

302.935

# ÉPÍTŐANYAG

A SZILIKÁTIPARI  
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET  
FOLYÓIRATA

6

2

XXII. ÉVFOLYAM • BUDAPEST 1970. JÚNIUS

## A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

## TARTALOM

A mész- és cementipar,  
az üvegeipar-, a finom-  
kerámia, a téglá-, cserép-  
és kő-kavicsipar tudomá-  
nyos szakirodalmi folyóirata

\*

Főszerkesztő:

Dr. Talabér József

\*

Felelős szerkesztő:

Dr. Hinsenkamp Alfréd

\*

Szerkesztő bizottság:

Dr. Beke Béla

Bretz Gyula

Dr. Déri Márta

Erdély Imre

Dr. Grofcsik János

Dr. Knapp Oszkár

Dr. Kovács Róbert

Kudelka Dénesné

Lenkei György

Magyar István

Dr. Soltész Gáspár

Szabó Elek

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

\*

Szerkesztőség:

Budapest V., Szabadság  
tér 17.

Telefon: 124-438

\*

Kiadja:

Lapkiadó Vállalat,

Budapest VII.,

Lenin körút 9—11.

Telefon: 221-285

\*

Felelős kiadó:

Sala Sándor

Megjelenik havonként

Terjeszti a Magyar Posta. —  
Előfizethető a Posta Központi  
Hírlap Irodánál (Budapest V.,  
József nádor tér 1. Tel.: 180-850)  
és minden postahivatalnál. A  
folyóirat külföldre előfizethető:  
„Kultúra” P. O. B. 149. Buda-  
pest 62. Előfizetési díj: ¼ évre  
22,50 Ft; félévre 45,— Ft; egyes  
szám ára: 7,50 Ft. — Csekkszám-  
lással egyéni 61.252; közületi  
61.068 vagy átutalás az MNB 8.  
sz. folyószámlájára.

70.6., 12196 Révai Nyomda,  
Budapest V., Vadász utca 16.  
F. v.: Pováry Jenő

Index: 25,250

<i>Bergida László</i> : Tanácskozás az építőanyagipar közgazdasági kérdéseiről .....	201
Könyvismertetés .....	203
<i>Szentmártony Gusztáv</i> : Az építőanyagipar fejlődési útjának kijelölése az ágazatirányítás szintjén .....	204
<i>Lohner Ernő</i> : A műszaki fejlesztés és gazdaságosság összefüggései a téglá- és cserépiparban .....	206
<i>Dolezsaí Károly—Szatura László</i> : Az autoklávpróba használhatósága a cement magnéziaduzzadásának megítélésére .....	208
<i>Treszvajtszkij, Sz. G.</i> : Szervetlen polikristályos rideg anyagok mechanikai szilárdsága és szerkezete .....	213
A világ szilikátiparából .....	227
<i>Bartu, F.—Schwegel, J.</i> : A regeneratív egyenáramú mészégető aknáskemence .....	228
<b>Egyesületi élet</b> .....	232, 239
<i>Kápolnai Iván—Kiss Ágoston</i> : Kerámiai burkolólapok gyártásának nemzetközi áttekintése .....	233
<i>Bertalan Zoltán</i> : A falburkoló csempék első égetésénél fellépő foltképződés vizsgálata .....	237
Kiállítás (Vadásziné Németh Magda) .....	240
Külföldi konferencia-hírek .....	B/3

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Л. Бергида</i> : Совещание по экономическим вопросам промышленности строительных материалов .....	201
<i>Г. Сентмартони</i> : Определение путей развития промышленности строительных материалов на отраслевом уровне .....	204
<i>Э. Лонер</i> : Техническое развитие и экономические условия развития кирпично-черепичной промышленности .....	206
<i>К. Долежаи—Л. Сатура</i> : Применимость метода автоклавной пробы для установления магnezияльного расширения цемента .....	208
<i>С. Г. Тресвятский</i> : Механическая прочность и структура упругих неорганических поликристаллических материалов .....	213
<i>Ф. Барту—Й. Швегель</i> : Регенеративные-прямоточные шахтные печи для обжига извести .....	228
<i>Й. Каполнай—А. Киши</i> : Обзор состояния производства облицовочных керамических плиток на международном уровне .....	233
<i>Берталан, З.</i> : Исследование иятноразование при утильном обжиге облицовочных илиток .....	237

## I N H A L T

<i>Bergida, László</i> : Beratung über die ökonomischen Fragen der Baustoffindustrie .....	201
<i>Szentmártony, Gusztáv</i> : Bestimmung der Entwicklungsstrecke der Baustoffindustrie auf der Stufe der Lenkung einzelner Zweige .....	204
<i>Lohner, Ernő</i> : Der Zusammenhang der technischen Entwicklung und der Wirtschaftlichkeit in der Ziegelindustrie .....	206
<i>Dolezsaí, Károly—Szatura, László</i> : Die Brauchbarkeit der Autoklavprobe zwecks Beurteilung der Magnesia-Schwellung von Zementen .....	208
<i>Treszvajtszkij, Sz. G.</i> : Mechanische Festigkeit und Struktur von anorganisch-polikristallinen spröden Stoffen .....	213
<i>Bartu, F.—Schwegel, J.</i> : Regenerativer Gleichstrom-Schachtofen zum Kalkbrennen .....	228
<i>Kápolnai, Iván—Kiss, Ágoston</i> : Internationale Übersicht der Erzeugung von keramischen Belagplatten .....	233
<i>Bertalan, Zoltán</i> : Untersuchung der Erscheinung von Flecken beim ersten Ausbrennen der Fliesen für Wandverkleidung .....	237

## C O N T E N T S

<i>Bergida, László</i> : Conference on the Economical Questions of the Building Material Industry .....	201
<i>Szentmártony, Gusztáv</i> : Direction of Development of Building Materials .....	204
<i>Lohner, Ernő</i> : Technical and Economical Development in the Brick and Tile Industry .....	206
<i>Dolezsaí, Károly—Szatura, László</i> : The Application of the Autoclave Test for the Evaluation of Magnesia Swelling of Cements .....	208
<i>Treszvajtskij, S. G.</i> : Mechanical Strength and Structure of Brittle Inorganic Polycrystalline Substances .....	213
<i>Bartu, F.—Schwegel, J.</i> : Regenerative Parallel Flow Shaft Kiln for Lime Burning .....	228
<i>Kápolnai, Iván—Kiss, Ágoston</i> : International Survey on the Manufacturing of Tiles .....	233
<i>Bertalan, Zoltán</i> : Spot Formation on Wall Tiles during Bisque Firing .....	237



## Tanácskozás az építőanyagipar közgazdasági kérdéseiről\*

BERGIDA I. ÁSZLÓ  
Építésügyi- és Városfejlesztési  
Minisztérium

Az „építő- és építőanyagipar fejlesztésének közgazdasági alapjai” című konferencián az építőanyagipari szekció az ágazat legfontosabb gazdasági kérdéseit két előadás és tíz korreferátum, illetve hozzászólás során vitatta meg.

A szekció munkájában mintegy száz szakember vett részt, jelenlétükkel tisztelték meg szekciónkat a Lengyel Népköztársaság és a Német Demokratikus Köztársaság delegációjának tagjai. A szekció munkájában kiemelkedő szerephez jutott a műszaki fejlesztés gazdasági háttere.

Megállapítást nyert, hogy az építőanyagiparban, annak magas állóeszköz igénye miatt a műszaki fejlesztés jelentősebb feladatai csak a fejlesztés során, az állóeszközök bővítése útján oldhatók meg. Felszínre kerültek az építőanyagipari fejlesztést gátló tényezők és az elhangzott javaslatok igyekeztek utat mutatni a szabályozók olyan értelmű kialakítására, hogy azok hatása a mechanizmus alapelveinek fenntartása mellett elősegítse az építőanyagipar dinamikus fejlődését.

Különösen élénk vitát és visszhangot váltottak ki azok a gondolatok és következtetések, amelyek a fejlesztési szabályozók finomítására vonatkoztak. Kiemelten foglalkoztak a termékek minőségét és korszerűsítését elősegítő javaslatokkal, az elavult üzemek korszerűsítésének kérdésével, a munkaerőt megtakarító fejlesztések ösztönzővé tételének szükségességéről. Élesen jelentkezett ez a kérdés a téglaiiparral kapcsolatban, ahol az egyik korreferátum bemutatta, hogy egy korszerű alagútkelemencés, széntüzeléses, műszárítós üzemben a bér- és közteher költséghányada a hagyományos téglagyárak-

\* Az építő- és építőanyagipari közgazdasági konferencián (1969 november hó) megtartott összefoglaló.

kal szemben 32%-ról 12%-ra eszikken, ugyanakkor az összes költ-  
ségráfordítások 82%-ról 88%-ra növekednek. Tisztázásra kerültek  
olyan fontos összefüggések, mint

- a műszaki fejlesztési terhelés és annak visszahatása,
- a műszaki fejlesztést determináló tényezők meghatározása,
- a kutatási-, műszaki fejlesztési-, és fejlesztési tevékenység egy-  
sége,
- az építőanyagipari műszaki fejlesztés ágazati sajátosságai,
- a bérszínvonal szerepe a műszaki fejlesztés serkentésében, és
- egyéb, az építőanyagipar fejlesztésének gyorsítását elősegítő  
gondolatok.

Az előadások és a vita tengelyében az elkövetkező időszak gazda-  
sági egyensúlyának előtérbe állítása és annak a szerepkörnek a ki-  
emelése állott, amelyet az ágazati irányításnak ezen a téren be kell  
töltenie.

A fejlesztési vitában elhangzottakat összefoglalva, arra a követ-  
keztetésre juthattunk, hogy az új mechanizmus első két évében a  
beruházási piac egyensúlyának megteremtése érdekében az álló-  
eszközállomány bővítését a szabályozók restriktívumokkal korlátozták.

Ilyenek a vállalatoknál képződő amortizáció egy részének záro-  
lása és a fejlesztési alapok magas adóztatása. Nem szolgálja az  
egyensúly megteremtését, ha ezek a korlátok a beruházási piac  
forrás-oldalában jelentős súlyt képviselő építő- és építőanyagipar  
területén is alkalmazásra kerülnek. Az egyensúly megteremtését  
az segíti elő, ha ezen a területen restriktív intézkedések helyett  
preferencia jellegű szabályozók tágabb körben kerülnek bevezetésre.

A szekció másik központi témája az ágazati gazdasági tervezés  
új szerepe a reform viszonyai között. E téma vitája során kialakul-  
tak azok a szempontok, amelyeket a gazdasági tervezésnek ki kell  
elégítenie ahhoz, hogy a döntés előkészítésben ráháruló feladatok-  
nak megfelelhessen. Ezek: a megfelelő tervezési rendszer és az ehhez  
tartozó tervezési metodika.

*A tervezési rendszer szükségesnek ítélt sajátosságai:*

- a komplexitás, a feladatok és szabályozók összefüggéseinek  
és konzisztenciájának biztosítása,
- a különböző tervező szervek egymást kiegészítő tevékenysé-  
geinek kölcsönhatásaiban való érvényesülése,
- az általános célkitűzések és szabályozók szerves kiegészítése  
az ágazati sajátosságokat konkrétan kiegészítő feladatokkal és  
szabályozókkal,
- a tervezés folyamatossága.

*A tervezés módszerét* egyértelműen a korszerű matematikai  
módszerek alkalmazása és elektronikus számítógépek igénybevétele  
jellemezi. Ez biztosítja

- az alternatívák kidolgozásának lehetőségét,
- a körülmények változáshoz való rugalmas alkalmazkodását, és
- a feldolgozás gyorsaságát.

A résztvevők megismertek a IV. ötéves tervmunka során ki-  
alakított építőanyagipari tervezési modell szerkezetével, működésé-  
vel és továbbfejlesztésének fő irányjaival.



Növelte a szekció munkahatékonyágát az előadók és felszólalók személyi, szakmai összetétele is. A vita résztvevői között egyaránt képviseltették magukat a kutató intézeti-, irányító hatósági és vállalati pénzügyi szakemberek. Ez tette lehetővé, hogy egyaránt kerüljenek felszínre a makro és mikro ökonomiai kérdések és a vitán túlmenően a két terület képviselői között hasznos tapasztalatsere alakulhasson ki. Ezt a követelményt elégitette ki például az a tájékoztatás, amelyet az üveg- és finomkerámiaipar területéről kaptunk a vállalaton belüli érdekeltségi rendszerről.

A Lengyel Népköztársaság delegációjának vezetője a lengyel építőanyagipar tervezési és vezetési módszercinek új irányáról adott tájékoztatást.

A szekció tevékenységét értékelve, elégedettek lehetünk az előadások és hozzászólások színvonalával, az aktív érdeklődéssel és azzal, hogy a vita résztvevői nem kerültek az úgynevezett nehéz kérdések felvetését. Elégedetlenek voltunk — és ez természetes —, hogy nem tudtunk eléggé a kérdések mélyére menni, úgy hogy azt szerettük volna. Ezt a hiányosságot azzal kívánjuk pótolni, hogy Egyesületünk szakosztályaival a gazdag, de kellően fel nem tárt gondolatanyagot tovább vitatjuk. Az ankét végeredményben eredményesen hozzájárult ahhoz, hogy az építőanyagipar a IV. ötéves tervidőszakban kiemelkedő feladatait minél hatékonyabban és gazdaságosabban teljesítse.

*Л. Бергид:* Сoвещание по экономическим вопросам промышленности строительных материалов.

*Bergida, László:* Beratung über die ökonomischen Fragen der Baustoff-industrie

*Bergida, László:* Conference on the Economical Questions of the Building Material Industry.

---

## Könyvismertetés

*Jacob Feld:* Betonszerkezetek hibái.

Az American Concrete Institute (Amerikai Betonkutató Intézet) 1905 óta foglalkozik a vasalatlan és vasalt beton, valamint ezek alkotóanyagainak, tulajdonságainak vizsgálatával, az eredmények és hiányosságok széles körű ismertetésével.

A Műszaki Könyvkiadó gondozásában megjelent kiadvány az ACI Committee 103, a beton- és vasbetonszerkezetek tönkremenetelének okait vizsgáló bizottság, valamint a szerző jelentéseiből majdnem 200 káreset ismertetését tartalmazza.

A szerző a beton és vasbeton építéshez szorosan kapcsolódó tevékenységek, ún. az anyagösszeállítás, a minőségvizsgálat, a keverés, a szállítás, a zsaluzás és kiszaluzás, a bedolgozás és a bedolgozás helytelenségéből adódó hibákon túl, a járulékos tényezők, ún. az időjárás, a speciális talajviszonyok, a korrózió stb. hatására létrejött számos káresetet is elemez mind a magas, mind pedig a mérnöki szerkezetek-létesítmények területéről.

A kiadványban található 40 ábra, illetve fénykép az egyes kirívó káreseteket szemlélteti.

*K. J.*

# Az építőanyagipar fejlődési útjának kijelölése az ágazatirányítás szintjén\*

SZENTMÁRTONY  
GUSZTÁV  
Építésügyi és Városfejlesztési  
Minisztérium

A mechanizmus reformja új követelményeket támaszt a gazdaságirányítással szemben. A gazdasági folyamatokat az ágazatirányítás differenciált módszerekkel befolyásolja.

A gazdaságirányítás funkciói közül a legfontosabbak azok a fejlesztési akciókra vonatkozó döntések, amelyek az építőanyagipari ágazat jövőbeni fejlődési útját alapozzák meg, messzemenően figyelembe véve az ágazat belső működési körülményeit, a technikai fejlődés prognosztizációját és a külső gazdasági kapcsolatok várható alakulását.

A fejlesztési döntések a makro-gazdaság szintjén hosszú- és középtávú fejlesztési akciók előirányzását jelentik. Az építőanyagipari ágazat szempontjából mindkét fejlesztési döntési típus igen nagyjelentőségű, nemcsak az ágazat, hanem az egész népgazdaság tervszerű, arányos fejlődése szempontjából. Egy-egy fejlesztési döntés sokirányú információ begyűjtését és gondos feldolgozását igényli annak érdekében, hogy számbavehetőek legyenek mindazok a tényezők, amelyek alapvető kihatást gyakorolnak a fejlesztési akciók realizálhatóságára, tervezett hatékonyságnak megvalósulása és az akciókkal elérni kívánt hatások biztosítása érdekében.

A teljességre való törekvés igénye nélkül tekintsük át röviden a döntéselőkészítési folyamat során figyelembe veendő főbb információkat.

Elsőként, mint legkomplexebb információt a technikai forradalom kibontakozásának irányát és hatásvizsgálatát kell kiemelni. Ez a komplex témakör alapos műszaki és gazdasági prognosztizációt igényel, hiszen ezek az információk hivatottak megalapozni a fejlesztési döntések optimálisnak ítélt irányait.

Az információk egy másik köre kell, hogy feleletet adjon, milyen lehetőségek és követelmények me-

rülnek fel az építőanyagipari ágazatban a gazdasági integrációval kapcsolatban. Ezeket az információkat a makro tervezési folyamatnak kell biztosítani és megfelelően rendezett áttekinthető formában a vállalati tervezőszervek rendelkezésére bocsátani.

A gazdaságirányítás új rendjében a piaci hatásoknak lényegesen nagyobb szerepük van a fejlesztési döntések meghozatalakor. Ebből a szempontból az árprognózisok készítése a döntéselőkészítési folyamat igen fontos új elemét képezi. Az árprognózisok a műszaki haladás irányának és ütemének tisztázása alapulvételével, valamint gazdasági feltételeinek elemzése útján viszonylag pontosan meg kell, hogy határozza a termelő folyamat jövedelmezőségi viszonyaira alapvetően kiható ártenenciákat.

A tervezési munka ezen területe, újszerűsége és rendkívüli összetett volta miatt módszertani és egyéb kutatási feladatok gyors megoldását igényli. Az eddigi tapasztalatok arra utalnak, hogy a tervező szervek felkészültsége e téren a leghiányosabb. Ez a körülmény azonban számos bizonytalansági elemet visz be a döntéselőkészítési folyamatba és nagy mértékben növeli a kockázati elemek súlyát.

Az építőanyagipari fejlesztési döntések előkészítő munkájának egyik fontos eleme annak a piaci versenynek és a verseny által támasztott hatásoknak felmérése, mely azonos rendeltetési célt szolgáló egymást helyettesítő termékek vonatkozásában áll fenn. A technikai forradalom hatására egymás után jelennek meg olyan nem szilikát bázisú építőanyagipari termékek, amelyek egyre komolyabb versenytársai a hagyományos építőanyagoknak. Kézenfekvő tehát, hogy egy-egy fejlesztési akció meghatározásakor messzemenően tekintetbe vegyünk ezeknek az új nyersanyagbázisokon alapuló termékeknek fejlődési tendenciáit és műszaki-gazdasági paramétereit.

\* Az építő- és építőanyagipari közgazdasági konferencián (1969 november) elhangzott korreferátum.



A döntéshozatali folyamat egy másik nagy területét a gazdasági folyamatok azon analízise képezi, amelynek elsődleges feladata meghatározni a kialakult fő tendenciákat és ezen belül elkülöníteni a tartósan ható, illetve ideiglenesen jelentkező gazdasági folyamatokat. A tartósan ható tényezők képeznek alapot arra, hogy hatásukat megfelelő fejlesztési döntésekkel erősíteni, illetve mérsékelni tudjuk.

A gazdaságirányítás reformja rendkívül szűk körre korlátozza a direkt-utasítás jellegű gazdaságirányítási akciókat. Ez a fejlesztési döntések meghatározatalakor olyan információk begyűjtését igényli, amely viszonylag pontosan képes felvázolni, milyen összefüggés áll fenn a termelői, illetve a felhasználói magatartás és a gazdaságpolitikai elvárások között. A termelői, illetve a felhasználói magatartás megismerése teljesen új, módszertanilag is speciális információk megszerzését igényli. Ezek az információk általában tesztvizsgálat-szerű felvételeket igényelnek, melyeknek segítségével kontroll rendszerű kérdésekre adandó válaszok formájában nyerünk képet a termelők és felhasználók jövőben várható magatartásáról.

Az irányítás reformja a mikro-gazdaság szintjén számottevően növelte a döntési hatáskört és egyben nagyobb szabadságot biztosít a döntést hozó szervezetek részére, számukra előnyösnek ítélt fejlesztési döntések meghozatalában. Az irányítás reformjának ezen új és fontos elemének kihangsúlyozása mellett nem szabad olyan következtetésre jutni, hogy gazdaságunkban e döntési folyamatok teljes szabadossága érvényesül. A Párt és a Kormány gazdaságpolitikája és ennek realizálását biztosító közgazdasági szabályozó eszközök konzisztens rendszere lehetőséget nyújt arra, hogy a gazdaságirányítás szilárdan kézben tartsa a gazdasági folyamatok alakulását és megfelelő hatást gyakoroljon a mikro-szintű fejlesztési akciók irányára, ütemére és strukturális hatásaira.

Minden döntési folyamat előkészítésekor különböző döntési variánsok készülnek. Ezek a döntési variánsok, egy-egy szempontot alapul véve relatív előnyöket biztosítanak a döntést hozó szervek gazdasági fejlődését illetően. A gazdaságpolitikai eszközökkel folytatott gazdaságirányítási rendszernek a közgazdasági szabályozó eszközök segítségével olyan körülményeket kell biztosítani, hogy megvalósuljon a népgazdasági vállalati és csoportérdekek összhangja.

Különösen fontos szerep hárul az ágazatirányítás szerveire, a fejlesztési döntések műszaki-gazdasági hatásainak felmérését illetően. A reform itt is új helyzetet teremtett, amennyiben a fejleszté-

sek gazdasági kritériuma a korábbiakhoz képest lényegesen nagyobb szerephez jut.

Mivel az ágazati fejlődés még kevésbé autonóm, mint az egész népgazdaságé, messzemenően figyelembe kell venni az egymást követő és egymással összefüggő fejlesztési akciók hatását. Ez a kérdés különösen akkor jelentős, ha a népgazdaságban, vagy az ágazaton belül a fejlesztési tervek lényeges strukturális változásokat irányoznak elő. Az ezeknek a követelményeknek meg nem felelő, ilyen értelemben téves döntések a népgazdaság egészében olyan láncreakciókat válthatnak ki, amelyek káros visszahatása a felhalmozási alapok gazdaságtalan felhasználásában és végső soron a gazdasági növekedés mérséklődésében jutnak kifejezésre.

A fejlesztési döntéseknél a gazdasági kritériumoknak előtérbe kerülésével összefüggésben említést kell tenni arról, hogy szakítani kell a korábbiakban érvényesült technicista felfogással, illetve magatartással.

A fejlesztési döntéseknél nem a technikai újdonosságok, ritkaságok képezik a döntési folyamat fő tényezőit, hanem alapvető feladat országunk gazdasági fejlettségéhez és strukturális arányaihoz igazodó korszerű technika tömegszerű elterjesztése. Kézenfekvő, hogy alapvető cél az lenne, hogy minden ágazat minél előbb a legkorszerűbb technikai színvonalat érje el, de ez a követelmény közgazdaságilag lehetetlen. Ezért mindig bizonyos sorrendiség megállapítására van szükség. Ez viszont elsődlegesen nem műszaki, hanem gazdasági kérdés. A fő kérdés tehát a műszaki fejlesztés gazdasági konzekvenciáinak megfelelő felmérése és elemzése. A műszaki fejlesztés hatásait, konzekvenciáit nemcsak az ágazat területén, hanem a népgazdaság egészére gyakorolt hatásában kell figyelemmel kísérni és mérlegelni.

Ilyen aspektusból a technikai fejlődés világtendenciája sok esetben nem adaptálható változtatás nélkül saját viszonyunkra. Ennek oka részint az ország természeti, történelmi adottságaiban, részint az országunk fejlettségének abszolút színvonalában, részint pedig a szocialista társadalmi rendszer különbözőségében rejlik. Ezek a tényezők módosítólag hatnak a technikai fejlődésnek országunkban gazdaságosnak ítélt irányaira és ütemére nézve.

*Г. Сентмартони: Определение путей развития промышленности строительных материалов на отраслевом уровне.*

*Szentmártony Gusztáv: Bestimmung der Entwicklungstrecke der Baustoffindustrie auf der Stufe der Lenkung einzelner Zweige.*

*Szentmártony Gusztáv: Direction of Development of Building Materials.*

# A műszaki fejlesztés és gazdaságosság összefüggései a téglá- és cserépiparban

LOHNER ERNŐ  
ÉVM Téglá- és Cserépipari ES

## I.

A reform bevezetése óta eltelt idő kevés ahhoz, hogy az új gazdaságirányítási rendszer műszaki fejlesztésre gyakorolt hatását teljeskörűen értékelni lehessen, annál is inkább, mivel a reform során bevezetett közgazdasági szabályozók kedvező, vagy kedvezőtlen hatása az egyes ágazatok, iparágak és vállalatok sajátosságainak megfelelően differenciáltan érvényesül.

A korábbi gazdaságirányítási rendszerben közismert jónéhány megkötöttség feloldása elősegítette a műszaki fejlesztési aktivitás kibontakoztatását. Ennek biztató jelei a szellemi kapacitás és vezetés színvonala tekintetében felkészültebb vállalatoknál már mutatkoznak, bár még korántsem kielégítő mértékben. Éppen ezért a műszaki fejlődést gyorsító vállalati kezdeményezések több biztatást és bátorítást igényelnek különösen ott, ahol nagy a fejlesztési terhelés. Az állami vállalatok fejlesztési forrásainak alakulásában és a felhasználás szerkezetében sem alakultak ki még a kibontakozott mechanizmusra jellemző arányok és a bankokkal szemben fennálló, korábbi beruházásokból eredő hiteltörlesztési kötelezettségek is most kezdik erősebben terhelni a vállalatokat.

Mindez természetesen a műszaki fejlesztés reformtól várt gyorsulására fékezőleg hat és ezt a fékező hatást tovább növelik azok az ellentmondások, melyek a műszaki fejlesztés gyorsabb ütemű kibontakoztatásának igénye és a reform bevezetése óta ma már érzékelhetően ható közgazdasági szabályozók között viszonylag rövid idő alatt felszínre kerültek.

Mivel vitathatatlan, hogy a műszaki fejlődés gyorsítására a legnagyobb impulzust a közgazdasági szabályozók gyakorolják, a felszínre került ellentmondások feloldására szorulnak, illetve a műszaki fejlődésre fékezőleg ható szabályozókat korrigálni szükséges.

Nyilvánvaló, hogy a műszaki fejlődést fékező ellentmondások akkor éleződnek ki a legerősebben, ha külső kényszerítő tényezők, mint például a munkafeltételek megjavításának sürgető igénye, vagy a részben ezzel is összefüggő, egyes elmaradottabb technikai színvonalú iparágakat különösen sújtó munkaerőhiány, a jövedelmezőségre kedvezőtlenül ható műszaki fejlesztést is elengedhetlenné teszi.

Tekintsük át a téglaiiparban ezzel összefüggésben felmerülő gazdaságossági kérdéseket.

## II.

A túlnyomórészt korszerűtlen technológiával dolgozó téglá- és cserépipar műszaki színvonalának jelentős emelése csak a technológiai folyamatok korszerűsítésével érhető el. A hagyományos technológiához viszonyítva egy munkahely felszabadításának beruházási költségigénye igen jelentős; meghaladja az 500 000 Ft-ot. A korszerű technológia növekvő állóeszközigénye, illetve ennek költségkihatásai, továbbá az energiaköltségek jelentős emelkedése a termékek önköltségét növeli. Az energiaköltségek elkerülhetetlen növekedését a természetes hőenergiával történő szárítás helyett belépő műszárítás és a villamosenergia-felhasználás növekedése okozza. A műszárítás többlet-költségei, csak a hőenergia előállításának költségét számítva, 10–15%-kal növelik a termelési költségeket.

A korszerűsítés révén várható bérköltségsökkenés az anyag, illetve energia, az értékcsökkenési

\*Az építő- és építőanyagipari közgazdasági konferencián (1969 november) elhangzott referátum.



leírás és eszközlekötési járulék növekedéséből származó többletköltségeket nem tudja ellensúlyozni.

A hagyományos és a korszerű technológia költség struktúra változását a következő összehasonlítás szemlélteti.

	Százalékban		
	Iparági átlag	Érdi Téglagyár	Bakony-szent-lászlói Téglagyár
Anyagköltség .....	22,9	15,8	31,5
ebből szén .....		(6,1)	(13,1)
villamosenergia .....		(2,—)	(7,5)
egyéb anyag .....		(7,7)	(10,9)
béreköltség .....	25,3	25,6	9,4
közteher .....	6,4	6,5	2,4
eszközlekötési járulék.	10,3	10,7	18,8
értékesökk. leírás ....	6,6	6,4	15,7
különféle költségek ..	11,4	17,1	10,—
<b>Termelési költségek</b>			
összesen .....	82,9	82,1	87,8
Nyereség: .....	17,1	17,9	12,2

*Megjegyzés:* Az Érdi Téglagyár szabadszáritós és körkemencés üzem. A Bakony-szent-lászlói Téglagyár műszáritós és széntüzelésű alagút-kemencés üzem.

Hasonló, de talán még szembetűnőbb a szénhidrogén energiahordozók alkalmazására való áttérés fejlesztési igénye és a jövedelmezőségre gyakorolt kedvezőtlen hatása közötti ellentmondás.

Az 1971—75. évi tervidőszakra kidolgoztuk a téglai és cserépipar egészére a szénhidrogén energiahordozók széles körű bevezetésére irányuló fejlesztési tervet. A fejlesztési terv szerint az országos gázvezeték-hálózathoz való csatlakozási lehetőségek figyelembevételével téglagyártásnál 40—43 százalékos, cserépgyártásnál 48—50%-os arányban tervezzük a földgáz alkalmazását. A földgáz-felhasználás tervezett arányú növelése iparági szinten évi 250—300 millió m<sup>3</sup>-t tesz ki. Az ipar szempontjából a terv realizálása, a technikai színvonal emelése tekintetében kiemelkedő lépést jelentene.

Mégis, ha a fejlesztési program gazdaságosságát vizsgáljuk, akkor a jelenlegi arányokat alapul véve, a következő ellentmondások jelentkeznek.

A téglai iparban jelenleg 1 millió kcal-nak megfelelő szilárd tüzelőanyag költsége égetésnél mintegy 50 Ft, szárításnál 70 Ft, a távolsági fuvar figyelembevételével. A jelenlegi díjszabással számított gázárak ennél lényegesen magasabbak. A téglagyárak ugyanis egyenként kislevegyszerűsítettnek számítanak, s így a gázárak nagymértékben függenek az üzemek nagyságától, illetve fogyasztásuktól. Számításaink szerint 1 millió kcal előállításához földgázból átlagosan 110—130 Ft-ba kerül, vagyis a szilárd energiahordozóból előállítottak a kétszeresébe.

Ezek szerint évi 250 millió m<sup>3</sup> gázfelhasználásnál az árkülönbség meghaladja a 100 millió forintot. Ugyanakkor a munkabércsökkenés és a gázbevezetés egyéb előnyei ilyen nagy árkülönbséget nem tudnak kompenzálni.

Különböző gázárak figyelembevételével egy 18 millió db téglai/év kapacitású, széntüzelésű alagút-kemencés üzem vizsgálva, a gáztüzelés bevezetése 1,30 Ft/N m<sup>3</sup>-es gáz-árral 1,4 millió Ft, 1 Nm<sup>3</sup>-rel 0,4 millió Ft többletköltséget okoz és csak 0,8 Ft/Nm<sup>3</sup> gáz-ár esetében mutatkozik 100 000 forint termelési költségcsökkenés. A téglai és cserépgyárakban tehát kb. 35—40% ármérséklés tenné gazdaságossá a gázbevezetést a szilárd energiahordozókkal szemben.

Népgazdasági szinten a szénből előállított azonos hőmennyiség költsége többszöröse a földgáz költségének, továbbá az országos gázprogram realizálása szinte minden területen kiemelkedő műszaki fejlődést eredményez, ezért mindenképpen indokolt a gázárak jelentős mértékű csökkentése és a gázbevezetés beruházási költségeinek preferálása is.

*Э. Лонер: Техническое развитие и экономические условия развития кирпично-черепичной промышленности.*

*Lohner, Ernő: Der Zusammenhang der technischen Entwicklung und der Wirtschaftlichkeit in der Ziegelindustrie*

*Lohner, Ernő: Technical and Economical Development in the Brick and Tile Industry.*

# Az autoklávpróba használhatósága a cement magnéziaduzzadásának megítélésére\*

DOLEZSAI KÁROLY,  
SZATURA LÁSZLÓ  
Szilikátipari Központi Kutató  
és Tervező Intézet,

Mind az irodalomban, mind a gyakorlati szakemberek körében állandóan visszatérő probléma, hogy az autoklávpróba megfelelő biztonsággal mutatja-e a cement stabilitását, illetve nem túl szigorú-e az autoklávpróba s nem lehet-e alkalmazásától eltekinteni, vagy az ASTM C 151-ben előírt 0,8%-os duzzadási határértéket növelni.

Mivel az autoklávpróba használhatóságának ellenőrzése és összehasonlítása a szobahőmérsékleten tárolt próbatestek vizsgálati adataival hosszú időt — éveket sőt évtizedeket — vesz igénybe, a legtöbb kutató, aki a MgO kérdéssel foglalkozik, elfogadja mértékadónak az autoklávpróbát.

A vizsgálati módszerekben és a stabilitás terén mutatkozó ellentmondások tisztázása céljából hosszú időre kiterjesztett vizsgálatokat végzünk, melyek 6 éves eredményei már rendelkezésre állnak.

## A vizsgálatokhoz felhasznált anyagok és vizsgálati módszerek

A vizsgálatokhoz kétféle kísérleti üzemben előállított, nagy MgO-tartalmú klinkert használtunk, melyeknek összetételét az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat

Nagy MgO tartalmú kísérleti klinkerek kémiai összetétele, %

	I	II
SiO <sub>2</sub> .....	20,62	17,92
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	7,99	7,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	3,84	3,80
CaO .....	55,60	56,47
MgO .....	10,99	14,30

\*A kutatás e tárgyban a Cement és Mészművek megbízása alapján készült.

Összehasonlításképpen egy üzemi klinkert is vizsgáltunk, melynek MgO-tartalma 1,5% alatt volt. Felhasználtunk különböző hidraulikus kiegészítő anyagokat is, melyek összetétele a 2. táblázatban látható.

Vizsgálatainkat az alábbi módszerek szerint végeztük:

- Autoklávpróba az ASTM C 151 szerint, de 2×2×16 cm-es pép-próbatestekkel;
- Hosszváltozás mérése szobahőmérsékleten;
- A MgO és CaO hidratációjának vizsgálata termogravimetrikus módszerrel;
- Szilárdságvizsgálat MSZ 523-szerint készített földnedves habarcs próbatestekkel;

## Autoklávpróba ASTM C151-szerint, 2×2×16 cm-es pép-próbatesteken

Mindkét tiszta klinkerből készült cement az autoklávkezelésnél szétmállott. A különböző hidraulikus kiegészítő anyagokat tartalmazó cemen-

2. táblázat

A felhasznált hidraulikus kiegészítő anyagok kémiai összetétele, %

	Kova- föld	Transz		Erő- mű- per- nye	Kohó- salak
		I	II		
Izz. veszt. . .	13,47	6,75	7,24	1,95	—
SiO <sub>2</sub> .....	68,24	63,37	61,27	45,09	32,93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	4,22	19,08	25,21	38,21	14,54
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....				6,36	
CaO .....	9,06	5,20	5,66	7,29	44,09
MgO .....	0,79	0,53	0,63	1,83	3,71
SO <sub>3</sub> .....	1,55	—	—	1,02	4,03
20%-os KOH- ban oldódó					
SiO <sub>2</sub> .....	48,89	28,53	19,40	12,81	—



3. táblázat  
10,99% MgO tartalmú klinkerből készült, különböző hidraulikus kiegészítő anyagokat tartalmazó cementek duzzadása autoklávkezelés hatására (%)

Auto- kláv- keze- lések száma	Kiegészítő anyag mennyisége, %										
	Kovaföld		Rátkai trasz			Tatabányai erőmű pernye			Kohósalak		
	30	35	25	30	40	50	60	70	50	60	70
1	0,168	0,133	2,576	1,231	0,425	0,278	0,168	0,198	1,273	0,273	0,129
2	2,240	0,253	szétmállott	2,777	0,565	0,323	0,211	0,267	3,073	0,348	0,156
3	eltörött										
4				0,806	0,354	0,240	0,311	szétmállott	0,409	0,191	
5				1,080	0,355	0,302	0,274			0,487	0,203
6				0,727	0,366	0,276	0,276		0,919	0,203	
7				0,838	0,423	0,276	0,306		1,275	0,279	
8				0,850	0,403	0,279	0,315		1,350	0,287	
9				0,895	0,411	0,279	0,389		2,085	0,362	
10				0,940	0,419	0,279	0,311		2,389	0,273	

4. táblázat  
14,3% MgO tartalmú klinkerből készült, különböző hidraulikus kiegészítő anyagokat tartalmazó cementek duzzadása autoklávkezelés hatására, %

Auto- kláv- keze- lések száma	Kiegészítőanyag mennyisége, %												
	Kovaföld				Trasz			Pernye			Kohósalak		
	30	35	40	50	30	35	40	50	60	70	50	60	70
1	1,558	0,290	0,074	0,155	szétmállott	0,997	szét- eltörött	szét- mállott	0,385	0,358	szétmállott	0,301	
2	szét- mállott	eltörött	0,154	0,025					0,595	0,443		0,341	
3			0,251	0,051				0,825	0,494		0,369		
4			0,344	0,135				1,165	0,499		0,450		
5			0,425	0,129				1,155	0,499		0,287		
6			0,565	0,231				eltörött	0,521		1,577		
7			0,625	0,171					0,582		1,935		
8			0,619	0,143				0,564		1,921			
9			0,636	0,156				0,670		2,195			
10			0,651	1,141				0,523		2,036			

tek vizsgálati eredményeit a 3. és 4. táblázat tartalmazza.

Hogy pontosabb képet alkothassunk a stabilitás kérdéséről, az autoklávkezelést ugyanazon próbatesteken egymás után tízszer elvégeztük. A 10,99% MgO-tartalmú, 30 és 35% kovaföldet tartalmazó cement az első kezelésnél 0,2% alatti duzzadást mutatott, a harmadik kezelésnél azonban a próbatestek eltörtek.

A 25 és 30% rátkai trasz-t tartalmazó I jelű cementek duzzadása már az első kezelésnél is 1%-nál nagyobb volt. A 40%-os keverék az első kezelésnél 0,4%, a tizediknél közel 1%-os duzzadást mutatott. Az 50, 60 és 70% tatabányai erőműpernyét tartalmazó keverékek mind az egyszeri, mind a tízszeri autoklávpróbát kiállották.

Az 50% kohósalaktartalmú I jelű cement az első kezelést sem állta ki, a 60% kohósalaktartalmú az első kiállotta, a tizediket nem, míg a 70% kohósalaktartalmú a tizedik kezelés után is megfelelő volt.

A 14,3% MgO tartalmú klinkerből készült keverékek közül csak a 40 és 50% kovaföldtartalmú, a 70% pernyetartalmú és 70% kohósalaktartalmú állta ki a tízszeri kezelést, de a kohósalaktartalmú már 2% fölötti duzzadást mutatott.

Megjegyezzük, hogy az autokláv vizsgálattal párhuzamosan főzőpróbát is végeztünk. Ennek során a hasonló összetételű keverékekből készült próbatesteket hosszú időn — 500 órán — keresztül főztük és mértük a hosszváltozásukat. Az eredmények tendenciája alátámasztja az autoklávkezelésnél tapasztaltakat.

### Hosszváltozás szobahőmérsékleten

A korábban említett I- és II-jelű klinkerek és a hidraulikus kiegészítőanyagok felhasználásával előállított cementekből 2×2×16 cm-es próbates-

5. táblázat

Az I. és II. klinkerből készült cementek duzzadása szobahőmérsékleten, vízben tárolva

Kiegészítőanyag mennyisége, %		5,5 év alatt fellépő duzzadás %-ban	
		10,99% MgO	14,3% MgO
Kovaföld .....	—	0,983	7,83
	30	0,300	0,526
	35	eltörött	0,223
	40	—	eltörött
Rátkai trasz .....	25	0,286	—
	30	0,573	eltörött
	35	—	0,659
	40	0,246	0,418
Tatabányai erőműpernye .....	50	0,186	0,252
	60	0,105	0,188
	70	0,061	0,093
Selypi trasz .....	25	eltörött	0,704
	30	—	0,618
	30	0,340	0,615
Kohósalak .....	50	0,342	0,466
	50	0,193	0,356
	70	0,158	eltörött
1% MgO-t tartalmazó 500-as portlandcement .....		0,059	

teket készítettünk, s ezeken hosszú időtartamú duzzadási vizsgálatot végeztünk szobahőmérsékleten. A hasábokat vízben tároltuk. 5,5 éves kor-

ban a következő duzzadási értékeket állapítottuk meg (5. táblázat).

Az I jelű, kiegészítőanyagot nem tartalmazó cement 5,5 év alatt csaknem 1%-ot duzzadt, de a többi próbatestek is, a 70% pernyét tartalmazó kivételével, 0,1—0,6% közötti duzzadást mutatnak, a bennük levő kiegészítőanyagtól függően.

Hasonló a helyzet a II-jelű klinkernél is, ahol a belőle kiegészítőanyag nélkül készült cement 7,83 százalékot duzzadt. A többi próbatest duzzadása, a 70% pernyetartalmú kivételével, 0,18—0,704% között van. Feltűnő jelenség, hogy a kiegészítőanyagot tartalmazó próbatestek egy része eltört, az épségben maradt hasábokon pedig kivétel nélkül hajszálrepedések találhatók. Ugyanakkor az összehasonlításképpen vizsgált, kb. 1% MgO-t tartalmazó cement semmiféle káros elváltozást nem mutatott.

### A MgO hidratációjának vizsgálata derivatográfial

Mikroszkóppal vizsgálva a próbatestek törési felületeit megállapítható, hogy a repedések egyes esetekben kis üregekből indulnak ki, amelyekben az időről időre keletkező brucit gömb alakú telepek formájában foglal helyet. Ezek a gömbök feszítő hatást fejtenek ki az őket körülvevő szerkezetre, aminek következtében apró duzzadási repedések figyelhetők meg a törési felületeken, s ezek kiterjednek a próbatestek egészére.

Más esetekben a repedések a próbatest felületén jelentkeznek, s idővel ezek mentén eltörnek a próbatest.

Mivel a jelenség ellene mond a sokak által túl szigorúnak tartott autoklávpróba eredményének, derivatográfial megvizsgáltuk, hogy a klinkerben levő MgO az idők folyamán hidratálódott-e, és reakcióba lépett-e a kiegészítőanyagokkal, illetőleg

6. táblázat

A MgO és CaO hidratációja a hosszú ideig vízben tárolt próbatestekben.

Kiegészítőanyag mennyisége	Cement összes MgO tart	A mért Mg(OH) <sub>2</sub>	Hidratálódott MgO mennyisége	Hidratáció	CaCO <sub>3</sub> %	Ca(OH) <sub>2</sub>
<i>10,99% MgO tart. klinkernél</i>						
30 % kovaföld .....	7,68	4,70	3,24	42,1	4,07	—
60 % pernye .....	4,39	4,18	2,88	65,7	3,16	—
30 % selypi trasz .....	7,68	6,74	4,64	60,5	2,61	—
60 % kohósalak .....	4,39	4,89	3,36	76,3	3,01	1,21
<i>14,3% MgO tartalmú klinkernél</i>						
35 % kovaföld .....	9,3	5,18	3,6	38,7	3,86	—
40 % rátkai trasz .....	8,58	6,48	4,5	52,3	5,00	—
50 % pernye .....	7,15	5,18	3,6	50,2	1,82	—
60 % kohósalak .....	5,72	7,12	4,9	85,3	2,04	1,22



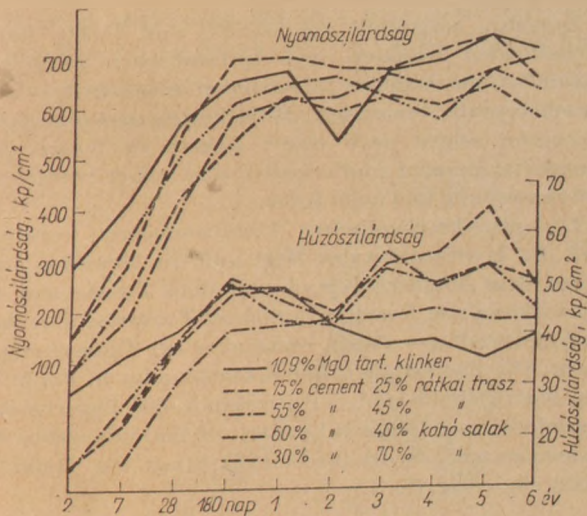
a kiegészítőanyagok blokkolták-e a MgO-t a rendszerben.

Az ellenőrző vizsgálatok (6. táblázat) szerint a klinker MgO tartalmának nagy része a lekötött cementben  $Mg(OH)_2$  alakban van jelen, de ezenkívül található még  $CaCO_3$  és a kohósalakot tartalmazó cementnél  $Ca(OH)_2$  is.

Az 5,5 éves vizsgálati eredmények tehát azt mutatják, hogy — ellentétben az autoklávpróbával — hidegen, vízben tárolva valamennyi hidraulikus kiegészítőanyag és a  $Mg(OH)_2$  közötti reakció sebessége nagyságrendekkel kisebb, mint a  $Mg(OH)_2$  képződési sebessége, azaz gyakorlatilag nem történik meg a stabilizálás és a MgO blokkolásának ténye sem áll fenn.

### Szilárdságvizsgálat MSz 523 szerint

Az alapul választott I-es és II-es klinkerekből kiegészítőanyag nélküli és kiegészítőanyagot tartalmazó cementeket készítettünk, s ezeket 6 évre

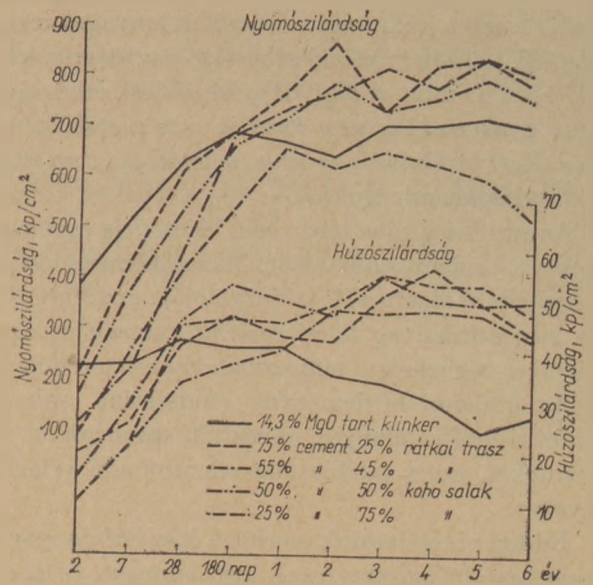


1. ábra. 10,9% MgO tartalmú klinkerből készült cementek szilárdságai

kiterjedő szilárdságvizsgálatnak vetettük alá MSz 523 szerint, szobahőmérsékleten, vízben tárolva. A vizsgálati eredményeket az 1. és 2. ábra mutatja.

Az I jelű klinkerből készült, kiegészítőanyagot nem tartalmazó cement húzószilárdsága 1 év után visszaesik. A kiegészítőanyagot tartalmazóké ingadozó, 5 év után visszaesést mutatnak, jöllehet ez még nem határozott tendencia.

A II jelű klinkerből készített, kiegészítőanyagot nem tartalmazó próbatetek húzószilárdsága 6 hónaptól kezdve visszaesést mutat. Az ábra sze-



2. ábra. 14,3% MgO tartalmú klinkerből készült cementek szilárdságai

rint 6 éves korban már mind a húzó-, mind a nyomószilárdságnál jelentkezik a szilárdságvisszaesési tendencia.

### Összefoglalás

A hidraulikus kiegészítőanyagot nem tartalmazó nagy MgO tartalmú cementek 5,5 év alatt szobahőmérsékleten is duzzadnak. A szakítószilárdság a MgO tartalomtól és a körülményektől függően visszaesést mutat. A cementek instabilitását az összes vizsgálat — beleértve az autoklávpróbát és a hosszúidős főzést — egyértelműen mutatja.

A 10,99% MgO tartalmú klinkerből hidraulikus kiegészítőanyaggal készült cementek közül a 25 és 30% rátkai trasz-tartalmú és az 50% kohósalaktartalmú kivételével a többi kiállotta az autoklávpróbát.

A 14,3% MgO tartalmú klinkerből készültek közül csak a 35, 40 és 50% kovaföld tartalmú, a 60 és 70% pernye és 70% kohósalaktartalmú mutatkozott az egyszeri autoklávkezelésre stabilnak.

Ennek ellenére az 5,5 évig szobahőmérsékleten tárolt próbatetek a 10,99% MgO tartalmú klinkernél a 70% pernyetartalmú kivételével 0,1—0,6% közötti, a 14,3% MgO tartalmú klinkernél 0,093—0,704 közötti duzzadást mutattak és minden próbatest megrepedt.

Az összehasonlításként vizsgált 500-as portlandcement 0,059% hossznövekedést mutatott és felületén semmiféle repedés nem látható.

Az ellenőrző fizikai-kémiai vizsgálatok szerint a klinker MgO tartalmának egy része a lekötött cementben  $Mg(OH)_2$  alakban van jelen, ami azt je-



lenti, hogy a hidraulikus kiegészítőanyagok és a  $Mg(OH)_2$  közötti reakció sebessége nagyságrendekkel kisebb, mint a  $Mg(OH)_2$  képződési sebessége, azaz gyakorlatilag nem történik meg a stabilizáció és a  $MgO$  blokkolásának ténye nem áll fenn az általunk vizsgált anyagoknál.

Az autoklávpróba tehát nem bizonyítja egyértelműen a cement stabilitását. Magas hőmérsékleten a nyomás hatására a  $MgO$  hidratációja és a  $Mg(OH)_2$  és kiegészítőanyag közti reakció gyorsan és egyidejűleg végbemegy, míg szobahőmérsékleten nem.

Az irodalmi közlemények rendszerint csak az autoklávpróba alapján minősítik stabilnak a cementeket, ezért találhatunk ellentmondó véleményeket.

Eddigi vizsgálataink szerint a kiegészítőanyagot nem tartalmazó cementek instabilitását az autoklávpróba egyértelműen mutatja, de a kiegészítőanyagot tartalmazókat nem. Ez utóbbiak — bár kiállják az autoklávpróbát — a hosszúidős vizsgálatnál mégis instabilnak mutatkoztak.

#### IRODALOM

*Dolezsai K. — Majer J. — Révay M.:* Ütjelentés szovjet tanulmányútról.

*Galarza Villegas, M.:* Nagy magnéziatartalmú portlandcement. Cemento Hormigon 1965. 375. sz.

*Guy F.:* Nagy magnéziumtartalmú stabil cementek autoklávvizsgálata. Revue des Materiaux. 1962. 567. sz.

*Dolezsai K.:* A tatabányai klinker  $MgO$  tartalmának 6%-ra növelése lehetőségeinek vizsgálata. SzIKKTI zárójelentés, 1969.

*Rosa, J.:* Nagy  $MgO$  tartalmú cementek stabilizációjának mechanizmusa. Építőanyag, 1967. 1. sz.

*Stejert N. P. — Szatalkina M. A.:* Nagy  $MgO$ -tartalmú klinkerből készült aktív ásványi adalékokat tartalmazó cementek néhány műszaki sajátossága. Giprocement Trudü XXIII. 1961.

*Dolezsai K.:* Nagy  $MgO$  tartalmú portlandcement. ÉM. ÉAKKI. Tudományos közlemények, 12.

*Veronelli D. J. E.:* Autoklávpróba a portlandcement-beton térfogatállandóságának meghatározására. Cemento Hormigon 1966. 389. sz.

*Dolezsai Károly — Szatura László:* Az autoklávpróba használhatósága a cement magnéziaduzzadásának megítélésére.

A 10,99%  $MgO$  és 14,3%  $MgO$  tartalmú klinkerekből hidraulikus kiegészítőanyagokkal készült cementek — néhány kivételtől eltekintve — kiállották az autoklávpróbát. Ugyanezekből a cementekből készült próbatestek 5,5 évig vízben, szobahőmérsékleten tárolva jelentős duzzadást mutatnak, s ezen kívül meg is repedtek. A fiziko-kémiai vizsgálatok azt bizonyítják, hogy magas hőmérsékleten nyomás hatására a  $MgO$  hidratációja és a  $MgO$  és kiegészítő anyag közötti reakció gyorsan és egyidejűleg végbemegy, míg szobahőmérsékleten nem. A cementek szakítószilárdsága a  $MgO$ -tól és a táro-

lási körülményektől függően visszaesést mutat. Az autoklávpróba a hidraulikus kiegészítő anyagot tartalmazó cementeknél tehát nem bizonyítja egyértelműen a cement stabilitását.

*К. Долежаи — Л. Сатура:* Применимость метода автоклавной пробы для установления магнезиального расширения цемента.

Цементы, содержащие 10,99% и 14,30%  $MgO$ , приготовленные с активными гидравлическими добавками, почти все, за небольшим исключением, выдерживают автоклавную пробу. Однако образцы, приготовленные из тех же самых цементов, показывают при твердении в течении 5,5 лет в воде и на воздухе сильное расширение и даже растрескиваются. Физико-химические испытания показывают, что гидратация  $MgO$ , а также реакции между  $MgO$  и активной гидравлической добавкой протекают при повышенной температуре и давлении значительно быстрее, чем при комнатной температуре. Прочность на разрыв снижается в зависимости от содержания  $MgO$  и условий хранения образцов. Таким образом автоклавная проба в случае цементов с активными гидравлическими добавками не является доказательством стабильности высоко-магнезиального цемента.

*Dolezsai, Károly — Szatura, László:* Die Brauchbarkeit der Autoklavprobe zwecks Beurteilung der Magnesia-Schwellung von Zementen

Zemente, hergestellt aus 10,99% und 14,3%  $MgO$ -enthaltenden Klinkern und hydraulischen Zusätzen, haben — von wenigen Ausnahmen abgesehen — die Autoklavprobe bestanden. Probekörper aus denselben Zementen zeigen nach einem Lagern in Wasser bei Zimmertemperatur fünfeinhalb Jahre später beträchtliche Schwellung und auch Risse.

Die physiko-chemischen Untersuchungen ergaben, daß die Hydratation des  $MgO$  und die Reaktion zwischen dem Magnesiumoxyd und dem Zusatz auf die Einwirkung von Druck bei erhöhter Temperatur schnell und gleichzeitig verläuft, nicht aber bei Zimmertemperatur. Die Zugfestigkeit der Zemente zeigt in Funktion des  $MgO$ -Gehalts und der Umstände des Lagerns eine Verminderung. Folglich beweist die Autoklavprobe bei Zementen mit hydraulischen Zusätzen die Stabilität nicht eindeutig. (S. G.)

*Dolezsai Károly — Szatura László:* The Application of the Autoclave Test for the Evaluation of Magnesia Swelling of Cements.

Cements were prepared from clinkers containing 10.9% and 14.3%  $MgO$ , with some hydraulic admixtures. All these cements overcame the autoclave test, but samples made of the same cements and water-cured at room temperature for 5½ years, showed a very significant swelling, even cracking. Physical and chemical tests proved that the hydration reaction of  $MgO$ , and the reaction between  $MgO$  and the admixture takes place simultaneously and with a high velocity at elevated temperatures and pressures, but not at room temperature. This causes a drop in tensile strength, depending on  $MgO$  and curing circumstances. It is concluded that the autoclave test is unsuitable to predict durability of high-magnesia cements containing hydraulic admixtures.



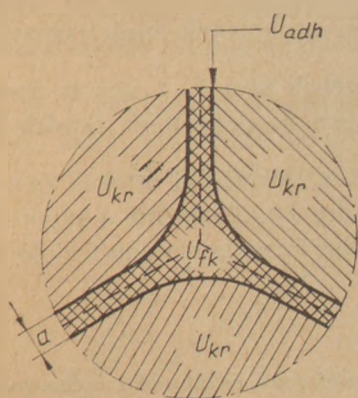
# Szervetlen polikristályos rideg anyagok mechanikai szilárdsága és szerkezete

ТРЕСЗВЯТСКИЈ,  
С. Г.

УЗСЗК Туд. Академія  
Аналітичні Проблеми  
Інституту, Київ, СРСР

## A rideg polikristályos anyagok felépítésének egyszerűsített modellje

Az 1. ábrán látható a rideg polikristályos anyagok szerkezetének egyszerűsített modellje. Feltételezzük, hogy a kristályos fázis egyenlő nagyságú, izometrikus, megközelítően hasonló alakú szemcsékből áll. A kristályos részen kívül a modell kötőfázist is tartalmaz, amely a kristályos fázis szemcséi közötti részeket tölti ki; a kötőanyag amorf (üveg, amorf szerves anyagok stb.), vagy rendezetlen szerkezetű kristályos fázis.



1. ábra. Két fázisból álló rideg, polikristályos anyag modellje.

Az  $U_{kr}$  az 1. ábrán a kristályos fázis szilárdságát jelöli ( $\text{kp}/\text{cm}^2$ ,  $\text{N}/\text{cm}^2$  stb. dimenziókban, ez végső soron az adott anyag monokristályának közepes szilárdsága az anizotrópia figyelembevétele mellett. Ugyanezen az ábrán az  $U_{fk}$  a fázisok közötti anyag szilárdságát jelöli, mely határesetben az adott anyag szilárdsága. Az  $U_{adh}$  a kristályos fázis és a kötőanyagfázis kötési szilárdságát jelöli (ha az  $\emptyset$ ), vagy a kristályok közötti kohéziós kapcsolat szilárdságát abban az esetben, amikor a szemcsék közötti távolság  $a$  zérus, vagy közel zérus.

Az  $U_{adh}$  és  $U_{fk}$  dimenziója ugyanaz, mint az  $U_{kr}$  esetében. Az adott modell csak teljesen pórusmentes anyagra vonatkozik.

Nyilvánvaló, hogy a vizsgált modell esetében három alapvető és három kiegészítő kapcsolat lehetséges az  $U_{kr}$ , az  $U_{fk}$  és az  $U_{adh}$  között, melyek végső soron meghatározzák a polikristályos szilárd anyag egészének a mechanikai törését.

Ezek a kapcsolatok kifejezhetők az alábbi egyenlőtlenségek három csoportjával:

$$\begin{aligned} \text{I. } U_{adh} < \begin{cases} U_{fk} < U_{kr} & \text{(a)} \\ U_{kr} < U_{fk} & \text{(b)} \end{cases} \\ \text{II. } U_{kr} < \begin{cases} U_{adh} < U_{fk} & \text{(a)} \\ U_{fk} < U_{adh} & \text{(b)} \end{cases} \\ \text{III. } U_{fk} < \begin{cases} U_{adh} < U_{kr} & \text{(a)} \\ U_{kr} < U_{adh} & \text{(b)} \end{cases} \end{aligned}$$

Az I., II. és III. egyenlőtlenségi csoportokon kívül lehetséges az  $U_{adh} \approx U_{kr} \approx U_{mf}$  eset is.

Látható, hogy amíg a rideg polikristályos anyag legegyszerűbb modellje is azt mutatja, hogy helytelen adott anyagok szilárdsági tulajdonságait egy valamilyen séma vagy valamilyen törési folyamat alapján szemlélni; mindenekelőtt azt kell meghatározni, hogy az anyag, melynek szilárdsági tulajdonságát megvizsgáltuk, vagy meg kívánjuk vizsgálni, a fent megnevezett négyféle eset közül melyikhez sorolható.

## Az I. esoporthoz tartozó rideg polikristályos anyagok várható tulajdonságai

Ha a polikristályos anyag szilárdsági értékeinek viszonyára érvényes az alábbi egyenlőtlenség:

$$U_{adh} < \begin{cases} U_{fk} < U_{kr} \\ U_{kr} < U_{fk} \end{cases}$$

ha  $a \neq 0$ ,  
vagy az egyszerűsített egyenlőtlenség:

$$U_{adh} < U_{kr}, \text{ ha } a \approx 0,$$

akkor az anyagban a következő tulajdonságok megjelenése várható:

a) Az idetartozó anyagok szilárdsága kisebb az egykristály közepes szilárdságánál.

b) A szilárdsági érték és a szemcseméret közötti összefüggés nem lineáris, azaz a törés a fázishatárok mentén megy végbe és nem a szemcse térfogatában. A szilárdság nő a kristályfázis szemcseméretének csökkenésével, mivel ebben az esetben nő a fajlagos felület, következésképpen az  $U_{adh}$  térfogati fajlagos összértéke is.

c) Olyan adalékok, melyek a kristályfázis szemcséinek a szilárdságát növelik, vagy csökkentik, nem fogják lényegesen megváltoztatni az anyag szilárdságát (feltéve, hogy a hatás a csoportthatárokon belül marad).

d) Olyan adalékok, amelyek a fázisok közötti adhéziót növelik, a polikristályos anyag jelentős megszilárdulását idézik elő; különösen jelentékeny a hatásuk kis mennyiségben történő adagolás esetén (szilárdságnövekedés kemoszorpcióval). Az optimális mennyiségnél több adalék esetén a szilárdság vagy változatlan marad, vagy — ami valószínűbb — csökken.

*Az I. csoporthoz tartozó polikristályos anyagok várható törvényszerű tulajdonságainak ellenőrzése a polikristályos alumínium-oxid példáján*

Az alumínium-oxid alapú polikristályos anyagok minden valószínűség szerint a polikristályos anyagok azon osztályához sorolhatók, melynek tulaj-

donságait az  $U_{adh} < U_{kr}$  egyenlőtlenség fejez ki. Mivel ezeknek az anyagoknak a mechanikai tulajdonságai viszonylag jól ismertek, ezek példáján lehetségesnek látszott az előző részben mondottakat ellenőrizni. Alább láthatók a kapott eredmények.

a) Az alumínium-oxid alapú polikristályos kerámia és egykristályos anyag hajlítószilárdsági értékeinek összehasonlítását az [1, 2] forrásmunkák adatai alapján az I. táblázatban láthatjuk.

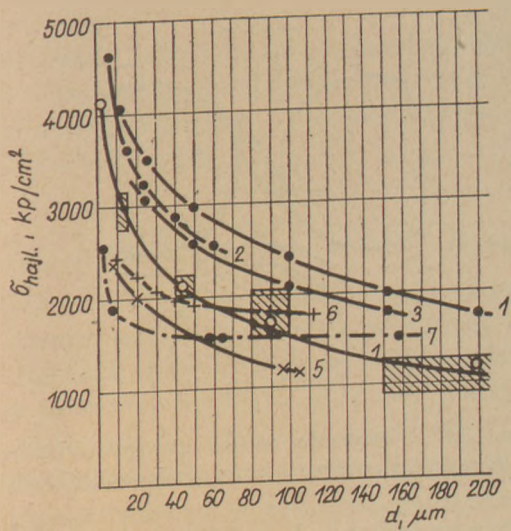
A táblázatban közölt adatokból látható, hogy még a legjobb polikristályos alumínium-oxid alapú kerámiai anyag szilárdsága (például az ún. „modifikált” korundé) kisebb, mint az egykristályos alumínium-oxid kerámiák közepes szilárdsága.

b) A polikristályos alumínium-oxid hajlítószilárdságának a szemcsemérettől való függését már sokszor vizsgálták (2. ábra). Az 1. és 2. görbék olyan polikristályos anyagra vonatkoznak, melynek tulajdonságait magnézium-oxid adalékkal javították. A 3. görbe áttetsző anyagokra vonatkozik szintén magnézium-oxid adalékkal, a 4. és 5. görbék magnézium-oxid adalék nélküli anyagokra vonatkoznak, melyeket fröccsöntéssel formáztak és utólagosan átkristályosítottak különböző méretű szemcsézetig. Az összes idézett munkák azt mutatják, hogy a Griffith—Orowan [9], vagy a Petch elmélet által megkövetelt lineáris összefüggés a szilárdsági értékek és a  $d^{-\frac{1}{2}}$  között nem figyelhető meg, ellenben megközelítően lineáris összefüggés mutatkozik a szilárdsági értékek és a  $d^{-\frac{1}{3}} - d^{-\frac{1}{4}}$  értékei között. Legcélszerűbb a kapott eredményeket empirikus formula alapján feldolgozni,

1. táblázat  
Az alumínium-oxid alapú polikristályos és egykristályos anyagok szilárdsági értékeinek összehasonlítása.

Sorszám	Anyag	Orientáció	Hajlító szilárdság kp/cm <sup>2</sup>	Irodalom	Megjegyzés
1	Egykristályos rubin . . . . .	C-tengellyel párhuzamos	6795	1	—
2	Egykristályos rubin . . . . .	C-tengelyre merőleges	3475	1	—
3	Egykristályos rubin . . . . .	C-tengelyre < 45°	3500	2	—
4	Egykristályos zafir . . . . .	C-tengellyel párhuzamos	7200	2	—
5	Egykristályos zafir . . . . .	C-tengelyre < 45°	5000	2	—
6	Polikristályos, nem módosított . . . . .		2000—3000	2	Szemcsemérettől függ
7	Polikristályos MgO-dal módosított . . . . .		3500—4500		Szemcsemérettől függ
8	Közepes érték rubinra . . . . .		4590	—	—
9	Közepes érték zafirra . . . . .		6100	—	—





2. ábra. Az alumínium-oxid és magnézium-oxid alapú polikristályos anyag hajlítószilárdságának és közepes szemcseméretének összefüggése.

Alumínium-oxid alapú anyag: 1. görbe (3)-; 2. görbe (4)-; 3. görbe (5)-; 4. görbe (6)-; 5. (7) szerint.

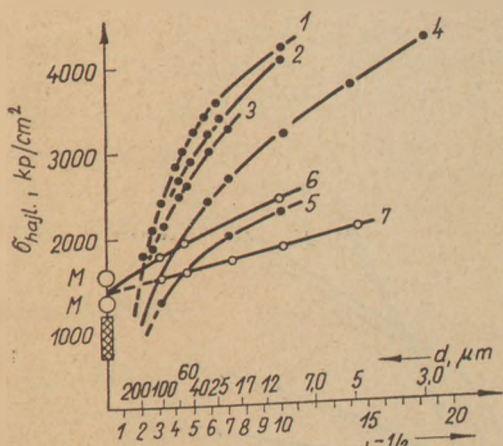
Magnézium-oxid alapú anyag: 6. görbe (6)-; 7. görbe (8) szerint.

$$\sigma = A \cdot d^{-n}, \quad (1)$$

ahol  $A$  és  $n$  empirikus állandók.

A [12] munka megkísérli több kutató által kapott eredményeket általánosítani és a Petch, valamint a Griffith—Orowan-egyenletek alkalmazásával lineáris összefüggést megállapítani a hajlítószilárdság és a  $d^{-1/2}$  között, azonban ezek az eredmények hibásak, amint ezt később bebizonyítjuk.

Az 1. ábrán közölt adatokat felhasználtuk ellen-



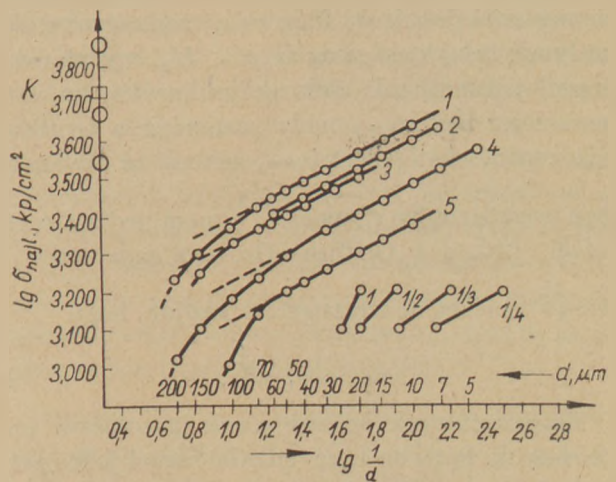
3. ábra. Alumínium-oxid és magnézium-oxid alapú polikristályos anyagok hajlítószilárdságának változása a  $d^{-1/2}$  függvényében. A görbék számozása ua., mint 1. ábrán. Az ordinátán bevonalkázott négyzög és az M jelölések az egykristályos magnézium-oxid hajlítószilárdságot mutatják.

őrző számításokra és a  $\sigma_{hajl} - d^{-1/2}$  összefüggés (3. ábra), illetőleg  $\log \sigma - \log \frac{1}{d}$  összefüggés megállapítására (4. ábra). A 3. ábrán közölt összefüggés a  $\sigma_{hajl}$  és a  $d^{-1/2}$  között azt mutatja, hogy ez az összefüggés nem lineáris és minden próbálkozás, ezt az összefüggést két egymást metsző egyenessel ábrázolni, amint ezt megkísérelték a [12] munkában, helytelen.

Ha azonban megvizsgáljuk a 4. ábra grafikonjait, láthatjuk, hogy meghatározott határok között (5 mikrontól 50–100  $\mu\text{m}$ -ig terjedő szemcseméretig) meglehetősen szigorú lineáris összefüggés van a  $\sigma_{hajl}$  és  $d^{-1/4}$  között.

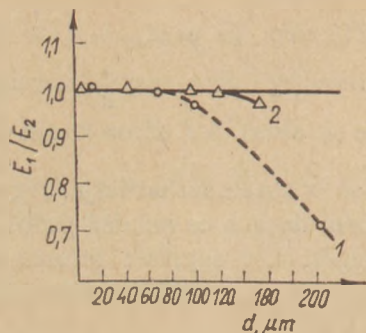
Az 50–100  $\mu\text{m}$ -nél nagyobb szemcseméret esetében a linearitástól való eltérés teljesen törvényszerű: az anyag szilárdságsökkenését az újrakristályosodás váltja ki; mivel a korundkristály növekedése anizotróp mind a szinterelődés (1. és 3. görbe), mind az újrakristályosodás folyamán (4. és 5. görbe). Szükséges rámutatni, hogy az újrakristályosodás okozta szilárdságromlás kisebb mértékű. A minimális szilárdságromlás a 4. görbénél mutatkozik: ez a hosszantartó égetéssel nyert áttetsző anyagra vonatkozik.

Az újrakristályosodással fellépő szilárdságromlást a szemcsék közötti repedések okozzák még az anyag terhelése előtt; ennek következtében gyengüli az anyag teherbíró keresztmetszete. Az ilyen repedések száma arányos a belső felülettel, azaz  $d^{-1}$  értékével. Összehasonlítva a gyors szilárdságsökkenésnek megfelelő görbe intervallumok hajlásszögét a 4. ábrán a  $d^{-1}$  értéknek megfelelő hajlásszöggel, láthatjuk, hogy a gyors szilárd-



4. ábra. Alumínium-oxid alapú polikristályos anyag hajlítószilárdságának logaritmusának és a  $\lg \frac{1}{d}$  közötti összefüggés. A görbék számozása ua., mint az 1. ábrán.





5. ábra. Alumínium-oxid alapú (1. görbe) és magnézium-oxid alapú (2. görbe) anyagok relatív rugalmassági modulusának változása a szemcseméret függvényében.

ságcsökkenést mutató görbeintervallumok végső hajlása megközelítően megegyezik a  $d^{-1}$  hajlással; ez minőségileg igazolja a korábbi állításunkat. Az elgondolás helyességének igazolására megemlíthetők még a következő adatok. Az 5. ábrán látható a [6] munka alapján általunk szerkesztett összefüggés az anyag rugalmassági modulusa (relatív egységekben) és szemcsemérete között. Az 5. ábrán bemutatott adatok azokra a mintákra vonatkoznak, melyek szilárdsági tulajdonságait a 2. és 3. ábra 4. görbéje mutatja. A 3. és 5. ábra összehasonlításából világosan látható, hogy mind az anyag szilárdsági összefüggésének eltérése a lineáristól, mind a lineáris összefüggés megjelenése az anyag rugalmassági modulusa és szemcsemérete között, megközelítően ugyanabban a kristályszemcseméret tartományban mutatkozik (50–80  $\mu\text{m}$ ).

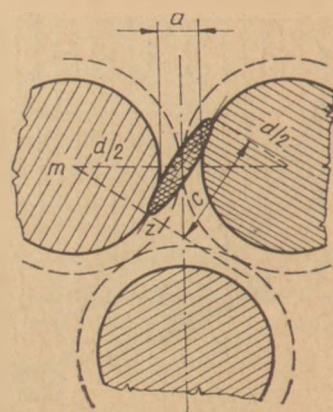
Mivel egyfázisú tömör szerkezetű anyagoknál a rugalmassági modulus nem függ a szemcsemérettől, hanem kizárólag a második fázis megjelenésétől; feltehető, hogy mindkét jelenségnek egy és ugyanaz az oka, éspedig a rekristalizációs szilárdságrómlás és a szemcsehatárok mentén jelentkező repedések.

Végeredményben megállapítható, hogy az olyan anyag szilárdságának függése a szemcsemérettől, melynek tulajdonsága az  $U_{adh} < U_{kr}$  egyenlőtlenséggel jellemezhető, csak akkor lineáris, ha a  $C$  paraméter mérete — mely paraméter a Griffith-féle repedéseket jellemzi — ezekben az anyagokban megközelítően egyenlő  $d^{-\frac{1}{2}}$ , nem pedig  $d$  értékével. Ekkor a Griffith—Orowan egyenletbe a

$c \approx d^{\frac{1}{2}}$  értéket behelyettesítve kapjuk, hogy

$$\sigma_{hajl} = A_1 \cdot d^{\frac{1}{4}}. \quad (2)$$

Megállapításunk helyességének igazolására feltevélezzük, hogy az I. egyenlőtlenséggel jellemzett szilárdsági tulajdonságokkal rendelkező anyagok a kötőanyagfázisban keletkező és a szemcsék felületére érintőlegesen elhelyezkedő repedések miatt



6. ábra. Az 1. csoportba tartozó anyagok érintőlegesen haladó repedéshosszának kiszámítására szolgáló vázlat

törnek; a repedések növekedését a szemcsék határfelülete ugyanis ebben az esetben akadályozza a legkisebb mértékben. Ennek megfelelően kiszámolható a  $C$  paraméter lehetséges hossza azokra a repedésekre, amelyek a szemcsék felületére merőlegesek. A 6. ábrán látható a  $C$  paraméter értékének kiszámítására alkalmazott módszer. A módszerből következik, hogy a  $C$  paraméter összefüggésben van a szemcsék egymástól való távolságával és a szemcse méretével, az alábbi képlet szerint:

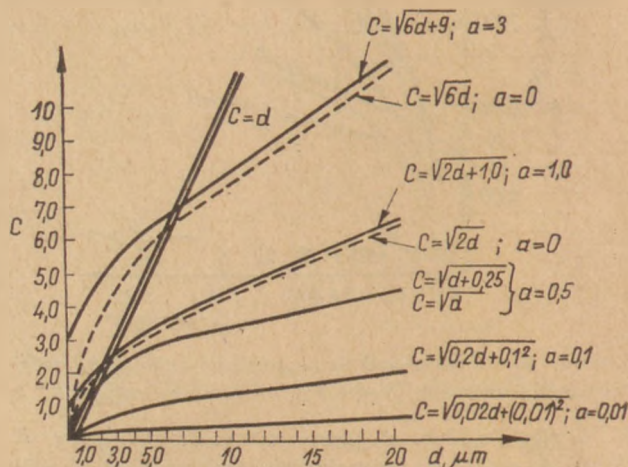
$$(a + d)^2 = d^2 + C^2$$

$$C = \sqrt{(2ad + a^2)}. \quad (3)$$

Mivel  $a^2$  az  $a$  kis értékeinél a  $d$  értékeihez viszonyítva jelentősen kisebb, mint a  $2ad$  és az  $a$  értékét meghatározott határok között állandónak véve, az  $a^2$  elhanyagolható és felírható, hogy

$$C = k\sqrt{d}.$$

A 7. ábrán látható a (3) képlet alapján számolt  $C$  és  $d$  összefüggés az  $a$  különböző értékeinél; a  $d$  értéke 0–20  $\mu\text{m}$ -ig változott. A  $C$  és  $d$  összefüggését mutató görbék vizsgálatából következik, hogy a  $d > 3 \mu\text{m}$  szemcseméretnél (oxid, karbid és ha-



7. ábra. A  $C$  paraméter változása a  $d$  függvényében az  $a$  különböző értékeinél a (3) képlet szerint számolva.



sonló alapú polikristályos anyagok többségénél ilyen szemcseméretekkel találkozunk) az  $\alpha^2$  értéket teljesen megalapozottan elhanyagolhatjuk és felírhatjuk, hogy

$$C = k\sqrt{d},$$

ha  $a < 0,5 \mu\text{m}$  (lásd 3. görbe alulról 7. ábra).

Ezek az adatok rámutatnak arra is, hogy bizonyos mennyiségű kötőanyagfázis jelenléte az anyagban meghatározott értékig nem befolyásolja lényegesen az anyag egészének szilárdsági tulajdonságait az  $U_{adh} < U_{kr}$  változatlansága mellett.

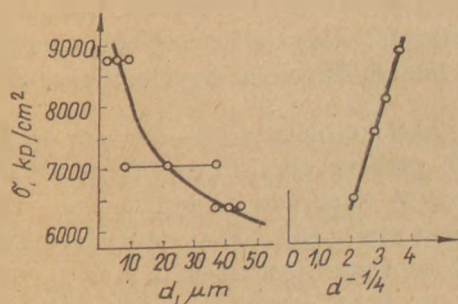
Az alumínium-oxid alapú anyagokon kívül az I. egyenlőtlenséggel jellemezhető anyagokhoz sorolhatók — véleményünk szerint — a tiszta kemény karbidok, mint például a titánkarbid, krómkarbid, néhány szilicid, mint például a molibdén-szilicid és egyéb anyagok. Sajnos kielégítően ezt a feltételezést ellenőrizni nincs módunk, mivel a legtöbb esetben az említett anyagok vonatkozásában a szilárdság és a szemcseméret közötti összefüggést porózus anyagok mérési eredményei alapján adják meg, ez pedig nem teszi lehetővé, hogy a vizsgált modell ellenőrzésére felhasználjuk.

Csupán egy munkában [13] láthatók adatok a pórusmentes titán-karbid hajlítószilárdságának és szemcseméretének összefüggésére vonatkozóan. A 8. ábrán látható az említett összefüggés mind

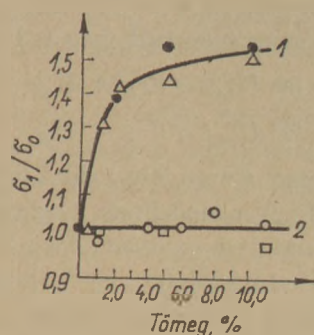
$\sigma_{hajl} - d$  koordinátákban, mind  $\sigma_{hajl} - d^{-1/4}$  koordinátákban. Az ábrákból következik, hogy a

$\sigma_{hajl}$  függése  $d^{-1/4}$  értékétől a  $2-8 \mu\text{m}$  szemcseméret és  $44-78 \mu\text{m}$  szemcseméret határok között közel lineáris. Vitathatatlan, hogy az említett adatok korántsem elegendőek annak teljes bizonyítására, hogy a titán-karbid anyagok szilárdsági tulajdonságai az I. egyenlőtlenséggel jellemezhetők, azonban ennek feltételezését nem zárják ki.

Az alumínium-oxid alapú polikristályos anyagok vonatkozásában mondott azon feltételezés, hogy



8. ábra. Titán-karbid alapú polikristályos anyag hajlítószilárdságának változása a  $d$  és  $d^{-1/2}$  értékek függvényében, irodalmi adatok (13) alapján.



9. ábra. A relatív hajlítószilárdság változása az adalékok mennyiségének függvényében. 1. magnézium-oxid alapú anyag nikkel-oxid ( $\Delta$ ) és kobalt-oxid ( $\circ$ ) adalékkal. 2. alumínium-oxid alapú anyag  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $\odot$ );  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ( $\square$ );  $\text{Ti}_2\text{O}_3$  ( $\Delta$ ) adalékkal.

a kristályos fázis szilárdságát növelő, illetve csökkentő módosító adalékok az  $U_{adh}$  változatlansága mellett lényegesen nem változtatják meg az anyag szilárdságát, ha az anyag tulajdonságai az I. egyenlőtlenséggel jellemezhetők, kielégítően igazolható a [14] munka adataival. A 9. ábrán (2 görbe) látható az idézett munka adatai alapján általunk felrajzolt összefüggés a polikristályos alumínium-oxid relatív szilárdsága és néhány, az alumínium-oxidal elegykristályokat, szilárd oldatot képező és a szemce határfelületén második kristályfázist nem képező szeszkvioxid adalék mennyisége közötti összefüggés.

Az [1] munkából ismeretes, hogy a vas-oxid és titán-oxid adalékok a korundkristály mikro-keménységét csökkentik; a [15] munkából pedig az következik, hogy a króm-oxid, ellenkezőleg, növeli a korundkristály szilárdságát. A 9. ábra ezzel azt mutatja, hogy a kristályfázis szilárdsági mutatóinak változása a felsorolt konkrét esetekben gyakorlatilag nem nyilvánul meg az anyag egészének szilárdsági változásában. Az [1, 3, 4, 5] és más munkák meggyőzően bizonyítják, hogy a magnézium-oxid adalék 0,25% mennyiségig jelentősen megnöveli a polikristályos alumínium-oxid egészének a szilárdságát; a magnézium-oxid majdnem teljes mértékben a szemcsék közötti határfelületeken koncentrálódik. Ezt a szilárdságnövekedést csakis az  $U_{adh}$  értékének jelentős növekedése, azaz valószínűleg a határfelületeken erőteljesen jelentkező kemoszorpciós jelenség válthatja ki, ez pedig megerősíti a fent ismertetett elképzelést.

Összegezve a fent mondottakat, megállapítjuk, hogy az alumínium-oxid alapú polikristályos kerámiák és lehetséges, hogy a karbidok is teljes mértékben alátámasztják az I. egyenlőtlenséggel megállapítható és vele jellemezhető anyagok várható tulajdonságait.

Befejezésképpen tekintsük meg az I. csoport

$$(a) U_{adh} < U_{fk} < U_{kr}$$

$$(b) U_{adh} < U_{kr} < U_{fk}$$

és

egyenlőtlenségek alumínium-oxidra való alkalmazhatóságát. Mivel a modellnek megfelelően a polikristályos alumínium-oxidban a fázis közötti anyag a szemcsék határfelületén levő alumínium-oxid, akkor ezekre az anyagokra vonatkozóan az I/a vagy I/b egyenlőtlenség alkalmazásának kiválasztását a határfelület és a kristályszemcse szilárdsági viszonya dönti el; ha a szemcsék határfelületének szilárdsága kisebb, mint a kristály szilárdsága, akkor az I/a, ha pedig nagyobb, akkor az I/b egyenlőtlenség kiválasztása helyes.

A [16] munkában közölt kísérleti adatok azt mutatják, hogy a kristályszemcse határfelülete alumínium-oxid esetében szilárdabb, mint a szemcse központi része, következésképpen az alumínium-oxid alapú polikristályos anyagokat az I/b egyenlőtlenséggel jellemezhető anyagokhoz kell sorolni.

Arra a kérdésre, hogy vannak-e vagy nincsenek az I/a egyenlőtlenséggel jellemezhető reális rideg anyagok, jelenleg egyértelműen válaszolni nem lehet.

### A II. csoporthoz tartozó rideg szervesetlen anyagok várható tulajdonságai

Ha a rideg szervesetlen polikristályos anyagok szilárdsági viszonyai jellemezhetők az

$$U_{kr} < \begin{cases} U_{adh} < U_{fk} \\ U_{fk} < U_{adh} \end{cases}$$

egyenlőtlenségekkel, ahol

$$a \neq 0$$

és

$$U_{kr} < U_{adh}$$

egyszerűsített egyenlőtlenséggel  $a=0$  esetben, akkor ezeknél az anyagoknál a következő tulajdonságok várhatók:

a) Az adott csoporthoz tartozó anyagok szilárdsága mindig nagyobb az egykristályos anyagénál, melynek összetétele megfelel a polikristályos anyag kristályos fázisának összetételével.

b) Az szemcsenagyság és szilárdság viszonyában a  $C \approx d$  kritériumnak kell érvényesülni és  $\sigma$  értéke a Griffith vagy Petch egyenleteknek megfelelően

lineárisan arányos  $d^{-\frac{1}{2}}$  értékével.

c) Olyan adalékok, melyek elegykristályok képzése révén növelik a kristályos fázis szilárdságát, növelik az egész anyag szilárdságát is, mennyiségüktől függően fokozatosan a maximálisan lehetséges értékig.

d) Olyan adalékok, melyek növelik az adhéziót, vagy a kötőfázis szilárdságát, a szerkezet megszilárdítása révén növelik az anyag egészenek szilárdságát is.

### A II. csoporthoz tartozó anyagok várható törvényszerűségeinek ellenőrzése a polikristályos magnézium-oxid példáján

A polikristályos magnézium-oxid alapú anyagok, a polikristályos rideg anyagok II. csoportához tartoznak, melyek tulajdonságait az

$$U_{kr} < U_{adh}$$

egyszerűsített egyenlőtlenséggel fejezhetjük ki.

Sajnálatos, hogy a tömör, pórusmentes magnézium-oxid alapú kerámiák szilárdsági tulajdonságai kevésbé ismertek, mint az alumínium-oxid alapú anyagoké, a magnézium-oxidból történő tömör anyag előállításának nehézségei miatt. A magnéziumoxidra vonatkozó korlátozott adatok alapján az alábbi általános érvényű következtetéseket vonhatjuk le:

a) A magnézium-oxid alapú polikristályos kerámiai anyagok szilárdsága nagyobb, mint az egykristályos magnézium-oxidé.

A 2. ábra 6. és 7. görbéje a polikristályos magnézium-oxid szilárdságának a  $d$ -től való függését ábrázolja. A 3. ábrán a 2. ábra adatai alapján láthatjuk a hajlítószilárdság függését  $d^{-\frac{1}{2}}$  értékétől. Ugyanezen az ábrán a szilárdsági érték tengelyén megmutatjuk a [17] munka adatai alapján az egykristályos magnézium-oxid szilárdságát. Ezeket az értékeket  $M$  betűvel jelöltük.

A bevonalkázott négyszög a [18] munka adatai szerinti egykristály szilárdságát mutatja.

A 3. ábrából látható, hogy a polikristályos magnézium-oxid alapú anyag szilárdsága valóban nagyobb az egykristályos anyag szilárdságánál.

b) Az említett 3. ábrán (6. és 7. görbék) látható a polikristályos magnézium-oxid hajlítószilárdságának függése a  $d^{-\frac{1}{2}}$  értékétől. Ezek az adatok azt mutatják, hogy a 7. görbénél meglehetősen szigorú lineáris kapcsolat figyelhető meg a  $\sigma_{haj}$  és  $d^{-\frac{1}{2}}$  értékei között a  $d=5-100 \mu\text{m}$  tartományban. A 6. görbével ábrázolt összefüggésnél a linearitás kevésbé szigorúan teljesül, mivel ezeket az anyagokat meleg sajtólással, utólagos átkristályosítással formázták. Amint az 5. ábra 2. görbéjéből látszik, az ilyen anyagnál a szilárdságesökkenés lehetséges az újrakristályosodás következtében, amely azonban kevésbé erőteljes, mint a polikristályos alumínium-oxidnál. A 7. és 6. görbék a  $d=0$



extrapolációnál, a szilárdsági értékek tengelyét a monokristályos periklász szilárdságához közel eső értéknél metszik, ami arra enged következtetni, hogy az adott csoporthoz tartozó polikristályos anyagok szilárdsága és a kristályos fázis szemcsemérete közötti viszony kifejezhető Petch egyenletével:

$$\sigma_{hajl} = K_y \cdot d^{-\frac{1}{2}} + \sigma_0, \quad (4)$$

ahol  $\sigma_0$  — Petch-féle [20] kristályrács deformációs szilárdsági állandó értéke közel esik az adott anyag egykristályának szilárdsági értékéhez.

$K_y$  — a szemcsék belső határfelületeinek szilárdságát jellemző állandó, azaz a repedések továbbterjedését akadályozó hatás mértékét jellemzi.

$d$  — az anyag közepes szemcseátmérője.

Rá kell mutatnunk, hogy a 2. ábrán a 6. és 7. görbék eltérő hajlása, amint ezt a kísérleti adatok mutatják, az anyagok eltérő tisztaságának következménye. A 7. görbe adatait szolgáltató kísérleti próbatestek alapanyagösszetétele 99,9% magnézium-oxid, a 6. görbe adatait szolgáltató anyag összetétele pedig 99,7% magnézium-oxid.

Szükséges megjegyeznünk, hogy azok az anyagok, amelyek a II. csoportba tartozó anyagokat képezhetnek, a legkönnyebben adnak a IV. csoportba tartozó polikristályos anyagokat, melyek tulajdonságai nem egyenlőtlességgel, hanem az alábbi egyenlőséggel határozhatók meg:

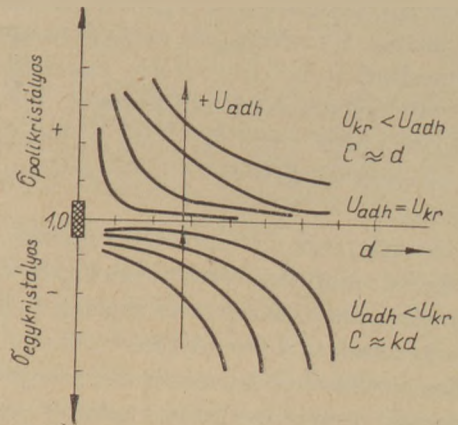
$$U_{adh} \approx U_{fk} \approx U_{kr}$$

Nyilvánvaló, hogy az ilyen anyag tulajdonságai különbözni fognak a többi polikristályos anyag tulajdonságaitól annyiban, hogy ezeknél nem mutatkozik a szilárdság és szemcseméret közötti összefüggés. Ezt az elképzelést alátámasztó publikált adatok polikristályos magnézium-oxid kerámiaira vonatkozóan nem ismeretesek, de például a [21] munka közlése szerint a litiumkloridból meleg sajtolással formázott polikristályos anyagnál nem mutatkozott összefüggés a szilárdság és a szemcseméret között.

c) A 9. ábra 1. görbéjén a [14] munka adatai alapján bemutatjuk, hogy a kobalt- és a nikkell-oxid 0–10% közötti adagolásnál a polikristályos magnézium-oxid kerámia relatív szilárdságát növeli. Mindkét oxid ebben az oxidformában a magnézium-oxiddal elegykristályokat képez, és az elegykristály mikrokeménysége növekszik. A 9. ábra 1. görbéjéből következik, hogy — eltérően az alumínium-oxidtól — a magnézium-oxid esetében a kristályfázis szilárdságát növelő adalékok az anyag egészének a szilárdságát megnövelik.

Megjegyezzük, hogy a polikristályos rideg anyagok diszlokációs törési elméletének alkalmazása leginkább a II. egyenlőtlenégi csoportba tartozó anyagok esetében helytálló, figyelembe véve azonban azt, hogy ezeknél az anyagoknál alacsony hőmérsékleten a diszlokációk mobilitása csekély. A diszlokációs törési elmélet alkalmazása az I. csoportba tartozó anyagoknál nyilvánvalóan kevésbé helytálló. A későbbiekben megmutatjuk, hogy a diszlokációs elmélet a törési törvényszerűségek megértéséhez a III. csoportba tartozó anyagok esetében még kevésbé helytálló, kivált, ha tekintetbe vesszük ezen anyagok döntő többségénél előforduló kötőanyagfázis amorf szerkezetét.

Az I. és II. egyenlőtlenégi csoportba tartozó rideg szervesetlen anyagok tulajdonságainak összevetése ezen anyagok „ellentétére” utal. Ennek illusztrálását láthatjuk a 10. ábrán a léptéknélküli görbékben, melyek az I. és II. csoportba tartozó



10. ábra. Az I. és II. csoportba tartozó anyagok relatív hajlítószilárdságának változása a  $d$  és  $U_{adh}$  függvényében. A relatív értéket a polikristályos anyag és egykristályos anyag hajlítószilárdságának viszonya adja.

anyagok relatív szilárdsága és a szemcseméret közötti összefüggést ábrázolják, változó  $U_{adh}$  értéknél. Ezen az ábrán az abszcissa olyan hipotetikus anyagot jellemez, melynek a tulajdonságai kielégítik az

$$U_{adh} = U_{fk} = U_{kr}$$

egyenlőséget.

A magnézium-oxid alapú polikristályos anyagokon kívül a II. csoportba sorolhatók a kalcium- és tórium-oxid alapú anyagok, a kloridok, fluoridok és más haloidok, néhány természetes karbonát ásvány, mint például a márvány és így tovább.

### A III. csoportba tartozó rideg anyagok várható tulajdonságai

Azok az anyagok, melyek tulajdonságai jellemezhetők a

$$U_{fk} < \begin{cases} U_{adh} < U_{kr} \\ U_{kr} < U_{adh} \end{cases}$$

egyenlőtlenségekkel, elvileg abban különböznek az I. és II. csoporthoz tartozó anyagoktól, hogy tulajdonságaik nem határozhatók meg kéttagú egyenlőtlenségekkel.

Jellemző ezekre az anyagokra az is, hogy tulajdonságaikat megőrizhetik  $d=0$  esetén is. Ebben az esetben az anyag egyfázisú anyagba megy át és tulajdonságait az  $U_{jk} < 0$  egyenlőtlenség határozza meg. A mondottakból következik, hogy az adott csoporthoz tartozó anyagoknál van egy minimális szilárdsági érték; ezt a kötőanyagfázis szilárdsága határozza meg.

A vizsgált anyagok második megkülönböztetett tulajdonsága az, hogy nem lehet bármely előre megadott kristályos fázis mennyiségénél minden esetben tömör szerkezetet kapni, ha a kristály szemcsék formája változatlan. Ezt a feltételt az okozza, hogy meghatározott kristályfázis mennyiségénél (kb. 0,7 térfogat), a kristályszemcse formájától függően, a kristályos fázis részecskéi érintkeznek egymással. Ily módon csak azoknál az anyagoknál, melyeknél a kötőanyagfázis visszakristályosodhat (például vitrokerámiai anyagok, olvasztott kőzetek stb.) lehet várni 0,65–0,7 térfogatnál nagyobb mennyiségű kristályos fázis esetében tömör szerkezetet.

Minden más, ehhez a csoporthoz tartozó anyagban (például: meg nem olvadt részeket tartalmazó üvegek stb.) annyi kötőanyagfázisnak kell lenni, amennyi szükséges a kristályfázis szemcséi közötti tér teljes kitöltéséhez (izometrikus formájú törmelék szemcsék esetén gyakorlati adatok szerint a szükséges kötőanyagfázis mennyisége nem kevesebb, mint 30–35 térfogatszázalék).

Mivel ezek az anyagok, a III. egyenlőtlenségnek megfelelően, a kötőanyagfázis széttörése miatt törnek, a  $C$  paraméternek a szilárdsági egyenletben egyenlőnek kell lennie a szemcsék közötti távolsággal, azaz az 1. ábrán feltüntetett  $a$  értékével.

Nyilvánvaló, hogy az adott esetben az  $a$  értéke nem függ egyértelműen csak a  $d$  értékétől, hanem függ a  $d$  és  $\Phi$  értékétől egyszerre, ahol  $\Phi$  a kristályos fázis térfogati mennyisége térfogathányadban kifejezve. A közelítő összefüggést az  $a$ ,  $d$  és  $\Phi$  között kiszámíthatjuk a következőképpen:

Jelölések:

$a$  — szemcsék közötti normális távolság,

$d$  — szemcseátmérő,

$k_1$  — a szemcseformát jellemző hányados (0,523 gömbre, 1,0 kockára stb.),

$k_2$  — a szemcseelhelyezkedést jellemző hányados (1,0 szabályos illeszkedésnél, 1,29 romboéderesnél).

Tehát, ha egy szemcse térfogata  $= k_1 \cdot d^3$  és a szemcsék száma egy térfogategységben

$$\frac{1}{(a+d)^3},$$

akkor a térfogategységnyi kristályos fázis mennyisége:

$$\Phi = k_1 \cdot d^3 \frac{k_2}{(a+d)^3},$$

Az egyenlet megoldása  $a \approx C$  esetén:

$$a = d \left[ \left( \frac{k_1 \cdot k_2}{\Phi} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right],$$

vagy

$$a \approx C = d \left[ \left( \frac{k_0}{\Phi} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right]. \quad (5)$$

ahol  $k_0$  általánosított, reális szerkezeteknél közel 0,7 értékű. Nyilvánvaló, hogy a  $C$  értéke  $a$  értékével  $C = a$  esetén lehet egyenlő. A  $C > a$  értékeknél szilárdulás csak abban az esetben mutatkozik, ha a szilárdító fázis erősebb a kötőfázisnál és a szilárdulás lineárisan arányos  $\Phi$  értékével. Ha a  $C \geq a$  közelítése igaz, a szilárdulás  $C$  értékével lesz lineárisan arányos, vagy másképpen

$$\left\{ d \left[ \left( \frac{k_0}{\Phi} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right] \right\}^{-\frac{1}{2}}$$

értékével.

Ebbe a csoportba tartozó anyagok kristályos fázisának tulajdonsága két módon hat az anyag végső szilárdságára.

Először a kristályfázis szemcséi külső felületükkel megakadályozzák (blokkolják) a normális repedések továbbterjedését. Ez valószínűleg az adott csoporthoz tartozó anyagok szilárdságnövelésének alapvető módja. Másodszor a kristályos- és kötőanyagfázis hőtágulási együtthatóinak eltérése miatt a kötőanyagfázisban mechanikai feszültségek keletkeznek. A feszültségek aszerint, hogy húzó- vagy nyomófeszültségek, az egész anyag szilárdságát csökkentik vagy növelik.

*A III. csoporthoz tartozó anyagok várható törvényszerűségeinek ellenőrzése gömb alakú alumínium-oxid szemcsékből és üvegszerű kötőanyagfázisból álló modell-anyag példáján*

A [22] munka részletesen vizsgálja a gömb alakú alumínium-oxid szemcséket boroszilikát üveggel összekötő modell-anyag szilárdsági tulajdonságait. A próbatestek elkészítéséhez használt üveg összetétele: 16%  $\text{Na}_2\text{O}$ , 14%  $\text{B}_2\text{O}_3$ , 70%  $\text{SiO}_2$ . A gömbalakú alumínium-oxid szemcséket Verneuil-kemenében állították elő és a következő frakciókra osz-



tották: 15; 21; 25; 32; 42; 51; 60  $\mu\text{m}$ . A kristályos fázist 0,109; 0,216; 0,320; 0,423; és 0,475 térfogat-hányad mennyiségben adagolták, a próbatesteket melegsajtólással formázták vákuumban, 750 °C-on, 15 percig.

Lényeges kémiai reakció az üveg és kristályos fázis között nem mutatkozott. A hajlítószilárdságot négy pontos terheléssel határozták meg. A mért értékek szórása kb. 30 mérésből számítva egy terhelési pontra  $\pm 10\%$ . A mérési adatokat abból a feltételből kiindulva dolgozták fel, hogy a  $C \approx a$ , ahol  $a$  — a szemcsék közötti távolság az alábbi félempirikus egyenlet alapján számolva:

$$C \approx a \approx d \cdot \frac{2}{3} \left( \frac{1-\Phi}{\Phi} \right) \quad (6)$$

A 11. ábrán látható a [22] munka alapján az általunk rajzolt összefüggés a hajlítószilárdság és az

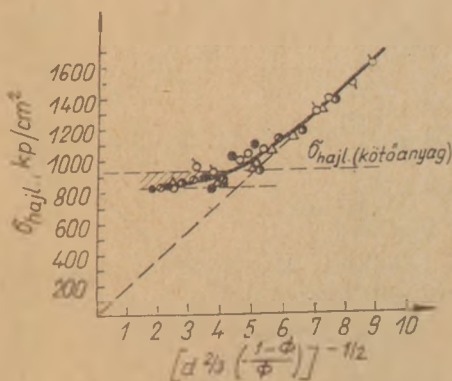
$$R_1 = \left[ d \frac{2}{3} \left( \frac{1-\Phi}{\Phi} \right) \right]^{-1/2}$$

faktor értéke között.

Az összefüggés azt mutatja, hogy a kísérleti adatok jól megegyeznek a kísérleti görbével, azonban ha az  $R_1$  paraméter értéke kisebb, mint 7, az összefüggés nem lineáris. Ez azzal magyarázható, hogy a (6) egyenlet szerint  $C \approx 0$  csak  $\Phi = 1$  értéknél teljesül. A valóságban pedig a vizsgált modellnél a  $C$  értéke csak 0,7-hez közeli  $\Phi$  értéknél válik zérussá.

A 12. ábrán látható az (5) egyenlethől kapott  $C$  értékeknek megfelelően a

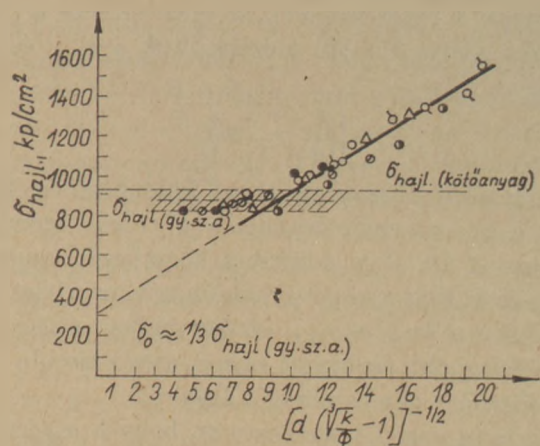
$$\sigma_{hajl} \text{ és az } R_2 = \left\{ d \left[ \left( \frac{k_0}{\Phi} \right)^{1/3} - 1 \right] \right\}^{-1/2}$$



11. ábra. Gömbszemcsés alumínium-oxidból és üvegből álló modell-anyag hajlítószilárdságának változása az

$$R_1 = \left[ d \cdot \frac{2}{3} \left( \frac{1-\Phi}{\Phi} \right) \right]^{-1/2}$$

faktor függvényében. A különböző konfigurációjú pontok a különböző szemcseméretű anyagokat jelölik

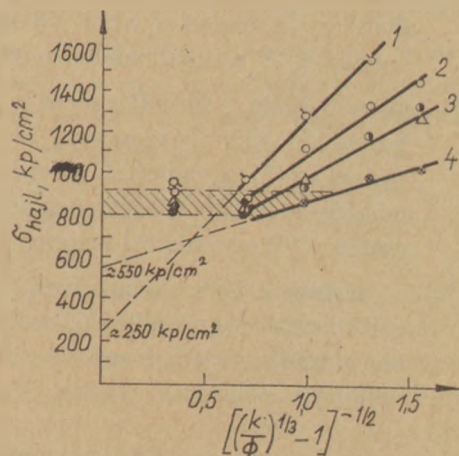


12. ábra. Gömbszemcsés alumínium-oxid és üveg összetételű modell-anyag hajlítószilárdságának változása az  $R_2$  tényező függvényében. A pontok jelentése ua., mint a 11. ábrán. Gy. sz. a. — gyengült szerkezetű anyag

tényező közötti általunk rajzolt összefüggés; az  $R_2$  faktor számításánál  $k_0 = 0,675$ .

A 12. ábrából következik, hogy a kísérleti egyenes az  $R_2$  tényező nulla értékig történő extrapolálásánál (ez megfelel  $\Phi$  nulla értékének  $0 < d < \infty$  feltételnél) az extrapolált egyenes metszi az ordinátát valamely  $\sigma_s < 0$  értéknél.

A mondottakból következik, hogy az anyag szilárdsága és  $R_2$  tényező közötti lineáris egyenletnek  $\sigma_s$  szilárdság dimenziójú állandója van, amelyre nem fordítottak figyelmet a [22] munkában. Úgy tűnik, hogy ennek az állandónak az értéke megfelel a kötőanyagfázis azon minimális szilárdsági értékének, mely szükséges az egységes szilárd anyag előállításához.



13. ábra. Gömbszemcsés alumínium-oxidból és üvegből álló modell-anyag hajlítószilárdságának változása az  $R_2$  tényező függvényében. 1.— 15  $\mu\text{m}$  2.— 21  $\mu\text{m}$  3.— 25–30  $\mu\text{m}$  4.— 42–60  $\mu\text{m}$  szemcseméret.

Ennek a feltételezésnek az ellenőrzésére a [22] munka adatai alapján megrajzoltuk a  $\sigma_{hajl}$  és az

$$R_3 = \left[ \left( \frac{k_0}{\Phi} \right)^{\frac{1}{3}} - \Phi \right]^{-\frac{1}{2}}$$

faktor közötti összefüggést a  $d$  különböző értékeinél. A kapott eredményeket a 13. ábrán szemléltetjük. A 13. ábra adataiból következik, hogy a  $\sigma_{hajl}$  és  $R_3$  faktor közötti összefüggés linearitása kielégítően teljesül a  $\sigma_{hajl}$  kötőanyagfázis szilárdságánál nagyobb értékeinél és a  $\sigma_s$  annál kisebb, minél kisebb a gömbszemcsék átmérője.

Ez arra enged következtetni, hogy a  $\sigma_s$  értéke minden bizonnyal a szilárdító fázis szemcséinek görbületétől függ és értéke nő a görbület csökkenésével. A 11., 12. és 13. ábrákon láthatók a kis mennyiségű kristályfázisnál fellépő szilárdságcsökkenési zónák. Ezeket a zónákat a 11–13. ábrákon bevonalkázva jelöltük. A szilárdságyengülés nem nagy, ami a kristályos- és kötőanyagfázis hőtágulási együtthatóinak jó egyezését mutatja.

A  $C \approx a$  paraméter azon értéke, melynél megkezdődik a lineáris szilárdságnövekedés a  $\sigma_{hajl}$  és  $R_1, R_2, R_3$  állandók közt közel állandó és megadható  $10 \pm 2,5 \mu\text{m}$  értékkel. Tehát a [22] munka megvizsgált modellanyaga elvileg kielégít minden követelményt, amelyet a III. egyenlőtlenséggel jellemezhető anyagokkal szemben támaszthatunk.

A III. csoportba tartozó anyagok szilárdsági tulajdonságai a kristályfázis mennyiségének és a szemcsenagyságnak függvényében kifejezhetők az alábbi összefüggéssel:

$$\sigma_{hajl} = \frac{A_1}{\sqrt{C}} + \sigma_s, \quad (7)$$

ahol  $A_1$  — a kötőanyagfázis tulajdonságait számításba vevő állandó (valószínűleg arányos a  $\gamma \cdot E$  értékkel, ahol  $\gamma$  a felületi energia és  $E$  a rugalmassági modulus).

$C$  — állandó, rideg, a formálás során nem deformálódó kristályszerkezetű anyagok esetén az (5) egyenlettel, a vitrokerámias és olvasztott kőzet típusú anyagok esetén a (6) egyenlettel számítható.

$\sigma_s$  — a kristályos fázis szemcséinek felületi görbületétől függő állandó, mely egyben megadja a kötőanyagfázis szükséges minimális szilárdsági értékét is.

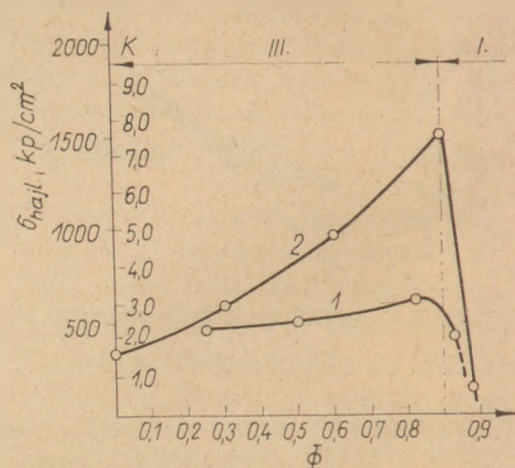
A (7) egyenlet, amint az a fent mondottakból következik, csak az  $R > R_{kritikus}$  értékeknél alkalmazható. A rendelkezésre álló kevés adat nem teszi lehetővé ennek az egyenletnek alaposabb elemzését.

## Az olvadékból kristályosított rideg anyagok kitüntetett szilárdsági tulajdonságai (olvasztott kőzetek, vitrokerámiai anyagok)

Az ide tartozó, olvadékból kristályosított anyagok tulajdonságai nem elégítik ki a korábban szemlélt polikristályos szilárd anyag modelljét. Ez azal magyarázható, hogy az olvadékból kristályosított anyagoknál az  $U_{adh}, U_{fk}$  és  $U_{kr}$  értékei úgy látszik függenek a  $d$  és  $\Phi$  értékeiktől és jelentősen változhatnak ezektől függően; az eddig tárgyalt modell viszont ezeknek a paramétereknek teljes függetlenségét (vagy csak korlátozott függését, szűk korlátok között) tételezi fel. E tény következtében az átkristályosított anyagoknál olyan törvényszerűségek figyelhetők meg, melyek eltérnek a korábbiaktól. Pontosabban az anyagok ezen osztályában a korábban feltételezett osztályozás egyik csoportjából a másikba a  $d$  és  $\Phi$  értékeiktől függően átmenetek várhatók. Ilyen átmenet megy végbe valószínűleg annál a meglehetősen jól tanulmányozott, hirtelen bekövetkező (gyakran katasztrofálisan) anyagszerkezetgyengülési folyamatnál, amikor a kristályos fázis mennyisége megnő  $\Phi = 0,8 - 0,85$  értékig.

A 14. ábrán (1. görbe) látható az olvasztott bazaltból öntött anyag szilárdságának változása a kristályos fázis  $\Phi$  mennyiségének függvényében a [26] munka adatai alapján. Ugyanezen az ábrán (2. görbe) hasonló összefüggést láthatunk a  $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  összetételű, visszakristályosított üvegre vonatkozóan a [25] munka adatai felhasználásával.

A 14. ábra görbéiből következik, hogy mindkét anyag, tekintet nélkül különböző kémiai összetételükre és előállítási módjukra (a vitrokerámiai anyagok másodszori felhevítéssel, előzőleg lehű-



14. ábra. A hajlítoszilárdság változása a kristályos fázis mennyiségének függvényében. 1. — olvasztott bazaltból készült anyag; 2. —  $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ -nak megfelelő összetételű, visszakristályosított üveg.



tött üvegből, az öntött bazaltot bazaltolvadék lassú lehűtésével állították elő), elvileg egy és ugyanezt a szilárdságcsökkenési jelleget mutatja  $\Phi > 0,9$  esetén. Ez a hirtelen beálló szilárdságcsökkenés (szerkezetromlás) véleményünk szerint azzal magyarázható, hogy a  $\Phi = 0,0-0,9$  intervallumban levő összetételű anyag, melynek tulajdonságai a III. egyenlőtlenességgel írhatók le, a  $\Phi > 0,9$  összetételnél átalakul olyan anyaggá, melynek tulajdonságai szigorúan az I. egyenlőtlenességi csoporttal jellemezhetők, azaz

$$U_{ndA} < \begin{cases} U_{fk} < U_{kr} & (a) \\ U_{kr} < U_{fk} & (b) \end{cases}$$

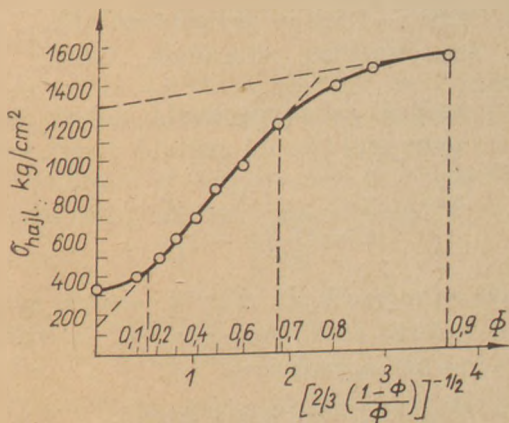
egyenlőtlenességekkel.

Az irodalmi adatok alapján nem áll módunkban pontosan megállapítani, hogy az (a) vagy (b) egyenlőtlenességet kell-e alkalmaznunk ebben az esetben.

Az előbbi feltételezésünk bizonyítására a 14. ábra 2. görbéjének adataiból megvizsgáltuk a  $\sigma_{hajl}$  szilárdsági érték összefüggését az

$$R_4 = \left( \frac{2}{3} \cdot \frac{1-\Phi}{\Phi} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

tényező értékeivel. (Az ennek alapján megrajzolt görbe nem túlságosan szigorú, mivel nem ismeretes a  $d$  változása a  $\Phi$  függvényében, azonban előzetes értékeléshez megengedhető, ha figyelembe vesszük az általánosítás lehetőségét, melyet a 11. és 12. ábra mutat.)

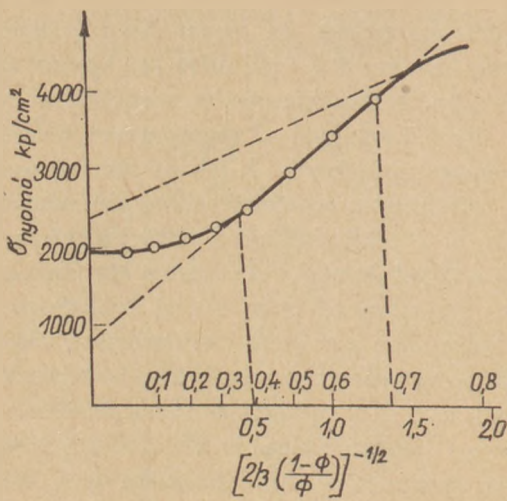


15. ábra.  $Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ -nek megfelelő összetételű, visszakristályosított üveg hajlítószilárdságának változása a  $R_4$  tényező függvényében.

A kapott eredményeket a 15. ábrán láthatjuk. Látható, hogy a  $\sigma_{hajl}$  és  $R_4$  közötti összefüggés  $\Phi = 0,15-0,7$  közötti értékeknél minőségileg megfelel a (7) egyenlet által leírt törvényszerűségnek; a szilárdságnövekedés  $\Phi = 0,15$  értéknél kezdődik és az  $R_4$  függvényében lineárisan nő egészen  $\Phi = 0,7$  értékig. A szilárdság lineáris növekedése  $\Phi = 0,7$

értéknél megszűnik és ugyanakkor megnő  $\sigma_s$  konstans értéke:  $\Phi = 0$ -nál mért  $140 \text{ kp/cm}^2$  értékről  $1300 \text{ kp/cm}^2$  értékig. Amint korábban rámutattunk,  $\Phi = 0,9$  értéknél az anyag gyors szilárdságcsökkenése mutatkozik. A jelzett törvényszerűségeket minőségileg a következőképpen magyarázhatjuk:  $\Phi < 0,15$  értéknél a szilárdító részecskék között a távolság nagyobb, mint a kötőanyagfázis  $C$  paraméter értéke és az anyag szilárdsága első megközelítésben a  $\Phi$  értékével lineárisan változik.

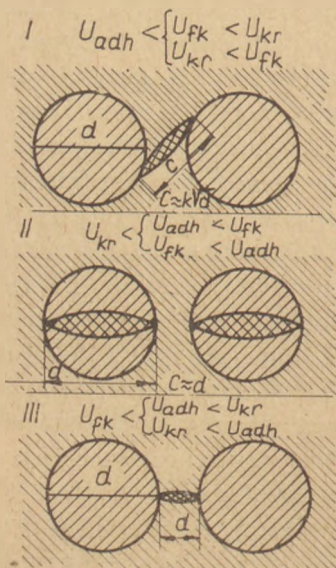
A  $\Phi > 0,15$  esetében a szilárdító részecskék közelednek  $a < C$  távolsáig és innen kezdve a szilárdság a (7) egyenlet által meghatározott törvényszerűség szerint növekszik közelítőleg az  $R_4$  értékével lineárisan, egészen a  $\Phi = 0,7$  értékig. Belátható, hogy az  $a$  csökkenése és a  $\Phi$  növekedése ebben az esetben elvileg kétféleképpen történhet: vagy a szemcsék növekedése útján a mennyiség változatlansága mellett, vagy a szemcsék mennyiségi növekedése útján, méretük változatlansága mellett. Azt, hogy az adott esetben melyik változás a döntő, egyértelműen megállapítani nem lehet, mivel nincs elfogadható módszer a szemcsék méretének meghatározására a vitrokerámiai anyagokra vonatkozóan. Feltételezhető azonban, hogy az utóbbi eset játszik komolyabb szerepet, mivel a  $\sigma_s$  konstans értéke, amely — mint korábban rámutattunk — szemmel láthatólag a szemcse görbületétől függ (lásd 13. ábra), nem változik a  $\Phi = 0,15-0,7$  határok között. A  $\Phi \approx 0,7$  értéknél a szemcsék annyira közelítenek egymáshoz, hogy egymással reakcióba léphetnek. Ez a reakció a legkülönbébb módon nyilvánulhat meg. Lehetséges a szemcsék egymásbanövése és növekedése, megváltozhat a szemcsék alakja, úgyszintén egyéb folyamatok is végbemehetnek, mint például a kristályos fázis összetételének változása [25]. Ennek folyamán a görbe meredeksége fokozatosan csökken, ami ekvivalens a  $\sigma_s$  növekedésével, ez pedig értelemszerűen az adott szerkezet által megkövetelt, minimálisan szükséges kötőanyagfázis szilárdság. Ezek az elképzelések minőségileg kielégítően meggyeznek a [24] munka következtetéseivel: ez a munka rámutat arra, hogy a kötőfázis összetétele a vitrokerámiákban különbözik a kristályos fázis összetételétől, mivel az utóbbi feldúsul  $SiO_2$ -ban, ennek következtében nő a szilárdsága is. Szükséges rámutatni arra, hogy a  $\sigma_s$  állandó értéke (közel  $1000 \text{ kp/cm}^2$ ) nagyságrendileg megegyezik a kvarc-üveg hajlítószilárdságával ( $\sigma_{hajl} = 1100 \text{ kp/cm}^2$  a [27] munka szerint). A  $\Phi > 0,90-0,95$  esetén a szerkezet teljes mértékben újrakristályosodik, és az anyag a III. típusból I. típusú anyaggá alakul és a szilárdsága romlik.



16. ábra. Olvasztott bazaltból készült anyag nyomószilárdságának változása az  $R_3$  tényező függvényében.

A 16. ábrán megmutatjuk az olvasztott bazaltból készült anyag nyomószilárdságának változását a  $R_2$  tényező függvényében a [26] munka adatai alapján. A görbe lefutása analóg a 15. ábrán megadott görbével, azzal az eltéréssel, hogy a lineáris szilárdságnövekedés  $\Phi = 0,38$  értéknél kezdődik (ez teljesen törvényszerű, mivel az olvasztott bazalt visszakristályosításánál jelentősen nagyobb méretű kristályok képződnek, mint a vitrokerámia visszakristályosításánál). A  $\Phi = 0,7$  értéknél a  $\sigma$  és  $R_4$  értékének lineáris összefüggése megváltozik, ugyanúgy, mint a korábbi esetben, és a  $\sigma_s$  értéke növekszik.

Tehát a szilárdság és a kristályfázis mennyisége közötti összefüggés mind a vitrokerámiás, mind az olvasztott kőzet típusú anyagoknál egy és ugyan-



17. ábra. A három csoporthoz tartozó rideg, polikristályos anyagok törésének és  $C$  paraméterének sémái.

olyan jellegű, ami bizonyítja ezen anyagok képződésénél végbemenő folyamatok minőségi azonosságát.

### Kövekeztetések

A tanulmányban a szervesetlen rideg polikristályos anyagok, oxidok, szilikátok, fém-karbidok és más hasonló anyagok osztályozását mutatjuk be az összetevő fázisok szilárdságának viszonylagos nagysága alapján.

Két fázisból álló, polikristályos modellt szemléltetünk és az egyes fázisok szilárdsági viszonya alapján három egyenlőtlenségi csoportot írunk le.

Az I. csoporthoz tartozó anyagok szilárdsági tulajdonságainak jellemzésére javasoljuk az

$$U_{adh} < \begin{cases} U_{fk} < U_{kr} \\ U_{kr} < U_{fk} \end{cases}$$

egyenlőtlenséget, ahol

$U_{adh}$  — az adhéziós réteg szilárdsága,

$U_{kr}$  — a kristályfázis szilárdsága,

$U_{fk}$  — a fázisok közötti határréteg szilárdsága.

Az I. csoporthoz tartozó rideg polikristályos anyag például a zsugorított  $Al_2O_3$ . Ezeket az alábbi tulajdonságok jellemzik:

1. Az idetartozó anyagok egykristályainak közepek szilárdsága nagyobb, mint az ugyanilyen alapú polikristályos anyag szilárdsága.

2. Az anyagok törése a kristályos fázis szemcséfelületeire érintőlegesen irányuló kezdeti mikrorepedések következménye. Ezért a  $C$  paraméter az ismert Griffith—Orowan egyenletben nem  $C \approx d$ , amint ezt általában elfogadják, hanem vagy  $C \approx d^{\frac{1}{2}}$  azoknál az anyagoknál, melyek kevés, (0,3 térfogatnyinál kisebb) második fázist, vagy

$$C = d \left[ \left( \frac{k_0}{\Phi} \right)^3 - 1 \right]^{\frac{1}{2}}$$

azoknál az anyagoknál, melyek jelentős mennyiségben (0,3-nál több) tartalmaznak második fázist. Az utóbbi egyenletben

$k_0$  — állandó 0,7-hez közeli értékű,

$\Phi$  — a fő kristályos fázis mennyisége az egység tört részében kifejezve.

3. A fentiek alapján az idetartozó anyagokra a szilárdságnak a fázistulajdonságoktól való függése  $1 - \Phi < 0,3$ -nál kifejezhető a

$$\sigma = A_1 d^{-\frac{1}{4}}$$

egyenlettel, ahol  $A_1$  arányos  $\gamma \cdot E$  értékével ( $E$  = rugalmassági modulus,  $\gamma$  = szakítási felületi energia).



4. Az idetartozó polikristályos anyag szilárdsága nem változik jelentősen a kristályos fázis bármilyen mértékű szilárdságnövekedésével, vagy bizonyos mértékű szilárdságcsökkenésével, feltéve, hogy  $U_{adh}$  értéke változatlan.

5. Néhány kutató által a  $\sigma$  és  $d^{-1/4}$  között tapasztalt nem lineáris kapcsolat azzal magyarázható, hogy a kutatók nem vették figyelembe az adott csoporthoz tartozó anyagok rekrisztallizációs szilárdság-csökkenését. Rekrisztallizációs szilárdság-csökkenés akkor lép fel, ha a rekrisztallizációs együttható nagyobb 30–50 értéknél. Ilyenkor a szemcsék felületén keletkező repedések nagymértékben csökkentik az  $U_{adh}$  értéket. Határ esetben a szilárdságváltozás a  $d^{-1}$  értékével lesz lineáris, azaz a kristallitok közötti határfelülettel.

6. Azok az anyagok, melyek kismennyiségű adagolásnál kemoszorpciós kapcsolatot létesítenek a kristályszemcsék között, nagymértékben növelik az adott csoporthoz tartozó anyagok szilárdságát (például MgO adagolása  $Al_2O_3$ -hoz).

A II. csoporthoz tartozó polikristályos anyagok szilárdsági tulajdonságainak jellemzésére az

$$U_{kr} < \begin{cases} U_{adh} < U_{fk} \\ U_{fk} < U_{adh} \end{cases}$$

egyenlőtlenséget javasoljuk.

Az idetartozó polikristályos anyagok példája a MgO-kerámia. Az ilyen anyagokat az alábbi tulajdonságok jellemzik.

1. Az egykristályok közepes szilárdsága kisebb, mint az ugyanilyen alapú polikristályos anyag szilárdsága.

2. Az anyagok a kristályos fázis szemcséiben keletkező repedések következtében törnek; ilyenkor

$C \approx d$ , az anyag szilárdsága és a  $d^{-1/2}$  közötti összefüggés pedig lineáris. Az összefüggés a

$$\sigma = k_y d^{-1/2} + \sigma_0$$

Petch-féle egyenlettel írható le,

ahol  $\sigma$  — az anyag szilárdsága,

$k_y$  — állandó, mely a szemcsehatároknak és a kötőanyagfázisnak a repedések tovaterjedését megakadályozó szerepét jellemzi,

$d$  — közepes szemcseátmérő,

$\sigma_0$  — állandó, mely a kristályos fázist jellemzi és értéke közel megegyezik az egykristály szilárdsági értékével.

A  $k_y$  konstans értéke és a  $\sigma - d^{-1/2}$  grafikonban az egyenes meredeksége annál nagyobb, minél nagyobb az  $U_{adh}$  és  $U_{fk}$  értéke.

3. Az idetartozó polikristályos anyagok szilárdsága a kristályos fázis szilárdságának változásával lényegesen megváltozik; a szilárdság annál nagyobb, minél nagyobb a kristályos fázis szilárdsága. Ha a kristályos fázis jelentős szilárdságnövekedésével együtt az  $U_{adh}$  értéke nem növekszik, akkor a II. csoporthoz tartozó anyag I. csoporthoz tartozó anyaggá alakul (transzformáció).

4. Az idetartozó anyagoknál a rekrisztallizációs szilárdságcsökkenés a rekrisztallizációs együttható 100–150 értéknél nagyobb értékeinél következik be; a rekrisztallizáció az adott csoporthoz tartozó anyagoknál kevésbé rontja a szilárdságot, mint az I. csoporthoz tartozó anyagok esetében.

A III. csoporthoz tartozó polikristályos anyagok szilárdságát az

$$U_{fk} < \begin{cases} U_{adh} < U_{fk} \\ U_{fk} < U_{adh} \end{cases}$$

egyenlőtlenség jellemzi.

Gömbszemcsés alumínium-oxid és üveg összetételű modellanyag, valamint néhány visszakristályosított üveg példáján bebizonyítható, hogy az idetartozó rideg, polikristályos anyagokat a következő tulajdonságok jellemzik:

1. Az anyagok minimális szilárdságát a kötőanyagfázis szilárdsága határozza meg.

2. Az idetartozó anyagoknál jelentős szilárdságnövekedés csak akkor figyelhető meg, ha  $a < C$ , ahol  $a$  a szilárdító szemcsék közötti távolság,  $C$  pedig az üveges kötőanyagfázis Griffith-repedésének paramétere.

3. A szemcsék közötti távolságot nemcsak a szemcsék mérete szabja meg, hanem az egységnyi térfogatban levő kristályfázis mennyisége ( $\Phi$ ) is befolyásolja.

4. Azoknál az anyagoknál, melyeknél a kristályfázis szemcséinek közepes átmérője nem függ a kristályos fázis mennyiségétől, a  $C$  paraméter (és az  $a$ ) meghatározható a

$$C \approx a = d \left[ \left( \frac{k_0}{\Phi} \right)^{1/3} - 1 \right]$$

kifejezéssel, ahol  $k_0$  a szemcsék elhelyezkedésétől és formájától függő állandó, értéke közel 0,7.

5. Azoknál az anyagoknál, melyeknél  $d$  értéke függ  $\Phi$  értékétől (például visszakristályosított üvegek), jobb eredményeket kapunk, ha a  $C$  paraméter értékét a

$$C \approx a = d \cdot \frac{2}{3} \left( \frac{1 - \Phi}{\Phi} \right)$$

félempirikus kifejezéssel határozzuk meg.

6. Az idetartozó anyagok szilárdságát a

$$\sigma = \frac{A_2}{C^{\frac{1}{2}}} + \sigma_S$$

egyenlettel határozhatjuk meg, ahol  $C$  paraméter értéke a (4) vagy (5) egyenlet alapján számítható,  $A_2$  — a  $\gamma \cdot E$  kifejezéssel arányos állandó, ahol  $E$  — rugalmassági modulus és  $\gamma$  — szakítási felületi energia;  $\sigma_S$  — állandó, mely a kötőanyagfázis minimálisan szükséges szilárdsága, értéke függ a szilárdító fázis szemcséinek görbületétől.

7. A 6. pont alatti egyenlet az ebbe az osztályba tartozó anyagokra csak a kristályos fázis bizonyos minimális mennyiségétől,  $\Phi = 0,1 - 0,15$  értéktől kezdve  $\Phi = 0,7$  értékig érvényes. A visszakristályosított üvegeknél  $\Phi > 0,7$  értéknél az összefüggés bonyolultabb; a  $\sigma_S$  konstans értéke rohamosan nő.

8. A  $\Phi > 0,90 - 0,95$  értéknél a kötőanyagfázis átkristályosodik és a III. csoportba tartozó anyag az I. csoportba tartozó anyaggá alakul, melynek tulajdonságai már az  $U_{adh} < U_{kr} < U_{fk}$  egyenlőtlenséggel határozhatók meg. Ennél az átmenetnél gyors, gyakran katasztrofális szilárdságcsökkenés tapasztalható.

### Befejezés

Befejezésül tekintsük meg azokat a lehetőségeket, amelyeket a fémtöréstan (fraktográfia) módszerei adnak a rideg, polikristályos anyagok törésének vizsgálatánál, valamint a felület állapotának hatását a polikristályos anyagok szilárdságára.

Néhány idézett munkában [6, 7, 30] fémtöréstanai módszert alkalmaztak a rideg, polikristályos anyagok törési jellegének megállapítására. Ezeknek a vizsgálatoknak eredményei azonban meglehetősen határozatlan következtetésekre vezettek.

Azonos terhelési körülmények között eltört próbatesteknél szemcsék közötti és a kristályos szemcsékben levő törési repedéseket egyaránt megfigyeltek mind alumínium-oxid, mind magnézium-oxid alapú polikristályos anyagoknál.

Jellegzetes szemcsék közötti törés csak durvaszemcsés próbatesteknél figyelhető meg; ezek az újrakristályosodás következtében már gyenge szerkezetűek voltak.

Ezek a fémtöréstanai vizsgálati eredmények nem a véletlen folyományai, hanem teljesen törvényszerűek: ismeretes [28], hogy a rideg amorf anyagok, például szilikátüvegek, mechanikai törésénél a törés két szakaszban megy végbe. A törés első, lassú szakaszában a repedések növekedési sebessége elenyészően kicsi, nem nagyobb  $10^{-4} - 10^{-6}$  m · sec<sup>-1</sup> sebességnél. A második, gyors törési sza-

kaszban a repedések növekedési sebessége igen nagy, közel állandó és eléri a rugalmas, keresztirányú rezgések terjedési sebességének 50—60%-át; szilikátüvegnél  $\approx 2000$  m · sec<sup>-1</sup> értéket.

Valószínű, hogy hasonló jelenségek játszódnak le a rideg, polikristályos anyagok törésénél is; a gyors törési szakasz annál jelentősebb, minél finomabb szemcsészetű a mechanikai terhelésnek kitett anyag. Nyilvánvaló, hogy a polikristályos anyag három csoportjának az előbbieken ismertetett törési mechanizmusa az első lassú törési szakaszra vonatkozik, míg a fémtöréstanai vizsgálatoknál olyan töréfelületi állapotot rögzíthetünk, amely vonatkozhat mindkét törési szakaszra — ez egyben megmagyarázza a fraktogramok eltérő eredményét is.

A gyengült szerkezetű, például átkristályosított anyagoknál feltételezhető, hogy töréskor döntően csak az első törési szakasz jelentkezik és a fémtöréstanai vizsgálatoknak ilyen esetben — többekévé — egyértelmű eredményt kell mutatni — ez valóban így is van.

Tényleges vizsgálatokat a felület állapotának a szilárdságra gyakorolt hatásával kapcsolatban a tanulmányban ismertetett osztályozás vonatkozásában nem végeztünk; az irodalomban fellelhető igen kevés adat [7,29] alapján azonban olyan következtetés vonható le, hogy a felület állapota a legnagyobb mértékben a finomszemcsés (10  $\mu$ m és kisebb) szerkezetű anyagoknál befolyásolja a szilárdságot, a szemcseméret növekedésével hatása csökken.

Irodalmi [30] adatokból kitűnik, hogy a törés idején a környezeti atmoszféra is lényegesen kihat a szilárdsági tulajdonságokra; különösen nagymértékű a vízgőz hatása.

Az egyenlőtlenségek alkalmazása, amint a [31] munka rámutat, hasznosnak mutatkozhat a beton és hasonló több-összetevős rendszerek szilárdsági jellemzésére is.

### IRODALOM

- [1] Pavluskin; N. M.: Szpecsonüj korund, Gosztrojudat, M. 1961.
- [2] Olova, I. G.—Kajnarszkij, I. Sz.—Prokopenko, M. I.: Neorganicseszkie materialü, I. No. 5, 804—808, 1965.
- [3] Orlova, I. G.: Teoreticeszkie i technolicseszkie iszledovánija v oblaszti ogneuporov Sz b naucs. rabot UNIO, Harkov, 1965.
- [4] Dedyareva, E. V.: Iszledovapiej szpekanja i rekrisztallizácii vuszokooogneupornüih okiszlov, Izd. HPI. Harkov, 1967.
- [5] Szamszonov, G. V.: Tugoplackie szoedinenija, Metallurgizdat, M. 1963.
- [6] Szuzuki, T.—Kojima, H.: Hrupkoe razrusenie i plaszticeszkoe teesenie nemetallicseszkik mono-



krisztallov, (fordítás angolból) Razrusenie tvordih tel. Metallurgia, M. 1967.

- [20] *Mikin, G.—Petch, N.*: Atomnie aspektü razrusenia, Razrusenie tvordih tel. (fordítás angolból) Metallurgia, M. 1967.
- [23] *Anderson, O. L.*: Kriterij Griffithsza pri razrusenia (fordítás angolból) Metallurgia, M. 1963.
- [24] *Tresvjatszkij, Sz. G.*: Neorganiceszkie materialü, 3, No. 10, 1967 g. (v. pecsati)
- [25] *Bondarev, K. T.—Minakov, V. A.*: Optiko-mehaniceszkaia promüslenoszt No. 9, 26—30, 1952.
- [26] *Lipovszkij, I. E.*: Iszledovanie nekotarih mehaniceszkih i teplofiziceszkih szvojsztv kamenozo litja v zaviszimoszti ot sztroenija i temperaturü, Izd. AN. USzSzR, Kiev, 1966.
- [27] *Szpavocznik po proizvodsztvu sztekla, t. I.* Gosztrojizdat, M. 1963.
- [28] *Bartenev, G. M.*: Mehanciceszkie Szvojsztva i teplovaja obrabotka sztekla, Gosztrojizdat, M., 1960.
- [29] *Bereznoj, A. I.*: Szitallü i fotoszitallü, Masinosztroenie, M. 1966.
- [30] *Kingery, K. D.*: Vvedenie i keramiky (fordítás angolból) Sztojizdat, M. 1967.
- [31] *Kornilovics, Ju. E.*: Iszledovanie procsnoszti rasztvorov i betonov, Gosztrojizdat USzSzR, Kiev, 1960.

*Tresvjatszkij, Sz. G.*: Szervetlen polikristályos rideg anyagok mechanikai szilárdsága és szerkezete.

A jelen tanulmány nem tart igényt a tömör, rideg, polikristályos szervetlen anyagok mechanikai törésénél lejátszódó minden folyamat kimerítő magyarázatára, azonban ezeknek az anyagoknak a 17. ábrán bemutatott — a kristályfázis, kötőanyagfázis és ezek kölcsönhatásának szilárdsági viszonyain alapuló — osztályozási sémája hasznos lehet a nagyszilárdságú polikristályos szer-

vetlen anyagok további előállításí módszereinek kialakításánál.

*С. Г. Тресвятский*: Механическая прочность и структура упругих неорганических поликристаллических материалов.

Данная работа не ставит перед собой задачу дать исчерпывающее объяснение всех процессов, протекающих при механическом разрушении плотных, упругих, поликристаллических неорганических материалов. Однако приведенная на рис. 17 схема классификации этих материалов, основанная на прочностных свойствах кристаллической фазы и вяжущего материала, а также их взаимном влиянии, может быть полезной при формировании дальнейших методов получения высокопрочных поликристаллических неорганических материалов.

*Tresvjatskij, S. G.*: Mechanische Festigkeit und Struktur von anorganisch-polikristallinen spröden Stoffen

Es werden nicht sämtliche Prozesse, die beim mechanischen Brechen von dichten, spröden, polikristallinen anorganischen Stoffen verlaufen, beschrieben. Es wird bloß ein Beispiel genau dargelegt, und es ist des Autors Meinung nach anzunehmen, daß man daraus bei der künftigen Herstellung von polikristallinen anorganischen Stoffen hoher Festigkeit nützliche Folgerungen ziehen kann. (S. G.)

*Tresvjatski, S. G.*: Mechanical Strength and Structure of Brittle Inorganic Polycrystalline Substances.

A new system is presented for the classification of dense brittle polycrystalline inorganic substances, depending on the relative strength properties of the crystalline phase, the matrix and their mutual interaction.

## A világ szilikátiparából

### Olesó, nagyszilárdságú epoxi-gyanta adatékos beton

Közönséges betonkeverék, mintegy 5% vízzoldható epoxi gyantát tartalmazó vízzel bekeverve igen jól bedolgozható, nagyszilárdságú betont eredményez. A szilárdságnövekedés a közönséges betonhoz képest gyorsabb, a zsuorodás pedig kisebb.

Különösen jól alkalmazható vékony rétegű betonokban, cementpépeknél, injektálásra, talajstabilizálásra stb. Víz és kémiai ellenállóképessége igen jó.

A gyanta komponenseinek vízben való oldhatósága a felhasználást, bedolgozást, kezelést jelentősen leegyszerűsíti, ezért alkalmazása viszonylag olesó. A gyantát az angliai Surface Coatings Ltd cég állítja elő.

A BITN 1969. augusztusi tájékoztatója alapján.

\*

### Igen gyorsan szilárduló cement

Az angliai Barph Products Ltd cég „Hardfast” elnevezéssel 30 perc alatt szilárduló cementet hozott forgalomba 3, ill. 25 kg-os csomagolásban, mely víz alatti, vagy hideg időben történő betonmunkákhoz is igen jól felhasználható.

Bár szilárdsága eléri a 175 kp/cm<sup>2</sup> értékét, vasalt, vagy szerkezeti betonhoz nem engedélyezik, alkalmazási

területe elsősorban a gyors javítási munkák, lékek tömítése stb.

Kötése és szilárdulása hőmérsékletfüggő, ezért egyszerűen csak 15 perc alatt bedolgozható mennyiséget szabad bekeverni. Egyebekben ugyanolyan célokra használható, mint a közönséges portlandcement s jól tapad betonra, habarcsra stb.

Egyes esetekben — a rendelő kívánságára — a cég az ismertetettől eltérő kötési, ill. szilárdulási idejű cementet is hajlandó szállítani.

A BITN 1969 augusztusi tájékoztatója alapján.

\*

### Nagyszilárdságú beton- ill. kővágó és esiszoló tárcsák

Hőkezelt, üvegszál erősítésű műgyanta kötéssel készült esiszoló és kővágó tárcsákat készít az Oerlikon Welding Electrodes Ltd angliai cég. A tárcsák mérete  $\varnothing 180 \times 6,5$ — $\varnothing 230 \times 8$  mm (normál)  $\varnothing 175 \times 6$ — $\varnothing 175 \times 8$  mm (tányéralakú) és  $\varnothing 180 \times 2$ — $600 \times 6$  mm (lévágó tárcsa).

A maximális fordulatszám 800/perc is lehet. A tárcsák előnye, hogy a jó kötés következtében a szemcsék nem töredeznek ki, hanem elkopnak, tehát élettartamuk a szokásos esiszolószerszámokéhoz képest jóval nagyobb.

A BITN 1969 augusztusi információja alapján.

# A regeneratív egyenáramú mészégető aknás kemence

BARTU, F. —  
SCHWEGEL, J.  
MAERZ OFENBAU AG,  
Zürich

## Bevezetés

Bár a kevert tüzelésű hengeres aknáskemence — melyben a mészkövet koksszal keverve adagolják — igen egyszerű szerkezet, mégsem felel meg a mai követelményeknek. A koks és a mészkő arányának az aknában egyenletes eloszlásának kellene lennie, de a kényszerűen fellépő fajtázódás következtében helyi túlégetés lép fel. A koks hamuja az égetett mész közé keveredik és szennyezi azt. A magas anyagoszlopon átáramló levegő és füstgáz közelítőleg egyenletes eloszlásának elérésére lehetőleg nagydarabos és jól osztályozott anyagot kell az aknába adagolni. Ma azonban többnyire aprószemű meszet kívánnak égetni, hogy a kőbányában keletkező apróbb hőfrakciókat is hasznosítani lehessen. A fogyasztók is — főként a kohászat — inkább aprószemű és lágyan égetett meszet igényelnek. Végül a mésziparnak is át kell térnie a drága koks helyett gazdaságosabb tüzelőanyagra, olajra vagy földgázra.

## A gáz- és olajtüzelés alapvető problémái

A szénleparlással, vagy elgázosítással nyert gázokra és a földgázra egyaránt érvényes Rummel egyenlősége „jól keverve=elégetve”, mert a befűjt éghető gáz az aknás mészkemencében mindig eléri gyulladási hőmérsékletét. Mások azonban az olajtüzelés viszonyai. Az olajat elégetés előtt gőz vagy gáz állapotba kell hozni. A vas- és fémkohászat olvasztó kemencéinek munkaterébe az olajat gyakran közvetlenül porlasztják be és ott gőzölik el. Hevítő kemencékben és több más kemencében is a fűtőolajat a kemence munkaterén kívül égetik el részben vagy egészen, és ilyen módon hozzák gázállapotba. A fűtőolajat ilyenkor előégető kamrába fröccsentik és az elégetéséhez sztöchiometrikusan szükséges hideg levegő  $\frac{1}{3}$ -ával tökéletlenül

égetik el. Forró olajgáz keletkezik, melynek fűtőértéke a gázban keletkező korom fűtőértékével együtt kb. 1600 kcal/Nm<sup>3</sup>. A keletkező olajgáz érezhető hőtartalmával együtt a bevitt olaj fűtőértékének 98%-át tartalmazza, vagyis az ilyen olajelgázosítás hőtechnikailag igen célszerű lehet, főként akkor, ha a kemence hideg égési levegővel működik.

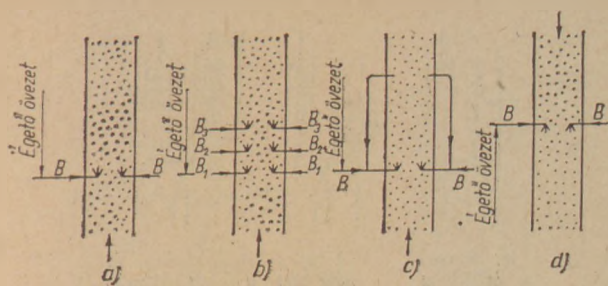
A megbeszélésünk tárgyát képező kemencénél lemondanak az olajnak a mész-kő-töltet előtti elgázosításáról. Az olajat közvetlenül a kőtöltetbe porlasztják, helyesebben permetezik.

A hideg levegővel elégetett olaj elméleti láng-hőmérséklete mintegy 2050 °C. Ha a levegőt előmelegítik — ahogy ez a regeneratív egyenáramú kemencében is történik — a láng-hőmérséklet majdnem az előmelegítés hőmérsékletével nő. A túlégetés elkerülése végett a mészdarabok felületi hőmérsékletének nem szabad 1150 °C-ot meghaladnia. Felvetődik tehát a kérdés, hogyan lehet a nagy égési hőmérsékletet a viszonylag kicsiny mész-hőmérséklettel összehangba hozni.

A klasszikus kevert tüzelésű kemencében a mész-kő és a koks egyenáramban mozognak lefelé, míg a füstgázok ellenáramban felfelé. Az égető övezet alsó szakaszában, ahol a mész-kő már javarészen disszociálódott, a kemencetöltet már csak kevés tüzelőanyagot tartalmaz, miáltal a túlégetés veszélye kisebbedik. A lefelé haladó égetett anyag a földgázt vagy az olajat nem viszi magával, hanem azok a levegővel, illetve a füstgázokkal felfelé áramlanak.

Ha tehát az égető övezet alján az előmelegedett levegőbe olajat permetezünk (*Ja ábra*), azon a helyen nagy láng-hőmérséklet keletkezik, ami a mész-kő CO<sub>2</sub> tartalmát nagymértékben kihajtja, a mész könnyen túlégetődik. A túlégetés megakadályozására több megoldás merült fel, mint például





1. ábra. A különféle mészkemencék tüzelőanyagbevezetése.

a tüzelőanyagnak több szinten való beadagolása (1b ábra), vagy a láng hűtése visszaszívott és befűjt füstgázokkal (1c ábra).

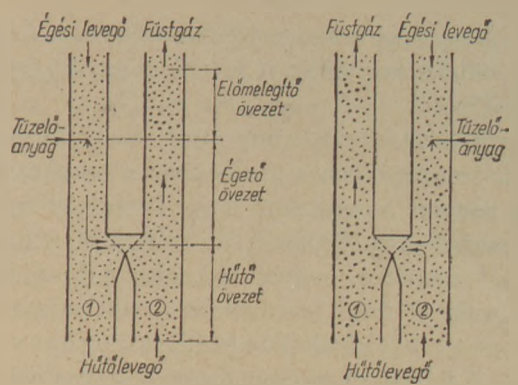
A regenerációs egyenáramú kemencéhez az 1. ábra d megoldását választották. Az egyenáramú kemencében az akna felső részében kezdődik az elégés, ahol még nyers kő van, melyet a dekarbonizálás kezdetén nagy lánghőmérséklettel sem lehet túléletni, mert a mészkő felülete minden károsodás nélkül képes nagy hőmennyiségeket felvenni. Ennél az égetési módnál az égető övezet elején igen nagy hőmennyiségek közölhetők a töltettel, vagyis a töltet egy  $m^3$ -ére vonatkoztatott hőterhelés bizonyos maximuma érhető el a mész ártalma nélkül.

A kemencének további jellemzője a levegő regeneratív előmelegítése. A mészkemence égető övezetéből kilépő hőmennyiség általában nagyobb mint a mészkő dekarbonizációs hőmérsékletre való hőigénye, aminek következtében nagy a füstgázvesztés. Ezért törekszenek a kemencék távozó füstgázát rekuperátorokban a levegő előmelegítésére kihasználni. Portartalmú füstgázok esetében a rekuperátor nem ideális megoldás.

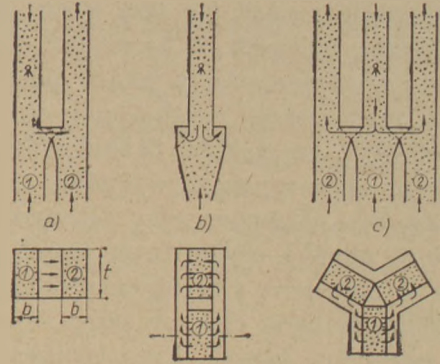
Ezért a regenerációs egyenáramú kemencénél robusztus és por iránt érzéketlen regenerátorokat alkalmaznak, melyből az egyik a kő előmelegítő övezetként nyilvánvalóan rendelkezésre áll. A második regenerátorként egy újabb akna szükséges, mely az egyenáramú aknában lefelé haladó füstgázokat felfelé vezet és egyben azokat a kő kiégetésére és előmelegítésére teljesen kihasználja.

### A regeneratív egyenáramú kemence működési elve (2. ábra)

Az 1. és 2. mészkővel töltött aknát az égető övezet alján csatorna köti össze egymással. A sematikus ábrán a töltő és ürítő szerkezet nincsen feltüntetve. Mindkét aknában váltakozva töltik a mészkövet. Mindkét akna alján folyamatosan húzzák le az égetett meszet. Egyidejűleg csak az egyik aknába vezetnek tüzelőanyagot, az ábra bal oldali felében az 1. aknába. Ott, ahol a tüzelőanyag a töltetbe belép, kezdődik az égető övezet, és végződik lenn az összekötő csatornánál. Az elégési leve-



2. ábra. A regeneratív egyenáramú kemence működési elve.



3. ábra. A 2 és 3 aknás kemence.

gőt 2000—2500 mm v.o. nyomással nyomják a töltet felett az aknába. Ez a kemencegázokat átnyomja az egész rendszeren. A levegő az 1. aknában lefelé áramolva felmelegszik a forró kőtölteten és csak előmelegedve találkozik a tüzelőanyaggal. A láng felülről lefelé hatol át az égető övezeten és 80%-ban kihajtja a  $CO_2$ -t a kőből. A füstgázok az 1. aknából az összekötő csatornán át lépnek a 2. aknába és áramlanak felfelé, miközben annak töltét kisebb mértékben dekarbonizálják, és felfűtik annak előmelegítő övezetét. Tizenkét perc múlva átváltják a levegő- és tüzelőanyag-bevezetést a másik aknára. Az átváltás után — miként az ábra jobb oldalán látható — a 2. akna a fűtött. A füstgázok tehát az 1. aknán át távoznak. A hűtőlevegőt mindkét akna alulról kapja megfelelő nyomással.

A 3. ábrán baloldalt még egyszer szerepel a két-aknás kemence vázlatja egymás mellett felépített aknákkal és rövid összekötő csatornával. A füstgázok az 1. akna teljes  $t$  szélességében közvetlenül átáramlanak a 2. aknába. Ha az akna  $b$  mérete bizonyos határt nem lép túl, az első akna füstgázai hamar egyenletesen oszlanak el a 2. akna teljes keresztmetszetében. Nagyobb teljesítményű, pl. 1800 t/24-órás kemencéknél, melyeknek  $b$  mérete nagyobb, célszerű az egyenletes eloszlás érdekében a füstgázokat két oldalról bevezetni a második aknába. Az aknákat ilyen esetben nem egymás

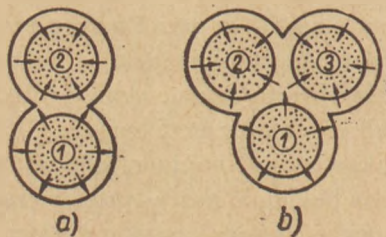


mellé, hanem egymás mögé építik (3b ábra). A füstgázok oldalcsatornákon át jutnak el egyik aknából a másikba.

Nagyteljesítményű, vagy apró szemű anyaggal töltött kemencékben a 2. aknában a nyomásvesztés nagyon megnő, ami nagy energiafelhasználást eredményez. Ilyenkor át kell térni a három aknás kemencére, melyet a 3. ábra jobb oldalán láthatunk. A felső hosszmetesz csak sematikus, mert azon a három aknát egy síkba kiterítve szemlélteti. A három akna elrendezése a keresztmetszeten látható. Keresztmetszeti tengelyeik  $120^\circ$ -ot zárnak be egymással. Csak egy aknát fűtenek, míg a füstgázok a másik két akna között egyenletesen elosztva távoznak. A kemencerendszer nagyobbik nyomásvesztése a lehúzó oldalon van. A lehúzó keresztmetszet megduplázása által a nyomásvesztés  $\frac{1}{4}$ -ére csökken. Ezáltal a fűtött akna fűtése és az egész egység teljesítménye tetemesen növelhető. Nem hátrányos, hogy a füstgázok a két nem fűtött aknába egyoldalasan áramlanak be, mert az átváltás után a másik oldalról lépnek be.

Az eddigi ábrákon csak négyszög keresztmetszetű kemencéket láttunk. Ilyen kemencék azonban építhetők kör keresztmetszettel is. Az összekötő csatornák ilyenkor koncentrikusan veszik körül az aknákat. A füstgázok az 1. aknából a köröskörül lépnek ki és ugyanígy áramlanak a másik két aknába be, amint azt a 4. ábrán láthatjuk. Bal oldalt látható a kétaknás, jobbról a háromaknás kemence. A fűtött aknát 1. szám, a másik kettőt 2. szám, a gázáramlás irányát nyilak jelzik.

Körkeresztmetszetű kemencék olajtüzelésére még nem találtak kielégítő megoldást, s ezért ma még olajtüzeléssel csak négyszög keresztmetszetű kemencéket építenek.

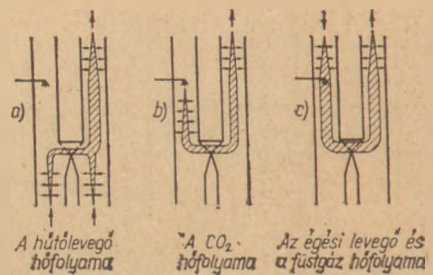


4. ábra. A körkeresztmetszetű kemencék vázlatos keresztmetszete.

### A kemence hőkihasználása

A regenerációs egyenáramú kemence hőtechnikailag ideális megoldás, miként azt az 5. ábrán látható hőfolyamatok is szemléltetik. Itt az egyes gázfázisokat külön tüntettük fel.

Az 5a ábra a hűtőlevegő hőfolyamát szemlélteti. A hűtőlevegő mennyiségét úgy szabják meg, hogy



5. ábra. A 2 aknás kemence hőfolyamai.

az égetett mész lehűtéséhez elegendő legyen. Hőtartalma a hűtőövezet elhagyása után elegendő a mészkő CaO tartalmának a disszociáció hőmérsékletére való felhevítéséhez. A hűtőlevegő ilyen módon átviszi az égetett mész érezhető hőtartalmát a mészkő CaO tartalmának előmelegítésére. Az égetett mész hőtartalma tehát teljesen hasznosul a kemencében. Az égetett mész és a hűtőlevegő átlagosan  $100^\circ\text{C}$ -kal lépnek ki a kemencéből.

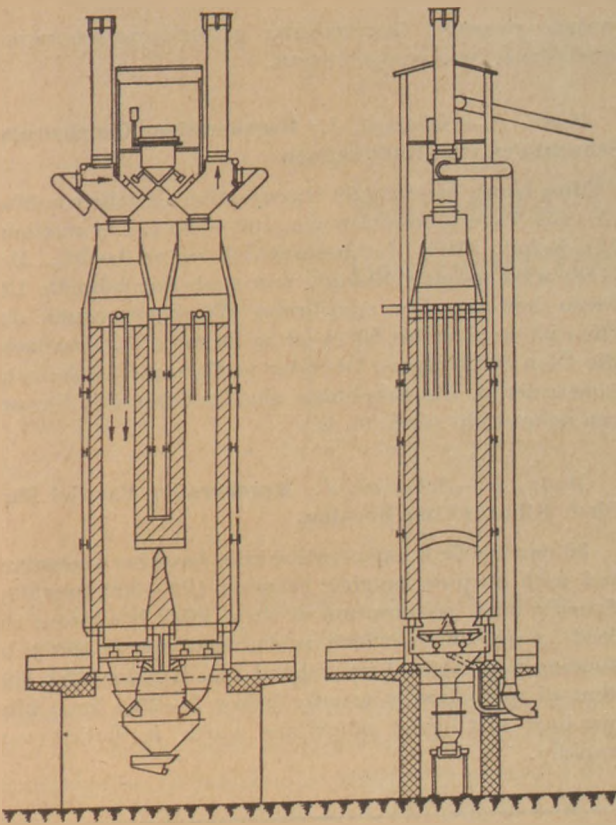
Az 5b ábrán látható az égetés során keletkező  $\text{CO}_2$  hőfolyamata. Mennyisége és hőtartalma az égető övezeten áthaladva növekszik, majd a regeneráló aknában a disszociáció hőmérsékletére hűl le. Itt a maradék hőtartalom éppen elegendő a mészkő  $\text{CO}_2$  tartalmának a disszociációs hőmérsékletre hevítéséhez az előmelegítő övezetben. A felszabaduló  $\text{CO}_2$  hőtartalma is teljesen hasznosul a folyamatban.

Végül a jobb oldali c kép az égési levegő és a füstgázok hőfolyamát szemlélteti. A tüzelőanyag elégekör felszabaduló hőmennyiséget az ábra nem tünteti fel, mert azt a mészkő disszociációs hőként azonnal felveszi. Sztöchiometrikus elégés esetén a levegőszükséglet  $1,06 \text{ Nm}^3/1000 \text{ kcal}$  fűtőérték, a füstgázmennyiség pedig  $1,13 \text{ Nm}^3/1000 \text{ kcal}$ . Nagy fűtőértékű tüzelőanyagok esetén, mint pl. olaj, földgáz vagy koks — a keletkező füstgáz csak 6,5%-kal több mint az elméleti levegőszükséglet. Levegőfelesleges elégéskor a különbség még kisebb. Ezért az előmelegítő övezetek, vagyis a regenerátorok képesek a füstgázok majdnem teljes hőtartalmát, mellyel a disszociációs övezetből kilépnek, az égési levegő felmelegítésére fordítani. Így a füstgázok erősen lehűtve hagyják el a kemencét. A füstgázokkal távozó csekély veszteség onnan adódik, hogy a kilépő égetett mész elméletileg sem hűthető a belépő levegő hőmérsékletére, sem pedig a füstgázok nem hűlhetnek le a feladott kő hőmérsékletére.

### A kemence egyes részei

Két aknás gáztüzelésű kemencét véve példaként, ismertetjük a kemence egyes részeit (6. ábra).





6. ábra. A gáztüzelésű kétaknás kemence.

### 1. A kemence töltőberendezése

A teljesítményt a feladott kőmennyiséggel állítják be, mert csak ezt mérik és a kihordott meszet nem. A mérést a kemence felett elhelyezett és mérleggel ellátott ún. mérőgarat végzi, melyet szállítószalaggal töltnek.

A szállítószalag két sebességfokozattal járatható. Az egyszeri töltet 90%-át a nagyobb sebességgel juttatják a garatba, majd automatikusan átvált a hajtómű a lassúbb fokozatra és ezzel juttatja be az utolsó 10%-ot. A sebességváltás a garat túltöltődésének elkerülése miatt szükséges. A töltőgarat fenékürítésű és a csappantyú nyitása után csúszdán jut a kő az aknába.

Felvonó skip esetén a mérőgarat a mérleggel a földön van és a kemencék felett csak fenékürítésű töltőgaratot helyeznek el.

### 2. Az égetett mész kihordószerkezete

Az égetett meszet az összes aknából folyamatosan húzzák le; mégpedig a négyzet keresztmetzetű aknákból ide-oda mozgó, a körkeresztmetzetűekből forgómozgású asztallal. Ezek hidraulikus meghajtásúak. A lehúzási sebességet az akna töltésszintjét érzékelő tapogató vezérli. Az égetett mész a kihordóasztalról az ürítőgaratba hull.

Ezt légmentesen záró csappantyúk kötik össze

a gyűjtőtartánnyal. Átváltáskor a csappantyúkat hidraulikus szerkezet nyitja és a mész az ürítőgaratból az alattuk elhelyezkedő gyűjtőtartányba ömlik. Utóbbi a környező légtérrel van kapcsolatban és belőle a meszet lengővályú továbbítja. A kihordószerkezeten levő ajtókon át minden akna aljából mész minta vehető, míg a gyűjtőaknából csak átlagmintát lehet venni.

### 3. Az átváltó szerkezet

Mint minden regeneratív kemencét, úgy ezt is időszakonként át kell váltani. A fűtött aknába az égési levegőt kell bevezetni, a második aknából pedig a füstgázokat kell elvezetni. Ezért az első akna kapcsolatát a kéménnyel meg kell szüntetni, a második aknába a levegőbevezetést kell elzárni. Mivel mind a levegőbefúvás, mind a füstgázelszívás az aknák tetején van az átváltás közös váltószerkezettel oldható meg. Régebben hidraulikusan megemelt és elfordított harangszerkezetet alkalmaztak, újabban átváltócsappantyút használnak.

A hűtőlevegőt mindegyik aknába egyidejűleg fújják be, tehát ide átváltószerkezet nem kell.

### 4. A kemencebélés

Az akna tűzálló béléséről nem sok mondanivaló van. Az előmelegítő és a hűtőövezet bélésfalazata samotból készül. Az égetőövezetet magnezittal bélelik. Erre az előmelegített levegővel elégetett tüzelőanyag nagy láng hőmérséklete miatt van szükség. A magnezitbélés felületén idővel meszporréteg rakódik fel és hozzájárul a falazat kíméléséhez. A falazatok természetesen megfelelő hőszigeteléssel készülnek.

### A kemenceteljesítmény és a mész kő szemcsézete

A kemence teljesen automatikusan működik, egy kezelőszeméllyel, aki az ellenőrzést végzi. A nagy teljesítményű kemencék automatikája és mechanikai alkatrészei nem kerülnek sokkal többre, mint a kisebb teljesítményűeké. Ezért a gazdaságos teljesítmény alsó határa 80–100 t/24 ó. A felső határt nem beruházási vagy üzemeltetési költségek szabják meg, hanem a technológiai folyamat zavartalan lefolyása, amit az eddig épített legnagyobb 300 t/24 ó teljesítményű kemencék sem értek el.

Az egyenletes kőszemcsézett minden mész kemencénél az optimális viszonyok elérésének követelménye, de ez az egyenáramú kemencéknél nem alapkövetelmény. Az egyenáramban való égetés kizárja a kisebb kőszemek túlétetését. A kemence teljesítménye itt is a legnagyobb darabok kiégetési idejétől függ. Több olyan egyenáramú kemence

van üzemben, melyekben a legkisebb és legnagyobb szemek 1:4 méretarányúak. Az eddig égetett legkisebb szemcseméretű frakció 17 mm-es volt.

*Bartau, F.—Schwegel, J.:* A regeneratív egyenáramú mészégető aknás kemence.

Ez ideig 39 egyenáramú regenerációs kemence épült 100—300 t napi teljesítménnyel. Az átlagos maradék CO<sub>2</sub> tartalom az égetett mészből 1—2% alatt van. A mész lágyan égetett, amit a rendkívül gyors oltódás is bizonyít. A kemencék fajlagos hőfelhasználása 900 kcal/kg égetett mész alatt van. A kemencék földgáz-, olaj- és cseppfolyósított gázüzeléssel tervezhetők. Az elért eredmények közel azonosak.

*Ф. Барту—Й. Швегель:* Регенеративные прямоточные шахтные печи для обжига извести.

До сего времени было построено всего 39 шт. прямоточных регенеративных печей, производительностью 100—300 т в сутки. Среднее содержание CO<sub>2</sub> в обожженной извести составляет ниже 1—2%. Известь является мягко обожженной, что обеспечивает необычайно быстрое гашение. Удельный расход тепла для этих печей ниже 900 ккал. на кг обожженной извести. Печи могут проектироваться на мазутное, газовое и сжиженное

газовое топливо. Достигнутые результаты являются приблизительно одинаковыми.

*Bartu, F.—Schwegel, J.:* Regenerativer Gleichstrom-Schachtöfen zum Kalkbrennen

Man baute bis dato 39 regenerative Gleichstromöfen für eine Tagesproduktion von 100—300 t. Der restliche CO<sub>2</sub>-Gehalt bleibt durchschnittlich unter 1—2%. Der Kalk wird weich gebrannt, was auch das schnelle Löschen beweist. Der spezifische Wärmeverbrauch der Öfen ist weniger als 900 kcal/kg Brennkalk. Man kann die Öfen für Erdgas-, Öl- oder verflüssigte Gasheizung konstruieren. Die Ergebnisse sind bei den drei Varianten nahezu identisch. (S. G.)

*Bartu, F.—Schwegel, J.:* Regenerative Parallel Flow Shaft Kiln for Lime Burning.

39 parallel flow regenerative kilns have been constructed with outputs ranging between 100—300 tons/day. Specific heat consumption of these kilns is approx. 900 kcal/kg quicklime, which is changed only slightly by fuelling with natural gas, oil or LPG. Residual CO<sub>2</sub> content of quicklime is usually below 1—2%. Such kilns produce soft-burnt quicklime which is slaked very rapidly.

## Egyesületi élet

1970. március 10-én Miskolcon a MTESZ Intézőbizottságának helyiségeiben kb. 40 meghívott jelenlétében megalakult a Durvakerámiai Szakosztály Észak-magyarországi vállalati csoportja.

— Az alakuló ülésen Vida Tibor az Észak-magyarországi Téglá- és Cserépipari Vállalat műszaki igazgatóhelyettese tartotta a beköszöntőt. Ebben, többek között, kiemelte a MTESZ, ill. ezen belül a Szilikátipari Tudományos Egyesület és a tégláipar kapcsolatainak fontosságát, az egyesületi csoport feladatait és tevékenységének várható eredményét a IV. ötéves tervidőszakban.

— Varga Dénes a SZTE és a TCSES nevében üdvözölte a megjelenteket. Részletesen elemezte az egyesületi munka lehetőségeit és formáit. Hangsúlyozta, hogy a központ minden segítséget megad az újonnan alakult csoport munkájának biztosításához, melyben lényeges szerepet kell hogy kapjon a műszaki továbbképzés.

— Pecze Sándor a miskolci intézőbizottság nevében köszöntötte a megjelenteket. Rámutatott arra, hogy a csoport tevékenységében milyen lényeges a műszaki és közgazdasági szakemberek együttműködése.

A bevezetőt élénk vita követte, mely nagyfokú érdeklődésre utalt. A felszólalók rámutattak azokra a feladatokra, témákra, amelyek kidolgozása éppen az egyesületi kollektív tevékenység keretében valósulhat meg a legeredményesebben. Ennek során hat munkacsoport alakult az alábbi feladatkörökkel.

- Gyártmányfejlesztés
- Gyártmányminőség, elsősorban a Mályi Téglagyár termékeinek vonatkozásában
- Az üzemek TMK-jának megszervezése és az azzal kapcsolatos oktatási tevékenység
- A gázenergia bevezetésének lehetőségei a vállalat területén
- Vállalati és üzemegységi szintű krónika összeállítása
- Egy vállalati kiállítás, gyártmánybemutató megszervezése

Meghatározták az egyes munkacsoportok létszámát, tagjait és vezetőjét név szerint.

Az alakuló ülés megválasztotta a vezetőséget az alábbiak szerint:

Elnök: Vida Gábor

Titkár: Horváth Róbert

Gazdasági vezető: Oldal Sándor

Vezetőségi tagok: Kocsis Lajos és Bagyal Péter

A jól előkészített alakuló ülés Vida Tibor elnök zárószavaival ért véget.

Egyesületünk örömmel köszönti a Durvakerámiai Szakosztály új, miskolci szervezetét. Ennek megalakulása az ott felmerült konkrét igényeken túlmenően azt is mutatja, hogy mennyire helyes az a törekvésünk, hogy vidéken, elsősorban a jelentős ipari és tudományos bázissal rendelkező helyeken új csoportok alakuljanak és az ottani műszaki és gazdasági területen dolgozók is bekapcsolódjanak a MTESZ eddig is jelentős eredményeket elért társadalmi tevékenységébe.

V. D.



# Kerámiai burkolólapok gyártásának nemzetközi áttekintése

K Á P O L N A I I V Á N  
Építésgazdasági és Szervezési  
Intézet  
K I S S Á G O S T O N  
Szilikátipari Központi Kutató  
és Tervező Intézet

A kerámiai burkolólapok gyártása a legtöbb országban a kerámiaipar lendületesen fejlődő ága. Az építési színvonal nagyarányú fokozódásával a burkolólapok termelése általában nagyobb ütemben növekszik, mint az építőipar, ill. ezen belül a magasépítés termelése. A fejlettebb országokban egyre nő a fürdőszobával ellátott lakások aránya, amely jelentős csempefelhasználást eredményez. Meglehetősen magas ezenkívül a különböző középületek (iskolák, kórházak stb.) fajlagos csempefelhasználása is.

Belső burkolási célokra a mázas fajanszcsempének komoly versenytársa jelenleg nem ismeretes, padlóburkolásra azonban a kőanyaglapok helyett mind jobban tért hódítanak a különböző műanyagok. Ezzel magyarázható, hogy a kerámiai padlólapok gyártásának növekedése a legtöbb országban a falicsempék termeléséhez viszonyítva vontatottabb, vagy éppen stagnáló. Megfigyelhető továbbá, hogy a kerámiai burkoló anyagok termelésében a mázas csempék aránya mindenütt egyre fokozódik.

## 1.

A Német Szövetségi Köztársaságban mintegy 40 üzem foglalkozik kerámiai burkolólapok gyártásával. A foglalkoztatottak száma kb. 17 000 fő. 1968-ban mind a mázas, mind a mázatlan fal- és padlóburkolólapok termelése meghaladta az 1950. évi mennyiség négyszeresét. Részesedésük az egész finomkerámiai ipar termelésében 1952-ben még csak 12–13% volt, jelenleg mintegy 30%. Különösen gyorsütemű volt a termelés emelkedése az ötvenes években.

A termelés az építkezési konjunktúra változásaival összefüggésben erősen hullámzik, sőt mázatlan

lapokból 1968-ban a gyártás volumene az 1960. évit sem érte el.

Az 1. táblázatban az NSZK fal- és padlóburkolólap termelését mutatjuk be idősorokban:

1. táblázat

Év	Mázas burkoló	Máztatlan burkoló	Összesen	
	millió m <sup>2</sup> -ben		millió m <sup>2</sup>	1000 t
1950	5,5	3,0	8,5	..
1955	10,7	7,0	17,7	..
1960	19,0	14,5	33,5	566
1965	24,7	16,6	41,3	627
1966	23,4	14,5	37,9	541
1967	22,3	12,9	35,2	464
1968	25,1	13,9	39,0	583

Mindkét burkolóanyagnál — de főleg a padlólapoknál — megfigyelhető a csempék átlagsúlyának csökkentésére irányuló törekvés. Így pl. amíg 1960-ban 1 m<sup>2</sup> kőanyaglap súlya 22,9 kg volt, az 1965–68-as évek átlagában ez az érték már nem éri el a 20 kg-ot. Az 1 m<sup>2</sup> mázas fajanszlap súlya pedig ugyanezen időszakban 12,3 kg-ról 11,6 kg-ra csökkent. A mázas csempék felhasználásában jelentős struktúraváltozást eredményezett a színes csempék előretörése. A belföldi felhasználásban arányuk 1955–62 között 26%-ról 48%-ra emelkedett. Ugyanezen időben a csontszínű csempék részesedése 56%-ról 35%-ra csökkent.

A kisméretű (mozaik) lapok aránya a mázas csempéken belül jelentéktelen, de fokozatosan növekszik. A kőanyaglapoknak 1955-ben még csak 2%-a volt kisméretű (5 × 5 cm), de arányuk a 60-as években már 30% körül mozog (2. táblázat). A mozaiklapok jelentős térhódítása a termelésben többek között azzal magyarázható, hogy azokat

padlóburkoláson kívül más célokra is felhasználják.

2. táblázat

Év	Mázás csempe		Mázatlan kőagyaglap	
	Össz- termelés 1000 m <sup>2</sup>	Ebből mozaik %	Össz- termelés 1000 m <sup>2</sup>	Ebből mozaik %
1964	23 278	2,6	16 590	32,1
1965	24 651	3,4	16 638	27,2
1966	23 399	4,1	14 538	26,2
1967	22 325	5,3	12 861	26,1
1968	25 122	4,9	13 932	29,7

Az NSZK a mázas csempék 20—30%-át exportálja, de ugyanakkor jelentős — 1966—68-ban már a kivitt meghaladó — mennyiségű csempét importál is. A felhasználás 1963—64-ben még alatta maradt a termelésnek, de az utóbbi években a felhasználás mintegy 10—20%-kal magasabb a belföldi termelésnél. Mázatlan lapokból az import minimális, viszont a termelésnek több mint a felét exportálják.

2.

Franciaországban a kerámiai burkolólapok egy lakosra jutó termelése csak kb. fele annyi (1966-ban 0,32 m<sup>2</sup>) mint az NSZK-ban. A termelésnek mintegy 3/4-e kőagyaglap és csak 1/4-e fajanszcsempe. A fajanszlapok termelése azonban Franciaországban is gyorsabban növekszik, mint a kőagyaglapoké, ahogy azt a 3. táblázat adatai mutatják.

3. táblázat

Év	Fajansz		Kőagyag		Együtt	
	1000 t	mill. m <sup>2</sup>	1000 t	mill. m <sup>2</sup>	1000 t	mill. m <sup>2</sup>
1938	21		135		156	
1950	19		96		115	
1955	20		168		188	
1956		1,6		8,2		9,8
1960		3,6		9,9		13,5
1963		4,7		12,4		17,1
1966		5,9		15,9		21,8

A termelés az NSZK-ban 1950 körül, Franciaországban csak 1953—54-ben érte el a háború előtti színvonalat, azóta azonban — az NSZK-val ellentétben — töretlenül emelkedik. A belföldi szükséglet fedezésére az ország jelentős importra szorul. 1966-ban 430—440 ezer tonna termelés mellett Franciaország közel 170 ezer tonna különböző kerámiai burkolólapot importált, exportja viszont csak 17 ezer tonna volt. Ez azt jelenti,

hogy az összes hazai felhasználásnak kb. 30%-a importból származik.

3.

Nagybritanniában 1950—66 között a csempetermelés növekedése háromszor gyorsabb volt, mint az ipar átlagos fejlődési üteme. A termelésnek 85%-a mázas csempe és ez az arány egyre nő. A mázatlan lapok termelése már hosszú ideje stagnál: 2,3—2,7 millió m<sup>2</sup> között változik. A mázatlan lapokon belül csökken a kevésbé nemes nyersanyagokból készült csempék termelési aránya. Ezek aránya 50-es évek közepén még 75% volt, jelenleg viszont csak 56—57%. A mázas csempék gyártása kisebb nagyobb hullámzásokkal, de fokozatosan növekszik (4. táblázat).

4. táblázat

Év	Mázás	Mázatlan	Együtt
	millió m <sup>2</sup> -ben		
1951	7,4	..	..
1955	8,6	2,6	11,2
1960	9,4	2,7	12,1
1965	12,5	2,7	15,2
1966	13,1	2,3	15,4
1967	13,0	2,4	15,4

A csempetermelés főleg a 60-as évek első felében mutat erőteljes fejlődést. Bár a termelés volumenében, ill. az egy lakosra jutó mennyiségében elmarad az NSZK, Franciaország és a következőkben ismertett Olaszország mellett, de a termelés értékét tekintve megközelíti az élenjáró Közös Piaci országokat, mert az angol csempegyártásban magas részarányt képviselnek a kiváló minőségű színes csempék, melyekkel az exportpiacon a legtöbb exportáló országnál lényegesen magasabb átlagárát tud elérni.

A termelésnek kb. 30%-a kerül exportra, mintegy 90 országba.

Az angol csempeiparban jelentős koncentráció ment végbe: a II. világháború után még 50—60 cég állított elő mázas csempét, de a gyengébbek kiesése és összeolvadások révén a cégek száma 14-re zsugorodott. A foglalkoztatottak száma viszont megnőtt és ma kb. 6000 fő.

4.

A következőkben néhány további fejlett tőkés ország termelésének alakulását mutatjuk be.

Olaszország csempetermeléséről újabb számszerű adatok nem állnak rendelkezésünkre, de ismeretes, hogy főleg 1958 után rendkívül gyorsan fejlődött és Európában jelenleg vezető helyet foglal el az olasz építési kerámiaipar, s így ezen belül a kerá-



miai burkoló lapok gyártása is. Az egy lakosra jutó csempetermelésben Olaszország az első között van és az exportpiacokon is jelentős tételekkel szerepel.

Hollandia és Belgium burkolólap termelésének alakulását az 5. táblázat adatai jellemzik.

5. táblázat

Év	Hollandia			Belgium összesen
	mázás	mázatlan	együtt	
	millió m <sup>2</sup> -ben			
1953	1,2	0,5	1,7	1,3
1956	1,7	0,9	2,6	1,6
1960	2,2	0,8	3,0	1,5
1963	3,0	0,8	3,8	1,9
1966	3,8	0,9	4,7	2,1

Mindkét ország egyaránt importra szorul, ugyanúgy, mint Ausztria és Svájc, valamint a skandináv országok. Figyelemreméltó — a belföldi szükségletet meghaladó — termeléssel rendelkezik viszont Spanyolország. A jelentős idegenforgalom által kiváltott nagy építkezési konjunktúrával összefüggésben, a cementgyártás és más iparágak gyors fejlődéséhez kapcsolódva a csempetermelés is erős ütemben növekedett a 60-as években.

Az Európán kívüli országok közül a legnagyobb csempelhasználó és ugyanakkor a legnagyobb importőr is — az Egyesült Államok. Az 50-es évek első felében a termelés még erőteljesen növekszik — 1950—55 között közel megkétszereződik —, később azonban az ütem lelassul a Japánból beáramló nagyarányú és olcsó import következtében.

A termelés alakulását a 6. táblázat szemlélteti.

6. táblázat

Év	Mázás	Mázatlan	Együtt
	millió m <sup>2</sup> -ben		
	1950	..	
1955	..	..	21,0
1960	17,0	5,5	22,5
1962	17,3	6,1	23,4

A 60-as évek elején több amerikai vállalat lealáította csempetermelését és hosszúlejáratú szerződést kötött japán gyártó cégekkel. Az összes amerikai csempelhasználásnak legalább 20—25%-a származik importból, míg az 50-es évek derekán számottevő importja még nem volt.

A csempetermelés látványos fejlődésével találkozunk a háború után Japánban. A világ vezető kerámiai nagyhatalma korábban, főleg a háztar-

tási edények és dísz tárgyak termelésében és exportjában állt az első helyen. 1950-ben Japán finomkerámiai ipari termelésében a porcelán edényárú még 62,9%-ot képviselt, a fali és padlólapok részaránya pedig csupán 12,2% volt. 1965-ben viszont a burkolóanyagok részaránya már 45%-ra növekedett. A termelés felfutását és az iparág termelésében elfoglalt részarányát a 7. táblázatban közölt adatok illusztrálják:

7. táblázat

Év	Termelés (1000 t)	Részarány az iparág termelésében (%)	
		mennyiségben	értékben
1950	31,1	12,2	..
1955	73,4	17,8	12,0
1960	230,3	30,3	18,1
1963	412,3	41,2	23,3
1965	550,8	45,0	25,6

Japánban is a burkolólapok nagyobb része (a súlyban kifejezett termelésnek 1960-ban 73,7%-a) mázás csempe. Főleg a kisméretű lapok magas termelési arányával emelkedik ki: az összes csempetermelésnek kb. a fele mozaik. Részletes megoszlási adatokat a termelésről a 8. táblázat közöl.

8. táblázat

Falicsempé	tonna	%
Sima .....	40 829	13,4
Mintázott .....	141 370	46,5
Mozaik .....	121 816	40,1
összesen .....	304 015	100,0
Padlólap		
normál méret .....	24 793	22,9
mozaik .....	83 492	77,1
összesen: .....	108 285	100,0
Együtt:	412 300	100,0
ebből mozaik .....	205 308	49,8

5.

A következőkben vázlatos áttekintést nyújtunk a KGST-be tömörült baráti államok kerámiai burkolólap termelésének alakulásáról.

A Szovjetunióban — a legtöbb országgal ellentétben — több padlóburkolólapot termelnek, mint falicsempét. Mázás falburkolócsempéből még 1953-ban is mindössze 0,2 millió m<sup>2</sup>-t állítottak elő és csak az 50-es évek közepén indult meg a gyártás nagyobb mértékben. Minthogy a mázás falicsempé

termelése gyorsabban növekszik, mint a padlólapok gyártása, a tervek szerint az 1970-es évek elején a kétféle burkolólap m<sup>2</sup>-ben mért termelése kb. azonos lesz. Falburkoló lapokból egyre növekszik a színes csempe aránya.

A kerámiai burkolólapok termelésének alakulását a 9. táblázat tartalmazza.

9. táblázat

Év	Falicsempé		Padlólap		Együtt	
	millió m <sup>2</sup>	1000 t	millió m <sup>2</sup>	1000 t	millió m <sup>2</sup>	1000 t
1950	0,2	1,9	1,5	36,9	1,7	38,8
1955	2,7	24,6	5,6	140,0	8,3	164,6
1960	6,8	61,0	10,2	255,3	17,0	316,3
1965	12,3	110,4	15,2	381,1	27,5	491,5

A termelés egyre inkább a nagy teljesítőképességű gyárakba tolódik át.

A műszaki fejlesztést illetően említést érdemel, hogy a termelés mind nagyobb hányadánál térnek át az egyszeri égetésre.

A szocialista országok között egy lakosra vonatkoztatva Csehszlovákia állítja elő a legtöbb burkolólapot. Falburkolócsempét összesen 3 vállalat, padlóburkolólapot pedig 2 vállalat gyárt. A termelés nagymértékben koncentrált. A foglalkoztatottak száma a 60-as évek derekán a falburkolócsempé gyártásban közel 2000 fő, a padlólapgyártásban pedig ennek mintegy  $\frac{1}{3}$ -a.

Csehszlovákia a termelés nagy részét (mázás csempéből több mint a felét, padlólapból kb.  $\frac{1}{3}$ -át) exportálja, ami a 10. táblázatból is kitűnik.

10. táblázat

Év	Mázás csempé		Padlólap	
	termelés 1000 m <sup>2</sup>	export %	termelés 1000 m <sup>2</sup>	export %
1955	2912	75,5	1495	32,2
1960	4604	60,8	2039	30,1
1965	5958	53,3	2326	20,8

Padlóburkolólapokból az exportmennyiség a termeléssel nagyjából arányosan növekszik, falburkolócsempéből azonban — bár egészen a 60-as évek közepéig növekedett a kivitel — belföldön

egyre nagyobb hányad marad. A termelés és felhasználás egy lakosra jutó mennyiségének változását a 11. táblázat mutatja be (mértékegység: m<sup>2</sup>/lakos).

11. táblázat

Év	Mázás csempé		Padlólap	
	termelés	felhasználás	termelés	felhasználás
1955	0,22	0,05	0,11	0,08
1960	0,34	0,13	0,15	0,10
1965	0,42	0,19	0,16	0,13

Csehszlovákia 8,3 millió m<sup>2</sup> burkolólap gyártásával szemben az NDK 1965-ben 5 millió m<sup>2</sup> fal- és padlóburkolólapot állított elő és így az egy lakosra jutó termelés 1965-ben nem sokkal haladta meg a csehszlovák fejkvóta felét.

A termelés  $\frac{2}{3}$  —  $\frac{1}{3}$  arányban oszlik meg fal- és padlóburkolólapok között. A falicsempék több mint 20%-a színes. A kisméretű lapok aránya falicsempénél 5%, padlólapoknál pedig 15%.

Falicsempét az NDK-ban 2 üzemben gyártanak. A foglalkoztatottak száma 1965-ben közel 1500 fő. A padlólapok gyártása ugyanakkor alig 1000 főt foglalkoztatott, 5 üzemben. Ezek közül csak két üzemben haladja meg a termelés az évi 500 ezer m<sup>2</sup>-t.

Lengyelország, Románia, valamint Bulgária termelése kerámiai lapokból 1965-ben meglehetősen alacsony volt: a fejkvóta egyik országban sem érte el a 0,10 m<sup>2</sup>/lakos mennyiséget.

Összefoglalásul megállapítható, hogy a burkolóanyagok gyártási volumene világszerte növekvő tendenciát mutat. Ezen belül a falburkoló csempék termelése általában erőteljesebben növekszik. A növekedési tendencia különösen az esztétikailag igényesebb (színes, mintás, mázas) és minőségileg jobb burkolóanyagok gyártásánál figyelhető meg.

*И. Каполнаи-А. Киши: Обзор состояния производства облицовочных керамических плиток на международном уровне.*

*Kápolnai, Iván—Kiss, Ágoston: Internationale Übersicht der Erzeugung von keramischen Belagplatten*

*Kápolnai, Iván—Kiss, Ágoston: International Survey on the Manufacturing of Tiles.*



# A falburkoló csempék első égetésénél fellépő foltképződés vizsgálata\*

BERTALAN ZOLTÁN  
FTM Budapesti Porcelángyár

Amikor 1968 nyarán a Budapesti Porcelángyár alagútkemencéit földgáztüzelésre állítottuk át, a gondos előkészítő munka és korábbi tapasztalatok felhasználása eredményeképpen az áttérés különösebb zökkenő nélkül lezajlott.

A huzamosabb üzemelés után azonban kiderült, hogy bizonyos eltérések mégis mutatkoznak az égetés körülményeiben, különösen a II. sz. alagútkemencénél, amelyet a csempék első (biscuit) égetésére alkalmazunk. Ez érthető is, hiszen a kemence nyíltlángú, s így a tüzelőanyag változása sokkal intenzívebben hat az árura, mint egy kamrásrendszerű kemencénél.

A legszembetűnőbb változás az árunál az volt, hogy a generátorgáz tüzelésnél szórványosan előforduló foltosodási jelenség az áttérés után sokkal nagyobb mértékben jelentkezett. A foltosodás nem egyéb, mint az egyszer égetett csempe közepén keletkező, nagyjából kör alakú, vörösesbarna petytyekből álló elszíneződés, mely elég éles határral válik el a sárgásfehér alapszíntől. Ez a jelenség, ha nem is veszélyes, de mindenképpen káros, mert bár a csempemáz jól fedő zirkonmáz, időnként vékony mázolás, vagy különlegesen erős foltosodás esetén a kész csempénél is észrevehetővé válik az egyszer égetett csempén levő színeltérés. Ezért nem csupán elméleti, hanem gyakorlati jelentősége van annak, hogy kutassuk a foltképződés okait, és megpróbáljuk azt megszüntetni.

Az elszíneződés sajátos megjelenési formája és a vörösesbarna szín egyértelműen mutatja, hogy vasvegyületek redukciójáról van szó.

Több év óta ismert üzemünkben a vasredukció, mint égetési hiba, azonban a jelentkezés helyét tekintve, a jelenlegivel éppen ellentétes formában.

Eddig ugyanis a generátorgáz ingadozó minősége miatt a kemenceatmoszféra időnként erősen redukálónak vált, és az oszlopba rakott csempék szélein, ahol azok a füstgázokkal közvetlenül érintkeztek, bekövetkezett a jellegzetes elszíneződés. Ezáltal a csempék közepén fehér folt maradt.

Mivel esetünkben a jelenség fordítottját észleltük, továbbá mivel a földgáz állandó minősége lehetővé teszi, hogy a kemencében egy állandó, gyengén oxidáló atmoszférát tartsunk, már az első lépésben leszögezhetjük, hogy a szóbanforgó vasredukciót nem a kemence redukáló atmoszférája okozza.

A folyamat mechanizmusának felderítésére többirányú kísérletsorozatot kezdtünk. A jobb megfigyelhetőség és az egzaktabb eredmények érdekében olyan csempékkel végeztük a próbákat, melyeknek felületét égetés előtt vasoxidral kentük be. A vasoxid a csempe közepén redukálódott és a széleken megmaradó eredeti szintől élesen eltérő, jól tanulmányozható és megmérhető foltot kaptunk. Vég-eredményben hasonló jelenség játszódott le, mint a csempéknél, csak sokszorosára felerősített mértékben.

Ezeket a redox hatásokra érzékenyebbé tett „indikátor” csempéket elhelyeztük a kemencekocsik különböző helyein, és megfigyeltük a foltképződés mértékét. Az oszlopok tetején levő csempéknél foltosodás nem, vagy csak nagyon kis mértékben mutatkozott.

Ha tehát az oszlopot egy egységes testnek tekintjük, a redukciós zóna ennek a testnek a belsejében a hossztengely körül egy felfelé vékonyodó forgástest alakjában jött létre, vagyis a legnehezebben hozzáférhető helyeken. Ez a megfigyelés két olyan tényezőre enged következtetni, amelyek külön-külön, vagy együttesen is okozhatják a vasredukciót.

\* Fiatal műszakiak ankétján elhangzott előadás.

Az egyik tényező a nedvességtartalom. Nyilvánvaló, hogy az oszlopok kiszáradása úgy történik, hogy a nedvesség az oszlopok közepén marad meg legtovább, és ezért alakul ki a redukciós zóna a leírt módon. Ellenérvként felvetődik, hogy az égetés hőmérsékletén nedvesség már az oszlopok közepén sem lehet, tehát nem befolyásolhatja a vasredukciót. Egyrészt azonban nem biztos, hogy a vasredukció magas hőfokon játszódik le, másrészt — és ez a valószínűbb — a nedvességtartalom, illetve annak fokozatos, az oszlop közepe felé tartó gradiens szerinti eltávovása olyan átalakulást idézhet elő a masszában levő vasvegyületekben (kristályszerkezeti, sőt esetleg kémiai átalakulást), amelynek eredményeképpen azok redukcióra való hajlama fokozódhat. Ez a feltevés annál is inkább reálisnak tűnik, mert a földgáztüzelésnél a gáz magas metán-tartalma miatt a füstgázok lényegesen több vizet tartalmaznak, mint a generátorgáz égésekor keletkező füstgázok. Ezáltal a kemence-atmoszféra vízre telítettebbé vált, ami a nedvesség eltávovását a csempékből megnehezíti, illetve hátráltatja. Így érthetővé válik, hogy miért jelentkezett a foltképződés a földgáz áttérés után fokozottabb mértékben.

A másik tényező a kemenceatmoszféra. Igaz, hogy az előbbieken alapján nem redukál, de a már redukálódott részeket vissza oxidálhatja. A korábbi tapasztalathoz képest fordított jelenséget tehát úgy is lehet magyarázni, hogy a csempe vasvegyületei teljes mértékben redukálódnak, de a széleken, ahová a kemenceatmoszféra oxidáló hatása eljut, egy visszaoxidálódás következik be, a középső rész pedig redukált marad. Ezt a feltevést támasztja alá egy másik kísérlet is. Egy kemencekocsi csempét kiégettünk a III. sz. kamrás rendszerű alagút-kemencében, amely egyébként az egészségügyi áruk égetésére szolgál. A foltosodás itt is jelentkezett egy, a levegő oxigéntartalmának megfelelően oxidálódó kemenceatmoszféránál.

Ez az elképzelés nem zárja ki a nedvességtartalom szerepére vonatkozó hipotézist, a két tényező együttes hatása is fennállhat, sőt ez a valószínű. Az utóbb ismertetett folyamat azonban újabb problémát vet fel, nevezetesen azt, hogy a redukciót közvetlenül mi okozza. Mivel a kemenceat-

moszféra nem jöhet szóba, a kiváltó okot magában a csempében kell keresni. Felmerült az a gondolat, hogy talán a nedvességtartalom redukál, azonban teljesen kiszáritott oszlopoknál is volt foltosodás, ha jóval kisebb mértékben is, mint egyébként.

Újabb kísérletsorozat következett tehát arra vonatkozólag, hogy a csempemassza egyes nyersanyagai közül melyik, vagy melyek azok, amelyek a redukciót kiváltják.

Az eredmény egyértelmű és egyben könnyen érthető is volt. A brieseni agyag elhagyásakor a foltosodás teljesen megszűnt, más tényezőktől függetlenül. A brieseni agyag aránylag sok szerves anyagot tartalmaz, amely a magas hőfokon redukálta a vasvegyületeket. A folyamat magva tehát ez, s ennek mértékét befolyásolják egyéb tényezők, mint feltehetően a nedvességtartalom és a kemence-atmoszféra visszaoxidáló hatása.

A gyakorlat számára már most az a kérdés, vajon hogyan lehetne megszüntetni ezt a nemkívánatos jelenséget. A megoldás módja sokféle lehet. A legegyszerűbb a brieseni agyag elhagyása, és megfelelő, de szénem tartalmazó agyaggal való pótlása. Szóbajöhet a máz fedőhatásának növelése is, de nem valószínű, hogy gazdaságos lenne, továbbá szimpatikusabb megoldás az, ha az egyszer égetett csempéből tűnik el a folt, függetlenül attól, hogy a mázas csempén ez látszik, vagy nem, mert ha a cserép anyaga nem egységes, ez a csempe élettartamát rövidítheti.

Mindenesetre, mint minden gyakorlati változásnál, itt is gazdaságossági értékelésnek kell eldöntenie, hogy az aránylag olcsó brieseni agyag egy adott más agyaggal való helyettesítése milyen esetben térül meg, a foltosodás megszűnése által bekövetkező üzembiztonság növekedés és minőségjavulás által.

*Бертаман, З.: Исследование пятнообразования при утильном обжиге облицовочных плиток.*

*Bertalan, Zoltán: Untersuchung der Erscheinung von Flecken beim ersten Ausbrennen der Fliesen für Wandverkleidung*

*Bertalan, Zoltán: Spot Formation on Wall Tiles during Bisque Firing*



## Egyesületi élet

A Kő—kavics szakosztály március 24-i ülése az új zúzottkő termékszabvány tervezettel kapcsolatos műszaki és gazdasági kérdésekkel, valamint a szabvánnyal életbelépő új termékfajták előállításának gyártástechnológiai lehetőségeivel foglalkozott. Az első vitaindító előadás keretében *Budaméry Béla* (Egyesülés) ismertette a szabványtervezet előírásait, rendre összehasonlítva azokat a Szovjetunió és az USA megfelelő szabvány-rendelkezéseivel. Az iparág jelenlegi felkészültségével elérhető zúzottkő-minőségek felsorolásán túl részletezte azokat a teendőket, amelyek az új minőség-kategóriák előállításához szükségesek. Rámutatott arra, hogy ezek az új minőségek nagyrészt csak új gépekkel, újszerű gyártástechnológiákkal érhetők el, valamint — egyébként a szabványtervezetben is részletezett — minőségi ellenőrzés szigorú betartásával.

A második előadást *Vajda László* (Egyesülés) tartotta, felsorolva azokat az intézkedéseket, amelyeket az iparág vállalatainak foganatosítaniuk kell az új szabvány előírásainak megfelelő zúzottkő-minőségek előállításához. Ezeknek az intézkedéseknek egy része rövidesen megvalósítható úgy, hogy az iparág több kőbányája részben már a folyó évben — még az új szabvány életbelépése előtt —, jelentősebb mennyiségben azonban csak 1971-ben szállíthat az útépités részére az új előírásoknak megfelelő KZ minőségű adalékfrakciókat.

Az előadásokat követő vita folyamán *Dr. Kertész Pál* (BME Ásvány- és Földtani Tanszék) ismertette azokat az indokokat, amelyek az új magyar szabványtervezet-

nek a külföldi szabványoknál hol enyhébb, hol szigorúbb előírásaira vezettek. A vállalatoknak komoly munkát fog jelenteni a minőségi ellenőrző vizsgálatok előírt nagyszámának lelkiismeretes végrehajtása. *Reznák László* (UKI) kiegészítve *Budaméry* közléseit az osztályozási élesség új szabályozásáról, közölte, hogy a 0,1 mm-es szitán áteső részre megszabott igen alacsony határszázalék nem annyira a kőport, mint inkább az agyagos szennyeződést hivatott csökkenteni a zúzalékban. A minőségellenőrzés gondos végrehajtása a kőbányaüzemeknek azért is érdeke, mert ennek dokumentumai egy esetleges döntőbírósi eljárásnál fontos szerephez juthatnak. *Bálint Tibor* (SZIKKT1) hozzászólásában részletekbe menően bírálta az előadók megállapításait. Az előadott intézkedésekkel nem látja biztosítva sem az osztályozásnak szabvány-előírta élességét, sem zúzalék nagyfokú zömökségét. Hiányolta, hogy a zömökség kérdését az iparvezetés nem vizsgálta meg a Kutatóintézetrel. Véleménye szerint az üzemek minőségi ellenőrzése csak akkor válhat hatékonyvá, ha függetlenítik a vállalatvezetéstől. *Dr. Nemeskéri Gézané* (Építőipari Minőségvizsgáló Intézet) megállapítja, hogy az iparág minőségellenőrző szervezete elmaradt más iparágakéhoz viszonyítva. Szükség lesz Meo-tanfolyamok szervezésére a meglévő meosok kiképzésének fejlesztése és a szükséges személyzet-többlet biztosítása érdekében. *Dr. Jugovics Lajos* felhívta a figyelmet a Kovácsi-hegyi kőbánya megnyitásának sürgősségére, tekintettel arra, hogy Zalahaláp 5—6 év múlva kimerül. Hasonló sürgősséggel foglalkozni kell a Karancs-i bánya megnyitásával is. *Kovács Jenő* (Északmagyarországi Kőbánya V.) hozzászólásában rámutatott arra, hogy a szobi kőbánya kevés intézkedés foganatosításával mintegy 60% minőségi zúzalék termelésére lenne képes.

Az előadók részletesen válaszoltak a vita folyamán felvetődött kérdésekre. Végül az elnöki tisztelet betöltő *Erdély Imre* zárószavában megállapította, hogy az előadók fontos témát tárgyaltak és a vita folyamán főleg két felfogás csapott össze. Az egyik az Egyesülés által képviselt vállalatok felfogása, amely bel- és külföldi tapasztalatok, szakirodalmi dokumentáció és gépgyári prospektusok alapján gyors megoldást keres a problémákra, a másik a kutatók óvatos, kísérleti bizonyítékokat kívánó felfogása. A rendkívül tanulságos vita az említett két szervezet szorosabb együttműködésének szükségességére hívja fel a figyelmet. (E. I.)

\*

Március 16-án *Lukich Gyula* gépészmérnök tartott előadást „a termogenerátor alkalmazásának tapasztalatai a teskándi téglagyárban” címmel. Az előadó ismertette a termogenerátor beépítési körülményeit, valamint annak előzínényeit. Gyakorlati adatokkal támasztotta alá a termogenerátor beépítésének gazdaságosságát, mely mind mennyiségileg, mind önköltségileg egyaránt előnyös volt. Az előadásra 27 fő vett részt.

\*

*Győr megyei csoportunk* március 5—6-án kétnapos továbbképző tanfolyamot rendezett a művezetők részére, melynek során a gyártásszervezéssel, minőség- és szabványismeretekkel, gyártástechnológiával, valamint jogi és közgazdasági problémákkal foglalkoztak, téglaiipari vonatkozásban. A tanfolyamon 22 fő vett részt, az előadók valamennyien egyesületünk tagjai voltak.

# Vizsgálatok! Szakvélemények! Konzultációk!

Szilárdságvizsgálatok

Alakváltozás-mérések

Repedésvizsgálatok

Nyomás- és terheléspróbák

Süllyedésmérések

Modellkísérletek

Kőzet- és talajmechanikai vizsgálatok

a BÁNYÁSZATI KUTATÓ INTÉZET

Kőzetmechanikai Osztályán

Budapest III., Mikoviny Sámuel u. 2—4.

Telefon: 687-260/185



## Vadásziné Németh Magda

üvegtervező kiállítását ez év március 25-től április 4-ig láthattuk az Üvegipari Művek bemutatótermében

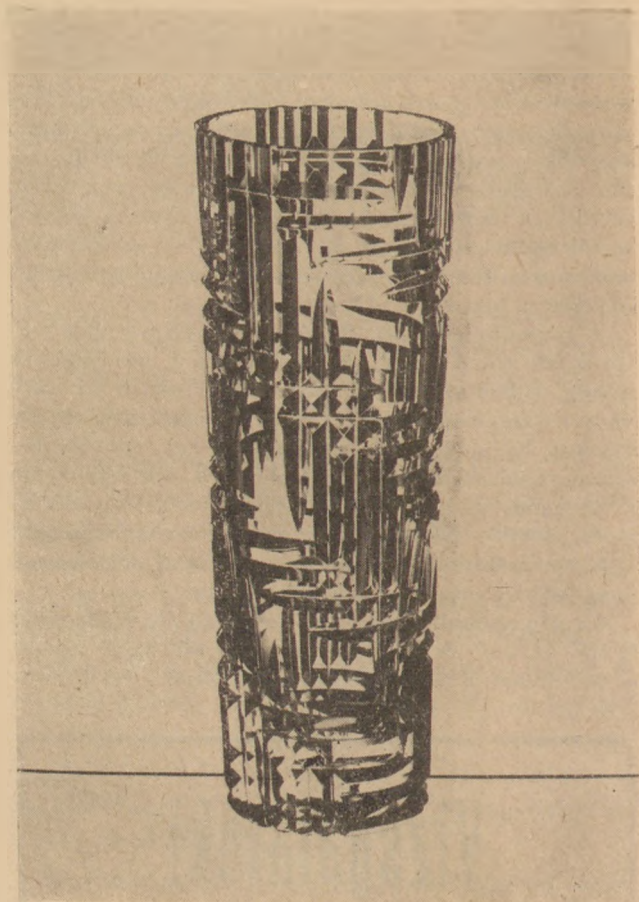
Egy évtized alkotómunkásságát összegezi a kiállítás néhány reprezentatív darabja.

Pályája kezdetén sok nehézséggel kellett megküzdenie, míg a szakma gyakorlati fortélyát elsajátította. Ma már elmondhatjuk, hogy mindent tud, amit egy finom háztartási üveggel dolgozó, forma- és dekortervező iparművésznek tudnia kell. Fejlődését díjnyertes pályamunkák és oklevelek jelzik. 1964-ben elnyerte a BNV az „év legszebb terméke” pályázatát — légies kivitelezésű, modern formájú, ametiszt kehelyszériájáért. 1968-ban I. díjat kapott az Üvegipari Művek pályázatán és a Szilikátipari Tudományos Egyesület pályázatán.

A művészt és célszerűt biztos kézzel ötvözi egységes kompozícióvá. Az Ajkai Üveggyárban szerzett gyakorlat tükröződik a praktikus és mégis csodálatosan szép ivóedényeken, szerviz- és díszműárakon.

Amikor szívből gratulálunk a szép kiállításért, kívánjuk, hogy továbbra is ilyen hivatásszeretettel folytassa munkáját, mely elismerést és megbecsülést hoz mind neki, mind az Ajkai Üveggyárnak, ahol az általa tervezett darabokat nagyon szépen és sok gonddal kiviteleztek. Ezért a gyárnak külön is gratulálunk!

*P. L.*





## Külföldi konferencia-hírek

A Lipcsében, 1969-ben lezajlott konferencián, amelyet az Építészeti Főiskola (Hochschule für Bauwesen) fennállásának tizenöt éves jubileuma alkalmával rendezett, több tagtársunk tartott előadást. A konferencia „Zerstörungsfreie Prüf- und Meßtechnik für Beton und Stahlbeton” — A beton és vasbeton roncsolásmentes vizsgálata és mérése — címet viselte és két szekcióban végezte munkáját.

Összesen 48 előadás hangzott el és pedig 21 referátum foglalkozott a mechanikai rezgések felhasználásával végrehajtott vizsgálatokkal, 15 előadás a nagyenergiájú sugárzással, 5 referátum a nedvesség mérésével, végül 7 a kombinált vizsgálati eljárásokkal.

Magyar részről *Bretz Gyula* és *Székely Ádám* közös előadásban a bauxitbeton-építmények roncsolásmentes vizsgálatáról számoltak be, míg *Galamboš Sándor* a bauxitbetonkorrozóió egyes kérdéseivel foglalkozott, *György László* újszerű röntgen- és gammasugarakkal végrehajtható mérésekről beszélt, *Tóth Béla* pedig az építőipari minőségellenőrzésről.

Az izléses kiállítású *Tagungsbericht 1969* ismerteti az előadásokat, amelyeknek részleteibe helyszűke miatt magunk nem bocsátkozunk. Ámde meg kell állapítani, hogy a konferenciának már merőben nemzetközi jellege is érdekességet kölcsönzött. Franciaországot *J. Paquet* képviselte a beton rugalmasságának kérdésével foglalkozó előadásával; Ausztriát *E. Frevert* és *F. Mühlberger*, akik a beton cementtartalmának roncsolásmentes megállapításáról szoltak; Nyugatnémetországból jelen volt és előadást tartott *Rainer Prikartz* (Aachen), *W. Schwaderer* (Stuttgart), aki az utak ultrahanggal végzett vizsgálatáról beszélt, és *N. V. Waubke* (Braunschweig), akinek előadása a hidraulikus építőanyagok szilárdulási folyamatának ultrahangos ellenőrzésével foglalkozott.

A Szovjetuniót nem kevesebb mint kilenc előadás képviselte. Jelen voltak *M. Lescsinszki* Kievből, aki a könnyűbeton különböző roncsolásmentes vizsgálati módszereinek egybevetéséről szolt, *V. N. Morscsicsin* (Leningrád) előadása: A beton rugalmassági modulusának megállapítása hangimpulzussal, *V. V. Szudakov* (Leningrád), *A. Kudzysz* (Kaunas) előadása: Vasbetonszerkezetek betonszilárdságának közvetett meghatározása, továbbá *L. M. Ananjev*, *V. A. Vorobjev*, *J. J. Havkalov*, *V. L. Tsahlov*, *V. L. Jaroszlavcev* Tomszkból. Közös előadásuk az építmények és szerkezetek betatronos roncsolásmentes vizsgálatáról szolt, és *V. A. Vorobjev*, *J. D. Havkalov* és *V. D. Jaroszlavcev* második előadása is rokon tárgykörből vette témáját. *A. A. Guszev* (Leningrád) a magsugárzás kérdésével foglalkozott, *A. I. Jakovlev* és *J. D. Markov* (Moszkva) közös előadása pedig az adalékanyagok nedvességtartalmá-

nak radiometrikus vizsgálatával, míg *A. I. Jakovlev* önálló referátumának témája a betonminőség gamma-abszorpciós vizsgálata volt.

*A. Beshai* (Kairó) előadása a könnyűbeton nyomás következtében mutatkozó szekezeti változások ultrahangos megállapításáról szolt. Az előadó a drezdai műszaki egyetem aspiránsa, aki — hazáján kívül — ilyenformán a Német Demokratikus Köztársaságot is képviselte, sokadmagával: Dresden, Leipzig, Weimar, Berlin és több más német város tudományos intézményei küldték a konferenciára az előadók zömét, akiknek felsorolását mellőztük. Emellett a lengyel tudományos élet is elküldte számos képviselőjét. *Martha Dohnalik*, *Eugeniusz Leszki* és *Kazimierz Flaga* (Kraków) közös előadása a szilárdulási folyamatok ultrahangos vizsgálatával foglalkozott, míg *Flaga* és *Dohnalik* közös referátuma az ultrahangos korrózióvizsgálatokkal és *A. Soldrowski* (Katowice) az alapgyödrök tömörítésének radiometrikus vizsgálatáról adott elő.

A csehszlovák delegációból felemlítjük *T. Jávor* (Bratislava) nevét, akinek előadása a VUIS-608 készülékkel való roncsolásmentes vizsgálatokkal foglalkozott, továbbá *A. Hönlig* és *Ludmilla Pospisilova* (Brno) előadását.

A román delegáció különösen népes volt és számos előadással szerepelt a konferencia programján. *R. Jones* (Berks) és *J. Facaoaru* (Bukarest) RILEM-kérdésekkel foglalkoztak közös referátumukban. *Facaoaru* és *Stamate* (Bukarest) kombinált betonvizsgálatokról adtak elő. *C. Arram* és *F. Gobesz* (Temesvár) a vasbetonépítmények radiografikus vizsgálatáról beszéltek, *E. Stanescu*, *M. Schwartz* és *Al. Militaru* (Bukarest) előadása egy radiometrikus készülékről szolt, míg *Stanescu*, *Militaru* és *I. Ivanov* közös referátuma rádióizotópok felhasználásával foglalkozott földgátak minőségének megállapításakor, végül *I. Apostel* és *M. Onescu* (Bukarest) közös referátuma vékony betonrétegek nedvességének neutronokkal való vizsgálatát választotta témául.

A konferencia szervezője prof. dr. *Erwin Pohl*, a főiskola fizikatanszékének vezetője volt, aki maga is előadást tartott, s akinek érdeméül tudható be a konferencia példamutató rendezése és nemzetközi sikere.

*Soltész Gáspár*

### Új olesó betonsablon kenőanyag

A British Solrent Oils Ltd. „Extracon” elnevezés alatt új kenőanyagot hozott forgalomba, mely a cementkötéskeletkező hidroxidokkal reakcióba lépve biztosítja a betonelem tökéletes elválását a sablon anyagától.

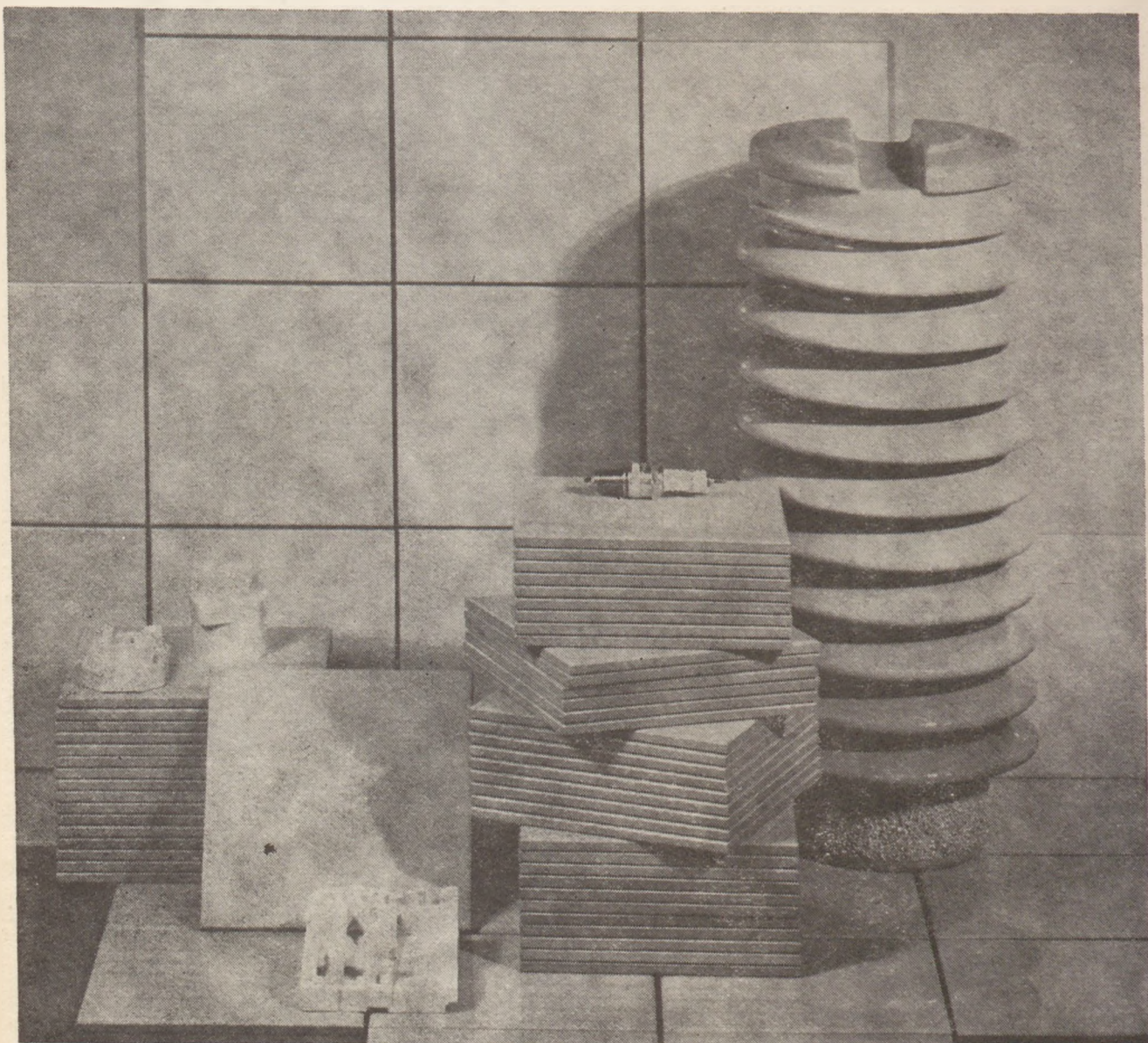
Az anyag jól szórható és 25 m<sup>2</sup>/liter takarást garantálnak, de ennél jóval több (62 m<sup>2</sup>/liter) és elérhető. A sablonok utólagos tisztítása teljesen kiküszöbölhető, rozsdásodást az anyag nem okoz. Párolgása a szokásos szóró olajokénál kisebb és teljesen sima, foltmentes felületet eredményez, melyre a festék, tapéta stb. jól tapad.

A BITN 1969. augusztusi tájékoztatója nyomán.

K. R.



# Porlasztó Száritás



## KERÁMIAI ANYAGOK

**NIRO**  
**ATOMIZER**

NIRO ATOMIZER R. T.

Kopenhága . Gladsaxevej 305 . DK-2860 Soeborg . Dänemark (Dánia) . Tlf. (01) 69 10 11 . Telegram: Atomniro . Telex: 5603