átállítani. Mindezek közvetve hatottak a hengereltáru termelésére. A szilikatégla ellátásában jelentkező változás olyan aggályokat jelentett, ami 1965-ben és 1970-ben is szükségessé tette egy *Szilika Bizottság* létrehozását, valamint a feladat megoldásának napirendre tűzését.

1967-től hazai alapanyagokból olyan szilikatégla minőséget állítottunk elő, ami a megváltozott üzemi körülmények között is az állásidő jelentős csökkenését biztosította. Nyersanyagellátási nehézség és munkavédelmi hiányosság miatt a szilikatégla gyártását 1970. január 1-től megszüntették.

1970-től az NDK-ból importált téglákat válogatott kitűnő alapanyagokból, gyártási tapasztalataink felhasználásával állítjuk elő. Ennek felhasználásával a mélykemencék váratlan meghibásodásából eredő állásidő gyakorlatilag megszűnt. E tanulmányban az egy évtizedes tapasztalatokat foglaljuk össze.

Az üzemi változások és tartósságrontó okok

1. Teljesítmény növekedés

Az Acélmű rekonstrukciója után a Siemens mélykemencék teljesítménye 26—27 t/óráról 35—38 t/órára növekedett. Ez a teljesítmény növekedés a következő változásokból adódott:

a) a régi acélmű évi kapacitása 15%-kal volt alacsonyabb, mint a blokksor termelése. A különbséget hideg betéttel kellett pótolni. A rekonstrukció után a melegöntecs hányad 73%-ról 87—89%-ra növekedett,

b) a kocsizó öntés bevezetésével nagyobb fűtőértékű lett a gáz,

c) a földgáz póttüzelés bevezetésével nagyobb fűtőértékű lett a gáz,

d) egy 4,5 tonnás tuskó melegítési ideje 2—3 óra helyett 1—2 órára csökkent, ezért mind a boltöveken belül, mind a boltövek között nagyok a hőmérséklet különbségek által okozott feszültség különbségek.

2. Tüzelőanyag összetétel változása

Olaj és benzin póttüzelés helyett 1963 közepétől földgáz póttüzelést alkalmaztunk. A láng sugárzó hatása csökkent, a hőátadási viszonyok romlottak

1. táblázat

Tuskótípusok %-os megoszlása

Tuskó típus	Tuskó méret mm	Fogózáras mm	Szabad méret 1967-ig régi	Szabad méret 1967-ig új	1960 %	1962 %	1964 %	1966 %	1968 %
FK 48 ..	630	850	—	—	—	—	—	—	—
FK 44 ..	605	825	25	125	0,1	—	12	35,6	39,4
FK 35 ..	—	—	—	—	—	—	—	0,3	—
B 48 ...	590	810	40	140	—	4	—	—	—
FK 38 ..	—	—	—	—	—	—	—	4,0	—
B 43 ...	560	780	70	170	23,4	44,6	53,8	58,9	60,5
B 38 ...	—	—	—	—	—	—	—	0,2	0,1
B 39	550	770	80	180	3,3	37,8	34,2	—	—
F 38	510	810	(80)	180	11,1	4,7	—	—	—
B 33 ...	490	790	(80)	180	55,5	8,9	—	—	—
B 32 ...	470	770	(80)	180	6,6	—	—	—	—

ugyan, tehát felületi túlmelegedés keletkezhet, amely a téglákat repesztheti, de a földgáz átlag 10%-os adagolásának nem volt jelentősége. Felületi túlmelegedésből származó repedéseket az elhasznált téglákon nem tapasztaltunk.

A megváltozott összetételű tüzelőanyagon belül, a gáz fűtőértéke 1500 kcal/Nm³-ról 1700 kcal/Nm³-re, a kohógáz felhasználás aránya 50—60%-ról, 70—80%-ra növekedett.

3. Tuskósúly változása

Az üzemi változások közül az átlagos tuskósúly növekedésnek szerepe volt a legnagyobb jelentőségű. A tuskótípusok megoszlását és a cella szabad méretének változását az *1. táblázat* tartalmazza.

A tuskósúly növelésével egyre inkább előtérbe került a közvetlen és közvetett mechanikai igénybevétel. A tuskó felső része a boltöv alsó részével egy síkba esett, a daru fogója kiszedés közben rongálta a boltöveket. Egyenletes melegítés céljából a tuskót forgatni kellett, kiemelésének gyakorisága a sérülések forrásává vált. Egy kampányon belül megnövekedett a melegjavítási igénybevételnek megfelelő javítások száma.

Szilikatégla minőségének hatása az üzemidő kihasználására

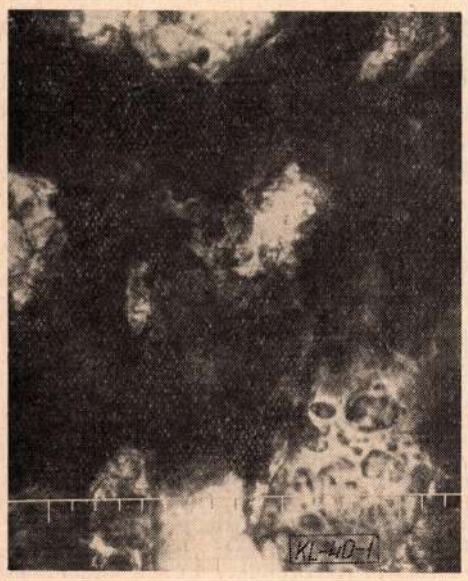
A szilikatégla gyártását ózdi kapacitás hiányában 1960-ban a Kerámia Tűzállóanyaggyárba profilozták. Az állásidő rohamos emelkedése akkor indult meg, amikor a Kerámia Tűzállóanyaggyár szabvány hiányában nyers mádi kvarcitból az MSZ 5911—53 I. sz. előírása szerint gyártotta a szilika boltövtéglákat.

A téglák kedvezőtlen tulajdonságára a következők voltak hatással:

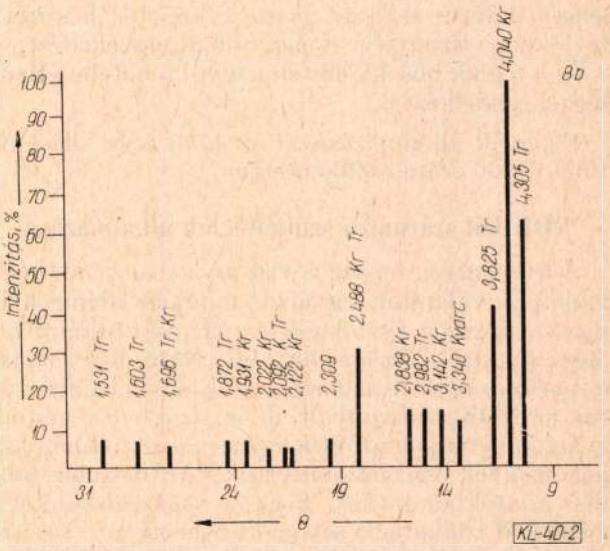
a) a külföldi alapanyag szállítások megszűntek,
b) a hazai őskvarcit lelőhelyek kimerültek,
c) a technológiai lehetőségek korlátozottak voltak.

Egy korábbi ózdi gyártású, gyöngyösi és nyitrai kvarcitból készült szilikatégla mikroszkópi képét az *1. ábra*, diffrakció vizsgálatát a *2. ábra* mutatja.

Az MSZ 5911—53 I. sz. előírás szerint gyártott szilikatéglák a kemence gyors felfűtésekor (8 óra) a hőmérséklet alsó tartományában (200—300 °C) repedtek. Utónövekedés hiányában a boltövekből kicsúsztak, a megrongált boltöv alá az öntecs alá-



1. ábra. Gyöngyösi és nyitrai kvarcitból készült, ózdi gyártású tégla mikroszerkezete



2. ábra. Gyöngyösi és nyitrai kvarcitból készült, ózdi gyártású tégla diffrakciós vizsgálata

2. táblázat

Szilikatégla típusok jellemző adatai

Jel	SiO_2 %	Fajsúly g/cm³	Látszólagos porozitás %	Nyomószilárdság kp/cm²	Megjegyzés
Stella	95	2,38—2,40	22	250	Kereskedelmi min.
St Extra	95—96	2,38—2,42	18	300	SM-boltozatok klg.
St Ultra	96—97	2,38—2,42	19	350	Max. igénybevét.
St Elektra ...	96—97	2,36—2,40	21	280	Elektro bolt.
St HR	95	2,40—2,45	22	200	Melegjav. célj.
Ózdi, régi		2,39	23,2	170	Általános
Ózdi, mádi ...		2,387	26,2	135	Általános kokszolói
SK	94	2,34	23	250	
SM 0	96	2,35	19—21	300	SM bolt.
SM 1	95	2,40	19	300	SM-kemence hátsófal, mélykem.
Szp 1	94,5	2,38	23,0	150	Üvegipari
Szp 2	93,0	2,38	25,0	150	Gázgyár
LKM	92	2,35—2,43	25—28	100—150	Melegjavítás céljára

dőlt, rongáló hatása hatványozottabb mértékben jelentkezett. 1961—1966 között az állásidő 308 óráról 1740 órára növekedett. A II. és III Kohászati és Tűzállóanyagipari Konferencián beszámoltunk arról [1, 2], hogy a szilikatégla leválását okozó feszültségek megszüntethetők, ha gyártás közben a téglában keletkező kristályos fázisok mennyiségét a felhasználási igénybevételnek megfelelően szabályozzuk.

A szilikatégla gyártásának a Lenin Kohászati Művek Tűzállóanyaggyár Gyárrészlegébe történő újabb átprofilozása után — ahol a technológiai lehetőségek céljainknak megfelelőbbek voltak — olyan szilikatéglát állítottunk elő, amelyben akkor sem keletkezett repedés, amikor hirtelen 1200 °C-ra hevítettük.

A téglák sárisápi homokból, szilikatégla törmelékből és nyers mádi kvarcitból készültek. A téglák jellemző mutatói:

Nyomószilárdság ..... 100—150 kp/cm²
Fajsúly ..... 2,35—2,43 g/cm³
Látszólagos porozitás ..... 25—28%

A téglák kedvező tulajdonságai a következők:

a) a homok tiszta kvarc lévén, nehezen alakult át, az elegy megnövelt nagyobb homoktartalma lehetővé tette a tiszta mádi kvarcitból készített téglákhoz viszonyítva a nagyobb utónövekedést,

b) a téglák hősokk esetén nagyobb hőtehetetlenséggel rendelkeztek.

E téglák alkalmazásával az 1740 órás állásidőt 1968-ig 900 órára csökkentettük.

NDK-ból származó szilikatéglák alkalmazása

A nyersanyag országos viszonylatban jelentkező minőségi, valamint a gyártás munkásvédelmi hiányosságai miatt a szilikatégla gyártását hazánkban megszüntették. Ez a szilikatégla NDK-ból történő importálását tette szükségessé. Ehhez megvizsgáltuk az NDK szabványait, ill. az azokban rögzített gyártmányok jellemzőit más hasonló gyártmányok jellemzőivel összehasonlítottuk. Az összehasonlítási adatokból kitűnt, hogy a szükségletünknek megfelelő szilikatégla a kijelölt gyárban nincs szabványosítva. Az igénybevételt megközelítő mutatókkal az SM1 jelzésű tégla rendelkezett. Néhány szilikatégla típus jellemző adatait a *2. táblázatban* foglaltuk össze.

A táblázat adataiból megállapítható, hogy azonos helyre szabványosított téglák a felhasznált kvarcit fajtától függően más értéket mutatnak. Különböző kvarcitok felhasználásával más szilárdsági és utónövekedési értékek jellemzők.

1970 februárjától SM1 minőségben kezdték szállítani a szilikatéglákat. A próbaszállítmányként érkezett téglákat beépítés előtt különböző igénybevételnek tettük ki és megállapítottuk, hogy közepesen érzékenyek a hőmérséklet változásra. A téglák hirtelen hőmérséklet változásnál repedtek, de robbanásszerűen nem pattantak szét.

A téglákból két boltövet melegjavítás alkalmával építettünk meg. A kemence felfűtésekor, amikor a boltöv hőmérséklete nem érte el a 300 °C-ot, a téglák repedtek. Az NDK szilikatégla szabványai szerint készült tégla nem felelt meg a speciális üzemi körülményeknek, ami újabb feladat elé állította a gyártó és felhasználó szakembereket.

Mélykemence boltöv szilikatégla előállításának elméleti alapjai

Tevékenységünk a kvarcit megfelelő kiválasztása és kristálytani átalakítása felé irányult. Abból az elvből indultunk ki, hogy az alapanyagot úgy válasszuk meg és a tégla kristálytani szerkezetét úgy alakítsuk ki, ami megfelel a mélykemencében fennálló igénybevételnek.

3. táblázat

Kvaremódosulatok változásai különböző hőmérsékleten

Az átalakulás hőmérséklete, °C		Kristály módosulatok		
117	γ	tridimit	⇌	β tridimit
163	β	tridimit	⇌	α tridimit
198—241	β	krisztobalit	→	α krisztobalit
220—275	α	krisztobalit	→	β krisztobalit
570	β	kvarc	→	α kvarc
575	α	kvarc	→	β kvarc
870—10	α	kvarc	⇌	α tridimit
1470—10	α	tridimit	⇌	α krisztobalit
1713	α	krisztobalit	→	olvadék

4. táblázat

Szilikatéglák utónövekedése az átalakulás függvényében

Fajsúly g/cm³	Az átalakulás mértéke	Utónövekedés, %			
		Mádi + kővágóörsi	Mádi	Findlings	SM_1
2,45 fölött	Igen csekély	4	0,5 fölött	2—3	1,5 fölött
2,40	Csekély	—	0,4—0,5	1—2	—
2,35—2,38	Mérsékelt	—	0,3—0,4	0,5—1,0	—
2,33—2,35	Jó	—	0,2—0,3	0,4—0,5	—
2,33 alatt	Igen jó	—	0,2 alatt	0,3 alatt	—

Ismeretes, hogy a kovasavnak három fő módosulata van: kvarc, tridimit és a krisztobalit. A fő módosulatok mindegyikének megvan a maga állandósága magas, ill. alacsony hőmérsékleten. A módosulatok változásai a hőmérséklet függvényében a *3. táblázatban* találhatók.

A különböző módosulatok hőtágulás szempontjából eltérő viselkedést mutatnak. A kvarc meglehetősen egyenletesen tágul az 575 °C-nál bekövetkező átalakulásáig, amely a hirtelen fellépő, 0,2%-os hosszváltozásban jelentkezik. Különösen ugrásszerűen lép fel ez lehűlés alkalmával. A hossznövekedés 600 °C-nál teljesen elmarad.

A tridimitnek 117—150 °C között van két hosszváltozása, amely összesen 0,3%-ot tesz ki, csekélyebb hosszváltozással, mint a kvarcnál.

Egészen eltérő a krisztobalit viselkedése. Ez 230 °C-nál 1,13%-os hossznövekedést szenved. Emellett összes hosszváltozása 50%-kal nagyobb, mint a tridimité. A kritálymódosulatok hosszirányú változását a *3. ábra* mutatja.

A kemence munkaterében 870 °C fölött az α kvarc α trimiditté, majd 1470 °C fölött az α trimidit α krisztobalittá alakul. Ezután már a kvarc tágulási együtthatója, valamint a tégla makroszerkezete játszik szerepet a tégla leválását okozó felkészültségek csökkenésében.

A kevésbé átalakított szilikatéglákat mélykemence boltöveknek történő felhasználás szempontjából az a jó tulajdonság jellemzi, hogy a boltövekben — ahol a hőmérséklet eléri az 1550 °C-ot is — tovább folytatódik a kvarcnak tridimitté és krisztobalittá történő átalakulása. A fajsúlynövekedés függvényében a tégla utónövekedése is a kvarcit fajtától függően változik. A különböző kvarcitokból készült téglák utónövekedésének mértékét a fajsúly függvényében a *4. táblázat* szemlélteti.

Gyártástechnológiai feltételek összehasonlítása

Alapanyagok

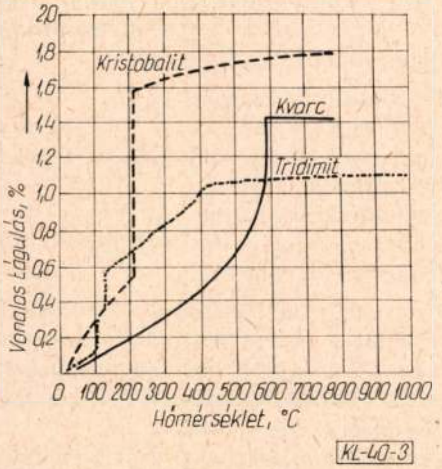
Az Ózdi Tűzállóanyaggyárban a korábbi években használt kvarcitok hőtágulását a *4. ábrán* látható diagram szemlélteti. Az ábrából is látható, hogy a nyitrai és a botkői kvarcit mutat feltűnően jó viselkedést és az átalakulási pontoknál legkisebb tágulást. Tágulásuk 900 °C-ig mindössze 0,2 %.

A szürke (húsos) mádi kvarc 1250 °C-ig 1,25%-ot, 1400 °C-ig 2%-ot duzzad. A palás kvarc viszont 1250 °C-ig 0,5%-ot, 1250—1300 °C hőmérsékletig 5%-ot duzzad. 1300 °C körüli hőmérsékleten a rohamos növekedés a finomszerkezetű kvarc nagy átalakulási hajlamát mutatja.

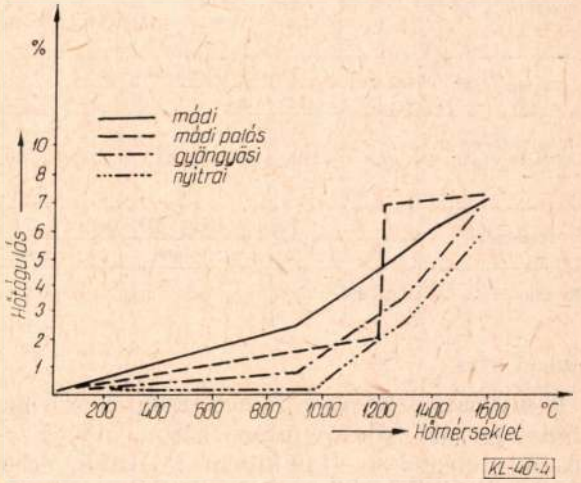
5. táblázat

Szilikatégla nyersanyagainak tulajdonságai

Sorszám	Nyersanyag	SiO_2 %	Al_2O_3 %	CaO %	Fe_2O_3 %	Fajsúly nyers g/cm³	Fajsúly égetett g/cm³
1	Glossen	97,5	0,9	0,1	0,7	2,64	2,32
2	Korbetha ..	96,9	1,2	0,3	0,7	2,66	2,42
3	Sproitz	97,7	1,0	0,2	0,57	2,64	2,56
4	Kies	98,5	0,6	0,1	0,40	2,65	2,60
5	Flint	97,0	0,6	1,5	0,50	2,50	2,32



3. ábra. Kristálymódosulatok hosszirányú változása



4. ábra. Különböző eredetű kvarcitok hőtágulása a hőmérséklet függvényében

A DTA vizsgálatok egyértelműen igazolták a kvarcitok átalakulási hajlamát, ami a β—α kvarc 575 °C-nál történő átalakulását jelző endotern csúcsok különbségéből volt megállapítható. A német kvarcitok tulajdonságaira az *5. táblázatban* megadott adatok a jellemzők.

A Findlings kvarcit átalakulása már 450 °C-nál kezdődik és gyakorlatilag 1200 °C-nál befejeződik, 1200 °C fölött tágulása alig van. A leírtak szerint kedvező feltételt teremt 1200 °C felett a hőmérséklet ingadozással szemben az ellenállóképesség növelésére. A nehezen átalakuló Fels kvarcitok átalakulása csak 900 °C körül kezdődik, tágulásuk 900 °C-ig mindössze 0,2—1%-ot tesz ki. A legnehezebben átalakuló Kies kvarcit tágulása 900 °C-ig mindössze 0,2%. A német alapanyag ellátottságról elmondható, hogy kohászati felhasználás szempontjából — világviszonylatban is — a legjobb kvarcitokkal rendelkeznek. A Findlings és a Kies kvarcitok megfelelő arányának beállítása üzemi igénybevételünkhöz igazodó ideális alapanyagbázisnak volt tekinthető.

Az SM1 jelzésű tégla elegyében a gyorsabban átalakuló Findlings kvarcit 4—6 mm szemnagyságban történő bevitele igen kedvező, ugyanis az átalakulás először a szemcse felületén indul meg, a szemcse belső része nem tud átalakulni és kedvező feltételt teremt a kemencében az utónövekedésre.

Kifogásolható volt viszont az elegy finom frakció aránya. A kollerben történő utókeverés közben az anyag tovább őrlődik és az ilyen finom anyag már gyártás közben teljesen átalakul. Az ilyen típusú anyag a gyors felfűtésnél jelentkező lökésszerű igénybevételnek nem tud repedés nélkül ellenállni. A jól átalakított téglák felhasználásához 600 °C-ig 2 °C/ó felfűtési sebességet ajánlottak.

Összehasonlításul közöljük az ózdi és a német gyártású kvarcitok és téglamasszák szemcse megoszlását a *6. táblázat*ban.

6. táblázat

Szemcseösszetétel %-ban

Megnevezés	Szemcse megoszlás, mm					
	>4,0	4—2	2—1	1—0,5	0,5—0,2	<0,2
Nyitrai kvarcit őrlés után	20,5	24,5	13,5	8,0	7,0	26,0
Gyöngyösi kvarcit őrlés után	9,5	37,0	19,0	9,0	8,5	16,5
Megnevezés	**Szemcse megoszlás, mm**					
	>4,0	4—2	2—1	1—0,5	0,5—0,2	<0,2
Szilika alapanyag keverés után...	0,5	21,5	18,5	11,5	16,0	30,0

Megnevezés	Szemcse megoszlás, mm			
	4	4—2	0,2—0,06	<0,06
SM1 massza	32—29	25	15	29—32

Téglagyártás

A sajtolást a Nyugat-Németországból származó „Stemergerüt" frikciós présen három ütéssel végzik. Egy ütéssel 80—140 kp/cm² szilárdság érhető el. A prést 1 fő kezeli, teljesítménye 600 db/4 óra. A gépekről a tégla elszedése kézzel történik.

A szárítás a kemencék tetején elhelyezett Kellerféle szárítóban füstgázzal, 80—150 °C-os hőmérsékleten, 3—14 napig történik. A speciális téglák szárítása szabad levegőn 6 hétig tart. Az égetést két 68 m hosszú körkemencében és egy 22 kamrás, kamránként 5 m hosszú kemencében végzik. Kézi berakást és kirakást alkalmaznak. A berakókocsi jellegzetessége, hogy kettős keretű, a belső keret elforgatható.

Az SM1 jelzésű téglák égetése 1430 °C-on történt.

A felfűtési és lehűlési ciklus különböző hőmérsékleti tartományban a következő:

50 °C— 600 °C-ig	36 óra
600 °C—1430 °C-ig	38 óra
1430 °C-on tűzkitartás	4 óra
1430 °C— 500 °C-ig	48 óra
500 °C— 50 °C-ig	100 óra

Az égetési ciklus 226 óra. Az égetési technológiájuk azonos az ózdi szilikatégla gyártásához alkalmazott technológiával.

A körkemence üzemeltetésében itt is hiányosság, hogy a kemence alsó és felső része között 50—60 °C hőmérséklet különbség van, ennek következményeként a gyártmány fajsúlya 2,38—2,51 g/cm³ között ingadozik. Kívánatos e szóródás mértékének csökkentése. Minden tégla azonos hőmérsékleten volt égetve, minőségét csak az anyagváltozással szabályozták.

NDK-ban gyártott szilikatéglákkal elért tartósági eredmények

A gyártástechnológia helyszíni megismerése után folytatott tárgyalások eredményeként vállalkoztak kívánságaink teljesítésére, ami szerint a Mineralimpex Külkereskedelmi Vállalat útján küldendő megkeresésünkre először 100 tonna általunk közlendő specifikáció szerinti téglát gyártottak és szállítottak címünkre az alábbi minőségben:

nyomószilárdság	200—250 kp/cm²
látsz. sz. porozitás ...	min. 20%
fajsúly	2,40—2,45 g/cm³

A minőség változtatása érdekében a gyártásban a következők szerint tértek el:

1. a nehezen átalakuló Kies kvarcit részarányát 35%-ra növelték, ezzel az anyagösszetétel a következőképpen alakult:

50% Findlings kvarcit	4—6 mm
15% Fels kvarcit	0—4 mm
35% Kies kvarcit	0—4 mm
+ 2% Mineralizátor,	

2. a szemcsefrakciót durvították,

3. téglánkat a kemence alacsonyabb hőmérsékletű, alsó részében égették ki.

100 tonna tégla felhasználási tapasztalatai alapján vállalkoztak szükségletünk teljes kielégítésére. A fenti minőségű téglák nagyüzemi felhasználására az V. sz. Siemens-mélykemence 1970. V. 23-án kezdődő átépítésekor került sor.

E téglák alkalmazásával a váratlan meghibásodások gyakorlatilag megszűntek. A 3—4 havonkénti ciklusidő 6—12 hónapra növekedett. A tartósági

7. táblázat

Boltövjavítások alakulása Siemens-rendszerű mélykemencéknél

Sorszám	Ciklusidő	Kemencék						Összesen	
		I.		II.		V.			
		Kisboltöv, db	Nagyboltöv, db	Kisboltöv, db	Nagyboltöv, db	Kisboltöv, db	Nagyboltöv, db	Kisboltöv, db	Nagyboltöv, db
1	1969—1970	39	9	48	20	28	10	115	39
2	1970—1971	15	—	16	2	10	1	41	3
3	1971—1972	10	2,5	14	7	7	—	31	9,5

eredmények alapján boltöv konstrukció változtatást és rendszeres TMK javítást is lehetett tervezni. Az utóbbi évek boltöv javításainak számát a 7. *táblázat*ban foglaltuk össze. A javított boltövek száma építéstől építésig van figyelembe véve, átépítési boltövszámok nélkül.

Ha figyelembe vesszük, hogy egy óra állásidő 30 tonna kapacitás csökkenést jelent, érzékelhető a szilikatégla minőségének hatása a hengereltáru termelésre.

Összefoglalás

1. Az utóbbi évtized üzemi tapasztalatai igazolták, hogy erőltetett mélykemence üzemi viszonyok között a kevésbé átalakított Findlings és nehezen átalakuló Kies kvarcitból készült szilikatéglák biztosították a legjobb tartóssági eredményt az ózdi mélykemencékben. Az állásidő csökkenés közvetve kihatott a hengerelt-áru termelésre.

2. A kitűnő minőségű, válogatott alapanyagból készült „célminőségű" szilikatégla alkalmazása meghatározta azokat a tartóssági adatokat, amelyeket a jelenlegi üzemi viszonyok között szilikatéglával még biztosítani lehetett. További igénybevétel esetén már új összetételű és szerkezetű tűzállóanyag rendszerek alkalmazása válik szükségessé.

IRODALOM

[1] *Ivócs László:* „Siemens mélykemencék tartóssági problémái a tűzállóanyagipar szempontjából". II. Kohászati és Tűzállóanyagipari Konferencián elhangzott előadás. 1965.

[2] *Ivócs László:* „Tűzállóanyagok felhasználása hengerdei kemencékben". III. Kohászati és Tűzállóanyagipari Konferencián elhangzott előadás. 1970.

[3] *Harders—Kienow:* Tűzállóanyagok. DV. fordítás 2 kötet.

Beszámoló konferenciáról

„Vaskohászati kemencék korszerű tűzállófalazata és karbantartása" konferencia

A Kohászati Gyárépítő Vállalat és az OMBKE Vaskohászati Szakosztályának Helyi Csoportja máj. 3-án a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés KGST termében rendezte meg a „Vaskohászati kemencék korszerű tűzállófalazata és karbantartása" c. konferenciát. A konferencia megtartásának célja az volt, hogy a magyar vaskohászat szakembereivel ismertesse a korszerű tűzállóanyagok alkalmazásának módszereit a nagyolvasztókban, acélgyártó kemencékben és a hengerműi izzítókemencékben.

A konferenciát *Hammer Ferenc* igazgató (KGYV) nyitotta meg.

A hallgatóságot üdvözlő szavai után utalt azokra a fontos körülményekre, amelyek a konferencia megtartását különösen időszerűvé tették.

A hagyományos vaskohászati technológiák köréből elsősorban a nagyolvasztók egyre növekvő térfogatát, a kampány élettartam és a járatintenzitás fokozását említette, melyeknek kritikus követelményeket támasztanak az alkalmazott tűzállóanyagokkal kapcsolatban.

Megemlítette az SM kemencék oxigénes intenzifikálását, az új acélgyártó technológiákkal kapcsolatban utalt az LD konverteres, Tandem, OBM és a SIP eljárásokra.

Beszélt arról az ugrásszerű fejlődésről, melyből nem maradhattak ki a hengerművek, kovács- és hőkezelő üzemek, izzító, illetőleg hőkezelő kemencéi sem.

Az alábbiakban röviden ismertetjük a konferencián elhangzott előadásokat:

Csépai Dezső műszaki tanácsadó (KGYV): „Acélgyártásunk kapacitásának növelése a IV. ötéves tervben, az acélgyártó kemencék naptári időkihasználásának javításával" címmel tartott előadást.

A különböző mutatószámokat grafikonok segítségével mutatta be, elemezve a fajlagos teljesítménynek, a fajlagos téglafogyasztásnak és a naptári időkihasználásnak összefüggéseit.

Megállapította, hogy az 1964—1972 eltelt időszak alatt a kemencék felújítása során a munkateljesítmény 156%-kal, a felújítás volumene pedig 45%-kal növekedett. Rámutatott az egyes kemencerészek tartóssága összhangba hozásának, valamint a kemencék alsórésze por- és salakszennyeződésének gyors eltávolításának fontosságára.

Az említett feladatok megoldására meghatározta azokat az eszközöket és módszereket, amelyek bevezetése célszerűnek látszik. Az előadás szerint a IV. ötéves terv hátralevő 3 évében az acéltermelés gazdaságosan növelhető az SM kemencék naptári időkihasználásának 88—91%-ra történő növelésével.

J. C. O'Donoghue elnök és *P. Read* fővegyész (Quigley Company of Európe): „Legújabb fejlődési tendenciák az acélgyártó kemencék üzemközbeni felszórása terén" című előadásában az előadó az üzemközbeni, felszórásos kemencekarbantartási módszereket ismertette acélgyártó kemencéknél.

A Quigley cég SM és ívkemencéken kívül számos üzemben végzi az LD konverterek üzemközbeni felszórásos karbantartását magnezit bázisú felszóróanyagokkal. Az előadó példaként megemlítette, hogy az U.S. Steel South Chicago üzemében egy 200 t konverterben, a felszórásos karbantartás révén több mint 2000 adagot sikerült legyártani.

Elmondotta, hogy a legújabb acélgyártási eljárásokhoz, így a Q-BOP és a SIP eljárásokhoz is kidolgozták már a megfelelő felszóróanyagokat és a felszórásos karbantartás technológiáját.



L. Thirkell és *H. E. Conetta* tűzállóanyag szakértők (Morganite International): „Korszerű monolitikus és karbonalapú tűzállóanyagok alkalmazása a vas- és acéliparban" c. tartottak előadást.

Az előadás első részében *Thirkell* úr a karbon, félgrafit és grafit alapú tűzállóanyagokat ismerterte, amelyeket széles körűen alkalmaznak mind Angliában, mind Nyugat-Európában a nagyolvasztók bélelésére, a medencében, nyugvóban és legújabban az akna egyes részeiben.

Az előadó az anyagok tulajdonságain kívül röviden vázolta a karbon tűzálló béléssel ellátott nagyolvasztók falazási technológiáját is.

Az előadás második részében *Conetta* úr a kohászati izzító és hőkezelő kemencékben alkalmazott monolitikus anyagokat ismertette, amelyekkel már hazánkban is kedvező tapasztalatokat szereztek. Ezenkívül ismertette az ún. szálas, hőszigetelő tűzállóanyagok (Kaowool) tulajdonságait és alkalmazási lehetőségeit.

A szálas, hőszigetelő tűzállóanyagok alkalmazása — igen kis térfogatsúlyuk, jó hőszigetelő képességük, magas tűzállóságuk és gyors beépíthetőségük következtében — fontos eszköz a kohászati izzító és hőkezelő kemencék konstrukciójának korszerűsítésére.

A konferencia délutánján a következő előadások hangzottak el:

Matyus Béla műszaki igazgatóhelyettes (Magnezitipari Művek): „Fejlődési tendenciák a vaskohászati kemencék tűzállóanyagai terén, különös tekintettel a MIM kutató és fejlesztési tevékenységére."

Az előadó ismertette a MIM által kifejlesztett új termékeket, amelyek a közeljövőben alkalmazásra kerülnek a nagyolvasztókban, léghevítőkben, acélgyártó kemencékben, valamint a folyamatos öntőművekben és az acél vákuumozó berendezésekben.

A MIM felkészült a kátrányitatású termékek gyártására, amelyek iránt különösen a konverteres acélgyártás bevezetése esetén lesz komoly igény.

Erőteljes fejlesztő munka folyik az oxigénnel intenzifikált SM kemencék boltozati téglái iránti követelmények teljesítésére, amelynek útja: megfelelő, nagytisztítású nyersanyagok, valamint új típusú kötőanyagok alkalmazása. Az ezzel kapcsolatos üzemi kísérletek biztatóak.

Harrach Walter osztályvezető (Magyaróvári Timföld és Műkorundgyár): „Olvasztott, öntött tűzállótéglák felhasználásának lehetőségei kohászati kemencékben."

Az előadó pergő ritmusú előadásban diafelvételek bemutatásával igazolta, hogy a hazai gyártású olvasztott, öntött korundtéglákkal — melyek elsősorban külföldi üzemek kohászati kemencéiben kerültek beépítésre — jó eredményeket értek el. Az olvasztott, öntött korundtéglákat elsősorban izzító kemencék fenekében és hengerműi tolókemencék kiegyenlítő zónájában lehet előnyösen alkalmazni nagy tűzállóságuk, valamint a koptató hatással szemben magas hőmérsékleten tanúsított ellenállóképességük miatt. Egyedüli problémát a tapadó reve jelent.

Az előadó kitért olvasztott-öntött kövek nagyolvasztók bélésfalazatában történő alkalmazhatóságára is.

Véleménye szerint a hazai kohászati szakemberek még nem ismerik teljes mértékben az olvasztott, öntött tűzállótéglák nyújtotta előnyöket.

Az utolsó előadás elhangzása után *Farkas Sándor* műszaki igazgatóhelyettes (KGYV) rövid záróbeszédében annak a véleménynek adott kifejezést, hogy a vaskohászati kemencék tűzállófalazatának és karbantartásának korszerűsítése, az újtípusú tűzállóanyagok célszerű alkalmazása jelentős mértékben hozzájárulhat meglevő termelő berendezéseink kapacitásának gazdaságos növeléséhez és ezen keresztül a IV. ötéves tervünk sikeres teljesítéséhez.

Paszternák Andor

Beszámoló külföldi konferenciáról

Nemzetközi képlékenyalakítási konferencia Várnában

A bolgár Naucsno-tehnyicseszko szajuz po masinosztrojenyije egyesület 1973. május 8—10-én nemzetközi képlékenyalakítási konferenciát rendezett Várnában. A konferenciának kb. 250 fő hazai és kb. 40 fő külföldi résztvevője volt.

A konferencián a Vaskohászati Szakosztály Kovácsszakcsoportja képviseletében *Gál Árpád* (GTI) és *Kovács Győző* (KÖVAC) tagtársak vettek részt a bolgár testvéregyesület vendégeiként.

A konferencián a következő jelentősebb előadások hangzottak el:

Davidko—Mandzsukov: Képlékenyalakítás. A jelen és a jövő folyamata.

Kortenszki—Marinov—Balevszkij—Bodenicsarov: Ideálisan képlékeny anyagok pontos zártsüllyesztékes sajtolásának alakító erő meghatározása.

Aljusin—Jelenev: Képlékenyalakítási folyamat vizsgálata kinematikailag lehetséges sebességmezők segítségével.

Popova: Sajtolt darabok pontosságára ható tényezők, valamint a pontosság növelésének lehetőségei.

Vitanov—Sztojanov—Negyelcsev—Kruskov: Rudak cső alakú darabolószerszámokkal való darabolásának elméleti és kísérleti vizsgálata.

Kolev: Hulladékmentes csődarabolás.

Kozarev—Davidkov: Néhány vizsgálat a cinkfoszfát keletkezésére vonatkozólag.

Tacsev: Korszerű hevítési módszerek fejlődésének tendenciája.

Cankov—Pencsev: Tengelyszimmetrikus alkatrészek térfogati sajtolásának vizsgálata.

Hóbemägi: Méretpontos alakítószerszámok üregeinek készítése.

Marcinjak—Hodakovszkij—Kopacs: Képlékeny melegalakítási eljárások újabb eredményei.

Ivanov—Penev—Kolev: Üreges testek belső bordázatának kialakítása radikális sajtolással.

Jankov—Gencsev: Hengeres és üreges alkatrészek külső és belső bordázatának kialakítása hengerléssel.

Penyev: Speciális profilacélok extrudálása présmaradék nélkül.

Venkov: Szerszámok előmelegítése méretpontos sajtoláshoz.

Cankov—Vilkova—Csuparova: Kúpfogaskerekek sajtolási technológiájának tervezése elektronikus számítógéppel.

Hrisztov: Méretpontos kovácsdarabok szakosított gyártása Bulgáriában.

A konferencián elhangzott igen színvonalas előadásokat tartalmas konzultációk követték.

Elismerés és dicséret illeti meg a bolgár szervezőbizottságot a konferencia igen gördülékeny lebonyolításáért.

Gál Árpád

FÉMKOHÁSZAT

Rovatvezetők: GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ

Közepes szilárdságú AlZnMg-ötvözetek többlépcsős öregítésének és termomechanikus kezelésének fémtani vonatkozásai

BOBOK GYÖRGY
okl. kohómérnök

LAKNER JÓZSEF
okl. fizikus

Székesfehérvári Könnyűfémmű

DK 669.715'5'721 : 621.78 : 539.4.015

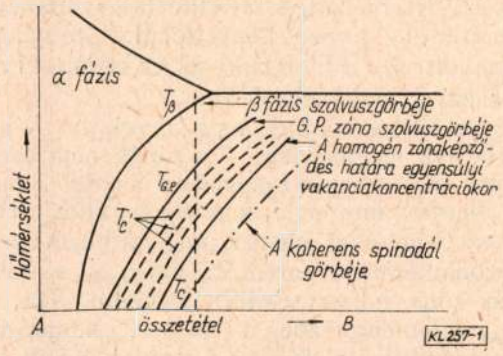
Az alumíniumötvözetek nemesítése modell elképzelések segítségével írható le. Az AlZnMg-ötvözetek példáján érzékelhető, hogy valóban hatásos, az ötvözet lehetőségeit maximálisan kihasználó precipitációs folyamat csak többlépcsős lehet. A többlépcsős hőkezelést deformációval kombinálva az ötvözetek szilárdsági-képlékenységi tulajdonságai tovább javíthatók.

Napjainkban az AlZnMg-típusú, jól hegeszthető, közepes szilárdságú ötvözetek fejlesztése az egyik legfontosabb kutatási feladata az alumínium-félgyártmánygyártásnak. Az ötvözetek szilárdságának további növelése és a feszültségi korrózió okozta problémák megoldása szükségessé teszi az ötvözetekben a gyártási technológia különböző fázisaiban végbemenő fémfizikai folyamatok megismerését.

A jelen cikkben egy, a nemesíthető alumíniumötvözetekre általánosan érvényes modellt ismertetünk és mérésekkel próbáljuk alátámasztani a modell érvényességét az AlZnMg ötvözetek nemesítési folyamatában. Megállapítjuk, hogy valóban hatásos, az ötvözet lehetőségeit maximálisan kihasználó öregítési folyamat csak többlépcsős lehet. Rámutatunk arra is, hogy a többlépcsős hőkezeléseknek alakítással való kombinációja további lehetőségeket nyit az ötvözetek szilárdsági-képlékenységi tulajdonságainak javításában.

A többlépcsős hőkezeléskor lejátszódó kiválási folyamatok modellje

Nemesíthető ötvözetekben túltelített szilárd oldatot hozunk létre oldó hőkezeléssel és edzéssel, majd a túltelített szilárd oldatot öregítéssel elbontjuk. A szilárd oldat bomlásakor végbemenő precipitációs jelenségek az anyag keményedésével járnak (precipitációs keményedés). A keményedés mértéke a precipitátumok diszperzitásától, szerkezetétől, a mátrixhoz való illeszkedésétől, a precipitátumok által keltett rácsfeszültségektől függ.



1. ábra. Az A—B-ötvözetrendszer egyensúlyi diagramjának a precipitációs folyamatok szempontjából fontos része

Az A—B ötvözetrendszerben, amelynek egyensúlyi diagramrészletét az *1. ábra* mutatja, α és β szilárd oldatok fordulnak elő. A túltelített α szilárdoldat felbomlását egyszerűsítve így írhatjuk:

$$\alpha \text{ „túltelített”} \rightarrow \alpha' + \text{GP zónák} \rightarrow \alpha \text{ telített} + \beta \qquad (1)$$

A β-fázis közvetlen kiválásakor a csíraképződés sebességét a d_c kritikus átmérőjű csíra kialakításához szükséges ΔG_β aktiválási energia, valamint az ötvöző atomok Q_m diffúziós aktiválási energiája szabja meg:

$$I_\beta = K \exp\left(-\frac{\Delta G_\beta^c + Q_m}{KT}\right) \qquad (2)$$

A $\Delta G_\beta^c = f(S)$, ahol S az oldat túltelítettsége, amelynek növelésével a ΔG_β^c erősen csökken.

Azon ötvözetrendszerekben, amelyekben a β fázisnak, a precipitátumnak, a mátrixhoz hasonló rácsszerkezete van, a ΔG_β^c értéke kicsi. Már 40—50°-nyi túlhűléskor is megindul a csíraképződés (homogén csíraképződés).

A legtöbb ötvözetrendszerben a precipitátum rácsszerkezete különbözik a mátrixétől, és még 100°-ot meghaladó túlhűlés esetén is heterogén csíraképződés jellemző. Az AlZnMg-ötvözetekben például 170°-os túlhűlés is csak a heterogén csíraképződéshez elegendő, amely általában durva precipitációs szerkezetet és a szilárdságnak csak csekély növekedését okozza. Az, hogy ezekben az ötvözetekben is tudunk egyenletes „homogén” precipitáció eloszlást elérni, a GP-zónáknak (Guinier—Preston-zónáknak) köszönhető. Ismeretes, hogy az ilyen ötvözetrendszerekben a β-fázisra jellemző szolvuszgörbén kívül egy ennél alacsonyabb hőmérsékleten haladó GP-zóna szolvuszgörbe is található (1. ábra). A GP-zónák szerkezete a mátrixéval azonos. Így $\Delta G_{GP} < \Delta G_\beta^c$, vagyis kisebb túltelítettség esetében, illetve a GP-szolvuszhőmérséklethez képest kisebb túlhűlés hatására is megindul a homogén csíraképződés. Ez utóbbi következtében a mátrixban egyenletesen eloszló GP-zónák keletkeznek.

Az egyensúlyi diagramon feltüntetett egyik görbe a homogén precipitáció-eloszlás megjelenésének felső határhőmérsékletét jelöli. Ezt a hőmérsékletértéket a szakirodalom kritikus hőmérsékletnek nevezi és T_c-vel jelöli. A kritikus hőmérsékletnél kisebb hőmérsékleten nagyszámú GP-zóna alakul ki és kezd növekedni. A T_c fölött a csíraképződés nehéz, a precipitációs folyamatok diszlokációk nyújtotta előnyös helyekre korlátozódnak.

A vakanciák a precipitációs folyamatokban fontos szerepet játszanak. A T_c fenti meghatározásakor feltételeztük, hogy a szilárd oldat az edzés után csak az ötvözőfémre nézve túltelített. Valójában más a helyzet. Az oldó hőkezelés során kialakult a hőkezelés hőmérsékletének megfelelő egyensúlyi vakanciakoncentráció. Ez, vagy (az edzés sebességétől függően) ennek egy része edzéskor „befagy", ami megváltoztatja a csíraképződési folyamatokat. Az egyik megnyilvánulás, hogy a homogén-heterogén precipitáció közötti átmenet nem a T_c, hanem egy annál nagyobb T_c' hőmérsékleten jelentkezik. Minél nagyobb a szilárd oldat vakancia-túltelítettsége, annál nagyobb a T_c' hőmérséklet (lásd az 1. ábrát).

A T_c, illetve T_c' hőmérséklet alatti T_1 hőmérsékleten GP-zónák kezdenek homogén csíraképződéssel létrejönni. Minél kisebb a hőmérséklet, annál több csíra kialakulására van lehetőség. A csírák a kialakulások után növekedni kezdenek, a szilárd oldat túltelítettsége csökken. Elegendően hosszú idő után, mikor a mátrix lecsökkent, túltelítettsége miatt további növekedés már nem lehetséges, a nagyobb precipitátumok a kisebbek rovására növekednek (Ostwald ripening), a szerkezet durvul.

A csíraképződés és az azt követő növekedés egymást időben átfedő folyamatok. A T_1 hőmérsékleten eltöltött minden t_1 időtartamhoz tartozik egy, a zónák számát és méretalakulását leíró függvény. Az egyszerűség kedvéért tételezzük fel, hogy a fenti folyamatok egymást követik. Ekkora T_1 hőmérsékleten valamennyi kialakult csíra növekedni kezd és méretük mindenkor éppen a d átlagos mérettel azonos. A zónák növekedése következtében a szilárdoldat túltelítettsége csökken.

Ha a T_1 hőmérsékleten töltött t_1 időtartama után a mintát hirtelen T_2 hőmérsékletre melegítjük, a zónák csak akkor maradnak meg, ha továbbnövekedésre képesek.

A Gibbs—Thomson-egyenlet értelmében egy r sugarú, gömbalakú precipitátum (az AlZnMg-ötvözetben a zónák gömbalakúak) a szilárd oldattal akkor van egyensúlyban, ha:

$$\ln S = \frac{k}{Tr}, \tag{3}$$

ahol $$S = \frac{C_{\text{tényleges}}}{C_{\text{egyensúlyi}}},$$

illetve azon zónák képesek tovább növekedni, amelyekre:

$$r \ln S > k_2 = \frac{k}{T_2}, \tag{4}$$

Jelöljük γ-val a T_1 hőmérsékletű és t_1 idejű előöregítéskor kivált ötvözőhányadot, akkor az

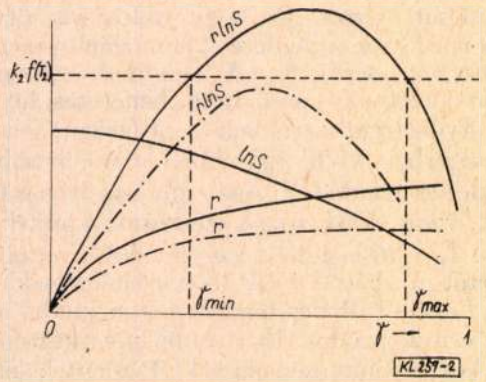
$$S = (1-\gamma)\frac{C_0}{C_e} \quad \text{és a} \quad \gamma C_0 = N_1 \frac{4}{3} r^3 C_e$$

könnyen belátható összefüggések felhasználásával ábrázolhatjuk az rlnS-értéket a γ függvényében *(2. ábra)*. N_1 a T_1 hőmérsékleten egységnyi térfogatban kialakuló csírák száma, c_0 az ötvözőtartalom az oldó hőkezelés során kialakult szilárdoldatban, c_e pedig az ötvözőtartalom a precipitátumban.

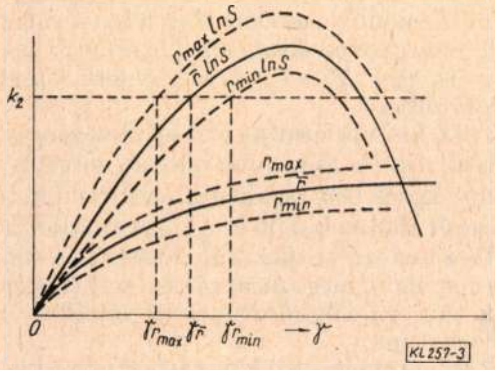
Az ábra szerint a T_2 hőmérsékleten csak akkor marad meg a T_1 hőmérsékletre jellemző zónaszám, ha $\gamma_{min} < \gamma < \gamma_{max}$. Minthogy a γ értéke — a zónák növekedését meghatározó mechanizmustól függően — a t_1 idő függvénye, úgy is mondhatjuk, hogy a T_1 hőmérsékletű előöregedés csak akkor vezet a szilárdsági tulajdonságok javulásához, ha az előöregedés a γ által meghatározott t_1 időtartamú.

Az ábrából kitűnik az is, hogy adott T_2 hőmérsékletű megeresztésre az előöregítést nem végezhetjük tetszőleges T_1 hőmérsékleten. Az ábrán pontozott vonallal jelöltük egy $T_1^* < T_1$ hőmérsékletű előöregítéskor kialakuló viszonyokat. Mivel az előzőek alapján kritikus átmérőjű csíra kialakulásakor szükséges ΔG_β^c aktiválási energia a hőmérséklet csökkenésével csökken, így $N_1^* > N_1$ és γ érték elérésekor a zónák sugara kisebb, így az $r \cdot \ln S$ is kisebb lehet, mint k_2. Minden T_2 hőmérséklethez tartozik egy T_1 minimális hőmérséklet, amely alatti hőmérsékleten már a t_1 időtől függetlenül $r \ln (S) < k_2$. Az ilyen hőmérsékleten végzett előöregítés már nem javítja, sőt csökkenti a T_2 hőmérsékletű öregítéssel egyébként elérhető szilárdsági értékeket. A kialakult zónák ugyanis a T_2 hőmérsékleten az adott túltelítettség mellett nem stabilak, felbomlanak, majd egy T_2 hőmérsékletre jellemző kritikus túltelítettség elérésekor újra megindul a csíraképződés. Mivel a mátrix túltelítettsége feltehetően kisebb, mint az ötvözet közvetlenül T_2-re való edzésekor volt, így a kialakuló zónák száma kisebb, mint az egyébként várható N_2.

Hogyan változnak meg a viszonyok, ha — a tapasztalatnak megfelelően — a zónák nem azonos méretűek. A *3. ábrán* a szaggatott vonalak a maximális, illetve a minimális sugarú zónákhoz tartozó *rlnS* összefüggéseket jelentik, míg a kihúzott az átlagos zónaméretthez tartozót. $\gamma > \gamma_{r\,min}$ esetében, minden zóna képes továbbnövekedni. Ha $\gamma < \gamma_{r\,max}$ valamennyi zóna instabil a T_2 hőmérsékleten és megindul a feloldódási folyamat. Végül, ha a γ meghaladja a $\gamma_{r\,max}$-ot és közeledik $\gamma_{r\,min}$-hez, egyre több zóna válik stabillá. Van egy közbenső



2. ábra. Elvi vázlat a zónák stabilitásának vizsgálatához



3. ábra. Elvi vázlat a zónák stabilitásának vizsgálatához

γ_r-érték, amelynél a megmaradó zónák száma éppen N_2. Az előöregítésnek akkor van szilárdságnövelő hatása, ha a t_1 idő alatt a kiválás mértéke meghaladja a γ_r értékét, azaz a zónák száma a mátrixban nagyobb, mintha a megeresztést közvetlenül a T_2 hőmérsékleten végeztük volna.

A T_1 és T_2 egymáshoz, valamint a T'_c-hez való viszonyától függően négy eset különböztethető meg:

1. $T_2 < T'_c$ $\qquad T_1 > T_{1\,min}$.

A T_2 hőmérséklet kisebb T_c-nél, előöregítés nélkül is homogén precipitációra számíthatunk. Mivel $T_1 > T_{1\,min}$. elegendő hosszú előöregítés a precipitációs szerkezetet finomítja, így javítja a szilárdsági tulajdonságokat. Ha azonban t_1 rövidebb a szükségesnél, az előöregítés az előzőek alapján kedvezőtlen hatású is lehet.

2. $T_2 > T'_c$ $\qquad T_1 > T_{1\,min}$.

Minthogy T_2 nagyobb, mint az adott vakancina koncentrációhoz tartozó homogén zónaképződés határhőmérséklete (de kisebb T_{GP} szolvusznál!), így homogén precipitáció-eloszlást csak megfelelő előöregítéssel biztosíthatunk.

3. $T_2 < T'_c$ $\qquad T_1 < T_{1\,min}$.

A T_1 hőmérsékletű előöregítéssel nem javíthatók a szilárdsági tulajdonságok, sőt a kiválási szerkezet durvulása miatt romlásuk is lehetséges.

4. $T_2 > T'_c$ $\qquad T_1 < T_{1\,min}$.

Ebben az esetben homogén precipitációra sem előöregítéssel, sem anélkül nem számíthatunk, ezért ezt a hőkezelést alkalmazni célszerűtlen.

Összefoglalva az eddigieket elmondhatjuk, hogy bármely T_2 hőmérsékletű megeresztés során kialakuló precipitáció-eloszlás finomítható a T_2-től függő, a $T_{1\,min}$-nál magasabb hőmérsékleten, megfelelő ideig végzett előöregítéssel. Az előöregítéssel létrehozhatjuk az egyébként nem várható homogén precipitációeloszlást, vagy az egyébként is homogén zóna eloszlását finomabbá tehetjük. Makroszkopikusan ez úgy jelentkezik, hogy a kétlépcsős hőkezeléssel magasabb szilárdságot kapunk, mint külön akár T_1, akár T_2 hőmérsékleten végzett hőkezeléssel.

A nemesedést több ötvözetrendszerben a metastabil, vagy stabil (β) fázis homogén eloszlású precipitációja okozza. A tapasztalat azt mutatja, hogy a metastabil vagy stabil fázisok eloszlása nem független a *GP*-zónáktól, noha az egységnyi térfogatra eső fázisok száma a zónákénál néhány nagyságrenddel kisebb. Ezt a jelenséget a következőképpen értelmezzük. A T_2 hőmérsékleten kialakuló zónák a $T_3 > T_{GP}$ szolvuszhőmérsékleten instabillá válnak. Megindul a feloldódásuk, de a zónák ötvözőtartalma csak diffúzióval tud a szilárdoldatba kerülni és ott kiegyenlítődni. Ez időt igényel. Ezalatt nagyszámú, ötvözőben dús tartomány van a mátrixban, az oldódó GP zónák.

Mivel a β-fázis nukleációjához szükséges aktiválási energia egy része éppen az ilyen, ötvözőkben dús tartományok létrehozásához szükséges, így a β-precipitátumok csíráinak létrehozásához az egyébként szükséges aktiválási energia tört része is elegendő. A β-csírák kialakulása nincs kötve a T_{GP} szolvusz feletti hőmérséklethez, az átalakulás alacsonyabb hőmérsékleten is végbemehet, de a folyamat ebben az esetben lassú. A hőmérséklet növelésével a folyamat felgyorsul, mivel a zónán belüli atommozgások könnyebbé válnak, ugyanakkor a T_3-on kialakuló β-csírák kritikus átmérője és a T_2-on meglevő zónák oldódási sebessége növekszik. Ezen két ellentétes hatás eredményeképpen van egy optimális T_3 hőmérséklet (valamivel a T_{GP} felett), ahol az átalakulás a leggyorsabb. Ezért a T_2 hőmérsékletű izoterm átalakulás kivárásánál kedvezőbb az a hőkezelési technológia, amelynek során előbb T_2-n létrehozzuk a szükséges kritikus méretű zónákat, majd a hőmérsékletet T_3-ra emelve elősegítjük azok gyors átalakulását.

Az elmondottak alapján a példaként vett *A—B*-ötvözet-rendszer maximális szilárdságát (feltételezve, hogy az a β-fázis homogén precipitációjának tulajdonítható) a következő öregítéssel tudjuk biztosítani:

a) **Előöregítés T_1 hőmérsékleten**

A T_1 hőmérsékletet úgy kell megválasztani, hogy az biztosítsa a maximális számú zónát, amelyek a T_2 hőmérsékleten el tudják majd érni az átalakuláshoz megkívánt d_c kritikus átmérőt. Ha a T_1 hőmérsékleten a kívántnál több zóna alakul ki, a T_2 hőmérsékleten a túltelítettség annyira lecsökkenhet, hogy a zónák nem növekednek a T_3 által meghatározott méretre. Ha a T_1 hőmérsékleten kialakuló zónák száma az optimálisnál kisebb, akkor az ötvözőtartalom egy részét nem a leghatékonyabban hasznosítottuk. A megkívánt zónaszámot végül is a T_1 és t_1 helyes megválasztásával tudjuk biztosítani.

b) **Az anyagot T_2 hőmérsékletre melegítjük**

T_2 még mindig kisebb, mint a *GP* szolvusz hőmérséklet. Erre a hőkezelési lépcsőre azért van szükség, hogy a kívánt számú zóna viszonylag rövid idő alatt elérje a kritikus méretet. A T_1 hőmérsékleten a növekedés hosszú időt venne igénybe. Ha az öregítést közvetlenül T_2-n végeznénk, a kialakuló zónasűrűség kisebb lenne az optimálisnál. A t_2

időtartamot úgy kell megválasztani, hogy a zónák ezen idő alatt elérjék a kritikus méretet, de a durvulási folyamat ne induljon meg.

c) T_3 hőmérsékleten a zóna-fázis átalakulás biztosítása

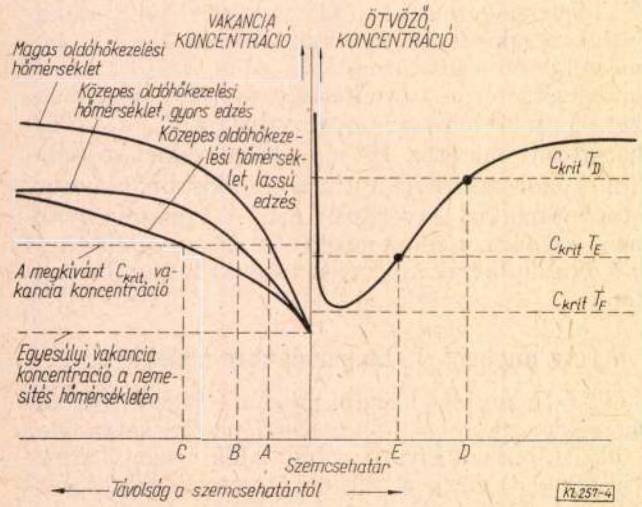
Ezen hőkezelés hőmérséklete általában a *GP*-zóna szolvusz hőmérséklete fölött van. Célszerű a legnagyobb átalakulási sebességet biztosító hőmérsékleten végezni.

Precipitáció mentes zónák

Az eddig elmondottak a szemcsehatároktól távol levő tartományokra vonatkoztak. A szemcsehatárok és durva kiválások környezetében, miként a vizsgálatok mutatják, úgynevezett precipitációmentes zónák alakulnak ki. A *precipitáció-mentes zónák* (továbbiakban PMZ) jelenlétének egyes ötvözetekben nincs jelentősége, más esetekben viszont — legalábbis a kutatók egy részének véleménye szerint — olyan fontos tulajdonságokat, mint például a feszültségi korrózióra való érzékenység, a *PMZ* meghatározhat.

A kialakuló *PMZ* szélességét a tapasztalatok szerint sok tényező képes megváltoztatni, és a nemesítési folyamatok helyes leírására törekvő modellnek ezen jelenségeket is értelmezni kell.

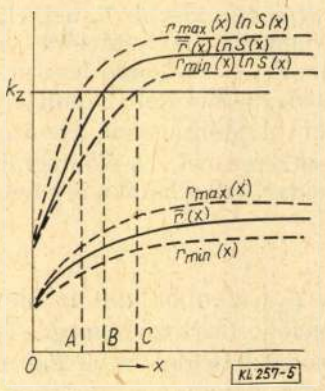
Egy lépcsős öregítés esetén *PMZ* csak akkor jelentkezik, ha a hőkezelést $T_1 > T_c$ hőmérsékleten végezzük. Ebben az esetben a szemcsén belüli homogén precipitációt a befagyott vakancia-fölösleg okozza, melyet oldó hőkezeléssel és edzéssel biztosítunk. A szemcsehatárok és egyéb vakancianyelő helyek körül a mátrix vakancia tartalma lecsökken és egy, az edzési körülményektől függő vakanciakoncentrációs profil alakul ki (*4. ábra* bal oldala). Azon területeken, ahol a vakanciakoncentráció a megkívánt kritikus értéknél kisebb (a hőkezelés körülményeitől függően az *A*, *B* és *C* pontok és a szemcsehatár közti területek) csíraképződésre nem számíthatunk. Ez a sáv mint *PMZ* jelentkezik. Az ábra jól szemlélteti az oldóhőkezelés hőmérsékletének és az edzés sebességének hatását. Az így kialakuló *PMZ* azonban, amennyiben a határ mentén az ötvöző elszegényesedése nem következik be, akár utólag is egy $T_1 < T_c$ hőmérsékletű öregítéssel megszüntethető.



4. ábra. Elvi vázlat egylépcsős öregítéskor kialakuló PMZ magyarázatához

A *PMZ* kialakulását az ötvöző elszegényedése is létrehozhatja (4. ábra jobb oldala), mivel a szemcsehatár közelében csökken a szilárdoldat túltelítettsége és ahol ez kisebb lesz, mint az adott hőmérséklethez tartozó kritikus túltelítettség, a zónaképződés nem indul meg. Az ábrán ezt a *D* és *F* pontok jelölik. Az AlZnMg-ötvözeteknél mindkét esettel találkozhatunk.

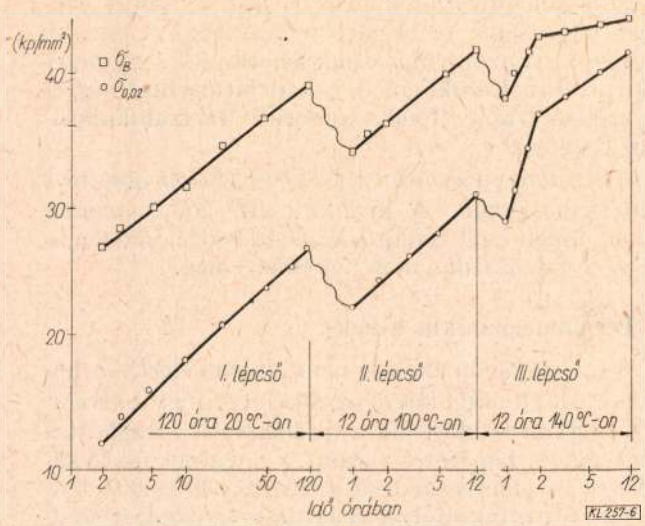
A *PMZ* a többlépcsős hőkezelés során is kialakulhat, bár az öregítés első lépcsője többnyire T_c alatt van. A $T_1 < T_c$ hőmérsékleten a szemcsehatár közelében is megindul a zónák kialakulása és növekedése, de az utóbbi folyamat a kisebb vakancia-tartalom következtében a szemcse belsejéhez képest lassabban megy végbe, így a t_1 idő lejártakor a zónák sugara a szemcsehatártól való távolság függvényében változik (*5. ábra*, ahol x a szemcsehatártól mért távolság). A T_2 hőmrésékleten a határ és az *A* pont közötti zónák valamennyien instabilak, a *C* ponton kívül viszont mind további növekedésre képesek. A *A*—*C* pontok között a *C* felé haladva



5. ábra. Elvi vázlat a kétlépcsős öregítéskor kialakuló PMZ értelmezéséhez

egyre több zóna marad meg. Kialakul tehát egy precipitáció mentes zóna, amely a mátrix belsejéhez egy átmeneti zónával kapcsolódik. A továbbiakban a T_2 értékétől függően két eset lehetséges. Ha $T_2 < T_c'$ a zónák felbomlása ugyan T_2-n azonnal megindul, de a túltelítettség növekedésével, akár a legnagyobb zónák stabilizációjával, akár új csírák kialakulásával, homogén precipitáció indulhat meg. Terészetesen ez a szemcse belsejénél lényegesen durvább szerkezetet eredményez. Ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy a visszaoldódási folyamatokkal egyidőben az ötvözők szemcsehatárra történő diffúziója is megindulhat, ami kedvezőtlen esetben megakadályozhatja az újbóli nukleációt, illetve stabilizációt. A $T_2 > T_c'$ esetben, mivel a T_2-n homogén precipitáció nem alakulhat ki, a *PMZ* „betömődésére" nincsen mód.

Függetlenül a T_2 értékétől, a *PMZ* vastagságát befolyásolja a T_1 hőmérséklet és az ezen eltöltött t_1 idő is. A t_1 növekedésével a *PMZ* vastagsága csökken, bár ezen csökkenésnek határt szab a T_1-en is meginduló ötvöző-elszegényedés.



6. ábra. A folyáshatár és a szakítószilárdság változása többlépcsős öregítés során

Vizsgálati eredmények

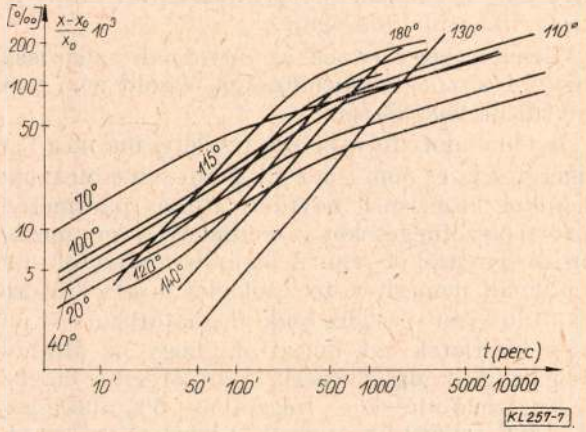
Az eddigiek alátámasztására, illetőleg reprezentálására ismertetjük a közepes szilárdságú AlZnMg-ötvözeteken végzett kísérleteink eredményeinek egy részét.

A *6. ábrán* a folyáshatár és a szakítószilárdság alakulását mutatjuk a közepes szilárdságú AlZnMg-ötvözeteknél szokásos háromlépcsős öregítés során, a hőkezelési idő függvényében (az idősklála logaritmikus). Jól megfigyelhető, hogy az egyes hőkezelési lépcsők végére egyre nagyobb a szilárdság, de látható a próba hőmérsékletének hirtelen növelését követő ún. reverziós folyamat is. Ennek során a kiválások egy része visszaoldódik, ami a szilárdsági tulajdonságok visszaesésében jelentkezik. Az ábrázolástechnikai okok miatt alkalmazott torz időlépték nem mutatja világosan, de az elért végső szilárdságot 20 °C-on végzett kezeléssel több ezer óra múlva lehetne csak elérni, ha a nemesedés sebessége változatlan maradna. Az elért mechanikai tulajdonságok magasabbak, mint amit bármely egylépcsős hőkezelés tudott volna biztosítani.

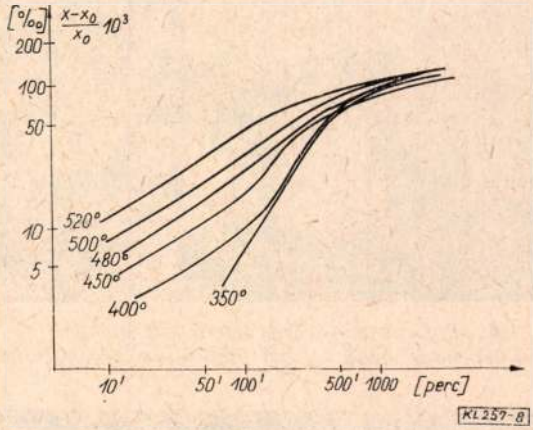
A szilárdoldat bomlásának folyamatát a mágneses szuszceptibilitás mérésével is követtük. Az ötvözők különböző fázisállapotukban más mértékben járulnak hozzá az alumínium mátrix kifelé mutatott mágneses szuszceptibilitásához. Ez a módszer érzékenynek bizonyult a szilárdoldat bomlásának kezdeti szakaszán a folyamatok követésére.

A *7. ábráról* leolvasható, hogy azonos edzési technológia után különböző hőmérsékleten öregített mintákban a mágneses szuszceptibilitás változását leíró egyenesek meredeksége 120 °C körül megváltozik. Ez a nukleáció módjának megváltozására utal. 120 °C alatt homogén, felette pedig heterogén nukleációval indul meg a szilárdoldat bomlása, azaz ez az adott hőmérsékletre jellemző T_c kritikus hőmérséklet.

A *8. ábra* a vakanciák hatását szemlélteti. A mintákat különböző oldóhőkezelési hőmérsékletről edzettük, majd azonos körülmények között öregítettük. A magasabb hőmérsékletről edzett minták nagyobb vakanciatúltelítettsége okozza a szilárd oldat gyorsabb bomlását.

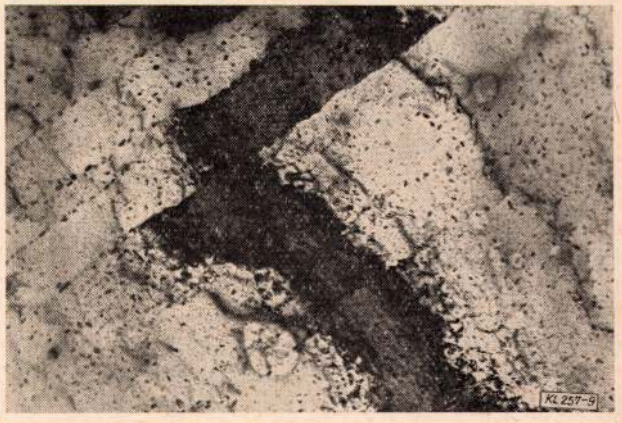


7. ábra. A mágneses szuszceptibilitás változása különböző hőmérsékleten végzett öregítéskor



8. ábra. A mágneses szuszceptibilitás változása különböző hőmérsékletről edzett minták öregítésekor

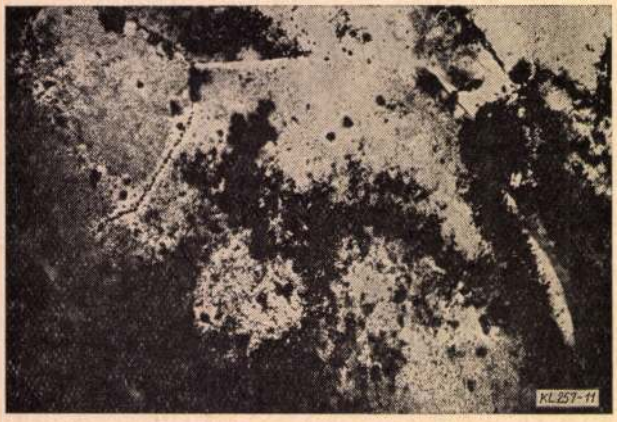
A transzmissziós elektronmikroszkóppal készített felvételeken közvetlenül megfigyelhetjük a kialakult mikroszerkezetet. A *9. ábrán* bemutatott felvétel olyan mintáról készült, amelyet az edzés után azonnal 120 °C-on öregítettünk, 24 órán keresztül. A kiválások viszonylag durvák, diszperzitásuk nem megfelelő, összevetve a *10. ábrán* mutatott mintával. Ezen utóbbi anyagot az edzést köve-



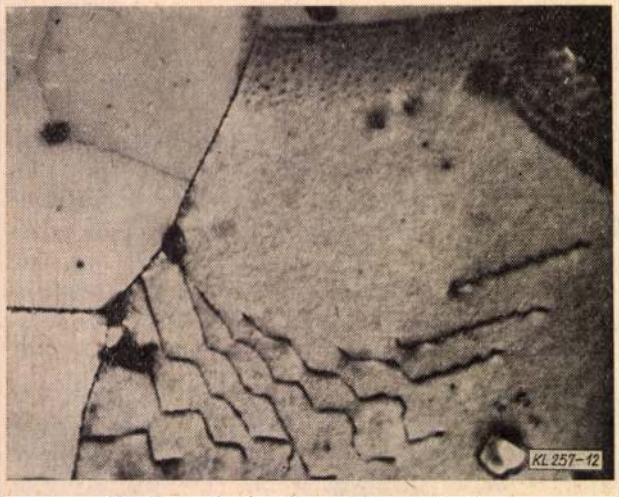
9. ábra. Egylépcsős öregítéskor kialakuló kiválási szerkezet



10. ábra. Többlépcsős öregítéskor megfigyelhető precipitációs szerkezet



11. ábra. Lassú edzéssel léterhozott szélesebb kiválásmentes zónák (PMZ), többlépcsős öregítés után



12. ábra. A zónaállapot korai stádiuma és a szemcsehatármenti precipitáció

tően több lépcsőben öregítettük. 20 °C-on tartottuk 120 órát, majd 100 °C-on 12 órát és végül 140 °C-on 12 órát. A mátrixban finom, egyenletes eloszlású kiválásokat találunk és csak a kisszögű szemcsehatárok közelében jelentkezik durvább precipitáció.

A szemcsehatárokat 100—300 Å szélességű *PMZ* zóna övezi. Hasonló hőkezelési technológiával készült a *11. ábra* anyaga, de ezt az oldóhőkezelés után nem vízben, hanem nyugvó levegőn hűtöttük.

Mindkét hűtési mód edző hatású, a minták azonos szilárdságot értek el öregítés után. A lassabb hűtés miatt azonban a szemcsehatárok környezetében jobban lecsökkent a vakanciatúltelítettség és ez szélesebb 500—1000 Å méretű *PMZ* kialakulásához vezetett.

A *12. ábra* edzés után 100 °C-on 24 órát öregített anyagról készült. A kialakult *GP* zónák mérete kicsi, éppen csak láthatóak, eloszlásuk homogén és *PMZ* gyakorlatilag nem figyelhető meg.

Termomechanikus kezelés

A szegregáción alapuló nemesítéssel elért mechanikai tulajdonságokat az szabja meg, hogy a kiválások hogyan módosítják a diszlokációk mozgását a mátrixban. Ismeretes viszont, hogy a megfelelő sűrűségű és elhelyezkedésű diszlokációk között kölcsönhatás is tekintélyes szilárdságnövekedést eredményezhet. Kézenfekvő az a gondolat, hogy szerkezeti anyagainknál e két lehetőséget együtt használjuk ki a szilárdság fokozására.

Diszlokációkat az anyagba legegyszerűbben képlékeny alakítással lehet bevinni. Ha a képlékeny alakítást az öregítés után végezzük, sikerül ugyan magasabb szilárdságot elérnünk, de ez együttjár az alakváltozóképesség nagyméretű csökkenésével és lényegében a hidegalakítás okozta keményedéssel állunk szemben. Ha a diszlokációkat az öregítés megkezdése előtt visszük az anyagba, azok heterogén nukleációt okozó volta miatt, nem számíthatunk homogén precipitáció-eloszlásra, tehát nem használjuk ki teljes mértékben a szegregációs nemesítés nyújtotta előnyöket.

Más a helyzet, ha az alakítást az öregítés közben végezzük. Az öregítés megkezdésekor a mátrixban megindul a kiválások homogén eloszlású csíraképződése és a *GP*-zónák növekedése. Az öregítést alkalmas időben megszakítva elérhetjük, hogy az alakítással bevitt diszlokációk ebben, a már előöregedett mátrixban, a kívánt eloszlásúak legyenek. Az alakítást követően folytatjuk az öregítést, amelynek végére kialakulnak a diszlokációk mozgását megfelelően akadályozni képes kiválások. Így egy olyan stabil szerkezetet kapunk, amelyben a kiválások és a bevitt diszlokációk hálózata együttesen növeli a diszlokációk elmozdításához szükséges minimális feszültséget, azaz az anyag folyáshatárát és egyéb mechanikai tulajdonságait.

Várható, hogy ennek az anyagnak szilárdsága nagyobb lesz, az alakíthatósága viszont nem csökken túlzott mértékben.

Az elmondott folyamatok részletei ma még nem ismeretesek, és nem ismerjük pontosan e termomechanikus kezelésnek nevezett eljárás paraméterei közötti összefüggéseket az eredményességet meghatározó tényezőket sem. A legjobb eredményt adó, kombinált nemesítési technológiát hosszas kísérletek után lehet egyelőre csak meghatározni. Az előzetes kísérletek azt mutatták, hogy az általunk vizsgált AlZnMg-ötvözetben az öregítés közben — megfelelő időben — végzett 3—6% alakítással 15—20% szilárdságnövekedést lehet elérni, az alakíthatóság mindössze néhány százalékos csökkenése mellett.

IRODALOM

[1] *Embury, J. D.—Nicholson, R. B.:* Acta. Met. **13** (1965) 403.

[2] *Lorimer, G. W.—Nicholson, R. B.:* Acta. Met. **14** (1966) 1009.

[3] *Pashley, D. W.—Jacobs, M. H.—Wietz, J. T.:* Phil. Mag. **15** (1967) 51.

[4] *Cahn, R. W.:* Physical Metallurgy, North-Holland Publ. Amsterdam. 1965.

[5] The mechanism of phase transformation in crystalline solids. ISI. Pub. London. 1969.

[6] *Conversa, M.—DiRusso, E.—Gatto, F.:* Alluminio e nouva Metallurgica **38** (1969) 441.

Bauxitok nedvességtartalmának automatikus ellenőrzése

VARGA BÉLA vegyészmérnök, dr. B. NAGY SÁNDOR vegyészmérnök, a kémiai tud. kandidátusa,
Szerves Vegyipari Kutató Intézet

Dr. KLUG OTTÓ vegyészmérnök, a kémiai tud. kandidátusa
Magyar Alumíniumipari Tröszt

Dr. MÁTYÁS JÓZSEF vegyészmérnök
Almásfüzitői Timföldgyár

DK 553.492.1 : 543.71 : 537.226 : 621.317.33

Bauxitok tapadó nedvességtartalmának mérésére automatikus működésű, dielektromos mérés elvén működő mérőberendezést szerkesztettünk. A mérés indirekt, az eluálásos módszeren alapul. A „Dieluator" készülék 3 perc alatt végez egy mérésfolyamatot, amely a minta és az oldószer (aceton) beméréséből, keveréséből, a tiszta oldatfázissal töltött cella kapacitás méréséből, a minta eltávolításából és a cella kimosásából áll. A berendezés által szolgáltatott eredmények és a szárítószekrényben mért eredmények közötti eltérés 1% körüli értékű.

A timföldgyártásban feldolgozott bauxit viszonylag jelentős mennyiségű tapadó nedvességet tartalmaz, ami lényegében a bánya-nedvességből és a szállítás közben az időjárástól függően fölvett nedvességből származik. Ez a víztartalom a timföldgyárak bauxit-tárolóiban általában 10—16%-ig csökken le, és a bauxittal együtt kerül be a Bayer-körfolyamatba. A feldolgozott bauxitmennyiség arányában ez a bevitt víz hígítja a feltáró aluminátlúgot.

A perspektivitikusan előtérbe kerülő számítógépes folyamatirányítás [12, 13], ill. ezen belül a zagybeállítás [14] megkívánja a bauxittal bevitt víz mennyiségének ismeretét a lúg, ill. a zagy koncentráció-arányainak ($Na_2O_{kausz.}$ és Al_2O_3) pontos meghatározása érdekében. Ez a bauxit mennyiségének és tapadó nedvességtartalmának egyidejű mérésével történhet.

Munkánk célja az volt, hogy az előbb vázolt követelményeknek megfelelő automatikus — és a későbbi számítógépes zagybeállításnál felhasználható — gyors nedvességmérési módszert dolgozzunk ki.

Kísérleti rész

Timföldgyárainkban a bauxit tapadó nedvesség tartalmának meghatározását szárítószekrényes szárítással (általában 110±5 °C-on, 5—24 órán át) végzik [1, 2]. A mérés igen hosszadalmas és gyakorlatilag a bauxit körfolyamatba lépésétől számítva mintegy 30—48 óra múlva adhat a laboratórium eredményt, ami a zagybeállítás korrekciója szempontjából alig vehető figyelembe.

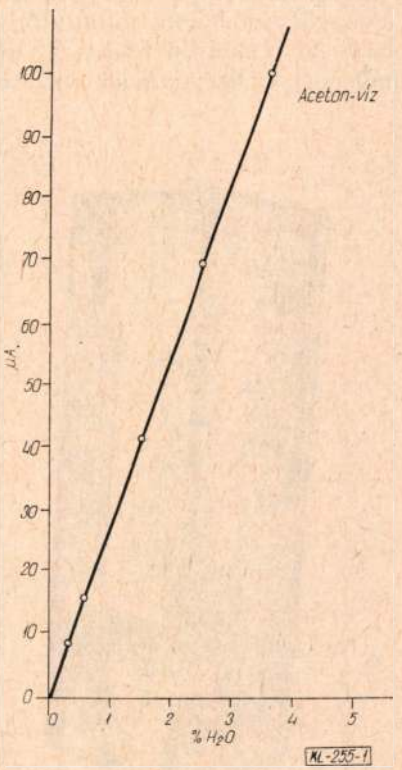
Lényegesen gyorsabb mérőmódszernek mutatkozott a dielektromos állandó mérése alapján való nedvesség meghatározás. Korábbi munkáinkban

1. táblázat

Néhány, az elulásos vízmeghatározáshoz használatható oldószer dielektromos állandója [8]

Oldószer	Dielektromos állandó	
	20 °C-on	25 °C-on
Dioxán	2,10	—
Aceton	21,40	20,82
Metilalkohol	34,70*	32,66
Víz	80,36	78,73

* 15 °C-on mért adat.



1. ábra. Aceton-víz eleggyel töltött dielektromos mérőcella vizsgálata. Az aceton-víz eleggyel felvett kalibrációs görbe. (Felvéve az Universal Dielectrometerrel [9]

már bemutattuk a módszer elvi alapjait, és a vizsgált cellatípusokat [3—6]. Mivel a közvetlen mérés nem vezetett kielégítő eredményre — a nedves-bauxit betapadt a mérőcellába és kiszedése komoly nehézséget okozott —, a közvetett, eluálásos módszert kellett alkalmaznunk.

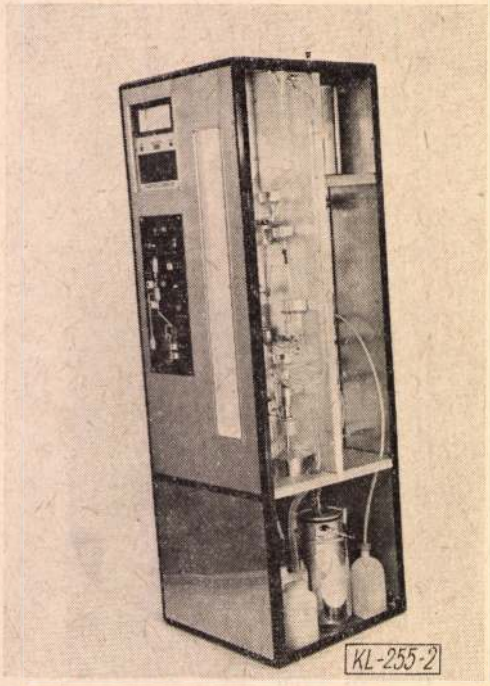
Az eluálásos módszer lényege abban áll, hogy a vizsgálandó por nedvességtaralmát valamely alkalmas oldószerrel, pl. dioxánnal [7] vagy acetonnal [8] stb. extraháljuk és az oldószer dielektromos állandó (DK)-változását mérjük. Ez esetben célszerű olyan oldószereket választani, amelyeknek DK-ja kicsiny, és a vízzel korlátlanul elegyednek *(1. táblázat)*. Az acetonnal felvett kalibrációs görbe, amely a víz-aceton eleggyel töltött cella kapacitás-változása által okozott műszerkitérés változást mutatja, az *1. ábrán* látható. Ennek a görbének alapján, a bemért bauxitmennyiség ismeretében, kiszámítható a bauxit tapadó nedvességtartalma.

Az ilyen módszer mind laboratóriumi, mind üzemi elemzésre alkalmas, mert egy-egy mérés ideje mindössze 1—5 perc.

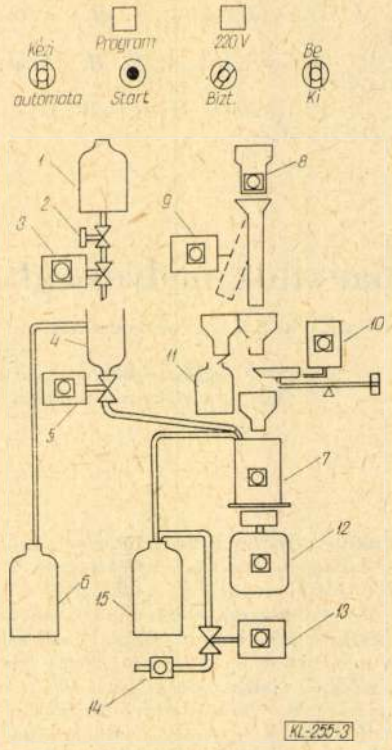
Az automata üzemi nedvességmeghatározó : a Dieluator ismertetése

A fent ismertetett eluálásos módszer, bár szakaszos, mégis alkalmas az automatikusan vezérelt, üzemi mérőberendezésnél való felhasználásra. Az általunk kifejlesztett műszer: a Dieluator *(2. ábra)* 3 perces periódussal végzi a nedvességmérést.

A készülék programadó által vezérelt berendezés, amely a megfelelő időben működésbe lépő elektromechanikus beavatkozó szervek útján kiméri a megfelelő mennyiségű eluáló oldószert (esetünkben acetont), a vizsgálandó bauxit-mintát (5)g-ot, majd keveréssel elvégzi az eluálást, leülepíti a mérőtérből a kiextrahált port, és üzemi dielektrométer segítségével leméri az eluáló-oldószer DK-növekedését (azaz a cella kapacitás-változását). majd kitisztítja a mérőcellát.



2. ábra. A Dieluator, automatikus nedvességmérő készülék



3. ábra. A Dieluator, nedvességmérő készülék működési vázlata

1 — aceton-tartály; 2 — fő elzáró-szelep; 3 — mágnes-szelep; 4 — mérő edény; 5 — mágnes szelep; 6 — oldószer gyűjtő tartály; 7 — mérőcella; 8 — adagoló tölcsér; 9 — a bauxit surrantó reléje; 10 — automata mérleg, fotocellás megszakítással; 11 — fölös bauxit (hulladék) gyűjtő tartály: 12 — mágneses keverő; 13 — mágneses szelep a vákuum megnyitására; 14 — vákuum fő-elzáró szelep; 15 — aceton-víz-bauxit-zagy tároló tartály

A berendezés működését a *3. ábrán* látható folyamatvázlat szemlélteti:

Az eluáló oldószerként használt aceton az *1* tartályból a *2* fő-elzáró szelepen és a *3* mágnes szelepen át jut a *4* mérőedénybe, ahonnan a szükséges mennyiség az *5* mágnes-szelepen át kerül a *7* mérőcellába (míg az oldószer fölöslege a *4* mérőedény túlfolyóján át a *6* gyűjtő-tartályba jut). Ezzel egyidőben a *8* adagoló tölcsérben levő vizsgálandó, megőrölt bauxitot (amelyet a szállítószalag mintavevőjéhez kapcsolt törőrendszer készít elő) a programadó a *10* automata mérlegre adagolja, amelyek az előírt mennyiséget: 5 g-ot a mérőcellába billenti, a por fölöslegét pedig a *9* relé segítségével a *11* bauxitgyűjtőbe juttatja. A *12* mágneses keverő gondoskodik a cellában levő por és az oldószer jó összekeveréséről, ezáltal a nedvességtartalom extrakciójáról. Ennek megtörténte után a programadó leállítja a keverőt, majd, miután a por a mérőtérből leülepedett, jelzőlámpa figyelmezteti a kezelőt, hogy a dielektrométer műszer-skáláján leolvashatja a por nedvességtartalmát. Ezzel a jelző impulzussal bekapcsoltunk egy regisztráló készüléket is, amely a nedvességtartalmat kiírja. Ezután a vezérlőmű újra bekapcsolja a keverést, a port és oldószert felzagyolja, majd a *13* mágneses szelep segítségével megnyitott vákuum a zagyot átszippantja a *7* mé-

rőcellából a *15* gyűjtő tartályba. Ezután tiszta acetonnal kétszer kimossa a mérőcellát, ezáltal ismét mérésre kész állapotba hozza a berendezést.

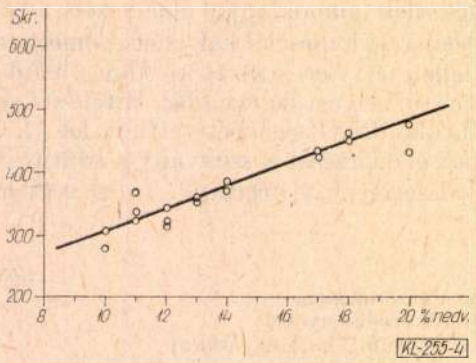
A berendezés mind automatikus, mind kézi üzemmóddal működtethető. A előbbinél 3 perces periódusokkal folyamatosan végzi a meghatározásokat, míg kézi üzemmódban a beavatkozó szerveket a készülék homloklapján elhelyezett folyamatábrán beépített kapcsolókkal lehet üzemeltetni.

A kifejlesztett berendezést az Almásfüzítői Timföldgyárban helyeztük üzembe. Hitelesítésére tapasztalati kalibrációs görbét vettünk fel *(4. ábra)*, amelynek ellenőrzését a szokványos szárítószekrényes módszerrel [1, 2] végeztük. Ennek segítségével

2. táblázat

A Dieluatorral végzett nedvesség meghatározások, összehasonlítva a szárítószekrényes mérés eredményével (A méréseket friss acetonnal végeztük az Almásfüzitői Timföldgyárban)

Minta jele	Szárítószekrényben mért nedvesség %	Dieluatorral mért nedvesség			Az átlagérték eltérése a szárítószekrényben mért értéktől, rel. %-ban
		Műszerleolvasás skr.	H_2O %	Átlagérték H_2O %	
Bx-1	10	290 310 320 285 290 300	9,55 10,55 11,10 9,35 9,55 10,00	10,01	+0,1
Bx-2	11	370 370 370 340 340 335	13,75 13,75 13,75 12,15 12,15 11,95	12,91	+17,3
Bx-3	12	355 330 340 325 335 325	13,00 11,70 12,15 11,45 11,95 11,45	11,95	—0,4
Bx-4	13	375 375 365 340 365 360	14,00 14,00 13,50 12,15 13,50 13,50	13,44	+3,4
Bx-5	14	385 390 345 365 360 360	14,55 14,80 12,50 13,50 13,25 13,25	13,64	—2,6
Bx-6	17	440 435 425 425 425 420	17,50 17,20 16,70 16,70 16,70 16,45	16,87	—0,8
Bx-7	18	465 465 460 440 450 440	18,75 18,75 18,50 17,50 18,00 17,50	18,16	+0,9



4. ábra. A Dieluator hitelesítésére felvett kalibrációs görbe. (Almásfüzitői Timföldgyárban, helyszíni hitelesítés)

a műszer skáláját közvetlenül a bauxit-nedvességtartalom leolvasására állítottuk be.

Az eddigi kísérleti periódus tapasztalatai szerint a Dieluatorral mért nedvességtartalom és a szárítószekrényes módszerrel kapott eredmények közötti eltérés $\pm 1\%$ körüli érték, némely esetben ennél valamivel nagyobb.

A kifejlesztés és hitelesítés során arra a tapasztalatra jutottunk, hogy bizonyos esetekben a műszer nem használható, vagy csak korlátozottan használható, mégpedig akkor, ha a vizsgálandó minta nedvességtartalma igen nagy (19% fölötti). A Dieluator nem használható 1 mm-t meghaladó szemcseméretű bauxitpor esetén sem, mert könnyen eltömődik az adagoló, ill. szállító csővezeték. A nagyon tapadó anyag is meghiúsíthatja a pontos mérést: példaképpen utalunk a 4. ábrán látható 20% tapadó nedvességtartalmú bauxittal végzett egyik mérésre, amely a felvett egyenest burkoló „görbétől", azaz sávtól távolabb esik, és amelyiknél az automata mérleg által kimért por egy része nem került bele a mérőcellába, hanem föltapadt a porvezető cső falára. De ez a föltapadt por a következő (11% tapadó nedvességtartalmú) porral végzett elemzésnél is hibát okozott, mert a szárazabb por besodorta a csőfalra föltapadt nedvesebb részecskéket is.

Az ilyen, különleges, ill. szélsőséges esetektől eltekintve, a berendezés jól használható és a 3 percenként ismételhető automatikus mérés csaknem egyenértékű a folyamatos méréssel. A korlátozó tényezők kiküszöbölése esetén azonban a műszer megbízhatóan üzemel és kivitele olyan, hogy a tűzrendészeti szabályoknak is megfelel.

A nedves, bauxitos aceton regenerálható. Ezt szűrés után többféleképpen lehet végezni. Egyik lehetőség az aktív Al_2O_3-mal való vízelvonás, másik a molekulaszűrővel való vízeltávolítás. Ha nagyobb mennyiségű aceton regenerálására van szükség, vagy gyakorta szükséges az eluálószert regene-

3. táblázat

Bauxit tapadó nedvesség tartalmának mérése a Dieluatorral — összehasonlítva a szárítószekrénnyel végzett mérések eredményeivel — regenerált acetont használva az Almásfüzitői Timföldgyárban

Minta jele	Szárítószekrényben mért nedvesség %	Dieluatorral mért nedvesség			Az átlagérték eltérés a szárítószekrényben mért értéktől, rel. %-ban
		Műszerleolvasás skr.	H_2O %	Átlagérték H_2O %	
Bx-1	10	335 320 290 305	11,95 11,10 9,55 10,30	10,72	+ 7,2
Bx-2	11	370 340 345 370	13,75 12,15 12,50 13,75	13,03	+ 20,3
Bx-3	12	345 335 340 345	12,50 11,95 12,15 12,50	12,27	+ 2,2
Bx-5	14	370 350 385 390	13,75 12,75 14,60 14,80	13,97	—0,2
Bx-6	17	430 430 430 440	16,95 16,95 16,95 17,50	17,08	+ 0,5

rálni, e célra előnyösen használható a Dielosorber készülék [9—11], amely ugyancsak dielektromos méréssel ellenőrizve végzi az oldószer vízmentesítését [9]. Ily módon minimális veszteséggel lehet a méréseket megoldani.

A Dieluator kísérleti üzemeltetése során, Almásfüzítőn kapott mérési eredményeket mind tiszta (azaz új), mind regenerált acetonnal a *2.* és *3. táblázatban* mutatjuk be.

A 2. és 3. táblázatból látható, hogy a Bx-2 jelű minta mindkét dielektromos vizsgálat során a szárítószekrényes méréstől lényegesen eltérő nedvességtartalmat mutatott, ami arra enged következtetni, hogy a szárítás nem volt tökéletes, vagy a szárítás utáni tároláskor a bauxit nedvességet vett fel. A többi esetekben a két méréssel kapott értékek elég jó egyezést mutatnak és ha a két táblázat valamennyi relatív eltérési értékét (a szárítószekrényes nedvességtartalomra vonatkoztatva) figyelembe vesszük (a Bx-2 minta kihagyásával), akkor a viszonylagos pontosság $\pm 0{,}6\%$-ot tesz ki.

A munka során nyújtott támogatásért és együttműködésért ezután is köszönetet mondunk *Bernád Árpád* automatika-mérnöknek (Vilati), *Szőke Lajos* és *Vörös Károly* vegyészmérnököknek (Almásfüzítői Timföldgyár).

IRODALOM

[1] *Zombory L.* és *Majos G.*: Timföld-alumíniumipari elemzések. 2. kiadás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.
[2] Magyar szabvány: MSZ 3295/2. lap—68: Bauxit vegyvizsgálata. Laboratóriumi minta nedvességtartalmának meghatározása.
[3] *B. Nagy, S.—Klug, O.* és *Varga, B.*: Bányászati—Kohászati Lapok, Kohászat, *103.* 555. (1970).
[4] *B. Nagy, S.—Klug, O.—Varga, B.* és *Szőke, L.*: Proc. 3. Anal. Chem. Conf., Budapest, Vol. *1.* 127. (1970).
[5] *B. Nagy, S.—Varga, B.* és *Klug, O.*: Bányászati—Kohászati Lapok, Kohászat, *104.* 417. (1971).
[6] *Klug, O.—B. Nagy, S.* és *Varga, B.*: Proc. Imeko Symposium on Moisture Measurement, Esztergom, 1971. 365. (Publ. 1972).
[7] *Ebert, L.*: Angew. Chemie, *47.* 305. (1934).
[8] *Oehme, F.*: Dielektrische Messmethoden, 2. kiadás. Verlag Chemie, Weinheim/Bergstr., 1962.
[9] *B. Nagy, S.*: Dielektrometria. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970.
[10] *B. Nagy, S.* és *Varga, B.*: Hung. Sci. Instr., No. *14.* 29. (1968).
[11] *B. Nagy, S.*: Gyógyszerészet, *15.* 448. (1971).
[12] *Barakka, I.—Jakóby, Gy.—Lengyel, L.* és *Németh, B.*: Vegyi és Olajipari Automat. Komf. (Budapest) Kiadványa, (1972).
[13] *Barakka, I.* és *Németh, B.*: Bányász—Kohász. Lapok — Kohászat. Megjelenés alatt.
[14] *Németh, B.—Barakka, I.* és *Lengyel, L.*: Számítóegységgel irányított zagybeállítás. Előadás; Magyar Automat. Komf. (Budapest), 1973.

Le Chatelier-Portevin effektus Cu-Al ötvözetben

Dr. BÁRCZY PÁL egy. adj., dr. TRANTA FERENC egy. adj.
NME Fémtani Tanszék, Miskolc

DK 669. 3'715 : 536.773 : 539.374

A folyás jelensége és oka. A diszlokációk és az oldott atomok kölcsönhatása a folyás előidézésében. A szakadozott folyás és a Le Chatelier—Portevin effektus, ennek kísérleti mérése Cu—Al ötvözetben.

Bevezetés

A magyar műszaki nyelv folyási határnak nevezi azt a feszültséget, amelynél a fém vagy ötvözet maradó alakváltozása megkezdődik. A szóhasználatnak történelmi gyökerei vannak — leginkább az, hogy lágyacélnál a folyási határ, a rugalmassági határ és a képlékeny alakváltozása elindulásához szükséges feszültség gyakorlatilag majdnem ugyanazt jelenti. A maradó vagy képlékeny alakváltozás azonban csak egyes ötvözeteknél — az összetétel, az előélet és a szakítókísérlet körülményeitől is függve — kezdődik a folyás jelenségével.

Más ötvözeteknél nincs folyási jelenség, és előfordul olyan eset is, amikor a folyás csak jóval a képlékeny alakváltozás megkezdődése után jelentkezik, sőt a szakítókísérlet során egymás után többször ismétlődik (*Le Chatelier—Portevin* effektus).

A pontatlan, elavult fogalmak használata sok félreértésre adhat okot. Dolgozatunkban a folyási jelenség okait és mechanizmusát kívánjuk elemezni. A korszerű kép kialakításához saját kísérleteink is hozzájárultak.

A folyás jelensége

Folyás alatt azt az állandó sebességgel végzett szakítókísérletnél fellépő jelenséget értjük, amikor a képlékeny alakváltozás feszültségcsökkenés mellett, hirtelen következik be. Ez a feszültségcsökkenés éles, jellemzésére a felső, illetve alsó folyási feszültség használható. A feszültségesést követően kisebb-nagyobb alakváltozás következik be az alsó folyási feszültség érdemleges megváltozása nélkül, majd a jól ismert keményedéssel folytatódik a folyamat.

Legyen $\dot{\varepsilon}$ az alakítás (szakítás) sebessége, N az anyagban levő mozgásképes diszlokációk száma, v a diszlokációk mozgási sebessége, b a *Burgers* vektor. Ekkor [1]

$$\dot{\varepsilon} = Nvb \tag{1}$$

lesz érvényes. Vegyük figyelembe, hogy a diszlokációk sebessége a feszültséggel szorosan összefügg:

$$v = k\sigma^m \tag{2}$$

Állandó sebességű húzókísérlet közben kisebb feszültség, azaz kisebb v csak akkor jöhet létre, ha N nő. A folyáskor jelentkező gyors feszültségesés tehát a mozgásképes diszlokációk számának megnövekedését jelenti. Számszerűen

$$\frac{\sigma_F}{\sigma_A} = \left(\frac{N_A}{N_F}\right)^{1/m} \tag{3}$$

ahol σ_F, σ_A, N_A és N_F jelentik a felső, illetve alsó folyási feszültséget és a hozzátartozó mozgásképes diszlokációszámot, m pedig 1 és 100 közötti konstans. Ez azt jelenti, hogy egy adott erősségű folyási jelenséget kicsi m esetén kisebb diszlokációszámnö-

vekedés idéz elő, mint nagy m-nél. Ahol m nagy és mégis van folyási határ (pl. α-Fe-nál m 35), ott N_F-nek, azaz az induláskor meglevő mozgásképes diszlokációk számának igen kicsinek kell lenni (α-Fe-nál $\approx 10^3/cm^2$).

Mióta a diszlokációk számát meg lehet határozni, tudjuk, hogy a fémekben a fenti feltételhez képest sokkal több a diszlokáció. Így egy-két speciális esettől eltekintve, ahol a diszlokációk összáma kicsi (ilyen a whiskerek folyása), a folyás oka általában a diszlokációk rögzített volta. Ezt pedig az oldott atomok idézik elő, amik a szakítást megelőző hőmérséklet—idő ciklustól, a diffúziós együtthatótól és a diszlokációkkal való kölcsönhatási energiától függő mértékben „telítik" a diszlokációkat — azaz mozgásképtelenné teszik őket.

Korábban az volt az elképzelés, hogy folyáskor a leblokkolt diszlokációk elszabadulnak. Az újabb ismeretek [2] — elsősorban az a tény, hogy az abszolút diszlokációszám folyáskor nő — amellett szólnak, hogy a leblokkolt diszlokációk elmozdulni többé már nem tudnak. Folyáskor a kevés le nem blokkolt diszlokáció gyors mozgásáról és sokszorozódásáról van szó. Ezért jár a folyás a *Lüders*-vonalak keletkezésével és terjedésével is. Ugyanis ha egy kedvező helyzetű diszlokáció mozgásképes, folyáskor olyannyira megsokszorozódik, hogy egy csúszósíkon igen nagy elmozdulás következik be. Ez a nagy deformáció a szomszéd kristályt is irányítottan deformálja. Így terjed kristályról kristályra makroszkopikus méretekig a *Lüders*-vonal.

A diszlokációk és oldott atomok kölcsönhatása

A szilárd oldatban levő oldott atomok részére — miután a hibátlan rácsba tökéletesen nem illenek bele — energetikailag kedvezőbb a diszlokáció zavart rácsában való elhelyezkedés. Az energetikai különbség az általános és a diszlokációban való elhelyezkedés között — vagyis az oldott atom—diszlokáció kölcsönhatási energia *(U)* — egy-egy oldott atom—mátrix atom együttesre nézve állandó érték *(1. táblázat)*. *Cottrell* szerint [3] a diszlokációban az oldott atom feldúsulásának a mértéke a hőmérséklettől függ:

$$c = c_0 \exp(U/kT) \qquad (4)$$

ahol c_0 az ötvözőelem átlagos koncentrációja
c az ötvözőelem koncentrációja a diszlokációban
U kölcsönhatási energia
k *Boltzmann* állandó
T hőmérséklet

Eszerint van olyan hőmérséklet (T_{krit}), amely fölött a $c < 1$, vagyis a telítés és ezzel a blokkolás már nem valósulhat meg.

Ha a diszlokációk telítésének termodinamikai feltételei megvannak és a diszlokációk mozdulatlanok, akkor az oldott atomok mozgékonyságától függő idő alatt a blokkolás bekövetkezik. Lágyacélnál szobahőmérsékleten a karbon és nitrogén nagy mozgékonysága, és a nagy kölcsönhatási energia (U) miatt elegendő ehhez néhány óra.

Ezért észlelhető acéloknál — mint az közismert — a folyás jelensége és így a folyási határ is. Hasonló folyási határt mértek *Cu—Ge*, *Cu—Zn* *Cu—Ga*, *Ag—Al* stb. ötvözeteknél is [4].

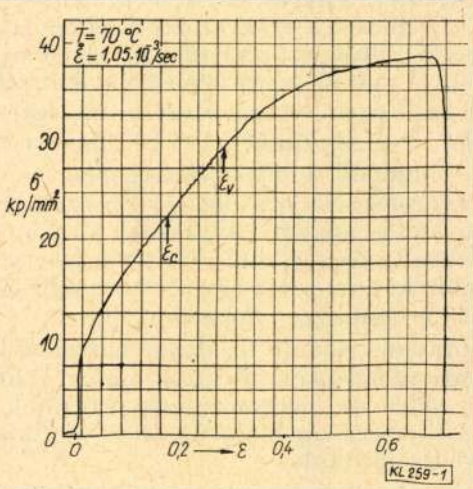
Ismert az is, hogy nagyobb hőmérsékleten elmarad a folyási jelenség — amikor a diszlokáció telítés már nem valósul meg.

A Le Chatelier-Portevin jelenség (dinamikus alakítási öregedés)

1923-ban észlelték először azt, hogy szakítókísérlet közben többször egymás után jelentkezik folyás [5]. A szakítógörbe ilyenkor „szakadozott" (serrated) jellegű. Megállapították, hogy a szakadozottság (első folyás) általában nem a képlékeny alakítás megindulásakor, hanem később, ε_c maradó alakváltozáskor jelentkezik, és $\varepsilon_v > \varepsilon_c$ alakításkor elmarad (*1. ábra*). Megmérték, hogy a jelenség a vizsgálat hőmérsékletétől és sebességétől egyaránt függ. A korrekt magyarázat azonban még sokáig váratott magára.

Az alapvető gondolat az, hogy a szakadozott folyás akkor indul meg, amikor a diszlokációk mozgásának sebessége és az oldott atomok mozgássebessége megközelíti egymást, és akkor marad el, amikor az atomok gyorsabban mozognak. A megértéskor először be kell látnunk, hogy egy állandó sebességgel végrehajtott szakítóvizsgálat során a diszlokációk sebessége egyre csökken — hiszen ugyanazt a makro méretváltozást több diszlokáció valósítja meg [(1) egyenlet]. Másrészt tudunk kell, hogy a diszlokációmozgás közben keletkező vakanciák az oldott atomok diffúziós sebességét növelik. Így szakítás közben az oldott atomok „útólérik" a diszlokációkat, leblokkolják, ezzel folyást idéznek elő. A folyáskor felszaporodó friss diszlokációkat az egyre gyorsuló oldott atomok újra blokkolják stb. A blokkolás egyre tökéletesebb, a folyás egyre jobban mérhető, egészen addig, amig az oldott atom mozgása már olyan gyors, a diszlokációé pedig olyan lassú, hogy a diszlokáció mozgását az oldott atom már nem akadályozzal, vele együtt képes mozogni.

A blokkolásnak, azaz a *Le Chatelier-Portevin* effektus indulási feltételének leírását több szerző is



1. ábra. Szakítógéppel felrajzoltatott szakítódiagram. $\dot{\varepsilon} = 1{,}05 \cdot 10^{-3}/sec$; *a vizsgálat hőmérséklete 70 °C.* ε_c *a Le Chatelier—Portevin jelenség kezdete;* ε_v *a Le Chatelier—Portevin jelenség vége*

megfogalmazta [6, 7, 8, 9]. A legelfogadhatóbb *McCormick* eljárása. Egy-egy diszlokáció folyamatos húzás közben is gyorsan elmozdul, majd ehhez képest sokáig áll. A diszlokációk mozgásának sebessége:

$$v = \frac{L}{t_m + t_á} \tag{5}$$

ahol L átlagos úthossz,
t_m a mozgás ideje,
$t_á$ az állás ideje,
$t_á \gg t_m$.

Az (1) és (5)-ből, valamint abból, hogy az állás ideje lényegesen nagyobb, mint a mozgás ideje:

$$t_á \approx \frac{LNb}{\dot{\varepsilon}} \tag{6}$$

Az „állásidő" alatt kell az oldott atomnak a diszlokációt megszállni. Az ehhez szükséges diffúziós idő [10]

$$t_d \cong \left(\frac{C}{c_0}\right)^{3/2} \frac{kTb^2}{3DU} \tag{7}$$

ahol D a diffúziós együttható.

$$D = c_v D_0 \exp\left(-Q/kT\right) \tag{8}$$

ahol Q az oldott atom diffúziójának aktiválási energiája
c_v a vakanciakoncentráció, ami az alakítással

$$c_v = k_1 \varepsilon^m \tag{9}$$

szerint változik (k_1 és m konstans), valamint

$$N = k_2 \varepsilon^\beta \tag{10}$$

ahol k_2 és β szintén konstans, akkor a $t_á = t_d$ feltételből és a (6), (7), (8), (9), (10) egyenletek felhasználásával:

$$\varepsilon_c^{m+b} = \left(\frac{c}{c_0}\right)^{3/2} \frac{\dot{\varepsilon} kTb \exp\left(Q/kT\right)}{3Lk_1k_2UD_0} \tag{11}$$

adódik.

A *Le Chatelier-Portevin* effektus megszűnik, amikor az oldott atomok a diszkolációkkal azonos sebességgel mozognak. A feszültség hatását is figyelembe véve [9]:

$$v = \frac{\sigma b^2}{kT} D \tag{12}$$

A (12), (8), (9) és (10) egyenleteket, továbbá $\sigma = k_0 \varepsilon^n$-t az (1)-be helyettesítve a megszűnés feltétele

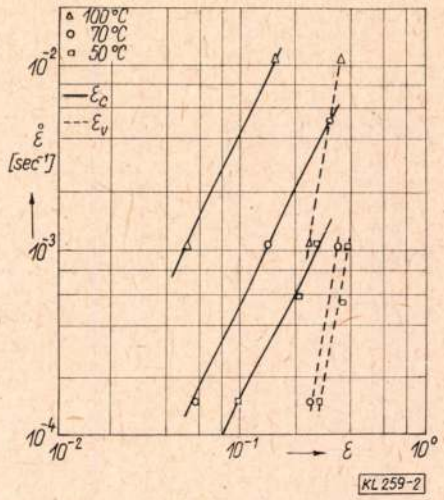
$$\varepsilon_v^{m+b+n} = \frac{\dot{\varepsilon} kT \exp\left(Q/kT\right)}{b^3 k_1 k_2 k_3 D_0} \tag{13}$$

A (11), illetve (13) egyenlet értelmében ha T = konstans, akkor a lg $\dot{\varepsilon}$ a lg ε_c, illetve lg ε_v függvényében ábrázolva egyenest ad, ahol az iránytangens $m+\beta$, illetve $m+\beta+n$.

Másrészt, konstans ε_c, illetve ε_v mellett a ln $\dot{\varepsilon}T$ az $1/T$ függvényében szintén egynes, melynek iránytangense Q/k. Így az oldott atom mozgékonyságának aktívitási energiája meghatározható.

Kísérleti munka

Cu – 4,8% Al-tartalmú ötvözet szakítóvizsgálatait végeztük el 50, 70 és 100 °C-on különböző sebességekkel. A próbákat előzőleg 800 °C-on 0,5 órán át izzítottuk, majd levegőn lehűtöttük. $\dot{\varepsilon}$ értékét 10^{-4}/sec és 10^{-2}/sec között változtattuk. Egy jellegzetes szakítódiagramot mutatunk be az 1. ábrán.



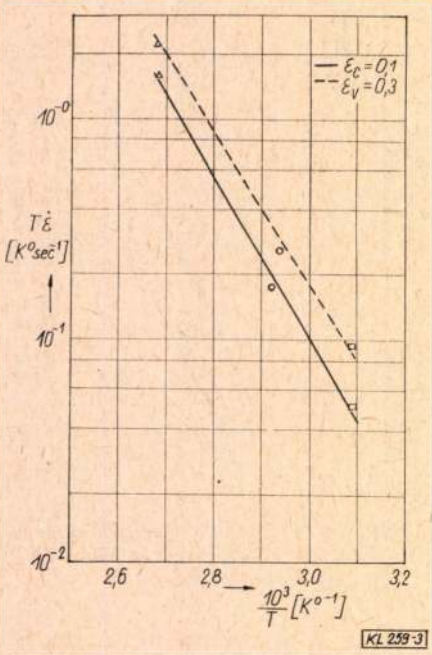
2. ábra. Az 50, 70 és 100 °C-on végzett mérések ε_c és ε_v értékei az alakítási sebesség függvényében (logaritmusos diagramban)

1. táblázat

	U [eV]	Q [eV]	$m+\beta$	Irodalom
Fe – H	0,28	—	—	9
Fe – C, N	0,55	0,79	—	9, 2
Ni – H	0,15	0,41	—	9
	0,08			1
Cu – Zn	0,12	—	2...3	1, 11
Al – Cu	0,3	—	—	1
Al – Mg	0,2 ...0,27	0,55	—	1, 7
Al – Zn	0,08...0,11	—	—	1
Al – Ge	0,17	—	—	1
Cu – Sn	0,5	0,79	2,8...3,2	7, 11
Al–Mg–Si	—	0,64	1,6	11

Meghatároztuk ε_c és ε_v értékeit, s az előzőek szerint ábrázoltuk. A *2. ábra* mutatja a lg $\dot{\varepsilon}$ – lg ε_c és a lg $\dot{\varepsilon}$ – lg ε_v összefüggéseket. Megállapítható, hogy ezek egyeneseket adnak. Az egyenesek iránytangensei — $m+\beta$, illetve $m+\beta+n$ — a hőmérséklettől függetlenek. Méréseink szerint $m+\beta = 2{,}05$, ami más rézötvözetek adataihoz hasonlít (*1. táblázat*). $m+\beta+n = 7{,}0$-ra adódott. A végpontok értékelése azonban eddig még igen kevés esetben történt meg, így összehasonlítási alap nincs.

A 2. diagramból olvastuk ki az $\varepsilon_c = 0{,}1$-hez, illetve az $\varepsilon_v = 0{,}3$-hoz tartozó $\dot{\varepsilon}$ értékeket. Ezeket felhasználva szerkesztettük a *3. ábrát*. Itt lg $\dot{\varepsilon}T$-t ábrázoltuk $1/T$ függbényében. Látjuk, hogy a pontok egymással közel párhuzamos egyenesekre esnek.



3. ábra. A $T\dot{\varepsilon}$ értékek logaritmusa $\varepsilon_c = 0{,}1$ és $\varepsilon_v = 0{,}3$ esetekben a $10^3/T$ függvényében

Az iránytangensből adódott $Q = 16{,}3$ kcal/mol = = 0,71 eV. Ez az aktivitási energia az Al-rézben való diffúziójának aktiválási energiájánál (39,1 kcal/mol) jóval kisebb. Ha azonban meggondoljuk, hogy az alakításkor képződő vakanciák növelik a mozgékonyságot, elfogadhatónak tűnik. Más ötvözetek *Le Chatelier-Portevin* effektusából mért aktiválási energiák ugyanilyen jeleget mutatnak (lásd a 1. táblázatot).

Összefoglalás

1. A folyást a mozgásképes diszkolációk számának hirtelen gyarapodása okozza.

2. Gyakorlati anyagokban a folyást mindig az oldott atom-diszlokáció kölcsönhatás miatti diszlokáció blokkolás okozza.

3. A blokkolás bekövetkezhet szakítás előtt (edzési öregedés, alakítási öregedés), vagy a szakítókísérlet közben a gyorsuló diffúzió és lassuló diszlokációmozgás következtében (dinamikus alakítási öregedés).

4. Cu—4,8% Al-ötvözetben az alumínium mozgásának aktiválási energiája 0,71 eV-ra adódott, a *Le Chatelier Portevin* effektus mérése alapján.

IRODALOM

[1] *Honeycombe, R. W. K.:* The Plastic Deformation of Metals. Edward Arnold, 1968.
[2] *Bergström, Y., Roberts, W.:* Acta Met. *19* (1971) 815.
[3] *Cottrell, A. H.:* Dislocations and Plastic Flow in Crystals. London, 1953.
[4] *Köster, W., Konzelmann, W.:* Z. Metallkunde, *54* (1963) 132.
[5] *Portevin, A., Le Chatelier, F.:* Compt. rend. *176* (1923) 507.
[6] *Russel, B.:* Phil. Mag. *8* (1963) 615.
[7] *Mc Cormick, P. G.:* Acta Met. *20* (1972) 351.
[8] *Räuchle, W., Vöhringer, O., Macherauch, E.:* Z. Metallkunde, *64* (1973) 46.
[9] *Combette, P., Grilhe, J.:* Mém. Sci. Rev. Mét. *67* (1970) 491.
[10] *Friedel, J.:* Dislocations. Pergamon Press, 1964.
[11] *Mc Cormick, P. G.:* Acta Met. *19* (1971) 463.

A Fémkohászattani Tanszék hírei

A Fémkohászattani Tanszéken június 25—26-án tartott diplomavédésen az alábbi hallgatók szereztek vas- és fémkohómérnöki oklevelet: *Cismaru Vasile, Dekovics András, Juhász Márta, Lévai József, Nagy István, Namesánszki Károly, Pados Attila, Szabados László, Tóth Elek.*

A diplomaterveket *dr. Czeglédi Béla, dr. Fuchs Erik, dr. Gergely Márton, dr. Klug Ottó, Kolosy Ernő, Romwalter Alfréd, dr. Várhegyi Győző* és *dr. Zámbó János* bírálta.

A 2. sz. Állami Vizsgáztató Bizottság elnöke *dr. Horváth Zoltán*, tagja: *Balsay István, dr. Czeglédi Béla, dr. Csabalik Gyula, Csutor Tivadar, dr. Énekes Sándor, dr. Molnár Imre, Romwalter Alfréd* és *dr. Stefán Mihály* volt.

A vas- és fémkohómérnökhallgatók fémkohászattanból, nyersvasgyártásból és acélgyártásból államvizsgáztak.

A diplomavédés eredményeit a következő adatok mutatják:

	Diplomaterv	Államvizsga	Oklevél minősítése
jeles	5	1	2
jó	3	3	—
közepes	1	4	6
elégséges	1	2	2
elégtelen	—	2	2

*

A hazai kohómérnökképzés korszerűsítésére *dr. Polinszky Károly* miniszterhelyettes szakértői bizottságot hozott létre. A bizottság *dr. Horváth Zoltán* tanszékvezető egyetemi tanár elnökletével 1973. június 5-én megvitatta a kohómérnökképzés tantervének irányelveit.

*

A hallgatók szavazata alapján a NME KISZ-Bizottsága *dr. Sziklavári Károly* egyetemi docensnek „Kiváló Nevelő" címet és az ezzel járó ólomkristály vázát adományozott.

*

Az 1973. évi pedagógusnapra a fiatal oktatók és kutatók részére a rektor pályázatot írt ki.

Tanszékünkről *Szepessy Andrásné* tanársegéd: „Nagy réz- és kénsavtartalmú vizes oldatok oldószeres extrakciója LIX-70 reagenssel" és *Buda Judit* üzemmérnök „Rézszulfidok klórozó pörkölésénél lejátszódó folyamatok termodinamikai vizsgálata" c. dolgozataikkal III. díjat kapott.

*

Június 12—13-án Pécsett a Ritkafém Tárcaközi Koordináló Bizottság, Magyar Tudományos Akadémia, Nehézipari Műszaki Egyetem, Mecseki Ércbányászati Vállalat és MTA Pécsi Akadémiai Bizottság szervezésében a „II. Országos Ritkafém Ankét"-on a Fémkohászattani Tanszékről *dr. Horváth Zoltán* egyetemi tanár—

Szepessy Andrásné tanársegéd: „Kénsavas rézszulfátoldatokból a réz extrakciója" és *Riedl István* egyetemi adjunktus „Nagyon tiszta $MnCO_3$ előállítása" címmel tartott előadást.

*

Dr. Czekkel János egyetemi docens, dékánhelyettes, *dr. Sziklavári Károly* egyetemi docens, a Kohómérnöki Kari pártalapszervezet titkára és *Barna Géza* dékáni hivatalvezető június 11-én Bulgáriába utazott. A Kohómérnöki Kar képviselői a szófiai Gépipari Elektrotechnikai Főiskolával megkötendő együttműködési szerződést készítettek elő.

*

A IV. éves vas- és fémkohómérnökhallgatók május 2-től június 23-ig szakmai termelési gyakorlaton vettek részt. A fémkohászati témájú diplomatervezőt kért hallgatók az alábbi üzemekben töltötték a gyakorlatot:

V. 2—V. 5.	Metallochemia
V. 5—V. 26.	Csepel Vas- és Fémmű
V. 26—VI. 23.	Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohó

S. A.

A Fémkohászati Szakosztály hírei

Az ajkai timföldes szakcsoport részéről *Tóth Zoltán* tartott előadást a helybeli erőmű ETE csoportja számára az új timföldgyárról márc. 18-án. Az előadást üzemlátogatás követte.

„Az alumíniumipari készletgazdálkodás néhány időszerű kérdése" címmel *dr. Galambos Sándor* a szakosztály közgazdasági szakcsoportja részéről tartott előadást Ajkán május 28-án. Az előadást hasznos vita követte.

P. P.

Fémkohászati műszaki és gazdasági hírek

Görögország csökkenti bauxitkivitelét

A görög nemzeti gazdasági minisztérium közölte Athénben, hogy csökkenteni szándékozik ez évi bauxitkivitelét 1265 et-ra az 1971. évi 1295 és az 1972. évi 1265 et-ról. A minisztérium meghatározza évenként a bauxit kiviteli mennyiségét és a fent említett csökkentés ellenére mégis felemelte a kivihető bauxit mennyiséget 465 et-ra 1973-ban az előző évi 462 et-ról az Európai Közös Piac (EWG) országokba Anglia kivételével. Szovjetunió 450 et-t kap változatlanul ebben az évben legnagyobb egyedi átvevőként. Görögország bevétele elért 9,6 millió $-t bauxitkivitelből 1972-ben, viszont alumíniumkivitelének értéke kitett összesen 49,5 millió $-t az elmúlt évben. A görög kormány arra törekszik ezért, hogy további alumíniumkohót létesítsen a jelenlegi egyetlen kohón felül és a francia Pechiney vállalat építteti ezt a kohót. A kormány előtt fekszik az amerikai Alcoa és Reynolds Metals vállalatok és a görög—szovjet csoport javaslata is további alumíniumkohó létesítésére.

Metall 1973. 5. f. 522. o.

Az egyiptomi bánya-, kőolaj- és iparügyi miniszter kijelentette, hogy Egyiptom függetleníteni szándékozik a teljes arab világot a világ alumíniumkoncern monopoliumától, ezért létesít egy alumíniumművet a szovjet szakértőkkel együtt dolgozva Felső-Egyiptomban és ennek kell beindítani üzemét 1974-ben. Az ehhez a műhöz tartozó alumíniumkohó teljesítménye eléri majd az évi 100 et teljesítményt (jelenleg Egyiptom évi alumínium szükséglete 25 et/év). Ezen mű energiafelhasználása igénybe veszi az asszuani duzzasztómű villamostelep teljesítményének kereken 20%-át.

Metall 1973. 6. f. 642. o.

A világ minden részén számolni kell a réz felhasználás emelkedésével a következő években és ezzel együtt a rézár emelkedésével is 1981-ig. A londoni Bankers Trust végzett vizsgálatot a fentiek értelmében a világ rézpiacának kilátásairól és ezt közzétette. Legnagyobb réz felhasználás növekedés lép fel valószínűleg a tőkés világ fejlődő országaiban, miként Kelet-Európában és Kínában. Ezért a hagyományos rézfelhasználó országoknál Európában és az Egyesült Államoknál biztonsággal a világ felhasználás a felénél kevesebb esik.

A finomított réz termeléséből és felhasználásából a tőkés világ országaiban az 1973—77-ben a vizsgálatok szerint a következő mennyiségek esnek (millió t)

Év	Termelés	Felhasználás
1973	6,87	6,70
1974	7,33	7,15
1975	7,64	7,43
1976	7,90	7,65
1977	8,40	8,05

Metall 1973. 6. f. 644. o.

*

K. J.

Az Iralco (Iranian Alumínium) megkezdte 1972. év végén Arak iparvidéken (Irán) Teherántól kb. 250 km-re az első iráni alumíniumkohó üzembe helyezését évi 45 000 t tervezett kapacitással. A gyártmányválaszték: ötvözött és ötvözés nélküli tömb, körkeresztmetszetű tartók, hengerdei és dróthúzási bugák. Nyersanyagul importált tömböket használnak. A 100 MW beépített teljesítményű üzemhez szénelektródgyártó üzem is tartozik és az elszállítás lebonyolítására Banda Shapur (Perzsa-öböl) kikötőjében megfelelő anyagvizsgáló anyagmozgató és emelő berendezések.

A know-howt az Iralco-ban tőkeérdekeltséggel is részt vevő Rynolds International szállította.

Aufbereitungstechnik, 1972. 12. sz.

*

A jugoszláviai Istarski Boksiti Rovinj-i bányájából ez évben várhatóan 150 ezer tonna bauxitot fog kitermelni. E mennyiség felét Jugoszláviában dolgozzák fel, másik felét pedig exportálják. A vállalat tradicionális piaca Olaszország, a közelmúltban azonban Angliával, az NDK-val és a Szovjetunióval kezdett tárgyalásokat bauxit exportjáról.

Az Istarski Boksiti további bauxit lelőhelyek után kutat az Adriai-tenger északi partvidékén.

Metal Bulletin, 1973. május 22.

*

A Naj Hamadiban évi 100 ezer tonna kapacitásúra tervezett első egyiptomi alumíniumkohó timföldellátására nemzetközi tendert írtak ki. A szállítási szerződést a japán Nippon Light Metal nyerte el.

Metal Bulletin, 1973. június 1.

*

Az 1971. évi több mint 1 millió tonnával szemben 1972. folyamán Kanadában 930 ezer tonna kohóalumíniumot termeltek. A termeléscsökkenést főként az amerikai Reynolds leányvállalatának 2,5 hónapos sztrájkja váltotta ki. Az elmúlt év folyamán a kanadai kohóalumíniumgyártó kapacitás kihasználtsága 88%-os volt.

Kanada 1972-es kohóalumínium-fogyasztása meghaladta a 280 ezer tonnát, ami az 1971-es adathoz képest 10%-os növekedést jelez.

Tavaly az ország bauxitbehozatala 2,4 millió tonna volt, melyet súllyal Guyanaból, Surinamból és Sierra-Leoneból importáltak. A kanadai timföldimport 1972-ben 725 ezer tonna volt, ami 22%-kal maradt el az előző évi színvonaltól. Kanada kohóalumíniumkivitele az 1971. évi 806 ezer tonnáról 1972-re mintegy 700 ezer tonnára esett vissza. A fő vásárlók az alábbi országok voltak:

	1971	1972
USA	408	442
Anglia	95	73
Japán	95	70
NSZK	31	18
Brazília	13	12

Bki, 1973. május 26.

*

Japán elsődleges alumíniumgyártó kapacitása 87%-os kihasználtsággal üzemel.

A dekonjunktúrát a $ leértékelés és a yen lebegtetéséből adódó pénzügyi helyzeten kívül a fém importárak növekedésével magyarázzák.

Emellett jelentős tényezőként értékelik, hogy az Alcan, mely 1972-ben 80 ezer tonna, 1973-ban pedig eddig 100 ezer tonna alumíniumtömböt adott el Japánnak, mesterséges keresletnövekedést idéz elő azáltal, hogy tételeinek egy részét visszavásárolta.

Japán elsődleges alumíniumigénye az 1973—1974. pénzügyi évben előrejelzések szerint eléri az 1,4 millió tonnát, ami 13,4%-kal magasabb lesz az előző évinél.

A szükségletnek csaknem 80%-át hazai forrásból elégítik ki, kb. 380 ezer tonnát pedig importból fedeznek.

Metal Bulletin, 1973. május 15.
Mining Journal, 1973. május 18.

*

1972-ben Lengyelország elsődleges alumíniumtermelése az előző évhez hasonlóan 100 ezer tonna volt, előrebecslések szerint 1985-ben az ország alumíniumfogyasztása eléri a 285 ezer tonnát.

Alumínium, 1973. május

*

Több hírügynökség egybehangzó jelentése szerint a tőkés világpiacon, ezen belül pedig főként Japánban növekedett a kereslet a mangánérc iránt, annak ellenére, hogy a felhasználók évi fogyasztásukat már szerződésekkel biztosították.

Míg a mangánérc tavalyi nyugat-európai piaci ára 65—69 cent/tonna (mangán-százalékonként) volt, ez 1973-ra 69—73 cent/tonnára emelkedett.

Bikl, 1973. május 15.

*

Ausztrália hosszú lejáratú kereskedelmi megállapodást kötött a Szovjetunióval, melyben többek között szerepel, hogy a Szovjetunió nagy mennyiségben fog bauxitot és timföldet Ausztráliától vásárolni. (Mennyiséget nem közöltek.)

Alumínium, 1973. április

*

A „Cia Brasilaira de Aluminio" azt tervezi, hogy Sao Paulo melletti Sorocababan évi 40 ezer tonnás termelésű alumíniumkohójának kapacitását 100 ezer tonnára növeli.

Metal Bulletin, 1973. május 12.

*

A Scalistiri Refractory Brick Works termeli az exportra kerülő görög magnezit 70%-át.

1959-ben Euboea szigetén kezdték meg a magnezit kitermelését, és ezt nyers állapotban exportálták, mely magnezittéglaként kerül forgalomba. A gyár kapacitása 42 ezer tonna/év.

Mining Journal, 1973. május 11.

KÖZLEMÉNY

A KÉT KÖTETES ACÉLKATALÓGUS MEGJELENÉSÉRŐL

Ismét kapható a MAGYAR VAS- ÉS ACÉLMŰVEK GYÁRTMÁNYAINAK JEGYZÉKE, az új, átdolgozott és bővített kiadású ACÉLKATALÓGUS.

Az első kiadás 1966-ban jelent meg. Az azóta bekövetkezett változások figyelembevételével készült kiadvány teljes körű áttekintést nyújt arról az acéltermék-választékról, amit a vaskohászati üzemek szállításra elvállalnak. A katalógust a magyar Vas- és Acélipari Egyesülés szerkesztette, és az a vaskohászati üzemek szakembereinek bevonásával készült; ily módon az iparág egészét felöleli.

A Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó gondozásában megjelent új ACÉLKATALÓGUS jelentős segítséget nyújt valamennyi — az acélokat felhasználó — iparvállalat, tervezőintézet, valamint az anyaggazdálkodók, az anyagbeszerzők számára.

A két kötetes kiadvány ára: 160,— Ft.

Csak a SZABVÁNYBOLT árusítja!

(Budapest V., Szent István tér 4.)

Megrendelhető postai levelezőapon vagy levélben a SZABVÁNYBOLT levélcímén: 1374 Budapest, Postafiók 556.

Telefon: 180-906, 181-694, 182-992

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

106. ÉVFOLYAM



AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET LAPJA
BUDAPEST, 1973. NOVEMBER HÓ 11

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

Горный и Металлургический Журнал **Металлургия**
Zeitschrift für Bergbau und Hüttenwesen **Hüttenwesen**
Mining & Metallurgical Journal **Metallurgy**

ALAPÍTOTTA: PÉCH ANTAL 1868-ban

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET

A MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI EGYESÜLETEK SZÖVETSÉGE TAGJÁNAK LAPJA

Szerkesztőség: 1061 Budapest VI., Anker köz 1. I. 105.
Tel.: 426-795

TARTALOM

RÉTHY KÁROLY—RAISZ MIKLÓS: A diósgyőri nagyolvasztó folyamatidentifikációja 481
KOVÁCS ZOLTÁN—HEVESI IMRE—DR. PETREI LAJOS: Acélüstök döngölési kísérletei során szerzett üzemi tapasztalatok 490
CLEMENT ANDOR—DR. TÓTH JÁNOS—DR. VERŐ BALÁZS: A szakítódiagram kezdeti szakaszának fémtani — képlékenységtani elemzése lágyacélok esetén 496
SIMON LÁSZLÓ: Durvakerámiai termékek gyorsszárítási feltételeinek vizsgálata 503
Szabványosítási hírek 505
Műszaki és gazdasági hírek 506
Egyesületi hírek 507
Személyi hírek 508

FÉMKOHÁSZAT

DR. KISS ERVIN: Alumínium szélesszalagok hengerlési paraméterei és a termékek méretpontossága közötti korelációs kapcsolatok 509
ÁDÁM JÁNOS—ARADI ANTAL: A timföldek kohászati paramétereinek vizsgálata 513
HOLLÓSI JÁNOS: Általános timföldgyári használatra kialakított szabályozó szelepek 518
IMRE ALADÁR: Centrifugálszedimentométer μm-nél kisebb szemcseméretű anyagok szemcse-eloszlásának mérésére 521
SOLT RICHÁRD 526

ÖNTÖDE

BUDINSZKY TIBOR: Austenites öntöttvasból gyártott vízszivattyú lapátkerék 241
FARNADY LÁSZLÓ: Matematikai modell öntvénygyártás számítógépes irányítására 248
VITÉZY TAMÁS: A nyersformákban öntés után uralkodó gáznyomás elméleti vizsgálata 251
Üzemi hír 254
Nemzetközi szabványosítási hírek 254
SÁRKÖZY GYÖRGY: Hidegen és melegen kötő maghomokkal dolgozó gépek üzeme és a magszekrények igénybevétele 255
LÁNG KÁROLY: Sorozatgyártáshoz alkalmas magszekrények kifejlesztése 258
Üzemi hír 261
A levegőszennyezésről és környezeti ártalmakról 262
Szakosztályi hírek 262
Könyvismertetés 263

Megjelenik havonként

Egyszámlaszám egyesületi tagok részére: Magyar Nemzeti Bank 61 770

Egyévi előfizetés: 180,— Ft. Egyes példányok ára: 15,— Ft

Bányászati és Kohászati Lapok — **KOHÁSZAT**

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1906 Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-293. Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató 73. 11., 1637 — Révai Nyomda, Budapest V., Vadász utca 16.
F. v.: Povárny Jenő

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (KHI 1900 Budapest, József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára

Külföldön terjeszti a „Kultúra" Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat, H—1389 Budapest, Postafiók 149

Index: 25,155

ÉVFOLYAM ГОД JAHRGANG YEAR 106

SZÁM № Nr. No. 11

NOVEMBER НОЯБРЬ NOVEMBER NOVEMBER 1973

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

ЖУРНАЛ ГОРНОГО ДЕЛА И МЕТАЛЛУРГИИ МЕТАЛЛУРГИЯ
ZEITSCHRIFT FÜR BERG UND HÜTTENWESEN HÜTTENWESEN
JOURNAL OF MINING AND METALLURGY METALLURGY

СОДЕРЖАНИЕ

К. Рети—М. Раис: **Идентификация процессов, происходящих в доменной печи в Диошдьёре** С 481

Авторы рассказывают об оценке данных заводских измерений, полученных у доменной печи. Целью оценки являлось определение модели процесса, происходящего в данной системе и определение надежности ожидаемых результатов при управлении процессов с помощью счетных машин. Приведены самые характерные статические и динамические зависимости.

Золтан Ковач—Имре Хевеши—д-р Лайош Петреи: **Заводские опыты по трамбованию стальных ковшей** ..... С 490

По сравнению с обычной обмуровкой ковшей, требующей длительного времени и значительных расходов за границей широко распространяется трамбование стен ковщей. Авторы приводят результаты исследований по трамбованию ковшей, проведенных на металлургическом комбинате в Озде. Сопоставительная оценка расходов для ковшей, имеющих обычную и трамбованную стенки.

А. Клемент—д-р Й. Тот—д-р Б. Верё: **Пластично-металловедческий анализ начального периода диаграммы растяжения в случае мягких сталей** ..... С 496

Авторы обращая специальное внимание на стадию удлинения при течении проводят пластично-металловедческий анализ диаграммы растяжения мягких сталей. По анализу деформации, соответствующей удлинению при течении авторы по новому объясняют поведение дрессированных пластин при растяжении. Они занимаются факторами, определяющими равномерное удлинение, т. е. показатель упрочнения и анализом $\delta' = k \cdot \varepsilon^n$ зависимости между истинным напряжением и логарифмическим удлинением.

Ласло Шимон: **Исследование условий быстрой сушки грубых керамических продуктов** .... С 503

Образование трещин в сырых грубых керамических продуктах, чувствительных на сушку можно уменьшить таким химико-физическим действием, которое располагается между действиями предварительного растяжения и сушки. Если предварительно растянутые сырые фасоны обрабатываются в растворе водянного стекла и отработанного сульфитного шелка, тогда в процессе сушки проявится процесс влажной диффузии однородного напряжения и поскольку раствор является полупропускающим образуется пленка водянного пара на фасоне. Таким образом время, необходимое для сушки уменьшается на одну третью часть, а прочность готового продукта увеличится на 26%.

Д-р Эрвин Киш: **Корреляционные зависимости между параметрами прокатки широких алюминиевых лент и размерной точностью продукта** ..... С 509

При определении качества холоднокатаных широких лент расхождения размеров по длине и ширине имеют особую важность. Расхождения размеров могут быть сведены в частности к технологическим параметрам прокатки и к упругой деформации различных элементов прокатного стана. В многосторонних корреляционных зависимостях важную роль играют растягивающие напряжения в ленте вызванные натяжкой ленты, нагрев во время прокатки, распределение температуры и упругая деформация валков.

Янош Адам—Антал Аради: **Исследование металлургических параметров глиноземов** .... С 513

Для численного определения различных физических свойств глиноземов стандартными и новыми методами исследовались глиноземы, качество которых было определено на заводе. Искали зависимости между различными физическими величинами. С помощью нами разработанной установки для исследования были определены численые, восстанавливаемые зависимости между величиной уклона, бензольным числом и свойствами пыльности. Согласно полученным результатам любой из этих данных может быть использован для численного определения остальных двоих.

Янош Холлоши: **Регулирующие клапаны общего применения на глиноземных заводах** ..... С 518

Одной из основных проблем, возникающих при автоматизации технологии на глиноземном заводе является применение регулирующих клапанов, противостоящих различной переменной нагрузки. Исполняющее устройство регулирующих клапанов — как пневматическое, так и электрическое — в общем является удовлетворительным. Однако применяемые вмешивающие устройства в случае важных параметров технологического процесса на глиноземном заводе вызывают значительные трудности.

И. Аладар: **Центробежноседиментометр для измерения распределения зерен материалов с размерами зерен меньше 5 μ** ..... С 521

Методы измерения распределения зерен в каждом случае связаны с измерением физических параметров, связанных с размером зерен. Сложность метода растет с уменьшением размеров зерен и определение функции распределения в случае зерен, с размером меньше 5 μ становится особенно трудным.

Несмотря на эти трудности, измерение распределения зерен мелкозернистых материалов в настоящее время уже является решенной проблемой. В начале научные методы измерения в настоящее время приобрели промышленное значение и этот факт привел к упрощению методов измерения, требующих много времени.

В данной работе описывается простой центробежноседиментометр для промышленных измерений, нижний предел измерения которого тот же самый что у электронного микроскопа, но диапазон измерения несколько больше.

CONTENTS

K. Réthy—M. Raisz: **Process identification of the Diósgyőr blast furnace** ..... **P 481**

The authors report on the evaluation of operational data of a blast furnace shop, carried out with the intention of determining the process model of the system and estimating the reliability of the results to be expected in process control by computer. The main characteristic static and dynamic relationships are presented.

Z. Kovács—I. Hevesi—Dr. L. Petrei: **Experiences with ramming commercial steel ladles** ..... **P 490**

Abroad ladle linings are being produced increasingly by ramming instead of the traditional bricklaying technology which is cost- and time-consuming. The authors describe the ladle ramming tests at the Ózd Metallurgical Works and present a comparative cost calculation for traditional lining and ramming of ladles.

A. Clement—Dr. J. Tóth—Dr. B. Verő: **Characterization of the initial stage of the tension diagram of soft steels from the point of view of metal physics and theory of plasticity** ..... **P 496**

The authors carry out an analysis of the tension diagram of soft steels from the point if view of metal physics and theory of plasticity, with special regard to the phase corresponding to yield elongation. From the analysis of the corresponing deformation the behaviour of rolled sheet in tension is explained in a novel way. The factors defining uniform elongation, i. e. the hardening exponent, are discussed, together with the relationship between true stress and natural elongation $\sigma = k\varepsilon^n$.

L. Simon: **A study of the drying conditions of coarse ceramic products** ..... **P 503**

Crack formation in coarse ceramic products which are sensitive to drying may be reduced by a physico-chemical procedure inserted between the processes of preliminary drawing and drying. When the pre-drawn crude products are treated with a solution of waterglass and sulphite liquor a process of moisture diffusion at homogeneous tension takes place during drying since the solution forms a semipermeable layer with water vapour depression on the part. The drying time is reduced to one third and the strength of the finished part increases on an average by 26%.

Dr. Ervin Kiss: **Correlation between the rolling parameters of side aluminium strip and the dimensional accuracy of the product** ..... **P 509**

The longitudinal and transverse dimensional deviations are very significant in the evaluation of cold-rolled wide strip. The dimensional variations may be traced back to rolling parameters and to the elastic deformation of various elements of the rolling mill. Strip tension, due to the tensioning of the strip, the rise of temperature during rolling, the temperature distribution and the elastic deformation of the rolls are important elements of the correlations.

János Ádám—Antal Aradi: **A study of the metallurgical parameters of alumina** ..... **P 513**

An investigation has been carried out with standardized and novel methods on alumina types evaluated in the factory to measure various physical properties. Relationships have been sought between the physical parameters. Numerical, readily reproducible connexions have been found beween the angle of slope, the benzene number and the dusting properties, using a modified dusting test apparatus. According to the results each of the above three data may be used to derive the numerical values of the other two.

János Hollósi: **Regulator valves for general use in alumina factories** ..... **P 518**

One of the main problems in the automation of alumina factory technology is the application of various regulator valves with varying performance. The executive organs of these valves — pneumatic or electric devices — are usually satisfactory. However, the intervening organs cause many problems in the case of important parameters of the alumina factory technology.

A. Imre: **Measuring the grain-size distribution of materials with a grain size below 5 μm with the centrifugal sedimentometer** ..... **P 521**

Methods for measuring grain size distribution are always based on the measurement of physical parameters depending on the grain size. The complexity of the methods increases with the reduction of grain size and the determination of the distribution function becomes especially difficult in the grain size domain below 5 μm.

In spite of these diffisulties the measurement of grain-size distribution in very fine-grained substances may be regarded as more or less solved. However, the initially scientific methods have gained significance for industry and it has become necessary to simplify the time-consuming methods for industrial purposes.

We present a simple centrifugal sedimentometer for industrial measurements with a lower limit of measurement corresponding with that of the electron microscope while the range, of measurement is somewhat wider that that of the electron microscope.

INHALT

K. Réthy—M. Raisz: **Bestimmung Hochdes ofenprozesses im Werk Diósgyőr** ..... S 481

Auswertung der Betriebsmessangaben des Hochofens mit dem Ziel das Prozessmodell des Systems zu bestimmen, weiter das Schätzen der Verlässlichkeit der mit einem Komputer-Prozessregelung erwartbaren Ergebnisse. Die kennzeichnendsten und dynamischen Zusammenhänge.

Z. Kovács—I. Hevesi—Dr. L. Petrei: **Betriebfahrungen mit dem Ausstampfen von Stahlpfannen** .. S 490

Anstatt dem teuren und arbeitsansprüchigen Ausmauern von Stahlpfannen verbreitet sich im Ausland immer mehr das Ausstampfen des Pfannen. Beschreibung und Ergebnisse der im Hüttenwerk Ózd durchgeführten Versuche mit Ausstampfen von Pfannen. Vergleichende Kostenrechnung des herkömmlichen Ausmauerns und des versuchsmässigen Ausstampfens.

A. Clement—Dr. J. Tóth—Dr. B. Verő: **Die metallkundliche und bildsamkeitskundliche Analyse des ersten Abschnittes von Zerreissdiagrammen der Weichstahle** ..... S 496

Analysiert wurde der Krummabschnitt der Fliessdehnung entsprechenden Formänderung wird das Verhalten der dressierten Feinbleche beim Zerreissen neuartig erläutert. Die die Gleichdehnung, bzw. den Erhärtungsexponenten bestimmenden Faktoren werden ebenfalls behandelt, sowie auch der Zusammenhang zwische der wahren Spannung un der Dehnung ($\sigma = k\varepsilon$)

L. Simon: **Untersuchung der Bedingungen des Schnelltrocknens von grobkeramischen Erzeugnissen** ..... S 503

Die Rissempfindlichkeit der rohen und auf das Trocknen empfindlichen grobkeramischen Erzeugnisse kann mit einem physikalisch-chemischen Prozess vermindert werden, welches zwischen dem Vorziehen und dem Trocknen eingegliedert wird. Wenn die vorgezogenen, rohen Formstücke in Wasserglas und Sulfitablauge behandelt werden, dann entwicklet sich während des Trocknens ein Diffusionsprozess mit homogener Spannung, da die Lösung ein halbdurchlässiges Wasserdepressionshäutchen an den Formstücken bildet. Somit kann die Trocknungszeit auf ein drittel vermindert werden, die Festigkeit des Fertigproduktes erhöht sich dabei um etwa 26%.

Dr. Ervin Kiss: **Korrelations verbindung zwischen den Walzparameters von Aluminium-Breitband und der Massgenauigkeit des Troduktes** ..... S 509

Bei der Bewertung von kaltgewalztem Breiband sind die Massabweichungen in Längs- und Querrichtung besonders wichtig. Diese sind teils auf walztechnologische Parameter zurückzuführen und teils auf die elastische Verformung einzelner Teile der Walzstrasse. In den vielseitigen Korrelatiocs verbindungen spielen die infolge der Bandanspannung im Band auftretenden Zugspannungen eine wichtige Rolle. Weitere Parameter sind die Erwärmung beim Walzen, die Temperaturverteilung und die elastische Verformung der Walzen.

János Ádám—Antal Aradi: **Trüfung der metallurgischen Parameter von Tonerden** ..... S 513

Mit Tonerden, die in der Fabrik bewertet wurden, haben wir mit standardisierten und neuen Verfahren Prüfungen durchgeführt, in die numerischen Werte verschiedener physikalischer Parameter festzustellen. Beziehungen zwischen den physikalischen Messzahlen wurden gesucht. Wir haben gut reproduzierbare numerische Zusammenhänge zwischen dem Böschungswinkel, der Benzolzahl und den Staubungseigenschaften gefunden, wobei eine neuartige, von uns erfundene Staubungsprüfeinrichtung verwendeten, Den Ergebnissen tufolge ist eine jede der drei obigen Angaben zur numerischen Bestimmung der übrigen zwei geeignet.

János Hollósi: **Regelventile zum allgemeinen Gebrauch in der Tonerdefabrik** ..... S 518

Bei der Automatisierung der Tonerdetechnologie ist eines der Hauptprobleme die Anwendung verschiedener Regelventile mit wechselnder Belastung. Das Durchführungsorgan — pneumatisch oder elektrisch — des Regelventils ist meistens geeignet. Doch verursachen die gebräuchlichen Eingriffsorgane im Falle wichtiger Parameter der Tonerdefabrikstechnologie grosse Probleme.

A. Imre: **Messung der Kornverteilung von Stoffen mit Korngrössen unter 5 Nm mit dem Zentrifugalsedimentometer** ..... S 521

Die Kornverteilungsmessungen beruhen immer auf der Messung von physikalischen Parametern, welche mit der Korngrösse zusammenhängen. Die Kompliziertheit der Verfahren wächst mit abnehmender Korngrösse und im Korngrössenbereich unter 5 μm ist die Bestimmung der Verteilungsfunktion besonders schwierig.
Trotz der Schwierigkeiten kann das Messen der sehr feinkörnigen Stoffe als grössenteils gelöst gelten. Die anfangs wissenschaftlichen Verfahren haben industrielle Bedeutung erlangt und deshalb mussten die zeitaufwendigen Verfahren vereinfacht und den Betriebsbedingungen angepasst werden.

Die Arbeit beschreibt einen einfachen Zentrifugalsedimentometer für Betriebszwecke; die untere Messgrenze ist der des Elektronenmikroskops gleich, doch ist der Messbereich etwas grösser.

Főszerkesztő:
ÓVÁRI ANTAL

Szerkesztők:
DR. FUCHS ERIK, GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ, RUHMANN JENŐ

Szerkesztő bizottság:
BALÁZS FÜLÖP, DR. BECKER ERVIN, BOROSSAY BÉLA, CSEH MIKLÓS, DR. HAJTÓ NÁNDOR, DR. KÁLDOR MIHÁLY, KÉZDI ÁRPÁD, KOLLÁR SÁNDOR, DR. MÓCSY ÁRPÁD, PINTÉR ANDRÁS, DR. PILISSY LAJOS, DR. REMPORT ZOLTÁN, ROMWALTER ALFRÉD, SELMECZI BÉLA, SZELESS LÁSZLÓ, SZŐKE LÁSZLÓ, SZŰCS ENDRE, VAS IVÁN, DR. VERŐ BALÁZS.

A rajzokat készítette: KÜRTÖS MARGIT.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET FOLYÓIRATA

106. évfolyam 11. szám 1973. november

A diósgyőri nagyolvasztó folyamatidentifikációja

RÉTHY KÁROLY okl. kohómérnök
Lenin Kohászati Művek

RAISZ MIKLÓS okl. villamosmérnök
VILATI

DK 62—501.72:669.162.26

A szerzők beszámolnak egy nagyolvasztómű üzemi mérési adatainak kiértékeléséről, melynek célja a rendszer folyamatmodelljének meghatározása és a számítógépes folyamatirányítás során várható eredmények megbízhatóságának becslése volt. Közlik a legjellemzőbb statikus és dinamikus összefüggéseket.

A nagyolvasztókban történő nyersvasgyártás termelékenységének növelése aktuális feladat. Mindenekelőtt a meglevő kapacitások jobb kihasználásával, újabb technológiai eljárások kidolgozásával igyekeznek fokozni a termelékenységet, de előtérbe kerülhet új, és egyre nagyobb méretű kohók építése is. Egyidejűleg jelentős törekvések irányulnak a nyersvasgyártás gazdaságosságának fokozására is. Ebből a szempontból különösen nagy jelentősége van a fajlagos tüzelő és redukáló anyagok csökkenését elősegítő tényezők vizsgálatának. Ezen tényezők mindegyike valamilyen módon a kohóba adagolt, és az aknában lefelé süllyedő anyagok, valamint a felfelé áramló gázok fizikai és kémiai egymásrahatásának, ezen keresztül pedig az indirekt redukció kialakulásának mértékét határozza meg.

Az elegyviszonyok

Az anyagoszlopnak a gázáramlással szemben kifejtett ellenállása nagymértékben függ az elegy összetételétől, az elegyalkotók részarányától, azok fizikai és kémiai tulajdonságaitól.

a) *Az ércadagsúly*

Az ércadagsúly hatása a kohó járatára az ércnek a kokszénál nagyobb lejtési szögéből és kisebb szemcseméretéből adódik. Az ércadagsúly növelése az elegyben ezért a kerület fokozottabb terhelését jelenti, melynek eredményeképpen az aknagáz CO_2-tartalma a kerület mentén megnövekszik, míg a középső részen kialakult nagyobb gázátvonulás miatt a gázenergia kihasználásának romlása következtében a CO_2-tartalom csökken. Az ércadagsúly növelésének említett hatása a szemcseméret növekedésével csökken, mivel az ilyenkor kialakult ércréteg porozitása nagyobb, és ily módon kisebb ellenállásnövekedést jelent a gázáramlással szemben. Hasonlóképpen jelentéktelen változás tapasztalható az előző állapothoz viszonyítva abban az esetben, ha az ércadagsúly túlzott mértékű növelése miatt a kohó középvonalában is vastag ércréteg alakul ki.

b) *A zsugorítvány részaránya*

A nyersvastermelés fokozása egyre inkább az elegy minél jobb előkészítésével, a kedvező fizikai, metallurgiai tulajdonságú zsugorítvány vagy pelletek nagyobb arányú felhasználásával érhető el.

Nem közömbös, hogy az ércadagban milyen a nyersvas és a zsugorítvány részaránya, mivel ez megváltoztatja az egész elegy kémiai és fizikai tulajdonságait, részben a zsugorítvány kis fajsúlya, részben kisebb kokszszükséglete következtében. A zsugorítvány részarányának növelése csökkenti a kohóba priméren adagolt mészkő mennyiségét, ami a kedvező redukciós tulajdonságokon túlmenően a termelés további növelését teszi lehetővé. Lejtésszöge közel azonos a kokszéval, ami egyenletes vastagságú elegyréteg kialakulását teszi lehetővé.

Az elegyelőkészítés mértékének növelésével, a zsugorítvány felhasználásával az anyagoszlop gázáramlással szembeni ellenállása kisebb és egyenletesebb lesz a kohó keresztmetszetében, ami az aknagáz CO_2-tartalmának egyenletesebb változásában is megmutatkozik, természetesen csak akkor, ha a zsugorítvány kielégíti a vele szemben támasztott fizikai és kémiai követelményeket: kis portartalom, vagy osztályozott adagolás, megfelelő porozitás, megfelelő magas Fe-tartalom, bázicitás, valamint jó redukáló képesség.

Az adagolási viszonyok és a gázárameloszlás összefüggése

Az anyagoszlop elhelyezkedése, az érc- és kokszrétegek kialakulása jelentős mértékben függ az adagolás szintjétől, és az érc-koksz adagolásának sorrendjétől.

a) *Az adagolási szint magassága*

A ma már csaknem valamennyi jelentősebb és korszerűbb kohóüzem által használt két, vagy többkúpos adagolási rendszernek igen jelentős szerepe van a gázárameloszlás szabályozásában. Nem lényegtelen ugyanis az anyagelrendeződés szempontjából az a távolság, melyet a nagykúpról leömlő anyagnak az elegyszintig meg kell tenni adott kúp- és torokméretek mellett.

Ha az adagolási szint túlságosan magas — a nagy kúptól mérve az elegyszint távolsága kicsi —, az anyag szóródási útja nem elegendő ahhoz, hogy a kerület mentén is megfelelő vastagságú anyagréteg alakuljon ki, ezáltal a kerület mentén kisebb lesz a gázáramlással szembeni ellenállás. Ennek megszüntetése a szóródási szög (nagykúp átmérő), vagy a szóródási út (adagolási szint) növelésével lehetséges. A gyakorlatban az utóbbi megoldás használatos, de foglalkozni kell a torokzáró és adagoló kúpok optimális méreteivel is.

Az optimális adagszint az elegyviszonyoknak, a kohó konstrukciójának — különösen a torok — és nagykúpátmérő különbségének — függvénye, ezért minden kohóra az adott konstrukciós és elegyviszonyok figyelembevétele mellett kell a legkedvezőbb adagolási szintet meghatározni.

b) *Az adagolási rendszerek*

A gázárameloszlásnak az adagolási sorrend változtatásával történő szabályozása a kohóvezetés egyik lényeges tényezője. A koksz és érc együttes, illetve külön adagolása megváltoztatja az anyagoknak a kohótorokban való elhelyezkedését.

A kerületi gázelemzések szerint mindkét adagolási rendszernél közel azonos a gáz CO_2-tartalma, az olvasztó középvonalában azonban külön adagolás esetében (két vagy több kúpnyitás) a gáz CO_2-tartalmának növekedése tapasztalható.

Több kúpnyitásos adagoláskor az egyes nagykúpnyitások közötti idő csökken, így a beadagolt érc csak kevéssé változott kokszfelületre hull. Ez elősegíti az ércnek a kohó tengelyébe való jutását, aminek következménye a központi gáz CO_2-tartalmának növekedése.

Az adagolási szisztémák számtalan variációjából az adagolási szinthez hasonlóan, mindig a helyi viszonyoknak megfelelő, az optimális gázáramlást biztosító adagolási rendszert kell alkalmazni.

A fúvószélviszonyok hatása a gázelemeloszlásra

A gázáramlás jellegének kialakításában jelentős szerepe van a fúvóformák előtt kialakuló oxidációs zónának, amely elsősorban a fúvószélparaméterek által meghatározott áramlási sebesség és kinetikai energia függvénye, de nagymértékben változik járulékos redukáló- és tüzelőanyagok befúvásával is. A nyersvasgyártás termelékenység-növekedését és költségcsökkentését elősegítő tényezők tárgyalásakor ezért foglalkozni kell az oxidációs zóna jellegét meghatározó paramétereknek a gázárameloszlásra kifejtett hatásával, szabályozásával.

A fúvószél kinetikai energiája

Az oxidációs zóna jellegét meghatározó tényezők közül a fúvószél kinetikai energiája a legjelentősebb. Az erre irányuló vizsgálatok során egyértelműen megállapítást nyert, hogy a kinetikai energia növelésével az oxidációs zóna kiterjedése nő. Mindazok a fúvószélparaméterek, melyek a kinetikai energiát növelik, természetesen hasonló hatással vannak az oxidációs zóna kialakulására, ezáltal pedig a gázárameloszlásra.

a) *A fúvószél mennyisége*

A legerősebb hatása a fúvószél mennyiségének van. A fúvószélmennyiség növelésével — változatlan fúvóka keresztmetszet mellett — nő a szélsebesség, ezzel pedig a kinetikai energia, s az égési zóna a cirkulációs zónával együtt kiterjed.

b) *A fúvószél nyomása*

A fúvószél nyomásnövelésének hatása már kevésbé tisztázott, de legtöbb mérés tapasztalata alapján feltételezhető, hogy a nyomásnövelés a fúvószélmennyiség növekedésével arányosan az oxidációs zóna kiterjedéséhez vezet.

c) *A fúvóformák száma és keresztmetszete*

Nagy kapacitású nagyolvasztók megjelenésével különösen előtérbe került a fúvóformák optimális számának és keresztmetszetének vizsgálata. A medenceátmérő növekedése a teljes keresztmetszetű gázáramlás biztosításához a fúvószelvény csökkenését kívánja meg, ami a fúvószélnyomás növelése által az oxidációs zóna kiterjedéséhez és az esetleges kerületi járat megszűnéséhez vezet.

Vannak számítási módok, melyek az optimális kinetikai energia értékéből adott fúvószélmennyiség, — nyomás és -hőmérséklet ismeretében határozzák meg a fúvóformák számát és keresztmetszetét.

d) *A fúvószél hőmérséklete*

A fúvószél kinetikai energiája függ továbbá a hőmérséklettől is, amellett a hőmérséklet az égési sebességre is hatással van. Ilyen módon a gázáramlás és így a kohó járata hatványozott mértékben függ a fúvószél hőmérsékletétől.

A fúvószélhőmérséklet növelése a kinetikai energia növekedéséhez vezet, az oxidációs zóna $C + O_2 = CO_2$ reakció tere kiterjed, az égési zóna nő. A hőmérséklet növelése ugyanakkor gyorsítja az égés sebességét, aminek következtében az oxidációs zóna mérete csökken. A hőmérséklet sebességnövelő hatásának következményeképpen azonban az esetleges kerületi járat megszüntethető, illetve csökkenthető. A fenti tényezőket természetesen mindig az adott járatviszonyoknak megfelelően kell szabályozni, mivel a fúvószél kinetikai energiájának optimuma van. Nem növelhető tetszőleges mértékben anélkül, hogy ez a kohójáratot és a műszaki-gazdasági mutatók alakulását esetleg hátrányosan ne befolyásolná.

A kombinált fúvószél alkalmazása

Az utóbbi években a vaskohászatban jelentős változást jelentett a nyersvasgyártás technológiájában a kombinált fúvószél alkalmazása.

a) *A fúvószél páratartalma*

A fúvószél páratartalmának növelése megköveteli a vízgőz bomlásához szükséges hőmennyiség kompenzálását a fúvószélhőmérséklet növelésével. Amennyiben a vízgőzbontás hőigényét nem fedezi a bevitt hőmennyiség, az égés sebessége csökken, az oxidációs zóna megnövekedik és ez központi járat kialakulásához vezethet.

b) *A fúvószél oxigéndúsítása*

A fúvószél oxigéndúsításakor a fúvószél oxigéntartalmának növelésével az égési sebesség nő, az oxidációs zóna kiterjedése csökken.

A fúvószél oxigéndúsításakor ezt a tényt figyelembe kell venni és a kerület esetleges aktivizálódását egyéb paraméterek változtatásával a szükséges mértékben kompenzálni kell.

A fúvószél oxigéndúsításának gazdaságossági értékelésekor nem lehet eltekinteni az oxigén előállítási költségeinek alakulásától. Külföldi kohászati üzemek gazdaságosan alkalmazzák az oxigénbefúvatást, a hazai oxigénár azonban gátat szab a nyersvasgyártás során való felhasználásának.

c) *Az olajbefúvás hatása a gázárameloszlásra*

A fúvószél cseppfolyós tüzelőanyaggal való dúsítása kedvezően hat az elegy levonulásának egyenletességére, a szénhidrogének bevitelével az indirekt redukció mértéke növekszik. Az olajjal dúsított fúvószél az oxidációs zóna növekedése által — más tényezők állandósága mellett — központi járat kialakulásához vezet. Az olajbefúvás hatására az olvasztó teljesítménye többnyire nő, ami elsősorban a kokszterhelés növelhetőségével van kapcsolatban.

d) *A földgáz befúvása a kohóba*

Földgáz felhasználásakor a kohó járata egyenletesebbé válik. A bevezethető földgáz mennyiségének határt szab az a tény, hogy a szénhidrogének bomláshőjét a fúvószélhőmérséklet növelésével kell kompenzálni.

A földgázbefúvás során meg kell határozni az optimális földgáz/levegő arányt, amelynek túllépésével a nyersvasgyártás műszaki-gazdasági mutatói romlanak és ezáltal a szénhidrogének várt kedvező hatása az önköltség alakulásában is csökken A földgázmennyiség túlzott növelésével ugyanis megnövekszik a fúvósík 1 m^2-en fejlődő gáz mennyisége, s így a gázáramlási viszonyokban változás következik be. A nagyobb gázáramlási sebesség miatt a kohóban csatornás járat alakulhat ki, ami az elegyoszlop egyenletes levonulását és az indirekt redukciót károsan befolyásolhatja.

A magas toroknyomás alkalmazásának előnye

A magas toroknyomás (1,5—3,0 at) nagymértékben megjavítja a gáz és szilárd anyagok között végbemenő reakciók fizikai feltételeit. Ezáltal növekszik az indirekt redukció mértéke, növekszik a redukciós folyamatok sebessége. A magas toroknyomás ezenkívül nagyon erős mértékben csökkenti a szállóporveszteséget, végső soron tehát csökkenti a fajlagos kokszfogyasztást és növeli a kohó termelékenységi, gazdaságossági mutatóit.

A diósgyőri nagyolvasztóműben alkalmazott folyamatanalízis

A Villamos Automatika Intézet (VILATI) és a Lenin Kohászati Művek nagyolvasztó gyáregysége közös munkacsoportjának feladata az volt, hogy megállapítsuk, milyen eredmények várhatók az LKM nagyolvasztója esetében a számítógépes folyamatirányítás bevezetésétől, meghatározzuk az irányítás feladatait és javaslatokat tegyünk a kohóvezetés számítógépesítésének előkészítésére.

A nagyolvasztók járatának számítógéppel történő szabályozására világszerte kiterjedt vizsgálatok folynak. Természetesen a számítógépes kohóirányítás csak egy módszer a nyersvasgyártás műszaki fejlesztési lehetőségeinek sorában. A termelékenység növelésére és az önköltség csökkentésére irányuló, az előző fejezetekben részletezett alapvető technológiai feladatok megoldására kifejezetten kedvező lehetőségeket teremt az adatfeldolgozás és az optimalizálás lehetőségének megteremtésével, valamint a rendszermodellek kifejlesztésével. Így tetszőleges — akár újonnan felmerült — jellemzők optimális beállítása is jobban meghatározható, mint számítógépes módszerek nélkül.

A nagy mennyiségű információból csak terjedelmes számítások elvégzésével lehetséges a nagyolvasztó tényleges állapotát (minél pontosabban) meghatározni.

A folyamat számítógépes irányításával kapcsolatos vizsgálatok során olyan összetett problémák merültek fel, amelyek részben a kohászat, részben a méréstechnika, az irányítástechnika, az adatfeldolgozás, sőt a matematika területére tartoznak.

Közös munkacsoportunk alapvető koncepciója az volt, hogy a különböző tudományágak egymásra hatásából keletkező új eredmények bevezetését segítse elő.

Ebben a dolgozatban ismertetjük a folyamatidentifikálás módszereit és eredményeit, valamint az azokból levont tapasztalatokat.

A vizsgálatok során felhasználtuk a francia IRSID intézetben kifejlesztett matematikai modellt a termelés, a hőállapot és a kokszfelhasználás számítása céljából: [1], valamint általános jellegű identifikációs és kohászati irodalmat [2, 3, 4], a Szovjetunióban elvégzett kísérletekről szóló irodalmat: [9, 10] és a Hoesch dortmundi gyárában a Siemens mérnökei által elvégzett nagyolvasztó identifikálási kutatásokról szóló beszámolót: [11].

A számítógép alkalmazását nagyolvasztó irányítására az indokolja, hogy a nagyszámú jellemzőről érkező hatalmas információtömeg nem tekinthető eléggé át, így szubjektív döntésekhez vezet. A kialakult kohóvezetési gyakorlat nem alkalmas a gyakran fellépő erős zavarások kompenzálására, mivel ezek hatásai csak nagyon későn válnak nyilvánvalóvá. Így általában nem sikerül

a végtermék egyelentes minőségét biztosítani, a kokszfelhasználást és egyéb gazdasági mutatókat figyelembe véve is csak bizonyos biztonsági, az optimumtól általában eltérő üzemmenet áll elő. Főleg az erősen ingadozó szilícium- és kéntartalom miatt az acélgyártás feladatai is megnőnek. Különösen a fejlettebb technológiájú acélgyártási eljárások igénylik a stabilizált összetételű nyersvasat. Másrészről a kohászati üzemek termelésirányítási rendszerébe csak akkor kapcsolható be előnyösen a nyersvasgyártás irányítása is, ha a számítógépes folyamatirányítását meg tudják oldani. Tekintetbe véve, hogy a kohómű és az acélmű napi termelési volumenei rendkívül nagyok, így indokolt a folyamat irányítását számítógépre bízni. Első lépésként a nagyolvasztó matematikai modelljének megállapítását tűztük ki célul, különös tekintettel néhány elsőrangúan fontos paraméter lehető legpontosabb előrejelzésére.

A hőállapot jellemzésére a W_u paramétert, a termelés mennyiségének jellemzésére a P_i paramétert és a kokszfelhasználás jellemzésére a Z paramétert az IRSID modelljéből vettük. Elsősorban azt vizsgáltuk, hogy melyek azok a dinamikai tulajdonságok és egyéb befolyásoló tényezők, amelyek azt okozzák, hogy a számított paraméterek mégsem jellemzőek 100%-osan.

Ennek érdekében összesen kb. 3000 órán keresztül mérési adatokat gyűjtöttünk, melynek túlnyomó részében az adagolási és csapolási adatokon, valamint a forrószél- földgáz- és gőzbefúvatásra vonatkozó adatokon, és az aknára és a torokra vonatkozó hőmérséklet- és nyomásértékeken kívül, a torokgázelemzési adatokat is folyamatosan regisztráltuk. Az identifikáláshoz vizsgálójeleket nem lehetett alkalmazni.

A rendszer legfontosabb jellemzőinek áttekintése

A nagyolvasztó bemenő- és kimenőjelei közül legfontosabbak a forrószél mennyisége, hőmérséklete, nedvességtartalma, a földgáz mennyisége, a hőállapot, a termelés intenzitása, a kokszfelhasználás, az adag összetétele. Megemlítjük még a nyersvas Si, S, Mn, C-tartalmát, hőmérsékletét és mennyiségét, a salak bázikusságát (SiO_2, Al_2O_3, illetve CaO, MgO alkotóinak viszonyát) hőmérsékletét és mennyiségét. A salak és a nyersvas hőmérsékletét bonyolult módon befolyásolja a lehűlés és a salakképződés során termelődő hő, így tehát ez a fontos kimenőjel csak módosítva jut hozzánk. A kéntartalmat a hőmérsékleten kívül elméletileg nagymértékben befolyásolja a rendszerbe bevitt összes kén és a salak kéntelenítő képessége, így elsősorban CaO-tartalma és viszkozitása. A Si és Mn-tartalmat a bevitt Mn-oxid tartalmon kívül a redukciós folyamatok alakítják ki. E két elem redukálása magasabb hőmérsékleten következik be, de sok hőt von el, másrészt a betétanyagok bázikussága is befolyással van rá.

A salak és nyersvas mennyiségénél nagyobb a torokgáz formájában eltávozó anyagok mennyisége. (Nemcsak térfogata, de súlya is, így az elvitt hőmennyiség is számottevő.)

Főkép a torokgáz elemzésére támaszkodik tehát az IRSID modellje, amely szerint

$$P_i = \frac{790(A + 6u \cdot B) - 420}{2O_R - 11{,}2u \cdot v} \left[\frac{\text{t vas}}{1000\ \text{Nm}^3\ \text{forrószél}}\right] \quad (1)$$

$$W_u = \frac{1}{P_i}\left[533 - 1{,}72 \cdot h \cdot \left(10 - \frac{\vartheta}{100}\right) \cdot (36{,}2 + 0{,}06h)\right] - 3{,}24 \cdot Z \quad \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg vas}}\right] \quad (2)$$

$$Z = \frac{423[B - (0{,}530 + 1{,}58 \cdot h \cdot 10^{-3})]}{P_i} - Y \quad \left[\frac{\text{kg karbon}}{\text{t vas}}\right] \quad (3)$$

ahol $A = \dfrac{CO\,\% + 2\,CO_2\,\% - H_2\,\%}{N_2\,\%}$ a torokgáz elemzéséből

$B = \dfrac{CO\,\% + CO_2\,\%}{N_2\,\%}$ a torokgáz elemzéséből

h a forrószél nedvessége $\left[\dfrac{\text{g } H_2O}{\text{Nm}^3\ \text{forrószél}}\right]$

ϑ a forrószél hőmérséklete [°C]

u a tüzelőanyag hidrogéntartalma $\left[\dfrac{\text{kg H}}{\text{kg C}}\right]$

v a nyersvas átlagos karbontartalma $\left[\dfrac{\text{kg C}}{\text{t vas}}\right]$

Y a nemfémoxidokból lebontott oxigén relatív mennyisége $\left[\dfrac{\text{kg } O_2}{\text{t vas}}\right]$

O_R az ércek oxigéntartalma $\left[\dfrac{\text{Nm}^3\ O_2}{\text{t vas}}\right]$

Mindezeket a mennyiségeket azonban alapvetően az adagolással és a fúvószél mennyiségével, hőmérsékletével, nedvességtartalmával, illetve a földgáz mennyiségével tudjuk befolyásolni. A felsorolt állapotjellemzők tehát csak mintegy következményei az adagolási szinten és a fúvósíkban történő beavatkozásoknak, illetve zavarásoknak.

A felsorolt mennyiségek közt a kohászati irodalom tanúsága szerint sok összefüggés ismeretes pl. [2, 3, 4]. Ezekben több megállapítás található arra vonatkozóan, hogy minek a függvényében alakul a termelés, a kokszfelhasználás, a kohó hőállapota, a redukció mértéke, és a salak tulajdonsága, milyen hatással vannak ezek a nyersvas összetételére és a gyártás gazdaságosságára.

Az identifikáció feladata a rendszer analízise. A kohó matematikai modelljére vonatkozó meglevő ismereteket tehát elsősorban arra használjuk fel, hogy megtervezzük, milyen változók közti okokozati összefüggéseket keresünk. Különös figyelemmel lehetünk egyes változók okozta zavaró hatásokra és ellenőrizzük az eredményül kapott matematikai modellek értelmét. A kohómodell számára a hatások időbeli lefolyásának analízise a legfontosabb.

Statikus összefüggések

Azt a kérdést, hogy az egyes változók értékei között milyen erős összefüggések fedezhetők fel, egyszerű lineáris regressziós összefüggések felállításával és a korrelációs együtthatók: (R_{xy}) kiszámításával vizsgáltuk.

A következőket tapasztaltuk:

— A vizsgált változók — x és y — között a korrelációs együttható, R_{xy} abszolút értéke gyakorlatilag nem magasabb 0,65—0,75-nél, még akkor sem, ha elméletileg a legszorosabb összefüggésnek kellene adódnia, sőt ha az apriori információk alapján várunk is bizonyos arányosságot, R_{xy} értékére gyakran csak 0,18—0,25 adódik. Ennek oka, hogy egyszerre sok változó befolyásolja a vizsgált jellemző értékét.

— Az egymástól független időszakok adataiból azonos változók közt kiszámított korrelációs együtthatók egymáshoz abszolút értékben igen közel estek, előjelük pedig kivétel nélkül megegyezett.

Meghatároztuk a nyersvas összetevőinek (C, Si, S, Mn) és a medence hőállapotát jellemző változók (W_u hőállapotjellemző, T nyersvashőmérséklet, salak FeO tartalma) közti összefüggéseket — vagyis a regressziós állandókat és a korreláció szorosságát.

Meghatároztuk ezenkívül a nyersvas összetevőinek egymás közötti statisztikai összefüggéseit, valamint a salakalkotók (SiO_2, CaO, MgO, Al_2O_3, MnO, S — tehát a bázikusságot befolyásoló tényezők és a mangán-, illetve kéntartalom) hatásait a nyersvas ötvözőinek mennyiségére.

Mivel a regressziós együtthatók — tehát az arányossági tényezők előjelei és értékei a kohászati irodalomban található adatoknak lényegében véve nem mondanak ellent, ezért ezeket nem részletezzük. Az egyes változók közötti összefüggések szorosságát jellemző parciális korrelációs együtthatók azonban nem magasak, $R=0{,}3$—$0{,}7$ körüliek. Több változó együttes hatását már szorosabb összefüggés jelzi, a totális korrelációs együtthatók $R=0{,}55$—$0{,}85$ körüliek.

Általánosságban azonban arra a megállapításra jutottunk, hogy az itt említett statikus összefüggéseken kívül főleg a rendszer tényleges bemenőjeleinek statikus és dinamikus hatásai indokolják a kimenőjelek változását.

Meg kell azonban jegyezni, hogy az itt felsorolt korrelációs együtthatók, amelyek abszolút értéke az összefüggés szorosságát jelzi, látszólag nem magasak, mivel $R=0{,}3$—$0{,}7$ azt jelenti, hogy a mért értéknek a várható értékek körüli szórása még igen nagy lehet. Ez olyan esetben, amikor rendkívül sok változó van hatással a vizsgált függő változóra, természetes is. (Nem várhatók itt olyan szoros korrelációk, mint pl. analitikus függvények közelítésekor sorbafejtéssel, ahol $R\approx 0{,}998$-at is minden nehézség nélkül el lehet érni). A cél itt az egyes hatások erősségének megállapítása és szemléltetése volt, ami a statikus modellek struktúrabecsléséhez szükséges.

Dinamikus vizsgálatok

A W_u hőállapotjellemző értéke statikusan elég szoros összefüggést mutat ugyan a nyersvas szilíciumtartalmával, azonban jogos az a feltételezés, hogy időben változó hatása miatt nem tapasztaltunk magasabb korrelációs együtthatót. Másrészt a W_u paraméter tartalmazza a forrószél és a földgáz jellemzőit, az azonban nincs bizonyítva, hogy ezekre a jellemzőkre a rendszer dinamikailag azonosan reagál.

A vizsgálat eszköze az egyes hatások súlyfüggvényeinek kiszámítása, amelyeket egyrészt az autó- és keresztkorrelációs függvények kiszámításán keresztül, másrészt közvetlenül a kimenőjel és a bemenőjel időben eltolt értékei közti (4) struktúra szerinti regressziós összefüggés meghatározásával állapítottuk meg. Ha például a függő változó a Si-tartalom, a független változók pedig a hőállapotjellemzőnek $\Delta t=1$, 2—13 órával korábbi értékei, akkor a $g(\Delta t)$ súlyfüggvényt olyan közelítő lépcsős függvénnyel jellemezzük, amelynél $\Delta\tau$ szélességű intervallumon $g=\text{konst}$ (g természetesen folytonos).

A függő változó számított értéke:

$$y_{sz}(t)=g_0+g_1x(t)+g_2x(t-\Delta\tau)+g_3x(t-2\Delta\tau)+\ldots$$
$$+g_{i+1}x(t-n\cdot\Delta\tau)+\ldots+g_{14}x(t-13\cdot\Delta\tau) \quad (4)$$

ahol $g_i=g(i\cdot\Delta\tau)$

$$\Delta t=n\cdot\Delta\tau, \quad \Delta\tau=1/2-1 \text{ óra} \quad (5)$$

A totális korrelációs együttható:

$$R=R_{y_m,\,y_{sz}} \quad (6)$$

ahol y_m a függő változóra ténylegesen mért érték.

A parciális korrelációs együtthatók

$$R_p(n)=R_{y_m x(t-n\Delta\tau)} \quad (7)$$

(Itt csupán a fogalmak jelölését adjuk).

A $g(\Delta t)$ súlyfüggvény jelentésének megvilágítására tételezzük fel, hogy a független változót (bemenőjelet) rövid ideig — impulzusszerűen — megnöveljük. Az „impulzusszerű" azt jelenti, hogy az olvasztó járatának változási sebességéhez képest elhanyagolhatóan rövid ideig. Mivel az olvasztó melegedése vagy lehűlése több óráig, sőt egy napig is eltarthat, így az impulzus időtartamára néhány 10 perc elegendő. Az impulzus amplitúdója akkora, hogy a görbe alatti terület egységnyi legyen. Ha például egységnek választjuk az 1000 Nm^3 forrószélmennyiséget, akkor a 10 perc időtartamú impulzusnak 6000 Nm^3/óra, az 1 óra időtartamú impulzusnak pedig 1000 Nm^3/óra amplitúdójúnak kellene lennie.

Ha sem korábban, sem a kísérlet alatt, sem pedig utána más változókat nem módosítottunk, akkor azzal a feltételezéssel, hogy a rendszer lineáris és állandósult állapotban van a függő változó (tehát például a termelt nyersvas kéntartalma) az idő függvényében bizonyos változást mutat. Ezt a függvényt osztva az előbb választott egységgel, kapjuk a rendszer kérdéses súlyfüggvényét.

A (4) egyenletben szereplő g_1, g_2, ... g_{14} a súlyfüggvény 14 intervallumára megállapított középérték. Ha x és y a függő és független változóknak azok átlagértékeitől mért eltéréseit jelentik, akkor $g_0=0$. A súlyfüggvény tehát a rendszer „emlékezőképességét" jelenti valamely korábbi behatásra, de egyben a reagálás gyorsaságát is mutatja.

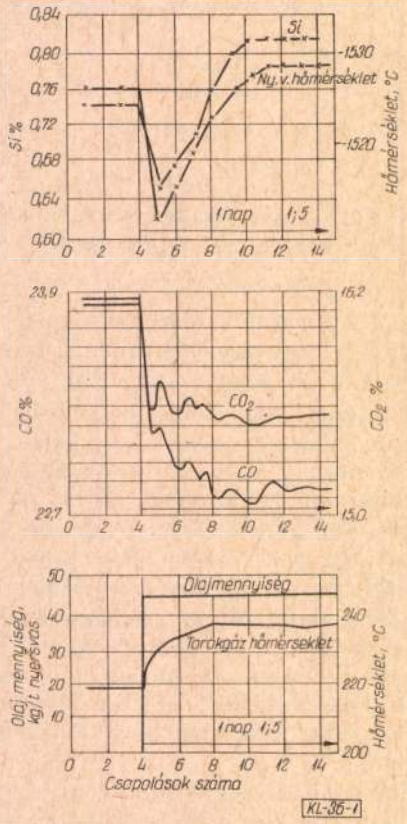
A súlyfüggvényt, mérési adatokból kiindulva, bizonyos közelítéssel akkor is meg lehet határozni,

ha a fent leírt kísérlet elvégzésére nincs mód. Erre egy eljárás például a (4) struktúra szerinti regressziószámítás.

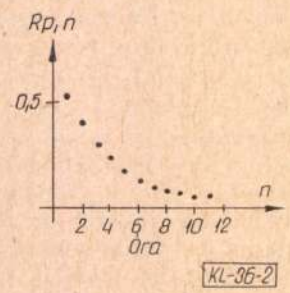
Még szemléletesebb a rendszer átmeneti függvényének ábrázolása. Ha a bemeneti jellemző (független változó) értékét egységnyi értékkel ugrásszerűen megváltoztatjuk, akkor a kimeneti jel (függő változó) az átmeneti függvény szerint változik. Példa erre az *1. ábrán* az olajmennyiség változtatása egy külföldi kohó esetében. Az egység itt célszerűen az idő egységére, vagy a termelt nyersvas mennyiségére vonatkoztatott mennyiség.

Az átmeneti függvény az előbb részletezett súlyfüggvény integrálásával is meghatározható.

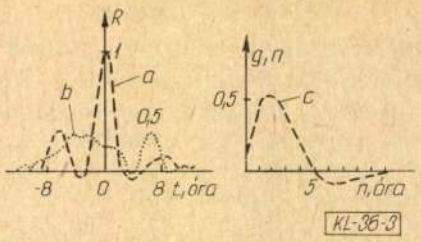
A rendszer fenti függvényekkel jellemzett „emlékezőképességét" szemlélteti az a függvény is, amelyet a (7) képlet szerinti parciális korrelációs együtthatókból írunk fel. Példaként bemutatjuk a 6/3. ábra súlyfüggvényének pontjaihoz tartozó parciális korrelációs együtthatókat *(2. ábra)*.



1. ábra. A nagyolvasztó reagálása a befecskendezett olaj mennyiségére. Az átmeneti függvények alakja Fielden és Wood szerint

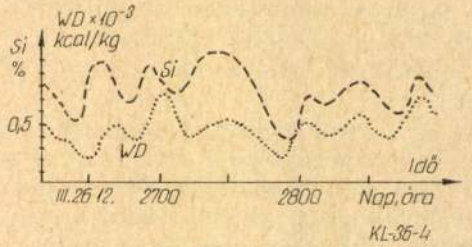


2. ábra. A $R_p(n)$ függvény a rendszer „emlékezőképességének" szemléltetésére



3. ábra. A W_u hőállapotjellemző dinamikai hatásának elemzése a diósgyőri kísérletek során

a) W_u autokorrelációs függvénye, b) Si—W_u keresztkorrelációs függvénye, c) A rendszer közelítő súlyfüggvénye



4. ábra. A dinamikus hőállapotjellemző, WD és a ténylegesen mért Si-tartalom összehasonlítása (1971. III. 26—29)

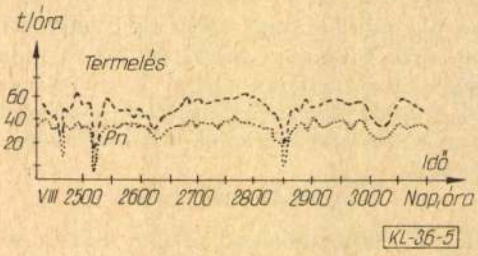
A súlyfüggvény meghatározásával kiszámítható volt a dinamikus hőállapotjellemző, amely már jobban korrelál a nyersvas szíliciumtartalmával.

A *3. ábrán* a W_u hőállapotjellemzőnek az autokorrelációs, és a nyersvas Si-tartalmával vett keresztkorrelációs függvényét szemléltetjük. Ha a rendszer bemenőjelének W_u-t, kimenőjelének pedig a Si-tartalommal szoros összefüggésben levő dinamikus hőállapotjellemzőt WD tekintjük, akkor a rendszer súlyfüggvényét $g(n)$-t a két korrelációs függvény $R_{W_uW_u}(k)$ és $R_{W_u\mathrm{Si}}(k)$ közötti kapcsolat is meghatározza.

$$R_{W_u\mathrm{Si}}(k) \sim \sum_{n=0}^{N} R_{W_uW_u}(k-n) \cdot g(n) \cdot \Delta\tau \qquad (8)$$

$g(n)$ közelítő meghatározása a 3. ábrán feltüntetett súlyfüggvényre vezetett.

A W_u hőállapotjellemző a rendszernek nem valódi bemenőjele, hiszen kimenőjeleket mint pl. a torokgáz összetétele tartalmaz. Az eredményül kapott súlyfüggvény jó összhangban van a [11]-ben közölt dinamikus rendszerjellemző függvénnyel. A hőállapotra vonatkozó $g(n)$ súlyfüggvény felhasználásával kiszámítható volt a rendszer dinamikus hőállapotjellemzője WD, amelyet két egymástól független időszakban is nagyon jellemzőnek találtuk a Si-tartalom függvényére (lásd a *4. ábrát*). Az elért eredmények lényeges feltétele, hogy a mé-

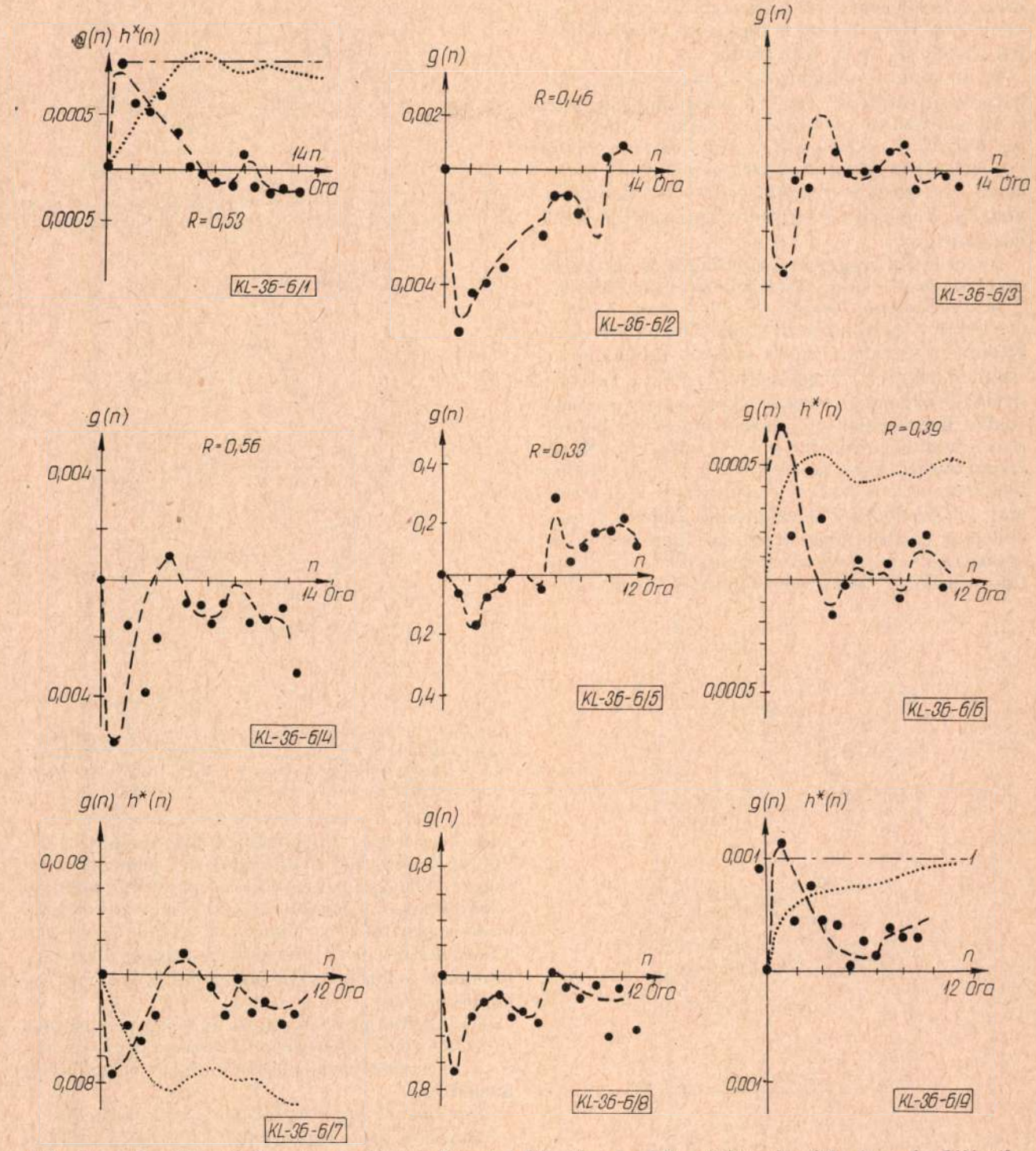


5. ábra. A számított termelési mutató, P_n és a termelt nyersvas összehasonlítása (1970. VIII. 24—30)

rési eredmények folytonos határértékellenőrzését, és súlyozott átlagszámítását végrehajtsuk. A súlyozást a termelés intenzitására legjellemzőbb forrószélmennyiséggel végeztük. Az elért korrelációs faktor $R_{Si,\,WD}=0{,}53$.

Az óránként termelt nyersvasmennyiség és a termelési mutató $P_n=P_i\cdot D\cdot 10^{-3}$ összehasonlítását mutatja az *5. ábra*. D az óránkénti szélmennyiség, P_n az óránkénti termelt nyersvasmennyiség értéke. Az *5. ábra* szintén szoros korreláltságot mutat.

Ugyancsak a fent bemutatott módszerekkel határoztuk meg nemcsak a hőállapotjellemzőnek, hanem a forrólevegő hőmérsékletének és nedvességtartalmának, valamint a forrólevegő mennyi-



6/1. ábra. W_u—Si% súlyfüggvény és átmeneti függvény 6/2. ábra. h—Si% súlyfüggvény 6/3. ábra. ϑ—Si% súlyfüggvény 6/4. ábra. D—Si% súlyfüggvény 6/5. ábra. D—T súlyfüggvény 6/6. ábra. D—S% súlyfüggvény és átmeneti függvény 6/7. ábra. f—Si% súlyfüggvény és átmeneti függvény 6/8. f—T súlyfüggvény 6/9. ábra. f—S% súlyfüggvény és átmeneti függvény

$g(n)$ súlyfüggvény (szaggatott vonal), $h^*(n)$ az átmeneti függvénynek az állandósult állapot abszolút értékére vonatkoztatott értéke (pontozott vonal), Si [%] a nyersvas sziliciumtartalma, S [%] a nyersvas kéntartalma, W_u [Kcal/kgvas] hőállapot jellemző, h $\frac{g}{Nm^3\,lev}$ a forró levegő nedvessége, ϑ [°C] a forró levegő hőmérséklete, T [°C] a nyersvas hőmérséklete, D [1000 Nm³/óra] a forró levegő mennyisége, f [Nm³ földgáz/Nm³ lev] fajlagos földgázmennyiség

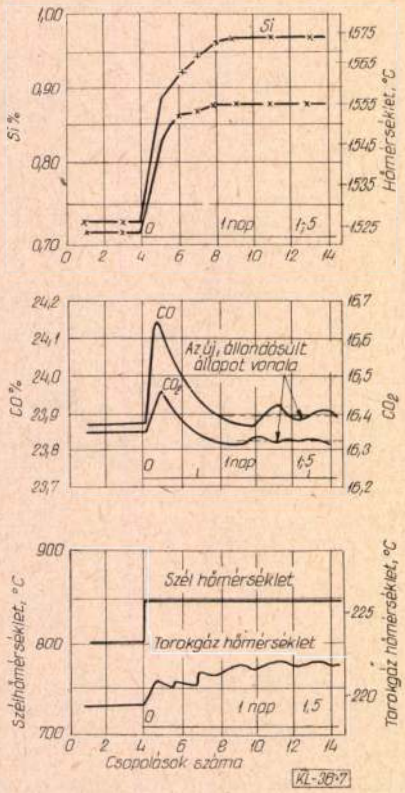
ségének és a földgáz/levegő arányának a termelés intenzitására, a szilícium- és kéntartalomra és a nyersvas hőmérsékletére gyakorolt hatását leíró súlyfüggvényeket (egyelőre az idő függvényében).

A súlyfüggvényeket 1—3 különböző időszakban felvett adatok alapján határoztuk meg. A jellemzőnek talált eseteket a *6/1.—6/9. ábrán* szemléltetjük és ahol csak lehetett, külföldi kutatóintézetek és kutatócsoportok által meghatározott súlyfüggvényekkel vagy átmeneti függvényekkel hasonlítjuk össze *(7., 8/1, 8/2 ábrák)*.

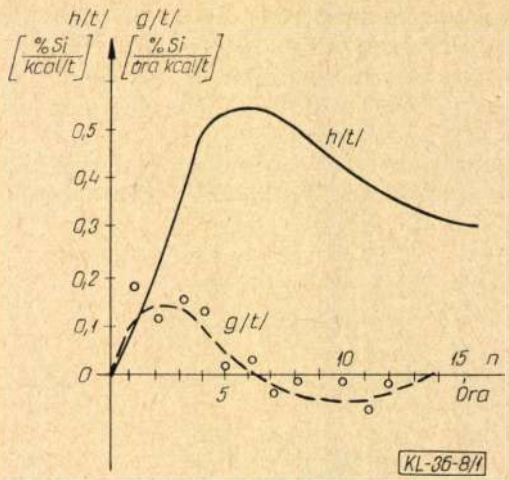
A dinamikus tulajdonságok jellemzésére meghatározott súlyfüggvényekről elmondhatjuk, hogy a legjellemzőbb esetekben a totális korrelációs együttható $R=0{,}39$—$0{,}61$, a súlyfüggvény értéke n növekedésével zérushoz tart és a parciális korrelációs együtthatók abszolút értéke az origótól távolodva, vagyis n növekvő értékeire szintén zérushoz konvergál.

Az átmeneti függvény a súlyfüggvény integrálásával állítható elő, így azok jól összehasonlíthatók.

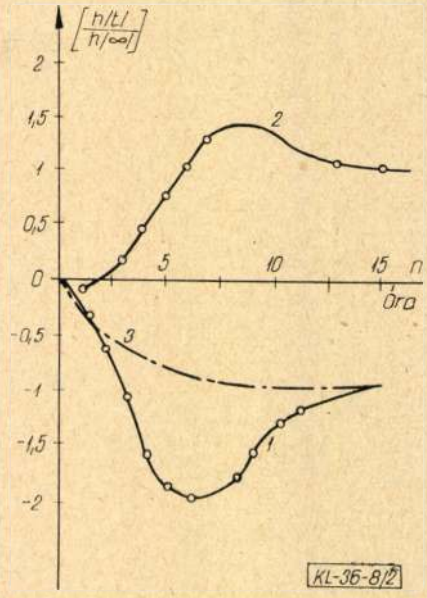
A gyorsabban lezajló folyamatoknál $n=0$—3 értékekre a $g(\Delta t)=g(n\cdot\Delta\tau)$ függvény előjele egyértelműen mutatja, hogy a vizsgált változó növeli vagy csökkenti-e a függő változó értékét. Eredményeink összhangban vannak a kohászati tapasztalatokkal, kivéve talán a forrószél hőmérséklet hatását a nyersvashőmérsékletre és a Si-tartalomra. Mi azt tapasztaltuk, hogy az első órában ϑ növekedése csökkenti a nyersvashőmérsékletet és a Si-tartalmat, bár később ez kiegyenlítődik. Teljesül viszont ebben az esetben, hogy a két súlyfüggvény szinte egybevágó, ami a nyersvashőmérséklet és a Si-tartalom közötti szoros összefüggéssel összhangban



7. ábra. A nagyolvasztó reagálása a fúvószél hőmérséklet-változására. Az átmeneti függvénynek alakja Fielden és Wood szerint



8/1. ábra. A Siemens kutatócsoportja által meghatározott W_u—Si súlyfüggvény: $g(t)$ és átmeneti függvény: $h(t)$



8/2. ábra. A Siemens kutatócsoportja által meghatározott normált átmeneti függvények a nedvesség és a Si% között (1), a forrólevegő hőmérséklete és a Si% között (2), illetve a forrólevegő mennyisége és a Si% között (3)

van. A termelés intenzitásának növelése hűti a kohót, ez a termelést és a hőállapotot jellemző súlyfüggvények egybevetéséből is kitűnik. Ugyanakkor a kéntartalom túlnyomórészt az elégetett koksszal arányos, így tehát érvényesül az a tendencia, hogy a termelés intenzitása egyenesen arányos a kéntartalommal és fordítva a Si-tartalommal és nyersvashőmérséklettel.

A kéntartalomra vonatkozó súlyfüggvények menete ellentétes értelemben változik a Si-tartalmat és a nyersvashőmérsékletet leíró súlyfüggvények menetével.

A szélmennyiség növelése arányos a termelés intenzitásával (itt a legnagyobb a korrelációs faktor $R=0{,}61$), a hőállapotjellemző W_u arányos a Si-tartalommal, a forrószél nedvessége (h) fordítva arányos a Si-tartalommal, a forrószél hőmérsékletének ϑ-nak az emelése és a földgáz/forrószél arány növelése is növeli a termelést, de átmenetileg nem emeli, sőt inkább hűti a kohót. (A forrószél hőmérsékletnövelése később melegíti is a kohót.)

Azt a megjegyzést, mely szerint a W_u paraméter tartalmazza ugyan a forrószél és a földgáz jellemzőit, az azonban nincs biztosítva, hogy ezekre a jellemzőkre a rendszer dinamikailag azonosan reagál, a 6/1—6/9. ábrán mutatott súlyfüggvények alátámasztják. A struktúrabecslést lényegében véve a parciális korrelációs együtthatók alapján végeztük el. Nem alkalmazhatók a fenti módszerek abban az esetben, ha két vagy több független változó között szoros összefüggés van. (Így van ez pl. forrószél/földgáz arányszabályozás miatt a földgázmennyiség (F) és a forrólevegő-mennyiség (D) esetében. Ezért képeztük az $f = F/D$ hányadost, és ezt vezettük be új változónak. A 6/7—6/9. ábrán a forrószél mennyiségére: D és az $f = F.D$ változóra vonatkozó súlyfüggvények azonban így is nagyon hasonlítanak a 6/4—8. ábrán közölt eredményekre).

Az alkalmazott méréstechnikai és számítástechnikai módszerek tehát lehetővé tették (bizonyos hanyagolások mellett) annak megállapítását, hogy mely változók milyen mértékben és hogyan határozzák meg a kohó működését, és ezzel az olvasztó működésének számítógépes ellenőrzését is.

Mivel a hőállapotjellemzőtől független mennyiségek szintén jól korrelálnak a nyersvas ötvözőinek mennyiségével, ezért a modellt úgy javítottuk, hogy ezeket a változókat is bevontuk a számításba. Így például a nyersvas Mn-tartalmát már egyszerű háromváltozós lineáris modellel is nagyon megbízhatóan sikerült meghatározni. A modell változói a hőállapot, a salak bázikusság és a rendszerbe bevitt összes mangán voltak. A modellt három egymástól független időszakban próbáltuk ki, a modell paraméterek jó állandóságot mutattak és a korrelációs faktorok elég magasak: 0,805, 0,824 és 0,840 voltak.

A szíliciumtartalom kiszámítására már többváltozós modellt kellett használni, amelyben a salak alkotói, a rendszerbe bevitt összes koksz és összes Mn-érc szerepeltek. Így 0,78-as korrelációs faktort értünk el.

Hasonlóképpen a kéntartalmat is nagy állandóságot mutató regressziós együtthatójú modellel, 0,55 és 0,684-es korrelációs faktorral lehetett leírni.

Végezetül szeretnénk megemlíteni, hogy a kohász és irányításelméleti szakemberek további együttműködése sok hasznos gyakorlati eredménnyel kecsegtet mind a bonyolult rendszerek létrehozása terén, mind pedig egyes behatások optimális megválasztásának mérési, adatfeldolgozási és identifikációs eljárásokkal történő meghatározásánál.

Összefoglalás

A nagyolvasztó matematikai modelljének kifejlesztése során matematikai statisztikai módszerekkel ellenőrizni kellett a tényleges üzem közben mért adatokon azokat a paraméterszámítási módszereket is, amelyek a nyersvas hőállapotát és a termelés intenzitását írják le.

Kutatásaink eredményeként megállapíthatjuk, hogy a W_u, P_i paraméterek a meghatározni kívánt jellemzőt egymagukban még úgy is csak 0,5—0,6-os korrelációs faktorral adják meg, ha a mérési eredmények gondos határértékellenőrzését, súlyozott átlagolását és szűrését is végrehajtjuk és figyelembe vesszük, a rendszer dinamikáját.

További feladat volt annak tisztázása, hogy mérési eredményeinkre általában mely zónában lezajló folyamatok vannak hatással és milyen mértékben.

Ezért külön vizsgáltuk a medencében összegyűlő anyagok (vas, salak) alkotói és hőmérsékletük közti összefüggéseket, amint ezt a statikus összefüggések című fejezetben, valamint a [13] és [14]-ben részletesen tárgyaltuk. (A statikus elnevezés onnan adódik, hogy az ott vizsgált ok-okozati összefüggéseket általában már időbeli hatáseltolódások nem zavarják.)

Megállapíthatjuk, hogy a kohó járatát és a nyersvas tulajdonságait kb. egyformán ($R = 0,3$—$0,5$-ös korrelációs faktorral) jellemezhetjük a torokgázból vett információkkal (gázösszetételből számított paraméterek: W_u, P_i), a fúvósík adataival (ϑ, h, D, f), a medencében található alkotókkal és az aknában levő anyagok összetételével.

IRODALOM

[1] *Staib, C.:* Controle de la marche du haut fourneau alimenté en agglomeré. Revue de Metallurgie — (1964. január).

[2] *Claus—Cotel:* Vaskohászati Enciklopédia, VI. kötet Nyersvasgyártás. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1955.

[3] *Dr. Farkas Ottó:* Nyersvasgyártás. Egyetemi jegyzet, Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc.

[4] *Pawlow:* Metallurgie des Hochofens, II. kötet: Der Hochofenprozess. Berlin, Verlag Technik, 1953.

[5] *Schlitt, H.:* Stochastische Vorgänge in linearen und nichtlinearen Regelkreisen. Braunschweig, Vieweg, 1968.

[6] *Schöne, Armin:* Prozessrechnersysteme der Verfahrensindustrie. Prozessmodelle, Systemtheorie und Anwendungen München, Carl Hanser Verlag, 1969.

[7] *Ehrenberg, L., Wagner, M.:* Erprobung der Methode der Korrelationsfunktionen für die Bestimmung der Dynamik industrieller Anlagen, Messen, Steuern, Regeln, 9. (1966) 2. (február) p. 41—45.

[8] *Schäfer, Otto:* Statistische Messverfahren in der Regelungstechnik. ETZ-A 88. (1967). 6. (június) p. 155—160.

[9] *Hromov, V. A.—Mkrtcsan, L. Sz....:* Regulirovanyije tyeplovava szosztojanyija domennoj pecsi pri pomoscsi vücsiszlityeljnoj masinü. Sztal' (1969) 7. szám. p. 588—593.

[10] *Bosnyjakov, A. N.—Petrenko, A. I.:* Opregyelenyije dinamicseszkih parametroc domennava processza po kanalu regulirovanyija K—Si. Technika-Insztitut Avtomatiki, Kiev, 1971.

[11] *Ringelband—Schoppe—Winzer—Wiethoff:* Prozessrechmersteuerung am Hochofen III. im Hochofenwerk Phoenix der Hoesch AG Hüttenwerke. Journees Internationales de Siderurgie. 1970. L'Automatisation en Siderurgie Luxembourg. B-4.

[12] *Csordás Zoltán:* Tényleges identifikáció elvégzése egy kiválasztott üzemben. VILATI — Munkaközi tanulmány — Budapest, 1969.

[13] *Csordás Zoltán—Raisz Miklós:* A Lenin Kohászati Művek nagyolvasztójának identifikációs vizsgálata. VILATI — Munkaközi tanulmány — Budapest, 1970.

[14] *Csordás Zoltán—Gacsádi Lóránd—Raisz Miklós:* Az LKM nagyolvasztó számítógépes irányításának előkészítése. VILATI — Munkaközi tanulmány — Budapest, 1971.

Acélüstök döngölési kísérletei során szerzett üzemi tapasztalatok

KOVÁCS ZOLTÁN okl. kohómérnök, HEVESI IMRE okl. kohómérnök,
Dr. PETREI LAJOS kandidátus
Ózdi Kóhászati Üzemek

DK 669.184.2:666.764:65,012

A drága és munkaigényes üstfalazás helyett rohamosan terjed külföldön az üstök döngölése. A szerzők ismertetik az Ózdi Kohászati Üzemekben az üstök döngölésével folytatott kísérleteket és közlik az összehasonlító költségszámításokat.

Előzmények

Közismert, hogy az acélművekben a gyártástechnológia egyik lényeges tartozéka és költségtényezője az acéladagok csapolására, illetve leöntésére szolgáló acélüst. Az üstöket évtizedek óta tűzálló téglával falazzák, de az utóbbi időben az úgynevezett monolitikus tűzálló bélések alkalmazása egyre inkább teret hódított. Az újabb acélgyártási eljárások elterjedése — mint pl. az LD-acélgyártás — a folyamatos öntési technológia egyre szélesebb körű bevezetése — mindinkább fokozzák az öntőüstökkel szemben támasztott követelményeket a nagyobb csapolási hőmérséklet, az acél üstben való tartózkodási idejének növekedése és a rövid adagidőből eredő gyors üstkészítés (újrafalazás) szükségessége miatt.

Az acélművek folyamatos üzeme szempontjából, de gazdasági meggondolásokból is igen lényeges az üzemben tartott üstök száma, melyet viszont a tűzállóbélés tartóssága, valamint újrafalazásának és szárításának ideje határoz meg. Jelentős gazdaságossági tényezők még az üstök munkaidő, anyag és energia költségráfordításai is.

Az Ózdi Kohászati Üzemek SM-Acélművében az acélüstök hagyományos falazási technológiáját alkalmazzák és hosszú évek óta az üzemi körülmények közt kialakult üsttartósság 11—12 öntés/üst, 7—8 kg/tonna félsavas üsttégla felhasználása mellett [1].

A félsavas üsttéglára az 1950-es évek második felében tért át a vállalat. Bevezetését a következők indokolták:

— salakok agresszív hatásával szemben ellenállóbb, mint az addig alkalmazott samott tégla,
— a hőmérséklet ingadozásokat viszonylag jól bírja.

Az Ózdi Acélmű rekonstrukciója során bevezetett 100 tonnás üstöket a mellékelt *1. ábra* szerint lépcsősen falazzák, mert az üzemi tapasztalatok azt mutatták, hogy a falazat kopásának mértéke az üst felső részében kisebb. Az ábrán látható falazási technológiával készített üstök 1972. évi legjellemzőbb mutatóit az *1. táblázat* foglalja össze.

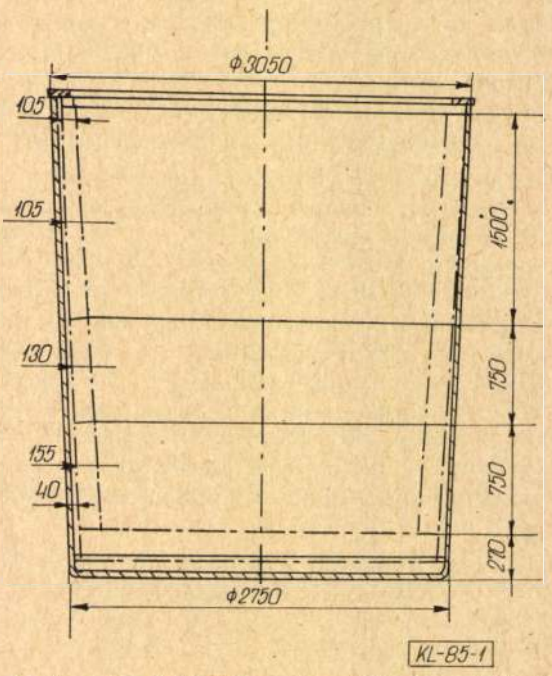
Az OKÜ termelésében rekordot jelentő 1972. évi 1 millió tonnás acéltermeléshez 878 üstöt kellet újrafalaztatni, közel 8000 t üsttégla és több mint 30 000 munkaóra ráfordítás mellett. Az üstszárítás során felmerült energiaköltségeket is figyelembe véve az üstfalazás költsége kb. 16 millió Ft/év.

Véleményünk szerint e néhány adat a műszaki és termelés-szervezési szempontok mellett a téma kutatásának gazdaságossági indítékaira is rámutat.

1. táblázat

100 t-ás acélüstök fontosabb mutatói 1972-ben

Fajlagos üsttégla felhasználás kg/t acél	Leöntött adagok száma	Újra falazott üstök száma	Átlagos üsttartósság öntés/üst
7,88	10 234	878	11,65



1. ábra. Egy ózdi 100 tonnás acélüst falazati ábrája

a) Külföldi tapasztalatok

Az egyes acélművekben alkalmazott acélgyártási technológiák lényegesen megszabják az üstbélés igénybevételét és a felhasznált téglák minőségét. Éppen ezért az alkalmazott üsttéglák minőségét illetően nem alakult ki egységes gyakorlat a különböző kohászati üzemek között, sőt fejlett kohászattal rendelkező országok között sem. Így pl. az USA-ban igen elterjedtek az úgynevezett nagy tömörségű SK 20-as tűzállóságú üsttéglák [2]. A Szovjetunióban mind a nagy Al_2O_3 tartalmú, mind pedig a félsavas jellegű téglákat alkalmazzák [3]. Lengyelországban pedig a 18% alatti porozitású SK 30-as tűzállóságú félsavas téglák terjedtek el [4].

Azok az erőfeszítések, amelyek világszerte az üsttéglák minőségének javítására irányultak, nem vezettek az üsttartósság lényeges javulásához és költségeseknek bizonyultak. Ezért a fejlesztési tevékenység egyre inkább a kézi, vagy a gépi döngöléses (slingerezéses) technológiák alkalmazása felé irá-

nyul [5]. A Szovjetunióban már az 1960-as évek elején a krivojrogi és dnyepropetrovszki kohászati üzemekben bevezették a kézi döngöléses technológiát, a természetes előfordulású csaszovjarszki tapadóhomok felhasználásával. Az NSZK-ban főleg a belgiumi származású „Ladelite" elnevezésű tapadóhomokot használják üstbélelési célokra.

Az utóbbi 3—4 évben elterjedtek a különböző gépi döngöléses eljárások is, melyeket az öntödékben már régóta használatos formahomok röpítő berendezésekből (Sandslinger) fejlesztettek ki. Legelterjedtebbek a Badische Maschinenfabrik által kifejlesztett automatikus vezérlésű slingerező berendezések [6]. Ilyen berendezéseket alkalmaznak többek közt az NSZK-ban a salzgitteri és a duisburgi acélművekben [1].

A nyugatnémet slingerező berendezések egyre jobban elterjednek a japán, holland, francia, angol stb. kohászatban is [7]. Miután kevés ország rendelkezik természetes előfordulású döngölőanyaggal, a kutatók figyelme egyre inkább a különböző összetételű és tulajdonságú szintetikus dönganyagok kutatására és kifejlesztésére irányul.

b) A döngölőanyagok jellemzése

Hazánkban is kipróbálták már többek között a Rhenalit (NSZK), Fricosil (Ausztria), Kalinit (Csehszlovákia) elnevezésű szintetikus döngölőanyagokat.

Néhány természetes előfordulású és szintetikusan előállított döngölőanyag kémiai összetételét és tűzállóságát a *2. táblázat* foglalja össze.

Kutatólaboratóriumunkban végzett szitaelemzés alapján egy természetes előfordulású és egy szintetikusan előállított döngölőanyag szemcseösszetételét a *3. táblázat* mutatja [8].

Egy döngölőanyag tartósságára vonatkozó exakt számokat nem lehet megadni, mivel az sok tényezőtől függ a már ismertetett kémiai összetételen és szemnagyságon kívül. Ilyenek a döngölés során bekövetkező tömörödés, a szárítás gondossága, a leöntött acél hőmérséklete és minősége, illetve a csillapított és csillapítatlan acélok részaránya, a salak hőmérséklete és agresszivitása, a hozaganyagok stb. hatása, de a tartósságot alapvetően a döngölőanyag mineralógiai összetétele határozza meg. Normál üzemi körülmények között az acél 30—60 perces üstben való tartózkodási idejének esetében 2—5 mm béléskopással számolhatunk. Ez azonban kedvezőtlen üzemi körülmények között 10 mm-ig is növekedhet. Különösen kedvezőtlenül befolyásolja az üsttartósságot a „medvék" (acéltapadványok) kitörése.

2. táblázat

Különböző döngölőanyagok kémiai összetétele %-ban

Kémiai összetétel	Természetes előfordulású tapadóhomok		Szintetikusan előállított döngölőanyagok	
	Ladelite	Csaszovjarszki	Rhenalit	Fricosil
SiO_2	83—88	90—92	85,6	92,5
Al_2O_3	7—10	2—3	7,0	4,5
Fe_2O_3	0,5—2	—	0,5	0,6
FeO	—	2,6	—	—
TiO_2	1	—	0,5	0,2
CaO	0,5—1	0,8—0,9	0,9	0,2
MgO	0,5—1	1,6	0,5	0,2
K_2O	max. 0,5	—	0,7	0,9
Na_2O	max. 0,5	—	0,2	0,1
izz. veszt.	1—4	1,8	1,8	1,1
SK	28/29	30	30	30

3. táblázat

Szemcseösszetételi adatok

Szemcse	Természetes előfordulású döngölőanyag	Szintetikusan előállított döngölőanyag
	szemcsenagyság %-a	
1 mm felett	2,0	25,4
0,5—1,0 mm	1,2	16,6
0,25—0,5 mm	9,2	15,5
0,12—0,25 mm	19,0	5,0
0,06—0,12 mm	25,2	7,5
0,06 mm alatt	43,4	30,0

A természetes előfordulású (natur) döngölőanyagokkal szemben a szintetikus döngölőanyagok előnye az, hogy azok összetétele szabályozható, és ezzel lehetőség nyílik arra, hogy a keverési arányokat a mindenkori üzemi körülményeknek megfelelően alakítsák ki.

Ezt az OKÜ-ben folytatott kísérletek is alátámasztották.

Az Ózdi Kohászati Üzemekben lefolytatott döngölési kísérletek

Az OKÜ Technológiai és Kutatási Főosztályán immár évek óta szervezett keretek között folyó szakirodalmi kutatás adta az első impulzust a kutatási témaválasztásra. Ennek alapján kapcsolatba lépett a vállalat a NIKEX Külkereskedelmi Vállalaton keresztül a Badische Maschinenfabrik (BMD) nyugatnémet céggel. A slingerezési eljárásra vonatkozó részletesebb információk tanulmányozása után [1] vállalatunk meghívta a BMD cég egy mérnökét 1970 tavaszán az OKÜ-be és így első ízben nyílt mód rá, hogy szakembereink egy filmvetítéssel egybekötött előadás és konzultáció során megismerkedhettek a slingerező eljárással, illetve az ahhoz használatos döngölőanyagokkal. Ezt követte egy ózdi acélgyártó, tűzállóanyagipari és tervező szakemberekből álló csoport NSZK-beli tanulmányútja 1970 őszén, amikor is különböző acélművekben részletesen tanulmányozták az eljárást és az alkalmazott döngölőanyagok jellemzőit. Az ott szerzett tapasztalatokról részletes tanulmányúti jelentésben számoltak be [1].

a) A kísérletek előkészítése

A téma részletes feltárására a helyi üzemi viszonyokat jól ismerő, acélgyártó, tűzállóanyaggyártó és üzemi kutatással foglalkozó szakemberekből komplex-kutatócsoport (team) alakult.

A kutatócsoport a kísérleti program alapján elsőként a jelenlegi 100 tonnás acélüstöknél kézi döngöléses kísérletek lefolytatását határozta el a külföldön már jól ismert belga származású „Ladelite" döngölőanyag felhasználásával. E célból 80 t „Ladelite B" döngölőanyagot rendeltünk és egy 4 gyűrűből álló fából készült sablont készíttettünk. A döngölési kísérletekhez Böhler gyártmányú pneumatikus döngölő szerszámokat szereztünk be. A döngölési kísérletek előkészítésében és lefolytatásában közreműködtek a „Ladelite" döngölőanyagot szállító cég szakemberei is. A kísérleti időszakban 7 üst döngölési, szárítási kísérleteit és a tartósság vizsgálatát végezte el a kutatócsoport.

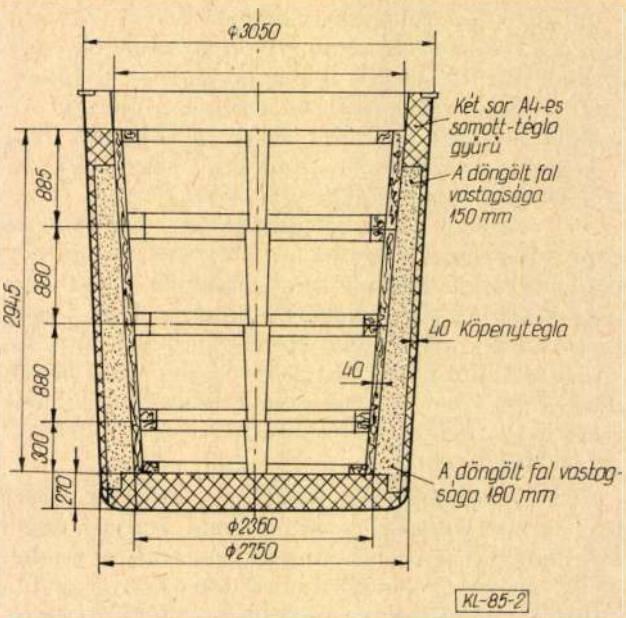
b) A kísérleti döngölések lefolytatása

A kísérletekre kijelölt üstöket úgy készítettük elő, hogy azokat új 40 mm-es vastagságú köpenytéglával falaztuk ki. Az oldalköpeny és fenék kifalazásához „Ladelite B"-ből készített habarcsot használtunk.

Az üstfenék falazatát úgy készítettük el, hogy az üst oldalfala és a fenékbéléstégla között kb. 100—120 mm hézagot hagytunk ki, a fenék és oldalfal jobb kötése céljából.

A sablon alsó gyűrűjének behelyezése előtt az így keletkezett gyűrűszerű hézagot döngöltük ki a fenék falazat magasságáig. Ezután helyeztük be a 4 részes sablon alsó gyűrűjét központosan beállítva. A sablon egyes gyűrűi egyúttal munkapódiumul is szolgáltak. A döngölést úgy végeztük, hogy az üst közepébe daruval beemelt tároló ládába készített anyagot lapáttal a sablon és az oldalköpeny közé egyenletesen szórtuk be 100 mm rétegvastagságban. Az így beszórt réteget pneumatikus döngölő szerszámokkal tömítettük az alakíthatóság határáig. Ekkor az anyag gyakorlatilag térfogatának 1/4-ére tömörödött össze. Ezt az eljárást mindaddig folytattuk, míg az alsó szektor felső szintjéig nem ért a döngölt bélés. A döngölést egyszerre három fő végezte egymástól egyenletes távolságra elhelyezkedve. A döngölést a következő gyűrűkben is hasonlóképpen végeztük mindaddig, míg a döngölt bélés felső szintje az üst záróperemétől számított 500 mm magasságot el nem érte. Különös gondot fordítottunk az egyes sablongyűrűk illeszkedési síkjában a döngölés minőségére. A döngölt bélés legfelső 500 mm-es szakaszát két sor A4-es jelű samott-téglával zártuk le. A csőr kifalazását hagyományos téglafalazással végeztük, azonban a habarcsot mind a zárógyűrű, mind a csőr falazásához „Ladelite B" anyagból készítettük. A zárógyűrű falazásának befejeztével a sablongyűrűket egyenként emeltük ki daru segítségével úgy, hogy előzőleg a sablonhoz alkalmazott feszítő csavarokat feloldottuk, minek következtében a sablongyűrűk átmérője csökkent, a döngölt béléstől elvált, így a bélés megsértése nélkül ki lehetett emelni. A használt sablont és a döngölt fal méreteit a *2. ábra* szemlélteti.

A döngölés minőségét az e célból beszerzett, egyszerűen kezelhető Fischer-féle keménységmérővel ellenőriztük közvetlenül a sablongyűrűk eltávolítása után. A műszerrel mért 90—95-ös, néhány helyen 85—90-es keménységi értékek a döngölést kifogástalan elvégzésére utaltak.

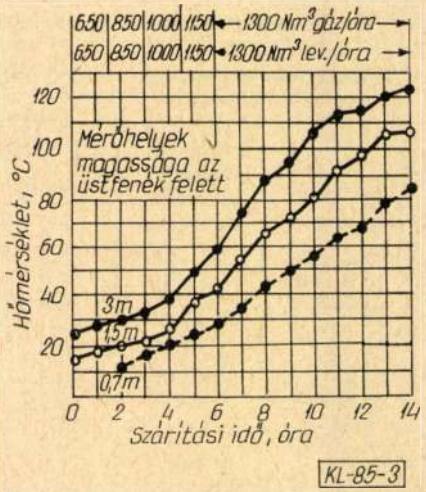


2. ábra. Egy ózdi 100 tonnás acélüst döngöléséhez alkalmazott, fából készült sablon

c) A szárítási és felfütési technológia értékelése

Mivel a „Ladelite B" döngölőanyag kb. 7—8% nedvességet tartalmaz és ez üstönként kb. 800 l víz eltávolítását teszi szükségessé, az üstök felfűtésére, ill. szárítására különösen nagy gondot fordítottunk, hogy a víznek alkalma legyen a köpenytéglával határos lassan száradó rétegen keresztül kigőzölögni. Ügyeltünk továbbá arra is, hogy az üstpáncélon egyenletesen elhelyezett kb. 10—15 mm-es elgőzölögtető furatokat tisztán tartsuk, illetve eltömődésüket meggátoljuk.

A döngölési technológia alkalmazásának egyik legkritikusabb fázisa az üstök szárítása, illetve felfűtése. Az üstök felfűtését általában a köpenytégla és döngölt bélés határfelületén különböző magasságokban elhelyezett hőelemekkel szoktuk ellenőrizni. A *3. ábrán* 265 tonnás acélüst felfűtési diagramját mutatjuk be, amely jól szemlélteti, hogy a szárítás kezdeti szakaszában kis gázmennyiséggel, lassú hőmérséklet felfutással kell a szárítást végezni, hogy a



3. ábra. Felfűtési diagram. A köpeny-tégla és döngölt bélés között mért hőmérsékleti értékek egy 265 tonnás acélüst szárításakor

helyenként koncentrálódó hőhatások következtében hirtelen nagy mennyiségben fejlődő gőz a döngölt bélés helyi leválásait ne idézhesse elő [9].

A döngölt bélés szárítása, illetve felfűtése jól szabályozható gáz, vagy olajégővel történik három fázisban.

Felmelegítés

Ebben a szakaszban az üstbélést egyenletesen át kell melegíteni. Az üst nagyságától és az üstbélés vastagságától függően a felmelegítés kb. 3—8 óra időtartamot vesz igénybe.

Szárítás

Ez a fázis — ugyancsak az üst nagyságának és bélésvastagságának függvényében — max. 10 órát vesz igénybe. Ezalatt az üstbélés hőmérséklete az üst belső felületén kb. 300 °C-ra emelkedik miközben a fizikailag kötött víz nagyrésze eltávozik.

Felfűtés

A felfűtés során az üstbélés hőmérséklete kb. 700 °C-ra emelkedik. Ez a periódus kb. 4—8 óra hosszat tart, mialatt a döngölőanyagban jelentős kristályszerkezeti átalakulások mennek végbe.

A nyers döngölőmasszában jelenlevő β kvarc α kvarccá alakul át 573 °C-on, amely 0,86%-os térfogatnövekedéssel jár, márészt a kaolinit szétesik metakaolinittá 500 és 600 °C között, amikor a kaolinit kémiailag kötött vize felszabadul (1—2%). Mivel az üstbélés külső zónáiban a hőmérséklet lassabban emelkedik fel, ott ezek az átalakulások a felfűtési periódus végén még teljesen nem fejeződnek be. A gyakorlati megfigyelések azt mutatták, hogy az üst üzembe helyezéséhez kb. 30 mm-es réteg teljes felfűtése elegendő. Hasonló üzemi tapasztalat az is, hogy „Ladelite B" döngölőanyag felmelegítésének, szárításának és felfűtésének összideje órákban kifejezve annyi, mint a legvastagabb döngölt réteg vastagsága cm-ben.

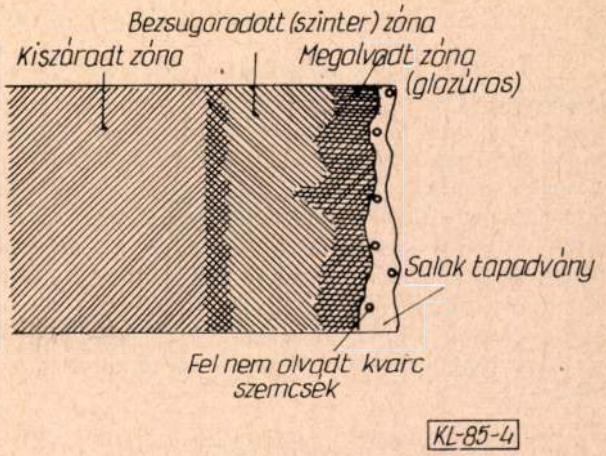
Az OKÜ-ben végzett kísérletek során az üstök kiszárítását fokozott óvatossággal kellett végezni, miután mérési lehetőségeink nem voltak, a gázégő korszerűtlen, nehezen szabályozható volt, energiahordozóként pedig csak nagy fűtőértékű (kb. 8500 kcal/Nm³) földgáz áll rendelkezésre, mely nagy hőmérsékletű szúrólángot ad viszonylag kis füstgázmennyiség képződés mellett.

Ezért a kísérletek során az üstöket 8 óra hosszat a lehető legkisebb gázmennyiséggel szárítottuk, majd 8—12 órán keresztül intenzívebb felfűtésnek vetettük alá.

A felfűtés után történik a záródugó és öntőkagyló behelyezése, újabb rövid szárítás után az üst üzembe helyezhető.

d) A döngölt fal egyes zónáinak jellemzése

Az első acéladag összetétele rendkívül fontos a döngölt bélés további tartóssága szempontjából, ezért a kísérletek során előírtuk, hogy az 0,20% C-tartalom feletti csillapított acélminőség legyen. Az első acéladag alakítja ki a döngölt bélés különleges szerkezetét, mely három különböző összetételű és tulajdonságú zónából áll. Ezek elhelyezkedését a *4. ábra* jól szemlélteti [9].



4. ábra. A döngölt üstbélés egyes zónáinak sematikus ábrája több adag leöntése után

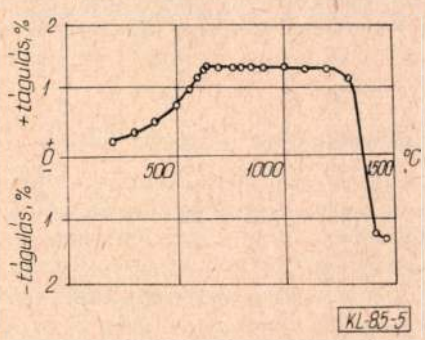
A döngölt bélés folyékony acéllal érintkező felületén egy tömör, szilárd kb. 15—18 mm vastagságú glazuros réteg keletkezik. A glazuros rétegnek élesen kirajzolódó határvonala van és a döngölt bélés többi zónáitól határozottan elkülöníthető. Kémiai összetétele általában:

$$SiO_2 = 81 - 84\ \%$$
$$\frac{Al_2O_3}{TiO_2} = 4 - 5\ \%$$
$$CaO = 3 - 4\ \%$$
$$Fe_2O_3 = 2 - 3\ \%$$
$$MnO = 4 - 5\ \%$$
$$MgO = 0{,}4 - 0{,}7\%$$

A viszonylag magasabb CaO és MnO tartalom arról tanúskodik, hogy a glazuros rétegbe a bázikus salak oxidjai erősebben bediffundálnak, mint a közbeeső zónába, miután a belső felület bizonyos mértékig meglágyul a kb. 1600 °C-os acéllal való közvetlen érintkezés következtében.

A glazuros zóna után, ill. mögött az ún. zsugorodott (szinterelődött) zóna helyezkedik el, amely 0,05—0,1 mm átmérőjű kvarcszemcsékből és a kvarcszemcséket körülvevő amorf-szilikát masszából áll. A bezsugorodott zóna szerepe rendkívül jelentős, mert ha az megfelelő mértékben nem alakul ki, a nagy hőhatásokkal szemben ellenálló glazuros réteg leválhat.

Még az üzemi kísérletek beindítása előtt vizsgálatokat végeztettünk a Szilikátipari Kutató Intézettel, mert a döngölőanyagok hőtágulásának és bezsugorodásának meghatározó szerepe van. A zsugorodásnak olyan hőmérsékleten kell végbemennie,



5. ábra. A „Ladelite B" jelű döngölőanyag hőtágulása és zsugorodása a hőmérséklet növekedésének függvényében

mely kisebb mint az üstbe csapolt acél hőmérséklete (*5. ábra*).

Az üstköpeny és a zsugorodott zóna között helyezkedik el az ún. kiszáradt zóna, mely laza szerkezetű, mivel a víz és illanó anyagok a szárítás során eltávoznak. Az üst üzemeltetése során ez a zóna a rugalmas ütköző réteg „puffer" szerepét tölti be, mintegy kiegyenlítve a hőfeszültségek változásából eredő dilatációs mozgást. A glazuros és szinterelt zóna a kiszáradt zóna külső burkolataként fogható fel, amely a húzó- és nyomóerők fellépése során szabadon mozog, függőleges irányú elcsúszásokkat is elvisel a döngölt bélés folytonosságának megtartása mellett [5].

e) A kísérleti üstök tartóssága

A „Ladelite B" anyaggal döngölt üstöktartóssági értékeit a *4. táblázatban* foglaltuk össze.

A táblázatból látható, hogy a döngölt üstök tartóssága a hagyományosan falazott üstök tartósságának mintegy kétszerese. Miután acélművünkben az üstfenéktéglák általában az oldalfalazattal egyidejűleg használódnak el, a döngölt üstnél kampányonként egy fenékcserét kell végezni. A fenék és oldalfal kapcsolódását egy „Ladelit B"-vel döngölt réteggel biztosítottuk. Már a hagyományosan falazott üstöknél is azt mutatták az üzemi tapasztalatok, hogy az oldalfal alsó része erőteljesebben használódott el. Ezért alkalmazzuk vállalatunknál a már ismertetett lépcsős falazási technológiát.

4. táblázat

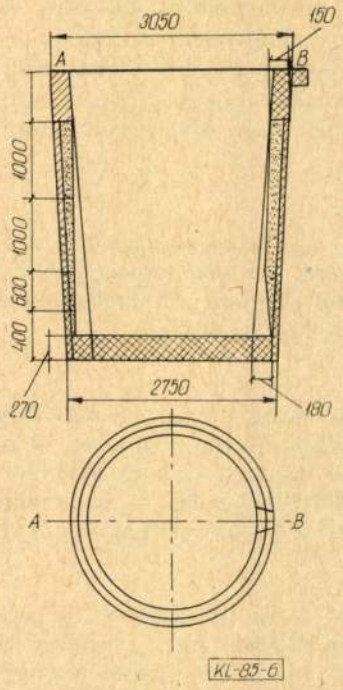
Tartóssági adatok

A kísérleti üstök jelzőszáma	Átlagos adagsúly/t	Elért üsttartósság öntés/üst
6	95,89	19
10	94,58	28
9	95,66	27
8	85,00	25
4	93,26	24
10	95,79	27
4	97,46	20
A 7 üst átlaga	95,30	24,3

Lényegében a döngölt üstök kopási mechanizmusa is azonos, mint azt a *6. ábrán* sematikusan ábrázoljuk. Ezért üzemi viszonyaink figyelembevételével a döngölő sablont úgy alakítottuk ki, hogy a döngölt fal vastagsága krónikus legyen (alul 180, felül 150 mm).

f) Hazai anyagokkal folytatott kutatás

Már a kutatás megindításával egyidejűleg munkacsoportunk nagy súlyt helyezett arra, hogy széleskörűen felmérje azokat a számbajöhető hazai származású ásványanyagokat, amelyek egy szintetikus úton előállítható döngölőanyag kifejlesztésénél számításba jöhetnek. Tisztában voltunk azzal, hogy a jelenleg feltárás alatt álló ásványaink között megfelelő egyenletes összetételű és szemnagyságú természetes döngölőanyag (tapadóhomok) nem található. A Magyarhoni Földtani Társulat felkérésünkre készített tanulmánya is ezt támasztotta alá [10].



6. ábra. A döngölt üst kopási ábrája

Hosszadalmas laboratóriumi kutatás után — melybe a Szilikátipari Kutató Intézetet is bevontuk [11] — és az ezt követő félüzemi modellkísérletek eredményeként olyan hazai ásványokból összeállított szintetikus döngölőanyagokat fejlesztettünk ki, amelyek felhasználásával acélművünkben 1972-ben öt esetben végeztünk nagyüzemi kísérleteket igen jó eredményekkel.

A kísérleteket 1973-ban kiterjedtebben folytatjuk tovább, tervbevettük, hogy az új 110 tonnás acélüstök üzembe helyezése után legalább 50 üstöt döngölünk ki az Ózdon kifejlesztett szintetikus döngölőanyaggal.

Ezekről a csak későbbiekben külön tanulmány keretében vállalkozhatunk.

A döngölési technológia gazdasági hatékonysága

A monolitikus üstbélési technológia alkalmazása az üstkészítés költségtényezőinek strukturális változását vonja maga után, az egy tonna leöntött acélra jutó költségek egyidejű csökkenése mellett.

Szakirodalmi adatok szerint [6] 100-t-ás acélüstök esetében havonként 50 üst újrafalazását, ill döngölését alapul véve, a különféle üstkészítési technológiák alkalmazásakor a gyártási költségek az alábbiak szerint alakulnak, nyugatnémet DM-ban kifejezve (*5. táblázat*).

Évi 600 db-os üstszükséglettel számolva az évenkénti költségmegtakarítás:

— kézi döngölés esetén a falazásos technológiával szemben ..... 93 600 DM
— slingerezés esetén a kézi döngöléssel szemben ..... 360 000 DM
— slingerezés esetén a falazásos technológiával szemben ..... 450 000 DM

5. táblázat

Az üstköltségek alakulása az NSZK-ban DM-ban

Költségtényezők	Falazás	Kézi döngölés	Slingerezés
Anyagköltség	2200,0	1200,0	1240,0
Munkabér	920,0	1280,0	480,0
Energiaköltség	—	54,0	7,0
Karbantartás tartalékalkatrészekkel	—	10,0	51,0
Szárítás	560,0	980,0	980,0
Értékcsökkenési leírás ..	—	—	167,0
Összesen	3680,0	3524,0	2925,0

Az üstfalazási költségek jelentős csökkenése eredményezi, hogy egy slingerező berendezés beruházási költségeinek megtérülése rendkívül előnyös kb. 1,5—2,0 év NSZK viszonyok között. A NIKEX Külkereskedelmi Vállalat útján beszerzett árajánlat szerint (1970. évi árbázison) a berendezés beszerzési ára 750 000 DM.

A döngölési kísérletek lefolytatása és eredményeinek kiértékelése után végzett gazdaságossági számítások eredményeit — részletszámítások mellőzésével — a *6. táblázatban* foglaltuk össze.

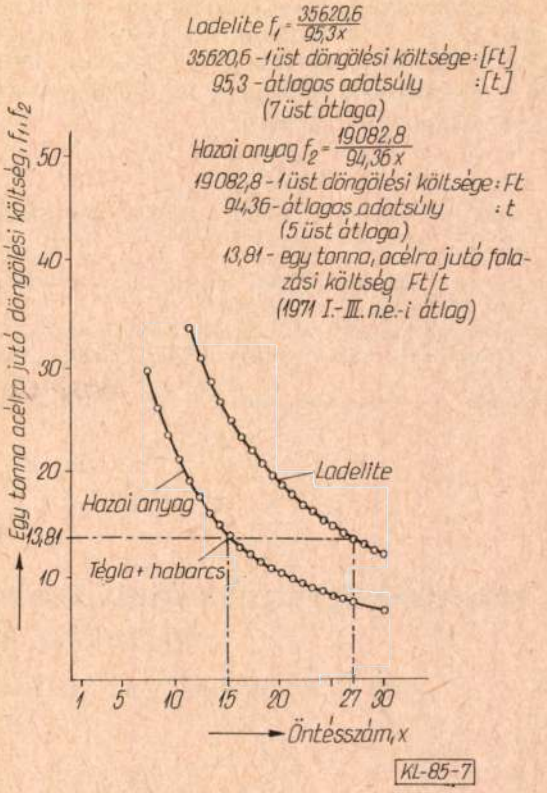
6. táblázat

A hagyományosan falazott és a kísérleti döngölt üstök összehasonlító költségszámítása

Megnevezés	Hagyományos falazás (1971. I.—III. n.é. átlaga)	Kísérleti döngölés belga „Ladelite B" anyaggal	Kísérleti döngölés hazai szintetikus anyaggal
Tűzállóanyag, Ft/üst	13 913,49	30 283,10	14 890,65
Munkabér, Ft/üst	1 092,81	3 687,50	2 542,20
Szárítás, Ft/üst	1 050,00	1 650,00	1 650,00
Összes költség	16 056,30	35 620,60	19 082,85
Egy tonna üsttégla, ill. döngölőanyag beszerzési ára, Ft/t ..	1 500,00	1 969,30	862,00
Átlagos üsttartósság, öntés/üst .	12,12	24,3	18,0
Átlagos adagsúly, t/adag	95,93	95,30	94,36
Egy üstkampányban lecsapolt acél mennyisége, tonna	1 162,67	2 315,79	1 698,50
Egy tonna lecsapolt acélra jutó falazási, ill. döngölési költség, Ft/t acél	13,81	15,38	11,24

A kísérleti döngölt üstök anyagköltsége az egyszeri fenékcseréhez felhasznált kb. 1,5 t üsttégla és a „Ladelite B" anyaggal végzett közbenső javítások anyagköltségeit is tartalmazzák. A munkabér költségek és a szárítási költségek emelkedése a döngöléses technológia nagyobb időigényére utalnak. Ez utóbbi kétségtelenül a munkaigényesség növekedésére mutat, azonban véleményünk szerint az egy lecsapolt adagra vonatkoztatott üstkészítési idő kedvező alakulása arra enged következtetni, hogy a döngöléses technológia az üzemben tartott üstök számának emelkedését nem eredményezi.

Rendkívül jelentős a döngölési technológia bevezetésével realizálható gazdasági hatékonyság szempontjából a döngölőanyag beszerzési ára. A táblázatból kitűnik, hogy a „Ladelite B "anyaggal végzett kísérletek során az elért műszaki eredmény ellenére (kétszeres üsttartósság) sem sikerült a fajlagos üstfalazási költségeket csökkenteni a közel 2000 Ft/t-ás beszerzési ár miatt, ami elsődlegesen a nagy szállítási költségekkel magyarázható (878 Ft/t).



7. ábra. A 100 tonnás acélüstök döngölési és falazási költsége

Lényegesen kedvezőbb a hazai szintetikus döngölőanyag beszerzési ára, ezért felhasználásával már viszonylag kisebb üsttartósság esetén is jelentős megtakarítás érhető el.

A kétféle döngölőanyag alkalmazásának gazdaságossági határértékeit a *7. ábrán* látható diagram jól szemlélteti. A hazai döngölőanyag felhasználásával már nem egészen 15 öntés/üst tartósági értéknél csökkenthetők az üstfalazás költségei, ezzel szemben a belga „Ladelite" döngölőanyaggal ez csak 27 öntés/üst tartósági érték fölött érhető el.

Következtetések

1. A döngöléses technológia alkalmazása az OKÜ viszonyai között is jelentős üsttartósság növekedést eredményez a hagyományos téglafalazással szemben, melynek jelentősége a folyamatos öntőmű üzembe helyezésével tovább növekszik.

2. A döngölőanyag kisebb beszerzési ára következtében az 1 t acélra jutó tüzállóanyag költségek csökkennek.

3. Már a kézi döngölés bevezetésével is az Acélművekben kb. 3—4 millió Ft/év megtakarítás érhető el.

4. A gazdaságosság mellett a munkafeltételek javulásával is számolhatunk, csökken a szilikózis veszély.

5. A döngöléses technológiára való áttérés nem igényel különleges beruházásokat.

6. Megfontolandó a gépi döngöléses technológia — slingerezés — bevezetése, melynek alkalmazásával az üsttartósság további jelentős növekedése érhető el a beruházási költségek viszonylag gyors (kb. 2 éves) megtérülése mellett.

IRODALOM

[1] OKÜ tanulmányúti jelentés az acélüstök slingerezésének tanulmányozása tárgyában NSZK 1970. IX. 30.—X. 7.

[2] *Harders—Kienov:* Tűzállóanyagok 4. kötet 46. old. Kiadó: Dunai Vasmű 1963.

[3] DV tanulmányúti jelentés a folyamatos öntőművek tanulmányozása tárgyában 1970. XI. 30.—XII. 5. (SZU)

[4] OKÜ tanulmányúti jelentés folyamatos öntőmű tűzállóanyagainak igénybevétele és fajlagos felhasználása tárgyában. 1971. I. 12.—I. ee. (LNK)

[5] *Pudikov—Rubinszkij—Belman.* Expluatacija sztalerazlivocsnih kovsej sz nabivnoj futerovkoj, Harkov 1962.

[6] Information, Badische Maschinenfabrik GmbH Karlsruhe, 1970.

[7] Referativnij Zsurnal, Metallurgija, 1973. 3. sz.

[8] *Ivócs László—Filep Gyula:* Különböző származású döngölőanyagok vizsgálata 1972. (tanulmány)

[9] *König—Horn:* Stahl und Eisen 89. évf. (1969) 20. sz. 1092/1105. old.

[10] *Nemecz Ernő—Varju Gyula:* Acélüstök bélésének döngölésére alkalmasnak látszó magyarországi kőzetek felmérése és azok jellemzése. Magyarhoni Földtani Társulat, Budapest 1971.

[11] Szilikátipari Központ Kutató és Tervező Intézet V-3039/71. sz. Vizsgálati Jelentés Budapest 1972.

A szakítódiagram kezdeti szakaszának fémtani — képlékenységtani elemzése lágyacélok esetén

CLEMENT ANDOR — Dr. TÓTH JÁNOS — Dr. VERŐ BALÁZS okl. kohómérnökök
Vasipari Kutató Intézet

DK 669.172.2

A cikkben a szerzők a lágyacélok szakítódiagramjának fémtani-képlékenységtani elemzésével foglalkoznak, különös tekintettel a folyási nyúlás görbeszakaszára. A folyási nyúlásnak megfelelő alakváltozás elemzése alapján a dresszírozott lemezek szakítás közbeni viselkedését újszerűen magyarázzák. Foglalkoznak az egyenletes nyúlást, azaz a keményedési kitevőt meghatározó tényezőkkel, valamint a $\sigma = k\varepsilon^n$ *valódi feszültség és természetes nyúlás közötti összefüggés elemzésével.*

Bevezetés

A mechanikai vizsgálatok sorában a szakítóvizsgálat az egyik legelterjedtebb vizsgálati módszer. A szakítóvizsgálat alapján azonban nemcsak a szokásos mechanikai jellemzőket — szakítószilárdságot, folyási határt, különböző nyúlási értékeket, kontrakciót — lehet meghatározni, hanem a szakítódiagram fémtani-képlékenységtani elemzésével olyan eredmények birtokába is juthatunk, melyek az anyag állapotáról, a képlékeny alakváltozás mechanizmusáról és az anyagnak a feldolgozás közben érvényesülő tulajdonságairól is felvilágosítást adnak. Különösen fontos ez az elemzés a lágyacélok esetében, melyeket általában nagymértékű képlékeny alakítással hoznak végső formára. Korábbi dolgozatainkban [1, 2, 3] már beszámoltunk a mélyhúzhatóság szempontjából meghatározó jelentőségű képlékenységi anizotrópiáról — melyet szintén szakítóvizsgálattal lehet meghatározni —, jelen dolgozatunkban elsősorban *a folyási jelenségekkel, a dresszírozás hatásával,* illetve *az egyenletes nyúlás fémtani értelmezésével* foglalkozunk. Célunk az volt, hogy a vázolt problémákról a mai elképzeléseknek megfelelően átfogó képet rajzoljunk, részben a nemzetközi irodalom, nagyobb részben azonban saját elgondolásaink és mérési eredményeink alapján.

Megfontolásaink értelemszerűen elsősorban lemez-anyagokra vonatkoznak.

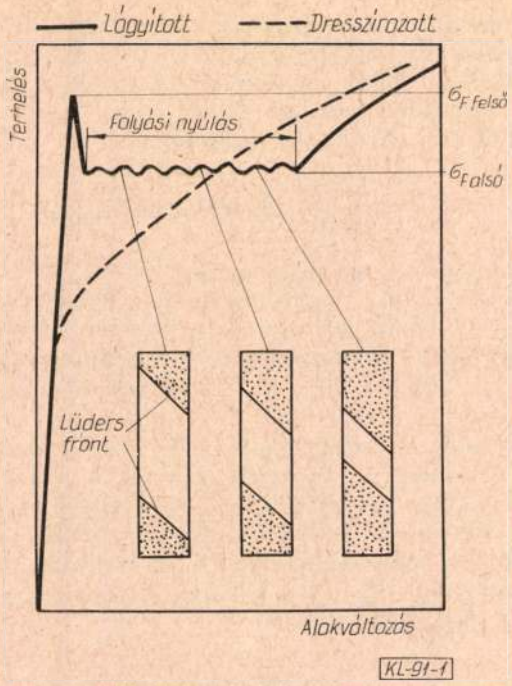
Lágyacélok szakítódiagramjának jellemzése

A kis karbontartalmú, lágyított vagy melegen hengerelt állapotú acélok szakítódiagramjában a rugalmas alakváltozás vonala nem folyamatosan megy át a homogén, maradó alakváltozást jellemző görbeszakaszba; a szakítódiagramon éles töréspont jelentkezik. A maradó alakváltozás megindulásakor meglevő feszültség lecsökken, és a folyás egy kisebb feszültségszinten megy végbe. A folyási jelenség közben sem állandó azonban a feszültség, a folyási nyúlás görbéje nem teljesen sima, azon belül is feszültségingadozások figyelhetők meg. Egy lágyacél próbatest szakítódiagramja vázlatosan az *1. ábrán* látható.

Dresszírozott állapotban a lágyacélok szakítódiagramja az egyéb fémek, például az alumínium, réz stb. szakítódiagramjához válik hasonlóvá, amint az az 1. ábrán megfigyelhető.

A folyási jelenség atomos magyarázata

A folyási jelenséget atomosan először *A. H. Cottrell* [4] magyarázta. Elmélete szerint a diszlokációkat — ezeknek mozgása szükséges a képlékeny alakváltozás megindulásához — a karbon és nitrogén atomok erősen rögzítik, olyannyira, hogy bizonyos feszültség-többlet szükséges a képlékeny alakváltozás megindulásához. Ez a feszültség-többlet ahhoz kell, hogy a diszlokációk elszakadjanak az őket horgonyzó intersticiós atomok felhőitől. Ha már elszakadtak, a képlékeny alakváltozás kisebb feszültségszinten mehet végbe. Cottrell elmélete tehát az alsó és a felső folyási határ különbségére ad magyarázatot. A felső folyási határ az a feszültség, amelynek hatására a blokkolt diszlokációk képesek az őket rögzítő atom-felhőtől elszabadulni; az alsó folyási határ pedig a már elszabadult diszlokációk mozgásban tartásához szükséges feszültséget jelenti.



1. ábra. Egy lágyított és egy dresszírozott állapotban levő lágyacél próbatest szakítódiagramja

Az alsó és felső folyási határ közötti különbség Cottrell által megadott magyarázata ma már nem egészen helytálló. Kimutatták [5], hogy lényegesen kisebb energia szükséges új diszlokációk létrehozásához, mint a blokkoltak felszabadításához. E módosított elmélet szerint a felső folyási határ ott van, ahol új, mozgásképes diszlokációk keletkeznek. Ennek matematikai megfogalmazása a következő: tételezzük fel, hogy az alakváltozás $\dot{\varepsilon}$ sebessége állandó, akkor a diszlokációk v sebessége lecsökken, ha N számuk megnő:

$$\dot{\varepsilon} = N \cdot v \cdot b = \text{állandó}. \qquad (1)$$

Kisebb diszlokáció-sebességhez pedig kisebb τ nyírófeszültség tartozik a (2) képlet alapján:

$$v = k \cdot \tau^m \qquad (2)$$

ahol b a diszlokációk Burgers-vektora; k, m adott anyagra nézve állandók.

Tehát Cottrell elmélete, illetve a módosított elképzelés a felső és az alsó folyási határ közötti különbséget magyarázza meg, de ahhoz egy lépéssel tovább kell mennünk, hogy megmagyarázzuk, a folyás miért *állandó terhelés mellett* megy végbe.

A folyási jelenség makroszkópos elemzése

A folyási jelenség a Lüders-front mozgásával jár együtt. A Lüders-front választja el a már megfolyt és a még meg nem folyt területet. Ahogy azt a 1. ábrán is jeleztük, a Lüders-front szakítás közben végigvonul a próbatesten és ha ez megtörtént, vége van a folyási nyúlásnak. A folyási jelenségre az jellemző, hogy inhomogén alakváltozással jár együtt, tehát a front előtt és mögött az alakváltozási állapot különböző. Ebben az esetben, tehát rugalmas és képlékeny alakváltozást szenvedett tartományok egymás mellett helyezkednek el.

A Lüders-front helyzetét a szakítópróbatest feszültségállapota határozza meg. Ideális esetet feltételezve a szakítóvizsgálatra síkbeli feszültségi állapot jellemző. Így minden egyes tetszőleges P pontban két fő csúszási irány van, melyekben a csúsztató-feszültségek maximális értéket vesznek fel. A fő csúszási irányok ideális esetben a σ_1 főfeszültség irányával, azaz a próbatest tengelyével $\pm 45°$-ot zárnak be. Ettől az értéktől való eltérés a feszültségi állapotban való változással kell magyaráznunk.

A folyási szakasz alakja

Ha sok, egyébként egyforma anyagból kimunkált próbatest szakítódiagramján a folyási szakasz alakját vizsgáljuk, azok a legritkább esetben egyeznek meg teljesen. Ennek az az oka, hogy a folyási nyúlás görbeszakaszát a próbatest feszültségállapota határozza meg, továbbá a folyási jelenség miatt a szakítóvizsgálat kezdetén a próbatest tengelye nem esik egybe a húzóerő irányával.

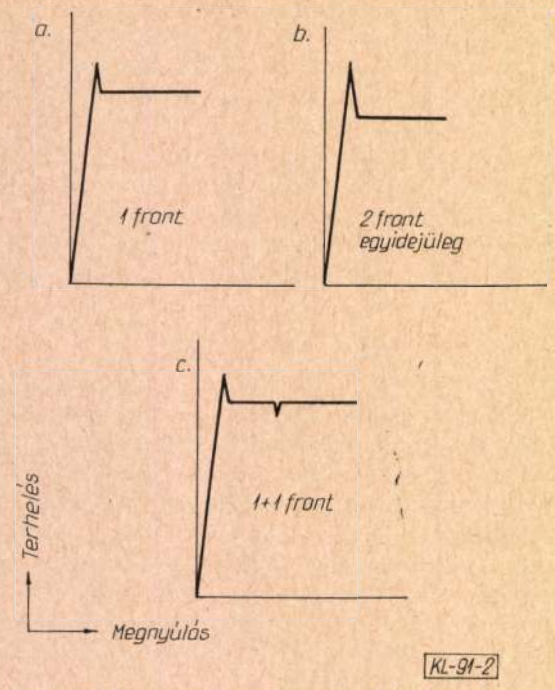
Kövessük végig a folyási jelenség, a Lüders-front mozgása és a szakítódiagram folyási szakaszának alakja közötti kapcsolatot!

a) A legegyszerűbb esetben a próbatesten egyetlen Lüders-front halad végig. A folyás általában valamelyik befogási helytől indul meg. Ebben az esetben a szakítódiagram alakja a *2a ábra* vázlatának felel meg, a feszültség lecsökkenését a Lüders-front elindulása okozza. Ebben a legegyszerűbb esetben az lényeges, hogy egy-egy Lüders-front elindulása a feszültség csökkenéséhez vezet, és mindaddig, amíg a Lüders-frontok száma nem változik, a további alakváltozáshoz szükséges feszültség állandó marad.

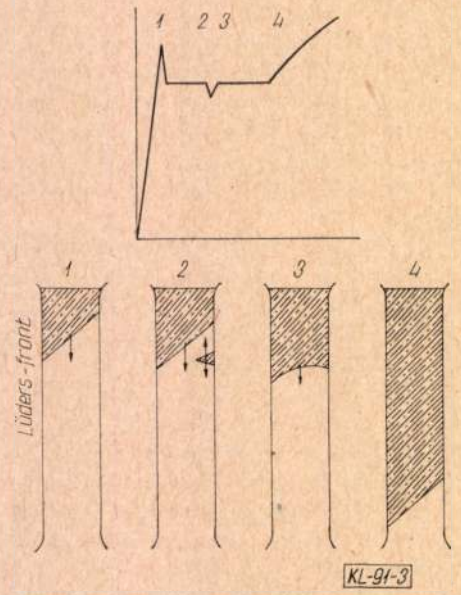
b) Ha a próbatest mindkét befogási helyétől egyszerre indul el egy-egy Lüders-front, a szakítódiagram alakja annyiban módosul, hogy az alsó és felső folyási határ közötti különbség nagyobb lesz, mint az az *a)* esetben volt (*2. ábra*).

c) Az *a* és *b* pontok alatt tárgyalt esetekkel a gyakorlatban ritkán találkozunk. Kísérleteink alapján — melyeket szokásos lemezbefogófejekkel ellátott hidraulikus szakítógépen végeztünk el — a folyás az egyik befogófej környezetében indult meg, a nyújtás közben a Lüders-front előrehaladt. E front előtt azonban gyakran — helyi feszültségmaximumoknál — másodlagos frontok is megindultak. A másodlagos frontok megjelenése természetesen a feszültség csökkenésével is együtt jár. Értelemszerűen, az elsődleges front csak egy irányban mozoghat, a másodlagos front mozgása már két ellentétes irányban is megindulhat, és a kétirányú mozgása következtében előbb-utóbb összeolvad az elsődleges fronttal. Ezáltal megváltozik a mozgásban levő Lüders-frontok száma, mely a feszültségnek az eredeti szintre való visszaállásával jár együtt. Ezt a jelenséget vázlatosan a *2c ábra*, részletesebben a *3. ábra* mutatja.

A *4. ábrán* egy előzetesen polírozott szakítópróbatest felületét mutatjuk be, a próbatestet addig nyújtottuk a szakítógépen, míg az elsődleges Lüders-front a próbatest közepéig jutott el. Világosan megfigyelhető, hogy az elsődleges front előtt egy másodlagos front is megindult, továbbá az, hogy



2. ábra. A folyási nyúlásnak megfelelő görbeszakasz alakja és a mozgásban levő Lüders-frontok száma közötti kapcsolat vázlata, a egyfront, b két front, c a gyakorlati eset



3. ábra. 2. c ábra szerinti eset részletes rajza

az elsődleges front nem teljesen az elméleti irányban fekszik.

A másodlagos Lüders-front keletkezése, illetve a keletkezés helye nem esetleges. Mint már említettük, a kísérletekhez a szokásos lemez-befogófejet használtuk. Ilyen befogás mellett a lemez és a befogófej között elmozdulás nem jöhet létre.

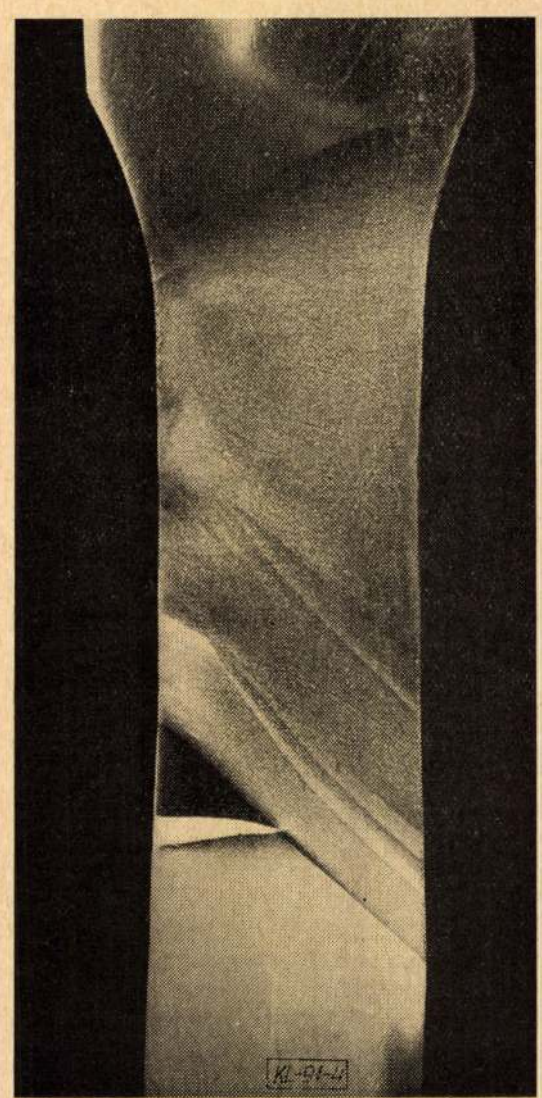
A kísérletekből és az elméleti megfontolásokból is az következik, hogy a Lüders-front a húzóerő irányával körülbelül 45°-ot zár be. Tételezzük fel, hogy a folyási nyúlás 10%, a próbatest szélessége b, akkor a próbatest két széle között $b \cdot 0{,}1$ hosszúságkülönbség adódik.[1] Ennek következtében a próba a Lüders-frontnál megbicsaklik. A merev befogás következtében azonban a próba ki akar egyenesedni, ehhez azonban a még meg nem folyt rész rugalmas alakváltozása nem elegendő; ugyanis a próbában ébredő feszültség egy szokásos szélességű szakítópróbatestet feltételezve ($b=15$ mm; $l_0=100$ mm; $E=20\,000$ kp/mm^2);

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = \frac{15 \cdot 0{,}1}{100} \cdot 20\,000 = 300 \text{ kp/mm}^2$$

mely feszültség egy nagyságrenddel nagyobb, mint a folyási határ. A próbatest hossztengelye csak úgy lehet közel párhuzamos a húzóerő irányával, ha egy újabb Lüders-front is megindul, mégpedig azon az oldalon, ahol az első Lüders-front hátrább van.

A Lüders-front mozgására jellemző annak mozgási sebessége. A mozgási sebességen a Lüders-front elmozdulását értjük 1%-nyi megnyúlás hatására. Mérési eredményeink szerint a Lüders-front egyenletes sebességgel halad a próbatesten. Ha a Lüders-front 1%-nyi megnyúlás hatására x-mm-t halad előre, akkor az

$$\frac{l_0}{x-1} = \Delta l \qquad (3)$$



4. ábra. Az elsődleges Lüders-front előtt szükségszerűen egy másodlagos front is megindul (előzetesen polírozott lágyacél próbatest). $N=2:1$

képlet adja meg a folyási megnyúlás nagyságát; l_0 a jeltáv. A folyási nyúlás értéke független a működésben levő frontok számától, nagyságát a lemez egyéb jellemzői határozzák meg.

A folyási nyúlás nagyságát meghatározó tényezők

A folyási nyúlás értékét elsősorban a ferritben oldott karbon és nitrogén mennyisége határozza meg. A két intersztíciós elem mennyiségének csökkenésével csökken a folyási nyúlás értéke is. Így mindazok az ötvözők, melyek a ferritben az oldott karbon és nitrogén mennyiségét csökkentik, csökkentik a folyási nyúlás értékét is. Egyértelmű kapcsolat állapítható meg a krómtartalom növekedése és a folyási nyúlás csökkenése között, a króm ugyanis csökkenti a karbon és a nitrogén oldhatóságát a ferritben.

A folyási nyúlás nagysága erősen függ a ferrit szemcseméretétől. Egészen finom (4—5 mikronos) szemcséjű lágyacélok esetén a folyási nyúlás 10% is lehet, a szokásos szemcseméretű acélok folyási nyúlása 3—6%.

A dresszírozással kapcsolatos jelenségek értelmezése a szakítóvizsgálatok alapján

Mivel a folyási jelenséggel kapcsolatos inhomogén alakváltozás a feldolgozás közben a gyártmány felületén látható nyomot hagy, a lágy acéllemezeket általában olyan állapotban használják fel, amelyben nincs folyási nyúlásuk.

A folyási jelenséggel kapcsolatos felületi hibát legegyszerűbben kismértékű hidegalakítással lehet elkerülni, vagyis a lemezeket felhasználás előtt kismértékben (1—2%) hidegen hengereljük (dresszírozzuk).

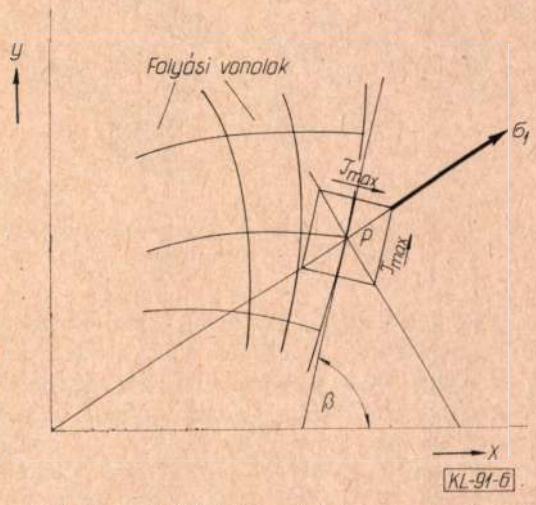
Az *5. ábrán* az Erichsen-vizsgálat során keletkezett folyási vonalakat láthatjuk. A folyási vonalak olyan ívelemekből tevődnek össze, amelyeknek bármely pontbeli érintői a maximális csúsztató feszültség irányába mutatnak, mint ahogy az a *6. ábra* alapján is belátható [6].



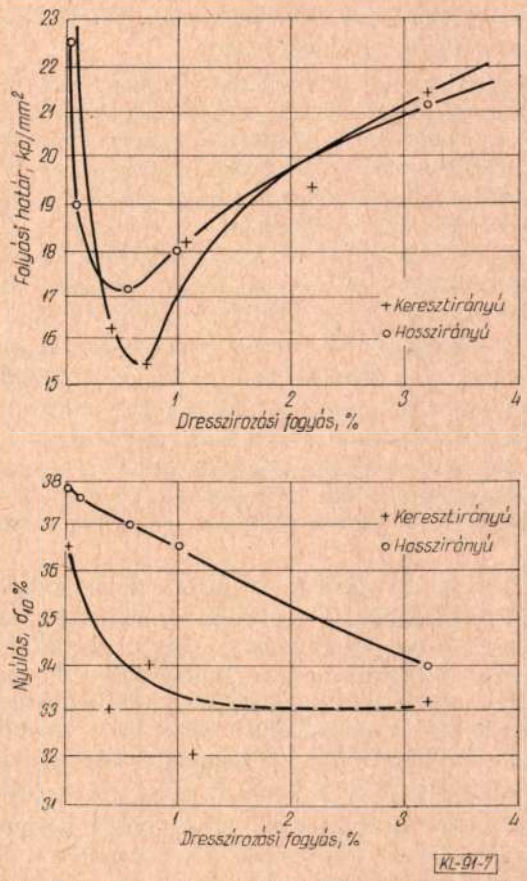
5. ábra. Erichsen-nyom körül keletkezett folyási vonalak

A dresszírozás azonban nemcsak a folyási vonalak elkerülése miatt célszerű. A dresszírozás hatására ugyanis erősen csökken a folyási határ, míg a szakítószilárdság alig változik, így az alakíthatóság szempontjából lényeges σ_F/σ_B érték jelentősen megjavul. A dresszírozás hatását a lágyacél folyási határára egy félig csillapított lágyacéllal végzett vizsgálat alapján ítélhetjük meg *(7. ábra)*. A szakítódiagram alakjának a változása a *8. ábrán* látható.

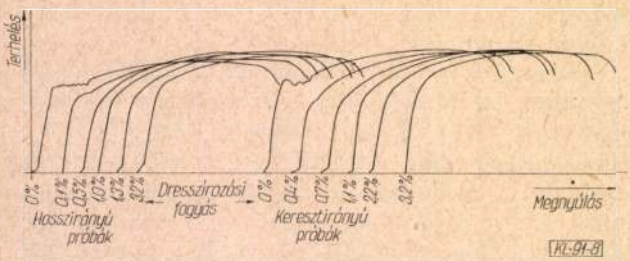
Mindezeket a jelenségeket szemléletesen magyarázhatjuk az eddig elmondottak alapján. Több



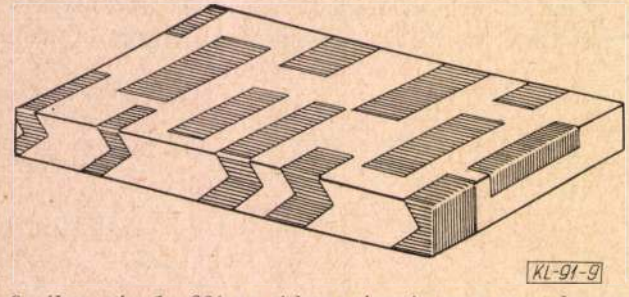
6. ábra. A folyási vonalak és a maximális csúsztatófeszültség irányának kapcsolata



7. ábra. A dresszírozás hatása egy félig csillapított lágyacél folyási határára és δ_{10} nyúlására



8. ábra. A szakítódiagram alakjának változása dresszírozás hatására



9. ábra. Az 1—2%-os átlagos fogyás nem egyenletesen alakul ki a lemezben

szerző kimutatta [7], hogy ha egy lemezt hengerléssel kismértékben, átlagosan 1—2%-osan alakítunk, a lemez alakváltozása nem lesz egyenletes, mint ahogy az a *9. ábrán* is megfigyelhető. A lemez alakváltozásának inhomogenitását avval magyarázhatjuk, hogy a folyási nyúlásának megfelelő alakváltozásánál kisebb megnyúlás nem jöhet létre. A kismértékű hengerléskor keletkező megnyúlás tehát csak úgy valósulhat meg, hogy *egymás mellett lesznek alakítatlan és a folyási nyúlásnak megfelelően alakított részek.*

Minden, ilyen különböző állapotú tartomány határvonala kedvező helyet jelent egy-egy Lüders-front megindulására. A megfelelő mértékben dresszírozott lemezben a szakításkor nagyszámú front lép működésbe; ez okozza a helyesen dresszírozott lemezek kis folyási határát. A mozgásra képes Lüders-frontok száma és az alakváltozás megindulásához szükséges feszültség között ugyanis — mint azt bemutattuk — egyértelmű kapcsolat van.

A hengerléssel megfelelő mértékben alakított lemeznek nem lesz folyási nyúlása; ez azonban nem jelenti azt, hogy az alakváltozás jellege megváltoznék. Egészen kis környezetet tekintve az alakváltozás továbbra is inhomogén. Igy a szakító próbatest egészének alakváltozása is csak kvázihomogén a folyási nyúlásnak megfelelő szakaszban.

A folyási nyúlásnak megfelelő görbeszakaszon belül az alakításhoz szükséges feszültség-növekedését avval magyarázhatjuk, hogy a maradó alakváltozás hatására egyes Lüders-frontok összeérnek, a mozgásban levők száma lecsökken és így az alakváltozás folytatásához szükséges feszültség megnő. Ilyenkor tehát a keményedés nem egyidejűleg játszódik le a próbatest egész térfogatában.

Optimális az a fogyási érték, amely a legtöbb mozgásra képes Lüders-frontot hozza létre. A 7. ábra alapján az optimális fogyás 1% körül van. Szakítógéppel ilyen hatást nem érhetünk el. A próbatestet ugyanis pontosan a folyási nyúlás nagyságának megfelelő mértékben kellene megnyújtanunk, hogy ne legyen a lemeznek folyási nyúlása, ebben az esetben azonban a folyási határ nem csökken le.

Az eddig elmondottakból következik, hogy dresszírozáskor inhomogén alakításra kell törekednünk: ezt a dresszírozó hengerlés hőmérsékletének csökkentésével, illetve a hengerlés közben érvényesülő alakváltozási sebesség növelésével érhetjük el: e két esetben a ferrit 48 lehetséges csúszási síkja közül sok kiesik, ami pedig az alakváltozás inhomogenitását növeli.

Az egyenletes nyúlás fémtani értelmezése

Ha a szakítóvizsgálat eredményeit átszámítjuk fizikai tartalmat magában foglaló értékekre, valódi feszültségre és természetes nyúlásra, akkor a valódi feszültség és a természetes nyúlás között jó közelítéssel fennáll a

$$\sigma' = k \cdot \varepsilon^n \qquad (4)$$

összefüggés. A (4) egyenlet logaritmikus koordinátarendszerben egyenest ad, melynek iránytangense n, ez pedig az egyenletes nyúlással a

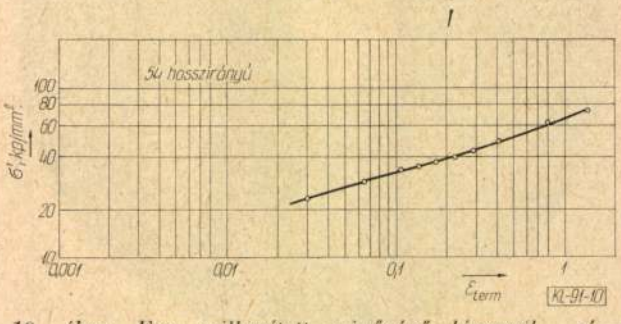
$$n = \ln(1 + \lambda_e) \qquad (5)$$

összefüggés szerint van kapcsolatban. Ennek bizonyítása a függelékben található meg. Egy lágyacél $\sigma' - \varepsilon$ görbéje a *10. ábrán* látható; n értékét keményedési kitevőnek szokás nevezni.

Elsőként *Bergström* és *Roberts* [8, 9] dolgozott ki olyan elméletet, mely a keményedési kitevőt az alakváltozás közben végbemenő fémfizikai folyamatok alapján tárgyalja. Mint ismeretes, fémes anyagokban a képlékeny alakváltozás diszlokációmozgással jár együtt. A maradó alakváltozás következtében növekszik a diszlokáció-sűrűség, és a rács feszültségekkel terhelt tartományai is kiterjeszkednek. Így nagyobb alakítások esetén nő az a fékező hatás, mely a diszlokációk mozgását akadályozza; a folyási feszültség megnő. A folyási feszültség változását a következő egyenlettel lehet jellemezni:

$$\sigma' = \sigma'_{i_0} + a \cdot G \cdot b \sqrt{\xi} \qquad (6)$$

Ebben a képletben a jelenti a diszlokációk feszültségtere közötti kölcsönhatási tagot, G a csavaró moduluszt és b Burgers-vektort. σ'_{i_0} azt a feszültséget jelöli, mely egyetlen diszlokációt a különben diszlokációmentes anyagban végighajtani ké-



10. ábra. Egy csillapított minőségű lágyacél $\sigma' - \varepsilon$ diagramja kettős logaritmikus koordinátarendszerben ($n = 0{,}269$).

pes. σ'_{i0} értékben benne van a polikristályos szerkezet, a szilárd oldat és esetleg a kiválások hatása is. A ζ az egységnyi felületen áthaladó diszlokációk száma.

A képlékeny alakváltozáskor különböző diszlokáció-reakciók játszódhatnak le. A keményedés szempontjából azok a leglényegesebb reakciók, amelyek során blokkolt diszlokációkból mozgásra képesek, illetve mozgásra képesekből blokkoltak lesznek. Ennek a reverzibilis folyamatnak az egyensúlya, illetve az egyensúly megbomlása okozza a diszlokáció-sűrűség megváltozását. A folyamatot *Bergström* és *Roberts* a következő feltételek mellett vizsgálta:

a) A mozgó diszlokációk száma a szakítás közben változatlan.

b) A mozgásra képtelen diszlokációk számának növekedése a diszlokációk egymást blokkoló hatásán alapul. Az egységnyi megnyúlás hatására bekövetkező diszlokáció-szám növekedést jelöljük B-vel.

c) Evvel a növekedéssel ellentétesen hat az a folyamat, mely során egyes diszlokációk újra aktivizálódnak, vagy megsemmisülnek. Ezt a folyamatot R számmal jellemezzük, mely azt fejezi ki, hogy egységnyi diszlokáció-sűrűség esetén hány diszlokáció semmisül meg, vagy aktivitálódik újra.

d) B, R, σ_{i0} függetlenek az alakváltozás mértékétől.

E feltételek alapján a diszlokáció-sűrűség megváltozására a következő differenciálegyenlet adódik:

$$\frac{d\xi}{d\varepsilon} = B - R\xi \tag{7}$$

A jobboldal első tagja a diszlokáció-sűrűség blokkolás miatti növekedését jelenti, a második tag pedig az aktivizálódás és a megsemmisülés következtében beálló csökkenést. A differenciálegyenlet megoldása a következő:

$$\xi = \frac{B}{R}[1 - \exp(-R\cdot\varepsilon)] + \xi_0 \exp(-R\cdot\varepsilon) \tag{8}$$

ahol ζ_0 a próbatest kezdeti diszlokáció-sűrűsége, a B/R hányados a végtelen nagy alakváltozási mérték esetén beálló egyensúlyi diszlokáció-sűrűséget jelöli. Ha a (8) egyenletet a (6) egyenletbe helyettesítjük, akkor a folyási görbét kifejező egyenletbe bevezettük a mikroszkopikus diszlokációs jellemzőket:

$$\sigma' = \sigma'_{i0} + \left\{(a\cdot G\cdot b\frac{B}{R}[1 - \exp(-R\cdot\varepsilon) + \xi_0 \exp(-R\cdot\varepsilon)]\right\}^{1/2} \tag{9}$$

Ez utóbbi egyenlet lehetőséget ad a keményedési kitevő diszlokációs értelmezésére, ugyanis a (4) egyenletből:

$$n = \frac{\varepsilon}{\sigma'}\cdot\frac{d\sigma'}{d\varepsilon}. \tag{10}$$

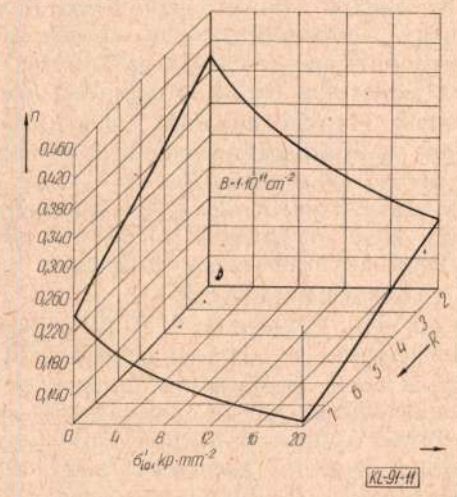
Ha σ' helyére beírjuk a (9) egyenletből a megfelelő értéket, azt kapjuk, hogy

$$n = \frac{1}{2}\cdot\frac{\varepsilon\cdot\exp(-R\cdot\varepsilon)}{1 + \sigma'_{i0}/\sigma'_d}\cdot\frac{B}{\zeta}\left(1 - \frac{\xi_0}{\zeta_{max}}\right), \tag{11}$$

ahol

$$\sigma'_d = a\cdot G\cdot b\cdot\sqrt{\zeta} \quad \text{és} \quad \xi_{max} = \frac{B}{R}.$$

A σ'_{i0}, B és R értékének hatása az n-értékre a *11. ábrán* látható. A diagramból le lehet olvasni, hogy a nagy n-érték eléréséhez kis σ'_{i0} és R-érték szükséges.



11. ábra. σ'_{i0}, R *és* B *hatása az n-értékre*

Az egyenletes nyúlást meghatározó tényezők:

Nagyszámú kísérleti adagon végzett elemzés alapján az alábbi lényeges eredmények adódtak:

a) A kémiai összetétel csak σ'_{i0} értékén keresztül hat az n-értékre, a másik két tényezőn keresztül csak csekély mértékben. *Gensamer* és *Schunk* [10] vizsgálatai kimutatták, hogy az oldott ötvözők csökkentik a keményedési kitevő értékét. Karbon- és nitrogénmentes lágyacélokban meghatározták, hogy egy súly%-nyi ötvözőfém mennyivel csökkenti n-értékét. Az eredményeket az *1. táblázatban* közöljük.

Az adatokból világos, hogy a *szubsztituciósan* oldódó ötvözők csökkentik a ferrit keményedési kitevőjét. Azok az ötvözők, melyek kevéssé oldódnak, nagyobb hatásúak, a jól oldódóak kevésbé módosítják az n értékét.

1. táblázat

A keményedési kitevő változása az oldott ötvözők hatására [10]

Az ötvözőelem megnevezése	n változása 1 súly% ötvözőfém hatására	az ötvözőfém maximális oldhatósága a ferritben, súly%
Cu	−0,06	1
Si	−0,06	15
Mo	−0,05	3
Mn	−0,04	3
Ni	−0,04	10
Co	−0,04	75
Cr	−0,02	100

Az *intersztíciósan* oldódó ötvözők hatásának tisztázása igen nehézkes, mivel ezek az ötvözők precipitálódásra hajlamosak. Speciális mérési eredmények alapján az a nézet alakult ki, hogy a karbonnak és a nitrogénnek nincs közvetlen hatása a keményedési kitevőre.

A lágyacél szokásos összetétele alapján megállapíthatjuk, hogy egyedül a mangán hatása veendő figyelembe: *0,28—0,40%* hatása *—0,01*. A mangán nagy része azonban oxidokhoz és szulfidokhoz kapcsolódik, így hatása kisebb, mint amennyi a számításból adódott. A karbon és a nitrogén melegen hengerelt vagy lágyított állapotú acélban precipitátumot képez, talán együttesen 100 ppm marad oldatban. Ilyen kis mennyiség közvetlenül nem hat az n értékére, öregedéskor viszont kissé növelni fogják a keményedési kitevőt. Ha mindezek mellett 20 μ-os szemcseméretet tételezünk fel, akkor σ'_{i0} értékére lágyvas esetében 4—5 kp/mm² adódik, ebből a σ'_{i0} és az n-érték közötti kapcsolat alapján — mely kapcsolatot a *12. ábrán* tüntettük fel — n maximális értékére *0,270—0,280* adódik.

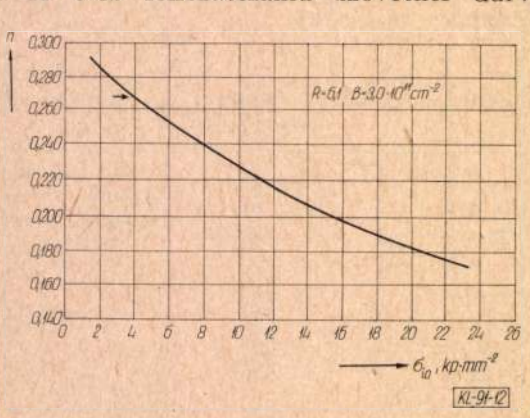
b) A keményedési kitevő erősen függ a szemcsemérettől. A keményedési kitevő, mint ahogy az az alakváltozás diszlokációs elméletéből következik, a diszlokációk szabad úthosszának függvénye. Ha a keményedési kitevőt növelni akarjuk, növelni kell a szabad úthosszat. Erre két lehetőségünk van: egyrészt olyan összetételű acélt kell gyártanunk, hogy abban idegen fázis ne keletkezzék, másrészt a még megengedhető mértékben el kell durvítani a szövetet. Ugyanis, ha a ferriten kívül másik fázis nincs jelen, a ferritben a diszlokációk szabad úthosszát a szemcseméret határozza meg.

Morrison [11] és saját méréseink igazolták ezt a feltevést. A *mm*-ben megadott szemcseméret és keményedési kitevő értéke között a következő összefüggés adódott *(13. ábra)*:

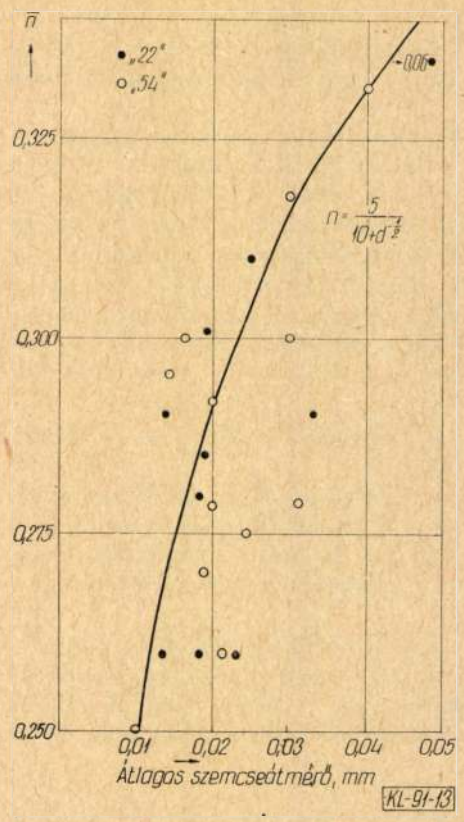
$$n = \frac{5}{10 + d^{-1/2}} \qquad (12)$$

A melegen hengerelt vagy lágyított állapotú lágyacél lemezek szemcsemérete általában 6—8 fokozatszámú (0,45—0,022 mm átmérőjű). Ennek megfelelően az (n-értéke *0,22* körül van.

A nyújthatóság szempontjából a nagy keményedési kitevőjű, tehát durvaszemcsés lemezek a jók. A 6-os fokozatszámú szövetnél durvább



12. ábra. A σ'_{i0} és az n-érték kapcsolata 20 μ-os szemnagyság esetén



13. ábra. A keményedési kitevő és a szemnagyság kapcsolata

szemcseméret azonban nem kívánatos, mert a mélyhúzott lemez felülete „narancshéjas" lesz. A szemcseméret durvításának tehát gyakorlati korlátja van.

Összefoglalás, következtetések

Mint láttuk, a szakítódiagram matematikailag viszonylag jól közelíthető a

$$\sigma' = K \cdot \varepsilon^n \qquad (4)$$

egyenlettel. Az egyik legfontosabb jellemző, melyet ennek az összefüggésnek az elemzéséből meghatározhatunk, az n keményedési kitevő, amely a lemez nyújthatóságára ad elsősorban felvilágosítást. Az n-érték pontos meghatározásának feltétele, hogy a szakítódiagram a maradó alakváltozás megindulásától egészen a szakadásig azonos jellegű folyamatokat foglaljon magában. Az eddig elmondottak alapján azonban világos, hogy a lágyacélok szakítódiagramjának kezdeti szakasza — még dresszírozott állapotban is — nem homogén alakváltozást jelent, így erre a szakaszra csak közelítőleg lehet érvényes a (4) összefüggés. Hasonló jellegű következtetésre juthatunk a kontrakciós szakasz elemzésével is.

Ezt a két tény figyelembe véve akkor járunk el leginkább helyesen, ha a keményedési kitevőt a szakítódiagram azon szakaszából határozzuk meg, ahol az alakváltozás jellege nem változik, nevezetesen a folyási nyúlásnak megfelelő nyúlási értéktől kiindulva egészen a kontrakció megindulásáig.

Az ilyen, nagypontosságú elemzés feltétele a megfelelő pontosságú mérési lehetőség (pl. *Instron-*

szakítógép). Csak nagyszámú, hibaelemzést is magában foglaló mérés után lehetne arról véleményt mondani, hogy szükséges-e új matematikai leírást keresni, vagy a (4) összefüggés ilyen értelmezése megfelel a követelményeknek.

Függelék

A keményedési kitevő és az egyenletes nyúlás kapcsolata [12]

A természetes nyúlás definíciószerűen:

$$\varepsilon = \int_{L_0}^{L} \frac{dL}{L} = \ln \frac{L}{L_0} = \ln \frac{A_0}{A}, \qquad (F.1)$$

ahol A_0 a szakítópróbatest kiinduló keresztmetszete, A azakítópróbatest pillanatnyi keresztmetszete. Az (F. 1) alapján a pillanatnyi keresztmetszet

$$A = \frac{A_0}{e^{\varepsilon}},$$

A maradó alakváltozást okozó P húzóerő a következőképpen adódik:

$$P(\varepsilon) = A(\varepsilon) k_f(\varepsilon) = \frac{A_0 \cdot a \cdot \varepsilon^n}{e^{\varepsilon}}, \qquad (F.2)$$

mert az alakítási szilárdság

$$k_f(e) = a\varepsilon^n \qquad (F.3)$$

alakban írható fel.

A szakítódiagramban a maximális terheléshez tartozik az egyenletes nyúlás, amikor érvényes, hogy

$$\frac{dP}{d\varepsilon} = 0 = A_0 a \frac{n \cdot \varepsilon^{n-1} e^{\varepsilon} - e^{\varepsilon} \varepsilon^n}{e^{2\varepsilon}} \qquad (F.4)$$

ebből

$$n \cdot e^{n-1} \cdot e^{\varepsilon} - e^{\varepsilon} e^n = 0. \qquad (F.5)$$

Az (F.5) csak akkor lehet igaz, ha

$$n = \varepsilon_e = \ln (1 + \lambda_e), \qquad (F.6)$$

amit bizonyítani akartunk.

IRODALOM

[1] *Clement A.—Verő B.:* Új mérőszám finomlemezek alakíthatóságának jellemzésére. BKL Kohászat **104** (1971) 449—451.

[2] *Verő B.—Clement A.:* Mérőeszköz finomlemezek alakíthatóságának jellemzésére. BKL Kohászat **105** (1972). 114—117.

[3] *Tóth J.—Verő B.:* A mélyhúzhatóság és a Lankford-szám kapcsolata. Gép **23** (1971) 187—192.

[4] *Cottrell, A. H.:* Dislocation and Pla.ctic Flow in Crystals Clarendon Press, Oxford 1953.

[5] *Duckworth, W. E.—Baird, J. D.:* Mild Steels. JISI **207** (1969) 854—871.

[6] *Geleji, S.:* Bildsame Formgebung der Metalle. Akademie-Verlag Berlin 1967. 57.

[7] *Blickwede, D. J.:* New Knowledges About Steel Sheets. Med. Progr. (1969) July 92.

[8] *Bergström, Y.:* Mater. Sci. Eng. **5**. (1969/1970) 193—200.

[9] *Roberts, W —Bergström, Y.:* Z. für Metallkunde **62.** (1971) 752—757.

[10] *Gensamer, M.—Schunk, F. B.:* hivatkozás Blickwede, D. J. Met. Prog. (1969) Jan. 85.-ben.

[11] *Morrison, W. B.:* Effect of Grain Size on the Stress-Strain Relationship in Low-Carbon Steel. Trans. ASM. **59** (1966) 824.

[12] A Vasipari Kutató Intézet 10—2—010/1969 sz. témajelentése.

Durvakerámiai termékek gyorsszárítási feltételeinek vizsgálata*

SIMON LÁSZLÓ

Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc

DK.:666.7:661.68:663.3.047

A száradásra érzékeny nyers durvakerámiai termékek repedésképződése olyan fizikai-kémiai művelettel csökkenthető, amelyet az előhúzás és szárítás műveletei közé iktatnak be. Ha az előhúzott nyers idomokat vízüveg és szulfitszennylúg oldatában kezelik, homogén feszültségű nedvességdiffúziós folyamat alakul ki szárítás közben, mivel az oldat félátteresztő, vízgőzdepressziós hártyát képez az idomdarabon. Így a szárítási idő egyharmadára csökkenthető, a késztermék szilárdsága pedig közepesen 26%-kal nagyobbodik.

Bevezetés

Az állami és magánépítkezés az utóbbi években két eltérő technológiai utat követ. Az egyik a nagy paneles és monolitvázas szerkezetek, a másik a hagyományos, az alternatívákat magával hordozó kisblokkos építés útján halad. Tekintettel arra, hogy az összmennyiség felét képezi, fontos népgazdasági célkitűzés olyan durvakerámiai technológiai fejlesztés megvalósítása, amely mind műszakilag, mind ökonómiailag előnyös.

Az elmúlt évtizedben a nemzetközi és hazai színvonal közelítése érdekében gyökeres változtatásokat hajtottak végre a téglagyártás technológiai folyamatának hőkezelési szakaszaiban. Pontosabban az előállítás szűk keresztmetszetét képező szárítási művelet korszerűsítése érdekében történtek számottevő beruházások. A hazai törekvések azonban gyakran erősen eklektikus álláspontokból indultak, emiatt a nagyon korszerű előkészítés, formázás és szárítási műveletek birtokában sem sikerült a remélt eredményre jutni. A korszerű berendezések ugyanis csak abban az esetben jelentenek új lehetőségeket, ha ezek párosulnak a szóban levő lelőhely nyersanyagának ásványgenetikai tulajdonságaival és adottságaival. Más fogalmazásban: gyors szárítóban csak abban az esetben lehet megoldani intenzív vízelvonást, ha az alkalmazott agyagásvány lehetővé teszi a különböző kötésben és szereppel rendelkező nedvességnek uralkodó hő- és áramlástechnikai feltételek között történő távozását.

A téglaipari szárítási folyamatnak tehát intenzitása mellett hibamentesnek is kell lennie. A legújabb kutatási eredmények arra következtetnek, hogy a vízelvonáshoz szükséges hőmennyiségnek nedves téglához — a továbbiakban betéthez — történő juttatása új módszerek alkalmazásával jelentős mértékben meggyorsíthatja a szárítás folyamatát. Tekintettel arra, hogy a legtöbb gyártási folyamat szűk keresztmetszete a szárítás, az új eljárások meghonosítása számottevő beruházás nélkül jelentős termeléstöbbletet biztosíthat.

* 1972 decemberben Miskolcon a Nehézipari Műszaki Egyetem tartott Tüzeléstani Szemináriumon elhangzott előadás.

A szárítási anomáliák minden esetben a betét szerkezeti károsodásához vezetnek. A belső és külső vízáramlás közötti egyenletlenségből eredő feszültségek kiküszöbölése fizikai-kémiai, áramlás- és hőtechnikai tényezők révén oldható meg. Mielőtt azonban ezek tárgyalására térnénk, nélkülözhetetlen feladat a szárítást megelőző, de arra minden esetben közvetlenül ható technológiai műveletek vázlatos tárgyalása.

A probléma felvetésének háttere

Az utóbbi években mind a külföldi, mind a hazai durvakerámia iparban a kemencetípusok konstrukcióját és üzemeltetését illetően jelentős változások történtek. Az egyre jobban elterjedő rés, vagy sandwich — a készítmények egyszerű építését biztosító — kemencék maguk után vonják az egységáruk gyorsszárításának fejlesztését. A szárítók fejlesztési iránya az eddigi hazai és külföldi vizsgálatok alapján elsősorban az alagútszárításos technológia bevezetése. A szárítási folyamatnak, mint a durvakerámiai technológia fontos fázisának korszerűsítése egyre komolyabb feladatok elé állítja a kutatókat.

A téglaipar csak akkor tarthatja meg az építőanyagiparban elfoglalt eddigi helyét, ha az új építőanyagokkal versenyképes áruféleségeket állít elő. A versenyképesség alakulásában — önköltség, minőségi mutatók — nagy szerepet játszik a szárítási folyamat. A téglaipar szárításnak mindenekelőtt gyorsnak és hibamentesnek kell lennie, természetesen úgy, hogy a fajlagos hőfelhasználás is kedvező legyen.

A szárítás gyorsításának határát a víztelenedés közben keletkező zsugorodási feszültségek határozzák meg. Ezen feszültségek repedésképződéshez és a termék tönkremenéséhez vezetnek.

A szárítási folyamat tehát úgy tehető hatékonyabbá, ha a nedvességáramlást szabályozzuk, azaz a szárítandó idom felülete és közepe közötti nedvességgrádienst csökkentjük a szárítás ideje alatt. Ezzel csökkenthetők a zsugorodási feszültségek, különösen a szárítás második (változó sebességű) szakaszában.

A kísérleti anyag műszaki jellemzői

Tekintettel arra, hogy a kísérleteket célszerű nagy száradási érzékenységgel rendelkező anyagfajtán elvégezni, a mályi mészszegény agyagot választottuk a kísérletek anyagának.

A mályi agyagtelepülésen kétfajta agyag található, úgymint a sárga és szürke agyag. Nagy száradási érzékenysége az agyagásványban az illit mellett található montmosillonitnek, valamint nagy agyagásványtartalmának és képlékenységének következménye. Ezen túlmenően a nagy lineáris száradási zsugorodása (6,5%) fajlagos felülete ($5{,}8 \cdot 10^3$ cm²/g), ioncsere kapacitása (27—35 mg-ekv/100 g), mind nagy száradási érzékenység okozói.

A kísérletekhez a mályi technológiával gyártott B-30 kézi falazóblokkokat használtam fel alapanyagként.

A 2 mm szemnagyság alá őrölt száraz téglából 100×50×25 mm méretű és 23% megmunkálási nedvességtartalmú próbatesteket készítettünk a szárítási vizsgálatokhoz, míg a dilatométeres méréseket 10 mm hosszú és 6 mm átmérőjű próbatesteken végeztük el.

A kísérlet céljának és módszerének rövid ismertetése

A felületre felvitt vízgőzdepressziós hártya alábbi tulajdonságait vizsgáltuk meg a vízüveg és szulfitszennylúg alapú különféle kezelőanyagok esetén:

a) a hártya vastagsága a kezelési idő és hőmérséklet függvényében;

b) dilatométeres vizsgálatok a termék zsugorodási tulajdonságainak megismerésére különböző kezelési idő és hőmérséklet függvényében;

c) száradási érzékenység vizsgálata a kezelési idő és hőmérséklet függvényében;

d) a száradási érzékenység vizsgálata;

e) a kezelt agyag hőmérsékletgörbéinek vizsgálata.

Következtetések

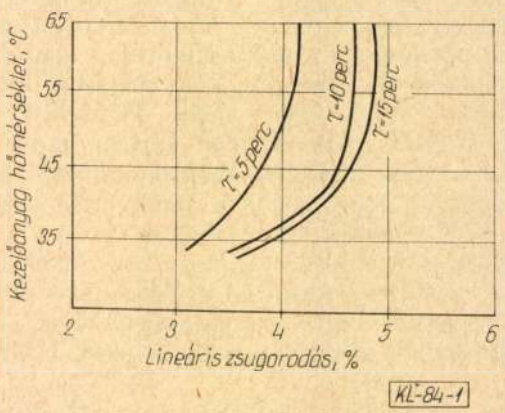
A vizsgálatok eredményeiből az alábbi következtetéseket lehet levonni.

A leformázott anyagok teljes felületén a vízüveg vagy szulfitszennylúg alapú oldatba történt bemártás — kezelés — következtében egy vékony, vízgőz áteresztő hártya alakult ki. Az agyag és az oldat érintkezési határfelületén közbenső réteg jön létre, mely agyagoldatból és a kezelőanyagból áll.

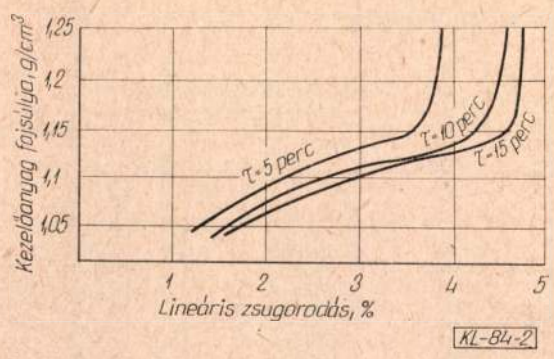
A kezelő oldat összetételétől, fajsúlyától és hőmérsékletétől, valamint attól függően, hogy az oldatban milyen hosszú ideig tartottuk az anyagot, a kezelés ideje alatti lineáris zsugorodási értékek eltérnek egymástól.

1,15 g/cm³ fajsúlyú vízüveg oldatban történő kezelés esetén az *1. ábra* szerint a 45 °C fölé történő hőmérséklet emelésnek a lineáris zsugorodás szempontjából nincs jelentősége. A *2. ábrából* pedig az olvasható le, hogy a lineáris zsugorodási görbéken 1,15 g/cm³ fajsúlyú értékek után hirtelen csökken a zsugorodás.

Az előzőekből következik, hogy az optimális kezelőanyag paraméterek vízüveg oldat esetén 1,15 g/cm³ fajsúlyú és 45 °C hőmérséklet.



1. ábra. A lineáris zsugorodás és kezelőanyag hőmérséklete közötti összefüggés különböző kezelési idő esetén



2. ábra. A lineáris zsugorodás és kezelőanyag fajsúlya közötti összefüggés 1,15 g/cm³ fajsúlyú vízüveges oldatos kezelés esetén

A szulfitszennylúg alapú oldatban végzett kísérleteknél sem a kezelőanyag hőmérsékletének, sem fajsúlyának változtatása nem adott olyan értékelhetően eltérő eredményt, mint amilyet a vízüveg alapú oldatban történő méréseknél lehetett regisztrálni. Az 1,2 g/cm³ fajsúlyú és 45 °C hőmérsékletű oldatban mintegy 15 perces kezelési idő után is csak 1,25% lineáris zsugorodás adódott *(3. ábra)*. A hőmérséklet növelésével a lineáris zsugorodás nem változott, a fajsúly csökkenése esetén pedig egyáltalán nem zsugorodott a próbadarab. Ebben az esetben intenzív szárítási körülmények között vizsgált próbatestek repedezettségekből az alábbi optimális paramétereket választottuk:

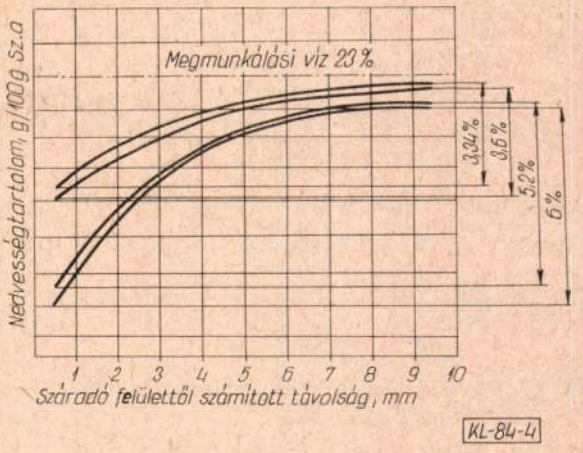
fajsúly 1,2 g/cm³
kezelési hőmérséklet 45 °C
kezelési idő 30 perc

A *Macey*-féle száradási érzékenység vizsgálatánál a *4. ábrán* az látható, hogy a kezeletlen anyag



3. ábra. A lineáris zsugorodás és kezelési idő közötti összefüggés 1,2 g/cm³ fajsúlyú, 45 °C hőmérsékletű, szulfitszennylúg alapú oldatos kezelés esetén

szárítási érzékenysége nagyobb, mint a kezelteké. A legjobb eredményt a kezelési időt is figyelembe véve 1,2% fajsúlyú, 45 °C hőmérsékletű félperces kezelési paraméter esetén kaptam. Tehát ez az eredmény is a szulfitszennylúg oldat használatát látszik igazolni.



4. ábra. Macey-féle szárítási érzékenység

Összefoglalás

A száradásra érzékeny nyers duvakerámiai termékek repedéses károsodása jelentős mértékben korlátozható olyan fizikai-kémiai jelenség közbeiktatásával, amely az előhúzás és szárítás művelete közötti fázisban valósítható meg.

Az előhúzott nyers idomoknak rövid ideig tartó, vízgőzdepressziós (féláteresztő) hártyát létrehozó, vízüveg és szulfitszennylúg alapú oldatban történő kezelése feszültségmentes (homogén) nedvességdiffúziós folyamatot idéz elő a szárítás szakaszában. Főleg genetikai tulajdonságokkal összefüggő száradás érzékenységgel rendelkező agyagtermékeknél figyelhető meg az említett hártya nedvességáramlás szabályozó hatása.

Ugyanazon szárítási feltételek esetén mind a makroszkópiai kép, mind az agyag szerkezeti szilárdsága jelentősen kedvezőbb. A száradást követő előnyös mechanikai tulajdonságok további előnyöket jelentenek az izzítási folyamatban, ami értelemszerűen a jobb céltulajdonságok mutatóiban jelentkezik. Amellett, hogy a szárítási idő egyharmadára csökkenthető, nő a termék szilárdsága is mintegy 22—30%-kal. A kezelő oldatba történt bemártás után leszárított darabok égetés után sem színükben, sem szerkezeti—mechanikai tulajdonságokban nem szenvednek károsodást, sőt felületi rétegükben tömörebbé válnak.

Szabványosítási hírek

Új szabvány

MSZ 2638/3—73 *Acélok makrovizsgálata. Kéneloszlás meghatározása Baumann-eljárással*

A szabvány vasalapú fémek kéneloszlásának kimutatására szolgál. Az eljárás alapja, hogy a vizsgálandó felületen levő szulfidrészecskék egy kénsavas oldatba áztatott fényérzékeny papír ezüstbromidjával reakcióba lépnek, a szulfidokból kén-hidrogén szabadul fel, mely az ezüstbromiddal ezüstszulfátot alkot. Előhívás után a kéndúsult helyeket barnás elszíneződés jelzi.

A vizsgálat alapján a termék kéntartalmára következtetni nem lehet. *K. E.*

Műszaki és gazdasági hírek

Nagy-Britannia mini-hengerművei

Vállalat	Üzembe helyezés	Berendezések	Kapacitás (t)	Termék
Sheerness Steel Sheerness	1972	Elektrokemence Folyamatos öntőmű Rúdhengermű	180 000	Betonacél Rúdacél-huzal
Lloyd-Cooper Dubley	1974	30 t-ás elektro-kemence Folyamatos öntőmű	100 000	Buga
Richard Johnson Manchester	1974	40 t-ás elektro-kemence Folyamatos öntőmű	100 000	Buga (100×100 mm 12 m hosszú)
Hall Engineering Birkenhead	1974	Elektrokemence Folyamatos öntőmű Huzalhengermű	150 000	Beton-acél-huzal
Flkem-Spigerver-ket Midland	..	Elektrokemence Folyamatos öntőmű	150 000	Beton-acél-huzal
GKN/BSC Cardiff	1975	...	400 000	Buga

A világ nagyobb nagyolvasztói

Üzembe helyezés éve	Ország	Üzem	Sorszám	Nagyolvasztó átmérője (m-ben)	Nagyolvasztó kőbtartalma (m³-ben)
1964	Japán	Nagoya	1.	9,8	2021
1965	Japán	Chiba	5.	10,0	2142
1965	Szovjetunió	Zsdanov	4.	10,3	2300
1966	Japán	Fukuyama	1.	9,8	2004
1967	Japán	Wakayama	4.	11,0	2535
1967	Japán	Mizushima	1.	10,0	2156
1967	Japán	Nagoya	2.	10,3	2166
1967	Japán	Sakai	2.	11,2	2620
1967	Szovjetunió	Krivoj Rog	8.	11,0	2700
1967	Hollandia	Ijmuiden	6.	10,0	2150
1968	Japán	Fukuyama	2.	11,2	2626
1968	Franciaország	Dunkeryue	3.	10,2	2100
1968	Japán	Kimitsu	1.	11,5	2705
1969	Japán	Mizushima	2.	11,5	2857
1969	Japán	Wakayama	5.	11,0	2630
1969	Japán	Nagoya	3.	11,7	2924
1969	Szovjetunió	Cserepovec	4.	11,0	2700
1969	Japán	Tobata	3.	10,5	2338
1969	Japán	Fukuyama	3.	11,8	3016
1969	Japán	Kimitsu	2.	11,6	2884
1969	Szovjetunió	Nyizsnyij Tagil	6.	10,0	2700
1969	USA	Burns Harbor	1.	10,6	2427
1969	Japán	Wakayama	2.	10,0	2147
1969	Olaszország	Toronto	3.	10,6	2475
1970	Szovjetunió	Ny. Szibéria	2.	11,0	2700
1970	Japán	Hirohata	4.	11,0	2548
1970	NSZK	Ruhr-vidék	8.	10,0	2200
1970	Japán	Kakogawa	1.	11,6	2847
1970	Japán	Mizushima	3.	12,4	3363
1971	Japán	Kashima	1.	12,4	3159
1971	Szovjetunió	Ny. Szibéria	3.	—	3000
1971	Szovjetunió	Karaganda	2.	11,0	2700
1971	Japán	Fukuyama	4.	13,8	4179
1971	Japán	Kimitsu	3.	13,4	4063
1972	Japán	Oita	1.	14,0	4158 (P)

1972-ben újabb rekord a világ acéltermelésében

1971-ben a világ acéltermelése az 1970. évi 597,1 millió tonnáról 583,1 millió t-ra csökkent. A csökkenés 14 millió t, vagyis 2,3 %. A csökkenést lényegében csaknem valamennyi tőkés országban beállott termelés korlátozás okozta. A szocialista országokban ezen idő alatt is egyenletes volt az acéltermelés növekedése.

1972-ben a világ acéltermelése 629,2 millió t volt. A növekedés 1971-hez viszonyítva 46,1 millió t, vagyis 7,9 % *(1. táblázat)*.

Az acéltermelés 1972. évi növekedése országonként a következő, USA 11,7 millió t, Japán 8,4 millió t, SZU 5,4 millió t, NSZK 3,4 millió t, Olaszország 2,3 millió t, Kínai Népköztársaság 2 millió t. 1972-ben a világ valamennyi acéltermelő országában növekedett az acéltermelés Svédország kivételével, ahol az előző évi csökkenési tendencia tovább folytatódott.

1972-ben a SZU 126 millió t-s termelésével továbbra is megtartotta az acéltermelésben a világranglistán 1971-ben elért első helyét.

1972-ben viszonylag nagy volt az acéltermelés növekedés Olaszországban, ahol az acéltermelés 19,78 millió t-ra, és 1971-hez viszonyítva 13,4 %-kal növekedett. Ausztriában folytatódott az előző évi termelés stagnálása és így az acéltermelés valamivel 4 millió t fölött volt.

Az USA-ban az 1972. évi 123,5 millió t acéltermelési szint az előző évi termeléshez viszonyítva 10,5 %-os növekedést jelent, de még mindig nem érte el az 1969. évi 131,2 millió t-s rekord szintet.

Japán az 1971. évi 4,8 millió t-s csökkenését 1972-ben a 8,4 millió t-s növekedésével kiegyenlítette, sőt túlhaladta az 1970. évi 93,9 millió t-s szintet.

A világ acéltermelésének 20,0 %-át a Szovjetunió, 19,7 %-át az USA, 15,4 %-át Japán és 7 %-át az NSZK termelése teszi ki. Ezen négy acéltermelő ország 62,1 %-kal részesedik a világ acéltermeléséből. (OM)

Stahl und Eisen 1973. február

1. táblázat

A világ acéltermelése

Országok	1950.		1960.		1965.		1970.		1971.		1972.	
	Mill. t	%	Mill. t	%	Mill. t	%	Mill. t	%	Mill. t	%	Mill. t	%
Világ összesen	189,6	100	341,2	100	459,5	100	597,1	100	583,1	100	629,2	100
Szovjetunió	27,3	14,4	65,3	19,1	91,0	19,8	115,9	19,4	120,6	20,7	126,0	20,0
KGST országok+Jugoszlávia	35,9	18,9	87,9	25,8	121,3	26,4	158,2	26,5	165,5	28,4	173,2	27,5
USA	87,8	46,3	91,9	26,9	122,5	26,7	122,1	20,5	111,8	19,2	123,5	19,7
Japán	4,8	2,5	22,1	6,5	41,2	9,0	93,3	15,6	88,6	15,2	96,9	15,4
Európai Közös Piac (6) összesen	31,8	16,8	73,1	21,4	86,0	18,7	109,2	18,3	103,4	17,7	113,1	18,0
NSZK	14,0	7,4	34,1	10,0	36,8	8,0	45,0	7,5	40,3	6,9	43,7	7,0
Belgium	3,8	2,0	7,2	2,1	9,2	2,0	12,6	2,1	12,4	2,1	14,5	2,3
Franciaország	8,7	4,6	17,3	5,1	19,6	4,3	23,8	4,0	22,8	3,9	24,1	3,8
Olaszország	2,4	1,3	8,5	2,5	12,7	2,8	17,3	2,9	17,5	3,0	19,8	3,2
Luxemburg	2,5	1,3	4,1	1,2	4,6	1,0	5,5	0,9	5,2	0,9	5,5	0,9
Hollandia	0,5	0,3	1,9	0,6	3,1	0,7	5,0	0,8	5,1	0,9	5,6	0,9
Anglia	16,6	8,8	24,7	7,2	27,4	6,0	28,3	4,7	24,2	4,1	25,3	4,0
Kanada	3,1	1,6	5,3	1,5	9,1	2,0	11,2	1,9	11,0	1,9	11,9	1,9
Kínai Népköztársaság	0,6	0,3	11,0	3,2	12,0	2,6	18,0	3,0	21,0	3,6	23,0	3,7

Egyesületi hírek

Szakosztályvezetőségi ülés máj. 22-én

Az elnök és az elnökhelyettes távollétében a máj. 22-i szakosztályvezetőségi ülést *Szőke László* vezette.

A napirend első pontját a miskolci Dec. 4. Drótművek helyi csoport munkájáról szóló beszámoló képezte. A 9 oldalas összeállítást a vezetőségi tagok kézhez kapták. Ehhez *Gorondi István* titkár adott szóbeli kiegészítést. (A beszámolót lapunk más helyén részletesen ismertetjük.) Az összeállításból kitűnt, hogy a vállalatnál működő műszakiak számához képest a csoport létszáma kielégítő. Az elmúlt évek során kialakult a helyi körülményekhez igazodó egyesületi élet. A szakmai előadásokon kívül rendszeresen tartanak családias társas összejöveteleket és minden évben pályázatokat írnak ki.

A beszámolóval kapcsolatban számos kérdés és hozzászólás hangzott el. A konzultációban *dr. Fuchs Erik*, *Óvári Antal*, *Lantos István*, *Kondoray Egon*, *dr. Remport Zoltán* és *dr. Tardy Pál* szakosztályi titkár vettek részt. A feltett kérdésekre *Gorondi István* és *Regenyei Dezső* válaszolt a csoport vezetősége részéről.

Szőke László megköszönte a mintaszerű, az egyesületi munka minden részletét feltáró beszámolót, amiből kitűnik, hogy példamutató a csoport aktív tagjainak részaránya és a csoport teljesen csendben igen eredményes egyesületi munkát végez, amiről eddig a szakosztályvezetőségnek sem volt tudomása. A vezetőség a csoport vezetői részére jegyzőkönyvi köszönetet szavazott meg.

Második napirendi pontként Balatonszéplakon jún. 29-én kezdődő VII. Kohászati Anyagvizsgáló Napok szervezésének állásáról tájékoztatta a szakosztály vezetőségét. A rendezőségnek a legnagyobb gondot a minden várakozást meghaladó érdeklődés okozza, mert a 400 főre tervezett konferenciára kb. 540 résztvevő jelentkezett, köztük több mint 100 külföldi. A korlátozott férőhely miatt nehézséget jelent a résztvevők megfelelő elhelyezése.

A tájékoztatáshoz *dr. Pőcze László* és *Éles László* szóltak hozzá. *Répás Pál* és *dr. Fuchs Erik* a rendezőség nevében további segítséget kértek főleg kisbuszok rendelkezésre bocsátásáról, a Budapestre érkező külföldiek csoportos szállításához.

Ezután *Óvári Antal* a Jubileumi Évkönyvről adott tájékoztatást. A kiadvány iránt olyan nagy érdeklődés mutatkozott, hogy az évkönyv néhány hét alatt kifogyott és a késve jelentkező csoportok igényeit már nem tudják kielégíteni.

Éles László a Diósgyőrben tartott legutóbbi Acélgyártó Szakbizottság-i ülésről, *Schmidt György* pedig az Ifjúsági Bizottság alakuló üléséről tett jelentést, amelyen a Szakosztály képviseletében vett részt.

Lantos István a KGYV-csoport legutóbbi rendezvényeiről, *Csépe Ferenc* pedig a Borsodi Műszaki Hetek Szilvásváradon szervezett rendezvényeiről tett jelentést. *Stehlik László* kérte, hogy az összes sorra kerülő egyik szakosztályvezetőségi ülést Diósgyőrben hívják össze és ez alkalommal az induló új nemesacélhengerművet is megtekinthetnék az érdeklődők. (OA)

Kovácsklubnap máj. 29-én

A Kovács szakcsoport máj. 29-én megtartott összejövetelén *Martin Walter* az Erfurti Alakítástechnológiai Kombinát mérnöke „A melegalakítási technológia fejlődése és az ehhez kapcsolódó gépi berendezések" címmel tartott előadást.

Az előadó hangsúlyozta, hogy az NDK-ban az utóbbi években az alakító gépek száma 30%-kal nőtt, s ezzel a forgácsoló gépekhez viszonyított aránya eléri az 50 százalékot. Az Intézet szem előtt tartva a melegalakítás ezen gyors fejlődésével kapcsolatos fokozott követelményeket — legjobb mechanikai tulajdonságok, főleg dinamikus igénybevételeknél, magas teljesítmény, a kész darab alakjának maximális megközelítése és a gazdaságos anyagfelhasználás — ezen gyártási ágazatokban korszerű technológiákat és gépi berendezéseket vezetett be.

Előadásában részletesen foglalkozott a haránthengerléssel, a sorjás és sorjamentes süllyesztékes kovácsolással. Beszámolt továbbá a hideg, félmeleg és melegfolyatás eredményeiről is.

A haránthengerléssel készült darabok jellemzői egyéb eljárással gyártott darabokkal szemben, azonos mechanikai tulajdonságok, kis átmérő tűrések: 40 mm ⌀-ig $\pm$0,2—0,3 mm, 100 mm ⌀-ig $\pm$0,4—0,6 mm.

A gazdaságosság is javult, mert az önköltség csökkenés 20—50%, bérköltség csökkenés 20—60%, anyagköltség csökkenés 20—60%. A sorjamentes sajtoláshoz igényelt kis-súlytűrésű előalakot célszerűen haránthengerléssel lehet előállítani.

A hidegfolyatás hátránya a szerszám és gép nagy igénybevétele, a melegfolyatáskor a reve szerszámromboló hatása és a durva darabfelület. A hátrányok kiküszöbölésére az Intézet a két eljárás közti félmeleg folyatással kísérletezik. Legalkalmasabb hőfok 700 °C körül van. Itt még alig van reve és a darabok felülete alig rosszabb, mint a hideg folyatáskor. 70%-os keresztmetszetcsökkentés 130—160 kp/mm² alakító erővel érhető el. A felületi finomság 10 000 db után sem rosszabb 26 μm-nél. Átmérő tűrések 0,1—0,3 mm. Meleg folyatással 35%-os anyagmegtakarítás érhető el. A sajtolás sebessége 1 kg-os darabsúly esetén 1—4 db/perc. Kisebb darabsúly és automatizált tömeggyártás esetén melegfolyatással 40 db/perc is elérhető.

Terény Aladár

A Hengerész Szakcsoport tanácskozása Salgótarjánban

A Hengerész Szakcsoport jún. 7. és 8-án Salgótarjánban a Technika Házában tartotta a II. negyedévi tanácskozását. A hengerműveknek, a NME Kohógéptani Tanszékének, a Dunaújvárosi Főiskola Képlékenyalakítási Tanszékének képviselőit a Salgótarjáni Kohászati Üzemek nevében *Ürmössy László* műszaki igazgató üdvözölte. A tanácskozás programját, amely a dróthúzás és hideghengerlés problémáihoz igazodott, *Dévényi György*, a szakcsoport elnöke ismertette.

Az első előadásokat a drótgyártás köréből *Mankher György:* A huzalmű rekonstrukció ismertetése, *Széky Miklós:* A vibrációs huzalpácoló és savregeneráló berendezés ismertetése és *Liptai Péter:* Hidrodinamikus kenéssel történő dróthúzás elméleti és gyakorlati kérdései c. tartották.

A hideghengerlésről szóló előadásokat pedig *Hopka László:* Néhány intézkedés a Hideghengermű gyárrészlegnél a termelékenység fokozására és *Máté László:* Gyorsleállító automatika a reverzáló kvartó állványon c. tartották.

Az előadások után számos kérdés hangzott el és ezeket élénk vita követte, majd a Dexion gyártmányokról szóló két film került levetítésre.

Az előadások után a szakcsoport megjelent tagjai, valamint a salgótarjáni üzemek képviselői közös vacsorán vettek részt, ahol szűkebb körökben folytatódtak a szakmai eszmecseék.

Másnap reggel a szakcsoport megtárgyalta az ezévi következő tanácskozások programját. Eszerint szeptemberi tanácskozást a NME Kohógéptani Tanszék és a December 4. Gépgyár közösen rendezi, novemberben pedig Budapesten a KGMTI és a VASKUT szintén közösen rendezi az évzáró tanácskozást.

A szakcsoport további célkitűzéseit *dr. Remport Zoltán*, a szakcsoport titkára ismertette. Eszerint a szakcsoport foglalkozni szeretne a hazai hengerművek történetének összegyűjtésével és a szaknyelv problémáival is, továbbá szakosított külföldi tanulmányutak szervezését is tervbe vette főleg a fiatalabb hengerész szakemberek részére.

A célkitűzésekhez számosan szóltak hozzá. A jövő évi részletes programot ezek figyelembevételével fogja összeállítani a szakcsoport vezetősége. A szakcsoport fogja szervezni a jövő év októberében Dunaújvárosban tervezett Hidegalakító Konferenciát is.

Ezután rövid szakszerű üzemismertetés következett a huzalműről és a hideghengerműről, majd a résztvevők megtekintették ezt a két gyárrészleget. (OA).

Kovácsklubnap jún. 26-án

Vaskohászati Szakosztályunk Kovács-Szakcsoportja évadzáró klubdélutánját június 26-án 15 órai kezdettel a Budapesti Műszaki Egyetem Mechanikai Technológiai és Anyagszerkezettani Intézetében tartotta. A klubdélután előadója *dr. Ziaja György* adjunktus volt, aki az Intézet tulajdonát képező nagysebességű süllyesztékes sajtót és az eddig elért kutatási eredményeket ismertette. A bevezető előadásában elmondta a sajtó megépítésének előzményeit, a szerkesztés és gyártás érdekes mozzanatait, az üzembehelyezés és az azt követő időszakban eszközölt módosításokat, majd a sajtó szerkezeti felépítését, működésének elveit. Tájékoztatta a megjelent kovácsszakembereket az évek óta folyó kísérletek — kutatások eredményeiről, a nagysebességű süllyesztékes kovácsolás előnyeiről és nehézségeiről. Az előadást szakmai bemutatás követte, az Intézet műhelyében a hallgatóság az Intézet dolgozói által tervezett és a Láng Gépgyár által gyártott berendezést működésben figyelhette meg. A bemutatót szakmai konzultáció követte. A konzultáció után *Latinák István* tagtárs bejelentette, hogy a Kovács Múzeum létesítésére az előkészítő munkálatok folyamatbatétele célszerű volna, amihez a Szakcsoport tagjainak segítségét kérte.

Latinák István

A Nyersvasgyártási Szakcsoport dunaújvárosi ülése

Vaskohászati Szakosztályunk Nyersvasgyártási Szakcsoportja jún. 28. és 29-én a Dunai Vasműben ülésezett.

Az üzemek és intézmények szakemberei a Kohászati Gyárrészleg vezetőjének üdvözlő és a Szakcsoport elnökének bevezető szavai után vitaindító referátumokat hallgattak meg.

Az ülésen a DV részéről *Gönczi Pál* ismertette a tervezett kohói fejlesztéseket, ill. ezen belül a léghevítő kapacitás növelésre tett és folyamatban levő intézkedéseket, majd a BÉM zsugorítmány felhasználásának eredményeit.

Második napirendi pontként *Illyés János* (VASKUT) tartott ismertetést a BÉM-ben végzett minőségi vizsgálatokról.

Ezt követően az LKM részéről *Réthy Károly*, az OKÜ részéről *Halász József*, a DV részéről *Márkus László* számoltak be a fajlagos kokszfogyasztás csökkentésére irányuló intézkedésekről.

Végül *Várszegi Zoltán* (MVAE) tájékoztatta az ülés résztvevőit az őszi balatonszéplaki Nyersvas és Acélgyártó Konferenciáról.

A vitaindító referátumokhoz több kiegészítés hangzott el, különösen a termelés növelés alapvető tartalékát képező kohói betét javítására irányuló intézkedések vonatkozásában.

A résztvevők nagy érdeklődéssel tárgyalták meg a DV nagytoroknyomásra való átállás műszaki-gazdasági kérdéseit, és élénk eszmecserét folytattak a DV folyamatos koksznedvesség egyenlítő berendezéssel eddig szerzett tapasztalatokról is.

A szakcsoport tagjait kedves meglepetésként érte a második napi külön program — a DV folyamatos öntőmű-megtekintése —, melyről előtte *Verbó István* és *Orosz Endre* tartott rövid ismertetést.

Ezt követően a nagyolvasztómű bejárása során szerzett tapasztalatokról folyt konzultáció.

Befejezésül a Szakcsoport úgy döntött, hogy a következő ülést IV. n. évben Diósgyőrött tartja.

Az ülés az elnök összefoglalójával zárult, melyben — a szakmai értékelésen túl — külön köszönetét fejezte ki a DV-nek a nyersvasgyártók szakmai és baráti találkozójának jó megszervezéséért.

Bajzáth András

Elnökségi ülés jún. 29-én

Egyesületünk elnöksége június 29-én, a budapesti központban, *dr. Dobos György* elnökünk vezetésével ülést tartott.

Először *Moharos Jenő* főtitkár előterjesztésében, az OMBKE nemzetközi kapcsolataival összefüggő tevékenység ügyrendjének elvi jellegű kérdéseit tárgyalták.

Meghatározták az Elnökség, a Külügyi Bizottság, az egyes szakosztályok által a Külügyi Bizottságba delegált megbízottak és a Titkárság feladatait és jogkörét.

Elhatározták, hogy a nemzetközi kapcsolatok patronálásával, minden ciklus időtartamára az egyik alelnököt bízzák meg, aki segíti a Külügyi Bizottságot a nemzetközi kapcsolatok ügyeinek intézésében és résztvesz annak ülésein.

A Külügyi Bizottság az elnök és főtitkár tanácsadó testülete a nemzetközi kapcsolatok ügyintézésében és koordinálja a szakosztályok nemzetközi tevékenységét.

Az érdemi munka természetesen a szakosztályokban folyik és tevékenységük szerves, fontos részét képezi. Ők kezdeményezik az elnökségnél a külföldi társegyesületekkel való kapcsolat-felvételeket, a fennálló szerződések megújítását, korszerűsítését és a kapcsolatok élővé tételét.

Az elnökség megbízta a főtitkárt, hogy az elvi határozatok figyelembevételével részletes „Eljárási szabályzat"-ot dolgozzon ki a nemzetközi kapcsolatok bonyolítására.

A napirend szerint ezután *dr. Varga Ferenc* főtitkárhelyettes előterjesztésében az egyesületi élet hatékonyságát, egységét és a szakosztályok összetartozását elősegítő kérdésekről tárgyalt az elnökség.

A továbbiakban *Várhelyi Rezső* szakosztályi elnök előterjesztésében a Fémkohászati Szakosztály; *dr. Vörös Árpád* szakosztályi elnök előterjesztésében pedig az Öntödei Szakosztály 1972. évi munkájáról szóló beszámolókat hallgatták meg.

Jó munkájáért mindkét szakosztály kiérdemelte az elnökség elismerését. (Hei)

Személyi hírek

Wlaszlovits József 85 éves

Wlaszlovits József aranydiplomás gépészmérnök, Egyesületünknek 1960 óta tagja, ez évben töltötte be 85. életévét.

1888-ban született a felvidéki Stósz-on. Gépészmérnöki oklevelét 1913-ban szerzi meg a Budapesti Műegyetemen. Az első világháború alatt 5 évig teljesít katonai szolgálatot, majd a kovácsolással kezd foglalkozni. 1919-től 1948-ig a stószi késgyárban dolgozik felelős vezetőként. 1948-tól 1969-ig tervező irodában, mint létesítmény felelős a hazai kovácsipar fejlesztésével, kovácsüzemek tervezésével foglalkozik. 1963 óta jól megérdemelt nyugállományban van.

85. születésnapja alkalmából szeretettel köszöntjük és jó egészséget kívánunk.

L. I.

Bicsak Tibor 70 éves

Bicsak Tibor okl. gépészmérnök, Egyesületünknek 1961 óta tagja, ez évben töltötte be 70. életévét.

Kolozsvárott született, középiskoláit Marosvásárhelyen, egyetemi tanulmányait Brünnben, majd a Budapesti Műegyetemen végezte, 1926-ban szerezte meg gépészmérnöki oklevelét.

Mérnöki tevékenységét a Ganz gyárban kezdte meg, majd a Csepeli Repülőgépgyárban, később a Csepel Vas- és Fémművek Szerszámgépgyárában és végül a KGM Tervező Irodái-ban dolgozott. Innen ment 1967-ben nyugállományba. Érdeklődése az utóbbi években hővisszanyerés problémái felé fordult, és e területen fejtett ki eredményes munkásságot és szakirodalmi tevékenységet.

70. születésnapja alkalmából szeretettel köszöntjük és jó egészséget kívánunk.

G. L.

FÉMKOHÁSZAT

Rovatvezetők: GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ

Alumínium szélesszalagok hengerlési paraméterei és a termékek méretpontossága közötti korelációs kapcsolatok*

Dr. KISS ERVIN egyetemi tanár
Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc

DK 669.71—122.2—418.25

Hidegen hengerelt szélesszalagok minősítésében a hosszúság és szélességmenti méreteltéréseknek kiemelt jelentősége van. A méreteltérések visszavezethetők részben a hengerléstechnológiai paraméterekre, részben a hengersor különböző elemeinek rugalmas deformációjára A sokoldalú korelációs kapcsolatokban fontos szerepe van a szalagfeszítés hatására a szalagban kialakuló húzófeszültségeknek, a hengerlést kísérő melegedésnek, a hőmérsékleteloszlásnak és a hengerek rugalmas alakváltozásának.

A hengerlési technológiák fejlődése az utóbbi évtizedekben világszerte nagymértékben felgyorsult. A fejlődést általában a termelés mennyiségi növekedésén túlmenően a gyártott termékek választékának bővülésével és minőségének folyamatos javulásával szokták jellemezni. A fejlődésben meghatározó szerepe volt a hengerléstechnikai kutatómunkának, a korszerű gépszerkesztésnek, géppgyártásnak éppúgy, mint az automatizálásnak, a műszeriparnak és legújabban az elektronikus számítógépek térhódításának. A technika általános fejlődése értelemszerűen a fémtermékekkel szemben is fokozott követelményeket támaszt, ami a felhasználók részéről elsősorban szigorúbb minőségi elvárások formájában jelentkezik. Ezeket az általános megállapításokat a hengerelt lapos termékekre (lemezek, széles és keskeny szalagok) vonatkoztatva foglaljuk össze azokat a jellemzőket, amelyekkel a mindennapos gyakorlatban a „minőség" gyűjtőfogalom keretében találkozunk:

— előírt illetve meghatározott *vegyi összetétel*, fémtanilag definiált *kristályszerkezet*, szövetelemek, *szemcsenagyság*, valamint a káros szennyező elemek megengedhető előfordulása

— a fémes anyag összetételével, kristályszerkezetével, alakításával és hőkezelésével összefüggő *mechanikai és fizikai jellemzők* (mint pl. szakítószilárdság, folyáshatár, nyúlás, kontrakció, ütőmunka, keménység, villamos vezetőképesség, korrózióállóság stb.)

— a hengerelt termék felületének jellemzői, amiket a *„felületi minőség"* fogalmában szoktunk összefoglalni (pl. felületi érdesség, fényesség, foltmentesség stb.)

— a termék *méretpontossága*.

További vizsgálatainkat szűkítsük le kizárólag a méretpontossággal összefüggő kérdésekre. Hengerelt szalagok méretpontosságának megítélésekor az alábbi méretekről, illetve a méreteltérésekkel összefüggő alábbi követelményekről van szó:

— a hengerelt szalag hossza mentén mérhető *vastagságingadozás*

— a szalag szélessége mentén mérhető *vastagságkülönbség*, ami lényegében a szalag keresztmetszetének „alakjával" is összefügg (párhuzamos lapú, ékalakú vagy konvex, illetve konkáv, tehát lencsés alakú). Ennek jellemzésére a gyakorlatban a „lencsésség" fogalmát is használják

— a hengerelt szalag szélessége és a *szélesség ingadozása* a hosszúság mentén

— a szalag *sík kifekvése* ami azt jelenti, hogy hullámoktól mentes. A hullámok megjelenése mindig kapcsolatban van a lencsésséggel is

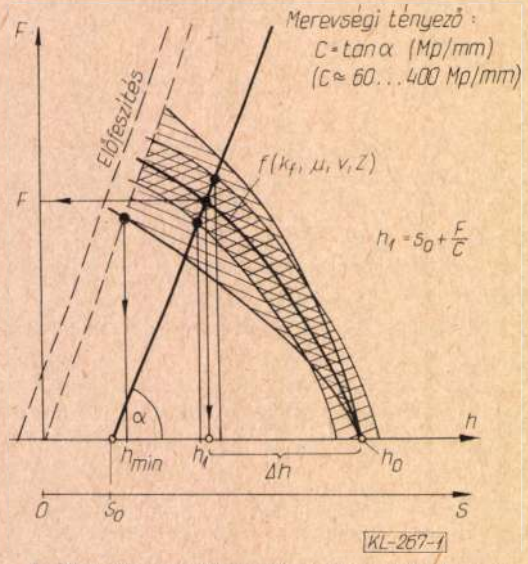
— *kardosság*, ami a lemeztáblákon, *teleszkóposság* ami a szalagtekercseken nemkívánatos következménye az „ékalakú" szalagkeresztmetszetnek.

A megadott szalagvastagság és szalaszélesség csak névleges méretet jelenthet, amitől (+) és (—) értelemben eltérések mutatkoznak; a méretek előírása tehát mindig csak egy megengedett tűrésmező feltételezésével képzelhető el. Az is könnyen belátható, hogy a hengerlés egyik fontos követelménye éppen az, hogy a gyártás során elérhető méretingadozás a szabványokban, illetve az átvételi előírásokban rögzített tűrésen belül legyen. A hengerlés technikai színvonalának jellemzésében többek között meghatározó az, hogy a a gyártás során megvalósított méreteltérések milyen szűk szórásmezőben helyezkednek el. A névleges méretek maradéktalan (tehát tűrésmező nélküli) megvalósítása lehetetlen, mivel elsősorban a vastagsági méretek és az azokkal összefüggő jelenségek (mint pl. a hullámosodás, kardosodás stb.), úgy a hengersor gépi rendszerével, mint a hengerelt termék hengerléstechnológiai paraméterivel sokoldalú, esetenként bonyolult korelációs kapcsolatban állnak.

Régebben a hengerelt darab kifutó vastagságát az előre beállított hengerrés magasságával azonosnak és megadottnak tekintették. A hengerészeknek azonban már akkoriban feltűnt az, hogy a hengerrésből kifutó darab mindig magasabb, illetve vastagabb, mint a beállított rés. Azt is megfigyelték, hogy szorosan összezárt hengerek között (tehát zérus hengerrés mellett) is határozott vastagságú lemez, illetve szalag fut ki. A tapasztalati tényeken túlmenően azonban szabatos elméleti magyarázatot nem tudtak adni. A hengersorok termelőképességének fokozása céljából megnövelt hengerlési sebességek már nem tették lehetővé sem a kézi mikrométeres vastagságmérést, még kevésbé a vastagságeltérések korrekcióját közvetlen kézi beállítással. Másrészről megfigyelték azt is, hogy a hengerlési sebesség megváltozása vastagságváltozással jár együtt. A hengerlési sebességek növelése

* Elhangzott 1972. X. 2—7. között Székesfehérváron megrendezett Alumínium Konferencián.

automatikus méretellenőrzés és méretszabályozás nélkül megoldhatatlan lett volna. A méretszabályozó rendszerek megtervezése szükségessé tette a méreteltérések és a hengerlési jellemzők közötti kapcsolatok elméleti feltárását, majd ezekre építve a gyártástechnológiai feltételek és követelmények kialakítását.



1. ábra. Hengerállvány karakterisztika diagram

A hengerelt szalag méretingadozásai alapvetően a következő fő hatásokra vezethetők vissza:

— A hengerlési erő és a hengerelt termék vastagsága közötti jól definiálható kapcsolat, amit a hengerállvány mint rugalmas rendszer határoz meg.

— A hengerlési folyamatot jellemző hőmérleg, aminek a munkahengerek hőokozta alakváltozásán keresztül közvetlen, a hengerléstechnológiai paramétereken keresztül közvetett hatása van.

— A hengerkopás.

A hengerállvány rugalmas jellegére 1952-ben elsőként *R. B. Sims* és *D. F. Arthur* mutatott rá. Azóta hengerészek körében általánosan ismertté vált az állvány rugalmas és a hengerelt termék képlékeny tulajdonságait sokoldalúan bemutató, rendkívül szemléletes diagram *(1. ábra)*.

A diagram elemzése alapján követhetjük a kifutó vastagság erőfüggését, az állvány merevségének szerepét, a vastagságszabályozás alapelvét. Ezeken túlmenően egyszerű szemléltető képet alkothatunk többek között pl. a hengerelhető minimális szalagvastagságra vonatkozóan is.

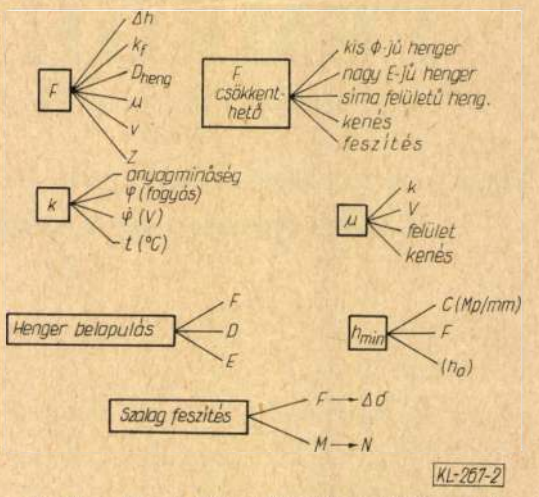
Röviden megfogalmazva azt mondhatjuk: *minden olyan hatás, amely a hengerlési erőt megváltoztatja, megváltoztatja a kifutó szalag vastagságát is.*

A hengerlési erő lényegében a következő paraméterektől függ:

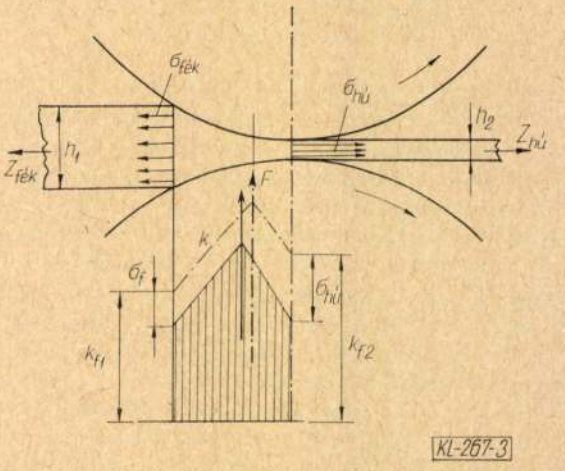
$$F = f(k_f, R, h_0, E, b, \mu, v, Z)$$

A sokoldalú kapcsolatokról vázlatos képet ad a *2. ábra*.

Szalaghengerlésre jellemző a húzó és fékező erő, amely nemcsak a szalagtekercs szoros felcsévélését teszi lehetővé, hanem alapvetően megváltoztatja a hengerek közötti alakítási zóna feszültségviszonyait és végeredményben csökkenti a hengerlési erőt *(3. ábra)*.



2. ábra. Hengerlési erőt befolyásoló tényezők



3. ábra. Húzó- és fékező erő hatása F-re

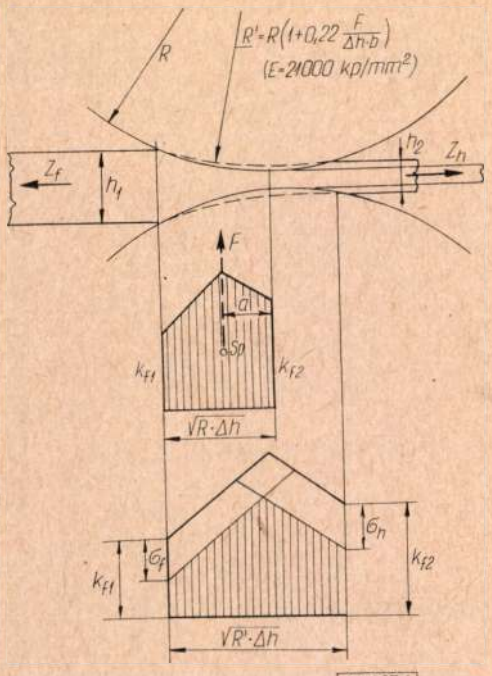
Vékony szalagok hengerlésének másik jellemzője az, hogy a munkahengerek belapulása a darab vastagságához viszonyítva nem hanyagolható el, sőt a hengerrésben lejátszódó folyamatok elemzésekor fontos szerepet kap *(4. ábra)*.

Az *5. elvi ábra* példaként 3 egymást követő szurást mutat be az *1. ábrán* látott rendszerben annak szemléltetésére, hogy a kiinduló h_0 vastagság ingadozása miként csökken az egymást követő szúrások során.

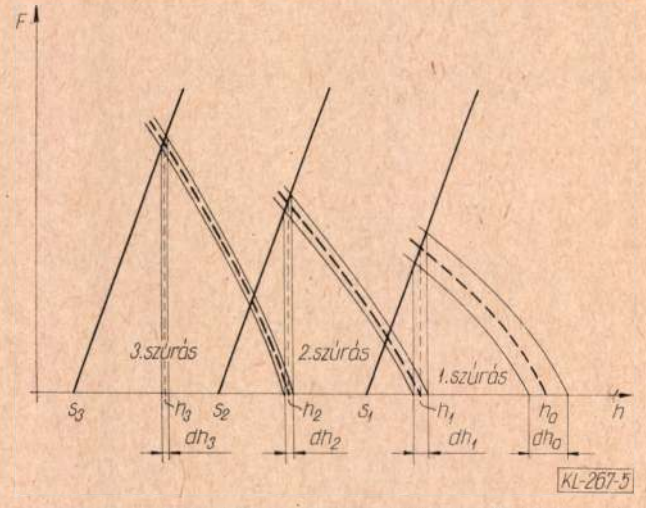
A hengerelt szalag szélességmenti vastagságingadozása közvetlenül összefügg a ténylegesen kialakuló eredő hengerréssel. Mennél szélesebb szalagot kell hengerelnünk, annál nagyobb a jelentősége a hengerrés alakjának, ami nemcsak a méreteltéréseket, hanem a hullámosságot, azaz a sík kifekvést is meghatározza.

A *6. ábrán* vázlatosan áttekinthetjük a hengerrés alakját befolyásoló tényezőket és azokat az elvi lehetőségeket, amelyek az ideálisan párhuzamos hengerrés elérését lehetővé teszik.

A *7. ábra* jól szemlélteti azt a hatást, amit a hengerrés alakja a húzófeszültség eloszlására gyakorol. Ezzel kapcsolatban röviden utalnék a húzófeszültség, a hengerrés alakja és a szalagszakadás között fennálló kapcsolatokra, amelyekről tanszéki kutatásaink eredményeként a következő végkövetkeztetés adódott: *a szalagszakadás bekövetke-*



4. ábra. Hengerbelapulás hatása F-re

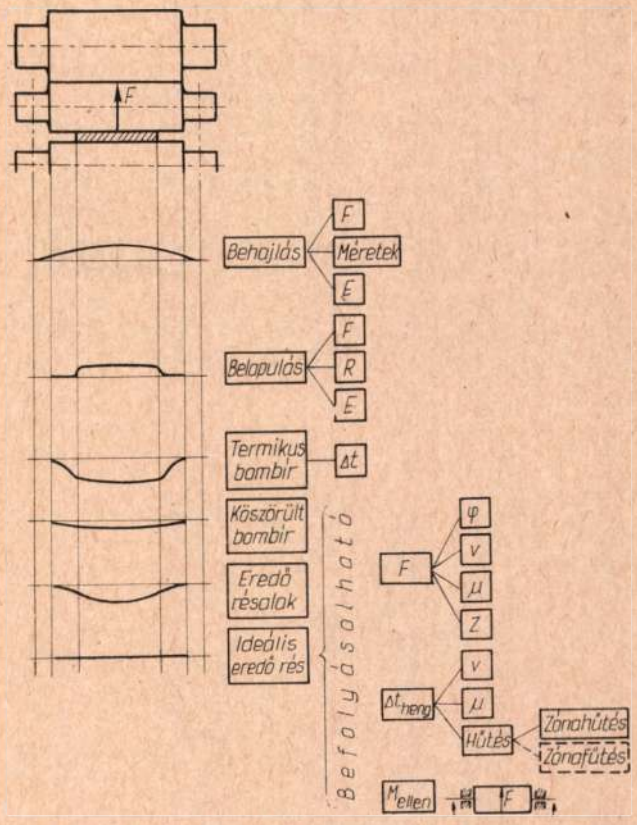


5. ábra. Kiinduló vastagság csökkenése 3 szúrás során

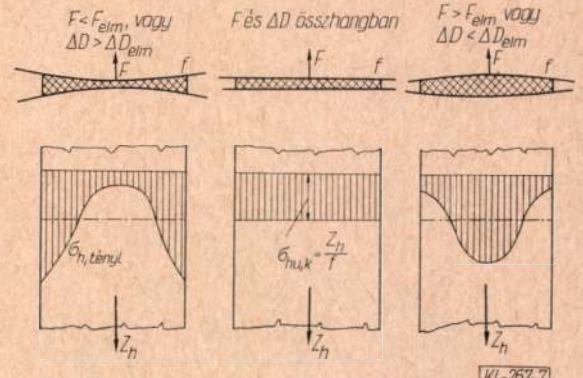
zik, ha a hengerrés eltrozulása következtében kialakuló tényleges feszültségeloszlás helyileg (legtöbbször a széleken!) *meghaladja a szalag szakító szilárdságát.* A hengerrés alakjának eltorzulásában konkrét üzemi feltételek között többnyire a hőbombir megváltozása játsza a főszerepet. Erről a hatásmechanizmusról vázlatos áttekintés ad a *8. ábra.*

Minthogy a ténylegesen kialakuló hengerrés alakja és ezzel összefüggően a szalag méretpontossága, valamint a húzófeszültségek eloszlása és szélső esetben a szalag szakadása is a melegedési viszonyok függvénye, indokolt, hogy a hengerlési hőmérleg megszerkesztésének elvét röviden áttekintsük. A *Kohógéptani és Képlékenyalakítástani Tanszéken* kialakítottuk azt az újszerű komplex elméleti és kísérleti módszert, amellyel a hengerrés hőtani viszonyai a gyakorlat szempontjából teljes mértékben kielégítő pontossággal meghatározhatók

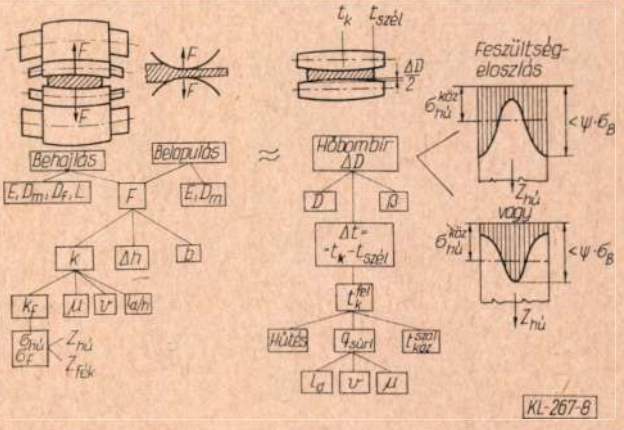
A hengerrés hőtani viszonyait a *9. ábra* alapján tekinthetjük át. Az alakítási zónában keletkező meleg az alakítási munkával arányos, a hengerlési sebességtől független. Az a régi tapasztalat, hogy a hengerlési sebesség növelésével a megfigyelhető



6. ábra. Hengerrés alakja és az azt befolyásoló tényezők



7. ábra. Húzófeszültség eloszlása



8. ábra. Hengerrés alakja és a húzófeszültség kapcsolata

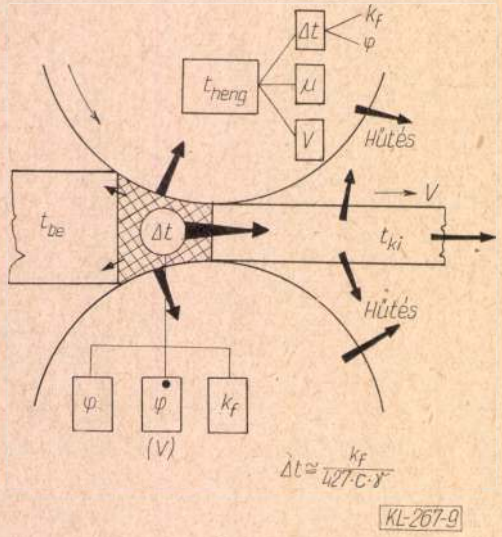
melegedés is nagyobb, magyarázható az alakítás „adiabatikus" jellegével és a sebességgel arányos felületi súrlódási munka hőegyenértével.

A hengersor hőmérlegének kidolgozásához szükséges adatok üzemi mérésének elvét a *10. ábra* mutatja be.

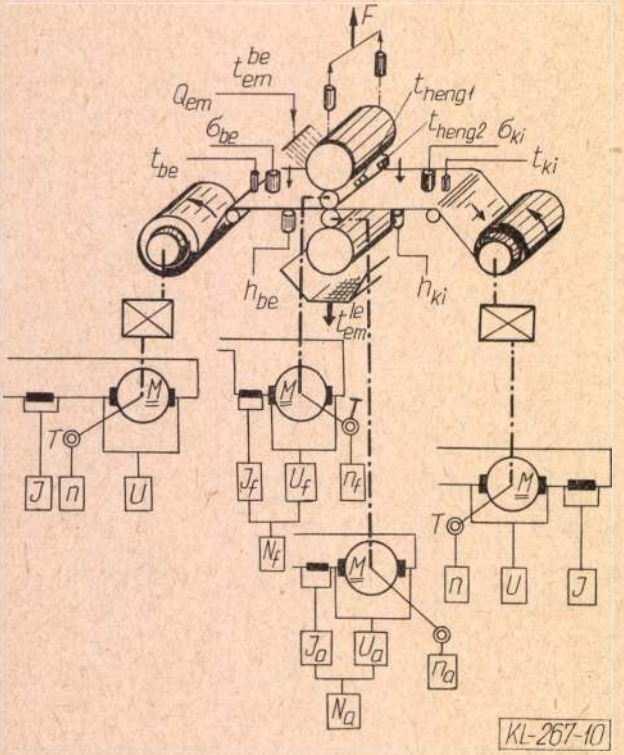
A hőmérleg számításához felhasznált közelítő összefüggéseket a *11. ábrán* foglalom össze.

Egy megszerkesztett hőmérleg felépítését példaképpen a *12. ábra* szemlélteti.

Az előadás adott keretei között nem lehetett feladatom sem a részletkérdések teljes kifejtése, sem a ma ismert különböző rendszerű vastagságszabályozó automatikák bemutatása. Értelemszerűen a témakör rendkívüli terjedelme azt sem teszi lehetővé, hogy a korszerű hengerállványkonstrukciókkal (pl. előfeszített állványok), a különböző hengervisszahajlító mechanizmusokkal, vagy a hűtőrendszerekkel foglalkozzak. Az elvi összefüggések bemutatásával célom az volt, hogy a korszerű követelményeket kielégítő méretpontosság hengerléstechnológia vonatkozásait egységes képbe foglaljam és utaljak azokra az elméleti és kísérleti kutatásokra, amelyek acélszalagok vonatkozásában már sok konkrét hazai eredményre vezettek. Az elkövetkező időszak fejlesztési feladatainak kétségtelenül fontos részét kell képezzék azok a fejlesztési kutatások, amelyek az alumínium szalagok minőségének — azon belül méretpontosságának — további tökéletesítésére irányulnak.



9. ábra. Hőtani viszonyok a hengerrésben



10. ábra. Jellemző paraméterek kísérleti mérésének elve

A szalaggal bevitt meleg:

$q_{sz} = c \cdot B \cdot h_1 \cdot v_{be} \cdot \gamma \cdot t_{sz}^{be}$ kcal/s

A kifutó szalaggal elvitt meleg:

$q_{sz}^{ki} = c \cdot B \cdot h_2 \cdot v_{ki} \cdot \gamma \cdot t_{sz}^{ki}$ kcal/s

Az alakítási teljesítmény melegegyenértéke:

$q_{al} = 0{,}24 \cdot N_{al}$

$N_{al} = N_{mot} - N_{veszt.} + N_{fesz}$

$N_{fesz} \simeq (Z_{fék} - Z_{húzó}) \cdot v \cdot \frac{1}{102}$

A hűtő-kenő folyadékkal elvitt melegmennyiség:

$q_{em} = c_{em} \cdot v_{em} \cdot \gamma_{em} \cdot (t_{em2} - t_{em1})$ kcal/s

vagy

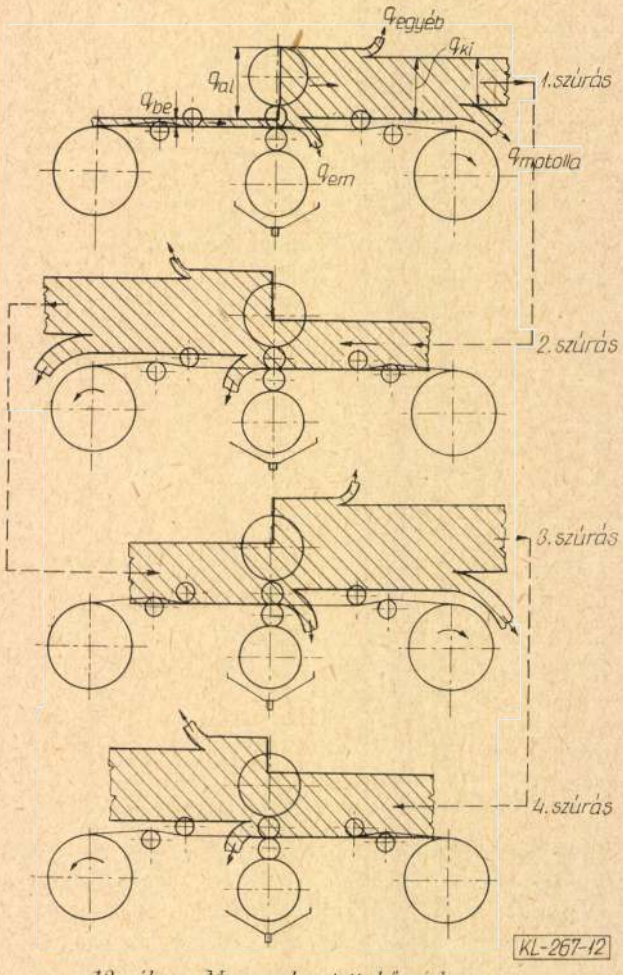
$q_{em} = \alpha_h \cdot F_h \cdot (t_h - t_{em1}) + \alpha_{sz} \cdot f_{sz} \cdot (t_{sz}^{be} - t_{em1})$

A hőegyensúly egyenlete:

$q_{sz}^{be} + q_{al} = q_{sz}^{ki} + q_{em} + q_{egyéb}$

KL-267-11

11. ábra. Hőmérleg számítása



12. ábra. Megszerkesztett hőmérleg

A timföldek kohászati paramétereinek vizsgálata

ÁDÁM JÁNOS okl. vegyészmérnök — ARADI ANTAL okl. vegyészmérnök
Fémipari Kutató Intézet

DK 661.862.21:66,017

Gyárilag minősített timföldekkel vizsgálatot végeztünk szabványosított és új módszerekkel a timföldek különböző fizikai tulajdonságainak számszerű meghatározására.

Összefüggéseket kerestünk a különböző fizikai mérőszámok között.

Számszerű, reprodukálható összefüggéseket találtunk a lejtőszög, benzolszám és porzási tulajdonságok között, egy általunk módosított porzásvizsgáló berendezés segítségével. Az eredmények szerint az említett három adat bármelyike alkalmas a másik kettő számszerű meghatározására.

A timföldek fizikai tulajdonságai jelentősen befolyásolják a kohászati feldolgozás közbeni magatartást. A timföldnek az elektrolizáló kádakhoz való szállítása mind jobban a pneumatikus szállítás felé tolódik el, a kádak takarásnál bekövetkező porzása befolyásolja a fajlados timföldfogyasztást, a csarnokok légszennyezését, következésképpen a munkakörülményeket. Az aknában elhelyezett sínek beporosodása gátolja ezek természetes hűlését, így befolyásolja az üzemvitelt. A timföld elhelyezkedése a kádon azaz takaróképessége a kád-kezelés szempontjából nagy jelentőségű.

Az említett, valamint egyéb, fel nem sorolt ok következtében a timföldek fizikai vizsgálata nem hogy veszítene jelentőségéből — elsősorban a porzás, szállíthatóság és a takaróképesség szempontjából, — hanem mind fontosabbá válik. Az említett problémákat befolyásoló tényezők ismeretében lehet a szállítási, takarási stb. kérdéseket optimálisan megoldani.

Ez vezetett ahhoz a célkitűzéshez, hogy a timföldek fizikai paraméterei közötti összefüggéseket vizsgáljuk. A cél érdekében, eleget kívánva tenni üzemeink kívánságainak, vizsgálatainkhoz olyan timföldeket használtunk, amelyeket a hazai kohók előzőleg szubjektív módon minősítettek (jó, kissé tapadós stb.). A vizsgálandó timföldek kiválasztása alkalmával lehetőleg egymás között erősen eltérő tulajdonságúakat kerestünk, hogy a tulajdonságok nagyobb eltérése következtében élesebben kiütközzenek azok a tényezők, amelyek a különböző viselkedésű timföldek magatartását a legnagyobb mértékben befolyásolják.

Kísérleti rész

Vizsgálataink a következő paraméterekre terjedtek ki:

— benzolszám (30 és 60 mp-re vonatkoztatva)
— lejtőszög
— önfolyás
— porzás
— fluidizáció
— fajlagos felület
— alfa módosulat tartalom
— vegyi összetétel
— laza litersúly

Benzolszám

A benzolszám meghatározását a hazai szabvány [1] írja elő. Eszerint az előírt mennyiségű timföldet vízmentes benzolba téve, összerázással szuszpenziót készítettünk és mértük a timföld ülepedésének nagyságát. Megjegyzendő, hogy az ülepedést mind az MSz [1] szerinti 30 mp, mind a külföldi üzemi gyakorlat szerinti 60 mp elteltével is regisztráltuk.

Kohóink a 16—18 közötti benzolszámú timföldeket kedvelik a legjobban, a SZU és az USA kohói a kisebb benzolszámúakat, míg a Pechiney cég a nagyon nagy benzolszámú timföldeket részesíti előnyben. A kiválasztott hat jellegzetes timföldre vonatkozó adatokat az *1. táblázat* tartalmazza.

1. táblázat

Timföldminták benzolszámának vizsgálata

Sorszám	Üzemi minősítés	Benzolszám 30 és 60 mp alatt	
1	gurulós	13,0	12,5
2	jó	14,0	12,5
3	kissé tapadós	22,0	18,0
4	tapadós	22,5	18,5
5	nagyon tapadós	37,0	30,0
6	nagyon tapadós	28,0	23,0

Megjegyzés: A felsorolt értékek 10—10 párhuzamos meghatározás átlagai. Bár a timföldek különböző kohókból származnak, az üzemi minősítés az ipari szakemberek hosszú évekre kiterjedő gyakorlata következtében az 5. és 6. sz. timföldek kivételével egybehangzik a benzolszám változásával.

A timföld szemcséket tökéletes gömb alakúnak feltételezve a benzolszám értékek alapján arra lehetne következtetni, hogy a nagyobb benzolszámú timföld szemcséi kisebbek. Tekintettel azonban arra, hogy a különböző timföldek szemcséinek alakja nem feltétlenül hasonló, lehet gömb alakú, de ágas-bogas is, így messzemenő következtetések levonásának nincs helye. Csak arra az empirikus következtetésre juthatunk, hogy ezen az alapon a hazai kohók részére bizonyos szempontból legjobban megfelelő timföldet ki lehet választani.

Lejtőszög

A lejtőszög meghatározása szintén az előzőekben említett [1] szabvány szerint történik. Ez a vizsgálati módszer sem ad felvilágosítást a timföldszemcsék méretéről és alakjáról. A lejtőszög meghatározások eredményeit a *2. táblázat* tartalmazza. A táblázatban felsorolt értékek 3—3 párhuzamos mérés átlagai.

Az eredmények a timföldek jellegét illetően összhangban vannak a benzolszám-meghatározás adataival.

2. táblázat

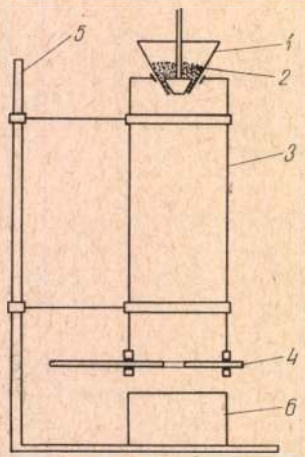
A vizsgált timföldminták lejtőszögének alakulása

Sorszám	Minősítés	Lejtőszög
1	gurulós	29
2	jó	29,5
3	kissé tapadós	41,5
4	tapadós	41,5
5	nagyon tapadós	43,5
6	nagyon tapadós	49,5

Önfolyás

Az átfolyás mérésére *J. Sz. Kacsanovszkaja* által ajánlott [2] átfolyásmérő készüléket használtuk, és vizsgáltuk a timföldek átfolyásának sebességét. A meghatározás módja a következő:

az *1* adagló tölcséren át, a *2* timföldet a *3* henger belsejébe hullatjuk. Az azonos ejtési magasság segítségével biztosítjuk, hogy a különböző minőségű timföldek elrendeződése a henger belsejében csak a timföld szerkezetétől függjön. A henger alsó részét a *4* lemez zárja el, amely vízszintes irányban elmozdítható. A lemez egyik részén kör alakú nyílás van, amelybe különböző átmérőjű kör alakú, lyukkal ellátott betéteket lehet illeszteni. A lemezeknek egy ütközőig való vízszintes elmozdításával a tetszés szerinti méretű lyukkal ellátott betét kerül koncentrikusan a henger alá. A timföld a lyuk átmérője és a timföld jellemzőinek függvényében különböző sebességgel folyik ki a hengerből. A hengert az *5* állvány tartja. A kifolyó nyílás alá a *6* felfogó edényt kell elhelyeznünk. A berendezést az *1. ábra* mutatja be.



1. ábra. Timföld-átfolyás vizsgáló készülék vázlata
1 — tölcsér; 2 — timföld (minta); 3 — henger; 4 — zárólemez; 5 — állvány; 6 — felfogó edény

A meghatározás időtartama alatt a hengert és az egész berendezést rázkódásmentesen kell kezelni. A henger iránya pontosan függőleges, az alsó zárólemez illetőleg a betét helyzete vízszintes legyen.

A mérések során meghatároztuk a különböző lyukátmérőkhöz (átfolyási átmérő) tartozó átfolyási időtartamot, valamint azt az átmérőt, amelyiknél a timföld folyása elakad. Ez utóbbi a fennakadási átmérő.

Meghatározásaink során *10—10* párhuzamos mérést végeztünk, azt a lyukátmérőt minősítve fennakadási átmérőnek, amelyiknél a timföld a *10* mérés közül *4* esetben fennakadt.

Az átfolyási átmérő és az átfolyási idő hányadosából kiszámítottuk az *1 percre eső* átfolyt timföld mennyiséget. Az adatokból, valamint az előzőek szerint számított átfolyási sebességből következtetni óhajtottunk a timföld önfolyási tulajdonságaira. Az adatokat a *3. táblázat* tartalmazza. Az összefüggések hasonló jellegűek, mint az előbbi vizsgálatoknál.

3. táblázat

A timföldminták átfolyásának vizsgálata

Sorszám	Átmérő mm	Idő mp	Átfolyt anyag súlya, g	Min. átfoly. átmérő mm	Átfolyási sebesség g/perc
1	2	3	4	5	6
1	55	3,4	929	6	16 393
	50	3,2	888		16 660
	45	3,4	857		15 123
	40	4,1	839		12 279
	35	4,2	796		11 378
	30	5,4	754		8 383
	25	8,3	631		4 561
	20	14,2	653		2 761
	15	25,6	626		1 467
	10	57,7	546		568
	9	70,1	529		453
	8	79,2	509		386
	7	123,6	491		238
	6	111,5	305		164
	5		elakadt		
2	55	3,3	820	14	14 909
	50	4,7	803		10 258
	45	5,8	777		8 043
	40	7,6	734		5 798
	35	8,4	709		5 068
	30	11,6	656		3 393
	25	17,6	621		2 110
	20	28,2	518		1 103
	15	37,6	371		592
	14	35,1	270		461
	13		elakadt		
3	55	4	871	48	13 065
	50	4,8	700		8 750
	48	5,8	704		7 325
	46		elakadt		
4	55	4,5	712	48	9 499
	52	4,8	729		9 112
	50	5,66	813		8 613
	48	5,33	663		7 467
	46		elakadt		
5	60	3,2	355	54	6 656
	58	2,7	841		5 356
	56	2,66	614		13 870
	55	4,33	624		8 653
	54	2,85	374		7 870
	52		elakadt		
6	55	4,44	649	52	8 776
	54	5,62	697		7 433
	52	6,4	713		6 685
	50		elakadt		

Porzás

A porzási vizsgálatokat két módszerrel végeztük, a porzás közvetlen mérésével és a légáramban történő porzás-vizsgálattal.

A porzás közvetlen mérésére egy vízszintesen elhelyezett és koncentrikus körökkel ellátott műanyaglap középpontjára meghatározott magasságból tölcséren át timföldet hullattunk, majd az egyes körgyűrűkre hullott mennyiséget összegyűjtve igyekeztünk a timföld porzási tulajdonságaira jellemző számot találni.

A készüléken vizsgált timföld mennyisége *20—50*, ill. *500 g* volt. A *20* és *50 g*-os bemérések esetében a *10* cm ∅-jű körön kívül elhelyezkedett timföldet gyűjtöttük össze, míg az *500 g-os* bemérésnél a *20 cm-es* ∅-jű körön kívüli mennyiséget.

A kapott eredményeket a *4. táblázat* tartalmazza.

Légáramban történő vizsgálat: A timföld porzását egy általunk szerkesztett porzás vizsgáló berendezés seltanulmányoztuk, amelynek alapötletét külföldi szakirodalomból merítettük [3].

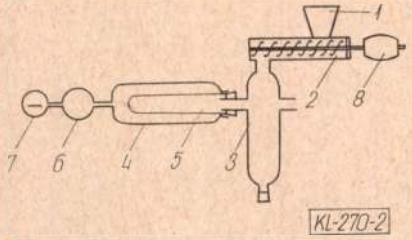
4. táblázat

Közvetlen méréssel kapott porzási eredmények

Minta száma	Porzás*					
	10 m-es körön kívül				20 cm-es körön kívül	
	20 g-ból	%	50 g-ból	%	500 g-ból	%
2	0,51	2,55	0,96	1,92	1,23	0,25
3	0,26	1,30	0,96	1,92	3,11	0,62
4	0,19	0,95	1,47	2,94	3,35	0,67
5	0,30	1,15	1,57	3,14	3,28	0,66

* A táblázatban feltüntetett értékek 2—3 meghatározás átlagai.

A [3] irodalmi közlés szerint megszerkesztett készülék adatai nem feleltek meg várakozásunknak, ezért az alapelvet átvéve egy módosított készüléket szerkesztettünk *(2. ábra)*.



2. ábra. Levegőáramban való porzást vizsgáló készülék vázlata

1 — tölcsér; 2 — szállító csiga; 3 — ejtőedény; 4 — szívótartály; 5 — szűrőzsák; 6 — gázmérőóra; 7 — szivattyú; 8 — motor az adagolócsiga hajtására

A bemért timföldet egy tölcsérbe [1] helyeztük, amelyből egy szabályozható-fordulatszámú szállító csiga [2] hordotta el.

A timföld állandó sebességgel jutott a henger alakú ejtőkamra [3] felső részéhez, innen saját esési jellemzőivel hull az ejtőkamra eljára, miközben egy állandó áramlási sebességű vízszintes irányú légárammal találkozik. A légáram a timföld egy részét magával ragadta és egy szűrővászonzsákba [5] vitte, amelynek visszamérésével meg lehetett állapítani az elhordott timföld mennyiségét. Az eredményeket az *5. táblázat* tartalmazza, ahol az adatok két-két párhuzamos meghatározás értékei. Az egyes mérések közötti szórás kisebb, mint ± *5%*, a középértékhez viszonyítva.

5. táblázat

Porzásvizsgálat légáramban

Sorszám	Elhordott timföld mennyisége, %
1	14,73
2	10,05
3	1,02
4	0,93
5	0,91
6	0,68

Fluidizációs vizsgálat

A meghatározáshoz használt készülék lényegében egy üvegcső, amelynek alsó végéhez egy *G-1* üvegszűrőt csatlakoztattunk. A cső felső részétől a levegő-áramot és az elhordott timföldet egy szűrővászon-zsákba vezettük. Az üvegszűrő fölé helyeztük el a timföldet. A levegő átfúvatást akkor fejeztük be, amikor a timföld áthaladás megszűnt. Ezután a felfogó zacskót visszamértük. A vizsgálatok eredményeit a *6. táblázatban* foglaltuk össze.

6. táblázat

Fluidizációs vizsgálatok

Sorszám	Gázsebesség cm/mp	Átment por, %
2	13,41	7,4
	14,74	49,1
	16,08	95,7
3	13,00	16,47
	14,27	56,67
4	13,00	12,00
	14,27	40,00
	14,27	47,00
	16,10	76,00
6	13,00	21,00
	14,27	69,3

Fajlagos felület

A meghatározás módosított *BET eljárással*, nitrogén gázzal történt [4]. A mérési eredményeket a *7. táblázat* tartalmazza.

7. táblázat

A vizsgált minták fajlagos felületének alakulása

Sorszám	Fajlagos felület m^2/g
1	17,7
2	26,00
3	11,7
4	7,10
5	5,2
6	11,00

Alfa módosulat

Az 1. és 5. sz. mintákban az alfa módosulat arányát kristályoptikai úton határoztuk meg és a következő eredményeket kaptuk:

Sorszám	Alfa módosulat, %
1.	69,—
5.	82,—

Vegyvizsgálat *8. táblázat*

Sorszám	Izz. v. %	Tap. n. %	SiO_2	Fe_2O_3 %	TiO_2 %	V_2O_5 %	P_2O_5 %	Na_2O %
1	0,12	0,50	0,008	0,012	0,006		0,001	0,56
2	0,10	0,43	0,037	0,051	0,009	0,004	0,004	0,45
3	0,11	0,30	0,016	0,047	—	nyomok	—	0,04
4	0,13	0,43	0,052	0,058	0,009	0,003	0,003	0,40
5	0,10	0,44	0,017	0,021	0,006	—	0,003	0,46
6	0,14	0,42	0,043	0,061	—	nyomok	—	0,45

Vegyvizsgálat

A vegyvizsgálat adatait a *8. táblázat* tartalmazza.

A vizsgálatokat a vonatkozó magyar szabványok szerint [5] hajtottuk végre.

Laza litersúly

A laza litersúly mérését kiegészítő meghatározásnak szántuk, az előző mérések eredményeivel való összehasonlítás érdekében. A meghatározást nem szabványos készülékkel végeztük, mert csupán a minták egymáshoz viszonyított értékei érdekeltek.

A mérések eredményei erősen függtek a timföld tárolásának időtartamától és erősen szórtak, így a kapott eredményeket nem lehetett értékelésre alkalmasaknak venni.

Vizsgálati eredmények értékelése

Az előzőekben ismertetett vizsgálatok eredményei majdnem minden méréssorozat esetében összhangban vannak az üzemi — szubjektív — minősítésekkel.

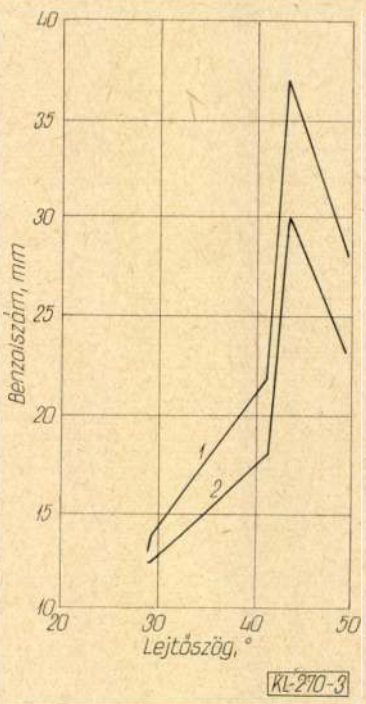
Már az egyes vizsgálatok eredményeinek értékelése is enged bizonyos következtetéseket levonni, azonban az összehasonlító értékelés az, ami különösen érdekes eredményekhez vezet. Ennek következtében nem kívánunk minden mérésről külön értékelést adni, hiszen a levonható következtetések a kohóbeli szakemberek előtt ismeretesek, inkább a különböző paraméterek közötti összefüggéseket kívánjuk kihangsúlyozni, különös tekintettel az újonnan beállítottakra.

A *benzolszám* és a *lejtőszög* közötti összefüggéseket a *3. ábra* ismerteti.

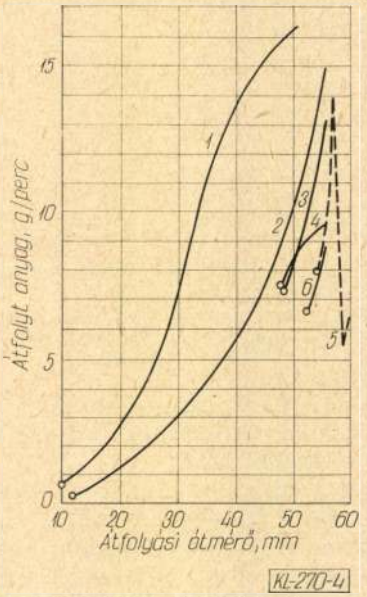
Amint az az ábrából kivehető, a *30 sec-os* és a *60 sec-os* mérések egymással párhuzamosan mennek. Nem ilyen jó az összefüggés a lejtőszög és a benzolszám között. Amíg a lejtőszög a minták sorrendjében folyamatosan növekszik, addig a benzolszám az utolsó két minta között az addigiakkal ellentétes irányban halad. A görbe megtörésének oka egyelőre nem ismeretes, a felvetett kérdésre valószínűleg a következőben végzendő mikroszkópiai felvételek fognak választ adni.

Az *átfolyással* kapcsolatban az irodalom szerint [2], amennyiben egy ortogonális koordinátarendszer ordinátájára a különböző átfolyási átmérőkön áthaladt anyag percenkénti mennyiségeit tüntetjük fel, az abszcisszán pedig magukat az átfolyási átmérőket, úgy egyeneseket kapunk.

Vizsgálataink *(4. ábra)* ezt a megállapítást nem igazolták. Ennek oka az lehetett, hogy az átfolyási



3. ábra. A benzolszám alakulása a lejtőszög függvényében
1 — 30 sec-os mérés; 2 — 60 sec-os mérés

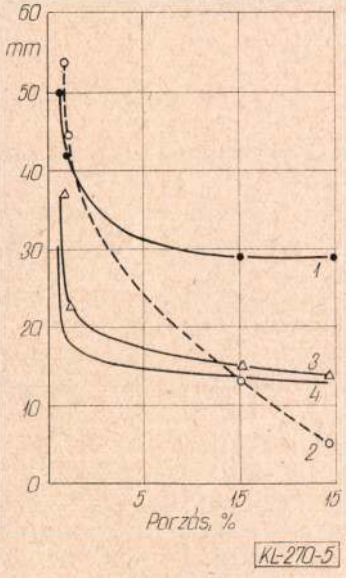


4. ábra. Különböző timföldek átfolyási sebessége az átfolyási nyílás átmérőjének függvényében
1—6 a minták száma az 1. táblázatnak megfelelően

átmérőket nagyon nagy intervallumban változtattuk. Kétségtelenül mindegyik görbének van egyenes szakasza, kivéve az *5. számú* timföld görbéjét, amelyik teljesen eltérő módon viselkedik.

Az előzőekben megállapítottak szerint nem lehetett a görbék dőlésszögét egyértelműen meghatározni. Jobb eredményeket kaptunk az úgynevezett minimális átfolyási átmérő meghatározásával. Ez a mérőszám nagyon jó eredménnyel felhasználható a timföldek folyósságának a vizsgálatára, mert nagyságrendnyi eltérés jelentkezik a gurulósnak vagy tapadósnak minősített timföldek között.

A *porzásvizsgálatokat* illetően azok a vizsgálatok, amelyek a porzás közvetlen vizsgálatát célozták, vízszintes lapra való ejtéssel, nem vezettek értékelhető eredményekre. A *levegőáramban végzett kísérletek* eredményei reprodukálhatóak, az eredmények egyezése kiválónak mondható. Még az egymáshoz nagyon közeli eredmények is elválaszthatók egymástól. Nagyon érdekes, hogy a porzás mérések eredményei közötti nagy eltérések nem ugyanazon a timföldpárok között jelentkeznek, mint a benzolszámoknál vagy a lejtőszögeknél. A legkisebb átfolyási átmérő, illetve a benzolszámok változását a porzás függvényében az *5. ábra* ismerteti.



5. ábra. A timföld különböző fizikai tulajdonságainak változása a porzás függvényében
1 — lejtőszög; 2 — minimális átfolyási átmérő; 3 — 30 sec-os benzolszám; 4 — 60 sec-os benzolszám

A kapott görbék, — amint az rögtön észrevehető — *hiperbolikus jellegűek*. Ennek igazolására egy újabb görbét szerkesztettünk a meglevő adatok alapján, amelyiknél az ordinátára a benzolszám és a porzás, illetőleg a lejtőszög és a porzás szorzatait vettük fel, míg az abszcisszán a porzás értékeit tüntettük fel. A kapott vonalak, amelyeket a *6. ábra* mutat be, igen jó közelítéssel egyenesek. Ezekkel a vonalakkal kapcsolatban felállítható a következő egyenlet:

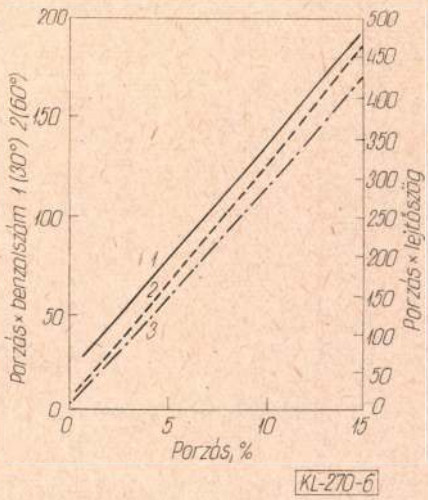
$$xy = m \cdot x + b$$

ahol x a porzás értéke az abszcisszán, y pedig az ordinátán feltüntetett szorzatérték.

Mind a két oldatt elosztva x-szel,

$$y = m + b/x$$

Ez egy hiperbola egyenlete. Ezek szerint az 5. ábra görbéi igazoltan hiperbolák.



6. ábra. Egyes fizikai tulajdonságok és a porzás szorzatának változása a porzás függvényében
1 — porzás × 30 sec-os benzolszám; 2 — porzás × 60 sec-os benzolszám; 3 — porzás × lejtőszög

A megfelelő három egyenlet a következő lesz:

$$\text{Lejtőszög} = 28{,}09 + \frac{13{,}71}{\text{porzás}}$$

$$\text{Benzolszám } 30'' = 12{,}26 + \frac{13{,}51}{\text{porzás}}$$

$$\text{Benzolszám } 60'' = 11{,}80 + \frac{9{,}022}{\text{porzás}}$$

Amennyiben az egyes egyenletekben a porzás értékét végtelennek vesszük, úgy az egyenletek jobb oldalának második tagja zérus és megkaptuk a hiperbolának az x tengellyel párhuzamos aszimptotáit. Ez azt jelenti, hogy a legnagyobb porzású timföld lejtőszöge sem lehet kisebb, mint 28,09, illetve a legnagyobb porzású timföld benzolszáma sem lehet kisebb, mint 12,26, illetve 60 másodperces mérés esetében 11,80.

A berendezés és a vizsgálati körülmények állandóságának biztosítása esetében bármely porzási adatból kiszámítható a vizsgált timföld benzolszáma, illetőleg lejtőszöge.

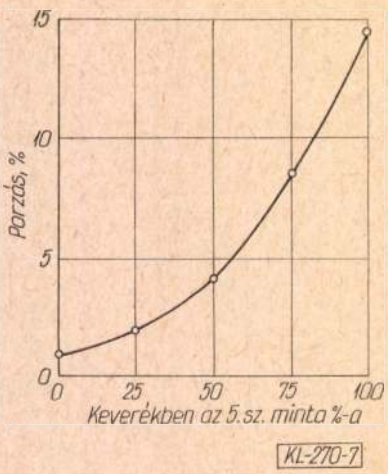
Az előző eredmények arra indítottak, hogy megvizsgáljuk a különböző porzási tulajdonságú timföldek keverékének porzását. A keverékeket az *1.* és az *5.* számú mintákból állítottuk össze. Az eredményeket a *9. táblázat* ismerteti és a *7. ábra* mutatja be.

Az eredmények szerint a *timföld-keverékek porzása nem egyszerűen additív jelenség*. A mi esetünkben a keverék porzása kisebb a két timföld porzásának súlyozott összegénél. Általános következ-

9. táblázat

Timföld-keverékek porzása

A minta sorszáma	A keverékben a minta százalékos aránya				
1	0	25	50	75	100
5	100	75	50	25	—
Porzás	0,91	1,98	3,74	8,70	14,93



7. ábra. Az 1. és 5. sz. (gurulós, ill. erősen tapadó) timföldminta keverékeinek porzása az összetétel függvényében

tetést levonni még korai, de érdemesnek látszik ebben az irányban a vizsgálatokat folytatni.

A *fajlagos felület, vegyvizsgálat, laza litersúly* mérések nem szolgáltattak olyan adatokat, amelyekből az előzőekhez hasonlóan következtetéseket lehetne levonni.

A továbbiakban a *lejtőszög, porzás, átfolyási átmérő* meghatározásával kapcsolatban a *szobahőmérséklettől eltérő hőfokokon* kívánunk méréseket eszközölni.

IRODALOM

[1] MSz 3292—52 magyar szabvány
[2] *Kacsanovszkaja I. Sz.—Pavlov Ju. I.:* Cvet. Met. *42.* No. 10. 39—43, (1969).
[3] *Kacsanovszkaja I. Sz.:* Cvet Met., *42.*, 12., 30—32 (1969).
[4] *Imre A.—Baán I.:* Koh. Lapok, *103.*, 3., 137—140., (1970).
[5] MSz 14 214 magyar szabvány 1—11. lap

Általános timföldgyári használatra kialakított szabályozó szelepek

HOLLÓSI JÁNOS villamosipari technikus
Almásfüzitői Timföldgyár

DK 669.712:62—33

A timföldgyári technológia automatizálása során felmerülő alapvető problémák egyike a különböző és változó igénybevétellel szemben ellenálló szabályozó szelepek alkalmazása. A szabályozó szelepek végrehajtó szerve — mind a pneumatikus, mind a villamos — általában megfelelő. A használatos beavatkozó szervek azonban a timföldgyári technológiai folyamat fontos paraméterei esetében sok gondot okoznak.

A folyamatok irányítására, automatikus szabályozására való törekvés új és régi vegyiüzemekben, timföldgyárakban egyaránt szükséges. A technológiák és berendezések ma már igénylik az automatikát, amely egyre jobban hozzájárul a hatékonyság, termelékenység növekedéséhez, a magasabb technikai szint eléréséhez.

A timföldgyári technológia közismerten sok nehézséget támaszt az automatizálással szemben. Mégis az utóbbi néhány év több vonatkozásban jelentős fejlődést [1] [4], eredményeket hozott. Az eredmények (pl. egyes üzemrészek összefüggő, részben programozott, automatikus irányítása) elsősorban a mérő- és beavatkozó szervek fejlesztése terén történt előrehaladásnak köszönhetők.

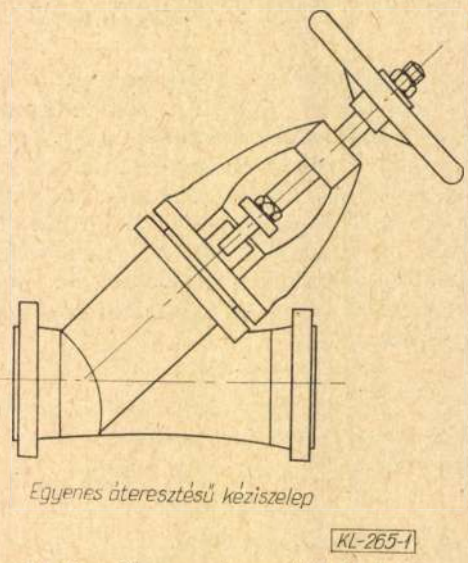
A további fejlődést, különös tekintettel a számítógépes irányítás timföldgyári alkalmazásának lehetőségére, véleményünk szerint főleg az agresszív anyagok mérésére és befolyásolására minden tekintetben megfelelő érzékelő [1], mintavételező és beavatkozó szervek kialakításával lehet biztosítani.

Házilag kialakított egyenes áteresztésű szabályozó szelepek

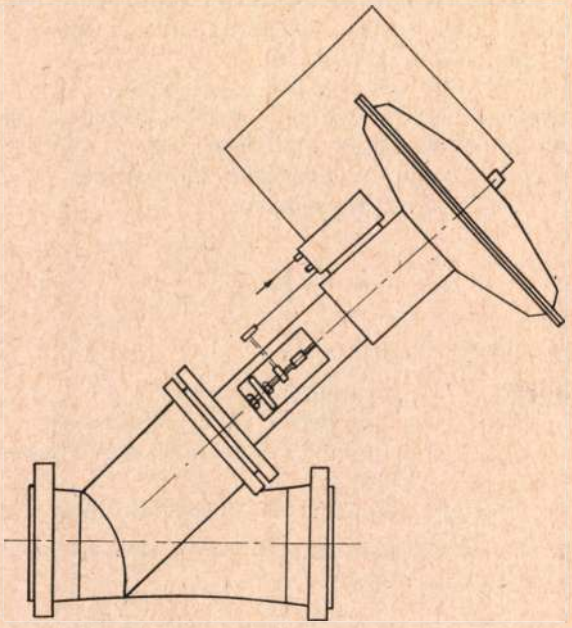
A következőkben az elmúlt néhány év alatt szerzett kedvező tapasztalatok birtokában ismertetünk egyfajta házilag készített, és vizek, lúgok, iszapok, hidrát- és vörösiszapzagyok befolyásolására ma már általánosan bevált szabályozó szelep típust.

Üzemünkben a technológia szinte valamennyi pontján alkalmazzák a kedvező áramlási viszonyokkal, egyszerű szerkezeti kialakítással rendelkező, könnyen karbantartható egyenes áteresztésű, együléses kéziszelepet *(1. ábra)*.

Ugyanakkor azonban hasonló jó tulajdonságokkal rendelkező, a technológiába jól illeszthető szabályozó szeleppel nem rendelkezünk. Tapasztalataink szerint a szabályozó szelepek [4] (membránzárású, kétüléses, pillangószelepek stb.) végrehajtó szerve, legyen pneumatikus vagy villamos, általában megfelel a kívánalmaknak. A beavatkozó szervek viszont az agresszív anyagok áramlásából származó rendkívüli követelményeket nem tudják ki-



1. ábra. Egyenes áteresztésű kéziszelep



2. ábra. Szabályozó szelep membránmotoros végrehajtószervvel

elégíteni. Gyakran meghibásodnak, aminek a következménye természetesen a fennakadás a technológiai folyamatokban, és bizonyos esetekben a szabályozási kör kikapcsolása lesz.

Az említett tapasztalatok alapján feltételeztük, hogy az üzembiztos pneumatikus végrehajtószerv összeépítve az üzemeltetési viszonyokat tekintve megfelelő kéziszelep beavatkozó szervével, a technológiába illeszkedés szempontjából kielégítő tulajdonságokkal rendelkező szabályozó szelepet eredményez.

Az összeállítást kézi szelep és membránmotoros végrehajtószerv *(2. ábra)*, majd nagyobb méretű kéziszelep és dugattyús végrehajtószerv között végeztük el *(3. ábra)*.

Mindkét szabályozó szelepet egy-egy zagyvezetékbe, a technológia olyan részén szereltük fel, ahol az addig alkalmazott szelepek a rendkívüli igénybevétel miatt nem feleltek meg [4].

Mint említettük, az üzemeltetés bizonyította elképzelésünket, hiszen beépítésük óta a szelepek megbízhatóan és folyamatosan működnek.

Az átfolyási jelleggörbék, a k_v értékek mérése

Következő feladatként az új szabályozó szelepek vizsgálatát, kimérését tekintettük [2] [3].

Erre a célra — megfelelő átalakítás után — egy, korábban szivattyúk teljesítmény-vizsgálatára készített tartály- és szivattyúrendszert vettünk igénybe *(4. ábra)*.

A következő példában bemutatjuk az NA 100 és NA 125 szelep átfolyási jelleggörbéjének meghatározását.

A mérésekhez 10—15 °C hőmérsékletű ipari vizet használtunk fel. Elsőként a *2.* tartályt feltöltjük vízzel *(4. ábra)*. Ezután az *1.* átemelő szivattyú segítségével a vizet a *3.* tartályba juttatjuk. (Az *1.* szivattyú és *3.* tartály közötti mérőszakaszt felhasználtuk kisebb méretű indukciós mennyiségmérők beállításához.) A *3.* tartályból a vizet a *4.* nagyteljesítményű szivattyúval továbbítjuk az *5.* mérőszakaszon keresztül a *2.* tartályba.

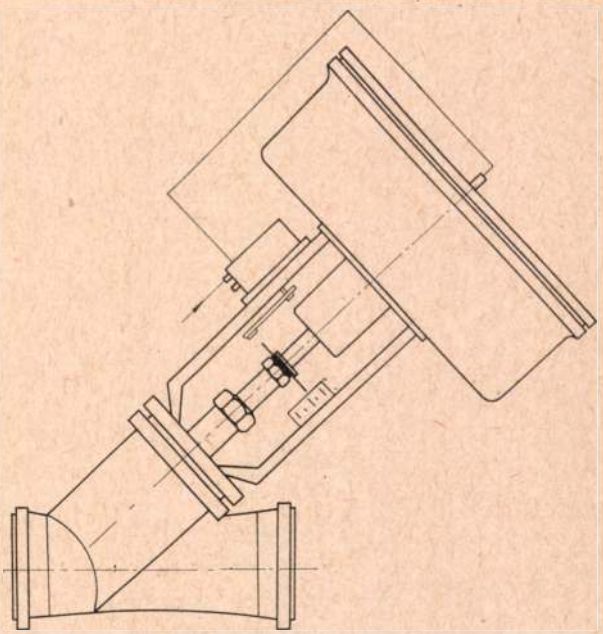
Közben a *6.* vizsgálandó szabályozó szelep előtt és után mért nyomásdifferenciát $\Delta p = 1$ kp/cm² értékre beállítjuk, és a változó H szelepelmozdulásokhoz tartozó k_v értéket meghatározzuk, diagrammon rögzítjük [2]. A méréseket többször megismételjük *(5. ábra)*.

A szelepeket először az eredeti zárótest meghagyása mellett vizsgáltuk *(6. ábra)*.

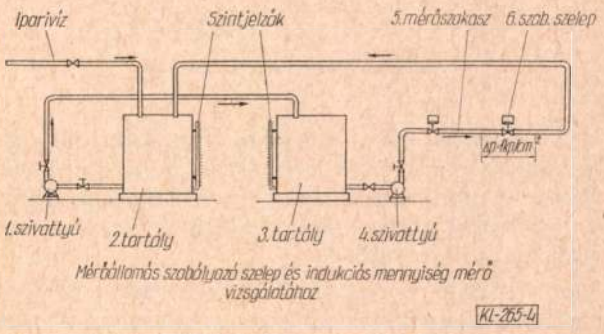
A mérések eredményeként kéziszelep jelleggörbét kaptunk *(5. ábra)*, mely hasonló a membrán zárású *(Saunders)* szelep jelleggörbéjéhez [2].

Ezt követően a lapos zárótestet szerkesztéssel meghatározott [2] [3] parabolikus zárótesttel cseréltük fel *(7. ábra)*.

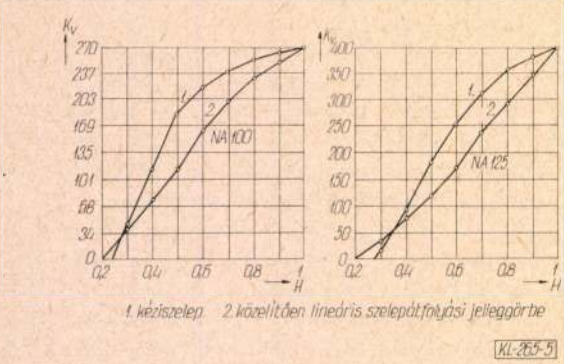
A módosítás után végzett mérésekkel közelítően lineáris átfolyási jelleggörbét nyertünk *(5. ábra)*.



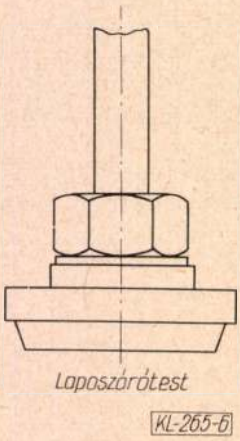
3. ábra. Szabályozó szelep dugattyús végrehajtószervvel



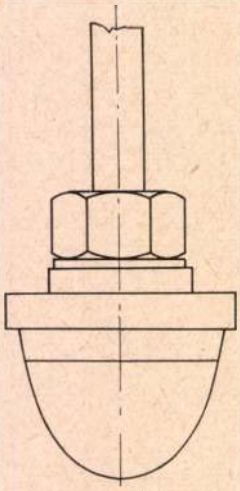
4. ábra. Mérőállomás szabályozó szelep és indukciós mennyiségmérő vizsgálatához



5. ábra. 1 kéziszelep, 2. közelítően lineáris szelepátfolyási jelleggörbe



6. ábra. Lapos zárótest



7. ábra. Parabolikus zárótest

A szelepek ilyen jelleggel a szabályozási kör elemeként már igényes szabályozási feladatok ellátására is alkalmassá váltak. A szelepek az üzemi, a gyakorlati próba után, a mérések során is igazolták várakozásunkat.

A kedvező tapasztalatok bátorítást jelentettek, a mérőállomás pedig lehetőséget nyújtott arra, hogy azonos típusú szelepekből NA 65-től NA 200-ig 6-féle méretben sorozatot készítsünk.

Az új szelepek átfolyási jelleggörbéit a bemutatott példa szerint *(5. ábra)*, illetve azzal megegyező módon vettük fel.

Az NA 150 és NA 200-as szelepeknél a *4.* szivattyú teljesítménye nem volt elegendő a $\Delta p = 1$ kp/cm² nyomásesés biztosításához *(4. ábra)*. Ez esetben kisebb nyomásesést állítottunk, és a k_v értékek számításához [2] a

$$k_v = Q\sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p}\cdot\frac{\gamma}{\gamma_0}}$$

egyenletet alkalmaztuk,

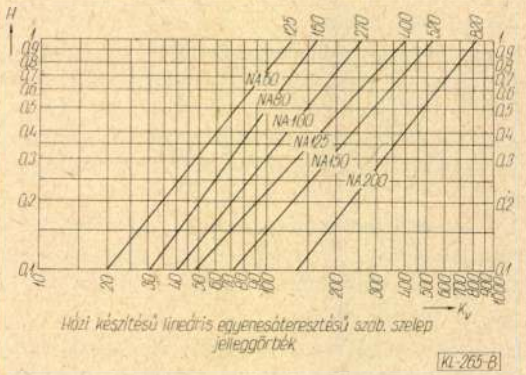
ahol Q átáramló mennyiség
Δp a tényleges nyomáskülönbség
Δp_0 1 kp/cm² vonatkoztatott nyomáskülönbség
$\gamma = \gamma_0 = 1$ kp/dm³ mérőfolyadék, ipari víz.

Pl. az NA 200-as szelep $H = 50\%$ elmozdulásának k_v érték számítása:

$$k_v = Q\sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p}\cdot\frac{\gamma}{\gamma_0}} = 349\sqrt{\frac{1}{0{,}4}\cdot\frac{1}{1}}$$

$$k_v = 551{,}4$$

A méréseket mintegy összesítve, de egyúttal a szelep kiválasztás gyakorlati feladatát is szolgáló hagyományos logaritmus léptékben diagrammot készítettünk a házilag kialakított szabályozó szelepekről, a H szelepelmozdulások függvényében mért k_v értékek segítségével *(8. ábra)*.



8. ábra. Házi készítésű lineáris egyenes áteresztésű szabályozó szelep jelleggörbék

A bevezetőben említettük, hogy a timföldgyári technológia automatizálásának fejlődését alapvetően a mérő-, mintavételező és beavatkozó készülékek továbbfejlesztése kérdésében látjuk [1].

Úgy érezzük, hogy az üzemünkben kialakított és itt bemutatott szabályozó szeleptípussal előrelépést tettünk az említett problémák megoldása felé.

IRODALOM

[1] *Németh B., Barakka I.:* Timföldgyári érzékelők és mintavételezők. Vegyi- és olajipari automatizálási konferencia. Budapest, 1972.
[2] *Dr. Helm L.:* A szabályozástechnika kézikönyve. 2. 6. 22.
[3] *Csordás Z.:* Pneumatikus irányítástechnika.
[4] *Németh B., Hollósi J.:* Szabályozószelepek a timföldgyártásban. BKL. 1972. 3. szám.

Centrifugálszedimentométer 5 μm-nél kisebb szemcseméretű anyagok szemcse-eloszlásának mérésére

IMRE ALADÁR okl. vegyészmérnök
Fémipari Kutató Intézet, Budapest

DK: 669.186:541.18.04:53.082.15

A szemcseméreteloszlás mérési módszerek minden esetben a szemcsék nagyságával összefüggő fizikai paraméterek mérésén alapulnak. Az eljárások bonyolultsága a szemcseméret csökkenésével nő és az eloszlási függvény meghatározása az 5 μm-nél kisebb szemcsenagyságtartományban különösen nehézzé válik.

A nehézségek ellenére az igen finomszemcsés anyagok szemcseméreteloszlásának mérése ma már nagyrészben megoldott problémának tekinthető. A kezdetben tudományos értékű mérési módszerek azonban időközben ipari jelentőséget nyertek és e tény felvetette az időigényes mérési módszerek egyszerűsítésének, üzemi mérésekre alkalmassá tételének szükségességét.

Cikkünkben e törekvéseknek megfelelően egy üzemi mérésekre alkalmas, egyszerű centrifugálszedimentométert ismertetünk, amelynek alsó méréshatára az elektronmikroszkópéval megegyezik, de méréstartománya annál valamivel nagyobb.

A szemcseméreteloszlás mérési módszerek minden esetben a szemcsék nagyságával összefüggő fizikai paraméterek mérésén alapulnak. Az eljárások bonyolultsága a szemcseméret csökkenésével nő és az eloszlási függvény meghatározása az 5 μm-nél kisebb szemcsenagyságtartományban különösen nehézzé válik. A nehézségek ellenére az igen finomszemcsés anyagok szemcseméreteloszlásának mérése ma már nagyrészben megoldott problémának tekinthető [1, 2]. A kezdetben tudományos értékű mérési módszerek azonban időközben ipari jelentőséget nyertek és e tény felvetette az időigényes mérési módszerek egyszerűsítésének, üzemi mérésekre alkalmassá tételének szükségességét [3, 4, 5, 6, 7, 8].

Cikkünkben e törekvéseknek megfelelően egy üzemi mérésekre alkalmas, egyszerű centrifugálszedimentométert ismertetünk, amelynek alsó méréshatára az elektronmikroszkópéval megegyezik, de méréstartománya annál valamivel nagyobb (*1. táblázat*).

1. táblázat

A mérési módszerek	Az alkalmazhatóság méret-tartománya, μm	Irodalom
Rostálás	>10 000	—
Szitálás	25—10 000	[6, 9, 10, 27, 28]
Mikro mesh-szita ASTM E 161—60 T	5—150	[6, 10, 27, 28]
Spiral lég-osztályozás	5—60	[27, 28]
Késleltetett ülepítés	4—3000	[9]
Ülepítés	1—200	[7, 9, 11, 27, 28]
Szedimentáció gázban	2—200	[9, 27, 28]
Az elektromos vezetőképesség mérése	2—200	[9]
Fénymikroszkópos mérés	0,5—300	[1, 9, 11, 27, 28]
Áramlásos ütköztetés	0,2—100	[9]
Radioaktív sugárzás abszorpciójának mérése	0,2—50	[3, 12]
Fényszórás, fényvisszaverődés mérése	0,1—30	[9, 11, 13, 14, 27, 28]
Götz-aeroszól spektrométer	0,03—5	[27, 28]
Röntgensugár szórás mérése	0,01—01	[9, 11]
Centrifugál szedimentáció	0,001—20	[5, 9, 15, 16, 27, 28]
Elektronmikroszkópos mérés	0,001—10	[9, 27, 28]
Porlasztásos mérés	—	[11]
Gázok, gőzök adszorpciójának mérése	Átlagos szemcseméretet ad	[8, 11]
Gázáramlás mérése	Átlagos szemcseméretet ad	[2, 11, 17]

A centrifugálszedimentáció elmélete

A centrifugálszedimentációs szemcseméreteloszlás mérés elméletének alapjait *Romwalter* és *Wendl* fektették le [2, 15]. Módszerükben állandóként kezelték a szuszpenzióoszlop magasságát és a centrifugálás időtartamát változtatták [2]. *Brown* elméletüket pontosítva olyan módszert dolgozott ki amelyben az idő konstans és a szuszpenzióoszlop magassága változik [18]. A pontosított elmélet lényegét az *1. ábrán* közölt körgyűrű alakú centrifuga-rotor vázlatának segítségével ismertetjük. A rotor a *0*-tengely körül forog. Jelöljük a rotor külső sugarát *R*-el, a belsőt pedig *S*-el és töltsük meg szuszpenzióval. Ekkor a *0*-tengelytől x távolságra levő részecskére

$$\frac{\pi}{6} D^3(\sigma - \varrho)\omega^2 x$$

nagyságú erő hat, amellyel a Stokes törvény szerint

$$3\pi D\eta\frac{dx}{dt}$$

nagyságú erő tart egyensúlyt. Egyensúlyban tehát:

$$\frac{\pi}{6}D^3(\sigma-\varrho)\omega^2x=3\pi D\eta\frac{dx}{dt} \qquad (1)$$

ahol D a részecske átmérőjét,
σ a részecske sűrűségét,
ϱ a folyadék sűrűségét,
η a folyadék viszkozitását,
ω a szögsebességet,
t az időt jelöli.

Az egyenlet átrendezve olyan formába is hozható, amelynek bal oldala adott forgási sebességnél állandó:

$$\frac{D^2\omega^2(\sigma-\varrho)}{18\eta}=\frac{1}{x}\cdot\frac{dx}{dt}$$

Az állandót k-val jelölve:

$$k=\frac{1}{x}\cdot\frac{dx}{dt}$$

Az egyenletet x_1 és x_2 határok között integrálva a

$$kt=\ln\frac{x_2}{x_1} \qquad (2)$$

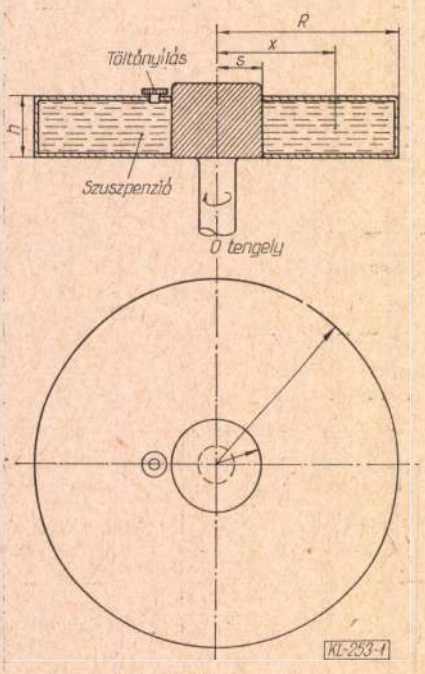
összefüggést kapjuk, akkor ha x_1 a részecske tengelytől mért távolsága a nulla, x_2 pedig a t időpontban.

Az állandó értékét behelyettesítve a (2) egyenletbe D értékére a következő összefüggést kapjuk:

$$D=\sqrt{\frac{18\eta\ln\frac{x_2}{x_1}}{(\sigma-\varrho)\omega^2t}} \qquad (3)$$

A (3) összefüggés a következő formában is leírható:

$$\ln\frac{x_2}{x_1}=\frac{(\sigma-\varrho)\omega^2D^2t}{18\eta}=KD^2t \qquad (4)$$



1. ábra. Körgyűrű alakú centrifuga-rotor vázlata

Az összefüggésben

$$K=\frac{(\sigma-\varrho)\omega^2}{18\eta}$$

Jelöljük D_m-el annak a részecskének az átmérőjét, amely t idő alatt az S pontból az R-ig ülepedik és alkalmazzuk a (4) egyenletet a centrifugára. Akkor az

$$\ln\frac{R}{S}=KD_m^2t$$

összefüggést kapjuk. Az egyenlettel a t idő alatt éppen kiülepedő D_m méretű szemcse átmérőjét határozhatjuk meg.

A lerakódott anyag azonban tartalmazza a D_m méretűnél nagyobb szemcséket is, valamint azokat, amelyek kisebbek ugyan a D_m méretnél, de a szuszpenzió mélyebben fekvő rétegeiből t idő alatt kiülepedtek. Ebből következően minden olyan 0 tengelytől x távolságra levő részecske kiülepedik, amely eleget tesz az (5) egyenletnek.

$$\ln\frac{R}{x}=KD^2t$$

illetve

$$x=R\exp-KD^2t \qquad (5)$$

Bevezetve a térfogattört fogalmát írhatjuk, hogy azoknak a kiülepedő szemcséknek a térfogattörtje, amelyeknek átmérője $<D_m$, de az (5) egyenletet kielégítik, körgyűrű alakú rotor esetében a

$$\frac{R^2-x^2}{R^2-S^2}=\frac{R^2}{R^2-S^2}(1-\exp-2KD^2t) \qquad (6)$$

képlettel írható le [19, 15].

Ezek után definiáljuk a méreteloszlási függvényt $F(D)$-t úgy, hogy $F(D)\cdot d(D)$ legyen a térfogattörtje azoknak a részecskéknek, amelyeknek átmérője D és $D+dD$ között van.

Ha ezt a függvényt $0-\infty$-ig integráljuk, akkor a teljes anyagmennyiséget kapjuk, azaz térfogattörtben 1-et.

$$\int_0^\infty F(D)\cdot d(D)=1 \qquad (7)$$

A $<D_m$ átmérőjű részecskék térfogattörtje viszont a (6) egyenletből:

$$\int_0^{D_m}\frac{R^2}{R^2-S^2}(1-\exp-2KD^2t)F(D)\cdot d(D) \qquad (8)$$

A $\geqq D_m$ átmérőjű frakció térfogattörtje pedig:

$$\int_{D_m}^\infty F(D)\cdot d(D) \qquad (9)$$

A térfogattört a súlytörttel helyettesíthető, mert a szuszpenzióban a szilárd részek egyenletesen vannak diszpergálva. A t idő alatt kiülepedő szilárd részek súlytörtjét (p), ezek szerint a következőképpen írhatjuk le:

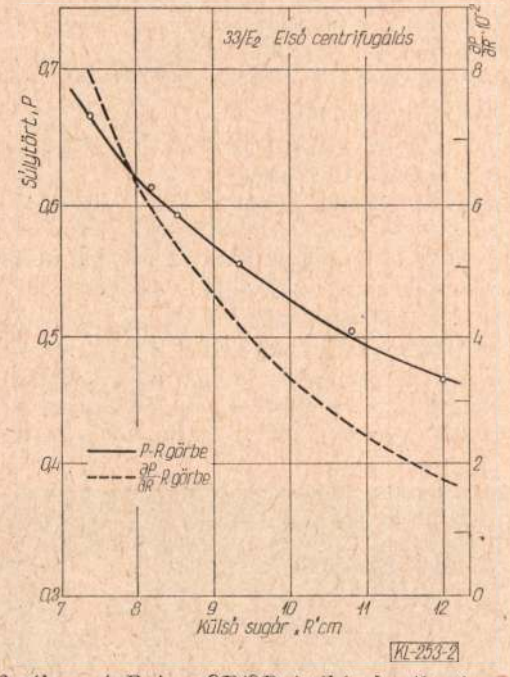
$$p=\int_0^{D_m}\frac{R^2}{R^2-S^2}(1-\exp-2KD^2t)F(D)\cdot d(D)+$$

$$+\int_{D_m}^\infty F(D)\cdot d(D) \qquad (10)$$

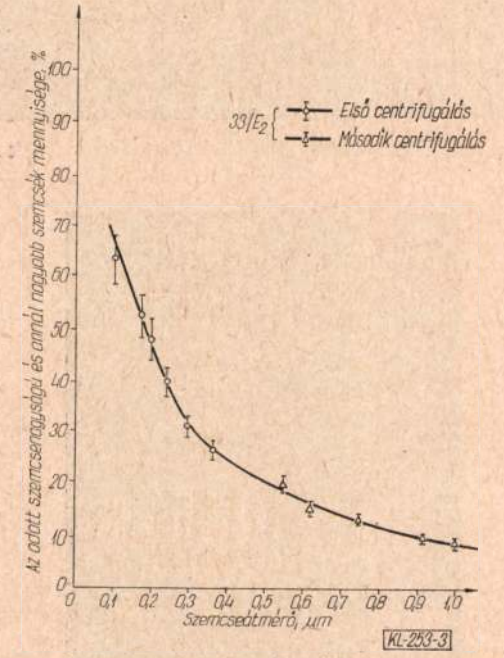
Az összefüggés alapján a szemcseméreteloszlás meghatározása elvégezhető, ha meghatározzuk a t idő alatt kiülepedett anyag súlytörtjét és mérés közben R, S és t paraméterek közül csak az egyiket változtatjuk. Ha S és t értékét tartjuk állandónak és R értékét változtatjuk, akkor a (10) egyenletet R-re kell differenciálnunk. A differenciálást elvégezve:

$$\int_{D_m}^{\infty} F(D)\cdot d(D) = p + R\frac{R^2-S^2}{2S^2}\frac{\partial p}{\partial R} \qquad (11)$$

összefüggést kapjuk (15).



2. ábra. A P és a ∂P/∂R értékének változása az R függvényben



3. ábra. Finomszemcsés timföldhidrát centrifugálszedimentométerrel meghatározott kumulatív szemcseeloszlási görbéje

Az egyenlet segítségével az eloszlási függvény meghatározható, ha mérjük konstans t idő alatt R különböző értékeinél a p-t és a súlytört értékeit R függvényben ábrázoljuk *(2. ábra)*.

A függvény különböző R értékeinél meghatározva $\partial p/\partial R$-t, kiszámítható a $< D_m$ átmérőjű kiülepedett részecskék súlytörtje. Ezt p értékéből kivonva, kapjuk a $\geq D_m$ átmérőjű részecskék súlytörtjét. Ennek értékét 1-ből kivonva pedig $< D_m$ méretű részek teljes mennyiségének súlytörtjét kapjuk. A különböző R értékekre meghatározott adatok segítségével az eloszlási függvény már megszerkeszthető *(3. ábra)*.

A centrifugálszedimentométer leírása

Romwalter és *Wendl* tubusos centrifugát használtak méréseikhez és a kiülepedő anyag mennyiségét súlyméréssel határozták meg [2].

Módszerük hibái a következők:

a) a centrifuga felgyorsulásának szakaszában a fordulatszám nem állandó,

b) a részecskék a kezdeti gyorsulás hatására nemcsak sugár, hanem tangenciális irányban is elmozdulnak és a tubus falának ütköznek,

c) a tangenciális elmozdulás okozta úthossz növekedés,

d) a kiülepedett szilárd anyag súlymérésének hibája.

A hibák elkerülése, illetve csökkenése érdekében végzett kutatások eredményei szerint:

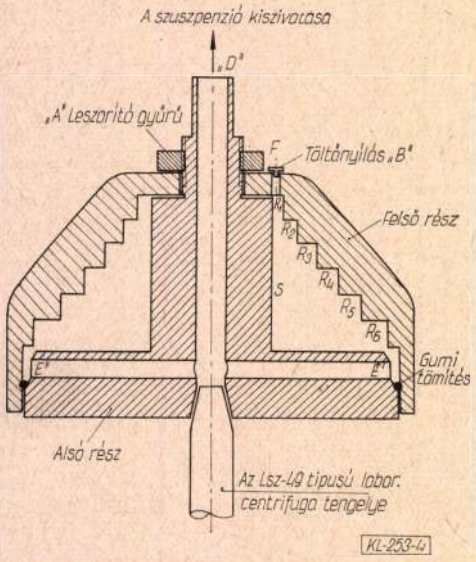
A kezdeti fordulatszám változás okozta hiba a felgyorsítás időtartamának rövidítésével elhanyagolható nagyságúra csökkenthető [15]. A hiba teljesen meg is szüntethető, ha a szuszpenziót a kívánt sebességgel forgó centrifugába adagolják [16]. A tubus falának ütköző szemcsék okozta hibát először cella, majd körgyűrű alakú centrifugarotorok készítésével csökkentették, illetve szüntették meg [15, 16]. A részecskék tangenciális irányú elmozdulása okozta hiba nagyságát *Marshal* vizsgálta és megállapította, hogy a hiba nagysága jelentéktelen és elhanyagolható [22]. Ezen túlmenően a szokásosnál nagyobb pontossági követelmények esetén a hiba korrekcióba is vehető [22].

A kiülepedő anyag pontos súlymérésére különböző módszereket dolgoztak ki [15]. Legújabban a súlymérés helyett a pontosság, a folyamatosság és az automatizálhatóság igényeinek kielégítésére koncentrációmérési eljárásokat is használnak [16, 23, 24, 25]. A koncentráció változását rendszerint fényabszorpciós módszerekkel mérik [16, 23]. Az ezen az elven épített centrifugálfotoszedimentométerek ára azonban meglehetősen magas és méréstartományuk is szűkebb, mint a centrifugálszedimentométeré [16, 23, 9, 25].

A cikkben ismertetett centrifugálszedimentométert a fentiekben röviden ismertetett kutatási eredmények figyelembevételével készítettük el úgy, hogy azzal egy mérési folyamatban az eloszlási görbe meghatározásához szükséges 5—6 mérési pont meghatározható legyen. A szedimentométer elkészítésnél nagymértékben támaszkodtunk *Donoghue* és *Bostock* kísérleti eredményeire [15]. Ebből következően az elkészült centrifugálszedimen-

tométer műszerük tökéletesített formájának tekinthető.

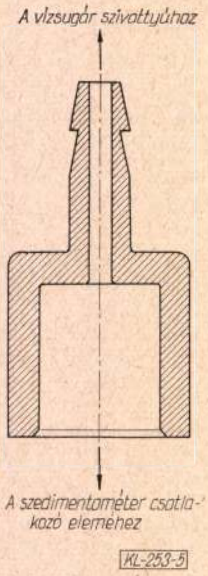
A centrifugálszedimentométer rotorját a *4. ábrán* szemléltetjük. A rotor két fő részből áll. Az alsó rész közvetlenül egy Lsz. 49 típusú laboratóriumi centrifuga kónikus tengelyére csúsztatható. Az alsó rész hengeres magja határozza meg a szuszpenzióoszlop belső sugarát (*S*). Az alsó részhez csatlakozik a lépcsőzetes belső felületű felső rész (4. ábra).



4. ábra. A centrifugálszedimentométer rotorjának vázlata

A felső rész hat lépcsője hat körgyűrű alakú különböző magasságú (*S*—*R*) szuszpenzió réteget határol és így a szedimentométerrel az eloszlási görbe hat pontja határozható meg egy centrifugálással.

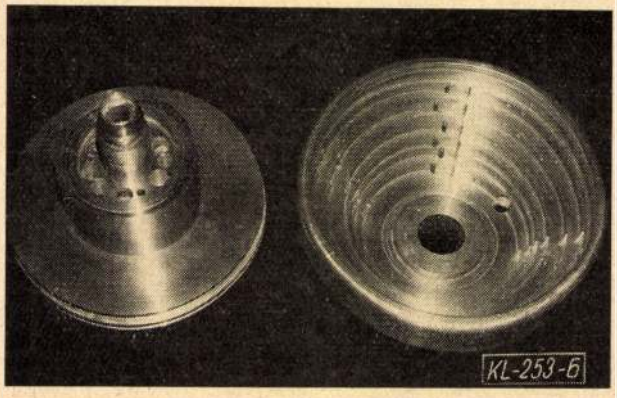
Az alsó és felső rotorrész az „*A*" jelű zárógyűrűvel rögzíthető. A tökéletes zárásról gumigyűrű gondoskodik (4. ábra). A szuszpenzió a csavarral zárható „*B*" nyíláson tölthető a rotorba. A csavart golyósszeleppel láttuk el. A kiülepedő anyag centrifugálás közben a lépcsőkre rakódik le. Súlyának pontos mérése megköveteli, hogy a szuszpenziót a centrifugálás végén forgás közben szivassuk ki a rotorból, ellenkező esetben ugyanis a folyadék a már kiülepedett anyagrészecskéket visszamoshatja.



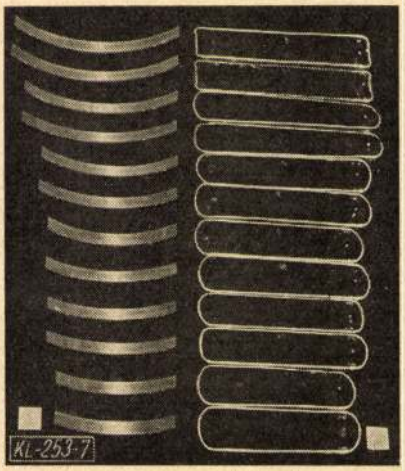
5. ábra. A teflonból készült csúszófej vázlata

A folyadék kiszívatását a lépcsők alá nyúló *E'*—*E''* furatokon keresztül a rotor „*D*" csatlakozó csonkjára kapcsolt vízsugárszivattyúval végezzük. A csatlakozó elemet a súrlódás csökkentése és a keletkező hő tűrése érdekében teflonból készítettük el *(5. ábra)*. A kiülepedett anyag súlyának pontos mérése érdekében az egyes lépcsőkre 2—2 db, negyed körív nagyságú kiszedhető betétet helyeztünk el egymással szemben úgy, hogy azok az elszívócsövek végétől legmesszebbre kerüljenek *(6., 7. ábrák)*. A betétek pontosan illesztve süllyeszthetők helyükre. Magasságuk és ívük a lépcsők magasságával és ívével megegyezik, helyükről gyorsan kiemelhetők, a rájuk rakódott anyag súlya pedig üvegcsónakokban történő szárítás után pontosan mérhető (7. ábra).

A mérések során a rotor egyes lépcsőit körgyűrűknek tekintjük. A körgyűrűk azonban nincsenek elhatárolva egymástól és ezért a nehézségi gyorsulás hatására részecskék vándorolhatnak az egyikből a másikba. A részecskék vándorlása hibát okoz. A hiba nagysága azonban, — ha a részecskék elég kicsik ahhoz, hogy az indulás szakaszában elhanyagolható mértékben ülepedjenek, — kiszámítható és korrekcióba vehető, sőt a rotor úgy



6. ábra. A centrifugálszedimentométer rotorja szétszedett állapotban

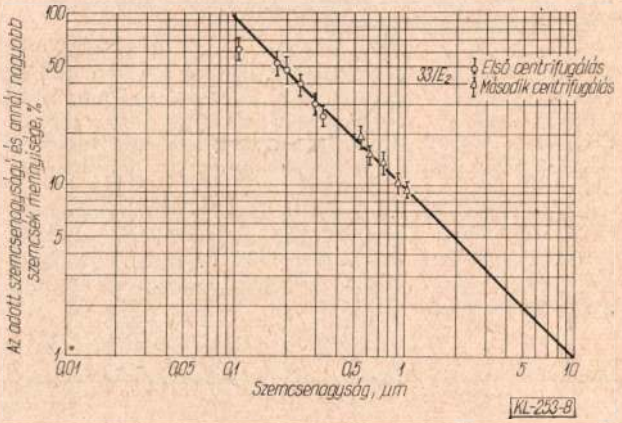


7. ábra. A kiszedhető betétlapok a szárításhoz használt üvegcsónakokkal

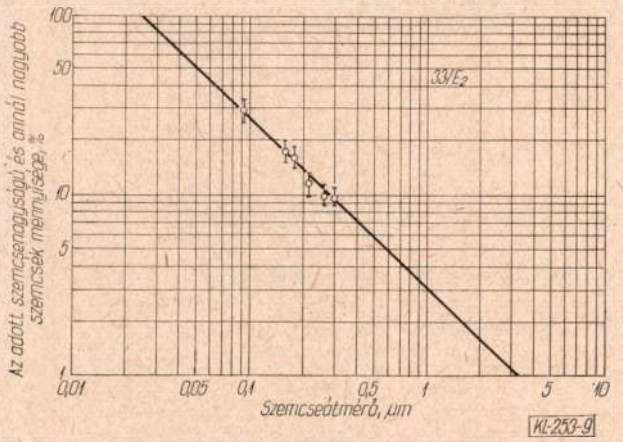
is megtervezhető és elkészíthető, hogy a korrekcióra — a kis hiba miatt — ne legyen szükség [15]. Centrifugálszedimentométerünket ennek tekintetbevételételével úgy terveztük, hogy korrekciói a számításoknál elhanyagolhatók legyenek.

A szemcseméreteloszlás meghatározásának gyorsítása

A centrifugálszedimentációs szemcseméret-eloszlás meghatározás során a kumulatív eloszlási görbét határozzuk meg [15, 20]. A hatlépcsős rotor egy centrifugálással hat pontot ad az eloszlási görbén. Ez általában elegendő a szemcseeloszlási függvény meghatározásához. A nagyobb szemcse-eloszlás tartományú porok eloszlásának meghatározására azonban több mérést kell végezni úgy, hogy az egyes meghatározások méréstartományai egymást kiegészítsék. Ez a tény — egyéb problémák felvetődése mellett — a mérés időtartamát nagymértékben növeli [5, 15]. A szükséges mérési pontok száma azonban csökkenthető *Schulman* felismerése alapján, amely szerint a kristályos és az őrléssel előállított porok szemcseeloszlása határozott szabályszerűséget követ és szemcseméret-eloszlási görbéjük kétszer logaritmikus ábrázolásban egyenest ad [21]. A logaritmikus ábrázolás egyenese segítségével tapasztalataink szerint a szükséges mérési pontok száma felére csökkenthető és ezzel a mérés nagymértékben gyorsítható *(8., 9. ábra)*. Ez esetben ugyanis csak egyszer kell meggyőződnünk arról, hogy az adott anyag a fenti tételnek eleget tesz-e és pozitív eredmény esetén a méréseket már a minimumra csökkentett mérési pont segítségével végezhetjük el *(9. ábra)*. Tapasztalataink szerint az ilyen anyagok szemcseeloszlása — a fenti módon — egy centrifugálás hat mérési pontjával jól meghatározható.



8. ábra. Finomszemcsés timföldhidrát szemcseeloszlási görbéje kétszer logaritmusos ábrázolásban



9. ábra. Finomszemcsés timföldhidrát hat mérési ponttal meghatározott szemcseeloszlási görbéje kétszer logaritmusos ábrázolásban

Kísérleti rész

Centrifugálszedimentométerünket Lsz—49 típusú laboratóriumi centrifugával üzemeltettük, amelyet céljainknak megfelelően átalakítottunk. Átalakítás után a centrifuga fordulatszáma folyamatosan és ± 5 ford/perc pontossággal szabályozható és mérhető volt. A centrifugarotort alumínium ötvözetből készítettük és jól záró kónikus furattal rögzítettük a centrifuga tengelyére (6. ábra).

Térfogat		1045 mm³
Belső sugár	S =	7,00 cm
Külső sugár	R_1 =	7,397 cm
	R_2 =	8,198 cm
	R_3 =	8,548 cm
	R_4 =	9,341 cm
	R_5 =	10,794 cm
	R_6 =	11,994 cm
Lépcsőmagasság	h =	1,10 cm

A centrifugarotort álló helyzetből 30 s alatt gyorsítottuk fel a mérés fordulatszámára és így a kezdeti fordulatszám változás okozta hiba elhanyagolható volt [15].

A mérés végén a szuszpenziót vízsugár szivattyúval szivattuk ki a rotorból. A kiszivatáshoz szükséges idő a használt legmagasabb fordulatszámon (1500 ford/perc) *25 s* volt. A szuszpenzió hőmérsékletét mindig *20 °C-ra* állítottuk be. A hőmérsékletet betöltéskor és kiszívatás után mértük. Harminc perces centrifugálási idő alatt maximálisan ± 1 *°C-os* hőmérsékletingadozást tapasztaltunk. A számításokat hőmérsékletváltozás esetén a két hőmérsékletmérés középértékével végeztük.

A kiülepedett anyag súlyát az egyes lépcsők két-két betétlapjára ülepedett anyag súlyának átlagaként határoztuk meg. A betétlapokra ülepedett anyag súlyát a 7. ábrán látható üvegcsónakok segítségével mértük. A centrifugálszedimentométerrel finomszemcsés timföldek és timföldhidrátok szemcseloszlását határoztuk meg. A mérések eredményeit az [5] és [26] irodalomban közöljük. Az eredményekkel kapcsolatban azonban röviden annyit itt is megemlítenénk, hogy sorozatméréseink megkezdése előtt először meggyőződtünk arról, hogy a fenti két anyag a *Schulman*-féle feltételt kielégíti-e. Miután erről meggyőződtünk (8. ábra), a sorozatmérésekben már egy centrifugálás hat mérési pontjával határoztuk meg a szemcseeloszlás görbéket (9. ábra). Az ábrákon a mérési pontok hibáit a reprodukciós kísérleteinkben maximális eltéréseként kapott $\pm 20\%$-os relatív hibával jelöltük. Ez az érték nagyobb az irodalomban közölt $\pm 15\%$-os relatív hiba értékénél. A hiba nagyságának elbírálásánál azonban tekintetbe kell venni, hogy a $\pm 20\%$-os hiba maximális eltérést jelöl.

IRODALOM

[1] *Dallavalle I. M.:* Fine Particle Measurement MacMillian Company New-York (1959).

[2] *Romwalter A.—Wendl M.:* Kolloidzschr. 72. 1. (1935).

[3] Műszer ismertető: Particle size determination simplified. Chemical and Engineering News 47. k. 5. sz. 1969. február 3 p. 34.

[4] *Németh K.:* Szubmikroszkópos méretű alfa- és gamma alumíniumoxid előállítása polírozási célokra. Kandidátusi disszertáció (1970).

[5] *Imre A.:* Rendkívül finomszemcsés timföldek, illetve timföldhidrátok szemcseméret eloszlásának meghatározása. Zárójelentés. Fémipari Kutató Intézet (1968), Budapest.

[6] *Daeschner H. W.:* Symposium on Particle size Measurement. Special Publication No. 234. ASTM (1958).

[7] *Heywood J. H.:* Symposium on Recent Developments in Mineral Dressing. Inst. Mining Met. (1952) 31.

[8] *Irani R. R., Callis C. R.:* Particle Size Measurement Intertation and Application, New-York, London (1963).

[9] *Zenz F. A., Othmer D. F.:* Fluidization and Fluid-Particle Systems. Reinold Publishing Corporation New-York (1960).

[10] *Colon F. J.:* Chem. Ing. Techn. 37 (1965) 143—145.

[11] *Kowalski W., Slaczka A.:* Przemysl Chemiczny 46 (1967) 148—151.

[12] *Bujdosó E.:* Kohászati Lapok 99 (1966) 567—572.

[13] *Wolkowitz W.:* Metallurgical Society Conferences 23. 56. New-York, London (1963).

[14] *Mühlhaus L.:* Ing. Techn. 37 (1965) 1028—38.

[15] *Donoghue J. K., Bostock W.:* Trans. Inst. Chem. Engrs. 33 (1955) 72—77.

[16] *Groves M. J.—Kaye B. H.—Scarlett B.:* British Chem. Eng. 9 (1964) 742—744.

[17] *Bartuska M.:* Siklar Keramik *10* (1960) 193—194.

[18] *Brown C.:* J. phys. Chem. *48* (1944) 246.

[19] *Andreasen A. H. M.:* Kolloidchem. Beih. *27* (1928) 349.

[20] *Bostock W.:* J. Sci. Instr. 29 (1952) 209.

[21] *Schulman W.:* Chem. Engineering 69 (1962) 129—130.

[22] *Marshal C. E.:* Proc. roy. Soc. A 126. 427 (1930).

[23] *Aeijelts Averink J. W.:* Journal of Colloid 21 (1966) 66—78.

[24] *Kaye B. H.:* Brit. Patent. No. 895, 222. (1962).

[25] *Kaye B. H.:* The Analyst 88 (1963) 173.

[26] *Imre A.:* Kísérletek finomszemcsés alfakorund szemcseeloszlásának meghatározására. Zárójelentés. Fémipari Kutató Intézet (1970) Budapest.

[27] *Moergeli R., Wiedemann H. G.:* Sedimentations-Arbeitsblatt Mettler A. G. különkiadványa. CH-8606 Greifensee—Zürich.

[28] *Rumpf H.—Alex V.—Johne R.—Leschonski K.:* Berichte Bunsen-Gesellschaft 71 (1967) 253.

SOLT RICHÁRD

1903—1973

Régi jóbarátot és munkatársat ragadott el közülünk váratlanul a halál. Munkából hazamenet szenvedett súlyos közlekedési balesetet és az orvosok két hétig tartó lelkiismeretes küzdelme sem tudta már megmenteni az életnek.

1903-ban született Sopronban, itt végezte középiskolai tanulmányait is, a Széchenyi István reáliskolában és a Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskolán. Fémkohómérnöki oklevelét 1926-ban szerezte meg. Mérnöki tevékenységét a Főfémjelző és Fémbeváltó Hivatalban kezdte meg, majd később a Pénzverőben, a Ganz Vagon- és Gépgyárban, a Metallochémiában és a Vörös Csillag Traktorgyárban dolgozott. Innen ment nyugállományba 1963-ban. De a nyugállománya idején sem pihent, hanem rendszeresen dolgozott mind a Műszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ, mind az Unitechnika KTSz részére.

A tragikus hirtelenséggel bekövetkezett halála mély részvétet keltett ismerősei és megdöbbenést barátai körében. Augusztus 15-én temették el Sopronban. Emlékét szeretettel őrizzük és megrendülten mondunk utolsó „jószerencsét".

Krétai József

Budapesti Vegyipari Gépgyár

Budapest X., Gyömrői út 76—80.

Megvételre felajánlunk

70 db 1500×570 mm belméretű 160 mm-es magasságú

25 db 1600×750 mm belméretű 180 mm-es magasságú

használt öntöttvas formaszekrényeket.

Érdeklődni 474-162 telefonszámon lehet

SZELLŐZŐ MŰVEK

1116 Budapest, Építész u. 8—12. Telefon: 451-720 Telex: 22-4163

A Szellőző Művek, mely a legrégibb magyar légtechnikai gyár, egyre több új konstrukciójú termékkel segíti — kiváló szakemberei által — az egyre fokozottabb légtechnikai problémák megoldását.

A „HIDROKLON-T" vizes porleválasztó készülék is ezt a célt szolgálja.

Az új rendszerű vizes porleválasztó készülék finom (0—50 μm) szemcséjű nedvesedő ásványi porok hatásos leválasztására szolgál. A beszívott portartalom — egymást követő — többféle leválasztással kiválik a légáramból. A nagy sebességű poros levegő a készülékben lelassul és a nagyobb méretű porszemcsék szabadeséssel csapódnak a nagy felületű szabad vízfelszínre, majd nedvesedve leülepednek a gyűjtőmedence alján. Ezután a poros légáram ismét felgyorsul és két hosszanti párhuzamos légrésen át lép be az örvénytérbe. Az alsó vízszintes légjáratban keletkező nagy sebességű áramlás magával ragadja a sekély vízréteget és ezáltal intenzíven benedvesíti az íves pályákból összeállított örvénykamrát. A függőlegesen beáramló poros légnyaláb a vízszintes nyalábbal keveredve fokozza a felfelé induló örvénylést. A leválasztandó porszemcsék több, de legalább 1,5 körülforgást végezhetnek az örvénykamrában amíg nedvesedve elérik az íves felületeket borító vízhártyát. A légáramnak is kétszer kell áttörni a hosszanti vízfüggönyöket mielőtt az útjába elhelyezett cseppfogóba kerül. Itt háromszoros ütközéssel leadja folyékony víztartalmát, majd megtisztulva a szabadba távozik az elszívó ventillátoron keresztül.

A komplex jellegű porleválasztásból főleg a turbókamrában lejátszódó folyamat érdekes, mert ez determinálja a szűrés minőségét (frakció-hatás) fokot). Hidroklon alkalmazása esetén elmaradhat a ciklonos vagy más rendszerű előleválasztás.

A „Hidroklon-T" készülékek beépítési rendeltetésük szerint alsó vízsugáröblítéssel, vagy kotrólláncos iszapkihordóval készülnek.

A kísérleti készülékkel végzett vizsgálati mérésekből az alábbi leválasztási össz-hatásfokok adódtak:

***a)* Finom szemcséjű öntődei kvarcpor esetén kb. 7000 mg/m³ porterhelésnél 99,82%.**

***b)* Erőművi pernye beadagolásánál hasonló porterheléssel 99,62% az összhatásfok.**

Mindkét esetben az örvénykamra felső állítható beömlő rése nyitott állapotban volt és az optimális üzemi vízszint beállítása mellett a leválasztó készülék be- és kilépő csonkja között mért statikus nyomás 180 kp/m²-re adódott.

Szobahőmérsékletű (20 °C) levegő átáramlásakor a Hidroklon-T vízfogyasztása kb. 2 liter/óra víz, 1000 m³/óra légszállításnál

SZELLŐZŐ MŰVEK „HIDROKLON-T" NEDVES PORLEVÁLASZTÓ KÉSZÜLÉKEI

Típus nagyság	Kivitel	Teljesítmény, m³/h	Δp, kp/m²	Főméretek, mm	Súly, kp	
					üresen	víztöltéssel
H1-T	vízöblítéses	800— 1 600	A készülék ellenállása porgyűjtő csőrendszertől függően Δp 90—190	600/600×1500	300	450
H2-T		1 800— 2 500		740/700×2200	500	700
H5-T		4 700— 6 800		1800/950×2950	1000	1 650
H10-T		9 500—13 500		1800/1600×3315	1900	3 030
H15-T		14 500—19 000		2700/1600×3380	2400	4 820
H20-T		19 000—27 000		2700/2400×4150	3100	6 400
H30-T		28 700—40 000		4000/2400×5230	4700	11 700
H40-T		38 500—54 000		5500/2400×5500	5500	12 500
H50-T		47 800—68 000		6500/2400×5700	6800	13 600
H60-T		57 500—81 000		8000/2500×6000	8000	14 700
H10-Tk	kotrólláncos	9 500—13 500	A készülék ellenállása a porgyűjtő csőrendszertől függően Δp 90—190	2850/1600×3165	2500	4 450
H15-Tk		14 500—19 000		3750/1600×3165	3500	6 350
H20-Tk		19 000—27 000		3750/2400×4000	3800	7 970
H30-Tk		28 700—40 000		5050/2400×4080	5400	11 720
H40-Tk		38 500—54 000		6500/2400×5500	6500	13 500
H50-Tk		47 800—68 000		8000/2400×5700	7800	14 600
H60-Tk		57 500—81 000		9500/2500×6000	9000	15 700

A változóréses kettős beömlésű örvénykamrás porleválasztó készülék automatikus vízszint szabályozóval a Szellőző Művek szabadalma, mely két kivitelben — vízöblítéssel (T) és iszapkotrólánccal (Tk) készül a táblázat szerinti teljesítményekkel és főméretekkel.

A prototípus készüléken végzett (VEIKI — 1970. V. 12., és SZOT Munkavédelmi Tud. Kut. Int. — 1971. VI. 8.) pormérések szerint 7000 mg/m³ folyamatos porterheléssel az összleválasztási hatásfok 99%-nál jobbnak mutatkozott.

A „Hidroklon-T" készülékek a táblázatban szereplő teljesítményekre gyárthatók típussorozatban és a rendelők esetleges kívánságára felszerelt ventillátorral szállíthatók.

Az utóbbi években a Hidroklon rendszerű vizes porleválasztóból környezetvédelmi célzattal több berendezés készült belföldi használatra.

Referencia

Egy 16 000 m³/h teljesítményű különleges Hidroklon készülék vegyszeres mosással *szagtalanítja* a Philaxia-Vakcina Szérumtermelő Intézetnél a nagyteljesítményű porítva szárító (Niró) készülékekből távozó légáramot.

A Budapesti Mélyfúróberendezések Gyáránál 5000 m³/h teljesítményű vízsugár öblítéses készülék — *szabadtéri felállítással* — biztosítja a köszörű üzemből elszívott levegő portalanítását.

Mindkettő megtekinthető, előzetes bejelentés alapján. Tel.: 451-720/197.

Alkalmazási terület

Minden nagyságrendű régi, vagy új szén, vagy olajtüzelésű (szénhidrogén) kazántelephez felszerelhető a „Hidroklon-T" készülékkel működő SO_2 füstgáztisztító berendezés.

Szerelvényei alkalmazkodnak a keletkező füstgázok vegyi és fizikai tulajdonságaihoz.

Konkrét érdeklődésre vállalatunk ajánlati osztálya további részletes műszaki adatokkal, alkalmazási szaktanácsadással és ajánlattal szolgál.

RUDMETAL

Acél és színesfém Külkereskedelmi Vállalat

EXPORT

ACÉLOK:	acélcsövek, szélesszalagok, betonacélok, rudacélok, durvalemezek
SZÍNESFÉMEK:	ólom, cink, elektr. rézkatód és ezekből készült féltermékek
BÁNYATERMÉKEK:	darabos barit, barit-koncentrátum, fluorit darabos és koncentrátum formában, őrölt földpát, iszapolt kaolin, kvarchomok talcum, foszlatott azbeszt

IMPORT

acél és színesfém hengerelt termékek, mindenfajta fémtermék, acélcsövek és durvalemezek, fehérbádog, nemesacélok, tűzálló anyagok.

RUDMETAL

Sofia, Dobrudja ul., 1,
Telefon : 88-12-71
Távirati cím : Rudmetal Sofia
Telex: 22-527 és 22-528

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

106. ÉVFOLYAM



AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET LAPJA
BUDAPEST, 1973. DECEMBER HÓ 12

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

Горный и Металлургический Журнал **Металлургия**
Zeitschrift für Bergbau und Hüttenwesen **Hüttenwesen**
Mining & Metallurgical Journal **Metallurgy**

ALAPÍTOTTA: PÉCH ANTAL 1868-ban

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET

A MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI EGYESÜLETEK SZÖVETSÉGE TAGJÁNAK LAPJA

Szerkesztőség: 1061 Budapest VI., Anker köz 1. I. 105.
Tel.: 426-795

TARTALOM

DR. SZÜCS LÁSZLÓ: Az acélfürdőben oldott nikkel kéntelenítésre gyakorolt hatásának fizikai—kémiai vizsgálata 527

DR. VARGA LÁSZLÓ—DR. TAKÁCH GYULA: A késztermék módszeres ellenőrzése a sodronykötél-gyártásban 534

DR. FARKAS OTTÓNÉ: Vizsgálatok a földgáz elégetésekor jelentkező optimális paraméterek meghatározására 539

ÉDES JÁNOS—CLEMENT ANDOR: Hazai gyártású acéllemezek direkt-fehérzománcozhatósága 544

BACSKAI ANTAL—TAKÁCS SÁNDOR: Acélok melegkeménységének mérése 547

Köszöntő, DR. VERŐ JÓZSEF akadémikus 70 éves 549

Az OMBKE új emlékérmeinek ismertetése 550

Egyesületi hírek 551

Beszámoló konferenciákról 553

Üzemi hírek 555

Egyetemi hírek 556

Nemzetközi szabványosítási hírek 557

Felhívás a Kovács Múzeum ügyében 557

Szabványosítási hírek B/3

FÉMKOHÁSZAT

SCHIPPERT LÁSZLÓ: A feszítőerők hatása az előresietésre szalagok hideghengerlésekor 558

KOCSIS LÁSZLÓNÉ: Új fotometriás módszer a kobalt-fém kismennyiségű nikkeltartalmának meghatározására 563

BARAKKA IMRE—NÉMETH BÉLA: A timföldgyári automatizálás fejlesztési lehetőségei és a fejlődés iránya 566

Egyesületi hírek 569

Műszaki és gazdasági hírek 570

Szabványosítási hírek 574

ÖNTÖDE

SZILÁGYI IMRE: Öntödei beruházások fedezete és a megtérülési idő számítása 265

Könyvismertetés 273

DR. MACHER FRIGYES: Kupolókemencéből csapolt folyékony vasból öntött feketetöretű temperöntvények minősége 274

VITÉZY TAMÁS—DR. NÁNDORI GYULA: A kőszénliszttartalmú nyersformákban kialakuló gáznyomás vizsgálata 279

JÁNOS SÁNDOR: Centrifugális öntőgépek áttekintése 285

Megjelenik havonként

Egyszámlaszám egyesületi tagok részére: Magyar Nemzeti Bank 61 770

Egyévi előfizetés: 180,— Ft. Egyes példányok ára: 15,— Ft

Bányászati és Kohászati Lapok — **KOHÁSZAT**

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1906 Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-293. Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató
73. 12., 1816 — Révai Nyomda, Budapest V., Vadász utca 16.
F. v.: Povárny Jenő

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (KHI 1900 Budapest, József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára

Külföldön terjeszti a „Kultúra" Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat, H—1389 Budapest, Postafiók 149

Index: 25,155

ÉVFOLYAM 106
ГОД
JAHRGANG
YEAR

SZÁM 12
№
Nr.
No.

DECEMBER
ДЕКАБРЬ
DECEMBER
DECEMBER 1973

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

ЖУРНАЛ ГОРНОГО ДЕЛА И МЕТАЛЛУРГИИ МЕТАЛЛУРГИЯ
ZEITSCHRIFT FÜR BERG UND HÜTTENWESEN HÜTTENWESEN
JOURNAL OF MINING AND METALLURGY METALLURGY

СОДЕРЖАНИЕ

Д-р Сюч Ласло: **Физико-химическое исследование влияния никеля, растворенного в стальной ванне на обессеривание** ..... С 527

На основе заводского опыта и термодинамических вычислений автор исследует причины особого поведения хром-никелевых сталей (макс. 3,5% Ni) при обессеривании. Показывается, что скорость обессеривания в случае плавок, содержащих никель значительно меньше чем у плавок несодержащих никель. В плавках, несодержащих никель процесс обессеривания быстрее приближается к равновесному состоянию, так как из движущих сил реакций больше используется за единицу времени.
Исследования подтверждают уже на практике замеченный факт, что никель не благоприятно влияет на процесс обессеривания.

Д-р Ласло Варга—д-р Дюла Такач: **Систематический контроль готового продукта при производстве стального каната** ..... С 534

Развитие контроля качества стального каната отстало от развития производства стального каната. Причиной выхода из строя стального каната в первую очередь является усталость, вызванная контактным напряжением Гертца в стальных канатах, переменным изгибающим напряжением и растяжением. Машины для испытания на усталось можно разделить на две большие группы: машины для испытания на усталость поддерживающих канатов и машины для испытания на усталость подъемных канатов. По зависимостям, полученным на основе результатов усталостных испытаний а также по заводской долговечности можно определить ожидаемую заводскую долговечность стального каната.

Д-р Фаркаш Оттоне: **Испытания оптимальных параметров, возникающих вследствии горения природного газа** ..... С 539

По результатам проведенных испытаний, автор статьи делает вывод, что использование горелок с последующим смешиванием поддуваемого воздуха с газом могут быть использованы эффективней в промышленных печах, в виду того, что регулируемость таких горелок практический не имеет нижнего предела. В то же время верхний предел определяется фактическим давлением находящегося в распоряжении сжатого воздуха. В горелках такого типа высвобождение связанной тепловой энергии газа происходит без потерь.

Янош Эдеш—Андор Клемент: **Прямая белая эмалируемость стальных листов отечественного производства** ..... С 544

Способы однослойного белого эмалирования, проблемы, связанные с эмалированием стальных листов, содержащих приблизительно 0,1% С. Собственные исследования. При оценке эмалируемости кроме скорости травления следует обратить внимание на количество потравочного шлама, на фазы, имеющиеся в потравочном шламе, особенно на свободный углерод и на отдельные оксиды железа.

Антал Бачкаи—Шандор Такач: **Измерение горячей твердости сталей** ..... С 547

Измерение горячей твердости является быстрым и полезным методом для исследования свойств сталей при повышенных температурах. В Исследовательском институте по черной металлургии была создана простая установка, которая хорошо может быть применена для измерения горячей твердости инструментальных сталей и для исследования процесса старения конструкционных сталей.

Ласло Шиппперт: **Влияние растягивающих сил на опережение при холодной прокатке лент** .... С 558

Роль и влияние растягивающих сил, характерных для прокатки лент до настоящего времени не ясны. Растягивающие силы не только уменьшают силу прокатки, но могут играть важную роль с точки зрения стабильности процесса в случае прокатки при большой скорости. В статье на основе большого числа экспериментальных данных обсуждается зависимость между растягивающими силами и нейтральным углом.

Кочиш Ласлоне: **Новый фотометрический меттод для определения небольшого количества никеля в кобальте** ..... С 563

В статье приводится аналитический метод, с помощью которого можно определить небольшое количество никеля в металлическом кобальте и в сплавах кобальта.

Имре Баракка,—Бэла Немет: **Возможности развития автоматизации на глиноземном заводе и направление развития** ..... С 566

В статье дается обзор о той деятельности, которая была проведена в Венгрии за последних 15—20 лет в области автоматизации и дается заключение, согласно которому уровень автоматизации на глиноземных заводах соответствует уровню автоматизации в химической промышленности. Анализируется возможность дальнейшего усовершенствования. Дается информация о возможностях применения дигитальных вычислительных машин в производстве глинозема. Приведены последовательность и фазы работ, необходимых для достижения управления на более высоком уровне. В качестве примера приведено управление с помощью вычислительной машины с установлением мути, как технологическим единством и показывается экономичность сбора и обработки данных.

INHALT

Dr. Szűcs: **Physikalisch-chemische Untersuchung der Entschwefelungsfähigkeit des im Stahlbad gelösten Nickels** ..... S 527

Die Gründe des eigentühmlichen Benehmens von Nickel bei der Entschwefelung von Kromnickel-Stählen bis 3,5% Nickelgehalt. Betriebserfahrungen und thermodynamische Berechnungen zur Klärung des Problems. Es wurde festgestellt, dass das Vorschreiten der Entschwefelungsreaktion in den nickelhaltigen Stahlbädern bedeutend langsamer ist, als in den Chargen ohne Nickel. In den letzteren näherte sich die Entschwefelungsreaktion schneller zum Gleichgewichtszustand. Die Untersuchung bestätigte jene praktische Erfahrung, dass das Nickel die Entschwefelung des Stahles behindert.

Dr. L. Varga—Dr. Gy. Takách: **Die methodische Kontrolle des Fertigerzeugnisses in der Drahtseilherstellung** ..... S 534

In der Drahtseilherstellung wurde die Qualitätskontrolle des fertigen Seiles gewissermassen vernachlässigt. Grund des Verfalles der Seile ist die Ermüdung, und zwar bei den Drahtseilen der Hebemaschinen wird sie hervorgerufen durch den Hertz'schen Kontaktdruck, durch die Biegebeanspruchung und durch die wechselnde Zugbeanspruchung. Die zwei Typen der Ermüdungsprüfmaschinen sind: die Prüfeinrichtungen zur Untersuchung von Hebeseilen und die zur Untersuchung von Tragseilen. Die mit den Prüfmaschinen erhaltenen Ergebnisse ermöglichen die Voranzeige der voraussichtlichen Haltbarkeit der Seile.

Frau Dr. O. Farkas: **Bestimmung der beim Verbrennen von Erdgas entstehenden optimalen Parametern** ..... S 539

Aus den Ergebnissen der Untersuchungen kann gefolgert werden, dass die flammenblasenden Erdgasbrenner mit Nachmischung zu den Industrieöfen vorteilhaft anwendbar sind, da nämlich ihre Regelbarkeoit keine untere Grenze aufweist. Die obere Grenze wird dabei von dem Druck der zu Verfügung stehenden Pressluft bestimmt. Diese Brenner können die gebundene Wärmeenergie des Gases verlustlos freigeben.

J. Édes—A. Clement: **Die Möglichkeiten der Direktemailierung von einheimischen Stahlblechen** ... S 544

Die Verfahren des einschichtigen Weissemailierens und die Probleme des Emailierens von Stahlblechen mit etwa 0,1% Kohlenstoffgehalt. Bei der Beurteilung der Emailbarkeit soll ausser der Beizgeschwindigkeit auch die Menge des Beizschlammes, die im Beizschlamm vorhandenen Phasen, besonders aber der freie Kohlenstoff und die verschiedenen Eisenoxyde in Betracht gezogen werden.

A. Bacskai—S. Takács: **Messung der Warmhärte von Stählen** ..... S 547

Die Messung der Warmhärte ist eine brauchbare Methode zur Beurteilung des Benehmens der Stähle auf hohen Temperaturen. Im Eisenforschungsinstitut wurde eine einfache Einrichtung entwickelt zur Messung der Warmhärte von Wekzeugstählen und zur Feststellung der Ermüdungseigenscgaften von Baustählen.

L. Schippert: **Einfluss der Spannkräfte auf das Voreilen beim Kaltwalzen von Band** ..... S 558

Die Rolle und Wirkung der für das Bandwalzen charakteristischen Spannkräfte sind noch nicht völlig geklärt. Die Spannkräfte vermindern nicht nur die Walzkraft, sondern sie können auch bei der Stabilität des Walzvorganges eine wichtige Rolle spielen, bei Hochgeschwindigkeitswalzen. Auf Grund zahlreicher Versuche wird die Beziehung zwischen den Spannkräften und dem neutralen Winkel behandelt.

Frau L. Kocsis: **Eine neue photometrische Methode zur Bestimmung geringer Nickelgehalte in Kobaltmetall** ..... S 563

Die Arbeit beschreibt ein Analyseverfahren, welches die Bestimmung geringer Nickelgehalte in Kobaltmetall und in Kobaltlegierungen ermöglicht.

I. Barakka, — B. Németh: **Entwicklungsmöglichkeiten und -richtungen der Automatisierung in Tonerdefabriken** ..... S 566

Die Arbeit bietet einen Überblick der Automatisierungstätigkeit der letzten 15—20 Jahre in Ungarn; es wird festgestellt, dass die Automatisierung der Tonerdefabriken den Durchschnittsstand der Automatisierung der chemischen Industrie erreicht hat. Die Möglichkeiten der weiteren Entwicklung werden analysiert. Die Verwendungsmöglichkeiten von Analog-Digitalrechnern in der Tonerdeerzeugung werden beschrieben. Die Reihenfolge und einzelnen Phasen der zur Erreichung des höheren Lenkungsstandes nöttigen Arbeiten werden dargelegt. Die Computerlenkung der Trübeeinstellung wird als Beispiel erwähnt und die Wirtschaftlichkeit der Datensammlund und -verarbeitung wird behandelt.

CONTENTS

Dr. L. Szücs: **Physical chemical investigation of the effect of nickel dissolved in the steel bath on desulfurization** ..... **P 527**

The author investigates the reason of the special behaviour in the desulfurization of Cr—Ni steels with max, 3.5 pct Ni-content, with the aid of industrial experiences and thermodynamic computations. The progress of desulfurization is much slower in steel charges containing nickel than in nickel-free charges. In these latter the desulfurization reaction approaches the equilibrium condition more rapidly because more driving force is consumed by the reaction in the unit of time. The tests support the practical observation that nickel hinders the desulfurization of steel.

Dr. L. Varga–Dr. Gy. Takách: **The methodical control of the end product in the production of wire rope** .. **P 534**

The quality control of wire rope has lagged behind the development of wire rope production. The failure of wire ropes is due primarily to fatigue caused by Hertz contact pressure and alternating bending and tensile stress in lifting and transport equipment ropes. Fatigue testing machines are grouped according to their use for stressing lifting or holding ropes. The relationships obtained from fatigue test data may be used together with plant life data to determine the probable plant life of the ropes.

Mrs. Dr. O. Farkas: **Determination of the optimal parameters of natural gas combustion** ..... **P 539**

The tests carried out by the author have shown that natural gas burners with air injection and post-mixing, to be used to advantage in industrial furnaces since they have practically no lower limit of regulation. The upper limit is defined by the actual pressure of the available compressed air. These burners can develop the heat energy of the gas without any losses.

J. Édes—A. Clement: **The application of Hungarian steel plate in white enamelling** ..... **P 544**

The methods of single layer white enamelling, problems of enamelling steel sheet with about 0.1 pct C. Tests carried out by the authors. In assessing the suitability for enamelling the main factors are: the rate of pickling, the amount of pickling sludge, the phases present in the pickling sludge — especially free carbon and the various iron oxides.

A. Bacskai—S. Takács: **Measuring the hot hardness of steels** ..... **P 547**

The measurement of hot hardness is a rapid and useful method for assessing the high temperature properties of steels. A simple special device has been developed in the Research Institute for Ferrous Metallurgy for testing the hot hardness of tool steels and the aging phenomena of structural steels.

L. Schippert: **The influence of tensioning force on forward slipping in the cold rolling of strip** .....**P 558**

The role and influence of the tensioning forces which characterize strip rolling is not yet completely clear. The tensioning forces reduce the rolling force and also play an important role in the stability of the high-velocity rolling process. On the basis of numerous tests the paper discusses the relationship between the tensioning forces and the neutral angle.

Mrs. L. Kocsis: **A new photometric method for determining low nickel contents in cobalt metal** ...**P 563**

An analytical method is described which permits the determination of low nickel contents in cobalt metal and cobalt alloys.

I. Barakka, — B. Németh: **Methods and directions of the development of automation in alumina factories** ..... **P 566**

The paper presents the results of the last ten years' efforts at automation in Hungary and concludes that in the alumina industry the level of automation has achieved the average level of the chemical industry. The possibilities of further automation in alumina factories are discussed. The utilization of analog digital computers in alumina production, the order and phases of the tasks necessary to establish a high-level control of alumina factories are analyzed. The author cites the example of the computer control of slurry adjustment and mentions the economic efficiency of data collecting and processing.

Főszerkesztő:
ÓVÁRI ANTAL

Szerkesztők:
DR. FUCHS ERIK, GARAY LÁSZLÓ, KOLOSSY ERNŐ, RUHMANN JENŐ

Szerkesztő bizottság:
BALÁZS FÜLÖP, DR. BECKER ERVIN, BOROSSAY BÉLA, CSEH MIKLÓS, DR. HAJTÓ NÁNDOR, DR. KÁLDOR MIHÁLY, KÉZDI ÁRPÁD, KOLLÁR SÁNDOR, DR. MÓCSY ÁRPÁD, PINTÉR ANDRÁS, DR. PILISSY LAJOS, DR. REMPORT ZOLTÁN, ROMWALTER ALFRÉD, SELMECZI BÉLA, SZELESS LÁSZLÓ, SZŐKE LÁSZLÓ, SZŰCS ENDRE, VAS IVÁN, DR. VERŐ BALÁZS.

A rajzokat készítette: KÜRTÖS MARGIT.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KOHÁSZAT

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET FOLYÓIRATA

106. évfolyam 12. szám 1973. december

Az acélfürdőben oldott nikkel kéntelenítésre gyakorolt hatásának fizikai—kémiai vizsgálata

Dr. SZŰCS LÁSZLÓ okl. kohómérnök, a műszaki tudományok kandidátusa, tanszékvezető főiskolai tanár
Ho Si Minh Tanárképző Főiskola Kémiai Tanszéke, Eger

DK.: 669.15.24.26.094.5—194

A tanulmányban a szerző a króm-nikkel tartalmú (max. 3,5% Ni) acélok kéntelenítéskor előálló különleges viselkedésének okát kutatja, üzemi tapasztalatok és termodinamikai számítások segítségével.

Megállapítja, hogy a kéntelenítési reakció előrehaladása a nikkeltartalmú acéladagok esetében lényegesen lassúbb, mint nikkelmentes adagokban. Ez utóbbiakban a kéntelenítési reakció gyorsabban közeledik az egyensúlyi állapot felé, mert a reakció hajtóerejéből időegységben többet használ fel.

A vizsgálatok megerősítik azt a gyakorlatilag is észlelt tapasztalatot, hogy a nikkel gátolja az acél kéntelenítését.

A vizsgálat célja

A nikkeltartalmú acélok nemcsak a használati tulajdonságok tekintetében tűnnek ki a nem nikkeles szerkezeti acélok közül, hanem az egyes metallurgiai folyamatokban is másként viselkednek. A tapasztalat azt bizonyítja, hogy acélgyártáskor a nikkeles acélokat nehezebb kénteleníteni; kéntartalmú gázokban gyorsan tönkremennek, azonos hőállóság mellett általában annál gyorsabban, minél nagyobb a nikkeltartalmuk.

Mivel a nikkeles acélok különleges viselkedésének komoly gazdasági következményei vannak, az üzemekben különös gondot fordítanak a nikkeles acélok gyártására és képlékeny-alakítására. Mind ez ideig azonban nem derítették ki, hogy ennek a különleges viselkedésnek mi az alapvető oka. Gondolhatunk-e pl. a kén és a nikkel közötti olyan vegyületre, amellyel a rendellenességek megmagyarázhatók, avagy — amint azt az általános felfogás tartja — ilyesmiről nem lehet szó. Az eltérő magatartás oka talán másban keresendő, avagy ez csak látszólagos és egyszerű technológiai okokra vezethető vissza? Mindezek megválaszolásra váró kérdések.

A nikkeles acélok viselkedésének okát keresve, tanulmányoztuk a vonatkozó és hozzáférhető szakirodalmat, majd különböző üzemi és laboratóriumi kísérleteket végeztünk.

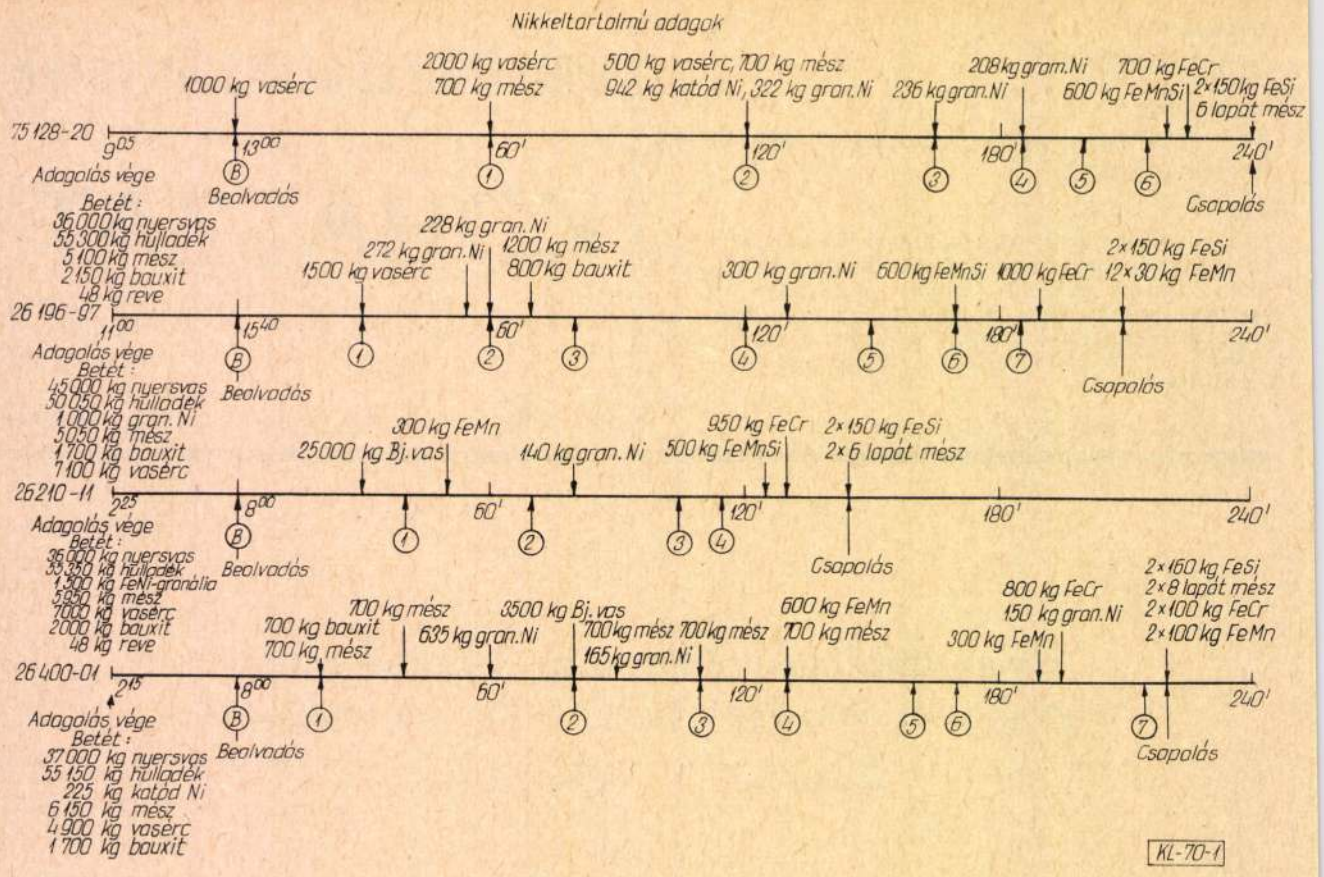
A téma irodalmi előzményei

A nikkelnek az acél kénaktivitására gyakorolt hatásáról, továbbá a nikkelnek a kéntelenítés folyamatát befolyásoló tulajdonságairól szóló szakirodalomból az alábbi következtetéseket vonhatjuk le.

Chipman és társai [1] 1955. évi vizsgálatok alapján azt tapasztalták, hogy a nikkel számottevően nem változtatta meg a vasban oldott kén aktivitását. Ezt későbbi, 1968. évi vizsgálataikkal is megerősítették. 1958-ban, majd 1960-ban *Alcock* és munkatársai [2, 3] viszont azt tapasztalták, hogy a nikkel csökkenti a vasban oldott kén aktivitását.

A szakirodalomban a nikkelnek a kén aktivitására és a kéntelenítésre gyakorolt hatását tárgyalva olykor *Chipman*-ék álláspontját, olykor pedig *Alcock*-ék álláspontját fogadják el. Ha statisztikailag értékelnénk, akkor kimutathatnánk, hogy többen vannak azon az állásponton, hogy a nikkel csökkenti a kén aktivitását, mert a gyakorlat is ezt látszik igazolni. Ebben a tekintetben legmesszebb az Osztravai Bányászati Főiskola munkatársai jutottak, akik tekintélyes számú kísérleti adag értékelése alapján számadatokat is közölnek a nikkelnek a kénaktivitás koefficiensére gyakorolt hatásáról [4, 5].

Szamarin [6] pedig határozottan utal arra, hogy a nikkel csökkenti a kénaktivitást, ami a gyakorlatban úgy jelentkezik, hogy a nikkel akadályozza az acélfürdő kéntartalmának csökkentését, azaz a kéntelenítést. A hazai tapasztalat is inkább azt



1. ábra. Az adagolások és a próbavételek sorrendje nikkeltartalmú adagok vizsgálatakor

igazolja, hogy a nikkeltartalom növekedésével csökken a vasban oldott kén aktivitása és ez jelentős szerepet játszhat a nikkeles acélok kéntelenítésekor.

Az üzemi kísérletek ismertetése és termodinamikai alapon történő értékelése

A nikkel és az acél kéntelenítése közti összefüggést üzemi körülmények között program szerint gyártott adagok elemzésével vizsgáltuk.

A gyártási (kéntelenítési) folyamatokat négy 3,5% Ni-t és 0,5—1% Cr-ot tartalmazó betétből edzhető és öt kb. 0,2% C-t és legfeljebb 0,7% Mn-t tartalmazó acéladagokon tanulmányoztuk. Az adagolt salakképző, ötvöző és dezoxidáló anyagok mennyiségéről, valamint adagolásuk időpontjáról az *1.* és *2. ábrák* adnak felvilágosítást.

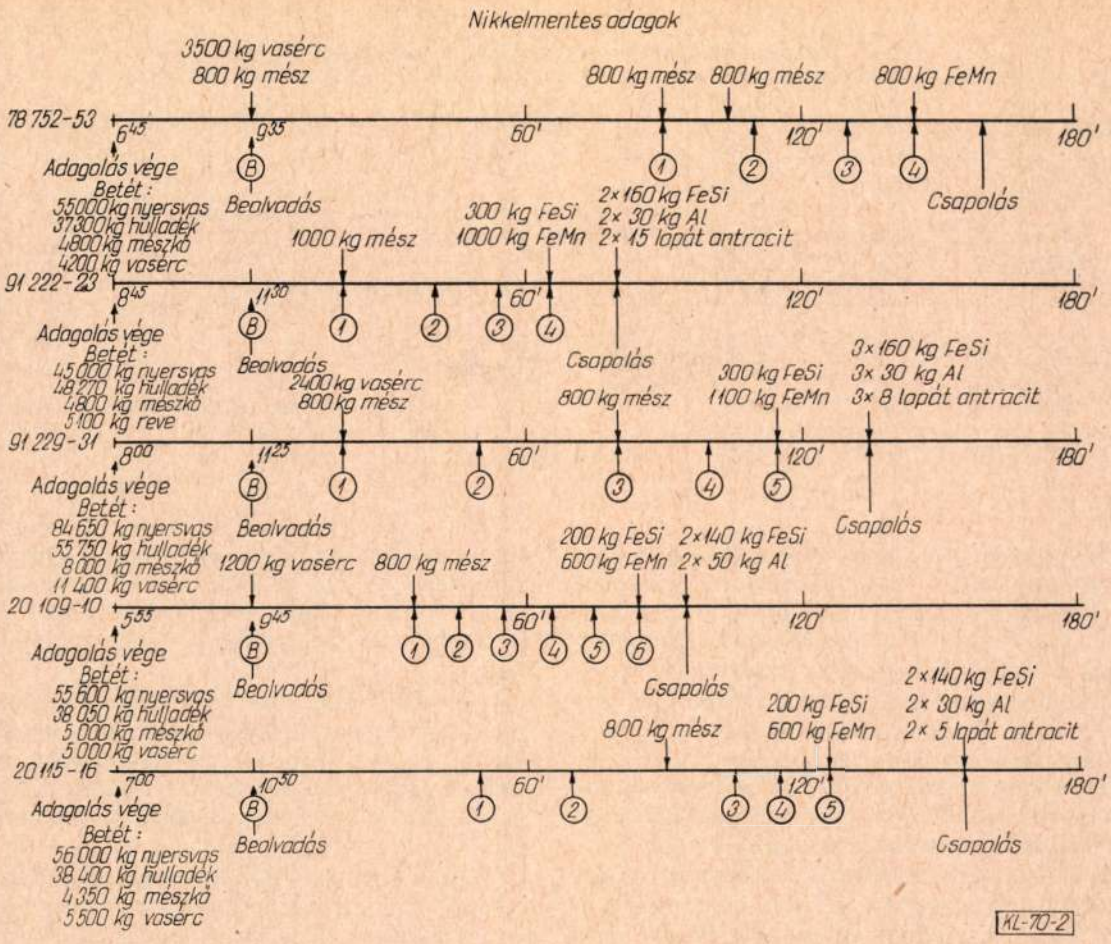
Az adagidők összehasonlításakor szembetűnik, hogy a nikkeles adagok kikészítési ideje hosszabb volt, mint a nikkelmenteseké: átlagosan 1,8 órával. A kikészítési idő meghosszabbodását csak részben indokolja az, hogy a betét egy része CrNi-es hulladék volt, ezért lassabban frissíthető, mint a krómot nem tartalmazó.

A hosszabb kikészítés okai között találjuk azt a tényt is, hogy a nikkeles adagok kéntartalmának csökkentése hosszabb időt igényel. Valóban, ha a megfigyelt nikkeles és nem nikkeles adagok lefolyását a kéntelenítésük lejátszódása szerint hasonlítjuk össze, akkor lényeges különbséget fedezhetünk fel.

Az *1. táblázatban* összegyűjtött adatokból látható, hogy a nikkeles adagok fajlagos mészhozama általában nagyobb, mint a nem nikkeleseké. Átlagolva: a nikkeleseké 8,3%, a nem nikkeleseké

Nikkeltartalmú és nikkelmentes üzemi acéladagok

	Az adag sorszáma	Adagszám	Minőség	Betétsúly, kp	Salakképző anyagok (*sk*), kp				Ötvöző és dezoxidálóanyagok, kp			
					Mész	Bauxit	Érc, reve	Σ*Sk*	Ni_{hord}	FeCr	Dezoxidáló (*b*)	Σ*Sk* + Ni + + *D* + Cr
Nikkeltartalmú	1.	75128—29	BNC-35	91 300	7800	2150	3 548	13 498	1708	700	900	16 500
	2.	26196—97	BNC-35	95 050	7550	2500	8 600	18 850	1800	1000	1260	22 910
	3.	26210—11	BNC-35	93 850	5950	2000	7 048	14 998	1640	950	1100	18 688
	4.	26400—01	BNC-35	95 650	9650	2400	4 900	16 950	1175	1000	1420	20 545
Nikkelmentes	5.	78752—53	ST-33	92 300	7200	300	7 700	15 200	—	—	800	16 000
	6.	91222—23	A-42	93 270	5800	—	5 100	10 900	—	—	1680	12 580
	7.	91229—31	A-38	140 400	9600	—	13 800	23 400	—	—	1970	25 370
	8.	20109—10	37-C	93 650	5800	—	6 200	12 000	—	—	1180	13 180
	9.	20115—16	A-38	94 400	5150	—	5 500	10 650	—	—	1140	11 790



2. ábra. Az adagolások és a próbavételek sorrendje a nikkelmentes adagok vizsgálatakor

6,45%, noha a beolvadási kéntartalom közel azonos, sőt átlagban gyakorlatilag azonos volt. A kéntelenítés mértékében azonban — amint azt az 1. táblázat adatai, valamint az 1. és 2. ábrák bizonyítják — a többlet mész hatása nem mutatkozott meg.

Figyelembe kell azonban venni, hogy a nikkeltartalmú acélok krómot, salakjaik pedig króm-oxidot is tartalmaznak. A salakban jelenlevő kromitok miatt csökken a salak hígfolyóssága és így reakcióképessége is. Azt a lehetőséget is számításba kell venni, hogy a szabad kalcium-oxid egy részét a króm-oxid $CaO \cdot Cr_2O_3$ alakban megköti.

A kromitok jelenléte és a kalcium-kromit keletkezése természetesen nehezíti a kéntelenítést. A kromitok salakot sűrítő hatását bauxittal ellensúlyozhatjuk. Amint az adagvezetés feljegyzései igazolják, az acélgyártáskor éltünk is ezzel a lehetőséggel. A betétre fajlagosítva 21—25 kg bauxit bőven elegendő volt az ideálisan híg salak fenntartásához.

Az üzemi adagok értékelésekor elsősorban a kénmegoszlási hányados (η) és a salak bázikussága, illetve a bázikusságot jobban kifejező bázisfelesleg (N_b) értékei között kerestünk összefüggést. A bázisfelesleg értékét az alábbi képlettel határoztuk meg:

$$N_b = (N_{CaO} + M_{MgO} + N_{MnO}) - (2N_{SiO_2} + 2N_{Al_2O_3})$$

ahol „N" a mólok számát jelentette 100 g salakban. A bázisfelesleg számításánál a salak vastartalmát nem vettük figyelembe, mivel a bázikus SM-eljá-

számításaihoz szükséges fontosabb értékek *1. táblázat*

Hozaganyagok fajlagos értékei a betét %-ában					$CaO(SiO_2)$		$[S_{beolv}]$ %	Kéntelenedés, ΔS $(S_b - S_v)$ %	Kéntartalom-csökkenés a beolvadási kéntartalom %-ában	Karbon-csökkenés Δc $(S_b - C_v)$ %	Fajlagos karbon-csökkenés Δc
Mész	Érc	Baux. érc	ΣSk	$\Sigma Sk + Ni + D + Cr$	kezdeti	végső					C beolvadási %
8,54	3,88	6,24	14,78	18,40	4,35	5,42	0,018	—0,002	—11,11	1,32	92,30
8,15	9,04	11,67	19,83	24,10	2,24	3,50	0,035	0,010	28,50	1,04	84,55
6,33	6,33	9,64	15,98	19,91	2,08	2,48	0,031	0,006	19,30	0,21	63,63
10,08	10,00	7,63	17,72	21,47	3,22	3,70	0,049	0,020	40,81	0,28	71,79
á8,3											
7,80	8,34	8,60	16,46	17,30	1,63	3,58	0,024	0,004	16,66	1,40	89,74
6,21	5,46	5,46	11,68	13,40	1,55	1,64	0,035	0,005	14,28	0,56	84,41
6,83	9,83	9,83	16,66	18,07	1,79	2,36	0,033	0,006	18,18	0,93	87,73
6,19	6,62	6,62	12,81	14,07	1,93	2,32	0,026	—0,004	—15,38	0,61	80,26
5,45	5,82	5,82	11,28	12,48	1,52	2,90	0,044	0,014	31,81	0,80	86,95
á6,45											

2. táblázat

Üzemi acéladagok kénmegoszlási és bázikussági értékei

Sorszám	Adagszám	Minőség	N_b	$(S)/[S]=\eta$	Átlagos bázicitás	Megjegyzés
1	75128—29	BEC-35	0,662	7,0	4,89	Az adagolás alatt az acél többlet kenet vett fel, ezért nem értékelhető
2	26196—97	BNC-35	0,535	5,6	2,87	—
3	26210—11	BNC-35	0,324	3,6	2,28	—
4	26400—01	BNC-35	0,577	6,15	3,46	Utolsó előtti próba
5	78752—53	ST-33	0,780	8,65	2,61	—
6	91222—23	A-42	0,308	3,3	1,70	—
7	91229—31	A-38	0,474	6,18	2,08	—
8	20109—10	37-C	0,620	4,17	2,13	Az adagolás alatt az acél többlet kenet vett fel, ezért nem értékelhető
9	20115—16	A-38	0,614	6,83	2,21	—

rásnál számításba jövő koncentrációban csak csekély befolyása van a salak kéntelenítő hatására.

A *2. táblázatban* tüntetjük fel mind a nikkeltartalmú, mind a nikkelmentes acélok kikészítési salakjainak átlagos bázikusságát, bázisfeleslegét, valamint kénmegoszlási hányadosaik értékét. Az adatokat a 3. és 4. ábrákon szemléltetjük.

A *3. ábra* abszcisszáján a kikészítési salak átlagos CaO/SiO_2 arányát tüntettük fel, az ordinátán pedig a kénmegoszlási koefficiens (η) nagyságát. Látható, hogy a bázikusság növekedésével az η értéke is nő, nikkeles és nem nikkeles adagok esetében egyaránt. A növekedés mértékében azonban lényeges különbség van. A nikkelmentes adagokkal jóval kisebb (1,70—2,61) bázikusság mellett is nagyobb mértékű kéntelenítést értünk el, mint a nikkeltartalmú adagokkal nagyobb (2,28—4,89) bázikusság mellett. Az ábrából még az is szembetűnik, hogy a bázikusság egységnyi növekedése jóval kisebb mértékben növelte a nikkeltartalmú acélok megoszlási hányadosának értékét (folytonos ábravonal), mint a nikkelmentes adagokét (eredményvonal).

A *4. ábra* vízszintes tengelyére a bázisfelesleg (N_b), függőleges tengelyére pedig az η értékét vittük fel. Leolvasható, hogy a bázisfelesleg növekedésével egyenes arányban növekedett a kénmegoszlási hányados értéke, azaz nőtt a kéntelenedés mértéke.

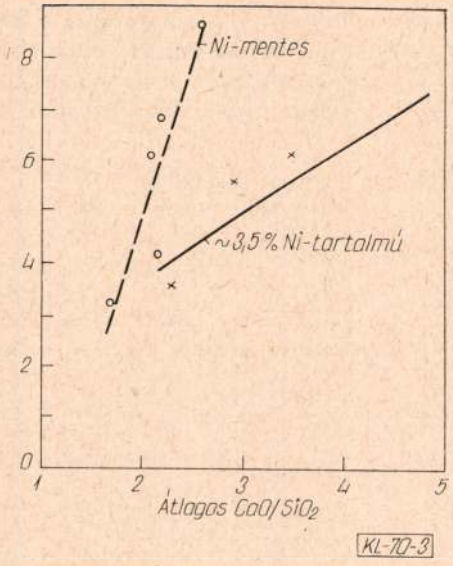
A nikkelmentes acélok kénmegoszlási hányadosa ugyanolyan bázisfelesleg mellett is nagyobb, mint az ugyanolyan bázisfeleslegű nikkeltartalmú acéloké. Az értékeléshez szükséges a nikkelmentes és a nikkeles adagok beolvadástól a csapolásig terjedő kikészítési időtartamát is figyelembe venni. A nikkeles adagoknál az ábrán feltüntetett kénmegosz-

A hazai kísérleti acéladagok acél-

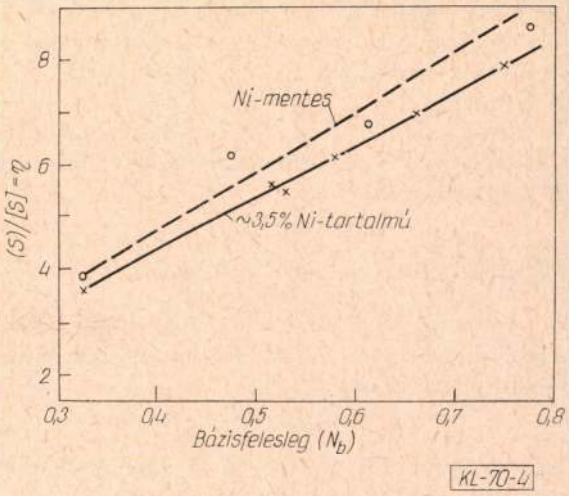
Sorszám	Adagszám	Minőség	Próba	Adagösszetétel %						Próba
				C	Mn	P	S	Cr	Ni	
1.	75128	BNC 35	a	0,19	0,19	0,020	0,022	0,47	3,61	a
			b	0,11	0,16	0,010	0,020	0,40	3,70	b
2.	26196	BNC 35	a	0,28	0,18	0,014	0,028	0,22	3,34	a
			b	0,19	0,40	0,016	0,025	0,23	3,31	b
3.	26210	BNC 35	a	0,29	0,28	0,014	0,027	0,20	3,39	a
			b	0,12	0,26	0,021	0,025	0,39	3,44	b
4.	26400	BNC 35	a	0,125	0,295	0,014	0,034	0,355	3,315	a
			b	0,11	0,32	0,014	0,029	0,62	3,42	b
5.	78752	ST 33	a	0,33	0,13	0,011	0,036	—	—	a
			b	0,16	0,20	0,016	0,020	—	—	b
6.	91222	A 42	a	0,41	0,16	0,014	0,038	—	—	a
			b	0,12	0,16	0,018	0,030	—	—	b
7.	91229	A 38	b	0,30	0,19	0,011	0,030	—	—	a
			b	0,13	0,21	0,014	0,027	—	—	b
8.	20109	37 C	a	0,24	0,23	0,014	0,038	—	—	a
			b	0,15	0,18	0,014	0,030	—	—	b
9.	20115	A 38	a	0,22	0,12	0,008	0,032	—	—	a
			b	0,12	0,12	0,008	0,030	—	—	b

lási hányados eléréséhez átlagosan kétszer annyi idő állt rendelkezésre, mint a nikkelmentes adagoknál. Ha a nikkeles és nikkelmentes acélok kénmegoszlási hányadosa közötti különbségeket a megoszlásra fordított idő figyelembevételével is értékeljük, akkor beláthatjuk, hogy a nikkeltartalom hatása jóval nagyobb mértékű a kéntelenítés folyamatára, mint ahogy azt a 3. és 4. ábrák diagram adataiból következtetni lehet.

A kísérleti adatok technológiai és statisztikai értékelése után az adatokat *termodinamikai alapon* is értékeltük. A számításokhoz az egyes adagok utolsó próbáit kettővel megelőző (a) és az utolsó próbáit (b) vettük figyelembe. Azért választottuk



3. ábra. A kénmegoszlási hányados értékének változása a bázicitás függvényében



4. ábra. A kénmegoszlási hányados értékének változása a bázisfelesleg függvényében

adagonként ezt a két adatot, mert az adagok nikkeltartalma az (a) próbától kezdve állandónak tekinthető *(3. táblázat)*.

Az üzemi adatok alapján megvizsgáltuk a

$$[FeS]+(CaO)=(FeO)+(CaS) \qquad (1)$$

kéntelenítési reakció lefolyásának feltételeit mind a nikkeltartalmú, mind a nikkelmentes adagokra. A

$$[FeS]+CaO_{sz}=FeO_f+CaS_f \qquad (2)$$

reakció normál szabadentalpia-változásának függvénye 1400...1700 °C hőmérséklet közben [7]:

$$\Delta G_2^0=-8372+10{,}53\ T \qquad \text{[cal/mól]}$$

A ΔG_2^0 értékei olyan rendszerre vonatkoznak, amelyben a CaO_{sz}, FeO_f és CaS_f tiszta fázisai van-

és salakpróbáinak kémiai összetétele

3. táblázat

S	Salakösszetétel % CaO	MgO	MnO	FeO	Fe_2O_3	P_2O_5	SiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3
0,13	46,70	8,84	5,68	15,04	3,82	1,01	8,09	5,96	4,97
0,14	44,66	7,67	5,58	14,74	6,30	0,92	8,24	6,43	4,97
0,15	45,75	8,70	4,80	9,81	3,06	1,14	12,40	10,48	1,78
0,14	44,93	10,89	6,09	9,07	3,10	1,01	12,86	9,63	1,90
0,10	37,44	7,58	9,50	9,16	2,22	1,36	15,89	9,19	7,25
0,09	38,67	7,69	9,19	10,22	2,42	1,30	15,57	8,40	6,02
0,18	38,40	11,50	7,23	12,86	3,15	1,25	12,58	7,88	4,87
0,26	42,35	8,81	8,52	12,34	3,73	1,15	11,44	7,04	3,93
0,108	42,22	15,20	5,10	14,89	—	—	18,10	6,09	—
0,173	47,26	15,73	3,67	14,77	—	—	13,18	3,06	—
0,081	36,06	13,93	6,97	15,16	—	—	21,55	5,61	—
0,099	39,43	14,46	5,70	11,48	—	—	21,48	5,86	—
0,125	35,18	14,78	7,14	20,52	—	—	16,19	7,04	—
0,167	41,19	15,73	6,55	12,89	—	—	17,41	7,27	—
0,100	38,11	20,77	5,65	12,24	—	—	18,30	5,76	—
0,125	39,72	20,69	5,10	12,64	—	—	16,94	5,41	—
0,122	36,94	17,94	6,63	16,20	—	—	16,67	5,81	—
0,207	42,65	15,20	5,13	15,34	—	—	14,69	5,41	—

nak jelen. Kísérleti acéljaink salakjai azonban reális oldatok, ami miatt a (2) reakció normál szabadentalpia-értékeihez (ΔG_2^0) még korrekciókat kell adnunk.

A tiszta kalcium-oxid normál állapota a kérdéses hőmérsékleteken tiszta szilárd állapot; ha oldatba visszük:

$$CaO_{sz} \rightarrow (CaO); \qquad (3)$$

a folyamat szabadentalpia-változása:

$$\Delta G_3 = 19\,000 - 6{,}61\,T + RT \ln a_{(CaO)} \text{ cal/mól}$$

A tiszta kalcium-szulfid a kísérleti hőmérsékleten folyékony, tehát oldódását

$$CaS_f \rightarrow (CaS) \qquad (4)$$

kísérő szabadentalpia változást számításba kell vennünk:

$$\Delta G_4 = RT \ln a_{(CaS)}$$

Hasonló módon a folyékony vas(II)-oxid oldódását is:

$$FeO_f \rightarrow (FeO); \qquad (5)$$
$$-\Delta G_5 = RT \ln a_{(FeO)}$$

Az üzemi acéladagokban lejátszódó

$$[FeS] + (CaO) = (FeO) + (CaS) \qquad (6)$$

folyamat szabadentalpiáját az alábbi függvényből számíthatjuk ki:

$$\Delta G_6 = -27\,372 + 17{,}14\,T + RT \ln \frac{a_{(FeO)} \cdot a_{(CaS)}}{a_{[FeS]} \cdot a_{(CaO)}} \text{ [cal/mól]}$$

A kalcium-szulfid valószínűleg reális alkotóként oldódik a salakban, de aktivitási értékét nem ismerjük. Mivel koncentrációja a salakban nem nagy, ezért ideálisan viselkedő alkotónak tekint-

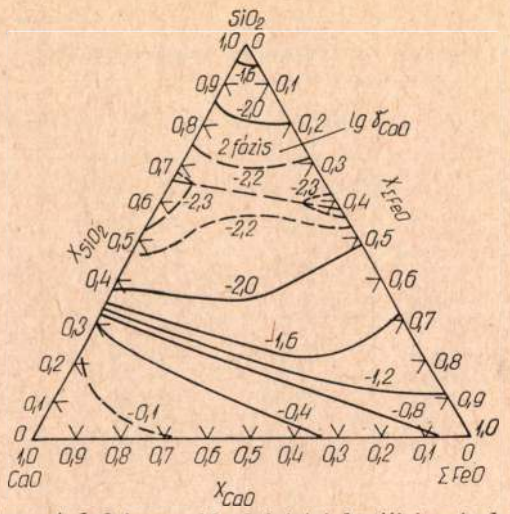
4. táblázat

Nikkeltartalmú és nikkelmentes üzemi acéladagok kénaktivitás (a_S) értékeinek számítása

Az adag sorszáma		Adagszám	Próbaszám	$\lg \gamma_S^C$ $24 \cdot 10^{-2} \cdot [C\%]$	$\lg \gamma_S^{Mn}$ $-2{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot [Mn\%]$	$\lg \gamma_S^P$ $4{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot [P\%]$	$\lg \gamma_S^S$ $-2{,}8 \cdot 10^{-2} \cdot [S\%]$	$\lg \gamma_S^{Cr}$ $-2{,}2 \cdot 10^{-2} \cdot [Cr\%]$	$\lg \gamma_S^{Ötv}$	$\gamma_S^{Ötv}$	$\frac{a_{[S]}}{\gamma_S^{Ötv} \cdot [S\%]}$
Nikkeltartalmú	1	75128—29	a	0,0456	0,00475	0,00090	0,00062	0,01034	0,03079	1,0735	0,0236
			b	0,0264	0,0040	0,00081	0,00056	0,0088	0,01385	1,0322	0,0206
	2	26196—97	a	0,0672	0,0045	0,00063	0,00078	0,00484	0,05771	1,1421	0,0320
			b	0,0456	0,0100	0,00072	0,00070	0,00506	0,03056	1,0739	0,0268
	3	26210—11	a	0,0696	0,0070	0,00063	0,00076	0,0044	0,05807	1,1431	0,0309
			b	0,0288	0,0065	0,00094	0,00070	0,00858	0,01396	1,0327	0,0258
	4	26400—01	a	0,0300	0,00737	0,00065	0,00095	0,00781	0,01452	1,0340	0,0355
			b	0,0264	0,0080	0,00063	0,00081	0,01364	0,00458	1,0106	0,0293
Nikkelmentes	5	78752—53	a	0,0792	0,0033	0,0005	0,00101	—	0,0754	1,190	0,0428
			b	0,0384	0,0040	0,00072	0,00056		0,0346	1,083	0,0217
	6	91222—23	a	0,0984	0,0040	0,00063	0,00106	—	0,0940	1,242	0,0472
			b	0,0288	0,0040	0,00081	0,00084		0,0248	1,059	0,0318
	7	91229—31	a	0,0700	0,0048	0,00050	0,00084	—	0,0669	1,166	0,0350
			b	0,0312	0,0053	0,00063	0,00077		0,0258	1,061	0,0286
	8	20109—10	a	0,0576	0,0058	0,00063	0,00106	—	0,0514	1,126	0,0428
			b	0,0360	0,0018	0,00063	0,00084		0,0340	1,082	0,0325
	9	20115—16	a	0,0528	0,0030	0,00036	0,00090	—	0,0493	1,120	0,0358
			b	0,0288	0,0030	0,00036	0,00084		0,0253	1,060	0,0318

Nikkeltartalmú és nikkelmentes üzemi acéladagok

Az adag sorszáma		Adagszám	Próbaszám	$\gamma_{[S]}$	[S, %]	[FeS, %]	$\frac{a_{[FeS]}}{\gamma_S \cdot [FeS, \%]}$	$\lg \gamma_{[CaO]}$	$\gamma_{[CaO]}$	$x_{[CaO]}$	$\frac{a_{[CaO]}}{\gamma_{[CaO]} \cdot x_{[CaO]}}$
Nikkeltartalmú	1	71128—29	a	1,0735	0,0220	0,0603	0,0647	0,78—1	0,6026	0,5100	0,3070
			b	1,0322	0,0102	0,0549	0,0566	0,75—1	0,5624	0,4990	0,2806
	2	26196—97	a	1,1421	0,0280	0,0766	0,0875	0,71—1	0,5130	0,5060	0,2600
			b	1,0730	0,0250	0,0685	0,0735	0,72—1	0,5248	0,4840	0,2535
	3	26210—11	a	1,1431	0,0270	0,0740	0,0846	0,63—1	0,4266	0,4290	0,1830
			b	1,0327	0,0250	0,0685	0,0707	0,65—1	0,4467	0,4370	0,1950
	4	26400—01	a	1,0340	0,0340	0,0932	0,0965	0,70—1	0,5012	0,4200	0,2105
			b	1,0106	0,0290	0,0795	0,0804	0,70—1	0,5012	0,4650	0,2328
Nikkelmentes	5	78752—53	a	1,1900	0,0360	0,0989	0,1178	0,70—1	0,5012	0,4240	0,2125
			b	1,0830	0,0200	0,0549	0,0594	0,80—1	0,6310	0,4810	0,3035
	6	91222—23	a	1,2420	0,0380	0,1041	0,1292	0,60—1	0,3981	0,3780	0,1509
			b	1,0590	0,0300	0,0823	0,0870	0,62—1	0,4169	0,4090	0,1705
	7	91229—31	a	1,1660	0,0300	0,0823	0,0958	0,65—1	0,4473	0,3625	0,1621
			b	1,0610	0,0270	0,0745	0,0785	0,65—1	0,4470	0,4100	0,1833
	8	20109—10	a	1,1260	0,0380	0,1041	0,1172	0,80—1	0,6310	0,3750	0,2366
			b	1,0820	0,0300	0,0823	0,0870	0,75—1	0,5625	0,3910	0,2199
	9	20115—16	a	1,1200	0,0320	0,0877	0,0982	0,79—1	0,6173	0,4190	0,2586
			b	1,0600	0,0300	0,0825	0,0871	0,76—1	0,5754	0,4310	0,2479



5. ábra. A kalcium-oxid aktivitási koefficiensének logaritmusai $FeO—SiO_2—CaO$ salakokban

hetjük és a korrekció kiszámításához móltörtjeit (X) vesszük alapul.

A kalcium-oxid aktivitását *Elliott* ternér diagramja segítségével határoztuk meg *(5. ábra)*. A salak vas(II)-oxid alkotója aktivitásának értékeit *Pearson—Turkdogán*-féle ternér diagram alapján számítottuk *(6. ábra)*. A diagramban a bázikus alkotók móltörtjét $X_{CaO}+X_{MgO}+X_{MnO}$-nak, a savanyúakét $X_{SiO_2}+X_{P_2O_5}$-nek a salak összes vastartalmát FeO-ként vettük figyelembe.

A vas(II)-szulfid termodinamikai aktivitására nincsenek kísérleti adatok. Az

$$a_{[FeS]}=\overset{\Sigma\text{ötv.}}{\underset{S}{\gamma}}\cdot[FeS,\ \%] \qquad (7)$$

összefüggésből számítottuk.

A fentiek alapján a kéntelenítési reakció szabadentalpiaváltozásának egyenlete így módosul:

$$\Delta G_6=-27\,372+17{,}14\,T+RT\ln\frac{a_{(FeO)}\cdot x_{(CaS)}}{a_{[FeS]}\cdot a_{(CaO)}}\ \text{[cal/mól]}$$

Számításainkban a salak Fe_2O_3-tartalmát FeO-ra a kéntartalmát pedig kalcium(II)-szulfidra számoltuk át és megfelelően csökkentettük a kalciumoxid mennyiségét.

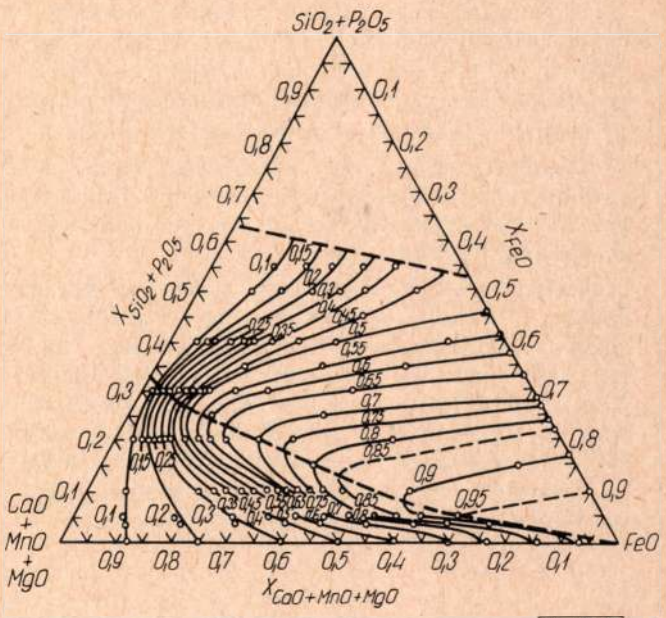
A *4. táblázat* tünteti fel az adagok fürdőiben a kénaktivitás értékeit, az *5. táblázat* pedig ugyanezen adagokról 1600 °C-ra, valamint az üzemi hőmérsékletre számított szabadentalpia értékeket tartalmazza.

Az eredmények összefoglalása

Az üzemi kísérletekből és termodinamikai számításokból a következő megállapításokat tehetjük:

a) mindkét acélfajta esetében az üzemi hőmérsékletre számított ΔG_6 értékek aránylag nagy negatív számok. Ez azt jelenti, hogy a kén-megoszlás elég távol van az egyensúlytól;

b) minden adag esetében az „a" próbától a „b"



6. ábra. A vas(II)-oxid aktivitása komplex salakokban

szabadentalpia értékei 1873 K° és üzemi hőmérsékleten *5. táblázat*

$\frac{a_{[CaS]}}{x_{[CaS]}}$	$a_{[FeO]}$	$K_a=\frac{a_{[FeO]}a_{[CaS]}}{a_{[CaO]}a_{[FeS]}}$	lg K_a	$R\cdot T\cdot\lg K_a$	$\Delta G°_{1873\ K°}$	$\Delta G_{1873\ K°}$	Üzemi hőmérs. K°	$\Delta G°_T$	$\Delta G_{T,\ üzemi}$
0,0025	0,30	0,0378	—1,4231	—12 194,54	4731,22	—7 463,32	1883	4902,62	—7 291,92
0,0026	0,34	0,0589	—1,2300	—10 539,87		—5 808,65	1883	4902,62	—5 637,25
0,0030	0,32	0,0414	—1,3835	—11 855,21	4731,22	—7 123,99	1873	4731,22	—7 123,99
0,0027	0,30	0,0432	—1,3650	—11 696,68		—6 965,46	1883	4902,62	—6 794,06
0,0020	0,50	0,0652	—1,1858	—10 161,12	4731,22	—5 429,90	1853	4388,42	—5 772,70
0,0018	0,52	0,0676	—1,1701	—10 026,59		—5 295,37	1893	5074,02	—4 952,57
0,0035	0,40	0,0684	—1,1651	—9 983,74	4731,22	—5 252,52	1883	4902,62	—3 291,05
0,0051	0,40	0,0108	—0,9662	—8 279,37		—3 548,15	1888	4988,32	—3 291,05
0,0019	0,43	0,0326	—1,4868	—12 740,39	4731,22	—8 009,17	1803	3531,42	—9 208,97
0,0031	0,25	0,0431	—1,3650	—11 696,69		—6 965,47	1893	5074,02	—9 208,97
0,0015	0,55	0,0414	—1,3830	—11 850,93	4731,22	—7 119,71	1793	3360,02	—8 490,91
0,0018	0,45	0,0547	—1,2618	—10 812,36		—6 081,14	1873	4731,22	—6 081,14
0,0023	0,52	0,0758	—1,1203	—9 599,85	4731,22	—4 868,63	1823	3874,22	—5 725,63
0,0030	0,40	0,0839	—1,0762	—9 221,98		—4 490,76	1883	4902,62	—4 319,36
0,0017	0,30	0,0188	—1,7249	—14 780,67	4731,22	—10 049,45	1873	4731,22	—10 049,45
0,0022	0,29	0,0328	—1,4841	—12 717,25		—7 986,03	1893	5074,02	—7 643,25
0,0037	0,33	0,0476	—1,3228	—11 335,07	4731,22	—6 603,85	1833	4045,62	—7 289,45
0,0037	0,30	0,0514	—1,2896	—11 050,58		—6 319,36	1873	4731,22	—6 319,36

6. táblázat

1600 °C-ra, illetve üzemi hőmérsékletre számított és időegységre eső szabadentalpia értékek Cal/mól

Adag	Sorszám	Δt perc	$(\Delta G_a - G_b)$ (1600 °C)	$(\Delta G_a - \Delta G_b)$ (üzemi hőmérs.)	$(\Delta G_a - \Delta G_b)$ 1600 °C perc		$(\Delta G_a - \Delta G_b)T\ddot{u}$ perc	
Nikkeltartalmú	1	30	−1654,67	−1654,67	−55,16	*átlag*	−55,16	*átlag*
	2	35	−158,53	−329,93	−4,53		−9,43	
	3	45	−134,53	−820,13	−2,99	−23,41	−18,22	−28,84
	4	55	−1704,37	−1790,07	−30,99		−32,54	
Nikkelmentes	5	35	−1043,70	−2586,30	−29,82		−73,89	
	6	25	−1038,57	−2409,77	−41,54		−96,39	
	7	35	−377,87	−1406,27	−10,79	−39,90	−40,18	−75,85
	8	20	−2063,42	−2406,20	−103,17		−120,31	
	9	20	−284,49	−970,09	−14,22		−48,50	

próbáig eltelt idő (Δt) alatt a kéntelenítési reakció közeledett az egyensúly felé;

c) a nikkelmentes adagok üzemi hőmérsékletre számított ΔG_6-értékének csökkenése — az „a" próbától a „b" próbáig eltelt idő (Δt) alatt — jóval nagyobb mértékű, noha a kéntelenítési reakciók ebben az esetben sem érték el az egyensúlyi állapotot.

A megállapítások még szembetűnőbbek, ha a próbavételek között eltelt időtartamra fajlagosítjuk a ΔG-értékek változásait. Az eredményeket a *6. táblázat* foglalja össze.

A táblázatból kitűnik, hogy a reakció előrehaladása a nikkeles adagok esetében lassúbb volt, mint a nikkelmentes adagoknál (átlag: 39,90 cal. mól^{-1} perc^{-1}), azaz a nikkeltartalmú adagokban a kéntelenítési reakció kevésbé közelítette meg az egyensúlyt. A nikkelmentes acélok esetében a kéntelenítési reakció gyorsabban közeledett az egyensúlyi állapot felé, mert a reakció hajtóerejéből időegységben többet használt fel.

A termodinamikai számítások eredményei tehát megerősítik a gyakorlati tapasztalatot, nevezetesen azt, hogy a nikkel negatívan befolyásolja az acél kéntelenítését.

IRODALOM

[1] *Cordier, J. A.—Chipman, J.:* Journal of Metals Trans. AIME. 1955. p. 905—907.

[2] *Alcock, C. B.—Richardson, F. D.:* Acta|Metallurgica. 1958. vol. 6. p. 385—395.

[3] *Alcock, C. B.—Cheng, L. L.:* Journal of The Iron and Steel Institute 1960. jul. p. 169—173.

[4] *Búzek, Z.—Prabhala, K. S.:* Sbornik vedeckych praci Vysoké skoly bánské v Ostrave Rocnik XI. rok 1965, cislo 3, rada hudnická, clánek 213.

[5] *Prabhala, K. S.—Búzek, Z.—Benda, M.:* Sbornik vedeckych praci Vysoké skoly bánské v Ostrave Rocnik XI, rok 1965, cisko 3, rada hutnická, clánek 212.

[6] *Samarin, A. M.:* Journal of The Iron and Steel Institute 1962. febr. p. 95—101.

[7] *Simon S.:* Vizsgálatok az oxigénes acélgyártásban végbemenő kénoxidációs termodinamikai és reakciókinetikai törvényszerűségeinek feltárására. Doktori értekezés. Miskolc, 1965.

A késztermék módszeres ellenőrzése a sodronykötél gyártásban

Dr. VARGA LÁSZLÓ adjunktus, BME Gépelemek Tanszék
Dr. TAKÁCH GYULA tud. főmunkatárs, BME Útépítési Tanszék

DK.: 621.86.065:620.172/174

A sodronykötél gyártás fejlődésével nem tartott lépést a kötél, mint késztermék minőségellenőrzése. A tönkremenetelének oka elsősorban a kifáradás, amit az emelő-szállítógépekhez alkalmazott sodronykötelekben a Hertz-féle érintkezési nyomás és a hajlítóigénybevétel, valamint a húzóigénybevétel váltakozása okoz. A fárasztógépek két nagy csoportra oszthatók, aszerint, hogy emelő-, vagy tartókötelek fárasztására szolgálnak. A velük kapott fárasztási eredmények alapján meghatározható összefüggések, valamint az üzemi élettartamok alapján lehetőség nyílik a kötelek várható üzemi élettartamának meghatározására.

Bevezetés

A sodronykötelek minőségével kapcsolatban gyakran kerül sor döntőbírósági eljárásokra. Ezek során a felhasználó vitatja, a gyártó védi a kötél minőségét. A problémák tisztázása érdekében rendszerint a kötél laboratóriumi vizsgálatára is sor kerül és ekkor derül ki az a kívülálló számára meglepő tény, hogy hazánkban nincsen olyan intézmény, amely a sodronykötelek üzemszerű fárasztó vizsgálatát el tudná végezni. Természetesen így a kötél használhatósága sem véleményezhető megnyugtatóan, hiszen a legjobb huzalból is lehet élettartam és üzembiztonság szempontjából nem teljes értékű kötelet gyártani.

Sodronykötél gyártásunkkal tehát nem fejlődött párhuzamosan a késztermék módszeres (laboratóriumi és üzemszerű) ellenőrző vizsgálata. Lényegesen egyszerűbb gyártmányoknál, a gyártó által végzett, vagy végeztetett vizsgálatok alapján, a felhasználó pontosan tudja, hogy milyen üzembiztonságra, élettartamra számíthat definiált üzemi körülmények mellett. Emelő- és szállítóberendezések esetében a sodronykötél fontos és nagy igénybevételű gépelem, milliárdos termelési folyamatok nélkülözhetetlen eleme. Megbízható működésüktől

függ nemcsak a berendezések üzemének gazdaságossága, hanem biztonságuk is.

Tanulmányunkban a sodronykötelek feszültségi viszonyait, a tönkremenés körülményeit, valamint azon módszeres vizsgálatok kérdéseit vizsgáljuk, amelyekkel az emelőgép és kötélpálya sodronykötelekkel foglalkozva kerültünk szembe.

A sodronykötelek feszültségi viszonyai és elhasználódásuk körülményei

A sodronykötelek, mint gépelemek az emelő- és szállítástechnikában, mind széles körű alkalmazásuk, mind jelentős költségkihatásuk miatt meghatározó szerepet töltenek be. Egyszerűnek látszó szerkezetük ellenére igényes elemek, amelyek kiválasztása, méretezése, élettartama és a szakszerű üzemeltetés kérdései a szakemberek és kutatók széles körét foglalkoztatták. Ellentétben más gépelemekkel, a sodronyköteleket végleges tönkremenetelük előtt le kell cserélni. Szabványokban, üzemi előírásokban rögzítik a kötélcsere szükséges idejét az üzemidővel, vagy más jellemzőkkel, pl. az elszakadt elemi szálak számával, vagy a korrózió mértékével meghatározva.

A sodronykötelekkel kapcsolatos általánosan elfogadott alapvető felismerés, hogy tönkremenetelük, elhasználódásuk elsősorban a *kifáradás* következménye. Ennek a ténynek a jelentőségét talán az a számos német és olasz szerző által képviselt nézet emeli ki, hogy a sodronyköteleknek nincs kifáradási határuk, nem létezik olyan feszültségi szint, amelynél végtelen hosszú élettartam, ismétlődési szám lenne elérhető [1]. Ez ideig számos könyv, tanulmány, közlemény, disszertáció jelent meg, amelyekben matematikai és kísérleti módszerekkel vizsgálták és kutatták egyrészről a sodronykötél igénybevételét, másrészről a kötél és a kerék, ill. kötélkorong közötti kölcsönhatásokat [2, 3, 4, 5].

Majdnem minden munkában közös az a felismerés, hogy a sodronykötelek élettartama elsősorban

a) a váltakozó hajlító igénybevételtől,

b) a kötél és a korong, ill. kerék horonyrésze között és az elemi szálak között fellépő *Hertz*-féle érintkezési nyomástól (kontakt feszültség),

c) a váltakozó húzó igénybevételtől,

d) illetve olyan tényezőktől, mint a méretviszonyok, kötélszerkezet, korrózió, kopás, korong-, ill. kerékátmérő, horonyforma, korong-, ill. kerékanyag, vagy horonybetét anyag

függ.

A sodronykötelek kifáradása szempontjából döntő szerepe van a kötéllel érintkező horony anyagának. Acél, acélöntvény, vagy öntöttvas horony esetén a kifáradást meghatározó, a kötélben kialakuló mértékadó feszültség döntő komponense a *Hertz*-féle érintkezési nyomás.

Az utóbbi években egyre inkább alkalmazásra kerülnek a különböző típusú poliamid műanyag horonybéléssel ellátott kötélkorongok és kocsikerekek. Alkalmazásukkal jelentős kötélélettartam növelést értek el. Hazai vonatkozásban főleg a Metamid és Bonamid márka néven kapható poliamidok kerültek beépítésre és a kötélélettartam növekedés megfelel a külföldi tapasztalatoknak. Az igen jelentős kötélélettartam növekedés okát a kötél és a horony között fellépő érintkezési nyomás nagymértékű csökkenésében kell keresni.

Ha összehasonlítjuk az acél rugalmassági modulusát a poliamid rugalmassági modulusával

$$E_{ac}=2{,}1\cdot 10^6\ \text{kp/cm}^2 \gg E_p=2\cdot 10^4\ \text{kp/cm}^2,$$

megállapítható, hogy a poliamid mintegy 100-szor könnyebben deformálható, mint az acél.

A témakörrel foglalkozó kutatók szerint az acélkötél-acélbetét közötti felületi nyomás (p_{ac}) és az acélkötél-poliamidbetét közötti felületi nyomás (p_p) hányadosa kifejezhető az érintkező elemek anyagainak rugalmassági modulusaival.

A *Hertz*-féle közelítő formula szerint:

$$\frac{p_{ac}}{p_p}=\left[\frac{E_{ac}}{E_p^*}\right]^{2/3} \tag{1}$$

Müller szerint:

$$\frac{p_p}{p_{ac}}\approx\sqrt{\frac{2E_p}{E_{ac}+E_p^*}} \tag{2}$$

Wyss szerint:

$$\frac{p_p}{p_{ac}}\approx\frac{2E_p^*}{E_{ac}} \tag{3}$$

Paetzel és *Hupe* szerint:

$$\frac{p_p}{p_{ac}}\cong\left[\frac{2}{1+1{,}1E_{ac}\dfrac{1-\nu_p^2}{E_p^*}}\right]^{2/3} \tag{4}$$

ahol $E_p^*=\frac{1}{2}\left[\frac{1}{E_p}+\frac{1}{E_{ac}}\right]$, $\nu_p\cong 0{,}4$, a poliamid *Poisson* tényezője, E_{ac} [kp/cm²] az acél-, E_p [kp/cm²] a poliamid rugalmassági modulusa.

Számításokat végeztünk emelőgépekhez alkalmazott pászmás kötelekre, különböző korong- és kötélméreteknél, acélkorongon és metamid betéten futó köteleknél kialakuló felületi nyomásokra vonatkozóan. Számításaink alapján a felületi nyomások viszonya az alábbi összefüggéssel írható le [6]:

$$\frac{p_p}{p_{ac}}\cong\sqrt[3]{\frac{1{,}25E_p^{*2}}{E_{ac}^2}}, \tag{5}$$

ahol $E_p=2{,}8\cdot 10^4$ kp/cm² a metamid,

$E_{ac}=2{,}1\cdot 10^6$ kp/cm² az acél rugalmassági modulusa.

Az (5) összefüggést az acél és metamid betétes korongokon végzett sodronykötél élettartam kísérletek is jól igazolták [7].

Az eddigi vizsgálatok és számítások alapján megállapítható, hogy poliamid betét esetén az érintkező felületeken ébredő felületi nyomás mintegy 7—8%-a az acélkorongokon ébredő nyomásnak. Ez azt jelenti, hogy amíg acélkorongokon üzemelő kötelek mértékadó igénybevételét döntően az érintkező felületeken ébredő felületi nyomás határozza meg, addig poliamid, vagy hasonló rugalmassági modulusú betétanyagok esetén a felületi nyomás befolyása lényegesen kisebb. Ez a magyarázata a jelentős kötélélettartam növekedésnek.

A felületi nyomás acél, acélöntvény, vagy öntöttvas betéttel érintkező kötelek esetén *Hertz* általános összefüggéséből

$$p_{max} = -\frac{3F_0}{2\pi ab} \tag{6}$$

levezetett összefüggések segítségével határozható meg emelő- és szállítógépeknél a különböző kötélszerkezetekre (lásd [5]), ahol F_0 az érintkezési felületre merőleges nyomóerő, a és b az érintkezési ellipszis féltengelyei.

Poliamid betét alkalmazása esetén a felületi nyomás számítása kissé eltér az acélkorongoknál alkalmazott módszertől. A *Hertz* által adott feltételek poliamid betét és az acélkötés viszonyában nem teljesen igazak. Az elvégzett kísérletek [8] alapján azonban jogos az a feltételezés, hogy a feszültségeloszlás jellege a kis maradó alakváltozások tartományában nem lényegesen különböző, mint a rugalmas tartományban és a felületi nyomás számítására előállított *Hertz*-egyenlet felépítése is megtartja jellegét:

$$p_{max} = \frac{2F}{\pi lC}, \tag{7}$$

ahol F a nyomóerő, C a téglalap alakú nyomásfelület fél szélessége, l a nyomásfelület hossza.

A hajlító igénybevétel kötélpályák esetén *Isaachsen* összefüggésével határozható meg:

$$\sigma_{h\,max} = \frac{F_N}{2}\frac{d}{2}\sqrt{\frac{E}{IF_S}}, \tag{8}$$

ahol F_N a kerékterhelés, d a kötél átmérője, I a kötél másodrendű nyomatéka és F_S a kötélágerő.

Emelőgépek köteleinél, illetve vonókköteleknél a primér hajlítófeszültség a *Releaux*-formula segítségével határozható meg:

$$\sigma_{h\,max} = E\frac{\delta}{D}, \tag{9}$$

ahol δ az elemi szál átmérője, D a kötélkorong átmérője.

A kötelek kifáradása szempontjából tehát meghatározó a felületi nyomás és a hajlítófeszültség.

A sodronykötél ellenőrzésének, vizsgálatának módszere és menete

A kötél ellenőrzését a huzalok (elemi szálak), mint szerkezeti elemek és a kötél, mint késztermék ellenőrzése képezi. Ha a kötél kétszer font szerkezetű, akkor a pászma ellenőrzése értelemszerűen mint az egyszer font kötélé végezhető el.

A huzal vizsgálata az anyag, a felület, a méretek ellenőrzését, a mechanikai és technológiai jellemzők meghatározását, valamint a hajtogató és csavaró vizsgálatot foglalja magában. Ezek a vizsgálatok statikus jellegű vizsgálatoknak tekinthetők, a huzal egyoldalú minősítésére szolgálnak. Ezekből a vizsgálatokból a kifáradásra vonatkozólag semmiféle következtetés nem vonható le.

A huzalok kifáradására vonatkozó ismereteket csak az ismétlődő-pulzáló jellegű vizsgálatokból nyerhetünk. Ilyen vizsgálatokat ma már több helyen is végeznek és ezek a következők:

a) húzó-fárasztóvizsgálat egyenes ágban, ill. korongon,

b) hajlító-fárasztóvizsgálat korongon, ill. hajlítgatással,

c) hengerlő vizsgálat a *Hertz*-féle felületi nyomás fárasztó hatásának meghatározása céljából (a horonybetéttel érintkező, ill. az egymással érintkező és kereszteződő szálak között).

A huzal hajlító-fárasztó vizsgálatára az *1. ábrán* mutatunk be példát (kettős hajlítás) [9].

A sodronykötél statikus jellegű vizsgálata a felület, az átmérő, a sodrásmenethossz, a hossz és súly, a kibontott pászmák és huzalok ellenőrzéséből (lásd a huzalnál), a kötél szakítóerejének meghatározásából (sodrási tényező figyelembevételével), a kötél kitekeredés-mentességének ellenőrzéséből áll.

A huzalok szakítóerejéből számított és a sodrási tényezővel korrigált szakítóerőt a kötél szakításával kell ellenőrizni. Ez nagyon igényes vizsgálat, mert a kötélvégek befogása, ill. lehorgonyzása sok gondot okoz. A kötélvégek rögzítésére a BME Gépelemek Tanszéken a szakítókísérletek során kidolgozott kiöntőfém kitűnően bevált (Pb 84%, Sn 4%, Sb 12%, [7]), a próbakötelek 90—95%-os valószínűséggel középen szakadtak.

A különböző felépítésű kifárasztó gépek többsége — az üzemi körülményeket tekintve — több vonatkozásban megegyező:

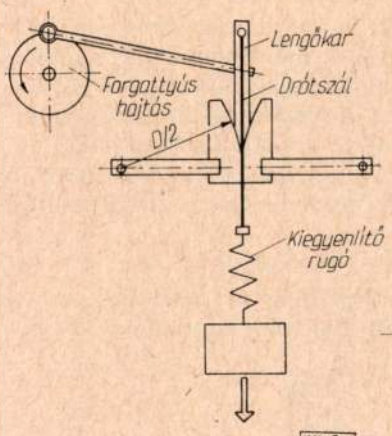
a) állandó súly, vagy rugóterhelésűek, az időben változó sztochasztikus valóságos sodronykötél terheléseket nem veszik figyelembe. A determinisztikus váltakozó igénybevétel hatása érvényesül, mivel többségükben forgattyús hajtóművel működtetett gépek és a próbakötél alternáló mozgást végez,

b) a sodronykötél kifáradása szempontjából érvényesül a váltakozó hajlítóigénybevétel, a *Hertz*-féle érintkezési nyomás, a húzóigénybevétel és a másodlagos igénybevételek. Ezek determinisztikusak, ami a vizsgálatok azonosságát biztosítja és a kiértékelést megkönnyíti.

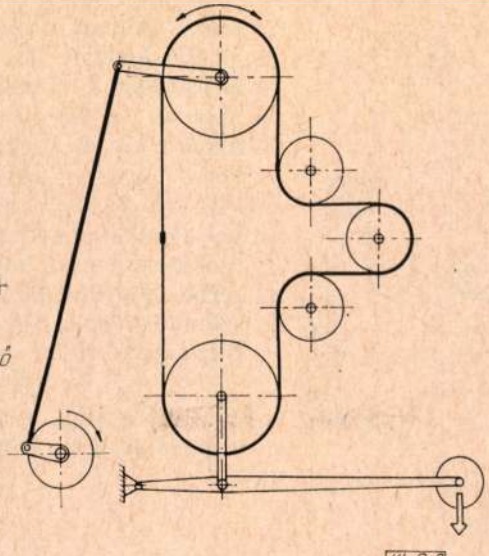
Eredeti berendezésnek tekinthető *Woernle* professzor vizsgálógépe *(2. ábra)*, amely állandó súlyterheléssel és végtelenített próbakötéllel üzemel. Hajtó lengőtárcsáját forgattyús hajtómű működteti [10]. Hasonló elven üzemel *Paetzel* vizsgálógépe [4] *(3. ábra)*, ill. a nagyméretű DEMAG fárasztógép *(4. ábra)*, amely a bányafelvonóknál alkalmazott sodronykötelek fárasztóvizsgálatára készült [11]. Az előbbiekkel hasonló működtetésű *Gräbner* vizsgálógépe *(5. ábra)*, amelynél a kötélhúzást korongfeszítéssel lehet megvalósítani [12]. *Moortel* fárasztógépe lengőkaros működtetésű *(6. ábra)*, a kötél csavaró igénybevételét menetes pálya biztosítja. A kötél húzóigénybevételét egy kúpkerekes-menetes szerkezettel lehet megvalósítani [13].

Igen intenzív kötélfárasztást tesz lehetővé a *Franke* által ismertetett berendezés *(7. ábra)*. Az ütésszerű húzóigénybevételt két szemben forgó spirálpályás tárcsa biztosítja és a berendezés kibővíthető a hajlítóigénybevétel vizsgálatára alkalmas korongokkal is [14].

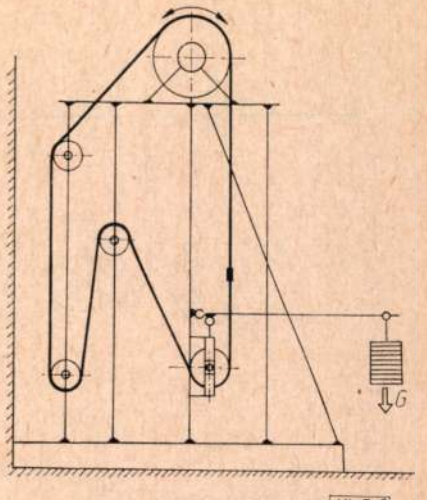
Kis átmérőjű sodronykötelek, pászmák és elemi szálak fárasztóvizsgálatára készült a BME Gépelemek Tanszék vizsgálógépe *(8. ábra)*, amely négy próbakötél egyidejű fárasztására alkalmas [7].



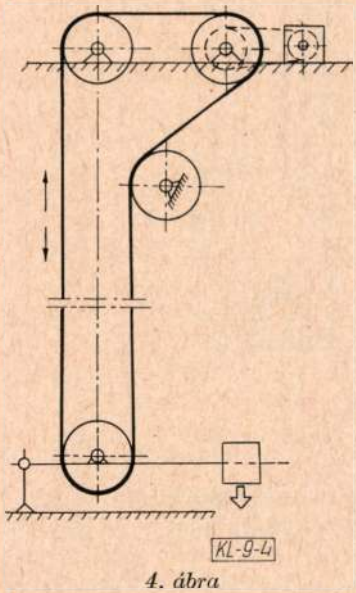
1. ábra



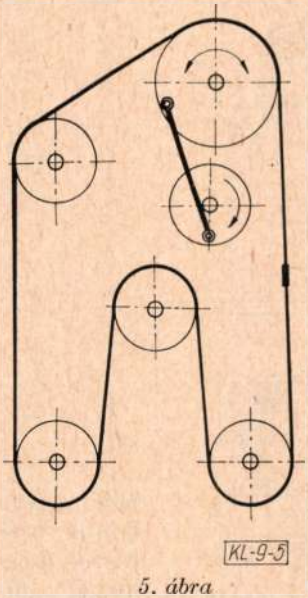
2. ábra



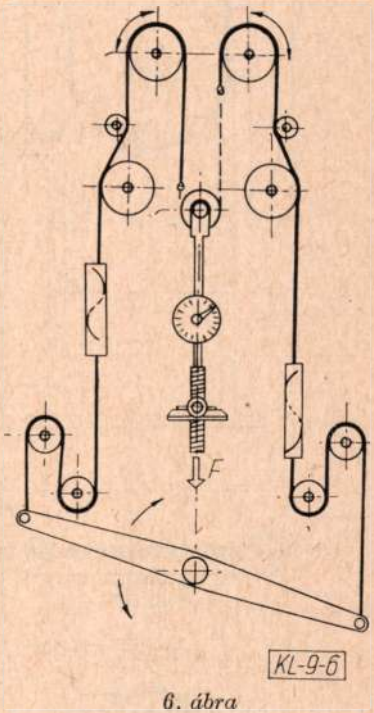
3. ábra



4. ábra



5. ábra



6. ábra

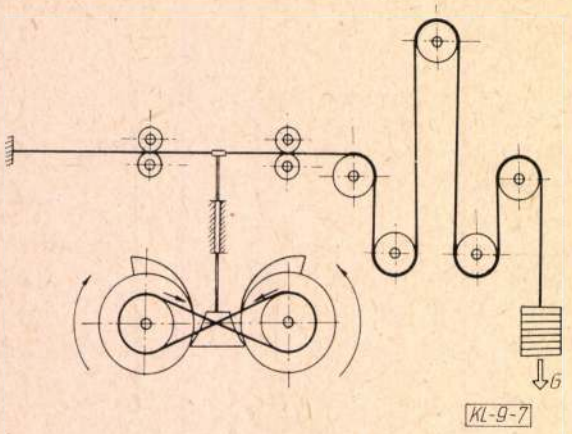
Az eddig ismertetett fárasztógépek teheremelő sodronykötelek vizsgálatára alkalmasak. Kötélpályák tartóköteleinek vizsgálatára kialakított berendezések közül két jellegzetes típust mutatunk be. A *9. ábrán* látható berendezés *Dunkelszkij* professzor gépe, vízszintes elrendezésű [15], míg a *Th. Wyss* által ismertetett EMPA fárasztógép függőleges elrendezésű *(10. ábra)* [5]. A tartókötelek tényleges üzemi viszonyai legjobban megközelíthetők a 9. ábrán látható berendezéssel. A valóságos üzemi körülmények csak a vizsgált kötélszakasz homogenitásában, az igénybevételek definiáltságában és ezek ismétlődésének rövidebb időközében térnek el.

A sodronykötelek élettartama alatt az igénybevételek ismétlődésének számát értjük, amit a kötél a fárasztó vizsgálat során a törésig kibír [10]. A törés alatt mindig egy adott hosszon, adott számú szál szakadását kell érteni (pl. hazánkban emelőgépeknél MSZ 9675 szerint). Vannak más javaslatok is [16], ezek azonban kevésbé terjedtek el.

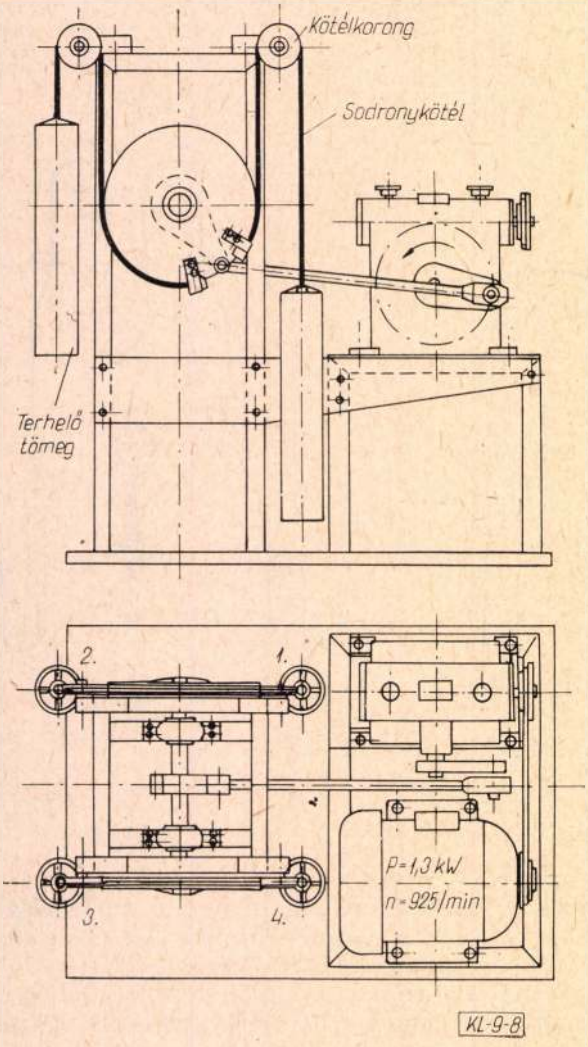
Természetesen nemcsak a fárasztó kísérlet során kapott ismétlődési számot tekintjük a kötél élettartamának, hanem az üzem során adódó ismétlődési, igénybevételi, teherátfutási számokat is [17].

A laboratóriumi fárasztókísérletek elsősorban a késztermék ellenőrzésére szolgálnak. A különböző anyagú, gyártmányú és sodratú kötelek fárasztása során kapott igénybevételi számok kifáradás szempontjából jól osztályozzák az egyes köteleket. Az élettartam vizsgálatokkal kapott összefüggések gyakorlati módosításával jól becsült élettartamok garantálhatók a kötél üzeme során.

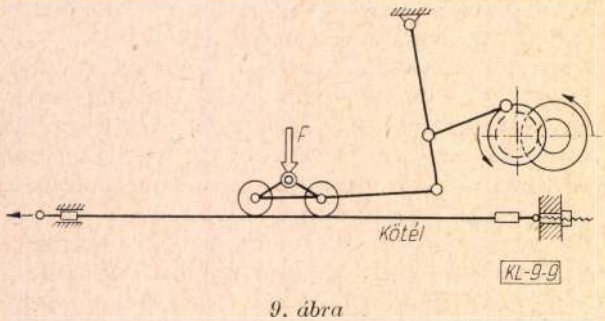
Az elvégzett kísérletek eredményeit elemezve megállapítható, hogy jelentős eltérések tapasztalhatók a vizsgálati körülmények és feltételek eltérése



7. ábra



8. ábra



9. ábra

miatt. Abban a vonatkozásban azonban egységes az állásfoglalás, hogy a sodronykötelek kifáradását elsősorban a váltakozó *Hertz*-féle érintkezési nyomás és a hajlítóigénybevétel együttes hatása okozza. Acélkorong, ill. futókerék esetén az érintkezési nyomás hatása a mértékadó, míg poliamid (ill. más hasonló rugalmassági modulusú) horonybélést alkalmazva a *Hertz*-féle érintkezési nyomás csökkenésével a hajlító feszültség hatása lép előtérbe. Felírhatjuk tehát, hogy az átfutások N száma az érintkezési nyomás és a hajlítófeszültség függvénye [18]:

$$N = f(\sigma_h + \eta p_{max}) \qquad (10)$$

Mivel a p_{max} értéke függ az érintkező elemek anyagától, így a fenti függvénykapcsolat a horonybélés anyagának rugalmassági modulusát is figyelembe veszi. A (9) függvénykapcsolat a kötélpályák tartóköteleinél jellemző. Teheremelő sodronyköteleknél a húzóigénybevétel hatását is célszerű figyelembe venni. Így a jellemző függvénykapcsolat [6]:

$$N = f(|\sigma_{húzó} - \sigma_{hajl}| + |\varphi p_{max}|) \qquad (11)$$

Paetzel vizsgálatai alapján [4] teheremelő kötelekre a következő élettartam egyenleteket írta fel a vizsgálógép üzemi viszonyaira vonatkozóan.

Szürkeöntvényből készített kötélkorongok esetén a sodronykötél élettartama:

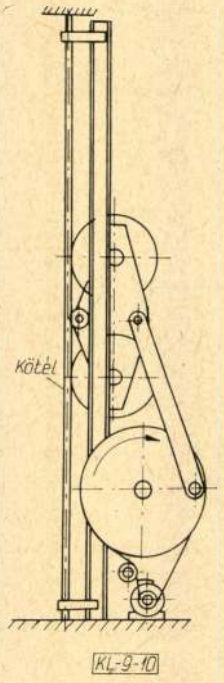
$$N = f_L \left(\frac{E'}{p_{max}} \right)^3, \qquad (12)$$

míg poliamid horonybetét alkalmazása esetén:

$$N = f_L \left(\frac{E'}{p_{max}} \right)^{3 + 0{,}58 \ln \frac{1{,}6 \cdot 10^6}{E'}}, \qquad (13)$$

ahol f_L egy, a kötélre jellemző állandó

E' a horony és a drótanyag rugalmassági modulusából számítható látszólagos rugalmassági modulus.



10. ábra

(Vizsgálati körülmények: kötélátm.: $d=14$ mm, húzófesz.: $\sigma_{húzó}=20...30$ kp/mm², átmérőviszony: $D/d=21$, horonysugár: $d/2=7$ mm, horonynyílásszög: $\gamma=45°$.)

Ezek az összefüggések természetesen még nem alkalmasak a kötelek várható üzemi élettartamának meghatározására, de a kötelekre jellemző állandó meghatározásával és a valóságos üzemi viszonyok figyelembevételével erre alkalmassá tehetők.

A tartókötelek elhasználódási körülményeinek hazai vizsgálatánál az a furcsa helyzet állt elő, hogy fárasztó kísérleteket kellett végeznünk fárasztógép nélkül. Tehát közvetlenül az üzemi körülmények és a valóságos élettartamok vizsgálatához kellett fordulni [17], [18]. A levezetett kötélélettartam függvény a hajlító feszültség és a *Hertz*-féle érintkezési nyomás figyelembevételével jó tájékoztatást ad a tartókötelek várható élettartamára vonatkozóan, de kontrollképpen laboratóriumi fárasztó kísérletek végzése is célszerű lenne. Ezek a kérdések a következő időszakban a gyártók és a kutatók alapvető feladatát képezik, szorosan együttműködve a felhasználókkal.

Összefoglalás, javaslat

Dolgozatunkban rövid áttekintést adtunk a sodronykötelek igénybevételi viszonyairól, a kész termék ellenőrzésének jelenlegi módszereiről és vázlatosan ismertettük a gyakrabban használt kötélélettartam vizsgáló berendezéseket.

Megállapítható, hogy a sodronykötelek minősítése szempontjából a jelenlegi módszerek nem elegendők. A statikus jellegű és mennyiségi vizsgálatokat bővíteni kell a dinamikus jellegű minőségi vizsgálatokkal: a fárasztóvizsgálatokkal. A fárasztóvizsgálatokat célszerű a szálak és a kész sodronykötelek vonatkozásában is elvégezni.

a) Az elemi szálak hajlító-, húzó- és csavaró-fárasztó vizsgálata választ ad arra a kérdésre, hogy az adott acélanyagból készített szálak mennyiben alkalmasak a sodronykötélgyártás céljára.

b) A sodronykötelek komplex fárasztóvizsgálata egyszer font és kétszer font kötelek esetén választ ad, hogy a megfelelő kifáradási határral rendelkező elemi szálakból font kötelek várható élettartama eléri-e a szükséges mértéket. Megfelelő volt-e a gyártás technológiája és a különböző fajtájú kötelek várható élettartama hogyan alakul.

A módszeres fárasztóvizsgálatokkal mód nyílik az eddigi kísérletek finomítására és a kötelek élettartamra való méretezésének kidolgozására. Ezzel a tervszerű kötélgazdálkodás lehetőségei kitágulnak és a felhasználó részére adható garancia megteremti a kölcsönös bizalom feltételeit.

A BME Gépelemek Tanszék — a Magyar Hajó- és Darugyár anyagi támogatásával — egy pászmás kötélvizsgáló berendezés üzembehelyezésével a kezdeményező lépéseket megtette és örömmel venné ki részét e fontos fejlesztési feladat megoldásából.

IRODALOM

[1] *Kurz, R.:* Draht Welt. *55* évf. 1969/3.
[2] *Müller, H.:* Draht Welt. *47.* évf. 1961/3.
[3] *Müller, H.:* Deutsche Hebe und Fördertechnik, 1962/2—3.
[4] *Paetzel, D.—Hupe, W.:* Hebezeuge und Fördermittel, 1969/6.
[5] *Wyss, Th.:* Stahldrahtseile der Transport und Förderanlagen. Zürich 1956.
[6] *Varga L.:* BME Gépelemek Tanszék 270.012/1972. sz. kutatási jelentése a Magyar Hajó és Darugyár részére.
[7] *Varga L.:* Műanyag és gumi. 1972. *9.* évf. 6. szám.
[8] *Gerlach, W.:* Z-VDI 193 (1961).
[9] *Unterberg, H.-W.:* Draht-Welt *54.* évf. (1968) 12. sz.
[10] VDI-RICHTLINIEN. VDI 2358. 1968. okt.
[11] *Renfordt, H.:* DEMAG-NACHRICHTEN 139.
[12] *Gräbner, P.:* Hebezeuge und Fördermittel, 1968/11.
[13] *Moortel, D. van de:* Le Genie Civil. Paris, 1962/19.
[14] *Franke, E.:* Industrie-Anzieger. 1968/45.
[15] *Dunkelszkij, A. I.:* Podvesznie kanetie dorogi i kabelnie krani. Moszkva 1966.
[16] *Calderale, P. M.:* Draht *19.* 1968/8.
[17] *Takách Gyula:* BKL Kohászat. *104.* évf. 1971/5.
[18] *Takách Gyula:* Összefüggés a kötélpálya tartókötelek élettartama és a pálya körülményei között. Kandidátusi értekezés. 1970.

Vizsgálatok a földgáz elégetésekor jelentkező optimális paraméterek meghatározására*

Dr. FARKAS OTTÓNÉ adjunktus
Nehézipari Műszaki Egyetem Tüzeléstani Tanszék, Miskolc

DK.: 669.184.13 : 552.78 : 536.45

Az elvégzett vizsgálatok tapasztalataiból a szerző arra a következtetésre jut, hogy a légbefúvásos, utókeverő földgázégők ipari kemencékben előnyösen alkalmazhatók, mivel szabályozhatóságuknak gyakorlatilag nincsen alsó határa. A felső határt ugyanakkor a rendelkezésre álló sűrített levegő tényleges nyomása határozza meg. Ezek az égőtipusok így a gáz kötött hőenergiáját veszteségmentesen tudják felszabadítani.

Bevezetés

A kemencék gazdaságos üzemeltetésének egyik alapvető feltétele, hogy a tüzelőanyag tökéletesen égjen el a kemencetérben. Ehhez megfelelő konstrukciójú elégető berendezésekre van szükség, s azokat helyesen kell működtetni. Annak megítélésére hogy egy elégető berendezés milyen feltételek között működik optimálisan, a *lángvizsgálati mérések* szolgálnak. Jelentőségük egyre nagyobb, hiszen ezek révén ismerhetjük meg, hogy egy-egy tüzelő berendezésben hogyan zajlik le az égés, hogyan és hol helyezkedik el a reakciózóna, milyen a lánghőmérséklet, azaz hogyan alakul a hőfelszabadulás, stb. E mérések tapasztalatai alapján választhatjuk ki egy adott kemencekonstrukcióhoz az adott technológiai folyamat hőellátására legjobban megfelelő égőtípust, valamint ezek révén végezhető a konst-

* 1972 decemberben a Tüzeléstani Szemináriumon elhangzott előadás.

rukciók fejlesztése és tökéletesítése éppen úgy, mint újabb elvi összefüggések feltárása.

Az e tárgyköben végzett tanszéki vizsgálataink is — amelyekről itt röviden beszámolni szeretnék — hasonló célitűzéssel indultak.

Vizsgáló berendezések

Munkánk elő fázisa a vizsgálati feltételek megteremtésére irányult. Ez alapvetően egy vizsgálóberendezés tervezéséből és megépítéséből állt. A berendezést jellegében 3 önálló, de együttműködő egységből terveztük. Ezek: az égésvizsgáló kemence, a segédberendezések — mint pl. a ventillátorpark, a hőcserélő, stb. — valamint a mérő és vizsgáló műszerek. A létesítendő égésvizsgáló kemence alapparamétereit döntően megszabták a helyi adottságok, azaz a rendelkezésre álló energiahordozó és a telepítés helye, konstrukcióját pedig a kutatási és oktatási többcélúság figyelembevételével alakítottuk ki. Összefoglalóan úgy jellemezhetjük, hogy kisnyomású (250 mm v.o.) és kisteljesítményű (1—12 Nm^3/óra) földgázégők lángvizsgálatára alkalmas fekvő, körszelvényű, mintegy 0,5 m^3 égésterű melegmodell, amelyben egyirányú lángmozgás van. Terhelhetősége átlagosan 100 000 kcal/óra. A láng vizsgálatára annak hossza és keresztmetszete mentén egyaránt lehetőség van. Erre szolgál a kemence hossza mentén kialakított hasíték. Ezen és a kemence tetején mintegy 20 helyen szondázó nyílásokat képeztünk ki. A vizsgálandó égők felszerelését és egyszerű cserélését a homlokfalon ékesen rögzített tartólemez és szerelvényei teszik lehetővé. A lánghőmérséklet esetenkénti növelésére az égési levegő a kemence alá telepített kettős csöves rekuperátorban előmelegíthető az égéstérből távozó füstgáz hőhasznosításával.

A lángvizsgálati mérések további feltételét a megfelelő műszerezettség jelentette. A mérendő paraméterek és méréshelyeik meghatározása alapján elkészült műszerezési terv és annak kivitele az alapvető fontosságú paraméterfajtáknak mintegy 80 ponton történő mérését és műszeres, vagy kézi adatrögzítését tette lehetővé, tartalmazva emellett a biztonságos üzemeltetéshez szükséges minimális automatikát is. A méréshelyek és kemence egyszerűsített elrendezési vázlatát az *1. ábrán* mutatjuk be, ahol egy-egy megjelölt méréshelynek több méréspont felel meg.

A vizsgálatokhoz rendelkezésünkre álló hajdúsági vezetékes földgáz fontosabb jellemzőit az *1. táblázat*ba foglaltuk össze.

Méréseink tárgyául elsőként egy olyan földgázégő típus vizsgálatát választottuk, amelyet elterjedten alkalmaznak hazai ipari kemencékben, de jellemzőit méréssel nem határozták meg, katalógus adataikat számítás útján nyerték. Ez az AX jelű kisnyomású földgázégő család (szerkesztője KGM Tüzeléstechnikai Kutatóintézet, gyártja Kohászati Gyárépítő V.) amelynek első három tagját, a 2, az 5 és a 15 Nm^3/óra teljesítményű, rövidlángú égőket vizsgáltuk. Szerkezeti kivitelüket a *2. ábra*, katalógus adataikat a *2. táblázat* szemlélteti.

A vizsgálatok módjai, égőadatok

Vizsgálataink az égő optimális működtetési feltételeinek és lángjellemzőinek meghatározására irányultak, miközben egyidejűleg a kemence mutatóinak ellenőrző vizsgálatát is célul tűztük. Összefoglalva, jellegük szerint a következő vizsgálatokat végeztük.

1. Beállítás-technikai vizsgálatok a kemence hőegyensúlyi és mérésre kész állapotának tanulmányozására.

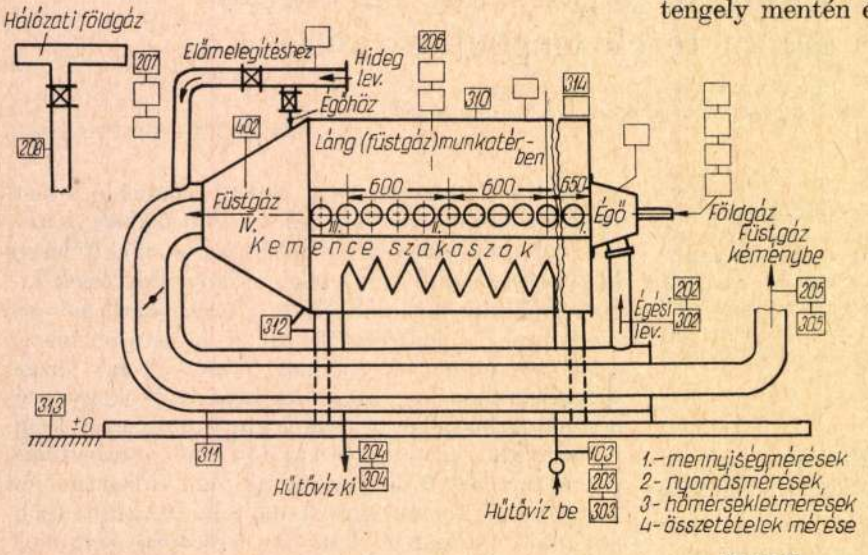
2. Hőmérleg mérések a hőterhelés függvényében a kemence hőmérlegtételeinek és fajlagos mutatóinak megállapítására.

3. Terhelési mérések az égők földgáz és levegő mennyiségi- és nyomásviszonyainak megállapítására.

4. Égésbiztonsági (lángstabilitási) vizsgálatok a munkatérnyomás függvényében az égő terhelhetőségének megállapítására.

5. Szabályozhatósági vizsgálatok az égési levegő szabályozhatósági tartományának és a lángkioltási határoknak megállapítására.

6. Égésviszonyok vizsgálata az égő lángjának és füstgázának összetétel meghatározására a lángtengely mentén és arra merőleges síkokban.



1. ábra. A méréshelyek elrendezési vázlata

1. táblázat

A földgáz fontosabb jellemzői

A földgáz jellemzői	Adatok
Nyomása	260 mm v. o.
Összetétele (átlag)	
CH_4	86,430 tf%
C_2H_6	8,231 tf%
C_3H_8	0,409 tf%
C_4H_{10}	0,064 tf%
C_5H_{12}	0,031 tf%
C_6H_{14}+	0,015 tf%
CO_2	1,200 tf%
N_2	3,620 tf%
Fűtőértéke (átlag)	8810 kcal/Nm³
Égésmelege (átlag)	9750 kcal/Nm³
Fajsúly (átlag)	0,8115 kp/Nm³
Mólsúlya (átlag)	18,1351 kg/kmól
$L_{elméleti}$	9,76 Nm³/Nm³
$V_{nedves\ elm.}$	10,808 Nm³/Nm³
Nedves füstgázának elméleti összetétele	
CO_2'	9,79 tf%
H_2O'	18,51 tf%
N_2	71,70 tf%
Gyúlási határai	
alsó	4,694 tf%
felső	14,690 tf%
optim.	9,410 tf%
Égési sebessége	38,109 cm/sec.
Elméleti égéshőmérséklete	2064 °C

2. táblázat

A vizsgált AX földgázégők jellemző adatai és méretei

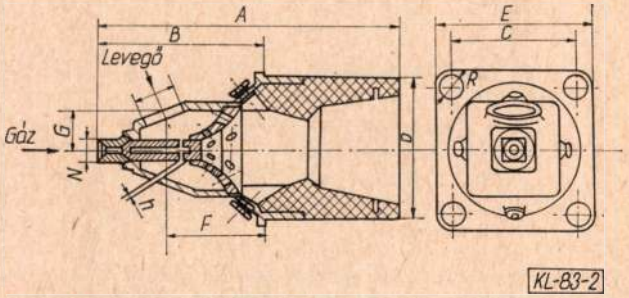
Jellemzők	Az égő jele			
	AX_2R	AX_2RT	AX_1R	AX_0R
Névleges teljesítmény, Nm³/ó	15	15	5	2
Névl. gázny. égő előtt, mm v. o.	150	150	150	150
Névl. lev. nyom. Névl. lev. nyom. égő előtt mm v. o.	100	100	100	100
Levegő hőmérséklete, °C	20	max. 700	20	20
Lánghossz	rövid	rövid	rövid	rövid
A méret, mm	510	602	510	333
B méret, mm	287	347	287	188
C méret, mm	200	274	200	140
D méret, mm	210	300	210	160
E méret, mm	250	320	250	180
F méret, mm	175	203	175	115
G méret, mm	57	102	57	44
H méret, coll	3/4	3/4	3/4	1/2
I méret, coll	2	2	2	3/4
J méret, mm	M24×	1,5	M24×	1,5
K méret, mm	22	22	22	18
L méret, mm	11	11	6	4

7. Lánghőmérséklet vizsgálata a láng tengelyirányú és keresztirányú hőmérséklet eloszlásának meghatározására.

8. Lángkontúr vizsgálata a lánghossz megállapítására a kiégési határok alapján.

Mindezekből jelen ismertetésben azoknak a mérési adatoknak diagrammokban feldolgozott eredményeit mutatjuk be, amelyek az égők működtetésének legfontosabb összefüggéseire mutatnak rá.

A terhelési vizsgálatok eredményeit bemutató *3. ábra* szerint a névleges gáznyomáson megfelelő pontossággal kapjuk a névleges teljesítményt. A legkisebb teljesítményű égőnél +18%, a középsőnél +8%, a legnagyobbnál +1% alatti eltérés látható a névleges adattól. Az égők teljesítménypontossága tehát a teljesítmény növekedésével nő, az átlagos eltérés +10%-nál kisebb. A levegőnyomás névleges adatát láthatóan nagy biztonsággal



2. ábra. Az AX földgázégők szerkezeti vázlata

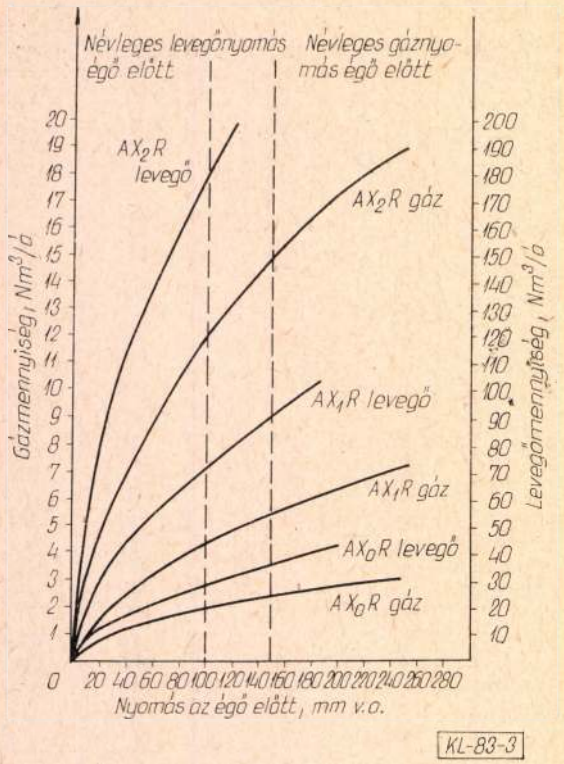
adták meg, a gázösszetétel változásából következő fajlagos levegőmennyiség változás és a légfelesleg tág határok közötti biztosítására.

Az égésviszonyokról a *4.* és az *5. ábra* tájékoztat. Mindhárom teljesítményfokozatú égőt összehasonlíthatjuk a 4. ábra szerint, különböző terhelési fokozatokban, a működés optimális értékeinek meghatározásával együtt. A lángkomponensek értékeinek változásából behatárolható a láng hossza s ennek változása a teljesítményfokozatok és terhelések szerint. Mindezek az égő keverési munkáját is jellemzik, amelyhez további tájékoztatást nyújt a láng összetétel-eloszlása a tengelyre merőleges síkokban, az *5. ábra* szerint. Általánosítható következtetés, hogy a lángösszetétel az elméletit megközelítő az égők névleges és túlterhelt állapotában. Kedvezőtlenebb az alulterhelés fokozataiban. A láng hossza a teljesítmény növelésével nő. Az éghető komponensek kiégése 0,15; 0,3; 0,6 méternél fejeződik be az egyes égőknél, a növekvő teljesítmény sorrendjében.

A levegőtényező és a lángösszetétel összefüggését a *6. ábra* mutatja. Az optimális levegőtényező érték az égők növekvő teljesítménye szerint enyhén nő, sorrendben $\lambda = 1{,}04$; 1,06; és 1,08. A kis számértékek egyben az égők jó keverési munkáját is igazolják.

A lánghőmérséklet alakulásáról a *7.* és *8. ábrák* tájékoztatnak, bemutatva a láng hőmérsékleteloszlását az áramlási úthosszon, a lángtengelyben és arra merőleges síkokban, az égők teljesítménye szerint, egy-egy égő változó terhelése függvényében.

Méréseket végeztünk továbbá a gáz nyomásváltozása és a láng jellemzői közötti összefüggés vizs-



3. ábra. A vizsgált földgázégők mért teljesítménye

gálatára. A mérési tapasztalatok azt bizonyították, hogy a láng vizsgált tulajdonságait legerőteljesebben az égő előtti gáznyomás befolyásolja. Ennek változó értékeinél mért hőmérsékleteket és lángösszetételt mutatja a *9. ábra.*

A kemence térnyomás változásának hatását az eltávozó füstgáz összetételére a *10. ábrán* láthatjuk az égők teljesítménye függvényében.

Összegezve a vizsgálatok tapasztalatait, a következőket állapíthatjuk meg az égők jellemzésére:

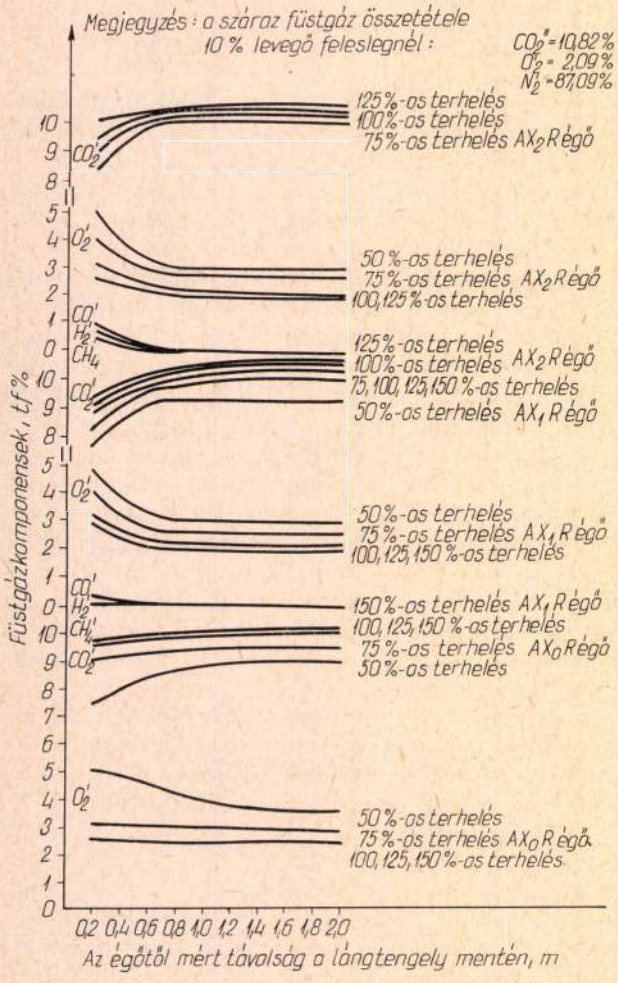
a) teljesítmény adataiknak megfelelnek, a növekvő teljesítmény-fokozatok szerint, növekvő pontossággal;

b) keverési munkájuk jó, az éghető komponensek kiégése a teljesítménnyel növekvő úthosszon zajlik le, fő tömegük az úthossz első félméterén belül kiég, égőnként 0,15; 0,3 ill. 0,6 m hosszon;

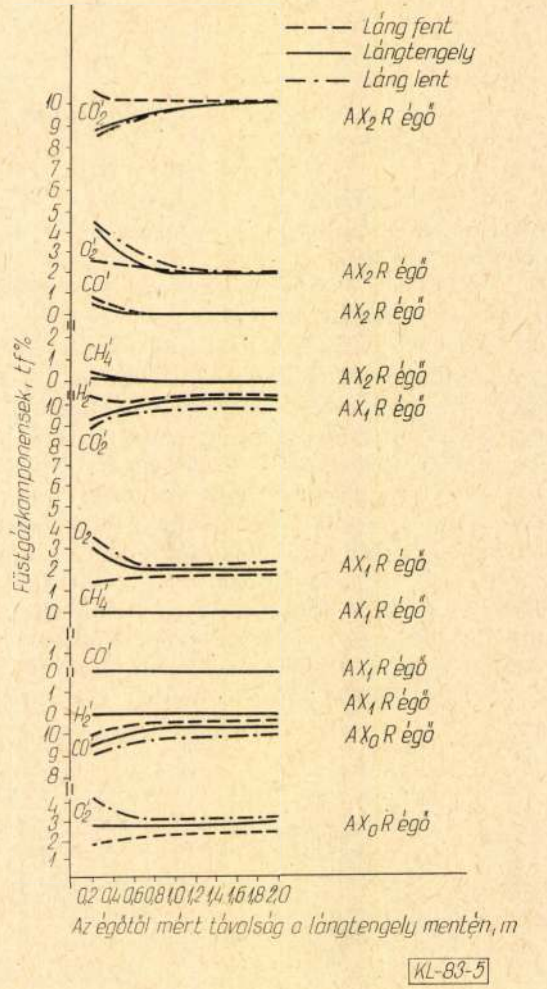
c) az égésviszonyok kedvezőbbek a névleges terhelésnél, valamint a túlterhelésnél és kedvezőtlenebbek az alulterhelésnél;

d) a láng alakja közelítőleg tengelyszimmetrikus, de a nagyobb teljesítményfokozatnál az égőkő közelében gyengén deformált;

e) a láng hőmérséklete max. értékét a jó keverési munka révén az égőhöz közel éri el, az értékre nő az égő előtti gáznyomás növelésével;

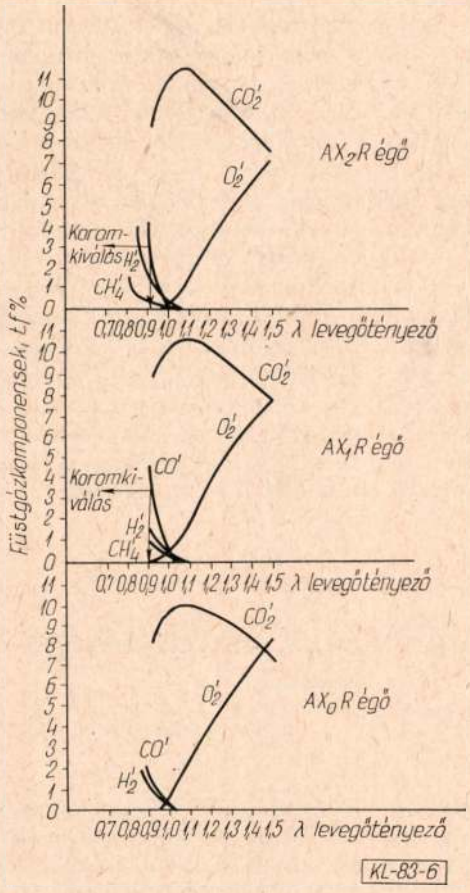


4. ábra. A vizsgált földgázégők lángjának összetétele a lángtengelyben, vízszintes síkban, változó terheléseknél, 10% légfeleslegnél és normál munkatérnyomásnál

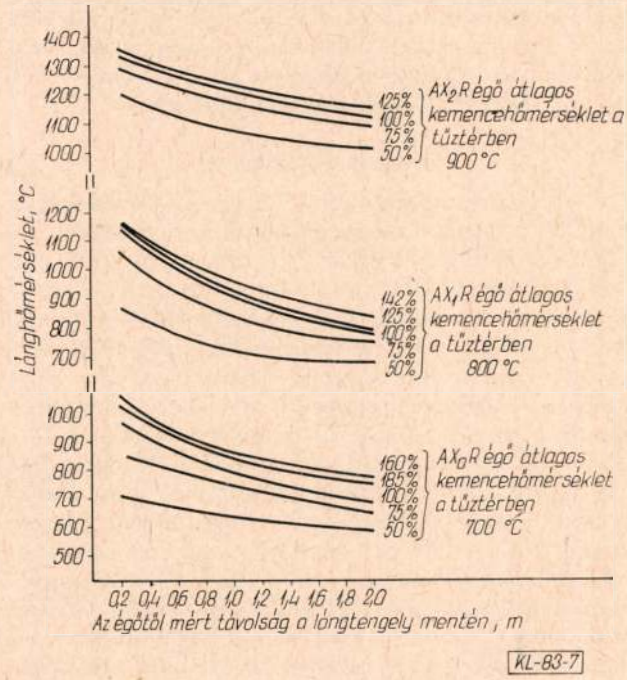


5. ábra. A vizsgált AX földgázégők lángjának összetétele függőleges síkban, névleges égőterhelésnél, 10% légfeleslegnél és normál térnyomásnál

f) a láng hossza a kiégési vizsgálatok alapján — a kilépő közegek relatív sebességkülönbségének azonossága esetén — arányosan nő a teljesítménynyel és csökken a levegőtényező növekedésével;



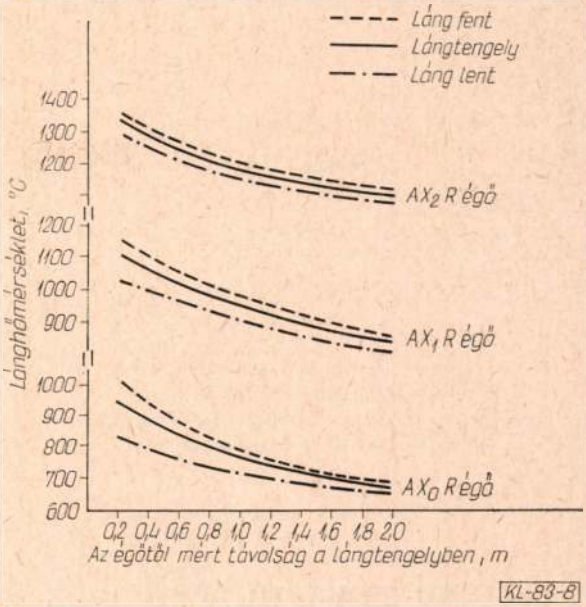
6. ábra. A vizsgált AX földgázégő lángjának összetételváltozása a levegőtényező függvényében, névleges terhelés és normál térnyomás esetén



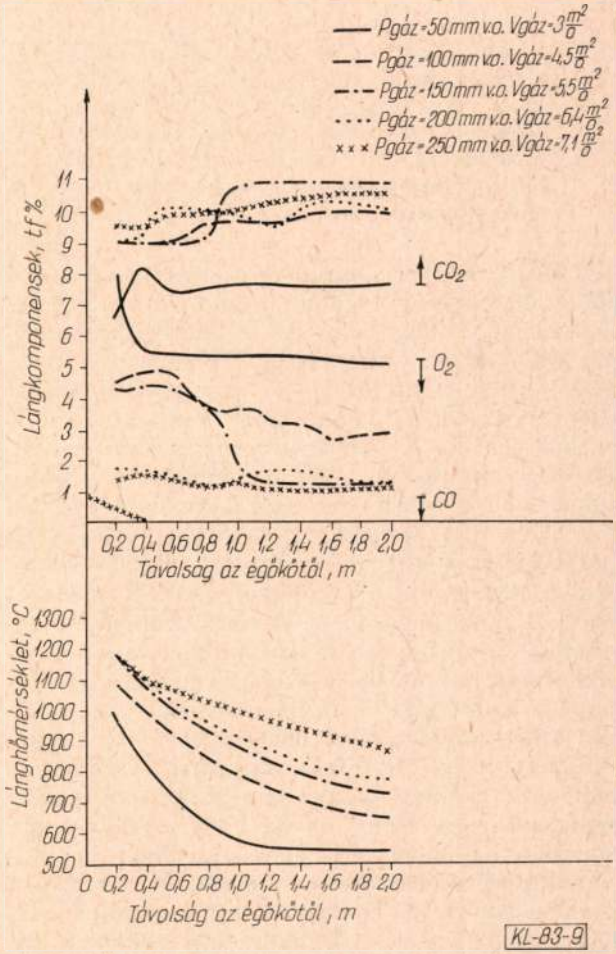
7. ábra. A vizsgált AX földgázégők lánghőmérséklete a lángtengelyben, változó égőterhelésnél, 10% légfeleslegnél és normál térnyomásnál

g) optimális égésviszonyok és legkedvezőbb lángparaméterek 4%, 6%, ill. 8% levegőfelesleggel érhetők el, az égők növekvő teljesítménye szerint;

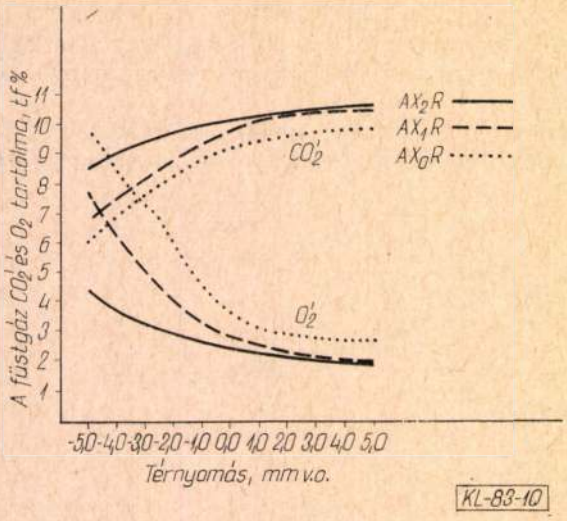
h) a hideg levegőre konstruált égők 350 °C hőmérsékletig előmelegített levegővel kedvezően üze-



8. ábra. A vizsgált AX földgázégők lánghőmérséklete függőleges síkban, névleges égőterhelésnél, 10% levegőfelesleg-nél és normál térnyomásnál



9. ábra. Az AX_1 R égő lánghőmérséklete és -összetétele az égő előtti gáznyomás függvényében



10. ábra. A vizsgált AX földgázégők füstgázkomponenseinek változása a kemence térnyomás függvényében, névleges terhelésnél, 10% levegőfeleslegnél

meltethetők, káros túlmelegedés és nagy hőveszteség nélkül;

i) a levegő előmelegítés hatása a lánghőmérséklet növekedésére kisebb, mint a gáznyomás növelés hatása;

j) a kemence térnyomás változására a gyakorlatban szokásos túlnyomás tartományban nem érzékenyek az égők, az alnyomás tartományban a kis teljesítményűek érzékenyebbek a nagyobbnál.

A vizsgálatok további tapasztalataiból is általánosítható következtetés, hogy a légbefúvásos, útókeverő égők széles szabályozási tartománnyal rendelkeznek, s ennek révén ipari kemencékben előnyösen alkalmazhatók. Szabályozásuknak alsó határa — a lángvisszagyúlás szempontjából — gyakorlatilag nincs. Felső határát a gáz és a levegő rendelkezésre álló nyomásértéke szabja meg. A külön-külön szabályozható gáz és levegő mennyiségi viszonyainak változtatásával a láng egyes paraméterei a technológiai igények szerint szabályozhatók. A gáz kötött hőenergiája égési veszteség mentesen szabadítható fel bennük.

Hazai gyártású acéllemezek direkt-fehérzománcozhatósága

ÉDES JÁNOS — CLEMENT ANDOR okl. kohómérnökök
Vasipari Kutató Intézet, Budapest

DK.: 669.14.018.26:62—473/419

Az egyrétegű fehér zománcozás eljárásai, a kb. 0,1% C-tartalmú acéllemezek zománcozásának problémái. Saját vizsgálatok. A zománcozhatóság megítélésekor a pácolódás sebességén túlmenően a páciszap mennyiségét, a páciszapban levő fázisokat, főként a szabad karbont és az egyes vasoxidokat is figyelembe kell venni.

A *direkt fehér zománcozás* esetében az acéllemez felületére egyetlen vékony, fehér zománcréteget égetnek be. A hagyományos, többrétegű zománcozás külön alap zománcréteggel biztosítja a megfelelő színű és minőségű fedőzománc tapadását a lemezhez. Direkt zománcozáskor egyetlen réteggel kell elérni a jó kötést és a megfelelő esztétikai hatást is. Az utóbbi két követelmény biztosítása különösen a lemezek egyrétegű fehér zománcozásakor nehéz, mert a megfelelő színhatás miatt — ellentétben a színes, egyrétegű zománcokkal — kötőoxidok alkalmazása nem lehetséges. Ezért a direkt fehér zománcozó eljárások egyrészt különleges követelményeket támasztanak a zománcozandó lemezekkel szemben, másrészt maga a zománcozás folyamata is bonyolultabb, többlépcsős művelet. A direkt fehér zománcozás a nehézségek dacára egyre jobban elterjed. A direkt eljárásnál a zománc-, kemencekapacitás- és energiamegtakarítás mellett rendkívül nagy előny az is, hogy a vékonyabb zománcréteg miatt a termékek a mechanikai hatásoknak jobban ellenállnak, a zománc lepattogzásra kevésbé hajlamos. Éppen ezért az egyrétegű zománcozás legfontosabb felhasználási területe hűtőszekrények, különböző főző- és fűtőberendezések gyártását érinti.

A direkt fehér zománcozó eljárásokat két csoportra oszthatjuk. Az egyik csoportba azok az eljárások tartoznak, amelyek dekarbonizált lemezeket (C=0,001—0,008%) használnak fel. A másik csoport eljárásai 0,05—0,1% C-tartalmú lemezeket alkalmaznak. Magyarországon — adottságaink miatt — csak az utóbbi csoportba tartozó eljárás bevezetésére tudunk törekedni. A nagyobb karbontartalmú lemezeket felhasználó eljárások alkalmazásának azonban sem elméleti, sem gyakorlati feltételei nincsenek még teljesen tisztázva.

Irodalmi áttekintés

Több, szabadalmakkal védett eljárást is ismerünk, amellyel nagyobb karbontartalmú lemezeket zománcoznak [1, 2, 3]. Ezek az eljárások olyan előkészítő műveleteket használnak, amelyeknek a segítségével a lemezek jól zománcozhatóvá válnak. Valamennyi eljárásnál a lemezelőkészítés első lépése a zsírtalanítás. Ezután a pácolás következik. A pácoláskor a fényes felületű lemezeket valamilyen savas, leginkább kénsavas páclébe mártják. A 10—15 perces kezelés során a lemezekről 15—50 g/m² anyag oldódik le, ugyanakkor a felületen rendkívül finom eloszlású, iszapszerű réteg marad vissza: a *páciszap*. A lemezek felületén képződő páciszapnak a zománcozás szempontjából fontos szerepe van. Ha letörlik, ha túl kevés, illetve ha túl sok a páciszap, a zománc nem tapad vagy csúnya „feketepontos" lesz. A jó zománcozáshoz szükséges páciszap mennyisége lemezfajtánként különböző. Előfordul, hogy egyes lemezek a legkülönfélébb páciszapképzéssel sem zománcozhatók. A gyakor-

latban a pácidők változtatásán kívül különböző pácadalékokkal próbálják a páciszap képződését kedvezően befolyásolni. A különböző eljárásoknak éppen ezekben a pácadalékokban van a lényegük és féltve őrzött titkuk.

Ismerünk olyan eljárást is, amely két-lépcsős. Először kénsavas, majd salétromsavas pácolást alkalmaznak. A pácképző fürdők után *öblítés*, majd *nikkelezés* következik. Csere-reakción alapuló, mártó fürdős nikkelezés során 1—3 g/m² nikkelt visznek fel a lemez felületére. Nikkelezés után a passziválás, majd a szárítás következik. A zománc felvitelére és a beégetésre csak ezután kerül sor.

A különleges előkezelés dacára sem mindig jól zománcozhatók a különböző lemezek. Lemezek zománcozhatóságában mutatkozó különbségek okai nagyrészt ismeretlenek, mert sem a páciszapképzés során lejátszódó, sem a zománctapadást létrehozó folyamatok nem eléggé tisztázottak. Számos elmélet alakult ki a zománc tapadásának magyarázatára. Mindegyik különböző kémiai és mechanikus kötések variációin alapul. Legismertebb a *Dietzel*-féle elmélet, amely szerint a zománc és az acéllemez között a tapadás mechanikus jelenségekkel magyarázható, de az egymásba fogazódás rögzítő pontjai elektrokémiai reakciók révén jönnek létre [4]. Dietzel szerint az elektrokémiai folyamatokban rendkívül fontos szerepe van a vasoxidoknak. A zománc beégetése során keletkező vasoxidok a zománcban oldódnak és csökkentik a lemez és a zománc közötti felületi feszültséget, ezáltal biztosítják a jó nedvesítést. A lemez felülete feldurvul, lehetőséget adva a zománc mechanikus megtapadására. Direkt fehér zománcozáskor főleg a beégetés során képződik vasoxid. A többrétegű zománcozáshoz használatos kötőoxidokat — a fehér színhatás biztosítása érdekében — nem lehet alkalmazni. A zománcrétegtől nem csak a jó tapadást, hanem a megfelelő esztétikai hatást biztosító szép felületet is megkívánják. Külön-külön a jó kötést és a megfelelő felületet is el lehet érni majdnem minden lemeznél. Mindkét követelmény egyidejű kielégítése már nem mindig sikerül. Ennek az az oka, hogy a kötést létrehozó reakciók és az általuk okozott gázfejlődés „feketepontosságot" vagy „tűlyukacsosságot" eredményeznek, ami a felületet rontja.

A zománcozó üzemek természetesen nem hagyatkoznak a véletlenre a zománcozásra kerülő lemezek kiválasztásakor. Megfigyelték ugyanis, hogy a szokásos, sajtolható illetve mélyhúzható minőségű acél összetételi előírásainak megfelelő lemez csak akkor zománcozható jól, ha kielégíti a „gyorspácolhatóság" kritériumait is. Ez annyit jelent, hogy a páciszapot képző fürdőben meghatározott, pl. 30 g/m² mennyiségű vasat megfelelően rövid idő alatt lehet oldani. A leoldott mennyiséget és a pácolási időt illetően az egyes zománcozási eljárásoktól és a kérdéssel foglalkozó szerzőktől függően eléggé eltérő adatokkal találkoztunk. Sokan foglalkoztak a páclében való oldódás gyorsaságának, a pácsebességnek és a lemez egyéb jellemzőinek kapcsolatával [5—8]. A hivatkozott munkák csak az acéllemez kémiai összetételének a hatását tárgyalják, és egyetlen döntő megállapításuk az, hogy az acélban szennyezőként előforduló *réz* csökkenti a pácsebességet. Magával a pácolás folyamán keletkező páciszappal meglepően keveset foglalkoztak, annak ellenére, hogy csaknem mindegyik zománcozhatósággal foglalkozó munka a páciszap jelenlétét feltétlenül szükségesnek tartja. Az egyetlen említésre méltó elképzelés Dietzel-től származik [9]. Szerinte a páciszapban a réz a leglényegesebb alkotó. A réz egy adott mennyisége elősegíti a nikkel gyorsabb leválását a későbbi nikkelező fürdőben, és így lehetővé teszi a jobb kötést. Dietzel e megállapítása a zománcozók körében heves ellenkezést váltott ki, mert a tapasztalat azt bizonyítja, hogy a réz a zománcozhatóság szempontjából káros szennyező.

Saját vizsgálatok és következtetések

Vizsgálataink célja a hazai előállítású acéllemezek direkt fehér zomoncozhatóságának javítása volt Az eddigi gyakorlat alapján először a pácsebesség és a gyorspácolhatóság, valamint az acéllemez egyéb jellemzői közötti kapcsolattal foglalkoztunk. A hazai előállítású, ötvözetlen acélból gyártott finomlemezek (MSZ 23) pácsebessége ugyanis az irodalomban megtalálható kívánalmakkal ellentétben kicsi volt. Számos kísérletet végeztünk annak érdekében, hogy felderítsük az acél összetételének, a finomlemez gyártási technológiájának, azaz a meleghengerlés hőmérsékletének, a lehűlésnek, a hidegalakítás mértékének, a lágyítás jellemzőinek a hatását a pácsebességre.

Az acél összetétele és a pácsebesség közötti kapcsolat tekintetében a már említett irodalmi megállapításokkal lényegében megegyező eredményeket kaptunk. A hazai finomlemezek kisebb pácsebességéért a nagyobb réztartalom a felelős. A lemezgyártási technológia hatása kétségtelen, de az egyes technológiai tényezők változásával rosszul pácolódó anyagból jól pácolódót nem lehet gyártani.

A direkt fehér zománcozással foglalkozó szakirodalom, a zománcozási gyakorlat, valamint saját tapasztalataink a pácolás és a páciszap szerepének tisztázására ösztökéltek. Kísérleteink és az ezekkel párhuzamos a LAMPART-Művekben végzett zománcozási kísérletek alapján ugyanis arra a megállapításra jutottunk, hogy a gyors pácolhatóság és a jó zománcozhatóság között nincs egyértelmű kapcsolat.

A páciszappal kapcsolatos vizsgálatoknak a középpontba való kerülését az is indokolja, hogy a zománcozás lényegében a lemez felületén megy végbe. Így a lemezek zománcozhatóságát a pácfürdőben képződő páciszap, valamint a páciszap alatti lemezfelület sajátságai határozzák meg. Ezek a sajátosságok pedig egyrészt a lemeztől, másrészt a pácolás jellemzőitől, a pácsavtól, a pácadalékoktól, a pácolás egyes lépcsőinek részleteitől függnek.

A páciszap zománcozásban betöltött szerepének tisztázása érdekében széles körű és a vizsgálati módszerek tekintetében is újszerű vizsgálatokat végeztünk [10]. Eredményeinket az egyrétegű fehér zománcozás szakirodalmának és a szakirodalomban található zománctapadási elméleteknek a tükrében nézve a következő megállapításokra jutottunk:

A pácolás sebessége

Az egyes acéllemezek pácolódási sebességének nagyságát a kémiai összetétel, a lemezekben jelenlevő fázisok aránya és eloszlása, valamint bizonyos mértékben a zárvány- és gáztartalma határozza meg. Tekintettel arra, hogy a zománcozáskor szóbajöhető finomlemezek általában az egész világon közel azonos gyártástechnológiával készülnek — legalábbis a leöntésüket követően —, az acélban levő fázisokat, és azok eloszlását is alapvetően a kémiai összetétel határozza meg. Szerepet játszhat azonban az acélgyártási és leöntési mód is, elsősorban az acélok gáz- és zárványtartalmára való tekintetben. Különösen fontos szerepet játszanak az acélnak a vasnál nemesebb szennyezői. Akár egész kis mennyiség esetén is jelentős lehet a hatásuk. A jól pácolódó lemezanyagra pontos összetételi előírást nagyon nehéz megadni, különösen azért, mert az egyes alkotók, esetleg fázisok egymásra is hatnak, és ezért hatásukat külön-külön nem is lehet felderíteni.

Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a pácoldás sebességére a legnagyobb hatást kifejtő szennyezők a réz és foszfor. Kénsavas pácolás esetén a réztartalom növekedése csökkenti a pácoldás sebességét. A foszfortartalom növelése viszont rendkívül erősen növeli a pácolódás sebességét.

A réznek a pácolódás sebességét csökkentő hatása azzal magyarázható, hogy a rezet, mivel a hidrogénnél nemesebb, a kénsav közvetlenül nem tudja oldani. Másrészt, mivel a réz a vasnál is nemesebb, a kristályhatárokon levő rézszemcsék körüloldódása után a réz a lemez felületén kicementálódik, és így a lemez alapanyagának a további oldódását nagymértékben akadályozza.

A foszfornak a pácolódási sebességet növelő hatása a rézre gyakorolt hatására vezethető vissza. Ha ugyanis a foszfor a kénsavban nem oldódó zárványokon kívül feleslegben is jelen van, akkor a pácolás folyamán foszforossav keletkezhet. A foszforossav pedig az előbb említett, kicementálódott rezet oldhatatlan komplex vegyület formájában megköti, és annak további pácolódást gátló hatását kiküszöböli, vagy legalábbis csökkenti.

Ugyanezt a hatást a páclébe adagolt foszforsavval is el lehet érni. Tekintettel arra, hogy az acél foszfortartalmának növelése a mechanikai tulajdonságok, különösen a sajtolhatóság romlását okozza, az utóbbi megoldás a célszerűbb nagy réztartalmú anyagok pácolásakor.

A karbon szerepét tisztázó kísérleteink azt is megmutatták, hogy a karbonnak a vizsgált 0,03—0,12%-os határok között alig van hatása a pácolás sebességére.

A kénsavas pácoláskor keletkezett páciszap

Sikerült megállapítanunk, hogy a kénsavas páciszap zömét Fe_3C alkotja. Kiderült az is, hogy a zománcozhatóság szempontjából igen fontos tényező a képződő páciszap mennyisége is, amelyet egyértelműen a pácolt lemez karbontartalma határoz meg.

A lassan pácolódó anyagok hosszab ideig tartó pácolása azért káros, mert a pácolási idő növelése lehetővé teszi az Fe_3C bomlása révén szabad karbon, grafit keletkezését.

Valószínűleg a páciszapban levő vaskarbidból jönnek létre a zománctapadás szempontjából hasznosnak tartott, alacsonyabb értékű vasoxidok.

Páciszap vizsgálataink azt mutatják, hogy a páciszapban gyakorlatilag mindig benne van a leoldott lemezréteg teljes Cu-tartalma. Ez valószínűleg önmagában (hacsak nem ér el nagyon nagy mennyiséget) nem káros.

A salétromsavas utánpácolás hatása

A salétromsavas utánpácolás az Fe_3C karbontartalmának oxidációja révén csökkenti a páciszap karbontartalmát. Az utánpácolás ezenkívül a réz feloldásával további páciszapmennyiséget és bemaródást hozhat létre.

Megállapítottuk, hogy a salétromsavas utánpácolás idejének rövidnek kell lennie, azaz, csak a szükséges reakciók lezajlásához szabad időt engedni. A kétvegyértékű vasat ugyanis oxidálva, növekszik a páciszapban az Fe_2O_3 hányada, amely pedig a vasxidok közül a legkevésbé segíti elő a zománc nedvesítését.

A hazai gyártású finomlemezek egyrétegű fehér zomoncozhatóságának feltételei

Lemezgyártó üzemeink a kevés selejttel járó üzemszerű zománcozást elsősorban egyenletes minőségű, egyenletes összetételű lemez szállításával tudják elősegíteni. A zománcozhatóság szempontjából kritikusnak bizonyult alkotókat (C, Cu, P, esetleg Cr, és Ni) közel azonos értéken kell tartani. Várhatóan fontos lesz, hogy a karbontartalom a 0,08%-ot és a réztartalom a 0,10%-ot ne haladja meg. Lényeges, hogy a zománcozó üzemek ne csak a pácolódás sebességére hagyatkozzanak a lemezek zománcozhatóságának megítélésekor, valamint a zománcozási technológia és annak előkészítő műveletei előírásakor. Figyelemmel kell kíséri a pácolás egyéb jellemzőit, a páciszap mennyiségét, a páciszapban levő fázisokat, elsősorban a szabad karbont és az egyes vasoxidokat.

IRODALOM

[1] *Butter, H.:* Zománcipari Konferencia előadásai, Kecskemét (1965).

[2] *Immel, W.:* Blech (1969) 276.

[3] *Hill, W.—Tickle, F.:* 1.096.709. sz. NSZK szabadalmi leírás.

[4] *Moran, R.:* Sprechsaal für Keramik, Glas Email Silikate (1965) 271.

[5] *Johns, D. W.:* British Corrosion Journal (1965) 87—88.

[6] *Clay, D. B.:* Ceramic Age (1967) 32.

[7] *Beier, E.:* Blech (1967) 150.

[8] *Galcsó I.:* Zománcipari Konferencia előadása Kecskemét (1965).

[9] *Dietzel, A.:* Mitteil, des Vereins Deut. Emailfachleute (1968) 27.

[10] *Édes J.—Clement A.:* A Vasipari Kutató Intézet 8—4—177/72. sz. kutatási jelentése.

Acélok melegkeménységének mérése

BACSKAI ANTAL — TAKÁCS SÁNDOR okl. gépészmérnökök
Vasipari Kutató Intézet, Budapest

DK.: 669.14.018.25 : 620.178.156

A melegkeménység mérése gyors és hasznos módszer az acélok nagyobb hőmérsékleten tapasztalható tulajdonságainak vizsgálatában. A Vasipari Kutató Intézetben egyszerű, célgép jellegű berendezés készült, amellyel szerszámacélok melegkeménységének és szerkezeti acélok öregedési jelenségeinek mérésére került sor.

Melegkeménységet hazánkban alig mérnek, pedig a szakirodalom tanúsága szerint az ilyen vizsgálat többféleképpen, jól hasznosítható. Az egyik legismertebb alkalmazás az öregedési jelenségek tanulmányozása; egy másik terület a nagyobb hőmérsékleten igénybevett acélok mechanikai tulajdonságainak gyors meghatározása, becslése. Ez utóbbi esetben célszerű kiegészítő vagy helyettesítő vizsgáló eljárásként jöhet szóba melegszakító és kúszásvizsgálat mellett, valamint a szerszámacélok hőkezelési és üzem közbeni viselkedésének tanulmányozásakor.

Az alkalmazás természetes feltétele, hogy alapos kutató munkával előbb meg kell határozni a melegkeménység és melegszakítási jellemzők, a melegkeménység és a kúszási jellemzők közötti korrelációs kapcsolatokat. A szerszámacélok és az öregedési jelenségek vizsgálatakor az alkalmazás viszonylag egyszerű és gyors, nem igényel különösebben bonyolult készüléket. Az első eredményeinket így ezekkel a problémákkal kapcsolatban értük el.

A melegkeménységmérő berendezések

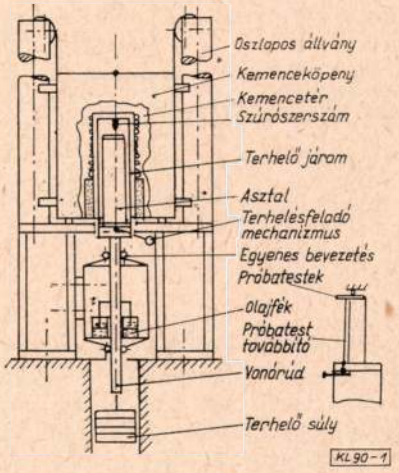
A közismert, szabványosított keménységmérő eljárások (HB, HV, HRC) mindegyikének van melegkeménységmérési változata. A legegyszerűbbnek látszó vizsgálati lehetőség az, ha a szobahőmérsékleti mérésre használt keménységmérő gépre megfelelő hevítő berendezést szerelnek. A megoldásnak szembetűnő hátránya, hogy nagyon körülményes a gép biztonságos szigetelése a hevítő rendszer hőhatásától.

A szakirodalomból ismeretes keménységmérő berendezések némelyike (például az IRSID-é) igen bonyolult és költséges. Ennek oka az egyetemes alkalmazhatóságra való törekvés. A berendezések mérési hőfoktartománya nagy, például 20—1200 °C közötti. A terhelés nagysága és időtartama is széles határok között szabályozható, változtatható. Ilyen berendezésre van szükség a kúszási és a melegkeménységi értékek közötti korrelációs kapcsolat kutatásában. Éppen e kapcsolat említésekor kell felhívni a figyelmet arra, hogy mennyire fontos minden mért melegkeménységi értéknél a terhelő erőn kívül a terhelés időtartamának megadása is.

Az utóbbi években a kereskedelemben is megjelentek főként német és japán melegkeménységmérő gépek. A legtöbb kutatóhelyen mégis házi kivitelezésű gépekkel mérnek. Intézetünkben szintén házilag készítettünk melegkeménységmérő berendezést.

Melegkeménységmérő gépünk

Mivel célunk elsősorban az öregedési jelenségek, valamint a szerszámacélok melegtulajdonságainak vizsgálata volt, egyszerű, olcsó célgép jellegű berendezést készítettünk. A gép vázlatát az *1. ábra* szemlélteti. A mérendő próbatesteket a kemenceköpeny felemelése után helyezzük a merev, több helyzetbe állítható tárgytartó asztalra. Ezután a kemenceköpenyt visszaeresztve a kemencetér felfűthető, miközben semleges védőgáz (argon, vagy nitrogén) öblítéssel megfelelő védő atmoszférát biztosítunk a kemencetérben hevített próbatest számára. Szabályozott lehűtés megvalósításában szintén jelentős a védőgáz szerepe. A hőmérsékletet a próbatest és az asztal érintkezési pontján mérjük.



1. ábra. Melegkeménységmérő gép szerkezetének vázlata

A vizsgálati hőmérséklet elérése után — excenter elfordításával — a beállított terhelő súly a Vickers-gyémánt szúrószerszámot a próbatestbe nyomja. A terhelés sebességének nagyságát és állandóságát a vonórúdra szerelt olajfék biztosítja.

A kívánt terhelő erő súlyok felrakásával állítható be. Terhelési határértékek 10 és 65 kp (98 és 637 N). Újabb szúráshoz a próbatest a továbbító szerkezettel mozdítható el. Ez a szerkezet lehetővé teszi, hogy egy próbatesten több szúrást, illetve több próbatesten több szúrást végezhessünk egy-egy hevítési ciklus alatt. A terhelés időtartama minden mérésnél 30 másodperc.

A szúrószerszám szokásos, Vickers-féle keménységmérő gyémánt. Tapasztalataink szerint ennek foglalata kb. 600 °C-ig megfelelő merevségű. Ez egyelőre a felső hőmérsékleti határt is jelenti méréseinknél. A nagyobb hőmérsékleten is megfelelő foglalatú gyémántszerszám beszerzése folyamatban van.

A melegkeménységmérés pontossága

Vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy az egy-egy próbatesten, azonos hőmérsékleten mért húsz keménységérték közül a legnagyobb és a leg-

kisebb különbsége körülbelül 20 HV. A szórás tehát nem nagyobb a szobahőmérsékleten végzett mérés szórásánál.

A melegkeménység mérésekor 250—550 °C-on ejtett Vickers lenyomatokat szobahőmérsékleten, mérőmikroszkóp alatt értékeljük, ezért szükségessé vált a hőtágulás, illetve a zsugorodás okozta mérési hiba megállapítása. Ilyen célú vizsgálatainkhoz hét gyorsacél minőségből, különböző használatos edzési és megeresztési paraméterekkel, 14-féle próbatestet készítettünk. Próbatestjeink 20—650 °C hőmérséklettartományban mért hőtágulási együtthatója $0{,}984 \cdot 10^{-5}$—$1{,}23 \cdot 10^{-5}$ l/°C között változott. A két szélső értékkel kiszámítottuk a Vickers-lenyomat átlójának zsugorodásából adódó, a szobahőmérsékletű leolvasás okozta keménységmérési hibát 10 és 30 kp-os (98 és 294 N) terhelés esetére. Természetesen ez a hiba a legnagyobb lenyomatátlót adó, esetünkben előforduló legkisebb melegkeménység érték (500—550 HV) esetében a legjelentősebb. Eredményeinket az *1. táblázatban* foglaltuk össze.

1. táblázat

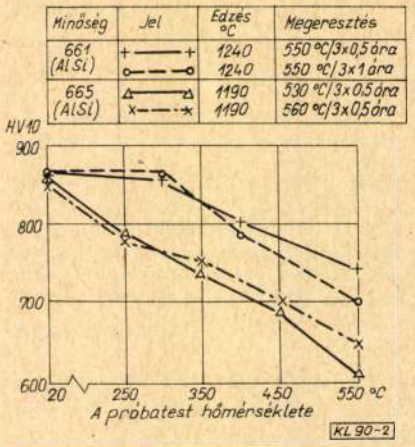
A szobahőmérsékleten mért keménység, HV		A zsugorodás okozta leolvasási hiba, ΔHV	
		$0{,}984 \cdot 10^{-5}$ l/°C	$1{,}23 \cdot 10^{-5}$ l/°C
HV 10	500	5	5
	550	6	6
HV 30	500	6	6
	550	5	7

A táblázatból kitűnik, hogy a Vickers-lenyomatok szobahőmérsékletű mérése következtében 5—7 HV-vel keményebbnek minősítjük az anyagot, mint amilyen az valójában a mérés hőmérsékletén volt. Ezt a kiértékelési lehetőségeinkből adódó, állandó hibát sem a terhelő erő szokásos nagysága (10—30 kp), sem a hőtágulási együttható különbözősége nem befolyásolja lényegesen.

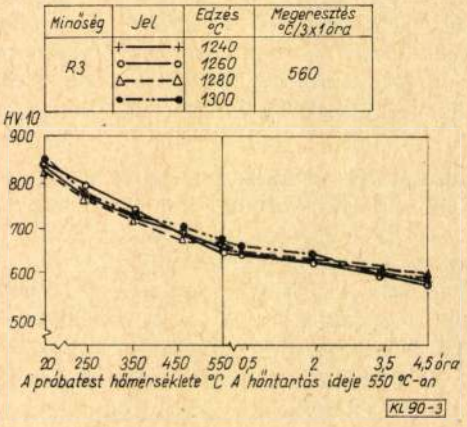
Néhány acél melegkeménysége

Intézetünkben a legtöbb melegkeménységmérést gyorsacélokon végeztük. A szerszámacélok mechanikai tulajdonságai közül a szerszám üzemelési hőmérsékletén mért keménység, azaz a melegkeménység egyike azoknak, amelyek a kopási jelenségen keresztül nagymértékben befolyásolják a melegalakító vagy forgácsoló szerszámok éltartamát, élettartamát. Vizsgálatainkra több, hazánkban használatos gyorsacél minőség tulajdonságainak komplex vizsgálatával került sor.

Fontos körülmény, hogy a melegkeménység még azonos szobahőmérsékleti keménység esetén is változhat gyorsacél minőségenként, valamint az egyes minőségek különböző összetételű adagjainál is. Az edzési és megeresztési hőmérsékletek, valamint a hőntartási idők a szövetszerkezeten keresztül szintén hatnak a gyorsacél melegkeménységére. Következésképpen a különböző minőségek és ezek sokféle hőkezeltségű változata, csak igen sok mérés, elemzés alapján rangsorolható melegkeménység szempontjából. Eddig többnyire olyan próbatesteket vizsgáltunk, amelyek hőkezelési paraméterei más vizsgálatok (keménységmérés, hajlítószilárdságmérés stb.) eredményei szerint kedvezőek.



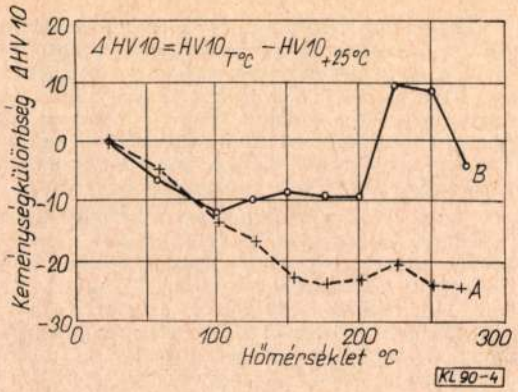
2. ábra. Különböző minőségű és hőkezelési állapotú próbatestek keménységének változása a vizsgálati hőmérséklet függvényében



3. ábra. Az R3 minőségű gyorsacél keménységének változása a vizsgálati hőmérséklet és hőntartási idő függvényében

Mint a *2. ábrán* látható, két gyorsacél minőségből, különböző paraméterekkel hőkezelt próbatestek keménysége — szobahőmérsékleten mérve — gyakorlatilag azonos volt. Az anyagok összetételéből, illetve a hőkezelési körülményekből adódó szövetszerkezeti különbségek következtében a meleg állapotban mért keménységek már lényegesen különböznek. A különbözőség az élettartamban bizonyára szintén kifejezésre jut.

A *3. ábrán* a közismert R3 minőségű gyorsacél különböző hőmérsékletekről edzett és azonos módon megeresztett próbatestjein mért melegkeménységi értékeket mutatjuk be. Látható, hogy a hőkezeltségi állapot nem befolyásolta lényegesen a melegkeménység változását. Ez a minőség egyébként is a hőkezelési paraméterekre kevésbé érzékeny gyorsacélként ismert. A forgácsoló szerszám élének kb. 550 °C-os hőmérsékletére hevítve, az R3 gyorsacél keménysége kb. 200 HV értékkel csökken a szobahőmérsékleti állapothoz képest. Ezen a hőmérsékleten több óráig izzítva az acélt, a keménység 4,5 óra alatt kb. 50—70 HV-értékkel csökkent. A különféle gyorsacélok melegkeménységét általában az itt ismertetett módszer szerint mértük.



4. ábra. Lágyacélok öregedésének vizsgálata melegkeménységméréssel

A *Cottrell*-elméleten alapuló öregedési mechanizmus gyakorlati tanulmányozására az acélban intersticiósan oldódó elemek közül a *nitrogén* hatását vizsgáltuk. Kísérleti anyagként 37 D (MSZ 6280) minőségű csillapított, alumíniummal kezelt szénacélt *(A)* és laboratóriumban gyártott, a szokásosnál nagyobb nitrogéntartalmú acélt *(B)* választottunk. Mérési eredményeinket a hőmérséklet függvényében a *4. ábrán* mutatjuk be. Az ábrán a szobahőmérsékleten mért keménységhez viszonyított különbségeket ábrázoltuk. A *B* jelű acél görbéjén 230—250 °C-on jelentkező +10 HV maximum a nitrogén hatását jól mutatja. Ha ezen a hőmérsékleten végezzük a mérést, az idő függvényében 0,5 óráig további keménységnövekedést tapasztalunk, majd a keménység csökken. Az öregedésre hajlamos gyakorlati lágyacélok is hasonlóképpen viselkedtek.

IRODALOM

[1] *Barna Gy.—Éles L. és társai:* Korszerű molibdénes gyorsacélok gyártása és felhasználása. Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1969.

[2] *Rabbe, P.—Pomey, G.:* The IRSID Hot Hardness Testing Machine. Material Research and Standards **9** (1969) 26—28.

[3] *Rabbe, P.—Pascal, P.—Matthos, P.:* Emploi de la durete a chaud pour caracteriser la tenne a shaud des aciers speciaux. Revue de Metallurgie, Memoires Techniques **66** (1969) 253—262.

[4] *Sekiya, S.—Fukushima, Y.:* On Hot Hardness Testing Journal of the Faculty of Engineerung, University of Tokyo XXXI. (1971) 75—82.

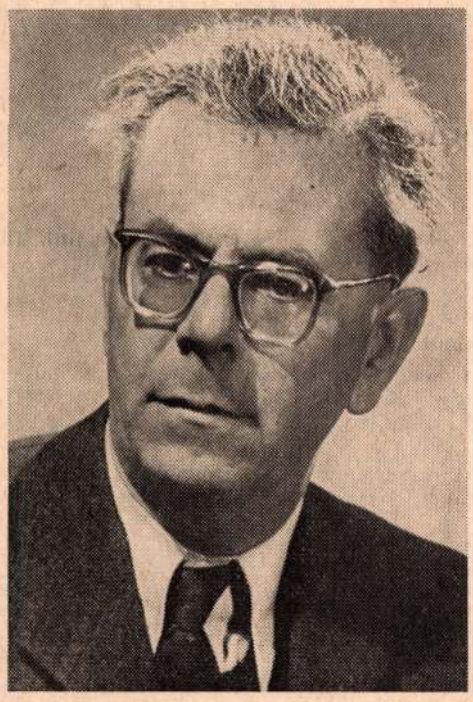
[5] *Talanov, P. I. és társai:* Usztanovka dlja zamera tverdoszti szplavou pri viszokik temperaturah. Zavodszkaja Laboratorija XXXV. (1969) 358—360.

Köszöntő

Dr. Verő József akadémikus 70 éves

Január 26-án ünnepli a kohászat társadalma és köztük elsősorban volt hallgatói, egyesületünk tagjai dr. Verő József akadémikust 70. születése napja alkalmából.

Verő József 1904-ben Sopronban született és a Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskolán ugyanitt szerzett 1926-ban kitűnő minősítésű vaskohómérnöki oklevelet. 1933-ban a kohómérnöki tudományok doktorává avatták a hazánkban tartott első kohómérnöki doktoravatáson, a hazai és külföldi szakkörökben már akkor is széles körben figyelmet keltett tudományos kutató munkája elismeréseképpen.



Már kohómérnöki oklevelének megszerzésekor tanársegédként működött a Főiskolán, a Vaskohászattani Tanszéken, majd rövid egy évi működés után 1927—1928-ban mint állami ösztöndíjas a Collegium Hungaricum tagjaként a berlini Műszaki Főiskolán metallográfiai és anyagvizsgálati tanulmányokat folytatott. Hazatérve azonnal megbízást kapott a soproni Főiskolán a Metallografia és a Fémek technológiája c. tárgyak előadására. Ettől kezdve 1968-ig 40 éven át Sopronban és 1952-től Miskolcon a kohómérnök hallgatók generációival ismertette meg az egyik legfontosabb alapvető kohászati szaktárgyat. Az Alma Maternek mind Sopronban, mind Miskolcon egyik legnagyobb tisztelettel övezett professzora volt és maradt mai napig volt tanítványai körében. Született pedagógusként a kohómérnök hallgatókkal szinte kivétel nélkül sikerült megszerettetnie a szakmát, a kohászatot. A mérnöki tudomány szépségét a logikusan felépített előadásaiból ismertük meg, ugyanakkor az önálló gondolkodást is tőle tanultuk. Mindehhez járult a jóakaratot sugárzó magatartása, amit minden hallgatója ösztönösen megérzett.

1934-ben lépett elő adjunktussá, majd 1935-ben egyetemi magántanárrá habilitálták. 1940-ben egyetemi intézeti tanárrá, 1943-ban egyetemi nyilvános rendkívüli tanárrá, végül 1947-ben egyetemi nyilvános rendes tanárrá nevezték ki. Közben változatlanul oktatta a fémtechnológiát és metallográfiát, vezette a régebben Fémtechnológiainak, majd Metallográfiainak nevezett tanszékét. Egy cikluson át, 1949—1952 közt a dékáni tisztet is ellátta.

A Magyar Tudományos Akadémia 1947-ben levelező, 1949-ben pedig rendes tagjává választotta.

Tudományos kutatásait 140 önálló dolgozatban adta közzé. Lapunkban rendszeresen ír, legtermékenyebb cikkíróink közé tartozik. Szakmaszeretetére jellemző, hogy a legjelentősebb cikkeit lapunkhoz küldte be közlés céljából. Elég korán felfigyelt a műszaki nyelvünk fejlesztésének szükségességére is. Az első nyelvművelő, cikkeit, rendszerező, logikus fejtegetéseit szintén lapunkban tette közzé és javaslatai alapján számos szakkifejezést fogadott el és használ a szakma. Ezt a tevékenységét ugyanúgy szívügyének tekintette,

mint a fémtan művelését, ezt mutatja az is, hogy az MTA Dr. Lőrincze Lajos vezetése alatt működő Anyanyelvi Bizottságában is rendszeres munkát vállalt. Ezt a munkáját is elismerés és siker koronázta.

Az egyetemi jegyzeteken kívül, amiket volt hallgatói az üzemekben még évtizedek múltán is kézikönyvként használnak, 13 jelentősebb szakkönyvet is írt. Ezek mindegyike igen rövid idő alatt elfogyott és nem egyet több kiadásban jelentettek meg. Szakkönyvei iránt külföldről is nagy érdeklődés mutatkozik. Könyveiben nagyrészt az egyre korszerűsödő, bővülő fémtani ismereteket foglalta össze és jellemző, hogy az iparban a nem kohászati végzettségű szakemberek is ezekből merítik alapvető fémtani ismereteiket és könyvespolcaikon a Verő-kötetek mindenütt megtalálhatók. A Vaskohászati Enciklopédia sorozatban megjelent kötetben pedig már a szűkebb értelemben vett fémtani területen kívül szinte az egész kohászati technológiát feldolgozta, rendszerezte és fémtani alapokon új megvilágításba helyezte.

A fémek és ötvözetek tudománya az eltelt fél évszázad alatt óriási fejlődésen ment keresztül, az eredetileg leíró jellegű metallográfiából, fokozatosan fizikai-kémiai alapokon nyugvó fémtanná, fémfizikává fejlődött, egyben a kohászati tudományok egyik segédeszközéből minden kohászati technológia alapjául szolgáló, annak elméleti alapjait feltáró tudománnyá vált.

Ennek a fejlődési folyamatnak Verő József nemcsak munkatársa volt, hanem kezdeményezőjévé, vezetőjévé vált. Világosan és tisztán felismerte, megértve kora műszaki tudományának fejlődési irányát, hogy a metallográfia oktatása nem lehet öncélú; annak szerepe, jelentősége ebben az időszakban az, hogy a különböző technológiák fejlődését segítse elő, mögöttük meghúzódó empirikus összefüggések tisztázása révén. A megfigyelések, tapasztalatok alapján kialakult technológiák lejátszódó folyamatok megértése és megértetése alapján képzelhető el, ezeket a jelenségeket csak fizikai alapokon lehet értelemzni. Így alakult ki a nemzetközi fejlődéssel egyidejűleg a metallográfiából a fémek és ötvözetek tudománya, a Verő József ajánlotta elnevezéssel, a fémtan.

1945 után éveken át a Csepel Vas- és Fémművekben szakértőként működött. 1952-től a Vasipari Kutató Intézet igazgatója.

Szinte a semmiből szervezte meg és építette ki az eredményes tudományos munkát végző, egyidejűleg a termelő üzemek gyakorlati problémáinak megoldásában is egyre inkább több segítséget nyújtó kutatóintézetet. Az Intézetben az elmélyült tudományos munkához szükséges légkört sikerült biztosítania és az eddigi tudományos eredményeik, valamint kutató hajlamuk alapján kiválogatott, kohászatunk méreteihez viszonyítva kezdetben igen kislétszámú kutató gárda részére. A sokkal korábban szervezett és nagylétszámú külföldi kutatóintézetek színvonalát az Intézet rövid idő alatt elérte és nemzetközileg is elismert nevet szerzett. Az Intézetben lehetővé tette számos fiatal kutató szakmai fejlődését, képességeik kibontakoztatását, és jelentős tudományos eredmények elérését.

Oktató, nevelő és tudományos munkásságát társadalmunk számos elismeréssel, kitüntetéssel honorálta. 1949-ben és 1958-ban Kossuth-díjjal, 1951-ben a Népköztársasági érdemrenddel, 1956-ban Munka Érdeméremmel, 1964-ben és 1969-ben a Munka Érdemrend arany fokozatával tüntették ki. A Magyar Mérnök- és Építészegylet 1942-ben aranyéremmel, Egyesületünk 1957-ben Wahlner Aladár aranyéremmel, a KGM Vaskohászati Igazgatósága 1958-ban Fazola Henrik éremmel fejezte ki elismerését. Az Oktatásügy Kiváló Dolgozója 1954-ben, a Kohászat Kiváló Dolgozója 1973-ban lett.

Számos közéleti tisztséget tölt be, a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományos Osztálya vezetőségének tagja, az Akadémia Fémszerkezettani Bizottságának (illetve annak jogelődeinek) 1950 óta elnöke. Ezeken kívül még számos állandó jellegű, tudományos, tudomány-szervező és társadalmi bizottságnak elnöke vagy tagja.

Egyesületünknek 1928 óta — 45 éve — aktív tagja, 20 éven át — 1952—1972 közt alelnöke, 1972 óta tiszteleti tagja.

Több, mint negyven éves egyetemi oktatói tevékenysége során kohómérnökök százait oktatta s nevelte, tanította a fémek és ötvözetek tulajdonságainak ismeretére, vizsgálataik módszereire. Kutatói tevékenységét szakcikkein és szakkönyvein kívül számos külföldön és itthon tartott előadásban összefoglalva adta át a műszaki tudományokkal, a kohászati iparral foglalkozó szakembereknek.

Verő Józsefre mint tudományos kutatóra, s mint egyetemi professzorra egyaránt jellemző, hogy munkásságában minden problémának, részletnek vizsgálata, oktatása a nagy egészet, a kohászati tudományokat szolgálta, szolgálva ezzel egyben a magyar kohászatot, hazáját, az egész társadalmat. Ezzel a mentalitással vált a magyar kohászat vezető szakmai tekintélyévé, akit büszkén vall minden kohász tanító mesterének.

70. születésnapján Egyesületünk vezetősége és tagsága, Lapunk szerkesztősége nagy szeretettel köszönti, ezúton kíván töretlen jó egészséget, további sok sikert és

jó szerencsét!

(KM—ÓA)

Az OMBKE új emlékérmeinek ismertetése

„Szentkirályi Zsigmond Érem" alapítólevele és adományozásának rendtartása

I.

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Szentkirályi Zsigmond emlékének megörökítésére érmet alapít. Az érem alapítását a 62. Közgyűlés határozta el 1972. április 22.-én.

II.

A „Szentkirályi Zsigmond Érem" jelképezi azokat a kiváló érdemeket, amelyeket a kitűnő bányamérnök, az első magyar bányászíró, bányajogász és nemzetgazdász a bányászat fejlesztése, a szakmai továbbképzés terén kifejtett tevékenységével szerzett. A Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja, korának köztiszteletben álló, a bányászati szakma kiváló elméleti és gyakorlati művelője volt.

III.

A „Szentkirályi Zsigmond Érem" 50 mm átmérőjű fémből vert érem, amelynek kétoldalán Szentkirályi Zsigmond domborművű arcképe körül:

„Szentkirályi Zsigmond 1804—1870",

hátoldalán:

„Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület 1892—1972"

szöveg olvasható, az évszámok között bányász jelvénnyel.

A kitüntetett neve és az adományozás éve a hátoldalon kerül bevésésre.

IV.

A „Szentkirályi Zsigmond Érem-mel az Egyesület azon tagjait tünteti ki, akik kiemelkedő érdemeket szereztek a bányászat elméleti és gyakorlati fejlesztésében és tudományos szintű művelésében. A kitüntetett nevét az érmen fel kell tüntetni és az adományozás tényét az Egyesület szaklapjaiban közzé kell tenni.

* Az éremalapítást az Egyesület 1972. évi közgyűlése határozta el. Miután 1973. szept. 15-ig észrevétel nem érkezett, az alapítólevél szövege jelen formájában véglegessé vált. (Szerk.)





V.

A „Szentkirályi Zsigmond Érem" évenként legfeljebb egy alkalommal adható ki rendes közgyűlésen, legfeljebb három egyesületi tagnak.

Az érem adományozására vonatkozó javaslatot az Érembizottság elnöke és az Egyesület főtitkára közösen terjesztik az Elnökség elé. Az adományozásról, valamint az Éremmel együtt átnyújtandó pénzjutalom mértékéről az Elnökség határoz.

Budapest, 1972. április 22.

A „Debreczeni Márton Érem" alapítólevele és adományozásának rendtartása

I.

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Debreczeni Márton emlékének megörökítésére érmet alapít. Az érem alapítását a 62. Közgyűlés határozta el 1972. április 22-én.

II.

A „Debreczeni Márton Érem" jelképezi azon kiváló és hazafias érdemeket, amelyeket Debreczeni Márton bányamérnök a XIX. század első felében az erdélyi bányászat és kohászat újjáteremtése és felvirágoztatása terén, valamint az 1848-as szabadságharcban a Kossuth kormány pénzügyminiszteri tanácsosaként szerzett.

III.

A „Debreczeni Márton Érem" 50 mm átmérőjű fémből vert érem, amelynek képoldalán Debreczeni Márton domborművű arcképe körül:

„Debreczeni Márton — 1802—1851—"

hátoldalán:

„Országos Magyar Bányászati És Kohászati Egyesület 1892—1972"

szöveg olvasható, az évszámok között bányászjelvénynyel.

A kitüntetett neve és az adományozás éve a hátoldalon kerül bevésésre.

IV.

A „Debreczeni Márton Érem"-mel az Egyesület azon tagjait tünteti ki, akik kiemelkedő érdemeket szereztek a bányászat és kohászat műszaki fejlesztése, új létesítmények tervezése és beruházása terén. A kitüntetett nevét az érmen fel kell tüntetni és az adományozás tényét az Egyesület szaklapjaiban közzé kell tenni.

V.

A „Debreczeni Márton Érem" évenként legfeljebb egyszer adható ki rendes közgyűlésen, legfeljebb három egyesületi tagnak.

Az érem adományozására vonatkozó javaslatot az Érembizottság elnöke és az Egyesület főtitkára közösen terjesztik az Elnökség elé. Az adományozásról, valamint az Éremmel együtt átnyújtandó pénzjutalom mértékéről az Elnökség határoz. (ÉL)

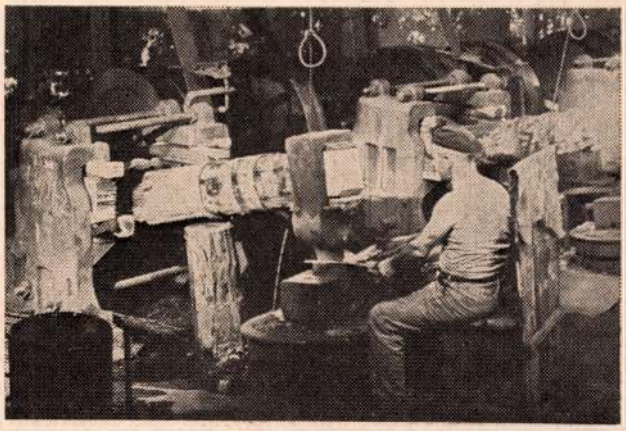
Budapest, 1972. április 22.

Egyesületi hírek

A Kovács Szakcsoport ülése Szentgotthárdon

Vaskohászati Szakosztályunk Kovács-Szakcsoportja a nyári szünet után szeptemberi 21-i klubnapját a Szentgotthárdi Kaszagyárban tartotta. A 40 fős csoport külön autóbuszon érkezett Szentgotthárdra, majd a megérkezés után a gyári kultúrteremben *Salamon Sándor* okl. gépészmérnök, a gyár igazgatója ismertette a nagymúltú gyár történetét, jelenlegi profilját és a várható fejlesztés irányát. Ezután részletesen ismertette a kasza technológiáját, bemutatta az összes gyártási fázis egymást követő munkadarabját. Érdekes volt hallani, hogy a magyar kasza a gyártás során 11-szer kerül melegítésre és 44 művelettel készül.

A mezőgazdaság gépesítése miatt az igény kaszából visszaesett, a napi termelés, kb. 1000 db egy műszakban, aminek jelentős része exportra kerül. Salamon igazgató ismertetőjéből a hallgatóság megismerte a gyár többi jelentős gyártmányát, így többek között a sokféle ásót,



1. kép A még üzemben lévő legrégibb farkas kalapács

kapát, sarlót, vívópengét és patkósarkot, valamint az új gyártmányként a közelmúltban bevezetett és szovjet exportra nagy mennyiségben készülő egyszintes ketreces tojóházat. A tájékoztató ismertetése után tízes csoportokban szakszerű vezetés mellett részletes gyárlátogatásra került sor. Ennek keretében a hazai kovács szakemberek a műhelyekben megfigyelhették a kasza-, sarló-, vívópenge-, kapakovácsolás rendkívül nagy kézügyességet és gyakorlatot igénylő munkáját. Megfigyelhették a régi fark-kalapácsok *(1. kép)* működését, ezeket a gyár házilag javítja és készíti. A gyár igazgatója a tervezett Kovács-Múzeum részére átadta, a működésben levő egyik fark-kalapács felnagyított fényképét a Kovács-Szakcsoport vezetőjének a résztvevők pedig a kaszagyár díszes emblémáját az 1973 szeptember 21-i dátum feltüntetésével és 1—1 fényképet kaptak az érdekesen működő fark-kalapácsról, a látogatás emlékére. A gyárlátogatást konzultáció követte, majd a résztvevők közös ebéden vettek részt.

A tanulmányi kirándulás résztvevői köszönetet mondtak *Salamon* igazgatónak a jól szervezett gyárlátogatásért és értékes látottakkal gazdagodva indultak vissza Budapestre.

Latinák István

Szakosztályülés szept. 25-én

A nyári szünet utáni első, szept. 25-i szakosztályülést *Nagy Zoltán* elnökhelyettes nyitotta meg. A meghívó szerinti napirendi pontok tárgyalása előtt bejelentette, hogy *dr. Tardy Pál* szakosztályi titkárunk ösztöndíjasként közel egy éves külföldi kiküldetésre megy és ezért a titkári teendők ellátásáról gondoskodni kell. A szakosztályvezetőség hozzájárult ahhoz, hogy a helyettes felkérését egy szűkebb bizottság intézze. Külön felhívta még a vezetőség figyelmét a szaklapunk helyzetével foglalkozó első napirendi pontra, mert Egyesületünk Elnöksége a közeljövőben szintén tárgyalja a szaklapok ügyét. Ezután a párhuzamosan folyó elnök-titkári értekezlet miatt az ülést vezetését *Szőke László* vezetőségi tagnak adta át.

Óvári Antal főszerkesztő részletesen beszámolt a lapszerkesztési problémákról, a cikkellátottságról, a hosszú átfutási idő okairól, a lap anyagi helyzetéről és a nyomda túlterheltségéből adódó rendszeres késői megjelenésről. A lap cikkellátottsága kielégítő, úgyhogy a rendezvényeken elhangzó előadások zömét már le sem tudjuk közölni, csupán ezek közül a legjobbakat és a legnagyobb érdeklődésre számot tartókat. Növekszik a külföldi szerzők által beküldött cikkek száma, pl. újabban egyre több cikket kapunk a kassai Kohászati Főiskoláról. A fiatalabb szerzőktől is több cikket kapunk, még mindig nem kielégítő azonban az üzemekben dolgozó szakemberek által írt cikkek száma. Növelni szeretnénk az egy-egy fontosabb szakterület fejlődését áttekintő cikkekket. Ezek megírására a szűkebb szakterületen legnagyobb gyakorlattal rendelkező kollégákat fogjuk felkérni. Nem kielégítő az üzemek és a helyi csoportok életéről szóló híranyag. Sajnos, állandó érdeklődés és sürgetés ellenére sem kapunk elegendő híranyagot. A nagyobb egyesületi és szakosztályi rendezvényekről, külföldi tanulmányokról rendszeresen beszámolunk. A nagy átfutási idő és a nyomda késése miatt azonban ezek elévülnek a megjelenésig.

Ezután a Szerkesztő Bizottság munkájáról, a lap külföldi kapcsolatairól és a néhány év óta rendszeressé vált, a szakosztály keretből biztosított nívójutalmakról adott tájékoztatást.

Végül azért is kérte a vezetőségi tagok hozzászólását és a lap fejlesztésére vonatkotó javaslataikat, mert most alkalom nyílik arra, hogy ezek az Elnökség elé kerüljenek.

A beszámolóhoz a vezetőség tagjai közül sokan szóltak hozzá: *Éles László, dr. Kismarthy Lóránt, dr. Tardy Pál, Szőke László, Temesi Sándor, dr. Fuchs Erik, Schön Péter* (LKM), *Lantos István, dr. Remport Zoltán, Latinák István.* Számos kérdés hangzott el főleg a késői megjelenés csökkentésének lehetőségére, a veszteség okaira, a cikkhonorárium-ra, a cikkek színvonalára és a papírminőségre vonatkozóan. Helyeselték, hogy több átfogó cikket szándékozik jövőben megjelentetni a szerkesztőség és hogy nem válik 3 külön lappá — a 3 kohász szakosztálynak megfelelően — a lap.

Legérdekesebb javaslatok a következők voltak: esetleg közölni kellene az új szerzők fényképét és ismertetni kellene eddigi rövid szakmai működésüket, célszerű volna időnként tájékoztató cikket közölni a társszakosztályok (bányászok, olajbányászok) szakmai problémáiról, ezeknek az iparágaknak helyzetéről, fejlesztési terveiről, továbbá célszerű volna ismertetni a kohászati szabadalmakat.

A hozzászólásokra és javaslatokra adott válasz után *Szőke László* úgy foglalta össze a beszámolóról és az észrevételekről kialakult vezetőségi álláspontot, hogy az elhangzott tájékoztatót beterjesztve kérni kell az Elnökség további segítségét a szerkesztőségek támogatásához.

Ezt követően második napirendi pontként *dr. Fuchs Erik* beszámolt a Balatonszéplakon júniusban tartott VII. Kohászati Anyagvizsgáló Napokról. Kb. 500 résztvevő volt jelen, köztük közel 100 külföldi, ezért az elhelyezés komoly gondot okozott. 4 szekcióban tartották délelőttönként az előadásokat és a délutánokat a viták, megbeszélések és a kultúrprogram számára biztosították. Az előadások anyagát 2—2 kötetben minden résztvevő kézhez kapta. Igen nagy munkát jelentett az előkészítés, amit nagyrészt a Vaskútban dolgozó szervezőgárda végzett. A rendezvény igen jelentős anyagi eredménnyel zárult.

A beszámolóval kapcsolatban *Szőke László, dr. Remport Zoltán, dr. Tardy Pál* és *Temesi Sándor* tettek fel kérdéseket a GTE Anyagvizsgáló Szakosztállyal való együttműködésről, a szervezési problémákról és az egyesületi Titkárság közreműködéséről.

Dr. Fuchs Erik válasza után még ismertette a legközelebbi anyagvizsgáló rendezvénnyel kapcsolatos terveket.

Szőke László megköszönte a szervezők gondos munkáját és a vezetőség elismerését fejezte ki a jól sikerült rendezvényért.

Éles László szintén beszámolt a vezetőségnek a szeptemberben Balatonszéplakon tartott V. Országos Nyersvasgyártó és Acélgyártó Konferenciáról. Ezen 180 hazai résztvevőn kívül kb. 50 külföldi vendég vett részt, köztük először vettek részt jelentős számban finnek is. Az elhelyezés szintén a DV üdülőben történt. Az előadásokat két szekcióban tartották. Az egyik napon korszerű berendezéseket ismertető filmeket is bemutattak. Azoknak az előadásoknak az anyagát, amelyeket az előírt beadási határidőre beküldték, sokszorosították és a résztvevőknek kiosztották. A külföldi előadások mind beérkeztek, a hazai előadásoknak azonban csak egy hányadát küldték be a határidőig. A külföldi előadások igen színvonalasak voltak. A hazai előadások közül a legnagyobb érdeklődést a DV-ben és az OKÜ-ben kb. egy hónappal ezelőtt üzembehelyezett folyamatos öntőművekről szóló ismertetések váltották ki.

Néhány hozzászólás után *Szőke László* a szakosztályvezetőség nevében örömmel állapította meg, hogy a rendezvényekre való kiküldéseket korlátozó új rendelet nem hiúsította meg a konferencia sikerét és elismerését fejezte ki a rendező bizottságnak a gondos szervező munkáért.

Utolsó napirendi pontként *Latinák István*, a Kovács Szakcsoport vezetője a szept. 21-én Szentgotthárdon, a kaszagyárban tartott jól sikerült kovácsklubnapról számolt be, amelyre egy autóbuszt indított Budapestről az Egyesület. *Lantos István* a KGYV-helyi csoport Csepel Autógyárban végzett tanulmányútjáról tett jelentést, *Gorondi István* pedig a Dec. 4. helyi csoportnál tartott szakmai filmvetítést ismertette és tájékoztatást adott a NME Kohógéptani Tanszékének jubileuma alkalmával októberben tervezett közös Hengerész Szakcsoport üléséről.

Lántzky József a Lengyelországba, a fiatal mérnökök részére tervezett tanulmányút időpontjának eltolódását jelentette be. (ÓA)

Beszámoló konferenciákról

V. Országos Nyersvasgyártó és Acélgyártó Konferencia

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Vaskohászati Szakosztálya a Dunai Vasmű közreműködésével szept. 19—21 között rendezte meg Balatonszéplakon az V. Országos Nyersvasgyártó és Acélgyártó Konferenciát.

A konferencia ötödször került megrendezésre. Alapvető célkitűzése volt, hogy az ipar, a kutatás, a tervezés és a szervezés különböző területein dolgozó szakemberek figyelmét az időszerű nyersvasgyártási és acélgyártási témákra irányítsa.

A nyersvasgyártás és acélgyártás szerteágazó területeiből ezen a konferencián a következő témák kerültek megtárgyalásra:

„A" Nyersvasgyártási szekció:
- *a)* Újabb lehetőségek a nagyolvasztók fajlagos kokszfogyasztásának csökkentésére,
- *b)* A nyersvasgyártási technológia fejlesztésének problémái.

„B" Acélgyártási szekció:
- *a)* Az acélok folyamatos öntése,
- *b)* Minőségi acélok gyártása.

A konferencia megnyitására és a plenáris ülés előadásaira a balatonföldvári Motel-klubban került sor.

A konferenciát *Hammer Ferenc,* a KGYV igazgatója, az OMBKE alelnöke nyitotta meg. A vendégek üdvözlése után rövid megnyitó beszédében utalt arra, hogy 1958 óta az általában 3 évenként megrendezésre kerülő konferenciák mindegyike a legidőszerűbb nyersvasgyártási és acélgyártási témákkal foglalkozott. Már hagyomány, hogy az előadások egy részének megtartására a témakört művelő jelesebb külföldi szakembereket kérjük fel. Így történt ez alkalommal is, amint a részletes programból kitűnik.

Ezt követően *Répássi Gellért,* a vendéglátó Dunai Vasmű műszaki vezérigazgató helyettese köszöntötte a konferencia részvevőit. Utalt arra, hogy a magyar vaskohászat döntő elhatározások előtt áll, ezekre jelentős befolyással lehet a konferencia és ezért az üzemi szakemberek nagy érdeklődéssel várják a külföldi szakemberek előadásait.

A megnyitó előadást *dr. Horváth János,* a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés vezérigazgatója tartotta, „Korszerű fejlesztési irányok a nyersvas- és acélgyártásban" címmel.

Az előadás áttekintést nyújtott a Szovjetunióban, az európai államokban és az USA-ban, valamint Japánban az utóbbi években végzett nyersvasgyártási és acélgyártási beruházások nagyságrendjéről, az alkalmazott technológiákról, továbbá beruházások gazdasági vonatkozásairól.

Bemutatta statisztikai adatokra támaszkodva a nyersvasgyártásban és acélgyártásban bekövetkezett szerkezeti változásokat. Értékelte az újabb eljárások (LD, OBM, direktredukciós vasgyártás) elterjedésének okait és műszaki vonatkozásait.

Megállapította, hogy a nyersvasgyártás dinamikusan fejlődik. Vizsgálat tárgyává tette azokat a lehetőségeket, melyek megvalósítása a hazai kohóműveinkben az elkövetkezendő években számba jöhet.

Hangsúlyozta a hazai nyersacél termelés fejlesztésének fontosságát. A gazdasági megfontolások figyelembevételével összegezte az e területen követendő beruházási feladatokat.

A plenáris ülésen továbbiakban *dr. Simon Sándor,* a Nehézipari Műszaki Egyetem rektora (betegsége miatt előadását *dr. Károly Gyula* adj. olvasta fel) a „Vas és acél megtalurgiai kutatások vaskohászatunk fejlesztésének szolgálatában", *Verbó István,* a Dunai Vasmű gyáregység vezetője a „Hazai nagyolvasztók és acélművek közötti termelési, metallurgiai, szervezési feladatok" és *Farkas Sándor,* a Kohászati Gyárépítő Vállalat műszaki igazgatója a „Nagyolvasztók és acélgyártó kemencék szerkezetének fejlesztése, különös tekintettel a tartósságukra" címmel tartottak előadást.

Ezután *J. V. Tretyakov,* a moszkvai CNIICSermet Intézet vezető munkatársa „Az acélgyártás intenzifikálásának növelése a konverter acélgyártásban" címen tartott előadást.

Ismertette a Szovjetunióban a konverteres acélgyártás terén a legutóbbi időkben elért fejlesztéseket és eredményeket. Az LD acélgyártás intenzifikálásával a Szovjetunióban jelentős eredményeket értek el, melyek felhasználása a hazai acélgyártásfejlesztésnél figyelembe veendő.

A konferencia második és harmadik napján *a nyersvasgyártó szekcióban* az alábbi előadások hangzottak el:

N. I. Szavelov, szovjet Vaskohászati Minisztérium; „A kokszfogyasztás csökkentésének módjai a nyersvasgyártásban".

Dr. Farkas Ottó, Nehézipari Műszaki Egyetem „Indirekt redukciós viszonyok vizsgálata a nagyolvasztóban".

Z. I. Nyekraszov—F. N. Moszkalina (NIICSermet, Dnyepropetrovszk) „Az oxigén és földgáz felhasználás technológiai lehetőségei a nagyolvasztóknál".

A. Majercáková—S. Majercák (Műszaki Főiskola, Kassa) „Az előredukált vasérc és a redukáló gázok tulajdonságainak befolyása a kokszfogyasztásra".

Dr. Péntek István (Magyar Vas- és Acélip. E.) „Zónás hőmérleg szerepe a dinamikus koksz-földgáz egyenértékűség meghatározásában és kapcsolata a termeléssel".

V. Slebodnik (Műszaki Főiskola, Kassa) „A nyersvas kéntelenítésének kinetikája a levitációs olvasztási eljárásnál".

Várszegi Zoltán (Magyar Vas- és Acélip. Egyesülés) „A hazai nyersvasgyártás fejlesztési lehetőségei".

Réthy Károly (Lenin Kohászati Művek, Diósgyőr) „A nyersvasgyártás műszaki-gazdasági összefüggései".

Pálvölgyi Henrik (Dunai Vasmű) „A nyersvas minőség összefüggése a nagyolvasztómű és acélmű munkájával".

A. V. Szuhorukov (Gipromez, Moszkva) „A nagyolvasztó szerkezeti elemeinek és kialakításának vizsgálata a kampányidő-növelés figyelembevételével".

Claus Alajos (KGM Tervező Irodái) „Irodalmi kritikai összeállítás a nagyolvasztók korszerű elpárologtató hűtéséről".

Ray Viktor (KGM Tervező Irodái) „A forrószél hőmérséklet növelésének lehetősége hazai nagyolvasztóinknál".

Zipszer Konrád (Magyar Vas- és Acélip. Egyesülés) „Korszerű számítási módszerek alkalmazása a nyersvasgyártási folyamat előkészítésére és ellenőrzésére".

A második és harmadik napon az *acélgyártási szekcióban* a következő előadások hangzottak el:

Dr. H. v. Ende (Duisburg) „A folyamatos acélöntés jelenlegi helyzete".

Dr. B. Tarmann—P. Pressler (Böhler, Kapfenberg) „Folyamatosan öntött acélbugák minőségi problémái".

Bobok György (Vasipari Kutató Intézet) „A folyamatosan öntött SM acél csapolás utáni hőveszteségének csökkentésére végzett vizsgálatok".

Dolgos László (KGMTI) „A folyamatos acélöntőművek tervezési, telepítési és fejlesztési problémái".

Vitkó József (Ózdi Kohászati Üzemek) „Az OKÜ 6 szálas bugaöntőművének létesítésével és üzembe helyezésével összefüggő feladatok".

Makrai Tibor—Orosz Endre (Dunai Vasmű) „Nagy teljesítményű folyamatos laposbuga öntőmű üzembe helyezési problémái".

Czövek Barna (Műszaki Főiskola, Kassa) „A számítógép, mint a minőségi konverter-acélgyártás egyik fontos eszköze".

Dr. M. Wahlster (Leybold-Heraeus, Köln) „Kereskedelmi, minőségi és nemesacélok vákuumos kezelése".

Ehhez érdekes hozzászólás hangzott el a kalciumfémnek az öntőüstbe való befúvásáról *dr. E. Spetzler* (NSZK) részéről.

Dr. Sziklavári János (Lenin Kohászati Művek) „A gépipari minőségi igények teljesítésének lehetőségei a hazai kohóipar részéről".

Dr. Horváth Aurél (Dunai Vasmű) „Perlitszegény és perlitmentes acélok tulajdonságai".

A. Eggenhofer—G. Kaiser—F. Bauer (Schoeller—Bleckmann, Ternitz) „A vákuumtechnológia bevezetése az elektroacélművekbe a termelés növelése, a minőség javítása és a gazdaságosság érdekében".

H. Maschler (Zentralinstitut der Metallurgie, Berlin) „Acél és féltermékgyártás fejlesztés az NDK-ban".

Dr. Csabalik Gyula (Nehézipari Műszaki Egyetem) „Hazai alapanyagból gyártott komplex dezoxidálószer hatása az acélminőségre".

Schottner Lajos (Ózdi Kohászati Üzemek) „Az acélok forgácsolhatóságának javítása irányított dezoxidációval".

A két szekcióban elhangzott előadások és az ezeket követő viták nagymértékben hozzájárulnak a népgazdaság számára rendkívül fontos területek fejlesztéséhez. Emellett a konferencia bővítette a résztvevő szakemberek szakmai és baráti kapcsolatait az azonos területen működő hazai és külföldi szakemberekkel.

Nagy érdeklődés kísérte az előadások után levetített korszerű folyamatos öntőműveket és érctermelő, ércelőkészítő berendezéseket ismertető szakmai filmeket, amelyekkel a svájci Concast, az osztrák VOEST és a svéd Luossavaara-Kürunavaara cégek egészítették ki az előadásokat.

A konferencia helyéül a Dunai Vasmű korszerűen felszerelt üdülője szolgált. A résztvevők kétágyas hidegmeleg folyóvizes szobákban voltak elszállásolva és az étkezés ugyancsak a Dunai Vasmű üdülőjében történt. Jól sikerült társadalmi rendezvények, fogadás a plenáris ülés napján, a kötsei tsz csárdájában rendezett vacsora egészítették ki a szakmai programot.

A konferencia, melyen a 200 főnyi hazai résztvevőn kívül közel 50 fő külföldi szakember vett részt a Szovjetunióból, Lengyelországból, Csehszlovákiából, Finnországból, Svédországból, NDK-ból, NSZK-ból, Svájcból és Ausztriából, keretet adott az egyes országok műszaki szakemberei közötti érdekes konzultációknak, tudományos eszmecseréknek.

Horváth Gyula

Acélszalag és finomlemez tanácskozás Debrecenben

A Gépipari Tudományos Egyesület Téglási Szervezete a debreceni Technika Házában a fenti címmel okt. 4—5-én konferenciát rendezett, amelyen a következő előadások hangzottak el.

RUHMANN JENŐ (Magyar Szabványügyi Hivatal): *A gyártó és felhasználó műszaki-gazdasági problémáinak kapcsolódása a kis karbontartalmú acél finomlemezek és szalagok forgalmazásában*

ANDRÁSI MIKLÓS (Dunai Vasmű): *Finomlemezek minőségi követelményei és a minőség megbízhatósága*

DR. LENDVAI JÓZSEF (Salgótarjáni Kohászati Üzemek): *Kis karbontartalmú acélszalagok minőségével kspcsolatos igények és lehetőségek*

DIANOVSZKI GYULA (LAMPART, Salgótarján): *A zománcozhatóság követelményeit kielégítő szalag- és lemezalapanyagok tulajdonságai*

GYÜRE LÁSZLÓ (Hajdúsági Iparművek): *Összefüggések a sajtolható és mélyhúzható acélszalagok és finomlemezek folyamatrendszerű feldolgozási követelményei és az anyagvizsgálati paraméterek között*

A kb. 50 főnyi résztvevő előtt a tanácskozást *Dr. Csedreki László*, a Hajdúsági Iparművek műsz. igazgatóhelyettese nyitotta meg, s az első napon ő elnökölt a tanácskozáson, míg a második tanácskozási nap elnöke *Hein Béla*, a Hajdúsági Iparművek gazdasági igazgatóhelyettese volt. A programban feltüntetett előadások elhangzását 6 kiegészítő jellegű hozzászólás követte, majd a tanácskozás vitával zárult. Ennek eredményeként a tanácskozás résztvevői javaslatot fogadtak el az acélszalag és finomlemez gyártóinak, illetve felhasználóinak fejlesztési koordinációjáról és a felek között kialakult műszaki-gazdasági kapcsolatok további erősítéséről. A javaslat szövegét a következőkben közöljük.

A tanácskozás megállapította, hogy az újszerű folyamatos feldolgozási technológiák felhasználói igénye, meghaladja a gyártók által jelen időszakban biztosítható minőséget, mely miatt a felhasználóknak jelentős többlet ráfordításokat kell eszközölni a termékek előállítása során.

Ugyanis ezek a technológiák zömében egyes felületi minőségű, szigorú síkfekvésű, finom vastagság tűrésű, zárvány- és rétegmentes lemez és szalagtermék előállítását kívánják meg.

A gyártók felsorolt igényeinek kielégítése csak a meglevő hideg hengersorok intenzív célfejlesztése útján lehetséges.

A hideghengerművek fejlesztése mellett természetesen továbbra is szükséges az alapanyag előállítás folyamatos fejlesztése is.

A felhasználók gyártási struktúrájának dinamikus változása, — a gyártási tömegszerűség KGST szakosítás és termelés kooperációk útján való — növekedése, indokolja a magasabb követelményű igények jelentkezését, és figyelembevételét az V. 5 éves terv kidolgozásánál.

A tanácskozás résztvevői a fentiek alapján az alábbiakat terjesztik elő:

1. A gyártók által éves viszonylatban előállításra kerülő mintegy 450 ezer tonna finomlemez és acélszalag termék mennyiségén belül — az igényeknek és a korszerű követelményeknek megfelelően — jelentősen növelni kell az 1-es felületi minőségű, szigorú síkfekvésű, öregedésálló paraméterekkel rendelkező anyagok részarányát.

A gyártósorok intenzív fejlesztését saját forrásból a gyártók csak részben tudják biztosítani, ezért szükséges annak központi alapokból való támogatása. A gépipar technológiájának távlati fejlesztését szükségszerű összekapcsolni a kohászati technológiák távlati fejlesztésével.

Célszerű lenne, ha az illetékes irányító hatóságok felmérést készítenének a jelenlegi igényekről, és annak várható alakulásáról. A felmérésnek tartalmazni kell a mennyiség és minőség összetételét, valamint tükröznie kell az acélszalag és finomlemez feldolgozási részarányainak alakulását is. Külön figyelmet kell fordítani a korszerű felületbevonási eljárások (direkt zománcozás, elektrosztatikus és elektroforetikus festés, műanyagbevonás stb.) követelményeire.

2. Tovább kell fejleszteni szabványaink acélszalagra és finomlemezre vonatkozó előírásait.

Meg kell kezdeni a sajtolható és mélyhúzható lemezeknél nemzetközi előtérbe került új jellemzők, az n és $\bar{r}$ értékek kimérését és közlését. A gyakorlati eredmények figyelembevételével fel kell készülni az n és $\bar{r}$ mérési módszerét leíró szabványok, valamint az ehhez kapcsolódó terminológiákat megadó szabvány kidolgozására. Ezzel párhuzamosan célszerű vizsgálat tárgyává tenni a Rockell T alkalmazását az erischsen értékek mellett.

E munkában a gyártók, a felhasználók és a kutató intézetek a Magyar Szabványügyi Hivatal koordinálásával működjenek együtt.

3. Országosan nagyszámú szakember foglalkozik az acélszalagok és finomlemezek előállításának és feldolgozásának műszaki, gazdasági kérdéseivel, valamint ezirányú kutatásokkal.

Javasolja a Tanácskozás egy MTESZ szintű ACÉLLEMEZ SZAKBIZOTTSÁG létrehozását, amely összefogná az e témával foglalkozó szakembereket, ezáltal biztosítva színvonalas szakmai fejlődésüket, s e technológiai ág igényeknek megfelelő gyors, korszerű fejlődését.

4. A Gépipari Tudományos Egyesület és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lehetőleg két évenként rendezze meg az országos ACÉLSZALAG ÉS LEMEZ TANÁCSKOZÁST. A tanácskozás adjon számot a kétéves időszak eredményeiről, a javaslatok megvalósulásáról.

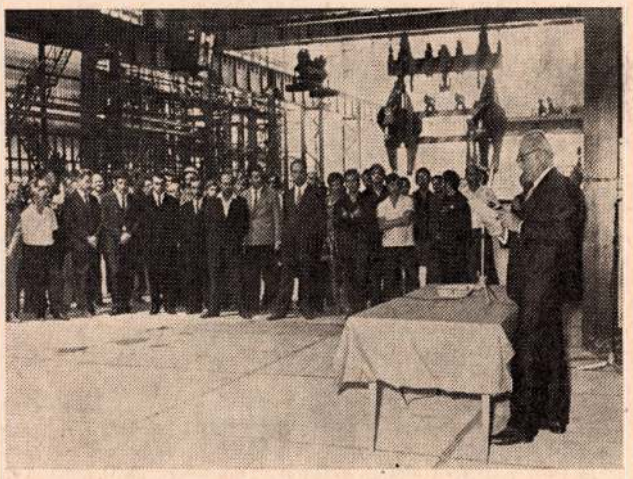
R. J.

Üzemi hírek

Üzembehelyezték a Dunai Vasmű folyamatos acélöntőművének I. sz. egységét

Augusztus 14-én *dr. Kocsis Józsefnek*, a Kohó- és Gépipari miniszterhelyettesnek, a Szovjetunió budapesti kereskedelmi kirendeltsége, valamint Fejér megye és Dunaújváros párt és állami vezetőinek, a MVAE, a beruházó vállalatok és a Dunai Vasmű számos dolgozójának jelenlétében rövid ünnepség keretén belül üzembehelyezték a Dunai Vasmű folyamatos acélöntőművének I. sz. egységét.

Borovszky Ambrus, a Dunai Vasmű vezérigazgatója, ünnepi beszédében méltatta e jelentős kohászati beruházást *(1. kép)*. Felhívta a figyelmet arra, hogy az I. sz. öntőgép sikeres indításának tapasztalatai alapján minél előbb be kell fejezni a II. sz. öntőgép szerelését és üzembehelyezését.



1. kép. Borovszky Ambrus, a Dunai Vasmű vezérigazgatója ünnepi beszédét mondja

Az ünnepi beszéd elhangzása után *dr. Kocsis József* miniszterhelyettes kitüntetéseket adott át a beruházásban és üzembehelyezésben kiemelkedő munkát végzett szovjet és magyar szakembereknek.

Ezután a vendégek üzem közben megtekintették az öntőművet *(2. kép)*

A folyamatos öntőmű a meleghengerművi előnyújtó hengersor és az acélművi hagyományos öntőcsarnoki kapacitás bővítése helyett létesült. A művet, kormányközi megállapodás alapján a Szovjetunió szállította.

Az öntőmű függőleges elrendezésű, kétszálas kivitelű, két teljesen azonos egységből áll. Egy-egy öntőgép tervezett kapacitása 400 000 t/év, tehát a II. sz. egység 1974. évi üzembehelyezése után évi 800 000 t folyamatosan öntött acélbuga gyártására lesz lehetőség.

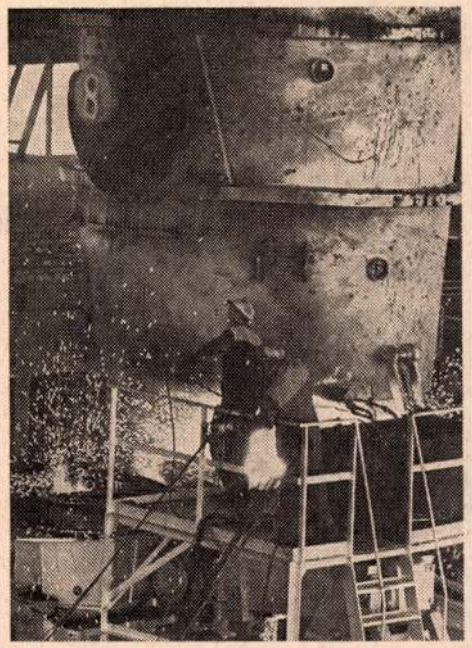
Az önthető bugakeresztmetszetek:
180—240×1050—1550 mm.
Maximális hosszúság: 8000 mm.

Az öntőpódium magassága: 20,7 m, azonban az alsó szinten üzemelő gépegységek számára további 7,0 m mély aknát képeztek ki.

Az öntőmű közvetlenül az Acélmű csarnokához kapcsolódó önálló csarnokban került elhelyezésre. Az öntőcsarnokon belül a két öntőgép elrendezése olyan, hogy azok külön-külön is önálló egységet képeznek. Így üzemeltetésük szerelésük vagy javításuk egymástól függetlenül is végrehajtható. Az öntőgépek kiszolgálását két 280+100/16 Mp-os daru végzi.

A főcsarnokon belül, az öntőcsarnok mellett, külön kisebb csarnokok épültek a bugák fogadására és tárolására, az üstök kezelésére és javítására, valamint gépészeti szerelő és javító munkák elvégzésére.

Az öntőmű szükséges mennyiségű és minőségű ipari vízzel történő ellátására önálló keringetett rendszerű vízmű létesült ülepítő medencékkel, hűtőtornyokkal és vízkezelő berendezésekkel. Ezen belül külön egységeket



2. kép. Az első öntés a Dunai Vasmű folyamatos acélöntőművén

képeznek a technológiai hűtőbrendszerek. A szennyvizet reveülepítőkön keresztül vezetik vissza.

Villamosenergia ellátásra, kettős betáplálású alállomás épült, a szükséges biztonság érdekében.

Az öntőmű munkahelyein nagy teljesítményű klímaberendezéseket szereltek fel. A másodlagos hűtőzónában, valamint a folyamatosan öntött szál darabolására szolgáló lángvágógépeknél képződő vízgőzt és füstgázokat megfelelő elszívó berendezések távolítják el két 60 m magas vasbeton kéményen keresztül a környező légtérbe.

A folyamatos öntésre programozott 170—180 Mp. súlyú acéladagot az Acélmű 240 Mp-os öntődaruja szállítja át az öntőmű csarnokába. Mód van azonban üstszállító kocsin történő átadásra is. Az öntőbakról, vagy az üstszállítókocsiról a 280 Mp-os daruk veszik le az acéllal teli öntőüstöt és felemelik a 20,7 m-es öntőpódiumra. Itt kerül sor a hőfokmérésre és a tolózáras üst hidraulikájának a felszerelésére. Ezután a daru az 1100—1200 °C-ra felhevített közbenső üst fölé áll, majd megkezdik ennek feltöltését.

Megfelelő acélszint elérése után a közbenső üstben indítható a kristályosítók feltöltése, illetve kellő szint elérése után a szálak húzása.

A folyamatos öntőmű az alábbi technológiai egységekből ál:

közbenső üst (kétdúgós),
közbenső üstöt mozgató kocsi,
kristályosító (hossza: 1200 mm, hengerelt vörösréz lemezből, hosszanti furatokkal),
kristályosítót mozgató berendezés
másodlagos hűtőzóna,
vízlefúvató berendezés,
húzóhengerek,
szálvágó berendezés
bugakiadó berendezés.
Az indítószál hossza: 10,7 m.

Az öntőmű egyaránt alkalmas csillapított és csillapítatlan acélminőségek leöntésére. Az itt gyártott laposbugákat a DV hengerművei hengerlik tovább, a tuskóhengerléshez viszonyítva jobb készárukihozatallal.

A nagyfokúan automatizált, korszerű öntőmű az indulás óta kiválóan üzemel. A kezdeti eredmények számbavétele alapján bízvást megállapítható, hogy ez a beruházás mind a Dunai Vasmű, mind a népgazdaság szem-

pontjából hasznos, mert a hengerelt áru kihozatal nagyobb arányú és jobb felületi minőségű acélalapanyagot szolgáltat. A kedvezőbb hengerelt árukihozatal és a hengerlési teljesítmény növekedés folytán a ráfordítás rövidesen meg fog térülni. Ezenkívül az acélműi dolgozók egy részének munkakörülményie jelentősen megjavultak.

Dr. Zsilinszky Rudolf

Átadták a folyamatos acélöntőművet Ózdon

Az Ózdi Kohászati Üzemek két kiemelt beruházása közül az egyik — a folyamatos acélöntőmű — elkészült, és megkezdte próbaüzemét. Az ünnepélyes átadásra augusztus 29-én d. e. 11-órakor került sor.

Az ünnepségen megjelent *Nyers Rezső*, a Politikai Bizottság tagja, az MSZMP Központi Bizottságának a titkára, *dr. Bodnár Ferenc*, az MSZMP Központi Bizottságának tagja, a megyei pártbizottság első titkára, *Kiss Ernő*, kohó- és gépipari miniszterhelyettes, *Udvardi Sándor* külkereskedelmi miniszterhelyettes, *Koltai Endre*, a Vas-, Fém- és Villamosenergia-ipari Dolgozók Szakszervezetének titkára, *dr. Ladányi József*, a Borsod megyei Tanács elnöke, *dr. Balogh András*, a Szakszervezetek Borsod megyei Tanácsának titkára.

Csépányi Sándor-nak, az ÓKÜ vezérigazgatójának ünnepi beszéde után *Nyers Rezső* köszöntötte az építőket és az ózdi dolgozókat, és tolmácsolta a párt és a kormány üdvözletét.

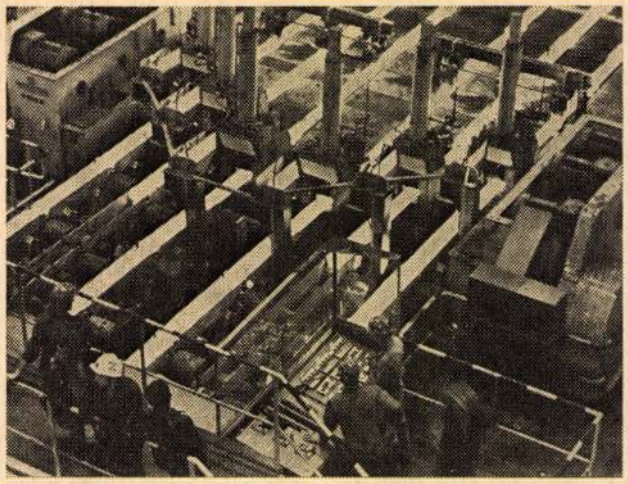
Kiss Ernő kohó- és gépipari miniszterhelyettes az építésben kitűnt 27 dolgozót tüntette ki, majd engedélyt adott az öntés megkezdésére. Ezután *Nyers Rezső* a szalag átvágásával adta át rendeltetésének az üzemet.

Az ózdi folyamatos acélöntőmű teljesen automatizált, világszínvonalú technológiával működő üzem, amely közel 400 millió forintba került. Építése azért vált szükségessé, mert az acéltermelés növekedésével a blokksor kapacitása szűknek bizonyult, másrészt gazdaságossági szempontból is előnyösebb, mivel a folyamatosan öntött bugákból 95—97%-os anyagkihozatal érhető el.

A folyamatos acélöntőmű licencét a svájci CONCAST szolgáltatta, a berendezések szállítói az NSZK-beli SCHLOEMANN és a csehszlovák ZDAS.

Magyar vállalatok végezték az alapozást, a csarnokszerkezet építését és a szerelést.

Az öntőművet a 105 tonnás SM-kemencék látják el acéllal. A folyamatos öntőművel csak szilíciummal csillapított acélfajtákat lehet önteni. Az üstbe lecsapolt acélt az SM öntőcsarnokból önjáró villamos kocsi szállítja át a folyamatos acélöntőmű csarnokába, ahol az acélüstöt a 150 Mp-os daru argon-gázas öblítés után helyezi rá az üsttartó állványra.



1. kép. A 6 szálas ózdi folyamatos öntömű

Az öntéshez egy üstkocsira helyezett min. 1100 °C-ra előmelegített közbenső üstöt használnak.

A berendezés 6 szálas, ívelt kristályosítóval (4 m sugarú) és szálvezetéssel készült *(1. kép)*.

A max. adagsúly 110 t, amelynek öntési ideje kb. 70 perc, ha mind a 6 szálon öntenek. Az öntési sebességet kézi és automatikus módszerrel egyaránt lehet szabályozni. Az öntőgépen öntött bugák szelvénymérete 120 mm □. Az ívelt bugákat a húzó-egyengetők egyenesítik ki, majd az automatikusan működő lengőollók vágják a beállított hosszra, amely 4—10 m között változtatható.

A méretre vágott bugákat a kifutó görgősor szállítja a léces vonszoló területére, ahol a szálirányra merőlegesen egy ferde síkra vonszolják a bugákat. Innen a forgató hűtőpad mozgó fogasléce veszi le a bugát, és továbbítja a hűtőpadra, ahol a buga haladás közben forgó mozgást végez, amely az egyenletes hűtést szolgálja.

A folyamatos acélöntőmű névleges kapacitása 325 000 t/év 120 mm □-bugára vonatkoztatva.

A folyamatos acélöntőmű az 1976-ban induló rúddróthengerművet fogja bugával ellátni.

Hercsik Ferenc

Egyetemi hírek

1973. év folyamán júniusban és novemberben *Miskolcon*, a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán az alábbi hallgatók szereztek kohómérnöki oklevelet.

Vas- és fémkohászati ágazat:

Nappali tagozaton: *Baán Anna, Barna Gábor, Blaha László, Cismaru Vasile, Dekovics András, Herr László, Katkis Béla, Kirchknopf András, Kovács József, Lévai József, Nagy István, Németh Lívia (Kovács Károlyné), Papp Béla, Tóth Elek.*

Levelező tagozaton: *Juhász Márta, Könye Zoltánné, Laczy Vera, Mihalik László, Namesánszki Károly, Pados Attila, Szabados László, Tibiássy Béla, Wágner György.*

Öntőágazatos kohómérnökök:

Nappali tagozaton: *Hernádi László, Kiss Károly, Krajcsi János, Kulcsár Béla, Lengyel Károly, Micopulu Katina, Munka László, Nagy Margit, Pataki Ferenc, Poczok Mária, Radács Mária, Sipos Domokos, Stehlik Ede, Szatmári Elek, Székely András, Vinkó János.*

Levelező tagozaton: *Sáfár László, Sándor József, Szalai József, Vadász József, Világos Tibor.*

Technológus kohómérnökök:

Nappali tagozaton: *Balázs Tamás, Balogh István, Baumann Ferenc, Czimer István, Dévényi László, Dudra József, Duró László, Gajda Pál, Gulyás János, Handa Ferenc, Kerek Tamás, Kurucz Balázs, Lakatos Iván, Molnár Judit, Németh Endre, Pákh László, Reider László, Szőcs Tibor, Temesi László.*

Levelező tagozaton: *Bíró István, Deckner Judit, Eigner Viktor, Hantó Kálmán, Hernádvölgyi István, Horváth Józsefné, Kelemen József, Kerekes Katalin, Neckernusz József, Patay Árpád, Perlaky Zoltán, Sike Ferenc, Szabó Judit, Takács Bertalan, Técsi János, Thoma Csaba.*

*

1973. év folyamán *Dunaújvárosban* a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohó- és Fémipari Főiskolai Karán az alábbi hallgatók szereztek üzemmérnöki oklevelet:

Metallurgiai szak:

Vas-, acél- és fémkohászati ágazat.

Nappali tagozaton: *Ádám Mária, Balogh István, Bertanicz Vilmos, Karczagi Imre, Kovács János, Le Thank Binh, Nagy István, Nguyen Thank Nhan, Tapaky Ilona, Prépost Jenő, Soós György, Szappanos Albert, Varga Erzsébet, Várnay Erzsébet.*

Öntő ágazat:
Dózsa Mihály, Eszenyi Antal, Farkas Endre, Gion László, Hogyor József, Kasznár András, Marada Imre, Németh István, Szikora István, Szilágyi László, Varga Béla I., Varga Béla II., Váradi István.
Levelező tagozaton: *Antalfy László, Banyuta János, Bíró Miklós, Fütyü Károly, Fütyü Károlyné, Horváth Jenő, Horváth Jenőné, Izsai Ferenc, Kocsis György, Kovács Erzsébet, Lehoczki József, Mészáros Ferenc, Nagy Károly, Paár Árpád, Palotai Erzsébet, Sárvári Istvánné, Siller Pál, Szalmási Ferenc, Takács Sándorné, Volsik János, Kiss Sándor Péter, Zöllei Mária.*

Alakítástechnológiai szak:

Képlékenyalakítási ágazat:
Nappali tagozaton: *Ágh Gyula, Babják József, Csik András, Darabos János, Fehér István, Hajdú László, Kincses László, Kiss András, Kóder Gábor, Majoros Béla, Mandzsák Miklós, Mártonfalvi István, Nagy Sándor, Papp Győző, Révész Dénes, Segyevi Ferenc, Streicher György, Sohajda István, Szűcs László, Szandai Pál, Szabó Tibor, Berger Éva, Szilárdi Sándor, Tóth Katalin, Temesszentandrási András, Varga János, Weichner Antal.*

Rendszerszervezési ágazat:
Balázs Erzsébet, Éger Jenő, Horváth Ferenc, Kakuja Erzsébet, Kecskeméti László, Kovács Csaba, Kógelmann Gábor, Komáromy Imre, Landesz Károly, Mátrai Géza, Papp Ernő, Pálfi László, Rajcsányi István, Sipos Sándor, Szirmai Ottó, Tóth Tibor, Tóth József, Törőcsik Magdolna, Vadkerti János, Vidra Tibor, Zsifkó Ferenc.
Levelező tagozaton: *Aradi János, Cseh Andor, Dér György, Farkas Róbert, Garda József, Illyés László, Kadeczka Tibor, Kátai Balázs, Kiss Imre, Kiss István, Koós János, Kormos Sándor, Kovács László, Kowal Tiborné, Molnár József, Murányi László, Oravecz László, Szikszó Károly, Szilágyi Pál, Tóth Irén, Tóth János.*
Összesen: 197; Miskolcon: 79, Dunaújvárosban: 118. (PK)

Nemzetközi szabványosítási hírek

A KGST Szabványügyi Állandó Bizottság szakértői 1973. március 1—7 között Zaporozsében tartott értekezletükön az alábbi KGST szabvány és szabványajánlás tervezeteket egyeztették:

KGST szabványként

Hengerelt acél. Próbavétel mechanikai és technológiai vizsgálatokhoz (Témavezető: SZU)
A szabvány alkalmazásbavételi időpontja 1975. december. Felépítésében is és tartalmában is nagyon közel áll az MSZ 103—66 „Acélok próbavétele mechanikai vizsgálatokhoz" szabványhoz. A próbavétel helyében adódó kisebb eltérések megszüntetésére a magyar szabvány 1974-ben módosulni fog.

KGST szabványajánlásként

1. *Minőségi és általános rendeltetésű szerkezeti acél-finomlemez. Mászaki előírások* (Témavezető: SZU)
2. *Nemesített acél-durvalemezek* (Témavezető: SZU)
3. *Hidegen hengerelt finomlemez lágyacélból. Osztályozás és mászaki előírások* (Témavezető: SZU)
4. *Ötvözött szerkezeti acél. Anyagminőségek és műszaki előírások* (Témavezető: SZU)

A 2. sorszámú témát 1974 decemberéig, a többit pedig legkésőbb 1976 decemberéig szándékoznak az érdekelt tagállamok nemzeti szabványaikba bevezetni.
Nemesített acél-durvalemezekre magyar szabvány gyártási lehetőség hiánya miatt nem készült. Egyelőre nem kerül módosításra az MSZ 23—71 „Finomlemez acélból. Általános mászaki előírások" szabvány sem, az 1. és 3. sorszámú ajánlás folytán, ui. finomlemez exportunk az átdolgozást nem igényli, a hazai igényekhez viszont a KGST ajánlás választéka túl bő és a minősítés rendszere is szokatlan. A nálunk járatos finomlemez fajták az RSZ, részben a KGST anyaggal beazonosíthatók.
Az ötvözött szerkezeti acélok ajánlás (4. téma) részben az MSZ 31 (betétben edzhető acélok), részben az MSZ 61 (nemesíthető acélok) szabványokba lesz átvéve, melyek tervezetei rövidesen meghirdetésre kerülnek.

*

A *KGST Vaskohászati Állandó Bizottság Hengerelttáru Szekciója* 1973 március 12—16 közötti wislai (LNK) ülésén megvizsgálta az acélmäi hengerek szabványosításának célszeräségét. A Szekció tervbe vette, hogy az acélmäi öntöttvas hengerek terminológiájára és osztályozására, valamint azok fizikai, mechanikai vizsgálataira, csomagolási, jelölési és tárolási előírásaira szabványosítási dokumentumokat készít. A kidolgozást részben a SZU delegációja vállalta.
A Szekció ülésén egyeztetésre került a KGST Szabványügyi Intézete által „Az acélcsövek nomenklatúrája és terminológiája" tárgyban kidolgozott munkaanyag, melynek a KGST államok közötti tervkoordinációban van jelentősége.

K. E.

Felhívás a Kovács Múzeum ügyében

Vaskohászati Szakosztályunk Kovács-Szakcsoportja egyik legutóbbi klubnapján a Szakcsoport vezetője felvetette a Kovács Múzeum létesítésének tervét, kérve a társaság segítségét. A résztvevők egyetértettek a gondolattal és a gyűjtő munkában aktív részvételükkel fogják segíteni a terv megvalósulását. A Szakcsoport vezetősége ezúton is kéri a magyar gyáripar vezetőit és a hazai kovács szakembereket, hogy a létesülő Kovács Múzeum céljára alkalmas anyagokat jelentsék be, óvják ill., mentsék meg a pusztulástól, és ha bárhol tudnak még ilyenekről, akkor értesítsék az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Kovács Szakcsoportját, 1368. Budapest, V., Ankerköz 1—3. I. 103. címen, vagy a 423-943 számú telefonon.
A hazai kovács-közösség javára végzett értékes munkájukért a Kovács Szakcsoport vezetősége előre is köszönetet mond.

Latinák István

FÉMKOHÁSZAT

Rovatvezetők: GARAY LÁSZLÓ, KOLOSY ERNŐ

A feszítőerők hatása az előresietésre szalagok hideghengerlésekor

SCHIPPERT LÁSZLÓ okl. kohómérnök, a műszaki tudományok kandidátusa,
Székesfehérvári Könnyűfémmű

DK.: 669—418.2./7 : 621.771.016

A szalaghengerlésre jellemző feszítőerők szerepe és hatása még jelenleg sem teljesen tisztázott. A feszítőerők nemcsak a hengerlési erőt csökkentik, hanem fontos szerepet tölthetnek be a hengerlési folyamat stabilitása szempontjából nagysebességű hengerlés esetén. A cikk nagyszámú kísérletre támaszkodva tárgyalja a feszítőerők és semleges szög közötti kapcsolatot.

Az alkalmazott jelölések megnevezése:

T_0 hátsó feszítőerő (fékezés), *kp*
T_1 első feszítőerő (húzás), *kp*
σ_0 fajlagos hátsó feszítés, kp/mm^2
σ_1 fajlagos első feszítés, kp/mm^2
γ_0 semleges szög feszítés nélkül, *rad*
γ_H semleges szög feszítés alkalmazása esetén, *rad*
σ_{S0} anyag folyáshatára hengerlés előtt, kp/mm^2
σ_{S1} az anyag folyáshatára hengerlés után, kp/mm^2

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0}$$ relatív fogyás

ahol h_0 vastagság hengerlés előtt mm
h_1 vastagság hengerlés után

$$n_k = \frac{\sigma_{S0} + \sigma_{S1}}{2\sigma_{S0}}$$ keményedési tényező

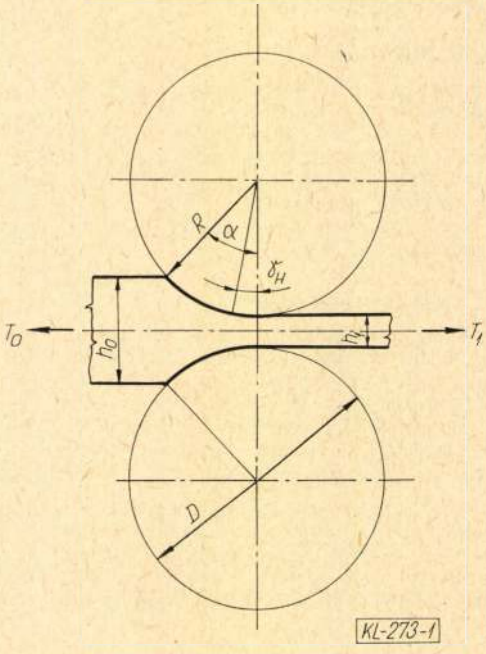
D hengerátmérő mm
μ súrlódási tényező
S előresietés

A szalaghengerléssel foglalkozó szakirodalom és saját kísérleteink alapján úgy tűnik, hogy a hengerlési folyamat további megismerésének kulcskérdésévé vált a feszítőerők szerepének tisztázása.

A szalaghengerlésnél alkalmazott feszítőerők szerepét idáig többnyire csak a hengerlési erőszükséglet szempontjából tartották fontosnak. A hengerlési sebesség növekedése miatt időszerű és fontos feladattá vált a feszítőerők értékelése a hengerlési folyamat stabilitása szempontjából is.

Annak következtében, hogy a súrlódási tényező, a semleges szög és a feszítőerők hatását a hengerlési folyamatra még nem ismerjük kielégítően, a feszítőerők kiválasztásával kapcsolatos kép az üzemekben igen tarka. A szakirodalomból a technológus ezen fontos kérdéssel kapcsolatban csak igen szegényes tájékoztatást kaphat. Egyes szakértők a hengerlési erő csökkentése céljából az anyag által még elviselhető legnagyobb feszítőerők alkalmazásának a hívei. Mások szerint a feszítőerő egyedüli szerepe, hogy biztosítsa a tömör tekercselést és a szalagból vágott lemezek jó kifekvését. Nyilvánvaló, hogy az optimális megoldás a hengerlendő anyagtól, a termékkel szemben támasztott követelményektől és a hengerállvány lehetőségeitől függően más és más, de tény, hogy az e téren szerzett gyakorlati tapasztalatok összegyűjtése, kiértékelése és általános szabályba foglalása még nem történt meg.

A hengerrés felépítéséből *(1. ábra)* következik, hogy egyébként azonos körülmények között a semleges szög változásának nagysága jellemezheti a feszítőerők hatását szalaghengerléskor kinematikailag is és erőelosztás szempontjából is. A semleges szög nagyságát pedig az előresietés mérésének ismert módszerével állapíthatjuk meg. Meg kell jegyezni, hogy ez a módszer csak a síkbeli alakváltozási körülmények között alkalmazható.



1. ábra. A hengerrés keresztmetszeti vázlata szalaghengerléskor

A feszítőerők és az előresietés (semleges szög) kapcsolatával foglalkozó jelenleg ismert nézeteket a következőképpen lehet csoportosítani:

a) van elmélet, mely az alakítási zónában (hengerrés) ható erők statikai egyensúlyából kiindulva bizonyítja, hogy az előresietés és semleges szög változatlanul maradásának ($\Delta S = 0$ és $\gamma_0 = \gamma_H$, illetve $\Delta\gamma = \gamma_H - \gamma_0 = 0$) feltétele az, hogy az első és hátsó feszítőerők egyenlőek legyenek, tehát

$$T_1 = T_0, \text{ illetve } \frac{T_1}{T_0} = 1{,}0$$

Ezen elmélet egyik ismert képviselője *Fajnberg*

[1], de megemlíthető *Hessenberg, Sims* és *Larke* is [2].

b) a másik elmélet szerint a hengerlés energiamérlegének egyensúlyából az következik, hogy az előresietés és a semleges szög változatlanul maradásának feltétele a feszítőerők által létrehozott feszültségek egyenlősége:

$$\sigma_1 = \sigma_0, \text{ illetve } \sigma_1/\sigma_0 = 1{,}0$$

Ez a feltétel a feszítőerőkkel felírva a következő:

$$T_1 = (1-\varepsilon)T_0, \text{ illetve } \frac{T_1}{T_0} = 1-\varepsilon$$

Ezen elmélet egyik ismert képviselője *Vidrin* [3].

c) több olyan elmélet ismert, melyek a hengerlési erő egyenletének felállításakor a feszítőerőket nem nyílt formában veszik figyelembe és nem vizsgálják a feszítőerők és előresietés kapcsolatát. Példaként *Celikov* elmélete említhető meg.

A feszítőerők $\left(T_1, T_0, \Delta T = T_1 - T_0, \frac{T_1}{T_0}\right)$ előresietésre kifejtett hatásának vizsgálata céljából nagyszámú hengerlési kísérletet végeztünk. A kísérlethez felhasznált szalaghengerállvány jellemző adatai:

hengerméretek ∅152,3×203,0 mm
hengerlési sebesség 0,2 m/s
hengerek felületi finomsága ~0,1 μCLA

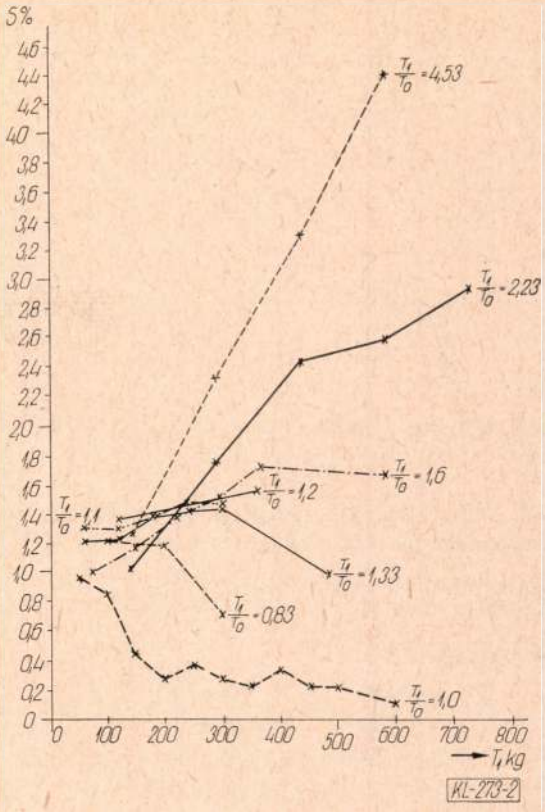
Az előkísérletekhez felhasznált szalagok anyaga AlMgSil ötvözet volt, szélességük 100 mm, hengerlés előtti vastagságuk $h_0 = 1{,}80$ mm, a hengerlés utáni vastagság $\varepsilon = 30\%$-os fogyással $h_1 = 1{,}26$ mm. Az anyagokat hengerlés előtt egyenletesebb szilárdsági tulajdonságok elérése és zsírtalanítás céljából lágyítottuk. Mivel a hengerlés alatti keményedés befolyása az előresietés és a feszítőerők közötti kapcsolata még nem volt ismert, csak a szalagok átlagos keményedési görbéjét határoztuk meg. Az előkísérletekhez felhasznált egyes tekercsek szilárdsági adatait nem jegyeztük fel annak ellenére, hogy előkészítési technológiájukból eredően (szalag sajtolás, hideg előhengerlés, lágyítás) szilárdsági tulajdonságaik szórása elég nagy volt. Hengerlés közben a szalag alsó és felső felületére is kenőanyagként petróleumot csurgattunk. Az előresietés mérése céljából figyelemmel kísértük a henger kerületének és a henger felületén levő jel szalagon érzékelhető lenyomódásai közötti távolság különbségét. Ismeretes az előresietés és semleges szög közötti összefüggés.

$$S = \frac{\gamma^2}{2}\left(\frac{D}{h_1} - 1\right)$$

amiből

$$\gamma = \sqrt{\frac{2Sh_1}{D - h_1}}$$

Az előkísérletek eredményét a *2. ábra* tünteti fel. Adott esetben az előresietésnek Fajnberg szerint a $\frac{T_1}{T_0} = 1{,}0$ értéknél, Vidrin szerint pedig a $\frac{T_1}{T_0} = (1-\varepsilon) = 0{,}7$ értéknél kellett volna változatlanul maradnia (azaz az S változását jellemző görbének párhuzamosnak kellene lennie a vízszintes tengellyel).



2. ábra. A feszítések hatása az előresietés nagyságára AlMgSil ötvözetből készült szalagok hengerlésekor

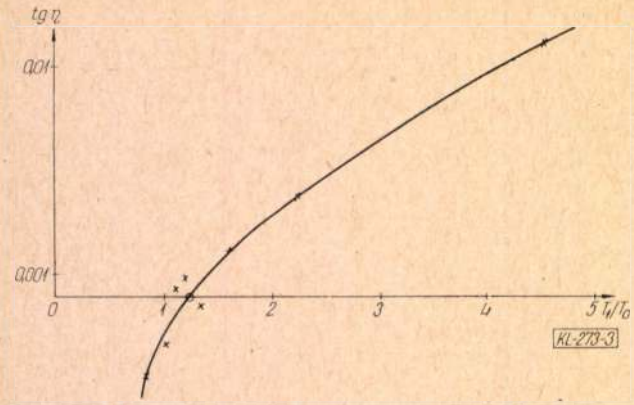
Bár a kísérlethez felhasznált szalagok szilárdsági szórása rontja az eredményt, a görbékből látható, hogy egyik feltételezés sem igazolódik. A $\frac{T_1}{T_0} = 0{,}7$ arány mellett nem is tudtunk hengerelni, mivel a kialakult súrlódási viszonyok mellett a hengerek már nem voltak képesek behúzni az anyagot a hengerrésbe. Hasonló következtetésre jutottak a közelmúltban más kutatók is a rendelkezésre álló adatok elméleti és számítógépes feldolgozása után [4, 5], de a kritikailag vizsgáltaknál jobb összefüggést nem javasoltak.

Annak érdekében, hogy a 2. ábra görbéinek segítségével meghatározzuk az előresietés állandóságát biztosító $\frac{T_1}{T_0}$ arányt, a következő módon jártunk el:

— a legkisebb négyzetek módszerével meghatároztuk minden görbe helyettesítő egyenesét
— megállapítottuk ezen egyenesek iránytangensét (tg η)
— ábrázoltuk a (tg $\eta)_i = f(T_1/T_0)$ függvényt *(3. ábra)* és ott, ahol a kapott logaritmikus görbe metszi az abszcisszát, azaz tg $\eta = 0$, a leolvasható T_1/T_0 arány mellett az előresietés változatlan marad.

A mi esetünkben az adódott, hogy az előresietés változatlansága és a feszítés nélküli hengerlésnél mérhetővel azonos értéke a feszítőerők következő aránya mellett érhető el $\frac{T_1}{T_0} = 1{,}208$.

Ez az érték nagyon közel van a kísérlet során felhasznált anyagok keményedési tényezőjének és a Vidrin által levezetett aránynak — $(1-\varepsilon)$ — szorzatához.



3. ábra. A 2. ábra görbéit helyettesítő egyenesek iránytangensei és a feszítőerő arányok T_1/T_0 közötti összefüggés

A 2. ábra által jellemzett mérésekhez használt anyagok átlagos folyáshatára a következő volt:

hengerlés előtt $\sigma_{S0} = 6{,}3$ kp/mm²
hengerlés után $\sigma_{S1} = 16{,}9$ kp/mm²

A keményedési tényező

$$n_k = \frac{\sigma_{S0} + \sigma_{S1}}{2\sigma_{S0}} = \frac{6{,}3 + 16{,}9}{2 \cdot 6{,}3} = 1{,}84$$

Tehát, ha az előresietés változatlanságát biztosító feszítőerő arányt „j"-vel jelöljük, azaz

$$\frac{T_1}{T_0} = (1 - \varepsilon) n_k = j$$

akkor a 2. ábra adataira a 3. ábra figyelembevételével felírható, hogy

$$\frac{T_1}{T_0} = 1{,}208 \approx 1{,}29 = j$$

Az előkísérletek alapján nyert eredmény helyességének ellenőrzése céljából az *1. táblázatban* feltüntetett anyagokkal további kísérleteket végeztünk. Különböző ötvözetű lágy szalagokon kívül hengereltünk hideghengerléssel (1,80 mm-ről 1,0 mm-re) előzetesen alakított anyagokat is.

Ezenkívül lehetőségünk volt néhány mérés elvégzésére alacsony C-tartalmú lágy acélszalag hengerlése során is. A szalagok szélessége 100 mm volt.

Az előkísérletekhez hasonlóan a hengerlési sebesség 0,2 m/s, a hengerek felületi finomsága 0,1 μCLA volt, kenőanyagként változatlanul petróleumot alkalmaztunk.

A továbbiakban csak az előresietésből számítható semleges szög és a feszítőerők kapcsolatát fogjuk vizsgálni.

A kísérleti úton meghatározott γ_H értékeket az első feszítőerő függvényeként ábrázoltuk $\gamma_H = f(T_1)$ állandó hátsó feszítés (T_0 = Konst) mellett. Az összefüggések megközelítőleg egymással párhuzamos egyenesekkel ábrázolhatók. Fokozatos közelítéssel meghatároztuk azt a γ_H értéket, melyhez tartozó és T_1, valamint T_0 viszonyát kifejező egyenes átmegy az origón. Az így meghatározott γ_H azonos a $T_1 = T_0 = 0$ feltétel mellett mért γ_H értékével, azaz ugyanezen anyag egyébként azonos körülmények között, de feszítés nélküli hengerlése esetén mérhető semleges szögével.

Következésképpen ebben az esetben $\gamma_H = \gamma_0$. Példaként az 1. táblázat N° = 3 (lágy Al 99,5), N° = 5 (lágy AlCuMg2) és N° = 7 (lágy acél) anyagaira vonatkozó görbéket mutatjuk be a *4a, 4b, 5a, 5b és 6a, 6b ábrákon.*

A kísérletek eredményét az 1. táblázat valamennyi anyagára vonatkozóan a *2. táblázatban* foglaltuk össze és összehasonlítottuk a különböző kutatók által a semleges szög állandóságának feltételeként megjelölt feszítőerő arányokat (T_1/T_0) a kísérleti úton meghatározott értékekkel.

A kísérletek keretében végzett egyes mérések pontosságára jellemző, hogy ±5%-os biztonsági határ mellett azok megbízhatósága mindig >0,90 (az esetek többségében >0,95). Ha a kísérleti adatok alapján a különböző szerzők egész folyamatra (2. táblázat) vonatkozó állításait vizsgáljuk, ±10 %-os biztonsági határ mellett a megbízhatóság mértéke a következő:

— valamennyi anyag hengerlését figyelembe véve

$\frac{T_1}{T_0} = (1 - \varepsilon)$ szerint: 0,48
$\frac{T_1}{T_0} = 1{,}0$ szerint: 0,70
$\frac{T_1}{T_0} = n_k(1 - \varepsilon)$ szerint: 0,85

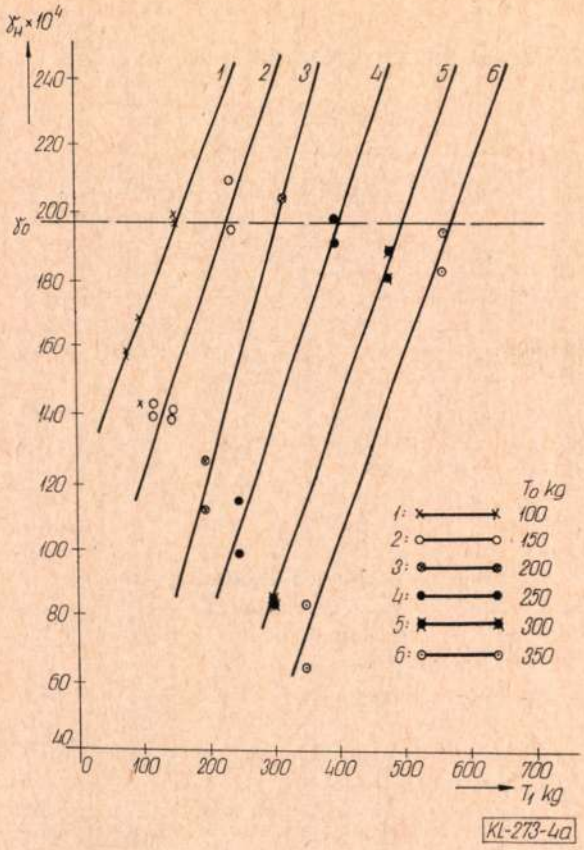
— csak a lágy anyagok hengerlésének figyelembevételével (kemény anyagokból csak 1—1 tekercsünk volt, s a viszonylag kevés mérés csak tájékozódásra elég)

$\frac{T_1}{T_0} = (1 - \varepsilon)$ szerint: 0,42
$\frac{T_1}{T_0} = 1{,}0$ szerint: 0,65
$\frac{T_1}{T_0} = n_k(1 - \varepsilon)$ szerint: 0,92

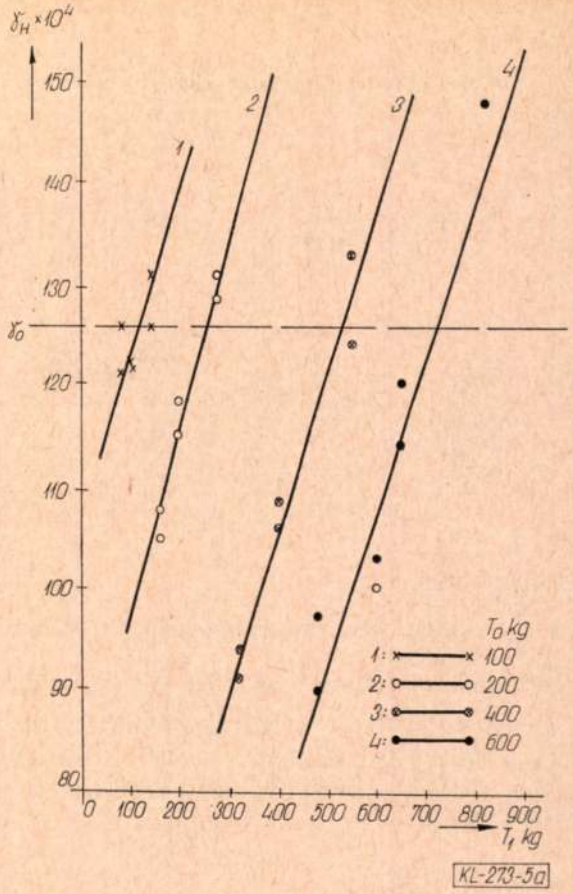
1. táblázat

A felhasznált anyagok és jellemző hengerlési adatok a feszítőerők és előresietés kapcsolata kísérleti vizsgálatánál

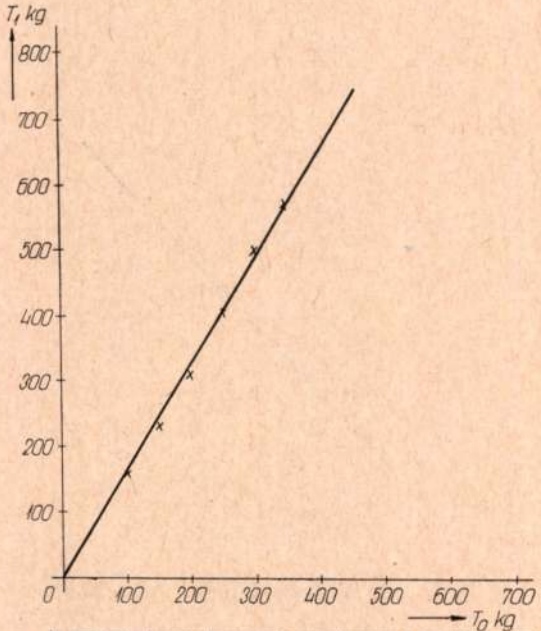
N°	Anyag	Az anyag állapota	h_0 mm	h_1 mm	Δh mm	ε %	σ_{S0} kp/mm²	σ_{S1} kp/mm²	n_k
1.	Al 99,5	kemény	1,0	0,8	0,2	20	11,6	12,3	1,03
2.	AlMgSi 1	kemény	1,0	0,8	0,2	20	18,1	18,9	1,02
3.	Al 99,5	lágy	1,0	0,8	0,2	20	3,3	9,0	1,86
4.	AlMgSi 1	lágy	1,0	0,8	0,2	20	4,7	13,8	1,96
5.	AlCuMg 2	lágy	1,0	0,83	0,17	17	15,0	25,7	1,36
6.	AlMgSi 1	lágy	1,8	1,26	0,54	30	7,0	15,4	1,60
7.	Acél	lágy	0,98	0,83	0,15	15,3	26,5	42,3	1,30



4a ábra. A $\gamma_H = f(T_1; T_0)$ összefüggések. Anyag: Al 99,5 (1. táblázat N°3)



5a ábra. A $\gamma_H = f(T_1; T_0)$ összefüggések. Anyag: AlCuMg2 (1. táblázat N° 5)

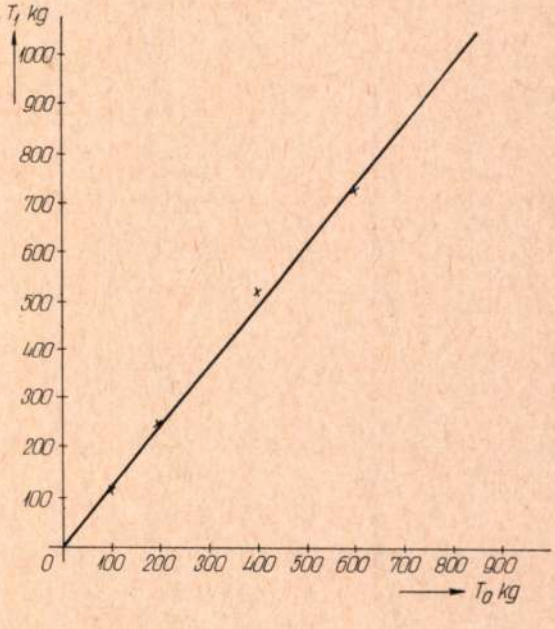


T_0	100	150	200	250	300	350
T_1	155	230	310	405	500	575
$\frac{T_1}{T_0}$	1,55	1,53	1,55	1,62	1,67	1,65

Középérték: $\frac{T_1}{T_0} = 1{,}60$

KL-273-4b

4b ábra. A semleges szög változatlanságának feltétele $\gamma_0 = \gamma_H = 197.10^{-4}$ rad Al 99,5 anyag (1. táblázat N° 3) hengerlésnél



T_0	100	200	400	600
T_1	115	250	525	730
$\frac{T_1}{T_0}$	1,15	1,25	1,31	1,22

Középérték: $\frac{T_1}{T_0} = 1{,}23$

KL-273-5b

5b ábra. A semleges szög változatlanságának feltétele $\gamma_0 = \gamma_H = 126 \cdot 10^{-4}$ rad. AlCuMg2 anyag (1. táblázat N°5) hengerlésénél

2. táblázat

A $\gamma_0 = \gamma_H$ feltételt kielégítő kísérletileg és számítással meghatározott T_1/T_0 értékek összehasonlítása

N°	Anyag	Az anyag állapota	ε %	n_k	A $\gamma_0 = \gamma_H$ feltételt kielégítő $\frac{T_1}{T_0}$ értékek						
					kísérleti úton	$\frac{T_1}{T_0} = (1-\varepsilon)$-ből		$\frac{T_1}{T_0} = 1{,}0$-ból		$\frac{T_1}{T_0} = n_k(1-\varepsilon)$-ból	
						$\frac{T_1}{T_0}$	hiba %	$\frac{T_1}{T_0}$	hiba %	$\frac{T_1}{T_0}$	hiba %
1.	Al 99,5	kemény	20	1,03	1,0	0,80	−20,0	1,0	0	0,825	−17,5
2.	AlMgSi 1	kemény	20	1,02	1,12	0,80	−28,6	1,0	−12,0	0,815	−27,2
3.	Al 99,5	lágy	20	1,86	1,60	0,80	−50,0	1,0	−37,5	1,49	−6,9
4.	AlMgSi 1	lágy	20	1,96	1,38	0,80	−42,0	1,0	−27,6	1,57	+13,8
5.	AlCuMg 2	lágy	17	1,36	1,23	0,83	−32,6	1,0	−18,7	1,13	−8,1
6.	AlMgSi 1	lágy	30	1,60	1,32	0,70	−47,0	1,0	−24,2	1,12	−15,1
7.	Acél	lágy	15,3	1,30	1,06	0,847	−20,1	1,0	−5,7	1,10	+3,8

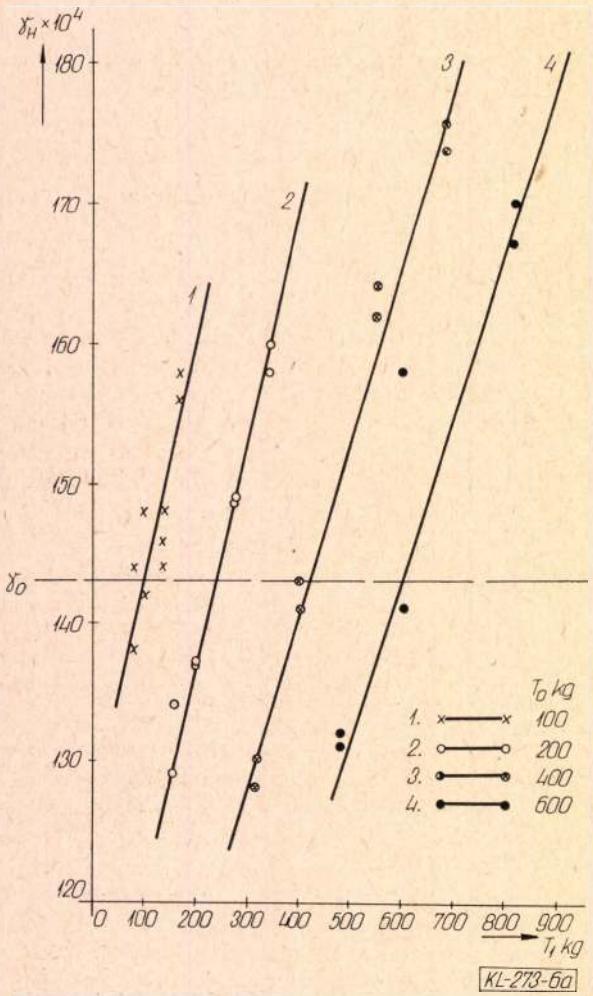
Megállapítható, hogy

1. a $\frac{T_1}{T_0} = n_k(1-\varepsilon)$ arány felhasználásával számított értékek mérthez viszonyított közepes hibája lényegesen kisebb, mint az egyéb javasolt $\frac{T_1}{T_0}$ arányokból számítottaké és megfelel a hengerléselméletben használt formulák általános pontosságának;

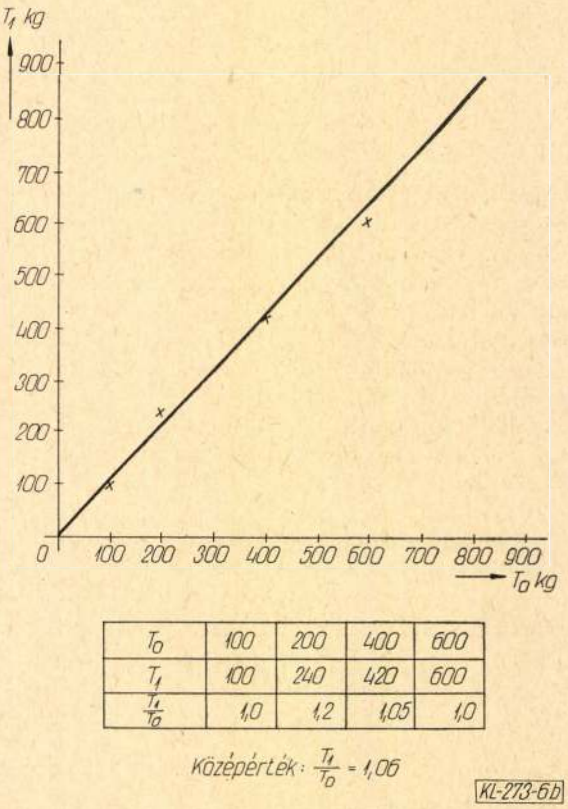
3. táblázat

A különböző módszerekkel meghatározott γ_0 értékek

N°	Anyag	Az anyag állapota	ε %	n_k	γ_0 értékei (rad)	
					feszítőerők alkalmazásával	feszítőerők alkalmazása nélkül
1.	Al 99,5	kemény	20	1,03	0,0218	0,0195
2.	AlMgSil	kemény	20	1,02	0,0144	0,0156
3.	Al 99,5	lágy	20	1,86	0,0197	0,0178
4.	AlMgSil	lágy	20	1,96	0,0140	0,0145
5.	AlCuMg2	lágy	17	1,36	0,0126	0,0133
6.	AlMgSil	lágy	30	1,60	0,0148	0,0147
7.	Acél	lágy	15,3	1,30	0,0143	0,0137



6a ábra. A $\gamma_H = f(T_1; T_0)$ összefüggések. Anyag: acél (1. táblázat N° 7)



6b ábra. A semleges szög változatlanságának feltétele $\gamma_0 = \gamma_H = 143 \cdot 10^{-4}$ rad. acél (1. táblázat N° 7) hengerlésekor

2. lágy anyagok hengerlése esetén mind a $\frac{T_1}{T_0}=(1-\varepsilon)$ mind a $\frac{T_1}{T_0}=1{,}0$ arány igen alacsony értékeket eredményez;

3. a $\frac{T_1}{T_0}=1{,}0$ arány kisebb mértékben tér el a kísérleti eredményektől, mint a $\frac{T_1}{T_0}=(1-\varepsilon)$

Meg kell jegyezni, hogy a feszítőerők alkalmazása mellett végzett hengerlési kísérletekből a leírt módszerrel meghatározott γ_0 értékek igen jó egyezést mutatnak a kritikus szög azon értékeivel, melyeket az ugyanezen anyagok feszítőerők alkalmazása nélküli hengerlésekor közvetlenül mérhető előresietési értékekből számítottunk ki *(3. táblázat)*.

Összefoglalásként az előbbiekben ismertetett kísérleti eredmények alapján javasolható, hogy a technológiai számításokban a

$$\frac{T_1}{T_0}=n_k(1-\varepsilon)=j$$

arányt vegyék figyelembe, mint olyant, mely mellett a semleges szög nagysága változatlanul marad és azonos a feszítés alkalmazása nélkül mérhetővel ($\Delta\gamma=\gamma_H-\gamma_0=0$). Ezen arány kialakulására a fogyáson kívül a hengerelt anyag szúrás alatti keményedése is erősen hat.

IRODALOM

[1] *Fajnberg Ju. M.:* Avtoregulirovanie pri holodnoj prokatke. Metallurgizdat, Harkov 1960.

[2] *Larke E. K.:* Prokatka lisztovogo i poloszovogo metalla. (Oroszul, angolból fordítva.) Metallurgizdat, Moszkva 1959.

[3] *Vidrin V. N.:* Dinamika prokatnüh sztanov. Metallurgizdat, Szverdlovszk 1960.

[4] *Poluhin V. P., Hloponin V. N.:* Vlianie natyazsenyija na polozsenie nejtralnogo szecsenija pri holodnoj prokatke nerzsavejuscsej sztali. Szbornik: Plaszticseszkaja deformacija metallov i szplavov, pod. red. P. I. Poluhina. Metallurgija, Moszkva 1970.

[5] *Abdulov Ju. P.:* Krutjascsij moment i operezsenie pri prokatke sz ravnüm natjazseniem poloszü. Izv. A. N. Sz. Sz. R. Metallü, 1971. N° 3.

Új fotometriás módszer a kobalt-fém kismennyiségű nikkeltartalmának meghatározására

KOCSIS LÁSZLÓNÉ kutatótechnikus
Csepel Vas- és Fémművek
Fémtani és Technológiai Kutató Intézet

DK.: 669.265'24.017 : 535.24

A dolgozat elemzési módszert ismertet, amely lehetővé teszi fém-kobalt és kobalt-tartalmú ötvözetek kismennyiségű nikkeltartalmának meghatározását.

Fém-kobalt, ill. különböző kobalt-tartalmú ötvözetek (például Fecova, Vicalloy stb.) kismennyiségű, néhány tized százalék nikkel szennyezésének meghatározása gyakorta előforduló feladat laboratóriumunkban. A kismennyiségű nikkel meghatározása a nagy feleslegben jelenlevő kobalt miatt az eddigiekben csak hosszadalmas és bonyolult módszerrel volt lehetséges.

Nikkel meghatározására az üzemi laboratóriumi gyakorlatban rendszerint diacetil-dioximos leválasztást követő súlyszerinti módszert alkalmazzuk. Mivel a kobalt(II)-ionok a reagenssel vízoldható komplexet képeznek, a kobaltfém nikkeltartalmának meghatározása esetén igen nagy feleslegben kell a reagenst alkalmazni. Vasat és kobaltot egymás mellett tartalmazó ötvözet elemzése esetén pedig, a vízben oldhatatlan Fe-Co-diacetildioximát kicsapódásának megakadályozása céljából a nagy reagens-felesleg mellett még komplexképzőt (pl. nátrium-pirofoszfátot) is kell használni.

A leválasztást kétszer meg kell ismételni, 24 órai állás után. A kétszeri szűrés és visszaoldás miatt fellépő veszteség viszonylag nagy (mintegy 0,04% Ni).

A veszteség megfelelő munkamódszer alkalmazása esetén korrekcióba vehető. Az eljárás azonban nem teljesen megbízható és hosszadalmas.

A súlyszerinti módszer helyett cianometrikus titrálást is alkalmazhatunk, a diacetildioxim elroncsolása után. A roncsolás miatt a módszer időszükséglete tovább növekszik, 1—2 nappal.

Az eljárás teljes időszükséglete 4—5 nap.

Az üzemi vizsgálati igények kielégítése céljából szükséges volt olyan gyors és pontos módszer kidolgozása, mely alkalmas nagymennyiségű, mintegy 500—1000-szeres feleslegű kobalt, illetve mintegy 500-szoros feleslegű vas jelenlétében a kismennyiségű nikkel meghatározására.

A nikkel meghatározására kobalt mellett a szakirodalom extrakciós módszereket is ajánl [2], [3]. Ezen eljárásokban azonban a kobalt mennyisége nem haladhatja meg a nikkel mennyiségét. Emiatt a mi gyakorlatunkban nem voltak alkalmazhatók.

A korszerű nedves kémiai fémelemzési módszerek kidolgozásánál az az irány, hogy bonyolult elválasztások helyett komplexképzők alkalmazásával és szelektív extrakcióval egy lépésben válasszuk el a meghatározandó alkatrészt az alapanyagtól. Ezt

az elvet követtük mi is az új módszer kidolgozása során.

Fém-kobalt, illetve kobalt-tartalmú ötvözetek nikkel szennyezésének meghatározására új fotometriás módszert dolgoztunk ki, amely a nikkel és a kobalt elválasztását kobalt(III)-hexacianoferrát (III)-komplex kialakításával és az azt követő kloroformos extrakcióval teszi lehetővé.

1. A módszer elve

A nikkel-diacetildioximát kloroformban sárga színnel oldódik [3]. Ugyancsak sárga színnel oldódó vegyületet ad kloroformos közegben a kobalt(II)-ion is a diacetil-dioximmal. Kismennyiségű nikkel sok kobalt jelenlétében ily módon nem határozható meg, az elválasztás nem végezhető el.

Tapasztalataink szerint nagy, mintegy 200—500-szeres feleslegben jelenlevő kobalt mellől is kiextrahálható a nikkel, ha a kobaltot előzetesen kobalt(III)-hexacianoferrát(III) alakban stabil komplexbe visszük. A hexacianoferrát(III)ionok jelenlétében adiacetildioxim nem reagál a kobalt (III)-ionokkal és a kloroformos fázisba csak a nikkel-diacetildioximát kerül az extrakciókor. A sárgaszínű nikkel-diacetildioximátot 420 nm hullámhossznál fotometráljuk.

2. Alkalmazási terület

Az eljárás jól alkalmazható fém-kobalt nikkel szennyezésének meghatározására, ezenkívül minden olyan kobalt-tartalmú ötvözet kismennyiségű nikkeltartalmának meghatározására, amely a kobalton kívül vasat, krómot, mangánt, vanádiumot és alumíniumot tartalmaz ötvözőként. A felsorolt elemek még nagymennyiségben (pl. a vas (III)-ion még 500-szoros; a Cr(III)-ion 50—100-szoros; a Mn(II)-ion 50-szeres; V(V)-ion 20-szoros; az Al(III)-ion 10 000-szeres feleslegben) sem zavarnak. Zavarja az elemzést viszont a réz(II)-ion, amit előzetesen pl. elektrolízissel el kell távolítani a próba-oldatból.

3. Kémszerek és oldatok

Sósav	1+1 hígítású
Salétromsav	d=1,25
Nátriumpirofoszfát	telített oldat
Ammóniumhidroxid	d=0,91
uffer oldat	80 g ammóniumkloridot 100 ml vízben oldunk, majd 60 ml ammón, iumhidroxidot adunk hozzá (d=0,91) és 1 literre hígítjuk
Káliumhexacia-moferrát oldat	11 g káliumhexacianoferrátot 250 ml vízben feloldunk és 1 literre töltjük
Diacetildioxim	1%-os alkoholos oldat
Ni-standard oldatok	*„A" oldat:* 2,000 g Ni fémet (99,99%) 25 ml salétromsavban (d=1,25) oldunk, majd 1 literre töltjük. 1 ml „A" oldat 2,00 mg Ni-t tartalmaz
	„B" oldat: 5 ml „A" oldatot 100 ml-re hígítunk. 1 ml „B" oldat 0,1 mg Ni-t tartalmaz.

4. Készülékek

pH-mérő tartozékaival

Spektrofotométer tartozékaival

Méréseinkben RADELKIS OP 203 pH-mérőt és Spektromom 203 spektrofotométert használtunk.

5. Vizsgálati eljárás

A vizsgálandó kobalt-fémből vagy ötvözetből 0,200 g forgácsot 10 ml sósav és 10 ml salétromsav elegyében oldunk, az oldatot kiforraljuk, majd 100 ml-es mérőlombikban jelig töltjük (törzsoldat). A törzsoldatból 10 ml-es részletet 100 ml-es pohárba mérünk, 20 ml nátrium-pirofoszfát oldatot adunk hozzá. Az oldat pH-ját előbb ammóniumhidroxiddal pH-9-re beállítjuk, a pH- ellenőrizzük, majd 5 ml pufferoldatot és 10 ml kálium-hexacianoferrát(III)-oldatot adunk az elegyhez és jól összekeverjük.

Az oldatot 250 ml-es rázó-tölcsérbe előzetesen bemért 10 ml kloroformra rétegezzük, 4 ml diacetildioxim-oldatot adunk a vizes fázishoz, majd a nikkel-diacetildioximátot 3—4 perces rázással a kloroformos fázisba visszük.

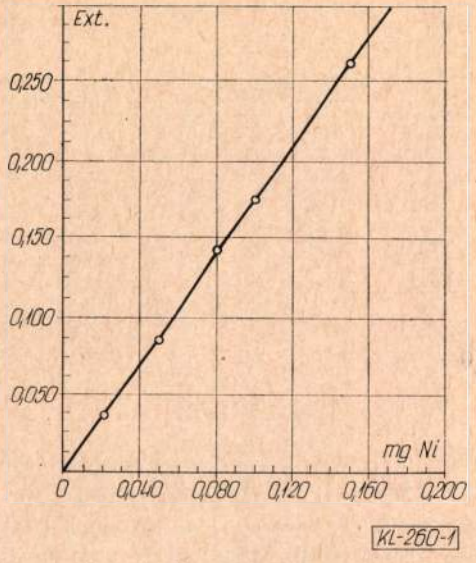
Az alsó, kloroformos fázist, kloroformmal átöblített szűrőpapírral bélelt tölcséren keresztül 25 ml-es mérőlombikba szűrjük. A kirázást még két ízben 5—5 ml kloroformmal megismételjük. A szerves fázisokat egyesítjük és a mérőlombikot kloroformmal feltöltjük.

A kloroformos oldatot 2 cm-es küvettában 420 nm hullámhossznál fotometráljuk. Összehasonlító oldatként tiszta kloroformot használunk. Az oldatok nikkeltartalmát kiértékelő görbe segítségével állapítjuk meg.

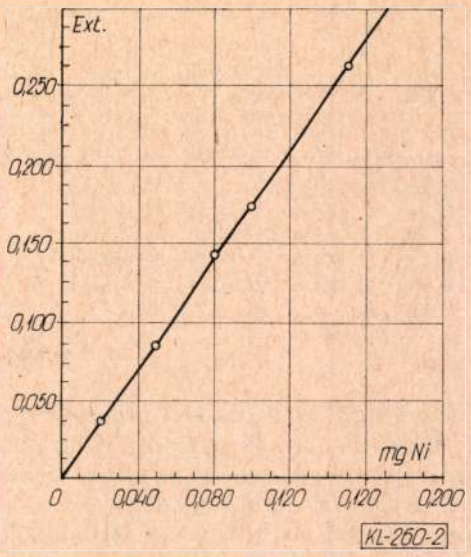
6. Kiértékelő görbe készítése

6 db 100 ml-es pohárba rendre 0,0; 0,2; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5 ml „B" jelű nikkel-oldatot mérünk, vízzel 10 ml-re kiegészítjük, majd a továbbiakban az 5. pontban leírtak szerint járunk el. Az eredményeket grafikonon ábrázoljuk.

A mérési tartományban (0—0,150 mg nikkel 25 ml térfogatban) a LAMBERT-BEER törvényt érvényesnek találtuk.



1. ábra. Kiértékelő görbe kobalt-mentes oldatban



2. ábra. Kiértékelő görbe kobalt-tartalmú oldatban

1. táblázat

Kiértékelő görbe mérési adatai kobalt-mentes oldatban

Bemért Ni-oldat ml	Bemért Ni, mg	Mért extinkció
0,20	0,020	0,035
0,50	0,050	0,086
0,80	0,080	0,142
1,00	0,100	0,175
1,50	0,150	0,262

7. A módszer gyakorlati alkalmazása

A módszer pontosságának ellenőrzésére kobaltfémből az 5. pontban leírtak szerint törzsoldatot készítettünk, 10—10 ml-t a kobalt törzsoldatból 6 db 100 ml-es pohárba mértünk. A kobalt-törzsoldathoz rendre 0,0; 0,2; 0,5 0,8; 1,0; 1,5 ml „B" jelű nikkel oldatot adtunk és így is felvettük a kiértékelő görbét. Az eredményeket a *2. táblázat* és a *2. ábra* mutatja.

2. táblázat

A kiértékelő görbe mérési adatai kobalttartalmú oldatban

Bemért Co mg	Bemért Ni mg	Talált Ni mg	Δ mg	Relatív hiba %	Mért extinkciók		
					0,040	0,035	
200	0,020	0,022	+0,002	10	0,036	0,030	0,037
					0,086	0,088	0,89
200	0,050	0,048	−0,002	4	0,083	0,090	
					0,140	0,142	0,145
200	0,080	0,082	+0,002	2	0,143	0,142	
					0,175	0,176	0,178
200	0,100	0,102	+0,002	2	0,180	0,175	
					0,260	0,262	0,260
200	0,150	0,151	+0,001	1	0,265	0,260	

3. táblázat

Üzemi mérési eredmények

Ötvözet		Talált nikkeltartalom %-ban	
Száma	Típusa	Leválasztás után titrálással	Fotometriásan
5160	Co-fém	0,10	0,105
—	Co-etalon	0,35	0,340
—	Co-por	0,23	0,240
268	Co-por	0,16	0,162
354	FECOVA	0,15	0,150
176	FECOVA	0,27	0,275

A bemért nikkel mennyiségeket ±0,002 mg szórással visszakaptuk. A módszer hibája 0,020 mg nikkeltartalomnál 10 rel%, 0,100 mg nikkeltartalomnál 2 rel%.

A reprodukálhatóság igen jó, a táblázatban szereplő értékek 5—5 mérés középértékei.

Az eljárás gyors, pontos és üzemi körülmények között is egyszerűen kivitelezhető.

Néhány kobalt-fémmel és vas-kobalt-vanádium ötvözettel végzett párhuzamos elemzés eredményét mutatja a *3. táblázat.*

Az összehasonlító vizsgálatokat a nikkel diacetildioximos leválasztása után végzett elroncsolást kö-

4. táblázat

Üzemi mérési eredmények
(reprodukálhatóság)

5160 Co fém		Co-etalon		Co-por		268 Co-por		354 FECOVA		176 FECOVA	
Ext.	Ni %	Ext.	Ni %	Ext.	Ni %	Ext.	Ni %	Ext.	Ni %	Ext.	Ni %
0,035	0,10	0,107	0,32	0,090	0,25	0,058	0,16	0,053	0,15	0,099	0,28
0,038	0,11	0,118	0,34	0,088	0,24	0,059	0,16	0,053	0,15	0,100	0,28
0,040	0,11	0,120	0,345	0,084	0,24	0,060	0,165	0,053	0,15	0,101	0,28
0,041	0,115	0,118	0,34	0,084	0,24	0,061	0,165			0,098	0,28
0,034	0,10	0,121	0,345	0,085	0,24	0,057	0,15			0,096	0,27
0,033	0,10									0,094	0,27
										0,095	0,27

vetően cianometrikus titrálással végeztük el. Indikátorul murexidet alkalmaztunk. Ez a módszer hosszadalmas, időszükséglete mintegy 48 óra. Az új módszer csak 5 óra időt igényel.

Az üzemi mérési eredményeink reprodukálhatóságát mutatja a *4. táblázat.*

A fotometrikus módszer (pontossága $\pm 0{,}01\%$ Ni) az üzemi követelményeket kielégíti.

IRODALOM

[1] Analyse der Metalle (BLUMENTHAL és munkatársai) 2. kiadás. 1953. Berlin 371. oldal

[2] *Sandell. E. B.* Colorimetric determination of traces of metals. Intersc. Publ. 1950. N. Y. 473. oldal.

[3] *Burger K.* Szerves reagensek a fémanalízisben. Műszaki Kiadó Budapest (1969) 130. oldal.

A timföldgyári automatizálás fejlesztési lehetőségei és a fejlődés iránya

(Bevezető közlemény)

BARAKKA IMRE okl. villamosmérnök NÉMETH BÉLA okl. gépészmérnök
Almásfüzitői Timföldgyár, Almásfüzitő

DK.: 669.712 : 62—52

A tanulmány áttekintést ad a hazai 15—20 éves automatizálási tevékenységről és megállapítja, hogy a timföldgyári automatizálás elérte a vegyipari automatizálás átlagos szintjét. Elemzi a továbbfejlesztés lehetőségeit. Tájékoztatást ad az analóg digitális számítógépek hasznosítási lehetőségeiről a timföldgyártásban. Ismerteti a magasabbszintű irányítás eléréséhez szükséges munkák sorrendjét, ill. fázisait. Példaként bemutatja a zagybeállítás, mint technológiai egység számítógépes irányítását, kitérve az adatgyűjtés — adatfeldolgozás gazdaságosságára.

A hazai timföldgyárakban 15—20 éve kezdődött meg a technológiai folyamatok fontos paramétereinek mérése és önműködő irányítást megvalósító automatizálási munka [1—6]. Lényegében hasonlót állapíthatunk meg külföldi viszonylatban is [7].

A kezdeti időszak fő jellemzője a tapasztalat és az automatika elemek hiánya volt [1]. Az egyes üzemekben főleg házi gyártmányú és átalakított műszergyári készülékek képezték az automatizálás műszerbázisát [8]. Ezekkel a kezdetleges eszközökkel készültek el azok a szabályozási körök, amelyeknek csak egy része bizonyította az automatizálás szükségességét. Számos sikertelen próbálkozás láttán, a timföldgyártásban pusztán divatnak tekintették az automatizálást.

Az elmúlt évtized minőségi változást eredményezett [10—13]. Megnőtt az automatika elemek választéka és megbízhatósága. Kialakult az a káderbázis is, amelyre támaszkodva reális célkitűzésekkel valósult meg a timföldgyári technológiai folyamatok fizikai paramétereinek értéktartó, illetve kapcsolt szabályozása. Csak a helyi adottságok tették lehetővé az Almásfüzítői Timföldgyárban, a bővítés keretében végzett automatika tervezés kellő tapasztalatok hiányában elkövetett hibáinak kiküszöbölését [14—15]. Az érzékelő és beavatkozó szervek [16—25] eredményes fejlesztésének eredményeként, a hatvanas évek végére megnőtt a mérő és szabályozókörök tervezésének és megvalósításának biztonsága. Ezen a területen a további tennivalókat a megnövekedett technológiai és pontossági igények, valamint a meglevő hiányosságok szabják meg. Az eddigi ismeretek alapján megállapíthatjuk, hogy a timföldgyári technológia hagyományos (analóg) elemekkel történő műszerezése és automatizálása az üzem nehéz körülményeinek [26] ellenére eléri a többi vegyipari üzemét.

A további fejlesztés irányai

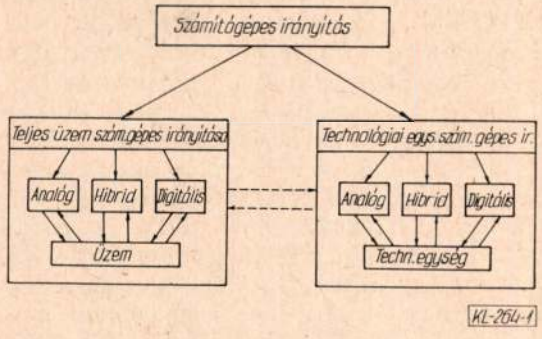
A vegyipari, így a timföldgyári technológia irányítástechnikája nemzetközi méretekben már egyre kevésbé, hazánkban azonban egyelőre teljes egészében hagyományos (analóg) megoldásokon alapul. Tagadhatatlan, hogy a fejlesztésnek még vannak olyan lehetőségei is, mint pl. a mintavétel tökéletesítése, összetételmérők, analóg számítóegységek [27] stb. felhasználása, mégis az irá-

nyítási rendszerek fejlődési üteme azt bizonyítja, hogy a korszerű irányítástechnika egyik leglényegesebb tendenciája a digitális számítógépek felhasználása ipari folyamatok irányítására. Ennek megvilágítására csak két adatot állítunk szembe: míg 1960-ban világviszonylatban 16 db, 1968-ban már 3094 db folyamatirányító számítógép működött [28].

Az előbbiek alapján azonban téves volna az a következtetés, hogy a számítógépes irányítás közvetlenül megvalósítható. Reális csupán az az elképzelés lehet, hogy a közvetlen számítógépes irányítás egy feladatsor megoldásának végső célja.

A számítógépes irányítás szintjei közül két szintre mutatunk rá: teljes üzem számítógépes irányítása, ill. egy-egy technológiai egység számítógépes irányítása.

A számítógépes irányítás két szintjét többféle módon lehet megvalósítani. Ezeket a lehetőségeket az *1. ábrán* mutatjuk be.



1. ábra. Számítógépes irányítás megvalósítási módjai

Az ábra alapján látható, hogy a megvalósítás lehetőségei mindkét esetben azonosak. A feladatot meg lehet oldani analóg számítógéppel, digitális számítógéppel, ill. hibrid számítógéppel.

Az egyik lehetőség az, amikor a technológiai egységek irányítását külön-külön kisebb számítógépekkel lehet elvégezni, és így a teljes üzem irányítása is kisebb számítógéppel történhet. Ez a feladat azonban végrehajtható egyetlen nagyobb számítógéppel is. Lehet a kisebb részfeladatokat analóg számítógéppel (gépekkel), az összetettebb feladatot pedig digitális számítógéppel elvégezni, az ilyen megoldásokat nevezik hibrid irányításnak.

Az analóg számítógépes irányításnak több olyan előfeltétele van, ami a gyakorlati megvalósításnál kedvezőtlenül hat, így például a különböző jellemzőket mérő készülékek pontossága jelenleg csak esetenként megfelelő, továbbá a teljes üzem irányítására alkalmas program elkészítése lényegesen több időt vesz igénybe, mint a digitális számítógépre alkalmas program elkészítése stb.

Ezért, a fentiek figyelembevételével, a továbbiakban nem foglalkozunk a teljes üzem analóg számítógépes irányításával.

A számítógépes irányítás megvalósításának fázisai

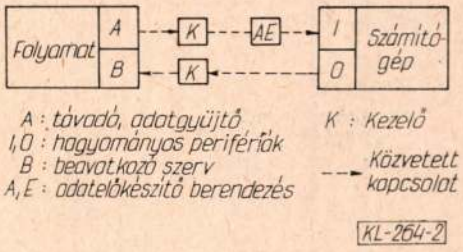
Ahhoz, hogy akár a teljes üzem, akár a technológiai egység irányítását megvalósítsuk, sorrendben a következő feladatokat kell megoldani: A statikus vagy dinamikus technológiai modell és számítógép program elkészítését [28], majd ellenőrzését; optimalizáló eljárással kiegészített statikus vagy dinamikus technológiai modell és számítógép program elkészítését, majd ellenőrzését; kézi adatgyűjtést, ezt követő számítógépes adatfeldolgozást és kézi beavatkozást; automatikus adatgyűjtést és adatfeldolgozást, majd ennek alapján a kézi beavatkozást. Automatikus adatgyűjtést, adatfeldolgozást vagy közvetlen digitális irányítással, vagy alapjelállító szabályozás segítségével.

A teljes üzemmód számítógépes irányítása

Az Almásfüzítői Timföldgyárban a statikus technológiai modell és annak optimalizáló eljárással kiegészített változata elkészült.

A kialakított program tervezési és üzemirányítási felhasználása már folyamatban van. A gyakorlati tapasztalatok döntik majd el, hogy szükség lesz-e dinamikus modell kidolgozására vagy sem.

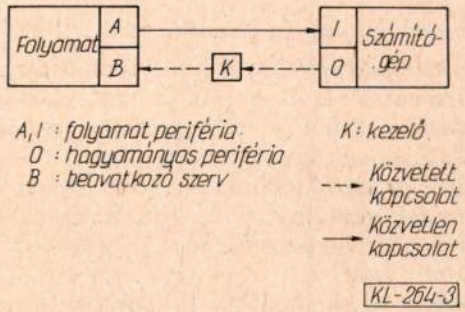
A kézi adatgyűjtést, számítógépes adatfeldolgozást és kézi beavatkozást a *2. ábra* szemlélteti.



2. ábra. Kézi adatgyűjtés, számítógépes adatfeldolgozás, kézi beavatkozás útján történő technológiai irányítás vázlata

Az adatgyűjtés folyamata ebben a fokozatban még független a számítógéptől. Az adatokat részben műszerekkel mérik, részben laboratóriumi elemzéssel határozzák meg. Az összegyűjtött adatokat a számítógép kezelője (operátor) lyukszalagra, vagy lyukkártyára másolja és a hagyományos perifériákkal a számítógépbe „olvastatja".

Az adatok alapján a modellben megszabott program szerint a számítógép ítéletet alkot, és „kiírja" hogy a kívánt cél elérése érdekében a technológia mely változóját milyen mértékben kell módosítani. A módosítást az adott paramétert beállító, pl. értéktartó szabályozó alapjelének megadott mértékű változtatásával kézzel lehet elvégezni. Már ez a megoldás is hasznot hoz, mivel a technológust



3. ábra. Automatikus adatgyűjtés és adatfeldolgozás, kézi beavatkozás útján történő irányítás vázlata

megkíméli a hosszú, fáradságos számolási munkától, az üzemvezetőt pedig a becslésből adódó téves intézkedésektől.

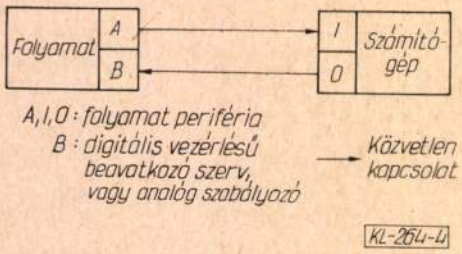
Az automatikus adatgyűjtést és adatfeldolgozást követő kézi beavatkozást a *3. ábra* szemlélteti.

Ez a fokozat feltételezi a modell számításához szükséges adatok mérését és a mért értékek közvetlen továbbítását a számítógépbe. Itt már szükséges a speciális folyamat-periféria. Ha az adatok egy része még csupán laboratóriumi elemzéssel adható meg, akkor ezek a folyamatirányító konzolon keresztül táplálhatók a számítógépbe.

A számítógép ebben az esetben is a modell alapján megírt program utasításai szerint számítja ki a megváltozott körülményeknek megfelelően a szabad változók módosított értékeit. A folyamatba történő beavatkozás az előzőekben leírtakhoz hasonlóan történik.

A számítógépes irányítás lehetőségei az alábbiak:

Az egyik lehetőség a közvetlen digitális irányítás (DDC), amelyet a *4. ábra* szemléltet.



4. ábra. Közvetlen digitális irányítás vázlata

Az adatgyűjtés és adatfeldolgozás az előbbiekben leírttal azonos módon történik, eltérés, hogy a végrehajtó, illetve beavatkozó szervet a számított értéknek megfelelően a számítógép közvetlenül működteti. A megfelelő hatású (P, PI, PID) jelleget a szabályozó algoritmus programba építésével lehet elérni.

A másik lehetőség az alapjelállító szabályozást, amelynél az adatgyűjtés és adatfeldolgozás ugyancsak a korábban leírttal azonos, azonban a számítógép kimenőjele az adott paraméterek beállítását végző szabályozó alapjelét módosítja a számított értéknek megfelelően.

Meg kell jegyeznünk, ha a számítógépes irányítással optimális működést kívánunk elérni, az esetek többségében erre a célra (a modell optimumának megkeresésére) külön számítógépet kell felhasználni.

Technológiai egység számítógépes irányítása

A technológiai egység irányításának kialakításánál a fokozatok az üzemirányításnál láthatókkal azonosak, de ezeket ki kell egészíteni a speciális helyi körülmények kívánalmaival.

A timföldgyártási technológia több fázisát (zagybeállítás, feltárási hatásfok, kikeverési hatásfok, stb.) is lehet kisebb összefüggő egységként számítógéppel irányítani.

Példaként a zagybeállítást kívánjuk megemlíteni, mint a technológiai egység számítógépes irányításának egy tipikus lehetőségét.

A feltárólúg és bauxit összetételi és mennyiségi jellemzőiből számított feltárt-zagy molviszony függ a feltárási viszonyoktól is. Ezeknek — változó üzemi körülmények esetén — jelentős hatása lehet.

Az irányítási feladat analóg számítóelemekkel megoldható, de a feltárási viszonyokat külön figyelembe kell venni és korrekciós feltárólúg hozzáadással kell kompenzálni hatásukat. A korrekció mértékét a jelenlegi helyzetben csak gyakorlati tapasztalatok alapján lehet elvégezni, kérdéses pontossággal.

Digitális számítógép felhasználásával — bár az illesztés számos nehézséget okoz — a feltárt zagy várható összetételének kiszámtása lényegesen egyszerűbb és pontosabb, mint az analóg számítógép esetében. Ezenkívül a feltárási viszonyok változásának hatása miatt szükségessé váló korrekciós-feltárólúg beadagolás mértéke a hatótényezők mérése alapján a számítógép segítségével kellő pontossággal meghatározható.

A számítógép alkalmazására bemutatott fokozatok közül az irodalmi adatok[28] szerint a termelés irányítására a leggazdaságosabb az adatgyűjtés — adatfeldolgozás megvalósítása és felhasználása. Ezzel a távolabbi szándékkal a Budapesti Műszaki Egyetem Folyamatszabályozási Tanszékével együttműködve végeztünk vizsgálatokat a technológiai modell továbbfejlesztésére. Ennek célja, hogy tisztázzuk, milyen hazai gyártmányú digitális számítógép alkalmas adatgyűjtésre és a modell felhasználásával az adatfeldolgozásra. Az eddigi vizsgálatok alapján megfelelőnek mutatkozik e célra a KFKI gyártmányú TPA-I típusú integrált áramkörű digitális számítógép, amelynek műszaki paraméterei vetekszenek a hasonló kategóriájú nyugati gépekével. Ezen túlmenően azonban megvizsgáljuk egyéb gyártmányú számítógépek alkalmazási lehetőségét is.

IRODALOM

[1] *Pintér Géza:* BKL-Kohászat, 1961. 11. sz.

[2] *Dobos Gy.:* A magyar timföldipari fejlesztés felszabadulás óta elért fontosabb eredményei. BKL. — Kohászat, 1968. I.

[3] *Wentzely K.:* 20 éves az Almásfüzitői Timföldgyár. Timföldgyártási ankét. Almásfüzítő, 1970.

[4] *Horváth L.—Lengyel L.:* Az Almásfüzitői Timföldgyárban 1962-ben elkezdett rekonstrukciós bővítés eredményei. Timföldgyártási ankét. Almásfüzitő, 1970.

[5] *Németh Béla:* Műszerezés és automatizálás az Almásfüzitői Timföldgyárban (jelzés, mérés, vezérlés). BKL.—Kohászat, 1970. 9. sz.

[6] *Németh B.:* Automatikus mintavétel és szabályozás az Almásfüzitői Timföldgyárban. BKL.—Kohászat, 1970. 11. sz.

[7] *Beljajev I. I.:* Kontrol i avtomatizácija praizvodsztva glinazjoma i aluminija. Izd. Metallurgija, Moszkva, 1967.

[8] *Agronovszkij A. A., Berh V. I., Kavina V. A., Lebin M. V., Liapunov A. N., Montvid A. E., Munic I. I., Csernyik V. N.:* Szpravocsnik metallurga po cvotnüm metallam. Proizvodsztva glinozma Izd. Metallurgija, Moszkva, 1970.

[9] *Pintér G.:* A timföldgyártás automatizálásában elért eredmények Almásfüzitőn. III. Országos Automatizálási Konferencia, Budapest, 1962.

[10] *Barakka I.:* Zagyszivattyú hajtás. III. Országos Automatizálási Konferencia, Budapest, 1962.

[11] *Helm L.:* Ipari folyamatok műszerezése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1966.

[12] *Farkas F., Kovács F., Gombos M., Klug O., Németh B.:* Timföldgyári lúgok, oldatok összetételének meghatározása fizikai paraméterek mérése alapján. Vegyi- és Olajipari Automatizálási Konferencia, Budapest, 1972.

[13] *Valló F., Tóth B., Punger E.:* Üzemi aluminátlúgok és zagyok automatikus elemzése. Vegyi- és Olajipari Automatizálási Konferencia, Budapest, 1972.

[14] *Németh B., Barakka I., Füsti E., Locsmándi G., Boros F.:* Timföldgyártás fő ágának műszerezése és automatizálása az Almásfüzitői Timföldgyárban. Timföldgyári ankét, Almásfüzitő, 1970.

[15] *Barakka I., Németh B., Füsti E., Locsmándi G., Boros F.:* Timföldgyártás mellékágának műszerezése és automatizálása az Almásfüzitői Timföldgyárban. Timföldgyári ankét, Almásfüzitő, 1970.

[16] *Barakka I.:* Vogelbusch rendszerű bepárló állomások koncentráció szabályozása az Almásfüzitői Timföldgyárban. BKL.—Kohászat, 1971. 9. sz.

[17] *Barakka I., Németh B.:* Mosósor műszerezése és automatizálása. Vegyi- és Olajipari Automatizálási Konferencia, Budapest, 1972.

[18] *Jakobi Gy., Pintér G.:* A timföldgyártás részfolyamatának matematikai modellezése. V. Országos Automatizálási Konferencia, Budapest, 1968.

[19] *Pataky Z.:* Mérőréses áramlásmérők méretezése. Magyar Kémikusok Lapja, 1970. I. sz.

[20] *Horváth I.:* Timföldgyári zagyok, lúgok, iszapok mennyiségmérésének üzemi tapasztalatai. Timföldgyártási ankét. Almásfüzitő, 1970.

[21] *Németh B.:* Timföldgyári viszonyokra alkalmas érzékelők. BKL.—Kohászat, 1971. 6. sz.

[22] *Németh B., Boros F.:* Kétlépcsős fajsúlymérés és szabályozás. BKL.—Kohászat, 1972. 2. sz.

[23] *Németh B., Barakka I.:* Timföldgyári érzékelők és mintavételezők. Vegyi- és Olajipari Automatizálási Konferencia, Budapest, 1972.

[24] *Locsmándi G., Hollósi J.:* Timföldgyári folyamatszabályozás szabályozó szelepei. Vegyi- és Olajipari Automatizálási Konferencia, Budapest, 1972.

[25] *Kauker J.:* Timföldgyárban szerzett tapasztalatok különböző beavatkozó szervekkel. Vegyi- és Olajipari Automatizálási Konferencia, Budapest, 1972.

[26] Almásfüzitői Timföldgyár: Jelentés a lerakódások vizsgálatáról röntgendiffrakciós módszerrel, Almásfüzitő 1970.

[27] *Németh B., Barakka I., Lengyel L.:* Számítóegységgel irányított timföldgyári zagybeállítás. VII. Országos Automatizálási Konferencia. Budapest, 1973.

[28] *Lehel Cs., Fodor Zs.:* Számítógépes folyamatirányitás. Bibliográfia. 1972. 10. sz.

[29] *Barakka I., Jakobi Gy., Lengyel L., Németh B.:* A timföldgyártás technológiai folyamatának számítógépes modellezése. Vegyi- és Olajipari Automatizálási Konferencia, Budapest, 1972.

Egyesületi hírek

Hírek a Fémkohászati Szakosztály helyi csoportjainak életéből

Az *ajkai* helyi csoport 1973. január hónapban alumíniumkohászati és timföldgyártási szakmai napokat rendezett a város művelődési házában. A következő előadások hangzottak el: *Fessel József* „Az ajkai timföldgyártás a nemzetközi kooperáció keretében". továbbá *Pálovits Pál* „Alumíniumgyártás Ajkán". Ezenkívül szakmai kiállítást szerveztek. — 1973. március hónapban a városi MTESZ-szel közösen műszaki bált rendeztek. — 1973. március hónapban szakmai látogatás keretében fogadták az Ajkai Erőmű ETE csoportját. — 1973. május hónapban az Ipargazdasági Szakcsoporttal közösen klubdélutánt tartottak a készletgazdálkodás témakörében. Ezenkívül meglátogatták a Balassagyarmati Fémipari Vállalatot. — 1973. június hónapban az IB ülés keretében „Mit tesz tudományos egyesületünk a vállalat műszaki fejlesztéséért" címen tartottak beszámolót.

Az *inotai* helyi csoport 1972. decemberében a Mátravidéki Fémművek GTE csoportjával közösen inotai üzemlátogatást szervezett. — Ugyancsak 1972. december hónapban az Ipargazdasági Szakcsoporttal közösen rendeztek klubnapot, amelynek keretében az ellátási tevékenység információs problémáit tárgyalták meg. — 1973. márciusában *Kolosy Ernő* tartott beszámolót az Invergordoni Alumíniumkohóról. — Ugyanebben a hónapban az ICSOBA szakmai nap keretében *Martos István* és *Kolosy Ernő* az alumíniumelektrolizáló kádak intenzifikálásáról tartottak előadást. — 1973. áprilisában az Országos Középiskolai Fizikatanári Ankét résztvevőinek tartottak ismertető előadást és szerveztek üzemlátogatást. 1973. májusban az ETE Villamos Hőtechnikai Bizottsága részére tartottak tájékoztatót *(Ifjú János* és *Molnár István).*

A *Timföldgyártási Szakcsoport* budapesti tagjait több alkalommal mozgósította az ICSOBA Magyar Nemzeti Bizottsága által rendezett megmozdulásokra. — 1973. júniusban *dr. Sigmond György—Solymár Károly—dr. Balkay Bálint* diavetítéses előadás keretében számoltak be a madagaszkári alumíniumipar kiépítésével kapcsolatos tanulmányút eredményeiről. *G. S.*

*

Műszaki klubdélután a KÖFÉM-ben

A IV. ötéves terv kiemelt, népgazdasági szintű fejlesztési témái között szerepel a közúti járműgyártás fejlesztése. E program keretében a Magyar Vagon- és Gépgyár MAN licenc alapján gyártja a 125 LE-s négyütemű Rába-MAN Diesel-motorokat. A motorok dugattyúit a Székesfehérvári Könnyűfémmű kovácsolja. Az együttműködés keretében került sor az OMBKE csoport február 9-i klubdélutánján *Szij Zoltán* előadására a KÖFÉM Műszaki Klubjában. Az előadó a Magyar Vagon- és Gépgyárban folyó vizsgálatokról, a MAN motorok üzemeltetési tapasztalatairól, a dugattyúk metallográfiai vizsgálatairól tájékoztatta a KÖFÉM téma iránt érdeklődő dolgozóit.

*

A Magyar Közgazdasági Társaság Fejér Megyei Szervezete Ipari Szakosztálya és az OMBKE Fémkohászati Szakosztályának Székesfehérvári Csoportja 1973. április 11.-én közös klubdélutánt rendezett.

A rendezvény meghívott előadója: *Dr. Bérczi Gyula*, az Országos Vezetőképző Központ főigazgatója. „A vezetési színvonal emelésének időszerű teendői" címmel tartott előadást. Az előadás részletesen foglalkozott a vezetői hármas követelményrendszerrel. Az elhangzottakhoz számos hozzászóló mondta el véleményét, illetve kért részletesebb magyarázatot. A klubdélutánon népes csoporttal képviseltette magát a Bányászati Szakosztály Kincsesbányai Csoportja is.

*

Az Interag Rt. rendezésében és a Székesfehérvári Könnyűfémmű OMBKE és GTE Csoportjainak szervezésében 1973. április 12.-én műszer- és készülékbemutatót tartott a Sampoh—Mitutoyo japán cég a Könnyűfémműben. A japán cég képviselői ismertették gyártási programjukat, speciális hosszúság és vastagságmérő és furatmélységmérő, szögmérő, felületi simaságmérő, stb. műszereiket és készülékeiket. Az ismertető előadást a cég bemutató gépkocsijának megtekintése követte, ahol a különféle műszereket használat közben mutatták be és az érdeklődőknek prospektusokkal szolgáltak.

*

Az OMBKE idei választmányi ülését Dunaújvárosban a Dunai Vasműben rendezte május 15.-én. Csoportunkat *Schippert László* választmányi tag, *Egerszegi János* csoportelnök, *Zachár László* elnökhelyettes és *Csömöz Ferenc* csoporttitkár képviselték.

A választmányi ülés után rendezett üzemlátogatáson a metallurgiai üzemeket tekintették meg. A csoport vezetősége úgy döntött, hogy tanulmányutat szervez a Dunai Vasmű folyamatos acélöntődéjének megtekintésére.

*

A Fémkohászati Szakosztály Székesfehérvári Csoportja 1973. május 16.-án vezetőségi ülést tartott, amelyen megjelent *Várhelyi Rezső*, a szakosztály elnöke, *Nádas István*, a szakosztály gazdasági felelőse és *Mizerák László* szervezőtitkár. A Könnyűfémmű vezetőségét *Schippert László* műszaki igazgatóhelyettes képviselte.

Egerszegi János csoportelnök megnyitó szavai után *Csömöz Ferenc* csoporttitkár számolt be a február 7.-i vezetőségi ülés óta eltelt időszakról, végzett tevékenységről majd aktuális problémák megbeszélésére került sor.

A helyi csoport az egyesületi hagyományok ápolása és az egyesületi tevékenység színesebbé tétele céljából emlékkupát készít, amelyet szeptember 28.-án „Kupaalapító Szakestély" keretében avat fel.

A helyi csoport vezetősége úgy döntött, hogy az OMBKE „Jubileumi évkönyv" 1—1 példánnyal ajándékozza meg a csoport azon tagjait, akik több, mint 20 éves egyesületi tagsággal rendelkeznek.

— *Egerszegi Jánosnak*, aki 1952 óta,
— *Horváth Györgynek*, aki 1952 óta,
— *Németh Lajosnak*, aki 1949 óta,
— *Sántha Jánosnak*, aki 1952 óta,
— *Schippert Lászlónak*, aki 1951 óta,
— *Schultheisz Gyulának*, aki 1950 óta tagja egyesületünknek.

*

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztályának székesfehérvári csoportja két rendezvénnyel kapcsolódott be az „Alba Regia Napok" programjába.

Május 16-án a MAT., a KÖFÉM és a GTE Fejérmegyei szervezetével közösen szervezte a Sztankoimport és az Energomasexport szovjet külkereskedelmi vállalatok gyártmányismertető kiállítását a Könnyűfémműben. Minthogy a magyarországi kohó- és gépipar gépeinek, berendezéseink mintegy egyharmada szovjet gyártmányú, rendkívüli fontosságú e két vezető export-import céggal kialakított jó kapcsolat.

*

Május hó 16-án rendezte az OMBKE helyi csoportja a Gépipari Tudományos Egyesület és a Magyar Iparjogvédelmi Egyesület székesfehérvári csoportjainak közreműködésével a „Műszaki haladás és iparjogvédelem" című ankétot. *Várhelyi Rezső* OMBKE Fémkohászati Szakosztály elnöke megnyitója után 3 előadás hangzott el. *Horváth Kálmán* okl. gépészmérnök, az Ikarusz fehérvári gyárának műszaki tanácsadója „Sík és görbült lemezek szilárdsági vizsgálata" címmel, *Dr. Bence István* ügyvéd a „Szolgálati találmányok feltalálóinak díjazása" címmel és *Susánszky István* okl. gépészmérnök a Budapesti Műszaki Egyetem tudományos munkatársa „Egy korszerű technológiai eljárás; lemezalakítás robbantással" címmel tartott előadást. Az ankét a „Lemezalakítás robbantással" című film vetítésével ért véget.

Csömöz Ferenc
a Helyi csoport titkára

Műszaki és gazdasági hírek

Megkezdődtek az ALUTERV által tervezett romániai Tulceai Timföldgyár általános technológiai és gépészeti próbái. Az 1970-ben megkötött szerződés alapján az ALUTERV leszállította a szükséges berendezéseket 1972. szept. 30-ig, és pótmegrendelést is kapott további szállításokra. A román személyzet egy részét a magyar timföldgyárakban képezték ki. A gyár üzembe helyezésének előkészületei a tervezett ütemben folynak.

*

Az ALUTERV-Chemolkomplex vákuum dobszűrőket exportál Romániába és Jugoszláviába a Dorr Oliver cég licenciája alapján. A korszerű színvonalat képviselő 50 négyzetméteres szűrőket a Jászberényi Aprítógépgyár készíti. További korszerű alumíniumipari berendezések exportját is előkészítik.

A. L.

*

A márciusban befejeződött 1972/73-as pénzügyi évben az indiai állami érdekeltségű Minerals and Metals Traiding 930 ezer tonna mangánércet exportált 12,4 $/tonna (fco országhatár) átlagáron. Az előző pénzügyi évben a vállalat szintén 12,4 $/tonna átlagáron 1,2 millió tonna mangánércet értékesített külföldön.

Az indiai vállalat mangánbevételeinek reálérték csökkenése két tényezővel magyarázható: egyrészt csökkent az exportált árumennyiség, másfelől pedig az általános infláció és a dollár kétszeri leértékelése ellenére változatlan maradt az eladási átlagár.

Az említett nehézségek leküzdése érdekében az indiai kereskedőház képviselői Tokióban tárgyalásokat folytatnak, ahol a hírek szerint a japán fél hozzájárult a mangánérc árának 15—16%-os emeléséhez.

Biki, 1973. május 12.

*

A Reynolds Metals és az ausztrál Broken Hill Pty 300—350 millió ausztrál $ költséggel új bányát nyit a nyugat-ausztráliai Perth melletti Darling Rangesben és timföldüzemet épít Colli-ban.

Az ausztrál kormány és az Alwest Pty, Dampier Mining timföldüzem építését tervezi. Az üzem 1977-re 350 ezer tonna/év kezdő kapacitással Worsley-ban épülne fel. Kapacitását később 1,2, ill. 2 millió tonna/évre emelik fel.

A timföld Bunbury kikötőn át kerülne forgalomba.

Metal Bulletin, 1973. május 18.

*

Az 1973/74-es pénzügyi évben a japán alumíniumipar 1,1 millió tonna kohóalumínium előállítását tervezi, míg az említett időszakban az ország kohókapacitása eléri majd az 1,3 millió tonnát.

A kohóalumínium-termelés és a kapacitáskihasználás az alábbiak szerint alakul majd az egyes vállalatok között.

	Termelés	Kapacitás	Kapacitás kihasználtság
	(ezer tonna)		
Nippon Light Metal	320	370	86
Sumitomo	290	340	91
Showa Denko	220	250	91
Mitsubishi	240	280	91
Mitsui	70	70	100
Összesen	1140	1310	87

Metal Bulletin, 1973. április 27.

*

A Kaiser Alumínium japán vállalatokkal kohóalumínium vásárlásáról folytat tárgyalásokat.

Alumínium, 1973. április

*

A Nemzetközi Kohóalumínium Intézet (IPAR) nemrég ünnepelte fennállásának első évfordulóját.

A szervezet fő céljai között az alumínium új felhasználási területeinek kutatása, statisztikai adatgyűjtés és feldolgozás, a környezetvédelmi problémák megoldása szerepel.

A szervezet 50 tagot, a tőkés világ csaknem minden számottevő kohóalumíniumtermelőjét tömöríti, amelyek több mint 130 alumíniumkohót üzemeltetnek. A szervezetnek nincs szocialista országbeli tagja, de mint a Jouven, az Intézet és a francia PUK elnöke elmondta, a szervezetnek nincs elvi kifogása a szocialista országok részvétele ellen.

Metal Bulletin Monthly, 1973. május

*

A tőkés világ kohóalumíniumtermelő kapacitása, ennek várható jövőbeli alakulása (ezer tonnában)

	1972	1973	1974
Afrika	250	250	280
Észak-Amerika	5 430	5 540	5 540
Latin-Amerika	230	260	300
Kelet-Ázsia ...	1 320	1 480	1 660
Dél-Ázsia	350	400	430
Nyugat-Európa	3 060	3 330	3 530
Óceánia	350	350	380
Összesen	10 990	11 610	12 120

Metal Bulletin Monthly, 1973. május

*

A szovjet Raznoimport külkereskedelmi egyesülés 30 évre szóló bauxitvásárlási szerződést kötött guineai partnerével. A szerződés értelmében a szovjet segítséggel felépített kindiai bauxitbánya 1974-től kezdődően évi 2,3 millió tonna ércet szállít majd a Szovjetunióba.

Vnyesnyaja Targovlja, 1973. május

*

A Nippon Light Metal, Showa Denko és Sumitomo japán alumíniumgyártó cégek a növekvő kitermelési költségek miatt elhalasztották a Fiji-szigeten levő Vanua Levu bauxitlelőhely kiaknázására vonatkozó tervüket.

A lelőhely bauxit tartalékait 6 millió tonnára becsüli, mely több mint 20 éven át évente 250 ezer tonna bauxitot biztosítana a szigetországnak.

Metal Bulletin, 1973. május 18.

*

A Norsk Hydro norvég vállalat megvette az Alnor részvényeit a Martin Marietta Alumínium (USA) cégtől, így az Alnor a Norsk Hydro leányvállalata lett.

Az Alnor kohóalumíniumgyártó kapacitása jelenleg 120 ezer tonna/év, melyet rövid időn belül 200 ezer tonna/évre emelnek fel.

Metal Bulletin, 1973. május 15.

*

Az egyik legnagyobb japán alumínium-félkésztermék előállító cég, a Furukawa Alumínium eddig más vállalatoktól vásárolta meg a feldolgozandó kohóalumíniumot. Az említett vállalat — amelyben az amerikai óriásmonopóliumnak, az Alcoanak 30%-os részesedése van — most önálló kohó építése mellett döntött. Az olvasztót a tengerpart mellett, Mikuniban építik fel, s a tervek szerint 1976-ban készül el. A kohóban az Alcoa modern, szennyeződésmentes eljárásával dolgoznak majd, melyért a japán vállalat 10 éven keresztül évi 1,5 millió dollárt fizet. Az olvasztó első blokkja évi 70 ezer tonna alumínium előállítását biztosítja majd, melynek beruházási költsége mintegy 9 millió dollár lesz. A létesítmény nyersanyagellátására a Furukawa szerződést kötött az Alcoaval, melynek értelmében a japán fél 15 éven keresztül évente 200 ezer tonna timföldet vesz át amerikai partnerétől.

Metal Bulletin, 1973. április 27.

*

A Kaiser Alumínium and Chemical elnöke derűlátóan ítélte meg az alumíniumipar jövőjét.

1973-ban a nyugati világ elsődleges alumíniumfogyasztása a becslések szerint 11%-kal nő, ezen belül az USA és Nyugat-Európa kereslete 10%-kal Japáné 20%-kal emelkedik majd.

A szakértők véleménye szerint az alumínium kereslet és kínálat legkésőbb 1975-re egyensúlyba lesz.

Mining Journal, 1973. április 20.
Biki, 1973. április 28.

*

Ausztria alumíniumfogyasztása az 1960-as években — a többi nyugat-európai országéhoz hasonlóan — évenként 7,5%-kal nőtt. 1970-ben a belföldi fogyasztás 61 ezer tonna volt, mely 1976-ra előreláthatóan 86 ezer tonnára emelkedik.

Ausztriában 2 nagy alumíniumkohó működik; az állami tulajdonban levő ranshofeni Vereinigte Metallwerke és az Alusuisse-hez tartozó lendi Salzburger Alumínium GmbH. A két üzem jelenlegi 72 ezer tonnás kapacitását a következő években 140 ezer tonnára kívánják felemelni.

A bővítést — a Gazdaságkutató Intézet szerint — elsősorban az indokolja, hogy a jelenlegi termelési szinten a gazdaságosság nem kielégítő. A tervezett kapacitásbővítés esetén egyedül az energiaköltségek mintegy 20%-kal csökkenthetők.

Ausztria a szükséges timföldet import útján szerzi be, és Magyarország egyik fő szállítója. A fejlődő országok — mint beszerzési források — kevésbé jöhetnek számításba, mivel egyre erősödik az a törekvésük, hogy a hazai bauxitot otthon dolgozzák fel, ami a fejlődő országok viszonylagos energiabősége alapján nem tűnik irreálisnak.

Neue Zürcher Zeitung, 1973. május 17.

*

A görög bauxitexport csökkenése a jövőben is folytatódni fog. Míg 1971-ben az ország bauxitkivitele 1295 ezer tonna volt, ez tavaly 1275 ezer tonnára esett vissza. A gazdasági minisztérium döntése értelmében 1973-ra 1265 ezer tonnás exportkontingenst állapítottak meg. A Közös Piac hat alapító tagállamának együttes keretét ugyan a tavalyi 420 ezer tonnáról 465 ezer tonnára emelték.

Biki, 1973. május 12

*

A brazil kormány felkérte a Sumitomo Chemical Co-t, hogy az Amazonas mentén fekvő Manaus bauxit készleteinek feltárásában vegyen részt.

A japán cég fokozottan érdekelt bauxitforrások felkutatásában, mivel Toyo-i olvasztójának 100 ezer tonna/év kapacitását háromszorosára kívánja emelni.

Mining Journal, 1973. május 11.

*

Indiában befejeződött a korbai Bharat Alumínium építésének első szakasza.

A 200 000 tonna/év kapacitású timföldüzemet magyar segítséggel építették fel.

1976-ban fejeződik be a szovjet segítséggel épülő alumíniumkohó- és feldolgozó felépítése. Az üzem 100 ezer tonna alumíniumot állít majd elő évente.

A kombinátot a Balco Phutkapahar-i és Amarkantak-i bauxitbányái látják el nyersanyaggal.

A tervek szerint a két bányából összesen évi 500 ezer tonna bauxitot hoznak felszínre.

Metal Bulletin, 1973. május 15.

*

Három amerikai társaság az Earth Sciences, National Steel és a Southwire kísérleti üzemet épít, mely a Bayer eljárással versenyképes áron alunitból timföldet fog gyártani, melléktermékként szulfát műtrágya keletkezik.

Industrial Minerals, 1973. március

*

Az amerikai Conference Board elnevezésű tudományos-kutató központ hosszútávú prognozist készített az USA várható elsődleges fémfogyasztásának alakulásáról. A prognozis 185 hazai iparág jövőbeni várható fejlődésének adataira épül.

Az alábbiakban az ország várható alumíniumfelhasználásával foglalkozó részt ismertetjük részletesen. A legfontosabb fémek fogyasztásának átlagos évi növekedési üteme:

	1969—1975	1975—1980	1969—1980
Fekete fémek	4,1%	2,4%	3,4%
Alumínium ...	5,7%	3,8%	4,8%
Réz	4,4%	3,4%	4,0%
Ólom	2,1%	3,2%	2,6%
Cink	3,9%	1,9%	3,0%
Egyéb	6,7%	4,6%	5,7%
Összesen	4,4%	2,9%	3,7%

Mint azt a fenti táblázat is mutatja, az alumíniumfogyasztás növekedési üteme az USA-ban mind rövid távon, mind pedig hosszú időszakot tekintve jelentősen felülmúlja a többi fém felhasználásának növekedési ütemét.

Az USA iparában a fő fémek felhasználásának aránya:

	1969	1975	1980
Fekete fémek	65,3%	63,8%	62,5%
Alumínium ...	14,6%	16,0%	16,8%
Réz	14,5%	14,6%	15,0%
Ólom	1,5%	1,3%	1,3%
Cink	1,0%	1,0%	1,0%
Egyéb	3,1%	3,3%	3,4%
Összesen	100,0%	100,0%	100,0%

A gyorsütemű fogyasztásbővülés következtében az Egyesült Államokban fémfogyasztásában az alumínium részaránya növekszik, megerősíti második helyét.

*

A világpiacon tovább folytatódik az alumíniumipari konjunktúra, ami a szabadpiaci árak alakulásában is kifejeződik. Míg április közepén a 99,5%-os termék CIF Nyugat-Európai kikötő paritásos szabadpiaci ára 220—224 £/tonna volt, ez május elejére 227—232 £/tonnára emelkedett. Az árak legfrissebb alakulása egyúttal minőségi változást is jelez, ugyanis a hivatalos jegyzés szerint 230 £/tonna. A dekonjunktúra idején mintegy 1,5 évig jelentős rabattokat adtak a jegyzésből, s azóta először most emelkedtek a szabadpiaci árak a jegyzés fölé.

A kereslet további növekedésének legfontosabb tényezői az amerikai vásárlások lesznek, ugyanis az amerikai alumíniumpiacon nagy feszültség keletkezett. Jelenleg az alumíniumfogyasztás növekedése az USA-ban a leggyorsabb, az általános energiahiány következtében viszont több körzetben csökkentették az alumíniumkohók villamosenergia-ellátását.

Az említett tényezők hatására a szakértők szerint a közeljövőben a 99,5%-os termék CIF nyugat-európai kikötő paritáson jegyzett árát 250—260 £/tonna emelik majd.

BIKI, 1973. május 12.

*

Az USA alumíniumfelhasználásának várható szektoronkénti megoszlása (millió $)

	1969	1975	1980
Összesen	6800	9500	11 500
Vállalaton belüli felhasználás	3000	4400	5 200
Fémtömegcikk gyártás	1300	1800	2 200
Öntvénygyártás	400	500	700
Általános gépgyártás ...	300	400	500
Elektrotechnika	400	500	600
Közlekedési gépgyártás	800	1000	1 300
Export	300	400	400
Import	300	500	600

Az alumínium legjelentősebb jövőbeli felhasználói továbbra is az alumíniummonopóliumok lesznek (a táblázatban „vállalaton belüli felhasználás" rovatban szerepel), jelentősen növekszik majd a fémtömegcikk gyártás és a közlekedési gépgyártás részesedése is. *H. W.*

BIKI, 1973. május 13.

*

Japán a tűzállóanyag-termelésben is előkelő helyet foglal el; 1972-ben 2,3 millió tonna tűzállótéglát és 700 ezer tonna monolitikus tűzállóanyagot termelt.

1970 óta a tűzállóanyag-termelésben mutatkozó recesszió nem egyformán érinti az egyes tűzállóipari termékeket.

A tűzállótégla, szilika- és krómtégla területén mutatkozó recesszió hosszabb távúnak tekinthető, míg a monolitikus tűzállóanyagoknál felfelé ívelő tendencia tapasztalható.

Az arány eltolódást %-ban az alábbi táblázat szemlélteti:

	1965	1972
Tűzállótégla	64	58
Magas alumíniumtartalmú tégla	4	7
Szilika tégla	8	6
Króm és magnezit tégla ...	12	11
Dolomittégla	7	10
Egyéb tűzállóak	5	8
	100	100

Japán tűzállóanyagiparát 70 vállalat képviseli, közülük a legjelentősebbek Shinagawa Fire Brick; Kurosaki Yogyo; Harima Refractories; Asahi Glass; Tokyo Yogyo; Taiko Refractories; Toshiba Ceramics; Isolite Insulating Products; Osaka Yogyo.

A hatalmas méretű termelés mellett a tűzállóanyagoknak csak elenyésző része — mindössze 2% — kerül exportra. Ez az arány lényegesen alacsonyabb a nyugateurópai országok, ill. az USA hasonló mutatójánál.

Míg az európai országok fejlett fogyasztó államokkal körülvéve nemcsak földrajzi, hanem gazdasági egységet is alkotnak, hasonlóan az USA is Kanadával és számos latin-amerikai országgal — Japán a földrajzi és gazdasági tényezők hatására autarchiás tűzállóipart volt kénytelen kiépíteni.

Saját szükségleteinek kielégítésén felüli mennyiségeket Japán a környező országokon kívül (Dél-Korea, Indonézia, Malaysia, Thaiföld) Afrikába, NSZK-ba, Romániába értékesíti.

Importja rendkívül kicsi, főként az USA speciális tűzállóanyagait, kisebb mértékben NSZK, Anglia, Svédország, Dánia termékeit vásárolja.

Industrial Minerals, 1973. (4. szám)

*

1973-ra a szakemberek igen kedvezőnek ítélik meg a világ alumíniumiparának kilátásait, s ennek fő okát a gazdasági növekedés meggyorsulásában látják. Előrejelzések szerint a tőkés országok alumíniumfogyasztása 1973-ban 12,6 millió tonna, 1974-ben 13,7 millió tonna, 1975-ben pedig 15,0 millió tonna lesz.

Metal Bulletin, 1973. június 12.

*

1972-ben a Guyana Bauxit Company (Guybau)
860 ezer tonna alumíniumgyártására alkalmas bauxitot
250 ezer tonna timföldet
27 ezer tonna tűzállóanyag-gyártásra alkalmas bauxitot és
5500 tonna alumíniumhidrátot értékesített összesen 132 millió dollár értékben.

Mining Journal, 1973. június 8.

*

A japán Sumitomo társaság minteg 10 millió dolláros költségen bővíti kikumotoi timföldgyárát. A munkálatok 1975-re fejeződnek be, amikor az üzem évi 870 ezer tonna timföld előállítására lesz alkalmas.

Metal Bulletin, 1973. június 19.

*

Athénban folytatódnak az Alcoa és a görög kormány tárgyalásai a tervezett timföld-alumínium komplexum felépítéséről. A sajtójelentések szerint a monopólium elfogadta azt, hogy a létesítményben a görög állam 38%-os részesedést szerezzen.

Tervek szerint az első fázisban a létesítmény évi 250 ezer tonna timföldet és 150 ezer tonna kohóalumíniumot állítana elő, amelyet a későbbiek folyamán évi 500 ezer, ill. 300 ezer tonnára bővítenének.

Mining Journal, 1973. június 15.

*

A Kaiser nyerte el azt a kohóalumínium szállítási szerződést, melyet 15 cseppfolyósított földgázszállító tanker megépítéséhez írtak ki.

A vállalat véleménye szerint évtizedünkben a cseppfolyósított földgázt szállító hajók építéséhez összesen mintegy 250 ezer tonna kohóalumíniumot használnak majd fel, s ezzel ez az alumíniumfogyasztás leggyorsabban növekvő szektorává válik.

Metal Bulletin, 1973. június 19.

*

Az amerikai alumíniumipar egyik óriásvállalata, a Kaiser vezérigazgatója arra számít, hogy 1973-ban az USA alumíniumtermelése 15%-kal haladja meg az elmúlt évi szintet, míg Nyugat-Európában 14%-os fogyasztásnödekedést vár az idén.

Mining Journal, 1973. június 15.

*

A Reynolds Metals Co. hazai elsődleges alumíniumtermelő kapacitása közel 1 millió tonna/év, melynek jelenlegi kihasználtsága — részben az USA-beli energiahiány miatt — csak 93%. (Zavartalan energiaellátás mellett a kapacitáskihasználtság 97%-os lenne.)

Mining Journal, 1973. június 8.

*

Néhány érc és ásvány indiai kitermelésének alakulása (ezer tonna)

	1971.	1972.	Változás (%)
Bauxit	1500	1700	+13
Mangánérc	1800	1600	—11
Dolomit	1300	1300	—
Gipsz	1100	1100	—
Magnezit	300	300	—
Krómérc	270	230	—15
Szteatit	180	170	— 6
Kyanit	60	70	+17

BIKI, 1973. június 12.

Alcan Alumínium Ltd. és a holland Billiton International Metals tanulmányt készítettek Surinamban közösen létesítendő tűzállóminőségű kalcináltbauxitot előállító üzemre. A tervezett beruházási költség 8 millió dollár és 150 000 tonna éves kapacitást jelentene. A tanulmány 1975-re tervezi a termelés kezdetét. A Billiton társaságnak Surinam-ban tűzállóminőségű bauxitkészletei vannak. Az Alcan a DEMBA (Demerara Bauxite Co. Ltd.) tulajdonosa volt, melyet a guyanani kormány 1971-ben GUYBAU (Guyana Bauxite Co.) néven államosított. Eddig az időpontig az Alcan tűzálló és kohászati bauxitminőségeket szállított az egész világba. Jelenleg a tűzállóminőségű bauxit néhány társaság kezében van, melyek közül a Guybau 85% részesedéssel a legnagyobb. Az érdeklődés Európában és Amerikában egyaránt nő a tűzállóminőségű bauxit iránt.

Industrial Minerals, 1973. június

*

A St-Gobain tűzállóérdekeltségek átcsoportosítása és új elve.

A Saint-Gobain-Pont-a-Mousson csoport Société Européenne des Réfractaires SA (SEPR) néven összevonja különböző tűzállóérdekeltségeit. Saint-Gobain csak nemrég tűnt fel, mint a két legnagyobb francia tűzállóanyaggyár részvénytöbbségének tulajdososa (Sté. Générale des Produits Réfractaires SGPR és L'Electro-Réfractaire).

Az SGPR részvénytöbbségét a Péchiney—Ugine—Kuhlmann's részvények 33 százalékának megvásárlásával a meglevő 37 százalékhoz a St-Gobain érdekeltségek 97 százalékát pedig a Corning Glass Co. társaságnak a belépésével érték el. 1972-ben a társasághoz csatlakozott a korábbi Montedison, jelenleg Refradige SpA. Mindezen vállalatok egyesüléséből eredő SEPR fog fellépni az SGPR és ER helyett.

Az SGPR Franciaország egyik legnagyobb tűzállóanyaggyára, melynek fő fiókvállalatai a Kaolin et Produits Réfractaires de Bretagne SA, mely nem bázikus tűzállóanyagokat termel a Cotes-du-Nord és az Extéral SA, tűzállósamottok és kaolinos agyagáruk ismert termelője Chantillac-ban (Charente) és a St Aubin des Chateaux, Loire-ban. Más fiókok a Chassimétal SA, Céramine SA, Cie. Technique des Pétroles SA, és a PRGS.

Az L'Electro-Réfractaire mint Európa legnagyobb olvasztva öntött tűzállóanyagokat gyártó üzeme ismeretes. A vállalat Avignon melletti Le Pontet-ben levő üzemében számos kopásálló és olvadékálló idomot is gyártanak. A társaság legfontosabb tűzállóanyag fióküzemei a Provins Réfractaires, mely különleges mullit és szillimanit tűzállóanyagokat gyárt, továbbá a Les Ormessur—Voulzie-ben (Seine-et-Marne) levő üzem, mely cirkonanyagokat gyárt. A társasághoz tartoznak még a Kerf SA Franciaországban, a Magmalox GmbH. Nyugat-Németországban, továbbá az eladási irodák Svédországban és az Egyesült Királyságban. Az utolsó év óta az ER Európában a Kaiser Alumínium and Chemical Corp. USA vállalattal több közös vállalatot hozott létre Leeds-ben, Brüsszelben és tervezik Marseilles mellett üzem létesítését monolitikus tűzállóanyagok gyártására.

Industrial Minerals, 1973. június

*

Az osztrák állami alumíniumipar vállalata a Vereinigte Metallwerke Ranshofen—Berndorf 1972-ben feszült árhelyzet mellett 21%-os növekedéssel 2,3 milliárd schilling forgalmat ért el. A 36,8 millió schilling jutalék kifizetése csak tartalékok feloldásával volt lehetséges.

Az ÖIAG, az osztrák államosított ipar csúcsszerve most már végleg döntött a ranshofeni alumíniumelektrolízis bővítéséről, ami 2 milliárd schilling beruházási költséggel több, mint kétszer drágább a VÖEST linzi új LD acélművénél.

A régi kohó 80 et/év és az új kohó 50 et/év kapacitása kitölthetőnek látszik, és a növekvő igények miatt a fémárak is emelkednek. Ennek ellenére egyes szakemberek az üzem kedvezőtlen földrajzi helyzetéből adódó

magas szállítási költségek miatt tömbalumínium vásárlását és Ausztriában való továbbfeldolgozását tartják gazdaságosabbnak. Állásfoglalásukat azzal is indokolják, hogy az osztrák alumíniumkohászat nagy elektromos energia igénye csak közpénzből dotált kedvezményes alapár mellett elégíthető ki. Különben az elektrolízis nem volna gazdaságos. A bővített ranshofeni alumínium-kohó energiaigénye megfelel az aschachi dunai erőmű teljesítményének.

Az üzem igazgatóságának véleménye szerint az újonnan épülő hengerművet már sajátgyártású alumíniumtömbbel kell ellátni, amit *Walter Wimberger*, a vállalat vezérigazgatója a ranshofeni alumínium jó minőségével is indokol. Norvégiában tett üzemlátogatása során egyébként meggyőződött arról is, hogy ott sincs energiafelesleg.

Osztrák TV hírei, 1973. VII. 30.

*

Az Ausztriában tervbe vett színesfémipari fúzió („Buntmetall-Lösung") egyik érintett üzeme a Bleilunger Bergwerks Union élénken tiltakozik az egyesítési tervek ellen.

A vállalat, mely 1967-ben még 26 millió schilling deficittel végzett 1972-ben már 27 millió schilling nyereséget könyvelhetett el több, mint 500 millió schilling forgalom mellett, amit 1973-ra 600 millió schilling értékig kívánnak növelni.

A forgalom növekedéséhez és a nyereség tavalyi jelentős emelkedéséhez az ólom és zink kereslet növekedése és ebből eredően az árak emelkedése nagyban hozzájárult. A zink ára a londoni tőzsdén nem egészen egy év leforgása alatt 151 £-ról 350 £-ig emelkedett.

Ugyanakkor nem maradt el a vállalat bleibergi bányájában tavaly és az arnoldsteini kohóban idén befejezett racionalizálási céllal megkezdett beruházások kedvező hatása sem.

Osztrák rádió gazd. hírei, 1973. VII. 31.

*

Előrejelzések szerint 1980-ra Japán kohóalumínium szükséglete a jelenlegi 1,3 millió tonnáról 2,8—3 millió tonnára emelkedik majd. Felmérések szerint a földrajzi (környezetvédelmi) és gazdasági okok következtében a szigetország jelenlegi 1,4 millió tonnás belső finomítói kapacitását maximálisan évi 1,8—2 millió tonnára lehet fokozni. A gazdasági vezetők szerint a többletigények leggazdaságosabb kielégítési módja a külföldön japán részvétellel létesített vállalatoktól beszerzett import.

Metal Bulletin, 1973. június 29.

*

Az indiai Nemzeti Iparfejlesztési Tanács mintegy 100 millió dollár értékű beruházási összeget ad a Gujaratba tervezett alumíniumolvasztó kivitelezéséhez. A létesítmény a szovjet segítséggel épülő, évi 200 ezer tonnás termelésű Kutch-i timföldüzemtől kapja majd az alapanyagot.

Metal Bulletin, 1973. június 29.

*

1972-ben Norvégia elsődleges alumíniumtermelő kapacitása 710 ezer tonna volt, mely a világ elsődleges alumíniumtermelő kapacitásának több mint 6%-a, a nyugat-európaiénak pedig 21%-a. 1973 végére az ország elsődleges alumíniumtermelő kapacitását 800 ezer tonnára kívánják növelni.

BIKI, 1973. június 26.

*

A svéd Boliden cég és a svájci Alusuisse 50—50%-os tőkerészesedéssel Alufluor AB elnevezéssel svéd leányvállalatot alapított. A közös vállalat alumíniumflorid termeléssel és kereskedelemmel foglalkozik majd. A vállalat 15 ezer tonna alumíniumfluorid előállítására alkalmas üzeme 1975-ben készül majd el.

Metal Bulletin, 1973. június 29.

*

Az indiai Tamil Nadu társaság évi 3000 tonna kapacitású alumíniumfluorid üzem létesítését tervezi. A gyár végleges termelése később évi 5000 tonnáig emelhető. Az üzem elkészülte után India importfüggősége e cikk tekintetében jelentősen csökkenni fog. Az ország jelenlegi alumíniumfluorid termelése 2400 tonna, fogyasztása pedig 10 ezer tonna.

Metal Bulletin, 1973. június 29.

H. W.

Szabványosítási hírek

Új szabványok

Alumínium

MSZ 16404—73 *Alumínium és ötvözött alumínium. Tárcsák hideg-folyatásra*

A szabvány hidegfolyatási technológiával feldolgozandó tömör, köralakú lyukas és négyszögletes tárcsák méretharárait, mérettűréseit, keménységi és felületi előírásait valamint ezek vizsgálati módszereit tárgyalja.

Nemesfémek

MSZ 838—73 (Az MSZ 838—53 helyett) *Ezüstötvözetek. Anyagminőségek*

Az 1953-as kiadású szabvány csak az ékszeripar által használt négy ezüstötvözetre terjedt ki. Az új kiadásban a választék kibővült a villamos és elektrónikai iparban főleg érintkezők céljára használatos ezüstötvözetek anyagminőségi előírásaira is. A szabvány összesen 13 anyagminőséget tárgyal, ezekből egy Ag-Ni, hét Ag-Cu, kettő Ag-Pd és három Ag-Cd típusú.

MSZ 839—73 (Az MSZ 839—53 és MSZ 840—53 helyett) *Ezüst*

Az új szabvány anyagminőségi választéka az eddigi 99,9% tisztaságú ezüstön kívül tartalmaz még egy 99,99% Ag tartalmú minőséget is. A minimális ezüsttartalmon kívül maximálva lett az ipari felhasználás szempontjából fontosabb szennyezőelemek mennyisége elemenként is. A szabvány hatálybalépésével egyidejűleg megszűnik az MSZ 840—53 szerinti hulladékból tömbösített Tag-h 753 jelű minőség, mely kereskedelmi forgalomba nem kerül.

Szabványtervezetek

Alumínium

MSZ 16406 T *Vékonyszalag alumíniumból és ötvözött alumíniumból. Méretek*

A szabványtervezet ötvözött és ötvözetlen alumíniumból hidegen hengerelt 0,10—0,50 mm vastag vékonyszalagok méretválasztékára vonatkozik. Hatálya kiterjed a szalagokból darabolással előállított tábla- és csikméretekre is.

Anyagvizsgálat

MSZ 7879 T *Fémek felületi hibáinak vizsgálata folyadék penetrációs módszerrel*

A vizsgálat elve, hogy a fémfelületre felvitt jelzőfolyadék a kapilláris hatás alapján a repedésekbe, pórusokba beszívodik. A felületen feleslegben maradt jelzőfolyadék eltávolítása után a nagy szívóhatású előhívó a beszívott jelzőfolyadékot ismét a felületre hozza, ezáltal a felületre nyíló hibák fokozottabban láthatóvá válnak. A vizsgálat nagyon érzékeny, alkalmas 10^{-6} m széles repedések kimutatására is.

KGST szabványosítási hírek

A KGST Színesfémkohászati Állandó Bizottság szakértői 1973. július 9—14 között Moszkvában a következő szabványajánlás tervezeteket egyeztették:

Gallium. Anyagminőségek

(Témavezető: MNK)

Bevezetési határidő: 1976. december

Kohónikkel. Anyagminőségek

(Témavezető: SZU)

Bevezetési határidő: 1975. január

Öntészeti magnézium ötvözetek. Anyagminőségek és műszaki követelmények

(Témavezető: SZU)

Bevezetési határidő: 1975. december

A szűk hazai érdekeltségi körre való tekintettel MSZ szabvány kiadását egyik témában sem tervezik.

K. E