

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

# Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Jövőnk anyagai, technológiái

Egyesületi hírmondó

142. évfolyam

2009/3. szám



Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

## TARTALOM

### 1 Gácsi Zoltán

A többciklusú képzés tapasztalatai a Műszaki Anyagtudományi Karon

## Vaskohászat

### 5 Sándor Péter

Az ISD DUNAFERR társaságcsoport energiagazdálkodásának értékelése a fenntartható fejlődés szempontjából

## Öntészet

### 11 Bast, J. – Kadauw, A. – Malaschkin, A.

Nyersformázó keverék optimális tömörítési paramétereinek beállítása és egy új, tömörítést mérő készülék

## Fémkohászat

### 23 Fogarasi Béla – Pilissy Lajos

Ötven évvel ezelőtt indult a kísérleti magyar magnéziumkohó

## Jövőnk anyagai, technológiái

### 33 Svéda Mária – Kálazi Zoltán – Buza Gábor – Roósz András

Lézersugaras felületkezeléssel létrehozott monotektikus felületi rétegek geometriai jellemzői

### 39 Kaptay György

Határfelületi jelenségek a fémcsapadékgyártásban. 1. rész. A határfelületi erők osztályozása

## Egyesületi hírmondó

### 47 Egyesületi hírek

### 51 Múzeumi hírek

### 54 Egyetemi hírek

### 56 Köszöntések

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

## FROM THE CONTENT

**Zoltán Gácsi: Experiences of multicycle education on the Faculty of Technical Materials Science... ..1**

**Péter Sándor: Evaluation of ISD DUNAFERR company group's energy management from the point of view of sustainable development... ..5**  
Energy consumption of iron industry companies should be decreased because both the costs and CO<sub>2</sub>-emissions. This company applying conventional integrated technology seeks after it continuously with expedient utilization of process gases and improving energy efficiency. They achieved increased energy efficiency by the optimisation of charge materials and technologies, energy and heat recovery, modernization of process control. Improving the energy efficiency resulted also a decreased specific CO<sub>2</sub>-emission. They lay special emphasis on decreasing the environmental burden also with their further developments.

**J. Bast – A. Kadauw – A. Malaschkin: Optimising of moulding parameters for green sand compaction by computer simulation and a new compaction measuring device... ..11**  
The quality of castings produced by green sand moulds depends strongly on the compaction of moulding sand. The parameters of the moulding process of green sand directly affect casting quality, energy consumption and cycle time. Insufficient compaction can lead to rough casting surfaces and breakage. Too much compaction requires more energy, can cause casting defects due to low gas permeability and causes more wear on the pattern and equipment. The process of compaction was simulated with 3D mathematical model and calculated using the finite element method. For the simulation of the squeeze process software is currently being developed to spatially model various compaction parameters. For the validation of the calculated and experimental data computer tomography method was used. The effect of different moulding parameters was examined using a new sensor. The results allow foundry personnel to monitor, adjust and optimise the moulding process.

**Béla Fogarasi – Lajos Pilissy: The experimental Hungarian magnesium furnace started fifty years ago... ..23**  
This is a summary of studies published earlier in this field. Causes of establishing, necessity and selection of location of the experimental magnesium furnace in Apc. Building and commissioning of the retort and rotary vacuum furnaces and their auxiliary equipment (briquette press, calcining furnace). Experiences and problems in the course of operation, with special regard to yield conditions. Before the evaluation of the experimental operation the furnace was stopped by the Ministry of Metallurgy and Engineering and the establishment of a new aluminium foundry on the site was ordered for servicing the new project of motor vehicles development just started. Future consequences of magnesium furnace plans.

**Mária Svéda – Zoltán Kálazi – Gábor Buza – András Roósz: Geometrical characteristics of monotectic surface layers created with laser surface treatment... ..33**  
Using single step laser surface treatment technology, monotectic surface layers were created. In a type of the single step technique (with powder injection) bismuth (Bi) grains were introduced with argon carrier gas into the layer melted with laser ray, with various laser power and feed values. In another single step technique lead (Pb) was introduced with wire feeding into Al-4Cu-1,5Mg alloy layer melted with laser ray, with various laser power and feed values. Geometrical dimensions (depth) of melted/alloyed zones were examined. It was established how the zone dimensions depended on process parameters. On this base recommendation was worked out on the creation of layers of constant thickness by continuous change of power.

**György Kaptay: Interfacial phenomena in metallic materials technologies. Part 1. Classification of interfacial forces... ..39**  
In the first part of this series of papers interfacial forces are defined and classified. These eight types of interfacial forces appear spontaneously in nature and can be used by materials engineers. The general equations for all interfacial forces and energies are given.

**Szerkesztőség:** 1027 Budapest, Fő utca 68., IV. em. 413. • **Telefon:** 201-7337 • **Telefax:** 201-2011 • **Levélcím:** 1371 Budapest, Pf. 433. vagy kohaszat@mtesz.hu • **Felelős szerkesztő:** dr. Lengyel Károly • **A szerkesztőség tagjai:** dr. Buzáné dr. Dénes Margit, dr. Klug Ottó, dr. Kórodi István, Lengyelné Kiss Katalin, Szende György, dr. Takács István, dr. Tardy Pál, dr. Török Tamás • **A szerkesztőbizottság elnöke:** dr. Sándor József. **A szerkesztőbizottság tagjai:** dr. Bakó Károly, dr. Csurbakova Tatjana, dr. Dül Jenő, dr. Hatala Pál, dr. Károly Gyula, dr. Kékesi Tamás, dr. Kórodi István, dr. Ládai Balázs, dr. Réger Mihály, dr. Roósz András, dr. Takács István, dr. Tardy Pál • **Kiadó:** Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület • **Felelős kiadó:** dr. Tolnay 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, utánnomása, sokszorosítása és adatrendszerekben való tárolása kizárólag a kiadó engedélyével történhet. • **Internetcím:** www.ombkenet.hu/bkl/kohaszat.html

# A többciklusú képzés tapasztalatai a Műszaki Anyagtudományi Karon

**Mottó:** „Az igazi egyetemi tanulmány az ifjúság öntevékenysége, amikor a hallgató aktívan részt vesz a kutatómunkában, a laboratóriumban, a szemináriumban, a tudományos foglalkozásban együtt dolgozik tanárával, társaival.”

Weszely Ödön<sup>1</sup>

## Bevezetés

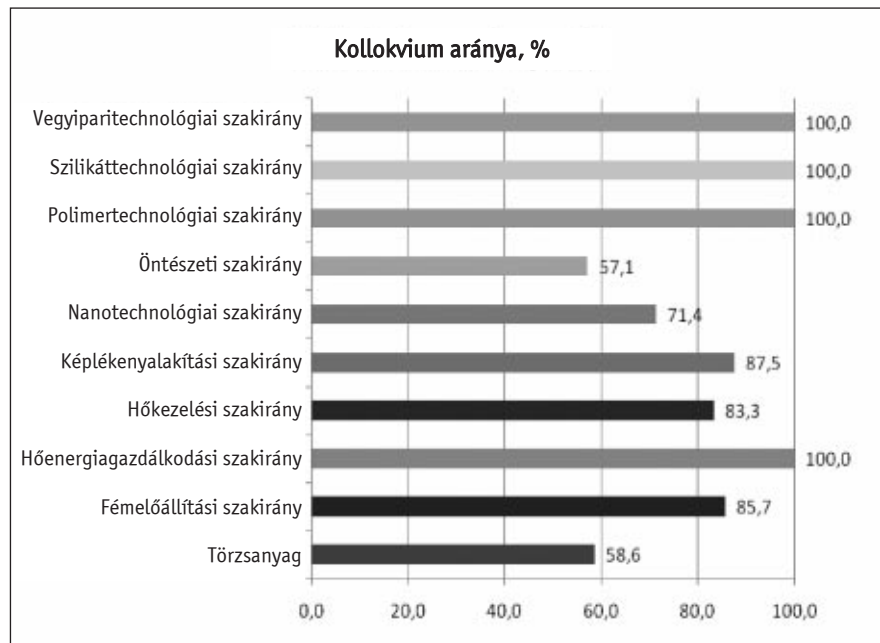
Az európai gazdaság a nyolcvanas évektől kezdve mind nagyobb hátrányba került riválisaival, elsősorban az Egyesült Államokkal szemben. Elemzők mindezt – többek között – arra vezették vissza, hogy a versenyképes gazdasághoz nélkülözhetetlen európai munkaerőpiac nem működik megfelelően. Ennek okát egyebek mellett az európai felsőoktatási képzési rendszer rugalmatlanságában, bonyolultságában, az oktatás piaciorientáltságának hiányában, a tanulmányi teljesítmények és a kiadott oklevelek elismerésének nehézségeiben látták. Ugyanis mindezek jelentősen korlátozták a hallgatói és munkavállalói mobilitást [1].

1999. június 19-én az európai országok felsőoktatásának képviselői aláírtak egy dokumentumot az olaszországi Bologna városában. Ez a nyilatkozat az európai felsőoktatás történetének legmélyebb, legátfogóbb reformfolyamatát indította el. A Bolonjai Nyilatkozat – többek között – az alábbi főbb célok megvalósulását jelölte ki [2]:

- 1) A felsőoktatási diplomák átlátható és összehasonlítható rendszerének kialakítása.
- 2) Két, egymásra épülő, lineáris képzési cikluson alapuló képzési rendszer bevezetése, amelyben már az első ciklusban (alapképzés, BSc) szerzett fokozat szakirányt nyújt a munkaerőpiacon

**Dr. Gácsi Zoltán** a Miskolci Egyetem Anyagtudományi Intézetének egyetemi tanára, az MTA doktora. 2006-tól a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánja.

<sup>1</sup>Bölcsészeti, Nyelv- és Történettudományi Kar dékánja. Pécs. 1923.



1. ábra. Az anyagmérnök alapképzés (BSc) jellemző adatai

történő elhelyezkedéshez (az első ciklus nem lehet rövidebb, mint három év), továbbá az alapképzés szükséges feltétele a második képzési ciklusba (mesterképzés, MSc) történő belépésnek.

3) Európában mindenütt elfogadott, egyetemes kreditátviteli rendszer kialakítása.

A 10 éves évforduló alkalmából célszerű újra feleleveníteni a bolonjai gondolatot, szükséges szembenézni a megvalósítás esetleges hiányosságaival, s megtenni a szükséges korrekciókat. Hiszen a többciklusú képzési rendszernek megfelelő tantervek első kidolgozásakor még javában tartott a vita az alkalmazandó alapelvekről, a Magyarországon követendő gyakorlatról, s az alapképzés és a mesterképzés egymásra épüléséről. Így a tantervek a határidők szorításában, a képzési szintek mesterséges

szétválasztása közepette, s nem utolsósorban járatlan utakon haladva születtek.

Jelen dolgozat a visszatekintéshez a Műszaki Anyagtudományi Karon folyó képzés tapasztalataival kíván hozzájárulni.

## 1. Az anyagmérnök alapképzés (BSc) jellemző adatai

Előjáróban le kell szögezni, hogy a Műszaki Anyagtudományi Kar (s minden felsőoktatási intézmény) gazdaságos működésének kulcskérdése, hogy kellő létszámú, megfelelő felkészültségű fiatal válassza továbbtanulása színterét az intézmény, illetve a kar által kínált képzést. Az is elengedhetetlen, hogy a végzett mérnökök, akik alapszakon vagy mesterszakon diplomát szereztek, vagy éppen doktori fokozatot értek el, sikeres és megbecsült tagjai legyenek a gazdasági vagy tudományos életnek [3].

A képzés fejlődéséhez a hallgatói létszám stabilitásán, illetve növelésén keresztül vezet az út. Tekintettel arra, hogy

anyagmérnök alapszakra az elmúlt években országosan 440-590 fő jelentkezett, s ebből 90-140 főt tudtunk felvenni (országos összehasonlításban messze a legtöbb hallgatót, mert a többi képzési helyen rendszerint 5-15 anyagmérnök hallgató kezdte meg tanulmányait), a hallgatói létszám további növeléséhez a képzési profilt kell szélesíteni. Erre több irányban is reális esély van:

- a.) a 2008-ban sikeresen akkreditált energetikai mérnökasszisztens felsőfokú szakképzési (FSz) szak megerősítése, illetve újabb FSz szakok indítása (anyagtechnológiai mérnökasszisztens, fémtechnológiai mérnökasszisztens);
- b.) biomérnöki vagy egészségügyi mérnöki alapszak indítása az Egészségügyi Karal közösen;
- c.) a Magyar Akkreditációs Bizottság (MAB) által 2009-ben akkreditált mérnök-tanár (anyagmérnök szakirány) mellett az anyagtudomány mesterszak akkreditációja.

Mindezek alapján elengedhetetlen a meglévő alap- és mesterképzés rendszer-szemléletű összehangolása és a képzési céllal összhangban lévő egyszerűsítése.

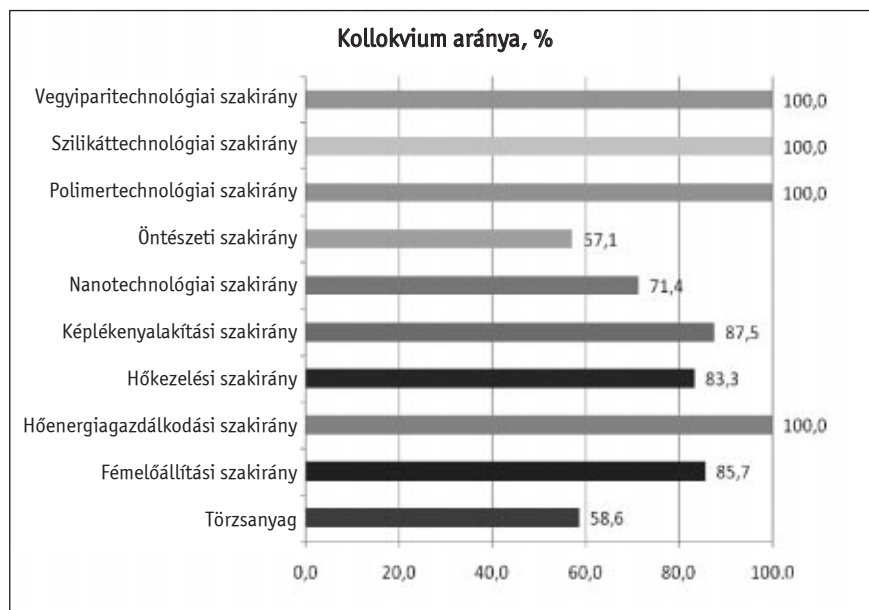
Az elemző áttekintést az is indukálja, hogy az anyagmérnök BSc képzésben 2009 januárjában végzett az első évfolyam, s az elmúlt egy-másfél évben a mintatantervvel kapcsolatban mind a hallgatók, mind az oktatók részéről többször felmerült a módosítás igénye. Ennek több is oka van. A MAB akkreditációs követelményei szerint egy-egy tantárgy átlagosan négy-öt kredit értékű! Ezzel szemben a kar ajánlott tanterveiben, a törzsanyagban még teljesül a négy körüli kreditérték, ugyanakkor a szakirányos tantervekben sok kisméretű (két kredit) tantárgy van (1. táblázat). A jelenleg érvényes tantervben a félévenkénti vizsgák és beszámolók száma igen szélsőségesen változik (1. ábra): a 4. félévben 11 vizsga, míg az 5., 6. és 7. félévben a szakiránytól függően hét-nyolc vizsga és egy-két beszámoló van előírva. Nyilván ez nem tartható, maximálisan hat vizsga lehet egy-egy félévben. Egyrészt csökkenteni kell a tantárgyak számát, másrészt gyakorlati jegyet – mint a félév közben teljesíthető követelményt – kell előírni olyankor, amikor beszámoló dolgozattal, zárthelyivel, féléves feladattal a hallgatók felkészültsége ellenőrizhető.

Az egyes BSc szakirányok tantervének összeállításakor szinte teljesen elfeled-

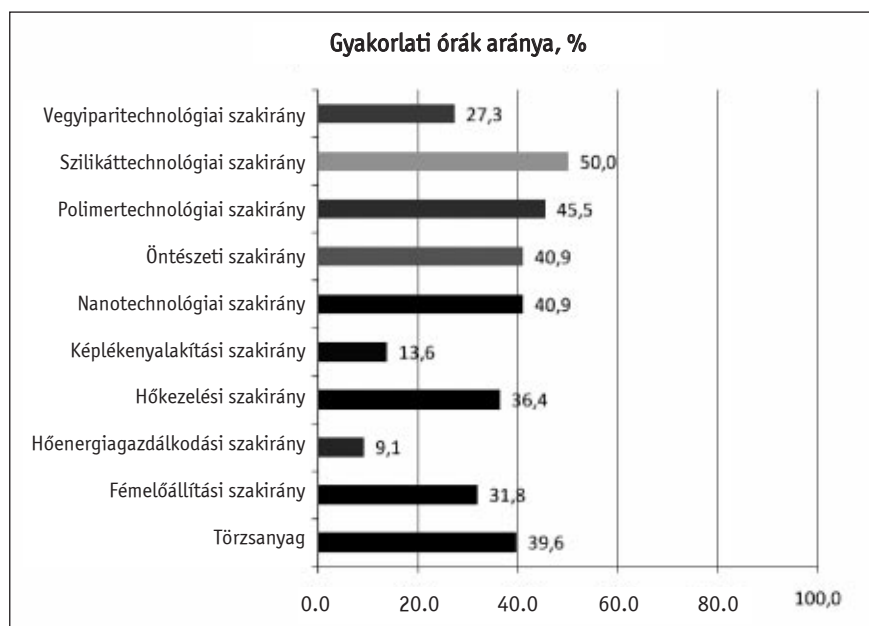
keztünk a gyakorlati jegyről (mint követelményről), a vizsga dominanciája teljesen nyilvánvaló (2. ábra). Míg a törzsanyagban az összes számonkérésen belül a vizsgák aránya 58,6%, addig a szakirányok tantervében 80-100% a kollokviumok

1. táblázat. Egy tantárgy átlagos kreditértéke, BSc képzés

Megnevezés	Egy tantárgy átlagos kreditértéke
Törzsanyag	3,7
Fémelőállítási szakirány	2,4
Hőenergiagazdálkodási szakirány	2,2
Hőkezelési szakirány	2,8
Képlékenyalakítási szakirány	2,2
Nanotechnológiai szakirány	2,4
Öntészeti szakirány	2,8
Polimertechnológiai szakirány	3,7
Szilikástechnológiai szakirány	3,1
Vegyiparitechnológiai szakirány	2,4



2. ábra. Kollokviumok aránya, BSc képzés



3. ábra. Gyakorlati órák aránya, BSc képzés

aránya az összes számonkéréshez viszonyítva.

Az összes óraszámhoz viszonyítva a gyakorlati órák száma szintén alacsony (3. ábra). Míg a törzsanyagban a kívánatos 40-50%-ot eléri, addig az egyes szakirányok tantervében nagyon különböző a mértéke (9,1-50,0%).

## 2. Az anyagmérnök mesterképzés (MSc) jellegzetességei

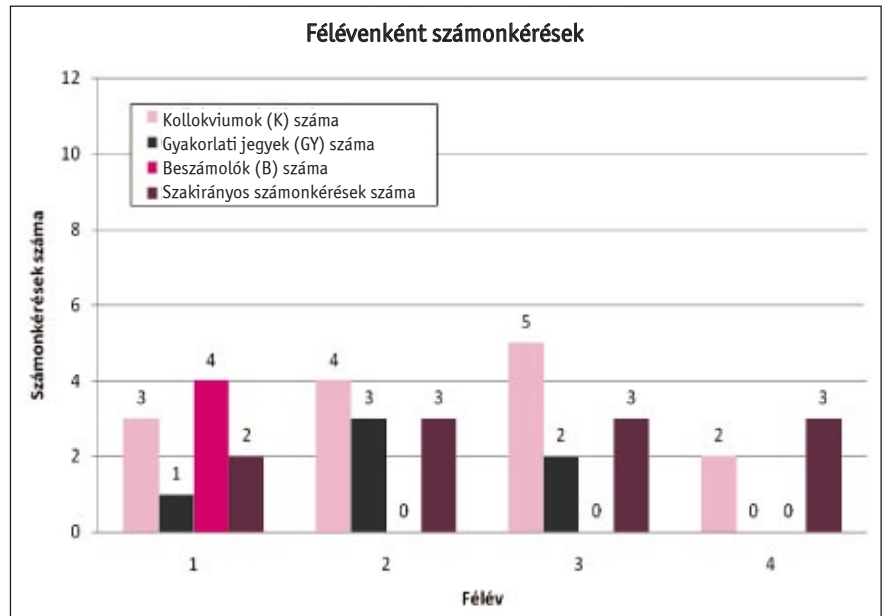
Az MSc tanterv sajnos lényegesen bonyolultabb a BSc tantervénél. A BSc és MSc képzés szakmai egymásra épülését és koherenciáját biztosító – alapvetően helyes – elgondolást, nevezetesen azt, hogy a különböző előképzettségű (az alapképzésben tanult szakirányon továbbtanuló anyagmérnök; más szakirányon továbbtanuló anyagmérnök; nem anyagmérnök, de műszaki végzettségű) hallgatóknak külön-külön ajánlott tantervet (öt különbözőt) kínálunk, sajnos a gyakorlatban (alapvetően a kis hallgatói létszám és a sokféle képzés miatt) nem lehet működtetni.

A MAB akkreditációs követelményei szerint egy-egy tantárgy átlagosan 4-5 kreditértékű. A 2. táblázat mutatja, hogy a mesterképzésben egy-egy tantárgy átlagos kreditértéke szakirányonként 2,4 és 3,7 között változik. Itt is célszerű a tantárgyak számának csökkentése, növelve egy-egy tantárgy kreditértékét. A mesterképzésben szerencsére nincs kiugróan sok számonkérés egy-egy félévben, hiszen a maximális érték öt kollokvium két gyakorlati jeggyel (4. ábra).

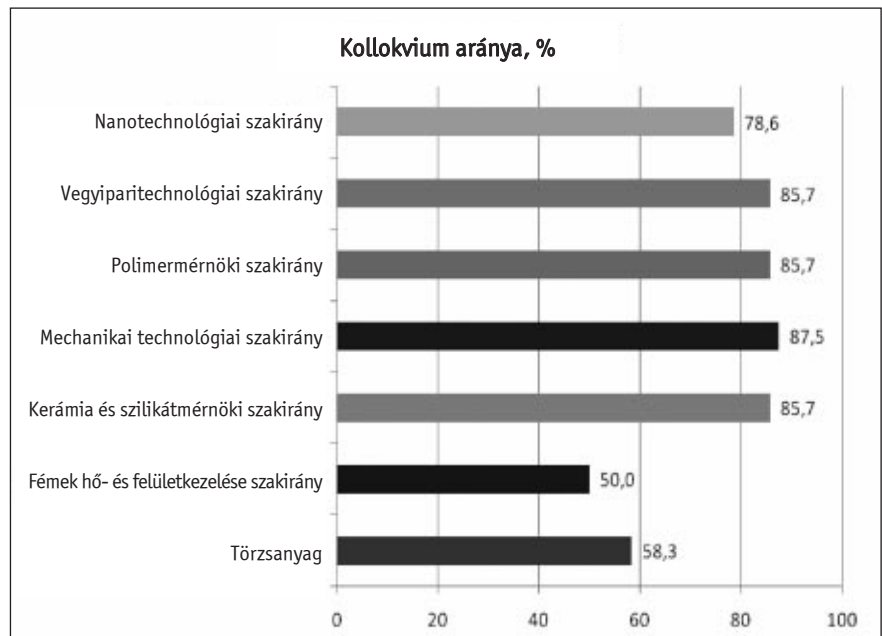
Az alapképzéshez hasonlóan a mesterképzés tantervére is jellemző, hogy a számonkérés módja tipikusan a kollokvium (5. ábra). Néhány szakiránynál (vegyipari technológiai, polimermérnöki, mechanikai technológiai, kerámia- és szilikátmérnöki) a kollokviumok aránya 85-88%. A hallgatók egyenletesebb tanulmányi munkáját se-

2. táblázat. Egy tantárgy átlagos kreditértéke, MSc képzés

Megnevezés	Egy tantárgy átlagos kreditértéke
Törzsanyag	2,7
Fémek hő- és felületkezelése szakirány	2,5
Kerámia és szilikátmérnöki szakirány	3,3
Mechanikai technológiai szakirány	3,0
Polimermérnöki szakirány	3,7
Vegyipari technológiai szakirány	3,0
Nanotechnológiai szakirány	2,4



4. ábra. Félévenkénti számonkérések, MSc képzés



5. ábra. Kollokviumok aránya, MSc képzés

gítené, ha a félévközi számonkérések aránya növekedne. Figyelemmel arra a körülményre, hogy zárthelyi dolgozatokkal, szóbeli előadásokkal félév közben is meg lehet győződni a hallgatók felkészüléséről.

Az összes számonkéréshez viszonyítva a gyakorlati jegyek aránya alacsony (6. ábra), né-

hány szakiránynál 12-14%-os. A mérnöki mesterszakoknál fontos, hogy a gyakorlati ismeretek aránya megfelelő legyen.

## 3. A BSc és az MSc tantervek átalakításának főbb alapelvei

A tantervek átalakításának elsődleges célja a képzési céllal összhangban lévő egyszerűsítés, a BSc, az MSc és az FSz képzés összehangolása, s a képzések egymásra épülésének biztosítása. Célszerű az alapképzésben a szakirányválasztást előbbre hozni a harmadik félévre, s így a szakirá-

nyú képzés negyedik félévben történő elkezdésével tovább lehet növelni a szakirányú ismeretek arányát.

Indokolt az alapképzésben a szakirányok struktúrájának, míg a mesterképzésben a kiegészítő szakirányok szerepének újragondolása, miután a felsőoktatási törvény nem teszi lehetővé az öt féléves mesterképzést (2005. évi CXXXIX. törvény a felsőoktatásról. A felsőoktatásban folyó képzés rendszere 32. §.<sup>2)</sup> . A kiegészítő szakirányú képzésnek a felsőoktatási törvénynek megfelelő, szakmai szempontból helyénvaló, s a leendő hallgatók számára vonzó módját kell bevezetni.

A mesterképzésben az anyagmérnök alapszakon végzett hallgatók (az alapképzésben már tanult) szakismereteire alapozva egyféle ajánlott tantervet célszerű kidolgozni. A mesterképzésben azt az elvet kell érvényesíteni, hogy a képzés fő célja az adott speciális szakterületre vonatkozó ismeretek megszerzése. A mesterképzésre való felvétel feltételeit a mesterszakok Képzési Kimeneti Követelményei tartalmazzák [2], a tanulmányok folytatásához szükséges hiánypótlást (maximálisan 30 kredit értékben) (a nem anyagmérnök végzettségű hallgatóknak) a BSc képzésben meglévő tantárgyak felvételével kell megvalósítani<sup>3</sup>.

A MAB akkreditációs követelményei szerint biztosítani kell, hogy mind a BSc, mind az MSc képzésben a tantárgyak legalább harmada négy-öt kreditértékű legyen. A BSc és az MSc képzésben a tantárgyak számát csökkenteni kell, s az alapképzésben a gyakorlati órák arányát 40-45%-ra kell növelni.

A számonkérési formák között a vizsga (kollokvium) dominanciáját meg kell szüntetni, s a gyakorlati jegyek részarányát – mint félév közben teljesíthető kö-

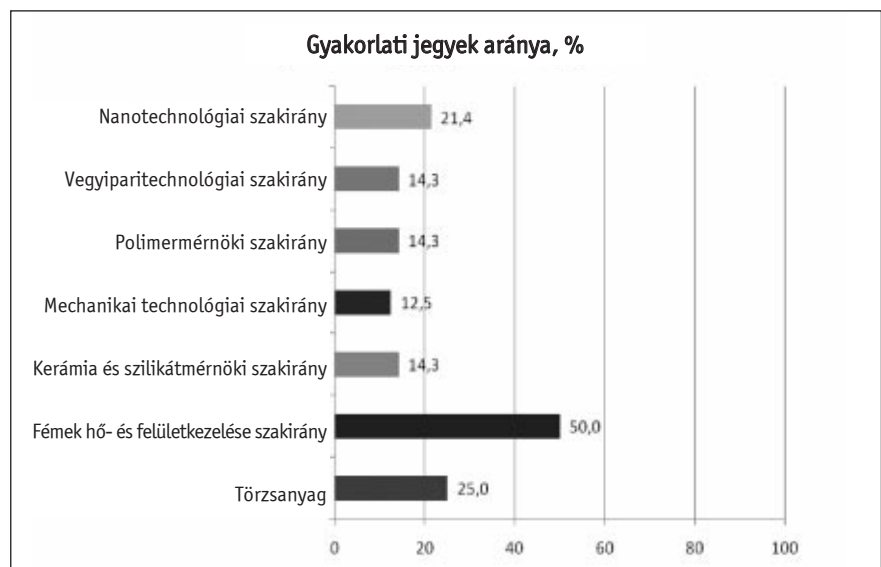
vetelménynek – növelni kell, biztosítva azt, hogy az elméleti tananyag számonkérése lehetőleg szóbeli vizsgán történjen. A cél, hogy a vizsgák és a gyakorlati jegyek számának aránya közelítsen az előadások és gyakorlatok arányához. A tantárgyak félévközi, követelménnyel való lezárását a szabadon választható tárgyakra is ki kell terjeszteni. A tanterv átalakításának keretében – a Hallgatói Követelményrendszerrel összhangban – kell megoldani a BSc, MSc záróvizsgák szabályozását, a záróvizsga típusának kiválasztását, a záróvizsga tantárgyak vagy tantárgycsoportok meghatározását. A tanterv átalakításához igazodóan szükséges a BSc, MSc szakirányok tantárgyainak olyan újragondolása, melynek részeként a záróvizsga tárgyak megadhatók összesen 15 kredit értékben.

\* \* \*

Az elemzés legfontosabb megállapításai alapján a Műszaki Anyagtudományi Karon a 2008/09-es tanévben egy tartalmas és hasznos szakmai vita zajlott, amelynek végeredményeként a kari tanács 2009. június 25-én jóváhagyta az átalakított BSc és MSc képzések ajánlott tanterveit. A Képzési és Kimeneti Követelményeknek, valamint az itt bemutatott alapelveknek megfelelően átformált alapképzések tanterveire a későbbiekben visszatérünk.

## Irodalom

- [1] Felsőoktatási műhely: Tíz éves a Bolognai Nyilatkozat. <http://www.felvi.hu>  
 [2] Hrubos Ildikó: A „bolognai folyamat”. Oktatáskutató Intézet, Budapest, 2002.  
 [3] Gácsi Zoltán: Pályázat a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar dékányi tisztségére, Miskolc, 2006.



■ 6. ábra. Gyakorlati jegyek aránya, MSc képzés

<sup>2</sup>(6) A mesterképzésben mesterfokozat (magister, master) és szakképzettség szerezhető. ... A mesterképzésben – figyelembe véve a (7) bekezdésben meghatározottakat – legalább hatvan kreditet kell és legfeljebb százhusz kreditet lehet megszerezni. A képzési idő legalább két, legfeljebb négy félév.

<sup>3</sup>A mesterképzésbe való felvétel feltételei:

A hallgatónak a kredit megállapítása alapjául szolgáló ismeretek – felsőoktatási törvényben meghatározott – összevetése alapján elismerhető legyen legalább 60 kredit a korábbi tanulmányai szerint az alábbi ismeretkörökben:

- természettudományos ismeretek (20 kredit): matematika, fizika, kémia, fizikai kémia;
- gazdasági-humán ismeretek (10 kredit): közgazdaságtan, menedzsment, minőségügy, környezetvédelem, jogi ismeretek;
- anyagtudományi és -technológiai ismeretek (15 kredit): anyagok szerkezete és tulajdonságai, tulajdonság- és szerkezetvizsgálat, anyagkárosodás;
- műszaki ismeretek (15 kredit): műszaki ábrázolás, géprajz, gépszerkeztan, informatika, elektrotechnika, mechanika, mérés-technika, műszerelés, automatizálás, energiagazdálkodás.

**A mesterképzésbe való felvétel feltétele, hogy a felsorolt ismeretkörökben legalább 30 kredittel rendelkezzen a hallgató.** A hiányzó krediteket a mesterfokozat megszerzésére irányuló **képzéssel párhuzamosan, a felvételtől számított két féléven belül**, a felsőoktatási intézmény tanulmányi és vizsgaszabályzatában meghatározottak szerint meg kell szerezni.

SÁNDOR PÉTER

## AZ ISD DUNAFERR társaságcsoporthoz energiagazdálkodásának értékelése a fenntartható fejlődés szempontjából

*A vaskohászati vállalatok energiafelhasználását a költségek és a CO<sub>2</sub>-kibocsátás miatt egyaránt csökkenteni kell. A hagyományos integrált technológiát alkalmazó vállalat a technológiai gázok célirányos hasznosításával és az energiahatékonyság javításával folyamatosan erre törekszik. Az energiahatékonyság növelését a betétanyagok és a technológiák optimalizálásával, energia- és hővisszanyeréssel, a folyamatirányítás korszerűsítésével érték el. Az energiahatékonyság javulásának eredményeképpen csökkent a fajlagos CO<sub>2</sub>-kibocsátásuk is. További fejlesztéseiknél is nagy súlyt helyeznek a környezetterhelés mérséklésére.*

### Bevezetés

A fenntartható fejlődés a gazdaságnak egy olyan kedvező irányba történő változását, azaz növekedését jelenti, amely a környezet lehető legminimálisabb károsítása mellett valósul meg. A folyamatos fejlődés az energiaigények növekedését vonja maga után, ezért az energiafogyasztás mértéke, összetétele és módja alapvetően befolyásolja a környezet-szennyezés mértékét.

Az energetika alapvető tevékenysége a fosszilis energiaforrások eltüzelése, melynek során szennyezőanyagok kerülnek a légterbe. A tüzelőanyagok felhasználása elsősorban légszennyezést okoz.

A magyarországi környezetgazdálkodási célok és tennivalók azonosak a nemzetközi viszonylatban kijelölt feladatokkal. Kiemelkedik ezek közül a szén-dioxid kibocsátás problematikája, melynek csökkentését a fejlődés egyik gátjának tekintik. A CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentésének ér-

dekében gazdasági ösztönző alkalmazásának bevezetésére került sor Magyarországon, melynek hatására az energiatermelőkre és átalakítókra, így a nagy mennyiségű karbontartalmú energiafelhasználással jellemezhető integrált vaskohászati vertikumokra is, nagy terhet rótt ennek alkalmazása.

Ezen folyamatok hatására a vaskohászatban még nagyobb hangsúlyt kell kapnia a hatékonyabb energiaátalakításnak és energiafelhasználásnak, az energiatakarékosságnak, valamint a tüzelőanyagfelhasználás szerkezetének környezetvédelmi szempontból is előnyös megválasztásának.

A dolgozat energetikai és levegőtisztaság-védelmi szempontokból bemutatja az ISD DUNAFERR vállalatcsoporthoz integrált acélműi technológiájának jellemzőit, valamint az energiafelhasználás és CO<sub>2</sub>-kibocsátás oldaláról vizsgál néhány korszerű nyersvas- és acélgyártási útvonalat.

### 1. A technológiai fejlettség és környezetvédelem kapcsolata a vaskohászatban

Egy vas- és acélipari vállalat esetén a fenntartható fejlődés biztosítása egy olyan gazdasági fejlődésben, növekedésben nyilvánulhat csak meg, mely a környezet lehető legminimálisabb károsítása mellett valósul meg. A fenntartható fejlődés, a gazdasági növekedés és a környezeti terhelés mérséklése között a kapcsolatot a műszaki színvonal teremti meg. A vaskohászati vállalatok számára az a kedvező, ha a CO<sub>2</sub>-kibocsátás mérséklését nem az adók kényszerítő erejének hatására, hanem belső források felhasználásával valósítják meg [1].

Hasonlítsuk össze az acélgyártó eljárások közül a hagyományos integrált acélműi útvonalra jellemző nagyolvasztó+LD redukáló- és energiafelhasználását az olvadékredukciós eljárások közül a Corex+EAF, valamint a direktredukciós eljárások közül a földgázbázisú önreformáló HYL III+EAF útvonalakkal (1. ábra) [2,3].

A 2. ábra a bruttó és nettó energiafelhasználás, valamint a CO<sub>2</sub>-kibocsátás összehasonlítását mutatja.

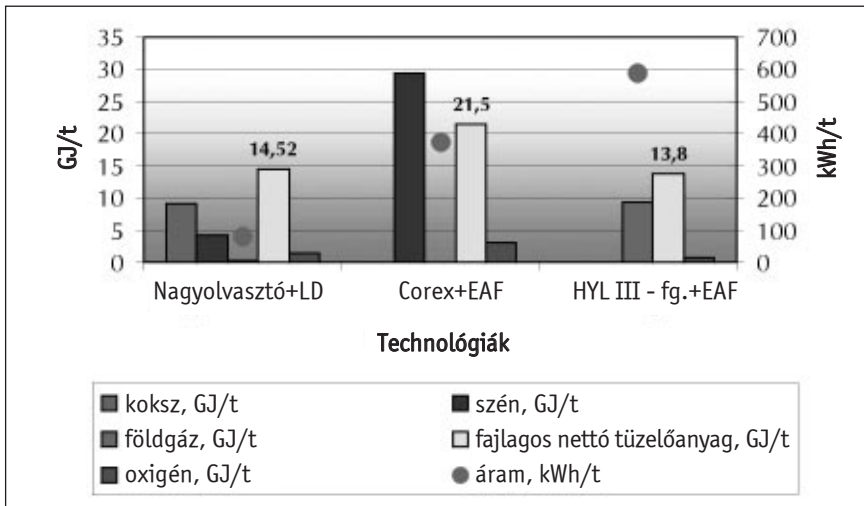
Az adatok mutatják, hogy az olvadékredukciós eljárások bruttó energiafelhasználása jelentősen nagyobb, mint a direktredukciós eljárásoké. Ennek oka, hogy az olvadékredukciós eljárások során jelentős mennyiségű belső keletkezésű gáz képződik, mely technológiai célra hasznosítható, valamint eltüzelésével további energiaforrások, pl. gőz, villamos energia termelhető.

A direktredukciós eljárásoknál elmondható, hogy a bruttó és a nettó energiafelhasználás azonos.

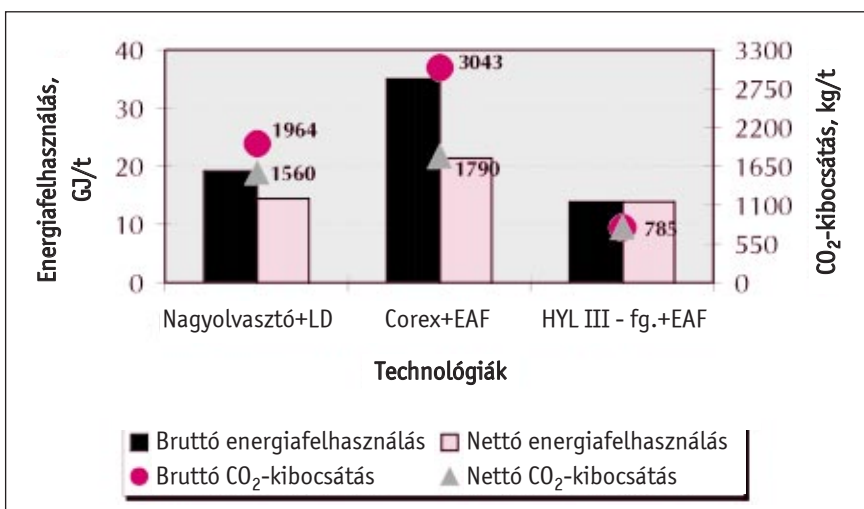
Lépcsőzetes modernizálások esetén az integrált acélműi technológia továbbra is nagy alapanyag- és energiaigénnyel ren-

*Dr. Sándor Péter 1973-ban szerezte meg energiagazdálkodási rendszertervező-mérnöki oklevelét, majd 1993-ban menedzser gazdasági mérnöki, 1996-ban PhD fokozatot szerzett a Miskolci Egyetemen „Hevítő kemencék ergoökológiai optimalizálása” témakörben. Pályája során a DUNAFERR Társaságcsoporthoz energiagazdálkodását irányító különböző beosztásokban.*

*Jelenleg az ISD DUNAFERR Zrt. energetikai igazgatója, az ISD POWER Kft. ügyvezetője. Óraadó docensként oktat a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Energiahasznosítási Intézet Kihelyezett Tanszékén.*



■ 1. ábra. Nyersvas- és vasszivacsgyártás redukálószer- és energiafogyasztása



■ 2. ábra. Energiafelhasználás és CO<sub>2</sub>-kibocsátás

delkezik, ezért ez esetben az energiahatékonyság a hulladék és másodlagos energiahordozók még hatékonyabb hasznosításával javítható. Az alacsonyabb környezeti terhelés érdekében a káros anyagokat fel kell fogni, tisztítóberendezéseket kell létesíteni és a kinyert termékeket újra kell hasznosítani.

Az új technológiákra épülő kombinált eljárás energiafelhasználás szempontjából lényegesen hatékonyabb (nem keletkeznek másodlagos energiahordozók), a fajlagos energetikai mutatói kedvezőbbek, mint az integrált vaskohászati technológiáinak.

Az előző két ábra adataira építve a 3. ábra a hagyományos integrált acélműi útvonal (koksoló, nagyolvasztó, LD) fajlagos CO<sub>2</sub>-kibocsátását hasonlítja össze a korszerű olvadékredukációs eljárás és elektrokemence, valamint a direktredukációs el-

járás és elektrokemence útvonalak mutatóival [2].

A számításoknál azt feltételeztük, hogy a nyersvas- és acélgártó eljárásokhoz szükséges villamos energia egy földgázbázisú gázturbinás erőműben kerül előállításra, melynek hatásfoka ~42-50%. Ennek megfelelően a villamos energia energiataralmát földgázra, mint primer energiahordozóra számítottuk át (1 kWh = 7 MJ). Továbbá a különböző vaskohászati eljárások szén-dioxid kibocsátásának meghatározásánál figyelembe vettük a nyersvas- és acélgártáshoz felhasznált villamos energia földgázbázisú erőműi előállítása során keletkező CO<sub>2</sub>-kibocsátásokat is.

Miután a direktredukációs eljárás földgázbázisú és zárt rendszerű, így az egysegnyi energiafelhasználásra jutó károsanyag-kibocsátás is lényegesen alacso-

nyabb, mint egy szénbázisú technológia esetén, valamint a redukáló gáz CO<sub>2</sub>-tartalmának eltávolítása további gazdasági (adó) és ökológiai előnyöket eredményez.

Az integrált acélműi technológia fajlagos energiafelhasználási és CO<sub>2</sub> emissziós értékei alapján látható, hogy annak legnagyobb hátrányát az agglomerált érc és koks igénye jelenti, hiszen az ezek előállításához szükséges energiafogyasztás/energiaköltség 20-25%-kal megemeli a termelési költségeket.

A 4. ábra a CO<sub>2</sub> emisszió kivüli kibocsátások közül a por, a NO<sub>x</sub> és a SO<sub>x</sub> kibocsátásokat mutatja a Corex- és a földgáz bázisú HYL III eljárásoknál [4].

A CO<sub>2</sub> emissziós értékek, valamint az előző ábrán bemutatott egyéb károsanyag kibocsátások azt mutatják, hogy a HYL III direktredukációs eljárás – a földgázbázisú energia felhasználásának, valamint a zárt rendszerű technológiájának köszönhetően – kedvezően alacsony emissziós értékekkel rendelkezik.

Meg kell említeni ugyanakkor, hogy az elektroacélgártás elterjedésének gátja sok országban – pl. Németországban is, ahol az elektroacél aránya relatíve alacsony: kb. 26% – a magas villamos energia ár.

## 2. AZ ISD DUNAFERR Zrt. energoökológiai optimalizálásának néhány eredménye

### 2.1. ISD DUNAFERR Zrt. energiaforgalma és energiahatékonysága

#### 2.1.1. Társaságcsoponton belüli energiaforgalom

Az ISD DUNAFERR Zrt. ércbázisú integrált acélgártó kombinát gazdaságos működtetésének egyik sarkalatos pontja az energiával való takarékoság. Az energiaigényes technológia következtében az összes termelési költség ~20%-át az energiaköltségek teszik ki.

Az ISD DUNAFERR Zrt. energiaforgalma tetemes, éves szinten eléri az 50 PJ nagyságot, mely Magyarország teljes éves energiafelhasználásának közel 4,5%-a.

A vertikum villamosenergia-ellátását az ISD POWER Kft. biztosítja a vásárolt földgáz, villamos energia, fűtőolaj és üzemanyag, valamint a Koksolóműtől és Kohóműtől átvett belső keletkezésű gázok átalakítása és elosztása útján. A koksoláshoz szükséges szén beszerzését a Kok-

szolómű végzi, ellátja a vállalatcsoportot kohókoksszal és ipari koksszal, s jelentős mennyiséget értékesít a vállalatcsoporton kívülre is.

A vásárolt energiahordozók struktúrájában meghatározó a szén. A hőigény ~10%-át földgázvásárlással biztosítja az ISD POWER Kft. A vállalatcsoport villamosenergia-igényének harmadát saját termelésű villamos energiával biztosítja, a fennmaradó részt az áramszolgáltatótól vásárolja. A vásárolt energiahordozók aránya 2007-ben megközelítően 88,6% volt.

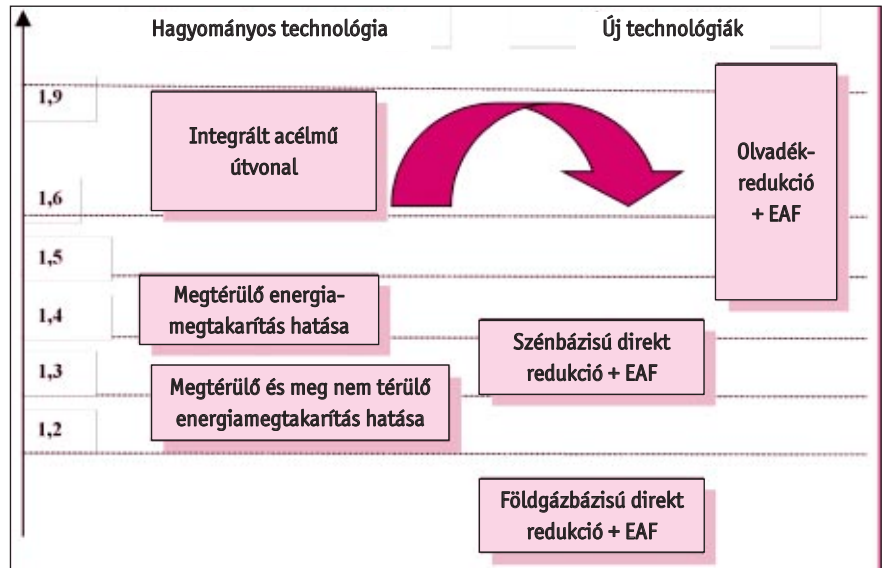
Egy integrált kohászati vertikum energia-, és ezen belül gázgazdálkodásában jelentős szerepe van azonban a belső keletkezésű fűtőgázok hasznosításának is. A szén kokszolásából, valamint a nyersvasgyártásra adott kokszból kohó- és kamragáz, az acélgártás során konvertermgáz keletkezik. Ezen belső keletkezésű fűtőgázok együttes mennyisége jelentős: a vállalatcsoport tüzelőanyag szükségletek kb. 2/3-a.

A vállalati energiagazdálkodási stratégia egyik alapelve a primer energiaszükséglet mérséklése, ennek egyik eszköze a belső keletkezésű fűtőgázok technológiai célra való optimális felhasználása. Ezáltal módosul a vásárolt energiahordozók szerkezete, és lehetővé válik az olcsóbb energiahordozóra való áttérés. A vertikumban az energiagazdálkodási feladatok súlyponti része az ezen fűtőgázokkal való gazdálkodást érinti.

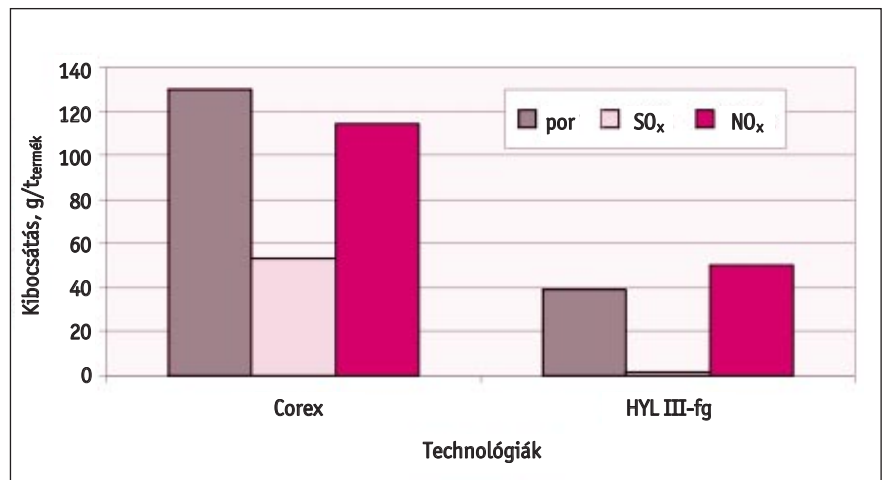
A szekunder fűtőgázok kémiai összetétele és tüzeléstechnikai paraméterei egyértelműen meghatározzák a felhasználási lehetőségeket. A belső keletkezésű gázok folyamatos felhasználását általában a keletkezés helyén kell megvalósítani, és lehetőleg technológiai célú tüzelőanyag-igényt kell vele kielégíteni.

A kombinát gázelosztását nehezíti a fűtőgázok korlátozott tárolási lehetősége. Ugyanakkor a gáztermelő- és elosztó berendezések nagy egységtelejteményűek, tehát egy kohó, egy léghevítő vagy egy tolókemence kiesése 20-50%-os termelés, illetve felhasználás ingadozással jár [5].

A társaságcsoporthoz gázforgalmára jellemző, hogy a kombináton belüli, technológiai célú kohó- és kamragáz fogyasztók gázigényének kielégítése után feleslegben lévő belső keletkezésű gázok az erőműben kerülnek eltüzelésre. A



3. ábra. Technológiák összehasonlítása fajlagos CO<sub>2</sub>-kibocsátásuk szerint (tCO<sub>2</sub>/nyersacél)



4. ábra. Károsanyag emisszió összehasonlítása

társaságcsoporthoz évi 50 PJ nagyságrendű energiafogyasztásából kb. 8 PJ-nyi az erőmű tüzelőanyag-felhasználása, melynek nagyobb hányadát a belső keletkezésű gázok biztosítják (pl. kohó-, kamragáz).

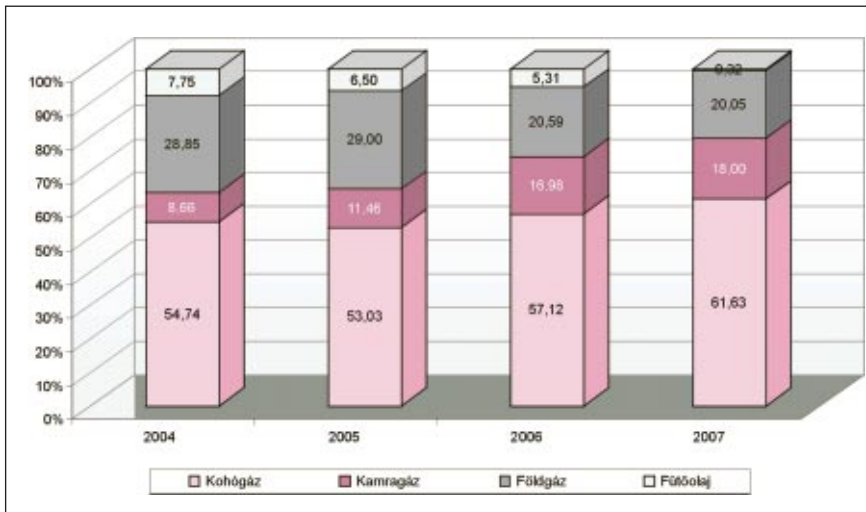
Az erőmű energiaoptimalizáló szerepet tölt be a vállalatcsoport energiagazdálkodási rendszerében úgy, hogy kapcsolatosan, olcsón termel villamos energiát.

Az acélgártási technológia során nagy mennyiségben keletkező fűtőgázok energetikai célra történő racionális hasznosítása saját erőmű nélkül lényegében nem oldható meg. Az ISD POWER Kft. erőművét a gyár és a város, valamint a környező üzemek gőzzel, melegvízzel való ellátása és a kombinát villamosenergia-igényének biztosítása céljából építették 1952-1955 között. Az erőmű az elmúlt több mint 40

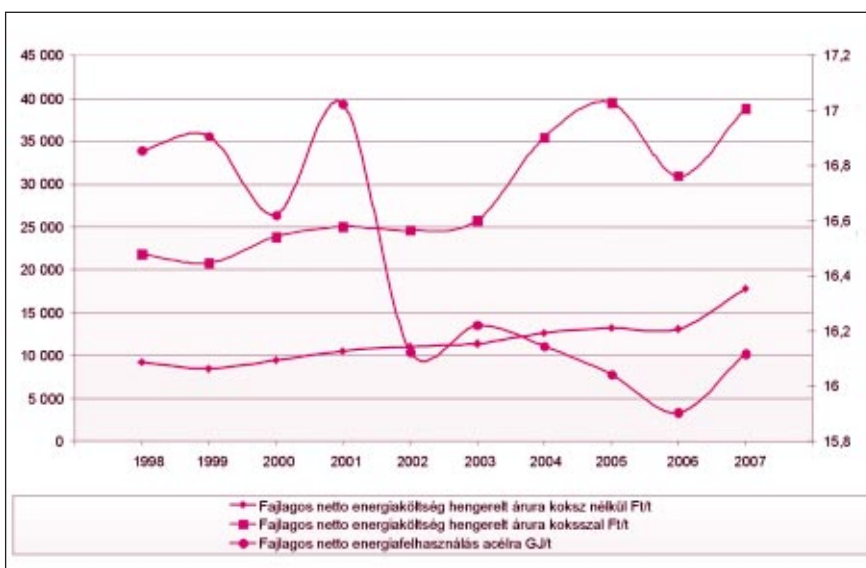
évben ezeknek a feladatoknak megfelelt, noha fejlesztése az alapvertikum fejlesztéseivel nem volt mindig összhangban. Az erőmű műszaki színvonala jelentős hatással van a kombinát üzemvitelének biztonságára, energiaköltségeire és környezetterhelésére.

A tetemes mennyiségű kohógáz több mint felét az erőműben tüzelik el. Az erőmű tüzelőanyag szerkezetét az 5. ábra szemlélteti 2004 és 2007 között [6].

A lekötött teljesítmények minél optimálisabb kihasználásának, továbbá a csúcsgények csökkentése és az ellátás biztonságának növelése érdekében az erőmű részére a fűtési időszakra fűtőolajat tárolnak. A többségében ellennyomású turbinák megléte és a nyári időszak kis gőzigénye miatt a kazánok nyáron nincsenek kiterhelve.



■ 5. ábra. Az erőmű tüzelőanyag felhasználásának szerkezete



■ 6. ábra. Fajlagos energiaköltség és energiafelhasználás

### 2.1.2. Energiahatékonysági mutatók

Az ISD DUNAFERR vállalatcsoport energia-gazdálkodásának alapvető céljai:

- a biztonságos energiaellátás megteremtése;
- az egységnyi mennyiségű késztermékre jutó legkisebb energiaköltség elérése;
- a környezetkárosítás minimalizálása.

Az ISD DUNAFERR vállalatcsoport legfőbb energiafogyasztója (~72%) a Nagyolvasztó- és Acélmű, valamint a Zsugorítómű. Egy integrált vaskohászati vertikum esetén alapvető követelmény a komplex nyersvas és acélműi útvonal technikai és technológiai színvonalának állandó fejlesztése, melynek következtében a fajlagos energiafelhasználás – a legnagyobb energiafelhasználó lévén – jelentősen csökkenthető.

A nyersvasgyártás során a nagyolvasztónál számos konstrukciós, energotechnológiai és metallurgiai lehetőség kínálkozik az energia megtakarítására és helyettesítésre. Az energiaszükséglet mérséklésének egyik legfontosabb tényezője a vasérc minőségének javítása (mely magába foglalja az agglomerált betétanyagok mennyiségének és minőségének javulását is).

Hosszú évek során az ISD DUNAFERR vállalatcsoportnál a következő korszerűsítések, fejlesztések törekedtek:

- a betétanyagok minőségének javítása, az elegyösszetétel optimalizálása;
- az elegy- és gázeloszlás javítása;
- a koks minőségi követelményeinek növelése;
- növelt toroknyomás;

- a forrószél hőmérsékletének és oxigéntartalmának növelése;
- különböző koks helyettesítők befúvása (földgáz, olaj);
- energia- és hővisszanyerés;
- korszerűbb folyamatirányítás.

Az energiafelhasználás szempontjából az energiahatékonyság javulása a fejlődés egyik fő eleme. A kohászati értéktermelési folyamat növekedésével együtt járó energiaigény növekményt a fajlagos energiafelhasználás mérséklése csökkenti. Az ISD DUNAFERR vállalatcsoport esetén az 1 t nyersacélra vonatkoztatott fajlagos energiafelhasználás és energiaköltség változását szemlélteti a 6. ábra 1998 és 2007 között [6].

Az ISD DUNAFERR fajlagos energiafogyasztásának csökkenése a hatékonyság növekedéséről tájékoztat.

### 2.2. Környezetvédelmi szempontok

A vaskohászati termelés energiafelhasználása során, a fosszilis energiaforrások eltüzelése által elsősorban légszennyező anyagok kerülnek kibocsátásra.

A hazai környezetgazdálkodási célok és tennivalók azonosak a nemzetközi viszonylatban kijelölt feladatokkal. A környezeti vonatkozású nemzetközi egyezmények és megállapodások teljesítése érdekében természetesen további károsanyag kibocsátás csökkentést kell elérni az egyes energiafelhasználó szektorokban, így az iparban is. Az ISD DUNAFERR vállalatcsoport energia-gazdálkodási stratégiájának egyik sarkalatos pontja a környezetszennyezés minimalizálására való törekvés.

A társaságcsoporthoz a légszennyezés mérséklésére, ezen belül a por, SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> és a NO<sub>x</sub> emisszió csökkentésére, jelentős változtatásokat eszközölt, a károsanyag kibocsátást mérsékelte. Ezt a csökkenést

- a környezetszennyező energiaforrások felhasználásának korlátozásával és bizonyos arányban környezetkímélő energiaforrásokkal történő helyettesítésével;
- tisztító berendezések építésével;
- az energiafelhasználás hatékonyságának növelésével, az energiatakarékos-sággal;
- szabályozott tüzelési rendszerek kiépítésével;
- NO<sub>x</sub>-szegény tüzelési módszerek alkalmazásával, fejlesztésekkel érte el.

A 7. ábra a vállalatcsoport környezeti hatékonyságát szemlélteti 1998 és 2007 között. A környezeti hatékonyság vizsgál-

latánál a szén-dioxid-kibocsátást vettük alapul [6].

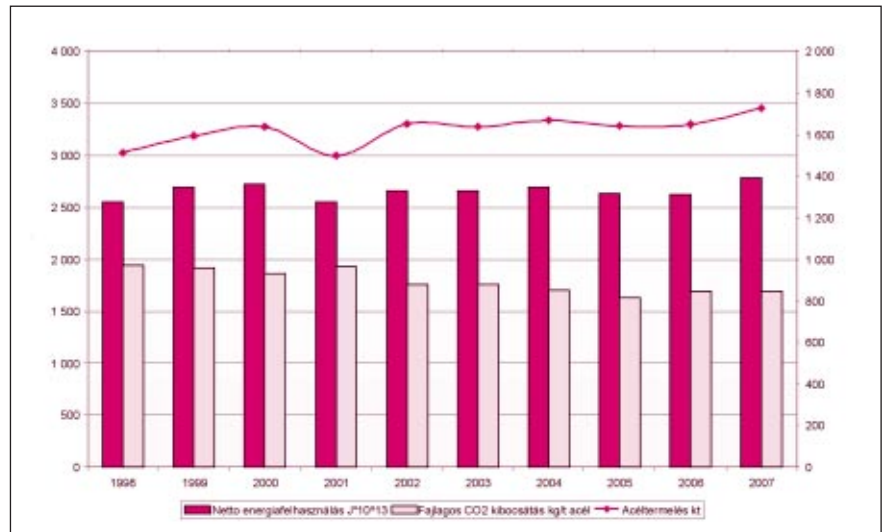
A DUNAFERR környezeti hatékonysága kedvezően javuló tendenciát mutat. Az energiafelhasználás szerkezetének optimalizálásával, az energiafelhasználás hatékonyságának növelésével, valamint az energiatakarékossgal a CO<sub>2</sub>-kibocsátás jelentősen csökkent. A javulást igazolja, hogy a vállalatcsoport fajlagos szén-dioxid-kibocsátása a 2004-es 1 947 kg/t acél értékről 2008-ra 1 696 kg/t acélra csökkent (tájékoztató: 1993-ban ez az érték még 2 572 kg/t acél volt).

A CO<sub>2</sub> emisszió csökkentése érdekében a vas- és acéliparban is hangsúlyt kell kapniuk a korbont nem tartalmazó tüzelőanyag-fajtáknak, azaz a hidrogénben gazdagabb energiahordozókat célszerű előnyben részesíteni („szénmentes” technológiák elterjesztése).

### Összefoglalás

Az ISD DUNAFERR vállalatcsoport integrált acélműi termelési útvonalának fajlagos energiafelhasználása az elmúlt évek során végrehajtott fejlesztések, korszerűsítések következtében csökkent, s megközelíti az élenjáró integrált technológiájú vaskohászati vállalatok fajlagos energiafelhasználását. Nagy szerepet játszik ebben a legnagyobb energiafogyasztó, a nagyolvasztó fajlagos energiafogyasztásának csökkentése.

Az energiafogyasztás környezetszennyező hatása jelentős tétel a globális légköri szennyezésben. Az energiahatékonyság javítása az egyik legfontosabb eszköz



7. ábra. Az ISD DUNAFERR CO<sub>2</sub> kibocsátása

lehet annak érdekében, hogy Magyarország a határokon áttekintő és globális környezetvédelmi kötelezettségvállalásait teljesítse. Mivel a környezetvédelem meghatározó fontosságú, ezért a nemzetgazdaság számára fontos és hasznos energiaigényes ipari tevékenység légköri károsanyag kibocsátását minimálisra kell csökkenteni.

Az energiafogyasztás irányát a jövőben leginkább a környezetszennyezés fogja befolyásolni, így ezen a területen a technológia gondos kiválasztása szükséges.

### Irodalom

- [1] Dr. Sándor Péter – dr. Sevcsik Mónika: Korszerű vaskohászati technológiák néhány energetikai és környezetvédelmi vonatkozása. VIII. Anyag- és

Energiatakarékossgal a Vaskohászati konferencia, Balatonszéplak 1999. szeptember 8-10. p. 13-20.

- [2] Energy use in the Steel Industry. Committee on technology. Brussels 1998. p. 1-259.
- [3] HYL Report: The Direct Reduction Quarterly. Fall 1998/3. p. 1-9.
- [4] Tanulmány a DUNAFERR Dunai Vasmű alaptechnológiájának modernizálására. Kvaerner Metals
- [5] P. Sándor – J. Aranyos – M. Sevcsik: Energo-ecological optimization of integrated metallurgical company. A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus MIF 2004, Minsk, May 24-28., 2004. p. 151., 404.
- [6] ISD DUNAFERR vállalatcsoport energiafelhasználása 2007. Belső anyag.

## Az EU acéliparának felhívása az Európai Parlament 2009–2014 közötti időszakra megválasztott tagjaihoz

Európa acélipara az EU gazdaságának egyik tartóoszlopa. Éves forgalma meghaladja a 200 Mrd eurót, 420 000 embert foglalkoztat, és évente 200 M tonna acélt gyárt. Az EU feldolgozóiparának legnagyobb beszállítója; innovatív termékeivel támogatja a járműipar, az építőipar, a gépipar, a hagyományos és szélenergia gyártóinak fejlesztéseit. Hosszú ideje, jelentős eredményeket elérve, törekszik a környezetbarát, energiahatékony technológiák kidolgozására és bevezetésére. Az acél 100%-ban recikálható, így módon biztosítja a természeti erőforrások

megőrzését a jövő generációk számára.

A hagyományos iparágak megtartása a gazdasági prosperitás és a fenntartható fejlődés előfeltétele az EU-ban. Ezért fontos, hogy az EU törvényhozói támogassák azoknak az előnyöknek a megőrzését, amelyeket az acélipar biztosít az EU polgárai számára. Az Európai Parlament ezért csak olyan törvényeket fogadjon el, amelyek fenntartják az acélipari vállalatok versenyképességét, és lépjen fel minden olyan külvilágról érkező hatással szemben, amely ezt veszélyezteti. Az EU politikájának tisztos

séges versenyfeltételeket kell biztosítani acélipara számára a nemzetközi piacokon.

Az Európai Parlament tagjaként a következőkhöz kérjük az Ön támogatását:

- olyan klímapolitika kialakítása, amely az EU-n kívüli versenytársakkal szemben tisztességes versenyre ad lehetőséget;
- az EU támogassa az új, csökkentett kibocsátást biztosító és az acélfelhasználás hatékonyságát növelő technológiák kifejlesztésére irányuló K+F tevékenységet;
- az EU környezetvédelmi szabályozásával járó adminisztráció csökkentése a kör-

- nyezetvédelem hatékonyságának egyidejű növelésével;
- versenyképes energiaárak biztosítása Európában;
- hatékony intézkedések az EU kereskedelmi szabályok betartására a nyitott piacon, hogy tisztességes legyen a verseny az EU-n kívüli versenytársakkal;
- hatékony EU-stratégia kialakítása a nyersanyagokhoz való biztonságos hozzáférés érdekében.

### 1. Klímapolitika

Az EU acélpipari vállalatai 1970 óta több mint 50%-kal, 1990 (Kyoto referencia éve) óta több mint 20%-kal csökkentették a CO<sub>2</sub>-kibocsátást. Az integrált acélgártás fajlagos energiafelhasználása az elméleti minimum közelébe ért. A vállalatok így is vállalják a kibocsátás további csökkentését és az emissziókereskedelem előírásait.

Az EU acéltermelésének 30-40%-át exportálják, és hasonló nagyságú az import részaránya a felhasználásban, így rendkívül nagyok az eltérő költségekkel szállító versenytársak által okozott veszélyek. Amennyiben nincs nemzetközi megegyezés a klímapolitikában, az EU-n kívüli versenytársak tisztességtelen versenyelőnyhöz jutnak, ami fékezi a beruházásokat, és az acélpipar áttelepedéséhez vezethet. Ezért arra kell törekedni, hogy legalább az acéltermelés legnagyobb részét adó 10 ország kössön megegyezést az azonos alapú klímapolitika elfogadására. Ameddig ez nem jön létre, a versenyhátrány ellensúlyozása céljából az EU acélpipari vállalatok egy ésszerű, teljesíthető határértékig kapják ingyen a kibocsátási kvótákat. Elsősorban az acélhulladék reciklálásában döntő szerepet játszó elektroacélgártás versenyképességének megtartása érdekében kompenzálni kell az emissziókereskedelem eredményeképpen szükségszerűen megjelenő villamosenergiaár-növekményt is.

### 2. K+F

Az új, környezetbarát technológiák kifejlesztéséhez intenzív, célirányos kutató-fejlesztő munkára van szükség. Az eddig elért eredmények látványosak, de az új klímapolitikai célkitűzések eléréséhez nem elegendők. A CO<sub>2</sub>-kibocsátás további csökkentéséhez áttörést jelentő új technológiákra van szükség. A vállalatok az Európai Acéltechnológiai Platformon keresztül folytatnak együttműködést az Európai Bizottság-

gal és a tagállamokkal. Az ULCOS projekt célja, hogy 2050-ig felére csökkenjen a CO<sub>2</sub>-kibocsátás. Az eddigi kutatások eredményeként kísérleti üzem létrehozását tervezik, amely a legnagyobb kibocsátónak számító nagyolvasztó torokgáz reciklálásával és a leválasztott CO<sub>2</sub> föld alatti tárolásával biztosíthatná a jelzett cél elérését. Ennek költsége mintegy 800 M euró lenne. A sikeres üzemi kísérletek után 2020-tól várható ennek a technológiának a nagyipari bevezetése.

Az EU-nak az eddigieknél nagyobb mértékben kell támogatni az új technológiák kifejlesztését célzó kutatásokat, különösen a széleskörű bevezetést megelőző demonstrációs, félüzemi szakaszban, mert ezek rendkívül költségesek. Ezzel nemcsak az EU kibocsátása csökkenne jelentősen, hanem az új technológia a világ más részein is érdeklődésre és hasznosításra számíthat, így módon hatása globálissá válhat.

### 3. Környezetvédelmi szabályozás

Az acélpipar elkötelezett a környezetvédelem folyamatos fejlesztésében, és elfogadja, hogy ehhez a környezetvédelmi szabályozás hatékony ösztönző eszköz. Az évente tárgyalt és elfogadott környezetvédelmi szabályozók/módosítások száma azonban rendkívül nagy (2008-ban több mint 100). Jelentősen megnövekedett a kötelező adatszolgáltatások és jelentések mennyisége is, amely igen nagy adminisztrációs és pénzügyi terhet jelent a vállalatoknak. A folyamatos változás bizonytalanságot eredményez, ami a tervezhetőséget rontja. Mindez hátrányos a versenyképesség szempontjából is.

Ezen nehézségek csökkentése érdekében egyszerű, jól követhető és átlátható, kettőződéseket és ellentmondásokat nem tartalmazó szabályozó rendszerre van szükség. Csökkenteni kell a túlzott, esetenként többszörös adatszolgáltatási követelményeket, figyelembe kell venni a nemzeti specialitásokat és a szubszidiaritás elvét. Az új intézkedéseket költséghatás-elemzéseknek kell megelőzni, és addig ne hozzanak új törvényeket, amíg meg nem történt a régiék teljes körű alkalmazása az EU területén.

### 4. Versenyképes energiaárak

A versenyképes energiaárak alapvető fontosságúak az acélpipar számára. Az EU villamosenergia- és gázpiacának liberalizálása mindeddig nem hozta meg a várt árscökke-

nést. Több tagországban feszültség van a kereslet és kínálat viszonyában is.

Az EU 3. energiacsomagjának meg kell hozni az ésszerű liberalizációt az energiapiacra, és ösztönözni kell a határon átmenő energiahálózatok kialakítását. Kerülni kell minden olyan egyoldalú intézkedést, amely az EU-n belül növelné a villamosenergia árát; az emisszió-kereskelemből származó áremelkedést kompenzálni kell.

### 5. Nyitott piac tisztességes versenyfeltételekkel

Az EU acélpiparának nagy az importfüggősége, ezért támogatja a Világkereskedelmi Szervezet (WTO) liberalizációs törekvéseit. Az EU piaca ma a legnyitottabb piac a világon, ugyanakkor számos EU-n kívüli ország kormányzata különböző eszközökkel igyekszik mesterséges versenyelőnyt biztosítani termékeinek. A G20-ak legutóbbi találkozásának résztvevői ugyan kiálltak mindenféle új kereskedelmi korlátozás bevezetése ellen, a gyakorlatban azonban az acélpiacon is számos ilyenre került sor.

Az EU-nak határozottan fel kell lépnie a támogatott és dömpingtermékek importja ellen. Az EU piacvédelme a legliberálisabbak közé tartozik, ezért legalább az általa nyújtott lehetőségek teljes kihasználásáért el kell érni.

### 6. Biztos hozzáférés a nyersanyagokhoz

Az EU acélpipara által felhasznált nyersanyagok döntő hányada importból származik. Az elmúlt években a vasérc és a kokszolható szén ára drámai mértékben nőtt. A szállítók esetenként nem tudták követni a kereslet növekedését, ami elsősorban a feltörekvő országok acéltermelésének ugrásszerű növekedésének a következménye. A kritikus helyzet kialakulásához az is hozzájárult, hogy a vasércellátás 70%-át három óriásvállalat bonyolítja. Több EU-n kívüli ország a nyersanyagok exportját korlátozó intézkedésekkel védi saját iparának érdekeit.

Az EU acélpipara üdvözlí az Európai Bizottság 2008. novemberi állásfoglalását a nyersanyagokhoz és energiahordozókhoz való biztonságos hozzáférésről. Fontosnak tarja, hogy ebből kiindulva integrált stratégia kerüljön kialakításra. Az EU külpolitikájának és kereskedelempolitikájának egyaránt arra kell törekedni, hogy az acélpipar biztonságosan, méltányos árakon hozzájuthasson a szükséges nyersanyagokhoz.



BAST, J.<sup>1</sup> – KADAUW, A.<sup>1</sup> – MALASCHKIN, A.<sup>2</sup>

## Nyersformázó keverék optimális tömörítési paramétereinek beállítása és egy új, tömörítést mérő készülék<sup>3</sup>

*A nyersformába öntött öntvények minősége erősen függ a formázóhomok tömörítésétől. A nyers homokkeverék formázási eljárásának a paraméterei közvetlenül hatnak az öntvény minőségére, az energiafogyasztásra és a ciklusidőre. Az elégtelen tömörítés durva öntvényfelülethez és töréshez vezethet. A túltömörítés több energiát igényelhet, öntvényhibákat okozhat a kis gázáteresztés következtében, és a minta és a berendezés fokozott kopását okozza. A tömörítési folyamatot 3D-s matematikai modellel szimulálták, és végeleges módszerrel számították. A sajtolási folyamat szimulációjához jelenleg fejlesztik a szoftvert, hogy a különböző tömörítési paramétereket térben modellezzék. A számított és a kísérleti adatok hitelesítéséhez számítógépes tomográfiai módszert használtak. Egy új érzékelőt használva vizsgálták a különféle formázási paraméterek hatását. Az eredmények lehetővé teszik, hogy az öntöde személyzete ellenőrizze, beállítsa és optimalizálja a formázási eljárást.*

### Bevezetés

Az agyagkötésű homokkal gyártott öntvények minősége erősen függ a formázóhomok tömörítésétől [1, 2, 3]. Amikor új öntvényt kezdenek gyártani, az öntödei szakembernek sok döntést kell hoznia. Sajnos, a tapasztalatok gazdagsága ellenére, a formázástechnológiát gyakran a próba-hiba módszerrel fejlesztik. Ez sok időt követel, és nagy költségeket generál. A formázástechnológia problémái a következők:

- nehéz formarészek emelése;
- távolság a minták között, ill. a minta és a szekrény falai között;
- a formázóhomok optimális tulajdonságainak a megválasztása;
- a formázószekrény megfelelő magasságának a megválasztása és
- a formázóhomok elégséges tömege.

Ezenfelül a korszerű formázógépek le-

hetővé teszik a formázóhomok különböző módszerekkel való tömörítését, ez lehet: sajtolás, air-impact (légütéses) sajtolás, ütés, előütés vagy sajtolással kombinált ütés.

Az öntő szakembernek itt is döntenie kell:

- az eljárások vagy eljárás-kombinációk helyes kiválasztásában;
- a hatékony tömörítési idő meghatározásában;
- a különböző folyamatok sorrendjének felállításában.

A fő kérdés a következő: Képesek lesznek-e a formák vagy a formarészek ellenállni a magok emelése, a formák átfordítása és szállítása, a magok behelyezése, a formák összerakása, az olvadék betöltése, az öntvény dermedése és hűlése során fellépő különböző terheléseknek? A jó minőségű öntvények gyártása céljából a for-

máknak ki kell elégíteniük mindezeket a technológiai követelményeket.

A szilárdság elméletében vagy az acélszerkezetek elméletében vannak biztonsági kritériumok az alkatrészek vagy az egész acélszerkezet használhatóságának a meghatározásához.

A gépészetben:

$$\frac{\sigma_{act}}{\sigma_{per}} \leq 1 \quad (1)$$

ahol  $\sigma_{act}$  – a tényleges feszültség,  
 $\sigma_{per}$  – a megengedett feszültség.

Az acélszerkezeteknél:

$$\frac{S_d}{R_d} \leq 1 \quad (2)$$

ahol  $S_d$  – a hatás tervezett értéke,  
 $R_d$  – az ellenállás tervezett értéke.

Ha az (1) és (2) egyenlet értéke kisebb egynél, az alkatrész vagy az egész acélszerkezet minden roncsolódási veszély nélkül használható. A fent említett paraméterek összekapcsolásához meg kell határozni a formát, mint az öntvény egy építőkövét, és ellenőrizni kell a forma használhatóságát, a fenti viszony, azaz az (1) és (2) egyenlet arányainak egynél kisebb voltát.

Az 1. ábra mutatja a kapcsolatot a forma ellenállása, valamint a sűrűsége és a formázóhomok tulajdonságai között. Ha ezek a paraméterek, valamint a minták elhelyezése a mintalapokon megfelel a formázási és az öntési körülményeknek, meghatározhatók a forma használata alatt fellépő erők. Figyelembe véve a minta geometriáját, becsülhetjük a forma minden egyes részének a szilárdságát.

A forma szilárdsága és ellenállása közötti összehasonlítás információt ad a forma használhatóságáról. Ilyen módon lehetséges meghatározni a forma minőségét öntés előtt.

<sup>1</sup> Technische Universität Bergakademie, Freiberg

<sup>2</sup> Georg Fischer AG, Leipzig

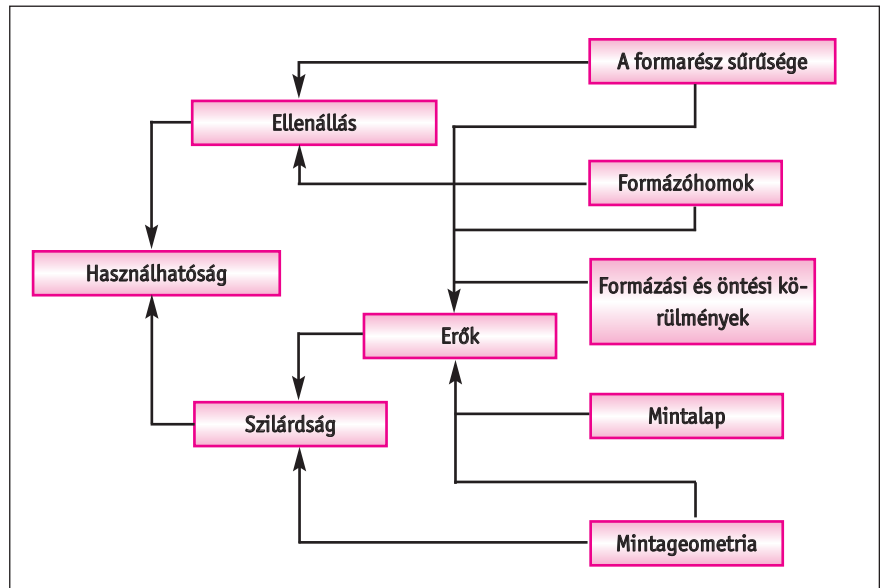
<sup>3</sup> Ez a közlemény a szlovén öntőegyesület 48. portoroži konferenciájának előadásaként hangzott el, lapunk a szlovén egyesület engedélyével közli

## Matematikai modellezés és szimuláció

A tömörítési eljárás optimális paramétereinek beállítása a formák gyártása során megköveteli a formázóhomok, a formázószekrény fala és a minta fala között kialakuló tapadási erők, valamint a kötőanyag által létrehozott kohéziós erő ismeretét. Ezek az erők hatnak a formázóhomok mozgására a formaszekrényben, különösen a mintához közeli zónákban és a minta zsákszerű részeiben. A tömörítési folyamat számítógépes szimulációja lehetővé teszi ezen erők hatásának a figyelembevételét [2].

Az öntészeti szakirodalomban a feszültség–feszültség és a sűrűség–sűrűség eloszlását illetően nem írták le kielégítően az agyagkötésű homokokat. A szemcsés közeg példái a homok, a por, a kavics vagy a szemcse. A szemcsés közeg különböző méretű, alakú és felületi tulajdonságú makroszkopikus részecskékből áll, ami specifikus tömörségi viselkedéshez vezet: a rendezetlen szerkezetek csak a rendszer részei reorganizációjával kapcsolatban teszik lehetővé a tömörítést. A súrlódás és a plasztikus deformáció következtében energia szóródik szét, így a szemcsés részecskék rendszere nincs egyensúlyban, és következésképpen a statisztikai fizika szabványos módszerei nem alkalmazhatók. Mint az öntészeti irodalom mutatja, a formázást különböző numerikus módszerek használatával tanulmányozzák [2, 8, 9]. A legáltalánosabb módszerek a kontinuum mechanikai megközelítésén [1, 4, 9] vagy a diszkontinuum mechanikai elvein [5, 6] alapulnak.

A diszkontinuum mechanikai elvei képezik az alapot a „disztinktelemes módszerhez” (DEM) vagy a „részecske módszerhez” [7, 8] abban, hogy az egyes részecskékre három erő hat: az érintkezési erő, a vonzóerő és a gravitációs erő. Ennek a módszernek az előnyei abban állnak, hogy számításba veszi a homok fizikai tulajdonságait (például a szemcse méretét, a szemcseméret szerinti eloszlást, a fajlagos felületet), vizsgálhatók a diszkontinuum mechanikai problémái, és a módszer a szemcseáramlásokhoz és a tömeg mozgásához is használható. A hátrány az, hogy a kohézió egyes formázóanyagok – amilyen a bentonit – fontos tulajdonsága, bonyolult folyamat és nem része ennek a modellnek [5]. Ezenkívül ezek a modellek hosszú számítási időket és



1. ábra. Paraméterek a forma használhatóságának a meghatározásához

időt rabló mintaépítést igényelnek.

A kontinuum mechanikus megközelítéséhez tartozó módszerek egy alternatívája a végeselemes módszer (finite element method – FEM). Ezek a modellek nagy rugalmasságot mutatnak a kontinuummechanikában, alkalmasak a nem-linearitásra, inhomogenitásokra és anizotrópiákra, valamint a csatolásra. Ezenkívül a számítási idők jelentősen rövidebbek a DEM módszerhez képest. Ennek a módszernek az a hátránya, hogy nem veszi számításba a homok fizikai tulajdonságait. A kohézív-súrlódó anyagokra alkalmazott kontinuummechanikai elvek alapján két fő „anyagmodell” határozható meg:

1. anyagmodell az elaszticitási elmélet szerint és
2. anyagmodell a plaszticitás szerint.

Az elasztoplaszticitás széles elterjedt koncepció a különböző műszaki anyagok mechanikai viselkedésének a modellezéséhez. Gyakran talajokhoz is alkalmazzák, és a különböző bonyolultságú elasztoplasztikus talajmodellek széles választéka létezik. Az elasztoplaszticitás alapelve az, hogy a feszültségi és a deformációs arányokat a (3) egyenlet szerint elasztikus és plasztikus részekre osztják:

$$\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^{\text{elas}} + \varepsilon_{ij}^{\text{plas}} \quad (3)$$

A formázóhomok feszültség alatt határozott nem-lineáris viselkedést mutat. Ez a nem-lineáris feszültségi-deformációs viselkedés a fejlettség különböző szintjein modellezhető, ahol a modellparaméterek száma a növekedő komplexitással nő. A

jól ismert Mohr–Coulomb-modell (MC-modell) (4) és a Drucker–Prager-modell úgy tekinthető mint a valós talaj, azaz az agyagkötésű formázóhomok viselkedésének első rendű megközelítése. Ez az elasztoplasztikus modell öt bemenő alparamétert igényel: az E Young-modulust; a  $\nu$  Poisson-együtthatót, a c kohéziót, a  $\varphi$  súrlódási szöveget és a  $\psi$  tágulási képességet.

$$c + \sigma_m \tan \varphi - \tau = 0 \quad (4)$$

ahol a  $\tau$  – nyírófeszültség és a  $\sigma_m$  – átlagos feszültség.

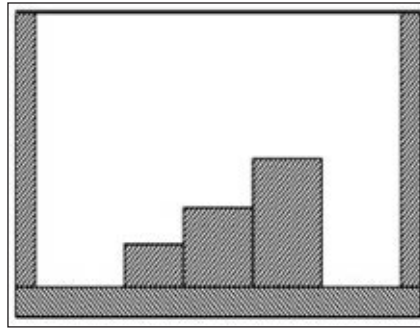
A formáknak rendszerint bonyolult geometriája, amely a tömörítés különböző fokait generálja, és így különböző sűrűségi értékekhez vezet. Az ilyen területek sűrűségének a meghatározásához a formát rendszerint szét kell roncsolni, ami kihat a mért sűrűségi értékekre. A formán belüli sűrűségeloszlás pontos adatainak felvételéhez egyik eszköz az ipari komputeres tomográfia (iCT = industrial computer tomography).

A kísérleti eredmények összehasonlítására és a szimulációs adatok érvényesítésére, a formák gyártásához formázószekrényt (100 mm x 70 mm x 80 mm) és mintát (2. ábra) készítettek [10]. A sűrűségeloszlás változásai a különböző mintageometriák következményei a formán belül, amelyek a formázóhomok elmozdulását is eredményezik. A formázóhomok tömörítés alatti elmozdulásának a megfigyelése céljából fémpor (kobaltpor: >8,0 g/mm<sup>3</sup>) rétegeket helyeztek el a formázáskor. A fémpor és a formázóhomok közötti sűrűségkülönbség következtében világosan

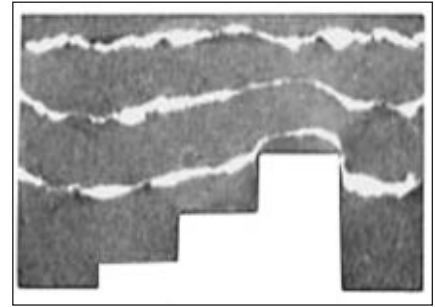
megkülönböztethető a formázóhomok elmozdulása a különböző zónákban (3. ábra). A formaszekrény fala és a formázóhomok közötti külső súrlódás hatása is megfigyelhető a rétegek kis elmozdulásai révén a forma szélénél.

A felső részben, egy helyen a formázóhomok nagyobb sűrűségét észlelték, mint a 4. ábra és az 1. táblázat mutatja. Ez azért lép fel, mert a formázóhomok folyását a minta meggátolja, ami a sűrűség növekedéséhez vezet. A forma alsó részében a sűrűség kisebb. Mivel a formaszekrény nem szimmetrikus, a formázóhomok folyása a formaszekrény szélesebb részeiben jobb, mint a szűkebb részekben, ami különböző sűrűségi profilokhoz vezet a forma alsóbb részében.

A feszültségeloszlás FEM-szimulációját a fentebb bemutatott mintával azért futtatták, hogy lehetővé tegyék az elméletileg meghatározott formasűrűség és feszültség összehasonlítását a valós mérésekkel (5. ábra). A szimuláció peremfeltételei ebben a példában: formaszekrény (100 mm x 70 mm x 80 mm), nyomás: 1 MPa és felette, kohézió: 0,070 N/mm<sup>2</sup>, belső súrlódási szög: 220, tágulóképességi szög: 70.



2. ábra. Formaszekrény a mintával



3. ábra. A forma központi iCT keresztmetszete és a fémporréteg függőleges elmozdulása

### 1. táblázat

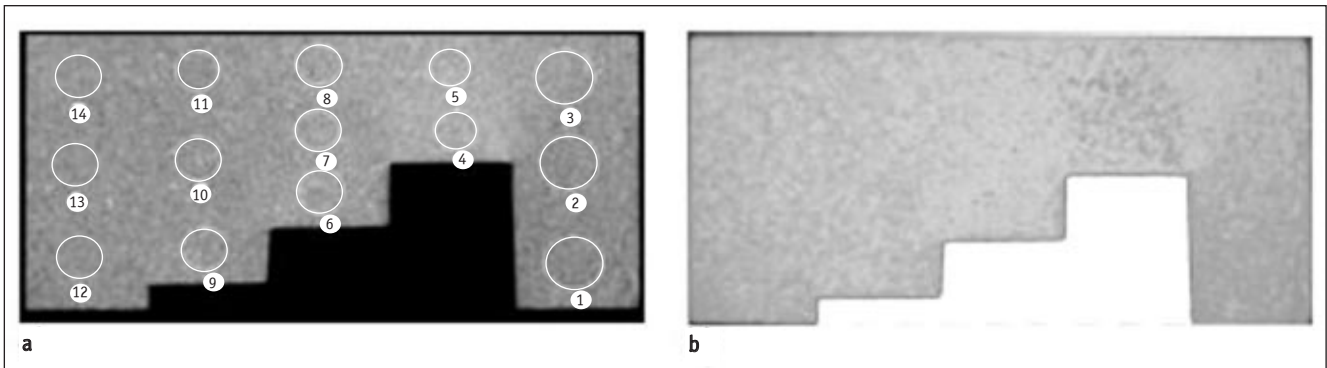
Mérési pontok	1	2	3	4	5	6	7
Valódi sűrűség (g/cm <sup>3</sup> )	1,4	1,44	1,53	1,61	1,62	1,55	1,55
Mérési pontok	8	9	10	11	12	13	14
Valódi sűrűség (g/cm <sup>3</sup> )	1,56	1,49	1,48	1,48	1,45	1,46	1,48

### Új mérőkészülékek

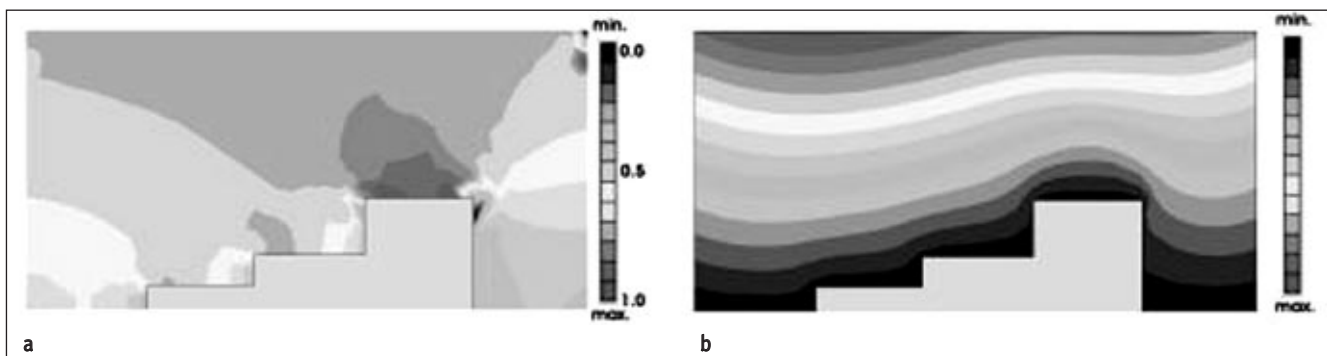
Az újonnan kifejlesztett érzékelőket a 6. ábra mutatja. Az érzékelési eljárás működési elvét a szabadalomban [11] írták le. Az SP-P érzékelő csak a sajtoló- vagy a fúvó-sajtoló eljárásban használható. Viszonylag kicsi, és DISAMATIC gépekben alkalmazható. Ez a nagyon kompakt érzékelő a 6a. ábrán látható. A mérete

Ø22x23 mm. Az LP-I érzékelőnek egyetemesebb a konstrukciója, ütő- és air-impact sajtolásnál is használható a sajtoláson és a fúvó sajtoláson kívül. Az átalakító kompenzálni tudja a légnyomás hatását az érzékelőre a fúvó vagy az ütő formázás során. Az LP-I érzékelő azonban valamivel nagyobb, mint az SP-P. Ez Ø22x27 mm-es, és a 6b. ábrán látható.

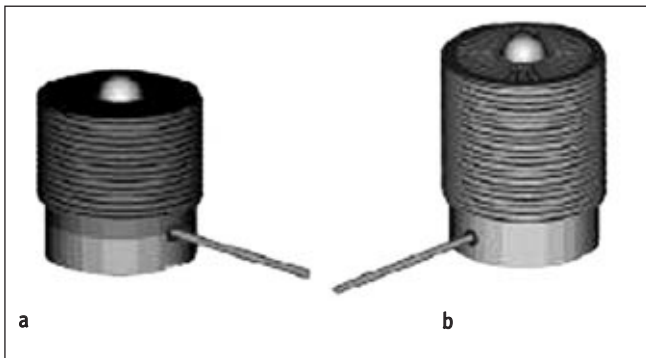
A 7. ábra mutatja az érzékelő mintalap-



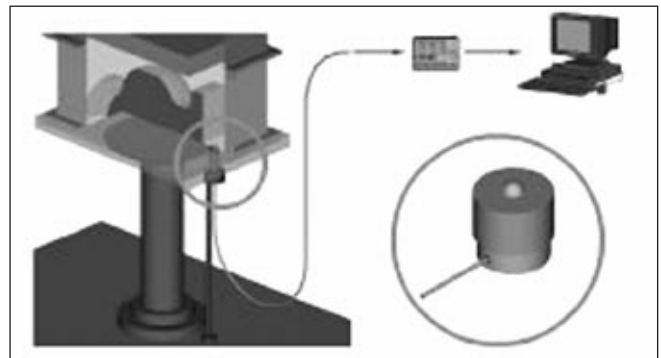
4. ábra. iCT keresztmetszet (a) és a sűrűségeloszlás utáni képfeldolgozás (b) a formában



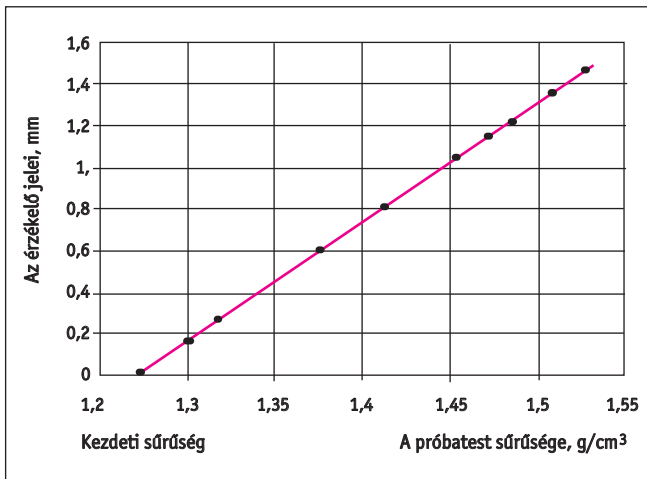
5. ábra. A formázóhomok feszültség- és sűrűségeloszlásának a szimulációja a – a sűrűség eloszlása, b – a formázórészecskek függőleges elmozdulása



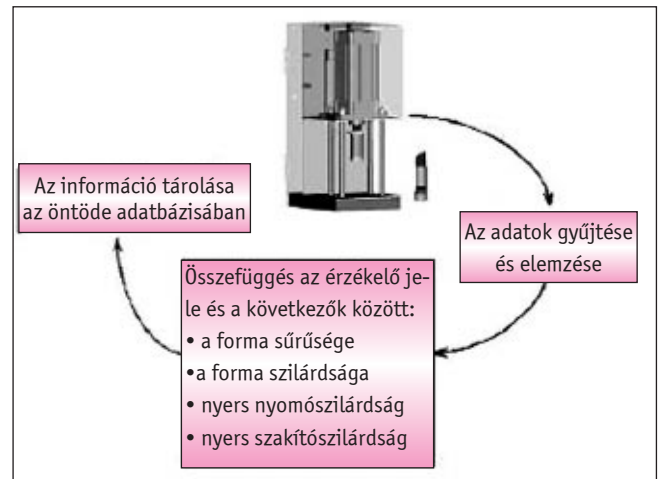
■ 6. ábra. Új mérőkészülékek. a – SP-P érzékelő, b – LP-I érzékelő



■ 7. ábra. Vázlat az érzékelő mintalapba való szereléséről



■ 8. ábra. Az érzékelő jelei a forma sűrűségének a függvényében



■ 9. ábra. A kalibrálási műveletek vázolata

ba szerelésének és a megfigyelő készülékeknek a vázlatát.

Erre a célra különleges átalakítókat fejlesztettek ki. Ezeket a mintalapba integrálják úgy, hogy a lap felületéből csak az érzékelő gömbje áll ki. A forma tömörítése során a mozgó formázóhomok által eredményezett erőt az adatgyűjtő rendszer rögzíti. Az érzékelő eredeti jele egyenértékű a gömb alakú érzékelő elmozdulásával a tömörítés alatt. A mérésekhez a gyártásban lévő homokból vett, 38,8%-os tömöríthetőségű, szabványos nyersformázó próbatesteket használtak. A próbatesteket a laza formázóhomok egyenlő mennyiségeiből készítették. A tömörítő nyomást 0,25 MPa-ról 2,00 MPa-ra növelték, 0,25 MPa-s lépésekben. Az érzékelt értékek és a próbatest sűrűsége között lineáris összefüggés van (8. ábra).

### Kalibrálás

Ha az új módszerrel különböző formatlajdonságokat kell mérni, ismerni kell a kölcsönhatásokat e tulajdonságok és a jel között. Az érzékelőt ezért kalibrálni kell.

Az érzékelő kalibrálásához vizsgálati próbatesteket kell készíteni az adott formázóanyagból. Ezekben a próbatesteken méri az érzékelő jelzéseit és a forma tulajdonságait. A kalibrálási eljárás vázlatát mutatja a 9. ábra. Az összegyűjtött adatokat számítógépi szoftver felhasználásával dolgozzák fel. Az eredményeket az adott formázóanyaghoz viszonyítják, és adatbázist építenek fel. Az adatátvitel kábellel vagy telemetrikus rendszerrel valósítható meg.

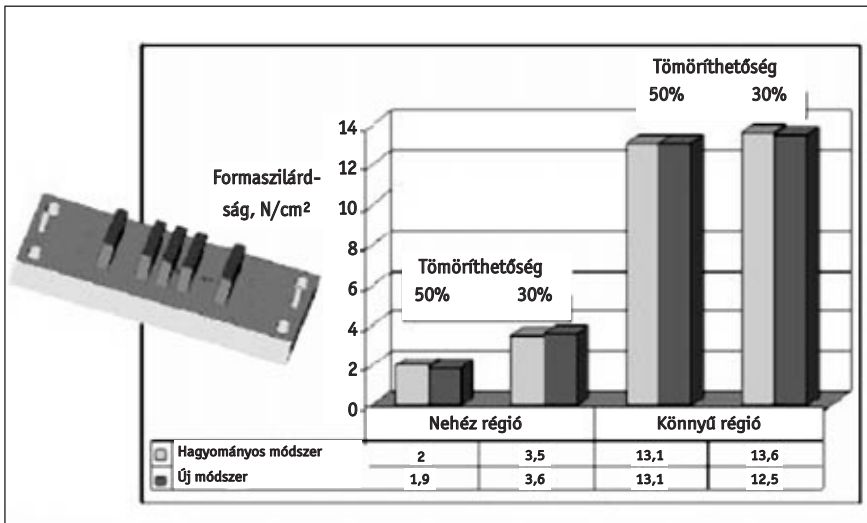
Az érzékelőket az öntödékben különböző célokra lehet használni:

- a formázógépek optimális beállítása állandó minőségű termék előállítására,
- a formaminőség folyamatos ellenőrzésére a tanúsításhoz,
- a mintalap és a szekrény közötti kiemelési eljárás vizsgálatára,
- a formázó eljárás és a minőségbiztosítás folyamatos tökéletesítésére.

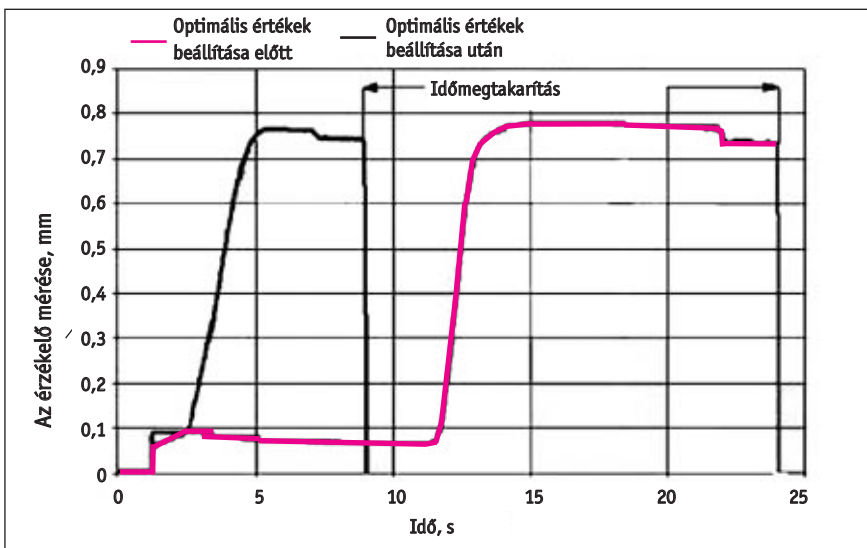
A szabványos próbatestekkel nyert kalibrálási eredmények érvényességét valós formákra a tényleges formagyártás során, különböző formázó eljárásokkal, többször vizsgálták. Bizonyították, hogy a próbatesteken kapott eredmények alkal-

mazhatók a tényleges formázó eljárásokra. A 10. ábra az ilyen kísérletek egyikét mutatja. A mérésekhez a gyártás nyersformázó keverékét használták. A mérések előtt az érzékelőket megfelelően kalibrálták. Az érzékelőket a mintalapra szerelték a formázás számára különböző nehézségi fokú helyeken. A mélység és a szélesség aránya az első helyen 3:1 volt (nagyon nehéz), míg a másodikon 1:1 (mérsékelt nehéz).

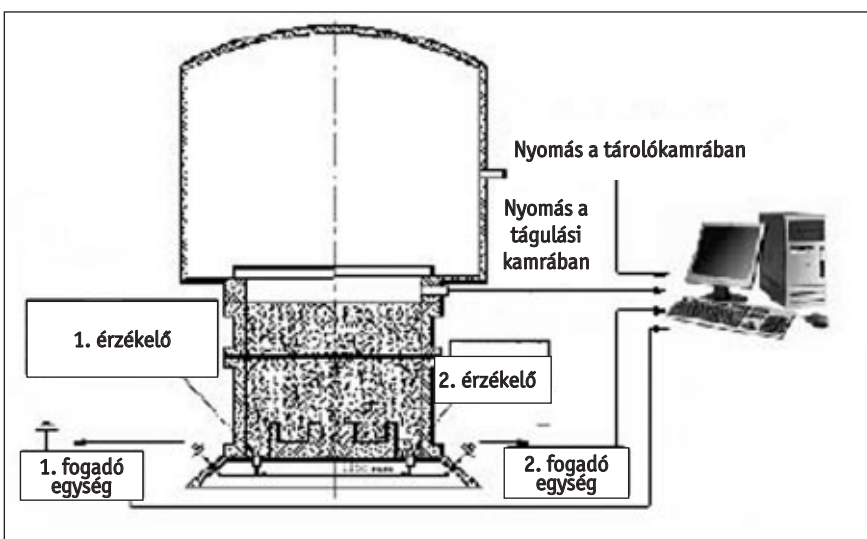
50 és 30%-os tömöríthetőségi értékeknél végeztek méréseket. A tömöríthetőségi értékeket manuálisan vitték be az adatgyűjtési csomagba. Formákat állítottak elő sajtolással. Az érzékelők által adott értékek kettős ellenőrzése céljából a formaszilárdságot manuálisan is mérték ugyanott, formázóhomok-vizsgáló műszerrel. A két módszerrel mért adatok jól egyeztek. Levonható tehát a következtetés, hogy a szabványos próbatestekkel nyert kalibrációs értékek gyártó környezetben is hasznosíthatók. Hasonló kísérleteket ismételték meg más formázási technológiákkal is, ugyanilyen jó eredményekkel.



■ 10. ábra. A formaszilárdság mérése közvetlenül a formán



■ 11. ábra. A fűvás és a sajtolás idejének optimalizálása a tömörítés alatt (időmegtakarítás: 15 s/forma)



■ 12. ábra. Ütveformázógép kísérleti elrendezésének vázlata

## Optimalizálás Air-impact és sajtoló formázógép

Air-impact és sajtolás művelet sorát alkalmazó formázógép tömörítési paramétereit optimalizálták. Air-impact formatömörítést végeztek 6 bar nyomású tárolókamrával, a szelepet 0,6 sec-ig tartották nyitva. Ezt követően a formát sajtolással, 1 MPa nyomással tömörítették.

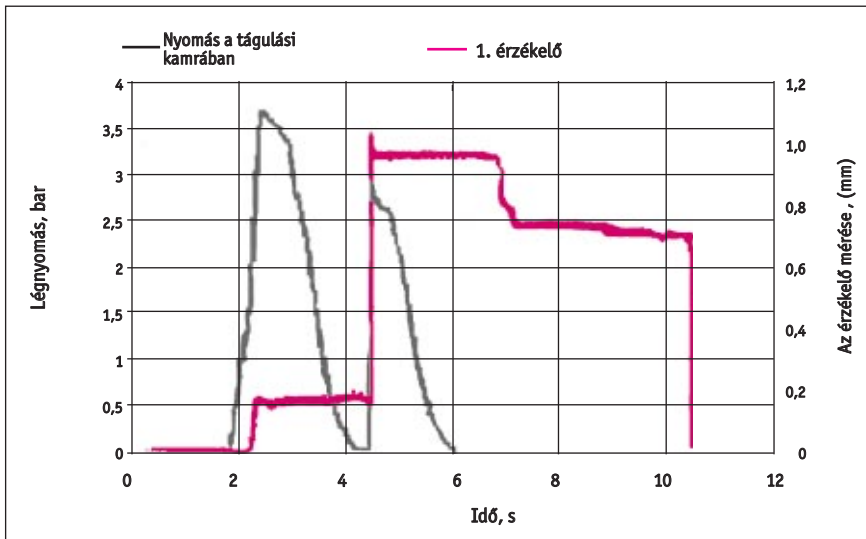
A 11. ábra a formázóhomok sűrűségének a mérését mutatja (piros görbe), a formázógép alapbeállításával. A mérést a forma elég nehezen tömöríthető helyen végezték. Ezen a helyen a mélység/szélesség arány 2,5:1 volt.

Ez a mérés érdekes jelenséget tár fel: A tömörödés nagy részét nem a fűvás, hanem a sajtolás eredményezi. A rövid tömörödési idő a fűvás alatt azt jelenti, hogy a formázóhomok azonnal nagy mértékben tömörödött. Ez egyensúlyt eredményezett a homokszemcsékre ható erők és a formázóanyag tömörítéssel szembeni ellenállása között, még mielőtt a nyomás a tágulási kamrában elérte volna a maximumát. A szelep zárása utáni légáram nem okozott semmilyen mérhető tömörödést, így a sajtolásos tömörödés dominált. Ezen felül arról számoltak be, hogy a sajtolás 10 s után kezdődött (lásd: bordó görbe). A termelékenység növelése céljából a tömörítést 1,5 s-mal korábban kezdték (fekete görbe). A sajtoló tömörítés utáni idő is csökkenthető, így egy forma gyártási ideje 9 s-ra csökkenthető. A formák minősége változatlan marad.

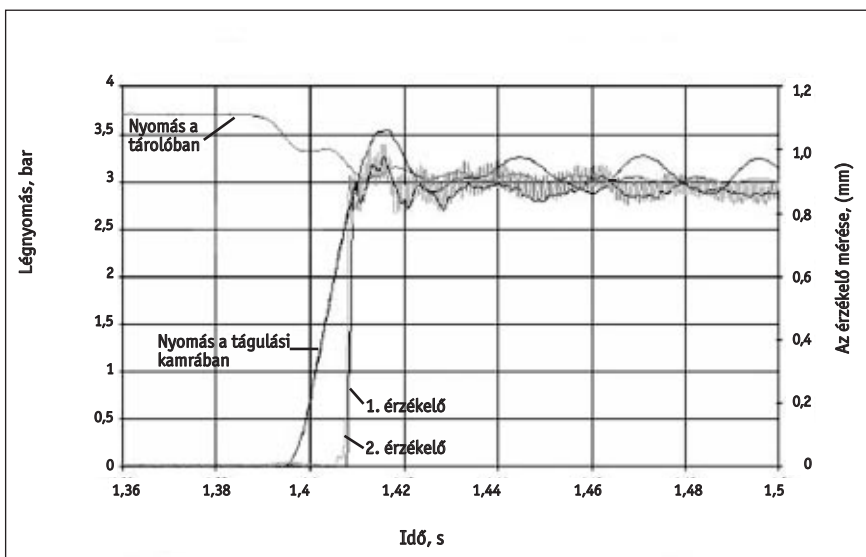
## Ütveformázógép

Az érzékelőket az ütveformázó technológia optimális paramétereinek beállítására is használták. A 12. ábra mutatja a kísérleti elrendezést. A szimmetrikus mintalapon két szimmetrikusan elhelyezett szenzor (1 és 2) rögzítette a homok mozgása által eredményezett erőket a tömörítés során. A mérések a tömörítő egységnek a formázószekrényhez való csatlakoztatásával kezdődtek, és 10 s-ig tartottak, ami magában foglalta az egész ciklust, a tömörítéssel és a kiemeléssel együtt. A sűrűség változásán kívül rögzítették a légnyomás értékeit is a tároló és a tágulási kamrában.

A formázóhomok tömörítését egymást követő előütéssel és a fő levegőütéssel hajtották végre. A 13. ábra bemutatja a



■ 13. ábra. Mérési felvétel a formázóhomok egymást követő levegő-előütéssel és fő levegőütés-sel végzett tömörítéséről



■ 14. ábra. Mérési felvétel a formázóhomok csak fő levegőütéssel végzett tömörítéséről

formázóhomok tömörítését és a légnyomás gradienseit a tágulási kamrában.

Nyilvánvaló, hogy az előütési gradiens nem elégséges a formázóhomok hatékony tömörítéséhez. A hatékony tömörítést csak a fő ütés hatása idézi elő.

Ez okból a tömörítés technológiáját megváltoztatták. Az előütést kikapcsolták, és a tömörítést csak a fő ütéssel érték el (14. ábra).

A szelep nyitása után a nyomás a tágulási kamrában gyorsan nő, a tárolókamrában enyhén csökken, míg a nyomások kiegyenlítődnek. A formázóanyag gyorsul a mintalap felé, és azután tömörödik a minta felületénél. Látható, hogy a tényle-

ges tömörödés gyorsan befejeződik. A nyomás oszcillációi a tágulási kamrában és a sűrűségi görbéken az ütés után azonnal lecsillapulnak. Ezek a lengések nem okoznak változást a formázóanyag sűrűségében. Látható, hogy mindkét érzékelőnél egyidejűleg lépnek fel. A formák minősége nem változik.

### Összefoglalás

A fentebb leírt mérőkészülékekkel az öntödei személyzetnek először van lehetősége megfigyelni a nyersformázó homok tömörödését a formázás alatt. Ez lehetővé teszi a formázógép paramétereinek az

adott öntvényhez való pontos beállítását. A formázóberendezés optimális értékekre való beállítása segít csökkenteni az energia- és az anyagfelhasználást, növeli a termelékenységet, és ennek eredményeként csökkenti a gyártási költségeket.

### Irodalom

- [1] E. Flemming – W. Tilch: Formstoffe und Formverfahren, p. 448, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1993.
- [2] J. Bast – A. Malaschkin – A. Kadauw: Gießerei 2005, 8, 23-27.
- [3] W. Tilch: Gießerei-Praxis 2004, 2, 53-62
- [4] A. Kadauw – J. Bast – T. Aydogmus: Statusbericht des Instituts für Geotechnik der TU Bergakademie Freiberg, 2006, 259-267
- [5] F. Zhou: No. 31, RWTH Aachen, 1997, 244.
- [6] R. Brinkgreve – B. Plaxis: Plaxis catalogue version 7, part 3: Material models manual. 1-1 – 4-11, 1998 Netherlands.
- [7] H. Makino, Y. Maeda – H. Nomura: CIATF Technical Forum Düsseldorf, 1999, 144-151.
- [8] P. A. Cundall: Proceedings of the Symposium of the International Society of Rock Mechanics, France, 1970 Paper II-8.
- [9] Z. Yifei – W. Junjiao: J. of American Foundry Society 2003, 3, 1-4.
- [10] A. Kadauw – J. Bast – D. Fiedler – I. Betchvaia – H.C. Saewert: Computer simulation of squeeze moulding and validation of results using Industrial Computer Tomography (ICT), Archives of Metallurgy and Materials, ISSN 1733-490, Vol. 52, 3/2007 Polen.
- [11] DISA Industrie AG; J. Bast – Malaschkin, Andrej: Sensor zur Messung der von der Sandbewegung hervorgerufenen Kraft während der Verdichtung tongebundener Formstoffe bei der Herstellung von Gießformen, Europäisches Patentamt, 22.02.2003, Aktenzeichen: 03706557.0-2122-EP030-1820

(Fordítás: Szende Gy.)

# Testvérlapjaink tartalmából

Prace Instytutu Odlewnictwa  
(Lengyelország)  
XLVIII. kötet, 2008. 3. sz.

## Balinski, A.: A kőszén égetése során képződött hulladék szállóhamu újrafeldolgozása formázókeverékek előállításához

Kutatási projektet hajtottak végre kőszén égetése során képződött szállóhamu felhasználásának lehetőségeire vonatkozóan. A hamut szemcsés alapanyagként hasznosították formázókeverékekben, és erősítő fázisként öntött alumíniumalapú (ALFA) kompozit anyagokban. A hazai szállóhamut az összetétel nagy stabilitása jellemzi (a fő vegyi összetevői tömegszázalékban:  $\text{SiO}_2 = 81,66$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 6,69$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4,37$ ,  $\text{CaO} = 4,29$ ,  $\text{MgO} = 1,57$ ). A vegyi összetételt a megfelelő fázisokkal (kvarc, mullit, larnit) és egyes tipikus fázisátalakulásokkal összefüggő hőmérsékletekkel (olvadáspont =  $1435^\circ\text{C}$ , folyási hőmérséklet =  $1494^\circ\text{C}$ , méretstabilitás  $1230^\circ\text{C}$ -ig) együtt határozták meg. Tártyalják a szállóhamu mosásának és mágneses szétválasztásának a hatását a héliumos sűrűségére, a fajlagos felületére, a vegyi és fázis-összetételére. A mosás jelentősen (mintegy 20%-kal) csökkenti a nátriumtartalmat, a kalciumtartalmat (mintegy 14%-kal) és a magnéziumtartalmat (mintegy 11%-kal), eltávolítva ezeket főként az üveges fázisból. Hatékonyan alkalmazva ez az eljárás csökkenti a szállóhamu valódi sűrűségét és fajlagos felületét is. A mágneses szétválasztás 26% körüli mennyiségben eltávolítja a mágneses részecskéket. Ezt a hatást rendszerint az alumínium-, a nátrium-, a kálium- és a kalciumtartalom csökkenése kíséri. A mágneses fázis eltávolításával esik a valódi sűrűség és a fajlagos felület értéke. Bemutatják a kutatási eredményeket a szállóhamu agglomerálási viselkedésére vonatkozóan, amikor a folyamatot tárcsás és nyomásos granulátorban végzik. Megállapították, hogy e két módszer egyike sem eredményez valóban kompakt és szilárd anyagot. Az előállított agglomerátumoknak porózus a szerkezete. A tárcsás granulátorokban előállított agglomerátumoknak határozottan nagyobbak a pórusaik. A vizsgált szállóhamut szemcsés alapanyagként alkalmazták

a Shaw-eljárásban használt formázókeverékek előállításához, a hőre szilárduló keverékeket használó eljárásban (nátriumszilikátos kötőanyaggal), és keverékekben a  $\text{CO}_2$ -eljáráshoz. Meghatározták az előállított formázókeverékek alapvető technológiai tulajdonságait, a termikus ellenállását és a maradó szilárdságát. Ezeket a keverékeket alkalmazhatónak találták öntödei formák és magok gyártásában fémötvözetek öntéséhez,  $1000^\circ\text{C}$ -ig terjedő hőmérsékleteken. Elemezték a szállóhamu-alapú formázókeverék hatását a vegyi összetételre és a fázishatár morfológiájára az alumíniumötvözetű öntvényben. Azt figyelték meg, hogy az öntödei keverékben alapanyagként használt szállóhamu nem hatott az öntött mikroszerkezet és a morfológia változásaira. Az olvadt alumínium és ötvözetek nagy reaktivitása ellenére, a vizsgált anyaggal való érintkezés során nem mutatkozott kölcsönhatás. A kész, szállóhamut tartalmazó kompozit hőkezelése után, ahol a szállóhamu erősítő fázisként működött, és 5%-os mennyiségben keverték be, az  $R_{\text{PO}_2}$  folyási szilárdság és az  $R_m$  szakítószilárdság 10%-os növekedését figyelték meg a hamu nélküli alumínium alapötvözet analóg értékeihez képest. Az  $A_5$  nyúlás 60%-kal csökkent, míg a HBW 5/250 55%-kal nőtt.

## Dudek, P. – Darlak, P. – Fajkiel, A. et al.: Alumíniumötvözetű nanomódosítók mechanikus ötvözéssel való előállítása megvalósíthatóságának a vizsgálata

Az emberi tevékenységekben növekszik a nanoanyagok alkalmazási területe. Az utóbbi néhány évben jelentősen nőtt az érdeklődés a nanotechnológia folyékony fázisú metallurgiában, különösen a fémek öntésében való alkalmazásának a különböző aspektusai iránt. Nanokristályos anyagokat nem csak fejlett dermedési módszerekkel, ultra-nagy dermedési sebességekkel vagy korszerű szórásimódszerekkel állítanak elő. Más eljárások, amelyeket eddig fém, fémötvözetű és kompozittermékek gyártásában használtak, amilyen a közönséges gravitációs öntés, szintén képezhetnek nanokristályos fázisokat az ötvözet szerkezetében a fá-

zisképződés in situ mechanizmusa révén. Sokat ígér a nanoanyagok in vitro alkalmazási lehetősége az öntőiparban, például erősítő fázisként fémátrixú kompozitokban vagy fémek és ötvözetek új generációs módosító anyagaiban. Az ötvözetek csíráképződése nanoméretű részecskéken garantálja a finomszemcsés szerkezet elérését a kezelt anyagokban. A módosító anyagokat mechanikus dezintegrációval és tiszta alumíniumpor titán-, karbon-, SiC- és/vagy bórhordozó vegyületekkel való ötvözésével állították elő. A kutatás területe a következőkre terjedt ki:

- az alumíniumalapú porok különböző arányú karbonnal, titánnal és bórral való mechanikus ötvözésének a vizsgálatai;
  - a módosító anyagok szerkezeti vizsgálatai (vegyi összetétel, szemcseméret).
- p. 31-47.

## Pirowski, Z. – Wodnicki, J. – Olszyński, J.: Bór és vanádium mikroadalékok ADI-ban (ausztemperált gömbgrafitos öntöttvasban). 2. rész: Saját vizsgálatok

A tanulmány második részében leírják vanádium és bór mikroadalékok szerepét ADI-ból készült vastagfalú öntvények szerkezetképződésének folyamatában. A kutatás során gömbgrafitos öntöttvas adagok két sorozatát készítették el, a fenti elemeket ötvözetlen gömbgrafitos öntöttvasba, valamint nagy nikkel- és réztartalmú gömbgrafitos öntöttvasba mikroadalékolva. Az adagokat vas-nikkel-magnézium mesterötvözetrel olvasztották. Elvégezték öntött ékpróbák dermedési folyamatának a termikus elemzését, az ötvözetek hőkezelését, majd vizsgálták az értékelték a bór- és vanádiumadalékok hatását a vizsgált öntöttvas edzhetőségére.

p. 49-56.

## Homa, M.: Fe-Cr-Al acél viselkedése nagy hőmérsékleten, oxidáló körülmények között. Áttekintés

Áttekintik az AFA (Alumina Forming Alloys = alumínium-oxid-képző ötvözetek) családjába tartozó Fe-Cr-Al acélok nagy hőmérsékleti oxidációs ellenállása kutatásának jelenlegi állását. Az ilyen acélok viselkedése forró gázokban intenzív kutatások tárgya. Nagy hőmérsékletű oxidáció során alumínium-oxid védőréteg képződik a fe-

lületükön, amelynek különféle kristallográfiai formái lehetnek. Ezenkívül, az  $Al_2O_3$  átalakulhat instabil  $\gamma$ -fázisból  $\delta$ -,  $\theta$ -, és végül stabil  $\alpha$ -fázisúvá. Az alumínium-oxid típusa függ a hőmérséklettől, az időtől és az atmoszféra összetételétől. Az alumínium-oxid fázisátalakulását az oxidációkinetika változása kíséri, mert az instabil oxidok gyorsabban növekednek, mint a stabilak. Ezenkívül a fázisátalakulás alatt a felületek morfológiai változása is megfigyelhető. Az instabil fázisoknak lemezkés, nagyon hosszú, vékony kristályos (tűkristályos) és pengeszerű kristályos formájuk van, ami minden esetben nagyon fejlett revelfelületet eredményez. A stabil  $\alpha$ -fázis oszlopkristályos szerkezetet mutat, megfelelő redős revelfelülettel. p. 57-85.

#### **Przegląd Odlewnictwa (Lengyelország) 58. k. 2008. 7–8. sz.**

##### **Sobula, S. – Tecza, G. – Rapała, M. et al: Hadfield-acél polimerekben történő hiperdezésének a hatásai**

Összehasonlították nagy Mn-tartalmú acélból (1,2% C és 12% Mn) készült, 1050 °C-ról vízben és polimer 8%-os vizes oldatában hiperdezett zúzógépi kalapácsöntvények mikroszerkezeti változásait. A mintákat a hőelvonó felületről 5, 15 és 45 mm távolságban vették az öntvény keresztmetszetéből (a legnagyobb falvastagság 90 mm, a tömeg 60 kg). Kimutatták, hogy ennek az öntött acélnek a szerkezete polimer oldatban történt edzés után, a kisebb hűlési sebesség ellenére nem rosszabb, mint a vízben edzett ugyanolyan öntvényé. A szerkezet ausztenites, de sokkal kisebb mennyiségű karbidal. Csak 45 mm mélységben voltak jelen a foszforos eutektikum kis, egyedi kiválásai, valamint nagyon kis, kombinált karbidok;  $(Fe, Mn)_3C$ . A vizsgálatok alapján úgy találták, hogy az alkalmazott hiperdezés polimerekben nem hat kedvezőtlenül a vizsgált acél mikroszerkezetére. p. 378.

##### **Górny, A.: Metals Minerals: az öntészeti szektor cégeinek a partnere, tanácsadója és szállítója**

A cikk leírja a Metals Minerals Co., a lengyel piac egyik vezetője tevékenységét.

Megalakulásától fogva a társaság szolgáltatásokat nyújt az öntödei szektornak, anyagokkal, készülékekkel és szakértés-

sel. Több ízben nyert el jutalmakat és kitüntetések, az együttműködése a szállítókkal és az ügyfelekkel partner-rendszert alkot, amely biztosítja a sikeres és nyereséges eredmények feltételeit. p. 386.

##### **Ciesielski, B.: Kalmínex alkalmazása felöntésekhez: a legrövidebb út a sikerhez**

Bemutadják a Kalmínex tápfejtét felöntéseken való alkalmazásának az előnyeit, és ismertetik, hogyan kell könnyen kiválasztani a megfelelő modult. A fém dermedési folyamatának az összehasonlítása a hagyományos felöntésben és a tápfejtéttel mutatja, hogy az utóbbi egyszerűsíti az egész eljárást, és a kihozatal növelésével jelentős gazdasági nyereséget hoz. Ismertetik a táplálórendszerek tervezésének a különféle módszereit és a tápfejtétek alkalmazásának a módszereit is. p. 396.

##### **Az új DISA231 formázó gépsor bevezetése a DISA új nemzedékének nagy tökéletesítése**

Az óránkénti 510 mag nélküli formáig terjedő sebességgel és a 0,1 mm vagy kisebb gépi eredetű eltérésekkel a DISA231 minimális sorjárást és faragást tesz lehetővé, és a nagyon sikeres DISA230 korszerűsítését jelenti. Még egy fokkal növeli a függőleges osztású formák gyártásának a teljesítményét. p. 404.

##### **Górny, Z.: Kobaltöntvények ötvözetei, szerkezete, tulajdonságai, olvasztása és öntése**

Leírják az öntészeti kobaltöntvényeket, a szerkezetüket, a tulajdonságaikat és az alkalmazási területüket, az erőforrások méreteinek, az éves kibocsátásnak, az árak alakulásának és az előállítási módszereknek a függvényében.

A cikk tartalmazza az olvasztás, az öntés és az öntvényfelület védelme leírását is. p. 420.

#### **Przegląd Odlewnictwa (Lengyelország) 59. k. 2009. 1–2. sz.**

##### **Sobczak, J. J.: Az öntőipar tegnap és ma – számok és tények**

A cikk számszerű adatokat mutat be Lengyelország és a világ öntvénygyártásáról. Az adott tények mély elemzése optimista irányú, és arra mutat, hogy más gazdasá-

gi ágazatokban a helyzet javulása várható, ezért mi is reménnyel tekinthetünk a jövőbe. Nagyon fontos az innovatív megoldások és korszerű technológiák bevezetése. A cikk az olvasókat vitára ösztönzi a lengyel öntőipar helyreállításának a módjairól úgy, hogy az ún. gazdasági lelassulásnak ne legyenek lényeges következményei. p. 10-17.

##### **Zych, J. – Bonderek, Z. – Krawczyk, Ł.: Kutatás Al-Si-ötvözetek termikus fáradással szembeni ellenállása területén, nagy terhelésű dugattyúöntvényekben**

A cikk mintegy 3,50% Cu-t, 0,80% Mn-t, 2,40% Ni-t és 0,20% Mn-t tartalmazó Al-Si-ötvözetekből készült nagy motor-dugattyúk különböző helyeiről vett minták termikus fáradása kutatásának az eredményeit ismerteti. A mintákat olyan helyekről vették, amelyeknek a hűlési sebessége megkülönböztethetően eltért. Az 50-350 °C hőmérsékletközben végzett kutatás az ötvözet termikus fáradással szembeni ellenállásának nagy anizotrópiáját jelzi. A dugattyú legvastagabb helyeiről vett próbák termikus ellenállása 20-30 ciklus körüli: hevítés-hűtés, míg a legnagyobb sebességgel hűlt helyekről vett próbáké több mint 200 ciklus. A termikus fáradással szembeni ellenállás anizotrópiáját az öntvény mikroszerkezete eredményezi a megfelelő helyein: a finomszemcsés szerkezet kedvez a termikus fáradásra vizsgált ötvözetek nagyobb ellenállásának. p. 18-21.

##### **Lepka, E. – Rzakosz, S.: Al-Si-fürdőben, Fe-C-Cr és Fe-C-Ni szintetikus ötvözeteken előállított mártott rétegek szerkezete**

A cikk ismerteti a nagy (1,5-1,8%) karbon-tartalmú Fe-C-Cr (4,5 és 14,5% Cr) és Fe-C-Ni (21% Ni) ötvözeteken, Al-Si-fürdőben előállított, mártott rétegek szerkezete kutatásának eredményeit. A fürdőből kiemelt mintákat öntöttvas számszámra helyezték, és folyékony AK9 típusú ötvözzel vonták be. A két ötvözet és a szilumin közötti kötés mikroszkópos és radiográfiai vizsgálatainak eredményeként meghatározták az egyes rétegek morfológiáját és vastagságát, valamint az elemek mennyiségi és minőségi eloszlását a keresztmetszetekben. Megvizsgálták az ötvözeteken a diffúziós rétegek morfológiájának és vastagságának a differenciálódását. A keresztmetszetekben az elemek koncentrációjának a változásai megfelel-

nek az Al-Si-fürdőben fellépő diffúziós folyamatok lefolyásának. Az összes vizsgált ötvözeteken a diffúziós rétegek fémközi komponensei a háromfázisú Al-Fe-Si rendszerből származnak, és az ötvöző elemek (Cr és Ni) ezeknek a fémközi fázisoknak a részeivé válnak. A hármás fázisok típusa a diffúziós rétegek metszetében változó.  
p. 22-25.

**Bonderek, Z. – Smorawínski, Z.: Nagy hőmérsékleti korrózió festékekkel és lakkal készített feliratokkal borított alumíniumfólia olvasztása során**

A cikk az 1000, 3000 és 5000 sorozatú ötvözetek szerves bevonatú betétanyagait nagy hőmérsékleti korróziós problémáját tárgyalja. A különböző tömegű betétek statikus olvasztásának a hatékonyságát mutatják be, különös tekintettel a vékony falú anyagokra.  
p. 26-31.

**Rzadkosz, S. – Oniszczyk, A.: A finomítási paraméterek hatása a magnéziumötvözetekből készült öntvények szerkezetére és tulajdonságaira**

Ismertetik a technológiai, olvasztási és öntési paraméterek AZ91 ötvözetből készült öntvények minőségére gyakorolt hatásának az elemzését. A kutatást laboratóriumi és üzemi szinten végezték. Ez tartalmazta a hőkezelés, nevezetesen az oldás és az öregítés hatásának a vizsgálatát az AZ91D magnéziumötvözetből készült öntvények öregítési paramétereinek, így hőmérsékletének és időtartamának a változtatásával. Értékeltek az ötvözet mikro szerkezetében fellépő nem folyamatos változások hatását.  
p. 32-35.

**Zamkotowicz, Z. et al.: A hűlési sebesség hatása az AlSi9Cu1 ötvözet szerkezetére és mechanikai tulajdonságaira**

Az öntvény különböző részeinek a hűlési sebessége ipari körülmények között széles tartományban változik. Ez lényegesen hat a képződő szerkezetre és így az öntvény tulajdonságaira. A jelen kutatási munka tárgya öntecsek kokilláiba öntött AlSi9Cu1 ötvözet volt. Vizsgálták az öntecsek szerkezetét és mechanikai ellenállását. Megállapították, hogy a hűlési sebesség csökkenésével az átlagos távolságok a dendritágak között (sDAS) nőnek, ami a szakítószilárdság ( $R_m$ ) csökkenését okozza. Azt is megállapították,

hogy a fémközi fáziskiválások méretei a hűlési sebesség csökkenésével nőnek.  
p. 36-39.

**Darłak, P. et al.: Differenciális kalorimetria (DSC) alkalmazása SiC-részecskékkel erősített, alumíniumalapú kompozit alkatrészek gyártási eljárásainak vizsgálatára**

A cikkben ismertetik pásztázó differenciális kalorimetria alkalmazását a fürdő hőmérséklete Al-5 tömegszázalék SiC kompozit átolvasztási degradációjának a fokára gyakorolt hatásának vizsgálatára. A kutatási eredmények bizonyítják, hogy a SiC bomlása lép fel a mátrix/erősítés határon, amint a mátrix (Al) eléri a folyékony állapotot. A bomlás foka főként a kompozit anyag előmelegítési hőmérsékletétől függ.  
p. 40-43.

**Darłak, P. et al.: Kompozit anyagú öntvények külső nyomás alkalmazásával végzett gyártásának kiválasztott jellemzői**

A cikk bemutatja szállóhamu-részecskékkel erősített, alumíniumötvözet alapú tixotrop kompozitok (ALFA, azaz Alumínium + Fly-Ash) gyártásának a vizsgálati eredményeit. Ismertetik az AlSi9 alumíniumötvözet és szállóhamualapú, kompozit agglomerátum gyártására szolgáló „mesterötvözet” előállításának kiválasztott technológiai aspektusait, valamint tixotrop anyagból öntvény sorozat előállítását hidegkamrás nyomásos öntéssel. A kutatási eredményekre vonatkozó információ, technológiai jellege miatt (know-how) értékes forrásul szolgálhat a jövőben kompozit anyagú öntvények ipari méretű gyártásának a megvalósításához. Vizsgálták az előállított öntvények vegyi összetételét, mikro szerkezetét és mechanikai tulajdonságait, hogy meghatározzák a tárgyaló öntési módszer alkalmazhatóságát, különös tekintettel a meghatározott paraméterek eloszlásának egyenletességére.  
p. 44-47.

**Czekaj, E. et al.: AZ91 magnéziumötvözet mechanikai tulajdonságainak függése a gyártásának módjától, valamint a hőkezelésének fajtájától és paramétereitől**

A közlemény célja jelezni az AZ91 típusú magnéziumötvözet gyártási módszere (öntés homokformákba és kokillákba) és a képlékeny alakítása (extrudálás), valamint klasszikus hőkezelési módja (oldás és/vagy

öregítés), és hőmérséklet-idő paramétereinek hatását a mechanikai tulajdonságaira. A kutatás nevezetesen érintette a mechanikai alaptulajdonságok ( $R_m$ ,  $R_{p0,2}$  és  $A_5$ ) meghatározását statikus szakítóvizsgálattal, valamint a keménység (HB) vizsgálatát Brinell-módszerrel. A kutatás demonstrálta, hogy az AZ91 ötvözet mechanikai tulajdonságai lényegében szabályozhatók a vizsgált tényezőktől függően.  
p. 48-55.

**Kozana, J. et al.: Az alumínium és a szilícium nikkeles sárgarezek mikroszerkezetére és szilárdsági tulajdonságaira gyakorolt hatásának értékelése**

A cikk bemutatja az alumínium és a szilícium nikkeles sárgarezek mikroszerkezetére és szilárdsági tulajdonságaira gyakorolt hatása kutatásának eredményeit. Az eredmények demonstrálják az alumínium, valamint a szilícium mint ötvöző elemek erős kölcsönhatását a vizsgált sárgarezekben. Ezek az ötvöző elemek növelik a nikkeles sárgarezek szilárdságát és keménységét, csökkentve a képlékenységet.  
p. 56-57.

**Dudik, M. – Płonka, S. – Kliś, M.: Fémek ütési szikrázásának elemzése**

A gépekben általánosan használnak öntvényeket. A robbanásveszélyes helyeken azonban különleges vizsgálatoknak vetik alá a szerkezeti anyagokat. A közlemény tárgyalja egyes olyan ötvözetek tulajdonságait, amelyeket az ütközéses szikrázás veszélyének kitett gépelemekhez szánnak.  
p. 58-61.

**Bonderek, Z. – Krawczyk, Ł.: Hőterheléses kölcsönhatási zónák hatása belsőégésű motorok dugattyúinak adott funkcionális elemeire: Sziluminok jellemzői az öntvény adott zónáiban**

A cikk ismerteti a termomechanikus kölcsönhatási zónák hatását belsőégésű motorok dugattyúinak adott szerkezeti elemeire. Jellemzik ezeket a területeket a dugattyúk ötvözeinek a fizikai tulajdonságai, valamint az említett anyagok dermedésének elemzése tekintetében. A kutatás alapját nagy terhelésű dízelmotorok dugattyúi képezték. Információkat szolgáltatnak az ellenőrzési módszerekről is, a dugattyúgyártás minőségi problémáira vonatkozóan, az öntési eljárástól az öntvények mechanikai megmunkálásáig.

**Slévárenství (Cseh Köztársaság)**  
LVII. kötet, 2009. 3–4. sz.

**Nováková, I. – Nová, I.: Al-Si ötvözetekből készült nyomásos öntvények szerkezete**

A nyomásos öntési módszer egyik technológiai paramétere az úgynevezett pótlólagos nyomás: a nyomásos öntőforma üregében a dermedő olvadéokra gyakorolt fajlagos nyomás. Ennek a magas értéke egyrészt csökkenti a szerszám élettartamát, és növeli a nyomásos öntő gépek kieső idejét, másrészt csökkenti a nem kifolyt öntvények mennyiségét és a megszilárdult öntvényekben maradt levegő (porozitás) térfogatát, javítva így a minőséget (szilárdság, tömör-

ség stb.). A közlemény foglalkozik a pótlólagos nyomás hatásával az AlSi12Cu(Fe) ötvözetekből készített, vékony falú, lap alakú öntvények keletkező szerkezetére, különösen a mechanikai tulajdonságaira.  
p. 75-79.

**Ružbarsky, J.: A nyomásos öntés technológiai paramétereinek hatása az öntött szerkezetre**

A közlemény leírja a technológiai paraméterek hatását az egy szerszámban, nyomásos öntéssel készült jobb és bal szakító próbatestöntvények minőségére. A próbatesteket 620-660 °C hőmérsékletű alumíniumötvözetből öntötték, 0,25-1,2 ms<sup>-1</sup>

dugattyúsebességgel. Az egyéb paramétereket állandó szinteken tartották. Tekintettel a rávágás és az öntvény vastagsága közötti különböző arányokra, az áramlás sebessége a jobboldali próbatestnél nagyobb, mint a baloldalinál. A makroszkópiai megfigyelésekkel összhangban, a forma kisebb töltése az öntési ciklus kezdete előtt, különösen a baloldali próbatesteknél tapasztalható, nagy üregekkel középen vagy excentrikusan. A legjobb mechanikai tulajdonságai a kis porozitású, kis dugattyúsebességgel öntött próbatesteknek vannak.  
p. 80-82.

**Szende György**

**MÖSZ HÍREK**

**Áadták a Magyar Öntészeti Szövetség 2009. évi díjait**

A Magyar Öntészeti Szövetség 2009-ben is meghirdette a MÖSZ-díj pályázatokat az Életmű, a Kiváló Fiatal Öntész és az Eredményes technológia- és gyártmányfejlesztés kategóriákban.

A díjazottakat a díj odaítélésére felkért kuratórium elnöke, dr. Takács Nándor méltatta, míg az elismeréseket dr. Sohajda József, a MÖSZ elnöke adta át ünnepélyes keretek között, a szövetség 2009. május 27-én, a ráckevei Savoyai-

kastélyban tartott, XVIII. közgyűlésén.

2009-ben a MÖSZ Életműdíját Kálmán Béla okl. kohómérnök, az apci Qualiform Zrt. műszaki igazgatója nyerte el „Az alumínium kokillaöntvény-gyártás, különösen a műszakilag bonyolult homokmagos alumínium kokillaöntvények technológiájának magyarországi bevezetésében és fejlesztésében 1968 óta végzett munkássága elismeréseként”. A díjat Kálmán Béla személyesen vette át.

A kuratórium Kiváló Fiatal Öntész-díjat nem ítelt oda, mivel e kategóriában idén nem érkezett be pályázat.

Az Eredményes technológia- és gyártmányfejlesztés kategóriában a MÖSZ-díjat pályázatával idén a Csepel Metall Vasöntőde Kft. nyerte el. A pályázók (Göloncsér Pál, Nagy László, Püspöki Erzsébet, Szabó Gábor) több éves előkészítő munka után megoldották az öntődében keletkezett használt homokok, azok finom frakciójú porai gyűjtésének, tisztításának, szállításának, tárolásának és újrahasonosításának (feldolgozás speciális cementek gyártásához a Lábatlani Cementgyárban) kérdését. A díjat Göloncsér Pál öntődevezető vette át.

**Dr. Hatala Pál**

**MAGYARORSZÁG ÖNTVÉNYTERMELÉSE (2007-2008)\***

Értékek t-ban

Megnevezés	2007	2008
Lemezgrafitos vasöntvény	49230	31133
Gömbgrafitos vasöntvény	20011	15750
Vermikulárgrafitos vasöntvény	361	1589
Temperöntvény	33	16
<b>Vasöntvény összesen</b>	<b>69635</b>	<b>48488</b>
Ötvözetlen acélöntvény	3321	4224
Ötvözött acélöntvény	2619	3414
<b>Acélöntvény összesen</b>	<b>5940</b>	<b>7638</b>
Ebből precíziós öntvény összesen		573
Alumínium kokillaöntvény	53919	40823
Alumínium nyomásos öntvény	43011	49298
Alumínium homoköntvény	346	221
<b>Alumíniumöntvény összesen</b>	<b>97276</b>	<b>90342</b>
Bronzöntvény	806	363
Sárgaréz öntvény	1010	1044
Cinköntvény	3566	2950
Egyéb nehézfém öntvény	551	490
Nhézfém öntvény összesen	5933	4847
Ebből precíziós öntvény összesen		12
<b>ÖSSZES ÖNTVÉNY</b>	<b>178784</b>	<b>151315</b>

\*MÖSZ adatgyűjtés



**1. kép.** Az Életműdíjas Kálmán Béla és a Csepel Metall öntődevezetője, Göloncsér Pál

## Az Öntészeti Tanszék dísztárgyai, keletkezésük története. A TEMPUS-tál

A Miskolci Egyetem Öntészeti Tanszékén, a műhelycsarnok lehetőségeit kihasználva, szinte a tanszék megalakulása óta öntenek dísztányérokat, dísztálakat. A végzős öntő évfolyamok hallgatói készítenek emlékül maguknak öntött tálát egy-egy régi, a 19-20. század fordulójáról származó díszöntvény natúr mintaként történő beformázásával, amelynek középső kerek részébe az aktuális emlékszavakat is beleöntik.

Komolyabb minták készítésére a tanszéken tevékenykedő *dr. Jónás Pál* okl. kohómérnök, adjunktus vállalkozott, akinek kezügyességét, művészi érzékét számos emléktárgy (dísztányér, dísztál, plakett) mintájának elkészítése, ill. a tárgyak öntött és szépen kikészített változatai dicsérik.

Ezek a korlátozott számban, legtöbbször öntöttvasból készült tárgyak az Egyetem, a Kohómérnöki Kar vagy az Öntészeti Tanszék egy-egy jeles eseményéhez kötődnek, de ilyen emléktárgyak készültek akkor is, ha a tanszék vezetői, oktatói, az őket meglátogató jeles személyiségek, külföldi professzorok, vendégek részére ajándékot nyújtottak át, hogy az a vendégeket otthonukban vagy munkahelyükön is emlékeztesse a miskolci egyetemen töltött napokra. Természetesen ilyen dísztányérokat, emléktárgyakat vittek a tanszéki kiküldetésben külföldön járt oktatók is, jó néhányszor az egyetem vezetői is.

Sorozatunkban ezekről a dísztárgyakról adunk bővebb információt.

A képen látható, szép kivitelű öntöttvas tál 1994-ben készült, tervezője és mintájának készítője szintén *dr. Jónás Pál* volt. Ekkor fejeződött be a Miskolci Egyetem Öntészeti Tanszéke, az Aaleni Műszaki Főiskola, a Delfti Műszaki Egyetem és a Limericki Műszaki Egyetem hároméves, közös TEMPUS-projektje (JEP 2160).

A dísztál 250 mm átmérőjű, tömege 1250±50 gramm, átlagos falvastagsága 2,5 mm. Egy példányát az Öntödei Múzeum is őrzi. A talpára öntött dísztál szélén a TEMPUS-projektben résztvevő intézmények nevei vannak feltüntetve. A középen látható embléma TEMPUS felirata alatt a JEP 2160 szöveg látható. A központi embléma körül a TRANS EUROPEAN MOBILITY SCHEME FOR UNIVERSITY STUDIES felirat olvasható.



■ 1. ábra. Az 1994-ben készült, öntöttvas Tempus-tál

A TEMPUS-projekt megfogalmazott célja a hazai nyomásos öntészeti oktatás elméleti színvonalának fejlesztése és tárgyi feltételeinek bővítése volt. Ennek érdekében az Öntészeti Tanszék két oktatója (*dr. Tóth Levente* egy. docens és *dr. Dül Jenő* egy. docens) 1991–94 között megszakításokkal, de összességében több mint egy-egy évig tanulmányozták az Aaleni Műszaki Főiskolán folyó nyomásos öntészeti oktatást, és gyűjtötték az anyagot a Nyomásos öntés című tantárgy egyetemi jegyzetének megírásához.

A *dr. F. Klein* aaleni professzor és *dr. Szalai Gyula* tanszékvezető által irányított hároméves projekt keretében több mint száz magyar egyetemi hallgató, oktató és üzemi szakember töltött el hosszabb-rövidebb időt a társintézményeknél, továbbá a TEMPUS-projektet támogató korszerű külföldi nyomásos öntödékben, ahol bővítették szakirányú ismereteiket. A társintézmények professzorai 1992–94 között évről évre egy-egy hetes továbbképzéseket tartottak Miskolcon a nyomásos öntészet időszzerű kérdéseiről.

Az előadássorozatokon *dr. F. Klein* minden alkalommal, *dr. H. Nieswaag* (TU Delft), *dr. Hileri* (U. Limerick) és *dr. L. Katgerman* (TU Delft) egy-egy alkalommal tar-

tott előadást a hazai nyomásos öntödék szakembereinek és egyetemi hallgatóknak.

A Miskolci Egyetem Kohómérnöki Kar öntészeti ágazatán a TEMPUS-projektet megelőzően a nyomásos öntészet oktatása a Fémöntés című tantárgy keretén belül történt. A féléves tantárgy keretében a rendelkezésre álló idő első felében a könnyűfémek, a színes- és nehézfémek gravitációs öntésének, a második felében a nyomásos öntésnek az oktatására került sor. A tárgy a TEMPUS-projektet követően önálló tantárgyként, a Fémöntés és a Nyomásos öntés elmélete és gyakorlata címen került oktatásra.

A nyomásos öntészeti oktatás tárgyi feltételeinek javításához a TEMPUS-projekt végén az Öntészeti Tanszék egy DAV 40-es melegkamrás nyomásos öntőgép birtokába jutott, így a gyakorlati oktatás feltételei is megteremtődtek.

Másik fontos eredmény, hogy a TEMPUS-projekt időtartama alatt a társintézmények között kialakult együttműködésnek köszönhetően a közösen végzett kísérletek, vizsgálatok feldolgozásával az elmúlt években az Aaleni Műszaki Főiskolán és ME Öntészeti Tanszékén készült két PhD-disszertáció sikeres megvédésére is sor került.

✍️ L.K.K. – J.P.

## Visszaállították egyik legrégebbi öntöttvas síremlékünket

2008 júliusában a Debreceni Köztemetőben szétvágták és ellopták *Sesztina Jánosné, Bészler Susanna* öntöttvas síremlékét.

A síremléket a vaskereskedő Sesztina-cég alapítója feleségének emlékére állították 1836-ban, aki maga is vaskereskedő családból származott. A síremlék egyidős Csokonai öntöttvas emlékgúljával, egyszerre hozatta őket *Sesztina János* vaskereskedő a művészi öntöttvas műveket készítő, híres ungvári (turjaremetei) vasgyárból. A síremlék a művészi kivitelű Sesztina-kriptával és a mellette elhelyezett régebbi, szintén a Sesztina családhoz kapcsolódó síremlékekkel együtt Debrecen történetének több mint 170 évét teszi meg.

A Sesztina család komoly szerepet vitt Debrecen városában, minden erejükkel a fejlődést segítették az elmúlt évszázadokban. A vas nagy- és kiskereskedelem fellendítésén kívül az István Gőzmalom, több gyár és műhely létrehozásában és működtetésében döntő szerepet játszottak. Támogatták a magyar vállalkozókat, meghatározó szerepük volt a Déri Múzeum alapításában és működtetésében, a Debreceni Kereskedő Társulatban, a Debreceni Köztemető felállításában. A Sesztina család leszármazottai országos viszonylatban is jól használták tehetségüket az évszázadok során mindmáig.

A család képviselője az ellopott síremlék előkerítéséhez segítséget kért a rendőrségen kívül a család történetével szorosan összekapcsolódó szervezetektől, Debrecen polgármesterétől, a Debreceni Kereskedelmi és Iparkamara elnökétől, a Hajdú-Bihar megyei múzeumok, ill. a Déri Múzeum igazgatójától és a debreceni Rotary Club elnökétől, hogy hatókörükben tegyenek meg mindent, részben a síremlék előkerítéséért, részben az esetleges további hasonló esetek megelőzése érdekében. A Debreceni Köztemetőt üzemeltető AKSD Kft. is mindent megtett a síremlék előkerítéséért és a nagy kiterjedésű, mintegy 60 hektáros köztemető védelmének erősítéséért.

Az azonnali lépések és a rendőrség, az említett szervezetek és a lakosság együtt-

működése eredményeként előkerült a síremlék alsó részének öntvénye, s fényképek alapján lehetővé vált a restaurálás és a visszaállítás (1. kép).

A síremléket 2009. május 29-én avatták fel eredeti helyén. *Nagybákay Krisztina*, a család leszármazottja mondott ünnepi beszédet, köszönetet mondva mindazoknak, akik segítettek a visszaállításban. Megköszönte *Pusztai Lászlónak*, a Magyar öntöttvasművészség c. könyv írójának, *Lengyelne Kiss Katalin* múzeumigazgatónak és a helybéli *Illyés Mihály* öntöttvas gyűjtőnek értékes útmutatásait, *Kőfalusi Györgynek*, az ózdi öntöde igazgatójának a szállításban nyújtott segítségét. Azoknak is köszönetét fejezte ki, akik segítettek a keresésben, s felfedezték a síremlék fődarabját egy hulladéktelepen, valamint azoknak a szervezeteknek és személyeknek, akik anyagilag is hozzájárultak a helyreállítás költségeihez.

„Ez az öntöttvas kocka és gúla, a maga súlyos és tiszteletet parancsoló megjelenésével hivatott volt a mély gyász, a veszteség kifejezésére, mely a családot a családanya távozásával érte.

Számunkra most más jelentősége is van. A síremlék megrongálójára milliós kárt okozott, noha a vasanyag eladásával összesen 21 ezer forintra jutott. A helyrehozás több mint egymillió forintba került, a síremlék eszmei értéke pedig koránál fogva ennél sokkal több volt. A közösségnek az ilyen tolvajlásokból mérhetetlen kára van, a tolvajnak pedig csak egy-két napra élethez futhatta belőle.

Mégis, mindannyiunknak van valami haszna ebből a szomorú káreseményből. Számunkra a visszaállítás története példát mutat akár a minket is sújtó hazai és nemzetközi eredetű válság következményeinek leküzdéséhez. Mert ez a visszaállítás a mai időkben oly ritka széleskörű együttműködés eredményeként történt, a leszármazottak, mintegy 50 család, és a barátok, eddig nem ismert új ismerősök, tisztességes, segítőkész emberek együttműködése kiválóan működött.

Büszke vagyok családtagjainkra, a Sesztina leszármazottakra, a Nagybákay, Münnich, Boross Tóby, Szentgyörgyvölgyi,



■ 1. kép. A hulladéktelepen megtalált táblarész. Felirata: Emelték kesergő Férje Sesztina János és gyermeki Lajos, Károly, Terezia és Amalia. 1836.



■ 2. kép. A felavatásra váró öntöttvas síremlék. Felirata: Nemes Nemzetes Bészler Susanna Asszonynak ki született 1796. Megholt 1835.

Bárczay, Kemény Beke, Kovács, Török, Husztik, Szilágyi, Cserhádi családokra és gyermekeikre, akik közös akarattal áldoztak a visszaállításra. Kegyelettel őrzik őseik emlékét, megbecsülik az őseik által emelt emlékműveket, a szép kézműves munkát, és ismerik az együttműködést, mint a siker titkát.”

A hiányzó lapok öntését és a restaurálást a szlovákiai kunaplócai (ma Kunová Teplica) SMZ öntödéjében végezték. A felújított síremlék a 2. képen látható.

✍️ L.K.K.

FOGARASI BÉLA – PILISSY LAJOS

## Ötven évvel ezelőtt indult a kísérleti magyar magnéziumkohó\*

*A tárgykörben korábban megjelent dolgozatok összefoglalása. Az apci kísérleti magnéziumkohó létesítésének okai, szükségessége, helyének kiválasztása. A retortás és forgódobos vákuumkemence és ezek segédberendezéseinek (brikettprés, kalcinálókemence) építése, üzembe helyezése. A működtetésük során szerzett tapasztalatok és felmerülő problémák, különös tekintettel a kihozatali viszonyokra. A kísérleti üzemmódban végzett termelés kiértékelése előtt a KGM a kohót leállította, s helyén az akkor induló járműprogram beszállítójaként elrendelte egy új alumíniumformaöntőde létesítését. A magnéziumkohó létesítésére vonatkozó tervek utóélete.*

### Bevezetés

A szerzőpáros azért határozta el, hogy dolgozatot ír a napjainkban ismét népszerű témáról, a hazai magnéziumkohászat megteremtéséről, mert más vonatkozásban ugyan, de mindketten a kezdetektől a végéig foglalkoztak e témakörrel.

Fogarasi Béla a Fémkohászati Tanszéken eltöltött időszak után az Apcon létesített Fémtermia Vállalat főmérnöke, műszaki vezetője lett, majd a megszüntetett kísérleti magnéziumkohó után levezényelte az öntödévé való átalakítást. Végül Apról ment nyugdíjba.

Pilissy Lajos, mint pályakezdő, már a budapesti MÁVAG fémöntődjében foglalkozott időszakosan magnéziumolvasz-

tással, majd pár évvel később a Fémipari Kutató Intézetben (Fémkut) annak a Jakóby Lászlónak lett függetlenített aspiránsa, aki a hazai magnéziumkohászat megteremtésének élharcosa volt. Pilissy a teljes magnézium témakörből felvételi vizsgát tett a Tudományos Minősítő Bizottságban, majd magnéziumkohászatból, -öntészetből, -technológiából és -metallografiából tette le hazánkban ebben a témakörben egyetlenként a kandidátusi vizsgát. Témája a szilikotermikus magnéziumkohászat salakjainak vizsgálata volt. Hogy mégsem ebből a témakörből kandidált, annak oka az volt, hogy e témát felsőbb utasításra leállították, mondván, amelyik témának nincs ipari háttere, abban a témakörben nem lehet

védetni, pedig munkájával gyakorlatilag készen volt.

Dolgozatunkban sok olyan adalékot közlünk, amelyek sohasem láttak napvilágot, sem akkoriban, sem napjainkban.

Mindenekelőtt néhány megjegyzést fűzünk az utóbbi évek hazai magnéziumirodalmához. Örömmel üdvözlöttük a BKL 2005. évi 5-6. számában és a 2006. évi 2. számában megjelent magnézium tárgyú cikkeket, a Dobránszky János és szerzőtársai által közölt kétrészes írást [1]. Irodalmi összefoglalója tartalmazza mindazt, amit a magnéziumfémről, ennek ötvözeteiről, tulajdonságairól, előállításáról, külkereskedelméről, felhasználásáról stb. a szakembernek napjainkban tudni illeik. A szerzők sajnos nem említik a múlt század magyar kutatóinak, kohászainak e tárgyban tett erőfeszítéseit.

Dr. Bódi Dezső cikke [2] az előbbi dolgozatnak ezt a hiányosságát igyekszik pótolni: visszatekint a magyar kísérleti magnéziumkohó úttörő szerepére, melynek sikerén a Fémkut és az apci Fémtermia Vállalat lelkes szakemberei éveken keresztül fáradoztak. Előzményként említi a II. világháború alatt épült diósgyőri – tragikus

**Fogarasi Béla** aranyokleveles kohómérnök 1929-ben született. 1953-ban Miskolcon fémkohómérnöki oklevelet szerzett. Itt először az Elemző Vegytani Tanszéken demonstrátor, majd a Fémteni Tanszéken két évig tanársegéd. Ezt követően 1955-től 1989-es nyugdíjazásáig Apcon dolgozott, kezdetben a Fémtermia Vállalat főtechnológusaként, majd főmérnökeként. 1965-től az újonnan létesített Qualital alumíniumformaöntőde vezető kutatómérnöke, majd műszaki főtanácsosa. Tevékenysége mind-

két szakterületen igen szerteágazó. Munkásságát több állami kitüntetéssel méltányolták, de ezt tette Egyesületünk is az apci helyi szervezet létrehozásáért és sokéves vezetéséért.

**Dr. Pilissy Lajos** aranyokleveles kohómérnök 1925-ben született. A ciszterciák bajai III. Béla Gimnáziumában érettségizett. Kohómérnöki oklevelét 1949-ben szerezte meg. 1962-ben elnyeri a műszaki tudomány kandidátusa és az egyetemi doktori címet. Két műegyetem négy karán folytatott okta-

tói tevékenységéért címzetes egyetemi docens. Három évig a budapesti MÁVAG fémöntődjének üzemmérnöke, műszaki vezetője. 15 évig a Fémkutban dolgozik a Kohászati, majd az Elektrometallurgiai Osztályon, végül a Tiszta Fémek Osztályának vezetője. 1965-85 között a Vaskut dolgozója, ahol az Öntődei Osztályon belül megszervezi a fémöntészeti, súlyponttal a nyomásos öntészeti kutatást. Itt tudományos csoportvezető, végül osztályvezető. Az OMBKE-nek 1948-tól tagja, tiszteleti tag.

\* A kézirat 2008 decemberében érkezett.

végű – magnéziumkohót, mint dolomitkincsünk feldolgozásának legelső próbálkozását, melyet befejezetlenül, anélkül hogy termelt volna, a szovjetek jóvátételként leszereltek.

A „Volt egyszer egy magyar magnéziumkohó” megemlékezés dicséretes kohászat-történeti anyaggá válhat, ha néhány vonatkozásban kiegészítjük, pontosítjuk. Pontosításra szorul a cikk azon kijelentése, hogy „...1956-ban Apcon megépült a kísérleti üzem”. Ez a valóságban mintegy két évvel később, 1958-ban következett be, és csakis olyan mértékben, hogy az esztendő IV. negyedében indulhattak be a kísérletek. A dolgozat ábráinál is pontosítani kell néhány esetben a képaláírást vagy a kísérőszöveget. A 3. ábránál, az apci kohó adatai után a következő mondat olvasható: „A forgó retortás kemencét tovább fejlesztettük és az új kísérleti kemencét a Fémipari Kutató Intézetben állították fel.” Ismeretes, hogy a kemence, illetve retortái sohasem forogtak. A 3. ábrán nem ez, hanem az intézet udvarán fekvő, korábban használt és leállított kalcinálókemence képe látható (ezen ül a szerző és társa), mint ahogy a kép alatt a helyes szöveg olvasható. Bódi dolgozatának 4. ábráján a vállalat ferroötvözetgyártó részlegének épülete látható, nem pedig a kísérleti magnéziumkohóé. Az 5. ábra a magnéziumkohó csarnokának keleti oldalát mutatja, balra a retortás, jobbra a dolomitkalcináló kemence kéménye, középen az elektromos fűtésű forgódobos vákuumkemence transzformátorháza látható.

Meg kell jegyeznünk, hogy az üzemi adatokat illetően a fajlagos energiafogyasztás csupán a színítésre, a magnéziumkristály egységére vonatkozik, mert a tömbösített fémre vonatkozóan, azaz az előkészítés és a kristálybeolvasztás energiaszükségletét is számolva, ennél jóval nagyobb volt. A retorták átlagos élettartama is kedvezőtlenebb volt, csak kis hányaduk érte el a jelzett 50-100 nap üzemeltetési időt, átlagban inkább 45 nap volt, mint ezt *dr. Szombatfalvy Árpád* szakértői jelentése [3] is megállapította. Bódi helyesen látja, hogy a kohó leállításának fő oka a vasötvözetgyártó kis vállalat profilváltása. Ezt később dokumentáljuk. (Jó lett volna, ha a kísérleti magnéziumkohó eredményeinek stabilizálására több idő és főleg lehetőség jutott volna!)

Időközben a BKL 2007. évi 3. számában ugyancsak magnézium tárgyú írás jelent meg *Szarka Jánostól*: „A magyar mag-

néziumkohászat múltja és jövője” címmel [4]. A szerző a cikk első részében nyomtatásban már korábban megjelent [5] ismereteket elevenít fel, míg második részében megemlékezik a magyar magnéziumkohászat feltámasztásának 20 évvel ez előtti sikertelen próbálkozásáról.

### Miért éppen Apc a telephely?

A Kohó- és Gépipari Minisztérium 1955 elején kísérleti-termelő magnéziumkohó létesítése mellett döntött. A létesítés a Fémkutban 1949-ben elkezdett és 1954 végére részletes és szerteágazó eredményekre alapozott kutatómunkára épült. Azonban ez a munka nem tudta megnyugtató módon tisztázni, hogy a szilikotermikus magnéziumszínítő eljárás hazánkban melyik redukálókemencével realizálódjon: az I. G.-féle forgódobos, belső ellenállásfűtésű vagy a *Pidgeon*-féle acélretortás kemencére alapozódjon-e. A kísérleti üzem építésével a Fémtermia Vállalatot bízták meg, amely üzemépületeinek egy részét a magnéziumkohó céljára rendelkezésre bocsátotta. Ezt a vállalatot 1954 elején alapította a KGM által létrehozott Ötvözetgyártó Tröszt, hogy különleges, szénszegény ferroötvözetekkel (ferrovolfrám, -mangán, -molibdén, -titan, -vanádium stb.) lássa el az acélgyárak rohamosan növekvő igényét. A vállalat ezt a tevékenységét elismerten jól végezte. Az új kísérleti üzem létesítésére vonatkozó megbízás, melyet a gyár kollektívájának élén álló *Soltész István* kohómérnök igazgató kapott, nem volt ugyan profiba vágó, de érthető érdeklődést és bizakodást váltott ki. A beruházás irányító hatósága a KGM Vaskohászati Igazgatósága, generáltervezője az Alumíniumipari Tervező Intézet (Aluterv) lett.

A hatvanas évek második felében megsemmisült vállalati irattár anyagából csodával határos módon megmentett dokumentumok egyike éppen a kísérleti kohó építésének beruházási programja volt. Eszerint „A magnéziumgyártás beindulása szükségessé teszi egy kísérleti kohó létesítését. A prototípus megszerkesztéséhez a Fémipari Kutató Intézetben felállított lényegesen kisebb méretű kemencék adatai szolgálnak. A kísérleti kohó telepítése tekintetében figyelembe vettük a Fémtermia Vállalat jelenlegi telephelyének adottságait. Nevezett vállalat csarnoképületében a feladathoz szükséges

helyigény mellett megfelelő terület állt rendelkezésre a kísérleti kohó elhelyezésére. A kohó elindításához tehát építészeti munkálatok: csarnoképület, igazgatósági épület stb. nem szükségesek”. Tegyük hozzá, hogy a telephely értékét jelentősen növelte a normál nyomtávú iparvágány, valamint a jó közúti és vasúti megközelítés lehetősége, az Apc-Zagyvaszántó vasútállomás és a Hatvan-Salgótarján 21-es főút.

### Minek a hiányával nem számolt az első beruházási program?

- A dolomitkalcináló kapacitással, ennek kemencéjével és 28 m-es kéményével.
- A hazai brikettprés helyett angol gép behozatalának többletköltségével (köttőanyag nélküli brikettek előállítására alkalmas gép gyártására belföldi cégek nem vállalkoztak).
- A 22 kW-os távvezetékekkel (kétoldali betáplálással és fogadóállomással).
- A vákuum alatti adagolás és kondenzátortorcsera megoldásával.
- A pakura-fogadóállomás és -tárolórendszer kiépítésével (a ferroötvözet-gyártáshoz kis mennyiségű könnyű fűtőolajat használtak).
- A kazánház építésével (a kazánt könnyű átírással sikerült költség nélkül megszerelni).
- A nagyszámú, mintegy 40 egyedi technológiai berendezéssel.
- Az iparivíz-ellátás megoldásával, hűtőtoronnyal, vízlágyító berendezéssel (csak kevés és 40-42 német összkeménységű víz állt rendelkezésre).
- A kompresszorház és egyéb épületek átalakításával.

Nem csoda, ha a beruházás költségei az előirányzatot jóval meghaladták, és az üzembe helyezés tervezett határidejére csak a retortás színítő egység üzembe állítására kerülhetett sor.

### A beruházás indítása

Az Aluterv a kiviteli terveket elkészítette – bár később még jelentős tervezési munka vált szükségessé –, ezek alapján 1955 őszén elkezdődhetett a rendelések feladása. Az egyedi berendezések és munkálatok 20-25 alvállalkozó bevonását igényelték. Bibliái hasonlattal élve a KGM legkisebb, 270 fős vállalatának (Dávid) kellett megvívnia az ipar különböző nagy- vagy ma-

mutvállalataival (Góliátok) a harcát, hogy elfogadható határidőre elkészüljenek a berendezésekkel, szolgáltatásokkal. A nagyságkülönböztetésére néhányat – a teljesség igénye nélkül – felsorolunk: LKM Diósgyőr, Csepel Vas- és Fém-művek, Klement Gottwald/Ganz Villamos-sági Művek, Heves megyei Építőipari Vállalat, Magnezitipari Művek, Aprítógépgyár Jászberény, Dunai Vasmű Sztálinváros.

A vállalatok közti viszonyt tükrözi az a néhány fennmaradt levél is, amely a forgódobos színtőkemence transzformátorának a megrendelését követi nyomon. A rendelést 1955. október 3-án adták fel a KG/Ganz Villamos-sági Műveknek. (A transzformátor a kohó egyik legfontosabb berendezése volt 800 kVA névleges teljesítménnyel, olajszigeteléssel, 22 000 V primer és 0,81 V szekunder oldali feszültséggel, 18+6 fokozattal és 50 Hz periódusszámmal.) A kért szállítási határidő kb. egy esztendővel későbbre szólt: 1956. október 31-re. A gyártómű a kulcsfontosságú berendezés szállítását 1957. július 15-re vállalta. Újabb Ganz levél 1957. július 8-án: az 1956-os eseményekre hivatkozva a korábban vállalt határidőt – egyoldalúan – 1958. július 15-re módosította, azaz a megrendeléstől számítva 33 hónapra. A DV ugyanennek a kemencének a módosított második adagolóberendezését 3 év alatt gyártotta le (1960. március 10-i megrendeléssel, 1963. május 13-i teljesítéssel).

Nem volt könnyebb a króm-nikkel ötvöztetésű acélretorták beszerzése sem. Már *Jakóby László* is a következőket írta a Kohászati Lapok 1955. évi 1. számában [6]: „Apparatura szempontjából nálunk nehézséget okoz a retorták anyagának előteremtése. A vákuumban történő termikus redukcióhoz 1150 °C szükséges. Ezt az üzemi hőmérsékletet tartósan az eddigi szakirodalmi és gyakorlati tapasztalataink szerint csakis a nikkellel és krómmal erősen ötvözött nemesacélok bírják ki. Nálunk a króm beszerzése nem okoz nehézséget, a nikkellel előteremtése azonban szinte leküzdhetetlen akadályokba ütközik. Az egyik acélöntődéknél, fejezzük ki csak így, jóindulatának hiányán múlik. Az egyik acélműben 1953. szeptember 6-án rendeltünk meg 4 db tűzálló retortát, az ötvöztetést is mi szállítottuk, s a retortákat a mai napig sem tudtuk megkapni. Az indoklás: az 1 000 kg-os retorták legyártása nagyon kényes munka, és ha ezt megcsinálnák, az öntőde tonnatermelékenységének rovására

menne. Klasszikus támogatása ez egy kutatóintézetnek!” Tehát az 1953. évi rendelésre 1955 elején még nincs szállítás (abszurd indoklás, abszurd halogatás!). Emlékeink szerint nem volt jobb a reagálás a többi megrendelésre sem.

### Épül a magnéziumkohó

A Heves megyei Népújság 1957. július 27-i száma „Épül az első magyar magnéziumkohó” címmel számol be röviden a retortás kemence építéséről: „Július 23-án délelőtt az alapozási munkák befejezése után elkezdték a magnéziumkohó falazását. A vasszerkezetek szerelését a Csepel Vasművek végezték, a falazást pedig a Heves megyei Építőipari Vállalat. A tervek szerint az új létesítményt a jövő év első negyedében kezdik el üzemeltetni. A magyar magnézium jelentős mértékben csökkenti a magnézium importunkat.”

### Indul a kísérleti magnéziumkohó

Végül a tervezett indítás után felfűthető lett az acélretortás kemence, melytől az eredeti tervek szerint az összkohóteljesítmény 25%-a volt várható. A kétségtelen örömhírről két közlemény is beszámol. Az egyik ugyancsak a megyei lapban jelent meg október 24-én, eképpen: „Sikerrel kísérleteznek Apcon a magnézium előállításán. Jelentős eseménynek vagyunk tanúi, mert ebben a hónapban sikerült magnéziumot előállítani. Jövő évben kerül sor komplex kísérletekre, amikor több mint ötszörösére emelkedik a termelés. Az új fém előállítását *Sulyovszky Andor, Bódi Dezső, Édes István* végzi”. (Az újságíró több mint 3 héttel lemaradt a kohó indításáról.)

Szakszerűen és pontosan ír erről a Kohászati Lapok 1958. évi 12. számának 568. oldalán „Indul a kísérleti magnéziumkohó” címmel egy anonim tudósító [7]. A cikk befejező részét elegendő idéznünk: „Október 1-jén (1958, a szerzők megjegyzése) a kísérleti üzem egyik kiseljesítményű színtő egysége megkezdte próbaüzemét. Bár még a kísérleti kohó üzeme csak részleges, a felfejlődéshez még egy bizonyos idő szükséges, a biztató eredmények alapján mégis remélhetjük (november elején, a szerzők megjegyzése), hogy október 1-je a magyar magnéziumkohó születésnapját jelenti. A kísérleti magnéziumkohó indulásával olyan üzem indul, melynek minden nyersanyaga

magyar földből származik. A kutatás, a technológia, a kivitelezés teljes egészében magyar szakemberek munkája.” (A jelen dolgozat szerzői a mai napig sem derítették ki a tudósító kilétét, ha ez a lap szerkesztőségi cikke volt, akkor *Jakóby László* írhatta.)

A nyert magnéziumkristályok csillogását, az első sikerek örömet emlékezetünkből a mai napig nem mosta ki az idő. A beruházási munkák pedig tovább folytak, és komoly terhelésnövekedést jelentettek az apci kisvállalat apparátusának.

### A kísérleti magnéziumkohó két fő berendezése

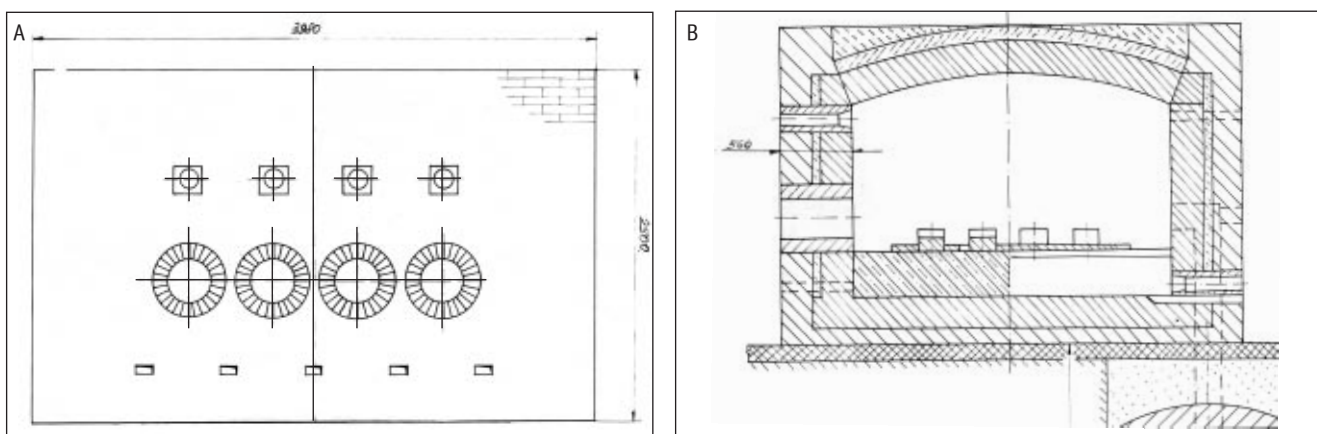
Azok számára, akik a témával most találkoznak először, röviden összefoglaljuk a kohó berendezéseinek és kapcsolódásuknak lényegét. A kísérleti kohó dolomitot (jelesen pilisvörösvárit) dolgozott fel szilikotermikus redukcióval. Az eljárás lényege az, hogy a nyers dolomitból (CaCO<sub>3</sub>·MgCO<sub>3</sub>) kalcinálással kettős oxidot (CaO·MgO) kapunk, majd az abban lévő magnézium-oxidot ferroszilícium szilíciumtartalmával 1 150 °C-on vákuumban redukáljuk. A keletkező magnéziumgőzt a kemence hűtött részében, a kondenzátorban kristályos alakban lecsapatjuk, majd újabb kemencében beolvastva tömbökké öntjük. A redukálásra kétféle kísérleti berendezés szolgált:

- a kanadai Pidgeon-féle olajtüzelésű acélretortás kemence és
- a falazott, belső villamos ellenállásfűtésű forgókemence (I.G. Farbenindustrie-típusú).

A retortás kemencében a lángterben elhelyezett négy, tűzálló acélból készült retortában vákuumban, 1 150 °C-on megy végbe a színülés. A tűzálló béléssel ellátott, belső villamos fűtésű forgókemencében ugyancsak vákuumban és hasonló hőmérsékleten, a forgatás következtében jobb hőátadással, megy végbe a színülés. A bonyolult berendezés azonban számos hibaforrást rejtett magában.

### A kísérleti magnéziumkohó technológiája

A gyár meglévő iparvágányán beérkező dolomit kézi lapátolással, szállítószalagon a szabadba telepített fedetlen raktárba került. Az itt tárolt anyagot előbb egy pofástörőre juttatták, majd előtörés után elevátorral a kalcinálókemence tároló



■ **1. ábra.** Az acpi retortás kemence vázlatos rajza. A – a kemence nézeti rajza, fent a négy olajégő, lent a négy retorta nyílása a falban, B – a kemence függőleges metszete, bal oldalt fent az égő helye, lent a retortanyílás; a kemence fenekén a retorta támaszok; jobbra a füstgázvezetés

bunkerébe emelték, ahonnan tányéros adagolóval és surrantóval jutott a kemencébe. A 20 m hosszú, 1 000–1 200 °C-ra felhevített olajfűtésű, forgócsöves kalcinálókemencén átjutó anyag nedvesség- és CO<sub>2</sub>-tartalmát elveszítve a folyamat végén hűtőcsigába került, ahol melegét leadva a már kalcinált dolomit egy elevátor adagolójába esett. Az elevátor az anyagot a tároló silóba emelte, melynek rendelkezése az volt, hogy a folyamatos üzemi kalcinálókemence termeléséből, mérés közbeiktatásával, a szakaszosan működő rudasmalmot ellássa. Mellette foglalt helyet a ferroszilíciumot tartalmazó bunker.

A bemért kalcinált dolomit, a ferroszilícium és a kalciumfluorid a rudasmalomba került, ahol az előtortet porrá őrölték. Az őrölt elegy onnan a malom alatt elhelyezett szitán áthullva az elevátorba jutott. Az előzőekhez hasonló, a brikettprés fölötti siló tárolta a kész keveréket, ahonnan az torló szabályozással került a briketteket készítő prés alá. A briketteket tartályok fogták fel, amelyeket az ércelőkészítőn végigmenő kétmotoros futómacska egyenként emelte fel, és helyezett a padlószint alá süllyesztett olajfűtésű, kétaknás előmelegítő/izzító kemencébe. Az izzítás után az említett emelőberendezés a betétet kiemelte a kemencéből, és a mellette lévő porszitára öntötte. Erről a brikettek adagolóbdönbe jutottak, melyet a színítőkemence alatt elhelyezett sínen futó kocsik a kemencéhez szállítottak, ahol aztán azt daru segítségével a kemence adagoló nyílására erősítették. Az adag kemencébe öntése a kemence test kívánt mértékű forgatásával történt.

Később a kemence adagolóbdönje evakuálható kivételben készült Szulyovszky Andor szabadalma alapján, ezért az egész ada-

golás vákuum alatt történhetett. A kemence ugyanezen az úton volt üríthető a folyamat végén. A kemencetérben redukált magnéziumgázok a perforált grafit/műszen fűtőtesten végighaladva a léghűtéses kondenzátorban csapódtak le, ahonnan vákuum alatt működő kihúzó berendezés távolította el.

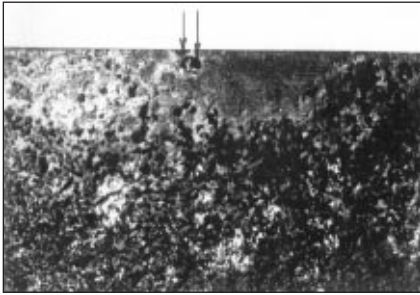
A kemence állandó vákuumának biztosítására szivattyúk szolgáltak, melyek a kemence árambetáplálási oldalán lévő vákuumfejhez csatlakoztak. Ezen a helyen csatlakozott a kemencéhez a hűtővíz be- és kivezetésére szolgáló, nagyon szellemes megoldású szerkezet is. A kemence nagy áramfelvételénél adódó veszteségek csökkentését szolgálta, hogy a fűtést tápláló transzformátor a kemence közelében csatlakozott a 22 000 V-os hálózathoz, így a felesleges közbenső áttételezések elkerülhetők voltak.

A folyamat végén a kemencéből kiürített salakkal telt bödön a kemence hossztenge-

lyére merőleges elrendezésű, csatornában elmozdítható kocsira került, ahonnan kihúzható és a közeli salaktárolóba kiüríthető volt. A magnéziumkristályokkal telt kondenzátorbetétet a műhelyszinten elhelyezett kocsira vette fel, melynek párja a sorra kerülő üres kondenzátort tartotta készenlétben. A két kocsi fordítókörong és merőleges csomak vágányok útján cserélte helyét. A kristályokat innen az öntődébe vitték.

A retortás kemencéhez használt brikettek, melyeket sem előmelegíteni, sem keményíteni nem kellett, közvetlenül a brikettpréstől, megkerülve az aknás előmelegítő kemencét és a porszitát, jutottak el az acéretortás kemence elé. Az egyszerű, megbízható, olajfűtésű kemencét az 1. ábrán mutatjuk be, melyen jól láthatók a négy acéretorta behelyezésére és az olajégők beépítésére szolgáló nyílások. A retortáknak a kemencéből kinyúló kondenzátorfejében elhelyezett kúpos betétekben

Időszakok	1959 IV. né.	1960	1961	1962	1963	1964 I. né.
Magnéziumtömb összes a KSH adatai szerint, t	8	25	30	26	25	9
- retortás kemencéből	-	15	12	16	15	-
- forgó színítőkemencéből	-	10	18	10	10	-
Magnéziumrúd-öntvények						
- öntöttvasnak konverterben való kezeléséhez (grafitgömbösítés)	-	-	4	3	2	4
- Ø 20x400 mm-es és Ø 350x500 mm-es anódrudak öntéséhez	-	-	2	3	2	-
Magnézium-alumínium ötvözetek pirotechnikai porok, gyutacsok gyártásához (Mg=50-53%, Al=47-50%, egyéb max. 1%). Ezek import magnézium felhasználásával készültek.	25	27	31	44	19	41



■ **1. kép.** A tengelyirányban elmetezett retorta felülete. A két nyíl üreget jelez a retorta felületén. N = 2x



■ **2. kép.** Felületi és belső üregek metszete a retorta tengelyére merőleges síkban. N = 5x



■ **3. kép.** Ugyanaz, csak 10x-es nagyításban. Jól láthatók a retorta falába vezető csatornák

lecsapódó magnéziumkristályok – melyek könnyen eltávolíthatók voltak a folyamat végén – ugyancsak az öntödébe kerültek a téglés olvasztó ikerkemencéhez.

Az I. G. Farbenindustrie-féle kemence bemutatásától eltekintünk, mivel az az előzőekben említett forrásokban látható.

### A magnéziumkristályok olvasztása, tömbösítése

A színítés során nyert magnéziumkristályok – különösen a forgókemence kristályainak – olvasztásakor a kihozatal igen nagy szórást mutatott. Kiváltképp akkor, amikor a kísérletek már odáig jutottak, hogy nem adagonként, hanem négy-öt adag színítése után került sor a kondenzátor cseréjére és a nyert kristályok eltávolítására. A Szulyovszky-hagyatékából származó naplótöredékek rögzítettek erre vonatkozó adatokat (1961. február). A forró színítőkemencéből „elvileg 675 kg kristályt kellett volna nyernünk, de ennek csak 80%-a sikerült. A kristályoszorú tömbösítések (446 kg) az olvasztási kihozatal csak kb. 64%-ot tett ki”. Másutt, 1961 elejéről, ez olvasható: „a kísérleti kohó e vizsgált időszakban 3 035 kg magnéziumot termelt, ebből a forgó színítőkemence 1 223 kg (holott kapacitása lényegesen nagyobb volt), a retortás kemence 1 812 kg tömböt szolgáltatott a kinyert 2 115, illetve 2 137 kg magnéziumkristályból. Vagyis a tömbösítési veszteség 42,2, illetve 15,2% volt”. Az I. G. Farbenindustrie-kemence kihozatala tehát tragikusan rossz volt.

A táblázatban a kísérleti magnéziumkohó termelésének és a cég magnéziumöntvény-gyártásának eme időszakra vonatkozó adatait közöljük.

Az olvasztástechnológia tökéletesítésére, a fémveszteségek csökkentésére kértük fel *Solti Márton* ny. főmérnököt és *Emőd Gyulát*, a Fémkut tudományos munkatársát, hogy szakértői munkájukkal se-

gítsék a kísérleti kohó utolsó technológiai műveletét eredményesebbé tenni. Ugyanis tudomásunk volt róla, hogy *Solti Márton* már a negyvenes évek elején a *Weiss Manfréd* Művekben foglalkozott elektronöntéssel, *Emőd Gyulával* együtt pedig a kutatóintézetben végeztek magnéziumformaöntéssel kapcsolatos kutatásokat. Mintegy két hétig dolgoztak *Apcon*, betanítva a fejlettebb olvasztástechnológiára az olvasztárokat. Sajnos az ő szakértői jelentésük ma már nem lelhető fel, de szerencsére *Sövegjártó Zoltán* kollégánk erre alapozva a KL hasábjain közölt egy dolgot [8], melyben hivatkozott *Emőd-Solti: Magnéziumöntészet* (1954) c. könyvére, bár az előbb említett szakértők nevét nem említette.

Míg korábban a kristályok különböző részeit csak kézzel válogatták, addig ettől kezdve a kristályok komoly válogatáson, osztályozáson estek át. A forgódobos színítőkemence kristályainak 1x1 mm-es szitán áteső részét, amely kevés fém, annál több oxidot, nitridet, port tartalmazott, már be sem olvasztották. A 15x15 mm-es rostán és az 1x1 mm-es szitán fennmaradó kristályok beolvasztásának átlagos kihozatala így is csak 63% (a szélső értékek 42,4-75,5%), míg a retortás kemencéből nyert kristályoknál ugyanez 87% (a szélső értékek 75,3-92,5%) volt. A szakértők betanították az öntöde dolgozóit az *Elrasal D* nevű takaró-tisztító só használatára (átkeverés, pihentetés, gáz-talanítás), az öntés technológiájának gondos betartására és az öntősugár védelmére. Ennek eredményeképpen a tömbösítési kihozatalt sikerült növelni.

### A folyamatos üzemet gátló problémák a retortás kemencénél

A folyamatos üzemet viszonylag rövid ideig örülhettünk. E kemence folyamatos

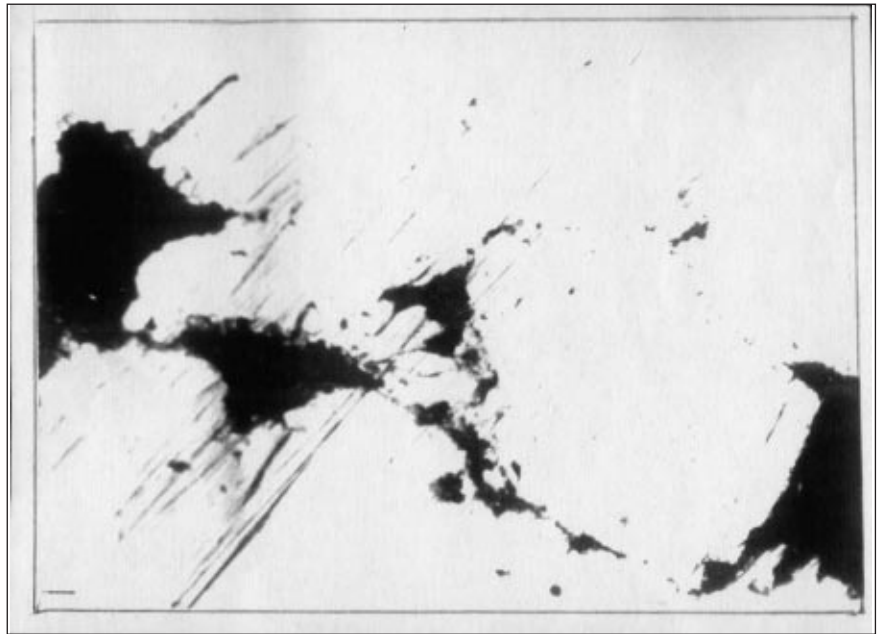
üzemét a retorták gyors tönkremenetele akadályozta. A kohó indulásakor és az azt követő években a retorták *Diósgyőrben*, az *LKM* acélöntödéjében egybeöntve készültek  $\varnothing 260 \times 2\,000$  mm-es méretben. A retorták egyik vége nyitott, a másik félgömbbel záródó volt. A kifogásolható minőség miatti két év kínlás után döntött úgy a vállalat vezetősége, hogy a továbbiakban a *Kőbányai Vas- és Acélöntödében* kísérli meg pörgető öntéssel legyártatni a retortákat. A *Kövac* azonban gyártó berendezéseinek korlátai miatt három darabban vállalta el az öntést, kettő db 1000 mm-es cső és egy zárósapka. Mivel a kondenzátor befogadó fej ezt megelőzően is hegesztéssel készült, a Fémtermia feladata lett a darabok gondos összehegesztése is.

A retorták élettartama azonban nem változott jelentősen. 1962 végén a gyors elhasználódás okának kivizsgálására *Szombatfalvy Árpád* (*Vaskut*) gépészmérnököt, bejegyzett szakértőt kérték fel, aki a magnéziumkohóban és az acélöntödében kezdte szemlélését és az információk gyűjtését. Néhány részlet és az összefoglalás a szakértői jelentéséből: „A Fémtermia Vállalat ... megbízott, hogy vizsgáljam meg és állítsak össze szakértői jelentést a magnéziumgyártó retorták gyors elhasználódásának okáról. A retorták anyaga *H19Ni* jelű acélöntvény, ami a *DIN* szerinti *X15CrNiSi24 10* minőségnek felel meg. A retortákat centrifugálöntéssel állítják elő. Élettartamuk 1-100 nap között változik, az utóbbi időben átlag 45 nap. A meghibásodás mindig úgy kezdődik, hogy a retorta külső felületén – esetleg egy időben két-három helyen is – kis dudor, cseppszerű képződmény (izzadmány) jelenik meg, ami fokozatosan növekszik. Bizonyos idő után ez saját súlyánál fogva a cső falán lefolyik, és méretei nőnek. Ezek a helyeken később a retorta szivacsosan kiég. Ilyenkor láthatóvá válik a retorta anya-

gának réteges szerkezete, ami a centrifugális öntés természetes következménye.

A fűtőolaj tökéletlen elégéséből keletkező redukáló atmoszféra, valamint a kén-dioxid meglehetősen csökkenti az ausztenites CrNiSi acélok élettartamát. A redukáló tulajdonságú, kéntartalmú füstgázok további hatása, hogy az acélban nikkkel-szulfid képződik, ami a szemcsehatárokon helyezkedvén el, erősen csökkenti a retorták anyagának amúgyis csekély szilárdságát. Tapasztalat szerint a retorták igen gyakran néhány nap alatt tönkremennek. Alátámasztja ezt az is, hogy a leválasztott izzadmányok karbontartalma egy esetben sem haladja meg a 0,21%-ot. A retorta felületéről izzadmányt leválasztva, alatta kisebb-nagyobb üregek láthatók (1. kép). A retortát hosszanti irányban az üreg mentén elmettszve, az egy ideig befelé folytatódik, majd elágazik (2. és 3. kép), környezetében azonban 20 mm átmérőjű folton kisebb-nagyobb üregek és pórusok észlelhetők. Polírozott állapotban, 200-szoros nagyításban vizsgálva azt találjuk, hogy a pórusok egyikét-másikat csatornák, repedésszerű járatok kötik össze (4. kép). A darabok mélyebbre csiszolása után egyes csatornák eltűnnek és újabbak jelentkeznek, amiből arra lehet következtetni, hogy az anyagban lévő üregek illetve pórusok összefüggő hálózatot képeznek."

A továbbiakban a szakértő nagyon érdekesen azt feltételezi, hogy a porózus

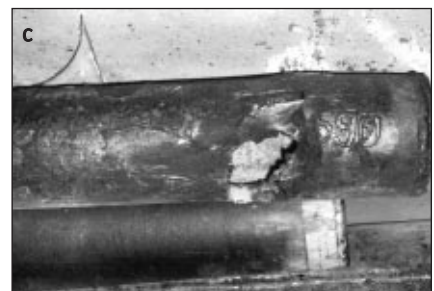


■ 4. kép. Kiterjedt porozitás a retorta falában. N = 200x

helyeken a mozgékony magnéziumatomok kifelé vándorolva oxigénmolekulákkal találkoznak, és a heves metallotermikus reakció hőtermelése következtében elégnak, ami a fémet izzadmányok keletkezése közben megolvasztja (5. a-c. és 6. a-c. képek).

A szakértő vizsgálatai során továbbá az alábbiakat állapította meg: „Az üzemi körülmények és a meghibásodott acélretorták anyagának vizsgálata alapján megállapítható, hogy a magnéziumgyártó retor-

ták gyors (néhány száz óra alatt bekövetkező) rongálódása elsősorban az öntvények porozitásának következménye. E meghibásodások elsősorban olyan zónák, ahol valamivel gyakrabban észlelhetők, és ebből arra lehetne következtetni, hogy a nem megfelelő tüzelés a meghibásodást siettet, elsődleges okuk azonban feltétlenül az acélöntvény hibái. A kemencében kialakult redukáló atmoszféra, főleg ha kén-dioxidot is tartalmaz, az öntvény szilárdságára csökkentően hat. Ennek követ-



■ 5. a-c kép. Meghibásodott (behorpadt, repedt vagy izzadmányos) retorták, melyeket a Diósgyőri Acélöntöde homokformába öntött



■ 6. a-c kép. A Kővác centrifugális öntéssel készített retortái is hasonló hibákat szenvedtek

kezményei azonban csak hosszabb üzemidő után, több ezer órás üzemidőnél válnak számottevővé.

Következtetések: 1. A retortákat beépítés előtt igen gondos vizsgálatnak kell alávetni. Előnyös volna a kis atomsúlyú gázzal (hidrogénnel vagy héliummal) való nyomáspróba. 2. A vállalat retortás kemencéje igen korszerűtlen. 1 200 °C közeli hőmérsékleten jóval üzembiztosabb a villamosfűtésű kemence, melynek további előnyei vannak.” (Sajnos ebben az időben Apc még nem kapott földgázt, a keleti származású fűtőolajok pedig nagy kén-tartalmúak.)

A vállalat ezt követően a nyomáspróbák még gondosabb végzése mellett a kemence fűtésén *Peredy*-féle égők beépítésével próbált javítani. A kanadai technológia szerinti, a külső atmoszférikus nyomás miatt behorpadt retorták hevített állapotban való felpumpálására sajnos nem is került sor.

Bár a retortás kemencével kapcsolatos gondokat tárgyaltuk eddig részletesen, a berendezés üzemeltetése szinte folyamatos volt, és vele jó minőségű, jó kihozattal tömbösíthető kristályokat lehetett nyerni, szemben a belső fűtésű forgókemencével.

### A folyamatos üzem gátló tényezők a forgódobos színítőkemencénél

A legtöbb gondot a forgó színítőkemence üzemzavarai jelentették. A Szulyovszky-Baumann [9] jelentés ugyan megpróbálta bizonyítani a tervezés alaposágát, de ez csak nagyon rövid, néhány napos kísérleti időszakra vonatkozott. Előtte mindenre kiterjedő több napos/hetes karbantartási előkészítő munka folyt: elektród, árambevezető kúp, tömítések stb. cseréje, vákuumpróbák sorozata. A kísérlet után a kemence hosszadalmas lehűtése és a fal-tapadványok levésése vált szükségessé. Az eredményként kapott kristálykoszorú – a retortás kemencéből nyerttel szemben – rossz kihozattal beolvasztható, apró-kristályos volt.

A kemence bonyolult megoldásából adódó hibákat csupán röviden foglaljuk össze:

- a fűtőteljesítmény egy bizonyos ponton túli növelését az árambevezető gyűrűre rugóval rászorított bronzkefék túlmelegedése (nem egyszer meglágyulása) meggátolta;
- az elektródfejbe csúszó illeszkedéssel csatlakozó, vízzel hűtött acél (később

ferrovolfrám) kúp ívhúzás/leolvadás következtében olymértékben károsodott, hogy félf volt, hűtővíz kerül a kemencébe, és pusztító robbanás okozója lehet;

– a fűtő, egyben a magnéziumgőzt elvezető grafit/műszén perforált cső gyakori elhasználódása, törése;

– a kemence adagolóberendezése – a többszöri változtatás/csere ellenére – sem működött eléggé biztonságosan;

– a forgómozgás következtében a berendezés falazata és a brikettek sűrűsödése/önsűrűsödése a betét 30% körüli részét porrá őrölte; a keletkező por egy része a kondenzátorba, innen a vákuumszivattyúba került, lerontva a kristályok minőségét és csökkentve a teljesítményt. Ez nem fogható fel a brikettprés hibájaként, mert a gép fajlagos nyomása szabályozható volt, mindent tudott, amit az angol cég vállalt; a brikettkeményítés problémája csak ezután került előtérbe;

– nem javított a kemence működési biztonságán a vákuum alatti adagolás és a kondenzátor vákuum alatti eltávolítása sem;

– a kondenzátor túlméretezett volt, a kondenzátum elönytelenül apró kristályokból állt, amit a Szulyovszky hagyatékból előkerült naplótöredékben ő maga is elismert, hogy a kapott kristályok olvasztási kihozatala ennél fogva csupán 64%;

– előfordult az elektród kondenzátorba vezető nyílásának eltömődése;

– egyszerű, de a működést megzavaró volt a kemence forgómozgását biztosító görgők meghibásodása és nem könnyű cseréje.

A berendezés tökéletlensége folytán jelentkező hibák az idő előrehaladtával sajnos nem csökkentek, az említett termelési eredmények a várthoz képest mind jobban elmaradtak. Bár a tervezést megelőzően az intézeti (fémkutas) kutatás-fejlesztés alapján az I.G.-féle kemencén több javító szándékú, kiegészítő változtatást eszközöltek, ezek a gyakorlatban nem jártak megfelelő eredménnyel. Nem igazolódott a technológia előnye a retortás eljárással szemben. Ma megállapítható, hogy a retortás eljárással készül a világ magnéziumtermelésének döntő többsége. Az I.G.-eljárás tudomásunk szerint rég feledésbe merült.

### A kohó leállításának körülményei

Már a hatvanas évek elején ismertté vált szakmai körökben, hogy a KGM alá tartozó

(és más) öntödék sem képesek legyártani a gép-, a jármű-, a műszer- és a tömegcikkipar szükségletének megfelelő mennyiségű alumíniumöntvényt. Az országos igények felmérésével és az exportlehetőségek figyelembevételével a szakminisztérium távlati fejlesztési főosztályán az a javaslat született, hogy egy 5 000 t/év kapacitású alumíniumöntöde létesítéséhez kell sürgősen kezdeni. Ezzel megszüntethetők az igen nagy számú, de alacsony színvonalú és kis kapacitású öntödék, valamint a CSM Fémű kokilla- és nyomásos öntödéje – megszabadulva elavult nyomásos öntőgépeitől és vegyes kokillaöntvény profiljától – célöntödévé alakul át, amely lengyel exportra forgatványházakat gyárthat. Mindehhez járult, hogy az ipar túlzott mértékben koncentrált Budapestre, emiatt a főváros környezetszennyezése mindinkább súlyosbodott.

Az elsőként javasolt székesfehérvári zöldmezős telepítés hosszabb időt és nagyobb költséget igénylő beruházása helyett az 1964. január 25-i miniszterhelyettesi határozat 1. pontja arról rendelkezett, hogy a Fémtermia (ötvözetgyár) épületének, valamint a már korábban részletezett egyéb adottságainak felhasználásával az új, nagy kapacitású kokilla- és nyomásos öntöde Apca települjön. A ferroötvözetgyártást Zagyarónára kell átvinni, és az 1965. évi acélötvözőanyag-szükségletet apci előgyártással kell megoldani. A beruházást e részleg helyén kell megvalósítani. Mivel a Tervhivatal sem az előgyártáshoz szükséges alapanyagot, sem az ötvözeteket beszerezni nem tudta (sőt a gyártásra a 3. ötéves tervben is igényt tartott), ezért a ferroötvözet-gyártást Apcon megszüntetni nem lehetett.

Az alumíniumöntöde telepítésének megkezdése érdekében a miniszterhelyettesi határozat 3/b. pontja értelmében a kísérleti magnéziumkohó üzemét sürgősen, legkésőbb április 15-ével le kellett állítani. Ezt azzal is indokolták, hogy a kohó a világpiaci árnál nagyobb önköltséggel állította elő a termékét. A magnézium önköltségét a már részletezett problémákból adódó, sokszor kivédhetetlen kiadásokon (retorták beszerzési ára, rövid élettartamuk, állás- és előkészületi időök bér- és közterhei stb.) kívül az előkészítő berendezések túlméretezése/kihasználatlansága, nem utolsósorban az aránytalanul ráterhelt vállalati általános költségek alakították ki. A rentabilitás azonban alig kérhető számon a világ bármely kísér-

leti üzemétől. A való helyzet inkább az volt, hogy országunk ipari-mezőgazdasági fejlődése és a vele járó energiaigény ki-elégítésének nehézségei miatt – amely a szovjet-magyar timföld-alumínium egyezményt is indokolta –, a kohászat felső vezetése már nem akart egy újabb energiaigényes iparágat kifejleszteni. A nagy beruházási költség előteremtésére feltehetően lehetősége sem volt.

### A kohó leállítása és leszerelése

A kohó leszerelését, a ferroötvözetek átadását és az öntödeépítési feladatokkal kapcsolatos munkákat szervezeti változtatásokkal is alátámasztották: a Fémtermia Vállalatot a Zagyvarónai Ötvözetgyárral vonták össze, a továbbiakban ennek gyáregysége volt.

A magnéziumüzem leállítási és leszerelési feladatait részletesen az 1964. április 13-án felvett üzemi emlékeztető tartalmazta. *Tamás István* üzemvezető (Szulyovszky Andor és Fogarasi Béla jelenlétében) 1964. április 15-én 10 órakor adta ki az utasítást a leállítás azonnali végrehajtására. Ezt követően két nap alatt elkészült a leszerelendő gépek, berendezések jegyzéke, valamint a leszerelés és bontás ütemterve. E munkákat a TMK vezetésével a magnéziumüzem dolgozói végezték. A július 2-i összefoglaló a hátralévő munkálatokról tájékoztatott: a forgó színítőkemence bontásának befejezése (kondenzátorkocsi, kisvasúti sínek, fordítókorongok, három Demag-pálya lebontása), víz-, gőz-, pakura- és elektromos vezetékek leszerelése, gép- és kemencealapok levésése (a kalcinálókemence pl. 20 m hosszú volt), a süllyesztett berendezések (rudas-malom, brikettszárító kemence) üreg-alapjainak padlószintig való feltöltése, végül 180 m<sup>2</sup> válaszfal lebontása. A tömbösítő kemence maradt utoljára, mivel a második féléves tervben 16 tonna magnézium-alumínium tömböt még le kellett gyártani.

A folyamatos munka eredményeként jelentős csarnokrészek szabadultak fel, helyet adva az alumíniumöntöde telepítésének. Dolgozóink közül már 15 fős csoportok alakultak az új alumíniumöntő szakma elsajátítására, akik hat hétig Budapesten a Qualitalban, illetve a Csepel Fémműben tanultak önteni. A Kismotor- és Gépgyárban szakmunkásaink szerszámkészítő továbbképzése folyt. 1965. októ-

ber 5-i levelünkben közöltük, „a folyó évre tervezett magnézium-alumínium ötvözet legyártása után a magnézium tömbösítő-olvasztó kemencét is lebontottuk a kohó összes berendezésének állagmegóvásáért”. Jeleztük, hogy még a téli időszak beállta előtt gondoskodni kell a leszerelt berendezések értékesítéséről, esetleg selejtezéséről. Ezen túl már csak az aljzatbeton bontási munkái folytak.

Ezzel lényegében befejeződött a harc, amely sok energiába került és sok álmatlan éjszakát okozott. Harc a magyar dolomitkincs hasznosításáért!

### A hazai magnéziumkohászat újjáélesztési kísérlete a nyolcvanas években

Tamás István kohómérnök, aki korábban a Fémtermia Vállalatnál üzemvezetőként a magnéziumkohónál dolgozott, később a Vaskut különleges anyagok osztályán a magnéziumkohászat újjáélesztésén fáradozott. Megjegyzendő, hogy ennek az osztálynak nem volt profilja a könnyűfémkohászat, hanem főleg a villamosipar anyagainak fejlesztése, elsősorban a fém- és nemfém mágnesek (ferritek) fejlesztése. Tamás e tevékenységének lett az „eredménye” az a Vaskut szolgálati szabdalom, amely 1977. július 9-i bejelentés után 1983. április 28-án (közvetétel dátuma) kapott védeltséget 183.481. sz. alatt „Eljárás magnézium és cementklinker vagy kalcium és cementklinker metalotermikus előállítására” címen [10]. A találmány leírása az újdonságvizsgálaton átment, bár a kezdetektől közismert volt, hogy a szilikotermikus eljárás dikalciumszilikát salakja elvileg azonos a klinkerével. (Pilissynek állandóan használt segítője volt a disszertációs kísérleteihez Kühl: Zementchemiejének I-III. kötete.)

Az eljárásnak hamarosan nevet adtak Hunmag (Magyar magnézium) címmel. Az eljárás üzemi megvalósítását felkarolta a Metalloglobus Vállalat, amely az alvállalkozó Palotai Építőipari Szövetkezet *Bánáti-Baumann Sándor* vezette komplex szakcsoportját bízta meg egy 21-25 ezer tonna kapacitású, belső elektromos fűtésű forgódobos kemencés (I.G.-eljárás) szilikotermikus kohó döntés-előkészítő tanulmányának elkészítésével. (Megjegyzendő, hogy Baumann korábban az Alutervben tevékenyen munkálkodott az apci kísérleti kohó tervein, mint technológiai tervező, és az I. G.-eljárásnak/konst-

rukciónak elkötelezett híve volt. A Metalloglobus az ő döntés-előkészítő tanulmányukat – érthető módon – kiadta bírálóknak: az egyik bíráló *dr. Dworák József* kohómérnök [11] (CSM Fémmű), a másik *dr. Sziklavári János* kohómérnök (OMFB) és *Sziklavári Károly* fémkohómérnök [12] (NME Fémkohászati Tanszék) volt. Mindkét bírálatnak óvatos, de egyaránt negatív kicsengése volt. Az alábbiakban megkíséreljük e két bírálat lényegét összefoglalni. A bírálatok részei két nagy témakörre oszthatók: gazdasági és gazdaságpolitikai, másrészt műszaki és technológiai:

- A hazai dolomit, bár a tárgyalt célra kiváló minőségű, mégsem sorolható az értékes ásványok (ércek) közé. Bekerülési árának megadása a tanulmányban elmentmondásos, és nem veszi figyelembe a szállítási költségeket. A keletkező salak a termelési költségnek csak 2,5%-át teszi ki.
- A tervezett gyártókapacitás (alsó határa 21 kt) túlméretezett, a hazai ipar a termelt magnéziumot csak kis részben tudja felvenni, ezért exportra kellene termelnie akkor, amikor külföldön is kihasználatlan (leállított) magnéziumkohászati kapacitások vannak. Felvetik a vegyesvállalat és a lízing gondolatát. (A 21 kt termeléssel akkor a világ negyedik legnagyobb magnéziumgyártói lettünk volna.) Jó esetben csak az I. lépcső kiépítésén szabadna gondolkodni. Az esetleges külföldi értékesítéshez külkereskedelmi vállalat bevonását javasolták. Szerintük nem szabad a beruházást a cementgyári forgókemence kihasználására alapozni.
- A félüzemi eljárás előtt kisüzemi kísérleteket kell végezni, mert nem vizsgálták pl. a brikettek kopás- és nyomásállóságát, valamint a klinkernek, azaz a salaknak a cementipar szempontjából való felhasználhatóságát, különös tekintettel a salak nemkívánatos MgO-tartalmára, valamint a redukáló ferroszilícium vastartalmának oxidációja által keletkező ugyancsak káros vas-oxid tartalmára. Nem vizsgálták a Hunmag-eljárással kapott fém tisztaságát, a redukáló anyagok paramétereit. Mindezeket a döntés-előkészítő tanulmányban tartalmaznia kellett volna. Magyarán az egész (új?) eljárás nincs kísérletekkel alátámasztva. Ezért nem meggyőző a javasolt technológia megvalósíthatósága. Az egész ta-

nulmányt átdolgozásra, kiegészítésre javasolták, mert az akkori állapotában nem felelt meg döntés-előkészítő tanulmányoknak.

- Az akkori szűk országos fejlesztési keretbe új technológiát, üzemeltetést csak stabil koncepcióval lehetett elfogadtatni, mivel nem részesítették előnyben az energia- és alapanyag-igényes új szektorokat, mint például a magnéziumkohászatot. Ez nem csak a kormányzati szervekre (OT, OMFB, IpM, KKM) vonatkozott, hanem a potenciális külföldi partnerre is. „A villamosenergia problémák miatt elakadhat a magnéziumkohó koncepciója”, ezért gazdaságosabbnak látták földgáztüzelésű kemencében a CrNiMo-acélból öntött retorták használatát, tehát nem a javaslatban leírt forgókemencés (I.G.) megoldást. Problematikusnak látták a kristályok beolvasztásakor keletkező kloridos fedő/olvasztósó használatát is, mert ez környezetszennyező, és mennyisége évi kb. 2 kt lett volna. Magyarán „a tervezett beruházásnak illeszkednie kell az ország gazdasági és iparpolitikai irányaihoz”. Mindezt nem vették figyelembe.

Az előbb leírtakkal szinte szemben áll Szarka János már hivatkozott cikkében a magyar magnéziumkohászat feltámasztásának 1987-ben „felvillanó reménye”, annak taglalása és a hazai magnéziumkohászat jövőjeként való kezelése. Ekkor ugyanis lelkes szakemberek egy csoportja (melynek Szarka is tagja volt) külföldi részvétellel vámszabadterületen létesülő gyárban történő magnézium-előállításban gondolkodott. A Tatabányára tervezett kohó 21 db 1000 t/év kapacitású, szerintük tökéletesített villamosfűtésű forgódobos vákuumkemencéből állt. A terv óriási méretű, a diósgyőri I.G.-kemencéknél hússzor, az apciaknál tízszer nagyobb betéttömegű kemencékkel számolt, amelyek a dolgozat szerint kezelhetetlenek.

A javasolt ferroszilíciumtól eltérő redukálószer (pl. a SiAlCa) előállítási költsége mindig nagyobb a ferroszilíciuménál, így – bár a Fémtermia is gyártotta – használata szóba sem kerülhetett.

## Végkövetkeztetések

A Jakóby László által egykor ('50-es évek) a Fémkutatban 5-8 fővel gyakorolt komplex magnéziumkohászati kutatások, melyek nem csak a fém előállítására, hanem feldolgozására (öntés, alakítás) is vonatkoztak, a szocialista gazdálkodás időszakában reálisak voltak, mert a gazdaságosság nem volt döntő tényező.

Jakóby váratlan és korai halála (1957) után, bár a félüzemi kísérletek feladata a retortás (Pidgeon-eljárás) és a forgódobos (I.G.-rendszer) megoldás használhatóságának eldöntése lett volna, minden energia a forgódobos változat alkalmazásának igazolására fordítódott, amire szükség is volt, mert ezt a rendszert nem kidolgozták, hanem kísérleti stádiumban, német birodalmi nyomásra vette meg a magyar állam. A Szulyovszky-team jól látta a rendszer hiányosságait, sok értékes módosítást tett, de a kísérleti kohó KGM-es leállításáig a problémákat megoldani nem tudta.

Véleményünk szerint a hazai magnéziumkohászat 1987-es feltámasztási törekvése utópisztikus volt, és ezt mind gazdasági, mind technológiai tekintetben így tartalmazza a döntés-előkészítő tanulmány két terjedelmes bírálata is, melyeket az előzőekben részletesen ismertettünk.

Az I.G.-kemence kimerítette lehetőségeit. Kína a retortás kemencés gyáraival eldöntötte a technológiák versenyét. A kérdés világviszonylatban nem maradt nyitva. Kína termelése ezzel az eljárással 2007-ben 550 000 tonna volt, messze megelőzve minden nagyipari országot.

## Összefoglalás

Ötven éve indult az apci kísérleti magnéziumkohó. Az évfordulónak ezzel a dolgozattal kíván emléket állítani a szerzőpáros. Néhány ponton szükséges volt pontosítani az utóbbi évek – a kohóval is kapcsolatos – magnéziumirodalmát. Korábban sohasem publikált dokumentumok segítségével ismertetik a kohó kiválasztásának helyét, a beruházás indítását, építését, főbb berendezéseit, technológiáját, a magnéziumkristályok beolvasztását, tömbösítését; a retortás és forgódobos vákuumkemencékkel kapcsolatos problémákat, a kohó leállítását és leszerelését, és az üzem átállítását alu-

mínium formaöntésre. Adalékokat szolgáltatnak a hazai magnéziumkohászat nyolcvanas évekbeli feltámasztási kísérletéhez is.

## Irodalom

- [1] *Dobrānszky János* és tsai: Magnézium: a fém, amely nagyon könnyű, de fontosnak találtatott, 1. és 2. rész. BKL Kohászat, 138. évf. (2005) 5. sz. 35-40. p., ill. 6. sz., 33-40. p.
- [2] *Dr. Bódi Dezső*: Volt egyszer egy magyar magnéziumkohó. BKL Kohászat, 139. évf. (2006) 2. sz., 30-31. p. és A mi múzeumunk, 33. sz. 2006. ápr., 8-9. p.
- [3] *Dr. Szombatfalvy Árpád*: Szakértői jelentés. A Fémtermia Vállalat magnéziumgyártó retortáinak vizsgálata. 1963., 8. p.
- [4] *Szarka János*: A magyar magnéziumkohászat múltja és jövője. A mi alumíniumunk. 1. rész. 2007. okt., 25-26. p. és 2. rész. 2008. márc., 28-32. p.
- [5] *Szarka János*: A magyar magnéziumkohászat múltja és jövője. BKL Kohászat, 140. évf. (2007) 3. szám, 34-40. p.
- [6] *Jakóby László*: Miért késik a magyar magnéziumkohó? Kohászati Lapok, 88. évf. (1955) 30-35. p.
- [7] *Indul a kísérleti magnéziumkohó*. Kohászati Lapok, 91. évf. (1958) 568-569. p.
- [8] *Sövegjártó Zoltán*: Magnéziumkristály olvasztásának üzemi tapasztalatai. Kohászati Lapok, 95. évf. (1962) 134-138. p.
- [9] *Szulyovszky Andor-Baumann Sándor*: Szilikotermikus magnéziumszíntő kemencék. Kohászati Lapok, 97. évf. (1964) 88-93. p.
- [10] *Tamás István*: 183.481. sz. szabadalom: Eljárás magnézium és cementklinker vagy kalcium és cementklinker metallotermikus előállítására. 1986. aug. 28. (megjelenés dátuma, szerk. megjegyzése)
- [11] *Dr. Dworák József*: 110/87. sz. újítás véleményezése. 1987. jún. 24., 7. p.
- [12] *Sziklavári János-Sziklavári Károly*: Opponensi vélemény a 21 kt kapacitású magnéziumkohó létesítése tárgyú döntés-előkészítő tanulmányról. 1987. aug. 18., 28. p.

## Újabb híradás egy szlovákiai konferenciáról

A Kassai Műszaki Egyetem (TU Košice) Metallurgiai Karához tartozó Fémkohászati és Hulladékfeldolgozási Tanszék (Department of Non-ferrous Metals and Waste Treatment) szervezésében 2009. április 21-24-e között került megrendezésre egy sikeres nemzetközi konferencia a használt galvánelemek/telepek és akkumulátorok újrahasznosításáról (Recycling of Spent Portable Batteries and Accumulators).

A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának egykori Fémkohászati Tanszékének szlovákiai testvér tanszéke most is úttörő módon és egy nagyon aktuális témakörben szervezett rendezvényét *Born Ignác*, a humanista tudós működéséről is ismert helyszínen, a Selmecbánya (Banská Štiavnica) melletti Szklenón (Sklenské Teplice) tartották, ahova Born Ignác 1786-ban a világ első nemzetközi műszaki-tudományos konferenciáját hívta össze. Az Európa számos országából érkezett résztvevők minden nap az ő bronz mellszobra (1. kép) előtt elhaladva léphettek be a konferencia helyszínére, ahol az előadók között az akadémiai körökből érkezettek ugyanúgy megtalálhatók voltak, mint az érintett fémhulladékfeldolgozó vállalkozások és környezetvédelmi hatóságok képviselői.

Az Európai Parlament és a Tanács 2006/66/EK irányelvét (2006. szeptember 6.) sokan idézték a résztvevők közül, mely alapvető és meghatározó törvényi keretét adja az elemek és akkumulátorok begyűjtésének és feldolgozási kötelezettségeinek az Unió tagállamaiban. Magyarországon egyébként e tárgykörben a 181/2008. (VII. 8.) Korm. rendelettel kihirdetett „Az elemek és az akkumulátorok hulladékainak visszavételéről” c. jogszabály iránymutatásai a mérvadóak.

A szlovákiai konferencia egyik főszervezője, *dr. Tomáš Havlík* professzor (TU Košice) előadásában érintette egyes színesfémek ma ismert készleteinek a közeli jövőre várható kimerülését, és kiemelte a másodlagos források (fém- és fémtartalmú hulladékok) minél nagyobb arányú újrahasznosításának szükségességét. A használt akkumulátorok és az egyéb, használatból kikerült áramtermelő elemek/telepek feldolgozásával kapcsolatosan megemlítette, hogy a Kassai Műszaki

Egyetemen már 2003-tól működő szlovák nemzeti hulladékkezelési központ (CENSO, www.censo.sk) és a tanszéke ilyen irányú innovációs tevékenységét 2007-ben állami kitüntetéssel is elismerték. Munkatársai közül többen tartottak összefoglaló-áttekintő előadásokat: *M. Petrániková* például a lítiumtartalmú használt akkumulátorok/telepek feldolgozási technológiáiról, *A. Blašková* a biometallurgiai kezelési lehetőségekről, *A. Miškufová* a kifejezetten értékes nikkell és kobalt fémek kinyerési és visszanyerési eljárásairól, míg *D. Oráč* a NiCd és NiMH típusú használt telepek/akkumulátorok újrahasznosítási módszereiről.

A hagyományos savas ólomakkumulátorok feldolgozására is vállalkozó szlovákiai *Sered'*, vagy a több évszázados ólomkohászati tapasztalattal rendelkező csehországi *Přibram* pirometallurgiai üzemében is igyekeznek felkészülni a használt elemek/telepek fogadására és kezelésére. Erről *L. Slovák*, illetve *Z. Kunický* tartottak sok hozzászólással fogadott, nagy sikerű előadásokat.

A nagyobb európai kohók közül a belgiumi központú *Umicore* és a svédországi *New Boliden* szakemberei képviselték cégeiket a konferencián. Az *Umicore* képviselőjében *J. Tytgat* részletesen ismertette a legújabb lítiumos és a fémhidrides, NiMH típusú telepek újrahasznosítására kifejlesztett Val'Eas-eljárásukat, melynek révén ezekből az elhasznált telepekből olyan tiszta nikkell- és kobaltvegyületeket állítanak elő, melyek közvetlenül felhasználhatók ugyanolyan új akkumulátor/telepek gyártására.

A többféle fémet is tartalmazó és változatos alakú (pl. gomb, rúd, lapos) elemek-



■ 1. kép. Born Ignác mellszobra Szklenón

nek és telepeknek a begyűjtés utáni szétválogatása is kihívást jelent az erre szakosodott kohászati üzemek számára, melyek többnyire csak egy-egy típusba tartozó akkumulátorhulladék feldolgozására tudnak vállalkozni. A kézi válogatás mellett ma már nagyteljesítményű automatikus válogató gépeket is kínálnak ennek a hulladékfajtának az előkészítésére, mint amelyet például *M. Kluttig* a németországi *TiTech* cég képviseletében ismertetett a konferencia résztvevői előtt.

A használt elemek és akkumulátorok újrahasznosításának tárgykörében a szomszédos Szlovákiában tartott nemzetközi konferencia jó példája volt annak, hogy a fémkohászati technológiák sokoldalúsága és rugalmassága innovatív feldolgozás-technikai újításokkal kiegészítve, mennyire hatékonyan tudja szolgálni környezetünk védelmét és a nyersanyagokkal való takarékos gazdálkodást.

Dr. Török Tamás

SVÉDA MÁRIA – KÁLAZI ZOLTÁN – BUZA GÁBOR – ROÓSZ ANDRÁS

## Lézersugaras felületkezeléssel létrehozott monotektikus felületi rétegek geometriai jellemzői

**Monotektikus felületi rétegeket hoztunk létre lézersugaras egylépéses felületkezelési technológia alkalmazásával. Az egyik típusú egylépéses (porbefűvésos) technológiánál a lézersugár által megolvasztott rétegbe Ar vivógázzal Bi-szemcséket fűjtünk különböző lézerteljesítményekkel és előtolási sebességekkel. A másik egylépéses technológiánál lézersugár által megolvasztott rétegbe huzaladagolás segítségével Pb-ot vittünk be Al-4Cu-1.5Mg ötvözetbe, különböző lézerteljesítményekkel és előtolási sebességekkel.**

**Megvizsgáltuk az átolvasztott/ötvözött zónák geometriai méretét (mélység). Megállapítottuk, hogy a technológia paramétereiktől hogyan függ a zónák mérete. Ennek alapján javaslatot dolgoztunk ki állandó vastagságú rétegek létrehozására a teljesítmény folyamatos változtatása útján.**

### Bevezetés

A siklócsapágy egyike a legrégebben és leggyakrabban alkalmazott gépalkatrészeknek. Az elmúlt évek során a siklócsapágyak nagy fejlődésen mentek át, terhelhetőségük, igénybevételük fokozatosan növekedett, hiszen a motorok gyors fejlődése megköveteli a változásokat. Megkü-

lönbötetünk egyrétegű és többrétegű csapágyakat. Az egyrétegű csapágyak leggyakoribb példája az ön-bronz anyagú csapágyak, ez esetben a csapágyperelye és a bélésanyag azonos. A többrétegű csapágy a csapágházból, amely a mechanikai terhelést felveszi, és a bélésanyagból áll, amely a jó siklási tulajdonságokat biztosítja. Ezekben az esetekben a rétege-

ket adhéziós erők kötik egymáshoz. A többrétegű csapágyak úgy is készíthetők, hogy a perelye felületébe a perelye anyagával monotektikus rendszert képző ötvözt jutattunk, amelynek az elkülönült cseppei szilárd kenőanyagként szolgálnak. Ez az ötvöző többségében ólom. Az ólom a használatos szerkezeti anyagokkal monotektikus rendszert alkot. Az ötvözetek széles skáláján a monotektikus ötvözetek egy speciális csoportot képviselnek. A monotektikus ötvözetek előállítására történhet lézersugaras felületkezelési technikával is. Az így előállított monotektikus ötvözeteknél nagy sebességgel történik a kristályosodás, ennek következtében a két különböző sűrűségű olvadék gravitációsan nem válik szét, és olyan szerkezet alakul ki, ahol finom, lágy, közel egyenletes eloszlású kiválások találhatóak a mátrixban, amelyek szilárd kenőanyagként szolgálnak. A lézersugaras ötvözés lényeg-

**Dr. Svéda Mária** 2000-ben szerzett anyagmérnöki diplomát a Miskolci Egyetem Anyag- és Kohómérnöki Karán. 2000-től az MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport, Miskolci Egyetem Anyagtudományi Intézet tudományos segédmunkatársa, majd 2008-tól tudományos munkatársa. 2007-ben PhD fokozatot szerzett a monotektikus felületi rétegek létrehozása témakörben. Fő kutatási területe: monotektikus ötvözetek, lézersugaras felületkezelés, amorf fémek vizsgálata.

**Dr. Kálazi Zoltán** 1991-ben szerzett oklevelet a BME Közlekedésmérnöki Karán. 1994-ig a kar Gépipari Technológia Tanszékén doktorandusz. 1994 óta a Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet munkatársa. 1996-ban egyetemi doktori címet szerzett. Fő kutatási területe: teljesít-

ménylézerek alkalmazása vágás, hegesztés, felületkezelés (hőkezelés, ötvözés) esetén.

**Dr. Buza Gábor** 1975-ben szerzett kohómérnöki oklevelet az NME-n (ma: Miskolci Egyetem). 1975-től 1988-ig a VASKUT, 1988-tól a BME dolgozója. Jelenleg a Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet igazgatója és a BME Közlekedésmérnöki Kar Járműgyártás és -javítás Tanszékének docense. Két évig a Max-Planck Institut für Eisenforschung, Düsseldorf vendégkutatója volt. 1986-ban egyetemi doktori, 1990-ben műszaki tudomány kandidátusa címet szerzett. Fő kutatási területe: acélok fázisátalakulásának vizsgálata, nagy energiasűrűségű eljárások. Több mint 15 éve intenzíven foglalkozik a nagy teljesítményű lézerek anyagmegmunkálási lehetőségeinek kutatásával.

**Dr. Roósz András** akadémikus kohómérnöki diplomáját 1968-ban szerezte az NME-n (ma: Miskolci Egyetem). A műszaki tudomány kandidátusa (1983), a műszaki tudomány doktora (1994), az MTA levelező tagja (2004). 1968-tól a ME dolgozója, 1994-től habilitált egyetemi tanár. 1999-től a Fémtani és Képlékeny-alakítástani Intézeti Tanszék vezetője, valamint az Anyag- és Kohómérnöki Kar tudományos dékánhelyettese. 1984-91-ig rendszeresen vendégkutató a stuttgarti Max Planck Intézetben, 1992-94-ig vendégprofesszor a Darmstadt Egyetemen. 2006-tól a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola Doktori Tanácsának elnöke. Fő kutatási területei: fémek anyagok fázisátalakulásai, kristályosodás, modellezés, úranyag-technológia.

ge, hogy a darab teljes tömegének tulajdonságait változatlanul hagyva, csak a felületi réteg tulajdonságait változtatjuk meg. Nagy előnye az ezzel a technológiával előállított csapágyaknak, hogy a csúszófelület és a teherhordó réteg között kohéziós kapcsolat van.

Mindezek alapján a munkánk során ki-tűzött célunk az volt, hogy:

- létrehozzunk a nagy szilárdságú mátrix felületén homogén, finom, egyenletes eloszlású alumínium-ólom ötvözetet siklócsapágy anyagok számára, lézersugaras felületkezelési technikával,
- a létrejött felületi réteg geometriai adatai és a lézersugaras felületkezelési technika paraméterei között kapcsolatot határozzunk meg.

### Alapanyag

Alapanyagként nagy szilárdságú, jó hővezetőképességű ötvözeteket választottunk. Egyik alapötvözetként Al7Si ötvözetet használtunk, mert az ilyen ötvözetek jól önthetőek, nagy szilárdsággal rendelkeznek, és gyakran készítenek belőlük különféle gépkatrészeket. A másik alapötvözet az Al-4Cu-1.5Si-0.5Mg ötvözet volt. Az alumíniumötvözet kis lézersugár-abszorpciója miatt a lézeres felületkezelés előtt a próbadarabokat Flux 4Mg (DIN 8511:F-LH1) folyatószerrel vontuk be.

### Lézersugaras felületkezelés

A monotektikus felületi rétegek kialakítása a Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet 5 kW teljesítményű CO<sub>2</sub> lézerberendezésével és a 2.7 kW teljesítményű Nd:YAG lézerberendezésével történt. A kísérletek során kétféle egylépes felületkezelési technológiát alkalmaztunk.

Az egyik egylépes technológiával, a porbefúvásos technikával Al-7Si-10Bi ötvözetet, a másik egylépes technológiával huzaladagolásos technikával Al-4Cu-1.5Mg-20Pb-t hoztunk létre.

### Al-7Si-10Bi monotektikus ötvözet vizsgálatainak eredményei

A porbefúvásos technológiánál a lézersugár által megolvasztott rétegbe Ar vívógázzal, 40-60 μm átmérőjű Bi szemcséket fújtunk Al-7Si alapötvözetbe, különböző lézerteljesítményekkel (2; 2,5; 3; 3,5 kW) és különböző előtolási sebességek (300;

600; 900 mm/min) mellett CO<sub>2</sub> lézerberendezéssel. A lézeres kezelés során 5 lézeres nyomot készítettünk 50%-os átfedéssel.

Az Al7Si10Bi monotektikus ötvözetet szemlélteti az 1. ábra. Az ábra bemutatja az ötvözött rétegek geometriai jellemzőit (mélység és a szélesség).

Jól látható, hogy a lézertócsa mélysége és szélessége függ az alkalmazott teljesítménytől és a pásztázási sebességtől.

A teljesítmény növelésével a zónamélység növekedett. Ez azzal magyarázható, hogy ugyanakkora felületre nagyobb energiát juttatva, nagyobb mélységben olvad meg az alapfém. Az előtolási sebesség növelésével a zónamélység csökken, mivel a kezelési idő csökkenésével csökken az időegység alatt bejuttatott energia, amely kisebb zónamélységet eredményez. Az előtolási sebességgel tehát fordított arányban van a zónamélység.

Az ötvözött zónák mélysége és szélessége a zónaszám növekedésével növekszik. Ez a jelenség a hő halmozódás eredménye. Az először megolvasztott és még le nem hűlt zóna egy részét a következő zóna átolvasztásával újra olvasztjuk, amelynek eredményeként a következő zóna szélessége és mélysége is nagyobb lesz.

### Az ötvözött zónák mélységének matematikai leírása

A zónák legfontosabb geometriai paramétere a mélység. Az ötvözött zónák mélysége egyszerű matematikai egyenlettel (1. egyenlet) leírható, az alkalmazott teljesítmény, a zónák száma és az előtolási sebesség függvényében. Az egyenletben szereplő állandók értéke csak a vizsgálati körülmények azonossága esetén érvényes (próbadarab anyaga, geometriája, lézersugár jellemzői, védőgáz áram, felület abszorpciós képessége, környezeti hőelvonás, átlapolódás mértéke.)

$$D = [A_0 + A_1(N-1)] \cdot \left[ \left( \frac{P}{v_b} - A_3 \right) \right]^n \quad (1)$$

$D$ : ötvözött zóna mélysége (mm)

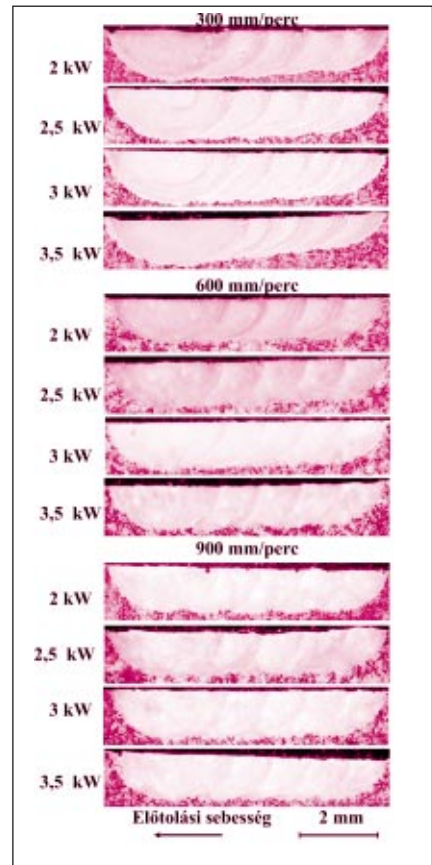
$A_0, A_1, A_3, n$ : konstansok

$P$ : teljesítmény (kW)

$N$ : átolvasztott zónák száma

$v_b$ : előtolási sebesség (mm/perc)

Az  $A_1$  konstans tartalmazza az átlapolódás hatását, természetesen más átlapolódásnál más  $A_1$  értéket kapunk. Az  $A_3$  a  $P/v_b$  hányadosnak az a minimális értéke, amely az olvadék megjelenéséhez szükséges.



1. ábra. Al7Si10Bi monotektikus ötvözet felületi rétege

Ha  $N = 1$ , azaz az első átolvasztott zóna esetében a mélység ( $D_0$ ):

$$D_0 = A_0 \cdot \left( \frac{P}{v_b} - A_3 \right)^n \quad (2)$$

Továbbiakban a 2. ábra alapján megbecsültük az  $A_3$  értékét ( $A_3 = 0,001$ ). Ez utóbbi azt jelenti, hogy a 300 mm/perc előtolási sebességnél 0,3 kW, 600 mm/perc előtolási sebességnél 0,6 kW és 900 mm/perc előtolási sebességnél 0,9 kW teljesítmény szükséges a tócsa megjelenéséhez. Meg kell jegyezni, hogy ennek az értéknek a kis mértékű változása lényegében nem módosítja a görbe jellegét.

A következő lépésben ábrázoltuk a mért mélység értékeket a  $\frac{P}{v_b} - A_3$

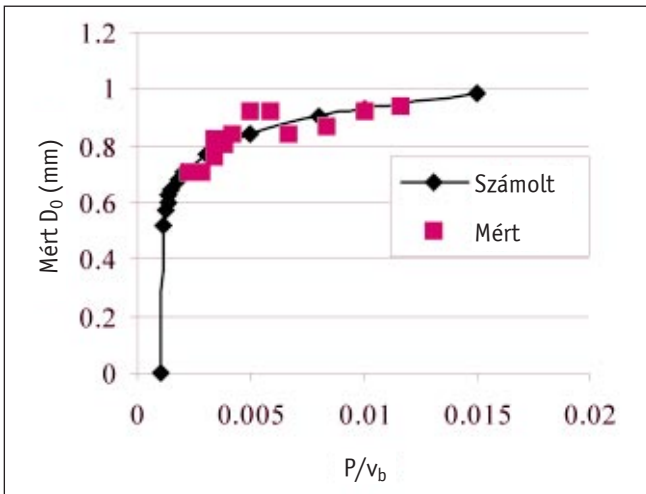
függvényében, amelyet a 3. ábra szemléltet.

Regressziós analízis segítségével meghatároztuk az  $n$  és  $A_0$  értékét, amelyet az 1. táblázat tartalmaz.

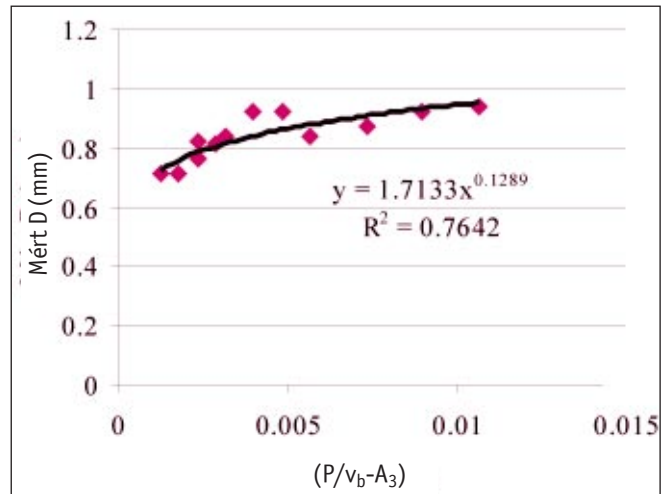
Állandó  $P/v_b$  érték esetén a mélység:

$$D = [A_0 + A_1(N-1)] \cdot b, \text{ ahol} \quad (3)$$

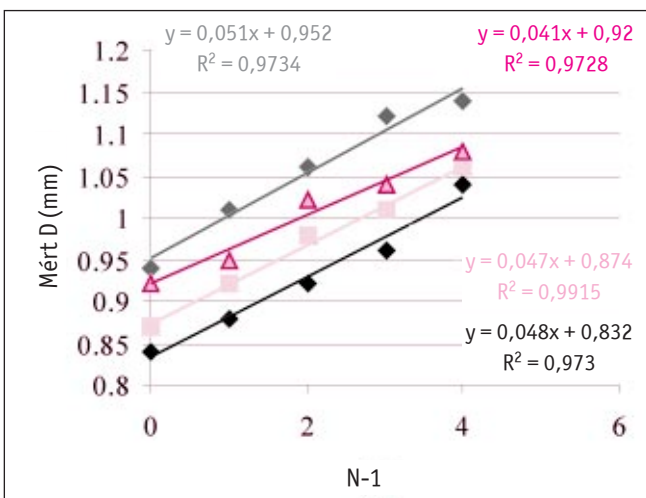
$$b = \left[ A_2 \left( \frac{P}{v_b} - A_3 \right) \right]^n$$



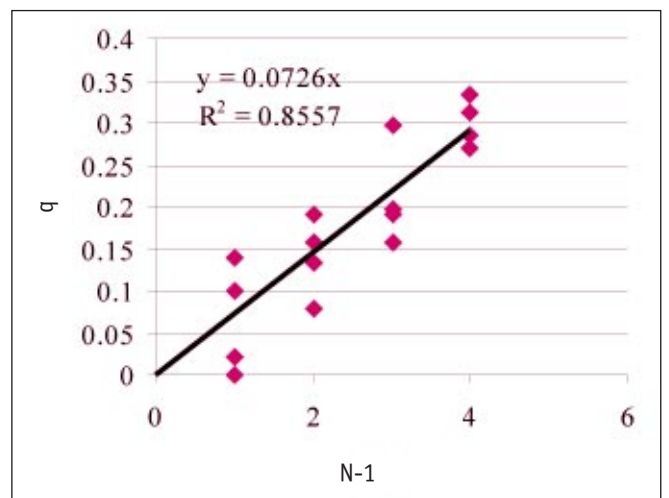
■ 2. ábra. Az első zóna mélysége a  $P/v_b$  függvényében



■ 3. ábra. A mért mélység értékek a  $\frac{P}{v_b} - A_3$  függvényében



■ 4. ábra. Mért  $D$  érték az  $N-1$  függvényében



■ 5. ábra. A  $q$  érték az  $N-1$  függvényében

A 3. egyenlet helyesen írja le a zónák sorszámának a függvényében a zónák mélységét, amelyet a 4. ábra szemléltet.

Mivel  $n$  sokkal kisebb, mint 1, ebből következik, hogy a  $D$  növekedésével a zóna mélysége csak kis mértékben nő. Következésképpen az átolvadt zóna mélysége a teljesítmény növekedésével kisebb mértékben nő, mert a teljesítmény kisebb része a tócsa növekedésére, a nagyobb része a tócsa túlhevítésére fordítódott.

Az 5. ábrán jelölt  $q$  az alábbi egyenlet értékeinek felel meg:

$$A_1 \cdot (N-1) = \frac{D}{\left(\frac{P}{v_b} - A_3\right)^n} - A_0 = q \quad (4)$$

1. táblázat. Al7Si10Bi ötvözet konstansai

Ötvözet	$n$	$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$
Al7Si10Bi	0,1289	1,7313	0,0726	1	0,001

Ezekből az adatokból meghatároztuk az  $A_1$  értékét. Az 1. táblázat mutatja be a konstans értékeket.

A teljesítmény változásával szabályozhatjuk az átolvasztott/ötvözött térfogatrészt (tócsa geometria) és elérhető, hogy állandó vastagságú réteg jöjjön létre. Adott vastagságú réteg kialakításához szükséges teljesítmény megadható az 5. egyenlettel:

$$P = v_b \cdot \left[ \frac{\left( \frac{D}{A_0 + A_1(N-1)} \right)^{1/n}}{A_2} + A_3 \right] \quad (5)$$

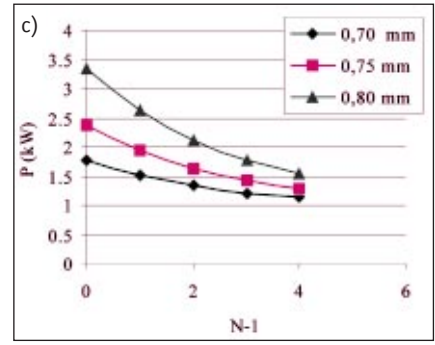
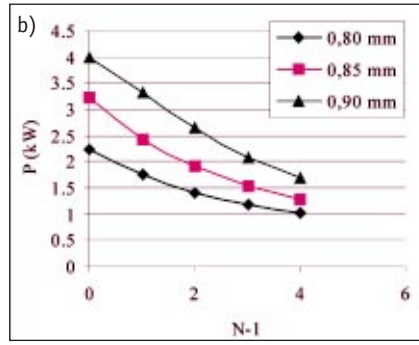
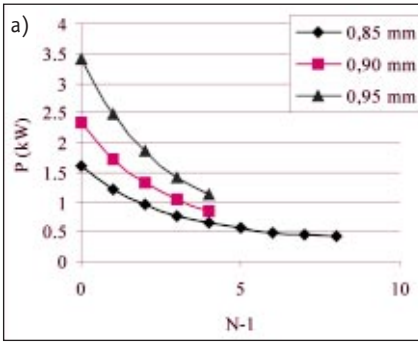
A 6. ábra szemlélteti az adott mélységű zóna előállításához szükséges teljesítményt. Az ábráról leolvasható, hogy a

300 mm/perc előtolási sebességgel készült darabok esetén a teljesítményszükséglet 0,3 kW-hoz, 600 mm/perc előtolási sebességgel készült darabok esetén a 0,6 kW-hoz és 900 mm/perc előtolási sebességgel készült darabok esetén a 0,9 kW-hoz tart nagy  $N$  érték ( $N > 20$ ) esetében, és  $N=1$  esetében sem éri el a CO<sub>2</sub> lézerberendezés maximális teljesítményét (5,5 kW).

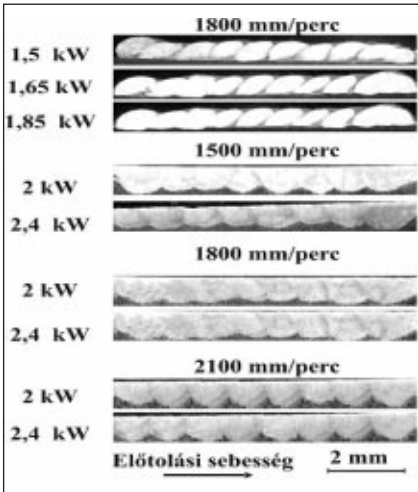
A fentebb bemutatott módszer adott technológiai paraméterek mellett a konstansok meghatározásával alkalmazható más eljárásoknál is, ahogy azt a következő részben, a másik egylépéses, a huzaladagolós technológiánál bemutatjuk.

#### Al-4Cu-1.5Mg-20Pb monotektikus ötvözet vizsgálatainak eredményei

A másik, a huzaladagolós egylépéses technológiánál kis és nagy lézerteljesít-



■ 6. ábra. Adott mélységű zóna előállításához szükséges teljesítmény; a) 300 mm/perc, b) 600/mm/perc, c) 900 mm/perc



■ 7. ábra. Al-4Cu-1.5Mg-20Pb monotektikus ötvözetek felületi rétegei

ményű kísérletsorozatot különböztetünk meg. A kis lézerteljesítményű sorozatnál (1-8 próbadarabok) csak a lézer teljesítményét változtattuk 1,5-2,04 kW között. A nagy lézerteljesítményű kísérleteknél (9-20 próbadarabok), 2 és 2,4 kW teljesítménynél a lézersugár mozgási

sebességét változtattuk 1500-1800-2100 mm/perc között Nd:YAG lézerberendezés segítségével. A lézeres kezelés során 8 felrakott zóna készült 50%-os átfedéssel.

A felületkezelési technikák közül az egylépéses huzaladagolásos felületövezéssel készült Al-4Cu-1.5Mg-20Pb monotektikus ötvözet felületi rétegeit mutatja be a 7. ábra.

A kis lézersugár teljesítményű kísérleteknél – a Nd:YAG lézer esetén – az ólom bevitele a felületi rétegbe nem sikerült, mert az ólom szépen körbevette a huzalt és nem alakult ki fémes kötés az alapanyag és a bevonat között, a réteg kézzel eltávolítható volt.

Az előbb leírt módon meghatároztuk az  $n$ ,  $A_0$ ,  $A_1$  és  $A_3$  értékeket az egylépéses huzaladagolásos technológiával készült Al-4Cu-1.5Mg-20Pb ötvözet esetében is (2. táblázat).

Megbecsültük az  $A_3$  értékét ( $A_3 = 0,0005$ ). Ez utóbbi azt jelenti, hogy az 1500 mm/perc előtolási sebességgel készült darabok esetén 0,75 kW, 1800

mm/perc előtolási sebességgel készült darabok esetén a 0,90 kW és 2100 mm/perc előtolási sebességgel készült darabok esetén a 1,05 kW az a teljesítmény, mely szükséges a tócsa megjelenéséhez.

A 8. ábra mutatja be az adott mélységű zóna előállításához szükséges teljesítményt. Az ábráról leolvasható, hogy a 1500 mm/perc darabok esetén a teljesítményszükséglet 0,75 kW-hoz, 1800 mm/perc darabok esetén a 0,90 kW-hoz és 2100 mm/perc darabok esetén a 1,05 kW-hoz tart nagy  $N$  érték ( $N > 20$ ) esetében, és  $N=1$  esetében sem éri el a Nd:YAG lézerberendezés maximális teljesítményét (2,7 kW).

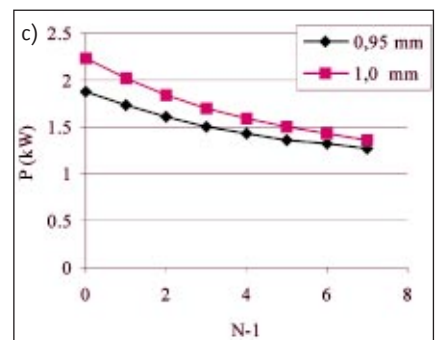
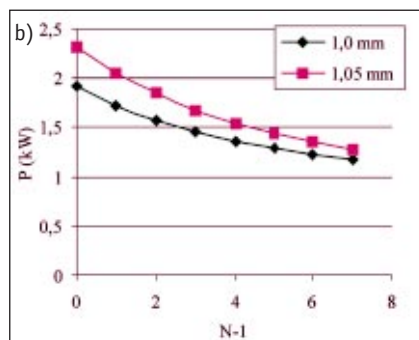
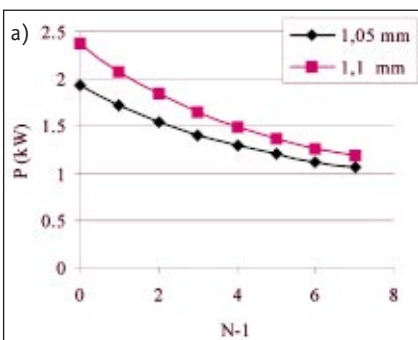
### Összefoglalás

Kétféle egylépéses felületkezelési technológia alkalmazásával hoztunk létre monotektikus felületi réteget. Az ötvözött zónák geometriai vizsgálati eredményei alapján megállapítható, hogy:

- a teljesítmény növekedésével a zónamélység növekedett, amely azzal magyarázható, hogy ugyanakkora felületre nagyobb energiát juttatva nagyobb mélységben olvad meg a felület;
- az előtolási sebesség növekedésével a

2. táblázat. Al4Cu1.5Mg20Pb konstansai

Ötvözet	$n$	$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$
Al4Cu1.5Mg20Pb	0,145	2,963	0,089	1	0,0005



■ 8. ábra. Adott mélységű zóna előállításához szükséges teljesítmény; a) 1500 mm/perc, b) 1800/mm/perc, c) 2100 mm/perc



	Gyártó	Forgalmazó	CO <sub>2</sub>			Nd:YAG						Diódlézerek					Egyéb sugárforrások											
			P<5kW	5kW<P<10kW	10kW<P	Lámpapumpált	Diódepumpált	Impulzus	Folytonos (cw)	P<500W	500W<P	Korong (Disc)	HDL rendszer	Pumpalódiodák	Zöld diódlézer	Kék diódlézer	Piros diódlézer	Egyéb	Szállézer	Ultra rövid impulz.	Fs lézer	Orvosi lézerek	Litográfiai lézerek	Zárt lézerek	Excimer	Argon	HeNe	Egyéb
GLYN, www.glyn.de	x	x										x																
GTU Laser Technik, www.gtu-laser.de	x	x	x										x															
GWU Lasertechnik, www.gwu-group.de	x	x				x	x	x												x								x
Franz Hagemann, www.f-hagemann.de		x		x															x									
Heinzig Metalltechnik, www.heinzig.com		x	x																									
High Q Laser Production, www.highqlaser.at	x																			x	x	x						
Hyperbel Laser Technology, hyperbel@t-online.de		x	x																									x
IB Laser, www.ib-laser.com	x	x					x	x	x	x										x				x				x
ID & T, www.idtlaser.com	x	x					x	x	x	x			x	x	x	x				x			x	x				x
I.L.E.E., www.ilee.ch	x													x	x	x	x											
ILV Ingenieurbüro, alfred_g_arlt@t-online.de		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													x				
IMM Photonics, www.imm-photonics.de	x	x																										
Impex HighTech, www.impex-hightech.de	x						x	x	x	x																		
INGENERIC, www.ingeneric.com	x																											
JENAer Meßtechnik, www.jenaer-mt.de		x																										x
JENOPTIK Diode Lab, www.diodelab.com	x																											
JENOPTIK Laserdiode, www.jold.com	x																											
JENOPTIK Las., Opt., Sys.-Lasertechn., www.jenoptik-los.de	x	x					x	x	x	x	x																	x
Horiba Jobin Yvon, www.jobinyvon.de		x					x																					x
Koheras, www.koheras.com	x	x																										x
LASAG, www.lasag.ch	x	x					x																					
Laser 2000, www.laser2000.de		x	x																									
Laser Components, www.lasercomponents.com	x	x																										
Laser-Laboratorium Göttingen - LLG, www.llg-gmbh.de	x	x																										
Laser System Deal, www.laserdeal.com		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																	
Laserline, www.laserline.de		x	x																									
LASOS, www.lasos.de		x																										
LIMO Lissotschenko Mikrooptik, www.limo.de	x																											
LINOS Photonics, www.linos.com		x																										
LLT Applikation, www.llt-ilmenau.de		x	x																									
L.O.T.-Oriel, www.lot-oriel.de		x																										
LST Laser & Strahl Technik, www.europalaserboerse.at		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																
LZH - Laser Zentrum Hannover, www.lzh.de																												
Manlight, www.manlight.com	x	x																										
Meerstetter Engineering, www.meerstetter.ch	x																											
MICOS, www.micos.ws	x	x																										
Mitsubishi Electric, www.mitsubishichips.com																												
MIYACHI, www.mec.miyachi.com	x	x																										
MYOS lasertechnology, www.myos.de	x	x																										
nLIGHT, www.nlight.net	x	x																										
Omicron Laserage Laserprod., www.omicron-laser.de	x																											
Optotools, www.optotools.de	x	x																										
Pavilion Integration, www.pavilionintegration.com	x	x																										
Pegasus Lasersysteme, www.pegasus-optik.de	x	x																										
Permanova Lasersystem, www.permanova.se		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																	
Photon Energy, www.photon-energy.de	x	x																										
Photonic Products, www.photonic-products.com	x	x																										
Polytec, www.polytec.de	x	x																										
PRC Laser, www.prclaser.com	x	x	x	x																								
Prenovatec, www.prenovatec.com	x																											
Quantronix Continium, www.quantronixlasers.com	x	x																										
Rabe Lasertechnik, www.rabe-laser.de	x	x	x	x																								
RINGFOCUS, www.ringfocus.de	x	x																										
Rofin Sinar Laser, www.rofin.com	x	x	x	x																								
Soliton Laser u. Messtechnik, www.soliton-gmbh.de	x	x	x																									
SPI Lasers, www.spilasers.com																												
Excel Technology, Division Synrad, www.synrad.com	x	x	x																									
TAMPOPRINT, www.tampoprint.de		x																										
TAUFENBACH, www.taufenbach.de	x	x	x																									
Telesis MarkierSysteme, www.telesis.com		x																										
Time-Bandwidth, www.tbwp.com	x																											
TOPAG Lasertechnik, www.topag.de		x																										
Toptica Photonics, www.toptica.com	x	x																										
Trotec Laser, www.trotec.net	x																											
TRUMPF, www.trumpf-laser.com	x	x	x	x																								
Universal Laser Systems, www.uls.at	x	x																										
Vision Lasertechnik, www.vision-lasertechnik.de	x																											
Z-LASER Optoelektronik, www.z-laser.com	x	x																										



Szerkesztőségünk tagjai a közelmúltban úgy döntöttek, hogy elfogadjuk tagtársunk, ifjabb *Kaptay György* ajánlközését, és elindítjuk a „Határfelületi jelenségek a fémesanyaggyártásban” című cikksorozatunkat. Ettől kezdve az elkövetkező években lapunk minden 3. és 6. számában tervezzük megjelentetni a sorozat új cikkeit. A sorozat pontos tartalomjegyzékét és a sorozat végét ma még nem látjuk. Egy dolog biztos: az itt következő cikk, ami a sorozat első része, a természetben fellépő nyolcfajta határfelületi erőről szól.

Azért döntöttünk e cikksorozat elindítása mellett, mert a határfelületi jelenségek az Egyesületi hírmondót leszámítva lapunk minden rovatához szervesen és egyetemlegesen kapcsolódnak. Egyetemlegesen, mert egy adott határfelületi jelenség felléphet mind acélkohászati üstben, mind öntészeti homokformában, mind a „jövőnk” anyagainak gondolt fémmátrixú kompozitok, habok vagy emulziók gyártása során. Ezért e cikksorozatot kiemeltük az egyes rovatokból, és a BKL Kohászat minden olvasójának szánjuk. A határfelületi jelenségek ugyanis keresztbe-kasul átjárják fémesanyaggyártásunk szinte minden lépését, s következményein a gyakorló kohó- és anyagmérnökök gyakran bosszankodnak. A cikksorozat azt a célt szolgálja, hogy bosszankodás helyett hajtsuk szolgálatunkba a határfelületi jelenségeket is: tanuljuk meg kihasználni azokat saját mérnöki céljaink eléréséhez. Reméljük, hogy ez a cikksorozat, ami a határfelületi jelenségek, határfelületi erők és határfelületi energiák témaköréről szól, sok Olvasónknak segít majd megoldani saját ipari problémáit.

Végül – ismerve Szerzőnk új hobbiját, a nanotechnológiát – nem tudjuk megállni, hogy ne emlékeztessük az Olvasót, ha valahol, akkor a nanoszerkezetű anyagokban valóban szinte más sincs, csak határfelület. Ezért ha nanoszerkezetű fémes anyagokat akarunk tudatosan és reprodukálható módon gyártani, akkor az út itt is a határfelületi jelenségek kontrollálásán keresztül vezet. Márpedig a világ fémgyártása lassan ugyan, de biztosan abba az irányba halad, hogy a ma tíz mikrométer nagyságrendben kontrollált anyagszerkezet felől a nagy hozzáadott értékű anyagok kontrollált anyagszerkezete fokozatosan a nanométeres nagyságrend irányába változik.

 Szerkesztőség

KAPTAY GYÖRGY

## Határfelületi jelenségek a fémesanyaggyártásban. 1. rész

### A határfelületi erők osztályozása

**Ezen cikksorozat 1. részében szerző definiálja és osztályozza a természetben fellépő és az anyaggyártó technológiákban tudatosan kihasználható határfelületi erőket, összesen nyolcat. Megadja a határfelületi erők és energiák általános képleteit.**

#### 1. Bevezetés

A makroszkópikus (10 mm-nél nagyobb méretű, a bolygókat is ideértve) testek mozgásának tanulmányozására csilla-

gász, gépészmérnök ill. technológus kollégáink *Newton* tanait használják [1]. Ezen testek viselkedését a gépek (ember) által rájuk erőltetett erőkhöz kívül főleg a gravitációs és/vagy a sűrűlódási erők hatá-

rozzák meg. A kohászat és az anyagmérnökség szempontjából emellett meghatározó jelentőséggel bírnak az atomi/molekuláris szintű átalakulások, amelyeket *Gibbs* tanai alapján a kémiai termodinamika ír le [2].

Van azonban az anyagnak egy köztes szerveződési szintje is: a milliméter méretű vagy annál kisebb, de több atomból/molekulából álló, azaz legalább nanométer méretű fázisok. Ezen  $10^{-9} \dots 10^{-3}$  m méretskálán lévő fázisok viselkedését főleg az ún. „határfelületi erők” határozzák meg. E határfelületi erőket ugyanúgy a newtoni mechanika törvényeivel kell figyelembe venni és az egyéb erőkkel (izomerő, gravitációs erő, sűrűlódási erő stb.) vektorálisan összeadni, mint teszszük azt a klasszikus mechanikában. Azonban e határfelületi erők – mint ahogy jelen cikkben bemutatom – a kémiai termodinamikából vezethetőek le. Így az  $1 \text{ nm} \dots 1 \text{ mm}$  méretskálán lévő fázisok viselkedésének leírásához a klasszikus mechanika és a ma már szintén klasszikusnak számító kémiai termodinamika összekapcsolására van szükség.

*Kaptay György* 1984-ben szerzett kitüntetéses kohómérnöki oklevelet a *Leningrádi Műszaki Egyetemen*, majd 1988-ban ugyanott megszerezte a *műszaki tudományok kandidátusa* címet. 1984-ben fél évig az *ALUTERV-FKI*-ban dolgozott kutatógyakornokként. 1987 óta dolgozik a *Miskolci Egyetem Kohómérnöki (azóta Műszaki Anyagtudományi) Karán*, 2006 közepe óta negyed állásban. 1998-ban habilitált, 1999 óta egyetemi tanár, 2005-ben kapta meg az *MTA doktora* címet. Volt a *Fizikai Kémiai Tanszék (1996-2004)*, a *Kémiai Intézet (1996-1998)* vezetője és a kar dékánja (1998-2006). 2007 óta a *Kihelyezett Nanotechnológiai Tanszék* és a *BSc, MSc, illetve PhD szintű nanotechnológiai szakirányos oktatások vezetője*. 2006-ban az *NKTH finanszírozással alapított BAY-NANO Nanotechnológiai Kutatóintézet Nano-kompozit osztályának vezetője*. Emellett 2006 júliusától igazgató, majd 2007 decemberétől tudományos igazgatóhelyettes. Kutatási területe tudományterületek szerint a *kémiai termodinamika, a határfelületi jelenségek, az elektrokémia, a transzport folyamatok, a nanotechnológia; a vizsgált anyagi rendszerek szerint fémolvadékok, sóolvadékok, szilárd fémek, kerámiák, kompozitok, habok, emulziók*. 239 tudományos cikk vagy könyvrészlet szerzője.

A cikk fő célja az, hogy megismertesse az olvasókat a határfelületi erők különböző típusaival. Ezen erők közül néhányat mindenki ismer előtanulmányaiból, néhányal talán még nem találkozott. Azonban mind a nyolcfajta határfelületi erő szerepet játszik a különböző kohászati technológiákban, amit részletesen a cikksorozat következő részeiben fogok bemutatni. A határfelületi erők története *Young* [3] és *Laplace* [4] munkásságával kezdődött. Ezt a témát összefoglaló könyvek [5-7] és cikkek [8-10] tárgyalják, az utóbbit [10] leszámítva egyik sem az itt bemutatott teljességgel.

## 2. A határfelületi erők osztályozása

A határfelületi erők – nevéből következően – olyan erők, amelyek a határfelületen hatnak, és amelyek csak a határfelület(ek) léte miatt ébrednek. Tehát ha a világgegyetem (vagy pl. az anyaggyártó üst) mindössze egy fázist tartalmazna, akkor határfelületi erők nem léteznének. Azonban szinte minden műszaki anyagunk többfázisú, a fázisok között óhatatlanul fázishatárok vannak, és a gyártás során ezen határfelületek mentén, azok közelében vagy azokra merőlegesen gyakran, de nem mindig, különböző határfelületi erők lépnek fel.

A határfelületi erők felléptéhez tehát legalább két fázisra van szükség, amelyek között legalább egy határfelület van. Az esetek többsége persze ennél bonyolultabb: három fázist (és három határfelületet) kell figyelembe vennünk, ha például egy szemcsehatáron karbidkiválást észlelünk, de már négy fázist (és maximum hat fázishatárt) kell kezelnünk akkor, amikor egy fémolvadék tetején egy salakcsepp úszik a falzat közelében. Ezért a határfelületi erőket érdemes a következő két

### 1. táblázat. A határfelületi erők nevezéktana\*

A fázisok száma	Az erő iránya	Párhuzamos a fő határfelülettel	Merőleges a fő határfelületre	Indifferens a fő határfelülethez
2		Összehúzó (= Anti-stretching)	Görbület indukálta (= Curvature induced)	Gradiens (= Gradient)
3		Szétterítő (= Spreading)	Kapilláris (= Capillary)	Adhéziós (= Adhesional)
4		Meniszkusz (= Meniscus)	?	Fluidumhíd indukálta (= Fluid-bridge induced)
5, 6 stb.		?	?	?

\* Egy szó esetén a teljes név: „határfelületi  $x$  erő” (= „interfacial  $x$  force”) pl. „határfelületi kapilláris erő” (= „interfacial capillary force”), míg több szó esetén a teljes név: „ $x$  határfelületi erő” (= „ $x$  interfacial force”), pl. „görbület indukálta határfelületi erő” (= „curvature induced interfacial force”).

kérdésre adott válaszok alapján csoportosítani (ld. 1. táblázat) [10]:

- minimum hány fázis kell az adott határfelületi erő felléptéhez/definálásához?
- vajon az adott határfelületi erő merőleges, párhuzamos vagy indifferens irányban hat a fő határfelülethez viszonyítva?

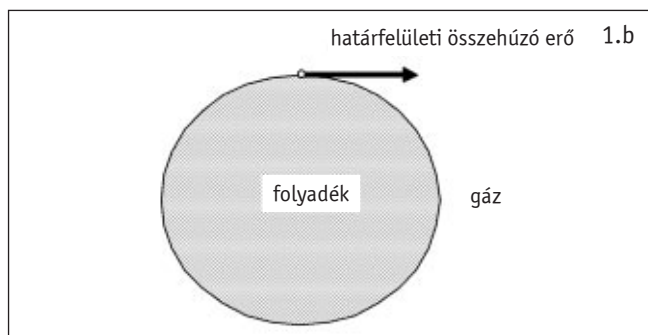
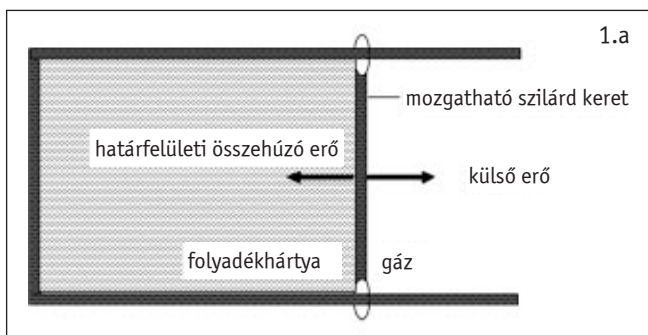
Mivel ezen csoportosítás alapján eddig nyolcféle határfelületi erőt sikerült definiálnom, ezért szükséges a határfelületi erők nevezéktanának megalkotása. Nem elegendő ugyanis azt mondani, hogy egy részecskére határfelületi erő hat (ezzel nem mondtunk sokat), definiálnunk kell, hogy vajon határfelületi gradienserő, határfelületi kapilláriserő, vagy határfelületi meniszkuszerő stb. hat-e rá, esetleg mindegyik egyszerre? A határfelületi erők nevezéktanát először angol nyelven készítettem el [10], de mint minden professzornak, nekem is kötelességem saját szakmámon belül a magyar nevezéktan megalkotása is. Ezért az 1. táblázatban a magyar és az angol megfelelők együtt vannak feltüntetve. Nem állítom, hogy ma az egész világ ezt a nevezéktant használja, de erre hosszú távon jó esély van, mi-

vel tudtommal ez az első átfogó nevezéktan a témában. Azt sem állítom, hogy az itt definiált határfelületi erőknél nem definiálható több, erre utalnak az 1. táblázat kérdőjelei. Azt azonban állítom, hogy a ma még fel nem ismert határfelületi erők az itt közölt általános képletből levezethetők.

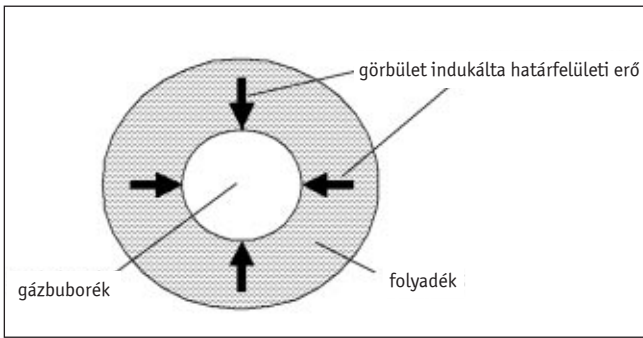
Most vizsgáljuk meg röviden, hogy melyik név mögött milyen hatás húzódik meg. A részletesebb elemzést a cikksorozat következő részeiben fogom megadni.

### 2.1. Határfelületi összehúzó erő

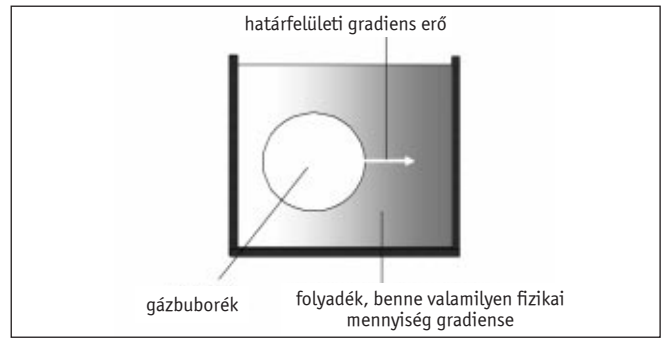
Képzeliünk el egy sík, szilárd keret, amelynek négy oldala közül az egyik egy csúszka segítségével mozgatható (1.a ábra) [6]. A keret jellemző mérete a milliméteres skálán van. A keretre cseppentsünk kevés folyadékot olyan anyagból, ami tökéletesen nedvesíti a keret anyagát, ezért a kerethez tapad, és egy bizonyos méretig a gravitáció ellenére sem cseppen le róla. Ekkor a kereten belül egy vékony folyadékfilmet kapunk, hasonlót ahhoz, amiből a gyerekek szappanbuborékokat fújnak. A csúszka mozgathatóságához, azaz a folyadék-



■ 1. ábra. A határfelületi összehúzó erő definíciójához



■ 2. ábra. A göbület indukálta határfelületi erő definíciójához



■ 3. ábra. A határfelületi gradiens erő definíciójához

film széthúzásához valamennyi külső erőre van szükség. Ha a súrlódási erőt elhanyagoljuk, és végtelenül lassan húzzuk szét a folyadékfilmet, ez a külső erő a „határfelületi összehúzó erő” legyőzéséhez szükséges. Ezért az 1.a ábra a határfelületi összehúzó erő definíciójaként is értelmezhető.

A határfelületi összehúzó erő mindig a folyadék/gáz határfelülettel párhuzamosan, érintőlegesen (ld. 1.b ábra), és mindig a határfelületet növelő külső erő ellenében hat. Erre utal az angol elnevezésben az „anti-stretching” = „anti-széthúzó” kifejezés, ami azonban magyarul nem túl tetszetős, így lett az erő neve „összehúzó”. Külső erők hiányában a határfelületi összehúzó erőnek köszönhetően a fázisok olyan alakot vesznek fel, amihez a minimális felületi energia tartozik. Gravitációmentes térben lebegő csepp esetében ez az alak a gömb. Szilárd fázissal kontaktusban lévő csepp esetén ez az alak egy gömbsüveg, ami meghatározott peremszöggel kapcsolódik a szilárd felülethez. Gravitációs erőterben ez a gömbsüveg némileg torzul.

A határfelületi összehúzó erő természetesen nem csak folyadék/gőz határfelületen lép fel, hanem minden típusú határfelületen. Ilyenből összesen ötfajta van: a folyadék/gőz határfelületen kívül ismerünk szilárd/gőz, szilárd/szilárd, szilárd/folyadék és folyadék/folyadék határfelületeket. Ugyan az 1.a ábrán bemutatott kísérlet nem minden határfelület típuson végezhető el, a határfelületi összehúzó erő minden határfelület típuson működik.

A határfelületi összehúzó erő Young 1805-ös munkájához köthető [3]. Ő ugyan nem használta ezt a kifejezést, de valójában a határfelületi összehúzó erők segítségével vezette le a Young-egyenletet, ami az egyensúlyi peremszög máig használatos alapegyenlete.

## 2.2. Göbület indukálta határfelületi erő

A határfelületek nagy része nem sík, hanem göbült. Ebben az esetben a felületre merőlegesen egy határfelületi erő lép fel (ld. 2. ábra), ami csak és kizárólag a göbület miatt jelenik meg. Ezért nevezzük ezt az erőt „göbület indukálta határfelületi erő”-nek. Ezt az erőt Laplace vezette be 1806-ban [4]. Hasonlóan a Young-féle határfelületi összehúzó erőhöz, a Laplace-féle göbület indukálta határfelületi erő definíciójához is elegendő két fázis és egy határfelület jelenléte. Amíg azonban a Young-féle határfelületi összehúzó erő a felülettel érintőlegesen hat, addig a Laplace-féle göbület indukálta határfelületi erő a felületre merőlegesen hat. Ezért fontos köztük különbséget tenni.

A göbület indukálta határfelületi erő egyenletesen oszlik meg egy gömb alakú (azaz minden pontjában azonos göbülettel rendelkező) fázis határfelületén. Ezért ezt a göbület indukálta határfelületi erőt elosztva a felület nagyságával, nyomás jellegű mennyiséget kapunk, amit göbület indukálta határfelületi nyomásnak vagy Laplace-nyomásnak nevezünk. Mint a 2. ábrán látjuk, a Laplace-nyomás mindig a kisebbik fázis belseje felé hat, összenyomva azt. Ezért minél kisebb egy folyadékban lévő buborék, annál nagyobb benne a nyomás azonos külső nyomás mellett.

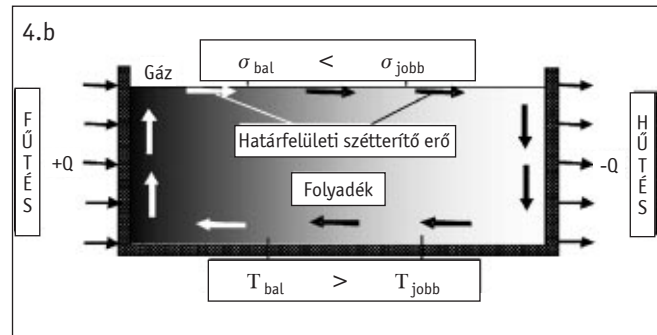
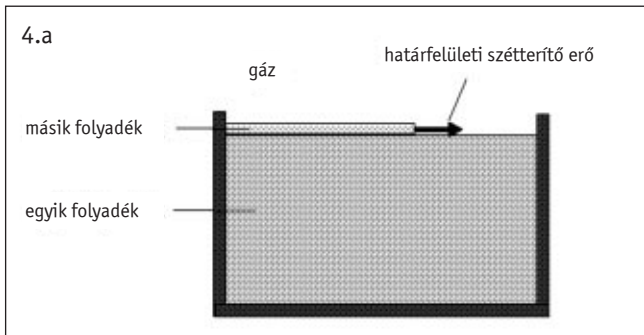
A Laplace-nyomás kiemelt szerepet játszik a kisméretű fázisok egyensúlyában. Thomson (a későbbi Lord Kelvin) volt az első, aki bemutatta, hogy a göbült felületű csepp feletti egyensúlyi gőznyomás nagyobb, mint a sík felületek feletti egyensúlyi gőznyomás [11]. Az ezt leíró egyenlet alapja a Laplace-nyomás, illetve az, hogy a fázisok Gibbs-energiája hogyan függ a nyomástól és ezen keresztül a göbülettől. Ezért a nanotudomány egyik

alapja a Laplace-nyomáson alapuló Kelvin-egyenlet, melynek segítségével az egyensúlyi fázisdiagramok a fázisok mérete függvényében számíthatók ki. Ennek lényege, hogy minél kisebb egy fázis (azaz minél nagyobb a göbülete), annál kevésbé stabil. Ahogy a klasszikus kohászati technológiai folyamatok hiteles értelmezése gyakran az egyensúlyi fázisdiagramokra utal vissza, úgy a nanotechnológiai folyamatok hiteles értelmezése (ha majd lesz ilyen), a Laplace-nyomással korrigált fázisdiagramokon kell, hogy alapuljon.

A göbület indukálta határfelületi erő természetesen nemcsak folyadék/gőz határfelületen lép fel, hanem minden egyéb (szilárd/gőz, szilárd/szilárd, szilárd/folyadék és folyadék/folyadék) határfelületeken is.

## 2.3. Határfelületi gradiens erő

Képzeljünk el egy buborékot, ami egy olyan folyadékban van, amiben a felületi energiákat meghatározó állapotváltozók értéke nem konstans, hanem valamilyen gradiens szerint változik (ld. 3. ábra). Egy folyadékban belül elképzelhető például hőmérséklet-gradiens (ha a folyadék egyik felét fűtjük, a másikat hűtjük), vagy valamely, a folyadékban oldott komponens koncentráció-gradiense (ha a komponens a folyadék egyik oldalán adagoljuk, és az a térfogatban diffúziós mechanizmussal oszlik el). Ezeket a gradienstereket különböző tónusokkal jelöltem a 3. ábrán. A folyadékok felületi feszültsége hőmérséklet- és koncentrációfüggő, ezért a 3. ábrán látható buborék felületi feszültsége helyfüggő lesz. Általában a nagyobb hőmérsékletű helyeken és ott, ahol valamely, a folyadékban oldott felületaktív komponens nagyobb koncentrációban van jelen, a buborék felületi feszültsége minimális értékű lesz. Márpedig a



■ 4. ábra. A határfelületi szétterítő erő definíciójához

természet minimális energiaállapotra törekszik. Ezért a buborékot a természetben fellépő erők a folyadékon belül oda fogják tolni-húzni, ahol a lehető legkisebb a buborékok energiája. Ezt az erőt nevezzük határfelületi gradiens erőnek, hiszen fellépte csak valamely gradiensnek köszönhető. A határfelületi gradiens erő létét először Young, *Goldstein* és *Block* [12] írták le.

A határfelületi gradiens erő természetesen nemcsak folyadék/gőz határfelületen lép fel, hanem minden egyéb (szilárd/gőz, szilárd/szilárd, szilárd/folyadék és folyadék/folyadék) határfelületeken is. Más kérdés, hogy ezen egyéb határfelületeken milyen egyéb erők lépnek fel, és azok vajon kompenzálják-e a határfelületi gradiens erőt. Ilyen kompenzációs mechanizmus főleg a szilárd részecskék felületén várható. Aktívan hat azonban a határfelületi gradiens erő a buborékok és cseppek határfelületén, azaz a folyadékokban diszpergált buborékok és cseppek jellemzően a nagyobb hőmérsékletű és a felületaktív komponensben gazdagabb térrészek felé mozognak határfelületi gradiens erő hatására. Így lehet például folyadékban lévő buborékot lefelé (a felhajtó erő ellenében) mozgatni [12].

## 2.4. Határfelületi szétterítő erő

Itália növényi olaj termelő részén a XIX. században élt egy *Carlo Marangoni* nevű fiatal, akinek falujában generációk óta mindenki tudta, hogy egy vödör víz tetejére csöppentett olajcsepp nagy sebességgel szétterül a víz felületén és összefüggő olajréteget képez rajta. Ez azért van, mert egyrészt a víz és az olaj egymásban alig oldódnak, másrészt az olaj sűrűsége kisebb a vízénél, harmadrészt az olaj tökéletesen (zéró peremszöggel) nedvesíti a víz felületét. Carlo azonban tudományos ambíciókkal bírt és úgy döntött,

hogy leméri a szétterülés sebességét. Az akkori mérés technika a vödör méretű kísérletekben nem tette lehetővé a pontos mérést, ezért Marangoni olajjal töltött szivacsokat dobált tavak közepébe, és azt mérte, hogy a szivacs becsapódásától számítva mennyi idő alatt ér a lábához az olajfolt. Ezzel ugyan kísérletenként elhasznált egy-egy tavat, viszont azóta is az Ő nevéhez kötődik az általam „határfelületi szétterítő erő”-nek nevezett „Marangoni-erő” [13]. A 4.a ábrán látható folyadékra a határfelületi szétterítő erő hatására kerül szét a teljes rendelkezésre álló felületen, feltéve, hogy elegendő folyadék áll rendelkezésre. Ha a rendelkezésre álló felület nagyobb, mint amennyit a mono-atomos (mono-molekuláris) rétegben szétterülő folyadékra el tud foglalni, akkor a felület egy része szabadon marad.

Valójában *Thomson* (egy másik, nem a fent említett későbbi Lord Kelvin) [14] már egy emberöltővel Marangoni előtt leírt egy hasonló jelenséget alkoholok vizes oldatain (mint pl. a bor) tett megfigyelései alapján. A különbség az, hogy ekkor nem három, csak két fázis van jelen, és a felület mentén alakul ki koncentráció- és/vagy hőmérséklet-gradiens (ld. 4.b ábra). Ekkor a felület egy részének kisebb, másik részének nagyobb lesz a felületi feszültsége. A rendszer most is energiáminimálisra törekszik, ezért a kisebb felületi feszültségű folyadékhártya a felület mentén áramlani kezd a nagyobb felületi feszültségű folyadékhártya felé, és lecseréli azt. Mint a 4.b ábrán látjuk, ebben az esetben a fázis teljes kerülete mentén áramlás indul el, ami képes a teljes fázis keverésére. Ezzel persze nem fedeztük fel a perpetuum mobile-t, hiszen az áramlás csak addig tartható fenn valamilyen állandósult állapotú sebességgel, amíg fenntartjuk a két oldal közötti hőmérséklet-különbséget. Ez utóbbinak sajnos na-

gyobb az energiaigénye, mint amennyi egy, a Marangoni-áramlásra kapcsolt turbínáról lehet.

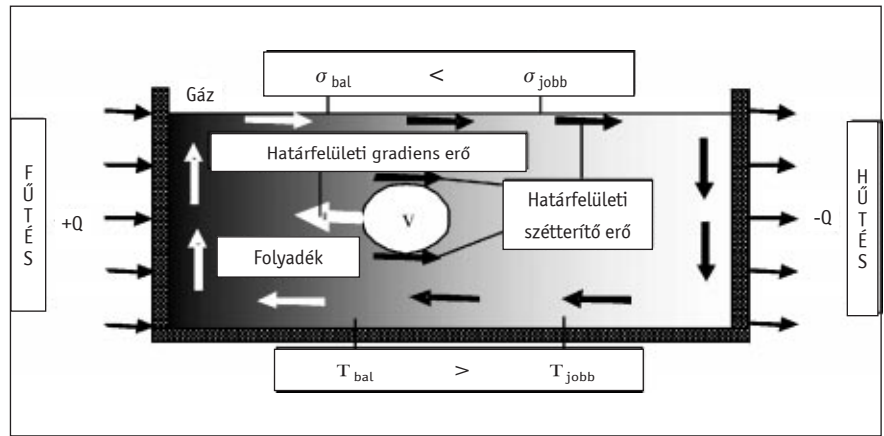
Itt érdemes megállni egy szóra és különbséget tenni a koncentráció- (hőmérséklet-) gradiens okozta Marangoni-áramlás, és az ugyanezen okokból fellépő diffúzió között. Mindkettő transzportfolyamat. Mindkettő oda vezet, hogy a koncentráció- és hőmérséklet-) különbségek idővel a tér különböző pontjai között kiegyenlítődnek. A legfontosabb elvi különbség az, hogy diffúzió esetén az oldatban oldott egyik komponens atomjai/molekulái mozdulnak el a másik komponens atomjaihoz/molekuláihoz képest, miközben a folyadék tömege gyakorlatilag mozdulatlan, míg a Marangoni-áramlás a teljes felületi folyadékra terjed, minden ott lévő komponens egyformán magával ragadva. A diffúzió mind a térfogaton át, mind a felület mentén folyik, míg térfogati Marangoni-áramlás definíció szerint nem létezik (más kérdés, hogy a felületi Marangoni-áramlás áttételesen térfogati keveredést is okoz). Fentiekben túl a Marangoni-áramlás nagyságrendekkel gyorsabb transzportot tesz lehetővé a diffúzióhoz képest, és szemmel is látható, erős folyadékmozgást idéz elő – ezért volt ezt képes 150 évvel ezelőtt Thomson megfigyelni [14].

A 4.b ábrán bemutatott hőmérséklet-gradiens erősen emlékeztet az előző fejezetben tárgyalt „határfelületi gradiens erő”-t kiváltó hőmérséklet-gradiensre (sőt, azonos vele). Ez annyira így van, hogy az irodalomban jellemzően mindkét erőt „Marangoni-erőnek” hívják, jelentős zavart okozva mindenkiben, aki nemcsak messziről szemléli az eseményeket, hanem a részletekkel is foglalkozik. A helyzet ugyanis az, hogy a határfelületi gradiens erő és a határfelületi szétterítő erő elentétes előjelűek. Ezt legegyszerűbb az

5. ábrával szemléltetni, ami a 4.b ábra analógja, azzal a különbséggel, hogy a folyadékba egy buborékot is helyeztünk. Itt látható, hogy ha a határfelületi szétterítő erő a felületen balról jobbra való áramlást indít el, akkor a határfelületi gradiens erő az ellenkező irányba, jobbról balra húzza a buborékot. Az ábráról azonban az is kiderül, hogy a határfelületi gradiens erő úgy is felfogható, mint egy olyan erő, amit a határfelületi szétterítő erő indukál. Hiszen a határfelületi szétterítő erő hatására a buborék mentén a folyadék balról jobbra áramlik, ennek hatására a buborék jobb oldalán megnő a nyomás, ami jobbról balra nyomja a buborékot. A két erő között tehát kapcsolat van ugyan, de e két erő egymással nem azonos, és ezért e két erőt érdemes külön kezelni.

## 2.5. Határfelületi kapilláris erő

Most vizsgáljunk meg egy folyadék/gáz/szilárd háromfázisú rendszert, melyben a három fázis egy vonal mentén találkozik (ld. 6. ábra). E vonalra, azaz a makroszkópikus folyadék/gáz határfelületre merőlegesen ható határfelületi erőt nevezzük határfelületi kapilláris erőnek. Az elnevezés onnan származik, hogy Laplace először egy kapillárisban lévő vízoszlopra ha-



■ 5. ábra. A határfelületi gradiens erő és a határfelületi szétterítő erő összehasonlítása

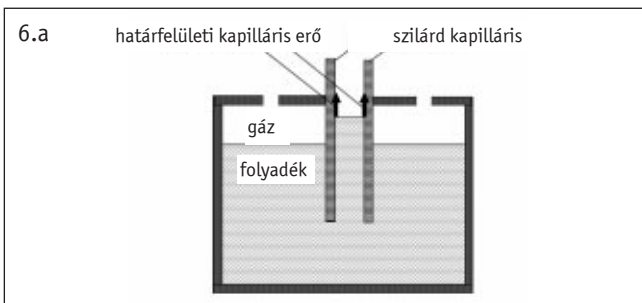
tó esetre (ld. 6.a ábra) vizsgálta ezt az erőt [4]. Ugyanez az erő a szilárd fázis alakjától függetlenül nemcsak kapillárisokon belül hat, hanem pl. szilárd részecskékre is (ld. 6.b ábra) – ez a flotáció alapja [15]. Mint később látni fogjuk, ebben az esetben a határfelületi kapilláris erő kvázi rugóként hat a részecskére, mindig visszatérítve azt egyensúlyi helyzetébe. Ezen a jelenségen alapul a részecskékkal stabilizált habok és emulziók stabilitása [16].

Az előző erőkhöz hasonlóan a határfelületi kapilláris erő a szilárd/folyadék/gáz eseten kívül bármilyen három fázis talál-

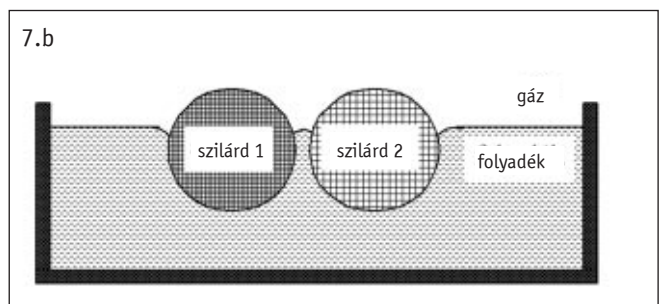
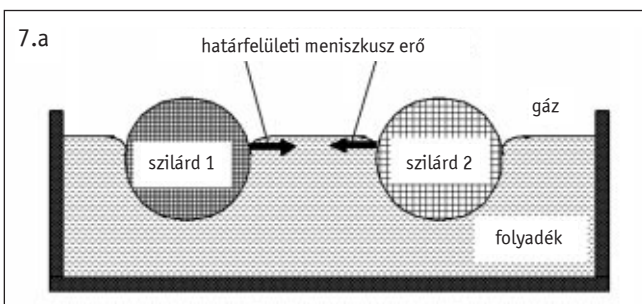
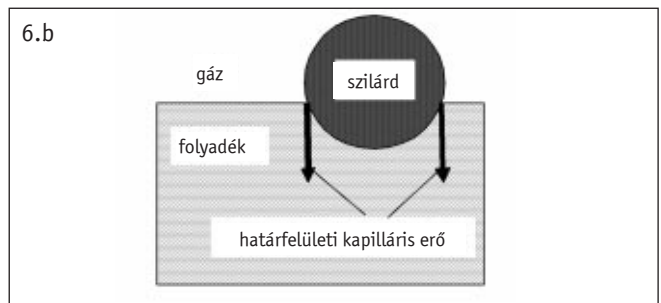
kozási vonala mentén fellép. Például két szilárd fémszemcse határán lévő karbidrészecske hármás határfelületi vonalára merőlegesen is ugyanez az erő hat, ami lelassítja a szemcsehatár mozgását [17].

## 2.6. Határfelületi meniszkusz erő

Az előző alfejezetben és a 6. ábrán az egyszerűség kedvéért nem jelöltem a vízszintestől általában eltérő alakú folyadékmeniszkuszt. A 7. ábrán ezt pótolom, és bemutatom, hogy szilárd anyag felülete mentén a folyadék/gáz határfelület (azaz a meniszkusz) általában nem vízszintes,



■ 6. ábra. A határfelületi kapilláris erő definíciójához (a szilárd fázis mentén általában görbült folyadékmeniszkuszt itt az egyszerűség kedvéért vízszintesen mutatjuk be – ld. 7. ábra)



■ 7. ábra. A határfelületi meniszkusz erő definíciójához (a görbült meniszkuszt az egyszerűség kedvéért csak a részecskék mentén jelöltem, valójában azonban az esetek többségében a falak mentén sem vízszintes a meniszkusz)

hanem görbült [18]. A nem vízszintes meniszkusz következtében a rendszerben „feleslegesen” nagy folyadék/gáz határfelület alakul ki, és a rendszer minden lehetőséget megragad ahhoz, hogy azt (és azzal együtt a határfelületi energiát) csökkentse. Erre ad lehetőséget az a szituáció, amikor két, ugyanazon folyadék/gáz határfelületen elhelyezkedő részecske olyan közel kerül egymáshoz, hogy a körülöttük lévő görbült meniszkuszok átlapolódnak. Ha a részecskék körül a meniszkusz görbülete azonosan lefelé vagy felfelé mutat, a részecskék „vonzani” kezdik egymást, elindulnak egymás felé, és végeredményben összetapadnak. Ezt a távolról ható erőt nevezzük határfelületi meniszkusz erőnek [19], hiszen ez az erő csak görbült meniszkuszok átlapolódása esetén lép fel. A határfelületi meniszkusz erő a szilárd részecskékre hat, mindig a makroszkopikus folyadék/gáz határfelülettel párhuzamosan. A 7.a-b ábrák összehasonlításából látjuk, hogy az egymáshoz közel került részecskék között a görbült meniszkusz felülete kisebb, mint az egymástól távolabb lévő részecskék között: ez a felület- (és ezzel energia-) csökkenés a hajtóereje annak, hogy a részecskék közelebb kerüljenek egymáshoz.

Ha két olyan részecske kerül egymás közelébe egy folyadék/gáz határfelületen, amelyek körül különbözően görbülték a meniszkuszok (az egyik körül lefelé, a másik körül felfelé), a határfelületi meniszkusz erő nem vonzani, hanem taszítani fogja a részecskéket [20]. A határfelületi meniszkusz erő nemcsak két részecske, hanem egy fal közelébe került részecske és a fal között is fellép, és a falhoz vonzza, vagy távol tartja tőle a részecskét.

A határfelületi meniszkusz erő a felelős többek között azért, hogy egy foltba állnak-e össze a fémolvadék tetején úszó zárványok/oxidok vagy sem, illetve hogy

feltapadnak-e ezek a zárványok/oxidok a falazatra vagy sem? Ha rendelkezünk a határfelületi meniszkusz erőt leíró hiteles elmélettel, akkor ezek a jelenségek mérnökképzésben tervezhetővé válnak.

A határfelületi meniszkusz erő nem csak két szilárd részecske + folyadék + gáz fáziskombinációk esetén lép fel, hanem sok más esetben is. A gázfázis például lecserélhető egy, a másikkal nem elegyedő folyadékra (pl. fémolvadék/salakolvadék). Ugyanígy bármelyik szilárd részecske (vagy mindkettő) lecserélhető egy nem elegyedő folyadékkal.

## 2.7. Fluidumhíd indukálta határfelületi erő

Az előző fejezetben definiált határfelületi meniszkusz erőhöz már minimum négy fázis kellett: két részecske egy folyadék/gáz határfelületen. Gyakorlatilag ugyanezen fáziskombinációt mutatom be a 8.a-b ábrákon. A különbség a fázisarányokban van. A 7.a-b ábrákon a folyadék és gáz fázisok térfogatához képest kis térfogatúak voltak a szilárd részecskék. Most a két szilárd részecske térfogatához képest kis térfogatú a folyadék fázis (8.a ábra), illetve a gáz fázis (8.b ábra). Bármilyen furcsa, ennyi is elég ahhoz, hogy más típusú egyenleteket kapjunk a fluidumhíd indukálta határfelületi erőre, mint a határfelületi meniszkusz erőre.

A fluidumhíd indukálta határfelületi erőnek két fajtája van, mivel kétfajta fluidumot különböztetünk meg: folyadékot és gázt. Ezért a 8.a ábrán a folyadék-híd indukálta határfelületi erőt, míg a 8.b. ábrán a gáz-híd indukálta határfelületi erőt mutatom be. A határfelületi erő itt is a folyadék/gáz/részecske három fázist elválasztó vonal mentén hat, a két részecske középpontjait összekötő tengellyel párhuzamosan. Az erő lehet vonzó vagy taszító. A fémanyag-technológiákban

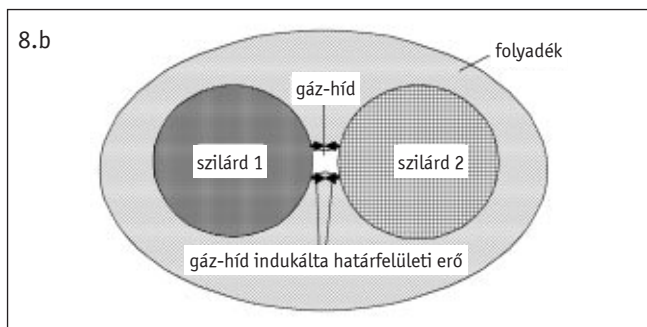
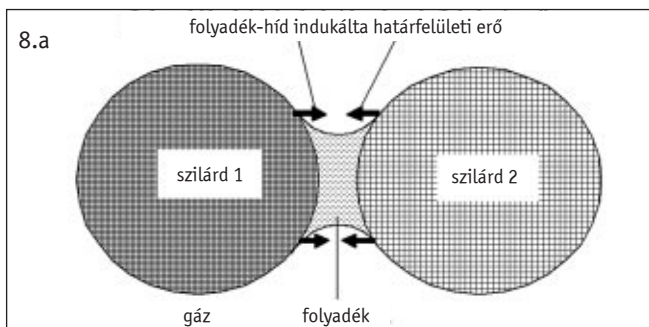
különösen a folyadék-híd indukálta határfelületi erő játszik jelentős szerepet [21], mivel a folyékony fázisú szinterelés esetén ez az erő húzza össze a szilárd részecskéket, például a volfrám-részecskéket a megolvadt kobalt kötőanyag, a kobalt és a volfrám olvadáspontjai közötti hőmérséklet-intervallumban.

Az élet egy másik szegmensében ugyanezen erő ad lehetőséget homokvárak építésére. Optimális víz/homok arány mellett magas és stabil homokvár építhető. A „túl száraz” homokvár összeroskad, míg a „túl vizes” homokvár „elúszik”.

A fluidumhíd indukálta határfelületi erő nem csak a 8.a-b ábrákon bemutatott fáziskombinációkban lép fel. Hasonló erő lép fel akkor is, ha a 8.a-b ábrákon a gázfázist egy a másikkal nem elegyedő folyadékfázisra cseréljük le, vagy ha ugyanezt tesszük az egyik szilárd részecskével, esetleg mindkettővel.

## 2.8. Határfelületi adhéziós erő

Mindegyik közül talán a legmeglepőbb a „határfelületi adhéziós erő” fellépte. Ehhez ugyanis szinte semmi nem kell, csak az, hogy két fázis kellőképpen közel kerüljön egymáshoz (ld. 9. ábra). Mindeközben nem követelmény, hogy e két fázis bármely más határfelület közelében legyen. A határfelületi adhéziós erő ebben az esetben azért lép fel, mert az egymáshoz kellőképpen közel került határfelületi atomok/molekulák egymás elektromágneses hatáskörébe kerültek, és elkezdik vonzani-taszítani egymást [22-23]. Ezért ez az erő csak nagyon kis távolságokban (jóval 100 nm alatt) mérhető, 1 nm-es távolságban azonban már kifejezetten erőssé válik. Ezen az erőn alapul az atomerő-mikroszkópia működési elve, ami a nanotechnológiai mérés-technika egyik alapvető módszere [7].



■ 8. ábra. A fluidumhíd által indukált határfelületi erő definíciójához. Folyadék-híd (8.a) és gáz-híd (8.b) által indukált határfelületi erő

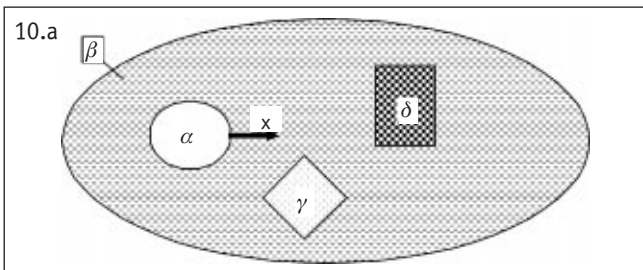
Az anyaggyártási technológiákban en-  
nél fontosabb, hogy ez az erő felelős a szilárd részecskék koagulációjáért. A határfelületi adhéziós erő jellemzően vonzó, de lehet taszító is. Határfelületi adhéziós erő nyilván nem csak a 9. ábrán bemutatott szilárd/folyadék/szilárd kombinációban működik. Határfelületi adhéziós erő akkor is fellép, ha a 9. ábrán a folyadékfázist gázfázisra cseréljük, vagy ha bármely szilárd fázist a másikkal nem elegyedő folyadékfázisra cseréljük.

### 3. A határfelületi erők és energiák általános képlete

Most vezessük le a határfelületi erők általános képletét. Ehhez használjuk fel a 10.a ábrát, amelyen négy különböző,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  és  $\delta$  jelekkel jelölt fázist ábrázoltam (általános jelük  $i$  vagy  $j$ ). Ezeket a fázisokat most úgy ábrázoltam, hogy köztük csak három határfelület van ( $\alpha\beta$ ,  $\beta\gamma$  és  $\beta\delta$ ), de elképzelhetőek más szituációk is más határfelületekkel (a határfelületek általános jele  $ij$ , ami bármely  $\alpha\beta$ ,  $\beta\gamma$  és  $\beta\delta$  stb. határfelületet jelölheti).

Elő lépésben el kell döntenünk, hogy mire vagyunk kíváncsiak, azaz melyik fázisra, milyen irányban ható határfelületi erő képletét keressük. Tegyük fel, hogy a 10.a ábrán látható  $\alpha$  fázisra  $x$  irányban ható határfelületi erőt szeretnénk levezetni (mind a fázis, mind az erő iránya szabadon megválasztható). Most írjuk fel a rendszer teljes Gibbs energiáját ( $G, J$ )  $x$  függvényében (azaz feltételezve, hogy az  $\alpha$  fázis az  $x$  vektor mentén végtelenül lassan mozog, míg a többi fázis mozdulatlan), amit úgy kapunk, hogy a térfogati Gibbs energiához ( $G^o, J$ ) hozzáadjuk a különböző  $ij$  határfelületek alapterületeinek ( $A_{ij}, m^2$ ) és felületi energiáinak ( $\sigma_{ij}, J/m^2$ ) szorzatát [2]:

$$G(x) = G^o + \sum_{i,j} A_{ij}(x) \cdot \sigma_{ij}(x) \quad (1)$$



■ 10. ábra. A határfelületi erők általános képletének levezetéséhez

A  $G$  termodinamikai függvény általában  $x$  függvénye, míg a térfogati tag ( $G^o$ ) értéke  $x$ -től független. Most emlékezzünk vissza a középiskolára, ahol azt tanultuk, hogy „munka = erő·elmozdulás”, meg azt, hogy a munka az energia egyik formája, és innen „erő = energia/elmozdulás”. Kicsit tudományosabban ezt a következő képletel írhatjuk le:

$$F_{\alpha,x} \equiv - \frac{dG(x)}{dx}, \quad (2)$$

ahol  $F_{\alpha,x}$  az  $\alpha$  fázisra  $x$  irányban ható határfelületi erő (N). A (2) egyenletben a mínusz előjel termodinamikai okokból került a képletbe, és a termodinamikának azt az alap előjel-megállapodását tükrözi, miszerint a spontán folyamatokat energiacsökkenés kíséri, azaz a minimális Gibbs energia felel meg az egyensúlyi állapotnak [2]. A (2) egyenlet tehát olyan határfelületi erőt definiál, ami egy rendszerben spontán lép fel azzal a céllal, hogy a teljes rendszert az energia-minimum, azaz az egyensúly felé vigye. Most helyettesítsük be az (1) egyenletet a (2) egyenletbe:

$$F_{\alpha,x} = - \sum_{i,j} A_{ij}(x) \cdot \frac{d\sigma_{ij}(x)}{dx} - \sum_{i,j} \sigma_{ij}(x) \cdot \frac{dA_{ij}(x)}{dx} \quad (3)$$

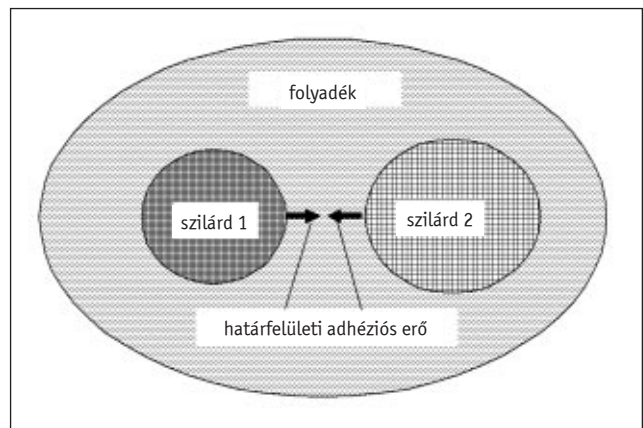
A (3) egyenlet szerint az  $\alpha$  fázisra ható  $x$  irányú határfelületi erő két okból léphet fel:

- a) a rendszerben lévő bármely határfelületi energia ( $\sigma_{ij}$ ) függvénye  $x$ -nek, azaz megváltozik, miközben az  $\alpha$  fázis az  $x$  vektor mentén végtelenül lassan mozog,
- b.) a rendszerben lévő bármely határfelület alapterülete ( $A_{ij}$ ) függvénye  $x$ -nek, azaz megváltozik, miközben az  $\alpha$  fázis az  $x$  vektor mentén végtelenül lassan mozog.

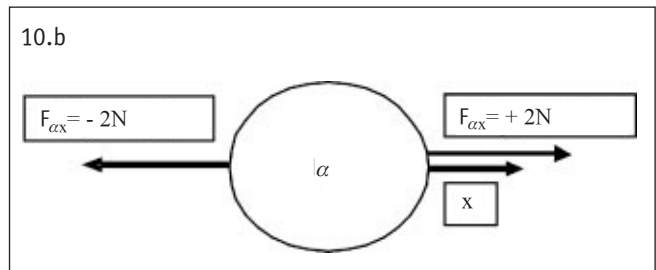
Ebből az is következik, hogy az adott rendszerben lévő  $\alpha$  fázisra  $x$  irányban akkor nem hat határfelületi erő, ha egyik  $\sigma_{ij}$  és egyik  $A_{ij}$  sem függvénye  $x$ -nek. E cikksorozat következő részeiben be fogom mutatni, hogy a természetben fellépő eddig definiált nyolcfajta határfelületi erő mindegyike levezethető a (3) egyenletből. A (3) egyenlet tehát a határfelületi erők általános képlete, amit legjobb tudomásom szerint ebben a formában én vezettem le először [9], bár a levezetés alapján azt is mondhatnám, hogy a (3) egyenlet lényegileg Newtontól és Gibbstől származik (bár az ő munkáiban [1-2] a (3) egyenletet felesleges keresni).

Természetesen előre nem lehet tudni, hogy milyen irányú lesz egy adott fázisra ható határfelületi erő. A fenti levezetésben az  $x$  irányt tetszőlegesen választottuk meg. Ehhez hasonlóan tetszőlegesen kiválaszthatunk egymásra merőleges  $x, y$  és  $z$  irányokat is, és a (3) egyenlettel analóg módon meghatározhatjuk az adott  $\alpha$  fázisra ható határfelületi erő  $x, y$  és  $z$  irányú komponenseit ( $F_{\alpha,x}, F_{\alpha,y}, F_{\alpha,z}$ ). Ezek után az ismert vektoralgebrai összefüggésekkel [1] e három erőkomponensből meghatározható a határfelületi eredő erő iránya és nagysága.

A határfelületi erő előjele természetesen vektorértelemmel bír. Példaként a



■ 9. ábra. A határfelületi adhéziós erő definíciójához



10.b ábrán mutatom be azt, hogy adott, tetszőlegesen megválasztott  $x$  irány mellett milyen irányú a határfelületi erő vektora, ha annak értékére a (3) egyenletből +2 N vagy -2 N értékeket kapunk. Mint a 10.b ábráról látjuk, ha az adódó határfelületi erő pozitív, az erő iránya megegyezik az  $x$  vektor irányával, és fordítva.

A (3) egyenlet két fizikai mennyiséget tartalmaz. Az  $ij$  határfelület alapterületének ( $A_{ij}$ ) leírása geometriai tudást követel meg, és egyszerűbb formák esetében (gömb, henger stb.) a középiskolai függvény táblázat is elegendő a megfelelő képlet kiválasztásához. Bonyolultabb formák esetén természetesen használhatunk 3D szoftvereket, melyek képesek  $x$  függvényében leírni a különböző felületek nagyságát, sőt azok  $x$ -szerinti deriváltját is.

A (3) egyenlet másik paramétere az  $ij$  határfelület határfelületi energiája ( $\sigma_{ij}$ ). E mennyiségnek két definíciója lehetséges. Az egyik a mechanikai (Young [3]), a másik a termodinamikai (Gibbs [2]) világból vezethető le. E két megközelítés azonos eredményre vezet. Én a termodinamikai világból tartom modernebbnek és hasznosabbnak, ami a módszer prediktív erejét illeti. Ezért ebben a cikksorozatban a határfelületi energiákat a következő általános képlettel definiáljuk [24]:

$$\sigma_{ij} \equiv \frac{\Delta G_{ij}}{\omega_{ij}} \quad (4)$$

ahol  $\Delta G_{ij}$  (J/mol) az a moláris Gibbs energiaváltozás, ami az anyag kivételét kíséri az  $i$  és  $j$  fázisok térfogatából az  $ij$  fázishatárra, míg  $\omega_{ij}$  az  $ij$  határfelület moláris felülete ( $\text{m}^2/\text{mol}$ ). A (4) egyenlet felhasználásával bármilyen típusú (folyadék/gáz, szilárd/gáz, szilárd/szilárd, szilárd/folyadék, folyadék/folyadék) határfelület határfelületi energiája becsülhető [24]. Ennek részleteivel azonban e cikksorozat későbbi részeiben fogunk foglalkozni.

## Összefoglalás az 1. részhez

E cikksorozat első részében osztályoztam a határfelületi erőket, összesen nyolc osztályba osztva azokat irányuk, illetve a definiálásukhoz szükséges fázisok száma szerint (ld. 1. táblázat). Az 1-9. ábrák segítségével definiáltam ezen erők jellemzőit. A (3) egyenlettel megadtam azt az általános egyenletet, melynek segítségével

vel minden határfelületi erő levezethető. A cikksorozat következő részeiben az itt definiált egyes határfelületi erőket fogom részletesebben tárgyalni, beleértve azok konkrét képleteinek levezetését is. Ezek a képletek fogják megadni a mérnöki tervezés lehetőségét.

## Köszönetnyilvánítás

Szerző köszönetét fejezi ki a BKL Kohászat Szerkesztőségének, hogy lehetővé tették e cikksorozat elindítását. Külön köszönet illeti Hutkainé Göndör Zsuzsát, a Miskolci Egyetem kohómérnök mérnök tanárát, akinek köszönhetően magyarosabbá és nem utolsósorban közérthetőbbé vált ez a cikkem (is). Ezt a cikksorozatot kohómérnök Édesapám emlékének ajánlom.

## Irodalom

- [1] *I. Newton*: Philosophiae naturalis principia mathematica, 1687 (translated from Latin to English by Andrew Motte as „Mathematical Principles of Natural Philosophy” in 1729, New York, Daniel Adee, 581. pp.)
- [2] *J. W. Gibbs*: On the Equilibrium of Heterogenous Substances, Trans. Conn. Acad. Arts Sci., 3 (1875-1878) pp. 108-248 + pp. 343-524.
- [3] *T. Young*: An Essay on the Cohesion of Fluids – Phil Trans, (1805) 65-87.
- [4] *de Laplace, P. S.*: Mécanique Celeste, Supplement to Book 10 (1806).
- [5] *B. V. Derjagin – N. A. Krotova – V. P. Smilga*: Adhesion in Solids. Consultants Bureau, New York, USA, 1978.
- [6] *A. W. Adamson*: Physical Chemistry of Surfaces, 5th ed., John Wiley and Sons Inc., New York, USA, 1990.
- [7] *J. N. Israelachvili*: Intermolecular and surface forces. Academic Press, London, 1992.
- [8] *N. V. Churaev*: Contact angles and surface forces, Adv. Coll. Interf. Sci., 58 (1995) 87-118.
- [9] *G. Kaptay*: Classification and general derivation of interfacial forces, acting on phases, situated in the bulk, or at the interface of other phases, J. Mater. Sci, 40 (2005) 2125-2131.
- [10] *G. Kaptay – G. Vermes*: Interfacial forces: classification, Encyclopedia of Surface and Colloid Science, Taylor & Francis, 2009, DOI: 10.1081/E-ESCS-120044936

- [11] *W. Thomson*: On the equilibrium of vapour at a curved surface of liquid, Phil. Mag, 42 (1869) 448-452.
- [12] *N. O. Young – J. S. Goldstein – M. J. Block*: The motion of bubbles in a vertical temperature gradient, J. Fluid Mech., 6 (1959) 350-356.
- [13] *C. Marangoni*: Difesa della teoria dell'elasticita superficiale dei liquidi. Plasticita superficiale, Pel. Dott. Nuovo Chim. Ser. 3, 3 (1878) 97-115.
- [14] *J. Thomson*: On certain curious motions observable at the surfaces of wine and other alcoholic liquors, Phil. Mag. Ser. 4, 10 (1855) 330-333.
- [15] *C. W. Nutt*: Froth flotation: The adhesion of solid particles to flat interfaces and bubbles. Chem. Eng. Sci., 12 (1960) 133-141.
- [16] *G. Kaptay*: On the equation of the maximum capillary pressure induced by solid particles to stabilize emulsions and foams and on the emulsion stability diagrams, Coll. Surf. A 282-283 (2006) 387-401.
- [17] *P. A. Manohar – M. Ferry – T. Chandra*: Five decades of the Zener equation, ISIJ Int., 38 (1998) 913-924.
- [18] *K. Hirsch*: Holographic study of liquid surface deformations produces by floating particles. J. Coll. Interf. Sci., 92 (1982) 243-255.
- [19] *M. M. Nicolson*: The interaction between floating particles, Proc. Cambridge Philos. Soc. 45 (1949) 288-295.
- [20] *D. Y. Chan – J. D. Henry – L. R. White*: The interaction of colloidal particles collected at fluid interfaces, J. Coll. Interface Sci., 79 (1981) 410-418.
- [21] *Yu. V. Naidich – I. A. Lavrinenko*: Capillary adhesion forces between solid particles with an intermediate liquid layer at the contact. II. Effect of the degree of wetting (in Russian), Poroshkovaya Metallurgiya, 34 (10) (1965) 61-66.
- [22] *B. Derjaguin*: Untersuchungen über die Reibung und Adhesion, IV. Kolloid Z. 69 (1934) 155-164.
- [23] *H. C. Hamaker*: The London-van der Waals attraction between spherical particles. Physica, 10 (1937) 1058-1072.
- [24] *G. Kaptay*: Modeling Interfacial Energies in Metallic Systems, Mater. Sci. Forum, 473-474 (2005) 1-10.



## ■ EGYESÜLETI HÍREK

### Az OMBKE Választmányának 2009. április 23-i ülése

A Választmány 2009-ben első ülését április 23-án az OMBKE Mikoviny tanácstermében tartotta, melyen szavazati joggal 18 fő, tanácskozási joggal 12 fő vett részt. Az ülést *dr. Tolnay Lajos* elnök nyitotta meg, megállapította a határozatképességet és megszavaztatta a napirendet.

#### 1. Beszámoló az OMBKE 2008. évi gazdálkodásáról. Közhasznúsági jelentés

*Dr. Gagyi Pálffy András* szóbeli kiegészítést tett az írásban kiküldött anyaghoz, majd *Boza István* könyvvizsgáló elfogadásra javasolta a beszámolót. *Götz Tibor*, az Ellenőrző Bizottság elnöke felolvasta a bizottság emlékeztetőjét az április 20-i ülésükről, amit korábban szintén írásban megkaptak a választmány tagjai. A beszámolót a bizottság is elfogadásra javasolta.

A választmány a könyvvizsgáló és az Ellenőrző Bizottság véleményét meghallgatva egyhangúlag, ellenszavazat és tartózkodás nélkül elfogadta az OMBKE 2008. évi gazdálkodásáról készült számviteli beszámolót, mérleget és eredménykimutatást, melyek a közhasznúsági jelentés részét képezik, s egyúttal elfogadta a gazdálkodásról szóló beszámolót is. (V. 18/2009. 04. 23. sz. határozat)

#### 2. Az OMBKE 2009. évi gazdálkodási terve

*Dr. Gagyi Pálffy András* az írásban előzetesen kiadott anyaghoz fűzött szóbeli kiegészítésében kiemelte, hogy a Kohászati c. szaklap felelős szerkesztői teendőit *dr. Lengyel Károly* főtítkárhelyettes honoráriumáról lemondva vállalta, amivel nagyban csökkentette a lap kiadási költségeit.

Egyesületünk elnöke személyesen vette fel a kapcsolatot a kiemelt egyesületi támogatóinkkal, így az elvártnál kevesebb csak négymillió forinttal kevesebb szponzori díjjal kell ez évben számolnunk. A tagdíjfizetési morálból lemerhető, hogy a

tagok hűségesebbek az egyesülethez és figyelmeztetetten fizetnek. A lapok küldésénél a címlistát felülvizsgáljuk, hogy csökkentjük a nem egyéni és pártoló tagoknak küldött példányszámot, a lap reklámhordozó szerepét természetesen nem figyelmen kívül hagyva. Különösen a külföldre történő postázás példányszámát célszerű lecsökkenteni.

A 2009-re tervezett, 60-70 millió forint bevétellel kecsegtető vaskohász konferenciát a német partner lemondta, ebből veszteségeink keletkeztek. A felmerült költségek kifizetéséhez a német fél hozzájárult. Várhatóan legalább két évet csúszik ennek a konferenciának a megrendezése.

A gazdálkodás eredményeit folyamatosan figyeljük, ennek célja a takarékoság, és nem az egyesületi élet megbénítása. Számítunk pályázati díjakra is. 2010-re beterveztük programjaink közé a Pécssett rendezendő Európai Knappentagot, várjuk a pénzügyi garanciákat.

A szakosztályokra felosztott pénzügyi tervnél a tagdíjbevételek 30%-ának visszajuttatásával számolunk, és természetesen a bejelentett rendezvények költségeit is betettük. A közös költségek létszámárrányos felosztása benne van az anyagban. A Bányászati Szakosztály nullszaldósra hozta ki a gazdálkodását, a Vaskohászati Szakosztálynál jelentősebb a hiány, fő támogatójunktól, a Dunafer Zrt.-től függ a szakosztály bevételeinek alakulása.

*Dr. Tolnay Lajos* elnök úr megköszönte a kiegészítést és kérte a hozzászólásokat.

*Katkó Károly*, az Öntészeti Szakosztály alelnöke javasolta, hogy a titkárok foglalkozzanak többet a pénzügyekkel, negyedévente ellenőrizték a tagdíjfizetéseket és a szakosztályok kiadásait. A Kiadói Bizottság két-három alkalommal üljön össze, és tervezzék meg a lapok kiadását. A hirdetőik miatt is fontos a lapok tervezett megjelentetési idejének betartása. Javasolta

megvizsgálni a példányszám csökkentését. A titkári értekezletet hasznosnak ítéli, javasolja ennek is az összehívását évente 2-3 alkalommal. A szakosztályok önálló gazdálkodásához a változó pénzügyi szabályokra kéri a figyelmet felhívni.

*Dr. Szabó Imre* a támogató cégeknek küldendő plusz példányok hasznosságára hívta fel a figyelmet. Azt a néhány lapot nem szabad sajnálni, mert meghozza a gyümölcsét.

*Kovacsics Árpád* főtítkárra hozzászólásában kiemelte, hogy a költségvetés összeállításánál a terveket foglalmazták meg. A 2009. február 18-án tartott titkári értekezleten leszögezték, hogy csak a kapun belülre érkezett pénzt szabad felhasználni. A valószínűre nem szabad gondolni. Az elmúlt kilenc év alatt hozott intézkedések megóvtak bennünket anélkül, hogy elveinket, az általános szabályokat megváltoztattuk volna, de még így is érhetnek bennünket meglepetések.

*Dr. Tolnay Lajos* elnök is csatlakozott *dr. Lengyel Károly* dicséretéhez, kiemelve a lapok arculatának kedvező változását is. Majd a napirend megszavazására kérte a választmány tagjait.

A választmány egyhangúlag, ellenszavazat és tartózkodás nélkül megszavazta az előterjesztett 2009. évi gazdálkodási tervet. (V. 19/2009. 04. 23. sz. határozat)

#### 3. A 98. küldöttgyűlésen átadandó egyesületi kitüntetések jóváhagyása

*Komjáthy István*, az Érembizottság elnöke az írásban kiküldött kitüntetési javaslatot ismertette. A hozzászólások során *Huszár László*, a Bányászati Szakosztály titkára a ki nem töltött elnöki keret terhére javasolja *dr. Korompay Péter* kitüntetését, aki a kiküldött anyag szerint OMBKE emlékplakett kitüntetésben részesülne. Az így fel szabaduló OMBKE emlékplakett kitüntetésre pedig *Sallay Árpádot* javasolja. *Nagy*

Lajos, a Bányászati Szakosztály elnöke érvekkkel támogatta titkára javaslatát. További észrevétel és javaslat nem volt.

A választmány egyhangúlag, ellenszavazat és tartózkodás nélkül jóváhagyta az Érembizottságnak a 2009. évi 98. küldöttgyűlésen átadandó egyesületi kitüntetésekre vonatkozó előterjesztését azzal a módosítással, hogy dr. Korompay Péter emlékérem, Sallay Árpád pedig OMBKE emléklakett kitüntetésben részesül. (V. 20/2009. 04. 23. sz. határozat)

#### 4. Felkészülés a 98. küldöttgyűlésre

Kovacsics Árpád főtitkár hozzászólásában elmondta, hogy a küldöttgyűlés meghívóját az ülésen megjelentek előzetesen kézhez kapták. A továbbiakban szóban ismertette a küldöttgyűlésre készülő főtitkári beszámoló főbb tételeit. A jelenlévők jóváhagyását kérte ahhoz, hogy a 97. küldöttgyűlés határozatainak teljesítéséről szóló beszámoló rész az ezzel foglalkozó előző választmányi ülés határozata legyen. Felhívta a figyelmet arra, hogy az egyes szakosztályok 2008-ban végzett tevékenységükről szóló beszámolója az írásban kiküldendő beszámoló része lesz. Majd ismertette a 98. küldöttgyűlés tisztségviselőire vonatkozó javaslatát:

Mandátumvizsgáló és Szavazatszámlláló Bizottság:

vezetője:

Györfi Sánta Géza okl. bányamérnök, Bányászati Szakosztály,

tagjai:

Csurgó Lajos okl. kohómérnök, Fémkohászati Szakosztály,

Morvai Tibor okl. bányagépész és bányavillamossági mérnök, Egyetemi Osztály.

Határozatszövegező Bizottság:

vezetője:

Huszár László okl. bányamérnök, Bányászati Szakosztály,

tagjai:

Tóth János okl. gépészmérnök, KfV Szakosztály,

Boross Péter okl. kohómérnök, Vaskohászati Szakosztály,

Pivarcsi László okl. kohómérnök, Öntészeti Szakosztály,

Molnár István okl. kohómérnök, Fémkohászati Szakosztály.

Jegyzőkönyvvezető:

Gombár Jánosné szervezőtitkár

Jegyzőkönyv-hitelesítők:

dr. Dovrtel Gusztáv okl. bányamérnök, Bányászati Szakosztály,

Hajnal János okl. kohómérnök, Fémkohászati Szakosztály.

A választmány a 98. küldöttgyűlés tisztségviselőire vonatkozó előterjesztést egyhangúlag, ellenszavazat és tartózkodás nélkül megszavazta. (V. 21/2009. 04. 23. sz. határozat)

#### 5. Egyebek

– A Tiszteleti Tagok és Szeniorok Tanácsába delegált személyeket Dr. Gagyi Pálffy András ismertette (1. táblázat).

– Tóth Jánosnak, a Magyar Olajipari Múzeum igazgatójának e-mailben a bányász, kohász és öntész muzeális intézmények helyzetéről elküldött tájékoztatóját és állásfoglalás-tervezetét a választmány támogatta.

– Dr. Gagyi Pálffy András tájékoztatást adott a 2010-ben Pécsen megrendezendő Európai Knappentagról, kiemelve, hogy 25 millió forint támogatási ígéretünk van. Csak akkor kezdünk a szerve-

zéshez, ha rendelkezésünkre áll az összeg.

– Dr. Gagyi Pálffy András tájékoztatta a választmány tagjait, hogy a 2009. július 4-5-én Příbramban rendezendő Knappentagról a tudnivalókat e-mailben szétküldték, és azok az OMBKE honlapján is olvashatók.

– Hajnal János, a Fémkohászati Szakosztály titkára bejelentette, hogy a küldöttgyűlés előtti napon, 2009. május 21-én 14.30 órakor a Fiumei úti temetőben Molnár István idén is megszervezi Sóltz Vilmos sírjának koszorúzását, amire meghívják a választmány tagjait is.

– Dr. Tardy Pál felszólalásában az erdélyi Máramarosszigeten rendezett XI. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia kulturális programját nagyon tanulságosnak minősítette, és kérte a választmányt, hogy részesítse dicséretben a szervezésért Dr. Gagyi Pálffy Andrást és Gombár Jánosnét.

– Morvai Tibor az OMBKE honlapjának aktualizálására hívta fel a figyelmet.

– Dr. Pataki Attila javasolta, hogy a 40, 50 és 60 éves egyesületi tagságért járó Sóltz Vilmos-emlékermek átadásának gyorsabbá tételét gondolja át a választmány.

 Dr. Gagyi Pálffy András

1. táblázat. A Tiszteleti Tagok és Szeniorok Tanácsába javasolt személyek

Szakosztály	Név	Végzettség	Típus
Bányászati	Kovács Loránd Dr. Szabó Imre	okl. bányamérnök okl. bányamérnök	tiszteleti tag tiszteleti tag
Kőolaj-, Földgáz- és Víznyászati	Götz Tibor Dr. Pápay József	okl. olajmérnök okl. olajmérnök, akadémikus	tiszteleti tag
Vaskohászati	Dr. Mezei József* Dr. Takács István	okl. kohómérnök okl. kohómérnök	tiszteleti tag
Fémkohászati	Harrach Walter Dr. Csák József	okl. vegyészmérnök okl. kohómérnök	tiszteleti tag vezetőségi tag
Öntészeti	Dr. Pilissy Lajos Dr. Vörös Árpád	okl. kohómérnök okl. kohómérnök, kohóipari gazdasági mérnök	tiszteleti tag tiszteleti tag
Egyetemi Osztály	Dr. Kovács Ferenc  Dr. Károly Gyula	okl. bányamérnök, akadémikus, egyetemi tanár okl. kohómérnök, egyetemi tanár	tiszteleti tag  tiszteleti tag

\*Elnöki tisztségre javasolta a szakosztály.

# Jubiláltak a fémkohászok

## Beszámoló a hagyományos – március 15-e tiszteletére rendezett – évadnyitó ünnepi találkozóról

1995 elején az akkori Fémkohászati Szakosztály vezetősége úgy döntött, hogy az évtől az évindító vezetőségi ülésüket az 1848-1849-es forradalomra és szabadságharcra történő megemlékezésükkel együtt rendezik meg. A megemlékezést és az ünnepi vezetőségi ülést egy vacsora keretében a szakosztályi vezetőség mellett az OMBKE ügyvezetőségével, a szakosztály tiszteleti tagjaival, a szakosztály pártoló tagvállalatainak képviselőivel és az előző évben kitüntetett szakosztályi tagokkal együtt tartják. Egyúttal ez irányú hagyományteremtő törekvéseiket is kinyilatkoztatták.

A nevezetes vezetőségi ülést az ötletgazda, az akkori szakosztályelnök, *dr. Hatala Pál* elnökletével *Balázs László* akkori titkár szervezésében az OMBKE melletti, Fő utcai, akkori Margit Étteremben rendezték meg 1995. március 15-e előestéjén.

Azt, hogy a hagyományteremtés megalapozását komolyan gondolták, mi sem bizonyítja jobban, minthogy az akkori étlapcímoldalt a jelenlévő 32 tagtárs aláírásával látta el, azaz az utódok számára dedikálta. Majd, hogy minden az utókor számára is élvezhető és olvasható maradjon, *Hajnal János* akkori titkárhelyettes ugyanazon sorrendben egy újabb étlapcímoldalon nyomtatott betűkkel is megörökítette a jelenlévők névsorát. Ez ma már történelem (1. kép).

A vendégek között jegyezte magát az azóta köreinkből eltávozott *dr. Dobos György* exelnökünk, *Köves Elemér* és *Mayer János* volt szakosztályelnökök, *Egerszegi János*, *Szónyi Antal*, *Török Frigyes*, *Szalai Jenő* volt tiszteleti tagjaink és *id. Kaptay György* szakosztály-vezetőségi tagunk. Az akkori est rendkívül baráti és kedves légkörét jegyzőkönyvvel már nem tudjuk igazolni, de a mellékelt két étlapcímoldal talán a bizonyíték erejével hat.

Végül is a hagyományteremtő tervek-ből hagyomány született: a következő évben a XIII. kerületi Kékvirág Étterem adott otthont egy hasonlóan sikeres estnek. Aztán visszavonultunk az OMBKE központba (néha voltunk a Múzeum körúton is), és immár „csülkös vacsoraként”

elhíresült keretek között tartjuk szabadságharcos ünnepi megemlékezésünkkel egybekötött évindítónkat. Az idei 15. rendezvénnyel immáron jubilált e nemes hagyományunk.

Az idei évben március 13-án az OMBKE központban találkoztak a fémkohászok, hogy az elmúlt évet számba vegyék, az idei év fő feladatait megvitassák, valamint megemlékezzenek a közelgő nemzeti ünnepéről. Kiváló ráhangolási lehetőségként jó páran éltek az Öntödei Múzeum meghívásával. Ezúton is köszönet érte, emlékezetes délután volt, kórusokkal és egy előadással *Gábor Áron „rézagyújáról”*.

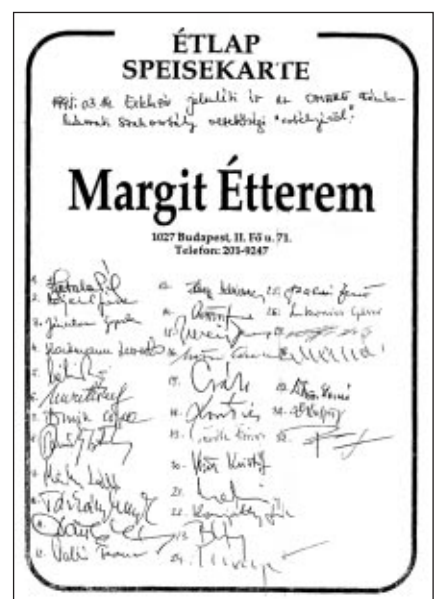
A 2008. évi szakosztályi beszámoló *Hajnal Jánostól* hallhattuk. Beszámolója szerint ismét sikeres évet zártunk, számos jól sikerült rendezvénnyel, amelyek közül kiemelte a Székesfehérváron megrendezett Bányász–Kohász–Erdész Találkozót, a Selmeci szalamandert, valamint a hagyományápoló Fémkohász Szakmai Napot. Külön elismeréssel szólt arról az immár egyre elterjedtebb gyakorlatról, hogy a helyi szervezetek között kialakult jó kapcsolat (no és a kiváló programok) miatt tagságunk szívesen látogatja egymás rendezvényeit is, legyen szó szakmai vagy hagyományörző összejövetelről.

A 2009-es rendezvénynapot nem tartogat nagy meglepetéseket, a jól ismert, sikeres programokat tervezték helyi szervezeteink erre az évre. Bővelkedik a nap-tár szakmai összefüggésekben, a Fémkohász Szakmai Napon túl a mosonmagyaróvári szervezet két, a kecskeméti egy nagyrendezvényt terveznek, míg a fehérváriak, budapestiek és ajkaiak gyakrabban tartanak egy-egy szakmai előadást vagy látogatást tartalmazó programot. Örvedetes Inota ismételt megjelenése, és hogy a szervezet, ha tagságában megváltozva is, de átvészelte a tulajdonosváltás(oka)t.

A hivatalos program után az ünnep volt a főszerep. *Puza Ferenc* ismét színvonalas ünnepi beszéddel készült. Ahogy tavaly, úgy idén is keveset beszélt a „nagy-politikáról”, annál bővebben az Akadémia életéről a forradalom és szabadságharc idején, megemlékezvén a magyar diákok kiállításáról a március 15-i eszmék mellett.

A vezetőségi ülést most is magyaros „csülkös vacsora” és némi toroklódó bor elfogyasztása után közös nótázás zárta. A vezetőség annak reményében indult haza, hogy az idei év legalább olyan sikeres lesz, mint a tavalyi év és az évindító vezetőségi ülés volt.

**Hajnal János–Kórodi István**



■ 1. kép. A két nevezetes étlapcímoldal a névsorral és az aláírásokkal

# Az MTA Metallurgiai Bizottságának ülése az Öntödei Múzeumban

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Osztályához tartozó Metallurgiai Bizottság 2009. június 4-én tartotta az évi első ülését. A bizottság a Roosevelt téri akadémiai épületből kilépve, szakterületi illetékességének is hangsúlyt adva, a Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum Öntödei Múzeumban (Budapest, Bem József u. 20.), a hazai kohászati/metallurgiai iparág több jeles képviselőjének jelenlétében tárgyalta meg a napirendre vett témákat. A világgazdasági válság különös aktualitást adott az ülésnek, melyen a vitaindító előadásokat vállalók „A vaskohászat, fémkohászat és öntészet helyzete, kilátásai és lehetőségei a kialakult válságban” címmel gyűjtötték össze friss információkat, melyekhez a meghívott ipari vezetők értékes hozzászólásokat fűztek.

Az előadók sorában elsőnek *Marczis Gáborné* (a megalakulás előtt álló Fémtechnológiai Albizottság elnöke) és *Tardy Pál* (a Metallurgiai Bizottság elnöke) ismertették a vas- és acélipar helyzetét a világban és Magyarországon. (Kettőjük előadásának tartalmával rokon, hosszabb tanulmány jelent meg e témában a BKL Kohászat előző, 2009/2. számában „A globális gazdaság, a hazai gazdaság és az acélipar helyzete, kilátásai a válság első évében” címmel.)

A fémkohászati iparág állapotáról Európában, továbbá a fejlődési irányokról, a másodlagos fémelőállító ipar technológiai fejlesztéseiről, a világválság hatásairól a világban és Magyarországon, miskolci előadók (*Török Tamás*, a Metallurgiai Bizottság titkára és *Kékesi Tamás*, a Kémiai Metallurgiai Albizottság titkára) (1. kép) tartották a vitaindító előadásokat, melyeket értékes és aktuális adatokkal egészítettek ki a magyarországi alumíniumipar két nagyvállalatának jeles képviselői, *Balogh Zoltán* (MAL Zrt.) és *iff. Szépvölgyi János* (Alcoa-Köfém Kft.).

Az öntészet helyzetéről *Bakó Károly* tartott előadást, melyhez *Fegyvernek György* (NEMAK Győr Kft.) és *Tóth Levente* (Miskolci Egyetem) fűztek kiegészítéseket; mindhárman érintették a kohászati szak- és felsőfokú képzés napirenden lévő kérdéseit is. Részben ugyanehhez a tárgykörhöz kapcsolódott *Grega Oszkár* (Miskolci Egyetem) hozzászólása, aki az utóbbi pár év néhány vas- és acélmetallurgiai kutatás- és okta-

tásfejlesztési eredményéről számolt be a Miskolci Egyetemen. *Lengyel Károly* fontosnak tartotta kiemelten hangsúlyozni azt a sajnálatos tény, hogy az állam egyre csökkenő mértékben vállal szerepet az alapfokú szakmai oktatásban.

Hozzászólásában *Imre József* (NKTH) rövid tájékoztatást adott a magyarországi kutatás-fejlesztés irányítási rendszerében történt változásokról, a termelő ágazatokat, így a metallurgiai ágazatot is érintő nagyobb projektekre szövetkezés és a pályázati kiírásokra jelentkezés szükségességéről. Emellett szorgalmazta az intenzív kapcsolatok építését az iparág és a Metallurgiai Bizottság között.

*Károly Gyula* (Miskolci Egyetem) rövid felszólalásában javaslatot tett arra, hogy a Metallurgiai Bizottság legközelebbi ülése Miskolcon, a 2009. szeptember 18-20-a között megrendezésre kerülő Fazola-napok rendezvénysorozat tudományos konferenciájának napján és helyén (MTA MAB színház) kerüljön megszervezésre.

Az elnök a bizottsági ülésen elhangzottak összegzéseként állásfoglalást terjesztett elő, melyet a bizottsági tagok egyhangúlag támogattak. Ebben megfogalmazásra került, hogy az ülés résztvevői egyetértettek abban, hogy a rövidtávú válságkezelő intézkedések elkerülhetetlenek, hosszabb távon pedig alapvetően az innováció biztosíthatja az EU területén működő metallurgi-

ai vállalatok életképességét. A tudomány és a K+F számára nagy kihívást jelent a fenntartható fejlődés feltételeinek teljesítése, különös tekintettel az alábbiakra:

- a metallurgiai ágazatok (vas- és fémkohászat, öntészet) energia-intenzitása és ennek következtében CO<sub>2</sub> kibocsátása lényegesen nagyobb az átlagnál;
- az ágazatoknak nagy az anyagigénye, és jelentős részben ezzel összefüggésben nagy a környezetterhelése is.

A metallurgiai vállalatok, felelősségük tudatában, igen jelentős erőfeszítéseket tesznek ezeknek a kérdéseknek az ésszerű kezelésére és megoldására, az elmúlt években elsősorban ezek kerültek a kutatások és a műszaki fejlesztés előterébe. Nyilvánvalóvá vált, hogy a nemzetközi szervezetek által megfogalmazott globális klímavédelmi és környezetvédelmi célok eléréséhez új megoldásokra, technológiákra van szükség.

A bizottság tagjai figyelemmel követik szakterületük ezzel összefüggő műszaki és tudományos eredményeit, fejlesztéseit, stratégiáit. Annak tudatában, hogy az MTA kiemelt témaként kezeli a fenntartható fejlődést, amely a metallurgia esetében az átlagnál nagyobb feladatok megoldását teszi szükségessé, a Bizottság felajánlja közreműködését az Akadémia ezzel a kérdéskörrel összefüggő tanulmányainak, koncepcióinak, állásfoglalásainak kidolgozásában.

**Török Tamás**



■ 1. kép. Kékesi Tamás előadása

## Emléktáblát avatott az Öveges Szakiskola az Öntödei Múzeumban

Az Öntödei Múzeum megalakulása óta jó kapcsolatok kiépítésére törekszik a középfokú oktatási intézményekkel. Az utóbbi években a XI. kerületi Öveges József Gyakorló Középiskola és Szakiskola Dél-Budai Területi Integrált Szakképzési Központként működik, így kiemelt szerepe van az ipari szakképzésben.

2009 tavaszán múzeumunk bemutatót tartott az iskola pályaaorientációs napján (1. kép), s az alapításának egy és negyedszázados évfordulóját ünneplő intézmény házi kiállításához is adott *Ganz Ábrahám*-ról és a Ganz Rt. idejéből való dokumentációs és fényképes anyagot.

A pedagógusok szívesen hozzák el osztályaikat hozzánk, a fiatalok itt egy nehéz, de gondolkodást és kezűgyességet, igazi alkotómunkát igénylő szakma rejtelmeiből kapnak ízelítőt.

Június 3-án lélekemelő ünnepségnek adott helyet az Öntödei Múzeum, a fennállásának 125. évfordulóját ünneplő iskola a falai között emlékezett meg a magyar ipar és szakképzés úttörőiről. Az iskola az 1884-es alapítású Süss Nándor-féle tanonciskola, ill. a Ganz Rt. vezérigazgatója, *Mechwart András* által alapított 1894-es tanonciskola utódintézményeként emléktáblát helyezett el az Öntödei Múzeumban, a Ganz Rt. bölcsőjében, a nagy elődök munkássága előtt tisztelgő utókor nevében.

Az ünnepség a bányászhimnusz meghallgatásával kezdődött, majd Nosedá Károly: *Jelige* című számát adta elő az



■ 1. kép. Géczy Dezső tárlatvezető és Galambos Sándor öntőmester formázást gyakoroltat a bemutatón

Acélhang dalegyesület *Gerenday Ágnes* vezényletével. Ezt követően *dr. Köpf Lászlóné*, az Öveges József Gyakorló Középiskola és Szakiskola igazgatója köszöntötte az egybegyűlteket.

Ünnepi beszédet *Simon Gábor*, a Szociális és Munkügyi Minisztérium államtitkára mondott, hangsúlyozva a magyarországi szakképzés fontosságát (2. kép).

Az ünnepi műsor Erkel Ferenc Bánk bán áriájával folytatódott, melyet *Molnár András* operaházi magánénekes adott elő. Zongorán *Pál Anikó* kísérté. Radnóti Mik-

lós: *Nem tudhatom* című versét *Dancs Viktor*, az Öveges József Gyakorló Középiskola és Szakiskola tanulója mondta el. Ezután ismét az Acélhang kórus következett egy lelkesítő dallal, Erkel Ferenc: *Éljen a haza!* című művével.

Az emléktáblát *dr. Szenes György*, a Magyar Szakképzési Társaság főtítkára avatta fel, ki beszédében a magyar szakképzés történetét mutatta be (3-4. kép).

A tisztelgő utódok nevében a megemlékezés koszorúit a Szociális és Munkügyi Minisztérium, az Öveges József Gyakorló



■ 2. kép. Simon Gábor SzMM államtitkár ünnepi beszédet mond. Mellette *dr. Köpf Lászlóné* igazgató asszony



■ 3. kép. *Dr. Szenes György*, a Magyar Szakképzési Társaság főtítkára leplezte le a táblát



■ 4. kép. Az emléktábla felirata (www.oveges.hu)

Középiskola és Szakiskola Dél-Budai Szakképzési Központ, Budapest Főváros Önkormányzata, Budapest Középfokú Oktatási Intézmények Igazgatói Szövetsége, a Magyar Pedagógiai Társaság, a Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum Öntödei Múzeuma és a Pedagógusok Szakszervezete képviselői helyezték el.

Az ünnepség Beethoven: Örömóda című művé-

vel zárult, melyet *Neu Vivien*, az Öveges József Gyakorló Középiskola és Szakiskola tanulója adott elő.

Az emléktáblának helyet adó, Ganz Ábrahám által alapított vasöntöde eredeti üzemcsarnokában működő Öntödei Múzeum méltó helyszín a magyar műszaki szakoktatás felidézéséhez. Reméljük, hogy ez az emléktábla alkalmat teremt arra, hogy a műszaki szaktárgyat oktató iskolák még nagyobb számban keressék fel a múzeumot, ahol a diákok megismerhetik híres műszaki személyiségeink munkásságát is.

✍ Csibi Kinga - Lengyelné Kiss Katalin

## Beszámoló az ágyútörténeti konferenciáról

A Honvédelmi Minisztérium Hadtörténeti Intézet és Múzeum (HM HIM) az Öntödei Múzeum szakmai támogatásával 2009. június 12-én egy ágyútörténeti konferenciát rendezett.

A konferencia témáját eredetileg a harangtörténeti anekdoták eddigi tárgykörének kiszélesítésére szántuk, hiszen a bronzágyúk használatának idején a harangok és a bronzágyúk öntői nagyon sokszor ugyanazok a mesterek voltak. Anyagi nehézségek miatt azonban szűkítettük a témakört, s az eddig a harangtörténeti anekdotákon megjelent körnek, valamint a Hadtörténeti Múzeum baráti körének meghirdettük az ágyútörténeti programot. Jó érzéssel vettük tudomásul, hogy ez a téma is vonzó volt, s a közel 100 fős hallgatóság a legutolsó előadást is élénk figyelemmel kísérte.

A konferencia Kóczyáné dr. Szentpéteri Erzsébetnek, az MMKM főigazgatójának, és dr. Markó György ezredesnek, a

HM HIM tudományos főigazgató-helyettesének köszöntő szavaival kezdődött. Ezt követően dr. Lugosi József ny. ezredes (HM HIM) „A Bombardától Königsgratzig” címmel tartotta meg a nyitó előadást, amelyben a puszkapor feltalálásától a kora újkori ágyúk alkalmazásán át a XIX. századi használatig adott átfogó képet arról, hogy az ágyú milyen fontos szerepet játszott az európai hadviselésben.

Dr. Benkő Elek (MTA Régészeti Intézet) az „Ágyúk öntéstechnikája a középkorban és a kora újkorban” című előadásában azt mutatta be, hogy az írott és a képi források egybevetésével hogyan lehet rekonstruálni a több száz évvel ezelőtti ágyúöntő műhelyek bonyolult formázási, öntési és kikészítési technológiáját, amely alapvetően nagyon hasonlít a harangformázás és -öntés mindmáig tradicionálisan folyó, agyagformázásos módszeréhez.

Dr. Patay Pál nyugalmazott régész előadása a „Harangból ágyú – ágyúból ha-

rang” címet viselte. A magyar történelemből vett példákkal illusztrált előadás kifejtette, hogy a török időköt követő harangöntési virágkor után az 1848–49-es szabadságharc alatt, később az I. és a II. világháború során használták fel a legtöbb harang fémét hadi célokra. Legsúlyosabb, a magyar harangállományt közel megfelelő veszteséget az I. világháború rekvirálásai jelentették. (A hazai harangok kutatását több mint fél évszázada folytató kampanológus egészségi állapota miatt nem tudott a konferencián részt venni, előadását Lengyelné Kiss Katalin olvasta fel.)

Ellenkező folyamatra is volt példa, amikor uralkodók az ellenségtől zsákmányolt ágyúk bronzából öntettek „kedves” városaik részére harangot. Így pl. I. Rákóczi György erdélyi fejedelem a II. Ferdinánd császártól zsákmányolt ágyúkból 1636-ban Gyulafehérvárott Debrecen városára készíttetett harangokat. (E harangokat azóta már újraöntötték, de a



■ 1. ábra. Bronzöntöde ábrázolása egy német metszeten 1836-ból



■ 2. ábra. A konferencia népes hallgatósága



■ 3. ábra. A Hadtörténeti Múzeum udvarán álló, 1752-ben öntött modenai 24 fontos bronzágyú

legnagyobb harangnak a Rákóczi család címerét tartalmazó darabja jelenleg is látható a Debreceni Református Kollégiumban.)

*Dr. Kormos Gyula* (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem) előadásában arról számolt be, hogy levéltári kutatásai alapján a soproni Tűztorony *Jacob Montell* bécsújhelyi harangöntő által 332 éve öntött harangjai is a város fegyvertárában őrzött, zsákmányolt ágyúdarabok beolvasztásával készültek.

*Dr. Sallay Gergely* (HM HIM) „Ágyúk anyagából készült kitüntetések” címmel tartott kutatási beszámolójából megtudhattuk, hogy leggyakrabban az újkorban, és leginkább német és angol nyelvterületen készítettek az ellenféltől elfoglalt ágyúk anyagának felhasználásával öntött vagy vert kitüntetések.

*Belényesi Károly* (Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat) a budavári bronzöntő műhelyről szóló előadásában ismertette a több éven át folytatott Szent György téri ásátás eredményeit. Az ágyúöntő műhely a XV. század második felében és a XVI. század elején működött. Irodalmi adatok alapján jól azonosíthatók a lángkemencék és az ágyúöntő gödrök helyei. (Az ásátás leleteiből néhány darab látható az Öntödei Múzeum „Fémöntészeti emlékeink” című, 2008-ban megnyílt állandó kiállításán.)

*Dr. Kreuzer Andrea* (HM HIM) „Ágyúk és könyvek” című előadásában a múzeum könyvgyűjteményének e tárgykörben feltehető gazdag anyagát és a könyvekben található információkat ismertette. A kora újkori hadvezéreket ábrázoló metszeten számos alkalommal helyeztek el fegyvereket, mint attribútumokat. A fegyverek között gyakran találunk ágyúkat, mint például II. Rákóczi Ferenc portréján.

*Ringer István* (MNM Rákóczi Múzeuma) és *Kovács Árpád* (Miskolci Egyetem) „I. Rákóczi György ágyúöntő műhelye és az ásátáskor előkerült ágyúk anyagvizsgálata” című előadása 2006 nyarán kezdődött, a sárospataki várban folyó ásátást és annak eredményeit mutatta be. A feltárások során napvilágra került a történeti forrásokból jól ismert sárospataki ágyúöntő műhely, melynek nagyszabású kiépítésére I. Rákóczi György birtoklásának idején került sor. A műhely 1631 és 1648 között, kisebb megszakításokkal ugyan, de nagy intenzitással működött. A feltárt értékes leletek agnoszkálása már eddig is sok kérdést tisztázott, de a megtalált ol-

vasztási maradékok összetételi és fémtani vizsgálata az olvasztástechnológia további részleteit hivatott feltárni.

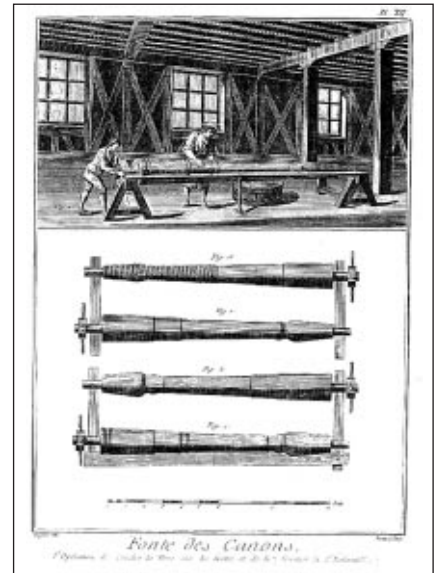
*Bán Attila* százados (HM HIM) „Egy ágyúöntésnél felmerülő öntészeti technikai probléma feloldása” című előadása arra mutatott rá, hogy saját kísérletei és számításai alapján a bronzágyúk öntésénél a tömör szövetszerkezet kialakításának érdekében az öntésnél a mestereknek fokozottan ügyelniük kellett arra, hogy a legvékonyabb falvastagságú csövénél is elegendően nagy legyen a forma hőmérséklete, s így elkerülhessék az esetleges gázhólyagosságot és az elégtelen fémutánpótlás miatt kialakuló anyagfolytonossági hibákat.

Ezután a Hadtörténeti Múzeum udvarán megtekintettük a bronzágyúk gyűjteményét, majd a tápióbszkei Bitskey Gáspár Honvéd Hagyományörző Tüzércsapat bemutatóját láthattuk.

*Dr. Csikány Tamás* alezredes (Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem) „Az ágyúgyártás megszervezése 1848-49-ben” címmel a szabadságharc történelmi keretében foglalva ismertette *Lukács Dénesnek* (1816-1868), a szabadságharc fegyvergyártásának megszervezésében jeleskedő honvéd tüzér ezredesnek a tevékenységét, valamint az erdélyi hadjáratot ágyúöntési tudásával segítő, a csataterén hősi halált halt *Gábor Áron* (1814-1849) érdemeit.

*Dr. Winkler Gusztáv* (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem) „A tüzérség fejlődésének hatása a XVI-XVII. századi erőépítésre” című előadásában azt mutatta be, hogyan igyekeztek a tüzérség támadásait kivédeni, ill. a saját ágyúk legelőnyösebb elhelyezését megoldani az adott időszakban. Az itáliai várépítészetben ment végbe a leglátványosabb változás. A dél-európai példákon kívül a magyar kora újkori várépítészeti anyagot is megismerhettük, melyek közül az előadó az egri várat emelte ki, ahol több bástyatípus is megfigyelhető.

*Dr. Szoleczky Emese* (HM HIM) „A huszti vár tüzérségi helyzete a Rákóczi-szabadságharc idején” című előadása a Kölcsey Ferenc verseiben megénekelte híres vár történetét ismertette írott források alapján, kitérve arra, hogy az egyes korokban a várnak a Tisza-völgyet védő szerepe, a város védelme, vagy a Máramaros felé vezető „soutak” megfigyelése játszott-e éppen elsődleges szerepet.



4. ábra. Magkészítés ágyúcsőhöz Diderot 1760-ban szerkesztett Encyclopédia-jában



5. ábra. A debreceni Rákóczi-harang részlete, amelynek alapanyagát 1631. március 31-én II. Ferdinánd csapataitól zsákmányolták a rakamazi csatában



6. ábra. A sárospataki ásátási terület

*Dr. Pílyssy Lajos* ny. kohómérnök hozzászólásában méltatta a Ringer István – Kovács Árpád „párost” és Bán Attilát, mert



■ 7. ábra. A konferencia résztvevői a töltést figyelik



■ 8. ábra. Lengyelne Kiss Katalin pohárköszöntője a rendezvényt záró fogadáson

ők az elsők hazánkban, akik a hajdani bronzágyúöntés problémáját a fémtan szempontjai szerint vizsgálták. Biztatta a fiatal szakembereket, hogy folytassák kutatómunkájukat.

A konferencia levezető elnöki tisztét Lengyelne Kiss Katalin, az ÖM igazgatója és dr. Kedves Gyula alezredes, a Hadtörténeti Múzeum igazgatóhelyettese látta el.

Zárszójában Lengyelne Kiss Katalin kiemelte, örömmel tölti el, hogy mintegy százan hallgatták meg az előadásokat, ez

azt mutatja, érdemes volt megadni a lehetőséget a kutatóknak, hogy a színesfémöntészet e két emblemikus termékéről, az ágyúról és a harangról szóló ismereteiket az érdeklődőkkel megosszák, egymás tapasztalatait kicserélhessék. Megköszönte a HM HIM vezetésének, dr. Holló József ny. altábornagy főigazgatónak a konferencia lebonyolításához adott támogatást. Segítségükkel nem szakadt meg az Öntödei Múzeum által 1997-ben életre hívott – két évente megtartott – ha-

rangtörténeti konferenciasorozat, bár 2009-ben az ágyúk kerültek reflektorfénybe. A szervezésért Bán Attila századosnak és dr. Kedves Gyulának, valamint saját munkatársainak mondott köszönetet.

Ezután az Öntödei Múzeum meglátogatására került sor, ahol a megjelentek részletes tárlatvezetésen, s a Magyar Öntészeti Szövetség jóvoltából egy különleges ünnepi ital, a „krampampuli” kóstolásán vehettek részt.

✍ Millisits Máté

## ■ EGYETEMI HÍREK

### Nyomásos öntőgép átadása és avatása a Miskolci Egyetemen

Az egyetemi öntészeti szakmai oktatás fejlesztésére átadott szakképzési fejlesztési támogatásból a Metallurgiai és Öntészeti Tanszék eszközállománya egy IDRA OL-160 típusú vízszintes hidegkamrás nyomásos öntőgéppel bővült, melynek átadására és vele az első kísérleti öntésekre 2009. június 9-én 15 órakor került sor (1. kép).

Az öntőgépet az Öntőgépszerviz Kft. újította fel és adta át. A berendezéshez a gépbeállítási paraméterek mérésére és felügyeletére szolgáló számítógépes adatgyűjtő, szerszámlefüjtő és dugattyúkenő anyagot adagoló rendszer tartozik.

Az első kísérleti öntésekhez a nyomásos öntőszerzőt a Fémalk ZRt. biztosította, annak gépre szerelésében és beüzemelésében a Prec-Cast Kft. és a Certa Présöntő és Zártyártó Kft. munkatársai vettek részt. A gépet is tartalmazó nyomásos



■ 1. kép. Az ünnepség résztvevői



■ 2. kép. Dr. Sándor József és Selmeczi Imre

öntészeti labor fejlesztése a 2006-2007-es évek szakképzési fejlesztési támogatásából valósult meg.

Az öntőgépet *Selmeczi Imre*, az Öntőgépszerviz Kft. igazgatója adta át és *dr. Sándor József*, a Fémalk ZRt. elnök-vezérigazgatója avatta fel (2. kép). A rendezvényen részt vett *dr. Patkó Gyula*, a Miskolci Egyetem rektora, *dr. Szűcs István* és *dr. Mang Béla* rektorhelyettesek, *dr. Gácsai Zoltán*, a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánja, számos vállalat képviselője, valamint a Metallurgiai és Öntészeti Tanszék oktatói és hallgatói.

Az avatás után a résztvevők az alábbi szövegezésű emléklapot írtak alá:

„Emléklap

Készült a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Metallurgiai és Öntészeti Tanszékén 2009. június 9-én a vízszintes hidegkamrás nyomásos öntőgép átadása, üzembe helyezése alkalmából.

Az aláírók üdvözlik az öntészeti felsőoktatás eszközfejlesztésének legújabb eredményét, és saját lehetőségeik szerint segítik az öntőgép oktatási-kutatási célú hasznosítását, további működésének fenntartását.”

Az öntőgép avatásáról további képek a [www.metont.uni-miskolc.hu](http://www.metont.uni-miskolc.hu) és a [www.kep.tar.hu/ontesz](http://www.kep.tar.hu/ontesz) internetes portálon található.

Az egyetemi öntészeti szakképzés fejlesztésének vállalati támogatásáról és eredményéről az alábbi kimutatások adnak bővebb tájékoztatást.

✍ Dr. Dúl Jenő

## Az egyetemi öntészeti szakmai képzés szerződéses támogatói 2001-2008 között

Támogató	Összeg	Időszak
Borsodi Metall Öntödei Kft.	236 800	2001
BŐSZ-METÁL Kft.	910 000	2003-2007
BUDAVILL Kft.	53 000	2002-2006
CASTER Kft.	169 375	2001-2008
CERTA Zörgyártó Kft.	500 000	2001
CFD Engineering Hungary Kft.	9 000	2008
Csaba-Metall Rt.	2 868 000	2001-2007
Csepeli Precíziós Öntöde Kft.	642 000	2004-2006
Dr. Köcher Nyomásos Öntöde Kft.	1 886 725	2003-2008
DUNAMETÁL Kft.	492 000	2003-2005
ECSERI Kft.	960 000	2008
EDANTEAM Kft.	66 000	2002-2005
EURAL Kft.	200 000	2001-2002
EURO Casting Bt.	40 000	2002
EUROCAST Kft.	370 000	2004
EURO-METALL Kft.	800 000	2001-2004
EUROPHÖNIX Kft.	200 000	2001
FÉMALK Kft., utóbb ZRt.	10 764 200	2001-2008
Ferro Öntöde Kft. Kup	1 000 000	2004
FORMA-ÖNTŐ Bt.	21 000	2001
FOUNDEX Kft.	123 904	2002-2008
GRE-GA Öntödei Kft.	62 000	2002
Gyulai Vasipari Kft.	65 000	2001-2004
Hydro Alumínium Győr Kft.	2 500 000	2002-2004
Jászberényi Acélöntöde Kft.	830 000	2001-2004
KEP Elektronikai Alkatrészgyártó Kft.	100 000	2008
Kienle + Spiess Hungary Kft.	25 465 000	2002-2008
KLUDI Szerelvények Kft.	1 800 000	2006-2008
KNORR Bremse Vasúti Jármű Kft.	1 400 000	2007-2008
KÜHNE Vasöntöde Kft.	403 000	2007-2008
Le Belier Magyarország ZRt.	8 000 000	2002-2008
LÖFFLER 2001 Kft.	270 000	2002-2008
MAGYARMET Bt.	1 700 000	2001-2005
MAL Rt.	600 000	2002
MAL-MWK Kft.	984 000	2002-2003
Mohácsi Vasöntöde Kft.	1 620 805	2002-2006
NEVA Mozaik Bt.	164 977	2001-2007
Nova Hungaria Kft.	8 136 250	2001-2008
Pannonjob Kft.	100 000	2008
PERAMETAL Kft.	195 000	2004-2005
Prec-Cast Öntödei Kft.	22 000 000	2004-2008
RÁBA Kispesti Öntöde Kft.	2 000 000	2003
SUOFTEC Könnyűfémtermék Kft.	11 750 000	2002-2007
Szegedi Finomöntöde Kft.	198 000	2001-2003
Szegedi Öntöde Kft.	800 000	2001-2004
Törökszentmiklósi Öntöde Kft.	3 436 000	2001-2008
VAW Alumíniumtechnika Kft.	2 000 000	2001-2002
VT METALL Kft.	2 800 000	2008
WESCAST Kft.	8 750 000	2005-2008
WESLIN Hungary Autóipari Rt.	5 400 000	2001-2004
ZVG Kft.	192 000	2004-2005

## Szakképzési fejlesztési támogatásból megvalósított öntészeti fejlesztések

### 1. A vasöntészeti labor fejlesztése

- Indukciós kemence felújítása, új inverteres tápegység fejlesztése.
- Mérőrendszerek korszerűsítése.

### 2. A nyomásos öntészeti labor korszerűsítése

- DAW 40-es öntőgép felújítása.
- A kapcsolódó mérőrendszerek aktív vizsgálása, korszerűsítése.
- Hidegkamrás nyomásos öntőgép beszerzése.
- Méréstechnika eszközök, pl. áramlás-mérők beszerzése.

### 3. A homoklabor felújítása

- Új homokvizsgáló berendezések beszerzése.
- Nedvesszakítószilárdság-vizsgáló beszerzése.
- DISA melegdeformációs vizsgáló rendszer beszerzése.
- Szilárdságvizsgáló, gázáteresztő-képes mérő, mintakészítő tartozékok beszerzése.

### 4. Öntészeti anyagvizsgáló labor kialakítása

- Új csiszológép, daraboló beszerzése.

### 5. A fémöntészeti labor fejlesztése

- Sűrűségindex-mérő beszerzése.

- Alumínium termikus elemző beszerzése.
- Alumíniumolvasztó kemencék beszerzése.

### 6. A számítógépes öntészeti szimulációs lehetőségek fejlesztése

- Hardverfejlesztés, nagy teljesítményű számítógépek beszerzése.
- Szoftverfejlesztés (WINcast, NovaFlow & Solid oktatási verzió beszerzése).
- Mesterséges intelligencia módszerek hardver és szoftver eszközeinek beszerzése.

### 7. Az öntészeti mérésekkel kapcsolatos mérési adatgyűjtő rendszerek fejlesztése

### 8. Hozzájárulás oktatásfejlesztési projektekhez, HEFOP 2007-2008.

- Homokvizsgáló labor berendezése.
- 12 munkahelyes szimulációs labor építése.
- Szerkezetvizsgáló labor berendezése.
- 30 főre multifunkcionális oktatási kabinet létrehozása.
- Öltözők, mosdók, fürdők építése.

### Kimutatás a Miskolci Egyetemen folyó öntészeti szakképzés fejlesztési támogatásáról, Ft

Időszak	Pénzbeli támogatás	Eszközáradás	Összesen
2001. 2. félév	5 329 000	1 629 152	6 958 152
2002	13 718 505	1 366 000	15 084 505
2003	14 421 845	1 233 200	15 655 045
2004	17 269 797	3 532 000	20 801 797
2005	16 338 212	652 625	16 990 837
2006	15 948 600	249 100	16 197 700
2007	15 164 000	711 000	15 875 000
2008	28 747 000	1 460 000	30 207 000
<b>Összesen</b>	<b>126 936 959</b>	<b>10 833 077</b>	<b>137 770 036</b>

## KÖSZÖNTÉSEK

### 90. születésnapját ünnepelte

**Örkényi Kálmán** 1919. július 21-én Ózdon született. A Miskolci Királyi Katolikus Fráter György Gimnáziumban kitüntetéssel megszerzett érettségi vizsgája után Sopronban tanult tovább, ahol 1942. október 2-án szerezte meg jeles minősítésű kohómérnöki oklevelét.



Már ebben a hónapban elkezdte munkás életét a Rimamurány-Salgótarjáni Vasmű Rt. Ózdi Acélművében, ahol a kényesebb minőségű acélok gyártásával foglalkozott és számos, a munkát megkönnyítő és a költségeket csökkentő újítást vezetett be. 1949-ben a Kohóipari Központ áthelyezte a Diósgyőri Kohászati Üzemekbe. Itt 1950-ben a gyártásellenőrzési osztályt vezette,

majd a Központi Műszaki Ellenőrzés vezetője lett. Ezt követően hat évig a vállalat nagyobb beruházásainak pénzügyi-gazdasági tervezését és ellenőrzését látta el. 1959-ben kapott megbízást az újonnan szervezett Műszaki Gazdasági Iroda vezetésére, amit nyugdíjazásig, 1979-ig látott el.

Folyamatosan képezte magát és új gazdasági elemző módszereket dolgozott ki. 1965-ben kitűnő minősítéssel kohóipari gazdasági mérnöki oklevelet szerzett a Nehézipari Műszaki Egyetemen. Kidolgozta és 1971-ben bevezette az új nyereségelemző műszaki-gazdasági számítási módszert, majd 1978-ban a fejlesztések fedezeti forrást biztosító tervezési módszerét.

Rendszeresen részt vett a szakma oktatásában. 1952-53-ban a Kohóipari Technikum részére megírta az Általános kohászat I. és a Kohóipari anyag- és gyártásismeret c. tankönyveket. 1950-55 között különböző tárgyakat adott elő az NME esti tagozatán.

1951-ben miniszteri elismerésben, majd háromszor Kiváló Dolgozó kitüntetésben részesült. Arany-, gyémánt- és vasoklevél tulajdonosa.

### 85. születésnapját ünnepelte

**Proszty Ervin** gyémántokleveles kohómérnök 1924. június 16-án született. 1946 augusztusában – közvetlenül a kohómérnöki diploma megszerzése után – került a Weiss Manfréd Művek Hengerművébe, ahol 1952-ig üzemmérőként, majd 1954-ig gyár- részlegvezetőként dolgozott. Ekkor az Országos Tervhivatalba került, ahol csoportvezető főmérőként többek között a hengerműi mérettűrések témakörben végzett szakértői munkát. 1957-75 között a Csepel Művek Acélmű főtechnológusa volt. Ez idő alatt a hengerlésen kívül a kovácsolás, az acélpalack-sajtolás és a primer hőkezelés szakmai kérdéseivel foglalkozott.

A kovácsolás területén – a közúti járműprogram keretén belül – irányításával oldották meg a MAN hajtórudak nagypon-tosságú gyártását. Ennek során forgattyús présnél elsőként és egyedül alkalmazták hazánkban a szer-záműtkötetési technológiát folyamatos erő- és hőmérsékletméréssel egybekötve. E fejlesztési munka eredményei tették lehetővé szűk méret- és tömegtűrésű kovácsda-rabok szállítását neves európai autógyárak részére.



A hengerlés területén 1949-től foglalkoztatták a méretpontosság kérdései, melyek kutatása során erő-, hőmérsékletmérő és regisztráló berendezéseket szerzett be és alkalmazott a csepeli hengerművekben. E kutatási munka tapasztalatai alapján tervezték és valósították meg a Csepeli Durvahengermű Ø650 mm-es hengerekkel dolgozó gördülőcsapágyas, előfeszített hengerállványát, amely híradástechnikai és gyengén ötvözött, melegen hengerelt, 200-250 mm széles és 3,5 mm vastag szalagok hengerlésére készült. Itt, valamint a csepeli rúdsoron alkalmazták hazánkban először az SKF által kifejlesztett, sérülésmentesen oldható olajhidraulikus zsugorkötést is.

Ezután került sor a csepeli rúdsoron a gördülőcsapágyazás és az oválátvezető alkalmazására, majd a Moszkvai Celikov Intézetrel együttműködve – az ő terveik és kivitelezésük révén – az előfeszített hengerállványok alkalmazására nagypon-tosságú csavarköracélok hengerlésénél.

A hengerlés területén irányításával végzett legfontosabb munka a huzalhengermű – a csepeli drótsor – létrehozása volt 1972-ben mintegy 550 M Ft-os költséggel. Ez a hengermű Ø5,5–22 mm-ig, 550 kg tömegű tekercsekben hengerelt gyengén ötvözött nemesköracélt a hazai hengersorainkon egyedülállóan szűk,  $\pm 0,15$ – $\pm 0,20$  mm-es tűréssel. A tervezés és kivitelezés teljesen hazai volt, és az importhányad nem haladta meg a 10%-ot. E hengerművet később a Kínai Népköztársaság megvásárolta.

1975-80-ig a CSM Acélművének műszaki igazgatója volt, majd innen az Ipari Minisztériumba került a kohászati miniszter-helyettes szakértői csoportjába. Itt nevéhez fűződik a csavargyártás fejlesztése érdekében végzett kohászati fejlesztések szakmai megalapozása és a döntési javas-

latok elkészítése. Az Ipari Minisztériumból 1984 végén ment nyugdíjba.

Nyugdíjasként az Anyagvizsgáló és Gépi-pari Minőségellenőrző Intézetben műszaki szakértőként dolgozott, ahol közel 20 kutató-fejlesztési téma kidolgozását irányította. Ezek közül kiemelkedő a hengerelt termékek méretpontosságának növelése a Lenin Kohászati Művek Nemesacélhengerművében és a Lőrinci Hengerműben. Utóbbinál vizsgálta még a lemez vastagsági tulajdonságai és a hengerlési erők összefüggéseit, a hengercsaptörések okait, valamint a lemezek méreteinek az MSZ 40-85, valamint a DIN 1543 szerinti megfelelés szintjét. Foglalkozott még az Ózdi Munkás Kft, valamint az Ózdi RDH műszaki problémáinak megoldásával is.

Az elmúlt több mint öt évtized alatt számos szakértői véleményt készített a Kohó- és Gépipari Minisztérium és a miniszter részére is, továbbá részt vett szakmai szakértői bizottságok munkájában a KGM, a Vasas Szakszervezet, az OMF és a Központi Népi Ellenőrzési Bizottság felkérésére. Az utóbbi években a Magyar Szabványügyi Hivatal kohászati bizottságának ülésén elnöki tiszteletet töltött be.

Az OMBKE hengerész konferenciákon több alkalommal tartott előadást. Hengerlési szakmai tapasztalatait az ipari technikumok részére írt Kohóipari anyag- és gyártásismeret c. könyv Hengerlés fejezetében, valamint a *J. F. Prihogykóval* közösen írt Hengereltárak gyártása szigorított tűréssel c. könyvben foglalta össze.

Szakmai tevékenységét Érdemes Kohász (1953), Kiváló Feltaláló arany fokozat (1967), Kohászat Kiváló Dolgozója (1969, 1973), Kiváló Kohász (1984) és AGMI Nívódíj (1988, 1990) kitüntetésekkel ismerték el. Egyesületi munkájáért 1984-ben z. Zorkóczy Samu-, valamint 2003-ban Sólyt Vilmos-émlékérem kitüntetést kapott.

**Várhelyi Rezső** aranyokleveles gépészmérnök, egyesületünk tiszteleti tagja 1924. július 6-án Temesváron született. Ott végezte iskoláit az 1941-es tanév végéig, majd a Budapesti Állami Árpád Gimnáziumban folytatta, és ott is érettségizett 1943-ban. A Budapesti Műszaki Gazdaságtudományi Egyetem Gépész-



mérnöki Karán 1950 januárjában gépész-mérnöki oklevelet szerzett.

Szigorló mérnökként 1948. július 1-jétől 1950. szeptember 1-jéig az egyetem Mechanikai Technológia Tanszékén demonstrátor, majd tanársegéd, közben másodál-lásban 1949. július 1-jétől 1950. szeptem-ber 1-jéig a Magyar Alumínium és Könnyű-fémipari Kutató Intézetben önálló kutató-mérnökként az alumíniumhulladékok fel-dolgozásával, vezetőképes fém előállításával és öntéssel foglalkozott, de feladatai közé tartozott az intézethez érkezett ipari megkeresések vizsgálata és a kiadott szakvélemények összefogása is.

1955. szeptember 16-tól a Kőbányai Könnyűfémű főmérnöke, műszaki igaz-gatóhelyettese, 1969. július 1-jétől igaz-gatója nyugdíjba vonulásáig, 1986. június 30-ig. Közben 1974. február 1-jétől 1975. június 15-ig a Magyar Alumíniumipari Tröszt termelési vezérigazgató-helyettese.

Beosztásai révén a magyar alumínium-ipar fejlesztésén, termékválasztékának bő-vítésén dolgozott, ezen belül különösen az alumíniumfólia és az alumíniumpigment gyártástechnológiájának kialakításában, folyamatos fejlesztésében, korszerűsítés-ben vett részt. 1957-ben 40 tonnás ter-meléssel beindította Kőbányán az alumínium-fólia-gyártást, amely 1979-re egy jelentős beruházás eredményeként elérte a 10 000 tonnát. Az 1970-ben indított kecskeméti gyáregység alumíniumpigment-termelése 1986-ban 6 700 tonna volt.

UNIDO szakértőként Sri Lanka-ban is dolgozott, az ottani alumínium félgyárt-mány gyártás fejlesztési lehetőségeit viz-sgálta.

Az OMBKE-nek 1948-tól tagja. 1969-től a Fémkohászati Szakosztály elnökhelyette-se, 1972-től három cikluson keresztül el-nöke, majd két cikluson keresztül az egye-sület alelnöke. Vezette az Etikai Bizottsá-got, s az ICSOBA Magyar Nemzeti Bizottsá-gának a mai napig alelnöke. Szakmai és nyelvismerete révén számos alumínium és alumíniumpigment tárgyú nemzetközi konferencia szervezését irányította.

Irodalmi tevékenysége az alumíniumfó-lia és -pigment gyártás fejlesztésével füg-gött össze. Főszerkesztője az Alumí-niumöntészet c. könyvnek, s az Alumínium kézikönyv fóliával foglalkozó fejezetét írta.

Tevékenysége elismeréseként számos ki-tüntetésben részesült, többek között birto-kosa az Eötvös Lóránd-díjnak, az MTESZ-díj-nak és a z. Zorkóczy Samu-émlékéremnek.

## 75. születésnapját ünnepelte

**Gönczi Pál** aranyokleveles kohómérnök 1934. július 24-én Szászfán született. 1953-ban a miskolci Állami Mikszáth Kálmán Általános Gimnáziumban érettségizett, majd 1958-ban a Nehézipari Műszaki Egyetemen szerzett vas- és fémkohómérnöki oklevelet.



A Dunai Vasmű nagyolvasztó gyárrészlegénél kezdett dolgozni üzemmérnökként, 1958-62 között művezető az érczsugorító-műben, főgázkezelő a kohóüzemben, főművezető a salaküzemben és üzemvezető az ércelőkészítő üzemben. 1963. április 1-jén a kohó gyáregységben gyáregységvezető-helyettesé, vezető technológussá, 1969. március 1-jével gyáregységvezetővé nevezték ki. Ezt a beosztást 1974. július 31-ig töltötte be.

Ezután 1977. szeptember 30-ig a kohászati gyárrészleg technológiai vezetője lett az ércelőkészítés, az érczsugorítás és a nyersvasgyártás területén. 1977. október 1-jével a Dunai Vasmű technológiai főosztályára került, ahol 1994-es nyugdíjazásáig technológiai és gyártmányfejlesztéssel foglalkozott.

Egész szakmai pályafutása az ércelőkészítéshez, érczsugorításhoz, nyersvasgyártáshoz és salakfeldolgozáshoz kötődik. Kidolgozta és bevezette a salakhabosító és -granuláló üzem technológiáját. Gyártott acél- és öntödei nyersvasat, 1967-68-ban ferromangánt és ehhez mangánérc-zsugorítmányt. Részes volt a nagyolvasztóknál a szénhidrogének befűvésének, irányítója a zsugorító-műben a kettős keverés és a egyes tüzelés bevezetésének, az égetett mész alkalmazásának és az érckoncentrátumok zsugorítási technológiája kidolgozásának. Vezetése alatt építették fel az első 960 m<sup>3</sup>-es nagyolvasztót és építették új-já a léghevítőket, amelyek már a nagy toroknyomásos technológia bevezetésére is alkalmasak voltak. Sokat harcolt annak elismertetéséért, hogy a nagyolvasztók teljesítményének növelése és a kokszfogyasztás csökkentése nem oldható meg jó minőségű pellet használata nélkül.

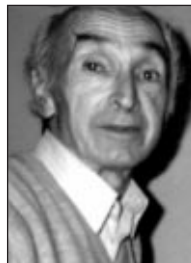
Szorgalmazta az alacsony kéntartalmú kocszolható szenek alkalmazását a kohókoksztartalmának, ezáltal a nyersvas kéntartalmának csökkentése céljából. Pá-

lyafutása alatt a kokszfogyasztás kevesebb mint felére, a nyersvas kéntartalma ötödé-re csökkent, s ugyanilyen mértékben csökkent a zsugorító-mű kén-dioxid kibocsátása is. E témakörökben megjelent publikációi száma meghaladja a 220-at. Két cikluson keresztül tagja volt az MTA VEAB metallurgiai munkabizottságának.

Eredményes munkásságát kilenc alkalommal ismerték el Kiváló Dolgozó kitüntetéssel, egy alkalommal vállalati oklevéllel, két alkalommal az Alkotói Nívódíj I. fokozatával, s megkapta a Kiváló Kohász kitüntetést is. 1989-ben benyújtott pályázatát az MTA VEAB I. díjban részesítette.

Az OMBKE-nek 1955 óta tagja. 40 és 50 éves tagságáért Soltz Vilmos-émlékérmet kapott.

**Hédai Lajos** okl. kohómérnök 1934. június 27-én született Csehszlovákiában. 1948-ban Nyíregyházára települtek át, ahol a helyi Kossuth Lajos Gimnáziumban érettségizett 1953-ban. Felvették a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karára, ahol 1958-ban vas- és fémkohómérnöki oklevelet szerzett.



Az egyetem elvégzése után a Csepeli Vas- és Acélöntödében gyakornok és diszpécser, 1960-tól az LKM metallográfiai osztályán anyagvizsgáló. 1963-65 között a csepeli Kossuth Lajos Öntőipari Technikumban mérnök-tanár.

1965-69-ig a Csepeli Acélmű kutatási osztályán dolgozott, ahol elsősorban a reveképződés problematikájával és a földgáztüzelés SM-kemencéknél való alkalmazásával foglalkozott, valamint részt vett a kovácsoló izzítókemencék földgáztüzelésre való átállításában.

1969-ben a Tatabányai Szénbányák komplex kutatási főosztályára került, ahol elsősorban plazmatechnológiai kifejlesztésével, valamint a szénsalak mesterséges magmás kőzetté való átalakításával foglalkozott, s az erre létesített kísérleti üzem műszaki vezetője lett.

1978-tól a Vasipari Kutató Intézet tudományos főmunkatársaként plazmatechnológiai kutatásokat, fejlesztéseket végzett, s jelentős eredményeket ért el a keményfémhulladékok feldolgozása és újrahasznosítása területén. Eredményes munkájáért Kiváló Dolgozó kitüntetésben részesült. 1989-

ben az Aluterv-FKI-be került, ahol különleges tulajdonságú poranyagok plazmatechnikus előállításán munkálkodott egészen 1992-es előnyugdíjazásáig. Nyugdíjas magánvállalkozó kutatómérnökként jelenleg a gyorsacélgyártás, a veszélyeshulladékfeldolgozás, valamint a plazmatechnológiák kutatás-fejlesztésével foglalkozik.

Munkájához kapcsolódóan több mint 100 publikációja jelent meg, részben idegen nyelven, s 14 szabadalom szerzője ill. társszerzője.

1985-93 között a Veszprémi Akadémiai Bizottság Plazmatechnológiai Munkabizottságának titkára volt. E megbízatása keretében minden évben plazmatechnológiai konferenciát szervezett Veszprémben. 1985-90 között tagja volt a Nemzetközi Elektrotermiás Szövetség plazmabizottságának, melynek keretében részt vett az „Arc Plasma Process. A Maturing Technology in Industry. 1988. Paris la Défense” tanulmány megírásában.

1990-92 között fakultatív előadásokat tartott a plazmakohászatról a Dunaújvárosi Főiskolán. 2007-ben főiskolai jegyzetet írt Plazmafizika műszakiak részére címmel.

Egyesületünknek 1978 óta tagja.

**Márkus László** 1934. július 15-én született Demecserben. Általános iskolai tanulmányai után az első között szerzett technikus képesítést a diósgyőri Kohászati Technikumban. Az akkori



kor szokásai szerint több társával együtt a Sztálin Vasműbe irányították, ahol az építés befejezése előtt álló nagyolvasztónál kapott üzemtechnikusi beosztást. A Dunaújvárosban szerzett felsőfokú szaktechnikus és üzemmérnöki képesítések jó alapot nyújtottak szakmai munkájához.

Az üzemi ranglétrán haladva 1970-74 között vezető technológus, ebben a beosztásban ő dolgozza ki a magas toroknyomású üzemviteli technológiát, amely a nyersvasgyártás leghatékonyabb intenzifikáló és gazdaságosság-növelő módszere. Bevezetésének kísérleteit, majd alkalmazását már a gyáregység vezetőjeként irányította.

20 évig volt a dunaújvárosi nyersvasgyártás irányítója. Nagy szerepe volt a nagyolvasztók számítógépes irányításának megvalósításában, a betét és a kohókokszt

minőségének javításában, melynek eredményeként a nyersvasgyártás európai átlagszintre emelkedett. 1994-ben történt nyugdíjazása után még négy évig irányította és koordinálta a nagyolvasztók beruházásainak műszaki, pénzügyi és számviteli feladatait.

Az OMBKE-nek 1969-től tagja, konferenciáinak rendszeres résztvevője és előadója. Egy ciklusban a Vaskohászati Szakosztály Nyersvasgyártó szakcsoportjának volt vezetője, jelenleg a dunaujvárosi helyi szervezet aktív tagja.

Munkája elismeréseként Kiváló Újító arany fokozat, Kiváló Kohász, Munka Érdemrend ezüst fokozat, Borovszky-díj és 17-szer Kiváló Dolgozó kitüntetést kapott.

**Szj Zoltán** falusi kántortartó első gyermekeként Győrszemerén született 1934. június 15-én. 1952-ben kitüntetéssel érettségizik, s még abban az évben megkezdte tanulmányait a miskolci, akkori nevén Rákosi Mátyás Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán. Harmadéves, amikor az orosz könyvek elégetése miatt, kitűnő tanulmányi eredménye ellenére, kizárják az egyetemről. Segéd munkás lesz a Győri Magyar Vagon- és Gépgyárban.



Rehabilitálása után 1956 őszén tovább tanulhat. Az októberi forradalomban az egyetemi diákparlament alelnöke, ezért 1957-ben letartóztatják és elítélik. A börtönből 1958 szeptemberében szabadul, s

öntödei munkásként, laboránsként dolgozik a Rába MVG-ben. Diplomáját 1966-ban védi meg jeles minősítéssel. Ezt követően ugyanitt fejlesztőmérnök, metallurgiai vezető, üzemvezető, gyárrészleg-vezető. 1976-ban megvédi gazdasági mérnöki diplomáját is.

Adjunktusként tanít a Dunaujvárosi Főiskolán, tanár a győri Jedlik Ányos Gépipari Technikumban. Aktív pályáját 1995 márciusában Győr önkormányzatánál városigazgatóként fejezi be.

Már egyetemista korában tagja lesz az OMBKE-nek. 1969-től tíz évig a győri helyi szervezet titkára, 1980-83 között az Öntödei Szakosztály titkára. Számos tudományos konferencia szervezője Győrben. Utolsó egyesületi munkájaként a Rába MVG alapításának 100 éves és Győr alapításának 725 éves jubileuma alkalmából Győrött megszervezi a 14. magyar öntőnapokat és az OMBKE 84. küldöttközgyűlését.

Munkája elismeréseként négyszer kap egyesületi kitüntetést, emellett Kiváló Ifjú Mérnök és a Kohászat Kiváló Dolgozója kitüntetésben részesül. 1956-os politikai helytállásáért pedig 1991. október 23-án 1956-os emlékérmeket kap Göncz Árpád közársasági elnöktől.

1976-tól tíz éven át tag a Veszprémi Akadémiai Bizottságban, majd a Metallurgiai Munkabizottság elnöke. Szakmai munkásságát számos szakcikk, szakmai publikáció, kiadvány és pályadíj jelzi.

1990-2002 között tagja és vezető tisztségviselője Győr önkormányzatának. A városért végzett több évtizedes munkáját 2004-ben Pro Urbe Győr díjjal ismerik el.

2006 októberében az 1956-os forrada-

lom 50 éves évfordulóján az akkor tanúsított helytállását a Miskolci Egyetem emlékéremmel ismerte el.

## 70. születésnapját ünnepelte

**Dr. Szegedi József**

okl. kohómérnök, a műszaki tudományok kandidátusa 1939. március 31-én született. 1964-ben a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán végzett.



Dolgozott a Dunai Vasműben acélgyártó mérnökként, a Dunaujvárosi Főiskolán főigazgatóként, tanszékvezető főiskolai tanárként, a Kecskeméti Főiskolán tanszékvezető főiskolai tanárként, az NME Vaskohásztani Tanszékén tudományos főmunkatársként.

Az OMBKE-nek 1960 óta tagja. Számos tisztsége volt, mint pl. a Dunaujvárosi Helyi Csoport társelnöke, az Öntészeti Szakosztály Acélöntő Szakcsoport titkára.

Oktatási, publikációs, szakmai és tudományos tevékenysége széleskörű. A Dunaujvárosi Főiskolán többek között az acélgyártás, a fémkohásztan, a fizikai kémia, a minőséginformatika, míg a kecskeméti a valószínűségi számítás és a matematikai statisztika tárgyakat oktatta. Számos kutatási téma vezetője volt, melyek elsősorban az acélgyártáshoz kapcsolódtak.

Tevékenységét a Kohászat Kiváló Dolgozója és az Oktatásügy Kiváló Dolgozója miniszteri kitüntetésekkel ismerték el.

## Sinkovits György (1931–2008)



2008 decemberében, hosszú betegség után, 77 éves korában elhunyt Sinkovits György okleveles gépészmérnök.

1931-ben született, polgári iskolát végzett, majd géplakatos lett. 1955-ben szakérettségi után került a Harkovi Műszaki Egyetemre, ahol öntödei technológia és berendezések szakon szerezte meg diplomáját.

Az esztergomi vasöntődében, majd a Gábor Áron Vasöntöde és Gépgyárban dolgozott üzemmérnöki, technológusi és beruházási munkakörökben.

1964-ben lépett be a Gépipari Technológiai

Intézetbe, ahol az Öntészeti Szabványosítási Központ vezetőjének nevezték ki. Ebben a munkakörben több mint húsz évig dolgozott eredményesen, majd a Magyar Szabványügyi Hivatal öntészeti előadója lett. Innen ment nyugdíjba 1993-ban.

A szakmában jó szakemberként és segítőkész közösségi emberként ismerték, és csak kevesen tudtak azokról a sorscsapásokról – kisebbik fia és felesége elvesztéséről –, amelyeket még halálos betegsége előtt el kellett viselnie. Búcsúzzunk tőle.

 Szende György

## Cseh Miklós (1926–2009)



2009. február 24-én elhunyt Cseh Miklós okleveles kohómérnök. 1926. január 7-én született Ostravában (Csehszlovákia). Elemi és középiskolai tanulmányait magyar, cseh és német nyelven végezte, majd a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán tanult, ahol 1953-ban szerzett kohómérnöki diplomát.

Első munkahelyén, a MÁVAG Mozdony- és Gépgyár öntödei minőségellenőrzési osztályán, majd 1954-től a Csepeli Vas- és Acélöntödék kísérleti osztályán kutatómérnökként dolgozott. Főként az öntöttvas metallurgiájával és a gömbgrafitos öntöttvas gyártásával foglalkozott.

1965-ben belépett a Gépipari Technológiai Intézetben alakult Öntészeti Szabványosítási Központba, ahol szabványszerkesztési munkát végzett, később az intézet hőkezelési osztályának a vezetője lett.

1977-79-ben Etiópiában, Addis Abebában, a National Metal Works-nél tanácsadóként dolgozott, majd visszatért a GTI-be, ahol tudomá-

nyos főmunkatárs volt 1985-ig. Ezt követően féléves UNIDO szakértői munka következett Tanzánia vasöntödéiben, majd ismét a korábbi etiópiai cégnél helyezkedett el öntöde, kovács- és hőkezelő üzem tervezésének, létesítésének és üzembe helyezésének szakértői irányítására, majd a folyamatos termelés beindítására.

1992-ben Budapesten nyugdíjazták, s miután felsőfokú német, angol és cseh nyelvvizsgálóval rendelkezett, ettől kezdve szakfordítóként és tolmácként dolgozott számos vállalatnak és fordítóirodának. Több mint húsz évet külföldön töltött, jelentős aktív nyelvismeretet szerzett. Német és angol szinkrontolmácként is dolgozott. Számos hazai és külföldi konferenciának volt részvevője, szervezője és tolmácsa. 1997-től haláláig a TÜV Rheinland minősítő vállalat állandó műszaki fordítója volt.

Halálával a szakma sokoldalúan képzett, művelt szakemberrel, színes egyéniséggel lett szegényebb.

Szende György

## Dekovics András (1950–2009)



Munkatársai, barátai, ismerősei megdöbbenve hallották a hírt, tragikus hirtelenséggel, 59 éves korában elhunyt Dekovics András okl. kohómérnök.

A Nehézipari Műszaki Egyetemen 1973-ban szerzett kohómérnöki oklevelet. Első munkahelyén, az Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohóban 1983-ig kutató-fejlesztő mérnökként, 1992-ig a vezérigazgató-helyettes műszaki titkáráként, 1994-ig stratégiai marketingvezetőként, majd a stratégiai marketing és vagyonkezelési részleg vezetőjeként dolgozott a formaöntöde privatizációjáig.

1994-ben hathatós segítségével alakult meg, majd tevékeny közreműködésével szinte a semmiből fejlődött jelenlegi szintjére a Le Belier Magyarország Formaöntöde Rt., ahol eleinte beszerzési igazgatóként, később gyárigazgatóként, végül kommunikációs igazgatóként tevékenykedett. Kulcsszerepe, elévülhetetlen érdeme van abban, hogy a magas műszaki színvonalat képviselő öntöde Magyarország egyik vezető járműipari beszállítója lett. Sok-sok ajkai, szolnoki és kiskindai család köszönheti munkáját, megélhetését neki. Egy cikluson keresztül tagja volt a Magyar Öntészeti Szövetség elnökségének, s szerkesztője a Fémkohászat műszaki értelmező szótárnak.

Különleges ember, sokoldalú tehetség volt. Vezetőként is mindenkivel szót értett, mindenkire volt egy-egy jó szava, s nem lehetett hozzá olyan kéréssel fordulni, amelyet, ha módjában állt, ne teljesített volna. Szinte minden dolgozót személyesen ismert, és minden körülmények között kiállt mellettük. Kapcsolataiban mindig az igaz utat választotta.

Rajongásig szerette családját. Mindig büszkeséggel beszélt feleségéről és lányairól, idős édesanyjáról. Követte életük szinte minden rezdülését.

Életében kitüntetett szerepet töltött be a sport. 30 évvel ezelőtt létrehozott egy kispályás labdarúgó csapatot, ő adott neki nevet, játszott benne, menedzselte és vezette egészen haláláig. Tavasztól ősziig nem múlt el úgy hét, hogy ne lett volna ott a pályán, vagy ne biztatta volna őket. Igazi csapatjátékos volt és nagyszerű kapitány, akárcsak az élet más területein.

Személyében egy áldozatkész, önzetlen embert veszítettünk el.

Temetése 2009. június 17-én volt a magyarpolányi temetőben.

Grélinger Gábor–Skobrák Tibor

# III. Fazola-napok

## Miskolc–Újmassa

### 2009. szeptember 18-20.

Miskolc város bányász, kohász és erdész; szakmai, ill. civil szervezetei immáron harmadik alkalommal nyitják ki a Bükk hegység Garadna völgyében, szakmatörténeti emlékhelyünkön, a barátság képzeletbeli kapuját, ahová hívják, várják bányász, kohász és erdész tagtársainkat, hagyományaink művelőit és tisztelőit, családtagjait, barátait.

#### A tervezett program:

##### 2009. szeptember 18. (péntek)

Tudományos konferencia:

**Az anyagmérnökképzés, ill. az anyagtudományi kutatás aktualitásai a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán**

Helye: MAB Székház Miskolc, Erzsébet tér 3.

**A Műszaki Egyetem és a Kohászati Múzeum intézményeit, ill. a műszaki pályákat népszerűsítő programok**

Helye: Miskolc, Erzsébet tér

**Fakultatív program: „Alkotó tűz virágai” – A reneszánsz vasművesség kovácsremekei időszakos kiállítás**

Helye: Felsőháromi Kohászati Múzeum

##### 2008. szeptember 19-20. (szombat-vasárnap)

**Fazola kohász ünnepség**

Helye: Újmassa, a Fazola kohó térsége

Az egész napos programra a vendégeket az erdei kisvonat szállítja.

Közreműködők: a Perecesi Bányász Fúvósenekar, a Műszaki Anyagtudományi, illetve a Műszaki Földtudományi Karok hallgatói.

Program: IX. Fazola nemzetközi díszműkovács-verseny, Fazola-díj átadás, tiszteletbeli kohásszá avatás, látványcsapolás, erdei iskola bemutatkozása, vaskohászati és erdei múzeumok tárlatlátogatása, lovagoltatás (gyerekek részére), krampampuli főzés és kóstolás, bucagyártási bemutató, vízikerekes kovácsolás, fémöntészeti, faművességi bemutatók, éremverés, a föld- és anyagtudományok bemutatkozása, mélyművelésű szénbányászati eszközök kiállítása, műszaki pályák népszerűsítése, népi mesterségek seregszemléje, vetélkedők.

## FELHÍVÁS

Az OMBKE Öntészeti Szakosztálya és a Magyar Öntészeti Szövetség  
**2009. október 11-13-án Tapolcán**, a Pelion Hotelben rendezi meg a  
**XX. magyar öntőnapokat.**

A rendezvény programjában plenáris, tudományos és információs előadások, szakmai és poszterkiállítás, üzemlátogatások (Le Belier Rt., U-Shin Kft., MAL Alu-Fém Divízió) szerepelnek.

A részvételi díjakról és a részvétel további feltételeiről a [www.foundry.mata.vu](http://www.foundry.mata.vu)

Híreink rovatában lehet további információkat megtudni.

Jelentkezési határidő: 2009. augusztus 31.

A szervezőbizottság elérhetőségei: MÖSZ – XX. magyar öntőnapok szervezőbizottsága  
1751 Budapest, Pf. 200/19.  
Tel./fax: (36-1)-420-4812  
E-mail: [foundry@t-online.hu](mailto:foundry@t-online.hu)

## FELHÍVÁS

A Magyar Anyagtudományi Egyesület 2009. október 11-13-án Balatonkenesén, a Telekom Hotelben rendezi meg a VII. Országos Anyagtudományi Konferenciát.

Jelentkezni a [www.oatk.hu](http://www.oatk.hu) honlap Jelentkezés menüpontjában található link segítségével on-line módon lehetséges.

A konferencia titkársága az [oatk@oatk.hu](mailto:oatk@oatk.hu) e-mail címen érhető el.

# Szemelvények kohászatunk múltjából

## Prakfalva (Prakenfalu, szlovákul Prakovce, németül Prakendorf)

A 16. század második felében a szepességi Prakfalva nagyobb részét *Anton Roll* vasgyáros vásárolta meg, aki a környékbeli vasérc feldolgozására kohót építtetett. A 17-19. században a falu és az ipartelep a *Csákyak* családi birtoka volt, kezdetben bérlők irányították, akik nem sokat törődtek vele.

1806-ban ezért a család saját irányítása alá vonta az üzemet, s *Wallner Gusztáv* gyárigazgató irányítása alatt jövedelmezőségét csakhamar megtízszerezte. *Gróf Csáky István* kezdte modernizálni, a vashámorok helyett elsőként 1810-ben megépítteti a feleségéről elnevezett nagyolvasztót, a Ludmilla-kohót, amely több mint 100 évig üzemelt annak ellenére, hogy a környékbeli nagy árvizek többször pusztulással fenyegették az egész ipartelepét. Más adat szerint a kohó 1805-ben épült, 1810-ben a túlhevítés miatt tönkrement boltozatát erősítették meg egyetlen, különleges kialakítású vasöntvényel.

Miután a tulajdonosok férfi tagjai kihaltak, az özvegyek vették kezükbe az igazgatást. Közülük is kiemelkedett Csáky István özvegye, *Lazsánszky Ludmilla*. Ő nevelte fel Wallner mostohafiát, *Rónay Károlyt*, aki 38 éven keresztül állt a gyár élén. Igazgatósága alatt új hengermű, és egy bécsi építész tervei szerint, különleges tetőzetű új vasöntöde épült, ahol a nyersvas nagyobbik részéből gép- és kereskedelmi öntvényt öntöttek. Itt készült 1871-ben a kor egyik legsikerültebb nagyplasztikai alkotása, a branyiszkói csata emlékműve. Rónay volt az is, aki védművet építtetett az árvizek ellen.

A jól kézben tartott prakfalvi üzem a krompachinál ugyan kisebb, de ugyanolyan sokoldalú volt. Szerepe volt ebben a Rónayt követő *Aradi Jánosnak*, aki még a századfordulón is a gyár igazgatója volt. A gyár, vegyes gyártási programjára támaszkodva, minden dekonjunkciót átvészelt, és 1880-ban a nagyolvasztón kívül két kupolókemencét, öt frissítő tűzhelyet, vashámort, két lemezsört és egy drótsort működtetett. Termékei különösen a környékbeli kis feldolgozó üzemekben voltak kedveltek, de szállítottak Galíciába, Sziléziába és a hazai piac nagy részére is. Ebben nem kis szerepet játszott a vasúthálózat rohamos fejlődése, bár ez sokszor gondot is jelentett a konkurenciának felszámított olcsóbb tarifa miatt.

1880-ban, elsők között az országban, elkezdtek a jól önthető tégelyacél gyártását. Ezzel lehetővé vált az igényesebb minőségű szerszám- és ötvözött acélból való öntvénygyártás, amely ezután az egyik meghatározó tevékenységnek számított.

Az üzemben a 19. század végén a kovácsolást még tűzhelyes frissítéssel és pörölyözéssel végezték, mégpedig „szabadalmazott Ajax rugós pörölyökkel”, ahogy azt az OMBKE szepesi osztályának évi rendes közgyűlése alatt szervezett gyárlátogatásról szóló beszámoló írja.

Különlegességként és érdekességként szabadalmazott, szétszedhető, acélvázaz épületek gyártásával is kísérleteztek.

A 19-20. század fordulóján kiváló minőségű acélműi kokillákat és kéregöntvényeket gyártottak. Különleges termékük volt az acélos vasöntvény, amikor 30% acélhulladékot keverték a nyersvashoz. A kovácsolt acél legnagyobb részéből szerszámokat gyártottak, a hengerelt termékekből szeget, különleges tetőfedést, csöveket stb. A nyersvasgyártást nem fejlesztették, az évi 12-20 ezer q nyersvasat ugyan megtermelték, de annak növelésére nem törekedtek.

1907-ben a prakfalvi vasmű részvénytársasággá alakult, nyersvasgyártását megszüntette, és nagyobb mértékben szerszámacél gyártására rendezkedett be. Leányvállalatot is alapított Budapesten, az Erzsébet királyné útján.

Az I. világháború alatt Prakfalván a szerszámacélgyártáshoz szükséges tégelyacélgyártás további lendületet vett, emellett részt vettek haditermékek gyártásában, öntöttvas testű kézi- és puskagránátokat gyártottak a monarchia hadserege számára.

Különleges és megbízható minőségű termékeivel a Gróf Csáky László prakfalvi vas- és acélgyár Rt. a 19. század meghatározó kohászati középüzeme volt a Felvidéken.

L.K.

(Forrás: Rónay Á.: *A szepesség és székelyföld középvásipara. A Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye. XXXIV. kötet II. füzet; Prakfalvi vas- és acélgyár. Jó szerencsét. II. évf. 1909. 50. és 51. szám; www.wikipedia.org; www.huszadikszazad.hu; Rempert Z.: Magyarország vasgyártása a dualizmus korában. Bp. 2005.; Kovács L.: Magyarország vas- és acélöntészete az első világháború előtt. BKL Öntöde, 41. évf. 1990. 12. sz.)*



Képeslap Prakfalváról