

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK



Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Anyagtudomány

Felsőoktatás

Hírmondó

149. évfolyam

2016/5-6. szám



Jó szerencsét!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

TARTALOM

Vaskohászat

- 1 **Tardy Pál:** Súlyos kihívások előtt az EU és hazánk acélipara
 8 **Csehil György:** A diósgyőri nyersvasgyártás története. 1770–1926–1952. I. rész
 12 **Drótos László – Lóránt Károly:** Az egykori diósgyőri és ózdi állami vas- és acélgyárak szerepe a magyar ipar fejlődésében

Öntészet

- 15 **Dargai Viktória – Polzin, Hartmut – Varga László:** Öntődei homokok granulometriai tulajdonságainak meghatározása dinamikus képelemzéssel
 18 **Futás, Peter – Pribulová, Alena – Nižník, Štefan – Dúl, Gabriel – Varga László:** A betétanyag acélhulladék-tartalmának hatásai a lemezgrafitos öntöttvas minőségére
 21 Szakmai konferencia a Magyarmet Kft.-nél
 22 Nándori Gyula professzor sírjának köszörúzása
 22 Testvérlapjaink tartalmából

Fémkohászat

- 24 **Horváth Ákos – Antal Árpád:** A tűzihorganyzás a szénacélok felületvédelmének legelterjedtebb fémbevonatos módszere
 33 **Paksa Rudolf:** Az ajkai alumíniumkohó története 1943–1991

Anyagtudomány

- 36 **Verő Balázs – Janó Viktória – Csizmazia János – Ifj. Győri Imre – Laub Ádám – Réger Mihály:** A tiszta fémek öntvényeinek dermedése
 47 **Rontó Viktória – Sycheva, Anna – Svéda Mária – Benke Márton – Pekker Péter – Cora Ildikó – Fazakas Éva:** Az óntvözes hatása a Ti60(Ni_xCu_{40-x})₄₀ ötvözet amorfképző képességére
 51 Kaptay György akadémiai székfoglalója

Felsőoktatás

- 54 Beszélgetés dr. Bárczy Pál professor emeritussal 75. születésnapja alkalmából
 57 Lélekharangot avattak a Miskolci Egyetemen
 58 Miskolci Egyetem hírei 2016. augusztus–szeptember

Hírmondó

- 59 **Paksa Rudolf:** Az 1956-os forradalmi események az Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohóban
 61 XXIII. szigetközi szakmai napok, 2016
 62 Köszöntések
 64 Nekrológok

Öntészet rovatunkat az 1950-ben indított és 1991-ben megszűnt önálló szaklap, a BKL Öntőde utódjának tekintjük.

FROM THE CONTENT

Tardy P.: Hard challenges facing the steel industry of the EU and Hungary ... 1

A new trend has been started in global steel industry: its dynamic growth declined resulting in excess capacities and low steel prices. Competitiveness of the EU steel industry can not any more maintained by its up-to-date product structure and innovation ability. Some EU regulations increase the costs and trade defence is weak and slow, so protection against low price import is ineffective. It is suffering now from one of the largest crisis of its history. The steel industry in Hungary is hit by the same problems. Its position is worsened by the lack of up-to-date steel products required by steel users recently. Its production capacity is much smaller than domestic demand. So, the share of import is ~ 80 % in consumption. Knowing the plans on industrialization of the economy its stabilization is of strategic importance.

Dargai V. – Polzin, H. – Varga L.: The Determination of the Properties of Foundry Sands with dynamic Spectral Analysis ... 15

The granulometric properties of foundry sands with different grain sizes and granular structures were determined using standard grading analysis and dynamic spectral analysis. The results of the two analyses were compared and the reasons behind their differences were revealed.

Futás, P. – Pribulová, A. – Nižník, Š. – Dúl, G. – Varga L.: The elimination of unfavourable influence of the steel scrap in the charge on the cast iron quality ... 18

The charge material, especially its steel scrap content, has a strong influence on the quality of grey iron. With melting in electric furnaces, steel scrap is used to produce cast iron, mainly for economic reasons. Its capability of increasing the hardness and strength of cast iron has already been documented. However, the influence of the steel content of the charge on the final quality of the cast iron and on its properties are still unexplored issues. Also, the effects of the nitrogen content on the properties is still unknown. Therefore, the examination of the influence of high amount of steel scrap in the charge on the quality of cast iron is substantial.

Horváth Á. – Antal Á.: Hot dip galvanizing as the most prevalent metal coating technique for surface protection of carbon steels ... 24

Based on their practical experience of several decades the authors from Dunaujváros, Hungary review the efficiency and advantages of the zinc coating batch type and continuous technologies used for the corrosion protection of carbon steels. The fundamental corrosion phenomena of iron and zinc in air are also presented in the introduction, and the properties of the hot dip galvanized products as well as the most important technological details of the zinc coating processes in practice are discussed at length.

Verő B. – Janó V. – Csizmazia J. – Ifj. Győri I. – Laub Á. – Réger M.: Solidification of pure metals casts ... 36

The goal of this paper is to discuss the solidification of pure metals casts in its progress considering to fundamental metallurgical principles. The first one is the growth law of the solidified shell of the cast and the second one is a thermodynamically principle which means that the driving force of the dendritic growth ΔG must increase move off the solidification front to the centre of the cast.

Considering the above mentioned principles we can explain the conditions separating the three microstructural zones of the casts.

Rontó V. – Sycheva, A. – Svéda M. – Benke M. – Pekker P. – Cora I. – Fazakas É.: Effect of Sn addition on glass forming ability of Ti60(Ni_xCu_{40-x})₄₀ alloys ... 47

Sn (0.5, 1 at%) was added to a previously examined alloy series Ti₆₀(Ni_xCu_{40-x})₄₀ and the microstructure of the master alloys and rapidly cooled samples by centrifugal casting was investigated. 0.5 at% Sn caused noticeable change neither in the microstructure of the master alloys nor the wedge samples. Adding 1 at% Sn to the basic alloys, the full eutectic composition shifted to lower Ni content and an extra Ti rich phase formed in Ni5 (+1Sn) sample. Wedge samples became crystalline, only in sample Ni10 (+1Sn) a small amount of amorphous phase was noticed at the tip of the wedge by XRD analyses.

- **Szerkesztőség:** 1051 Budapest, Október 6. utca 7., III. em. • **Telefon:** 06-1-201-7337 •
- **E-mail:** bkl.kohaszat@gmail.com •
- **Felelős szerkesztő:** Balázs Tamás •

- **A szerkesztőség tagjai:** dr. Buzáné dr. Dénes Margit, dr. Harcsik Béla, dr. Klug Ottó, dr. Kórodi István, Lengyelné Kiss Katalin, Schudich Anna, Szende György, dr. Tardy Pál, dr. Török Tamás •

- **Kiadó:** Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület • **Felelős kiadó:** dr. Nagy Lajos •
- **Nyomja:** Press+Print Kft. 2340 Kiskunlacháza, Gábor Áron u. 2/a • **HU ISSN 0005-5670** •

Belső tájékoztatásra, kereskedelmi forgalomba nem kerül. • A közölt cikkek fordítása, utánnyomása, sokszorosítása és adatrendszerekben való tárolása kizárólag a kiadó engedélyével történhet. •

Internetcím: www.ombkenet.hu/bkl/kohaszat.html

TARDY PÁL

Súlyos kihívások előtt az EU és hazánk acélipara

A világ acéliparában trendváltás zajlik: lelassult növekedés, nagy felesleges kapacitások, drasztikus esés a termékek árakban. A korszerű termékszerkezet és nagy innovációs képesség már nem elegendő az EU acélipar versenyképességének fenntartásához. Több EU-szabályozó növeli költségeit és gyenge piacvédelmi rendszere miatt nem tud az olcsó import ellen hatékonyan védekezni. Emiatt történetének egyik legsúlyosabb válsághelyzetébe jutott. A hazai acélipart ezek a problémák ugyanúgy sújtják. Helyzetét rontja, hogy termékszerkezetéből hiányoznak a felhasználók által igényelt értékes, korszerű termékek. Kapacitása sokkal kisebb a hazai felhasználásnál. Az import részaránya a felhasználásban 80% körüli. Stabilizálása az iparosítási program ismeretében stratégiai fontosságú.

1. Bevezetés: globális kitekintés

Az acélipar globális termelésének alakulását, a 2025-ig tartó előrejelzést is figyelembe véve az 1. ábra szemlélteti. Eszerint a fejlődés jelentős, de korántsem egyenletes volt. A termelés növekedésében négy szakaszt lehet különböztetni:

- 1950–1975 között a háború utáni újjáépítés és az erősödő gazdaságok igényeit figyelembe véve intenzíven (20-30 Mt/év, ~ 5%) nőtt a termelés;
- az 1. olajválságot követően a növekedés üteme lelassult (6-8 Mt/év, ~ 1%);
- 2000 és 2013 között újabb intenzív növekedés következett (70-100 Mt/év, 6-7%);
- az utolsó két évben a növekedés lelassult (2015-ben már csökkenés volt), és az elkövetkező évtizedben a 2. szakaszhoz hasonlóan az előrejelzések szerint igen alacsony (1-1,5%-os) szinten marad.

Az acéltermelés dinamikus növekedését az elmúlt évtizedben – elsősorban Kínában – csak a kapacitás növelésével lehetett elérni. A tartós, erős keresletben bízva az ezredforduló után számos helyen jelentősen növelték a kapacitást.

A növekedési ütem 2014-ben bekövetkezett csökkenése, különösen pedig 2015-ös visszaesése miatt nőtt a

kihasználatlan kapacitások nagysága, ami jelenleg 600–700 Mt-ra tehető. Ennek legnagyobb része (~ 400 Mt) Kínában van, ahol a korábbi trendben bízva még a közelmúltban is jelentős kapacitásbővítésekbe kezdtek. Kína acélexportja ennek következtében dinamikusan nőtt, és 2015-ben meghaladta a 100 Mt-t.

A felesleges kapacitások növekedése értelemszerűen jelentős túlkínálatot eredményezett az acélpiacon, aminek eredményeként drasztikusan csökkent az acéltermékek ára (2. ábra).

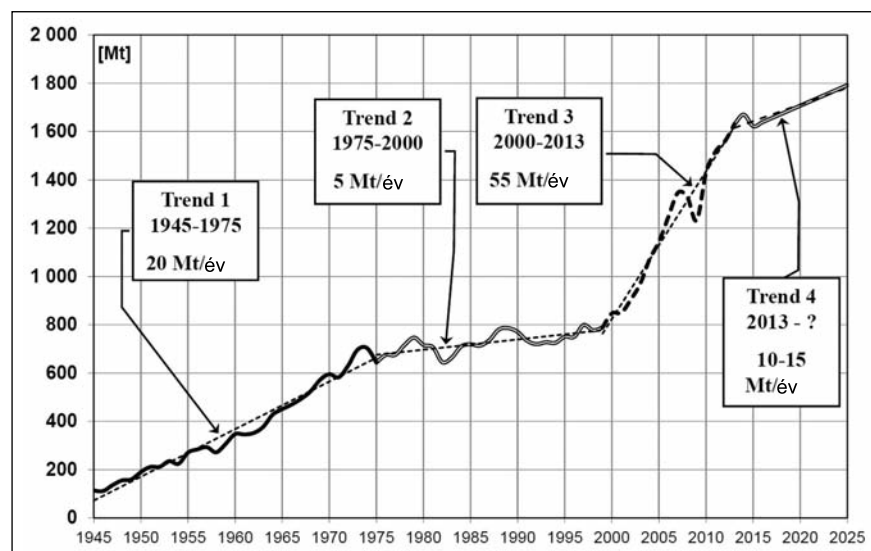
Különösen fájdalmas, hogy a Du-naferr fő termékének, a melegen hengerelt tekercsnek az ára 2016 elején kevesebb, mint a fele volt a 2011 elején tapasztalt áraknak.

Ezzel párhuzamosan ugyan a bétanyagok ára is esett, de ez nem tudta ellensúlyozni az acélárak csökkenését: az acélipari vállalatok jövedelmezősége világszerte romlott. A következőkben látható, hogy a kialakult helyzetnek milyen következményei vannak az EU és hazánk acéliparára nézve.

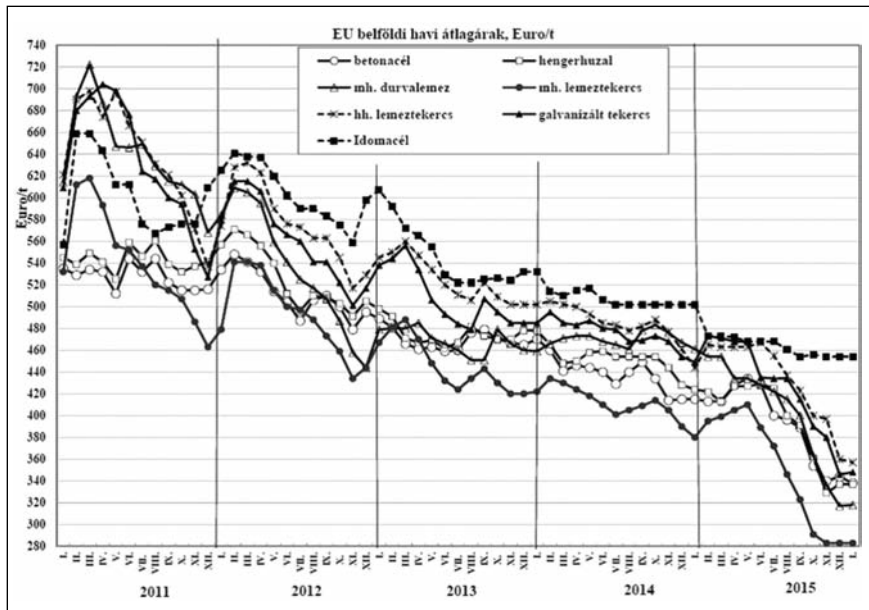
2. Az acélipar helyzete és kilátásai uniós szinten

Ismeretes, hogy az acélfelhasználás és a gazdasági növekedés között szoros összefüggés van. Ez ma az EU acéliparának egyik fő problémája: az EU gazdasága a meghatározó versenytársaknál lassabban heverte ki a válságot.

Az EU acélfelhasználásának alakulása összhangban van a GDP változásával: míg a legtöbb régióban/or-



1. ábra. A globális acéltermelés alakulása 1945–2025 között



■ 2. ábra. Az acéltermékek árának alakulása az EU-ban

szágban már 2015-ben meghaladta a válság előtti szintet, az EU-ban 2015-ben még mindig csak 75%-a volt a 2007 évi szintnek. Az EU acélfelhasználásának súlya a globális felhasználásban ennek megfelelően visszaesett: 2007-ben még 16,5%-ot, 2015-ben pedig már csak 9,3%-ot tett ki.

2.1. Az EU acéliparának fő jellemzői

Az EU acélipara műszaki szempontból jobb a világ átlagánál: kisebb a fajlagos anyag- és energiaigénye, a berendezések korszerűsége és állapota általában élenjárónak tekinthető, termékszerkezetére a nagyobb hozzáadott értékű termékek átlagnál magasabb részaránya jellemző. Az egy foglalkoztatottra eső termelési érték magas, innovációs képessége kiemelkedő, ami egyebek között az EU K+F programjainak, valamint saját kutatási alapjának (Szén és Acél Kutatási Alap) köszönhető.

Az acélipar betétanyagai közül a vasércet és a kokszolható szenet csaknem teljes egészében importból kell biztosítani; ez a válságot megelőző években esetenként súlyos gondot jelentett, azóta viszont mindkét betétanyagból jó a kínálat és alacsonyak az árak. Acélhulladékból az EU viszont nettó exportőr.

Az acéliparnak nagy az energiaintenzitása: az egységnyi termékre eső energiafelhasználás. Az energiahordozók legnagyobb részét szintén impor-

tálni kell. Itt érdemes felhívni a figyelmet arra, hogy az USA energiaárjai jelenleg kb. 30-40%-át teszik ki az Unió árainak, ami főleg a tárgyalási fázisban lévő transzatlanti megállapodás realizálódása esetén veszélyeztetheti az EU acéliparát.

2.2. Az EU és hazánk acéliparának versenyképességét befolyásoló speciális tényezők

Az EU és hazánk acéliparának nemzetközi versenyképességét több olyan tényező veszélyezteti, amelyek az EU belső szabályozási rendszeréből következnek. A legfontosabbak a következők:

- rendkívül szigorú (a versenytársakénál sokkal szigorúbb) klíma- és környezetvédelmi követelmények;
- gyenge, lassú piacvédelmi lehetőségek az olcsó acélimport ellen.

a. Az EU klímapolitikája

Az EU klímapolitikájának meghatározó eleme – mint ismeretes – az emissziókereskedelmi rendszer (ETS – EU's Emissions Trading Scheme), amelynek keretében meghatározott feltételek mellett kereskedni lehet a CO₂-kibocsátási kvótákkal. Kialakításával az volt a cél, hogy piaci eszközökkel vegyék rá a kibocsátókat az üvegházhatású CO₂-kibocsátás csökkentésére. Az ún. érzékeny iparágak (amelyek különösen érzékenyek a világgia-

árak alakulására) bizonyos mennyiségű kvótát ingyen kapnak; köztük van az acélipar is.

Az azóta eltelt idő tapasztalatai alapján azonban megállapítható, hogy a rendszer nem érte el a kitűzött célt. A kvótaárak 2005 óta igen nagy mértékben ingadoztak, a válságot követően pedig alacsony szinten stabilizálódtak, aminek egyik oka az EU acéltermelésének visszaesése miatt kialakult túlkínálat a kvótapiacon. Az alacsony (néhány euró/t) kvótaár nem ösztönzi a vállalatokat a kibocsátásuk csökkentésére.

Ennek ismeretében az Európai Bizottság módosítani kívánta a 2012-2020 közötti kereskedelmi rendszer feltételeit. Fontos, hosszútávú változás, hogy az ingyenes kvóták mennyiségét benchmark alapon (fajlagos kibocsátási adatok technológiaként) kell meghatározni. Ugyancsak lényeges változás, hogy a villamos erőművektől fokozatosan megvonják az ingyenes kvótákat [2].

Mindkét változás súlyosan érinti az acélipart: a közzétett acélipari benchmark-adatok irreálisan alacsonyak (kisebbség az EU-ban elért legkisebb fajlagos kibocsátásoknál), másrészt a villamos erőművek áthárítják növekvő kvótaköltségeiket a felhasználóikra, így az acéliparra is.

Mivel az EU továbbra is a klímavédelem éharcosa kíván maradni, ezért a 2020–2030 közötti periódusra további lényeges változások bevezetését tervezi. Az Európai Bizottság végül 2015 július közepén döntött az új ETS-irányelvekről. Ezek bevezetése után a kvótaárak jelentősen nőni fognak, ráadásul a teljesíthetetlen benchmark-előírások miatt az acélipar egyre növekvő mennyiségű kvótát kényszerül majd vásárolni a kvótapiacon. Az acélipar CO₂-kibocsátással kapcsolatos költségei emiatt lényegesen nőni fognak. Az ECOFYS számításai szerint az acélipar fajlagos költségei 2030-ig elérhetik a 40-45 euró/t nyersacélértéket, ami az amúgy is gyenge jövedelmezőséget tovább rontja [3].

b. Környezetvédelmi politika

A klímapolitika mellett az EU környezetvédelmi politikájának folyamatos szigorítása az acélipar egyik legnagyobb gondja. A legfontosabb eleme-

ket az alábbiak foglalják össze.

Mivel a környezetterhelés jelentős része az iparból származik, az Európai Bizottság 2007-ben döntött arról, hogy a nagy környezetterhelést okozó berendezések szennyezőkibocsátásának csökkentésére a törvény erejét is kihasználja. Az Ipari Emissziós Direktíva (Directive 2010/75/EU) 2011 januárjában lépett életbe, és a tagállamoknak 2013. január 7-ig kellett átültetni saját jogszabályaikba [4]. A Direktíva alá eső vállalatoknak integrált környezetvédelmi működési engedélyt kell szerezni az illetékes hatóságoktól (összesen mintegy 50.000 vállalat, köztük az acélipari vállalatok).

A környezetvédelmi engedély kiadásának feltételei közé tartoznak bizonyos kibocsátási határértékek, amelyek a Legjobb Elérhető Technikákon (Best Available Techniques, BAT) alapulnak [5].

A közelmúltban elfogadott rendeletek közül a Tiszta Levegőt Európának [6] és az új Nemzeti Kibocsátási Adatok [7] teljesítése annak ellenére is jelentős erőfeszítéseket követel meg az acélipartól, hogy az elmúlt évtizedekben igen jó eredményeket értek el ezen a területen.

A Körkörös Gazdaság program meghirdetése az acélipar szempontjából kevésbé kritikus, mert a hulladékok (köztük az acélhulladék) hasznosítása területén számos más ágazatnál kedvezőbb helyzetben van. Ugyancsak profitálhat az acélipar az életciklusvizsgálatok jelentőségének növekedésével; itt is elsősorban az jelent előnyt, hogy az acélhulladék betétanyagként való alkalmazásával az egyszer előállított acél többször is használható.

c. Piacvédelem

Az acélpiacon kialakult feszültségeket számos ország acélipari vállalatai az export növelésével próbálják ellensúlyozni; a piacvédelemnek ebben a helyzetben különösen nagy a szerepe. Az EU piacvédelmi rendszerének hatékonysága azonban sokkal gyengébb a versenytárs országokénál: a dömpingeljárás rendkívül lassú és bonyo-

lult. Modernizálásán, hatékonyságának növelésén a közelmúltban kezdtek dolgozni; ez a folyamat azonban az EU közismerten lassú döntéshozatali eljárása miatt még soká tarthat.

2016 elején az acélimport növekedése (24% az előző év hasonló időszakához képest) messze meghaladta az acélfelhasználás növekedését, így a vállalatok eladási lehetőségei a belső piacon beszűkültek.

d. Állami beavatkozás az acélipar védelme érdekében

Az EU az acélipar reorganizációja kapcsán, az 1980-as években szigorú tiltást vezetett be az acélipari vállalatok állami támogatására. Az EU szigorú tiltása egyoldalú, hiszen a világ számos kormánya közvetve vagy közvetlenül támogatja az acélipart.

A környezetvédelem és a klímapolitika területén hozott új szabályozók jelentős többletterhet eredményeztek az acélipari vállalatoknál, ezért a közelmúltban szigorúan meghatározott feltételek mellett ezeken a területeken lehetővé tették az állami beavatkozást (a költségek, ill. azok egy részének biztosítását).

Az acélipar stratégiai fontosságát és a foglalkoztatásban betöltött jelentős szerepét figyelembe véve az Európai Bizottság 2013-ban kezdett intenzívebben foglalkozni a bajba jutott acélipar helyzetével; ennek eredménye lett az Acélipari Akció Terv.

Az eddigi eredményeket áttekintve megállapítható, hogy a piaci problémák megoldása érdekében nem sok minden történt; legnagyobb vita a klíma-

védelemmel volt kapcsolatos, ahol sikerült részeredményeket elérni.

A helyzet további, drámai romlása miatt 2015 novemberében az EU Versenyképességi Tanácsa újra foglalkozott az acélipar problémáival. Közleményük bevezető részében az alábbiakat állapították meg:

Az Unió acélagazata számára jelenleg nagy nehézséget jelent, hogy globális szinten túl nagy gyártókapacitás áll rendelkezésre, ami egyrészt lenyomja az árakat, másrészt pedig versenytorzító intézkedések meghozatalára ösztönöz más régiókat. A magas energiaköltségek csökkentik a nyereséget. Ez üzemek bezárását eredményezi, ami pedig több ezer munkahely megszűnésével jár. A Tanács ezért egyetértett abban, hogy a helyzet súlyos, és hogy olyan konkrét lépésekre van szükség, amelyek biztosítják a modern európai acélagazat hosszú távú fennmaradását. Az EUROFER vezetőinek 2016. évi újratervezési üzenete hasonló megállapításokat tartalmaz (a levelet a BKL Kohászat 2016/1. számában közzé tettük) [8].

2.3. Az EU acéliparának összefoglaló értékelése

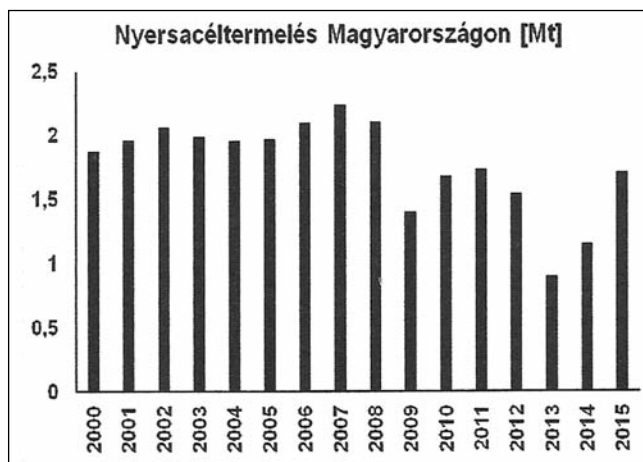
Összefoglalóan megállapítható, hogy az EU acélipara történelmének egyik legsúlyosabb válságát éli át. Az alábbi felsorolás mutatja az EU acéliparának erősségeit és gyengeségeit a potenciális versenytársakkal szemben.

Erősségek:

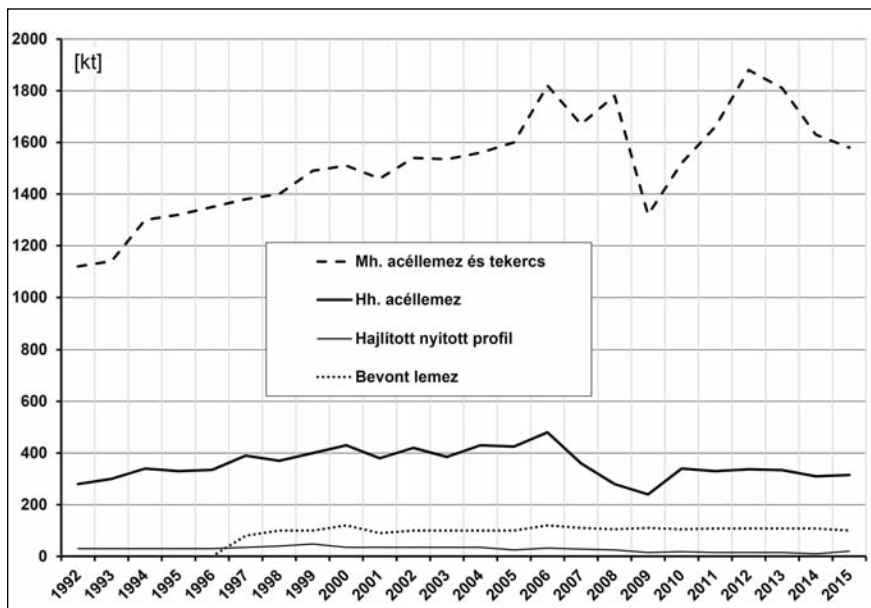
- élenjáró termelési technológiák és berendezések;
- korszerű, az ipar igényeihez illeszkedő termékszerkezet;
- nagy hozzáadott érték;
- élenjáró környezetvédelmi és klímavédelmi teljesítmény;
- erős innovációs képesség és teljesítmény;
- képzett, nagy hagyományokkal rendelkező munkaerő.

Gyengeségek:

- importkényszer alapanyagokban és energiahordozókban;
- kis növekedési potenciál;
- jelentős környezetvédelmi és klímavédelmi költségek;



3. ábra. A hazai nyersacéltermelés alakulása az ezredforduló után



■ 4. ábra. A lapostermékek termelése a rendszerváltás után

- magas bérköltségek;
- magas termelési költségek;
- gyenge, lassú piacvédelem.

Az acéltipar dinamikus fejlődésének időszakaszaiban az erősségek hatékonyan ellensúlyozni tudták a gyengeségeket. A globális acélpiac jelenlegi helyzete azonban az 1980-as évekhez hasonló válságtüneteket eredményezett. Ekkor az Unió programot dolgozott ki az európai acéltipar reorganizációjára, ami fájdalmas lépéseket tartalmazott: kapacitások leépítése, elbocsátások. Ezeknek végrehajtásához és a vállalatok versenyképességének tételéhez az EU, ill. a kormányok támogatást biztosítottak. Az 1990-es években, a reorganizáció befejezése után az Európai Bizottság megtiltotta a további állami támogatást, így jelenleg ennek hiányában kénytelenek az acéltipari vállalatok boldogulni.

3. A hazai acéltipar helyzete

3.1. Az acéltipar termelésének alakulása

Az ország nyersacél termelése fajlagosan (egy főre vonatkoztatva) mindig az európai átlag alatt volt, a rendszerváltás után pedig kb. a felére csökkent. Az EU elvárásainak engedelmeskedve vállalatunkat sorban privatizálták; a jelenlegi tulajdonosi szerkezet több lépésben – ezek közül eredményét tekintve több is sikertelennek

bizonyult – alakult ki. Ma két működő acéltipari vállalat van Magyarországon; az egyik (Ózdi Acélmű Kft.) német, a másik (ISD Dunafer Zrt.) ukrán-orosz tulajdonban van.

A hazai nyersacél-termelés az 1970-es évek közepén érte el maximumát (3,6-3,8 Mt).

A 3. ábra a nyersacél-termelés ezredforduló óta bekövetkezett változását mutatja be.

Az 1990-es évek ingadozásai után az ezredforduló elején 2 Mt körül stabilizálódott a termelés; ez a globális válság után 1,6-1,7 Mt körüli szintre állt be. A 2012 és 2013 évi alacsony értékek annak a következményei, hogy a Dunafer egy ideig egykörös üzemmódban dolgozott. A második kohó felújítása a közelmúltban fejeződött be, így az acéltermelés a korábbi szintre növekedhet.

A felesleges kapacitások ismeretében kiemeljük, hogy a hazai acéltipar termelés (2,8-3 Mt) nyersacél-fedezete (figyelembe véve a feldolgozás során keletkező hulladékot) 3,4-3,5 Mt; ennek kb. a fele a termelés, és a kapacitás sem nagyobb 2-2,2 Mt-nál. Ez azt jelenti, hogy Magyarország egyike azon ritka országoknak, amelyeknek sokkal kisebb a gyártókapacitása a felhasználásnál, így semmi nem indokolja annak csökkentését.

A lapostermékek termelése 2008-ig folyamatosan nőtt, majd a válság hatására visszaesett. Ezt a melegen

hengerelt termékeknel gyors növekedés követte, a feldolgozott termékeknel azonban nem volt ilyen mértékű javulás (4. ábra).

A hosszútérmekek esetében sokkal rosszabb a helyzet: a válság hatására a termelés kevesebb, mint negyedére esett vissza és napjainkban sem éri el a válság előtti szint felét (5. ábra). Ebben jelentős szerepe van annak, hogy a válság idején leállt a Diósgyőri Acélmű termelése és a vállalat felszámolási eljárás alá került. Ezzel megszűntek a nemesacélgégyártás feltételei hazánkban.

3.2. Az acéltipar felhasználás alakulása

A hazai gazdaság acéltipar felhasználása a rendszerváltást követő jelentős visszaesés után a globális válság kialakulásáig dinamikusan nőtt, és 2009-re megközelítette a 3 Mt-t. A válság hatására azonban csaknem megfeleződött ez a szint, de 2010 óta ismét dinamikusan emelkedik (6. ábra). Mára lényegében elérte a válság előtti szintet (mint láttuk, ez jobb az EU átlagnál, ami 75%-a volt a 2007 évi mennyiségnek).

A hazai acéltipar felhasználás szektoronkénti megoszlását vizsgálva megállapítható, hogy a legnagyobb felhasználó a járműipar (~32%); ugyanakkor a hasonló fejlettségű országokhoz képest rendkívül alacsony az építőipar részaránya (nálunk 15%, másutt 30-50%-ot tesz ki). Ez a hazai építőipar mélyrepülésének következménye: 2010-ben még 30% volt ez az arány. A hazai építőipar megindult és remélhetően gyorsuló növekedése minden bizonnyal el fogja tüntetni ezt az anomáliát.

Az acéltipar felhasználás öröndetes növekedése azonban eddig nem javította érdemlegesen a hazai acéltipar piaci helyzetét. Amint a 7. ábra mutatja, az import részaránya a felhasználásban már az ezredforduló elején 60% körül alakult, a válság után pedig tovább nőtt, és jelenleg 80% körüli. A lapostermékek esetében jelenleg ~70%, a hosszútérmekek esetében a válság óta rendszeresen 90% felett volt az import részaránya.

3.3. Az acél-külkereskedelem alakulása

A felesleges kapacitások miatt kiala-

kult túlkínálat mindenütt arra ösztönzi a vállalatokat, hogy a működés fenntartása érdekében növeljék exportjukat. Két nagyvállalatunknál is jól követhető ez a folyamat. A Dunaferri termelésének kb. a fele, az ÓAM Kft. esetében pedig kb. 70%-a exportra került az elmúlt évben. Az export döntő többsége EU tagországokba irányul.

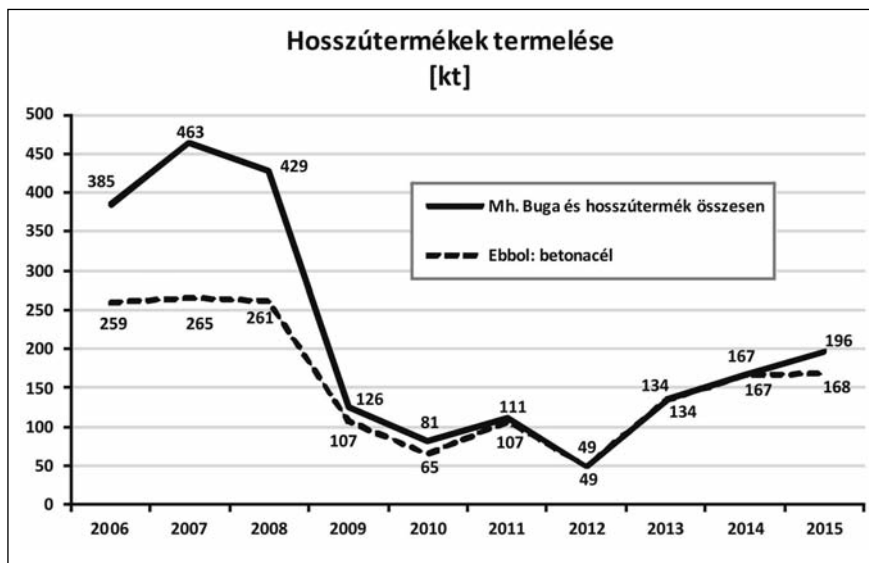
Vállalatainknál az exportbevételek 65-70%-át teszik ki az árbevételnek, azaz szerepük rendkívül nagy. Hozzá kell azonban tenni, hogy az EU-beli termékárak – ahogy az a 2. ábrán látható – a közelmúltban rendkívül nagy mértékben estek, így az export is inkább kényszer, mint profitteremtő tevékenység. Fontos azonban, hogy a kapacitás kihasználásában, a foglalkoztatás fenntartásában igen nagy az export szerepe.

A hazai vállalatok egyik legnagyobb problémája ma az országba beáramló olcsó acélimport, amellyel a hazai piacon sem tudnak versenyezni. Ez nemcsak hazánkra jellemző, hanem – mint láttuk – az egész Unió acélipara ettől szenved. Az okokat elemezve: az EU piacvédelmi rendszere gyenge és lassú. Az EU-tagság következtében hazánk nem alkalmazhat ettől eltérő, szigorúbb piacvédelmet; a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés ezért az európai acélipar érdekvédelmi szervezetét támogatja ebben az egyébként sok oldalról alátámasztott, de sok eredményt eddig nem hozó lobbimunkában.

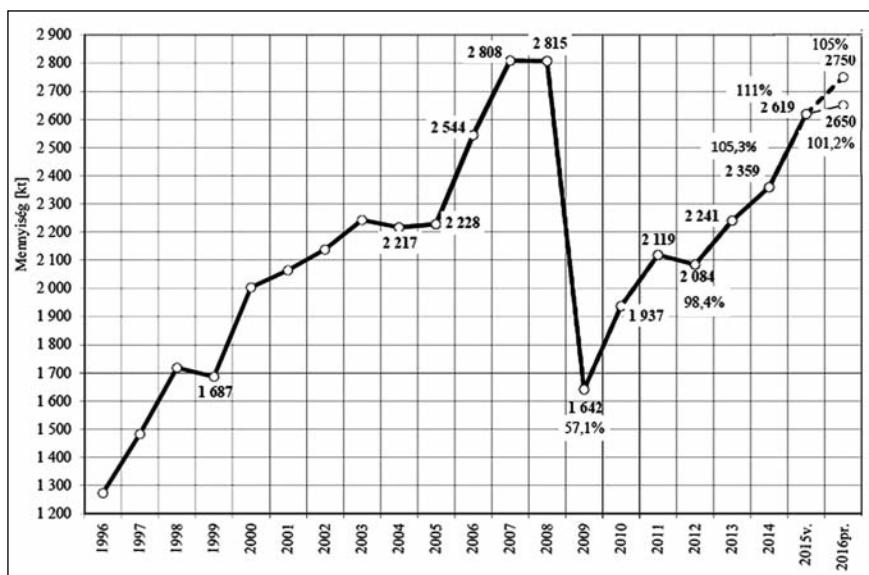
Az MVAE eddig egy lényeges eredményt tudott ezen a területen elérni: az érintett vállalattal és a hatóságokkal folytatott tárgyalások hatására a betonacélok területén bevezették a fordított ÁFA rendszerét (erre azért volt lehetőség, mert más országokban is bevezették). Hatására kb. 10%-kal csökkent az import részaránya a felhasználásban.

3.4. A vállalatok gazdálkodása

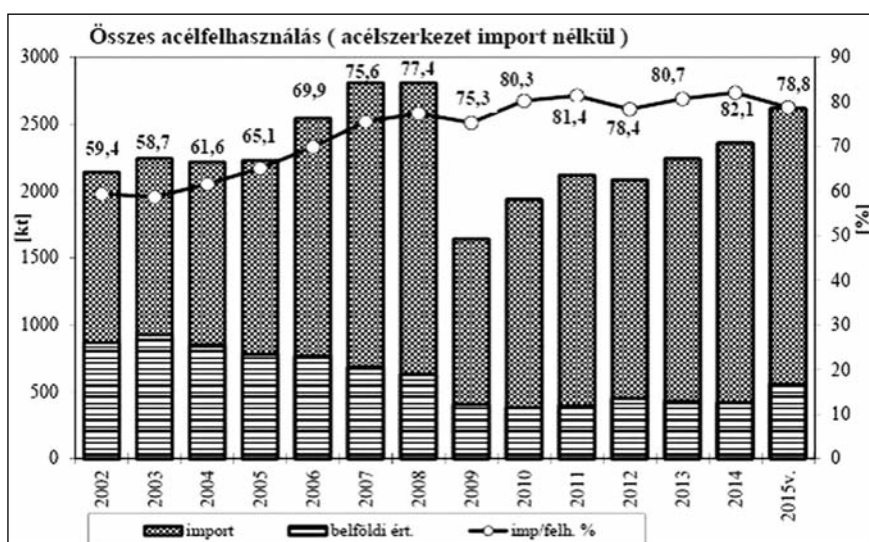
Hazai vállalataink eredményességét az EU acélpiacon kialakult helyzet döntő mértékben befolyásolja: rendkívül alacsony termékárak, nagy mennyiségben beáramló import, gyenge piacvédelem. A termékárak gyakran alacsonyabbak a termelési költségeknél, ami eleve veszteségesé teszi a termelést. A 8. ábra a melegen hengerelt táblalemez belföldi, export- és



5. ábra. A hosszútermékek termelése a rendszerváltás után



6. ábra. Az ország acélfelhasználásának alakulása



7. ábra. Az acélfelhasználás, ezen belül az import részarányának változása



■ 8. ábra. A melegen hengerelt lemeztermékek belföldi, export- és importárai

importárait mutatja be. Látható, hogy az exportárak alacsonyabbak, az importárak pedig magasabbak a belföldi eladási áraknál. Hasonló a helyzet a betonacéloknál. Két termelő nagyvállalatunk tevékenysége ennek eredményeképpen veszteséges lett.

3.5. Foglalkoztatottság, termelékenység

A termelési költségek között az acélipar esetében nem meghatározó, de jelentős tételt tesznek ki a bérköltségek. A hazai acélipar az 1970-es években kb. 80.000 embert foglalkoztatott; mára ez csekély töredékére esett vissza. Bár időközben a nyersacéltermelés is csökkent, de koránt sem olyan mértékben mint a létszám, ami arra utal, hogy a volumenben mért termelékenység (t/fő) jelentősen nőtt.

Az egy főre eső, értékben mért termelékenység a válság előtti időpontig jelentősen nőtt, majd a válsággal összefüggésben visszaesett; az ezt követő dinamikus növekedés eredményeképpen az egy főre eső bruttó termelési érték ma újra megközelíti a válság előtti szintet (9. ábra). A vállalatok versenyképessége szempontjából kedvezőtlen azonban az alacsony szinten maradó hozzáadott érték. Ez annak az eredménye, hogy a termékválasztékban igen magas a melegen hengerelt alaptermékek részaránya, és kicsiny a feldolgozott, nagyobb hozzáadott érték

ket képviselő termékeké. Ez ma a hazai acélipar egyik legnagyobb problémája.

3.6. A hazai acélipar termékválasztéka és a felhasználói igények

A hazai gazdaság legnagyobb tényleges és potenciális acélfelhasználója az ipari országokkal összhangban a járműipar, az építőipar és a gépipar. Ezek különböző acéltermékeket használnak; az acélipari vállalatoknak ezeket az igényeket kell kielégíteni. Néhány példa a felhasználói szektorok által igényelt acéltermékekre:

Járműipar

Az EU acéliparában a járműipar igényeit követve speciális, jól alakítható, nagyszilárdságú acélokat fejlesztettek ki a karosszéria súlyának csökkentésére a biztonsági előírások megtartása mellett. Számos acél alkatrész hosszútermékből, részben kovácsolással készül. Döntő többségük kiváló minőségű speciális nemesíthető, vagy betétben edzhető acél.

A hazai vállalatok jelenleg csak néhány, kevésbé kritikus alkatrész gyártására alkalmas acélterméket tudnak szállítani a járműiparnak.

A hazai acélipar nincs felkészülve sem karosszéria anyagok gyártására, sem nemesíthető acélok gyártására.

Gépipar

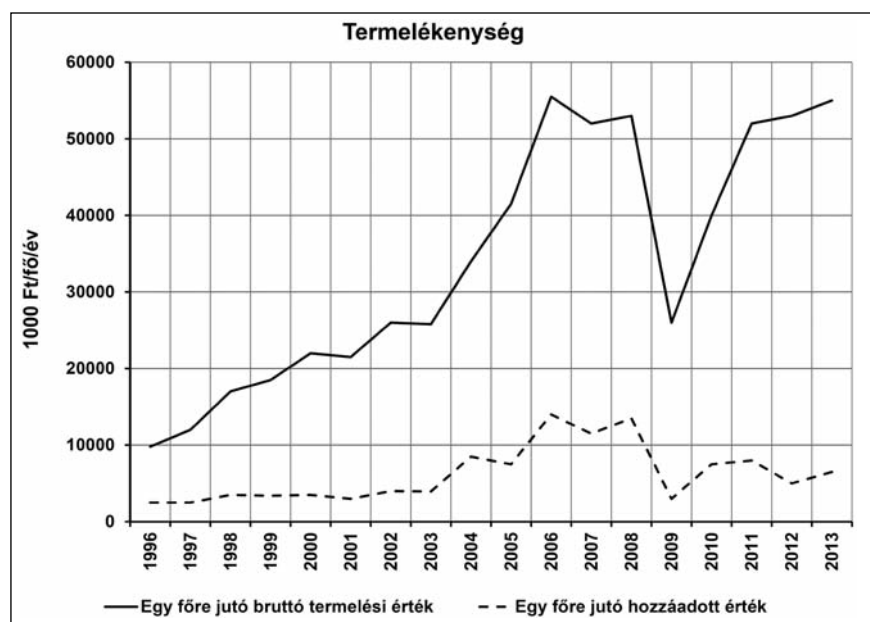
Az acélt elsősorban tengelyek, fogaskerekek, csatlakozó elemek, erőátviteli elemek, burkolatok készítésére használják.

A burkolóelemek melegen vagy hidegen hengerelt lapostermékekből készülnek, amit a hazai acélipar elő tud állítani.

Az egyéb gépszerkezeti elemek (fogaskerekek, tengelyek, erőátviteli alkatrészek stb.) döntően speciális nemesíthető acél hosszútermékekből készülnek, amelyek gyártására itthon nincs lehetőség.

Építőipar

A vasbeton építményekhez betonacélt, az acélszerkezetű épületekhez



■ 9. ábra. Az acélipari vállalatok termelékenységének alakulása

zárt vagy nyitott, hegesztett vagy melegen hengerelt profilacélokat, burkoláshoz, díszítéshez hidegen hengerelt lemezt, borító-védő funkcióra bevont lemezeket használnak.

Ezek egy része – főleg a betonacél – itthon is előállítható, az import részaránya azonban a jelzett okok miatt itt is nagy.

Összességében megállapítható, hogy a hazai acélipar termékszerkezeténél fogva választékban az igényeknek csak kisebb részét tudja kielégíteni; sajnálatos, hogy éppen a nagy hozzáadott értékű termékek hiányoznak a választékban. A hazai gazdaság ezért ezekből akkor is importra szorulna, ha nem lenne ilyen nagy az importnyomás.

A hazai acélipar hosszútávú életképességének biztosításához olyan fejlesztésekre lenne szükség, amely közelítené a termékválasztékot a hazai igényekhez. Saját erőből erre nem képesek vállalatunk.

3.7. Környezet- és klímavédelem

Az MVAE rendszeresen vizsgálja és értékeli a hazai vállalatok környezetvédelmi teljesítményét. Az értékelés során összehasonlítjuk a vállalatok fajlagos (termelésre vetített) környezetterhelését az EU acéliparára jellemző adatokkal. Eszerint a vállalatok az esetek többségében megfelelnek az elvárásoknak; kivétel az integrált acélgyártás technológiáinak fajlagos porkibocsátása. A hulladékok, salakok hasznosítása szintén összhangban van a mértékadó EU-adatokkal.

Az üvegházhatású CO₂-kibocsátás esetében ugyanolyan helyzet alakult ki, mint az EU acéliparában: a termelés jelentős visszaesése miatt a kibocsátás kisebb volt, mint a kapott ingyenes kvóták mennyisége, így a klímavédelemmel kapcsolatban nem keletkeztek többletköltségek. Ez a kedvező helyzet az évtized végén megszűnik, így a vállalatok kvótavásárlásra kényszerülnek, ami növeli a költségeiket.

A klímavédelem helyzete szorosan összefügg az energiateljesítményekkel. Vállalatunk fajlagos energiateljesítménye az EU-ban működő vállalatok szórásmezéjébe esik. A kivétel a nyersvasgyártás, ahol a fajlagos kokszfelhasználás 540-550 kg/t nyersvas, ami lényegesen nagyobb a

mértékadó nemzetközi átlagnál (480-500 kg/t nyersvas).

Az EU – az előzőek szerint – szigorúan tiltja az acélipari vállalatok állami támogatását. Ez alól csak a környezetvédelmi és klímavédelmi-energetikai fejlesztések kivételek, amit a hazai vállalatok a lehetségesnél kisebb mértékben vesznek igénybe.

3.8. Betételezés

A két hazai nagyvállalat a nyersacél-termeléstől függően évi 800-850.000 t vasércet, 400-450.000 t kocszot és 400-500.000 t acélhulladékot használ fel. Közülük csak az acélhulladék hazai mennyisége elegendő; a vasércet és a kocszolható szenet importálni kell. Ezek ára az elmúlt években jelentősen csökkent.

Hazánkban évente 1,5-1,8 Mt acélhulladékot gyűjtenek be; ebből 1-1,2 Mt-t exportálnak.

Az elektroacélművet működtető Ózdi Acélmű Kft. ennek ellenére időnként beszerzési nehézségekkel küszködik. Ennek oka, hogy az acélhulladék-exportőrök kedvezőbb feltételekkel (ár, fizetési feltételek) tudnak megállapodni a külföldi vásárlókkal, mint amit Ózd kínálni tud.

3.9. Állami támogatás

Az acélipar állami támogatását – mint az előzőekben olvasható – az EU általában szigorúan tiltja. Az EU az acélipar válságos helyzetét elemezve néhány, szigorúan meghatározott esetben megengedi a támogatást. Ezek a támogatások elsősorban a környezet-, klíma- és energiapolitika többletterheinek enyhítésére irányulnak.

A vonatkozó direktíva tükrében az alábbi támogatási lehetőségek között lehet választani:

- szennyezett területek szennyeződéscsökkentése;
- energiahatékonyság növelése;
- erőforrás-hatékonyság, hulladékgazdálkodás javítása, különös tekintettel az újrahasznosításra;
- környezetvédelmi tanulmányok, felmérések készítése;
- a megújuló energiatermelés állami támogatásával összefüggő terhek (KÁT) csökkentése;
- energetikai infrastruktúra fejlesztése;
- az uniós szabványokhoz való idő

előtti alkalmazkodás, a szabványok túlteljesítése.

A közvetlen pénzügyi támogatás mellett az állam közvetett módon (adókedvezmények, az energiaárak járulékos tételeinek csökkentése, fordított ÁFA bevezetése a tisztességtelen import kiküszöbölésére stb.) is hozzájárulhat a vállalatok nemzetközi versenyképességének javításához.

Összefoglalás

A hazai acélipar része az EU acéliparának, így működésének külső feltételei (a nemzetközi acélpiacon kialakult helyzet és alacsony acélárak, továbbá az acélipart gyakran igen hátrányosan érintő EU szabályozók és gazdasági hatásaik) ugyanolyanok. A hatások enyhítése érdekében az EUROFER erőteljes lobbimunkát folytat, amihez a magyar fél is csatlakozik.

A hazai acélipar versenyképességét azonban további tényezők is veszélyeztetik. A legfontosabbak a következők:

- a hazai acélfelhasználók által igényelt termékek részaránya a vállalatok termékválasztékában igen alacsony;
- a hazai acélipart méretei és technikai adottságai miatt a piacvédelem gyengesége az EU átlagnál is nagyobb mértékben veszélyezteti. A hazai felhasználás ~ 80%-a importból származik;
- emiatt kényszerűen nagy a vállalatok által exportált acéltermékek mennyisége, amelynek ára a nemzetközi acélpiacon átlagosan csökken és profit helyett veszteséget eredményez;
- a nemzetközi színvonalnál alacsonyabb a hozzáadott érték a termelésben.

A hazai acélipar stabilizálása a felsorolt problémák ellenére is stratégiai fontosságú lenne, mert kis méreténél fogva rugalmas és így gyorsan képes lenne eleget tenni a hazai és felhasználók igényeinek. Emellett az iparfejlesztésben komoly szerepet tölthet be a hazánkba települt autóiipari, gépipari vállalatok kiszolgálásával, továbbá nagy szerepe lehet a kormány által hangoztatott iparosítási program végrehajtásában és a Paksi Atomerőmű fejlesztésénél. Fontos szempont továbbá a foglalkoztatás fenntartása az

ágazatban. Mivel többletkapacitás helyett kapacitáshiány van, semmi nem indokolja a további leépítést.

A stabilizálásban a vállalatoknak és az EU által legálisnak minősített lehetőségek figyelembevételével az államnak is részt kellene vállalni.

Felhasznált forrásmunkák

A hazai acéliparra vonatkozó adatok az MVAE honlapjáról származnak (www.mvae.hu).

[1] <http://www.ecofys.com/en/news/updated-assessment-on-carbon-costs-for-the-steel-sector-in-europe-post-2020/>

[2] Best Available Techniques (BAT) Reference Document: for Iron and Steel Production: Industrial Emissions Directive 2010/75/EU: (Integrated Pollution Prevention and Control)

[3] http://ec.europa.eu/environment/air/clean_air_policy.htm

[4] <http://ec.europa.eu/environment/>

[air/pollutants/ceilings.htm](http://ec.europa.eu/environment/air/pollutants/ceilings.htm)

[5] ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm

[6] Tardy, P.: Az Európai Bizottság és az acélipar: változó szemlélet BKL Kohászat 146 (2013/3), 7–13.

[7] <http://www.consilium.europa.eu/hu/council-eu/configurations/compet/>

[8] Az EUROFER elnökének és igazgatójának újrési levele. BKL Kohászat 149 (2016)

CSEHIL GYÖRGY

A diósgyőri nyersvasgyártás története 1770–1926–1952. I. rész

A diósgyőri kohászat 238 éves története során az ország egyik legjelentősebb vaskohászati gyárává fejlődött. Idén volna 90 éves a diósgyőri korszerű nyersvasgyártás, azonban 20 éve végleg megszűnt. A cikk két részben a diósgyőri nyersvasgyártás 1770–1996 közötti történetét mutatja be. Az első rész az ómassai kezdetektől a III. sz. nagyolvasztó felépítéséig terjedő időszakot tárgyalja. A diósgyőri nyersvasgyártás szakmai, ipartörténeti jelentőségét kiemeli, hogy nemcsak a leghosszabb ideig működött, hanem olyan technikai és technológiai fejlesztéseket valósított meg, amelyek meghatározták a hazai nyersvasgyártás műszaki színvonalát.

Mottó: „Kohó nélkül már nem kohászat többé a kohászat” – mondta egykoron Lassán Pál, a diósgyőri nagyolvasztó részleg korábbi vezetője.

Ebben az évben volna 90 éves a korszerű diósgyőri nyersvasgyártás és pontosan 20 éve, hogy leállították az utolsó nagyolvasztót is, ezzel megszűnt a nyersvasgyártás a Szinva völgyében, és elindult a diósgyőri vaskohászat agóniája, ami 2008-ban végleg véget ért. Az a korszak, amelyet több, mint 240 évvel ezelőtt *Fazola Henrik* és fia, *Fazola Frigyes* megszállottságával, tudásvágásával, szakértelmével és áldozatvállalásával elkezdett. Amit később *Pöschl Vilmos*, *Pilster Pál*,

Schmidt György, dr. *Réthy Károly*, *Gönczi Károly*, *Hornyák Imre*, *Lassán Pál* és a többi gyárrészlegvezető, főmérnök, üzemvezető és egyszerű gépész, kohász, villamos üzemi dolgozó szakmai irányításával és kétkezi munkájával képessége és tudása szerint folytatott, a III. sz. kohó leállításával véget ért. Lezárult az a fejezet, mely a kormányhatározatban a hazai nyersvastermelés csökkentését előirányzó reorganizációs programmal kezdődött. Ennek előkészítését jelentette az I. sz. kohó 1987. évi, majd a II. sz. kohó 1990. évi leállítása. Szaksargonban ezt „szalámitaktikának” nevezik, amikor a végső célt apró lépésekben közelítik meg, fenntartva

azt a látszólagos kis reményt, hogy a maradék még erősebb és életképebb lesz.

A szakma 246 éves múltja arra kötelez minket, hogy a megőrzött dokumentumok felhasználásával, az emlékek felidézésével az utódok számára megőrökítsük ennek a korszaknak üzemtörténetét, szomorú és örömteli pillanatait, tragikus eseményeit, a kohászok hagyományos összetartozását.

A Fazolák munkásságát ipartörténészek, szakírók több kiadványban és irodalmi műben is feldolgozták. Mégis elengedhetetlen, hogy visszaemlékezésünket az ő személyük, munkásságuk méltatásával kezdjük. A diósgyőri nyersvasgyártás története elválaszthatatlan a Fazolák munkásságától. Az ő nevükhöz fűződik a diósgyőri nyersvasgyártás történetének kezdete, mely kohók építésével és korszerűsítésével, anyagellátási, logisztikai, technológiai fejlesztésekkel folytatódott, majd a kohászok között a „vas-testű menyecskéknek” nevezett kohók fokozatos szanálásával végleg befejeződött.

A cikk alapjául szolgáló kötet annak a másik kötelezettségnek is eleget kívánt tenni, hogy azt a hiányt pótoljuk, amely a Diósgyőri Kohászat technikatörténete sorában ez idáig fennállt, és ezzel a dicsőséges szakmánkat megőrökítő ipartörténeti sorozat teljessé váljon.

Csehil György okl. kohómérnök, 1968-ban szerzett diplomát a Nehézipari Műszaki Egyetem kohómérnöki karán metallurgusként. A Lenin Kohászati Művek nagyolvasztó gyáregységénél dolgozott különböző beosztásokban, utoljára a műszaki osztály vezetője volt, egészen a diósgyőri nyersvasgyártás 1996-os megszűnéséig.

A Diósgyőr-Hámori Vasmű alapítása

Mária Terézia 1770. július 28-án átiratban értesítette a Pozsonyban székelő Magyar Kamarát arról, hogy a Diósgyőri Koronauradalom területén vasgyárat kíván létesíteni. Ezt tekintjük a Diósgyőr-Hámori Vasmű, így a diósgyőri kohászat elődjét alapító okiratnak, melynek másolatát az újmassai Massa Múzeum első termében megtekinthetik az odalátogató kedves vendégek.

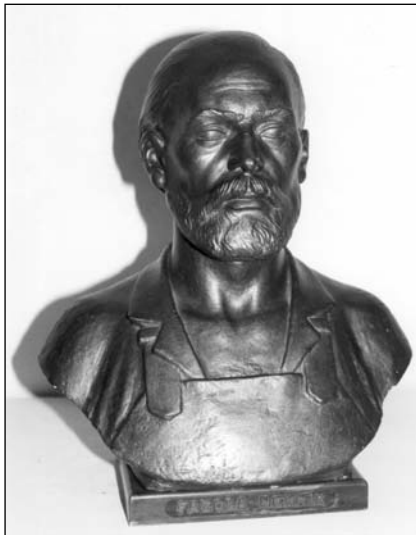
A gyár alapításával Fazola Henrik (1. ábra) hozta létre Borsodban a XVIII. század első vaskohászati üzemét.

1771 szeptemberére eldőlt, hogy a nagyolvasztót Ómassán, a hámorokat a Szinva és a Garadna összefolyásánál, Hámorban építik fel. Az olvasztót – az eredeti terv szerint – a hegyoldaltól különállóan kellett volna felépíteni, azonban az adottságok a hozzáépítést helyezték előnybe, ami később hibák forrásává vált. A hegyhez való hozzáépítés következtében a kohó a mésztufaréteg áteresztése miatt vizesedett, ennek következtében az olvasztó medencéjében hidrogéngáz-fejlődés okozta robbanások történtek. Többszöri átépítés után, a támfaltól különállóan építették véglegesre. Az olvasztó építésének irányítója *Johann Gfelfner* „steierischer Hochofen-Meister” volt.

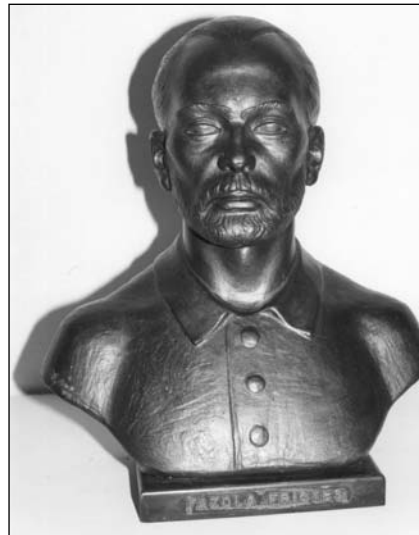
1772. március 17-én helyezték üzembe az olvasztót, megtörtént az első csapolás. Az olvasztónál 1772 a próbagyártások éve volt. Mivel a létesítményt duzzasztógát nélkül építették fel, gondot okozott a fűjtatók vízellátása. A szükséges tógát építésének terveit 1799-ben már elkészítették, mivel az aszályos időszakban a hámorok vízellátása akadozott. 1809-ben megkezdtek a Hámori-tó gátjának építését *Anton Seidl* szélaknai mérnök vezetésével.

Az alapító a gyár működtetésébe gazdaságilag belerokkant, de a gyár ezt túlélte, sőt fia, Frigyes – Selmecbányán szerzett ismereteit hasznosítva – szintén vezette a vasművet.

Fazola Frigyes (2. ábra), az Ómassát kinőtt gyárat 1804-ben átköltöztette Újmassára, felépítve a ma is álló Őskohót, illetve ebben az időszakban építették meg a Hámori-tó gátját, létrehozva ezzel a ma már Miskolc egyik



■ 1. ábra. Az alapító Fazola Henrik szobra



■ 2. ábra. Fazola Frigyes szobra

legfontosabb turisztikai látványosságának számítótavat.

Az új gyár építése

1867-ben, a kiegyezés után kinevezett második felelős magyar miniszterium átvette a gyárat a társulattól, rendezte adósságait, megváltotta a magánrészvényesek részvényeit. A magyar kormány nagy veszteséggel vette át a Diósgyőr-Hámori Vasgyárat, s mivel fenntartása nem látszott gazdaságosnak, elhatározták bezárását és új helyszínen, Diósgyőr és Miskolc közötti új gyár építését. Az előzetes felmérésekről készült jelentések alapján, 1868 elején *Lónyai Menyhért* pénzügyminiszter megbízta *Glanzer Miksa* róniczi vasgyári igazgatót a régi és az új vasgyár ügyeinek intézésével. Az új vasgyár tervezése és szervezé-

se új vezetés alatt megindult. A tervet és a költségvetést 1868. május 9-én bírálták el és hagyták jóvá Diósgyőrben.

Eredetileg két nagyolvasztó üzemét terveztek, de csak egy kohó építésére került sor, mivel két kohó üzemeléséhez szükséges tüzelőanyag mennyiségét a környék faszéntermelése nem biztosította, így a második nagyolvasztót az ungvári uradalomból szállítandó faszénnel, vagy pécsi koksszal kellett volna üzemeltetni, ami jelentős költségnövekedéssel járt volna.

A diósgyőri faszenes nagyolvasztó

Az új vasgyár első faszénnel üzemelő (75 m³-es) nagyolvasztóját (3. ábra) 1870. augusztus 2-án állították üzembe. A faszén-, koks- és érchiány, illetve a 1873. évi gazdasági vál-



■ 3. ábra. Faszenes nagyolvasztó építése



■ 4. ábra. Az I. nagyolvasztó utolsó csapolása



■ 5. ábra. Az I. nagyolvasztó bontási munkálatai

ság hatására 1875-ben a még addig alig üzemelt kohót leállították, és 1888-ban lebontották, így a gyár nyersanyaggyártó berendezés nélkül maradt. A szükséges nyersvasat a továbbiakban Vajdahunyadról és a Felvidékről kellett szilárd állapotban szállítani, és Diósgyőrben újra felolvasztani az acélgyártás céljaira.

A korszerű diósgyőri nyersvasgyártás kezdete, I-II. sz. kohó

A trianoni döntés utáni Magyarországon 1926-ig csak a Rimamurányi Vasmű Ózdi nagyolvasztói termeltek nyersvasat. Ózdon négy nagyolvasztó volt. A gazdaságos termelés érdekében mindinkább előtérbe került az újonnan létesítendő nagyolvasztó szükségessége.

Igen körültekintő és előrelátó tervet készített Pöschl Vilmos felügyelő, aki felmérve az akkori nyersvasigényeket, figyelembe véve a későbbiek során várható többletigényt, határozta meg az új nagyolvasztótelep körvonalait. A terveket részletes gazdasági számítás egészítette ki, melyben Pöschl a vajdahunyadi nyersvas 1907. évi önköltségét vette alapul, kiegészítve a többlet szállítási költségekkel, és az újraolvasztás költségével.

Az első tervek már 1909-ben készültek, de a két kohó alapozási munkálatait csak 1914-ban kezdték meg. Az I. világháború, majd a há-

ború után bekövetkezett gazdasági válság a kohók építését is hátráltatta, és csak 1926-ban fejezték be a kohók felépítését, de a villamos berendezések hiánya miatt csak az I. sz. kohó üzembe helyezése vált lehetővé, míg a II. sz. kohó üzembe helyezése 1936. jan. 2-án történt meg.

1926. augusztus 17-én az olvasztó begyűjtését a vascsapoló nyíláson keresztül Zsoldos Istvánné, a gyárfőnök felesége végezte el, a következő szavak kíséretében: „Azon fohással gyűjtem meg e tüzet, hogy váljon ez a tűz a diósgyőri vasgyárnak és Magyarországnak állandó erőforrásává.”

Az üzembe helyezett nagyolvasztó főbb műszaki adatai:

Teljes térfogat: V_t	339,99 m ³
Hasznos térfogat: V_h	321,25 m ³
Teljes magasság: M_t	27,80 m
Belső magasság: M_b	18,70 m
Torokátmérő:	4,4 m
Medenceátmérő:	3,6 m
Fúvósíkfelület:	10,17 m ²

A nemrégén felavatott I. kohót öt év-

vel később, 1931. július 31. – 1933. március 27-ig, a 30-as évek ipari termelésének visszaesése miatt leállították. A közel kétéves állás után sikerült az átépítés nélküli újraindítás!

Az I. kohó 1933-as újraindítása, illetve a II. kohó 1936-os begyűjtása után mind az I., mind a II. kohó esetében már csak átépítések miatt került sor tervszerű leállításokra egészen a 1980-as évekig.

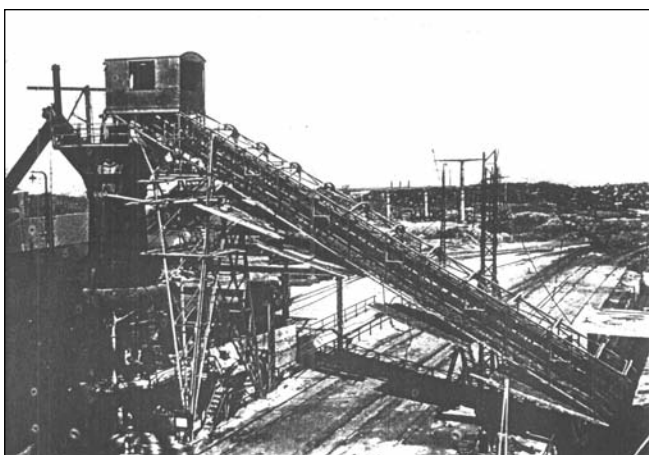
Az 1980-as évek recessziója már a vaskohászatra, így a diósgyőri nyersvasgyártásra is kihatott. Nyersvas elhelyezési gondok (acélgyártó üzem termelésekorlátozása) miatt az I-II. sz. kohónál többször kényszerültek lefőtásos technológiával történő hosszabb idejű kohóleállásokra.

Az 1980-as évek közepére kialakult gazdasági helyzet miatt született kormányhatározat a hazai nyersvastermelés csökkentését irányozta elő. Ennek első lépését jelentette az I. sz. kohó 1987. november 27-i, majd a II. sz. kohó 1990. április 4-i leállítása. (4–5. ábra).

Végezetül álljon itt két érdekesség a kohóról: a kísérleti kiskohó és az „óriáskohó” története.

A kísérleti kiskohó

A II. világháború befejezése után újra napirendre került a diósgyőri nyersvasgyártás fejlesztésének a kérdése. Ennek első lépését jelentette a kísérleti kohó. A hároméves terv keretében épült kísérleti, a diósgyőri kohász zsargonban „Kláríká”-nak nevezett kiskohó (6. ábra)



■ 6. ábra. A kísérleti „Klári” kohó

1. táblázat. III. sz. „Klári” kohó termelése tonnában

Év	Acél-nyersvas	Szürke nyersvas	Paritás 1,1	Tükör nyersvas	Paritás 1,65	Acél-nyersvas paritás
1948	168	2,877	3,160	-	-	3,328
1949	233	9,151	10,060	967	1,582	11,875
1950	-	18,351	20,175	-	--	20,175
1951	-	4,309	4,762	-	-	4,762
Σ	401	34,688	38,157	967	1,582	40,140

Átlagos nyersvas-összetétel, tömeg %-ban

	C	Si	Mn	S	P	Ti	Al
I.	4,15	0,5	0,81	0,049	0,116	0,52	0,03
II.	4,33	1,9	0,74	0,057	0,254	0,22	nyom.

azt a célt szolgálta, hogy megvizsgálja az öntészeti nyersvasgyártás lehetőségét a hazai nyersanyagokból, alumínát salakképzés mellett.

A kohó műszaki adatai:

Teljes űrtartalom: 48,3 m³
 Hasznos űrtartalom: 43,6 m³
 Medenceátmérő: 2 m
 A profil teljes magassága: 11 m
 Fúvókák száma: 5
 Levegő-előmelegítés: 550-660 °C

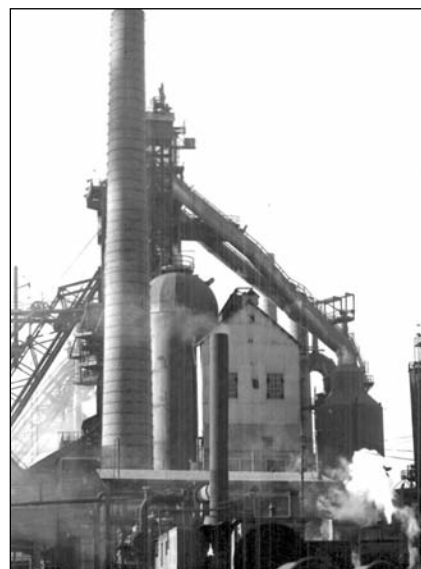
A kísérleti kiskohó üzeme lehetőséget adott a szakemberek részére többféle műszaki kísérlet és megfigyelés elvégzésére. Az öntészeti nyersvas gyártása mellett tükörvas gyártására is sor került (1. táblázat), és 1951-ben közvetlen kokillaöntésű és konverterezési kísérleteket is végeztek a Hubert és Sigmund (a volt Kőbányai Vas- és Acélöntöde) egytonnás Bessemer-konverterében. A kísérleti kohónál végzett megfigyelések, anyag- és hőmérleg-tapasztalatait a későbbiek során felhasználták.

A diósgyőri III. sz. „óriaskohó” építése

Az 1950-es évek iparpolitikája az acéltermelés ugrásszerű növelését irányozta elő. Ennek egyik lépésőjét jelentette Diósgyőrben új Siemens–Martin-kemencék építése és a meglévő kemencék bővítése.



■ 8. ábra. A diósgyőri kohóüzem a három nagyolvasztóval



■ 7. ábra. A III. kohó fényképe 1952. május 9.

Az acélgyártó kapacitás növelése szükségképpen a nyersvasgyártás fejlesztését is megkövetelte. Ennek az igénynek realizálását jelentette az a kormányhatározat, mely az akkor még a diósgyőri Magyar Állami Vas- és Acélgárban új kohó építését irányozta elő. Az új diósgyőri ún. „óriaskohó” építésére helyszínként a kísérleti „bauxit” kohó lebontása helyét jelölték ki. A kohó építése az akkor még korszerűnek számító szovjet kohók típusa alapján 1951 augusztusában kezdődött. Az építési munkálatokban jelentős számban politikai elítélt is részt vett.

A kohónál már a nyersvasgyártás fejlődési tendenciákat jelző szerkezeti megoldásokat, adagoló- és gépészeti berendezéseket alkalmaztak. A kohó főbb profilmértelei a következők voltak:

Teljes térfogat: 702,50 m³
 Hasznos térfogat: 660,78 m³
 Torokátmérő: 5,0 m
 Medenceátmérő: 6,0 m
 Fúvósíkfelület: 28,26 m²

Adagoló- és torokzáró berendezés: kétkúpos torokzár, Mackey-rendszerű forgó elegyelosztóval, billenővedres ferde felvonóval.

A kohó (7. ábra) építése rekordidő: 8 és fél hónap alatt fejeződött be, és ünnepélyes külsőségek között 1952. május 9-én helyezték üzembe. Az esemény jelentőségét újságcikkek méltatták, sőt költőket ihlettek meg, és posztalégy is megörökítette a „Diósgyőri Óriaskohót”. A három kohó térbeli elhelyezkedését a 8. ábra mutatja be.

A cikk második részében a III. sz. nagyolvasztó üzemtörténetét mutatjuk be, kiemelve a konstrukciós, technológiai és műszaki fejlesztéseket, illetve a leállítás és bontás folyamatát, továbbá a diósgyőri nyersvasgyártás összesített termelési adatait.

Irodalom

- [1] Tanulmányok Diósgyőr történetéhez. A diósgyőri nyersvasgyártás története 22. kötet. (kézirat)
- [2] *Sélei István*: Az első száz év a Garadna völgyében. Bányászati és Kohászati Lapok 1996. 129. évf. 2–3. szám, 57–61. pp.
- [3] *Majkut Albert* egykori részlegvezető feljegyzései
- [4] *Soós Imre – Kiszely Gyula – Zádor Tibor*: Vázlatok a diósgyőri vaskohászat történetéből, Miskolc 1960.
- [5] 1926–1941 között vezetett kohóüzemmenet napló

Az egykori diósgyőri és ózdi állami vas- és acélgyárak szerepe a magyar ipar fejlődésében

Kutatómunka indult B.A.Z. megyében Miskolc város és vonzáskörzete iparszerkezete átalakulásáról, kiemelve az egykori Lenin Kohászati Művek (LKM) állami vállalat megsemmisítésének körülményeit. A munkát a Rendszerváltás Történetét Kutató Intézet és Archivum (Retörki) szakemberei végezték.

1. A szakma egykori zászlóshajói voltak

A kutatás által eddig megismert tények, összegyűjtött (részben már digitalizált és az Intézet Archivumában elhelyezett) dokumentumok elkezdett elemzése – miközben a rendszerváltás időszaka eseményeire koncentrálnak – a hazai vas- és acélipari szakmát a magyar gazdaság és ipar egészének keretében igyekszik elhelyezni, bemutatni. Ez utóbbihoz kedvező és bőséges információval szolgálnak a szakma hazai és nemzetközi fejlődésének rendelkezésre álló adatai, a két egykori vállalat szakemberei által írt könyvsorozatok és múzeumi gyűjteményekben található hiteles leírások, műtárgyak.

Néhány múltbeli tényadat a szakma és hazánk ipara fejlődésének kapcsolatáról:

- Az ipari forradalom éveiben a hazai vaskohászatnak – köztük az 1770-ben alapított diósgyőri és az 1845-ben alapított ózdi üzemeknek – döntő szerepük volt abban, hogy 1910 körül viszonylag kedvező adattal, hatodik helyezéssel szerepelhetett Magyarország az európai mézónyban (1. táblázat).

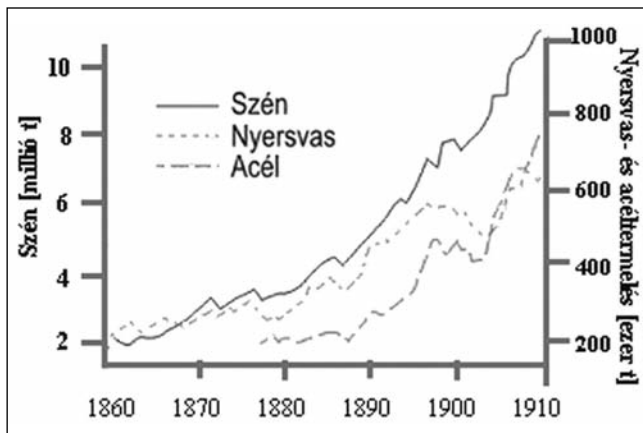
- Mindkét nagyüzem meghatározó szerepet töltött be a hazai vasúthálózat kiépítésében, a gépipar és egyéb szakágazatok kialakulásában és megerősödésében, az első és második világháború haditechnikai termék-szükségletei előállításában és a

háború anyagi pusztításának pótlásában, a trianoni békediktátum veszteségeinek részbeni kompenzálásában. A vállalatok növekvő munkaerő-szükséglete és az itt dolgozók társadalmi megbecsültsége átlagon felül növelte a környező lakosság életkörülményeit. Úgy az ózdi, mint a diósgyőri gyár története során többször is kényszerült technológiai, szervezeti szerkezetének alapvető módosítására, jelentős gyártás- és gyártmányfejlesztések elvégzésére, a emberi és anyagi erők, technikai eszközök alapvető átcsoportosítására, koncentrálására, cégek közötti észszerű fúziókra.

- A második világháború után Magyarország az európai szocialista blokk részévé vált. A hidegháborús pszichózis és a gazdaság gyors modernizálási szándéka következtében a gazdaságpolitikában kiemelt hangsúlyt kapott az ipar, azon belül is a nehézipar fejlesztése, melynek elmaradottságában látták az ország fejlet-

1. táblázat. Az ipar részesedése a nemzeti jövedelemből 1910-ben

Ország	%
Németország	45,0
Franciaország	41,8
Nagy-Britannia	39,0
Ausztria	36,7
Svédország	36,5
Magyarország	25,3
Olaszország	23,2
Horvátország	15,9



1. kép. A szén-, nyersvas-és acéltermelés Magyarországon (1855–1913). Forrás: Cartographia Kft. 1996, Bp.

lenségének legfőbb okát. Abban az időben az egy főre jutó acéltermelés ugyanolyan általánosan elfogadott fejlettségi mutató volt, mint a 2010-es években a száz lakosra jutó nagysebességű internetkapcsolat. Az első öt éves tervben a beruházások legnagyobb hányadát a nehézipar fejlesztésére, azon belül is kiemelkedően a vaskohászat területére koncentrálták. Bár a fejlesztés üteme messze túlzott volt, nem állja meg a helyét, hogy Magyarország kitűnt volna a környező országok közül, sőt az egy főre jutó acélgyártás színvonala mind a mai napig Magyarországon volt a leg-alacsonyabb (2. táblázat).

- Az 1950-es évek második felétől a szovjet mintára erőltetett iparfejlesztés egy normálisabb ütemre és szerkezetre váltott. A Dunai Vasmű megépítése után gyakorlatilag három teljes vertikumú kohászati nagyüzeme volt az országnak. A Dunai Vasmű (DV) a lemezáru gyártásra, az Ózdi Kohászati Üzemek (ÓKÜ) és a Diósgyőri Lenin Kohászati Művek (LKM) a rúd- és idomacélok hengerlésére specializálta termékszerkezetét. Az LKM a hengerelt termékek mellett alakos nagy méretű vas- és acélöntvényeket, egyedi és kis sorozatú kovácstermékeket, csavarárut és húzott, hántolt, csiszolt rúdtermékeket is gyártott. Az ÓKÜ döntően a

Drótos László az LKM vezérigazgatója volt 1982–1989 között.
Lóránt Károly, a Retörki felmérést végző kollektívája képviselőjében.

2. táblázat. Az egy főre jutó acéltermelés (kg/fő)

Egy főre jutó acéltermelés (kg/fő)							
	1938	1953	1963	1980	1990	2000	2010
Németország	330	315	641	653	554	564	536
Csehország és Szlovákia	127	341	596	996	952	636	615
Ausztria	100	184	444	612	559	712	862
Lengyelország		137	275	548	358	274	210
Magyarország	70	161	234	351	286	183	168

Forrás: 1) Ehrlich Éva (1988): Országok versenye 1937–1986, KJK.
2) World Steel 3) World Bank Data

tömegacél, az LKM a nemesacélok előállítására szakosodott. Mindhárom nagyüzem a hazai felhasználók igényeinek kielégítését tartotta üzleti célkitűzésének. A volumen tekintetében 3,5-4 millió tonna éves maximális kapacitást tartottak fenn. A két borsodi vállalat ebből kb. 1-1,4 Mt/év teljesítményt képviselt. Ez volumenében kielégítette a hazai felhasználók szükségleteinek nagy hányadát, sőt jutott a külpiacokra is.

2. Az 1970-es évek és az azt követő évtized eseményei

A DV építésének befejezése után a két borsodi vaskohászati üzem korszerűsítő és rekonstrukciós fejlesztésére is több eszköz juthatott a korábbiaknál. Az adott körülmények között kellően innovatív országos iparpolitika a vaskohászati vállalatok számára is tervezhető, kiszámítható távlatokat ígért. Ezek alapján növekedtek a vállalatok és az ország gazdasági eredményei, javultak a versenyképességi mutatók. Mindkét vállalat számos elismerésben részesült elért teljesítményeiért.

Az 1970-es évek végétől azonban a helyzet fokozatosan megváltozott, az iparpolitika figyelme a reálszféráról, a mikrogazdaságról egyre inkább a monetáris szféra, a makrogazdaság irányába fordult. Az 1980-as évek elejétől az üzemek jelentős részénél a korábbi nyereséges gazdálkodás veszteségbe csapott át. Fokozta a bajokat mindkét vállalatnál az acélpiacokon ez időben jelentkező kereslethiány, a konjunkturális hullámzás, továbbá a külföldi versenytársak innovációs előnye.

A két borsodi vaskohászati vállalat egy közös radikális szerkezetátalakítási, az erők egyesítésére szóló programot dolgozott ki. Ennek meg-

valósítását, vezetési feladatainak megfelelő ellátását egy tröszt létrehozásában látták. A Borsodi Vaskohászati Tröszt 1989. január 1-én, kormányzati egyetértéssel és intézkedéssel megalakult. Sikeres beindítása érdekében külön miniszteri biztost neveztek ki.

A két nagyvállalat fejlődését az alábbiakban foglaljuk össze.

- Az ÖKÜ-ben az 1960-as évek elején nagy műszaki fejlesztéssorozat történt, ami kiterjedt a metallurgiai (nyersvas- és acélgyártás) és a hengerlési vonalra, de a kiegészítő tevékenységekre is. Később, az 1970-es évek elején tovább folytatták az új beruházásokat: korszerű folyamatos öntőművet (FAM) és modern rúd- és dróthengerművet (RDH) építettek. Éles szakmai viták között, végül – ma már látszik, hogy tévesen – az elavulttá vált és fizikai állapotában elhasználódott Martin-kemencék rekonstrukciója mellett döntöttek. Ezzel acéltermelési kapacitásuk elérte az évi 1,4 millió tonnát. Termékeik piaci célcsoportja elsősorban a hazai építőipar és a vasszerkezeteket gyártó üzemek voltak, de emellett jelentős mennyiségben exportra is szállítani tudtak.

- Az LKM egykori szakmai vezetői az interjúk során elmondták, hogy a tervezett hazai iparfejlesztés acél-alapanyag szükségleteinek kielégítésére az 1980-as évek közepére – kevés híján – megfelelően fel voltak készülve. Már az 1960-as években befejezték a blokk- és bugasorok korszerűsítő rekonstrukcióját. Ekkorra megépült és kiválóan teljesített a korszerű nemesacél-hengermű két sora. Beindult a világszínvonalat képviselő, a legjobb referenciákkal rendelkező svéd, japán, nyugatnémet üzemek által szállított 80 tonnás oxigénes konverter, az új – szintén 80 tonnás –

villamos ívkemence, az ASEA üstmetallurgiai egység és a folyamatos öntőgép (1978–1982). A másod-, harmadtermékek, az öntött, kovacsolt termékek gyártás- és gyártmányfejlesztésében is sokat tett a vállalat.

Az LKM gyártmányszerkezete jól alkalmazkodott a magyar felhasználók növekvő minőségi és mennyiségi igényeihez. Mintegy 1200 fajta, különböző szabvány és kívánság szerint tudott a gyár acélféleséget előállítani. A megszerzett szakmai privilégiuma többek között a következő gyártmányok előállítását tette lehetővé: a vasgyár a közúti és vasúti járművek, hajók, energiatermelő gépek, vegyipari gépek, készülékek és berendezések, erőgépek, nehézsúlyú gépek és haditechnikai gyártmányok alkatrészeihez, gépelemeihez gyártott hengerelt, húzott, hántolt vagy csiszolt rúdárut, rúd alakra vagy alakosra kovacsolt acéltermékeket, acél- és vasöntvényeket. Szállított forgácsoló szerszámokat, melegszerszám-acélokat, acél- és fémipari meleg- és hideghengereket, malom-, festék- és műanyagipari öntöttvas hengereket, hagyományos és növelt szilárdságú, valamint hőálló csavarokat. Termékeit kívánságnak megfelelően hőkezelték, egy részüket nagyolta vagy készre munkálta. A diósgyőri acélok beépültek nemcsak a szintén diósgyőri DIGÉP – többek között gép és hadiipari – gyártmányaiba, hanem a MÁVAG és a Ganz járműveibe, Pielstick-motorjaiba, a Vegyipari Gépgyár vezetérendszerébe, autoklávjaiba, a Ganz Villamossági Gyár generátor forgórészeibe.

A vállalat megszüntetésével a nemesacél gyártásának itteni termelési kultúrája örökre elveszett a nemzetünk számára.

3. Mit hozott a politikai rendszerváltás a két nagyvállalat életébe?

A még élő szemtanúk, a gyakorlati résztvevők elmondása, dokumentálása szerint, a politikai rendszerváltást követően is a két gyár sorsát az országban ekkorra a gazdaságpolitika határozta meg. Ezért – abból kiindulva, hogy az új politikai rendszernek egy magántulajdonra épülő, szabad piacgazdaságot kell a legrövidebb



■ **2. kép.** A lerombolt, kifosztott egykori Diósgyőri Vasgyár képe 2016-ban



■ **3. kép.** Az ÓKÜ maradványai légi fotón

időn belül, minden áron létrehozni – az állami vagyon erőltetett magánosításába kezdtek. A nagyvállalatok elvesztették a biztos, de igénytelen KGST-piacot, a világpiacon állami támogatás nélkül versenyképtelenek lettek. Gátolta ezt a törekvést a koncentrált nagy állami cégek léte, amelyekre fizetőképes keresletet nem, vagy csak nehezen lehetett találni. Ezeket először fel kellett darabolni, sok kis önálló gazdasági egységgé. Ezt a kormányzati elvárást követve, valamint a két borsodi vállalat legjobb erőinek egyesítése céljából létrehozott trösztöt egy éven belül megszüntették. Csak az LKM ezután több mint 40 önálló szervezetté bomlott szét, ezzel szétszakítva a szerves technológiai, érdekeltségi, irányítási kapcsolatokat. Azután legtöbbször ezeknek rövid időn belül természetesen csődbe ment, felszámolásra került (2. kép).

- Az ÓKÜ leépülése (3. kép) sok-sok lépcsőn és kitérőn át, viszonylag kedvezőbb végeredménnyel ment végbe, mint az LKM-é. A privatizáció csak az RDH (Rúd- és dróthengersor) esetében volt sikeres (a gyár többi egységének nagy részét lebontották). A mai Ózdi Acélművek Kft.-t a német Max Aicher GmbH & Co. vette meg, amely az RDH mellé épült miniacélművel viszi tovább az ózdi acélgyártó hagyományokat. Terméke: betonacél

és hengerhuzal, alapvetően az építőipar kiszolgálására.

Jelenleg a volt ipari terület néhány megmaradt létesítményét (volt villamos erőmű, fűvógépház stb.) a „Tudás-gyár” c. programban átépítették és hasznosították. Ennek keretében most fejeződött be egy 2,5 milliárd forintos beruházás.

- Az LKM esete bonyolultabb és máig befejezetlen. A rendszerváltás gazdaság- és iparpolitikájának az egyik legszomorúbb példája a Lenin Kohászati Művek sorsa, amelyet az ország egyik alapvető ipari bázisából húszéves ide-oda hánykolódás után végül is teljes egészében felszámoltak. Pontosabban nem felszámolták, hanem az egyre-másra bekövetkező átalakulások során egyszerűen megsemmisült. Ehhez a rendszerváltást követően 20 évre volt szükség, ami elég hosszú idő az agóniára. Ma mintegy 130 földhivatalnál bejegyzett, többször változó személyekből álló osztatlan közös tulajdonosa van az egykori állami nagyvállalatnak. Csak a legnagyobb birtoktest – amely magában foglalja a Kombinált-acélmű és a Nemesacél-hengermű megmaradt egységeit is – eddig hat különböző tulajdonosé volt: magyar állam; 1991. NouvoMetal GmbH (ukrán-osztrák); 1996. magyar állam; 1998. Kelet-szlovákiai Vasmű (szlovák); 2001. Cogne Acciai Speciali s.r.l. (olasz); a

DAM 2004 Acél- és Hengermű Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. 2004. október 1-jén kezdte meg működését, a tulajdonosi viszony döntően ukrán tőkéhez kapcsolódott: (Dunaferr Rt., az ukrán Donbass Ipari Szövetség). A gyár a 2008-ban indult recesszió során csődbe jutott, majd megindult a felszámolása. Ezzel megszűnt annak a lehetősége, hogy a gyorsan fejlődő hazai jármű- és gépipar nemesacél-igényét hazai termékekkel elégítsék ki.

Az elmúlt 25 év alatt az LKM által képviselt állami vagyon, szakmai kultúra szinte teljesen megsemmisült, csak itt több mint 10 000 munkahely szűnt meg. Miskolc város és vonzáskörzete halmozottan hátrányos helyzetbe jutott, a lakosság egyharmada az ország más területére vagy külföldre vándorolt. Mindennek ellenére máig nem készült az érintett ipari térségre rehabilitációs, reorganizációs terv. Miskolc város eddigi önkormányzatai városépítészeti fehérfoltjaként kezelték és kezelik az érintett mintegy kétszáz hektáros ipari területet. Úgy tűnik, a rendszerváltással egy másfél évszázados ipartörténeti periódus ért véget és ebben a Lenin Kohászati Művek a magyar ipar szomorú sorsának jelképeként tekinthető, és egyben tanúságot is tesz, hogy mi történt a hazai iparral a rendszerváltásnak nevezett folyamat során.

DARGAI VIKTÓRIA – HARTMUT POLZIN – VARGA LÁSZLÓ

Öntödei homokok granulometriai tulajdonságainak meghatározása dinamikus képelemzéssel*

A különböző szemcseméretű és -szerkezetű öntödei homokok granulometriai tulajdonságait határozták meg a szabványos osztályozással és dinamikus spektrális elemzéssel. A kétféle elemzés eredményeit összehasonlították és feltárták az eltérések okait.

Bevezetés

Az öntödei homokok egyik legfontosabb tulajdonsága a szemcseméret, és annak az eloszlása. Ezt a granulometriai tulajdonságot az öntödék figyelembe veszik az alaphomok vásárlásakor, illetve folyamatosan ellenőrzik a gyártási folyamat során is. Ennek a jellemzőnek a meghatározása különböző mérési módszerekkel történhet, többek között száraz diszperzióval vagy lézeres diffrakcióval [1].

A száraz diszperzió esetén megkülönböztetjük a hagyományos szemcseanalízist, más néven a szitaanalízist, valamint a szemcseméret eloszlásának meghatározását képelemzéssel. A képelemzéssel történő minősítés az öntödei homokok esetében még új módszernek számít, a működési elve eltér a szabványos szitaanalízistől.

Az öntödék elsődleges céljai között szerepel a gazdaságosság és a termelékenység, ezért különösen fontos a legújabb technológiák ismerete és alkalmazása.

A szabványos szitaanalízis

A szabványos szitaanalízis során 50 g mennyiségű homokmintát vizsgálunk. A vizsgálatok során alkalmazott szabványos szitaméreteket az 1. táblázat tartalmazza.

A szitaanalízis adatainak a kiértékelése során többféle alaphomokra jellemző paraméter meghatározására van lehetőségünk. E paraméterek egy része a minta kumulatív görbéje alapján számolható [3]. A kumulatív görbe és a kiértékelése az 1. ábrán látható.

A kumulatív görbe alapján meghatározható paraméterek a közepes szemnagyság D (mm) és az egyenletességi fok E (%), amelyek a homok szemcsemegoszlás szerinti minőségét jellemzik. A közepes szemnagyság értéke megegyezik annak az elméleti szítának a méretével, amelyen a vizsgált homok 50%-a átesik, illetve 50%-a fennmarad. Az egyenletességi fokot úgy határozzuk meg, hogy kifejezzük a közepes szemnagyságnál $1/3$ -dal kisebb és $1/3$ -dal

1. táblázat. A szabványos szitaanalízis során használható szitaméreteket [2]

Szitaméret [mm]
1,400 <
1,400–1,000
1,000–0,710
0,710–0,500
0,500–0,355
0,355–0,250
0,250–0,180
0,180–0,125
0,125–0,090
0,090–0,063
< 0,063

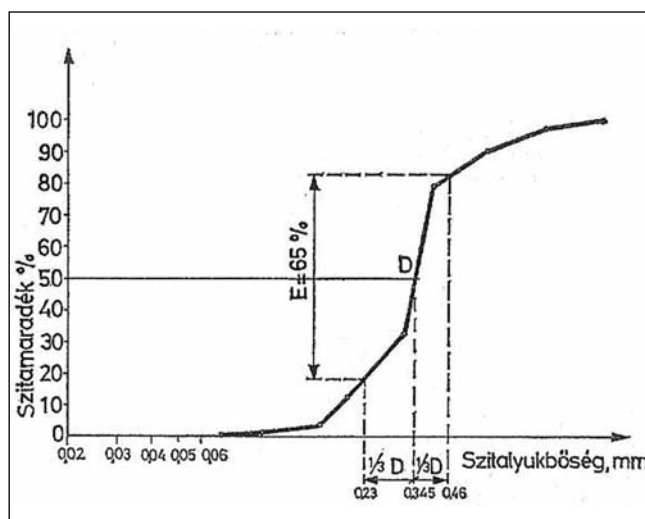
tározható paraméterek a közepes szemnagyság D (mm) és az egyenletességi fok E (%), amelyek a homok szemcsemegoszlás szerinti minőségét jellemzik. A közepes szemnagyság értéke megegyezik annak az elméleti szítának a méretével, amelyen a vizsgált homok 50%-a átesik, illetve 50%-a fennmarad. Az egyenletességi fokot úgy határozzuk meg, hogy kifejezzük a közepes szemnagyságnál $1/3$ -dal kisebb és $1/3$ -dal

Dargai Viktória BSc tanulmányait 2009-ben kezdte meg a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. 2013-ban MSc-képzését öntészet szakirányon folytatta, melynek keretében hat hónapot töltött vendéghallgatóként Németországban, a Freibergi Egyetem Öntészeti Intézetében. Jelenleg levelező doktoranduszként a NEMAK Linz GmbH hengerfejöntőjében, anorganikus homokok regenerálása tématerületen végzi kutatási tevékenységét.

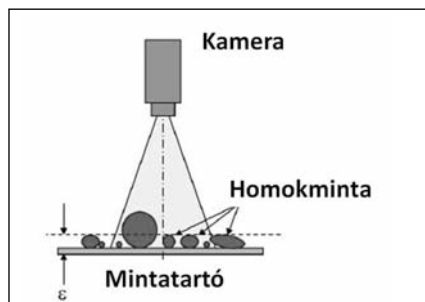
Dr.-Ing. habil. Hartmut Polzin a Freibergi Egyetem Öntészeti Intézetének professzora. Egyetemi tanulmányait követően 1999-ben védte meg doktori disszertációját. Több éves öntödei tevékenység után 2008-ban tért vissza a Freibergi Egyetemre, ahol 2012-ben habilitált.

Dr. Varga László öntészeti szakirányos kohómérnöki oklevelét 1999-ben szerezte a Miskolci Egyetem Kohómérnöki Karán, majd doktori disszertációját 2003-ban védte meg. 2014-ben tért vissza a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karára, ahol 2015 óta az Öntészeti Intézet igazgatója.

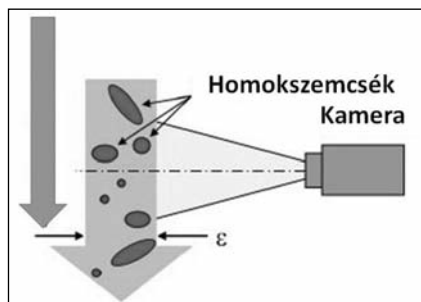
* A XVIII. Nemzetközi Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencián elhangzott előadás szerkesztett változata. (Brassó, 2016. április 7–10.)



1. ábra. A kumulatív görbe és kiértékelése [3]



■ 2. ábra. A statikus képelemzés elvi felépítése [1]



■ 3. ábra. A dinamikus képelemzés elvi felépítése [1]



■ 4. ábra. A Fritsch Analysette 28 berendezés [4]

nagyobb lyukméretek közé eső szakasznak megfelelő homokok százalékos mennyiségét [3].

A szemcseszerkezet meghatározása képelemzéssel

A képelemzéssel történő vizsgálatok esetén megkülönböztetjük a statikus és a dinamikus képanalízist. A statikus képelemzés (ISO 13322-1 szabvány) a mikroszkóp működési elvén alapszik. Ebben az esetben a szemcséket tartólapon elterítik és egy kamera képeket készít az egyes szemcsék nagyságáról és alakjáról. Ennek a módszernek az az előnye, hogy a homokszemcséket az optikával jól kontrollált mélységélességgel (ϵ) lehet feltérképezni, és ezáltal például jól mérhető és minősíthető a homokszemcsék túszerű alakja is. A statikus képanalízis hátránya, hogy egyszerre csak nagyon kevés mintát lehet vizsgálni, egy képen rendszerint csak néhány ezer részecskét lehet felvenni, ami korlátozza az eredmények pontosságát, továbbá az átfedésben lévő szemcsék a kiértékelést megnehezítik. A statikus képelemzés sematikus ábrája a 2. ábrán látható.

A dinamikus képelemzés során (ISO 13322-2 szabvány) egy rögzített helyzetű kamera, a szabadon mozgó homokszemcsékről készít képeket. A részecskék méretének meghatározása leggyakrabban a részecskék kétdimenziós vetülete alapján történik. A dinamikus képelemzés sematikus felépítése a 3. ábrán látható [1].

A Fritsch Analysette 28 dinamikus képelemző berendezés

A Fritsch Analysette 28 mérőberendezés a 4. ábrán látható. Ez a berendezés a dinamikus képelemzés működési elve alapján működik és az egyes homokszemcsék méretének és alakjának a meghatározására alkalmas. A kamera által rögzített képeket az Image Sizing Software (ISS) segítségével lehet kiértékelni. A berendezésen lehetőség van a kép/másodperc arány változtatására is, ezáltal a mérés pontossága javítható. A mérhető szemcseméret-tartomány 20 μm -tól 20 mm-ig terjed. A kamera által készített képek alapján a homokszemcsék alakját és az alak tényezőit is meg lehet határozni [4], [5].

A szabványos szitaanalízis és a dinamikus képelemzés mérési eredményeinek az összehasonlítása

A mérések során különböző szemcseméretű és szemcseszerkezetű homokminták granulometriai tulajdonságait vizsgáltuk meg szabványos szitaanalízissel és az Analysette 28 mérőberendezéssel. A méréseket a Freiburgi Egyetem Öntészeti Intézetének homoklaboratóriumában végeztük. A cél az volt, hogy meghatározzuk a szabványos szitaanalízissel mért granulometriai paraméterek és a dinamikus képelemzéssel mért értékek között különbséget.

A szabványos szitaanalízissel és az Analysette 28 mérőberendezéssel meghatározott közepes szemnagyság-értékeket a 2. táblázat tartalmazza.

A szitaanalízissel és az Analysette 28 berendezéssel mért granulometriai paraméterek alapján felvett kumulatív görbékől számítható közepes szemnagyságértékek 0 és 17% közötti eltérést mutatnak. A dinamikus képelemzéssel meghatározott közepes szemnagyságértékek szinte minden eset-

2. táblázat. A szabványos szitaanalízissel és az Analysette 28 berendezéssel meghatározott átlagos szemcseméretértékek

Homokminta	Közepes szemnagyság (mm), szabványos szitaanalízis	Közepes szemnagyság (mm), Analysette 28	Eltérés a szitaanalízistől (%)
F-70	0,2	0,2	0,00
FMX-40	0,38	0,35	-7,89
H32	0,3	0,28	-6,67
Szerb 0,24	0,24	0,2	-16,67
GBM 45	0,37	0,33	-10,81
Regenerált finom homok	0,25	0,23	-8,00
SH 32	0,39	0,38	-2,56
SH 32 regenerált	0,36	0,33	-8,33
SH 34	0,23	0,21	-8,70

3. táblázat. A szabványos szitaanalízissel és az Analysette 28 berendezéssel meghatározott egyenletességifok-értékek

Homokminta	Egyenletességi fok (%), Hagyományos szitaanalízis	Egyenletességi fok (%), Analysette 28	Eltérés a szitaanalízistől (%)
F-70	73	71	-2,74
FMX-40	70	60	-14,29
H32	70	71	1,43
Szerb 0,24	64	52	-18,75
GBM 45	70	54	-22,86
Regenerált finom homok	90	65	-27,78
SH 32	81	68	-16,05
SH 32 regenerált	86	68	-20,93
SH 34	81	57	-29,63

ben kisebbek a szabványos szitaanalízissel meghatározott átlagos szemcseméretértékeknél.

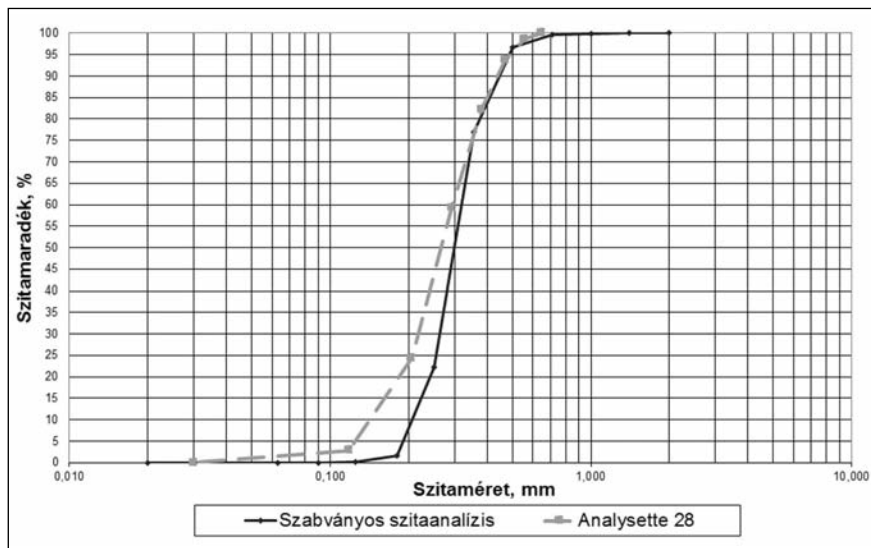
A szabványos szitaanalízis és az Analysette 28 mérőberendezés által mért granulometriai paraméterek alapján meghatározott egyenletességifok-értékeket a 3. táblázat tartalmazza.

A szitaanalízissel és az Analysette 28 berendezéssel mért granulometriai paraméterek alapján felvett kumulatív görbékből számítható egyenletességifok-értékek 2 és 30% közötti eltérést mutatnak. A dinamikus képelemzéssel meghatározott egyenletességifok-értékek szinte minden esetben kisebbek a szabványos szitaanalízissel meghatározott értékeknél.

Az eltérés okai a homokminták inhomogenitására és a két mérési módszer közötti különbségre vezethetők vissza. A homokszemcsék bonyolult alakú testek, amelyek mérete nem jellemezhető egyetlen adattal. A homokszemcsék alakja lehet gömbszerű, lapos vagy akár teljesen szabálytalan. Minél bonyolultabb a forma, annál nehezebb leírni, ezért szokás a képelemzés során a részecskéket egy olyan elképzelt gömb átmérőjével jellemezni, amely valamilyen szempont szerint a részecskével azonosan viselkedik. Geometriai azonosság esetén ezt a részecske geometriai átmérőjének, míg valamilyen más fizikai paraméterre vetítve ekvivalens átmérőnek nevezik [6].

A képelemzés során az ekvivalens átmérőből meghatározott értékek jelentősen eltérhetnek a szabványos szitaanalízis során mértéktől.

A szitaanalízis során alkalmazott sziták méretében 3–7% eltérés lehet,



5. ábra. A H32-es homokminta kumulatív görbéi



6. ábra. A H32-es homokminta dinamikus képelemzés során készített felvétele



7. ábra. Az SH 34-es homokminta dinamikus képelemzés során készített felvétele

mint technológiai tűrés. Az egyes nyílások viszont az előírt méretnél akár 50%-kal is nagyobbak lehetnek. A szemcsék alakja szintén mérési hibákat eredményezhet, mert minél laposabb vagy alakatlanabb a szemcse, annál valószínűbb, hogy fennakad a szitán, továbbá hosszúkás (tű alakú) szemcsék áthaladhatnak azon a szita-

tán, amelynek a szemnagysága kisebb, mint a szemcse hossza [6]. Az eltérő mérési módszerrel meghatározott kumulatív görbék közötti eltérést az 5. ábrán látható H32-es minta szabványos szitaanalízissel és az Analysette 28 berendezéssel mért értékei alapján felvett kumulatív görbék szemléltetik.

Az 5. ábrán jól látható a közepes szemmagyság értékeiben az eltérés, valamint a két kumulatív görbe eltérő meredeksége is, amelynek a következménye lesz az egyenletességi fokok közötti eltérés. Ezek a különbségek a homokszemcsék eltérő alakjára és a különböző mérési módszerekre vezethetők vissza. A homokszemcsék közötti különbségeket a dinamikus képelemzés során készített felvételeken is, szubjektíven ugyan, de meg lehet állapítani. A 6. ábrán a H32-es minta felvétele, a 7. ábrán pedig az SH34-es minta felvétele látható.

Összefoglalás

A szabványos szitaanalízissel és a dinamikus képelemzéssel meghatározott adatok összehasonlítása alapján megállapítható, hogy mind a közepes

szemmagyságok, mind pedig az egyenletességfok-értékek eltérést mutatnak. Ezt a megállapítást a nemzetközi szakirodalomban megtalálható mérési eredmények is megerősítik [7]. Az Analysette 28 berendezés segítségével gyors vizsgálatokat tudunk végezni, ami gazdasági szempontból előnyös lehet, a mérési módszer különbségéből adódóan azonban azoknál a homokoknál, ahol a szemcsék alakja hosszúkás, lapos vagy alakatlan, mindig eltérések fognak mutatkozni, amelyek kompenzálására szoftveres beavatkozás útján van lehetőség. A dinamikus képelemzés során készült képek alapján meghatározható az adott alaphomok alakja és alaktényezői, valamint további morfológiai paraméterek is, amely többletinformációk felhasználásával javítható a termelés biztonsága, illetve újabb összefüggések is megállapíthatók.

Irodalom

- [1] *Dr.rer.nat. Wolfgang Witt, Dr.-Ing. Ulrich Köhler, Dr.-Ing. Joachim List: Hochgeschwindigkeits Bildanalyse zur Charakterisierung von Partikelgrösse und – form*
- [2] *Dr.-Ing.Habil. Hartmut Polzin, Prof. Em. Dr.-Ing. Habil.Dr.h.c. Werner Tilch: Grundlagen der Formstoffe (Vorlesungsunterlagen)*
- [3] *Öntészeti szabványok II. kötet. Szabványkiadó 1977*
- [4] http://www.fritsch-sizing.de/uploads/tx_downloads/e_ANALYSETTE_28_ImageSizer.pdf
- [5] http://www.fritschSizing.de/fileadmin/Redakteur/Downloads/Reports_sizing/Dynamic_Image_Analysis/Partikelaanalyse_mit_der_Kamera.pdf
- [6] *Dr. Török Tamás, Ferenczi Tibor, Szirmai Georgina: Pormetallurgia Nemzeti Tankönyvkiadó, 115. oldal.*
- [7] <http://www.retsche-technology.de/de/rt/applikationen/fachberichte/>

PETER FUTÁŠ¹ – ALENA PRIBULOVÁ¹ – ŠTEFAN NIŽNÍK¹ – GABRIEL DÚL¹ – VARGA LÁSZLÓ²

A betétanyag acélhulladék-tartalmának hatásai a lemezgrafitos öntöttvas minőségére*

Annak érdekében, hogy gazdaságosabbá tegyék a lemezgrafitos öntöttvas gyártását, az elektromos kemencében történő olvasztás során acélhulladékot használnak, melynek mennyisége nagymértékben befolyásolja a lemezgrafitos öntöttvas metallurgiai minőségét. Szakirodalomban található adatok alapján megállapítható ezek keménységet növelő hatása, ám a betétanyag acélhulladék-tartalmának és az olvadék nitrogéntartalmának az öntöttvas végminőségére és tulajdonságaira gyakorolt komplex hatása már kevésbé kutatott téma.

1. Bevezetés

A lemezgrafitos öntöttvas előállítása során felhasznált betétanyagok befolyásolják az öntöttvas kémiai összetételét és tulajdonságait, és hatással

vannak az előállítás költségeire is. További befolyásoló tényezők a nyomelemek, egyéb adalékanyagok típusa és mennyisége, valamint az olvadékban található oxigén, nitrogén és hidrogén mennyisége is. Ezen elemek hatása az olvadék túlhevítésével és a salak kémhatásának beállításával befolyásolható. A nyersvas, mint betétanyag hidrogén-, oxigén- és nitrogéngáz-tartalma 30 és 80 ppm között változik.

Az olvasztás során a betétanyag összeállításakor a kisebb előállítási

költség érdekében átlagosan 10–50% acélhulladékot használnak, ennek azonban az a következménye, hogy megnő a kergesedési hajlam, a zsurgodás mértéke és a perlit kialakulásának valószínűsége. A betétanyagban alkalmazott acélhulladék nitrogéntartalma 30–160 ppm között változik, azonban már kis nitrogéntartalom hatására is megváltoznak a szürke öntöttvas mechanikai tulajdonságai, főleg a keménység [1, 2, 3]. A szintetikus lemezgrafitos öntöttvas gyártásához kis kén-, nitrogén- és hamutartalmú karbonizálóanyagok használata is szükséges.

2. Az elvégzett kísérletek

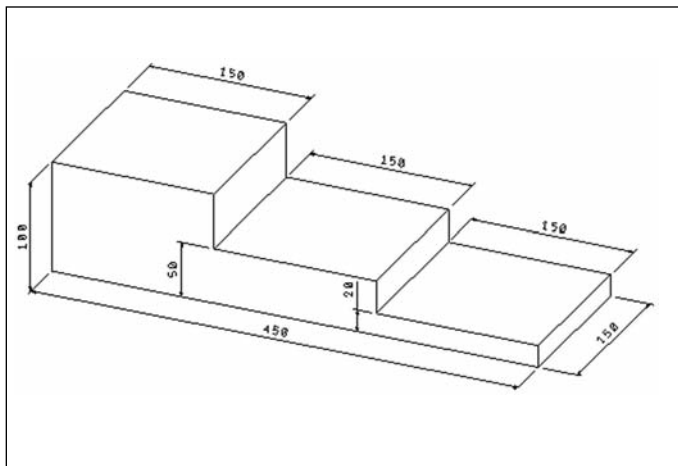
Az előzetesen megvizsgált 122 adag statisztikai adatai alapján [4, 5, 6], öt kísérleti lemezgrafitos öntöttvas olvadékot állítottunk elő szabványos EN-GJL-250 minőségben, közel állan-

¹ Kassai Műszaki Egyetem, Szlovákia

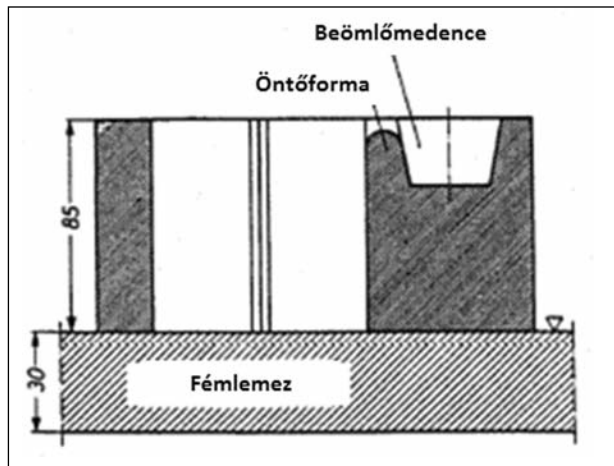
² Miskolci Egyetem

Varga László életrajzi adatait lapunk 2015/6. számában közzeltük.

* Eredeti publikáció: Materials Science and Engineering (2016) Vol. 41 (1): 32–38.



■ 1. ábra. Lépcsős próba a falvastagság-érzékenység megállapítására



■ 2. ábra. A kérgesedési hajlam vizsgálatára használt próbatest [7]

dó telítési számmal (S_c):

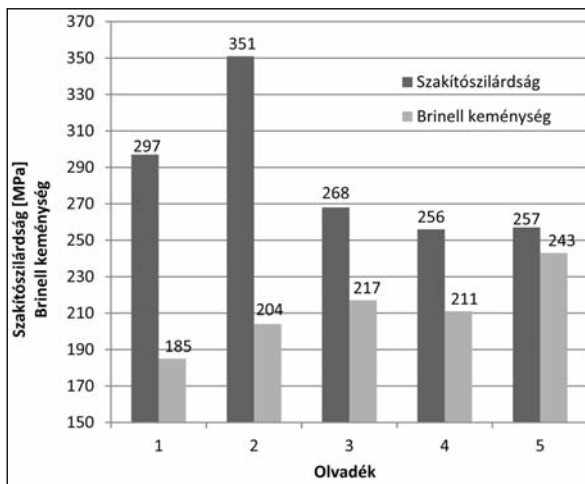
1. olvadék: a meglévő termelési adatok alapján leggyakrabban előállított lemezgrafitos öntöttvas;
2. olvadék: lemezgrafitos öntöttvas, melynél az olvadékot az olvasztás során 1500 °C-ra túlhevítették;
3. olvadék: titánnal ötvözött lemezgrafitos öntöttvas, melynél az olvadékot az olvasztás során 1500 °C-ra túlhevítették;
4. olvadék: szintetikus lemezgrafitos öntöttvas, melynek az 1. olvadékhhoz képest 0,5%-kal nagyobb a karbon-tartalma, kisebb a szilíciumtartalma és az olvadékot az olvasztás során 1500 °C-ra túlhevítették;
5. olvadék: szintetikus lemezgrafitos öntöttvas 100% acélhulladékból.

Az olvasztás egy középfrekvenciás indukciós Siemens-kemencében történt, melynek paraméterei a következők:

- névleges kapacitás: 6 tonna;
- teljesítmény: 5350 kg/h;
- névleges frekvencia: 500 Hz.

Az öntöttvas olvadékból az alábbi vizsgálatok elvégzésére alkalmas próbatesteket öntöttünk:

- érempóba a kémiai elemzéshez;
- lépcsős próba a falvastagság-érzékenység megállapítására (ld. 1. ábra);
- 30 mm-es átmérőjű szabványos próbatest a szakítószilárdság (R_m) megállapításához;
- héjhomokba öntött, 10 mm vastagságú kérgesedési próba (ld. 2. ábra) [7];



■ 3. ábra. A vizsgált adagok szakítószilárdsági és Brinell-keménységi értékei

- henger alakú (90 mm átmérőjű és 150 mm magas) próbatest a zsugorodási hajlam meghatározására;
- próbatest a nitrogéntartalom meghatározására.

A lépcsős próba esetén a Brinell-keménység mérése HPO 3000-es durométerrel, 10 mm átmérőjű golyóval, 3000 N terhelés mellett 10 másodpercig történt (10/3000/10). A 30 mm átmérőjű próbatestek szakítószilárdságát univerzális ZWICK-szakítógéppel határoztuk meg. A próbatest-

tekből vett mintákon metallográfiai vizsgálatokat is végeztünk.

3. A mérési eredmények kiértékelése

A különböző adagokhoz felhasznált acélhulladék mennyiségét, a nitrogéntartalmat, a telítési szám (S_c) értékeit, a karbonegyenértékeket (CE) és a kérgesedés mélységét az 1. táblázat tartalmazza.

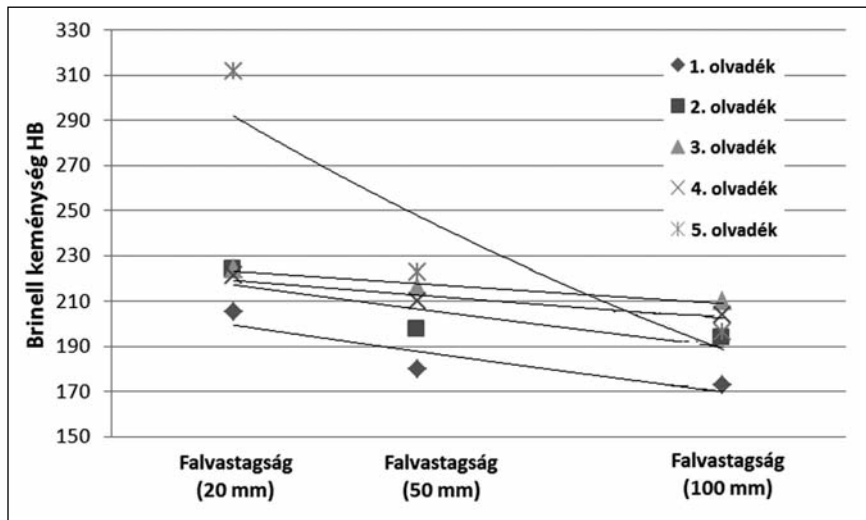
A csapolás során minden olvadékot beoltottunk 0,2% „INOCAST” hozzáadásával.

A 3. és 4. adag rendelkezett a legkisebb nitrogéntartalommal és a legnagyobb mennyiségben használt acélhulladék miatt az 5. mintának volt a legnagyobb a nitrogéntartalma. A különböző olvadékokból öntött próbatestek szakítószilárdsági és Brinell-keménységi értékei a 3. ábrán láthatók.

A kémiai összetétel és a mechanikai tulajdonságok megfelelnek a szabványos EN-GJL-250 öntöttvas előírásainak. A szakítószilárdság a 4. és 5. minta esetén volt a legkisebb, ami a nagy mennyiségben használt acélhulladék

1. táblázat. Az acélhulladék mennyisége, a kémiai összetétel és a kérgesedés mélysége

Olvadék	Acélhulladék mennyisége %	C [%]Si	[%]	N ₂ [ppm]	S _c	CE [%]	Kérgesedés mélysége [mm]
1	33	3,23	1,612	113	0,848	3,721	5
2	35,5	3,33	1,52	152	0,868	3,793	1
3	35,5	3,32	1,486	91	0,863	3,773	1
4	81,7	3,79	1,026	73	0,951	4,103	6
5	97,8	3,28	1,69	175	0,869	3,805	10



■ 4. ábra. A különböző falvastagságú lépcsős próbák keménységének változása

hatására vezethető vissza. A nagy nitrogéntartalom általunk várt hatása a szakítószilárdság értékekben nem mutatkozott meg.

A Brinell-keménység értékek 185 és 243 között változtak 50 mm-es falvastagság esetén, ami megegyezik mind az STN és az EN-GJL-HB255 (185-200 HB) szabvány értékeivel. Az 5. minta esetén a keménység kiemelkedően nagy volt.

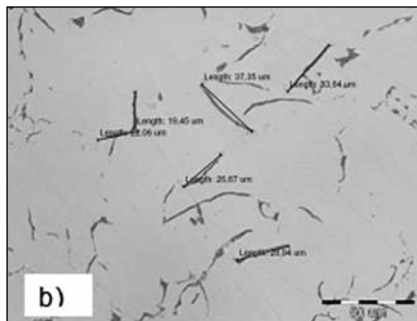
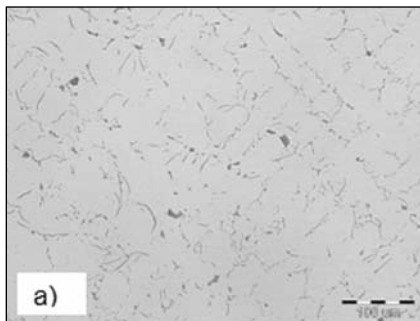
A 4. ábra a lépcsős próbán mért keménységértékek és a falvastagság összefüggését mutatja.

A grafit- és szövetszerkezet vizsgálá-

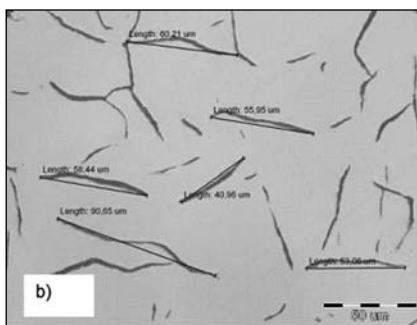
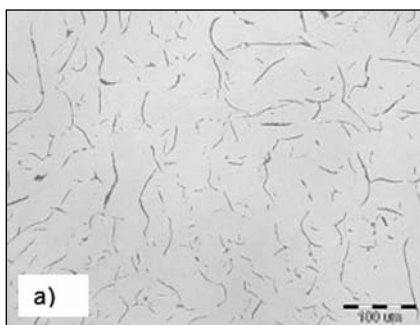
latának eredményeit a 2. táblázat tartalmazza.

A lemezgrafit eloszlása jellemzően C, D, illetve a 3. olvadék esetében E típusú volt, ahol a lemezek rövidebbek, vékonyabbak és hullámosak voltak, átlagosan 30-60 µm hosszúsággal. A 3. mintáról az 5. ábrán, míg a 2. mintáról a 6. ábrán láthatók szövetszerkezeti felvételek.

Az 5. minta szövetszerkezete teljesen perlités és karbid is kimutatható benne, ahogy az a 7. ábrán látható. Ebben a mintában található karbid miatt a keménység értékei is nagyobbak voltak.



■ 5. ábra. A 3. minta szövetéről készült mikroszkópi felvételek; a) N=200x, b) N=500x



■ 6. ábra. A 2. minta szövetéről készült mikroszkópi felvételek; a) N=200x, b) N=500x

2. táblázat. A grafit- és szövetszerkezet vizsgálatának eredményei

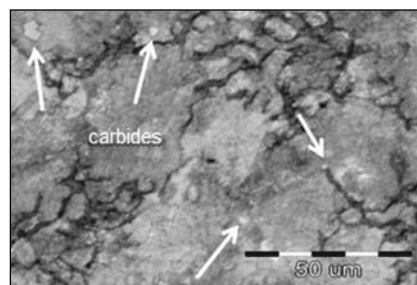
Olvadék	Perlit mennyisége a szövetben [%]	Grafit mérete [µm]
1.	92	60–120
2.	96	60–120
3.	96	30–60
4.	96	120–250
5.	100	60–250

Összefoglalás

A lemezgrafitos öntöttvas minőségét több tényező is befolyásolja, melyek közül a betétanyagban felhasznált acélhulladék és a nitrogéntartalom hatása különösen fontos. A vizsgálatok során megfigyelhető volt a mechanikai tulajdonságok, pl. a Brinell-keménység, és a falvastagság közötti összefüggés. A szintetikus öntöttvas esetén jelentős különbség figyelhető meg a vékony és vastag falak keménységében. A 2. olvadék rendelkezett a legnagyobb szakítószilárdsággal és a Brinell-keménység kis mértékben tért el a különböző falvastagságok esetén.

Kiemelkedő fontosságú az acélhulladék használata a kívánt fizikai tulajdonságok, főként az öntöttvas keménységének elérésében. Az eredmények alapján megállapítható, hogy beoltással, 1500 °C-ig történő túlhevítéssel és 0,1-0,3% titánnal való ötvözéssel kiküszöbölhető a nagy acélhulladék-tartalom negatív hatása.

A felhasznált alapanyag ára a szürke öntöttvasból készült öntvények termelési költségének 40%-át teszi ki. Következésképp, a betét összetételére nagyobb figyelmet kellene fordítani a gyártás során. A kísérletek során szerzett adatok alapján a 4. és 5. olvadék a legalkalmasabb vastagfalú, a 3.



■ 7. ábra. Az 5. minta csiszolatáról készült szövetszerkezet, 2%-os Nitallal maratva, N= 500x

olvadék pedig vékonyfalú öntvények gyártására.

Köszönetnyilvánítás

Ezt a munkát a Szlovák Köztársaság Oktatásügyi Minisztériumának Tudományos Támogatási Ügynöksége támogatta.

Irodalom

[1] Futás, P., Pribulová, A., Vasková, I.: Influence of steel scrap in a charge on cast iron properties. Archives of Foundry Engineering, Vol. 8, No. 2

(2008), 71–74.

[2] Mores, A.: Technické požadavky a prejímaní odlitků z litiny s kuličkovým grafitem. Slévárenství, Vol. XLIX (2001), No. 5–6, 355–361.

[3] Kijac, J., Sladiková, R., Bul'ko, B., Borovský, T.: The Nitrogen Content Management in the Oxygen Converter Steelmaking. Metalurgija, Vol. 51 (2012), No. 2, 191 – 194.

[4] Futás, P., Pribulová, A.: Quality criteria as implement for advisement of metallurgical quality of grey iron. In: Borkowski, S.–Rosak-Szyrocka, J.: Evaluation of people and products features. University of Mari-

bor, Celje, Slovenia, 2014, 99 – 118.

[5] Futás, P., Jelč I., Bartošová, M.: Usage of Quality Criteria for Advertisement of Metalurgical Quality of Grey Cast Iron. Quo Vadis Foundry IV conference, Tále, 10. - 12.10.2012, Košice, Slovakia, 2012, 58–64.

[6] Futás, P., Jelč I., Vasková, I. et al.: The Gist of Thermal Stresses of Cast Iron Castings. Manufacturing technology, Vol 13, No. 2 (2013), 173–177.

[7] Roučka, J.: Metalurgie litin, PC – DIR, Brno, 1998.

Fordította: Ambrus Mária

■ MÖSZ-hír

Szakmai konferencia a Magyarmet Kft.-nél

A MÖSZ elnöksége 2010-ben elhatározta, hogy azokban az években, amikor nincs Magyar Öntőnapok rendezvény, a hazai öntészet szereplőit átfogóan érintő-érdeklő témakörű, egynapos szakmai konferenciát szervez.

2016. június 16-án immár harmadik alkalommal a Magyarmet Kft. és a Magyar Öntészeti Szövetség közös szervezésében „Öntészeti technológia- és gyártmányfejlesztés napjainkban a hazai öntődékben” címmel Bicskén jól sikerült szakmai konferencia zajlott le.

A konferencián 16 társaság szakemberei vettek részt, házigazda Győri Imre, a Magyarmet Kft. tulajdonos-ügyvezető igazgatója, a szakmai nap levezetője dr. Hatala Pál, a MÖSZ ügyvezető igazgatója volt. Hat előadást tartottak az öntészeti kutatás-fejlesztés területén dolgozó vállalati szakértők. Az előadókhöz számos észrevétel, kérdés érkezett, melyeknek értékelését, megvitatását kerekasztal-konferencia jelleggel végezték el a megjelentek. Az előadásokat szaklapunk is tervezi megjelentetni (szerk. megj.).

Előadó neve	Cég neve	Előadás címe
Portörő Balázs	FÉMALK Zrt.	A 21. század kihívásai és feladatai a FÉMALK, mint autóiipari öntvényfejlesztéssel foglalkozó fejlesztő és beszállító cég szemszögéből
Kovács Zoltán	NEMAK Kft.	Innovatív technológiai megoldás a teljesítménynövelés szolgálatában
Hajas Gergely	Alu-Öntő Kft.	Bonyolult geometriájú, vékonyfalú (1-3 mm), nyomásos alumíniumöntvények prototípusának előállítása homokformában gravitációs öntéssel (kis sorozat)
Laub Ádám Miklós	Magyarmet Kft.	Tradíció és innováció – Hol is tartunk 35 év után?
Farkas János	Certa Kft.	Hajtóműház (Flex) komplex technológiai innovációja a Certa Kft.-nél. Versenyben Kínával!
Ángyán István	Wescast Zrt.	A kemencefalazat élettartam-növelő műszaki fejlesztései a Wescast Zrt.-ben

Győri Imre megköszönte a fiatal szakemberek aktív részvételét, azt, hogy vállalták az előadások összeállítását, megtartását. Zárszavában igen magas színvonalúnak értékelte az elhangzott előadásokat, külön kiemelve, hogy az előadók huszon-harmincéves fiatal szakemberek voltak, és láthatóan nagy odafigyeléssel, szeretettel foglalkoztak választott szakterületeikkel. Egyben jelezte, hogy 2018-ban, amikor nem tervezi az Öntészeti Szakosztály és a MÖSZ Magyar Öntőnapok lebonyolítását, kész ismét házigazdája lenni a negyedik, ilyen tárgyú szakmai rendezvénynek.

A konferencia végén a házigazda üzleti ebéden látta vendégül a megjelent szakembereket.

Hatala Pál

Nándori Gyula professzor sírjának koszorúzása

2016. október 8-án a soproni Evangélikus temetőben a Nehézipari Műszaki Egyetem öntő ágazatán végzett kohómérnökkel az élen, tiszteelővel kiegészülő csoport koszorúzta meg dr. Nándori Gyula professzor úr és felesége, sz. Mühl Margit sírját. A családi sírbolton elhelyezték a kegyelet és az emlékezés koszorúját, majd elénekelték a professzor úr által szerzőtársként fémjelzett Öntész nótát. A már csaknem 11 éve elhunyt, tanszékalapító Nándori



■ A dr. Nándori Gyula (1927–2005) öntész professzorra emlékező öregdiákok

Gyula professzor sírjánál fejet hajtó csoport közös fényképet készített a sírnál, melyen a fotót készítő Vigh József arca a kép sarkán külön jelenik meg.

A tiszteletadást követően a csoport tagjai Sopronban, a szeretett egyetemi testvérvárosban nosztalgiasétát tettek, elmeséltek néhány, Nándori proffal „közös” diákeveik alatt megtörtént vidám anekdotát, felidéztek ifjúságuk – összetartozásuk és kötődésük – számos, kedves emlékét, megerősítve ezzel is hagyományaik változatlan ápolásába vetett hitüket. /HP/

Testvérlapjaink tartalmából

Litejnojje Proizvodstvo (Литейное Производство), Moszkva

2016. augusztus

http://www.foundrymag.ru/lp_2016_08.html



Sipel'nyikov A. A., Rogotovszkij A. N., Bobyljeva N. A.: Az összefüggésről szerkezeti vasöntvények kristályosodási intervalluma, mikroszerkezete és keménysége között Шипельников А. А., Роговский А. Н., Бобылева Н. А.: О взаимосвязи

между интервалом кристаллизации, микроструктурой из твердостью отливок из конструкционных чугунов

Ismertetik ipari, mikroötvözött és erősen ötvözött szerkezeti öntöttvasak termográfiai, spektrális és metallográfiai vizsgálatainak eredményeit az üstben végzett módosítás után.

Sheinman E. L.: Ausztenites és ferrites alapú, nagyszilárdságú öntöttvasak ASTM szabványai

Шейнман Е. Л.: Стандарты ASTM на высокопрочные чугуны с аустенитной и ферритной основами

Adatokat ismertetnek a nagyszilárdságú, ausztenites és ferrites vasöntvények korszerű ASTM szabványairól, az összetételekről, a szerkezetekről, a hőkezelésről és a mechanikai tulajdonságokról.

Timcsenko S. L., Zadorozsnyj N. A.: АК-12 ötvözet szerkezetképződésének sajátosságai áram hatása alatti kristályosodás során

Тимченко С. Л., Задорожный Н. А.: Особенности формирования структуры сплава АК-12 при его кристаллизации под действием тока

Vizsgálták olyan АК-12 alumíniumötvö-

zet szerkezetét, amelynek a kristályosodása homokformákban, 96 amper erősségű egyenáram átbocsátásával ment végbe. Szerkezeti röntgenvizsgálattal az Al és Si diffrakciós vonalak formájának és méreteinek a változását észlelték, ami az ötvözet szerkezetének az áram hatására bekövetkezett változására mutat. Az áram hatására anizotróp textúra képződik, amely lényegesen eltér a kiindulótól. Mind az Al, mind a Si vonalainak az intenzitása és a szélessége minden megfigyelt krisztallográfiai irányban nagyobb azokban a mintákban, amelyek áram alatt kristályosodtak. Az ötvözet mikroszerkezeti vizsgálata a kristályok méreteinek a csökkenését mutatta.

Marukovics E. I., Sztjecenko V. Ju.: Szilumin öntése, új megközelítések Марукович Е. И., Стеценко В. Ю.: Литье силумина. Новые подходы

Szilumin öntvények tulajdonságainak javítására gyorsított dermedéses öntési módszereket javasolnak. Ezek egyike, az edzéses dermedésű öntés ökológiailag biztonságos, nem igényli az olvadék módosítását, növeli a fázisalkotók diszperzitását és az előgyártmány szilárdságát. Az előállított antifrikciós sziluminok sikeresen alkalmazhatók bronz helyett.

Varfolomeev M. Sz., Mojszejev V. Sz., Scserbakova G. I.: Titánötvözetből öntött termékek felületi rétege minőségének javítása

Варфоломеев М. С., Моисеев В. С., Щербакова Г. И.: Повышение качества поверхностного слоя литых изделий из титановых сплавов

Ismertetik a nagy hőállóságú keramikus forma titánötvözetekből öntött termékek felületi hibáira gyakorolt hatásának vizsgálati eredményeit. Vizsgálták termokémiailag stabil, alumoitriumos kötésű korundformák használatának lehetőségét az öntvények felületi rétege minőségjavítására. A VT5L (BT5Л) ötvözetből előállított próbák felületén röntgen és elektronmikroszkópos vizsgálatokat végeztek, valamint keménységet mértek a keresztmetszetük mentén. A titánötvözetekkel szemben termokémiailag ellenálló formák használata a nagy hőmérsékletű vákuumöntés viszonyai között a minimumra csökkenti a fizikai-kémiai kölcsönhatást és lényegesen csökkenti a nehezen eltávolítható, gázzal telített réteget a termékeken, javítva ezzel a szolgálati tulajdonságaikat. A kidolgozott technológia ígéretes irány a felelősségteljes rendeltetésű, bonyolult titán alkatrészek precíziós öntése terén.

Koljadov E. V., Geraszimov V. V., Vicszik E. M., Mezszik Ju. A.: Öntés irá-

nyított kristályosítással, szabályozott hőmérséklet-gradienssel a kristályosodás frontján

Колядов Е. В., Герасимов В. В., Висик Е. М., Межин Ю. А.: Литье методом направленной кристаллизации с управляемым градиентом температуры на фронте кристаллизации

A cikk áttekinti az öntvények szerkezetére, tulajdonságaira és hibáira döntően ható, irányított kristályosítási alap-paramétereket. Bemutatják programozható hőszigetelő ernyők alkalmazásának előnyeit a szerkezet homogenitásának növelése, az alkotók finomítása és az öntvényhibák csökkentése terén. Bemutatják ernyőkkel és nélkülük előállított bonyolult öntvények makroszerkezetét. Számítják az axiális hőmérsékleti gradienst a kristályosodás frontján.

Ovcsarenko P. G., Csekmysev K. E., Makhneva T. M.: A beállító elemek és az olvadék közötti érintkezési zóna képződése kompozitöntvényekben

Овчаренко П. Г., Чекмышев К. Э., Махнева Т. М.: О формировании в композиционных отливках контактной зоны между установочными элементами и расплавом

Ismertetik elgázosodó mintás eljárással előállított, kompozit anyagú öntvé-

nyekben, a beállító elemek (08X18H9T acél) és az alapfém (C415 öntöttvas) között képződő érintkezési zóna paramétereit. Vizsgálják az elemek helyzetének, az öntési hőmérsékletnek és a hőáramoknak a hatását bimetál vegyület képződésére a rendszerben.

Morozov V. A.: Az elgázosodó mintás öntés gyakorlatáról

Морозов В. А.: О практике литья по газифицируемым моделям

Áttekintik üres henger, vastagfalú cső és zárt alapú öntvények elgázosodó mintás öntésének a sajátosságait. Ismertetik a beömlő-tápláló rendszer méreteit, a habminták konstrukcióját és a gázelvezetést.

Gracsov A. N., Leusin I. O., Leusina L. I.: Ipari hulladékok felhasználási vázlat a öntödei vállalatoknál

Грачев А. Н., Леушин И. О., Леушина Л. И.: Схема использования промышленных отходов на литейных предприятиях

Megkísérelték kidolgozni öntödei-kohászati hulladékok felhasználási rendjét, amelyet újrahasznosítási koncepció formájában ismertetnek. Elemzik az ilyen hulladékokkal végzett munka sajátosságait. Bemutatják a kidolgozott koncepció felhasználási példáját.

Slévárenství, Brno

2016. 5-6. szám

http://www.slevarenstvi.svazslvaren.cz/download/5_6-2016.pdf



149 **Hlavinka, J.: 16. mezinárodní slévárenský veletrh FOND-EX 3-7. 10. 2016**

Brno, Výstaviště, pavilon Z

16. nemzetközi öntészeti kiállítás FOND-EX, 2016. okt. 3-7. Brno

150 **Vanko, B., a kol.: Spracovanie hliníkovej zliatiny na tvárnenie EN AW-2024 technológiou liatia s kryštalizáciou pod tlakom**

Casting with crystallization under pressure of EN AW-2024 wrought aluminium alloy

EN AW-2024 alakított alumíniumötvözet öntése nyomás alatti kristályosítással

161 **Pálka, S. – Hasil, J. – Doležal, P.: Zlepšení vlastností lité Cr-Ni oceli DIN 1.4865 přísadou inokulantů**

Improvement of properties of cast Cr-Ni steel DIN 1.4865 via addition of refiners

Öntött DIN 1.4865 Cr-Ni acél tulajdonságainak javítása finomítók adagolásával

167 **Dlouhý, I. – Válka, L.: Aplikovatelnost koncepce „master“ křivky pro hodnocení lomové houževnatosti C-Mn oceli na odlitky**

Applicability of the “master” curve concept for evaluating the fracture toughness of the C-Mn cast steel

„Mester” görbe koncepció alkalmazhatósága öntött C-Mn acél törési szívósságának értékeléséhez

173 **Fousová, M., a kol.: 3D tisk – možná alternativa k technologiím odlévání, tváření a obrábění?**

3D printing – a possible alternative to casting, forging and machining technologies?

Háromdimenziós nyomtatás – az öntő, kovácsoló és forgácsoló technológiák lehetséges alternatívája?

Összeállította: Szende György

HORVÁTH ÁKOS – ANTAL ÁRPÁD

A tűzihorganyzás a szénacélok felületvédelmének legelterjedtebb fémbevonatos módszere*

A dunajvárosi szerzők több évtizedes gyakorlati tapasztalataik alapján foglalják össze acéltermékek (darabárúk és lemezek) horganyoldékkal bevonó felülettechnológiai eljárásainak hatékonyságát szénacélok korrózióvédelmére, a bevezetőben bemutatva a vas és a cink alapvető korróziós viselkedésének sajátosságait is levegőn. A tanulmányban részletesen ismertetik a tűzihorganyzással nyerhető bevonatok legfontosabb jellemzőit és a tűzihorganyzó technológiák korszerű üzemi gyakorlatát.

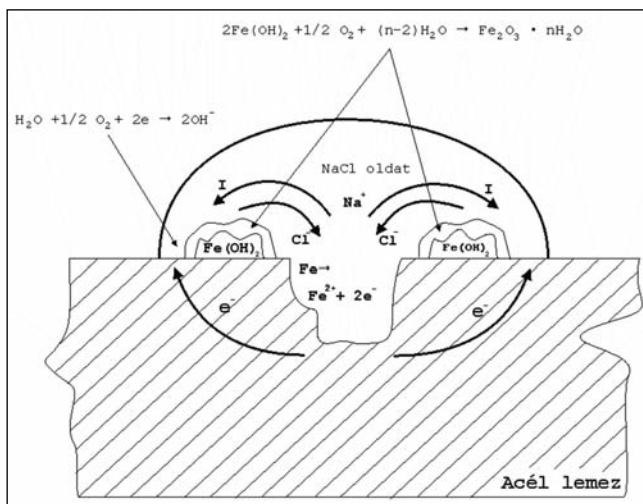
1. Vas és acél korróziója

Az acélok kiváló mechanikai és fizikai tulajdonságai várhatóan még nagyon hosszú időre nélkülözhetetlenné teszik alkalmazásukat a háztartási gépek gyártásától kezdve a különféle szerkezetek, hidak építéséig, azért is, mert egyre újabb és nagyobb használati értékű acélminőségeket fejlesztenek ki. Ilyenek például a járműiparban újabban alkalmazott TWIP-acélok, melyek a nagy szilárdság ($R_m > 1000$ MPa) mellett, kiváló alakíthatósági tulajdonsággal is rendelkeznek (A5 > 65%). Ugyanakkor a vas és acél felhasználhatóságának van egy gyenge pontja, a korrózióra való erős hajlamuk. A vas/acél felületén a légköri korróziós vagy termikus hatásra – oxigén jelenlétében – a környezet és az

alapanyag kémiai összetételétől függő minőségű és szerkezetű vas-oxidokból álló rétegek keletkeznek. A légköri vagy atmoszférikus korrózió hatására létrejövő korróziótermék – köznapin néven a rozsda – elektrokémiai természetű kialakulásában döntő része van a levegő nedvességtartalmának is. Korróziójának sebessége különféle ötvöző anyagokkal lecsökkenthető, de ezek az acélok csak speciális helyeken alkalmazhatók. Ilyenek például a légköri korrózió ellenálló acélok (Cu ötvözés) és a saválló acélok (Cr, Ni ötvözéssel). Erre kézenfekvő példának a DUNAFERR konvertercsarnoka, mely légköri korrózió ellenálló acéllemezekkel van borítva. Az ilyen acéloknál viszonylag gyorsan kialakul egy tömör oxidréteg (nemes rozsda), melynek térfogata rendkívül lassan nő és hosszú évtizedekig védi az alapfémeket. A vasfelület elektrokémiai korróziójának modelljét az 1. ábra szemlélteti.

Az elektrokémiai korrózió folyamata a fém felületén lévő nedvességhártyában indul meg, nagyszámú, helyi korróziós cella létrejöttével. A közis-

mert modell szerint a nedvességcsepp külső rétegében nagyobb az oldott oxigéntartalom, mint a csepp belsejében (differenciálisan szellőzött cella). Az oxigénben dúsabb folyadék réteggel érintkező fémfelület lesz a korróziós cella katódja és a csepp belsejében, az oxigénben szegényebb felületen anódosan oldódik a vas (Fe) és lerakódik a rozsda. A folyadékban és a vason korróziós áram folyik (ion-, illetve elektronvándorlás). Az atmoszférikus korrózió hatására keletkező elsődleges oxidációs fázis, mely egyszerre többféle (például γ -FeO(OH), α -FeO(OH), Fe_3O_4 stb. [2]) vashidroxidból és finomkristályos magnetitből áll, de a környezettől függően más vegyületeket is tartalmazhat. Megjegyezzük, hogy a vas alacsony hőmérsékletű légköri korróziós termékeivel (rozsda) szemben, a termikus hatás következtében (hőkezelés, izzítás) létrejövő oxidokat revének nevezzük. Ez viszont már tartalmaz egy wüstit nevű oxidot (FeO) is, így a háromré-



■ 1. ábra. Helyi elem képződése elektrolitoldat alatt [1]

Dr. Horváth Ákos a DunaFERR Borovszky-díjas főtanácsosa, nyugdíjas főmérnöke.

Antal Árpád a Magyar Tűzihorganyzó Szervezet (Szövetség) titkára ez évtől, korábban elnöke.

*A cikk egy korábbi változata megjelent az ISD DUNAFERR Műszaki Gazdasági Közlemények (DMGK) LIII. évfolyam 2. számában.

tegű reve mindhárom ismert vasoxid típust mutatja ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{FeO}$), mely felületi oxidokban az acél felé haladva csökken az oxigén részaránya.

2. Az acélból gyártott termékek korrózió elleni védelme

Az acélból/vasból készített felhasználási tárgyak, berendezések korrózió elleni védelmét az esetek döntő többségében megfelelő védőbevonattal érik el. Ezek lehetnek fémes vagy nemfémes bevonatok, amelyek saját tulajdonságaiknál fogva, illetve a klimatikus viszonyoktól függően több tíz évig tartó korrózió elleni védelmet nyújthatnak. A legegyszerűbb védelem a festés, azonban egy horganyzott (cinkkel bevont) szerkezethez viszonyítva, annak 40-80 éves élettartamával szemben, általában 8-10 évente újra kell festeni az acélszerkezetet.

A tűzi-mártó fémbevonások alkalmazásánál több fém és technológia ismert, ilyenek pl.: Al-, Pb-, Sn-, Zn-bevonatok, vagy ötvözetek. Ezek közül a korrózió elleni védelemre – legnagyobb tömegben – a tűzi-mártó eljárást alkalmazzák, melynek két csoportja van. Az egyedi darabok, alkatrészek tűzi-mártó horganyzása, és a folytatólagos tűzihorganyzó technológia (széles-, vagy keskenyszalag-horganyzás). A folytatólagos tűzihorganyzó módszer részletes ismertetésétől eltekintünk, mert a DUNAFERR szalaghorganyzójával kapcsolatban dunaiújvárosi szerzőktől is számos tudományos igényű publikáció (például [3]) jelent meg.

A hidegen hengerelt szalagok horganyval történő bevonásának egy másik módszere az elektrolitikus eljárás (ún. galvanizálás), amelyet a jár-

műipar igényelt, de a tűzi-mártó horganyzási technológia fejlődése már erősen kiszorította. Ugyanakkor elektrolitikus fémbevonási eljárással bevont ónozott lemezeket a konzervipar ma is igényel. A Dunai Vasműben korábban alkalmazott, tűzi-mártó eljárással ónozott lemezek gyártását a '80-as évek végén megszüntették.

Egyéb eljárások:

- termikus fémszórás horganyval,
- sherardizálás – diffúziós bevonat (az alkatrészt inertporral kevert Zn-porba helyezik és közel 400 °C-ig hevítik),
- plattírozás.

3. Miért a cink a legelterjedtebb bevonófém a korrózió ellen?

3.1. A cink korróziója levegőn

A cink jó korróziós ellenállását az okozza, hogy a legtöbb környezeti (kémiai) igénybevétel hatására egy kezdeti, rövid időn át tartó intenzívebb oxidáció után a felületén egy vékony és tömör, passzíváló hatású vegyület-réteg – ún. cinkpatina – alakul ki, mely általános használati körülmények között csak lassan fogy, de közben a horganyalából újratermelődik.

A cinkpatina kialakulásának mechanizmusa:

- a horganyzott szerkezetet a horganyfürdőből kiemelve a fémcink felületén nagyon vékony cink-oxid (ZnO) (védő)réteg alakul ki. Ennek sebességére példaként említhető, hogy környezeti hőmérsékleten száraz, tiszta levegőn az oxidréteg képződésének sebessége $0,0001 \mu\text{m}$ (1\AA)/100 óra [4],
- majd a levegő nedvesség- és széndioxid-tartalmának eredményeként jön létre a cinkpatina, mely zömében

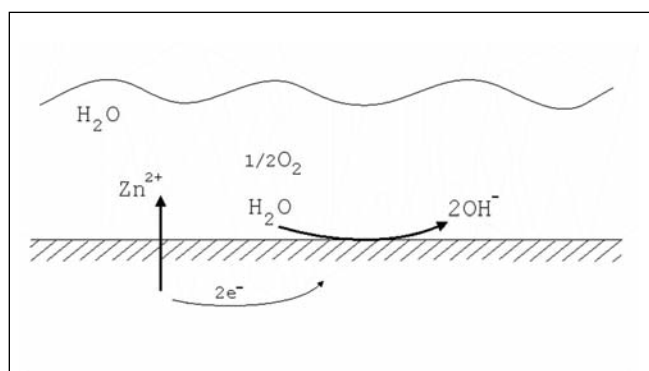
cink-karbonátból ($\text{Zn}_5(\text{OH})_6(\text{CO}_3)_2$), cink-hidroxidból ($\text{Zn}(\text{OH})_2$) és cink-oxidból áll (ZnO) [5].

Amennyiben a horganybevonaton ez a passzív védőréteg folyamatosan megmarad, illetve újraképződni képes, úgy igen hosszú élettartamot – akár 35-90 éves védelmet – tud biztosítani a bevonatvastagságtól és a légkörtípustól függően. A cink korróziós vesztesége légkörtípusonként más és más. A cinkbevonat kémiai kopása korróziós közegetől függően $0,1 - 25 \mu\text{m}/\text{év}$ (ISO 9223:2012 és ISO 9224:2012).

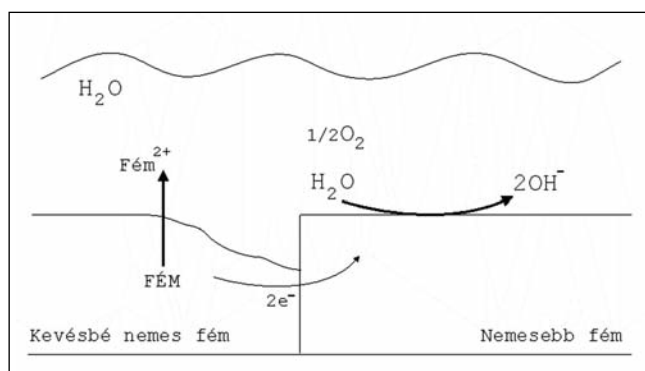
Frissen horganyzott termékek nedves környezetben tárolása vagy szállítása következtében jön létre a fehérrozsdá, ha a cinkpatina védőréteg nem alakult ki. A megfelelő raktározás mellett létrejövő cinkpatina a későbbi, a fehérrozsdát létrehozó körülmények ellen már kellő védelmet nyújt. Ha a horganyréteg vastagsága $30 \mu\text{m}$ alá csökken, az alkatrész újra horganyzásáról vagy lefestéséről kell intézkedni (duplex védelem). Egyes mérnöki acélszerkezetek alkalmazása során fellépő körülmények nem teszik lehetővé, vagy igen költséges lenne az utólagos horganyzás vagy festés. A korrózió elleni védelem idejének meghosszabbítására – akár háromszor hosszabb időszakra – nagy korróziós ellenálló képességgel rendelkező plusz bevonatokat, vagy vastagabb tűzihorgany-rétegeket kell alkalmazni.

Kiegészítő bevonatok lehetnek:

- fémes bevonat – az alapfémek két különböző réteggel vonják be – cink + szórt alumínium bevonat,
- műanyaggal történő bevonás – szalaghorganyzásnál alkalmazzák,
- akár a frissen tűzihorganyzott felületre több rétegben festékbevonatot hordanak fel a felület előkészítése



■ 2. ábra. A horgany elektrokémiai korróziójának elve ([5] alapján)



■ 3. ábra. Galván (kontakt) korrózió modellje ([5] alapján)

után – ez a DUP-LEX bevonat.

A fényes, sima horganyzott felületet festékmegtartó bevonattal (tapadó híddal) vagy érdesítéssel teszi festésre alkalmassá. Ezek a már cinkpatinával borított felületre is használhatóak.

3.2. A horganyzott felületen lejátszódó korróziós folyamatok a bevonat sérülése esetén

Ha a horganyréteget olyan kisebb sérülés éri, amely az alapfémig hatol – kivételes körülményektől eltekintve – a cink fog korrodálódni és vízoldhatóan korróziós termékei eltömítik a

kiseb sérüléseket, ezáltal mintegy elszigetelik az acélt a korróziót kiváltó közegtől. Mivel a Zn standard elektrodpotenciálja ($-0,76$ V) lényegesen negatívabb a vasénál ($-0,44$ V), így sérülés keletkezésekor a cink katódos védőhatást fejt ki az acélfelületre, és a sérülés feletti folyadékfilmben (elektrolit) nem a nemesebb fém, azaz a vas, hanem a cink, a kevésbé nemes fém korróziója indul meg. Ez mindaddig folytatódik, ameddig a sérülés (közeli) környezetében kellő mennyiségű cink van jelen. Gyakorlati tapasztalatok szerint, ez a katódos védőhatás a horganyréteg legalább 2-3 mm szélességű sérülé-

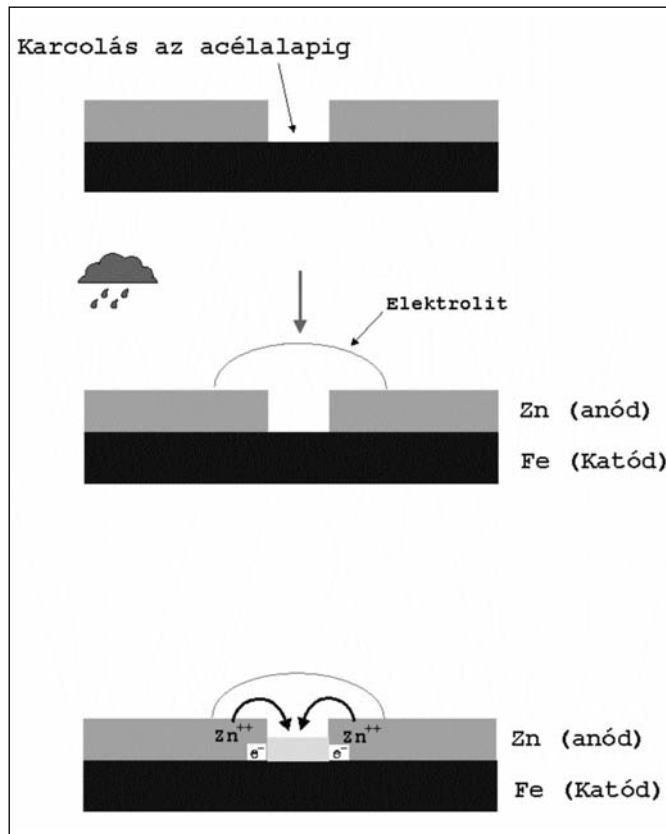
séig hatásosan működik. Az elektrokémiai védelem elvét a 2–3. ábrák, a cink katódos védőhatásának értelmezését a 4. ábra szemlélteti.

A tűzhorganyzott acélok környezettől függő korróziós igénybevétele tudományos módszerekkel, ún. kitéti mintákkal vizsgálták, és korróziós osztályokat képeztek a horganybevonatok rétegvastagságának évenkénti csökkenése alapján (ISO 9223:2012). Ezek segítségével – a felhasználási helytől függően – könnyen és gyorsan számítható a horganybevonat szükséges legkisebb vastagsága (ISO 9224:2012).

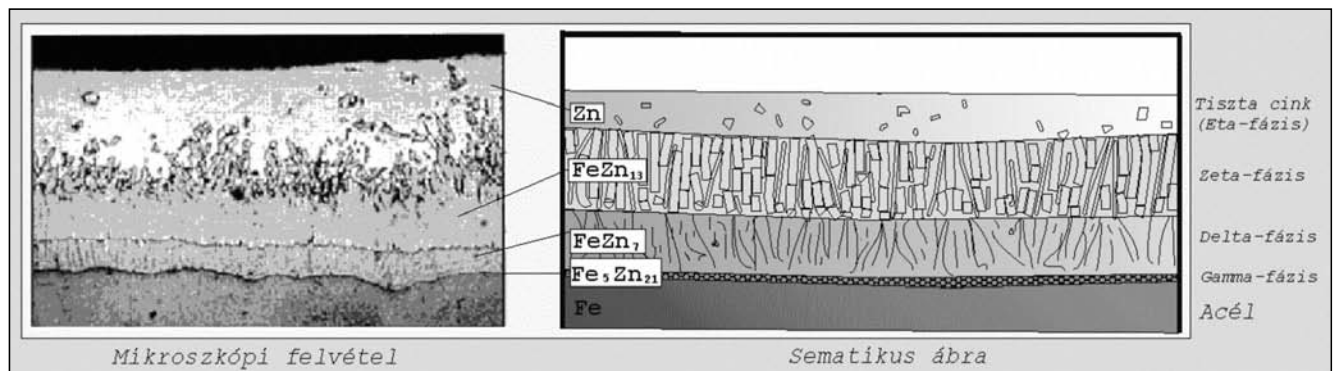
4. Acélszerkezetek (darab-áru) tűzhorganyzása

4.1. A bevonat kialakulása és tulajdonságai

A tűzhorganyzást megelőző technológiai lépéseket követően a horganyzandó munkadarab teljes felülete kémiai és fizikailag „aktív” állapotba kerül, majd bemelegítik a 450 °C-os horganyfürdőbe, amely általában célszerűen ötvöztet. A folyékony fémekben játszódó lezajló folyamatok, amelyek eredményeként az acélfelületen többfázisú, nagyon kemény, intermetallikus ötvözetből álló, diffúziós fémbevonat épül fel. Ennek lényege, hogy az aktív vas/acél felület és a cinkfürdő között kétirányú diffúzió indul meg, amely során a fémfelületről részecskék (Fe-atomok és Zn-Fe-kristálykák) válnak le a fürdőbe (a vas „leoldódik”), és egyidejűleg a munkadarab felületi rétegeibe a Zn-atomok diffúziója is zajlik (bevonat vastagodása). Idővel a diffúziós anyagtranszport és a határfelületi reakciók eredményeként az acéldarab felületén kialakul az a szépen strukturált, többfázisú fémötvözet bevonat, amelyre a fémolvadékból történő kiemeléskor még tiszta cinkolvadék is rakódik, illetve lehűlés közben rá is kristályosodik. A lehűlési folyamat során – függően a termodiffúzió intenzitásától, illetve időtartamától – a tiszta cinkfázis az ötvözetrétegből részben, vagy egészben „utánötvöződik”, közben a bevonat külső megjelenése is megváltozhat (fényes helyett szürke



■ 4. ábra. A cink katódos védőhatásának értelmezéséhez

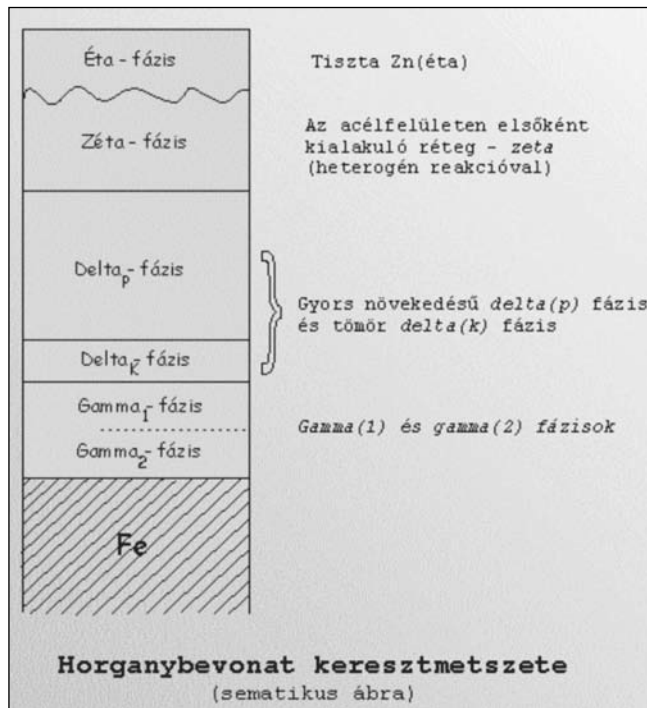


■ 5. ábra. A horganybevonat szerkezete

oltos, hálómintás rétegek). Az 5. és a 6. ábra egy optimális szerkezetű horganybevonat keresztmetszeti csiszolati nagyított képét, illetve modelljét mutatja.

A horganybevonat szerkezetében a következő ötvözetfázisok léteznek:

- éta- (η) fázis, amelyik mint tiszta cink, az olvadáspont hőmérsékletén legfeljebb 0,02%, szobahőmérsékleten pedig 0,08% vasat tartalmaz. Ez a fázis felel meg a tiszta cinkrétegnek, szoros illeszkedésű hexagonális kristályforma;
- zéta- (ζ) fázis 5,8–6,2% vastartalmú romboéderes cink-vas vegyületkristály. Ezek a kristályok a felületi kéregből beúsznak a cinkolvadékba, ezért ezt leúszó rétegnek is nevezik; (η - éta-fázis+Fe \rightarrow ζ - zéta-fázis). Hosszú pálcikaszerű szemcsékből áll.
- delta- (δ) fázis 7,0–12% vastartalmú, szoros illeszkedésű hexagonális cink-vas vegyületkristály; (ζ - zéta-fázis + Fe \rightarrow δ - delta-fázis).
- gamma₁- (Γ_1) fázis 21–28% vastartalmú, szoros illeszkedésű köbös cink-vas kristallitok; (δ - delta-fázis + Fe \rightarrow Γ_1 -gamma1)
- gamma₂- (Γ_2) fázis, a cinkkel telített vas, szoros illeszkedésű köbös kristallitokat alkot. Szerkezetileg a vas kristályrácsához hasonló, vastagsága alig néhány mikrométeres. (δ + Fe \rightarrow Γ_2 - gamma2-fázis). A gamma₂ rétegfázis vasban telített, közvetlenül a bevonandó tárgy felületén van, kémiaiilag kötődik a vas alaphoz.



■ 6. ábra. Ötvözetfázisok a horganybevonat szerkezetében

Az egyes rétegek vastagsága nagymértékben függ a vas(acél) kémiai összetételétől, illetve a horganyzási technológia jellemzőitől. A tűzímártó eljárással (darabáru horganyzás) előállított rétegnek kb. 1/3-1/2 része a diffúziós zóna (ötvözetek). A bevonat minősége az alapanyag kémiai összetételétől, a cinkolvadék ötvöző komponenseinek koncentrációjától és az alkalmazott eljárástól függ. A tiszta cink (éta-fázis) fémes fázis alatti ötvözetfázisok az alapacél keménységét is meghaladó keménységgel rendelkeznek (7. ábra).

4.2. A darabáru tűzhorganyzó technológia és alapanyagai

Darabáru horganyzásnál az optimális

felépítésű horganybevonat 60-70%-a ötvözetfázisokat tartalmaz, a legfelső (éta-fázis) réteg tiszta cink (5. és 6. ábra). Szokásos bevonatvastagság 80–150 mikrométer közötti. A cinkfürdőben lejátszódó reakciókat döntő mértékben befolyásolják a technológiai jellemzők (fürdőhőfok, fürdőösszetétel, bemártási idő, kiemelési sebesség), de leginkább az acél kémiai összetétele, kisebb mértékben a bevonandó fémfelület minősége (pl.: érdessége, feszültségállapota).

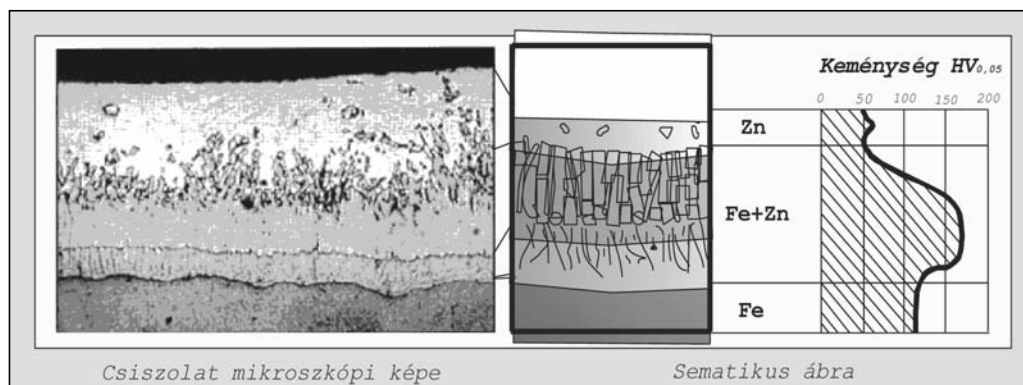
Az előírt technológiák korrekt betartása a bevonó művek feladata, míg a fémbevonási technológiára alkalmas konstrukció kialakítása és a megfelelő

acélminőségek kiválasztása a tervezők feladata. Az optimális tulajdonságú fémbevonat képződésének alapfeltétele megfelelő tisztaságú vas/acélfelület elérése. A felületelőkészítés célja, hogy majd a szilárd-folyékony fázis határán ne legyen semmiféle szennyeződés, mert akadályozná a termodiffúziót.

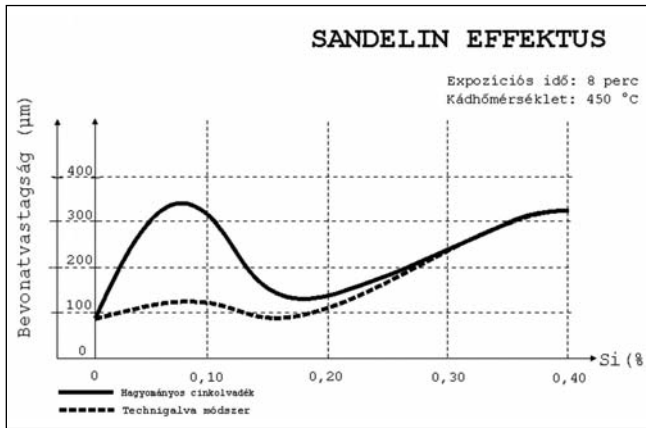
A felületelőkészítés fázisai:

1. Zsírtalanítás (alkalikus, vagy savas).
2. Öblítés (meleg, vagy hideg vizes).
3. Pácolás (sósavas, vagy kénsavas).
4. Öblítés (hideg vizes).
5. Fluxolás (nagyreszt ammónium-, és cink-klorid sók keveréke).
6. Szárítás (80-100 °C-os levegő-áramban).

A pácolást követő öblítés után a termodiffúziós folyamatok „minőségének” a javítása érdekében fluxolást (folyasztószeres felületbevonást) végeznek. A horganyolvadék felületén termikusan elbomló folyasztószerből keletkező sósav egy végső, finompácolást ad a vasfelületnek, ezáltal az kémiaiilag aktívává válik.



■ 7. ábra. A tűzhorgany-réteg szerkezete javítja a kopásállóságot



■ 8. ábra. A szilícium hatása a horganyréteg vastagságára és a Technigalva módszer [6]

A tűzi-mártó horganyzási technológiák között alapvetően kétféle eljárást különböztetnek meg.

A **nedves eljárást** alkalmazó technológiánál a savas pácolást követően a munkadarabot a folyékony cink tetején úszó flux(só)habon keresztül vezetik a fémfürdőbe, ez elősegíti a vas-cink reakciót, majd egy elválasztó gát alatt áthúzva a „fémtükrön” keresztül, kézzel emelik ki, ezzel befejeződött a tényleges **tűzihorganyzás** művelete.

A **száraz eljárást** alkalmazó technológiánál a pácolást követő öblítés után 40-50 °C-os fluxfürdőbe kerül a munkadarab, ezt követi egy szárítóke-mencében történő szárítás, előmelegítés, majd a horganyzókádba bemerítés – és végül a **tűzihorganyzás**.

Egyes horganyzóművek alkalmazsák huzalok, csövek, valamint apró termékek bevonására. Az apró termékeket (pl. csavarok, fittingek) perforált kosárba ömlesztik, a megfelelő felü-

Az optimális vastagságú, jól tapadó és ezüstösen fényes horganyréteg kialakulását leginkább a horganyozandó alapanyag kémiai összetétele befolyásolja. Elsősorban az acél szilícium- (Si), foszfor- (P) tartalma határozza meg a horganybevonat vastagságát, a vas/cink ötvözetek arányát és a horganyréteg tapadását. A horganyzás minősége, és a réteg kialakulása szempontjából lényeges még az acél hidrogéntartalma.

Az acél Si-tartalma alapján az alábbi acélminőségeket különböztetik meg a horganyozhatóság szempontjából:

- Si szegény acélok $Si\% \leq 0,03$,
- Sandelin-acélok $Si\% = 0,04 - 0,12$,
- Sebisty-acélok $Si\% = 0,12 - 0,28$,
- Si-ban gazdag acélok $Si\% \geq 0,28$.

Különböző Si-tartalmú acélok bevonásánál a várható horganyréteg-vastagságot a 8. ábra szemlélteti. Sandelin-acélok horganyzásakor vas-tag, szürke, foltos, rideg és rosszul

1. táblázat. Az EN 10025-2:2005 szabvány előírásai a Si- és P-tartalomra a tűzi-mártó horganyzás alapanyagainál

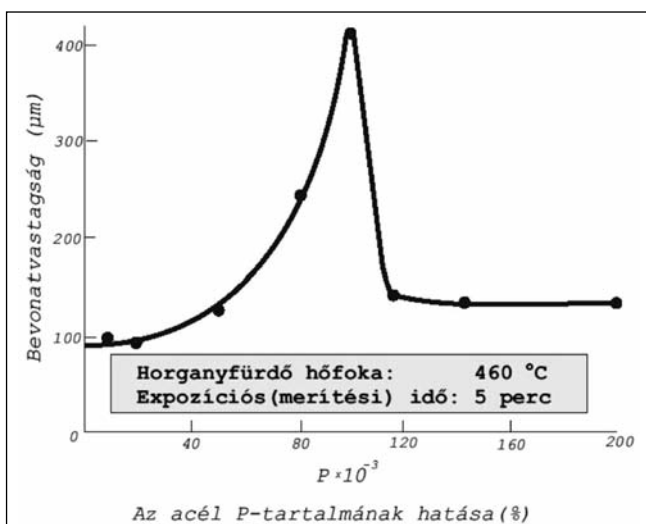
Ötvözők, %	1. osztály	2. osztály	3. osztály
Si	$\leq 0,030$	$\leq 0,35$	$0,14 \leq Si \leq 0,25$
Si + 2,5 P	$\leq 0,090$	-	-
P	-	-	$\leq 0,035$

letelőkészítés után bemártják a horganyolvadékba, majd egy centrifugába helyezik, ahol a még folyékony fémrészeket eltávolítják.

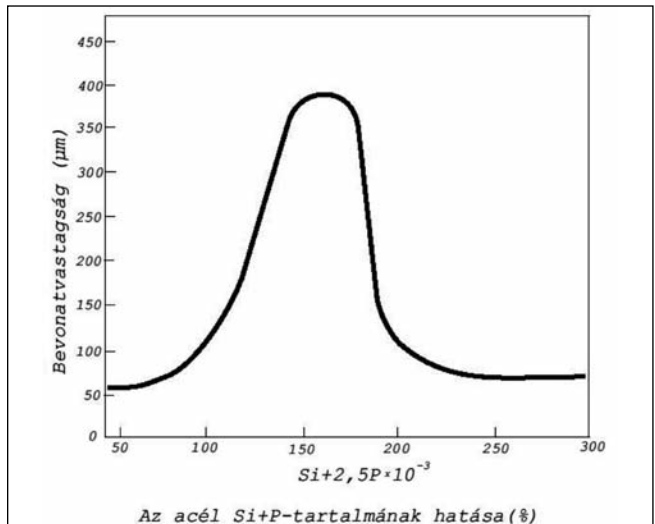
tapadó fémréteg alakul ki. A tervezők más acélösszetétel megválasztásával igyekeznek elkerülni az ilyen acélminőségek alkalmazását. A Technigalva eljárás bevezetésével megoldották a Sandelin-típusú acélok jó minőségű horganyozhatóságát. A horganyolvadékba kis mennyiségben (0,04-0,06%) adagolt nikkell hatására jelentősen csökken a vas-cink kétirányú diffúzió intenzitása. Így vékonyabb horganybevonat képződik és a legfelső fázist (éta-fázis) tiszta, magasfényű cinkréteg alkotja. Az eljárásnak nagy a jelentősége a mikroötvözött nagyszilárdságú acélokból gyártott szerkezetek tűzihorganyzásánál.

A szilícium mellett a foszfor is meghatározó kémiai elem a horganyréteg kialakulásában. A nagy foszfortartalom hatására a munkadarab felületén pácoláskor fekete, lemoshatatlan lepedék keletkezik. A P hatását a 9. ábra, a Si és a P együttes hatását a 10. ábra mutatja be.

A szabványok (EN ISO:14713-2:2009; EN 10025:2005) a jól horganyozható acélokat – fémtani folyamatok alapján – három osztályba sorolják a Si-, a Si+2,5 P- és a P-tartalom függvényében. Az 1. táblázat az EN 10025-2,-3,-4 és -6: 2005 szabvány előírásait tartalmazza.



■ 9. ábra. A P hatása a horganyréteg vastagságára [7]



■ 10. ábra. A Si és a P együttes hatása (Si + 2,5 P) [7]

A legújabb kutatások bizonyítják, hogy az acélba záródott gázok – elsősorban a vasfelületbe került hidrogén – jelenléte és viselkedése nagymértékben befolyásolja a horganybevonatok kialakulását. Fémolvadékba merítéskor, az eltérő szilíciumtartalmú acélok felületéből eltérő módon és mennyiségben távozik a vasfelületbe diffundált hidrogén, és így hat a horganyréteg képződésére is. Attól függően, hogy kialakul-e a vasfelület és a bevonat között egy nagyon vékony, mikroszkopikus rés, ami akadályozza a vas és a cinkolvadék közötti reakciót, vagy sem. Kis szilíciumtartalmú acéloknál ($Si < 0,035\%$) a vas-cink határfelületen nagyon gyorsan egy tömör, kompakt delta1-ötvözetfázis képződik, mely alatt az említett rés kialakul. Ez erősen gátolja az anyagtranszportot és a hidrogén kiáramlást, a bevonat vékonyabb lesz.

A Sandelin-zóna acéljainál viszont (0,035–0,12% Si) nem alakul ki ez a folyamat, így a hidrogéndiffúzió (kiszökés) is akadálytalanul zajlik a vas/horganyréteg határfelületről az ötvözet fázisba, majd az olvadékba és ennek következtében nagyon vastag, ötvözetekből álló bevonat jön létre. A Sebisty-acéloknál (0,12–0,28% Si) az olvadék hőmérsékletének döntő szerepe van a réteggépződésben, bizonyos hőmérséklet határok között a szilíciumszegény acéloknál tárgyalhatnak megfelelő folyamatok figyelhetőek meg. Nagy szilíciumtartalmú acé-



■ 1. kép. Hengerlési hiba egy szürke bevonaton



■ 2. kép. Balra: „túl erős” termodiffúzió eredménye

loknál ($\geq 0,28\%$ Si) növekvő Si-tartalom mellett, a hidrogén kiszökési hajlandósága csökken, ezért a réteggépződés folyamatára is csökken a hatása, a bevonat kialakulását már más tényezők befolyásolják [8].

4.3. Mit tehetnek az alapanyaggyártó kohászok, és mit tehetnek a tűzhorganyzók a jó minőségű bevonat érdekében?

A bevonatok képződését az acélok kémiai összetétele, előállítási és hengerlés-technológiai tulajdonságai mellett, a tűzhorganyzásnál alkalmazott technológiai paraméterek befolyásolják:

- a horganyolvadék kémiai összetétele, esetleges szennyezettsége,
- hőmérséklete,
- a fémfürdőben tartózkodás időtartama,
- bemerítési és kiemelési sebesség,

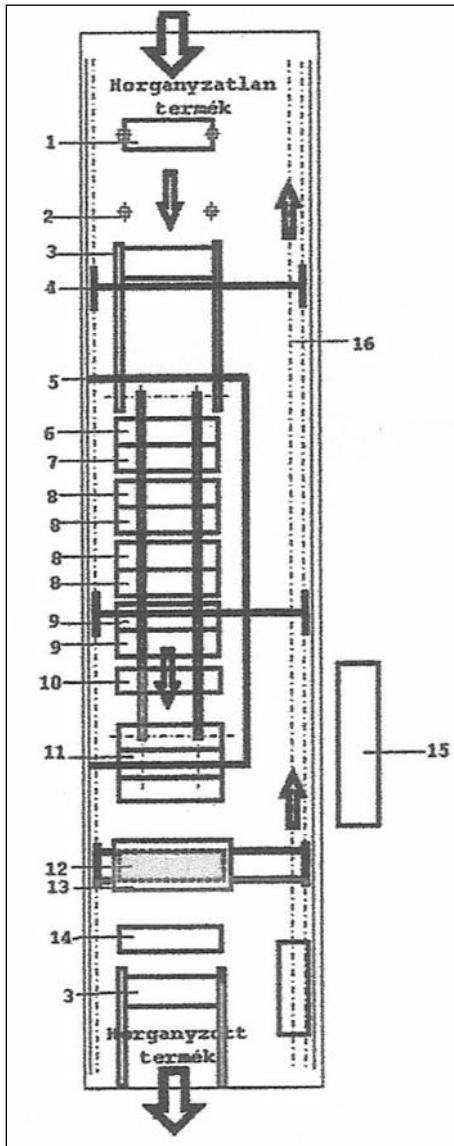
- lehűlés közbeni folyamatok (utánötvoződés).

Az olvadékban lebegő keményhorgany-szemcsék (Fe-Zn ötvözetkristályok) beépülhetnek a bevonat felső rétegébe, ezért ezek mennyiségét az olvadék szükség szerinti tisztításával korlátozni kell. Alumíniummal ötvözött fürdők esetén, az Fe-Al zárványok a fürdő tetején összegyűlve felrakódásokat okozhatnak. Olvadékba merítéskor a horganyzandó darab felületén először egy Fe-Al ötvözet réteg képződik, mely bizonyos ideig (inkubációs idő) korlátozza a Fe-Zn ötvözet fázis képződését.

Mint az előzőekben láttuk, a tűzhorganyzás sikeressége, azaz a horganyzott termék felületén kialakuló bevonat fénye, tömörsége, vastagsága, minősége függ a kezelendő felület eredeti állapotától is, vagyis a tűzhorganyzási művelet előtt alkalmazott felület(elő)kezelés (zsírtalanítás, oxid-

A TŰZHORGANYZÁSI TECHNOLÓGIA FEJLŐDÉSI IRÁNYAI					
		1742	Az eljárás felfedezése		
		1837	A pácolás felfedezése		
Termék szerinti elkülönülés	Olvadékok ötvözése	Folyasztószeres kezelés	Felület előkezelés technikája	Gépesítés, szabályozás	Környezetvédelmi rendszer
Darabáru	Zn-Pb (darabáru)	Nedves	Termikus	Kézi	Egyszerű, nyitott
Cső	Zn-Al-Pb (darabáru)	Száraz	Folyadékokban	Gépesített	Félig zárt
Lemeztábla	Zn-Ni (darabáru)		Mechanikus	Félautomata	Zárt
Huzal	Zn-Al (lemez)			Automatikus	
Tömögáru	Polygalva (darabáru)			Számítógépezérelt	
Acéllemez (szélesszalag)	Unigalva (darabáru)				
Acéllemez (sz < 500 mm)	Super Galva (darabáru)				
	GALFAN (lemez, huzal)				
	SUPER ZINC (lemez)				
	GALVECO (darabáru)				
	stb.				

■ 11. ábra. A tűzhorganyzási technológia fejlődési irányai



■ 12. ábra. Egyenes vonalú tűzhorganyzó sor [9]. 1. Horganyzó gerenda/fedél, 2. Emelhető tartóbak, 3. Lánctalpa szállítóberendezés, 4. Híddaru, 5. Vegyi terület leválasztó fal, 6. Zsírtalanító kád, 7. Melegvízes öblítőkád, 8. Pácolókád (HCl), 9. Öblítőkád, 10. Fluxos kád, 11. Háromkamrás szárítókád, 12. Tűzhorganyzó kád, 13. Daruval szállítható füstgázelszívó búra, 14. Hűtővízes kád, 15. Szűrőberendezés, 16. Horganyzó gerenda/fedél visszaz szállító konvektor

mentesítés stb.) alaposágától, továbbá az olvadék jellemzőitől és a bemelegítés módszerétől, valamint az acél Si- és P-tartalmától. Ám a jó minőségű védőréteg függ még a megrendelőtől is, ezért a horganyzóművek részletesen egyeztetnek a megrendelővel, hogy elkerüljék az acélszerkezet-tervezés, és a gyártás tűzhorganyzást befolyásoló hibáit. Ezek főleg a tűzhorganyzáshoz nem optimális acélminőség kiválasztása, a nem megfelelő technológiai nyílások kialakítása, a

nem kellően tömör, zárványokat tartalmazó hegesztési varratok, a hegesztés során a felületre égetett olajmaradványok, felületi festék- és zsírszennyeződések stb.). A fentiekre a darabáru horganyzás erősen érzékeny.

A fémréteg további lényeges tulajdonsága még a kiváló kopás- és dörzsállóság, mely többszöröse a szokásos festék- és egyéb szerves bevonatokénak.

Az anyag-előállítási és a hengerlés-technológiai tulajdonságok, amelyek a horganyréteg képződést befolyásolják:

- az 1. táblázatban ismertetett kémiai összetétel – ez azonban alapvetően a tervezők és az anyagrendelők feladata,
- az acél szennyezettsége, inhomogenitása, magasabb hidrogéntartalma,
- a melegen hengerelt lemezek, szelvények ún. metallurgiai hibái (pl.: felszakadás, 1. kép),
- a melegen hengerelt lemez, vagy egyéb szelvény revés hibái, melyeket a horganyzó a pácoláskor nem tud eltávolítani (behengerelt primer, vagy szekunder revésáv, pontszerű reve),
- ha a melegen hengerelt lemez rugalmas belső feszültséggel terhelt, mely esetleg összeadódik a horganyzás-kor az acélszerkezetben keletkező hőtágulási feszültséggel, vagy az acélszerkezet felépítéséből, gyártásából eredő feszültséggel.

A tűzhorgany-bevonat termodiffúziós folyamat eredményeként alakul ki. Ahol a

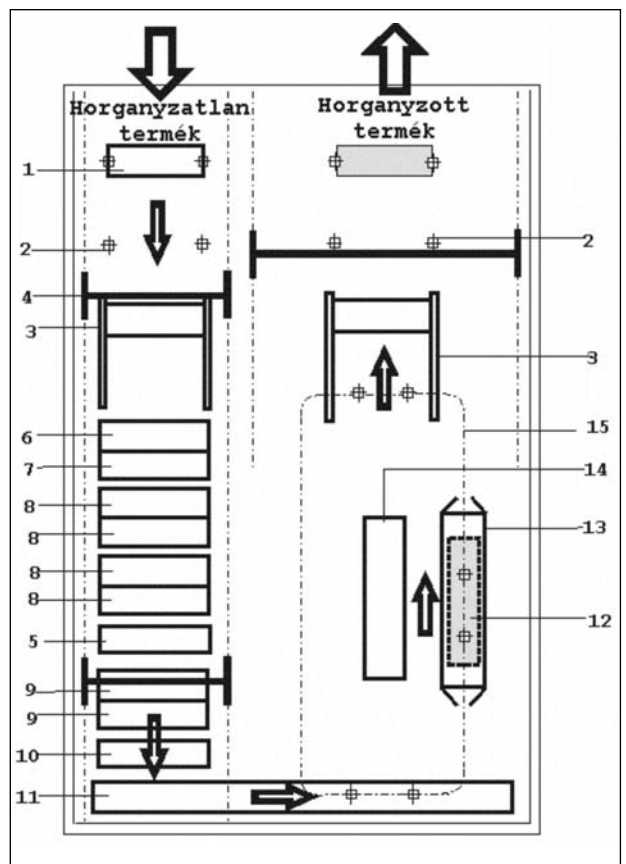
diffúzió intenzívebb, ott vastagabb, ahol gyengébb, ott vékonyabb ötvözeti fázisból fog állni a bevonat és a teljes réteg is vékonyabb lesz (2. kép). Ha az acélfelület kémiai összetétele, vagy a feszültségviszonyai inhomogenitást mutatnak, csíkokban, foltokban eltérő vastagságú bevonatok jönnek létre.

4.4. Tendenciák a darabáru tűzhorganyzó technológia fejlesztésében

A 11. ábra mutatja a horganyzási technológia fejlődésének egyes lépéseit, a különféle horganyzási technikáknál használt horganyótvözetek változását.

A darabáru tűzimártó horganyzó sorainak technológiai elrendezésére korábban két fő vonalvezetés létezett, mint az egyenes vonalú (12. ábra) és az U-elrendezésű üzemek (13. ábra).

Az egyenes vonalú technológiai el-



■ 13. ábra. U-elrendezésű üzem hosszában elhelyezett tűzhorganyzó káddal és rögzített elszívó kámszával [9]. 1. Horganyzó gerenda/fedél, 2. Emelhető tartóbak, 3. Lánctalpa szállítóberendezés, 4. Híddaru, 5. Visszapácoló kád, 6. Zsírtalanító kád, 7. Melegvízes öblítőkád, 8. Pácolókád (HCl), 9. Öblítőkád, 10. Fluxos kád, 11. Átmenő rendszerű szárítókád, 12. Tűzhorganyzó kád, 13. Füstgázelszívó kámszá, 14. Szűrőberendezés, 15. Körbefutó konvektor

rendezésű üzemnél a horganyzásra bekerülő termék végighalad az üzemben, a kezelő kádak keresztirányban vannak elhelyezve. A vegyi előkezelő kádak alkotta egységet egy teljesen zárt térben helyezik el a munkahelyi légtér megóvása érdekében. Az U-elrendezésű bevonó művek jellemzője, hogy a horganyzásra váró áruk beáramlása és a már bevonatos termékek csarnokból történő kiáramlása azonos oldalon van. A csarnok hosszirányában beépített tűzhorganyzó kádra helyezik a füstgázelszívó kámszát. A 14. ábra a legkorszerűbb, automata technológiai sort mutatja be, mely főleg nagysorozatú termékek horganyzására kiváló adottságú.

A tűzhorganyzó üzemek „szíve” a horganyzókád. Az ebben felolvasztott horganyt – a termodiffúziós folyamatok biztosítása érdekében – legtöbbször kb. 450-455 °C hőmérsékleten kell tartani. A horganyfürdőbe merített legfeljebb 80-90 °C-ra felmelegített termékek „hűtik” az olvadékot, miközben átveszik a fürdő hőmérsékletét.

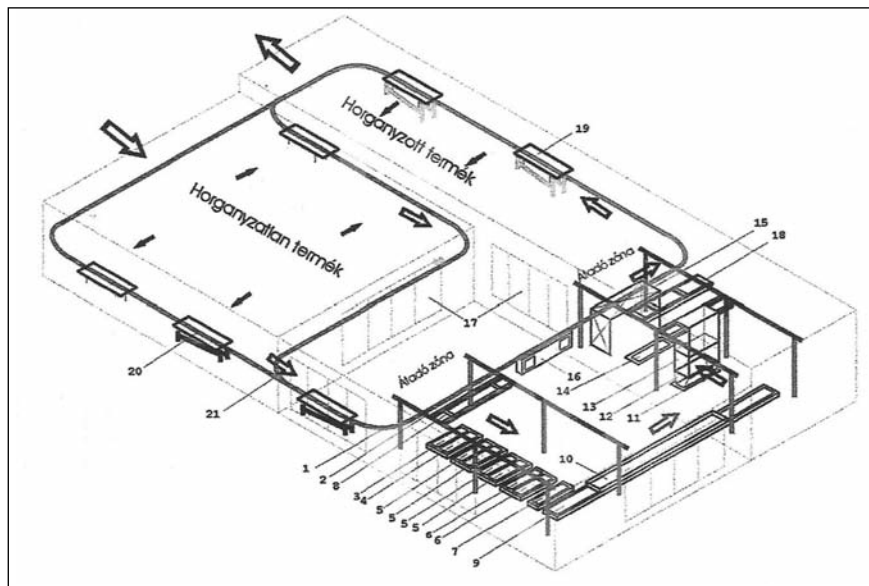
Kiemeléskor ezt a hőmennyiséget leadják egy hűtőközegnek. Ugyanakkor a darabokkal eltávozott hőt a kád fűtésével pótolják. A fűtésre többféle technológiát is kifejlesztettek. A ma legkorszerűbb két módszer az alábbi:

- Felületfűtési rendszer esetében a gázégők a kád oldalfelülete mellett vannak elhelyezve, sugárzással adják át a hőt a horganyt befoglaló acélkád falának.

- Nagysebességű fűtési rendszerrel a kádak falának fűtését biztosító égésgáz kb. 150 m/másodperc sebességgel áramlik a kád körüli fűtőtérben, ezzel biztosítva a gyors, egyenletes hőátadást. A gázégők a kád egyik végén vagy átlósan a kád rövid sarkainál vannak elhelyezve.

A felfűtésnél keletkező égésgáz melegeit a szárítókemencébe vezetik vissza, a horganyzott termékkel eltávozott hőmennyiséget sokszor egy hűtővízes kádban „fognak fel” és hasznosítják az előkezelő kádokban (páckád, fluxkád, öblítőkád, zsírtalanító kád).

A munkadarab horganyzó kádba történő merítése füstképződéssel jár. Ennek elszívására elszívó búrát (kámszát) alkalmaznak, mely teljesen befedti a kádat. Korszerű berendezéseknél a kémiai előkezelés zárt térben történik, teljes légelszívással (ház a ház-



■ 14. ábra. Korszerű automatikus darabáru tűzhorganyzó berendezés modellje, automata tűzhorganyzó üzem [9]. 1. Konvektor (körbefutó), 2. Portáldaru-pálya, 3. Zsírtalanító kád, 4. Melegvízes öblítőkád, 5. Pácolókád (HCl), 6. Hidegvízes öblítőkád, 7. Fluxos kád, 8. Automata portáldaru 1., 9. Átmenő rendszerű szárító, 10. Rögzített szárítófedél, 11. Tűzhorganyzó kád/kemence, 12. Rögzített mellvéd, 13. Automata portáldaru 2., beépített elszívóberendezéssel, 14. Hűtővízes kád, 15. Fedélátadó berendezés, 16. Konvejmeghajtás, 17. Vegyi terület határoló fal, 18. Automata portáldaru 3., 19. Leszedő terület, 20. Felrakó terület, 21. Váltó

ban technológia). A modern tűzhorganyzó létesítmények már teljesen zárt folyamatokkal rendelkeznek és a technológiai körből kikerülő anyagok tökéletesen megfelelnek a környezetvédelmi előírásoknak. Az üzemi hulladékokból a horgany legnagyobb része visszanyerhető.

5. A szalaghorganyzásról röviden

5.1. Szalag tűzhorganyzása és alapanyagai

Az acélszalag tűzhorganyzásakor az alapanyag általában hidegen hengerelt lágyacél, de miután a bevonó technológiából adódóan csak nagyon vékony Fe-Zn ötvözetréteg alakul ki, ezért az alapanyag-összetételre nincs szigorú szabályozás. A szalag tűzhorganyzást elsősorban az építőipar igénye alapján fejlesztették ki, de a technológia fejlődése alkalmassá tette a járműipar kiszolgálására is.

5.2. Szalag elektrolitikus horganyzása

Elektrolitikus (galvanikus) ónozás elterjedt módszer, s zömében a konzervipar használja fel az ónbevonatos lemezterméket. Az elektrolitikus hor-

ganyzás a járműipar igényei szerint fejlődött ki és elsősorban ennek az iparágak megfelelően fejlesztik ma is. Az elektrolitikusan horganyzott felületet is kromátos fürdőben passziválják. A bevonat differenciál vastagságú is lehet, azaz a lemez két oldalán eltérőek a rétegvastagságok.

Alkalmazott bevonatok az elektrolitikus oldott fémsóiból kiváló fémből keletkeznek, például

- ZE – Zn bevonat,
- ZN – Zn-Ni bevonat, 10-12% Ni-tartalommal.

Az elektrolitikusan horganyzott lemezek fontosabb bevonatvastagságait a 2. táblázat mutatja be.

6. Röviden a magyar tűzhorganyzás 135 éves történetéről

A tűzi-mártó horganyzás alapelvét 1742-ben Franciaországban Malouin francia mérnök szabadalmaztatta, majd az iparszerű alkalmazás feltételeit (ásványi savakban történő pácolás) a lengyel származású S. Sorel mérnök dolgozta ki 1837-ben. Először csak kisméretű termékeket kezeltek, majd a XX. század első harmadától jöttek létre a nagy tömegű folytatólagos és szakaszos tűzi horganyzási

2. táblázat. Elektrolitikusan horganyzott szalagok tipikus bevonatvastagságai

Minőség	Bevonatvastagság, μm	Bevonat-tömeg, g/m^2
ZE 25/25	2,5/2,5	18/18
ZE 75/75	7,5/7,5	54/54
ZE 50/25	5,0/2,5	36/18
ZE 75/25	7,5/2,5	54/18
ZE 100/00	10/0	72/0

kapacitások Európában és az Egyesült Államokban egyaránt. Magyarországon az első tűzi-mártó horganyzó üzemet az akkori Nádasdon (ma Borsodnádásd) a lemezgyárban – a Rimamurány-Salgótarjáni Vasmű Rt. részeként – 1881-ben alapították, ahol a kor technikai színvonalának megfelelő, korszerű berendezésekkel különféle méretű acéllemez táblákat horganyoztak és ónoztak, vagy ólomréteggel vontak be. A tűzihorganyzást 1991-ig, egészen a borsodnádásdi gyár megszűnéséig végeztek. A technológia alapítója a porosz nemzetiségű *id. Hammerstein Péter* volt (1845–1920, Borsodnádásdon van eltemetve), aki hazájában, egy ottani tűzihorganyzóban tanulta ki a mesterséget, és az 1880-as év elején érkezett Nádasdra, az új technológia bevezetésére. Ma már a Borsodnádásdon működtetett pakettáló hengerlési technológiát és tűzi felületbevonási technológiákat nem alkalmazzák. A múlt század '70-es éveiben a Dunai Vasmű saválló minőségű, egykori szóhasználattal élve, platinát (táblalemezt) szállított Borsodnádásdra továbbhengerlésre. A cikk szerzői több alkalommal is személyesen tanulmányozták az ottani technológiát. További fontosabb technológiai mérföldkövek:

- Az első hazai huzal tűzihorganyzó-mű üzembe helyezése 1904-ben a Rimamurány-Salgótarján Vasmű Rt. Salgótarjáni Acélgárban.
- Az első hazai csőhorganyzó-mű létesítése 1922-ben a Weiss Manfréd Acél- és Fémművek Rt.-nél.
- Az első hazai száraz technológiával működő acélszerkezeti tűzihorganyzó üzembe helyezése 1966-ban a Hajdúsági Iparművekben Tégláson, a forróvíztárolók bevonására.
- A Dunai Vasmű nedves technológiával működő tűzi-mártó horganyzó-jának üzembe helyezése 1968-ban.

Üzemelése 1973-ban szűnt meg a száraz technológiával működő és nagyméretű acélszerkezetek nagyteljesítményű bevonására alkalmas, új üzem elindításával egyidőben, amely ma is üzemel (ma DAK Acélszerkezeti Kft.).

- Szintén egy nagyméretű acélszerkezetek tűzi-mártó horganyzására alkalmas művet telepítettek 1977-ben a Mosonmagyaróvári Mezőgazdasági Gépgyárban.
- Az első és egyetlen hazai félautomata csőhorganyzó létesítése 1970-ben a Csepel Művekben (azóta megszűnt).
- Első hazai nagy hőmérsékletű (550–560 °C) tűzihorganyzó technológia indítása 1986-ban Segesden (Fittinggyártó Gt.) (megszűnt).
- 1994-ben kezdte meg a termelést a széles acélszalag Sendzimir-rendszerű folyamatos tűzihorganyzó a DUNAFERR-nél (METAB Fémművelő Kft.).
- Kerámiakádas nagy hőmérsékletű centrifugás horganyzás az apró termékek bevonására (1996 Segesd Ferrokov Kft.).
- Az első, már kámzsával lefedett tűzihorganyzó kád üzembe állítása 1998-ban (NAGÉV Kft. Tiszacsege).
- Automatikus, számítógépes anyagtovábbítási programmal vezérelt, automata tűzihorganyzó sor beüzemelése nagyméretű acélszerkezetek horganyzására 2011-ben, a NAGÉV Cink Kft.-nél Ócsán.

7. Összefoglalás

A tűzihorganyzás napjaink dinamikusan fejlődő felülettechnológiája, melyet kifejezetten az acélok/vasak korrózió elleni védelmére fejlesztettek ki. A vele együtt párhuzamosan fejlődő acél-, és acélfeldolgozó iparágak erős húzóhatást fejtettek és fejtenek ki a mai napig e technológia fejlődésére, így mára az egyik meghatározó módszerré vált a bevonatos technológiák között. A képződő horganybevonatok a technológiai feltételektől függően változó vastagságúak és más-más fizikai, mechanikai tulajdonságokkal rendelkezhetnek, de közös jellemzőjük, hogy a vastagabb, vagy vékonyabb horgany-vas ötvözeti rétegeket tiszta cinkréteg borítja. A horgany (cink) korróziós tulajdonságai, a vas-

hoz viszonyított elektrokémiai viselkedése, illetve kitűnő mechanikai tulajdonságai lehetővé teszik a nagytömegű alkalmazást részben önálló bevonatként, részben bevonatrendszer részeként. A technológia alapvetően két önálló területre osztható. Ezek a szakaszos, vagy darabaru (acélszerkezeti) tűzihorganyzás, illetve a folytatólagos (folyamatos) tűzihorganyzási eljárások. A technológiai ágak fejlődése a mai napig tart, a tűzihorganyzott acélszerkezetek és lemeztermékek felhasználásának aránya tendenciájában növekvőben van.

Irodalom

- [1] *Török Tamás*: Felületkezelés és felületmódosítás, Miskolci Egyetem, Tanszéki jegyzet, 96. oldal (2007)
- [2] *S. Musić, Đ. Dragčević, S. Popović, I. Czako-Nagy*: Formation of Rust During the Corrosion of Steel in Water and (NH₄)₂SO₄ Solutions. Part II, Croatica Chemica Acta 68(2) 315–323 (1995)
- [3] *Dénes Éva, Török Péter*: Folyamatos tűzi-mártó horganyzási technológiák, bevonattípusok és fejlesztési irányok, DMGK, 3. (2006)
- [4] *K.-A. van Oeteren*, Feuerverzinkung, Expert Verlag, Ehningen bei Böblingen (1988)
- [5] *Sanna Johnsson*: Corrosion of zinc in the automotive environment; Relation Between Corrosion Rate, Corrosion Products and Exposure Site, MSc Thesis (2012), KTH, (Internet, <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:777202/FULLTEXT01.pdf> Letöltve: 2016.08.28)
- [6] *Megyeri Sándor, Robert Pankert*: Technigalva – új eljárások a tűzihorganyzásban, Tűzihorganyzás 4. (2004)
- [7] *P. Maaß, P. Peißker*: Handbuch Feuerverzinken, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, S.93. (1993)
- [8] *W. D. Schulz, Marc Thiele*: Feuerverzinken von Stückgut. Die Schichtbildung in Theorie und Praxis. Eugen G. Leuze Verlag KG. (2008)
- [9] *P. Maaß, P. Peißker*: Handbuch Feuerverzinken, Wiley-VCH Verlag GmbH&Co.KG&A, S.143-145. (2008)

Az ajkai alumíniumkohó története 1943–1991

25 éve zárták be az ajkai alumíniumkohót

„Uraim! – állt fel az asztal mellől 1937. április 21-én a Magyar Leszámitoló és Pénzváltó Bankban *Klein Elemér*, az Egyesült Államokból hazatért vállalkozó, és a következőket mondta: „A bauxit ma Amerika legnagyobb biznisze! Ezt nem kihasználni véték! A Nyirádon talált jó minőségű bauxit hasznosítása arra sarkall bennünket, hogy egyesíteni kell erőnket.” E beszéd hatására még aznap megalakult a Magyar Bauxitbánya Rt. – kétmillió pengő alapitőkével.

A részvényesek pedig arra a következtetésre jutottak, hogy érdemes Nyirád közelében egy nagyobb kapacitású timföld- és alumíniumgyárat létesíteni.

Először Devecsert szemelték ki erre a célra, de miután ezt a tervet a devecseri előljárásságok elutasították, más helyszín után néztek.

Így került szóba Ajka-Tósokberénd, amelynek telepítését a bauxit- és szénbányák közelsége, valamint a kiépített vasúti hálózat is indokolta. Az ajkai szénmedence így alkalmasnak bizonyult egy erőmű, timföldgyár és alumíniumkohó vertikum megépítésére. A megbecsült nyirádi bauxitvagyon alapján a létesítendő gyár kapacitását 20 000 t/év timföld és 10 000 t/év alumínium gyártásában határozták meg. Ehhez tudni kell, hogy ekkora kapacitáshoz kb. 45 000 tonna bauxitra és 240 000 tonna jó minőségű szénre van szükség.

A tervet tettek követték. Hamarosan megnyitották a nyirádi bauxitbányát, amely az első években még exportra termelt. Főleg Németországba, amely háborúra készült és igen nagy szüksége volt az alumíniumra.

A Magyar Bauxit Rt. és az Egyesült Izzó Rt. 1940. szeptember 11-én kötött megállapodást a villamos energia- és gőzszállításra vonatkozóan. A szerződés

alapján az Egyesült Izzó Rt. kötelezte magát, hogy 15 éven át évi 204 millió kWh energiát ad át az építendő alumíniumkohónak. Ezzel szabad utat biztosított az erőmű, a timföldgyár és alumíniumkohó gyorsított ütemű felépítéséhez.

Az elképzelések megvalósítására a részvénytársaság elnöke, *Hohenlohe Ferenc* a helyszíni beruházások irányítójának *Petneházy Antalt* bízta meg, aki 1940. január 8-án került Ajkára.

A helyszínrajzok 1941 februárjában készültek el, és hamarosan megépültek a felvonulási épületek is. Így megkezdődhetek az építkezések. A tereprendezési munkálatokat *Karlik Ignác* vállalata, a kohócsarnok építési munkálatait *Sorg Antal* cége, míg a készenléti lakótelep építkezéseit *Andráskay Müller Ede Fiai* vállalkozása végezte.

A kohócsarnok építését 1941 tavaszán kezdték meg és 1942 decemberében fejezték be (1. kép).

A korabeli leírások szerint a Magyarországon ekkor üzemben lévő alumíniumgyárak (Csepel és Felsőgalla) a konkurencia kezében voltak, és az ajkai tervezőknek nem engedélyezték a műszaki tapasztalatcserét. Ilyen körülmények között a norvég Elektrokemisk oslói cégtől kértek ajánlatot 30 kA-es elektrolizáló kádtípusra. Az ajánlatot követően *Gebefügi István* Norvégiába utazott, ahol tanulmányoz-

ta az ottani kádtípust, technológiát és ezután került sor a megállapodásra az önszülő Sodeberg-féle anódszerkezet licencének megvételére. A katód rajzai a Csepeli Alumíniumgyár szakértője, *Széll Lajos* közreműködésével készültek.

Az elektrolizáló kádak szerelését *Oetl Antal* és a Magyar Vagon- és Gépgyár, míg az egyenirányító berendezések szerelését a Siemens Művek szakemberei végezték. A gépi berendezések nagy részét magyar vállalatok szállították.

1941. június 25-én jelentős részvényérdekeltséggel a *Dürrener Metallwerke A. G.* is betársult a vállalkozásba, és német szakértő gárda érkezett a gyárba.

1942. május 29-én az erőmű, valamint a timföldgyár és alumíniumkohó építésének koordinálására – tekintettel a honvédelmi és közgazdasági érdekekre – az ipari miniszter *Petneházy Antalt* miniszteri biztossá nevezte ki.

Az építkezések a háborús viszonyok ellenére is gőzerővel folytak. 1942 májusában volt az építkezés csúcsideje, amikor 1299 munkavállaló dolgozott a különböző munkaterületeken.

A beruházás befejezése azonban a háborús események miatt csak nehezen haladt. Ráadásul 1941 tele az előző ötven év legszigorúbb tele volt, ami a települést napokra elvágtatta a külvilágtól. Emiatt hetekre leállt a munka.

A tervek szerint 1942 augusztusában kellett volna átadni a létesítményt, de a gépi berendezések vontatott ütemű szállítása és a mostoha téli időjárás miatt erre csak később kerülhetett sor. Így az első kohóalumíniumot 1943. február 23-án csapolták, és ezzel megkezdődött a közel félévszázadig tartó alumíniumkohászat Ajkán.

A teljes beruházási költség kb. 18 millió pengő volt,



■ 1. kép. Épül az alumíniumkohó (1942)

amiből az alumíniumkohó épülete kb. 5 millió pengőbe, míg a gépi berendezések kb. 12 millió pengőbe kerültek (ebből csak az egyenirányítók kb. 1 millió pengőt tettek ki). A vertikumhoz szükséges készenléti lakótelep 1 millió pengőbe került, amely 11 lakóházból állt – benne 35 lakással – és egy kis szálloda-kaszinóval.

1943 júliusától fokozatosan helyezték üzembe a kohókádakat, és év végére már 72 működött.

A háborús viszonyok miatt 1944-ben hadiüzemmé nyilvánították a gyárat.

1945-ben a front közeledtével gyárőrséget hoztak létre. Részben ennek köszönhető a gyári vagyon elhurcolásának megakadályozása, és a gyári vasút, valamint az egyenirányító berendezés felrobbantásának a megghiúsítása.

1945. március 24-én Ajkát is elérték a szovjet csapatok, és a környék hadszíntérré változott. A kohóban lévő kádakat leállították, és az üzemben is megszűnt a munka. A kádak lefagytak, az újbóli üzembe helyezésük csak jó egy év után vált lehetségessé.

Szerencsére a II. világháborút a kohó különösebb veszteség nélkül vészelte át.

1945 augusztusában Potsdamban befejeződtek a háborút követő tárgyalások. Ennek eredményeként a részvénytársaság vagyonát képező német tőke érdekeltsége a Szovjetunió tulajdonába ment át. Ezzel a Magyar Bauxitbánya Rt. egy magyar–szovjet vegyes vállalatá alakult 1946. január 1-jén, és létrejött a Magyar–Szovjet Bauxit–Alumínium Rt. (MASZOBAL Rt.). A változás következtében az ajkai gyár részben szocialista, részben pedig tőkés tulajdonba került, szovjet felügyelettel.

A létrejött megegyezés szerint a háborúban vesztes Magyarországnak jóvátételt kellett fizetnie. Ebből az ajkai alumíniumkohónak 1945-ben 3 000 t, utána pedig évente 7 000 t alumíniumot kellett szállítani a Szovjetunió részére, 300 USD/t alumínium elszámolási áron, egészen 1955-ig.

1945. július 4-én visszahozták a gyárba a leszerelt bénító-anyagokat Kőszegről, és megkezdték a termelés újraindítását. Ebben az időben rendkívül nehéz volt a dolgozók élelmiszerellátása is, a rohamosan növekvő inf-



■ 2. kép. Tüskehúzás kézi erővel (1948)

láció pedig csak tovább súlyosbította a helyzetet. Nagy nehézségek árán, de sikerült úrrá lenni a helyzeten.

A kohó a kezdeti időszakban nem érte el a tervezett termelési szintet. Ennek oka elsősorban a háborús helyzet és az azt követő anyaghiány volt, de gondot okozott a munkába állított dolgozók gyakorlatlansága is.

1943 és 1947 között az üzem termelése és az üzemelő kádak száma is erősen ingadozott. Ezt mutatja az alábbi táblázat:

Év	Termelés (t)	Kádak száma (db)
1943	1 346	72
1944	3 844	52
1945. márc.	1 487	41
1946	337	36
1947	3 983	72

Az alumíniumtermelés 1950-re érte el a tervezett névleges kapacitását, a 10 000 tonnát (11 162 t), 1959-ben a 15 000 tonnát és 1970-ben a 20 000 tonnás szintet. Ez utóbbit már 56 kA áramerősség mellett sikerült teljesíteni. A növekvő termelést a kohászati technológia javításával, a gépesítés bevezetésével, az elektrolizáló kádak anódkeresztmetszetének növelésével és az áramerősség fokozatos emelésével érték el (2. kép).

1947-ben az országban megkezdődött az első hároméves terv, amely az ajkai kohászatra is jelentős hatással volt. 1948-ban a kitűzött célok elérésé-

re a gyárban is elindították az egyéni munkaversenyt.

A kohó még az év vége előtt, 1949. november 7-ére teljesítette a hároméves tervet. Megjegyzendő, hogy 1951-ben a sztahanovisták száma elérte a 63 főt, és ekkor a kohóban 252-en dolgoztak.

Az 1950-es évek a kohóüzem gépesítésének időszaka volt, de ebben az időben vezették be a hatórás munkarendet is.

A gépesítéssel nagymértékben sikerült csökkenteni a nehéz fizikai munkát pl. a csapolást, kéregbetörést, tüskehúzást, timföldszállítást és adagolást, tüskeverést, massaadagolást, anódemelést és süllyesztést. De ebben az időszakban történt a felső gázelszívó rendszer kiépítése és a 100 m magas kohókémény megépítése is.

Meg kell említeni még a Rödermozgalmat is, amelyet 1951-ben indítottak annak érdekében, hogy a sztahanovisták segítsék a gyengén teljesítőket, és adják át munkamódszerüket. E mozgalom fő célja az 5 éves terv teljesítése volt.

1955-ben megszűnt a MASZOBAL, és a szovjet fél a magyar államra ruházta az 50% tulajdonrészét. Ezután az üzem neve Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohó lett.

1956. október 23-án Budapesten kitört a forradalom, és tüntetések kezdődtek országszerte. A pesti események hatására az ajkai gyárban 30 tagú gyárőrséget hoztak létre. A forradalmi események válsághelyzetet teremtettek a gyár életében. November 1-re Ajka valamennyi üzemében megalakultak a munkástanácsok és sztrájkoltak a dolgozók, a szénbányában és az erőműben is. Emiatt energiahiány lépett fel a kohóban.

A kohó termelése 1956. október 27-től 1957. február 4-ig teljesen szünetelt, az alumíniumkohóban befagytak a kádak.

1956. november 4-én a szovjet fegyveres erők inváziót indítottak hazánk ellen és mindenhol leverték a forradalmi megmozdulásokat. Az élet ezután csak lassan normalizálódott és az üzem újra termelni kezdett.

1962-ben létrejött az államközi Magyar–Szovjet Timföld–Alumínium Egyezmény. Ennek keretében timföldet szállítottunk a Szovjetunióba alumíniumért cserébe. Az elszámolási



■ 3. kép. Csatlakozórákók (1955)



■ 4. kép. Kéregbetörés (1975)

arány két rész timföld, egy rész alumínium volt. Ez a szerződés, jelentős módosítással ugyan, de lényegében 1990-ig volt érvényben.

1963-ban létrehozták a Magyar Alumíniumipari Trösztöt (MAT), az előbbi egyezmény végrehajtására. A hazai alumínium feldolgozás ebbe a szervezetbe koncentráldott. A trösztön belül végezték az egyes vállalatok közötti munkák és fejlesztések összehangolását.

1968-ig a két kohócsarnoknak – a déli és az északi csarnoknak – még külön irányítása volt. Ebben az évben vonták össze őket.

1968-ban bevezették hazánkban az új gazdasági mechanizmust, amely a gazdaságra serkentőleg hatott. Az ajkai vállalatvezetést is arra ösztönözte, hogy a rendelkezésre álló fémbázison bővítse a termékskáláját. Így került szóba Ajkán a formaöntészet megvalósítása. 1968. szeptemberében egy kísérleti kokillaüzemet hoztak létre a kohó végében.

Az 1970-es évek közepétől az ajkai alumíniumkohó elérte a kapacitásának maximumát, a 22 000 tonnát. Ezekben az években a termelés megtartása mellett, a munkakörülmények javítására és a technológia fejlesztésére helyezték a hangsúlyt pl. a timföldadagolás automatizálására kísérletek kezdődtek.

Az 1980-as években a számítógépes kohószabályozással minőségében és szemléletmódjában változott meg a kohászat.

Az alumíniumöntvények iránti ke-

reslet és a sikeres kokillaöntési kísérletek hatására egy új formaöntőde kezdte meg működését 1980-ban. A kohó ezt az új üzemeltetést látta el fémmel – a KÖFÉM és az export mellett.

Az 1990-es évek elején a hazai villamosenergia-árak nagymértékű emelése és alumínium világgiazi árának zuhanásszerű csökkenése megkérdőjelezte a hazai alumíniumkohászat további gazdaságos működését. Sajnos az alumíniumkohók nem kapták meg hazánkban – a külföldön szokásos – ún. „zsinórfogyasztói” kedvezményt a villamos energia területén. Így csak veszteséggel tudtak volna működni. Ezért úgy döntött az iparág vezetése, hogy megszünteti az energiaigényes alumíniumkohászatot, és fokozatosan leállítja mindhárom alumíniumkohóját (Tatabánya, Ajka és Inota). Hiába volt mindenféle tiltakozás, petíció és érvelés az alumíniumkohászat megmaradása mellett, a kormány lesöpörte az érveket. Így sajnos bekövetkezett az a szomorú esemény, hogy 1991. december 30-án, végleg leállították az ajkai alumíniumkohót is.

Az ajkai alumíniumkohó 1943. február 23-tól – 1991. december 30-ig működött. 48 éves fennállása alatt közel 800 ezer tonna alumíniumot termelt és számtalan embernek adott munkát.

Nagy szomorúsága a szerzőnek, hogy Ajkán sohasem hoztak létre egy helyi ipartörténeti múzeumot, vagy bemutatótermet az ajkai alumíniumkohászat emlékeinek őrzésére. Tartok tőle, hogy később ez is a feledés

homályába fog merülni, mint oly sok egykori régi szakma, amit mára csak hírből ismerünk. Pedig igen megérdemelték volna az ajkai kohászok, hogy ne csak egy utca neve (Kohász utca) és egy köztéri szobor (kohász) emlékeztessen Ajkán erre a szakmára.

Végezetül akik megérdemlik, hogy nevük fennmaradjon az utókor számára, mert tevékenységükkel hozzájárultak az ajkai kohászat hírnevéhez: *Petneházy Antal, Gebefügi István, Becker Ervin, Timár Vilmos, Gerencsér József, Szentiványi Gyula, Pálovits Pál és Salakta István.*

Irodalom

- [1] *Tilhof Endre*: Ajkai krónika. Ajka, 2009
- [2]: 35 szerző, főszerkesztő *dr. Deák József*: Timföldgyártás és alumíniumkohászat Ajkán a XX. században. Ajka, 2000.
- [3] *Gebefügi István*: Az ajkai alumíniumkohó története. Kézirat, 1948
- [4] *Dr. Sillinger Nándor*: A magyar alumínium – a kezdetektől napjainkig. BKL Kohászat, 143. évfolyam. 1. szám
- [5] *Móritz István – Pinkavölgyi Attila*: Regél a múlt... Kézirat, 1968
- [6] *Sipos Ottó Tibor*: Timföldgyártás, alumíniumkohászat Ajkán a XX–XXI. században. VEOL; 2013. 09. 20.
- [7] *Szentimreyné Harrach Orsolya*: Az Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohó indulása. BKL Kohászat. 1992. 7–8. sz.

VERŐ BALÁZS – JANÓ VIKTÓRIA – CSIZMAZIA JÁNOS – IFJ. GYÓRI IMRE –
LAUB ÁDÁM – RÉGER MIHÁLY

A tiszta fémek öntvényeinek dermedése

A cikk célja, hogy a színfémek dermedésére vonatkozó fémtani ismeretek alapján a színfémek öntvényeinek dermedését folyamatában tárgyalja. A tárgyalás alapját két felismerés képezi. Az egyiket az öntvény szilárd kérgének időbeli vastagodását (növekedését) leíró négyzetgyökös összefüggés jelenti. A másik törvény pedig azt fejezi ki, miszerint a krisztallitok (dendritek) növekedésének az a feltétele, hogy a dermedési frontban a ΔG szabadentalpia-különbségnek növekednie kell a dermedési fronttól való távolság függvényében. Ennek a két törvényszerűségnek a figyelembevételével értelmezhető a színfémek öntvényeiben az öntött szövet három jellegzetes tartományának kialakulása.

1. Bevezetés

A fémek és ötvözetek dermedésével számos monográfia [1], [2], illetve számtalan dolgozat – közöttük több hazai szerző – [3–7] cikke foglalkozik. A felsorolt szakirodalmak közös jellemzője, hogy a fémek és ötvözetek dermedési folyamatát elsősorban fémtani jelenségként vizsgálják, és részben vagy teljesen elvonatkoztatnak a tényleges öntési körülmények hatásaitól, nem az öntvényekben lejátszódó folyamatokat tárgyalják.

A színfémek öntvényei dermedési folyamatának tárgyalásakor két alapvető törvényszerűséget, törvényt kell alapul venni. Az első az öntvény szilárd kérgének időbeli vastagodását, növekedését leíró négyzetgyökös összefüggés, a második pedig az a

termodinamikai feltétel, amely szerint egy krisztallit vagy dendrit csak akkor növekedhet, ha a dermedési front előtt az olvadék és a szilárd fázis ΔG szabadentalpia-különbségének egy bizonyos szakaszon növekednie kell.

A négyzetgyökös törvény és a termodinamikai feltételrendszer figyelembevételével értelmezhető az öntvény szövete három jellegzetes tartományának kialakulásához vezető feltételrendszer. Közismert, hogy az öntött szövet három, egymást követő jellegzetes tartományból áll: a finom dendrites, az oszlopos és az egyenlő tengelyű tartomány.

A cikkben tehát a színfémek öntvényeinek termikus túlhűlés által irányított dermedésével foglalkozunk. Az elkerülhetetlenül jelenlévő nagyon kis mennyiségű oldott és nem oldott

szennyezők hatásával – a dermedés befejező szakaszában – szükségszerűen foglalkoznunk kell.

Az ötvözetek összetételi (konstituációs) túlhűlés által irányított dermedésével kapcsolatos fogalmakkal csak olyan mélységben foglalkozunk, hogy a termikus túlhűlés tárgyalásához szükséges fogalmak definíciója még egyértelműbbé váljon.

2. A szilárd kéreg növekedési törvénye

Az öntészeti gyakorlatban széles körben ismert a szilárd kéreg vastagságának időbeli növekedését leíró törvény, az ún. négyzetgyökös összefüggés. A kéreg x vastagsága a dermedés t idejétől az (1) összefüggés szerint nő, vagyis

$$x = K \sqrt{t} \quad (1)$$

ahol

K az öntés technológiájától függő állandó (különböző technológiákra nézve 20–40 mm/perc^{1/2}),

K nemcsak az alapanyag összetételétől, a termikus viszonyoktól, hanem az öntvény alakjától is függ, az öntvény ugyanis lehet síkfalú, hengeres, gömbszerű, illetve ezeknek a kombinációja [8].

Verő Balázs és **Janó Viktória** szakmai életrajzát 2016/2. számunkban közöltük.

Réger Mihály 1985-ben szerzett kohómérnöki diplomát a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán. Az acélöntés és a hőkezelés területén iparvállalatoknál dolgozott, majd kutatómérnökként először a csepeli AGMI-ban, majd a VASKUT-ban metallográfiai és káreset elemzési feladatokat végzett. Ebben az időszakban kezdett foglalkozni az acélok kristályosodásának és a folyamatos öntés technológiájának komplex témakörével, kutatási eredményeit PhD, majd akadémiai doktori értekezésében összegyezte. Az Óbudai Egyetem és jogelőd intézményeiben 1992 óta különböző beosztásokban végez oktatói és tudományos tevékenységet, jelenleg az egyetem rektori feladatait látja el.

Csizmazia János szakmai életrajzát 2015/1. számunkban közöltük.

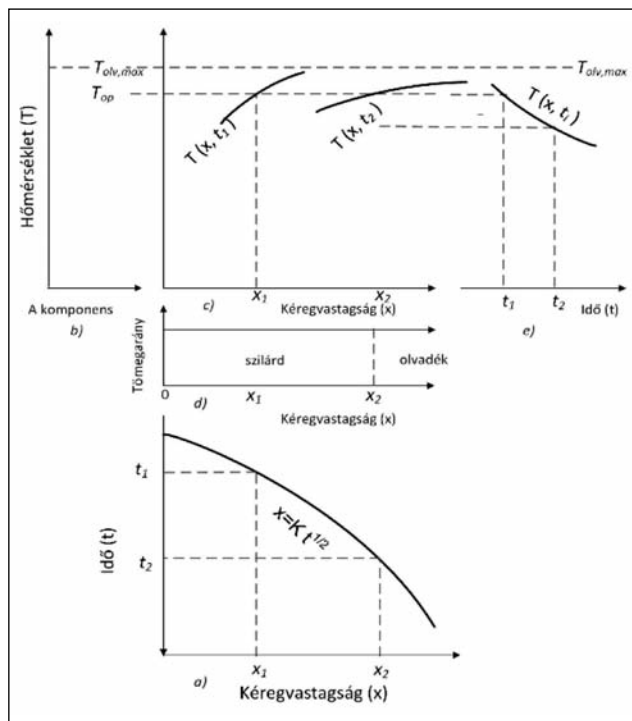
Ifj. Győri Imre 2013-ban szerzett anyagmérnök diplomát a Dunaújvárosi Főiskolán. A főiskolai tanulmányok után egy évet Németországban töltött. 2014-ben itthon megalapította saját vállalkozását, a rapid prototípusgyártásra szakosodott alphaMet Kft.-t. 2014 októbere óta a Magyarmet Finomöntőde Kft. ügyvezető igazgatói posztját is betölti.

Laub Ádám Miklós 2013-ban karbantartó szakirányú gépészmérnökként szerzett diplomát a Dunaújvárosi Főiskolán. Fő szakterülete a 3D modellezés, modellkészítés. 2014-től a Magyarmet Finomöntőde Kft. gyártás-előkészítő mérnöke, ahol rapid prototípusgyártással állítanak elő precíziós öntvényeket.

Egyes mérési adatok szerint az olvadék túlhevítésének a kéregvastagság növekedésére gyakorolt hatását egy, az (1) egyenlet jobb oldalán álló korrekciós taggal lehet figyelembe venni. Nem nehéz észrevenni, hogy ennek az összefüggésnek a háttérben diffúziós jelenség, például a színtémek dermedésekor, a hődifúzió jelensége áll. Ez a négyzetgyökös összefüggés az öntött szövet jellegzetes szövetszerkezeti tartományainak kialakulására nézve nem ad előrejelzést. Azt, hogy az (1) egyenlet szerinti négyzetgyökös összefüggés gyakorlati szempontból első közelítésben helyesen írja le a szilárd kéreg időbeli vastagodását, azzal magyarázhatjuk, hogy a szövetszerkezeti sajátosságok kialakulásáért felelős tényezők – mint például az olvadéshő, a szilárd kéreg és az olvadék hővezetési számának változása – a termikus viszonyokat csak kis mértékben és lokálisan változtatja meg. A kéregvastagság négyzetgyökös összefüggésének általános érvényessége azzal is magyarázható, hogy a már igen csekély – akár 0,001 tömeg%-nyi – ötvöző vagy szennyező jelenléte is összetételi túlhűlést okoz. Ez az összefüggés színtémekre és ötvözetekre nézve is helytállóan bizonyult. A dermedés közben kialakuló termikus viszonyokat ebben a feltételrendszerben egyszerű hőátadási feladatként lehet kezelni.

3. Egy idealizált tulajdonságú anyag olvadékának dermedése

A később tárgyalandó, bonyolultabb folyamatok megértésének megkönnyítése miatt vizsgáljuk meg azt az esetet, amelyben egy olyan idealizált olvadék dermed meg, amelynek kristályosodását nem kíséri a dermedési hő felszabadulása, továbbá az olvadék és a kristályos fázis mindegyik fizikai jellemzője megegyezik, pl. a k hővezetési számok is azonosak. Végül tegyük fel, hogy a kristálynövekedés izotróp és nincs túlhűlés.



■ 1. ábra. Egy idealizált tulajdonságú olvadék dermedési folyamatát szemléltető vázlatosorozat

Vizsgáljuk tehát ennek az idealizált tulajdonságú olvadéknak a dermedését! Ehhez hívjuk segítségül az 1. ábra vázlatait.

Induljunk ki a kéregvastagság időbeli növekedését leíró (1) összefüggésből, amit az 1a ábra diagramja mutat. Jelöljünk ki ezen a görbén két pontot, nevezetesen az x_1 és az x_2 pontokat, amelyekhez értelemszerűen t_1 és t_2 dermedési idők tartoznak. Vetítsük fel továbbá az x_1 és az x_2 pontokat az 1c ábra diagramjának az idealizált fém olvadáspontját jelző vízszintes vonalára. Rajzoljuk be ezen a két metszésponton át az adott t_1 és t_2 dermedési időhöz tartozó hőmérséklet-változást jellemző görbéket: $T(x, t_1)$ és $T(x, t_2)$. Az idealizált olvadék olvadáspontját az adott színtém ötvözetjelző vonalán tüntettük fel, amelyet a b) vázlat mutat. A termikus viszonyok időbeli változásából az is következik, hogy a t_2 időhöz tartozó görbe lefutása laposabb, mint a t_1 időhöz tartozóé. Nyilvánvaló, hogy amennyiben a $T(x, t_1)$ és $T(x, t_2)$ görbe a $T_{olv,max}$ hőmérsékletet jelző vonal alá fut, akkor az Ox_1 és az Ox_2 tartományban már csak szilárd fázis lehet jelen, amit a d) ábra vázlat szemléltet. Ez utóbbi speciális szövetdiagramnak tekinthető, amelynek füg-

gőleges tengelyén a fázisok százalékos tömegaránya szerepel a kéregvastagság függvényében.

Lényeges, hogy a szilárd/olvadék fázisarány a dermedési frontban ugrászerűen változik 0-ról 1-re, ez a két fázis csak a dermedési frontban találkozhat. Ez a megállapítás teljes összhangban van azzal a ténnyel, hogy az idealizált tulajdonságú olvadék lehűlés közben a T_{op} -n megszilárdul. Lényeges a további értelmezés szempontjából, hogy a dermedés során nem alakulhat ki olyan helyzet a forma ill. kokilla (a továbbiakban kokilla) falával párhuzamos tet-szöleges helyzetű síkban, ahol olvadék és kristályos fázis együttesen jelen van.

Ez más szavakkal azt

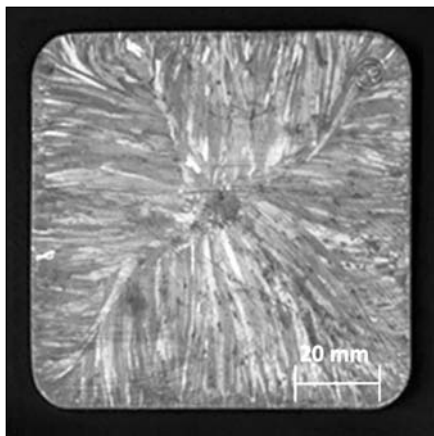
jelent, hogy adott helyen az öntvény belsejében az olvadék és a kristályos fázis együttes jelenlétének időtartama nulla, ezt a tényt a *lokális dermedési idő* nulla értékével is kifejezhetjük.

Vegyük észre továbbá, hogy a $T(x_i, t)$ görbék az öntvény adott helyén érvényesülő lehűlési viszonyokat jellemzik, vagyis a $T(x_i, t)$ görbék lehűlési görbék. Ezt a megállapítást szemlélteti az 1e ábra vázlat. Ez a lehűlési görbe az idealizált olvadék lehűlésére nézve Newton-féle lehűlési görbe jellegű. Az adott pontra vonatkozó lehűlési görbe ismerete teszi lehetővé az öntvény fázisösszetételének modellezését. Az is nyilvánvaló, hogy két görbe ismeretében a harmadik egyértelműen megszerkeszthető. Erre példát majd egy reális tulajdonságú olvadék dermedése kapcsán mutatunk be.

A gyakorlatot fokozatosan egyre jobban közelítő változatok tárgyalásakor a következő eseteket kellene vizsgálnunk.

Színtémekre nézve:

- a) a szilárd fázis és az olvadék hővezetési száma megegyezik, és nem szabadul fel dermedési hő, továbbá nincs túlhűlés;
- b) a szilárd kéreg és az olvadék hővezetési száma különböző, és der-



■ 2. ábra. Folyamatosan öntött OFHC-réz és szerkezeti acél lapos bugájának keresztmetszetéről maratott állapotban készített felvétel

- medéskor nem szabadul fel hő, továbbá túlhűlés sincs;
- c) az olvadék és a szilárd fázis hővezetési száma megegyezik, dermedési hő szabadul fel és fellép a túlhűlés jelensége;
- d) a szilárd kéreg és az olvadék hővezetési száma különböző, dermedéskor felszabadul a dermedési hő és fellép a túlhűlés jelensége.

Az a) eset az előbb tárgyalt helyzettel teljesen analóg. Színfémekre nézve nyilván a d) eset fordul elő, figyelembe véve azt a körülményt is, hogy a k hővezetési számok hőmérsékletfüggőek, de ezt elhanyagoljuk [9].

Szilárd oldatos ötvözetekre nézve az alábbi eseteket kell vizsgálnunk:

- a) az ötvözők szilárd fázison belüli diffúziója végtelen lassú, olvadékbeli diffúziójuk végtelen gyors,
- b) az ötvözők szilárd állapotbeli diffúziója korlátozott, olvadékbeli diffúziójuk végtelen gyors,
- c) az ötvözők szilárd és olvadékbeli diffúziós sebessége a két szélsőérték között van.

Ez utóbbi c) eset képviseli a realitást.

A felsorolt esetekben további változatot jelent, ha figyelembe vesszük a kristálynövekedés izotróp vagy anizotróp jellegét is.

Ezek az esetek egyben támpontot nyújtanak a fémek és ötvözetek dermedési folyamatának szimulációjához.

A színfémek és az ötvözetek dermedésének makroszkópos szinten való egységes tárgyalását, pontosabban ennek a megközelítési lehetőségnek a létjogosultságát az is indo-

kolja, hogy a dermedés folyamatát – pontosabban a dendritek növekedésének folyamatát – mindkét esetben ugyanazok az alapvető törvényszerűségek irányítják. Ez abban is megmutatkozik, hogy a színfémek és az ötvözetek öntött szövetére ugyanaz a felépítés jellemző, amint azt egy OFHC-mintáról (oxigénmentes, nagyvezetőképességű réz) és egy szerkezeti acél folyamatosan öntött bugájának keresztmetszetéről maratott állapotban készített felvétel is mutatja. A felvételeket a 2. ábra szemlélteti.

3.1. A túlhűlés fogalmának definíciója

A színfémek és az ötvözetek dermedését irányító túlhűlés fogalmát célszerű külön-külön definiálni. Nem szabad megfeledeknünk ugyanakkor arról, hogy a két definíció tartalmilag lényegében ugyanazt fejezi ki.

A színfémek olvadékának túlhűlésén a kérdéses színfém olvadáspontja (T_{op}) és az olvadék tényleges hőmérséklete ($T_{tényleges}$) közötti különbséget értjük, vagyis

$$\Delta T_{túlhűlés} = T_{op} - T_{tényleges} \quad (2)$$

A $T_{tényleges}$ hőmérséklet az olvadék mindenkori, valamilyen fizikai módszerrel meghatározható, mérhető hőmérsékletét jelenti.

Mivel gyakorlati körülmények között a dermedés, a megszilárdulás szinte mindig heterogén csíráképződéssel indul, a $\Delta T_{túlhűlés}$ szükséges mértéke viszonylag csekély. Reális körülmények között azonban az olvadék ennél nagyobb mértékben is túl-

hűlhet, ezt a túlhűlési mértéket a továbbiakban $\Delta T'_{túlhűlés}$ -vel jelöljük. A szükséges túlhűlés mértéke a gyakorlati tapasztalatok szerint a (3) egyenlet szerint alakul, ahol a hőmérsékletet °C-ban kell figyelembe venni:

$$\Delta T_{túlhűlés, min} = -0,02 T_{op} \quad (3)$$

A heterogén csíráképződéshez szükséges túlhűlés kis mértéke tehát azt jelenti, hogy a megszilárdulás nagyon szűk hőmérséklet-tartományban játszódik le, hiszen a későbbiek során már nincs szükség csíráképződésre. Ennek a megállapításnak az öntött szövet három tartományának kialakulásakor kitétetett jelentősége van.

Ahhoz, hogy a túlhűlés jelenségét fémtanilag értelmezni tudjuk, közelítsük meg a dermedéssel ellentétes irányú folyamatot, azaz az olvadást. Tiszta anyagok olvadásakor egyensúlyi körülmények között azonos hőmérsékleten következik be a kristályosodás és az olvadás. A szilárd anyagok hevítés hatására az olvadásponton meg is olvadnak. Az olvadékok viszont nem dermednek meg feltétlenül az olvadásponton, hanem túlhűthetők. A különbség oka a két folyamat eltérő mechanizmusában keresendő. Ha az atomok rezgőmozgásának amplitúdója eléri azt az értéket, amelynél a rezgési energia meghaladja a kötési energiát, a kristályrács szétbomlik, az anyag megolvad. A kristályosodáshoz viszont az szükséges, hogy az olvadék egyes helyein olyan kristálycsírák jöjjenek létre, amelyek stabilisak és képesek növekedésre. Ehhez viszont arra van szükség, hogy kis mértékben túlhűljön az olvadék. Ha a kristálycsírák megjelennek és elérnek egy kritikus méretet, a csírák növekedése akadály nélkül, spontán tovább folytatódhat. Más szavakkal: dermedés közben a felszabaduló dermedési hőáram a hőmérséklet-különbség által indukált hőáram ellen hat, ezért túl kell hűteni az olvadékot olyan mértékben, hogy a kialakuló szilárd fázis hőmérséklettől független, pusztán a halmazállapot-változás miatt létrejövő hőmérséklet emelkedése az olvadék lokális hőmérsékletét ne emelje az olvadáspont fölé. Olvadás közben a

hőmérséklet-különbség indukálta hőáram és az olvadás endoterm jellege miatt minden hőáramlás (valós és látsens hő) egy irányba mutat, így az olvadáspontot elérve az olvasztani kívánt fém fel tudja venni a halmazállapot-változáshoz szükséges látens hőt [9].

Szilárd oldatos ötvözetekben a dendritok növekedésének folyamatát az ún. összetételei (konstitucionális) túlhűlés irányítja. Ennek definícióját a (4) összefüggés adja meg:

$$\Delta T_{\text{túlhűlés}} = T_l - T_{\text{tényleges}} \quad (4)$$

ahol:

- T_l az olvadék adott térfogatelemének összetételéből számított likvidusz-hőmérséklet,
- $T_{\text{tényleges}}$ az olvadék tényleges, vagyis valamilyen fizikai módszerrel mérhető hőmérséklete (lásd a (3) összefüggést).

A színelemekre és az ötvözetekre vonatkozó termikus és összetételei túlhűlés definíciójából látható, hogy a $T_{\text{tényleges}}$ definíciója mindkét esetben ugyanaz, de a viszonyítási alapul szolgáló T_{op} és T_l hőmérsékletek csak a színelemekre nézve egyeznek meg. Arra is utalnunk kell, hogy a T_l számításához szükséges mérési adatok – az olvadék adott térfogatelemének tömegszázalékos összetétele – méréssel nem határozható meg, és hasonló nehézségekkel találkozunk szemben magunkat a $T_{\text{tényleges}}$ hőmérséklet meghatározásakor is. Nem véletlen, hogy a dermedési folyamatok tárgyalásakor a számítógépes szimulációnak kitüntetett szerepe és jelentősége van.

4. A tiszta fémek öntött szövetszerkezete

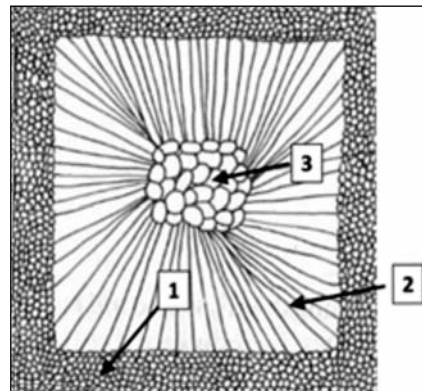
A termikus túlhűlés figyelembevételével meg tudjuk magyarázni a színelemek dermedésekor kialakuló öntött szövet három jellegzetes zónájának kialakulását. Ezt a három jellegzetes tartományt mutatja a 3. ábra.

A túlhűlés ($\Delta T_{\text{túlhűlés}}$) mellett az olvadék gyakorlatban alkalmazott túlhevítésének mértéke ($\Delta T_{\text{túlhevítés}}$) lényeges tényező az öntvénygyártás során. Túlhevítésen az olvadék legmagasabb hőmérséklete ($T_{olv, max}$) és a kérdéses anyag olvadáspontja (T_{op}) közötti különbséget értjük.

A dermedés, a megszilárdulás során lejátszódó folyamatok tárgyalásához tételezzük fel, hogy a $T_{olv, max}$ hőmérsékletű olvadékot beleöntjük abba a formába, amelyben az olvadék megszilárdul, kezdetben kitöltve azt. A kokilla lehet szobahőmérsékletű vagy előmelegített. A kokilla falával érintkező olvadék túlhűlésének tényleges mértékét az adott helyen kialakuló lehűlési sebesség nagysága határozza meg.

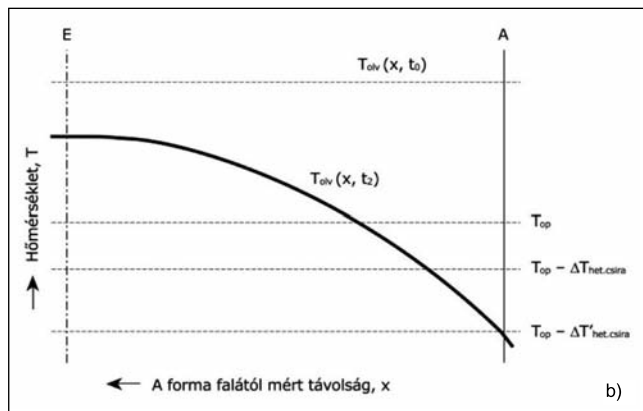
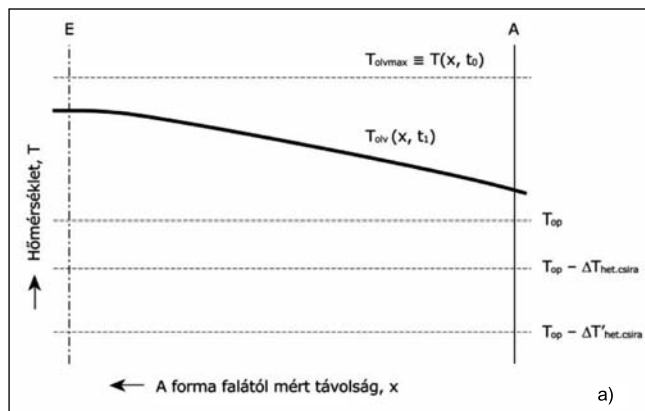
4.1. A dermedés első szakasza: lehűlés olvadékban

A kokilla hőmérsékleténél nagyobb hőmérsékletű olvadékból a kokilla fala felé megindul a hőáramlás, a kokilla fala felmelegszik, az olvadéknak a formával érintkező része lehűl, vagyis a kokilla falában és az olvadékban hőmérsékleti gradiens alakul ki. A hőmérsékleti gradienst akkor tekintjük pozitívnak, ha a hőmérséklet az öntvény középvonala felé növekszik, ne-



■ 3. ábra. Az öntött szövet vázlata: 1. finom dendrites tartomány, 2. oszlopos dendrites tartomány, 3. egyenlő tengelyű dendrites tartomány

gativnak, ha az öntvény középvonala felé csökken. Lényeges, hogy a dermedés folyamatát a kokilla, illetve környezetének hőelvonó képessége szabja meg. A formában lejátszódó folyamatok első szakasza addig tart, amíg a kokilla fala mentén az olvadék túlhűlése el nem éri a $\Delta T_{\text{túlhűlés, min}}$ értékét, ami az első dendritok megjelenéséhez szükséges túlhűlés mértékét jelenti. Hangsúlyoznunk kell, hogy a szükséges túlhűlés mértéke nagyon kicsi, hiszen heterogén csíráképződésről van szó, továbbá az olvadék túlhűlése a kokilla falától számítva egy bizonyos távolságig is létrejön. Amint a túlhűlés definíciójakor már említettük, az olvadék tényleges túlhűlése a szükséges mértéknél nagyobb is lehet. Ezt a helyzetet szemlélteti a 4. ábra. Az ábra két vázlata az olvadék hőmérsékletének a kokilla falától az öntvény szimmetriatengelyéig terjedő szakaszában való változását mutatja. A 4a ábra vázlata szerinti helyzetben az olvadék még a



■ 4. ábra. A formába öntött olvadék hőmérsékletének változását szemléltető vázlatok. a) az olvadék hőmérséklet-változása abban az esetben, amikor a hőmérséklet még a kokilla falánál sem érte el az olvadáspontot. b) az olvadék hőmérséklet-változása abban az esetben, amikor a hőmérséklet a kokilla falánál már elérte a tényleges túlhűlés mértékét

kokilla falánál sincs túlűlt állapotban, míg a 4b ábra szerinti helyzetben az olvadék túlűlésének mértéke már ezen a helyen a heterogén csíráképződéshez feltétlenül szükséges túlűlést is meghaladja.

Egy egyszerűsített tárgyalási módot követve írjuk fel először az olvadék által a környezet felé időegység alatt leadott hőmennyiségek meg egyező voltára vonatkozó egyenletet:

$$dQ_{komplex} = k_{forma} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{forma} = k_{olvadék} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{olvadék} \quad (5)$$

ahol:

- $dQ_{komplex}$ egységnyi idő alatt hővezetés, hőáramlás és sugárzás útján leadott hőmennyiség,
- k_{forma} , $k_{olvadék}$, a kokilla, illetve az olvadék hővezetési száma,
- $\frac{\partial T}{\partial x}$ a hőmérsékleti gradiens.

Ez az egyenlet azt fejezi ki, hogy a lehűlő olvadék által leadott hőmennyiséget a kokilla fala vezeti el, és a kokilla külső fala pedig átadja a környezetének.

4.2. A dermedés második szakasza: a finom dendrites csíráinak kialakulása

Amint az olvadék hőmérséklete eléri, illetve túlhaladja a heterogén csíráképződéshez szükséges túlűlés mértékét, a kokilla felületén megjelennek a finom dendrites krisztallitok csírái. A csírák kialakulásával értelem szerűen felszabadul az olvadéshő.

A H_{olv} olvadéshő felszabadulási helyének azonosítása a termikus túlűlés értelmezésekor nagyon lényeges. Az elmondottakból egyértelmű, hogy a szilárd kéreg kialakulásának első pillanatában az olvadéshő közvetlenül a kokilla fala vezeti el. A látens hő keletkezésének helye tehát egy felület, azaz a dermedési front, és nem egy térfogat.

A szilárd kéreg első atomsorának kialakulása után a kokilla fala és az olvadék

közötti közvetlen érintkezés megszűnhet, a folyamatosan felszabaduló olvadéshőt és az olvadék lehűlése közben felszabaduló hőmennyiséget már a „megszilárdult kéregnek” kell elvezetnie a kokilla fala felé. Erre csak akkor van lehetőség, ha a kokilla fala továbbra is képes a felszabaduló hőmennyiséget elvezetni. Ha a dermedés közben az öntvény kérgé elválik a kokilla falától, a termikus viszonyok drasztikusan megváltozhatnak. Ennek a változásnak matematikailag korrekt leírása komoly nehézséget jelent, mert a „légrésben” kialakuló hőmérsékletesés nehezen számszerűsíthető. Ezért a továbbiakban a termikus viszonyok változásában csak a megszilárdult kéreg szerepét vesszük figyelembe.

A csíráképződés végtelenül leegyszerűsített megközelítése csak azt a célt szolgálta, hogy a dermedés későbbi szakaszaiban a termikus viszonyok tárgyalását áttekinthetővé tegyünk. A finom dendrites csíráképződésének szokásos tárgyalása is számos kérdést vetne fel. Az egyik kérdést minden bizonnyal a heterogén csíráképződéskor érvényesülő csíráképződési hajlamnak a túlűlés mér-

tékétől való függése jelenti, hiszen ebben az esetben nem térfogategységként, hanem felületegységként időegység alatt keletkező csíraszámról van szó. Az is kérdés lehet, hogy a kokilla fala–dendritcsíra–fémolvadék-rendszerben hogyan kell a csíra alakját meghatározó kontaktzögeket értelmezni.

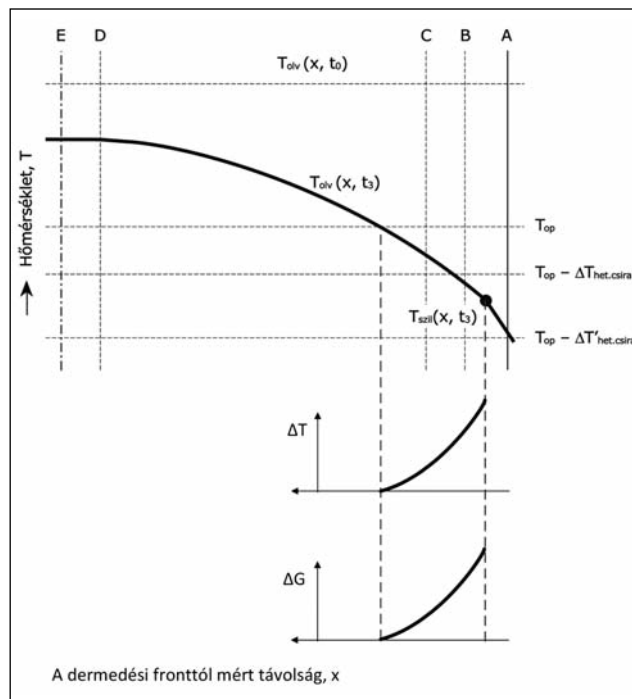
Ezeknek és a többi hasonló jellegű kérdésnek a tisztázása meghaladja ennek a dolgozatnak a kereteit. A finom dendritek csíráinak képződését akkor tekintjük befejezettnek, ha a kokilla felületét a csírák teljesen befedik. Ebben a helyzetben a megszilárdult rész vastagsága minden bizonnyal nem egy atomnyi vastagságú.

4.3. A dermedés harmadik szakasza: a finom dendrites kéreg vastagodása

A dermedés harmadik szakaszában a finomszemcsés dendrites kéreg vastagodik, de a kéreg vastagsága még viszonylag csekély, és ennek megfelelően a felszabaduló olvadéshő döntő részét a vékony szilárd kéreg vezeti el. Ennek az lesz a következménye, hogy a dermedési frontnál nem következik

be jelentős túlmelegedés, és a szilárd kéregben és az olvadékban továbbra is pozitív a hőmérsékleti gradiens. A termikus viszonyokat az 5. ábra diagramegyüttese szemlélteti.

Mielőtt a dermedés további szakaszait elemeznénk, hangsúlyoznunk kell, hogy a termikus egyensúlyt lényegében a dermedési front közvetlen közelében vizsgáljuk, hiszen az ott uralkodó körülmények határozzák meg a növekedés termodinamikai feltételét. Ugyanakkor célszerű a termikus viszonyokat az öntvény teljes keresztmetszetében vizsgálni, mert így a hőmérséklet változását jellemző görbén – pontosan a szimmetriatengelynél – szükségszerűen vízszintes érintőnek kell lennie. Az egész rendszer termikus elemzésére csak valamilyen számítógépes szoftver



■ 5. ábra. A finom dendrites kéreg kialakulásának feltételrendszerét szemléltető vázlatok. (Ezen és a további hasonló jellegű ábrákon a dermedési front helyzetét • szimbólum jelöli. a) a hőmérséklet változása az öntvény falától a szimmetriavonalig, b) a túlűlés mértékének változása az öntvény falától mért távolság függvényében, c) a ΔG hajtóerő változása az öntvény falától mért távolság függvényében

segítségével nyílik lehetőség egy valós öntvényben, de ennek meghatározásához éppen az olyan részletes elemzésre van szükségünk, mint amelyet most fogunk tárgyalni.

A továbbiakban tehát azt vizsgáljuk, hogy a termikus viszonyok folyamatos helyi és időbeli változása hogyan hat a dermedés folyamatára, a dendritek növekedésére. A továbbiakban azt is elemezzük, hogy a dermedési frontban valamely dendrit kitüntetett növekedése stabilizálódik-e, vagy éppen abbamarad, sőt visszafordul.

A formába öntött olvadék dermedése során lejátszódó termikus folyamatokat egy, a forrástagot is magába foglaló Fourier-féle differenciálegyenlet megoldásával lehet leírni a kezdeti és a peremfeltételek ismeretében (pl. T_{op} , $T_{kokilla}$, és a forrástagot jelentő H_{olv} stb.).

A szilárd kéreg kialakulásával értelem szerűen a dermedési frontnál felszabadul az olvadáshő. Tételezzük fel, hogy egységnyi felületre vonatkoztatva vizsgáljuk a helyzetet. Ekkor az egy forrástagot is tartalmazó egyensúlyi egyenlet az alábbi alakot veszi fel:

$$k_{szilárd\ kéreg} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{szilárd\ kéreg} \Delta t = H_{olv} \Delta x + k_{olvadék} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{olvadék} \Delta t \quad (6)$$

ahol:

- Δt rövid időtartam,
- H_{olv} olvadáshő,
- Δx a szilárd kéreg Δt idő alatti megvastagodása.

A dermedéssel foglalkozó szakirodalmakban a fenti egyenletet a következő alakban szokás felírni (ami a (6) egyenlet Δt -vel való osztása révén adódik).

$$k_{szilárd\ kéreg} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{szilárd\ kéreg} = H_{olv} v + k_{olvadék} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{olvadék} \quad (7)$$

ahol:

- v a dermedési frontra merőleges

irányban mért pillanatnyi kristályosodási sebesség.

A $H_{olv}v$ tag végeredményben az egységnyi idő alatt felszabaduló dermedési hő fejezi ki, ha egy egységnyi felületű dermedési front v sebességgel halad. Tehát ez a mennyiség hőáram $[W/m^2]$ jellegű. Hangsúlyozzuk, hogy a hőáram nem anyagtranszport jelenség, hanem az atomok rezgésállapotának hely- és idő szerinti változását okozó mennyiség.

Ennek a termikus helyzetnek az a további következménye, hogy a túlhűlés mértéke a fronttól az olvadék belseje felé távolodva egyre kisebb lesz, és így nem teljesül a termikus túlhűlés által irányított növekedés alapfeltétele, miszerint a folyamat hajtóerejének, a szilárd és az olvadék fázis közötti szabadentalpiakülönbségnek (ΔG) növekednie kell a dermedési fronttól az olvadék belseje felé haladva. Ez a helyzet szolgál magyarázatul a finomszemcsés dendrites kéreg kis kiterjedésére. Az is előfordul, hogy a finomszemcsés dendrites kéreg egyáltalán nem figyelhető meg. Ennek oka az lehet, hogy már a heterogén csíráképződéssel létrejött dendritek előtt az olvadékban negatív hőmérsékleti gradiens alakul ki, és a finomszemcsés dendritek krisztallitjaira – kedvező orientációs viszonyok esetén – rájönnek az oszlopos dendritek.

Mit jelent a termikus viszonyokat leíró összefüggés (7) a vékony, szilárd kéregből valamilyen oknál fogva kinövő, előrenyúló dendritre nézve?

A kéregből kinyúló dendritre nézve a kéregvastagság $x + \Delta x_1$, ahol x a kéreg átlagos vastagsága, Δx_1 a kidudorodás mérete. Mivel feltételezhető, hogy a szilárd kéreg teljes külső felületén, valamint a szilárd kéreg/olvadék határfelületen a hőmérséklet a határfelület minden pontjában egyenlő, az előrenyúló dendritben – vagyis ott, ahol vastagabb a kéreg – a hőmérsékleti gradiens kisebb lesz a kéregben, míg az olvadékban – ugyanezen geometriai oknál fogva –

megnövekszik. A termikus egyensúly – amit a (8) egyenlet fejez ki – csak akkor maradhat fenn, ha Δx_1 lecsökken, vagyis a kinyúló dendrit visszaolvad.

$$k_{szilárd\ kéreg} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{szilárd\ kéreg} \Delta t = \downarrow (+) \\ = H_{olv} \Delta x_1 + k_{olvadék} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{olvadék} \Delta t \quad \uparrow (+) \quad (8)$$

Ebben a felírásban a $H_{olv}\Delta x_1$ tag csökkenése azt jelenti, hogy a dermedési front mozgási iránya megváltozik, a v negatív lesz. A (8) képletben szereplő nyílak a hőmérsékleti gradiens változásának irányát mutatják, míg a pozitív előjel a hőmérsékleti gradiens jellegét mutatja.

A szilárd kéregből a dermedés kezdeti szakaszában esetleg előrenyúló dendritek tehát visszaolvadnak, és ezzel magyarázható a finomszemcsés kéreg egyenletes vastagsága.

A dermedés harmadik szakasza akkor fejeződik be, ha a dermedési front előtti olvadékban a hőmérsékleti gradiens nulla lesz. Pusztán logikai úton belátható, hogy ennek a helyzetnek akkor kell bekövetkeznie, amikor a dermedési frontban a hőmérséklet az olvadáspont alatt van. Ha ez nem így lenne, akkor a dermedés következő szakaszában a dermedési front előtti olvadékban nem alakulhatna ki negatív hőmérsékleti gradiens, és így nem lenne értelmezhető az oszlopos dendritek növekedése. Ezért lényeges, hogy a dermedési folyamat egyes szakaszait ábrázoló vázlatokon minden esetben bejelöljük az olvadáspontot, a szükséges és tényleges túlhűlést jelző vonalakat. A magyar nyelvű szakirodalomban [10] közölt ábrákon nem szerepelnek ezek a jellemző hőmérsékletek, és így a folyamat értelmezése nem egyértelmű.

Az angolszász irodalom $\frac{\partial T}{\partial x}$ -et G betűvel, a v -t R betűvel jelöli, azaz $k_{szilárd\ kéreg} G_{szilárd\ kéreg} = H_{olv} R + k_{olvadék} G_{olvadék}$

Esetenként a finomszemcsés kéreg nem figyelhető meg még ötvözetekben, például acélok folyamatosan öntött lapos bugáiban sem. Ennek az lehet az oka, hogy dermedéskor előfordul, hogy bár a kokilla falánál megjelenő első dendritek termikus túlhűléssel jönnek létre, de a kialakult dendritek előtt az olvadékban már az összetételi túlhűlés által irányított dermedés feltételrendszere alakul ki, hiszen az olvadékban a dermedési front előtt az ötvözők koncentrációjának változása biztosítja az összetételi túlhűlés feltételrendszerét, még pozitív hőmérsékleti gradiens esetén is. Ennek alapján a finom dendrites kéreg egyes dendritjeire oszlopos dendritek növekednek.

4.4. A dermedés negyedik szakasza: az oszlopos dendritek növekedése

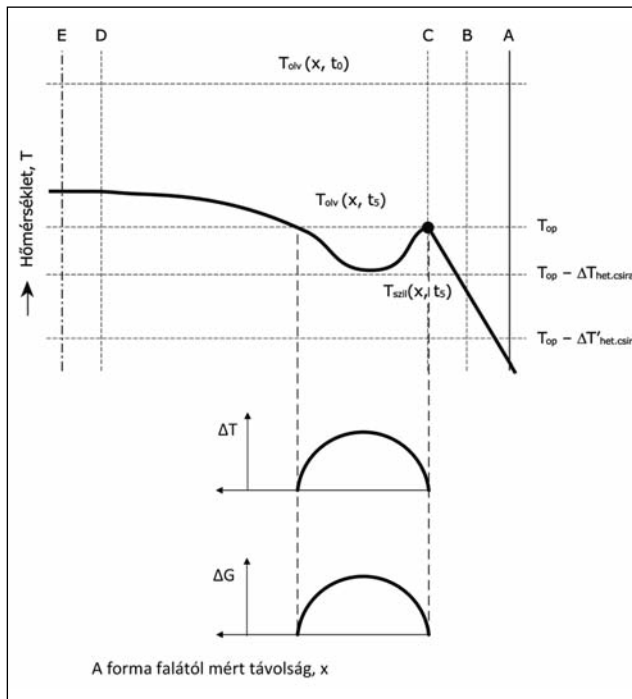
A dermedés negyedik szakasza az jellemző, hogy nemcsak a hőmérsékleti gradiens nagysága, hanem – bizonyos tartományban – annak előjele is megváltozik az olvadékban. Ennek két oka is van. Egyrészt a szilárd kéreg vastagodásával egyre több lesz a felszabaduló olvadáshő mennyisége, másrészt ezt a hőmennyiséget az egyre vastagodó és viszonylag rossz hővezetési számú szilárd kéreg nem tudja elszállítani a kokilla felé. Ennek eredményeképpen a finomszemcsés dendrites kérget viszonylag gyorsan felváltja az oszlopos dendritek alkotta tartomány kialakulása. Ehhez az is hozzájárul, hogy a (1) összefüggésnek megfelelően a kéreg vastagodásának sebessége kezdetben nagy, és így a $H_{olv}v$

tag is jelentős, ami az időegység alatt felszabaduló hőmennyiséget fejezi ki.

Ennek az lesz a következménye, hogy a dermedési front közelében lokális hőmérséklet-maximum alakul ki, amint azt a 6. ábra vázlatja mutatja.

Lényeges, hogy a dermedési frontban a túlhűlés mértéke nulla, továbbá a dermedési fronttól az olvadék felé távolodva a termikus túlhűlés mértéke nő egy darabig. Ez egyben azt is jelenti, hogy a görbe maximumpontjához nő a kristályosodás hajtóereje.

Bár ez a tárgyalásmód inkább minőséginek, mintsem mennyiséginek tekinthető, célszerűnek látszik ezen a helyen a túlhűlés mértékének számszerű jellemzése is. A 2%-os túlhűlést alapul véve ez az érték rézre nézve 20 °C, míg alumínium esetén kb. 13 °C. A 6. ábrán a heterogén csíráképződéshez szükséges túlhűlés mértékét jelző vonalat is berajzoltuk. Az ábra világosan jelzi, hogy a dermedési front előtt az olvadék hőmérséklete a heterogén csíráképződéshez szükséges hőmérsékletet közelíti, míg a dermedési frontnál az olvadék és a kris-



■ 6. ábra. Az oszlopos dendritek kialakulásának feltételrendszerét bemutató vázletsorozat. a) a hőmérséklet változása az öntvény falától a szimmetriavonalig, b) a túlhűlés mértékének változása a dermedési fronttól mért távolság függvényében, c) a ΔG hajtóerő változása a dermedési fronttól mért távolság függvényében

tályos fázis egyaránt olvadásponton van. Lényeges, hogy a dermedési frontban a túlhűlés mértéke közelítőleg nulla. Ez a körülmény teszi lehetővé az öntvények dermedési folyamatának matematikai leírását.

Milyen hatása van az előbbieken jellemzett termikus viszonyoknak a dermedési frontból kinyúló, egymás mellett növekvő dendritek sorsára nézve a dermedés negyedik szakaszában? Az előző, harmadik szakaszhoz hasonlóan természetesen az előrehaladó dendritekben a hőmérsékleti gradiens lecsökken, mert a kéreg vastagsága a dendritek helyén megnő. A felszabaduló nagyobb mennyiségű olvadáshőt a kéreg nem tudja elvezetni. A dermedési front előtti tartományban az olvadék felmelegszik a korábban túlhűlt olvadék hőmérsékletéhez viszonyítva. Ennek az lesz a következménye, hogy ebben a viszonylag szűk tartományban negatív hőmérsékleti gradiens alakul ki. Megjegyzés: a 6. ábra szerinti, a dermedési front környezetében kialakult termikus viszonyok értelmezése nem

problémamentes. Amint azt láttuk, a dermedési frontnál az olvadékban kialakuló negatív hőmérsékleti gradiens az oszlopos dendritek növekedésének a feltétele. Ebből szükségszerűen következik, hogy az olvadék hőmérsékleti számának és az olvadékban kialakult hőmérsékleti gradiensnek megfelelően a hőnek az olvadék belseje felé is kell áramolnia. Az ilyen irányú hőáramlás a hőmérsékleti görbe minimumáig érvényesül.

Ez a hőáram azonban mind a szilárd fázis, mind az olvadék fázis felé áramlik.

A hőmérsékleti görbe minimumához képest a dermedési fronttól távolabbra a hőmérsékleti gradiens pozitív, vagyis a hőáramlás iránya a dermedési front felé mutat. A hőmérsékleti görbe mini-

mumánál a két fent említett forrásból eredő hőáram értéke nulla. A kétoldali hőáram hatására a túlhűlt olvadék szükségszerűen fel fog melegedni.

Ennek a helyzetnek pusztán gondolati úton való további elemzése már nehézségekbe ütközik, hiszen a viszonyokat egy v sebességgel mozgó dermedési frontra nézve kellene tisztázni. A termikus viszonyok hely és idő szerinti elemzésére csak egy megfelelő matematikai eljárás adhat megoldást.

A termikus egyensúlyt kifejező egyenlet ekkor a már bevezetett nyílás jelöléssel a következőképpen alakul:

$$k_{\text{szilárd kéreg}} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{\text{szilárd kéreg}} \Delta t = \downarrow (+) \\ = H_{olv} \Delta x_2 + k_{\text{olvadék}} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{\text{olvadék}} \Delta t \quad \uparrow (-) \quad (9)$$

A termikus egyensúly a dermedés negyedik szakaszában tehát csak akkor maradhat fenn, ha $v > 0$, vagyis

Szigorúan véve az oszlopos dendritek növekedésekor a dermedési frontnál a növekvő dendrit csúcának alakjától függő túlhűlés léphet fel [11].

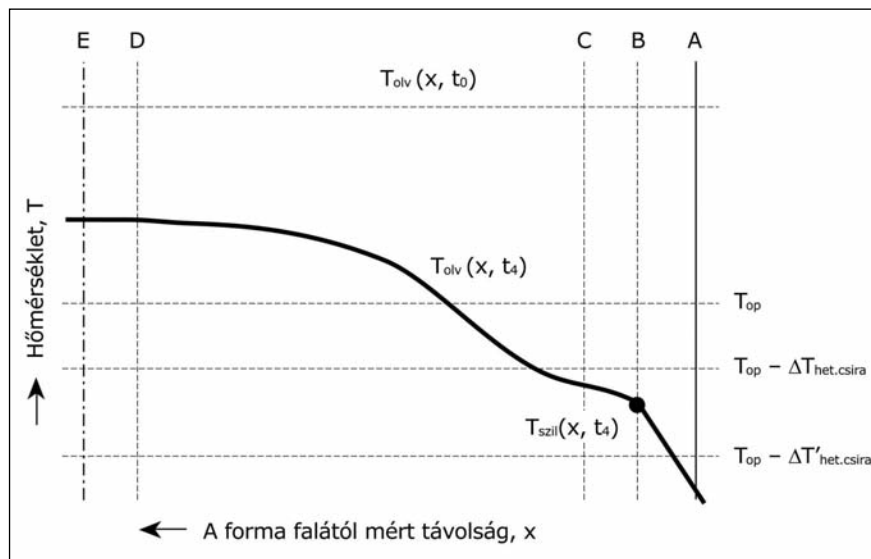
is a kinyúló dendritek tovább növekednek, hiszen a bal oldalon lévő tag kicsit lecsökken, de pozitív marad, a jobb oldalon álló második tag előjelet vált és megnövekszik. Az egyenlet két oldalán lévő hőmennyiségek csak úgy maradhatnak egyensúlyban, ha a jobb oldalon álló első tag, vagyis a dermedési frontnál felszabaduló hőmennyiség megnő. Az előremenő dendrit növekedési feltételei tehát ebben a szakaszban biztosítottak, és így kialakulhat az öntött szövet második, ún. oszlopos dendritek alkotta zónája. Ezt idegen szóval „kolumnáris” zónának hívjuk.

A dermedés harmadik és negyedik zónájában kialakuló egyenletes vastagságú finomszemcsés és oszlopos dendritéből álló tartomány léte egyértelműen bizonyítja, hogy ennek a két tartománynak a kialakulását önszabályozó folyamatok irányítják.

Az oszlopos dendritek növekedésének feltétele addig áll fenn, amíg a dermedési front előtt negatív a hőmérsékleti gradiens. A dermedési front előtti hőmérsékletgörbe azért veszíti el minimumos jellegét, mert a kétirányú hőáramlás eredményeképpen az olvadé hőmérséklete fokozatosan emelkedik.

A dermedés ez utóbbi szakaszában kialakuló oszlopos dendriteknek szinte sohasem alakulnak ki szekunder dendritágai. Ennek magyarázatát nem az orientációs viszonyokban találhatjuk meg, hiszen pl. az fksz-rácsú fémekben – amelyeknek a leggyorsabb növekedési iránya az <100> irány – így az oszlopos dendritek tengelyére merőleges irány <001> éppen a szekunder dendritágak irányába mutatna, értelemszerűen gyors növekedési sebességű irányt képviselve.

Így a szekunder dendritágak kifejlődésének elmaradását az oszlopos dendritek tengelyére merőleges irányban a hőmérsékleti gradiens hiányával szokták magyarázni, hiszen a finomszemcsés dendrites kéreggel párhuzamosan a hőelvonás adott mélységben nem változik. Véleményünk szerint azonban a szekunder dendritágak kialakulásának elmaradása a lokális dermedési idő nulla értékével magyarázható. A kokilla falával párhuzamos síkokban ugyanis sohasem alakul ki olyan helyzet,



■ 7. ábra. Az oszlopos dendritek kialakulásának kezdeti állapotát szemléltető vázlat

amelyben egymás mellett fordul elő a szilárd és az olvadék fázis, vagyis fizikailag nincs hely a szekunder dendritágak növekedésére.

4.4.1. A dermedés harmadik szakaszának két lépése

Ahogy azt a dermedés harmadik szakaszának tárgyalásakor említettük, a finomszemcsés kéreg növekedése ott és akkor fejeződik be, amikor a front előtti olvadékban a hőmérsékleti gradiens 0 lesz. Ez a helyzet azonban még túlhűlt olvadékban következik be. A szilárd kéreg/olvadék határfelület a dermedés előrehaladtával felmelegszik, elérve az olvadáspontot, így biztosítva az oszlopos dendritek növekedésének feltételét. Célszerűnek látszik tehát a folyamatnak azt a szakaszát, amelyben a szilárd fázis/olvadék határfelület hőmérséklete valamely túlhűlt értékről az olvadáspontig emelkedik, külön szakasznak tekinteni. Ennek a szakasznak a kezdetén uralkodó termikus viszonyokat a 7. ábra szemlélteti.

Úgy gondoljuk, hogy a B pont (valójában felület) szerinti helyzetben választódnak ki azok a kedvező orientációs helyzetű kristallitok (finomszemcsés dendritek), amelyek növekedése a továbbiakban oszlopos jellegűt.

4.5. A dermedés ötödik szakasza: az egyenlő tengelyű dendritek kifejlődése

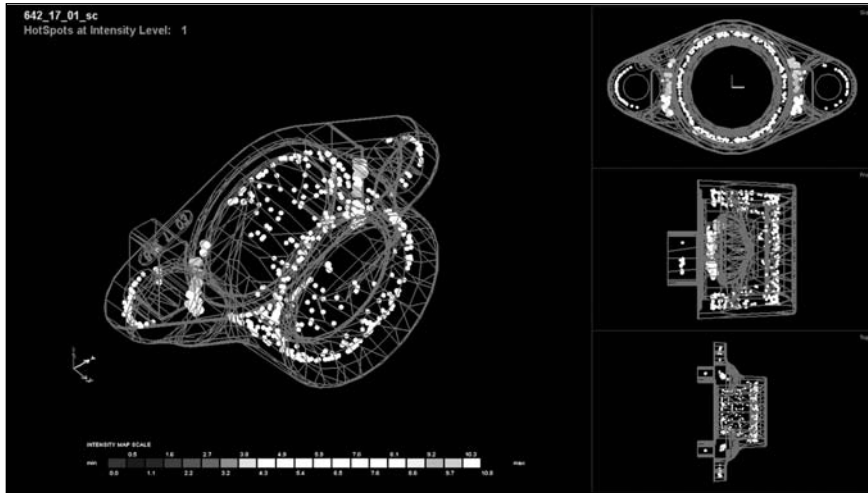
Az öntvény dermedésének befejező,

ötödik szakaszára az jellemző, hogy az olvadék $\Delta T_{\text{túlhűlés}}$ mértéke fokozatosan csökken, ahogy a szilárd kéreg keresztül egyre kevesebb hő tud távozni a kokilla, majd a környezet felé. A dermedés utolsó szakaszában a hőelvonás intenzitása is csökken, hiszen a kéreg egyre vastagodik, így az ott érvényesülő hőmérsékleti gradiens is csökken. Ehhez elsősorban a kokilla anyagának felmelegedése járul hozzá, különösen akkor, ha a kokilla és az öntvény külső felülete közötti érintkezés a zsugorodás következményeként megszűnik.

A vastagodó kéregben kialakuló hőmérsékleti gradiens csökkenéséhez az olvadék csökkenő hőmérséklete nem járul hozzá, hiszen a dermedési frontnál mindig ugyanaz a hőmérséklet uralkodik, vagyis a dermedési frontban a hőmérséklet közel állandó.

A dermedés ötödik szakasza ott kezdődik el, ahol az oszlopos dendritek növekedésének feltétele megszűnik. Ezt a helyzetet a dermedési front előtti olvadék hőmérsékleti gradiensek 0 értéke jelzi.

Magában az olvadékban értelemszerűen egyre kisebb lesz a hőmérsékleti gradiens értéke, amit az öntvény középvonalában mérhető és a dermedési frontnál uralkodó hőmérséklet határoz meg. Adott geometriai feltételek és hűlési viszonyok mellett az öntvény közepén lévő olvadék hőmérséklete annak teljes egészében közel egyszerre éri el a csiraképződéshez szükséges túlhűlési mértéket.



■ **8. ábra.** Egy alakos öntvény utoljára dermedő térfogatának helye egy számítógépes futtatás alapján (SoftCast 4.0, Magyarmet Finomöntöde Bt.)

Ha feltételeznénk, hogy az olvadékokban homogén csíráképződéssel jönnek létre a növekedésre képes csírák, akkor a kokilla falánál lejátszódó csíráképződéshez viszonyítva lényegesen nagyobb, akár $0,3T_{op}$ -nyi túlhűlésre lenne szükség. Az oszlopos dendritok csúcsai azonban az olvadékokban szükségszerűen kialakuló áramlások miatt letöredezhetnek, és ezek a letöredezett dendritcsúcsok jelentik az ekvixiális belső zóna csíráit, megteremtve a szabad dendritnövekedés feltételét. A már vastag szilárd kéreg miatt a hőelvonás irányított jellege is csökken, kevésbé érvényesül annak a kristályok növekedésére gyakorolt irányító hatása.

Ezzel a körülményekkel magyarázhatjuk az öntvények közepén az ún. ekvixiális zóna kialakulását, amelyet egyenlő tengelyű, nem irányítottan elhelyezkedő dendritok alkotnak. (Régen ezt a zónát globulitos zónának hívták). Az elmondottakból az is következik, hogy a dermedés ötödik szakaszában lejátszódó folyamatokat lokális hatások irányítják.

A termikus túlhűlés által irányított dermedés tárgyalásakor feltételeztük, hogy az olvadék egy végtelen kiterjedésű sík felülettel érintkezik, és a dermedés a felületre merőleges hőelvonás hatására játszódik le. Gyakorlati körülmények között a hőelvonás nem egy, hanem akár több irányból is történhet. Ennek a többirányú hőelvonásnak szükségszerű következménye, hogy az oszlopos dendritok több irányba is növekedhetnek és – előbb vagy utóbb – a dendritok közötti tér-

ben lévő olvadékokat elzárják az olvadék utánpótlástól, és a közrezárt olvadék dermedése során lejátszódó fajtérfogat-csökkenés miatt mikroporozitás keletkezik.

A dermedés végső szakaszában arról sem szabad megfeledkezni, hogy míg a „tiszta” anyagok dermedésekor is az utoljára megdermedő részben a szennyezők feldúsulnak, valamint az apró, szilárd részecskék (zárványok) jelenléte sem kizárt. Az oldott szennyezők „feldúsulása” a dermedési folyamat jellegét is megváltoztathatja, az idegen szilárd állapotú részecskéken pedig heterogén csíráképződés játszódhat le. A dermedés utolsó szakaszának nagy az öntészeti jelentősége, mivel ebben a szakaszban alakul ki a mikroporozitás, illetve itt dúsulnak fel a szennyezők, zárványok, továbbá az utoljára

megdermedő térfogatrész ismerete feltétlenül szükséges az olvadék táplálási rendszerének tervezésekor. Az öntészeti szoftverek (SoftCast 4.0) természetesen képesek az utoljára megdermedő térfogatrész helyének, az ún. hot spotnak a megadására. Egy ilyen futtatási eredményt mutat a 8. ábra.

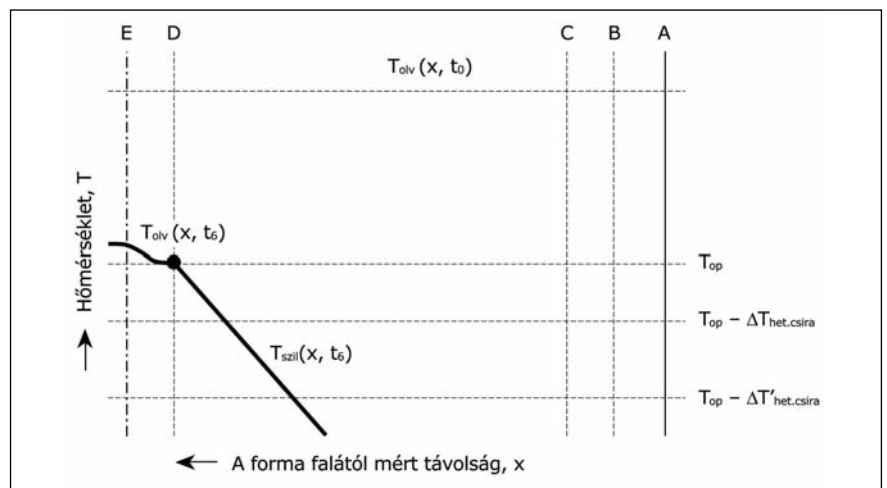
4.5.1. Az ekvixiális dendritok növekedésének termikus viszonyai

A dermedés befejező szakaszában érvényesülő termikus viszonyok értelmezése gyakran elnagyolt. A logikailag ellentmondásmentes magyarázatnak két feltételt ki kell elégítenie:

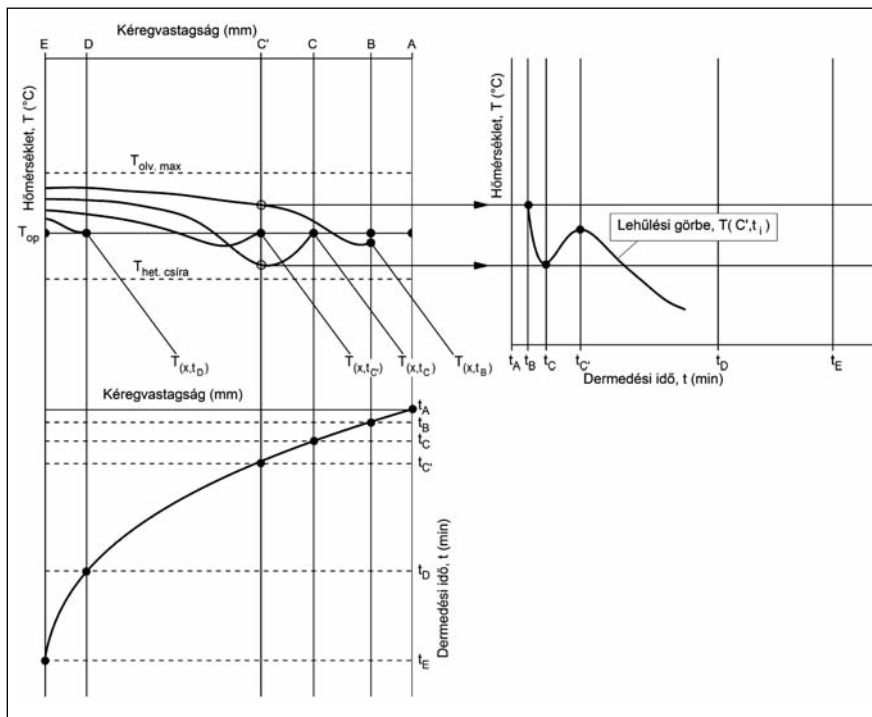
- Az oszlopos dendritok növekedésének befejeződésekor a dermedési front előtti olvadékokban a hőmérsékleti gradiens nulla, majd pozitív értékűvé kell válnia, különben az oszlopos dendritok növekedése folytatódna.

- Az öntvény szimmetriatengelyében a hőmérsékleti gradiens mindig nulla, geometriai (szimmetriai) okok miatt.

Amikor az oszlopos dendrit növekedése befejeződik, az öntvény szimmetriatengelyében (E pont) az olvadék hőmérséklete még T_{op} felett van, vagyis az olvadékokban uralkodó hőmérsékleti viszonyokat a 9. ábra szerinti fekvő S alakú görbe jellemzi a DE szakaszban. A szilárd kéreg által elvezetett hőmennyiség miatt az öntvény közepén lévő olvadék tovább hűl, és a hőmérséklete az oszlopos dendritok előtti tartományban eléri a $\Delta T_{het.csíra}$ túlhűlésnek megfelelő hő-



■ **9. ábra.** Az ekvixiális dendrites tartományra jellemző termikus viszonyokat szemléltető vázlat



■ 10. ábra. Egy tiszta fém reális tulajdonságú olvadéknak dermedési folyamatát szemléltető vázletsorozat

mérsékletet. Ahhoz, hogy az olvadék túlhűlése ne teremtse meg az oszlopos dendritok növekedésének feltételeit, a megfelelő mértékű túlhűlés csak úgy alakulhat ki, ha a dermedési frontban a hőmérséklet fokozatosan $T_{op} - \Delta T_{het.csira}$ értékre süllyed.

Amint már említettük, a dermedés befejező szakaszában az ekvixiális dendritok vagy letöredezett dendritcsúcsokon (ha vannak ilyenek), vagy valamilyen idegen fázison heterogén csíráképződéssel alakulnak ki. Az ekvixiális dendritok létrejöttének mindkét módja azt feltételezi, hogy az olvadéknak legalább $\Delta T_{het.csira}$ mértékben túl kell hűlnie. Mivel az öntvény közepén a lehülési sebesség lényegesen kisebb, mint az öntvény fala mentén, a túlhűlés mértéke itt lényegesen kisebb lehet.

Szigorúan véve tiszta anyagok dermedésekor csak a letöredezett dendritcsúcsokon lejátszódó ekvixiális dendritnövekedést lehet figyelembe venni. Ebben az esetben a csírák keletkezéséhez szükséges túlhűlés elérésére nincs is szükség, végeredményben csak a növekedés feltételeit kell a rendszernek biztosítania.

A 4., 5., 6. és 9. ábrán használt betűjelölések értelmezését az 1. táblázat tartalmazza. Ezt a jelölési rendszert alkalmazzuk a 10. ábrán is.

5. Egy reális tulajdonságú színtém dermedési folyamatának szemléltetése

Az 1. ábra együttese egy idealizált tulajdonságú olvadék dermedését szemléltette.

Egy reális tulajdonságú színtém dermedésekor az idealizált esethez képest a következő módosításokat kell bevezetnünk:

- a dermedés csak bizonyos $\Delta T_{túlhűlés}$ -nél indul meg heterogén csíráképződéssel;
- figyelembe kell venni a dermedési hő felszabadulásának hatását, ami elsősorban az oszlopos dendritok alkotta tartomány kialakulását irányítja;
- figyelembe kell venni az olvadék és a szilárd fázis eltérő hővezetési számát;
- ahhoz, hogy az olvadék teljes tömegének megszilárdulását jellemezni tudjuk, ki kell jelölni az öntvény középvonalát vagy felezősíkját. A hőmérséklet (T)–kéregvastagság (x) koordinátarendszerbe egy olyan görbét is célszerű berajzolni, amely a $\Delta T_{túlhűlés}$ vízszintesét az öntvény közepét jelölő szimmetriavonálnál metszi. Ennek a görbének az iránytangense szükségszerűen itt 0 értékű. Ennek a módosításnak a kéreg-

vastagság-idő diagramban is tükröződnie kell (lásd az x_1 pontot, amely az öntvény vastagságának felét jelzi).

A felsorolt szempontokat a 10. ábra diagramegyüttesén grafikusán is megjelenítettük.

A 10. ábra diagramegyüttesének tagjai között értelemszerűen szigorú kapcsolatrendszer van, vagyis – ha a diagramok közül kettő ismert – a harmadik megszerkeszthető.

Vizsgáljuk meg azt az esetet, ha ismert a kéregvastagodási törvény (1) tényleges alakja, továbbá kellő számú $T(x, t_i)$ görbe is ismert. Szerkesztünk meg egy $T(x_i, t)$ görbét, vagyis az öntvény egy adott pontjában (x_i) érvényes lehülési görbét.

A szerkesztés menete a következő. Alkalmazzuk továbbra is a kéregnövekedés jellegzetes pontjait kijelölő A, B, C, D és E jelöléseket, melyek végül is x_B, x_C, x_D és x_E kéregvastagságokat jelölnek ki ($x_A = 0$). Határozzuk meg a négyzetgyökös növekedési törvény szerinti görbe alapján a B, C, D és E pontokhoz tartozó dermedési időket, t_A, t_B, t_C, t_D és t_E időket ($t_A = 0$).

A diagramegyüttes $T(x_i, t)$ diagramjának x tengelyén mérjük fel ezeket az időket, és húzzunk ezeken a helyeken függőleges egyeneseket. Jelöljük ki ezután azt a C' illetve t_C' pontot, amelyben megszerkesztjük a $T(x_{C'}, t)$ lehülési görbét. A C' kéregvastagsághoz értelemszerűen t_C' dermedési idő tartozik, a $T(x_i, t)$ diagramon ezt az időt is jelöljük, illetve húzzunk függőlegest.

Amint az a $T(x, t_i)$ diagramon is látható, a C' pont a B és C pontok közé esik, és az $x_{C'}$ helyen húzott függőleges több $T(x, t_i)$ görbét metsz. Ezek a $T(x, t_i)$ görbék egy-egy adott pillanatban – például t_B, t_C, t_C', t_D és t_E időpillanatban – megmutatják az öntvény hőmérsékletének változását az öntvény szélétől mért távolság függvényében.

A $T(x_{C'}, t)$ lehülési görbe megszerkesztésének utolsó lépéséhez vetítjük át az $x_{C'}$ helyen húzott függőleges és a $T(x, t_i)$ görbék metszéspontjait rendre a t_B, t_C, t_C', t_D és t_E függőlegesekre a $T(x_i, t)$ diagramban. Az így kapott metszéspontok időrend szerinti összekötésével megkapjuk a keresett $T(x_{C'}, t)$ lehülési görbét.

A 10. ábra szerinti diagramegyüt-

1. táblázat. A 4., 5., 6., 7., 9. és 10. ábrán alkalmazott betűjelölések értelmezése

	-----X-----X-----X----- E D C B A
A –	a kokilla fala, illetve az öntvénynek a formához legközelebb eső pontja.
B –	ha a dermedés során a finom dendrites kéreg eléri a B pontot, akkor a dermedési frontban a hőmérséklet még a T_{op} alatt van, és a dermedési front előtt az olvadékból a hőmérsékleti gradiens nulla, míg a finom dendrites megszilárdult kéregben pozitív.
C –	ha a dermedés során a dermedési front eléri a C pontot, akkor a dermedési frontban a hőmérséklet eléri a T_{op} olvadáspontot, és a dermedési front előtti olvadékból a hőmérsékleti gradiens negatív lesz, míg a már megszilárdult kéregben továbbra is pozitív.
D –	a dermedési folyamat előrehaladtával a D pontban gyakorlatilag a dermedési front előtti olvadékból nulla értékű lesz a hőmérsékleti gradiens, és a dermedési front hőmérséklete a T_{op} alatt lesz olyan mértékben, hogy heterogén csiraképződésre még mód nyíljon. Értelemszerűen a megszilárdult anyagban pozitív a hőmérsékleti gradiens.
E –	az öntvény középvonalát vagy szimmetriatengelyét jelölő pont, ahol a hőmérsékleti gradiens mindig nulla értékű, és a dermedési folyamat során a hőmérséklet folyamatosan csökken.
AB –	a finom dendrites kéreg tartománya, amelynek kialakulása során a dermedési front előtti olvadékból és a már megszilárdult kéregben egyaránt pozitív a hőmérsékleti gradiens. A dermedési front előtti olvadékból a hőmérsékleti gradiens fokozatosan csökken, majd a B pontban nulla lesz. A dermedési frontban a hőmérséklet T_{op} -nál kisebb.
BC –	a dermedés előrehaladása közben a dermedési front hőmérséklete fokozatosan eléri a T_{op} -t a C pontnál, és a dermedési front előtti olvadékból a hőmérsékleti gradiens egyre nagyobb negatív értéket vesz fel, és a C pontnál eléri a maximális értékét. Ez a szakasz jelenti az oszlopos dendritek kialakulásának kezdeti szakaszát. A szilárd kéregben a hőmérsékleti gradiens továbbra is pozitív.
CD –	a dermedés előrehaladása közben az oszlopos dendritek növekedése tovább folytatódik, miközben a dermedési front T_{op} -n van, és a front előtti olvadékból fokozatosan csökkenő, de mindig negatív hőmérsékleti gradiens uralkodik. A szilárd kéregben a hőmérsékleti gradiens itt is pozitív. A front előtti hőmérsékleti gradiens csökkenését, illetve az ott levő túlűlt olvadék hőmérsékletének emelkedését az öntvény középvonala és a dermedési front felől érkező hőáram okozza.
DE –	az egyenlő tengelyű (ekvixiális) dendritek alkotta tartomány kialakulásának szakasza, ahol az olvadék túlűlésének szükségszerűen meg kell haladnia a heterogén csiraképződéshez szükséges túlűlés mértékét. Az egyes dendritek kialakulását feltehetően lokális feltételek szabályozzák. Az olvadékból jellemző hőmérsékleti gradiens közel nulla értékű, hiszen az oszlopos dendritek növekedésének befejeződésekor a dermedési front előtti olvadékból és az öntvény középvonalában egyaránt nulla a hőmérsékleti gradiens.

tes a dermedési folyamat során meghatározott kísérleti adatok feldolgozásakor meghatározó jelentőségű.

6. A szírfémek dermedésének egy lehetséges matematikai leírása

Az 1. és 8. ábra vázlatosorozata világosan jelzi, hogy az öntvények dermedési folyamatának leírásakor egy olyan kapcsolatot keresünk, amely adott helyen és adott pillanatban megadja a hőmérsékletet, vagyis $T = T(x, t)$ típusú függvényt keresünk. Az öntvények dermedésének termikus modellezésekor a megoldást a forrástagot is magában foglaló Fourier-féle második törvény szolgáltatja. Ennek a dif-

ferenciálegyenletnek általános feltételek melletti megoldása a hőforrás mozgása miatt zárt formában nehezen állítható elő, ezért modellünkben a következő egyszerűsítésekkel élünk:

- a szilárd kéregben, de elsősorban az olvadékból lejátszódó termikus folyamatokat külön-külön tárgyaljuk, és a megoldást első közelítésben egy adott időpillanatban adjuk meg;
- ismertnek tételezzük fel, illetve elfogadjuk a kéregnövekedés közelítőleg négyzetgyökös törvényét;
- az oszlopos dendritek növekedésekor feltételezzük, hogy a dermedési frontnál a szilárd- és az olvadékfázis egyaránt az olvadásponton van;

- az öntvény dermedési folyamatának teljes leírásakor feltételezzük, hogy az öntvény középvonalában a hőmérséklet-csökkenés jellege időben ismert, például Newton-féle lehűlést követ;
- a szilárd kéregnek az olvadékkal érintkező felülete a folyamat teljes ideje alatt olvadásponton van;
- a szilárd kéreg felszínén a hőáram-sűrűség arányos az öntvény szilárd kérgének felszíni és a környezet hőmérsékletének különbségével – azaz hőátadás történik.

Az egyszerűsített leíráshoz szükséges adatok mérésel meghatározhatóak, illetve adatbázisokban ismertek.

7. Összefoglalás

A színelemek dermedésével foglalkozó első dolgozatunkban kísérletet tettünk a termikus túlhűlés által irányított dermedés egységes szemléletű tárgyalásához szükséges alapok megfogalmazására. Az egyik kiindulási pontot az öntvények szilárd kérgének időbeli növekedését leíró törvény szolgáltatta, a másikat pedig a kristálynövekedés termodinamikai feltételét megfogalmazó törvény jelentette. A termikus viszonyok részletes elemzése alapján értelmeztük az öntött szövét három jellegzetes tartományának kialakulását. Ennek alapján a dermedés folyamatát sokoldalúan jellemző diagraemegyüttest dolgoztunk ki. Értelmeztük a finom dendrites zóna kialakulásának feltételrendszerét.

- Megállapítottuk, hogy ennek a zónának a növekedése ott és akkor fejeződik be, ahol és amikor az olvadéban uralkodó hőmérsékleti gradiens nulla lesz a dermedési fronton.
- A finom dendrites zóna egyenletes vastagságát a termikus egyensúly alapján felírt egyensúlyi egyenlet segítségével értelmeztük.
- Az oszlopos dendritekből álló zóna növekedésének kezdetét és végét jelentő feltételt is megadtuk, hangsúlyozva, hogy ez a feltételrendszer nem közvetlen megfigyelésen vagy mérésen alapul, hanem a termikus egyensúly követelményéből levezetett, közvetett bizonyítékon.
- A finom és az oszlopos dendrites zóna egyenletes vastagsága egyaránt önszabályozó folyamatnak köszönhető.

– A belső egyenlő tengelyű dendrites zóna kialakulásának feltételrendszerénél a termikus viszonyok mellett az olvadéba bekerülő kristályos fázist és az ott felszaporodó idegen részecskéket – ha vannak ilyenek – csíráképző szerepét is figyelembe kell venni.

A bemutatott eredmények irányadók lehetnek az öntvények dermedési folyamatának számítógépes szimulációjához is.

Irodalom

- [1] *Glicksman, M. E.*: Principles of Solidification, Springer New York Dohrdrecht Heidelberg, London, ISBN 978-1-4419-7343-6, ISBN 978-1-4419-7344-3
- [2] *Fredriksson, H. – Akerlind, U.*: Solidification and Crystallization Processing in Metals and Alloys, A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, Heat Transport during Solidification Processes. Thermal Analysis, ISBN: 978-1-119-99305-6, 7, (2012)
- [3] *Roósz A. – Gácsai Z. – Fuchs E.*: Solute redistribution during solidification and homogenization of binary solid solution, Acta Metallurgica, 32: pp. 1745-1754, (1984)
- [4] *Pólliska Cs. – Gácsai Z. – Barkóczy P. – Réger M.*: A gravitáció hatása az SCN-aceton kristályosítása során növekvő dendrit alakjára, Miskolci Egyetem Közleményei - 2. sorozat Anyag- és Kohómérnöki Tudományok, 31: pp. 75–84, (2003)
- [5] *Roósz A. – Gácsai Z. – Kovács J.*:

Kristályosított ötvözetek mikrostrukturájának kvantitatív jellemzése. In: Miskolci Egyetem Anyag- és Kohómérnöki Karának Tudományos Ülésszaka. Konferencia helye, ideje: Miskolc, Magyarország, 2000. 08. 30-2000. 08. 31, pp. 1–6.

- [6] *Pólliska Cs. – Tomolya K. – Kovács J. – Gácsai Z. – Réger M.*: Effect of direction of solidification on the dendritic structure. Materials Science Forum, pp. 291–296. (2000)
- [7] *Kovács J. – Roósz A. – Gácsai Z.*: Microstructural Characterization of Non-Steady-State Unidirectionally Solidified Al-4wt%Cu Alloy, (ISBN: 963-661-457-1), pp. 59-64. (2001)
- [8] *Eckstein, H. J.*: Wärmebehandlung von Stahl, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie – Leipzig, VLN 152-915/24/69, Abschnitt 4, pp. 118–144 (1969)
- [9] *Gróf Gyula*: Hőközlés – Ideiglenes jegyzet, BME, Budapest, (1999)
- [10] *Verő József – Káldor Mihály*: Fémten, Tankönyvkiadó Budapest, ISBN 963 17 1798 4, pp. 223–244, (1977)
- [11] *Réger M. – Gácsai Z. – Csepeli Zs.*: Determination of Dendrite Tip Shape Using Image Analyser. In: Second International Congress in Materials Science and Engineering. Konferencia helye, ideje: Iasi, Románia, Iasi: pp. 567–573, (1997)

RONTO VIKTORIA – ANNA SYCHEVA – SVÉDA MÁRIA – BENKE MÁRTON – PEKKER PÉTER – CORA ILDIKÓ – FAZAKAS ÉVA

Az önötvözés hatása a $Ti_{60}(Ni_xCu_{40-x})_{40}$ ötvözet amorfképző képességére

Egy már vizsgált alapötvözet-családdhoz, a $Ti_{60}(Ni_xCu_{40-x})_{40}$ ötvözetekhez Sn-t (0,5 és 1 at%) ötvöztünk, majd vizsgáltuk a mesterötvözetek szövetszerkezetét és a centrifugálöntéssel előállított minták szerkezetét. A 0,5 at% Sn hozzáadása nem okozott látható változást sem a mesterötvözetek, sem az ékminták szövetszerkezetében az alapötvözetekhez képest. 1 at% Sn hatására a mesterötvözetek teljesen eutektikus jellege a kisebb Ni-tartalom felé tolódott, és egy Ti-ban gazdag új fázis keletkezett a $Ni_5(+Sn_1)$ mintában. Ezt a fázist a többi összetételben nem fedeztük fel. A gyorsított ékminták szerkezetét kristályos lett, csak a $Ni_{10}(+Sn_1)$ mintában találtunk kis mennyiségű amorf részt a röntgenes vizsgálatokkal.

Bevezetés

A kristályos szerkezetű Ti-alapú ötvözetek jól ismertek mint szerkezeti ötvözetek, mivel nagy a szilárdságuk, alakíthatóságuk, kopásállóságuk és korróziós tulajdonságaik jók. Az említett jó tulajdonságok kis sűrűséggel párosulnak, amelyek miatt szívesen alkalmazzák őket szerkezeti anyagként. Az amorf ötvözetek körében végzett kutatások során kiderült, hogy ezek a tulajdonságok amorf állapotban még kiválóbbak a Ti-alapú ötvözetek esetében, a szakítószilárdság elérheti a 2000 MPa-t [1–3].

A legtöbb vizsgált Ti-alapú ötvözet esetében a Ti:Ni arány 50:50 at%, és a készített minták kisebb átmérőjük 8 mm-nél [4]. A $Ti_{50}(NiCu)_{50}$ ötvözethez adagolt Sn hatására az amorf szerkezetű minták átmérője nem növekedett, azonban a túlhűlt olvadási állapot hőmérséklet-tartománya (ΔT_x) szélesebb lett. 60 K, ill. 77 K 5 at% és 7 at% Sn esetén [5–8]. A szakítószilárdság és a Young-modulus nagyon nagy az Sn-tartalmú amorf ötvözetekben, a törési szilárdság elérheti a 2650 MPa-t [9]. A nyomókísérletek azt mutatták, hogy a nagy szakítószilárdság kis nyúlással párosul, így felmerült az igény, hogy növeljék a nyúlást amorf állapotban. A Mo ötvözése a TiNiCuSn ötvözethez azonban csökkentette a nyúlást, a minták részben kristályosak lettek, de a Young-modulus nőtt.

Korábbi munkáink során a Ti:Ni 60:40 at% arányú ötvözetekkel foglalkoztunk [10]. A Ni-t Cu-zel helyettesítve $Ti_{60}(Ni_xCu_{40-x})_{40}$ összetételű ötvözeteket állítottunk elő, amelyeknél a mesterötvözetek szövetszerkezetét és a gyorsított minták szerkezetét vizsgáltuk. Ezekhez az alapötvözetekhez adagoltunk Sn-t, majd vizsgáltuk a hatását a szövetszerkezetre és az amorfképző képességre.

A minták előkészítése

A mintákat ívfényes olvasztással állítottuk elő Ar-atmoszférában a következő összetételekben:

$Ti_{60}(Ni_xCu_{40-x})_{40}100-ySn_y$ ($x = 5-20$ at%, $y = 0,5$ és 1 at%). Minden mintát többször átolvasztottunk, megforgattunk, hogy a minták homogenitását biztosítsuk. A mesterötvözetekből mintát vettünk szövetszerkezet vizsgálatához, majd a maradékot ék alakú rézkokillába öntöttük centrifugál öntéssel, szintén nagy tisztaságú védőgáz alatt. A minták lehűlési sebessége elég nagy mindkét öntési esetben, nemegyensúlyi kristályosodás zajlik. Az ívfényes olvasztás után kb. 40 K/s, éköntés esetén átlagolva kb. 1500 K/s a minták lehűlési sebessége. Az ékek esetében természetesen úgy változik, ahogy a minta vastagsága nő. A mesterötvözetek és az ékminták szövetszerkezetét szkennig elektronmikroszkóppal (Zeiss EVO MA - EDAX Genesis APEX 2) és röntgen-

diffrakcióval (Philips PW 1820 - $CuK\alpha$) vizsgáltuk.

Eredmények

Előzőleg a $Ti_{60}(Ni_xCu_{40-x})_{40}$ alapötvözetek ívfényes olvasztással előállított mesterötvözetek szövetszerkezetét vizsgáltuk [10]. Az 1. ábrán a Ti-Ni-Cu ötvözetek egyensúlyi fázisdiagramja látható [11]. Az ívfényes olvasztás utáni hűléskor a minta egy vízzel hűtött réztartóban hűl (~ 40 K/s), ami nemegyensúlyi kristályosodást hoz létre az ötvözetben. A diagram által vázolt kristályosodási vonalak egyensúlyi kristályosodásra vonatkoznak, így azok tájékoztató jellegűek. Az általunk készített ötvözetek esetében a Ni15 minta teljesen eutektikus szerkezetű. Az átvilágítós elektronmikroszkóppal (TEM) végzett vizsgálat két fázist talált a mintában, igazolva a binér eutektikus kristályosodást. 15 at%-nál kisebb Ni-tartalom esetén a kristályosodó fázisok Ti_2Cu - és $TiCu$ -alapú fázisok, nagyobb Ni-tartalom esetén TiNi- és Ti_2Ni -típusú fázisok kristályosodtak. Mivel a Ni és a Cu korlátlanul oldják egymást és helyettesíthetik egymást, az alapvetően két alkotós fázisok háromalkotóssá váltak. Az ék alakú minták, melyek lehűlési sebessége kb. 1500 K/s volt (a darab vastagságtól függően), kristályos szerkezetet mutattak még a legvékonyabb részeken is. Három összetétel esetében az

Rontó Viktória okl. kohómérnök, PhD. Az MTA–ME Anyagtudományi Kutatócsoport tudományos főmunkatársa. Kutatási területe a Ti-alapú ötvözetcsaládban a Ti-Ni-Cu alapötvözetek, ill. az egyéb ötvözőkkel bővített ötvözetek kristályos szerkezetének és amorfképző képességének vizsgálata.

Anna Sycyeva MSc-fokozatát kémia szakon (2003), PhD-fokozatát elektrokémiából szerezte a (2006) Kubányi Állami Egyetemen (Krasznodar, Oroszország). 2010 óta dolgozik a Miskolci Egyetem Fémtechnológiai, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetében, és 2012-től ezzel párhuzamosan a Magyar Tudományos Akadémia Anyagtudományi Kutatócsoportjában végez pásztázó elektronmikroszkóppal és energiadiszperzív mikroszondával vizsgálatokat.

Svédá Mária 2000-ben szerzett az ME Anyag- és Kohómérnöki Karán anyagmérnök diplomát, anyagminősítő szakirányon. Az MTA Miskolci Egyetemen lévő Anyagtudományi Kutató-csoportjában dolgozik mint tudományos főmunkatárs. 2007-ben PhD-fokozatot szerzett monotektikus felületi rétegek létrehozása lézersugaras felületkezeléssel témakörben. Jelenleg fő kutatási területe az elektromágneses keverés hatása a peritektikus ötvözetekre.

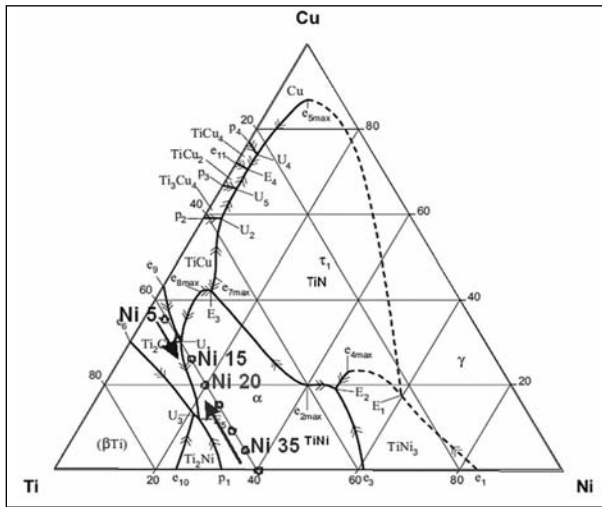
Benke Márton 2004-ben okleveles anyagmérnök diplomát, 2010-ben PhD-oklevelet szerzett az ME Műszaki Anyagtudományi Karán. Jelenleg az ME Fémtechnológiai, Képlékenyalakítási és

Nanotechnológiai Intézetében dolgozik tudományos munkatársként. Főbb kutatási területei: erózióval szemben növelt ellenállású szelektív forrasztószerszám-anyag fejlesztése; önálló, többalkotós forrasztóanyagok fémtechnológiai folyamatainak vizsgálata, alakemlékező ötvözetek, röntgendiffrakciós fázisazonosítás, maradék feszültség meghatározás röntgendiffrakciós módszerrel, TWIP-acélok, textúravizsgálatok.

Pekker Péter az ELTE Természettudományi Karán 2005-ben geológus oklevelet szerzett. Ezt követően az ELTE PhD-képzésében vett részt, majd 2008-ban Miskolcon a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Nonprofit Kft. alkalmazásában kezdett dolgozni, jelenleg pedig az MTA–ME Anyagtudományi Kutatócsoport tagja. Feladata műszeres anyagvizsgálati módszerek alkalmazása, különös tekintettel a pásztázó és a transzmissziós elektronmikroszkópos módszerekre.

Cora Ildikó PhD, tudományos munkatárs az MTA EK MFA Vékonnyréteg Fizikai Osztályon, Budapesten. Elektronkristallográfiával és transzmissziós elektronmikroszkópiával foglalkozik.

Fazakas Éva PhD, a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Mérnöki Divízió (BAY-ENG) dolgozik osztályvezetőként. Kutatási területei: Nagyentrópiájú ötvözetek előállítása és tanulmányozása (mechanikai, korróziós és termikus tulajdonságai), biokompatibilis és antibakteriális implantátumok előállítása elektromos fonással vagy elektrokémiai úton.



■ 1. ábra. A Ti-Ni-Cu rendszer likviduszfelülete. A vizsgált összetételeket karika jelöli, az ötvözeteket a Ni-tartalom (at%) alapján neveztük el [11]

1. táblázat. A $Ti_{60}(Ni_xCu_{40-x})_{40} + 1$ at%Sn ötvözetek SEM-EDS-elemzéssel meghatározott fázisösszetételei. Az összetételek at%-ban értendők

	Ti	Ni	Cu	Sn
a) Ni5 (+Sn1)				
1 (fekete)	78,5	1,96	19,3	0,24
2 (sötét szürke)	58,9	5,2	35,1	0,7
3 (világos szürke, lemezes)	42,8	2,2	54,9	-
b) Ni10 (+Sn1)				
6 (sötét szürke)	62,3	6,2	31,2	0,21
7 (világos szürke)	55,1	13,8	30,9	0,18
c) Ni15 (+Sn1)				
8 (világos szürke)	54,9	18,06	26,7	0,29
d) Ni20 (+Sn1)				
9 (világos szürke)	53,3	24,8	21,8	0,05
10 (sötét szürke)	61,4	13,4	24,4	0,7

ék csúcsa nagyon finom, szkennung elektronmikroszkóp számára is alig látható szerkezetet a Ni10, 15 és 20 mintákban találtunk. (A mintákat a későbbiekben is a Ni-tartalmuk alapján fogjuk nevezni, bár az Sn-tartalom kissé eltolja a valós összetételt.)

A 0,5 at% Sn-ötvözés hatása

Az alapötvözetekhez, azaz a $Ti_{60}(Ni_xCu_{40-x})_{40}$ -hoz adott 0,5 at% Sn nem okozott változást a mesterötvözetek szövetszerkezetében és a kristályosodó fázisokban sem, kivéve a Ni5(+Sn0,5) mintát. A kristályosodó pri-

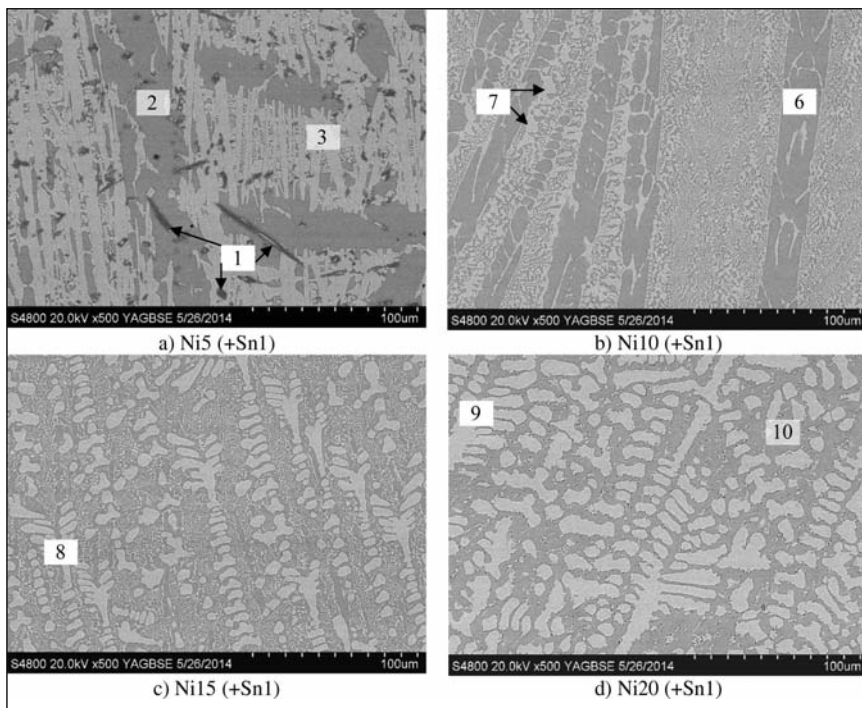
mér fázis szerkezete szabályosabb dendrites és kevesebb eutektikus szövetet tartalmaz, mint a Ni5 minta. Nagyobb Ni-tartalmú mintáknál a szövetszerkezet nagyon hasonló volt az alapötvözetekéhez. Tisztán eutektikus szerkezet a Ni15(+Sn0,5) összetételnél kristályosodott. A kis mennyiségű Sn a fázisokban oldódva található meg, ahogy azt a SEM-EDS-mérések mutatják.

Az ékminták szerkezete sem változott az Sn hatására, nagyon finom szövetű szerkezetet a Ni10, 15 és 20 (+Sn0,5) mintákból öntött ék csúcsaiban figyelhettünk meg, de amorf fázist ezek sem tartalmaztak.

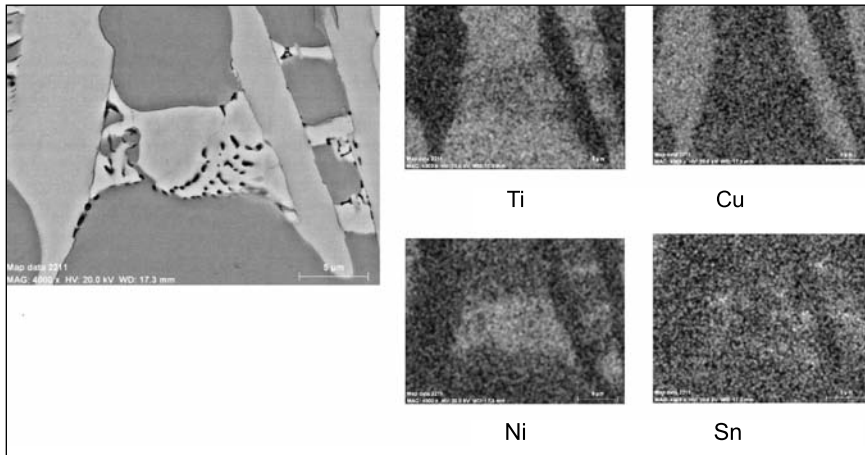
Az 1 at% Sn-ötvözés hatása

1 at% Sn-ötvözés hatására az alap összetételek $[Ti_{60}(Ni_xCu_{40-x})_{40}]$ szerkezete és a fázisok is változtak kissé. A Ni5 minta az alapötvözethez képest több fázist tartalmaz (2a ábra), a megjelenő új fázis egy Ti-ban gazdag fázis. Egyenletesen elosztva találtuk a mintában, különböző méretben, az egészen nagy, durva lemezes alakútól a kisebb, szabálytalan alakúig (1). A különböző fázisok elhelyezkedése alapján ez a fázis lehet a primér fázis, vagyis az olvadékból először kristályosodik, amelyet követ a sötét szürke (2) szabálytalan dendrites, majd a lemezes világos szürke fázis (3). A maradék olvadék eutektikumként kristályosodott. Nagyobb nagyításnál különböző szürkességű fázisokat is meg lehet különböztetni, amelyek inkább az összetételükben különböznek egymástól, mint rács típusban. A különböző fázisok összetételét az 1. táblázat foglalja össze. A szürke különböző árnyalatait a Ni- és a Cu-tartalom változása okozza, ezeknél a fázisoknál a Ti-tartalom közel azonos. Az Sn általában nagyon kis mennyiségben fordul elő a fázisokban, az utoljára kristályosodó eutektikus szövetekben azonban feldúsult (3. ábra). A Ni5(+Sn1) mintát összehasonlítva az alap Ni5 mintával, az előzőben több fázist találunk, tehát a kristályosodási lépések száma is több és kevesebb olvadék marad, ami eutektikusan alakul át.

A Ni10(+Sn1) szövetszerkezete már hasonló a Ni10 mintához, 2b



■ 2. ábra. A $(Ti_{60}(Ni_xCu_{40-x})_{40})_{99}Sn_1$ mesterötvözetek szkennung elektronmikroszkópos szövetsképe



■ **3. ábra.** A Ni5(+Sn1) mesterötvözet eutektikus szerkezetének egy részlete. A fázisokban lévő elemek mennyiségét térképelemzéssel mértük SEM-EDS-berendezéssel

ábra. A kristályosodás két lépésben zajlik, a dendrites oszlopok kristályosodnak először, majd a maradék olvadék eutektikus alakul át. Az Sn-nal ötvözött mintában jóval durvább az eutektikus szerkezet, mint a Ni10 mintában. A fázisokban lévő elemek arányának alapján a primer fázis Ti_2Cu típusú fázis, amely azonban old valamennyi Ni- t és Sn-t. A világos szürke fázis TiCu típusú (+Ni, Sn). A teljesen eutektikus szerkezetű összetételű minta a 10 és 15 at% Ni-tartalom közé esik, mivel a Ni15(+Sn1) mintában már TiNi típusú fázis kristályosodik priméren, így átléptünk az eutektikus összetételre. Ennek a mintának a szerkezeté az alap Ni20 mintáéval mutat hasonlóságot, ahol a TiNi(+Cu) fázis (8) dendritesen kristályosodik, majd befejeződik eutektikum képződésével. A Ni20(+Sn1) mintában két fázist különböztethetünk meg, *2d ábra*. A primer fázis dendrites, amelynek az összetétele $Ti(Ni_{0,5}Cu_{0,5})$, amelyet egy sötét szürke fázis kristályosodása követ. A szövetszerkezet alapján csak sejtjük, hogy a kristályosodás hogyan megy végbe. Az egyensúlyi diagram alapján az ilyen összetételű ötvözetek peritektikusan kristályosodnak, a mesterötvözetek lehülési sebességénél azonban nem valószínű, hogy ez a fajta reakció végbe tud menni. Valószínűbb, hogy a primer fázis kristályosodását követően a második fázis is az olvadékból kristályosodik, majd nemegyensúlyi eutektikummal fejeződik be.

Az ékminták szövetszerkezete

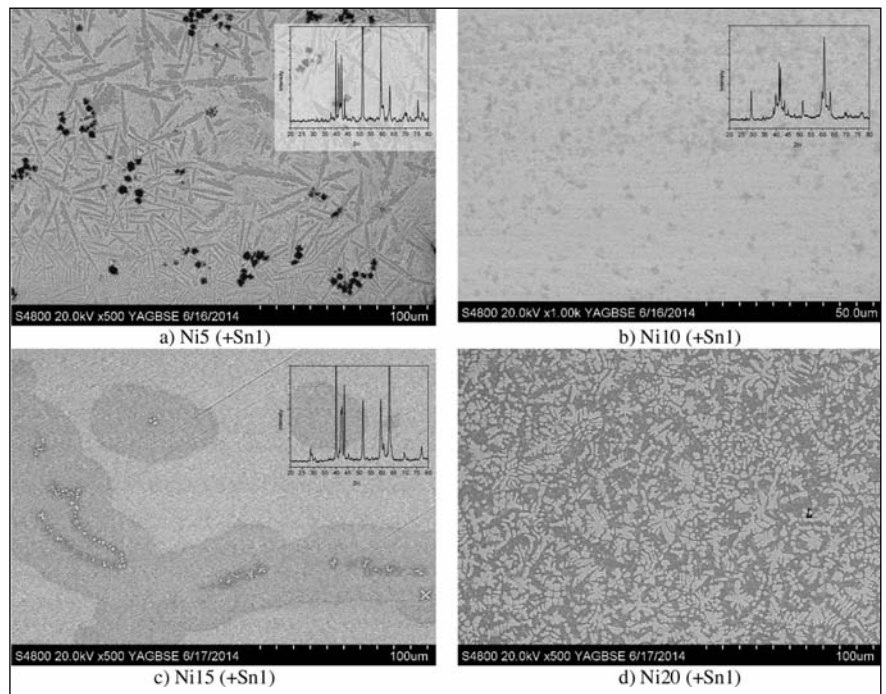
Az ék alakú mintákat centrifugálöntéssel öntöttük a mesterötvözetekből. Az ékek keresztmetszetében végeztünk vizsgálatokat, az ék csúcsától haladva a vastagabb vége felé a szövetszerkezet változását követhettük nyomon a lehülési sebesség változásával. Az ékek csúcsánál, lévén ott a legnagyobb a lehülési sebesség, esély lehet amorf szerkezetre is. A *4. ábrán* a különböző összetételű ékminták csúcsáról készült SEM-szövetképeket mutatjuk be. A Ni5 és Ni20(+Sn1) ékminták csúcsában kristályos szer-

kezet alakult ki a hűlés során, *4a és 4b ábrák*. A fázisok már itt is felismerhetők, amelyeket a mesterötvözetekben azonosítottunk, a szerkezetük kissé durvult az ék vége felé haladva.

A röntgendiffraktogramok mutatják, hogy amorf rész egyáltalán nincs még a csúcsokban sem. A Ni10 és Ni15 (+Sn1) ékminták SEM-szövetképein foltokban megjelenő apró méretű fázisokat találtunk, amorfoknak tűnő szövetben, *4b, 4c ábrák*. A röntgendiffrakciós mérések azonban igazolták, hogy a minták kristályosak, bár nanométer méretű a kristályok mérete, amelyet a szkennig elektronmikroszkóp felbontása már nem „lát”. Mindenesetre a két minta összetétele esik legközelebb az eutektikus pont-hoz (1. ábra), így ezek szerkezete a legfinomabb és legközelebb áll az amorf szerkezethez.

Összefoglalás

$(Ti_{60}(Ni_xCu_{40-x})_{40})_{100-y}Sn_y$ ($x = 5-20$ at%, $y = 0,5$ és 1 at%) összetételű ötvözeteket készítettünk ívfényes olvasztással Ar védőgázban, majd ékmintákat centrifugálöntéssel. Azt vizsgáltuk, hogy az Sn milyen hatással van a szövetszerkezetre, képes-e amorf szövet képződésére. $0,5$ at% Sn-ötvözés hatására azonban nem figyeltünk meg változást sem a mes-



■ **4. ábra.** A $(Ti_{60}(Ni_xCu_{40-x})_{40})_{99}Sn_1$ ötvözetek ékmintái csúcsának SEM-szövetképe és az ékek csúcsairól készült röntgendiffrakciós felvételek

terötvözetekben, sem az ékmintákban az alap $Ti_{60}(Ni_xCu_{40-x})_{40}$ ötvözetekhez képest. Az eutektikus összetételű gyorsan hűtött ötvözetben sem mértünk amorf hányadot.

1 at% Sn-ötvözés hatására megváltozott a Ni5(+Sn1) összetétel szerkezete mesterötvetként is és ékmintaként is. Egy Ti-ban gazdag új fázis jelent meg az ötvözetben. A teljesen eutektikus összetétel az Sn hatására eltolódott az alapötvetekhez képest kisebb Ni-tartalom irányába. Az ékminták minden összetételénél kristályos szerkezetűek, bár a Ni10 és Ni15(+Sn1) minták csúcsa nagyon finom szerkezetű.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket fejezzük ki a Debreceni Egyetem Szilárdtest Fizika Tanszékének az ívfényes olvasztó használatáért és a segítségért.

A cikkben ismertetett kutatómunka

a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 projekt eredményeire alapozva a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0019 jelű projekt részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- [1] Park, J. M. – Kim, Y. C. – Kim, W. T. – Kim, D. H.: 2004 Materials Transactions, 45, 595
- [2] Wu, X. F. – Suo, Z. Y. – Si, Y. – Meng, L. K. – Qiu, K. Q.: 2008 Journal of Alloys and Compounds 452, 268
- [3] Ristic, R. – Babic, E. – Stubicar, M. – Kursumovic, A. – Cooper, J. R. – Figueroa, I. A. – Davies, H. A. – Todd, I. – Varga, L. K. – Bakonyi, I.: 2011 Journal of Non-Crystalline Solids 357, 2949
- [4] Inoue, A. – Nishiyama, N. – Amiya,

- K. – Zhang, T. – Masumoto, T.: 2007 Materials Letters 61, 2851
- [5] Louzguine, D. V. – Inoue A.: 2000 Scripta Mater. 43, 371
- [6] Zhang, T. – Inoue A.: 2001 Materials Science and Engineering A 304-306, 771
- [7] He, G. – Eckert, J. – Löser W.: 2003 Acta Materialia 51, 1621
- [8] Ochin, P. – Kolomytsev, V. – Pasko, A. – Vermaut, P. – Prima, F. – Portier R.: 2006 Materials Science and Engineering A 438-440, 630
- [9] Xie, K. F. – Yao, K. F. – Huang, T. Y.: 2010 Journal of Alloys and Compounds 504S, S22
- [10] Rontó, V. – Sycheva, A. – Svéda, M. – Benke, M. – Pekker, P. – Cora, I. – Fazakas É.: 2014 Materials Science Forum 790-791, 491
- [11] Schuster, Julius C. – Cacciamani, Gabriele: Copper-Nickel-Titanium, Landolt-Börnstein New Series IV/11A4, 266-283.

Kaptay György akadémiai székfoglalója

Kaptay György, az MTA levelező tagjának összefoglalása tudományos eredményeiről

2016. október 5-én került sor az MTA Miskolci székházában (ifj.) Kaptay György tagtársunk levelező akadémiai székfoglalójára, az MTA Műszaki Osztálya kihelyezett nyílt ülésén. Az időpont nem véletlen: ezen a napon lett volna 83 éves *id.* Kaptay György tagtársunk, aki ezt a napot nem élhette meg.

A székfoglaló címe: Fémes (nano-)anyagok modellezése és fejlesztése

Szerkesztőségünk kérésére Kaptay György összefoglalta akadémiai székfoglalójának főbb téziseit, amelyet az alábbiakban teszünk közzé.

Tisztelt Hölgyeim és Uraim, tisztelt Akadémikus Társaim, Nagy megtiszteltetés számomra, hogy az Akadémia Műszaki Osztálya a 2016-os akadémikusválasztás során engem is a levelező tagok sorába emelt, 28 évvel kandidátusi (1988) és 11 évvel MTA doktori (2005) címem megszerzése után. Ezzel a székfoglalo-

lával a szélesebb szakmai közösségnek szeretném bemutatni azokat az eredményeket, melyek e megtiszteltetés objektív alapjául szolgálnak.

Ezen eredmények két csoportra bonthatóak. Téziseim első fele alapkutatói jellegű, melyeket elsősorban a Miskolci Egyetemen töltött évek során (1987-) értem el, és amelyek értékét a vonatkozó – jellemzően egyszemélyes elméleti – cikkeket megjelentető folyóiratok impakt faktora (összesítve 155 felett), a rájuk kapott független és túlnyomó többségükben pozitív hivatkozások száma (1.900 felett) és az innen számított h-index (22) fémjelez (lásd 1. ábra). A tézisek második fele alkalmazott kutatás/fejlesztés jellegű, melyeket főleg a Bay Zoltán Kft.-ben (2006-) értem el munkatársaimmal együtt, és amelyeket magyar és külföldre kiterjesztett szabadalmaink fémjeleznek. Bár egy életpályát általában a véletlenek is irányítanak, a fenti bontásban van némi tudatosság is. Új műszaki alkotást ugyan létre lehet

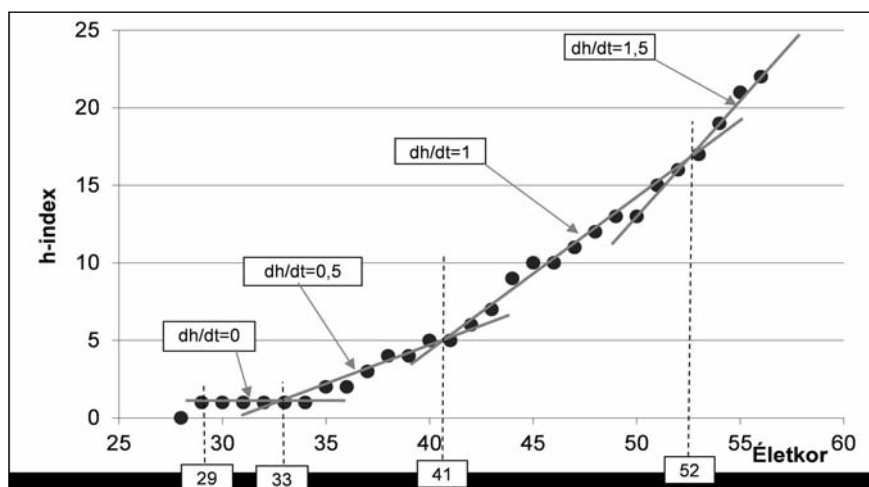
hozni „véletlenül” is (a „vak tyúk is talál szemet” alapon, a pályatársakkal azonos tudásra alapozva), de erre szakmát alapozni nem szerencsés. Sokkal biztosabb, ha a szabadalmak új, saját magunk által kreált elméleti tudáson alapulnak: ekkor válhat az új műszaki alkotások létrehozása biztos „szakmává”. Ebből a szempontból épül időben egymásra az alaptudás megszerzése és új elemekkel való bővítése, majd a műszaki alkotások létrehozása.

Nekem a hobbim a tudománytörténet és szeretek alapkérdéseket feszegetni, illetve azokat megválaszolni. Egy természettudós attitűddel rendelkező mérnök szempontjából logikus azt firtatni, hogy vajon hány dimenziós a természet, azaz vajon hány fizikai mennyiségből rakható össze bármi, ami a természetben fellelhető és amit egy kohómérnök meg tud alkotni. Azt gondolhatnánk, hogy a választ az SI mértékegységrendszer adja meg, amiben a 7 alapegységhez 7 alapvető fizikai mennyiséghez tartozik

(hossz, idő, tömeg, hőmérséklet, elektromos áram, anyagmennyiség és fényerősség). Szerintem azonban a természetben nem 7, hanem csak 5 alapvető fizikai mennyiség van [1-2]: a hossz, az idő, a tömeg, a hőmérséklet és az elektromos töltés. A fényerősség ugyanis képzett fizikai mennyiség, míg az anyagmennyiség egy tetszőlegesen megválasztott számértéken (az Avogadro-számon) alapul, ráadásul annak definíciójában még számmissztikai elemek is vannak (ezek szerint 1 mol-ban annyi atom van, amennyi 12 g C-12-es izotópban – miért 12 g és miért a C-12-es izotóp?). Az elektromos áram az elektromos töltések áramlási sebessége, ezért az elektromágneses jelenségek jellemzésére érdemesebb a töltést, és nem annak áramlási sebességét alkalmazni. Ezen tudás birtokában tisztább fogalmakkal dolgozik mindenki, aki ezeket elfogadja, így hatékonyabban képes bármi újat kifejleszteni, legyen az természettudományi modell, vagy műszaki alkotás.

Nagyhőmérsékletű anyagokkal foglalkozó kohómérnöként szinte kínálta magát az a kérdés, hogy vajon megfogalmazható-e bármilyen új és hasznos szabály (törvény) a végtelen hőmérséklet határértéken? Ez a költői kérdés kapcsolódott össze kedvenc kutatási területemmel, a fémolvadékok/sóolvadékok termodinamikai leírásával, ahol az oldatok többlet Gibbs-energiájának hőmérsékletfüggése az egyik örökzöld alapkérdés. Nagyszámú kísérleti adat analíziséből szűrtem le azt a tézist, miszerint a reális oldatok a hőmérséklet növelésével az ideális oldat állapot felé tartanak [3]. Ha ez így van, akkor az olvadékok többlet Gibbs-energiájának hőmérsékletfüggését csak olyan egyenlettel illik leírni, ami megfelel ennek a peremfeltételnek. Erre vezettem be egy új, exponenciális függvényt [4], amit a pályatársak eddig 15 binér és ternér rendszeren teszteltek és találtak megfelelőnek. Ezzel a nagy hőmérsékletű olvadékok termodinamikai leírása pontosabbá vált, mint eddig. Ezzel tehát lépéselőnybe került a többiekhez képest mindenki, aki ezt elfogadja és használja.

Miután 2006-ban vezetésemmel



■ 1. ábra. H-indexem alakulása életkorom függvényében. A h-index azon cikkeink száma, melyekre legalább ugyanennyi független hivatkozás érkezett. Az én h-indexem tehát azért 22, mert van 22 olyan cikkem, melyek mindegyikére 22, vagy több független hivatkozás érkezett. Statisztikailag a h-index a független hivatkozások négyzetgyökének fele, tehát a 22-es h-indexhez statisztikailag $(22 \cdot 2)^2 = 1936$ független hivatkozás tartozik, ami nagyon közel van a jelenlegi valós értékhez. Mint az ábráról látjuk, 28 és 56 éves korom között a h-indexem növekedése az idő függvényében gyorsuló ütemet mutat. Ez természetesen nem marad örökre így: a függvény idővel telítésbe fog fordulni, különösen azután, hogy az örök vadászmezőkre költözöm, ahonnan nem tudok majd már újabb és újabb cikkeket írni. Jó hír azonban, hogy a h-indexem ekkor is majd csak telítésbe fordul, de csökkenni már nem fog.

megalakult a BAY-NANO Kutatóintézet, majd 2007-ben a Miskolci Egyetemen a Nanotechnológiai Tanszék is, figyelmem a nano-termodinamika felé fordult. Szembesülni voltam kénytelen ugyanis azzal a ténnyel, hogy míg új ötvözetek tervezésénél, vagy akár csak a technológiai folyamatok értelmezésénél rutinszerűen használok én is, kollégáim is az egyensúlyi fázisdiagramokat, addig ezek a nanoméretű rendszerekre hiányoznak. Magyarul nem lehet tudni, hogy a 10 nm-es szemcsékből álló ötvözetnek mennyi az olvadáspontja, csak azt lehet tudni, hogy mennyi az ugyanilyen összetételű, makroszemcsékből álló ötvözet olvadáspontja. A feladat lényegesen komplexebbnek bizonyult, mint azt első ránézésre gondoltam. Végeredményben a következő eredményeket értem el ezen a területen:

1. A Gibbs-energia méretfüggésének leírására a kémia, és a belőle kinőtt kohászat, anyagtudomány és biológia egységesen a Kelvin-egyenletet használja, aminek alapállítása, hogy a nanojelenségek oka a nanoméretű fázisok nagy görbülete (ezen alapul a kohászatban/fémes anyagtudomány-

ban is elterjedten használt Gibbs–Thomson-egyenlet is). Én bebizonyítottam, hogy a Kelvin-egyenlet, és emiatt a Gibbs–Thomson-egyenlet is hibás: a valóságban a nanohatást nem a nanofázisok nagy görbülete, hanem azok nagy fajlagos felülete okozza [5-7]. Ez különösen a görbülettel nem rendelkező kristályok és vékony filmek esetére minőségileg új eredmény.

2. Miután a nanoanyagok Gibbs-energiája méretfüggő, emiatt megváltozik a Gibbs-féle fázisszabály is. Gibbs szerint egy K komponenst tartalmazó rendszerben maximum $(K+2)$ fázis lehet egyszerre egymással egyensúlyban. Ezzel szemben a nanofázisokat (is) tartalmazó rendszerekben maximum $(K+3)$ fázis lehet egymással egyszerre egyensúlyban [8]. Emiatt megváltoznak a fázisdiagramok szerkesztésével és olvasásával kapcsolatos szabályok is.

3. Mivel a nanoanyagok főleg nagy fajlagos határfelületükkel különböznek a makroanyagoktól, a határfelületi energiák ismerete alapvetően szükséges. Ezért új, általános modellt dolgoztam ki minden határfelület típus többlet határfelületi energiájának modellezé-

¹ Nanoanyagnak az olyan anyagot nevezzük, amiben van legalább egy olyan fázis, aminek legalább egyik dimenziója 100 nm-nél kisebb. Ezen anyagok moláris Gibbs-energiája (és ezért összes fajlagos/moláris tulajdonsága) méretfüggő, ami új perspektívát nyit az ötvözet- és anyagfejlesztés előtt.

² Helyhiány miatt itt csak a 2010 eltelt időszak cikkeit adom meg.

sére [9-11]. Ezen túl új levezetését adtam meg a felületi feszültségre vonatkozó Butler-egyenletnek [12], kiterjesztve annak érvényességét a folyadék/gáz felületről minden egyéb határfelületre [13]. A Butler-egyenletet kiterjesztettem a felületi fázisátalakulások számítására is [14].

4. A nanorendszereknek nemcsak egyensúlyi fázisösszetételük, hanem egyensúlyi morfológiájuk (belső szerkezetük) is van, ami felé a kiindulási állapotból a nanofázisokat a határfelületi erők húzzák / vonják. Ezért megteremttem a határfelületi erők átfogó termodinamikai elméletét, összekapcsolva ezzel Gibbs és Newton tanait [15-16] (lásd a BKL-Kohászatban is [17-21]). Ez az általános elmélet adja meg az alapját a kialakuló nanomorfológiák mérnöki tervezésének. Ez vezetett ahhoz is, hogy a nano- és mikro-szemcsékkel stabilizált habok [22] és emulziók [23] elméletét tisztázni tudtam (erre a két cikkemre kaptam eddig a legtöbb független hivatkozást, 163-at, illetve 123-at).

Fenti elméleti eredmények biztosították az elméleti alapot új típusú, nagy fajlagos felületű (részben nanoszerkezetű) anyagok fejlesztéséhez. Az szinte természetes, hogy az elméleti alapokat a saját kutatócsoportom részére én adom [24-32], az már talán ritkább, hogy több magyar [33-41] és külföldi [42-50], kutatócsoport kísérleti eredményeihez is én adom az elméleti háttérrel. Fenti alapvetési eredményekre alapozva a Bay Zoltán Kft. ma Anyagfejlesztési Osztálynak nevezett részlegének vezetőjeként az elmúlt évtizedben nyolc szabadalmat dolgoztam ki munkatársaimmal együtt, melyeket a Bay Kft. az itthoni bejelentés után egy évvel jellemzően kiterjeszt(ett) az EU-ra, az USA-ra, Kínára és Oroszországra is. Ezek lényege a társfeltalálók megadásával:

- szemcsékkel stabilizált fémemulziók (Kaptay Gy., Budai I., 2008),
- alakos, zárt cellás fémhabok (Bárczy T., Szőke J., Zai P., Zai G., Bárczy P., Kaptay Gy., Mekler Cs., Szirovicza P., Somosvári B., Pintér Z., Budai I., 2009),
- karbon szálakkal erősített, alumínium mátrixú kompozit (Kaptay Gy., Mekler Cs., Stomp D., Baumli P., Budai I., Juhász K. L., Szabó D., Szabó J., 2013),

- hőtároló és hőszállító fémemulziók (Kaptay Gy., Nagy O., 2015.),
 - implantátum célú nyílt cellás titánhab (Szabó D., Kaptay Gy., Szabó J., 2015)
 - katalizátor célú nyílt cellás fémhabok (Kaptay Gy., Szabó D., Szabó J., Petró J., Isaák Gy., 2015),
 - nagy hővezetésű hőtároló anyagcsalád (Baumli P., Kaptay Gy., Mátyás M. P., Vaskó G., Pálkovács J., 2015)
 - kohászati szilícium kristályok tisztítása (Kaptay Gy., Szabó J., Tóth G. B., 2015).
- Végül szeretnék köszönetet mondani a családomnak, szeretteimnek, kollégáimnak és az új akadémikus társaimnak (ezen belül különösen Roósz Andrásnak) a támogatásukért.

Irodalom

- [1] G. Kaptay: JMM B, 47 (2011) 241–246.
- [2] Kaptay Gy.: Magyar Tudomány, 7 (2012) 856–860.
- [3] G. Kaptay: Metall Mater Trans A, 43A (2012) 531–543.
- [4] G. Kaptay: Calphad, 28 (2004) 115–124.
- [5] G. Kaptay: J Mater Sci, 47 (2012) 8320–8335.
- [6] G. Kaptay: J Nanosci Nanotechnol, 12 (2012) 2625–2633.
- [7] G. Kaptay: Int. J. Pharmaceutics, 430 (2012) 253–257.
- [8] G. Kaptay: J. Nanosci. Nanotechnol., 10 (2010) 8164–8170.
- [9] G. Kaptay: Mater. Sci. Forum, 474-474 (2005) 1–10.
- [10] G. Kaptay: Mater Sci Eng A, 495 (2008) 19–26.
- [11] G. Kaptay: Acta Mater, 60 (2012) 6804–6813.
- [12] G. Kaptay: Langmuir, 31 (2015) 5796–5804.
- [13] G. Kaptay: J Mater Sci, 51 (2016) 1738–1755.
- [14] G. Kaptay: Calphad, 29 (2005) 56–67.
- [15] G. Kaptay: J Mater Sci, 40 (2005) 2125–2131.
- [16] G. Kaptay: J. Dispersion Sci Technol, 33 (2012) 130–140.
- [17] Kaptay Gy.: BKL Kohászat, 142 (2009) 3 / 39–46.
- [18] Kaptay Gy.: BKL Kohászat, 142 (2009) 6 / 37–46
- [19] Kaptay Gy.: BKL Kohászat, 142 (2009) 6 / 37–46.
- [20] Kaptay Gy.: BKL Kohászat, 143 (2010) 3 / 33–38.
- [21] Kaptay Gy.: BKL Kohászat, 144 (2011) 5 / 9–13.
- [22] G. Kaptay: Colloids Surfaces A, 230 (2004) 67–80.
- [23] G. Kaptay: Colloids Surfaces A, 282-283 (2006) 387–401.
- [24] G. Levai, M. Godzsák, T. I. Török, J. Hakl, V. Takáts, A. Csik, K. Vad, G. Kaptay: Metall. Mater. Trans. A., 47A (2016) 3580–3596.
- [25] K. L. Juhász, P. Baumli, J. Sytchev, G. Kaptay: J Mater Sci, 48 (2013) 7679–7685.
- [26] P. Baumli, J. Sychev, I. Budai, J. T.

- [27] O. Z. Nagy, J. T. Szabo, G. Kaptay: Intermetallics 26 (2012) 26–30.
- [28] D. Madarasz, I. Budai, G. Kaptay: Metall Mater Trans A, 42A (2011) 1439–1443.
- [29] I. Budai, O. Z. Nagy, G. Kaptay: Coll Surf A, 377 (2011) 325–329.
- [30] I. Budai, G. Kaptay: Intermetallics, 19 (2011) 423–425.
- [31] P. Baumli, J. Sytchev, G. Kaptay: J Mater Sci, 45 (2010) 5177–5190.
- [32] I. Budai, G. Kaptay: J. Mater Sci, 45 (2010) 2090–2098.
- [33] N. Oláh, Zs. Fogarassy, A. Sulyok, M. Veres, G. Kaptay, K. Balácsi: Surf. Coatings Technol, 302 (2016) 410–419.
- [34] Zs. Baji, A. Szanyo, Gy. Molnár, A. L. Toth, G. Pető, K. Frey, E. Kotai, G. Kaptay: J Nanosci Nanotechnol, 12 (2012) 5009–5015
- [35] D. Janovszky, K. Tomolya, M. Sveda, A. Sycheva, G. Kaptay: J Alloys Comp, 615 (2014) S79–S84.
- [36] D. Janovszky, K. Tomolya, A. Sycheva, G. Kaptay: J Alloys Comp, 541 (2012) 353–358.
- [37] T. Sándor, C. Mekler, J. Dobránszky, G. Kaptay: Metall Mater Trans A, 44A (2013) 351–361.
- [38] Z. Weltsch, A. Lovas, J. Takács, Á. Cziráki, A. Tóth, G. Kaptay: Appl. Surf. Sci., 268 (2013) 52–60.
- [39] O. Verezub, Z. Kálazi, A. Sytcheva, L. Kuzsella, G. Buza, N. V. Verezub, A. Fedorov, G. Kaptay: J Mater Process Technol., 211 (2011) 750–758
- [40] M. Reger, B. Vero, I. Kardos, E. R. Fabian, G. Kaptay: Mater Sci Forum, 659 (2010) 44–446.
- [41] Á. E. Horváth, G. Járjai-Szabó, G. Kaptay, R. Vajtai, Z. Néda: Univ. Polit. Bucharest Sci. Bull. – Ser. A – Appl. Math. Phys., 72 (2010) 27–32.
- [42] G. Kaptay, J. Janczak-Rusch, L. P. H. Jeurgens: J. Mater Eng Perform, 25 (2016) 3275–3284.
- [43] G. Kaptay, J. Janczak-Rusch, G. Pigozzi, L. P. H. Jeurgens: J. Mater. Eng. Perform., 23 (2014) 1600–1607.
- [44] A. Yakymovych, G. Kaptay, A. Roshanghias, H. Falndorfer, H. Ipser: J. Phys. Chem. C, 120 (2016) 1881–1890.
- [45] W. Lu, S. Zhang, W. Zhang, G. Kaptay, J. Yu, Y. Fu, J. Li: Scr. Mater, 102 (2015) 19–22.
- [46] Y. Tang, Y. Du, L. Zhang, X. Yuan, G. Kaptay: Thermochim Acta, 527 (2012) 131-142.
- [47] Lekatou, A. E. Karantzalis, A. Evangelou, V. Gousia, G. Kaptay, Z. Gacsi, P. Baumli, A. Simon: Mater Design, 65 (2015) 1121–1135.
- [48] J. B. Ferguson, G. Kaptay, B. F. Schultz, P. K. Rohatgi, K. Cho, C. S. Kim: Metall. Mater Trans. A, 45A (2014) 4635–4645.
- [49] O. L. Galkina, A. Sycheva, I. Blagodatkiy, G. Kaptay, V. L. Katanaev, G. A. Seisenbaeva, V. G. Kessler, A. V. Agafonov: Surf. Coat. Technol. 253 (2014) 171–179.
- [50] A. A. Symonova, O. N. Verezub, A. A. Sycheva, N. V. Verezub, V. L. Havin, G. Kaptay: J. Min. Metall. Sect. B-Metall, 48 (2012) 449–459.

Beszélgetés dr. Bárczy Pál professor emeritussal 75. születésnapja alkalmából



Miből fakadt, táplálkozott az, hogy évfolyamunk messze legjobb tanulójaként és mint valétaelnök-ként is, szinte minden területen kiemelkedjél, s közkedvelt, segítőkész hallgatói vezér legyél?

A közösségi cselekvések örömét én Miskolcon, az egyetemen ismerem meg. Nem csoda, hisz előtte hat különböző iskolába jártam, ahol mindig én voltam az osztályidegen új fiú, amolyan nemkívánatos személy, akit a tanár rendre megalázott, az osztálynak pedig úgy-ahogy el kellett viselnie. Az osztálykönyvekben 1949 és 59 között a származásomat mindig X betű jelezte, ami azt jelentette, hogy osztályidegen. Megszoktam, hogy mindenből duplán kell teljesítenem és ennek ellenére nem mehetek se gimnáziumba, se egyetemre, csak gyári segédmunkásnak. Miskolcon bizonyára az dobott fel, hogy megszűnni éreztem a negatív diszkriminációt, mind az oktatók, mind az évfolyamtársak elfogadtak olyannak, amilyen vagyok, életemben először. Az E/2 kollégiumban egy befogadó, olyan közösséggel találkoztam, ahol az ember jól érezhette magát. A kohász szakma összetartást sugárzott, itt hamar ráéreztem, hogy együtt csinálni valamit sokkal fontosabb és jobb, mint külön utakon járni. Ez a felismerés

Dr. h. c. dr. Bárczy Pál professor emeritus, az ADMATIS Kft. ügyvezetője, a Magyar Úripari Klaszter elnöke 2016-ban ünnepli születésének 75. évfordulóját. Ebből az alkalmából beszélgetett vele évfolyamtársa, Clement Lajos okl. kohómérnök.

rés ráépült a sokkal korábbi alapszabályomra, ami szüleim igazsága volt: csak az a tied, amit a fejedben elraktározol. Vagyis én tanulni már akkor is nagyon szerettem, ami jórészt magányos tevékenység. Jó cimborák között azonban a tudás kap egy másik dimenziót is.

Visszagondolva igaza volt-e Arisztotelésznek abban, hogy az indulás fele az egésznek. Igen, vagy nem?

Ha jól értem, a kezdeti adottságok szerepét kérdezed. A Bárczy család első nyomai az 1200-as évekre nyúlnak vissza a Gömör megyei Bárcziházáig. Elődeim az utóbbi száz évben kifejezetten értelmiségi foglalkozásokat űztek, de műszaki ember nemigen akadt közöttük. Az biztos, hogy a nyelvek, a zene, a könyvolvasás és a bridzs hozzátartozott a családi „szokásokhoz”. A kultúrigényeken nem változtatott a kitelepítés se, csupán a kielégítésük szünetelt ill. nehezedett meg. Apám arra intett, hogy csak a természet törvényeit érdemes megtanulni, mert azokat nem bírja megváltoztatni az ember. Az ember által kreált törvények mulandóak, azokra felesleges időt pocsékolni. Innen indultam. Ha Arisztotelésznek van igaza, akkor a továbbiak már alig számítanak.

Mit tartottál a legtöbbre és mit hiányoltál leginkább az egyetemi évek alatt?

Mai szemmel a gyárlátogatásokat, a hetes, hónapos üzemi időszakokat, a külföldi termelési gyakorlatokat értékeltem a legmagasabbra. Hogy mi a

dolga egy kohómérnöknek, azt a diósgyőri acélöntödében, nagykovácsműhelyben, a csepeli csögyárban, vagy a dunaujvárosi meglehengersonon, vagy épp a novahutai galvanizálsoron tudhattuk meg. Ezek tették hitelessé az oktatást. És persze nagy hatással voltak az oktató egyéniségek. Verő prof mélységes tudása, Fuchs Erik hallatlan precizitása, Káldor prof elhivatottsága kitörölhetetlen nyomokat hagytak.

Hogy mi nem tetszett? Voltak szájbarágós, emészthetetlen tantárgyak marxizmusból és munkavédelemből, milliós reakcióegyenlet kémiából. Szerintem bő lére eresztett tárgyak az alakítástechnológia egyes részeinél, túlrészletező fejezetek a diffegyenletek és mátrixműveletek világából. Az az igazság, hogy negatív élményekre ma már alig emlékszem. Biztos pont azért is voltak negatívak, mert képtelenek voltak beépülni az agyamba.

Mit jelentett pályádon a fém-tanoktatás a gyakornokságtól egészen az intézetvezetésig?

Először is mérnökké változtam. Felfedeztem a mérés jelentőségét. Ha megmérlek valamit, akkor a valóságról tudok meg valamit. Első felfedezéseim a keménységmérésről szóltak: a valóság itt-ott más volt, mint amit a könyvek írtak róla. Aztán az atomok távolságának a mérése röntgendiffrakciós mérésekkel ejtett rabul. Erről később tankönyvet is írtam, ezt máig használják a karon. Hallgatóimmal is igyekeztem megszerettetni a laborméréseket.

Sokat jártam kohász üzemekben,

több gyári feladat kidolgozásában vettem részt, eleinte munkatársként, majd projektvezetőként. Szívesen vállaltam ilyen munkákat, élveztem a valóságzagot. Változatos témáim voltak, acélokkal kezdtem, majd rezes, alumíniumos és volframos kutatási munkáim is voltak. Évekig kutattam alumíniumötvözetek kiválási folyamatait, ebből kandidáltam.

A hatvanas-hetvenes években a metallurgiai és a képlékenységtani tanszékek voltak a karon a „favoritok”, úgy éreztem, hogy a fémten a „kukkoló mikroszkópemberekkel” mellékszereplőnek számított. Eközben nálunk a tanszéken lelkes és hatékony kutatómunka folyt. Magam is igyekeztem a tanszék kari súlyát növelni. Az akkori kollektíva és vezetők küzdelmének első eredménye lett a fémteni szakirány beindulása. Több tárgyat oktattam (fémten, anyagvizsgálat, röntgendiffrakció), és 22 év oktatómunka után lettem tanszékvezető. Ettől kezdve szavam lett a kari tanácsban is és befolyásolhattam a kar életét is. Többékevésbé nyilván a hallgatókét is, hiszen az elmúlt ötven évben végzett szinte valamennyi kohómérnök és anyagmérnök a tanítványom volt.

Milyen céllal született és miből táplálkozott megannyi cikked a Mi Egyetemünk újságban?

A cikkírást a Kohászati Lapokban kezdtem, 67-től kezdve rendszeresen írtam ide szakcikkeket. Itt találkoztam először a tudományos közlemények világával. E mellett később szerettem volna, valamilyen módon kommunikálni a közvetlen egyetemi környezettel is. Ezért 1971 és 76 között a Mi Egyetemünk újság rovatvezetője lettem, s itt több száz írásom jelent meg. Ez nagy élvezet volt. A menzán láttam, hogy olvassák, jöttek a megjegyzések, olykor élénk viták is kialakultak. Írtam méltatásokat, tudósításokat, könyvkritikát, csináltam interjúkat, felélesztettem hallgatókorom humorgyártási hajlamát. A szerkesztőségben nagy élet volt. Nagyon kíváncsi voltam tanártársaimra is, az egyetem nagyszerű egyéniségeire. Sokukról írtam portrét, és olykor nekrológokat is. Ezeket később „Az én egyetemem” című könyvemben összegyűjtve is közreadtam.

Mit adott számodra a külföldi egyetemekkel való hivatalos kapcsolatod?

Ennek nagyon sokat köszönhetek. Tíz évig én voltam a Tudományos és Nemzetközi Osztály vezetője, ahol az egyetem orosz, német, angol nyelvű külföldi kapcsolatai intéződtek. Kb. negyven külföldi egyetemmel álltunk kapcsolatban. Közülük a clausthali, a freibergi, a moszkvai, a krakkói, a nyugat-berlini egyetem felé én voltam a személyes összekötő. Sokat utaztam, hivatalos küldöttség tagjaként vagy tolmácsként. Később a kilencvenes években európai egyetemközi programok szervezője is voltam és szinte minden európai országban ismerek egy-két egyetemet, e mellett amerikai, kanadai, egyiptomi, kubai és japán egyetemeken is jártam. (Egyébként „Úton lenni” címmel írtam egy könyvet 50 aktív évem rengeteg utazásáról). Hogy mit kaptam, mit szedtem össze ezeken az utakon? Bátorságot és világlátást. Megismertem, hogy milyen egy jó egyetem és milyen a rossz. Nem csoda, hogy meggyőződésemmé vált, hogy javítani kellene a magyar felsőoktatáson. Azt szeretném, ha időben felismernék a haladás irányát, s ne csak 20-30 éves lemaradással követnénk az előttünk járókat. Azt szeretném, ha egyetemeink a progresszióban élen tudnának járni. A lemaradás bepótlásának egyetlen útját látom: kooperáció a legjobbakkal. Idegen nyelvű partnerek kellene, és minél több. Ne féljünk Európától. A világ jó egyetemei sehol nem biztonságos munkahelyek, hanem „harcias” szellemi műhelyek, ahol a legjobbakkal kell versenyt vívni. Véleményem szerint bízunk jobban a hallgatókban: hadd válogassanak kedvükre a tantárgyakban, hisz ők a saját életükhöz gyűjtik a muníciót. Ne féljünk az új diszciplináktól, ne tartunk kudarcnak, ha egy tantárgy elavul és talán szükségtelenné válik. Ha a gyerekeink, unokáink majd ilyen egyetemen tanulnak, szerintem szélesebb lesz a világuk, messzebbre fognak látni.

Honnan eredeztethető a fejesugrás a fémektől a polimerek ismeretlen világába?

Röntgendiffrakciós vizsgálataim során döbbszemtem rá, hogy minden

szilárd anyag egymás mellett elhelyezkedő atomokból áll, s hogy az anyag tulajdonságait ez az elhelyezkedés szabja meg. Ha polietilént vagy karbonszálat vizsgálsz, egy általánosabb anyagmodellre van szükséged. Ha ez megvan, akkor az anyagszerkezettan, az anyagvizsgálat és az anyagtulajdonság-vizsgálat tárgyalni tudja valamennyi szilárd anyagot. Tehát a szűkre szabott fémvilág kitéréséről van tulajdonképpen szó. Ezen belül a polimerekre azért irányult a figyelmem, mert Borsod megyében már régen nem a kohászat, hanem a polimergyártás uralkodik, s a Borsodchem meg a TVK számára is egyre fontosabb az atomi elrendeződések kézbentartása, vagyis az anyagtudomány. Első polimeres ipari munkáim a CPE (klórozott polietilén) sikerétől, ill. a szagtalan PP(polipropilén) szerkezetének a felderítésétől és technológiai megvalósításától óriási intellektuális hajtóerőket kaptam. Készen álltam arra, hogy műgyantából karbonhabstruktúrákat készítek. Persze azért tisztában vagyok azzal, hogy botcsinálta polimeres vagyok, s a Polimermérnöki tanszék vezetését csak néhány évig csináltam.

Ebből és/vagy többarcúságból hogyan csúcsosodott ki a hazai anyagmérnöki oktatás kimunkálása?

Az anyagmérnökképzés világszerre 20-30 évvel korábban már beindult. Külföldön akkorra már szinte mindenütt megszűnt a hagyományos kohómérnök-oktatás, és az iparág válsága miatt már nálunk sem nagyon volt felvételre jelentkező. Lépni kellett. Elő lehetett venni a leobeni, a cambridge-i, a marseilles-i, a berlini anyagmérnöki tanterveket és tankönyveket és onnan lehetett puskázni. Nehéz feladat volt, hiszen a karon csupa fémes szaktekintély oktatott, akinek kevés hajlandósága volt a váltásra. Szinte kikiáltottak a kar sírásójának, mindenki őrizni kívánta tárgya és szerepe súlyát. Az akkori dékáni vezetéssel együtt sikerült az átalakulás. Magamra vállaltam a szakvezető szerepét és a Nemfém anyagok tanszékének a vezetését. Az új tanszékre hívtam polimeres, kerámias és fás szakembereket és egy sor alapozó új tárgyat kezdeményeztem kollégáimmal. (Anyagszerkezettan, Anyagvizsgálat, Anyagis-

meret, Anyagtervezés, Anyagválasztás, Anyagminősítés), két jegyzetet írtam. Ezek lettek a képzés alaptankönyvei, mára megérték a negyedik kiadásukat. Egy ideig tanítottam is ezeket a tárgyakat.

Az átalakult karon az első évfolyam 1993-ban indult nyolc hallgatóval. Az évfolyam létszáma pár év alatt 30-ra, majd egészen 100 főre növekedett. Nagy viták után az anyagtudomány szó is polgárjogot kapott Magyarországon, bekerült előbb a karunk elnevezésébe, majd egy MTA intézet és a Bay Intézet nevébe is. Mára már a doktori iskolánkat is így hívják.

Mikor és miáltal nőtted ki glóbuszunkat és milyen erők röpitettek ki a gravitációmentes világba?

A magyar űranyag tudomány úttörője *Fuchs Erik* volt, aki egy Vaskutas csapattal és a miskolci *Roósz András*szal szovjet műhold berendezéseivel végzett olvasztásos űrkísérleteket már 1980-ban. Engem az űrvilág 1986-ban érintett meg, amikor az egyetem nevében elvállaltam egy űrberendezés elkészítését. Egy automatikus kristálynövesztő berendezést kellett csinálni, ami egy szovjet űrhajó részeként 10 nagy átmérőjű félvezető kristályt növesztett volna egy űrmiszsió során. Feszített tempóban csináltuk öt évig, mire jött a rendszerváltás és a szovjet kapcsolatrendszer megszűnt. Maga a berendezés azonban jól vizsgázott, mert ez után 12 évig a NASA telephelyén is működött.

Az a tény, hogy az olvadt fém konvekciós áramlását földi körülmények között nem lehet megállítani, sokféle mikrogravitációs kutatást indított akkoriban, s én is beálltam a kutatók sorába. Mikrogravitációs kristályosítási kísérleteimet Brémában végeztem, ahol egy ejtőtoronyban 4 másodpercig gravitációmentes állapotot lehetett elérni. Mintegy negyven ejtőkísérletet végeztem, ezekből az eredményekből írtam habilitációs téziseimet 1996-ban.

Hogy mi készített erre az útra? Ismeretlen tájék volt, és ez hallatlanul vonzott. Meg aztán magas presztízse volt az ügynek, volt rá pénz és máig ez az egyetem egyik legismertebb kutatási-fejlesztési projektje.

Sommásan hogyan lehetne összegezni a szovjet, amerikai és a jelenlegi magyar–európai űrkutatási-űripari tevékenységeiteket?

A szovjet kapcsolatnak köszönhetjük az elindulást. Ez tette reális mérnöki tevékenységgé a korábban túl hősiessé kozmetikázott, elképzelhetetlen űrálmot. Ebből mára főleg a gyakori moszkvai utazásokra, valamint a titokzatosságra és a túlszabályozottságra emlékszem vissza.

Az űrberendezés tényleges használatát és az űrkörülmények tényleges körbejárását a NASA Marshall Space Flight Center Space Science nevű laboratóriumának köszönhetjük. Az űrkemencénk első, második, majd a végső harmadik változatát ott működtettük, fejlesztettük és teszteltük csaknem 12 éven át. Ez volt az igazi iskola. Az űrbiznisz is ott vált kézzelfoghatóvá, az ottani készítésre alapítottunk vállalkozást ADMATIS Kft. néven 2000-ben.

2003-ban az ADMATIS eladta az űrkemencét a NASA-nak és megkezdte európai menetelését. Csináltunk egy igazi űrkutatás kategóriájú mikrogravitációs habosítási mérést a Nemzetközi Űrállomás Columbus moduljában, neve FOCUS. Ez volt az első tényleg saját kivitelezésű eszközünk, ami megjárta az űrt. Ezután sikerült az EU-ESA-AIRBUS nagy üzletben műhold alkatrész beszállítói pozíciót fogni, s ma már a negyedik Sentinel2 műholdnak tervezzük, gyártjuk és szállítjuk sok alkatrészét. Mióta Magyarország belépett az ESA-ba, további űripari lehetőségek is kínálkoznak.

A lényeg az, hogy ma már nem az adófizetők pénzéből finanszírozott űrkutatással foglalkozunk, hanem a külföldi vállalatok beszállítóivá váltunk. Tisztességes kohászemberből néhány kanyar után újra tisztességes iparossá, ezúttal űriparossá váltam. Megtehettem, mert az egyetem 70 éves koromban nyugdíjazott. Az ADMATIS-ban sok örömöm van, mert nyolc tanítványom működteti a fiam vezetésével, aki szintén miskolci anyagmérnök. Az ADMATIS azon kevés cég egyike, amely kizárólag űrtevékenységből él. De a példát ma már mások is követik. 2007-ben meg-

alapítottam a Magyar Űripari Klasztert (HUNSPACE), ennek ma már 33 tagja van. Abban bízom, hogy ennek az ipárnak fényes jövője lesz. Előbb-utóbb talán egyetemi képzés is kapcsolódik majd hozzá.

A kérdések még sorjázának, de a terjedelmi korlát miatt már csak három rövid választ kérhetek: parrainézisként mit üzensz a ma műegyetemi hallgatóinak, a végzett mérnököknek, végül a műszaki felsőoktatást formáló hatalmi döntéshozóknak?

A hallgatók használják ki egyetemi éveiket arra, hogy minél több természeti törvényt megismerjenek és megértsenek. Tanuljanak meg angolul. Ne tömjenek a fejükbe sok kommunikációs terméket. A mérnökök keressék meg azokat a munkahelyeket, ahol igazi mérnöki munkára van szükség. Legyenek fogékonyak és türelmesek, a tanulásnak egyáltalán nincs vége, de az idő nekik dolgozik.

A döntéshozóknak azt üzenem, hogy egy pillanatig se higgyék el, hogy valaki felülről megmondhatja, hogy milyen a jó tanterv. Feleslegesnek tartom a szakok uniformizálását. A BSc-oktatás során javasolható, hogy a hallgató válogathasson sok-sok tantárgy közül a maga felelősségére, és utána választhasson az MSc-szakok közül. Az egyetemek hirdessenek meg sok-sok féléves, egyéves, másfél éves esetenként fizetős kurzust, ahol külsős ipari és kutató szakemberektől lehet igazi szaktudást szerezni.

Végezetül szeretném megköszönni a sorsnak, hogy a Miskolci Egyetemen élhettem le az életem. Hogy valamennyi tanáromtól, munkatársamtól és tanítványomtól kaphattam valamit. Hogy a patinás Alma Mater felnevelhetett, magához vonzhatott és véglegesen magához köthetett.

Tisztelt Professor Úr, jó egészséget kívánok és köszönöm, köszönjük, hogy egy fél évszázadot – ebben a sűrített formában – újra együtt tölthettünk, és lapunknak, hogy ezt tisztelt olvasóink számára is közreadhattuk.

Clement Lajos

Lélekharangot avattak a Miskolci Egyetemen

Lassan két éve már, hogy diákságunk sorai között megfogalmazódott egy, az egész egyetemünkhöz és testvér-intézményeinkhez egyaránt szóló emlékmű felállításának gondolata és most, szeptember 17-én végre felavathattuk elhunyt társaink Lélekharangját a Miskolci Egyetem parkjában. A 38 kg tömegű bronzharangot *Gombos Miklós* őrbottyáni harangöntő mester készítette, a harangláb *Litwin József* iparművész alkotása (1–2. kép).

Az avatásra igen szép számú hallgatóság gyűlt össze, ami még inkább meghittette tette ünnepségünket. A rendezvény délután 3-kor vette kezdetét. Az ünnepi beszédet *dr. Nagy Lajos* OMBKE elnök tartotta, aki elmondta: „Ez a lélekharang-állítás már túlmutat a bányász, kohász, erdész hallgatókon. A kezdeményezés tőlük indult, de kitérték a megvalósítás, a részvétel kapuit egyetemünk minden hallgatója előtt. Részt vállalhatott és részt is vállalt a megvalósításban a Miskolci Egyetem jogász, bölcsész, gazdasz, egészségügyi hallgatója. Ez a közös összefogás egy nemes cél eléréseért jó alapot szolgáltat arra, hogy ezen karok hallgatói is még inkább átérezzék, még inkább magukénak érezzék történelmi hagyományainkat, és azokból minél többet megtartsanak. A kezdeményezők ezen gesztusa hozzájárul az egyetemleges selmeczi örökségünk kiszélesítéséhez, jövőbe mutató megőrzéséhez. Adjon a harang, a harang kondulása ehhez erőt, és irányítsa rá a figyelmünket hagyományaink megőrzésére, ápolására, s ennek fontosságára. ... És természetesen köszönet jár az iparban dolgozó kollégáknak, akik felismerték a kezdeményezés és a harang felállításának a fontosságát, és akár céggként, akár egyéni támogatóként anyagilag is hozzájárultak a harang megszületéséhez.”



■ 1. kép. A harang két oldala a lefelé fordított kalapács-ékkal és az egyetem címerével

Ezután *Debreczeni Dániel* PhD-hallgató osztotta meg gondolatait ünneplő társaival (3. kép). Mint elmondta, az emlékművön álló felirat: „A Ti világtok lesz a Mi világunk! itt új értelmet nyert. Magában hordozza elődeink, társaink, barátaink és sze-

retteink hangját. Emlékeztetve minket, hogy nem csak a saját életünket és közösségünket formáljuk, hanem mindazokat az értékeket is, amiket ők hagytak ránk. Bennünk él mindaz, amik ők egykor voltak, bennünk él mindaz, amit ők elvetettek. Kívánom, hogy emlékeztessen ez harang mindnyájunkat elhunyt társainkra, emlékeztessen egységünk és értékeink fontosságára, mert a mi világunk igenis az övék is!”

Ezt követően a katolikus, a református és az evangélikus felekezet lelképásztorai megáldották és felszentelték a harangot. Ezt a diákok által külön erre az alkalomra írt nóta követte. A harang megszólaltatására *dr. Dül Jenő* c. egyetemi tanár kapott felkérést. Utána *dr. Tolnay Lajos* az 1971-es kohász évfolyam nevében koszorút helyezett el a harang mellett álló „Társaink Emlékére” emlékhelyen. Ünnepségünket a magyar, a bányász és a kohász himnusz eléneklésével zártuk.

Valamennyi diáktársam nevében köszönöm közösségünk egységes támogatását. Kívánjuk, hogy mindnyájunkban idézze fel ezen harang szava elragadott barátainkat, emlékeztetve minket mindarra, amit reánk hagytak!



■ 2. kép. A harang talapzata



■ 3. kép. Debreczeni Dániel avatóbeszéde

✍ *Debreczeni Dániel*

A Miskolci Egyetem hírei 2016. augusztus–szeptember

• A 2016/17-es felvételi eljárásban a Műszaki Anyagtudományi Karra összesen 96 fő nyert felvételt, ami 23,1%-kal több a 2015-ös (78 fő), és 43,3%-kal több a 2014-es adatokhoz (67 fő) képest. Anyagmérnök alapképzésben 60 hallgató (49 fő nappali, 11 fő levelező), anyagmérnök mesterképzésben 25 hallgató (7 fő nappali, 18 fő levelező), kohómérnök mesterképzésben 11 hallgató (2 fő



■ Az ünnepeltek egy csoportja az egyetem főbejáratánál

nappali, 9 fő levelező) kezdte meg a tanulmányait. Az anyagmérnök alapszakos hallgatók közül 24 fő duális formában folytatja tanulmányait, összesen 17 partnervállalatnál:

- Járműipari öntészet specializáció 14 hallgató, 10 cég;
- Hőkezelés-képlékenyalakítás specializáció 6 hallgató, 4 cég;
- Polimer- és vegyipari technológia specializáció: 4 hallgató, 3 cég.

• A duális képzésre felvételt nyert hallgatók 2016. szeptember 7-én 11:30 kezdettel, a Miskolci Egyetem XXXV. előadójában ünnepélyes keretek között írták alá szerződésüket a számukra gyakorlati jártasságot adó duális képző vállalatokkal. Az ünnepségen *dr. Horváth Zita*, a Miskolci Egyetem duális képzésért felelős általános rektorhelyettese, *dr. Palotás Árpád Bence*, a kar dékánja, *David Toth*, a NEMAK Győr Alumíniumöntőde Kft. ügyvezető igazgatója, valamint *Szabóné Bánfalvi Marianna*, a BorsodChem Zrt. HR-vezetője mondott köszöntő beszédet.

Az aláírási ünnepséggel egybeköt-

ve a duális képzés, valamint a vállalatokkal történő együttműködés kiemelt fontosságát hangsúlyozva a program délutáni részében mind öntészeti, mind hőkezelési, képlékenyalakítási, polimer- és vegyipari technológiai területen „Duális egyeztető fórumokra” került sor, ahol a vállalatok és az egyetemi vezetők közösen határozták meg a jövőbeni célokat, értékelték a kari beiskolázási tevékenységet, valamint döntöttek a még erősebb, együttes hallgatótoborzásról a megfelelő szakember-utánpótlás biztosítása érdekében.

• A Műszaki Földtudományi Kar és a Műszaki Anyagtudományi Kar jogelődjén Sopronban, illetve a Miskolcon végzettek számára 2016. augusztus 26-án tartott díszoklevélátadó ünnepségen rubin, vas, gyémánt és arany oklevelet adományoztak (I. kép).

A MAK az adott évben végzettek névsorát a népszerűségi nyilvántartóban ellenőrizte, és az érdekelteket levélben vagy e-mail-ben megkereste. A választól függetlenül mindegyikük

részére elkészítették az oklevelet, és az alábbiaknak már át is adták:

Rubin oklevélben részesült (1946-ban végzett kohómérnök):

Dr. Rempert Zoltán

Vas oklevélben részesült (1951-ben végzett kohómérnök):

Komár László

Gyémánt oklevélben részesült (1956-ban végzett kohómérnökök):

Beke József, dr. Bódi Dezső, Bojtár Judit, Bross

Sándor, Fogta Béla, Hortörsi László, Kocsis István, Lovász Tivadar, Matura Ferenc, Molnár Mihály, Pataki Zoltán, Sike Bertalan, Szabó András, Szabó László, Tóth Klára (Beke Józsefné)

Arany oklevélben részesült (1966-ban végzett kohómérnökök):

Dr. Bakó Károly, Balczár Zoltán, Barna László, Bokros S. Tamás, Brosch Zoltán, Cseh Ferenc, Drótos László, Dutkó Lajosné (Fekete Katalin), Dzsaja Lajos, Fekete Istvánné, Földi Mária (Józsa Imréné), Fülöp Antal, Gudász Lajos, Halbritter Antal, Hárs Kálmán, Horkay Judith (dr. Varga Andrásné), Józsa Imre, Kubányi György, Lövei Klára (Geiger Józsefné), Molnár Miklós, Olajos Károly, Román István, Romhányi László, Sasgáti János, Schusztér József, Stokker Kálmán, Svéd Marianna (Divinyi Józsefné), Szala Katalin (dr. Rejtő Ferencné), Széll Mária (Fülöp Kálmánné), Szíj Zoltán, Takácsy Anna, Tóth Ferenc, Tóth Gabriella (Vitézy Andrásné), Ujfalusi Elek, Zámbó István.

Harcsik Béla

Helyreigazítás

A BKL Bányászat és a BKL Kohászat 2016/4. közös számába három sajnálatos hiba került:

• A 8. oldalon, a taglétszám alakulása fejezetben helyesen: Legidősebb tagunk, **dr. Patay Pál** régész, muzeológus, harangkutató, az Öntészeti Szakosztály tagja...



Dr. Varga László
okl. kohómérnök

• A 17. oldalon **dr. Varga László okl. kohómérnök** képe helyett Varga László okl. bányamérnök képe szerepel.

• A 40. oldalon a diplomaosztó ünnepségről szóló fejezetben helyesen: **PhD-oklevelet vehetett át:**

– **Gyöngyösi Szilvia (MAK)**

– **Mikó Tamás (MAK)**

– **Szabó Gábor (MAK)**

A hibákért az érintettek és tagtársaink szíves elnézését kéri a szerkesztőség.

PAKSA RUDOLF

Az 1956-os forradalmi események az Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohóban

1956-ra a magyar társadalom megelégtelte a Rákosi-rendszer hazug, kép-mutató mivoltát. A mindennapok valósága szöges ellentétben állt a kommunista párt propagandájával. Folyamatos volt a magyarság megaláztatása, az idegen hatalom teljes kiszolgálása. Az egyházakat üldözték, napirenden voltak a kuláklisztázások, a padláslesöpések. A parasztság teljes ellehetetlenítése és szétverése folyt. Az országban osztályidegenként kezeltek sok embert, mindennaposak voltak az internálások és a letartóztatások. Feszült és bizalmatlan légkör uralkodott az egész országban. Tetézték ezt a gazdasági ellátás nehézségei és a sok törvénytelenység. Ezt elégelte meg a magyar nép!

1956. október 23-án, délután Budapesten az egyetemisták tüntetést kezdtek a Petőfi-szobornál. Innen a tömeg a Bem térre, majd az Országház elé vonult. A vidéki emberek feszülten hallgatták a rádió híreit. Az ajkai timföldgyár és alumíniumkohóban az esti órákban a dolgozók már izgatottan tárgyalták a pesti eseményeket. A rádió azt közölte, hogy ellenforradalmi bandák és „csőcselékek” megtámadták a középületeket, a karhatalmi alakulatokat és lövik a rádiót. Ezért statáriumot hirdetett ki a kormány. Ez a pesti tüntetés azonban a következő napokban átragadt vidékre is.

Másnap, október 24-én este mozgolódás kezdődött Ajkán is a vasútállomásnál. Néhányan a Kossuth-nótát kezdték énekelni, majd a kíváncsiskodókkal szaporodó csoport – jelzavakat hangoztatva – az erőmű elé és a timföldgyárhoz vonult. Ekkor még a

kohászok megakadályozták a tüntetők bejvetelét az üzem területére. A tüntetők ezután a timföld Kaszinó elé, majd a helyi Kossuth-szoborhoz vonultak, hogy kifejezzék elégedetlenségüket.

Október 25-én az üzem dolgozói még elítélték a főváros rendjét, az ország nyugalmit megzavaró csoportok ténykedését.

A Kossuth-rádióban egész nap a budapesti eseményekkel foglalkoztak. A rádióban azonban mást sem lehetett hallani, mint a kommunista párthoz, a néphez és a munkássághoz hű nyilatkozatokat.

A bemondó beszéde alatt azonban a rádióból kihallatszott a fegyverropogás hangja, miközben éppen arról beszélt, hogy az ellenforradalmi bandák hol tették le a fegyvert a fővárosban. A nép bizonytalan volt, csak azt tudta, hogy a Kossuth-rádió hazudik. Ezért az emberek inkább a „Szabad Európa Rádió”, az „Amerika hangja” és a „Szabad Győr Rádió” híreit hallgatták. Ez utóbbit Ajkán is jól lehetett fogni és ez már beszámolt a vidéki megmozdulásokról és a fővárosi harcokról is.

Ezen a napon Ajkacsingervölgyből

tüntető bányászok indultak Ajkára, ahol a pártbizottság elé érve, még a pártot éltették, de már leszedték a „MEZŐKER” cégtábláját a rajta lévő vörös csillag miatt. Ezen a tüntetésen több gyári dolgozó is részt vett.

Október 26-án, csatlakozva az „országhoz” két napra leállt a munka az ajkai szénmedence bányáiban. Ez kihatott a timföldgyár és a kohó termelésére is.

Délelőtt 10 óra körül a timföldgyár nagykémenyéről *Polyánki Sándor* és *Erdélyi József* kőművesek, az alumíniumkohó tetejéről pedig *Kovács János* és *Szabó János* lakatosok leverték a vörös csillagot. Az eseményre összeverődött dolgozók között ott volt *Vajda István* párttitkár és helyettese, *Vajda József* is. Ők némán nézték az eseményeket. Pedig a dolgozók éppen a pártszervezettől várták volna a felvilágosítást. Ám ők hallgattak.

Ezen a napon nemzeti színű zászlókkal fellobogózott teherautókkal járták az üzem dolgozói a környező falvakat (Ajkarendek, Bakonygyepes, Magyarpolány, Csékút) a forradalom éltetésére és a kommunisták elszámoltatására.

Október 26-án este, újabb tüntetés kezdődött Ajkán. Az utcán felvonuló és egyre növekvő tömeg – köztük sok gyári dolgozóval – rendezett sorokba verődve indult el a központi nagygyűlésre. Útközben a Kossuth-nótát, a Klapka-indulót és a Marseillaise-t énekeltek. De már felhangzott a „Mars ki ruszki, mars ki ruszki!” rigmus is. A tüntetők a gyár elé vonultak, majd onnan a bauxit lakótelepen át a Kaszinóhoz és a Hősök tereire mentek. Mindegyik helyen rögtönzött nagygyűlést tartot-



■ 1. kép. Tüntetésre induló dolgozók

tak, ahol felolvasták és üdvözölték a Veszprémi Vegyipari Egyetem MEFESZ szervezetének felhívását és követeléseiket. Ezekkel a tüntetők egyetértettek és szolidaritást vállaltak velük.

A forradalmi események válsághelyzetet teremtettek a gyár életében is. Október 27-én a gyár termelését energia- és nyersanyaghiány miatt leállították, az alumíniumkohóban beagytak a kádak.

Október 28-án a timföldgyár és alumíniumkohóban 47 fős ideiglenes munkástanács alakult az üzemszervek delegáltjaiból, amely felhívást tett közzé.

A felhívásban ismertették a munkástanács tagjainak névsorát, a megválasztott vezetőséget, egyben tudatták, hogy 30 tagú gyárőrséget fognak létrehozni a gyár vagyonának megőrzésére. Egyben a munkástanács megbízta dr. Marschek Zoltán főmérnököt a gyár műszaki ügyeinek intézésével és felkérték a dolgozókat a rend és fegyelem betartására.

A munkástanács megválasztása után a gyárban egymást követték a munkásgyűlések, ahol különböző követeléseket fogalmaztak meg. Követelték a kommunisták és a „rákosista vezetők” eltávolítását az üzemből.

Október 29-én, Ajkán 31 fővel megalakult a fegyveres nemzetőrség, amelynek több üzemi tagja is volt.

Október 31-én a timföldgyárban az október 28-án alakult munkástanács megalakította az üzemi Forradalmi Bizottságot. Elnök: *Fritz István*. Elnökhelyettes: *Szentiványi Gyula* kohófőmérnök. Tagok: *Pétervári Károly*, *Bencsik Pál*, *Békefi Gyula*, *Kovács Sándor* és *Hetényi József*.

A Forradalmi Bizottság a gyárvezetőségen és a Munkástanács tagjain keresztül felhívással fordult a gyár dolgozóihoz, melyben kérték a munkahelyek rendjének, valamint a gépek, berendezések műszaki állapotának megőrzését. Ezen a napon este újabb nagygyűlést tartottak Ajkán a Hősöktérén, a Kossuth-szobornál. Ezen is nagyon sok üzemi dolgozó vett részt.

November első napja a gyárban termelés nélkül, viszonylag nyugalomban telt el.

November 2-án (halottak napján) a forradalmi tanács követelte a kommunista vezetők leváltását, egyben fel-

szólította *Naszódi Ferenc* gyárigazgatót, hogy 24 órán belül hagyja el Ajkát. Naszódi a fenyegetéstől megrettenve feleségével együtt sietve Budapestre távozott.

Ezen a napon a késő délutáni órákban újabb tüntetés kezdődött az ajkai Hősöktérénél. Este 10 óra után az üzemi forradalmi tanács néhány tagja és a forradalmárok egy kisebb csoportja bezörgött több gyári kommunista vezető ablakán és megfenyegették őket.

November 3-án több gépkocsivezető is jelentkezett a forradalmi tanácsnál, hogy segít élelmiszert szállítani a fővárosban harcolók részére.

November 4-én azonban más irányba fordultak az események. A kora reggeli órákban a szovjet fegyveres erők inváziót indítottak hazánk ellen a forradalom leverésére.

Ezen a napon délelőtt, sztrájkra buzdító nagygyűlést tartottak Ajkán is a Kossuth-szobornál, és elítélték a szovjet fegyveres beavatkozást.

November 6-án Ajkán is lefegyverték a nemzetőrséget.

November 14-én gépkocsikaravánok szállították az élelmiszert Budapest lakosságának. Ajka és környéke 60 teherautónyi élelmiszert küldött a harcolóknak. A szállításhoz a timföldgyár is több gépkocsit bocsátott rendelkezésre.

November 15-én újabb sztrájkra került sor az ajkai üzemekben. Ekkor azok sem kezdték meg a munkát, akik eddig dolgoztak. A timföldgyári munkástanács háromtagú küldöttsége indult a kormányhoz a dolgozók követeléseivel. A Kádár-kormány nem fogadta őket, így eredmény nélkül tértek haza.

1956. november 21-én dr. Marschek Zoltán főmérnök az alábbi helyzetjelentést küldte a gyárból a Vegyipari Minisztérium Szinesfémipari Igazgatóságának: „A timföldgyárban fenntartási munkák folynak. Termelőmunka sem a timföldgyárban, sem a kohóban nincs. Az üzemszervekben csak az őrszolgálatot és az ügyeleti szolgálatot ellátó dolgozók vannak bent. Ajkán október 23-a óta sem harcok, sem egyéb atrocitások nem történtek. A szovjet egységek tegnap délelőtt Ajka térségéből eltávoztak. A rendet magyar osztagok (katonák és rendőrök) tartják fenn.”

1956. december 3-án új, 34 tagú

munkástanácsot választottak az üzemben. Ebben már újra „beválasztottak” kommunistákat is. A munkástanács még működött egy jó ideig, de aztán szép lassan „elsorvadt”.

1956. december 11-12-i országos sztrájkfelhíváshoz az üzem dolgozói nem csatlakoztak, mert már nem látták értelmét.

Amilyen gyorsan véget értek a forradalmi események, olyan gyorsan érkezett el a megtorlás. 1956. december elején a devecseri járási Rendőrkapitányság bekérte a munkástanács névsorát, hogy a tagok „priaszárról” tájékozódjon.

1957 elején az üzemi munkástanács és a forradalmi tanács egyes vezetői, valamint a nemzetőrség tagjai ellen hajszát indítottak. Az üzemi forradalmi tanács egyik legaktívabb tagját, *Négyesi Pétert* 1957. március 14-én letartóztatták és Tökölre internálták. Többek között az volt a vád ellene, hogy „aktív” tevékenységet fejtett ki az „ellenforradalom” idején, szervezte a tüntetéseket, összeállította és követelte azoknak a kommunistáknak a névsorát, akiket el kellett távolítani az ajkai alumíniumkohótól. Négyesit több hónapos internálás után 1957. végén engedték szabadon, de rendőri felügyelet alá helyezték. Ezután még sokáig megfigyelték. Utolsó aktája 1961-ből származott.

Több ajkai forradalmi résztvevő is – félve a megtorlástól – disszidált.

A kohó termelése, illetve az egyenirányítók üzeme 1956. október 27-től 1957. február 4-ig teljesen szünetelt, az üzem háromhavi leállás után kezdett csak újra termelni.

Az élet ezután csak lassan tért vissza a normális kerékvágásba. Akik mégis kritikus szemmel nézték az eseményeket, azok visszahúzódtak és mély letargiába süllyedtek.

Irodalom

- [1] *Tilhof Endre*: Ajkai krónika. Ajka, 2009
- [2] *Nagy Alajos*: Ajka 1956. Kőszeg, 2004.
- [3] *Tatai Imre*: A lefolyt idők eseményei. Így történtek. Ajka. Lantpengetők, 2012.
- [4] *Móritz István – Pinkavölgyi Attila*: Regél a múlt... Kézirat, 1968.

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztálya és Egyetemi Osztálya 2016. október 14-én rendezi meg a XVII. Fémkohász Szakmai Napot

a Székesfehérvár Arconic Kőfém Kft. Kőfém Oktatási és Közművelődési Központjában (Székesfehérvár, Verseci u. 1–15.)

Program:

14.00 Megnyitó
14.05 Fülöp Krisztián: A magyar alumínium története
14.30 Hajnal János: Új iparág születése – hulladékból értéket
14.55 Dr. Kóródi István – Szűcs Marianna – Ehrenberger András: Kohófémről a hulladékfeldolgozásig
15.20 Penk Márton: Öntészeti alumínium ötvözetgyártás hulladékból
16.15 Dr. Kékesi Tamás: A Miskolci Egyetem és az Alcoa Kőfém Kft. együttműködése az elmúlt évtizedekben

16.40 Dr. Fehér Jánosné: Hengerelt alumínium termékek járműipari felhasználása
17.05 Dr. Hatala Pál: A járműgyártás hatása a fémöntészetre
17.30 Hozzászólások, vita, zárszó
18.00 Büfévacsora, pohárköszöntő
19.00–21.00 Szakestély a 75 éves Székesfehérvári Könnyűfémű tiszteletére (Ünnepi megemlékezés)

A rendezvény fő szponzora az **ARCONIC KŐFÉM Kft.**
A BKL Kohászat a következő számában beszámol a rendezvényről

XXIII. szigetközi szakmai napok, 2016

Az OMBKE Öntészeti Szakosztályának Ferencz István Észak-Dunántúli Kohászati Regionális Szervezete az idei év augusztus első hétvégéjén immár 23. alkalommal rendezte meg szokásos szakmai összeövetelést és baráti találkozóját, ezúttal negyedszer a dunakiliti Diamant Hotelben. Több mint 90 fő (köztük az egyesület más szakosztályának tagjai is) vett részt az eseményen, s a szervezők a hagyományoknak megfelelően igyekeztek megtartani az elmúlt években elért magas színvonalat.

A program péntek délelőtt az Engel Hungária Alumíniumöntő Kft. üzemlátogatásával kezdődött Lébényben. Baráti hangulatban ismerkedtek az érdeklődők a cég tevékenységével, az alkalmazott kokillaöntési technológiákkal és a főbb gyártmányokkal. Ezután a társaság egy része Mosonmagyaróvárra, a Polgármesteri Hivatalba érkezett, ahol a korábbi évek szokása szerint köszöntötték a konferencia résztvevőit.

Kora délután kezdődtek a szakmai előadások. Az előadások sorozata ez alkalommal rendhagyó módon kezdődött, mert a helyi szervezet nem sokkal korábban elhunyt elnökének, az utóbbi évek találkozási lelkes szervezőjének, *Pivarsci Lászlónak*, alias *Pivonak* állított emléket. *Katkó Károly* egyesületi alelnök és

Fegyverneki György szakosztálytitkár beszélt róla, majd levetítették „Az Elnök – szemelvények egy igaz kohász életéből” címmel készült videofelvételt is.

Ezután a szakmához kapcsolódó érdekes előadások hangzottak el, nevezetesen:

Dr. Varga László (Miskolci Egyetem): Az öntészeti felsőoktatás elmúlt egy éve

Kovács Zoltán (Nemak Győr Kft.): Technológiai fejlesztés a teljesítménynövelés szolgálatában

Domonkos Balázs (Miskolci Egyetem): Diákélet a Miskolci Egyetemen, vagyis a való világ Enesén (1. kép).

Az esti vacsorát követően az elődöknek tiszteletet adva, a selmeci hagyományoknak megfelelően szakestélyre került sor a Sári Csárda pincéjében

Szombaton délelőtt az érdeklődőknek lehetősége volt a mosonmagyaróvári FUTURA Interaktív Természettudományi Élményközponttal való ismerkedésre. A helyi szervezet néhány tagja pedig – most már mondhatni szokásához híven – tiszteletét tette *Ferencz István* okl. kohómérnök (1923–2003) sírjánál, adózva a kohászatért végzett munkája, s a szigetközi egyesületi élet megteremtéséért végzett szakmai-társadalmi tevékenysége emlékének (2. kép).

A rendezvény a programokról visszatérők számára ebéddel zárult. Néhányan kihasználva a hotel és a gyönyörű környezet adottságait, a hétvége hátralévő részét is a helyszínen töltötték pihenéssel.

Farkas György
titkár



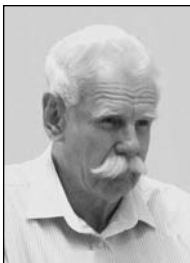
■ 1. kép. Domonkos Balázs szakmai tapasztalatokról is beszámolt



■ 2. kép. Az OMBKE tagjai Ferencz István sírjánál a mosonmagyaróvári temetőben

70. születésnapját ünnepelte

Dr. Sándor József Erdőhorvátiban született 1946. augusztus 2-án. A középiskolát Sárospatakon végezte, majd egy év katonai szolgálat után a Vasipari Kutató Intézetben helyezkedett el kazánfűtő és udvari munkás munkakörben. Munkavégzés mellett a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen 1973-ban kohómérnöki oklevelet szerzett, majd ugyanitt 1988-ban műszaki egyetemi doktorrá avatták.



A VASKUT-ban 1989-ig dolgozott, ahol az egyetemi tanulmányaitól kezdődően alumínium-öntvények tulajdonságainak kutatásával, fejlesztésével és félüzemi gyártásával foglalkozott. Kezdetben betanított munkás, majd műszaki ügyintéző, a diploma megszerzését követően tudományos segédmunkatárs, majd tudományos munkatárs, csoportvezető, végezetül a fémöntészeti osztály vezetője lett.

A kutatási-fejlesztési témák kidolgozása során megismerte az ország szinte összes alumíniumöntődéjét. Az ott szerzett tapasztalatok nagy segítségére voltak abban, hogy 1989-ben többmagával, FÉMALK Bt. néven nyomásos alumíniumöntvények gyártására szakosodott vállalkozást indítson.

A FÉMALK alapítása óta eltelt 27 év alatt az időközben családi tulajdonba került vállalkozás folyamatosan és dinamikus fejlődött, tevékenységi körén belül az ország egyik meghatározó vállalkozásává lett. A Csepelen mintegy 15 000 m² kutató-fejlesztő és gyártó bázissal rendelkező cég kizárólag autóiipari öntvényeket gyárt, döntő többségüket exportra. Jelentős számú, jó képességű fejlesztő gardájának és korszerűen felszerelt szerszámgyártó üzemének köszönhetően már háromöt évvel egy-egy autótípus piacra kerülését megelőzően képes bekapcsolódni az új alkatrészek fejlesztésébe, aminek köszönhetően ezeknek a termékeknek a szériagyártását is megkapja. Az elmúlt tíz évben gyártott mintegy 45–50 millió, a VW-családhoz tar-

tozó autó már FÉMALK által öntött/szerelt csillapítócsapággal fut.

A 2008-ban kezdődő gazdasági válság a vállalkozást is kedvezőtlenül érintette. A recessziós időszak viszont arra jó volt, hogy számos új személyautó öntéssel előállítható alkatrészének fejlesztési munkálatait sikerült befejezni, melyek egy részének szériagyártása 2011–2012-ben már meg is kezdődött. 2015-ben az értékesített alkatrészek mennyisége négyszerese lett a recessziót megelőzőnek, a bevétel pedig meghaladta a 27 milliárd forintot. A foglalkoztatottak száma 800 főre emelkedett.

A FÉMALK Zrt. a piac igényeihez igazodva kapacitását saját erőből tovább bővítette, ehhez a Dunavarsányi Ipari Parkban 60 000 m²-es ingatlant vásárolt. Az első felépített gyártócsarnokot a szociális épülettel együtt 2014-ben adták át. A termelésbővítés jelentős, mintegy 150 fős létszámbővítést tett lehetővé. A korszerű gyártási körülményeknek is köszönhető, hogy a BMW-től közel százféle alkatrész gyártására kaptak megbízást, s ezek felének fejlesztését is a cégre bízták. Néhány év múlva vélhetően minden BMW-be legalább egy FÉMALK-alkatrész lesz beszerelve.

A szakmában eltöltött fél évszázad alatt számos társadalmi funkciót töltött be, önzetlenül segítette és támogatta az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületet, szülőfaluját és iskolavárosát.

Több cikluson keresztül az Öntészeti Szakosztály titkára, később elnöke volt. Egyesületi munkájáért Kerpely Antal- és z. Zorkóczy Samu-emlékérem kitüntetésben részesült. Birtokosa az OMBKE emlékéremnek, a Centenáriumi emléklakettnek és az OMBKE Öntészeti Szakosztályért éremnek. Negyven éves egyesületi tagságáért Sólyt Vilmos-emlékérmeket kapott. 2005-től egyesületünk tiszteleti tagja.

A Magyar Öntészeti Szövetségnek több cikluson keresztül volt elnöke. A szövetség az öntészeti iparban kifejtett munkáját Életmű-díjjal ismerte el.

Az ipari miniszter kiemelkedően eredményes szakmai tevékenysége elismeréséül Magyar gazdaságért díjat, az OMBKE javaslatára Szent Bor-

bála-érem kitüntetést adományozott számára. 2012-ben az Év üzletemberének választották.

A Miskolci Egyetem oktatásához és tudományos kutatásaihoz nyújtott kiemelkedő tevékenységéért az oktatási és kulturális miniszter Kármán Tódor-díjjal tüntette ki.

A Magyar Nemzeti Múzeum önzetlen fáradozásáért, amellyel elősegítette nemzetünk kulturális örökségének megőrzését, Széchenyi Ferenc-emlékérmeket adományozott számára.

Az önkormányzat, az iskola, a református egyház és a tömegsport működtetéséhez nyújtott adományok elismeréseként szülőfaluja, Erdőhorvát díszpolgárrá választotta, iskolavárosa, Sárospatak pedig 2014-ben Pro Urbe elismerésben részesítette.

Dr. Éva András okl. gépészmérnök 1946. augusztus 1-én Budapesten született. 1964-ben a Bánki Donát Gépipari Technikumban szerzett technikus oklevelet. Ezt követően a Budapesti Műszaki Egyetemen tanult és 1969-ben a Gépészmérnöki Kar Gépgyártástechnológia szakán kapott diplomát.

1969–1971 között az Alumínium-áru-gyárban technológus mérnökként termékgyártási eljárások kidolgozását végezte. 1971-től 1996-ig a Fémipari Kutató Intézetben (majd a jogutód ALUTERV-FKI Kft.-ben) járta végig a kutatói pályát tudományos munkatársként, főmunkatársként majd laborvezetőként a félgyártmánygyártás és az anyagvizsgálat területén.

1983-tól már alkalmazástechnikai főmérnök, majd később információs menedzser az alumíniumipari fejlesztések döntés-előkészítési vonalán. Angolból és oroszról rendelkezik állami nyelvizsgával. 1978-ban egyetemi doktori címet kapott a BME-n. Az Intézet megszűnését követően 1996–2006 között (nyugdíjba vonulásig) a VIVIDUS Kft. társtulajdonosaként információs adatbázisok építésében, tanulmányok írásában és szakértői munkákban vett részt. 1986–1994 kö-



zött az UNIDO szakértőként alkalmazta regionális alumíniumipari projektek (India, Indonézia, Dél-Amerika, Jamaica) kidolgozásában. 1973-tól mind a mai napig a BME Gépészmérnöki Karán, az Anyagtudomány és Technológia Tanszéken meghívott oktatóként, majd címzetes egyetemi adjunktusként vesz részt a jövő mérnökeinek oktatásában. Szerzőként, társszerzőként 36 szakcikk, tudományos közlemény megjelentése és két szakkönyv megírásában való közreműködés fűződik nevéhez.

Számos elismerés, kitüntetés birtokosa: Kiváló Dolgozó (1977, 1982), Intézeti Nívódíj (1981, 1987), Műszaki Alkotói Díj (1989), Kerpely Antal-érem (OMBKE 2013).

Az Egyesületnek 1976 óta tagja. A Fémkohászati Szakosztály budapesti csoportja vezetőségében aktív tevékenységet folytat. Más szakmai szervezetekben is számíthatnak rá, az ICSOBA magyar tagozatában 1995-ig a szervező titkári funkciót látta el.

Szombatfalvy Rudolf 1946. szeptember 14-én Székesfehérvárott született. A Veszprémi Vegyipari Technikum színesfémipari tagozatán érettségizett, majd 1971-ben a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki karán szerzett technológus szakon oklevelet.

1971. augusztus 1-én kezdett dolgozni a Székesfehérvári Nehézfémöntődében, ahol technológusi, termelés programozói, művezetői, osztályvezetői, főmérnöki, gyáregység-vezetői beosztásban tevékenykedett. Az öntödét 1973-ban a Csepel Vas-és Fémművekhez csatolták, majd a Csepel Fémmű gyáregységévé szervezték át. Tevékeny közreműködésével 1984–85-ben a vállalat önállósodott, amelynek vezetőjévé nevezték ki.

Munkája során több kiemelt programban vett részt (atomerőműi kazettatároló, Ritz bányavíz-szivattyú fejlesztése, másodnyersanyag-feldolgozás bevezetése stb). Ezen tevékenységek alapján két alkalommal kapott alkotói nívódíjat.

1991-ben szervezeti és gazdasági változások következtében elhagyta az



öntödét és öntészeti segédanyagok kereskedelmével és mérnöki szolgáltatásokkal foglalkozó magánvállalkozást alapított, melyet a mai napig is működtet Alba Metall 1991 Kft. néven.

1972-ben részese volt az OMBKE Nehézfémöntőde helyi szervezet megalapításának, amelyben 1991-ig több tisztséget is betöltött.

Az Öntészeti szakosztály munkájában alelnökként három, elnökként két cikluson keresztül fejtett ki tevékenységet. A szakosztály vezetőségének jelenleg is tagja. 1997-től az egyesület Környezetvédelmi és Hulladékgazdálkodási Munkabizottságában dolgozott, majd 2010-től az Ellenőrző Bizottság vezetőjeként vesz részt az egyesületi munkában.

Pályafutása alatt kiemelt figyelmet fordított városa és szakmája művészei és öntészeti emlékeinek megmentésére. Többek között az Öreg-hegyen felállított, *Kalló Viktor* és *Skoda Lajos* által alkotott millenniumi emlékmű létrehozásában, az Oetl Antal-féle öntöttvas zenepavilon restaurálásában, *Pásztor János* Balatoni sellők c. szobrának felújításában vett részt. A selmeci Honvéd-szobor restaurálásában, valamint az Öntődei Múzeum kertjében felállított panteon szobrainak öntetésében is tevékeny szerepet vállalt. A szakosztály nagyrendezvényeinek, a fémöntészeti konferenciáknak és a szakmúzeum harangtörténeti anktájainak rendszeres támogatója volt.

Kimagasló egyesületi tevékenységéért 1985-ben z. Zorkóczy Samu- és 1998-ban Debreczeni Márton-érem, 40 éves egyesületi tagságáért Sóltz Vilmos-érem kitüntetésben részesült. Birtokosa az OMBKE-éremnek (2006), a Centenárium-éremnek (1992) és az OMBKE Öntészeti Szakosztályért éremnek. Kimagasló szakmai tevékenységéért az ipari miniszter 2009-ben Szent Borbála-érem kitüntetést adományozott részére.

Több mint 20 éven keresztül vett részt a Magyar Öntészeti Szövetség elnökségének munkájában. 2014-ben megkapta a szövetség Életmű díját. 2016-ban az OMBKE tiszteleti tagjává választották.

Tóth László 1946. október 5-én született. 1970-ben kezdett a törökszentmiklósi öntődében dolgozni. Munka

mellett 1974-ben Dunaújvárosban metallurgus üzemmérnöki oklevelet szerzett. Tevékenyen részt vett a gömbgrafitos öntöttvas gyártásának bevezetésében, amit ne-



hezített, hogy forrószeles kupolókemencében történt az olvasztás. Később 1982–85-ben az öntődei rekonstrukció (gépesítés) során javultak a feltételek, mert hálózati frekvenciás, indukciós kemencével duplex olvasztásra és hőkezelésre is lehetőség nyílt. 2000-től a kupolókemencék leállításával, kizárólag indukciós olvasztással igényesebb gömbgrafitos öntvények gyártása is lehetővé vált. Az igazi megoldást a 2014-ben üzembe helyezett korszerű, gazdaságos középfrekvenciás indukciós kemencepár jelentette.

Természetesen az elmúlt évek során az öntőde tulajdonosa többször változott. A munkahelyi ranglétra szinte minden fokát végigjárva 2015-ben ment nyugdíjba.

Tar Gyula József 1946. október 17-én született a B.A.Z. megyei kis faluban, Encsen négygyermekes család második gyermekeként. Általános iskoláit befejezve 1961-ben felvételt nyert a diósgyőri Ganz Ábrahám Kohó- és Öntőipari Technikumba, ahol 1965-ben kohásztechnikusi oklevelet, majd Dunaújvárosban 1968-ban felsőfokú kohász metallurgus szaktechnikus képesítést szerzett. 1974-ben két különböző állami vizsgával kohász metallurgus üzemmérnöki oklevelet vehetett át.



A Dunai Vasműben a tüzeléstechnikai osztályon kezdett dolgozni, majd katonai szolgálatának letöltése után 1970-ben a Siemens–Martin Acélmű öntőcsarnokában öntő III. segédként vállalt munkát. Elkötelezte magát az acélöntés mellett, előbb csoportvezetői, majd műszakos művezetői beosztások után 1978-ban az öntőcsarnok üzemvezetője lett. Az SM-acélgyártás kiszolgálása, öntőszerelvények készítése a hagyományos tuskóöntés le-

folytatása, majd 1973-tól az üzembe lépett folyamatos acélöntőmű (FAM) acéladagokkal való kiszolgálása volt a fő feladata.

1981-ben termelésbe lépett az LD-konverter acélmű, a többlet acél leöntéséhez fejleszteni kellett a FAM-okat és átszervezni az acélművet. Ezen átszervezésen került 1982-ben a FAM üzemvezetői beosztásába, melyet

2006-ig nyugdíjazásáig töltött be. Az elkövetkező 24 év volt munkássága legtermékenyebb része. Az öntőgépeken három nagy fejlesztést valósítottak meg: 1983-, 1991–1992-, és 2001-ben. A fejlesztésekkel gyakorlatilag megvalósult a számítógéppel támogatott és vezérelt öntési folyamat. Az új technológiai megoldások az öntőgépek üzemelését stabilá és biztonsá-

gossá tették, az öntés pedig teljes folyamatában ellenőrzötté és elemezhetővé vált, az ISO minőségi előírásoknak megfelelően.

Munkájának elismeréseként több Kiváló Dolgozó, Kiváló Újtói kitüntetés és Dunaferri Alkotói Nívódíjat vehetett át. 42 év 280 nap acélműi munkaviszony után 2006. november 22-én megelégedéssel ment nyugdíjba.

■ NEKROLÓGOK

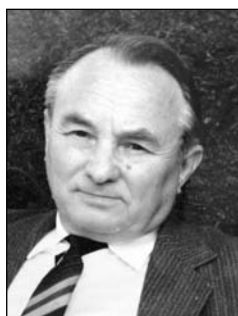
Dr. Bakó Károly aranyokleveles kohómérnök, a műszaki tudomány kandidátusa, a Miskolci Egyetem habilitált egyetemi magántanára, az OMBKE volt ügyvezető főtitkára, tiszteleti tagja életének 75. évében, 2016. október 2-án elhunyt.

Temetése 2016. október 25-én, 13.30 órakor a székesfehérvári Csutora temetőben (8000 Székesfehérvár, Berényi út 32.) lesz.

Nekrológját következő számunkban közöljük.

Sütő Zoltán

1934–2016



A Felnémeten született fiú az Egerben befejezett általános iskola után – a kor igénye szerint – a miskolci ipari gimnázium kohóipari tagozatára iratkozott be. A később kohászati technikummá fejlesztett intézetben 1953-ban sikeres technikusvizsgát tett, és mint akkor sokan, az épülő Sztálinvárosban, a vasműben helyezkedett el.

A kohóüzemben kezdett dolgozni, 40 éven át a vasmű volt a munkahelye, és a nyersvasgyártás volt a szakterülete. A kohóknál főgázkezelő, üzemvezető helyettes és metallurgus beosztásokban dolgozott.

Folyamatosan képezte magát, üzem-mérnöki diplomát, valamint üzemszervezői és értékelemzői oklevelet szerzett, ennek megfelelő feladatokat látott el, s mindig a szakszerűsége és a precizitásra törekedett.

Neve egybeforrta a kohászok szakmai szervezetével, az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesülettel, amelynek több mint hatvan évig volt a tagja. Jelen volt a helyi szervezet megalakulásánál, ahol 33 évig szervező titkári teendőket látott el. Számos rendezvény, klubdélután, szakmai kirándulás és országos konferencia szervezésében vállalt fontos szerepet. Egyik fő szervezője volt a Somogyfajsi Kohászati Emlékhely létrehozásának, és üzemeltetésének. Tevékenykedett a dunaújvárosi METESZ elnökségében is. Nagy hozzá-

értéssel, szívvel-lélekkel végezte a sok embert érintő szervező munkákat.

Munkáját a gyárban, és az egyesületben kitüntetésekkel is elismerték. Többek között Kiváló Dolgozó címet, s a Minisztertanácstól Kiváló Munkáért jelvényt is kapott. Nagy becsben tartotta azt az emlékérmét, amelyet 1990-ben dr. Szabó Ferenc vezérigazgatótól vehetett át, s amelyen ez áll: „Köszönöm Önnek a Dunai Vasmű alapítása óta végzett odaadó munkáját.”

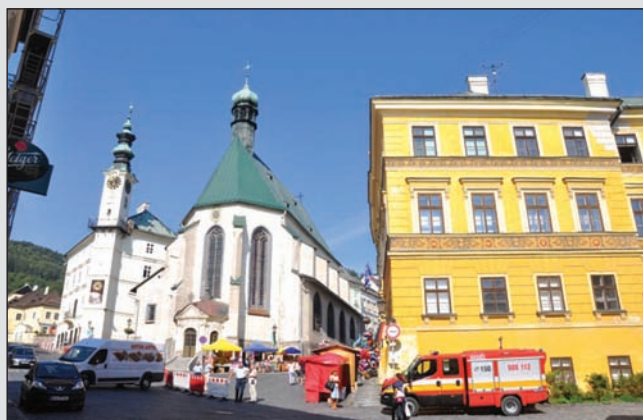
Az OMBKE a kiemelkedő egyesületi munkájáért 1995-ben z. Zorkóczy Samu, 2004-ben Szentkirályi Zsigmond-emlékérmét adományozott neki.

Szókimondó, egyenes jellemű, megbízható, a részletekre is odafigyelő egyéniség volt. Amit megígért, betartotta Jóindulatával és segítőkész magatartásával közel tudott kerülni kollégáihoz. Családjáról is példásan gondoskodott. Tartalmas, teljes értékű életet élt. Az utolsó évben sajnos gyakran betegeskedett.

Július 2-án Nagyvenyimen a végső tiszteletadásra az OMBKE Vaskohászati Szakosztálya és Dunaújvárosi Helyi Szervezetének tagjai is elhozták az emlékezés virágait. Elhangzott a kohász himnusz. Ravatalánál díszsorfalat álltunk. Néma főhajrással vettünk búcsút a gyáralapítók nemzedékének tisztelt tagjától és mondtunk Neki utolsó „Jó szerencsét”.

Takács István

Selmecbánya 2016. szeptember 9–10.



Selmecbánya 2016. szeptember 9–10.

