

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

# Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Anyagtudomány

Felsőoktatás

Hírmondó

144. évfolyam

2011/3. szám



Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

## Vaskohászat

- 1 Lukács Péter:** A CO<sub>2</sub>-kibocsátáscsökkentés árnyoldalai
- 6 Harcsik Béla:** Szekvensöntésvégi merülőcsöveken lerakódó tapadványok vizsgálatának tanulságai

## Öntészet

- 13 Májlinger Kornél – Szabó Péter János:** Lemezgrafitos öntöttvas kezelése Yb-szállézerrel
- 19 Bán Attila:** Az ágyúgyártás különös nehézségei Háromszéken 1848-49-ben

## Fémkohászat

- 29 Rimaszéki Gergő – Kulcsár Tibor – Kékesi Tamás:** Forrasztási ónhulladék hasznosítása sósavas oldatok alkalmazásával
- 34 Stefan Luidold – Helmut Antrekowitsch:** Vörösiszap – veszélyes hulladék vagy értékes nyersanyag?
- 39 Horváth Csaba:** Volt egyszer egy Csepeli Fémmű...

## Anyagtudomány

- 47 Mende Tamás – Roósz András:** Egyensúlyi fázisdiagramok nonvariáns pontjainak nagy pontosságú számítása ESTPHAD módszerrel
- 51 Kun Péter – Orbulov Imre N.:** AlCu<sub>5</sub> és AlMgSi<sub>1</sub> mátrixú szintaktikus fémhabok előállítása és vizsgálata

## Felsőoktatás

- 56 Török Tamás:** Bemutatkozik a Metallurgiai és Öntészeti Intézet

## Hírmondó

- 60 Szabylár Péter:** Interjú Czimer Istvánnal
- 63 Emlékeztető az OMBKE választmányi üléséről**
- 65 Köszöntések, nekrológok**

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

**Péter Lukács: Drawbacks of reducing the emission of CO<sub>2</sub> ... .. 1**  
The European Union intends to perform a pioneer role in climate protection including the reduction of CO<sub>2</sub>-emission. For this aim, energy intensive industries – including the ferrous metallurgy – are bound to spare energy and reduce emissions with considerable costs. In the beginning of 2010 a bill, even much sterner than the EU requirements, was brought into the Hungarian Parliament, but the representatives of the industry succeeded in preventing its passage. The costs of its introduction would have caused considerable deterioration of the country's competitiveness.

**Béla Harcsik: Lessons from examining deposits in submerged entry nozzles formed in the end of continuous casting sequences ... .. 6**  
Formation of deposits inside the submerged entry nozzles used in continuous casting of especially low-silicon Al-killed mild steels may often cause nozzle clogging and casting disorder. Technological experience has shown that the application of Ca-treatment before casting usually eliminates this phenomenon. In order to understand deposit formation and the way it can be avoided, we have carried out detailed mineralogical analyses of the deposits formed on the inner and outer surfaces of the nozzles by different techniques.

**Kornél Májlinger – Péter János Szabó: Treatment of grey cast iron with Yb-fiberlaser ... .. 13**  
The environmental and pollution materials emission standards in Europe are tightening. In order to meet the standards, a European automotive manufacturer performs a finishing laser treatment on the honed cast iron cylinder bores of their engine blocks. Samples of laser treated cast iron cylinder bores with lamellar graphite were investigated, with focused ion beam electron microscope and nanoindenter hardness tester. The samples were treated with Yb-fiberlaser source. The surface layer was molten and found ultra fine grained.

**Attila Bán: Special difficulties of gun production in Háromszék, 1848-1849 ... 19**  
An august episode of the fight for freedom was the heroic fight of Háromszék having chosen the armed self-defence against overpowering enemy. The Székely (Magyar of Eastern Transylvania) „gun hero” Áron Gábor was a defining figure, a symbol of resistance. The will, knowledge, patriotism and audacity with which he created a defence industry from nothing, trained artillerymen, fought and finally sacrificed his life for his country, cannot be overprized. This article presents the technological design and production method that allowed to arm the Háromszék with Áron Gábor's famous brass guns.

**Gergő Rimaszéki – Tibor Kulcsár – Tamás Kékesi: Recycling of Soldering Tin Scrap by the Application of Hydrochloric Acid Solutions ... .. 29**  
A large quantity of lead-free tin scrap is gene-

rated in the domestic electronic industry, which does not serve the economy of the producer to its full potential. The mass of the impure scrap can be reduced by physical means, but the elimination of dissolved impurities can only be achieved by chemical metallurgical processing. Decopperization by pyrometallurgical techniques cannot be efficient. By the development of a hydrometallurgical process, suitable for smaller scale operation, the material could be recycled at or near the producing sites. Electrorefining in simple hydrochloric acid solutions may be a suitable choice if the stability of the solution can be assured. Thermodynamic computations and laboratory investigations have shown the conditions of the Sn(II)-Sn(IV) transformation and precipitation, providing the basis for devising such a process.

**Dipl.-Ing. Dr. Mont. Stefan Luidold – Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Mont. Helmut Antrekowitsch: Red mud – hazardous waste or valuable raw material? ... .. 34**  
Red mud is a solid by-product of bauxite processing via the Bayer process and consists mainly of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub> and TiO<sub>2</sub>. Minor or trace elements in this material can be K, Cr, V, Ni, Ba, Cu, Mn, Pb, Zn, Zr, Y, Sc, Ga etc. and even the radioactive U and Th. Currently, about 90 million tonnes of this highly alkaline waste material with pH 10-12.5 are globally produced. This review is mainly focused on the potential of red mud as raw material for the production of different metals, such as iron and titanium as well as different special metals.

**Tamás Mende – András Roósz: High precision calculation of nonvariant points of equilibrium phase diagrams with ESTPHAD method ... .. 47**  
In the equilibrium phase diagrams some phase transformations are carried out at a well-determinable temperature, which temperature values are well-measurable, so it is necessary to calculate these temperatures with a high precision. We defined new parameters into the ESTPHAD equation for the high precision calculation of the nonvariant points. We compared the calculation accuracy to the used data from literature, so we mean the high precision calculation of the nonvariant points as a function of the precision of the used data.

**Péter Kun – Imre Norbert Orbulov: Production and investigation of AlCu<sub>5</sub> and AlMgSi<sub>1</sub> matrix syntactic foam ... .. 51**  
AlCu<sub>5</sub> and AlMgSi<sub>1</sub> matrix syntactic foams containing two different size ceramic microballoons were produced by pressure infiltration technique. The fabricated and heat treated metal matrix syntactic foams were investigated by quasi-static upsetting tests. The results showed that the type of microballoons (SL150 or SL300) has moderate effect on the mechanical properties. The T6 treated specimens showed somewhat higher compressive strength, but less than expected. Therefore the heat treatment of the metal matrix syntactic foams can be economical in the case of optimized parameters only.

LUKÁCS PÉTER

## A CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentés árnyoldalai\*

**Az Európai Unió úttörő szerepet kíván vállalni a klímavédelemben, ennek kapcsán a CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentésében. Ennek érdekében az energiainfrazár ágazatokat – így a vaskohászatot is – olyan energiatakarékosságra és emissziócsökkentésre kötelezik, amelyek teljesítése jelentős költségekkel jár. A magyar parlament elé 2010 elején az EU elvárásoknál is sokkal szigorúbb törvénytervezet került, aminek elfogadását az ipar képviselőinek sikerült megakadályozni. Bevezetésének költségei jelentősen rontották volna az ország versenyképességét.**

Az Európai Unió az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése érdekében komoly önkorlátozásokat fontolgat, és példát akar mutatni a világnak akkor is, ha abba az ipara, illetve a gazdaságának egy része belerokkanhat. A politikailag divatos és elvárt zöld szemellenző eltakar számos olyan fontos gazdasági és társadalmi következményt, ami ebből a sajátos „prófétai”, de nagyon lokális vállalásból fakadhat.

Az újságokban és egyéb médiákban számtalan cikket, riportot találhatunk arról, hogy milyen fontos és elkerülhetetlen az egész emberiség számára a CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentése. Ebben a cikkben, kicsit az ördög ügyvédjeként, olyan kérdéseket vetek fel, illetve olyan adatokat mutatok meg, amelyek, remélem, elgondolkodtatják az olvasókat a fenti egyoldalú szemlélet lehetséges következményeit illetően. Sajnos azt is látni fogjuk, hogy ezek a hatások nem valami tőlünk igen távol eső események, hanem személy szerint is valamennyiünknek húsba vágó problémái lesznek, ha nem sikerül a helyén kezelni, és eltűlozzuk a CO<sub>2</sub>-kibocsátás kérdését.

### Alapkérdések

A CO<sub>2</sub>-kibocsátás és a hozzá kapcsolódó éghajlatváltozás valóban létező probléma, a kérdés csak az, hogy valóban akkora gond-e, mint amekkorának a fejlett világ beállítja. Vagyis tényleg tudományosan igazolható-e a folyamatos átlaghőmérséklet-növekedés, vagy csak nem kellően megalapozott spekulációról van szó. A tudomány tényeken alapul, és számomra nem elég hiteles egy olyan modell, amely néhány száz év meteorológiai adatai alapján próbál egy több millió éves földtörténetben trendekre következtetni, mondván, hogy a változásokat az emberi tevékenység okozza. Ugyanakkor pontosan tudjuk azt is, hogy az ember megjelenése előtt is történtek jelentős éghajlatváltozások (lehűlés és felmelegedés egyaránt, elég, ha csak a jégkorszakokra gondolunk). Az ember a növekvő iparával, közlekedésével biztosan egyre nagyobb hatást gyakorol a környezetre, de ennek a felmelegedésre vonatkozó mértékét, véleményem szerint, a ma rendelkezésre álló csekély adat és számos egyéb, ma még ismeretlen hatás miatt, csak nagyon bizonytalanul tudjuk becsülni. Az első kérdés

tehát: biztosan éghajlatváltozás van, s ha igen, akkor biztosan olyan gyors ütemű, mint egyes tudósok állítják?

A Földön minden régióknak megvan a sajátos gondjai a terület fejlettségétől függően. Míg nálunk az átlagember a benzinár és a környezetszennyezés miatt panaszkodik, addig Afrikában az emberek az éhínséggel és a növekvő vízhiánnyal küzdenek. Mindenki számára a saját problémája a legnagyobb, így nem csoda, hogy a gazdagabb országok a rendelkezésükre álló erőforrásokból a legjelentősebb részt a saját vélt problémájuk, mint pl. a CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentésére kívánják fordítani. A fajlagos CO<sub>2</sub>-kibocsátás jelentősen nő a növekvő energiafelhasználással, azaz az egyes emberek egyre kényelmesebb életével, ugyanakkor nagyon jelentős az egyszerű földművelésből és állattenyésztésből származó kibocsátás is. Később megvizsgáljuk az egyes országok, területek kibocsátásait, és látható lesz, hogy messze nem Európáé a legnagyobb, „mi” mégis úgy érezzük, ez a legégetőbb gondunk. A fentiek alapján megfogalmazódnak a következő fontos alapkérdések: biztosan az éghajlatváltozás ma az emberiség legnagyobb problémája, amire dollár ezermilliárdokat kell költeni? Nem inkább az éhínség, vagy a növekvő vízhiány?

Bjorn Lomborg, a világszerte ismert svéd tudós a fenti kérdések vizsgálatára intézetet alapított, ahol azt kutatják, hogy melyek az emberiség aktuális nagy problémái, és milyen prioritások mentén mekkora erőforrásokat kell, illetve érdemes a megoldásukra fordítani, hogy optimalizálni lehessen

**Dr. Lukács Péter** okl. villamosmérnök. 2009-ben közgazdasági PhD fokozatot szerzett a Newport International University-n. Jelenleg a Dunaferri Zrt. stratégiai műszaki vezérigazgató-helyettese. Több fontos kutatási és oktatási kuratórium elnöke, és elnöke a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülésnek is.

\* A cikk korábban a Dunaferri Műszaki Gazdasági Közleményekben jelent meg.

azt a kevés forrást, ami rendelkezésre áll. Az ő kutatásaik szerint az éghajlatváltozásra fordított összegek messze nincsenek arányban az elérhető eredményekkel, és az éghajlatváltozásnál egyébként is sokkal fontosabbnak, az emberiségre nagyobb hatást gyakorlónak tartják egyes világszerte elterjedt betegségek gyógymódjának vagy az éhínségnek a megoldását.

De miután elgondolkodtunk a fentiekben, lépünk túl az éghajlatváltozással kapcsolatos szkeptikus kérdéseken, és tételezzük fel, hogy valóban létezik, és komolyan fenyeget bennünket. Vajon jó irányban keressük-e a megoldásokat, és kellően átfogón és „holisztikusnak” gondolkodunk-e?

Több tényező is azt mutatja, hogy sajnos nem. A fejlett világ a maga eszközeivel próbál operálni, és komoly üzletet csinált az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséből. A megoldás motivációs erejét nem tagadva, látható, hogy áttekinthetlensége és bonyolultsága miatt egyre több botrány kíséri a kialakított kvótarendszert (CER egységek többszörös eladása, kvótaszámlák megcsapolása).

De nem csak az a gond, hogy ismét pénzt akarunk csinálni a bajból, hanem az is, hogy megint csak a saját

gondjainkkal foglalkozunk, és nem érdekel bennünket mások sokkal nagyobb problémája. Mi a CO<sub>2</sub>-kibocsátáscsökkentés egyik fontos útjának az alternatív energiák arányának növelését, azon belül is az újrahasznosítható biomassa, bioetanol felhasználásának növelését tartjuk, nem törődve azzal, hogy ezek termelése jelentős földterületeket von el az élelmiszertermeléstől. Míg a Földön milliók éheznek, és egyre nagyobb kincs az élelmiszer-termelésre alkalmas föld, addig a fejlett világ ezeken a területeken energianövényeket akar termelni. Egy akkora területen, amely egy ember egész éves eltartására elegendő élelmiszer termeléséhez szükséges, annyi bioetanol hordozó növény takarítható be, amennyi egy terepjáró 100 km-es útjához elegendő! Ez számomra etikailag teljességgel elfogadhatatlan, és rámutat a fejlett világ önzésére.

A legnagyobb probléma azonban mégis talán az, hogy a világban nincs megegyezés a megoldások mikéntjéről. A fejletlen országok vezetői, kapva a fejlett világ által bevezetett üzleti megközelítésem, különböző jogcímenek pénzt követelnek a fejlett régióktól, míg a legnagyobb kibocsátók nem

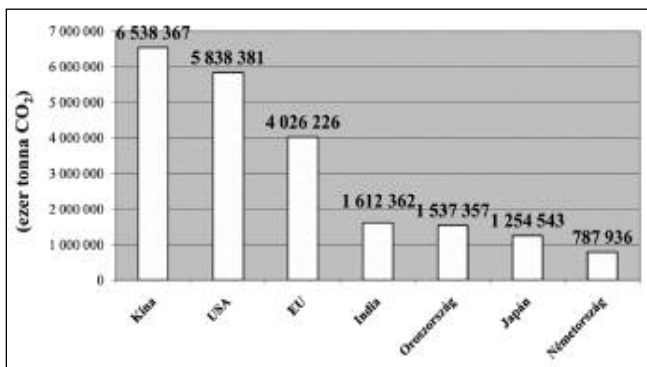
akarnak közös megoldást. Pedig egy dolog biztos: csak globális lehet a megoldás! A CO<sub>2</sub> nem áll meg a határokna! Ha valamelyik terület, mint pl. Európa önkorlátozásba kezd, egyáltalán nem biztos, hogy globálisan csökkenni fog a CO<sub>2</sub>-kibocsátás, hiszen az ellehetetlenített ipari vállalkozások olyan országokba fognak menekülni, ahol nincsenek CO<sub>2</sub>-korlátozások. És még az is meglehet, hogy így a világ környezetterhelése még nőni is fog, mert ezekben az országokban a környezetvédelmi előírások lényegesen megengedőbbek, mint ma Európában. Közben persze Európa munkahelyeket és gazdasági növekedést veszít...

### Nemzetközi adatok

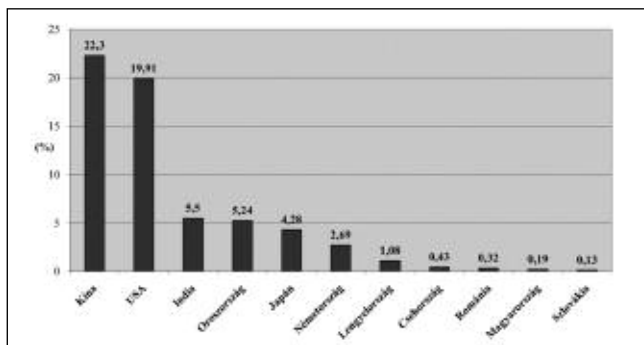
Nézzük meg, mit mutatnak a nemzetközi adatok! (1–2. ábra).

Az EU országai 2007-ben összesen 4 026 millió t CO<sub>2</sub>-ot bocsátottak ki, és ezzel csak a harmadik legnagyobb kibocsátó olyan országok mögött, akik semmilyen közös kötelezettséget sem vállaltak CO<sub>2</sub> ügyekben.

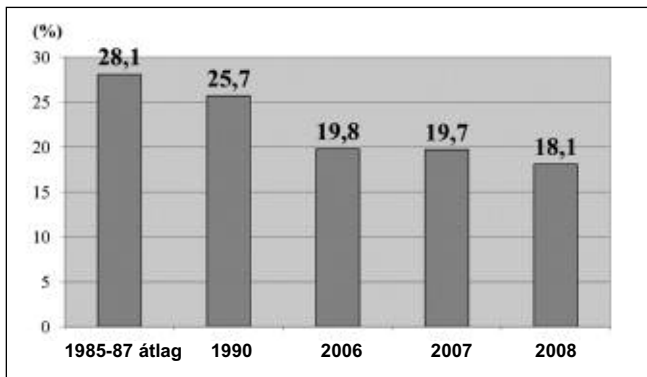
Magyarország az 54. helyen áll (54,672 millió t CO<sub>2</sub>/2007, ÜHG 76 millió t/2007), és lelkesen támogatja



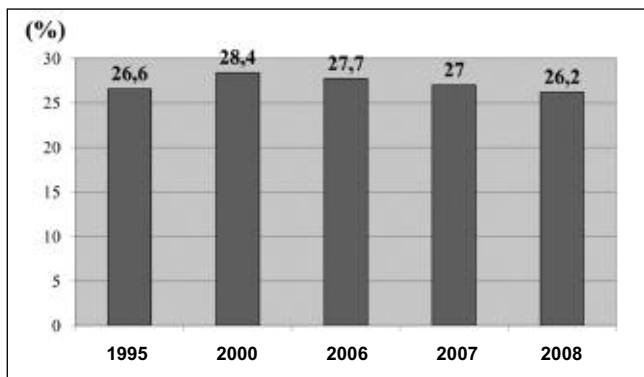
■ 1. ábra. A legnagyobb CO<sub>2</sub>-kibocsátók a világon 2007-ben



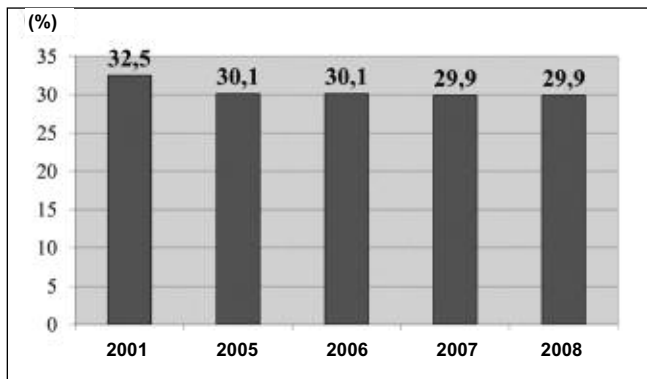
■ 2. ábra. Egyes országok részesedése a világ CO<sub>2</sub>-kibocsátásából



■ 3. ábra. Az ipar részesedése a teljes ÜHG-kibocsátásból



■ 4. ábra. Az ipar részesedése a GDP-ből



■ 5. ábra. Az ipar részaránya a foglalkoztatásban

az EU önkorlátozó elképzeléseit, mit sem törődve azzal, hogy az milyen hatással lehet a rendszerváltozás óta amúgy is jelentősen leépült iparára.

Ezen önkorlátozó politika keretében került kidolgozásra a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács által az Éghajlatvédelmi kerettörvény 2010 elején.

Fő célkitűzései:

- 2020-ra 40%-os CO<sub>2</sub>-kibocsátás-csökkentés
- 2050-re 80%-os CO<sub>2</sub>-kibocsátás-csökkentés

Közben fontos megemlítenem, hogy az EU egyébként szintén nagyon „bevállalós” klíma-energia csomagja 2020-ra csak 30%-os csökkentést ír elő, ha más fejlett államok is ezzel összemérhető vállalást tesznek.

Az éghajlatvédelmi kerettörvényt a zöld mozgalmak folyamatosan méltatták a sajtóban, és közben támadták az ipari lobbikat, amely el akarja lehetetleníteni a törvény elfogadását. A következőkben megmutatom a törvénytervezetet mind az ipar, mind pedig a lakosság szemszögéből olyan adatok tükrében, ahogy azt korábban a sajtóban nem lehetett látni.

### Éghajlatvédelmi kerettörvény az ipar szemszögéből

Ha röviden kellene összefoglalni a kerettörvény ipari hatásait, akkor az alábbi pontokba szedhetők a problémák:

- Szigorúbb előírás lenne, mint amit a Legjobb Elérhető Technológiák (BAT) szerinti teljesítményekkel el lehet érn.
- Az energaintenzív iparágak kibocsátáscsökkentési potenciálja alacsony (BAT), hiszen a technológiafejlesztésben már nincsenek tartalékok.
- Az EU ETS-nél is szigorúbb keretet szabna a működésre, hiszen már

2020-ban 10%-kal kellene túlszámálnunk az EU által vállalt értéket itthon.

- A fentiekből látható, hogy a célkitűzések betartását csak a termelés csökkentésével lehetne biztosítani.
- A másik lehetőség a termelés-csökkentés mellett az adott iparág kitelepülése az országból, vagyis az ún. „szénzivárgás” kockázata jelentősen megnőne az energaintenzív iparágaknál.

Most nézzük meg a fentieket a számok tükrében is (3–5. ábra)!

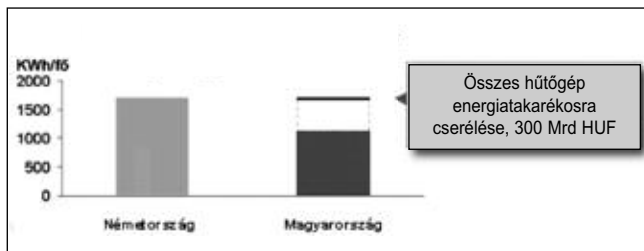
A hazai ipar kibocsátása folyamatosan csökken, és csak a töredékét adja a teljes ÜHG-kibocsátásnak (20%-ot sem ér el), hiszen az elmúlt évtizedekben gyárak mentek tönkre, a meglévők pedig fejlesztették technológiájukat.

Az ipar a kibocsátásban képviselt részarányánál jóval nagyobb súlyt képvisel a bruttó hazai termékben, vagyis ha a kibocsátáscsökkentés oldalán feláldozzuk iparunkat, akkor adott kibocsátáscsökkentéshez lényegesen nagyobb GDP-csökkenés fog társulni.

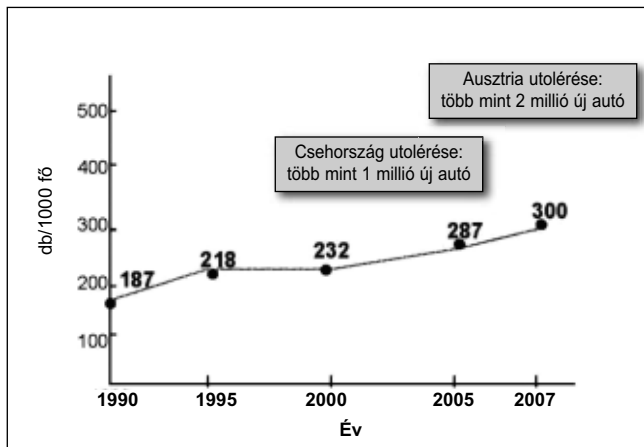
De nemcsak a GDP csökkenése lenne aránytalanul nagy a termelés csökkentése mentén, hanem mivel az ipar közel 30%-os foglalkoztató, a létszámleépítés is komolyan sújthatná a gazdaságot.

**Éghajlatvédelmi kerettörvény a lakosság szemszögéből**

Egy későbbi táblázatból (3. táblázat)



■ 6. ábra. A lakosság egy főre jutó villamosenergia-fogyasztása 2007-ben



■ 7. ábra. A személygépkocsi-állomány növekedése hazánkban

majd látható lesz, hogy az iparral összemérhető a lakosság és a közlekedés CO<sub>2</sub>-kibocsátása. A törvény előkészítői ugyanakkor nem számoltak azzal, hogy az életszínvonal növekedésével a lakosság energiafelhasználása, így várható kibocsátása is növekedni fog, vagy jelentős összeg kell a kisebb fogyasztású eszközök beszerzésére (6. ábra).

Magyarország személygépkocsi-állománya jelenleg messze az EU átlaga alatt van (7. ábra), tehát itt is jelentős kibocsátásnövekedési potenciál van, ahogy az autók száma növekedni fog.

Eddig csak trendeket mutattam, amelyek azt sugallják, hogy a lakosság és a közlekedés kibocsátása az abszolút számok növekedése miatt várhatóan növekedni fog. Most végezzünk el egy modellszámítást (1. táblázat), amely azt hivatott megbecsülni, hogy mennyi pénzre lenne szükség ahhoz, hogy a fenti trendek ellenére mégis elérhessük a törvényben megadott áhított célt.

Cél: ÜHG-kibocsátás < 60 millió tonna – szükséges lépések

A várható költség 8800 Mrd Ft, és ebből közel 6200 Mrd Ft (a GDP kb. 24%-a) az épülethatékonyság javítása lenne. Ez pedig a házak, lakások aktu-

1. táblázat. Az ÜHG-csökkentés várható költsége

	ÜHG-csökkentés mértéke (millió tonna CO <sub>2</sub> eé)	Várható költség (Mrd HUF)
<b>Paksi atomerőmű bővítés</b> (1 db 1000 MW-os blokk, 600 MW-os energiatároló)	7,7	1 000
<b>További 5 TWh megújuló villamos energia</b> (13%-os EU célkitűzés teljesítése)	2,6	1 300
<b>10%-os bioüzemanyag bekeverés</b> (EU célkitűzés teljesítése)	0,4	300
<b>Épületek energiahatékonyság-javítása</b>	5,3	6 200
<b>Összesen:</b>	<b>16</b>	<b>8 800</b>

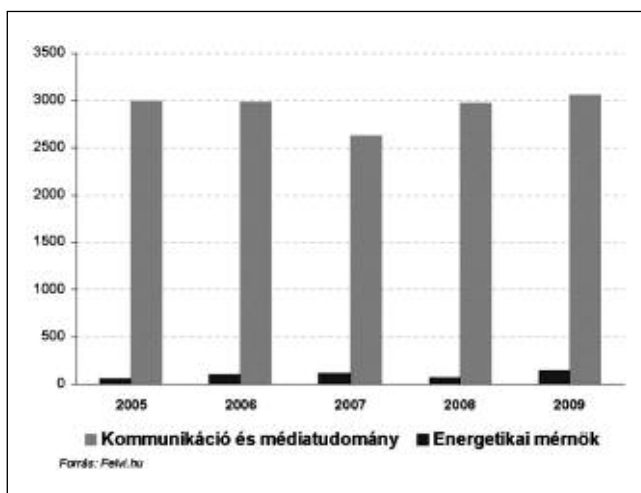
ális állapota alapján a 8. ábrán látható módon állna össze.

Természetesen kalkulálnunk kell várható bevételekkel is, hiszen a felújítások munkahelyet teremtenek. Sajnos csak kb. 3000 Mrd Ft bevétel várható (2. táblázat), így a program beteljesítéséhez valahonnan találni kellene mintegy 6000 Mrd Ft-ot a következő 10 évben! De tegyük fel, hogy felpörög a gazdaság, és az adófizető polgárok befizetéseiből sikerül

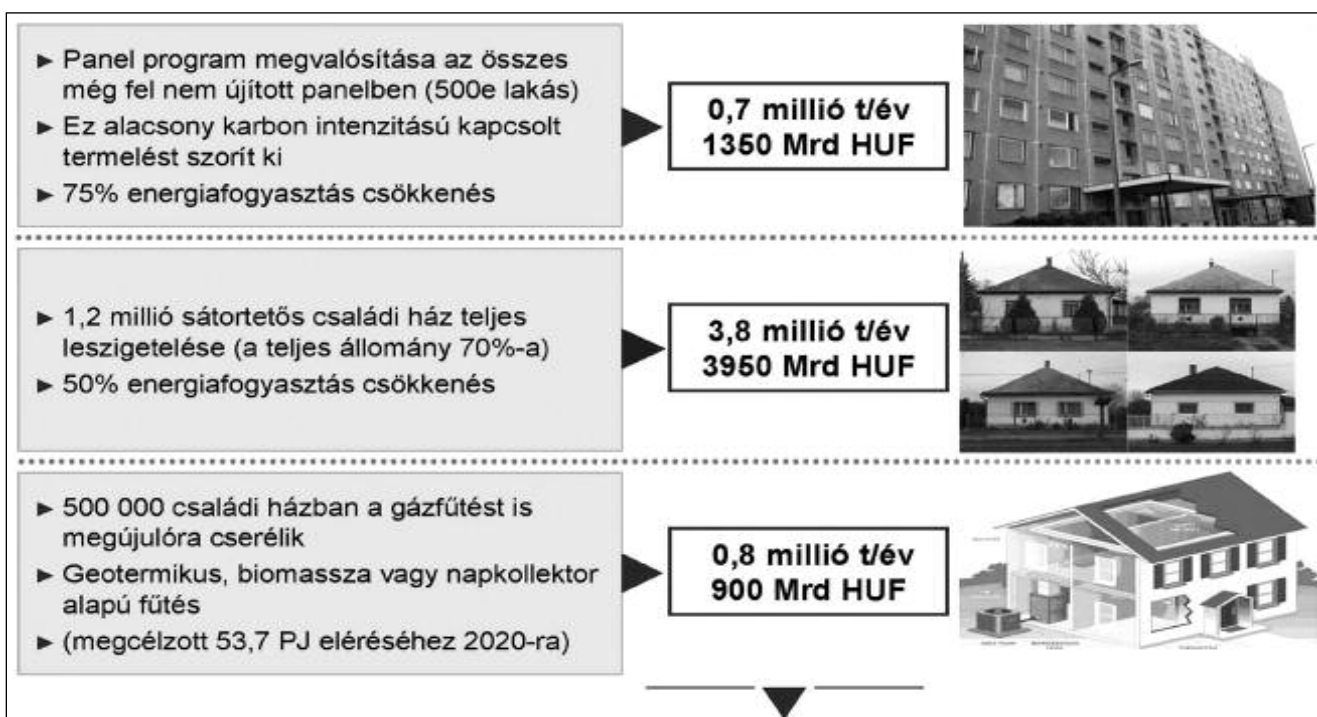
megteremteni a programhoz szükséges forrást (EU-s forrás már csak 2000 Mrd Ft van), s akkor jön a következő probléma: jelenleg Magyarországon hiányzik a jól képzett munkakerő (9. ábra), aki

2. táblázat. Az átalakítás során keletkező bevételek

	Várható bevétel (Mrd HUF)
<b>Addicionális AAU kvótaeladások</b> 30 EUR átlagos kvótaárát feltételezve 2012-től	260
<b>Munkahelyteremtés</b> 70 000 új munkahely, 150 000 HUF adó-bevétel munkahelyenként	1 030
<b>Gázimportcsökkenés</b> 400 USD/1000 m <sup>3</sup> -rel számolva 2011-től	1 530
<b>Olajimport-csökkenés</b> 90 USD/hordó feletti átlagos olajárral számolva	125
<b>Összesen:</b>	<b>2 945</b>



9. ábra. Az adott évben felvett egyetemi és főiskolai hallgatók száma kommunikáció és energetikai mérnök szakra



8. ábra. Az épületek hatékonyságjavításának várható költsége

**3. táblázat.** Az ipar, a lakosság és a közlekedés CO<sub>2</sub>-kibocsátása

Szektor	2007 CO <sub>2</sub> ekv. millió t	2050 Csökkentés %	2050 CO <sub>2</sub> ekv. millió t	Magyarázat
Erőművek	18 396	80	3 679	CCS + technikai potenciál a kibocsátáscsökkentésre 95%-ot meghaladó
Ipar – energiafogyasztás	10 081	15	8 569	CCS a nagyobb kibocsátóknál? + emiatti energiaigény növekedése + megújulókra átállás + olajfinomítás megszűnik?
Ipar – technológia	5 395	60	2 180	CCS a nagyobb kibocsátóknál: cement-, mész-, vasipar, mészkőfelhasználás az erőművekben, tejszínhabpatron megszüntetése, marad az altatógáz, hűtő- és klímaberendezésekben CO <sub>2</sub> , többi F-gáz felhasználása marad, meglévő direkt égetés részben elektromos
Közlekedés — közúti	12 641	95	632	Megújuló, elektromos autók, üzemanyagcellás autók
Közlekedés – vasút, hajózás	194	100	0	
Mezőgazdaság – energiafogyasztás	1 097	95	55	Épületek passzívva alakítása, gépek főleg megújuló energia felhasználásával
Mezőgazdaság – technológia	9 477	17	7 880	Sertésállomány -40%, műtrágya-felhasználásból eredő kibocsátás felezése
Lakosság – energiafogyasztás	8 450	95	422	Átlagos épület minimum passzív házzá alakítva (esetként 0 kibocsátásúvá) – 45% hatásfok-növekedés, tüzelés 90%-a villamos
Hulladék	4 136	95	207	Égetésnél CCS, lerakóknál metánvisszanyerés, ami energiatermelésre fordítódik, hasonlóképp a szennyvízkezelésben
Egyéb fogyasztók — energiafelhasználás	3 913	95	196	Átlagos épület minimum passzív épületté alakítva (esetként 0 kibocsátásúvá) – főképp épületekhez kapcsolódó kibocsátások
Energia-technológia (fugitív)	2 165	95	108	Hazai kőolaj- és földgáztermelés megszűnik az ezzel kapcsolatos kibocsátásokkal, föld alatti gáztárolásra nem lesz szükség, maradó: lignitbányászat kb. 0 kibocsátással, gázhálózat szivárgása megszűnik a lakossági felhasználás hiányában

a programot végig tudná vinni.

A fentiekből jól látszik, hogy akár-honnan közelítjük a célok megvalósíthatóságát, folyamatosan kézzelfogható korlátokba ütközünk, amiket nem lehetne figyelmen kívül hagyni felelős gondolkodás mentén, és az is jól látszik, hogy a program megvalósítása milyen komoly áldozatokat követelne a lakosságtól is, ha az egyelőre nincs még tudatában ennek!

Végezetül álljon itt egy lehetséges elvárás a 2050-es kibocsátási célt illetően, szektorokra bontva (3. táblázat). A táblázat tartalmazza az egyes szektorok 2007-es kibocsátási mennyiségeit és az elvárt csökkentést

2050-re. Ennek a célnak a költségeit még becsülni sem merem, mert olyan technológiák hétköznapi használatát feltételezi, melyek ma még igencsak gyerekcipőben járnak, így az is kétséges, hogy addig tényleg megvalósulnak-e (mindenkinek elektromos autó, és 0 kibocsátású passzív ház).

Ki-ki maga eldöntheti, mennyire reálisak az itt lefektetett elképzelések.

Véleményem szerint tervezni és álmodni kell, de az álmokat nem szabad összekeverni egy szigorú törvény előírásaival, amit azután képtenség lesz betartani...

**Epilógus**

A választások miatt az éghajlatvédelmi törvényt szerencsére még nem fogadták el, és valószínűleg eredeti formájában nem is fog többet a parlament elé kerülni. A cikkben azért remélem sikerült rávilágítanom, hogy bármikor és bármilyen formában is fogják a törvényt újra tárgyalni, az nem csak az ipart és a gazdaságot, hanem az egyes állampolgárokat is húsba vágóan érintheti, ezért célszerű mindenkinek odafigyelni rá.

# Szekvensöntésvégi merülőcsöveken lerakódó tapadványok vizsgálatának tanulságai

*A kagylószűkülés (nozzle clogging) a folyamatos öntés velejárója. Az üstmetallurgia fejlődése a nagyobb tisztaság elérhetőségét is célozza, s ezzel lehetőségeink a kagylószűkülés kiküszöbölésére is adottak, de olyan üzemben (és ilyen üzem pl. a Dunafer is), ahol az üstmetallurgiai beavatkozások sorában a hőmérsékletpótlás, mint lehetőség nem adott, számos kompromisszum árán is csupán részsikerek érhetők el.*

*Jelen tanulmány azt vizsgálja, hogy a szűkülésekre utaló hajlam milyen lerakódásokra vezethető vissza. Vizsgálja a szűkülésekkel befejeződő szekvensnél a beszűkült kagylók belső felületeiről lekaparható anyagok ásványtani szerkezetét, továbbá az adagról adagra történő lerakódásokból összeálló tapadványok szerkezetét, összetételét a tapadvány keresztmetszetében. A cikk a tapadványvizsgálat módjáról, eredményeiről számol be, majd rögzíti a vizsgálatokból levonható tanulságokat.*

## 1. Célkitűzés

K. G. Rackers és B. G. Thomas szerint (Thomas professzor talán az utóbbi évtizedben az, aki a leginkább foglalkozott a kagylószűkülés vizsgálatával, publikációinak tucatjai foglalkoznak e témakörrel) [1] el kell fogadnunk, hogy a szűkülés (szélső esetben eltömődés) okozója lehet dezoxidációs termék, megszilárdult acélkéreg, valamilyen komplexszé fejlődött exoterm vagy endoterm zárvány, avagy reoxidációs folyamatként létrejövő endoterm zárványtermék. Bármelyik is legyen az oka, a szűkülés csökkenti a termelékenységet (az öntés lassulásán kívül a beavatkozás időszükséglete is növeli az öntési időtartamot), költségesebbé teszi a gyártást (gyakoribbá válik a karbantartási feladat, az eszközcsere), s számottevően ronthatja a minőséget.

A Dunaferben egy team ma is széleskörűen keresi a kagylószűkü-

lés csökkenthetőségének technológiai megoldásait [2]. Nyilván a kiindulópont az kell, hogy legyen, hogy mi okozza a Dunafer körülményei között a lerakódásokat, milyen tapadványok létrejöttét kell gyártástechnológiai paraméterek megváltoztatásával megakadályoznunk. Ehhez ugyan igen sok ismeretet kaphatunk a szakirodalomból is, de nem kerülhetjük meg, hogy a kagylószűkülést, mint egy öntési rendellenesség elkerülését az adott helyen létrejövő tapadványok szerkezetének, összetételének vizsgálatával kezdjük meg.

A közelmúltban indított kutatómunka keretében az ISD Dunafer Zrt. megbízásából egyetemi és dunai városi szakemberek együtt keresik a kagylószűkülések elhárításának lehetőségeit. A munka során számos gyártástechnológiai paraméter egyidejű ellenőrzése mellett két kísérletsorozatot vé-

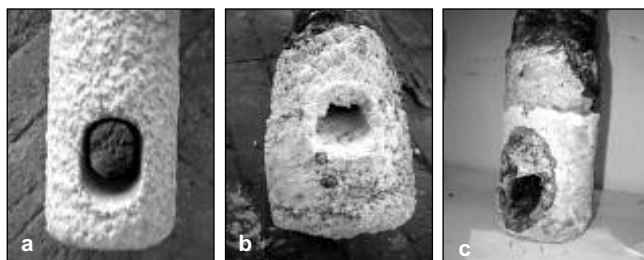
geztünk el tapadványvizsgálat céljából [3]. Az 54, illetve 46 adagból álló sorozat során úgy gyártottunk szilíciumszegény, alumíniummal dezoxidált acélt, hogy az egyik sorozatban csupán alumíniumos dezoxidáció történt, míg a másik sorozatban az alumíniumos dezoxidáció végén kalciumos kezelésre is sor került. Nyilván az előbbi esetben a dezoxidáció eredményeképp az endogén zárványok nagy része alumíniumoxid-típusú zárvány, míg utóbbi esetben kalciumbázisú(tartalmú)-aluminát. Kérdés: **az alumíniumos dezoxidáció eredményeképpen mi jelenik meg a kagylószűküléshez vezető** (ezúttal a merülőcsövekben jelentkező) **tapadványban, s mi ehhez képest a kalcium hatása?**

## 2. A tapadványvizsgálat módja

A tapadványvizsgálat a két kísérletsorozat első 3-3 szekvensének a végén kiemelt merülőcsövek vizsgálatán alapul, mindkét kísérletsorozatban azonos merülőcsövet (1a ábra) és azonos öntőport használtunk.

A kalciummentes, csak alumíniummal történő dezoxidáció (1b ábra) esetén jelentős kirakódást tapasztaltunk, míg a kalciumos kezelés esetében egyik szekvens öntésnél sem számottevő a merülőcső külsején a kirakódás (1c ábra).

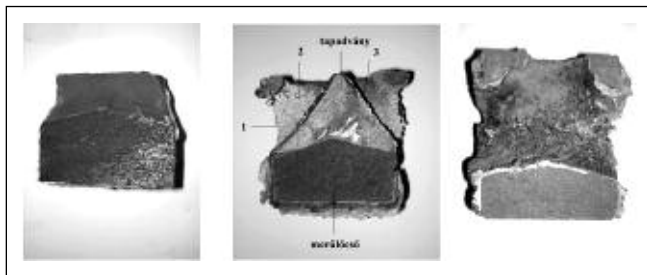
Az első sorozatnál (1b) számottevő mennyiségű porszerű anyagot találtunk, míg a második esetben



■ 1. ábra. Al-mal dezoxidált szilíciumszegény, alumíniummal csillapított acél öntésénél alkalmazott merülőcsövek külsejére lerakódott rétegek (a – új, b – kalciummal nem kezelt, c – kalciummal kezelt)

**Harcsik Béla** 1998-ban a Miskolci Egyetem Dunaújvárosi Főiskolai Karán kohómérnök, majd 2000-ben az Anyag- és Kohómérnöki Karon okleveles kohómérnöki diplomát szerzett. Ezután különböző acélöntödékben művezető, ill. üzemvezető-helyettes, Ózdi Acélművek Kft.-nél mérnökasszisztens, a Csavar- és Húzottáru Zrt.-nél műszaki vezető beosztásban dolgozott. A Metallurgiai és Öntészeti Tanszéken 2007–2008 között tanszéki mérnök volt, majd 2008 szeptemberében megkezdte nappali tagozatos doktori tanulmányait. 2011 júniusában doktori abszolutóriumot szerzett. Kutatásainak témája az acél önthetőségi zavarainak, ezen belül a kagylószűkülés elhárításának vizsgálata.





■ 2. ábra. Elvágott – az 1. ábrán látható – merülőcsövek (a – új, b – kalciummal nem kezelt adag, c – kalciummal kezelt adag)

elhanyagolható mértékű volt a merülőcső külső felületén talált nemfémes kirakódás (1c). A kirakódott kéreg nem vonta be a teljes felületet, hanem csak a kiömlők felett képzett egy-egy kinövést. Fontos megjegyezni, hogy az előző vizsgálat során talált porszerű anyaghoz képest szilikát-üveges jellegű anyagot találtunk. A második szekvensből származó merülőcsövek külső részéről a kinövéseket leválasztottuk és röntgenpordiffrakciós vizsgálatnak vetettük alá. A kinövések túlnyomórészt  $\text{CaO}(\text{Al}_2\text{O}_3)_2$  (CA) zárványokból álltak, amelyek az öntés hőmérsékletén folyékonyak, így érthető, hogy miért nem porjellegű formában voltak. Találtunk még  $\text{CaO}(\text{Al}_2\text{O}_3)_2$  ( $\text{CA}_2$ ) zárványokat és spinellt is, amelyeknek bár nagyobb az olvadáspontja (1750 °C, 2135 °C), de mennyiségük mindkét esetben 30% körül marad, azaz kevésbé befolyásolják az acél önthetőségét.

A merülőcsövek elvágása után is hasonlókat tapasztaltunk, a kalciummentes gyártás (2b ábra) esetén jelentős, míg a kalciummal kezelt három adag közül összesen egynél (2c ábra) találtunk elenyésző mennyiségű tapadványt.

### 2.1. Merülőcső belsejéből vett porminták ásványtani elemzése

A kalciummal nem kezelt acéloknál a merülőcső belsejében kimutatható tapadványból a 2b ábra szerinti módon pormintákat vettünk, melyekből a tapadványok ásványtani szerkezetére, összetételére kívántunk – a röntgen pordiffraktométeres mérések segítségével – információkat szerezni. Mindhárom szekvens végéről származó merülőcső vizsgálatánál hasonlókép-

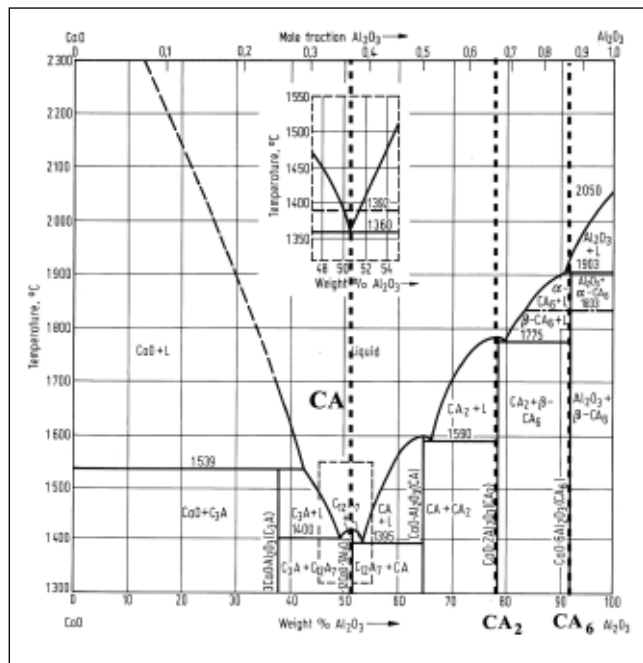
pen jártunk el, hasonló összetételekhez jutottunk, így az 1. táblázatban ezek átlagértékeit közöljük.

Az 1. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a merülőcső belsejében a felületekről vett porminták jellemzően alumínium-oxidból (~ 62-69%), spinellből (16-22%), hematit jellegű vas-oxidból (2-6%) és kalcium-aluminátból (5-11%) állnak. A hematit jellegű vas-oxid vélhetően a porózus szerkezetű tapadványba bezáródott és a kiemeléskor oxidálódott acélszemcsékből származik. A spinellek az alkalmazott tűzállóanyagok (üstfalazat, közbensőüst bélés) magnézit- és alumíniumoxid-tartalmából, továbbá az acél alumíniumoxid-tartalmából származóak. A kalcium-aluminátok a salaknak a túlintenzív argonöblítés okozta fizikai bekeveredéséből származhatnak, hiszen ezen acéloknál egyébként kalciumos kezelés nem volt.

A kalcium-aluminátok –  $\text{CaO}(\text{Al}_2\text{O}_3)_2$  –  $\text{CA}_2$  és  $\text{CaO}(\text{Al}_2\text{O}_3)_6$  – az összetételükből

2. táblázat. A kalciummal kezelt acéloknál a merülőcsövek belső faláról származó porminták ásványtani átlagösszetétele

I. szekvens		II. szekvens		III. szekvens	
$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	52,30%	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	42,00%	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	34,30%
$\text{CaO}(\text{Al}_2\text{O}_3)_2$	12,10%	$\text{CaO}(\text{Al}_2\text{O}_3)_2$	20,30%	$\text{CaO}(\text{Al}_2\text{O}_3)_2$	36,50%
$\text{CaO} \cdot \text{FeO} \cdot (\text{SiO}_2)_2$	1,00%	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	0,90%	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	2,80%
$\text{FeO} \cdot \text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$	1,30%	$\text{CaO}(\text{Al}_2\text{O}_3)_6$	10,90%	$\text{CaO} \cdot \text{MgO}(\text{Al}_2\text{O}_3)_5$	2,40%
$\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	31,40%	$\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	26,20%	$\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	19,00%



■ 3. ábra.  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$  rendszer egyensúlyi diagramja [4]

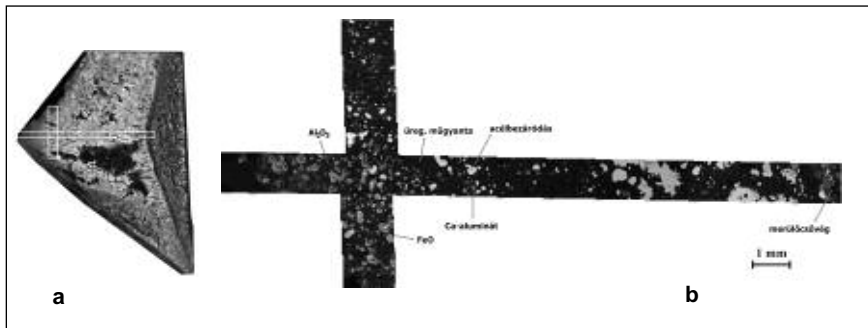
eredően egész biztosan szilárd halmazállapotúak voltak (3. ábra), azaz nem az öntést segítették, hanem éppen ellenkezőleg, megnehezítették.

A kalciumos kezeléseknél a merülőcsövek belsejében (2c ábra) tapadvány alig volt kimutatható, így onnan bár porminta nehezen volt vehető, a kis mennyiségű mintát megelemeztek (2. táblázat).

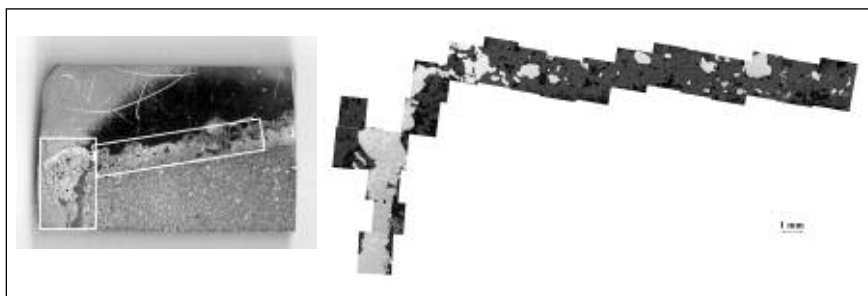
Itt túlnyomórészt  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ -ot – CA találtunk, mellette még némi  $\text{CaO}(\text{Al}_2\text{O}_3)_2$  –  $\text{CA}_2$  és spinellt, de a 2c ábra képein is jól látható, hogy jelentéktelen mennyiségű a kirakódás.

1. táblázat. A kalciummal nem kezelt acéloknál a merülőcsövek belső faláról (2b ábra) származó porminták ásványtani átlagösszetételei

	1	2	3
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	3,97%	2,83%	6,13%
$\text{Al}_2\text{O}_3$	69,63%	64,33%	61,77%
$\text{NaAl}_3\text{O}_{17}$	0,60%	5,50%	3,03%
$\text{CaO}(\text{Al}_2\text{O}_3)_2$	0,90%	1,13%	5,07%
$\text{CaO}(\text{Al}_2\text{O}_3)_6$	8,33%	4,57%	5,93%
$\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	16,63%	21,60%	18,07%



■ 4. ábra. Az első sorozat III. szekvensének a merülőcsővéből készült csiszolat (bejelölve a vonalmenti SEM felvétel helye) ill. a (b) SEM felvétel



■ 5. ábra. A második sorozat II. szekvensének a merülőcsővéből készült csiszolat (bal oldali kép), bejelölve a vonalmenti SEM felvétel helye, ill. a SEM felvétel (jobb oldali kép)

## 2.2. Tapadványok szerkezetének vizsgálata

A vizsgálatokhoz szekvensöntéseknél használt 3-3 merülőcsövet hossztengetyük mentén elvagtuk és csiszolatot készítettünk (4. ábra). A csiszolaton 1 mm szélességben vonal mentén és arra merőlegesen elektronmikroszkópos (SEM) felvételeket készítettünk.

A vonalmenti fotók úgy készültek, hogy a kép jobb oldalán (legszélén) található az öntőcső fala, míg a tapadvány legkülső rétegei a bal oldalon látszanak.

Az egyes fázisok különböző szürke árnyalattal jelennek meg a képeken. (Az elektronmikroszkópos felvételek visszaszórt elektronfelvételek, ami azt jelenti, hogy a képképzés visszaszórt elektronok segítségével történik. Ezek az elektronok rendszámérzékenyek, így a mintában lévő különböző elemeket tartalmazó fázisok más-más szürkeségűek.)

A csak Al-mal dezoxidált acélok gyártása során kialakult tapadványoknál kimutatható legjellemzőbb zárványokat megelemeztek: az  $Al_2O_3$  alapmátrixban acélbezáródásokat,  $Ca(Al_2O_3)_6$  és  $FeO-Al_2O_3$  zárványokat találtunk.

A kalciummal kezelt acéloknál

használt három merülőcsövet hossztengetyük mentén ugyancsak elvagtuk, közülük egyedül a másodikban találtunk tapadványt (ld. 2c ábra), amiből a SEM felvételhez csiszolat készült (5. ábra).

A kalciumos kezelést nem kapott acélokhöz képest ez esetben – éppen a kisebb kiterjedésű tapadványra való tekintettel – nem csak vonal mentén vizsgáltunk, hanem a vizsgált csiszolat kétharmadát tanulmányoztuk. Itt is a legsötétebbtől a fehérig látható fázisok voltak megfigyelhetők (3. táblázat).

Látható, hogy a kirakódás túlnyomórészt a fehér színű acélceppkekből, és vas-oxidból áll. A szürke alapmátrix vas-szilikátot, kalcium-alumínátot és alumínium-oxidot tartalmaz.

A képeket az ISD Dunaferr Zrt. Innovációs Igazgatóságán kép-

elemző szoftverrel a színkülönbség alapján egyesével megelemeztek és az eredményeket a mikroszondával meghatározott értékekkel párosítottam (5. táblázat).

Az 5. táblázatból jól látható, hogy a tapadványokban túlnyomórészt üvegyszerű alumínium-kalciszilikátokat és acélceppkeket találtunk. Az utóbbi a porózus szerkezetbe záródott acélból származik, az előbbi pedig valószínűleg az öntés végén a merülőcsőbe szilárdult öntőporból, ill. a kristályosítóban kialakult salakból.

## 3. Összefoglalás

A szilíciumszegény, alumíniummal dezoxidált acélok folyamatos öntése során jelentős tapadványképződés tapasztalható, elsősorban a merülőcső alsó, szűkült részén, de a merülőcső külső oldalán is. A szakirodalomban foglaltakkal egyezően az áramlási viszonyok a leginkább elszűkült helyen – ahol az olvadék áramlása is lelassul – olyanok, hogy a szilárd alumínium-oxidok (az  $Al_2O_3$  típusú, ill. szilárd alumínátok) hajlamosak a merülőcső belső falán megtapadni, s a szekvensöntés során hízni. A merülőcső külső falán észlelt lerakódások annak a következményei, hogy a kristályosítóban fix helyen álló merülőcsővön az állandóan megújuló olvadék tisztaságától függően ugyancsak lerakódások képződnek, hiszen a kristályosítóban is észlelhető egyfajta folyadékáramlás a merülőcső külső fala körül.

3. táblázat. Fázisok elkülönülése a szürkeség szerint

Szürkeség	Fázisok
fekete ↓ fehér	üreges, mügyanta
	alumínium-oxid
	Ca-alumínátok
	vas-szilikát
	vas-oxid (hematit)
	acél

4. táblázat. Ca-alumínátok összetétele:

%	1. mérés	2. mérés	3. mérés
MgO	1,48	0,92	2,76
$Al_2O_3$	85,39	90,3	87,62
$SiO_2$	2,37	-	-
CaO	9,4	7,75	9,61
FeO	0,55	1,02	-
$ZrO_2$	0,8	-	-

5. táblázat. Képelemzés összesített eredményei kalciumos kezeléssel történő gyártásnál

Fázisok szín szerint	Átlagos mennyiség [%]	Főkomponensek [%]			
fehér	10,59	FeO: 94,49	MnO: 3,9	SiO <sub>2</sub> : 1,61	
halványzürke	19,58	FeO: 95,58	MnO: 4,33		
középszürke	58,50	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 39,65	CaO: 35,63	SiO <sub>2</sub> : 21,03	MgO: 1,09
sötétszürke	10,55	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 78,35	CaO: 18,43		
üreg	0,83	porozitásból származó			

A szilíciumszegény, alumíniummal dezoxidált acélok gyártásakor kialakult tapadványban az alapmátrix alumínium-oxid, amely magába zár kalcium-aluminátokat éppen úgy, mint acélcseppeket.

A vizsgálati eredmények közül meglepő, hogy kalcium ott is jelentkezik, ahol kalciumos beavatkozás nem történt; ez nyilvánvalóan részben az öntőporból és a bekeveredett szekunder salakból származik, ami közvetve jelzi, hogy jelentékeny lehet a nehezen mérhető reoxidáció is.

A kalciummal történő kezeléssel lényegesen kisebb a merülőcső belső felületén kimutatható tapadványképződés, ami nyilván annak köszönhető, hogy a zárványok zöme olyan típusú aluminát, ami az acélglyártás (és öntés) hőmérsékletén folyékony állapotú.

Ugyanezen típusú zárványok azonban a merülőcső külső falán is kimutathatóak, itt már a reoxidációból is eredően nagyobb mennyiségű alumínium-oxid típusú zárvánnyal keveredve, s ragasztóként a mindig ott levő vaszcseppekkel együtt, de ezek kagylószerűkést már nem okozhatnak. A vaszcseppek a porózus szerkezetbe záródott acélból származnak, a zárványok pedig valószínűsíthetően az öntőporból, ill. a kristályosítóban kialakult salakból.

Egyértelmű a tapadványképződés vizsgálatának eredménye: mivel az áramlási viszonyok változtatására nincs sok esélyünk, a lerakódások meggátlásának legfontosabb módja, hogy metallurgiai módszerekkel és a reoxidáció elleni védelemmel meg kell előzünk nagyobb mennyiségű Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-nak a merülőcsőbe jutását. Ha erre a gyártásközbeni beavatkozásokkal adottságaink miatt nem látunk esélyt, akkor legalább kalciumos kezeléssel hozunk létre alacsonyabb olvadáspontú, s ezáltal lerakódást nem okozó zárványokat.

*Szekeres professzor*, a folyamatos öntéssel ugyancsak igen sokat foglalkozó – hazánkból származó – amerikai szakember, aki még az évezredforduló előtt, 1992-ben, a IV. Clean Steel konferenciát követően az akkori Vaskohászattani Tanszékre látogatott, elmondta, hogy több évtizedes tapasztalata bizonyítja, miszerint a szűkülés Al-mal csillapított acélok esetén a folyamatos öntés velejárója. A technológiák finomításával, a technológiai fegyverrel szigorításával, az igényesség fokozódásával sem szüntethetők meg teljesen, csupán elfogadható minimumra csökkenthetők mindaddig, amíg az összoxigén-tartalom mennyisége 10 ppm feletti, s bármiféle reoxidáció felléptével számolnunk lehet és kell.

#### 4. Következtetések, jövőbeni feladatok

A tapadványképződés vizsgálata mit is mondhat egy acélglyártónak? Elsősorban azt, hogy a lerakódásokat akkor kerülhetjük el leginkább, ha metallurgiai módszerekkel és a reoxidáció elleni védelemmel megelőzzük nagyobb mennyiségű Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-zárvánnyal a merülőcsőbe jutását. Természetesen a technológiai adottságoktól nem tekinthetünk el. Olyan üzemben, ahol csapolást követően nincs hevítési lehetőség (s ilyen üzem a Dunaferr is), ott a hőmérsékletvezetés nem elsősorban az optimális lépcsős dezoxidáció kívánalmait szolgálja, hanem az önthatóságot. Túlhevített rendszerrel kell dolgoznunk, hogy legyen puffert hő időbeli csúszások esetén, ez esetben a hűtéshez használt felső argonozás nem tisztaságnövelő, hanem tisztaságrontó tényező.

A tapadványvizsgálat eredményei szerint célszerű lenne, ha kalciumos kezeléssel az öntés hőmérsékletén szilárd (és ebből eredően lerakódni

hajlamos) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-zárványok folyékony állapotú (és ebből eredően lerakódáshoz kevésbé vezető) kalcium-aluminátokká alakulhatnának át. Számos kutató ezirányú vizsgálatainak eredménye szerint ehhez a jól dezoxidált olvadékba, rendkívül pontosan és hatékonyan kell a kalciumot beötvöznünk, egyébként a CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> binár diagramból kikövetkeztethetően kicsi az esélyünk, hogy olvadék állapotú kalcium-aluminátok képződjenek (a tapadványvizsgálataink kedvező állapotokra utalóak ugyan, viszont a gyári szakemberek sajnos gyakorta találkoznak szilárd kalcium-aluminátok kiválásával is), ezért adottságaikra visszavezethetően nem szívesen kockáztatják meg a kalciumos kezelést kalciumszegény acélok esetében. Viszont ez esetben garantálni kell, hogy a dezoxidáció során szükségszerűen képződő Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-zárványok az öntés kezdetéig oly mértékben felússzanak az olvadékból a salakba, hogy visszamaradt mennyiségük már lerakódásokat ne okozhasson. Ezt segítené elő egy pihentetés, finom argonátöblítéssel segítve. Elvileg adottak tehát a lehetőségek, hogy a gyártástechnológiai paraméterek optimális beállításával kalciummentes acélokban is elkerülhessük a kagylószerűkéseket, ehhez a Dunaferrben – a tapadványvizsgálatok eredményeiből adódóan – technológiamódosításokra van szükség.

A tapadványvizsgálatok eredményei alapján elemeztük a szilíciumszegény, alumíniummal dezoxidált acélok jelenlegi gyártástechnológiáját, s a technológiamódosításokra megtettük javaslatunkat. Egy soron következő cikkben elemezzük a gyártástechnológia tapasztalatait, s értékeljük a módosított technológiával történő gyártás eredményeit. Előljáróban annyit, hogy a lépcsős dezoxidáció finomításával, a reoxidáció elle-

ni védelem hatékonyságának növelésével, továbbá az alsó argonos átöblítés tisztító hatásának jobb kihasználásával számottevően csökkenthető a kagylószerűkésülés esélye.

## Irodalomjegyzék

- [1] K. G. Rackers, B. G. Thomas: Clogging in Continuous Casting Nozzles 78<sup>th</sup> Steelmaking Conference Proceedings, 1995. p. 723–734
- [2] Miskolci Egyetem Metallurgiai és

Öntészeti Tanszék – Uni-Flexys Kft. – A folyamatos öntési technológia és a minőségbiztosítás fejlesztése az ISD Dunafermél – 2., 3. részjelentése 2010

- [3] Harcsik Béla: Szilíciumszegény, alumíniummal dezoxidált acélok gyártástechnológiájának elemzése. Miskolci Egyetem Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola 5., 6. kutatószezon előadás, 2011.
- [4] Slag atlas – edited by the Verein

Deutscher Eisenhüttenleute Verlag Stahleisen M.B.H. – Düsseldorf 1981

## Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

# Nemzetközi konferencia az acélipar környezetvédelméről Budapesten

Clean Technologies in the Steel Industry  
(Tiszta technológiák az acéliparban) Nemzetközi Konferencia  
2011. szeptember 26–28., Budapest

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület a Magyar Vas- és Acélipari Egyesüléssel együttműködve szervezi a konferenciát. A szervezést az acélipar számos nemzetközi szervezete (az EUROFER, a Worldsteel, az EU Vállalkozási igazgatósága, az Acélipari Egyesületek Európai Szövetsége) és nemzeti szervezete támogatja.

A konferencia célja, hogy az acélipari vállalatok legújabb környezetvédelmi technológiáiról, eredményeiről adjon tájékoztatást és vitalehetőséget a világ minden részéből érkező előadók és résztvevők számára.

A konferenciára több mint 70 előadást jelentettek be; különösen sok előadás érkezett Németországból, Kínából, az Egyesült Államokból és Angliából. Magyar részről négy előadás fog elhangzani.

A megnyitó plenáris előadások mellett a következő témakörökben (szekciókban) lesznek előadások:

- Nemzetközi és nemzeti akciók
- Regionális és művi szintű intézkedések
- Légszennyezés
- Vízszennyezés
- Salakok
- Hulladékok hasznosítása
- Az energiafelhasználás csökkentése
- A CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentése
- Életciklus-vizsgálatok
- Új, speciális megoldások

**A konferencia hivatalos nyelve:** angol

**A konferencia színhelye:** Danubius Hotel Flamenco (Budapest, Tas vezér u. 7.)

## Részvételi díj:

- előadók számára 680 euró  
(magyar előadóknak 170.000 Ft),
- résztvevők számára 980 euró  
(magyar résztvevőknek 250.000 Ft),

amely a részvételi lehetőség és a konferencia kiadványok mellett háromnapos szállást a Hotel Flamencoban, teljes ellátást és a konferenciavacsorán való részvételt biztosítja.

## Kedvezmények magyar résztvevők számára:

Azon magyar résztvevők számára, akik nem kívánják valamennyi szolgáltatást igénybe venni, a Szervező Bizottság az alábbi kedvezményes részvételi lehetőségeket ajánlja fel:

- a. félnapos részvétel (étkezés nélkül): 30.000 Ft
  - b. egynapos részvétel (ebéddel): 50.000 Ft
- Mind a fél-, mind az egynapos résztvevők kézhez kapják a teljes konferenciaanyagot.

A részletes program angol nyelven érhető el a konferencia weblapján: [www.cleantech11.com](http://www.cleantech11.com)

**A magyar jelentkezők részvételi szándékukat a konferencia szervezőirodáján jelenthetik be:**

## MVAE Konferencia Iroda

1373 Budapest, 5 Pf. 548  
Tel.: 327 5777, fax: 327 5743  
e-mail: [info@cleantech11.com](mailto:info@cleantech11.com)

# Felkészülés a járműipari beszállítói feltételek teljesítésére

## Új minőségügyi projekt indul az ISD Dunafernről

Az autóipar húzóipárnak számít az egész világon, amelynek horderejét azonban nem csupán maguk a gépkocsi-összeszerelő üzemek biztosítják, hanem a hozzájuk kötődő K+F tevékenység, valamint az autógyártáshoz kapcsolódó iparágak: műszergyártás, gépgyártás, műanyagipar, gumiipar stb. Napjainkra a gépjárműgyártás a külföldi működőtőke-befektetéseknek köszönhetően a magyar gazdaság egyik meghatározó ágazatává vált.

A kapcsolódó iparágak gyártói azonban csak akkor tudnak szállítani az autóiparba, ha megfelelnek azoknak a minőségi követelményeknek, amelyeket velük szemben az autógyárak támasztanak. Az erős verseny miatt az autó- és elektronikai ipari ágazatoknál a legszigorúbbak a minőségi és hatékonysági követelmények. A beszállítók kiválasztásánál a minőség mellett egyéb tényezők, mint például az ár, a megbízhatóság, a szolgáltatások és a tapasztalat is mérlegelésre kerülnek.

Hazánk autóiparában négy multinacionális vállalati érdekltségnek van kiemelkedő szerepe, a Volkswagen érdekltségébe tartozó Audinak, a General Motors érdekltségű Opelnek,

a Suzukinak, és a Ford érdekltségébe tartozó Visteonnak. Ez a négy vállalat adja a közúti gépjárműgyártó ágazat árbevételének több mint negyötödét.

Magyarországon az ágazatot exportorientáció jellemzi. Ezek a vállalatok adják az ezredforduló óta a teljes magyar export 8–10 százalékát.

A 2011. április 6-án megtartott projektindító tájékoztató értekezleten kiderült, hogy egyre többen követelik meg az ISD Dunafernről a vevői körök is a járműipari beszállítói feltételek teljesítését. Ezzel együtt nem hagyhatók figyelmen kívül az európai és a hazai gazdaságban jelenleg megfigyelhető tendenciák: láthatóan felélénkült az autóipar Németországban, hazánkban pedig gyárat épít a Mercedes.

A járműipari követelményeket nemzetközi szabvány tartalmazza (ISO TS 16949). A járműipari termékeket és ilyen rendeltetésű alkatrészeket gyártók esetében e nemzetközi szabvány előírása elvárás – fontos tehát, hogy az ISD Dunafernről érintett szakterületein is megvizsgálják a beszállítói feltételek teljesíthetőségét. Az induló új projekt a vevői elvárások megismerésére és a helyzet felmérésére irányul.

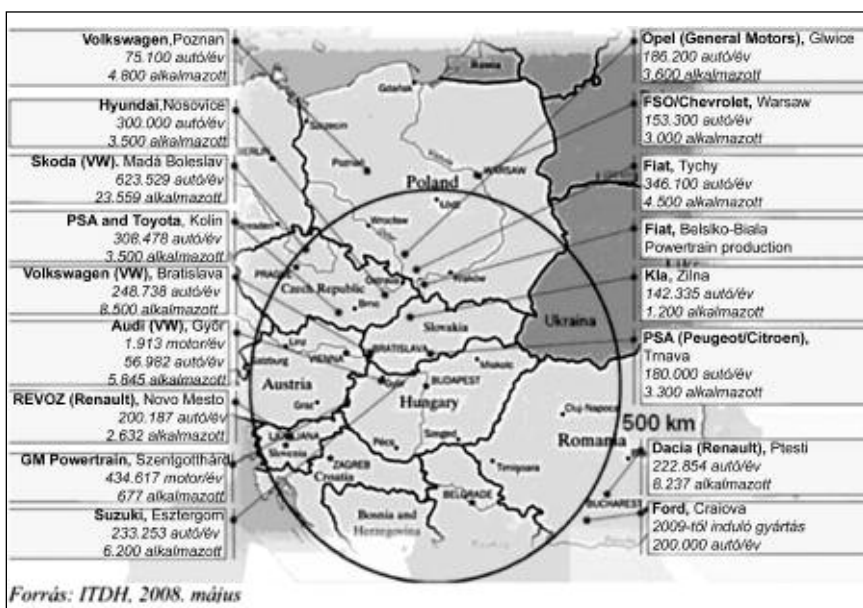


Autóipari beszállítókkal szembeni követelmények

A nyitóértekezleten bevezetőjében Hevesiné Kővári Éva minőségügyi és környezetvédelmi igazgató emlékeztetett a vállalat azon törekvésére, miszerint a Dunafernről több évtizedes működése során mindig reagált a piac kihívásaira. Röviden összefoglalta a cég minőségügyi fejlődését, kiemelte a mérőszámokat. Érdekesség, hogy a cégnél már 1954-ben minőségbiztosítási elemeket tartalmazó ügyviteli szabályozást adtak ki. Időközben változott a piaci környezet, és napjainkban speciális igényeket támasztanak a vevők. A Dunafernről számos olyan cégnek ad el alapanyagot, amely az autóiparba szállít alkatrészeket. Az autóipari követelmények megjelenését jelzi az a tény is, hogy kialakították a Nemzetközi Anyag Adatbázis Rendszert (IMDS), amelyben az autógyártásban felhasznált anyagokat – így a dunaferres acélminőségeket is – regisztrálni kell.

A projekt helyzetfelmérő szakaszában öt gyártóművet tekintenek át a járműipari beszállítói követelmények és a vevői elvárások szerint. Az igazgatónő beszélt a megfelelés kockázatairól is, de megjegyezte, hogy a cégnek nincs választási lehetősége, hiszen az ipar fejlődésével a piac egyre igényesebbé válik. Ismerni kell, hogy a Dunafernről mire képes, és milyen irányban haladhat, fejlődhet tovább.

A projekttervet a munkában közreműködő Kvalikon Kft. ügyvezetője, dr. Németh Balázs ismertette. Bevezetőjében hangsúlyozta: aki az autóipari



Összeszerelő üzemek Kelet-Közép-Európában

követelményeknek meg tud felelni, az más felhasználási területen is helytáll. Napjaink trendje egyébként azt tükrözi, hogy az autóiipari piac folyamatosan bővül. Kérdés: az ISD Dunaferre számára megéri-e élni ezzel a lehetőséggel, mennyi lesz az autóiipari értékesítettség bevételi/befektetési igénye, illetve aránya. Az ügyvezető felhívta a figyelmet az ISO TS 16949 szabvány követelményeire, valamint az autóiipari gyártásnál elvárt magas színvonalú, minőség tudatos gondolkodásra.

Az autóiiparban a beszállító a folyamat rendkívül fontos láncszeme. Megfigyelhető az a vevői törekvés is, hogy a készletezés és termékfejlesztés feladatait a beszállítóra hárítják. A trendeket tekintve 2015-re jelentősen emelkedni fog a kihelyezett értéknövekvő folyamatok aránya, azaz a beszállítóknak egyre komplexebb elvárásoknak kell eleget tenniük.

A projekt helyzetfelméréssel, helyzetértékeléssel indul. Cél a Dunaferre termékcsoportok esetén a specifikus vevői követelmények, és az azokat tel-



Járműipari beszállítók Magyarországon

jesítő gyártási háttér megismerése. A projektben benchmark tevékenység (összehasonlítás más vállalatokkal) is szerepel majd, az autóiipari beszállítás területére fókuszálva. Sor kerül a gépek, berendezések gyártóképességének TPM-szempontra (Total Productive Maintenance) szerinti elemzésére, értékelésére is.

A projekt egyik legfontosabb kihívása, hogy a technológia minden pontján megértsék, mit jelent az autóiipari vevői elvárás, és milyen feladatokat és előnyöket eredményezhet az ennek való megfelelés a Dunaferre számára.

*H. É., M. A.*

## Fazola Fesztivál (V. Fazola-napok)

Miskolc, Újmassa 2011. szeptember 16–17.

A tervezett programok:

### 2011. szeptember 16. péntek

„A Kassa-Miskolc régió kézműves és ipari örökségének szerepe az idegenforgalom fejlesztésében”  
témakörű tudományos konferencia

Helye: MAB Székház Miskolc, Erzsébet tér 3.

**A Miskolci Egyetem és a Kohászati Múzeum intézményeit, illetve a műszaki pályákat népszerűsítő programok**

Helye: Miskolc, Erzsébet tér

**Kohász, bányász, erdész hagyományápoló szakestély**

Helye: Miskolc-Újdiósgyőr, Bartók Béla Művelődési Ház

### 2011. szeptember 17. szombat

**Fazola kohász ünnepség**

Helye: Újmassa Fazola kohó térsége

**Az egésznapos programon közreműködnek:**

a Perecesi Bányász Fúvószeneke, a Műszaki Anyagtudományi, illetve a Műszaki Földtudományi Karok hallgatói, miskolci művésztagozatos általános- és középiskolák tanulói, amatőr művészeti csoportok, együttesek.

**Program:** Kopjafa koszorúzás, XI. Fazola nemzetközi díszműkovács-verseny, tiszteletbeli kohásszá avatás, látványcsapolás, erdőgazdálkodást, erdőszertetet népszerűsítő erdei iskola programok, vaskohász és erdei múzeumok tárlatátogatása, lovagoltatás (gyerekek részére), krampampuli főzés és kóstolás, bucagyártási, fémöntészeti, anyagvizsgálati, nano-mérés bemutatók, vízikerekes kovácsolás, környezetvédelem játékosan, fizibusz (energiasuli), föld- és anyagtudományok, a miskolci Science Múzeum bemutatkozása, mélyművelésű szénbányászati eszközök kiállítása, műszaki pályák népszerűsítése, népi mesterségek seregszemléje, vetélkedők.

MÁJLINGER KORNÉL – SZABÓ PÉTER JÁNOS

## Lemezgrafitos öntöttvas kezelése Yb-szállézerrel

*Az egyre szigorodó európai károsanyag-kibocsátási normák betartása érdekében az egyik nagy európai gépjárműgyártó cég belsőégésű motorjainak hengerfuratán lézersugaras kezelést végez. Munkánkban lemezgrafitos öntöttvasból készült motorok henger-futófelületének lézerkezelt rétegét vizsgáltuk nanoindenteres keménységmérővel és Ga-ionforrással felszerelt pásztázó elektronmikroszkóppal. Cikkünkben Yb-szállézerrel kezelt mintasorozatot vizsgáltunk, melynek felületi rétege megolvadt és ultrafinom szövetszerkezetű lett.*

### 1. Bevezetés

A környezeti és károsanyag-kibocsátási normák világszerte és egyben Európában is egyre szigorodnak. Mindamelllett az üzemanyagárak folyamatos növekedésével is számolni kell. Ezért többek között az autómotorgyártóknak egyre jobb hatásfokú és környezetbarát motorok gyártására kell törekedniük. Az egyre dráguló üzemanyagárak is arra sarkallnak, hogy a gyártók jobb hatásfokú motorokat gyártsanak, amelyeknek növekvő teljesítmény mellett sem növekedhet a fogyasztása. Természetesen elvárt az is, hogy a motoroknak hosszú legyen az élettartama [1]. A fogyasztáscsökkentés és a teljesítménynövelés az Ottó- és dízelmotoroknál egyaránt nagyobb égéstéri nyomással jár, ami megnöveli az egymással érintkező súrlódó felületek tribológiai igénybevételét, esetünkben a dugattyúgyűrű és a hengerfal rendszerét [1].

Lézersugaras kezeléseket a felületötvöztől a lézersugaras edzésig [2-5] széles körben használnak súrlódó alkatrészek felületi tulajdonságai-

nak változtatására, javítására. Ilyen lézersugaras kezelésekre egyre nagyobb teret nyerne az autóiparban is. A fékdoboktól a motoralkatrészekig [6-10] számos autóalkatrész gyártanak lézersugaras felületkezeléssel, amelynek a célja az alacsony felületi és felületközeleli tulajdonságainak megváltoztatása.

A motorblokk henger-futófelülete mechanikai tulajdonságainak javítása érdekében lehetséges speciális mechanikai kezeléseket [11] végezni, kémiai bevonatolást [12-14] alkalmazni, lézeres felületstruktúrált [15] alkalmazni, vagy – ahogy azt egy nagy európai gépjárműgyártó teszi – speciális lézersugaras kezelést végezni. Ennek a jelenleg V-elrendezésű öntöttvas motorblokkokon alkalmazott lézersugaras kezelésnek a hatására a futófelület keményebb és kopásállóbb lesz. Továbbá, a perlitese mátrixba ágyazott inhomogén grafitkiválások következtében olajtartó üregek alakulnak ki a felületen. Ez a kezelés növelt motorteljesítmény mellett is az olajfogyasztás csökkenéséhez vezetett [1, 16].

### 2. Kísérleti és vizsgálati módszerek

#### 2.1. A lézersugaras kezelés

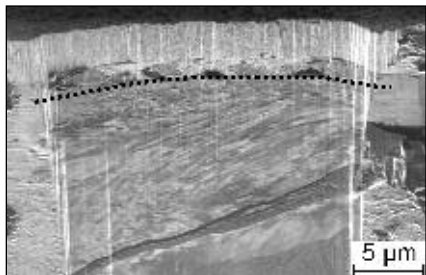
A kísérletekre használt motorblokkok anyaga GJL-250 jelű lemezgrafitos öntöttvas volt. A mechanikus furatmegmunkálási lépések (marás, majd utolsó lépésként hónolás) során a szerszámok egyes grafitlemezeket betemettek vékony ferritréteggel, míg mások szabadon maradtak. A lézersugaras kezelés által gyújtott fémgőzplazma hatására ezen grafitlemezek egy része elpárolgott, illetve kiszabadult a ferritréteg alól, így alakítva ki egy nem kommunikáló olajtartó rendszert a henger falán [1], miközben a felület megolvadt.

A sorozatgyártásban jelenleg Xe-CI excimer lézert használnak. Ez egy UV hullámhossz tartományba (308 nm) tartozó lézer 300 Hz-es ismétlési frekvenciával. Az eljárást az EP 1 738 859 A1 szabadalom védi. Kezelés során a felületet négyzetes folttal meghatározott raszter szerint levilágítják.

További kísérletek folynak alternatív lézerforrások keresésére, mivel az excimer lézereknek nagyobb a karbantartás- és szervizigényük, mint a szilárdtest-lézereké, ráadásul nem elhanyagolható a helyfoglalásuk sem. További hátránya az eddig alkalmazott lézereknek, hogy az egész motorblokkot kell a lézer optikai kicsatolása körül forgatni a kezelés során, ami jelentősen csökkenti a lézerberendezés kihasználtságát.

A szállézeres kompakt méretük és jó hatásfokuk következtében egyre nagyobb teret nyerne, ezért mi is egy különböző energiasűrűséggel elkészített Yb-szállézerrel kezelt mintasorozatot vizsgáltunk. A minták egy üzemi körülményeket szimuláló teszt-

*Szabó Péter János életrajza a Kohászat 2011/2. Vaskohászat rovatban található. Májlinger Kornél okleveles gépészmérnök, nemzetközi hegesztőmérnök, a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszékének egyetemi tanársegédje. 2011-ben PhD-fokozatot szerzett öntöttvas motorblokkok futófelületének lézersugaras kezelése témakörből.*



■ 1. ábra. A FIB vágás helyén, a pontozott vonal felett a Ni-réteg látható

padon készültek, ami különböző lézerforrások becsatolására alkalmas. A minták anyaga GJL-250 jelű lemezgrafitos öntöttvas volt. Az elkészítés paramétereit az 1. táblázat tartalmazza. A különböző energiasűrűséggel kezelt részek egyazon motorblokk különböző furataiban készültek, 2×2 kezelési stratégiával. Ez azt jelenti, hogy az egyes területeket az optikai tubus bevezetések és a furatból való kiemelések is kétszeres átfedéssel kezeltük lézersugárral. A lézerfolt 0,9×0,9 mm-es négyzet volt.

## 2.2. Fókuszált ionsugaras vizsgálatok

A fókuszált ionsugaras vizsgálatok (Focused Ion Beam, FIB) LEO Gemini cross beam pásztázó elektronmikroszkóppal (Scanning Electron Microscope, SEM) készültek, ez egy SEM/FIB kombinációja. A felvételek olyan tartományokról készültek, amelyek legalább 10 μm-re voltak a lemezekről, hogy elkerüljük a hatásukat. Korábbi munkáinkban [17–20] Ga ionsugárral lépcsőzetes üreget munkáltunk a minták felületébe, és annak merőleges faláról készítettünk felvételeket csökkentett ionsugárárammal. Ezt az eljárást annyiban leegyszerűsítettük, hogy a FIB vágást egy polírozott keresztcsiszolati minta falán végeztük, először nikkellel bevont mintán (1. ábra), de a vágás valószínűleg a Ni-réteg miatt eléggé hullámos lett (curtain effect), ezért a továbbiakban a nikkelezést elvetettük. Mivel úgy ítéltük meg, hogy a minta élének roncsolódása elhanyagolható, a Pt-réteg felvitelétől is eltekintettünk.

A FIB műveletekhez használt főbb paramétereiket a 2. táblázat tartalmazza. Az a jelű mintánál a mintaelőkészítésből fakadóan a „durva vágás” műveleti lépésnél az ionsugár árama

1. táblázat. Az Yb-szállézerrel végzett lézersugaras kezelés főbb paramétereit

Minta	Hullámhossz (nm)	Impulzus-hossz (ns)	Impulzus-frekvencia (Hz)	Energia-sűrűség (mJ/mm <sup>2</sup> )	Teljesítmény-sűrűség (mJ/(mm <sup>2</sup> ns))
a	1065	140	12500	19,2	0,1369
b	1065	140	12500	22,6	0,1616
c	1065	140	12500	26,7	0,1905
d	1065	140	12500	30,4	0,2173

2 nA volt. A megmunkált felület és az ionsugár által bezárt szög felvételkészítéskor 54° volt. Az átlagos szemcseméret és a lézersugárral megolvasztott rétegvastagságok meghatározása egy összeillesztett ionsugaras képen történt. Ez a kép több egymás melletti területről készült ionsugaras kép összeillesztve, így a vizsgált terület kb. 20 × 7 μm volt (20 μm vízszintesen és 7 μm függőlegesen). A futófelületre merőleges sík metszeten vizsgáltuk a szemcseszerkezetet, és azt találtuk, hogy a szemcsék kiterjedése mindkét irányban közel azonos. Mivel a legnagyobb hőelvonás iránya merőleges a felületre, és ebben az irányban is azonos mérettartományban mozogtak a szemcsék befoglaló méretei, mint keresztirányban, fizikailag nem indokolt, hogy a szemcseméretet a harmadik irányban jelentősen eltérjenek. Ezek alapján a szemcsék poligonálisnak tekinthetők a felületi megolvadt rétegben, ezért egy egyszerű szemcseméret-meghatározást választottunk. Az összeillesztett ionsugaras kép lézerkezelt rétegébe három vonalat húztunk (szemcsehatártól szemcsehatárig) és megszámoztuk az elmetszett szemcséket, majd az így kapott szemcseméret-értékeket átlagoltuk.

## 2.3. Felületi SEM vizsgálatok

A henger futófelületéről és csiszolatáról további felvételeket készítettünk egy Philips XL 30 típusú SEM-mel.

Mivel a szabad grafitüreges olajtartó térfogatként funkcionálnak, jelentősen befolyásolják a súrlódási viszonyokat. Ennek meghatározására, hogy az alapanyagban megtalálható grafitlemezek helyén kialakult üregek hány százaléka befolyásolja

a súrlódási viszonyokat, bevezettük a GK szabadgrafitüreg-arány mutatószámot. Ezt a mutatószámot a következő módon adtuk meg:  $GK = (G_{csiszolat}/G_{felület}) \times 100$  (%), ahol  $G_{csiszolat}$  a futófelülettel párhuzamos csiszolaton (közel a felületi mérés helyéhez) mért grafit területaránya,  $G_{felület}$  pedig a felületen mért grafit területaránya. A grafitlemezek és az üregek területének mérését visszászórtelektron-detektorral készített SEM felvételeken határoztuk meg, ahol a sötét pixelek felelnek meg a grafitnak, illetve az üregeknek [20]. Mivel egy felvételeni területet nem találtunk elegendőnek, a kiértékelést képelemző szoftverrel 20 összeillesztett képen végeztük, így a vizsgált terület 1900×1600 μm-es volt. A GK mérőszám csak összehasonlításra szolgál, de azonos anyagra jól jellemzi a mechanikus előmunkálás és az azt követő lézersugaras kezelés együttes hatékonyságát.

## 2.4. Nanoindentációs keménység-mérések

Mivel a lézerkezelt réteg a hagyományos keménységmérési és mikro-keménység-mérési eljárások behatolási mélységéhez képest is igen vékony, a réteg keménységének meghatározását nanoindenterrel végeztük. A mérések az ELTE Anyagfizika Tanszékén Vickers-gyémánttal szerelt UMIS nanoindenterrel történtek. A terhelőerő 5 mN volt. A mérési pontokat egymástól 20 μm távolságra 20×20-as mérési raszterben rendeztük el. A 400 mérési pontot a követke-

2. táblázat. A FIB vizsgálatokhoz használt főbb paraméterek

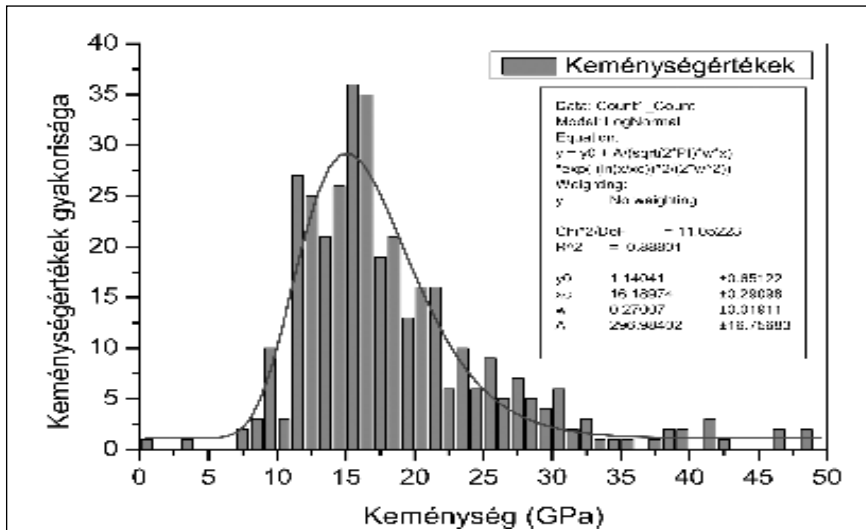
FIB műveleti lépés	Gyorsítófeszültség	Ionsugáráram
„Durva vágás”	30 kV	1 nA
„Finom vágás”	30 kV	200 pA
Ionsugaras maratás	30 kV	50 pA
Ionsugaras képfelvétel	30 kV	20 pA



ző kritériumok alapján szelektáltuk:

- maximális behatolási mélység 200 nm (átlagos behatolási mélység <150 nm);
  - nullpont hiba <10 nm;
  - visszaállási hiba <10 nm,
- majd a megmaradt mérési pontokat (legalább 250 érték) statisztikai módszerrel értékeltük ki. Adott terhelésenként a keménységértékeken Origin-programban végeztünk gyakoriságvizsgálatot, majd a kapott értékeket oszlopdiaqramban ábráztuk (2. ábra). Ezután megkerestük az erre a diagramra legjobban illeszkedő függvényt.

A felület keménységének meghatározására a lognormál-eloszlás függvény adta a legjobb illesztést. Az alapanyag keménységének meghatározásához – a felületi deformált réteg kialakulásának elkerülése érdekében – a csiszolaton visszaszórt elektron diffrakcióhoz szokásos mintaelőkészítést alkalmaztuk. A mintát beágyasztuk, és mint egy hétköznapi öntöttvas mintát, metallográfiai vizsgálatra előkészítettük [21]. Az 1 µm-es szemcseméretű Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> szuszpenziós polírozás után 10 másodpercig 2%-os nitál marószemben marattuk, majd a mintát automata polírozógépen tovább políroztuk 0,05 µm szemcseméretű SiO<sub>2</sub> szuszpenzióval. A gép beállításai: 5 N erő, 300 1/perc fordulatszám mellett 35 percig.



■ 2. ábra. A nanoindentérral mért felületkeménység-értékek gyakoriságának hisztogramja és az értékekre illesztett log-normal függvény

### 2.5. Mikrokeménység-mérések

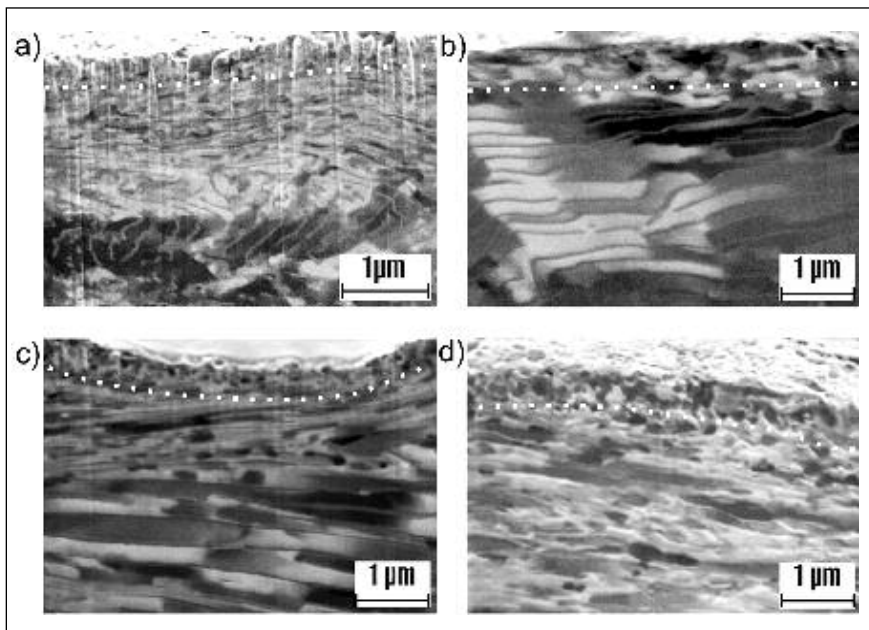
A mikrokeménység-mérések Buehler 1011 mikrokeménység-mérővel készültek, Vickers-piramis hegygel. A terhelés 1000, 500, 300, 200, 100, 50, 25 és 10 gramm volt. Minden terhelés mellett legalább 15 mérési pontot vettünk fel a felületen, és a nanoindenteres mérésnél leírt módszerrel értékeltük ki. A mérési eredményekre a Gauss-függvény adta a legjobb illesztést. A mérési pontokat úgy vettük fel, hogy elkerüljük a grafitkiválásokat és azok hatását. A 10 g terhelés mellett felvett lenyomatokat SEM felvételeken mértük meg.

### 3. Vizsgálati eredmények és értékelésük

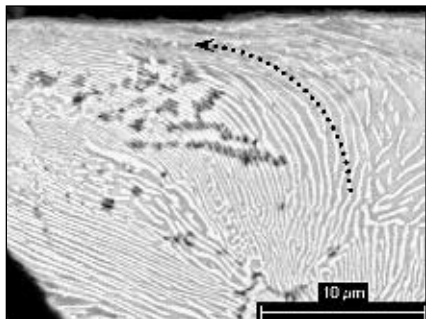
#### 3.1. Fókuszált ionsugaras vizsgálatok

A FIB keresztmetszeti csiszolat felvételein (3. ábra) jól látható, hogy lézersugaras kezelés hatására a felület megolvadt. Ahogy említettük, az Y1 minta az első ionsugaras lépésben („durva vágás”) 2 nA árammal készült, és láthatóan hullámosodott [22, 23], amit a további lépésekben sem sikerült eltávolítani. A jó felületi minőség elérése érdekében a többi minta csökkentett ionárammal készült. A megolvasztott réteg vastagságát képelemző szoftverrel FIB felvételeken is meghatároztuk (RFIB), továbbá megmértük még SEM felvételeken hagyományosan elkészített metszeti metallográfiai mintákon [21] is. A megolvasztott rétegvastagságok értékeit a 3. táblázat tartalmazza.

Ahogy látható, a megolvadt réteg vastagsága, a már hűlés után is hullámos felület miatt, tág határok között változik (0,5–2,1 µm), de kijelenthető, hogy néhány mérési hely kivételével körülbelül 1 µm vastag. Az átlagos szemcseméretet, amelyeket a FIB felvételek alapján határoztak meg, szintén a 3. táblázatban láthatók. Az átlagos szemcseméret az összes mintán 150–240 nm között volt, tehát az anyagrészt ultrafinom szemcseméretűnek tekinthető. A megolvadt felület ultrafinom szerkezete valószínűleg az igen nagy hűlési gradiens okozta nagy hűlési se-



■ 3. ábra. FIB felvételek a motorblokkok keresztmetszeti részéről. A lézersugarasan megolvasztott rész a pontozott vonal felett látható az a)–d) mintákon



■ 4. ábra. SEM-felvétel a futófelület csiszolatáról és a hónolászerszám forgásának irányába görbült cementtílemezek

besség következménye. A hőmérsékleti viszonyok vizsgálata céljából végelelemes szimulációt végeztünk, amely szerint a hűlési sebesség  $10^6$ - $10^8$  K/s között változhatott [24, 25].

Jól ismert, hogy szilárduláskor a kritikus csíraméret fordítottan arányos a túlhűtéssel:  $r = 2\gamma T_E / L \Delta T$ , ahol  $r$  a kritikus csíraméret sugara,  $\gamma$  – a

mag kritikus felületi energiája,  $T_E$  az egyensúlyi hőmérséklet (olvadáspont),  $L$  a látens hő szilárduláskor és  $\Delta T$  a túlhűtés. Esetünkben a túlhűtés igen nagy, mivel a megolvadt rész térfogata igen kicsi a környező szobahőmérsékletű tömbanyaghoz (motorblokk) képest. Ezért a kritikus csíraméret igen kicsi, tehát egyszerre sok csíra indul növekedésnek, a végleges szemcseméret kicsi lesz.

Ez alatt a réteg alatt az alapanyag-nak jóval nagyobb a szemcsemérete. Ezek a szemcsék enyhén görbültek a gépi furatmegmunkálási lépések (marás, hónolás) irányában (4. ábra).

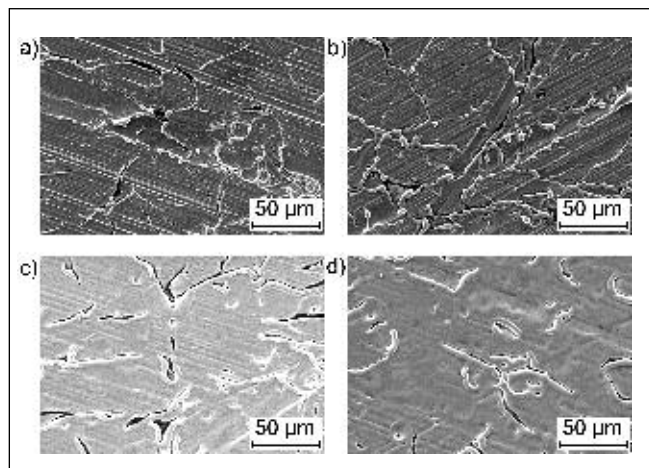
### 3.2. Felületi SEM-vizsgálatok

A felületek morfológiája is nagy mértékben befolyásolja az alkatrészek közötti súrlódási tulajdonságokat. A felületi morfológia vizsgálatára SEM-

ábra) jól látható, az *a* és *b* minta felülete nem egyenletesen olvadt meg, a grafitlemezek felett elkenődött fémréteg megolvadt és a felületi feszültség összehúzta a grafitlemezek mellé. Ezeknél a mintáknál még a hónolási karcok nyomai is láthatók. Ezek a jelenségek nem kívánatosak, mivel a hónolási karcokban el tud szökni az olaj a dugattyúgyűrű mellett, illetve a grafitlemezek melletti „kitüremkedések” a dugattyúgyűrűvel való érintkezéskor lekopnak és motorkárosodáshoz vezethetnek. A *c* és *d* mintáknál a nagyobb energiasűrűséggel kezelt, sokkal egyenletesebb, simább felület már alkalmazható motorban.

A képértékelő szoftverrel SEM-képeken meghatározott GK szabadgrafitüreg-arány mutatószámának változását a lézer teljesítménysűrűségének függvényében a 6. ábra mutatja.

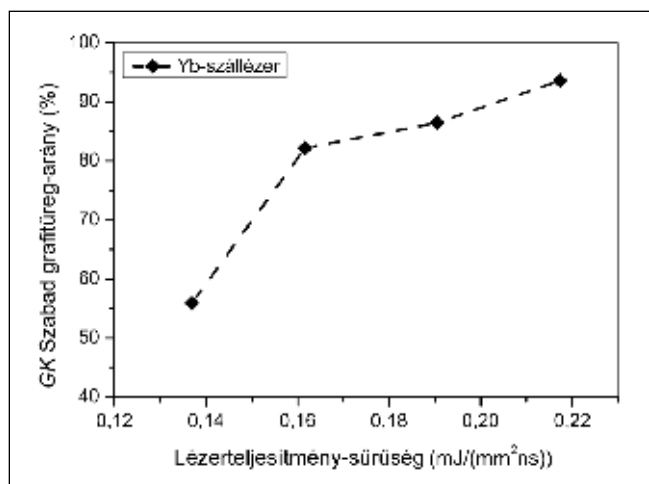
Ahogy az ábrán látható, a GK értéke a lézerteljesítmény-sűrűséggel monoton növekszik. Ez várható volt, hiszen a nagyobb lézerenergia-sűrűség vastagabb fémréteg elpárologtatására képes, illetve vastagabb réteg-felvételeken (5.



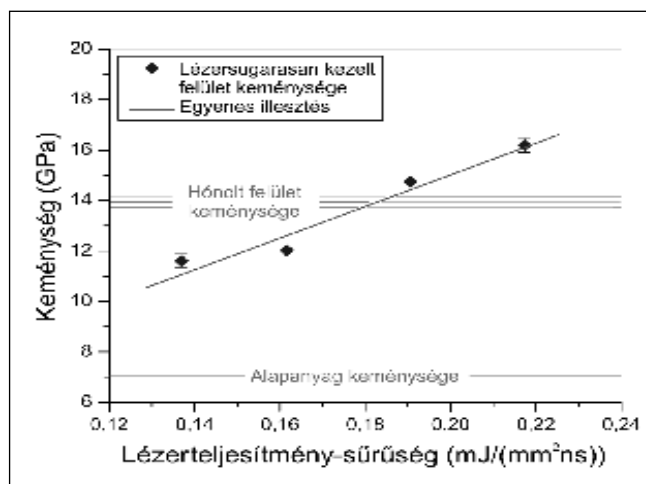
■ 5. ábra. SEM-felvétel a lézersugarasan kezelt felületről a)–d) minták

3. táblázat. A lézersugarasan megolvasztott réteg vastagsága FIB ( $R_{FIB}$ ) és SEM ( $R_{SEM}$ ) felvételeken mérve, illetve a FIB ( $d_{FIB}$ ) felvételeken mért szemcseméret

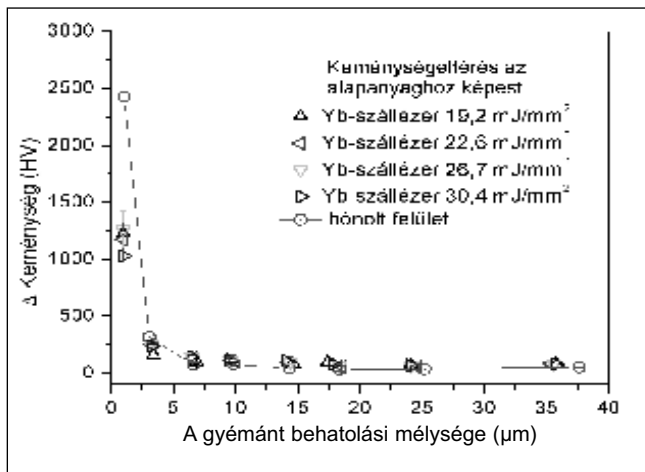
Minta	Megolvadt rétegvastagság		Szemcseméret
	$R_{FIB}$ ( $\mu\text{m}$ )	$R_{SEM}$ ( $\mu\text{m}$ )	$d_{FIB}$ (nm)
a	0,90 – 1,04	0,52 – 1,35	243
b	0,41 – 0,81	0,55 – 2,07	151
c	0,73 – 0,97	0,56 – 1,57	214
d	0,93 – 1,13	0,76 – 2,11	204



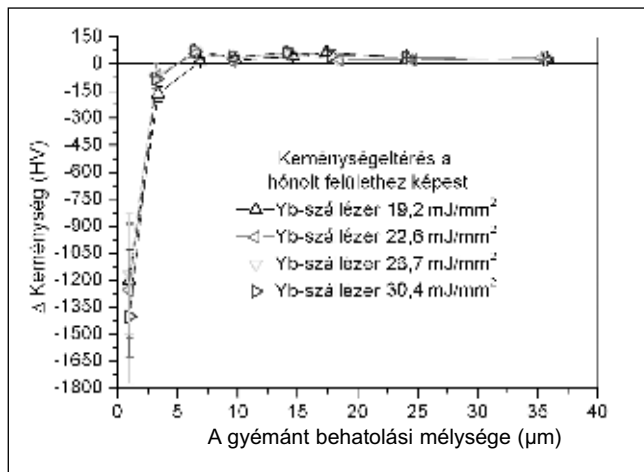
■ 6. ábra. A szabadgrafitüreg-arány (GK) változása Yb-szállézerrel kezelt mintasorozatnál a lézerteljesítmény-sűrűség függvényében



■ 7. ábra. Az alapanyag, a hónolt minta és az Yb-szállézerrel lézersugarasan kezelt minták (a)–d) minták) felületének keménységértékei



■ 8. ábra. Az Yb-szállézerrel kezelt mintasorozat (a)–d) minták keménységértékeiből kivonva az alapanyag keménységértékei



■ 9. ábra. Yb-szállézerrel kezelt mintasorozat (a)–d) minták keménységértékeiből kivonva a hőnolt felület keménységértékei

ezért a mélyebben fekvő grafitlemezek is láthatóvá válnak. Továbbá a lézersugaras kezelés nem zár be, csak kinyit, illetve létrehoz grafitüregeket. Ezért tehát, ha a látható grafitüreg hányada a felületen nő, joggal feltételezhető, hogy ezzel együtt az olajtartó térfogat is növekszik. A fent leírt módon definiált GK-grafitüregarány mérőszám csak és kizárólag két lézerkezelés egyazon anyagon történő összehasonlítására szolgál, és természetesen nem abszolút értékekben adja meg a tényleges olajtartó térfogatot. Mindazonáltal a GK jól jellemzi a mechanikai előmunkálás és az azt követő lézersugaras kezelés együttes hatékonyságát.

### 3.3. Nanoindentációs keménység-mérések

Az összes minta felülete jelentősen keményebb volt az alapanyagénál. Ahogy a 7. ábrán is látható, mechanikus hőnolás után jelentősen megnőtt a felület keménysége, ami a hőnolás által a felületen okozott jelentős képlékeny deformációval magyarázható. A lézersugaras kezelésnél az impulzus során plazma gyűl a felület felett, amely csak a felület tetejét olvasztja meg. A felület keménysége és a lézerteljesítmény növekedése között a vizsgált lézer teljesítménysűrűség-tartományban lineárisan növekvő trend látható. A keménységnövekedés valószínűleg a lézersugaras kezelés utáni ultrafinom szemcseszerkezetnek és a magas diszlokációsűrűségnek a következménye. A hőnolt felületnél keményebb felület létreho-

zásához körülbelül 18 mJ/(mm<sup>2</sup>ns) lézerteljesítmény-sűrűség szükséges. Annak a feltárására, hogy a kezelés mélyebb rétegekben is hatással volt-e a felületre, egyre növekvő terhelések mellett mikrokeménység-méréseket végeztünk.

### 3.4. Mikrokeménység-mérések

A mikrokeménység-értékeket a 8. és 9. ábra mutatja. A keménységértékekből a vízszintes tengelyre a Vickers-keménység képletével kiszámoltuk a gyémánt behatolási mélységét. Először az alapanyag különböző terheléssel mért keménységértékeit kivontuk a kezelt felületek keménységértékeiből (8. ábra). Minden minta keményebbnek mutatkozott az alapanyagnál, különösen az 1-3 μm gyémánt behatolási mélységig. 6 μm-nél nagyobb behatolásnál a hőnolt felület lágyabbnak mutatkozott a lézersugarasan kezeltéknél, míg kisebb behatolásnál ez volt a legkeményebb. Ez a nagy deformációnak és a magas diszlokációsűrűségnek a következménye a felület 1-3 μm-es rétegében. A lézersugarasan kezelt minták keménységértékei a szóráson belül azonosnak tekinthetők.

A 9. ábrán a hőnolt és a lézersugarasan kezelt felületek keménység-értékeit hasonlítottuk össze, ahol a hőnolt felület értékeit kivontuk a lézersugarasan kezeltékeiből. Látható, hogy a lézersugaras kezelés hatására a felületi réteg alatt egy lágyabb réteg található. Ezt a megolvadt felület alatt kilágyult rész okozta, amelyben a lézersugaras kezelés csökken-

tette a diszlokációsűrűséget. Ez a két réteg együttesen lágyabbnak mutatkozott a hőnolt felületnél, körülbelül 6 μm-es gyémánt behatolási mélységig. A legnagyobb energiasűrűséggel kezelt minta volt a leglágyabb, ahol a legmélyebb kilágyult réteg is várható.

## 4. Összegzés

A fenti mérések eredményeiből levonható, hogy a GJL-250 jelű öntöttvas Yb-szállézerrel történő lézersugaras kezelésekor a 0,1369–0,2173 mJ/(mm<sup>2</sup>ns) lézerteljesítmény-sűrűség tartományában a hőnolt felület 1–2 μm mélyen megolvad, és ultrafinom szemcseszerkezetű réteg jön létre. A nanoindentációs keménység-mérések tanulsága szerint az alapanyaghoz képest jelentősen megnőtt a kezelt felület keménysége, és az a lézerteljesítmény függvényében lineárisan nőtt. A mikrokeménység-mérések szerint viszont a hőnolt felület volt a legkeményebb, vagyis a lézeres kezelés látszólag lágyulást okozott. Mivel a mikrokeménység-mérésnek jóval nagyobb a behatolási mélysége, mint a nanoindentációnak, ezért a fenti megfigyelés csak úgy értelmezhető, hogy a felületi vékony, nagy keménységű réteg alatt egy jóval lágyabb réteg jött létre.

A kidolgozott GK szabadgrafitüregarány mérőszám azonos alapanyagnál jól jellemzi a hőnolás és az azt követő lézersugaras kezelés hatékonyságát. A vizsgált lézerteljesítmény-tartományban azt találtuk, hogy az a teljesítménysűrűség növekedésével monoton nőtt.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönet *dr. Tóth Attilának* a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézetéből, ahol a FIB vizsgálatok készültek. Köszönet illeti továbbá *dr. Gubicza Jenőt*, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Anyagfizika Tanszékéről, ahol a nanoindenteres keménységmérések készültek. A munka szakmai tartalma kapcsolódik a „Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen” c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az ÚMFT TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja. A cikk a Bólyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

## Irodalom

- [1] *H. Lindner – H. W. Bergmann – C. Brandenstein – R.Q. Lang – A. S. Reichstein – E. Stengel*: UV-Laserbelichtung von Grauguß-Zylinderlaufbahnen von Verbrennungskraftmaschinen, VDI-Berichte, 1764 (2003) 73–96.
- [2] *L. Migliore*: Laser Materials Processing, Marcel Dekker, inc., New York, 1996.
- [3] *C. E. Webb*: Handbook of laser technology and applications, 3 (2004) 301.
- [4] *J. C. Ion*: Laser Processing of Engineering Materials, Elsevier, 2005.
- [5] *J. F. Ready*: LIA Handbook of Laser Materials Processing, Laser Institut of America Magnolia Publishing, Inc., 2001.
- [6] *X.-b. Liu – G. Yu – J. Guo – Q.-y. Shang – Z.-g. Zhang – Y.-j. Gu*: Analysis of Laser Surface Hardened Layers of Automobile Engine Cylinder Liner, Journal of Iron and Steel Research, International, 14 (2007) 42–46.
- [7] *J. de Damborenea*: Surface modification of metals by high power lasers, Surface and Coatings Technology, 100–101 (1998) 377–382.
- [8] *G. Duffet – P. Sallamand – A. B. Vannes*: Improvement in friction by cw Nd:YAG laser surface treatment on cast iron cylinder bore, Applied Surface Science, 205 (2003) 289–296.
- [9] *J. H. Abboud – K. Y. Benyounis – A. G. Olabi – M. S. J. Hashmi*: Laser surface treatments of iron-based substrates for automotive application, Journal of Materials Processing Technology, 182 (2007) 427–431.
- [10] *T. Xin – Z. Hong – C. Li – Z. Zhihui – R. Lu-quan*: Effects of C content on the thermal fatigue resistance of cast iron with biomimetic non-smooth surface, International Journal of Fatigue, 30 (2008) 1125–1133.
- [11] *G. Knoll – V. Lagemann – R. Lechtape-Grüter – A. Robota – F. Schlerege*: Beeinflussung des Ölverbrauchs von Verbrennungsmotoren durch die Mikrohydrodynamik strukturierter Zylinderbores, VDI-Berichte 1764 (2003) 63–72.
- [12] *L. Byrnes – M. Kramer – G. Flores*: HVOF-Coating of Cylinder Bores, VDI-Berichte, 1764 (2003) 97–110.
- [13] *B. Gérard*: Application of thermal spraying in the automobile industry, Surface and Coatings Technology, 201 (2006) 2028–2031.
- [14] *K. Bobzin – F. Ernst – K. Richardt – T. Schlaefer – C. Verpoort – G. Flores*: Thermal spraying of cylinder bores with the Plasma Transferred Wire Arc process, Surface and Coatings Technology, 202 (2008) 4438–4443.
- [15] *P. Andersson – J. Koskinen – S. Varjus – Y. Gerbig – H. Haefke – S. Georgiou – B. Zhmud – W. Buss*: Microlubrication effect by laser-textured steel surfaces, Wear, 262 (2007) 369–379.
- [16] *L. Herbst – H. Lindner – M. Heglin – T. Hoult*: Targeting diesel engine efficiency, in: Industrial laser solutions for manufacturing, 2004.
- [17] *K. Májlínger – P. J. Szabó*: Measuring the effects of some laser parameters on the surface and near surface region of laser treated cast iron cylinder bore, Periodica Polytechnica Mechanical Engineering, 52 (2008) 71–76.
- [18] *K. Májlínger – P. J. Szabó*: The effects of some laser parameters on the surface and near surface region of laser treated cast iron cylinder bore, Journal of Physics: Conference Series, 240 (2010) 1–4.
- [19] *K. Májlínger – P. J. Szabó*: Laser Treatment of Cast Iron Engine Cylinder Bore with Nanosecond Laser Pulses, Materials Science Forum, 659 (2010) 319–324.
- [20] *K. Májlínger – P. J. Szabó*: Robbanómotor-hengerek futófelületének lézersugaras kezelése, Bányászati és Kohászati Lapok Kohászat, 142 (2009) 41–46.
- [21] *J. M. Radzikowska*: Effect of specimen preparation on evaluation of cast iron microstructures, Materials Characterization, 54 (2005) 287–304.
- [22] *W. Y. Kwong – W. Y. Zhang*: Electron-beam assisted platinum deposition as a protective layer for FIB and TEM applications, in: Semiconductor Manufacturing, 2005. ISSM 2005, IEEE International Symposium on, 2005, pp. 469–471.
- [23] *P. R. Munroe*: The application of focused ion beam microscopy in the material sciences, Materials Characterization, 60 (2009) 2–13.
- [24] *K. Májlínger – K. Bobor*: Felületi réteg kialakulása öntöttvas motorblokkok hengerfuratának falán lézerkezelés hatására, OGÉT 2010 – XVIII. Nemzetközi Gépészeti Találkozó, (2010) 273–276.
- [25] *K. Májlínger – P. J. Szabó – K. Bobor*: Formation of surface layer on cast iron cylinder bore due to nanosecond laser impulses, Periodica Polytechnica Mechanical Engineering, 53 (2009) 75–80.

# Az ágyúgyártás különös nehézségei Háromszéken 1848–1849-ben\*

*A szabadságharc felemelő epizódja a fegyveres önvédelmet választó Háromszék bátor harca a túlerővel szemben. A küzdelem meghatározó alakja, a helytállás egyik jelképe a „székely ágyúhős”: Gábor Áron. Nem lehet eléggé méltatni azt az akaratot, tudást, hazaszeretetet és bátorságot, amellyel a semmiből teremtett hadiipart, tűzéretet oktatót, harcolt és végül életét áldozta hazájáért.*

*Gábor Áron nyilvánvalóan igen jól ismerte kora öntészeti technikáit, de az öntődében szükséges szakmunkák fogásait is. Járatos volt az ágyúöntésben, és itt értsük a járatosságot a szó 19. századi értelmében: ismerte és alkalmazta az ágyúcső tervezésének, méretezésének szabályait, az azt előállítani képes technológia létrehozásának, megteremtésének módjait, és végül az ezekhez szükséges munkafolyamatok gyakorlati fogásait is. Elméleti és gyakorlati ismereteit nagy szabadsággal és rendkívül találékonysággal alkalmazta, így képes volt az ágyú minden alkatrészét, még a korabeli hadiipar legnagyobb technikai fejlettségét, beruházást, háttér- és ipart igénylő produktumát, az ágyúcsövet is előállítani.*

*A cikk azt a technológiai tervezőmunkát és gyártási metódust mutatja be, mely lehetővé tette Háromszék felfegyverzését Gábor Áron híres rézágyúival.*

körűen alkalmazott elveknek köszönhetően a csőfurat és a lövedék közti méretkülönbség csökkent. A kevesebb gázvesztés okán kisebb lett a löportöltet és ezáltal a lövegcső tömege, és a csekélyebb csőkopás miatt nőtt a löveg élettartama. Azonos típuson (űrméretben) belül a lövegek méretei, lőtulajdonságai a megengedett eltérésektől eltekintve azonosak, lövegfelszerelésük, lőszerük, irányzóeszközeik felcserélhetőek voltak, kiszolgálásuk eszközei és módjai megegyeztek.

Bátran kijelenthetjük, hogy egy jól elkészített löveg a korabeli ipar csúcsterméke, létrejötté elképzelhetetlen fejlett kohászati és öntészeti háttér nélkül. A korszak fegyvergyárai jól felszerelt, magas fokon specializálódott hadiüzemek, komoly háttér- és iparral és rendkívül jól képzett szakembergárdával. Érthető a „főtiszt urak” szkepticizmusa, akik tulajdonképpen józan katonák módjára mérik fel: ilyen gyár felállítását Háromszéken lehetetlen. Nem számolhatnak Gábor Áron találékonyságával, aki nem is próbálkozik modern üzem beindításával, helyette visszatér az ágyúgyártás régebbi, bonyolultabb, de kevesebb technikai beruházást igénylő módszeréhez.

## A bronzágyúk gyártástechnológiájának fejlődése a 18. századig [3]

A 14. század elején megjelent, mocsárszerű vagy inkább váza formájú ágyúk anyaga már bronz volt [4]. A 14. század végére, a 15. század elejére a „kovácsvasból” – ami a mai besorolás szerint szerkezeti acél – készített (kovácsolt!) ágyúk váltak uralkodóvá [5]. A bronzból való ágyúöntés megtorpanását valószínűleg a hosszabb csövű lövegekre már nem alkalmazható harangöntő módszer okozta. A 15. század közepére ismét a bronzágyúk kerültek túlsúlyba. Az ágyúkat ekkor már nem a harangokhoz hasonlóan, torkolattal lefelé öntötték, ál-

## A sepsiszentgyörgyi népgyűlések

1848 novemberében a Habsburgok által körülrzárt Háromszék a megadás vagy a fegyveres önvédelem között választhatott. November 11–12-én, 15–16-án, 23-án és 28-án tartottak Sepsiszentgyörgyön honvédelmi bizottsági és népgyűléseket, melyeken az önvédelem mellett döntöttek. November 11–12-én ez még feltételes elhatározás volt, hiszen átiratot intéztek a General Commando-hoz a tárgyalások megkezdésére. Puchner tábornok elutasító válasza, a forradalmi lelkesedés és Gábor Áron vaságyúinak dörrenése 28-ára ezt szilárd elhatározássá változtatta.

A november 16-i [1] sepsiszentgyörgyi népgyűlésen a megjelent katonatisztek az ágyú, lőszer és egyéb

felszerelések nélküli Háromszék önvédelmi harcát esélytelennek ítélték. Gábor Áron a következő felajánlással élt: „Uraim! Hallom, hogy a főtiszt urak azt mondják, meg kell hajolnunk az ellenség előtt, mivel nincs muníció, nincs ágyú. Uraim, ha csak ez a baj, úgy én azt mondom, hogy két hét alatt lesz ágyú, lesz muníció, amennyi csak kell” [2].

## Az ágyúgyártás nehézségei

A korszak fegyvernemei között a tűzérés hatékonyságát befolyásolja legjobban a technikai háttér. Eszközei a korszakban már kiforrott technológiával előállított, szabványos lövegek. A Jean Baptiste Vaquette de Gribeauval által kidolgozott és a napóleoni háborúkban már széles-

*Bán Attila 1998-ban végzett gépészmérnökként a kecskeméti Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskolán. Ez évtől a Hadtörténelmi Múzeum Állagvédelmi Alosztályának vezetője és hivatásos katona. 2008 júniusában szerzett egyetemi oklevelet a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának kohómérnöki szakán, öntészeti szakirányon. Jelenleg a HM HIM Hadtörténelmi Múzeum igazgatóhelyettese.*

\*A cikk az *Acta Siculica* 2010 323–338. oldalán hasonló címen megjelent tanulmány rövidített változata.

talánosan elterjedt az ágyúcső torkolattal felfelé öntése és nagyméretű tápfej alkalmazása a csőtorkolaton. A csöveket eleve üregesre öntötték, majd a furatot ágyúfúróval simították. Az öntvényminta és az öntőforma anyaga és elkészítése a 18. század elejéig a harangokéhoz erősen hasonló maradt. Ez az eljárás igen pontos és jó minőségű öntvényeket eredményezett, de termelékenysége – az égetett agyagforma hosszú szárítási ideje és a részben agyagból készített minta egyszeri fölhasználhatósága miatt – alacsony volt.

### A cső fúrásának fejlesztése

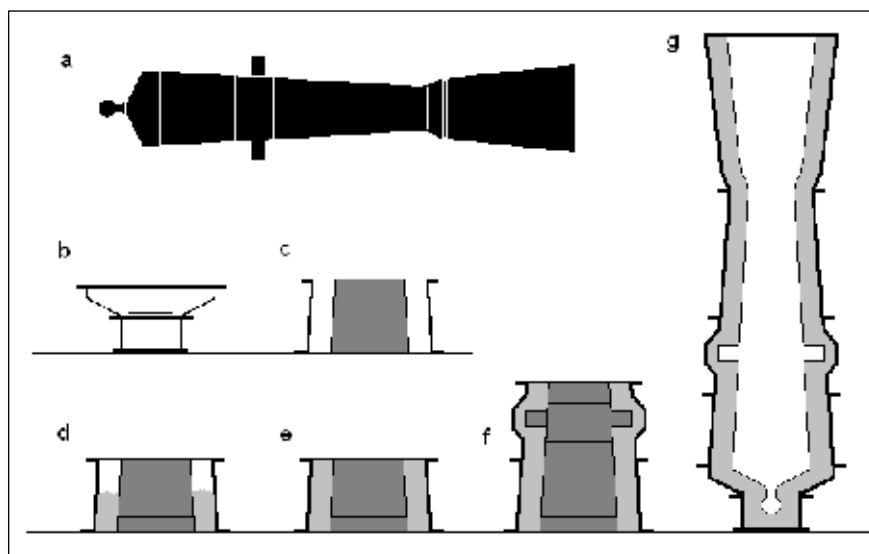
A fejlesztések egyik kulcsa az ágyúcső fúrásának modernizálásában rejlett. Ezt a *Jean Maritz* által Franciaországban, 1713 körül [6] bevezetett függőleges elrendezésű fúrógép tette lehetővé. Az ágyúcső itt saját súlyánál fogva ereszkedett a forgó fúrófejre. Ez a módszer lehetővé tette, hogy a csövet „telibefúróják”, tehát az üreg nélkül öntött, tömör lövegcsőbe a furatot elkészítsék. Nem lehet eléggé hangsúlyozni az új technológia előnyeit: feleslegessé vált a nagy gondosságot igénylő magkészítés, és a mag rendkívül körülményes rögzítése az öntőformában. Nem fenyegetett az a veszély, hogy a mag a csőbe szorul. A tápfej működése is biztosabbá vált, hiszen éppen az öntvény középső részében (ahol addig a mag volt) maradt öntéskor a legtovább folyékony a fém.

Körülbelül két évtized kellett az újabb fejlesztéshez: az ágyúcsövet vízszintes helyzetben, egy esztergáchoz hasonló géppel forgatták meg, és az álló fúrófejet nyomták bele. Ez a pontos furatkészítő eljárás tette lehetővé a Gribeauval-rendszer bevezetését.

### Az öntőforma előállításának egyszerűsítése

Az öntőforma fejlesztésének fő hajtóereje a rendkívül időigényes (és ezért drága) minta- és formakészítés egyszerűsítése, gyorsabbá tétele volt.

Két dolog okozta a munkafolyamat lassúságát. Először is, az agyagminta és -forma készítése során az egymás után felhordott rétegek szárítása, égetése nem volt lényegesen gyorsítható: amíg a felhordott rétegben ned-



■ 1. ábra. Ágyú formázása formaszekrényvel öntőhomokba. a – a kész öntvény a tápfejjel; b – a csővéggomb és a csőfar formaszekrénye; c – a legnagyobb átmérőjű rész formaszekrényének (fekete) metszete, benne a minta (sötétszürke); d – mint az előző, de homokkal (világosszürke) félig földöngölve; e – a legvastagabb rész elkészült formája (világosszürke) a benne hagyott mintával; f – a következő formaszakasz elkészülte; g – az összeállított öntőforma

vesség maradt, addig a következőt nem lehetett rávinni, de a túlságosan gyors szárítás – és különösen az égetés – az agyag repedését okozhatta. Másik oka a lassúságnak az volt, hogy a formázás végén az öntőminta megsemmisült, tehát minden ágyúhoz újat kellett készíteni.

Alapvetően az öntőminta kímélésével gyorsította a munkát az új eljárás. A többször felhasználható öntőmintát egy darabban esztergálták, fából, vagy a nedvesség okozta méret- és alakváltozások elkerülése érdekében sárgarézből, esetleg ónötözetből.

A mintát vízszintes homokágyra fektették, és a közepéig belenyomták, úgy, hogy a minta egyik fele a homok síkja alatt, a másik felette volt. (Tehát képzeletbeli hossz tengelye a homok felszínének síkjába esett.) A kiálló mintafélre a régi módszer szerint hordták föl az agyagrétegeket, majd följük tüzet rakva, mindegyiket kiszárították. A mintát ekkor kiemelték és megfordították, így a rátapadt formafél került alulra, és láthatóvá vált annak vízszintes, sík, eddig a homokkal érintkező felülete, amit bekentek fekeccsel – ami ebben az esetben finoman porított faszenet tartalmazó agyagos víz volt –, hogy a most elkészítendő formafél ne tapadjon hozzá. Az előzőekhez hasonlóan vonták be a minta kiálló részét, külön ügyelve arra, hogy az erősítő vasalás pontosan ugyanolyan legyen, mint a

másik félen, hogy a két formafelet ennek segítségével össze tudják majd kapcsolni.

Mikor kiszáradt, a felső formafelet leemelték, az alsóból kivették a mintát, és mindkettő belsejét gondosan fekecselték, nehogy a folyékony fém megégesse vagy az öntvényhez hozzátapadjon. A két formafelet összeillesztették, és a vasalásokat kapcsokkal, csavarokkal vagy dróttal egyesítették. Ezután a formát így együtt még egyszer kiegészítették, majd torkolatlan fölé az öntőgödörbe állították, körbedöngölték, és ugyanúgy öntöttek, ahogy az a régi eljárásnál volt megszokott [7].

### Új formázóanyag alapuló technológia

Gábor Áron korában az ágyúöntés legmodernebb technológiája a homokformába való öntés volt. Ennek a módszernek nyilvánvaló előnye a formázás egyszerűsödése és a jóval rövidebb formaszárítási és dermedési idő.

Az ágyú mintáját több darabból állították össze, és különleges, a mintának megfelelő formázószekrényeket is készítettek, általában öntöttvasból. Ezt legegyszerűbb úgy elképzelni, mintha a függőlegesen felállított mintát és az azt jókora, de nagyjából állandó hézaggal körülvevő alakos formázószekrényt vízszintesen több darabra szeletelték volna (1. ábra).

A csővéggombot és a csőfar mere-deken szélesedő homlokfelületét kialakító forma kehelyszerű szekrényét külön kezelték (1. ábra, „b”), a formázást a csőfar legszélesebb részénél kezdték. A szekrényt szilárd, sima felületre állították, a közepére tették a megfelelő mintát (1. ábra, „c”), és a köztük lévő hézagot a formázóhomokkal bedöngölték (1. ábra, „d”). A homok tetejét vízszintesre lehúzták, és fekecselték, hogy a következő adag homok ne tapadjon hozzá (1. ábra, „e”). Ezután a formázószekrényre rátették a következő darab formázószekrényét, és rögzítették azt. A belevaló minta alját ráültették a már körbedöngölt minta tetejére, és ismét homokot döngöltek a formázószekrény és a minta közé (1. ábra, „f”). Ezt mindaddig folytatták, míg az ágyút és a ráültetett tápfejet teljes hosszában be nem formázták.

A teljes hossz elérésével a formázószekrényeket szétkapcsolták, mindegyik közepéből kihúzták a mintát, de benne hagyták a bedöngölt homokot. Az így nyert „szeketeket” szárítókamrában teljesen kiszáritották. Mivel a formázószekrényeket végig a formaszekreteken hagyták, a formát az öntögödörben könnyen össze tudták állítani (1. ábra, „g”). Az öntöttvas formázószekrények elég szilárdak voltak ahhoz, hogy az öntőformát ne kelljen homokkal körbevenni az öntés során fellépő erőhatások elviselésére [8].

### A bodvaji ágyúöntés megszervezése [9]

Régóta ismert volt a vastartalmú ásványok gyakori előfordulása Erdővidéken. Az Európa-szerte fellendülő kereslet hatására a 19. század első felében három vasművet létesítettek egymáshoz viszonylag közel: a Magyarhermány melletti Bodvajban, Erdőfűlében és Lövétén. A következő évtizedekben a Székelyföld vas használati tárgyainak túlnyomó részét ez a három vasmű állította elő, melyeket ezért székely kohóknak neveztek.

A bodvaji vasmű Székelyföld egyik legmodernebb üzeme volt. Ágyúöntésre készülődvén a három székely kohó közül a lövétei talán a fekvése miatt nem került szóba, a kortársak pedig, úgy látszik, az egymáshoz közel fekvő fülei és a bodvaji kohók közül az utóbbit gondolták alkalma-

sabbnak erre a feladatra. Odáig mentek ennek elgondolásában, hogy az agyagfalvi gyűlés ideje alatt (1848. október 16–18.) híre terjedt, a szászok Magyarhermányban ágyúkat öntetnek. *Daniel Gábor* bardocszéki alkirálybíró ment a hírt kivizsgálni, de ágyúkat, vagy ágyúöntésre utaló jeleket nem talált [10].

Gábor Áron jól ismerte a bodvaji kohót, sőt már híres fogadalma előtt járt itt és előkészült az ágyúöntésre. November 4-én felkereste *Berde Mózes* kormánybiztost, aki megbízta, öntsön ágyút Háromszéknek [11]. Gábor Áron november 12-én többedmagával Bodvajba ment. A csapatban volt mások mellett *Bene József* hadnagy, *Kiss János* harangöntő és *Monoki Antal* tizedes, a huszárezred kerékgyártó műhelyéből. A csapat összetétele árulkodó: maga Gábor Áron tudott öntőmintát csinálni, a harangöntő jól ismerte a harangokéhoz hasonló technikát kívánó öntőforma elkészítésének fogásait, a vas olvasztását és öntését értő szakember pedig volt Bodvajban. A kerékgyártó mester jelenléte azt sugallja, hogy a csöveket a helyszínen kívánták folszerelni, tehát lövegtalppal és a lövegmozdonnyal ellátni.

Késő este érték Bodvajba, a munkát másnap kezdték a szükséges eszközök összegyűjtésével. Megkapták *Nagy Ábrahám* malomépítő mester nagyméretű esztergapadját, a többi hiányzó dolgot Magyarhermány népe adta össze. Elsőnek – próbaképpen – egy háromfontos ágyút készítettek. *Bene* hadnagy lőport hozatott, és az ágyú állta a próbálövéseket. Ezután elkészítették két hatfontos ágyú öntőformáját, és hamarosan sikeres öntést ünnepelhettek [12].

Az ágyúk készítéséhez teljesen új technológiát kellett kidolgozni: nem volt lehetőség függőlegesen önteni azokat (valószínűleg nem volt elég mély az öntögödör), és nem volt ágyúfúró, amivel a csövet kifúrhatták volna, az öntvény anyagául pedig csak vas állt rendelkezésre. Az ágyúkat tehát a szokásostól eltérően vízszintes helyzetben, vasból és furattal kellett önteni. A három eltérés közül egy is komoly feladat elé állítaná a technológust, így együtt azt jelentette, hogy a forma méretét növelni kellett a ridegebb alapanyag miatt, alakját módosítani a csőfuratot képző

mag okán, illetve egyedi beömlőrendszert és tápfejet kellett tervezni a vízszintes öntéshelyzet következtében.

Az öntőmintát eszterga segítségével kimunkálták, és a „két füle között” – tehát az ágyú lövéthelyzete szerint függőleges síkban – kettéfűrészelték. A két fél hengert „agyaggal töltött ládákbán” – agyagos formázókeveréket tartalmazó formaszekrényekbe – beformázták.

Ez a technológia sajátos keveréke az előzőekben leírt (lásd *Az öntőforma előállításának egyszerűsítése*) korszerűsített, sárformára alapuló eljárásnak és a formázóhomokot használó szekrényformázásnak. A formázóanyag nedves agyag (sár), de a minta megosztása a modernebb szekrényformázáshoz kell.

A csőfurat elkészítése érdekében visszatértek az ősi módszerhez: „agyaggal vastagon bevont tölgyfa hengert” [13] (magot) helyeztek a formába, hogy az a furatot megadja. A mag csőszáj felőli befogására az összeszerelt formát kifúrták, és ebbe a furatba szorították az agyagos tölgyfahengert, amit a csőfarnál háromágú vas magtámasz biztosított [14]. Az öntvény méretezésénél igyekeztek a Gribbeauval-rendszer utasításait követni, de az ágyú külső méreteit a kellő szilárdság elérése érdekében megnövelték. Erre annál is inkább szükség lehetett, mert az ágyúk anyaga nem volt homogén [15]. Az inhomogenitás okozta – és esetleg a forma ráégése az öntvény felületére [16] –, hogy „Gábor Áron első ágyúinak külalakja nem volt csinosnak mondható” – ahogy azt *Egyed Ákos* igen finoman megfogalmazta.

A vízszintes öntési helyzet kompenzálására bizonyára több, nagyobb méretű tápfejet és lélegzőt alakítottak ki a forma felső részében [17].

Az öntés után az ágyúcsöveket letisztították, a fentiek értelmében nem is annyira kívülről, inkább hosszú nyelkebe ütött vésőkkel a cső furatát simítva [18]. A furat illetően kezelése azt mutatja, hogy semmilyen csőfúrójuk nem volt.

A két ágyúcsövet ezután föl kellett szerelni, legfőképpen ágyútalppal és a vontatást lehetővé tevő lövegmozdonnyal ellátni. A kész lövegekkel 27-én érték *Sepsiszentgyörgyre* [19], ahol *Kiss János* harangöntő műhelyében végezték el az utolsó simításokat.

Másnap az ágyúk fényes sikerrel vizsgáztak, és Gábor Áront az ágyúöntés folytatásával bízták meg [20].

## Ágyúöntés Sepsiszentgyörgyön

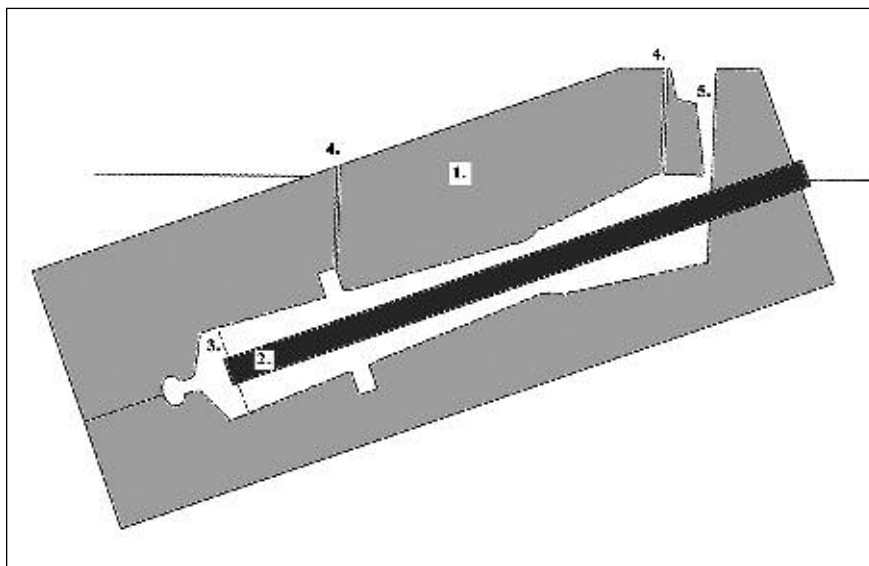
Erdővidék megszállása után Bodvajban nem lehetett folytatni az ágyúöntést. Kézenfekvő megoldásul kínálkozott Kiss János harangöntő műhelye. Gábor Áron itt négy darab háromfontos ágyút öntött, felajánlott harangok anyagából, amihez rezet adtak, hogy csökkentsék az ötvözetben az ón arányát. Az öntés módszere a bodvajhoz hasonló volt, amint az is, hogy az alapanyag itt sem olvadt be tökéletesen, ezért – és a vízszintes öntési helyzet folytán a formába szorult levegő és szennyezők miatt – ezek az ágyúk is „ripacsosak és hólyagosak” lettek [21]. A tökéletlen öntés miatt az ágyúk külméreteit itt is megnövelték.

Tisztázni kell most, hogy valójában miből készült a rézágyú. A Gábor Áron későbbi ágyúhoz mintául szolgáló osztrák hatfontos ágyú anyagául 10:1 arányú réz-ón ötvözetet írtak elő [22], ez körülbelül 9 százalékos óntartalmat jelent. Lehetséges, hogy az alapanyagok különféle ötvöző- és szennyezőanyag-tartalma miatt ezt az arányt pontosan nem tudták beállítani, de biztos, hogy erre törekedtek. A rézágyú tehát valójában (ón-) bronzágyú.

## Ágyúöntés Kézdivásárhelyen

Turóczi Mózes rézöntő szaktudása és jól felszerelt műhelye alapot adott az ágyúöntés kézdivásárhelyi megkezdéséhez. Már 1848. november 4-én ott volt a megbeszélésen Berde Mózesnél [23]. Gábor Áron itt kapta a hivatalos megbízást ágyúöntésre, de innen hazatérve Turóczi is rögtön nekilátott a műhely berendezéséhez, sőt, meg is öntött egy ágyút [24].

Gábor Áron decemberben kezdett itt tevékenykedni. A következő év elején özönlöttek a harangok Kézdivásárhelyre. Komoly támogatás érkezett a kormánytól [25], és a rézöntő műhely valódi hadiüzemmé vált. Nyolc részlege volt: ágyúöntő, esztergályos, lakatos, kovács, asztalos, kezes, nyerges és szerszámkészítő. Ebben a gyárban teljes, felszerelt lövegeket tudtak előállítani.



■ 2. ábra. A Turóczi-műhelyben alkalmazott eljárás egy lehetséges módja. 1. – öntőforma; 2 – mag; 3 – magtámasz; 4 – lélegző; 5 – beömlő

Javítottak az öntési eljárásán. Már nem vízszintes helyzetben, hanem a formát körülbelül 30 fokban megdőntve készítették az ágyúcsöveket. Legfontosabb mégis, hogy Turóczinak „volt ideje, hogy semmi elhamarkodva ne történjék” [25]. Ami azonban az utalásokban felbukkanó Turóczi feltalálta ágyúfúrórt illeti [26], Szabó Sámuel teljesen egyértelműen ugyanolyanok írja le a formakészítést, mint Gábor Áron előző műhelyeiben: maggal, eleve furattal öntve a csövet [27]. Eszerint az említett fúró inkább a csőfurat simítására volt alkalmas.

Itt figyelhetjük meg a háromszéki ágyúöntés legfejlettebb formáját (2. ábra). Az alábbiakban megkísérlem az alkalmazott technológia rekonstruálását a fennmaradt visszaemlékezések, az öntészet korabeli és a megelőző korokban alkalmazott eljárásai, valamint a mai gyakorlat fényében. Amit leírok, semmiben nem mond ellent ezeknek, de természetesen fennáll a lehetősége, hogy ott és akkor (ha talán egészében nem is) részleteiben ettől eltértek.

Az öntőmintát eszterga segítségével kimunkálták, és az ágyú lövéhelyzete szerinti függőleges síkban kettéfűrészelték. A két fél csövet nedves agyagos formázókeveréket tartalmazó formaszekrényekbe beformázták. A leírtakból eredően fölfelé álló csőcsapra valószínűleg légzőt vezettek, abból a levegő másként nem távozhatott (2. ábra, a balra lévő „4”). A beömlő és a mellette lévő légző hasonló lehetett, és hasonlóképp a

tápfejen állhatott, mint amit ma harangöntésnél alkalmaznak (2. ábra, jobb oldali „4”, „5”). A formát kiszárították, majd az ürméretnek megfelelő fúróval előlről kifúrták. (Itt, a nagyobb sorozat okán valószínűnek tartom, hogy ezt a furatot egy, az ágyúminta torkolati részéből kiálló hengerrel képezheték ki, így nem kellett külön lépésben megfúrni a formát.) A szét szerelt formába agyaggal vastagon bevont tölgyfa hengert helyeztek (2. ábra, „2”), melyet a torkolatnál a furat, a csőfarnál pedig egy háromágú vas magtámasz rögzített (2. ábra, „3”). A formát összerakták, és körülbelül harminc fokos szögben az öntőgödörbe beásták. Ez a dőlés már elég lehetett ahhoz, hogy öntéskor az ágyú anyagából a szennyeződések és a gázbuorékok eltávozhasanak. Öntés után az ágyúcsövet tisztították, a csőfuratot fúróval simították, az ágyút felszerelték.

Kézdivásárhelyen Turóczi első, fúrt ágyúját nem számítva, 63 ágyút öntöttek [28].

## A Háromszéken öntött ágyúk (Összegzés helyett)

Háromszéken (illetve a szomszédos, udvarhelyszéki Bodvajban) 1848 novembere és 1849 júniusa között összesen hetvenegy ágyút öntöttek [28, 29]. A Kézdivásárhelyen 1849-ben öntött 63 löveg megfelelt a harctéri követelményeknek. A modern hadiüzemek által előállított ágyúk per sze megbízhatóbbak voltak, a Gábor



Áron öntötte lövegek hajlamosabbak voltak repedésre [30]. De azok a modern ágyúk olyan körülmények közt készültek, melyekről Háromszéken álmodni sem lehetett. Az adott viszonyok között ez a darabszám és minőség az elérhető maximum volt, olyan tetőpont egyben, amit egy átlagos mérnök képtelen lett volna elérni. A régi és az új technológiák leleményes ötvözése, valamint a szervezőmunka, amely lehetővé tette a kialakított új technológiával ennek a viszonylag magas darabszámnak az elérését, a háromszéki ágyúgyártás megteremtőjét, a székely ágyúhóst, Gábor Áront dicséri.

### Irodalom

- [1] *Egyed Ákos*: Háromszék 1848–49, Bukarest, 1979. 116. o.
- [2] *Orbán Balázs*: A Székelyföld leírása, III., Háromszék. Pest, 1869. 177. o.
- [3] Bővebben lásd a szerző „Középkori és kora újkori bronzágyúk öntéstechnológiájának vizsgálata” című cikkét a Bányászati és Kohászati Lapok (Kohászat) 2009/1. számában
- [4] *Aitchison, Leslie*: A History of Metals, London, 1960. 332. o.
- [5] *ffoulkes, Charles*: The Gun-Founders in England, London, 1969. 9. o.
- [6] *McNeil, Ian*: An Encyclopaedia of the History of Technology, London, 1990. 396. o.
- [7] Encyclopaedia Britannica, VI. kiadás, 2. kötet, Edinburgh, 1824. (a továbbiakban: EncBrit, 1824) 605. o.
- [8] EncBrit, 1824, 606. o.
- [9] *Rempert Zoltán – Lengyelne Kiss Katalin*: A bodvaji vasgyártás technikatörténeti leírása, A bodvaji kohó (szerk. Demeter László), Sepsiszentgyörgy, 2006. 9–21. o.
- [10] *Egyed Ákos*: Háromszék 1848–49, Bukarest, 1979. 118. o.
- [11] *Egyed Ákos*: Háromszék 1848–49, Bukarest, 1979. 113. o.
- [12] *Máthé János, id.*: A magyarhermányi vasgyártás története, Acta Siculica 1996/1, 61-72. o.
- [13] *Idézetek: Bodola Lajos, id. zágoni*: A Székely ágyúk története, 1848–49. Történelmi Lapok, Kolozsvár, 1892–1898. (a továbbiakban: TörtLapok) 1895. aug. 15., Kolozsvár, 136-138. o.
- [14] *Máthé János, id.*: A magyarhermányi vasgyártás története, Acta Siculica 1996/1, 67. o.
- [15] *Bodola Lajos, id. zágoni*: A Székely ágyúk története, TörtLapok, 1895. aug. 15., Kolozsvár. 136-137. o.
- [16] *Mikus Károlyné – Szántai Lajos*: Megemlékezés Gábor Áron halálának 150. évfordulójáról (Öntödei Múzeumi Füzetek, 4), Budapest, 1999. 12. o.
- [17] *Mikus Károlyné – Szántai Lajos*: Megemlékezés Gábor Áron halálának 150. évfordulójáról (Öntödei Múzeumi Füzetek, 4), Budapest, 1999. 11. o.
- [18] *Bodola Lajos, id. zágoni*: A Székely ágyúk története, TörtLapok, 1895. aug. 15., Kolozsvár. 138. o.
- [19] *Máthé János, id.*: A magyarhermányi vasgyártás története, Acta Siculica 1996/1, 67. o.
- [20] *Egyed Ákos*: Háromszék 1848–49, Bukarest, 1979. 132. o.
- [21] *Bodola Lajos, id. zágoni*: A Székely ágyúk története, TörtLapok, 1895. aug. 15., Kolozsvár. 136. o.
- [22] *Dollecsek, Anton*: Geschichte der Österreichischen Artillerie, Wien. 1887. 299. o.
- [23] N. n. Turóczi Mózes, a székely ágyúöntő halála, TörtLapok, 1896. máj. 15. – június 1., Kolozsvár, 102. o.
- [24] *Bodola Lajos, id. zágoni*: A Székely ágyúk története, TörtLapok, 1895. aug. 15., Kolozsvár, 136. o. Demeter Lajos figyelmeztetett a nagyon fontos körülményre, hogy időközben tisztázódott, ezt az ágyút fúrták! (Vö. Egyed Ákos: Háromszék 1848–1849 (harmadik, bővített kiadás), Sepsiszentgyörgy, 2008. 134–135, 160.) A Turóczi-féle fúrási módszer azonban a továbbiakban csak a furat utólagos megmunkálására alkalmazhatták, mert nagyon lelassította a munkát. (Vö. két bekezdéssel lejjebb.) Itt köszönöm Demeter Lajos észrevételét.
- [25] *Bodola Lajos, id. zágoni*: A Székely ágyúk története, TörtLapok, 1895. aug. 15., Kolozsvár, 137. o.
- [26] *Máthé János, id.*: A magyarhermányi vasgyártás története, Acta Siculica 1996/1, 67. o.; Hegyesi Márton: Felolvasás a Vasvári-kör ünnepi ülésén, TörtLapok, 1893. április 1., Kolozsvár, 73. o.
- [27] *Szabó Sámuel*: A székelyföldi ágyú-öntőműhely 1848–49-ben, TörtLapok, 1893. jan. 1., Kolozsvár, 2. o.
- [28] *Bodola Lajos, id. zágoni*: A Székely ágyúk története, TörtLapok, 1895. aug. 15., Kolozsvár. 138. o.
- [29] A szembenálló egyesült osztrák–orosz haderő 1849 júniusában 120 ágyú fölött rendelkezett. Egyed Ákos: Háromszék 1848–49, Bukarest, 1979. 198. o.
- [30] *Gyalókey Jenő*: A háromszéki hadjárat, 1849. július 16–24. Hadtörténelmi Közlemények XXIII–XXIV. (1922–1923), Budapest, 107. o. A sepsiszentgyörgyi ütközetben megsemmisült négy ágyúról írja: „vajjon az osztrák tüzérség rontotta-e valóban el őket, avagy pedig – a Gábor Áron-féle ágyúk rossz tulajdonsága szerint – elhasadtak a hosszantartó tűzharcban”. Kinizsi István: A „Sánta huszár” naplója, TörtLapok, Kolozsvár, 1894. május 1. 86. o. szerint egy, Bíró Ede: Három világrészben, TörtLapok, Kolozsvár, 1897. február 1. 11. o. szerint három ágyú hasadt meg a vöröstoronyi csatában, Gyalókey Jenő: A segesvári ütközet, Erdélyi Múzeum XXX, Kolozsvár, 1913. 10–11. o. szerint négy, míg Nyepokojcsickij, Artur Adamovics: *Az erdélyi hadjárat orosz szemmel 1849* (ford. Rosonczy Ildikó), Budapest, 1999. 116. o. szerint három a segesvári ütközetben.



Kiszely Gyula 1911–1997

## 100 éve született Kiszely Gyula technikatörténész

100 éve született *Kiszely Gyula*, a vaskohászati technikátörténet kutatásának egyik legjelentősebb személyisége, a Kohászati Múzeum és az Öntödei Múzeum alapítója, iparrégészeti kutatások szervezője, a kohászati irodalom művelője. Kiszely Gyula legnagyobb erénye szervezőképessége, kapcsolatteremtő képessége, nagy munkabírása, precizitása volt. Az Öntödei Múzeum 2011. április 28-án tartott emlékülése mutatta be életét, munkásságát.

Kiszely Gyula 1911. március 12-én Diósgyőrben született. A felsőkereskedelmi érettségi, majd a sorkatonai szolgálat letöltése után pályafutását 1933-ban a MÁVAG diósgyőri vasgyárában kezdte. Jó szervezőképességével hamar kitűnt, és 1935-ben Budapestre költözése után kinevezték a budapesti központ csoportvezetőjének. Beiratkozott a Műegyetem Közgazdaságtudományi Karára, de a világháború miatt félbeszakadtak tanulmányai. A háború után megbízták a budapesti kereskedelmi kirendeltség megszervezésével és vezetésével, s ezt a munkakört látta el nyugdíjba vonulásáig, 1972-ig.

Hivatali munkája mellett szívós tanulással, autodidakta módon muzeológussá képezte magát. Elévülhetetlen érdeme, hogy segítségével 1952-ben a romos újmassai kohót megmentették a teljes pusztulástól, majd ez lett az ország első ipari műemléke. Ő irányította a gyár múltjának kutatását Diósgyőrben, és ennek eredményeképpen 1960-ban megnyílt a Kohászati Múzeum, mely végleges helyére, a volt kancellária épületébe hat évvel később költözött.

Országos szervezetet hozott létre, *dr. Schleicher Aladár* professzor elnökségével 1956-ban megalapította a Kohászati Történelmi Bizottságot, s ennek titkáráként bevonta a forráskutatás, az iparrégészet és a történetírás legjelesebb szakteknitelyeit is a munkákba. Tizenhat év alatt 41 kötetben jelentette meg a bizottság tagjainak kutatási eredményeit. Iparrégészeti ásatásokkal középkori bucakemen céket tártak fel, s egy évtized alatt, az 1960-as évek végére húsz vasgyártó hely viszonyait tisztázták. Közben saját kutatásairól is folyamatosan jelentek meg publikációk.

Legmaradandóbb alkotása mégis az Öntödei Múzeum megalapítása

volt. 1964-ben, amikor a zajos, füstös öntödét le kellett állítani, újabb feladatként vállalta a vízivárosi Ganz-törzsgyár épületének és berendezéseinek megmentését. Minden hivatalos és társadalmi erőt megmozgatva elérte, hogy az 1858–62-ben épült sédtető, fagerendás öntödét ipari műemlékké nyilvánítsák, s 1969-ben megnyissák Európa első öntödei múzeumát. Nyugdíjba vonulásáig, 1972-ig a múzeum igazgatója, és az itt működő diósgyőri kereskedelmi kirendeltség vezetője volt.

Nyugdíjasként mint az Országos Műszaki Múzeum (OMM) főmunkatársa továbbra is a műszaki értékek megmentésével, kutatásainak feldolgozásával foglalkozott, könyveket írt, létrehozta az ÖM parkjában a neves kohász személyiségek szoborpanteonját. A rendszerváltás viharában is segítette, hogy mindkét szakmúzeum állami védőszárnyakat jelentő szervezethez csatlakozzék. Így lett 1994-ben a két intézmény az OMM filiája.

1997. július 18-án bekövetkezett haláláig vezette az OMBKE öntészet-történelmi és múzeumi szakcsoportját. Kéziratait, hagyatékát, számos kitüntetését az Öntödei Múzeum őrzi.

Kiszely Gyula tiszteletére születésének 100. évfordulója alkalmából az Öntödei Múzeum vezetője, *Lengyelné Kiss Katalin* 2011. április 28-án emlékülést szervezett.

A megemlékezés komolyzenei bevezetővel kezdődött. *Kovács Z. László* tubaművész és *Kémenczy Antal* zongoraművész varázsolt ünnepi hangulatot az egykori öntőcsarnok falai közé.

Elsőként *dr. Krámlai Mihály*, az MMKM ez év elején kinevezett főigazgatója köszöntötte a vendégeket, és méltatta Kiszely Gyula múzsalapítói érdemeit.

Ezután előadásokat hallgatott meg a nagyszámú résztvevő, akik között

az OMBKE tagjai, az öntödék és a MÖSZ képviselői, a társ múzeumok munkatársai, a múzeum barátai és a környékbeli lakók voltak jelen. Örömkre szolgált, hogy a Kiszely család hozzátartozói is megjelentek.

Az első előadó *dr. Fónagy Zoltán*, az MTA Történettudományi Intézetének tudományos munkatársa volt, aki az ipari szakmúzeumok szerepéről, jövőjéről beszélt.

Ezután *dr. Tardy Pál*, a Közép-európai Vaskultúra Útja Egyesület magyarországi tagozatának elnöke méltatta Kiszely Gyula jelentőségét a magyar vaskultúra felderítésében.

Színesítette az előadások sorát *Thiele Ádámnak*, a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék doktoranduszának videofilmes előadása az Árpád-kori bucavaskohászati technológiájáról. Kísérleteik során sikerült néhány kg-os kovácsolható vasbucát előállítaniuk gypvasérből, őskohászati módszerekkel.

*Dr. Gömöri János*, az MTA VEAB Iparrégészeti Munkabizottsága vezetőjének előadása a vasművesség iparrégészeti kutatásairól szólt. Előadásában felhívta a figyelmet a somogyfajsi Árpád-kori bucavasolvasztó telep fölél emelt épület siralmas állapotára, s szakmai összefogást javasolt a bemutatóhely megmentésére.

Végül *dr. Nagy Lajos* OMBKE-elnök kiállítás megnyitó beszéde hangzott el, aki szintén méltatta Kiszely Gyula érdemeit, és megköszönte az emlékkiállítás készítőinek munkáját.

Az Öntödei Múzeum volt munkatársai, *Schudich Anna* egykori archívumkezelő és *dr. Klug Ottó* egykori könyvtáros összeállításában kamarakiállítással emlékezett meg alapítójáról. A vitrinekben a múzeum gazdag anyagából válogatott kéziratok, cikkek, könyvek, személyes iratok, kitüntetések mutatják be Kiszely Gyula életét,

szakirodalmi, múzeumszervezői munkásságát. A kiállítás ez év végéig tekinthető meg.

Ezután az emlékülés résztvevői a múzeum bejáratánál elhelyezett emléktáblát koszorúzták meg. A Magyar Öntészeti Szövetség, az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület, a Kiszely Gyula által alapított Öntészettörténelmi és Múzeumi

Szakcsoport, a hozzátartozók, tisztelők és az Öntödei Múzeum helyezte el koszorúit a fent említett zenei duó által előadott dallamok kíséretében.

Az évforduló alkalmából jelent meg az Öntödei Múzeumi Füzetek 20. kötete *Rempört Zoltán* és *L. Kiss Katalin* tollából A Kohászati Történelmi Bizottság alapítása és tevékenysége címen. A 76 oldalas kötet képekkel

illusztrálva mutatja be a KTB megalakítását, célkitűzéseit. Beszámol az anyaggyűjtésről, a régészeti eredményekről, majd részletesen ír az egyik legjelentősebb ásatásról, az imolai bucakemence feltárásáról. Az utolsó fejezetek az Öntödei Múzeum megalakulásáról, jelenéről és a KTB utóéletéről, történelmi jelentőségéről szólnak. **Schudich Anna**

## Malommodell Ausztráliából

Magyarország és Ausztrália között 130 éves kapcsolat van a gabonaipar és a gabonakémiai kutatások területén. Ennek a kapcsolatnak a legújabb állomása volt 2011. június 2-án a Guthrie-féle ausztrál malommodell ünnepélyes átadása az MMKM Öntödei Múzeumban, a múzeum és a Magyar Élelmiszer-tudományi és Technológiai Egyesület (MÉTE) Malomipari Szakosztálya rendezésében.

A modern malomipari hengerek létrejötte, majd a sorozatgyártása a Ganz és Társa részvénytársasághoz kapcsolódik, ahol *Mechwart András* szabadalma alapján rovátkolt felületű, kéregöntésű öntöttvas hengerekkel dolgozó hengereket gyártottak. A Ganz-gyár az 1880-as években kezdte el világszerte – ezen belül Ausztráliában is – bemutatni és értékesíteni újszerű termékét. A Ganz-féle őrlési technika ismertetésére készített, működő próbamalom is ekkor jutott el Ausztráliába.

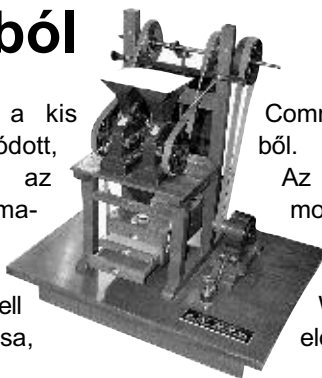
*Fredrick Guthrie*, a gabonakutatóban dolgozó vegyész tudására jutott a „játékmalom”-nak nevezett próbamalom létezése, amelyet kölcsönkapott, és ezzel kezdte kutatásait a gabonanemesítés területén. Célja az volt, hogy az őrlés, a téstakésztés és a sütés folyamatát a malmi és pékségi berendezésekkel azonos elvű, de arányosan lekicsinyített modellekkel vizsgálja meg. Így született meg a ma gabonakémiként ismert szaktudomány.

A próbamalom negyedére kicsinyített, az eredetivel teljesen azonos kivitelű és működésű modelljét *dr. Colin Hopkins*, nyugdíjas mérnök készítette el 1990-ben, a világhírű ausztrál gabonakutató, *dr. Colin Wrigley* szakmai irányítása mellett. Az egyedüli eltérés, hogy a modellt villanymotor mozgatja.

Az évek során a kis modellmalom elkallódott, míg nem 2010-ben az Ausztráliában élő magyar gabonakutató, *dr. Békés Ferenc* megtalálta. A kis modell ausztráliai tulajdonosa, *dr. Colin Wrigley* örömmel járult hozzá, hogy az méltó helyre kerüljön, és a Ganz-henger-

székek történetét is bemutató budapesti szakmúzeum gyűjteményét gazdagítsa. 2011-ben a kis malommodell hazajuttatásában a canberrai Magyar Külképviselő és *Bódayné Blaha Judit*, az Öntödei Múzeum baráti körének tagja segítkezett. Anyagi támogatásával pedig *dr. Békés Ferenc* (Sydney), valamint a Sydney-ben működő magyar egyesület, a Deák Kör járult hozzá, hogy e muzeális technikatörténelmi emlék bemutatható legyen az Öntödei Múzeumban.

Az ünnepélyes avatáson nagyszámú látogató jelent meg. Eljött az adományozó, *dr. Colin Wrigley* PhD és neje, *dr. Békés Ferenc* PhD, DSc, ausztráliai gabonakémikus, az ötletadó, a Deák Kör tagjai közül egy házaspár Sydneyből, valamint a MÉTE elnök, *Sebők Tibor* szervezőmunkájának köszönhetően nagyon sok malomipari és élelmiszeripari szakember. Jöttek vendégek az MTA martonvásári Mezőgazdasági Kutató Intézetéből *dr. Balázs Ervin* akadémikus, tudományos igazgatóhelyettes vezetésével, a szegedi Gabonakutató Intézetből, az ELTE Növényélettani Tanszékéről, a BME Biokémiai és Élelmiszertechológiai Tanszékéről, a Cereal Research



QUARTER SCALE MODEL OF  
GUTHRIE'S LABORATORY MILL  
MADE & PRESENTED BY COLIN HOPKINS

Az ajándék

Communication szerkesztőségéből.

Az avatóünnepségen köszöntőt mondott *Alex Brooking*, Ausztrália nagykövete. A köszöntő után *dr. Colin Wrigley* és *dr. Békés Ferenc* előadása következett, Guthrie játékmalma – az ausztrál malomipar és a búzaminősítés születése címmel. Az előadásból a hallgatóság megtudhatta,

hogy a gabonakémia alapfeladata a gabonák minőségének, búza esetén őrlési tulajdonságainak, sütőipari minőségének az objektív mérése. Ehhez megoldást adott a Ganz-féle próbamalom alkalmazása. Összegzésként elhangzott, hogy „a malommodell szimbóluma a Ganz-gyár múlt századi világsikert hozó termékeinek, az ausztrál gabonaipar megszületésének, a gabonakémia, mint tudomány megszületésének és a magyar-ausztrál technikai/tudományos együttműködésnek a gabonaiipari vertikum és gabonatudomány területén.”

A bevezető előadás után leleplezték a malommodellt, majd az MMKM képviselőjében *Kócziánné dr. Szentpéteri Erzsébet* köszönő emléklapokat és



Colin Wrigley



Békés Ferenc

ajándékkönyveket nyújtott át az adományozónak, az ötletadónak és a többi segítő közreműködőnek.

Ezután két magyar előadást hallgatott meg a közönség: Nevek és intézmények a magyar gabonavegyészet történetéből (dr. Mosonyi Ágota

okl. vegyész mérnök, MÉTE Malomipari Szakosztálya) és Példák az egykori Ganzgyár malomépítészetéből (Sebők Tibor okl. gépészmérnök, a Malomipari Múzeum vezetője) címmel.

A Duna TV Gazdakör című műsora is beszámolt az eseményről, a riport a

június 11-i műsorban volt látható, és a TV archívumában később is megtekinthető.

Szerény fogadás, majd a múzeum kiállításával való ismerkedés és kötetlen beszélgetés zárta a rendezvényt.

**Lengyelné Kiss Katalin**

## MÖSZ HÍREK

# Tisztújító közgyűlés

A Magyar Öntészeti Szövetség 2011. május 25-én tartotta 20. tisztújító közgyűlését Ráckevén, a Savoyai-kastélyban.

A közgyűlés a meghirdetett napirendi pontok szerint zajlott le. A jelenlévők elfogadták a MÖSZ elnökségének beszámolóját a 2010. évben végzett munkáról, a MÖSZ Ellenőrző Bizottságának jelentését a MÖSZ 2010. évi költségvetésének teljesítéséről, a 2010. évi egyszerűsített mérlegbeszámolót és az eredményki mutatókat, valamint a MÖSZ 2011. évi költségvetési- és munkatervét.

Dr. Sohajda József, a szövetség elnöke felkérésére a közgyűlés napirend előtt hallgatta meg Rendesi János (Nemak Kft., Győr) „Középfokú öntészeti szakoktatás Győrben – Új-

raindul a hazai iskolarendszerű szakmunkásképzés a Lukács Sándor Szakiskolában” címmel tartott előadását.

Dr. Takács Nándor, a MÖSZ-díj odaítélését vezető kuratórium elnöke ismertette a kuratórium döntését. A kitüntést kapott szakembereknek a 2011-es MÖSZ-díjakat dr. Sohajda József elnök nyújtotta át.

A Kiváló Fialat Öntész MÖSZ-díjat Rieger Gábor, a



■ 1. ábra. 2011 MÖSZ-díjasai: Győri Imre, Mezzölné Sinka Tünde és Rieger Gábor

### 1. táblázat. Magyarország öntvénytermelése 2007-2011 között

Termelés, tonna	2007	2008	2009	2010
Lemezgrafitos vasöntvény	49 230	31 133	25 834	28 921
Gömbgrafitos vasöntvény	20 011	15 750	13 970	24 354
Vermikulárgrafitos vasöntvény	361	1 589	1 251	1 410
Temperöntvény	33	16	11	15
<b>Vasöntvény összesen</b>	<b>69 635</b>	<b>48 488</b>	<b>41 066</b>	<b>54 700</b>
Ötvözetlen acélöntvény	3 321	4 224	3 052	3 134
Ötvözött acélöntvény	2 619	3 414	2 643	2 767
<b>Acélöntvény összesen</b>	<b>5 940</b>	<b>7 638</b>	<b>5 695</b>	<b>5 901</b>
Ebből precíziós öntvény összesen		573	418	447
Alumínium kokillaöntvény	53 919	40 823	49 063	46 323
Alumínium nyomásos öntvény	43 011	49 298	30 857	42 898
Alumínium homoköntvény	346	221	181	202
<b>Alumíniumöntvény összesen</b>	<b>97 276</b>	<b>90 342</b>	<b>80 101</b>	<b>88 921</b>
Bronzöntvény	806	363	629	617
Sárgaréz öntvény	1 010	1 044	813	672
Cinköntvény	3 566	2 950	3 738	3 580
Egyéb nehézfém öntvény	551	490	262	143
<b>Nehézfém öntvény összesen</b>	<b>5 933</b>	<b>4 847</b>	<b>5 442</b>	<b>5 012</b>
Ebből precíziós öntvény összesen		12	37	31
<b>ÖSSZES ÖNTVÉNY</b>	<b>178 784</b>	<b>151 315</b>	<b>132 304</b>	<b>155 036</b>

Wecast Zrt., Oroszlány; MÖSZ-díjat *Mezzőlné Sinka Tünde*, a Busch Hungária Kft. Győr és MÖSZ Életműdíjat *Győri Imre*, Magyarmet Finomöntőde Bt., Bicske kapta (1. ábra).

A közgyűlés utolsó napirendi pontjaként a szövetség tisztújítását tartották meg.

A MÖSZ közgyűlése szavazás útján a következő három évre az alábbi elnökséget választotta meg:

### Elnök

*Dr. Sohajda József* – Csepel Metall Vasöntőde Kft./Budapest

### Elnökségi tagok

*Dr. Bokodi Béla* – PrecCast Öntödei Kft./Sátoraljaújhely

*Dr. Fegyverneki György* – Nemak Győr Kft./Győr

*Érseki László* – Le Belier Rt./Ajka  
*Kovács Sándor* – Szegedi Öntőde Kft./Szeged

*Szekery Zoltán* – Wecast Zrt./Oroszlány

*Dr. Takács Nándor* – CSEFÉM Kft./Budapest

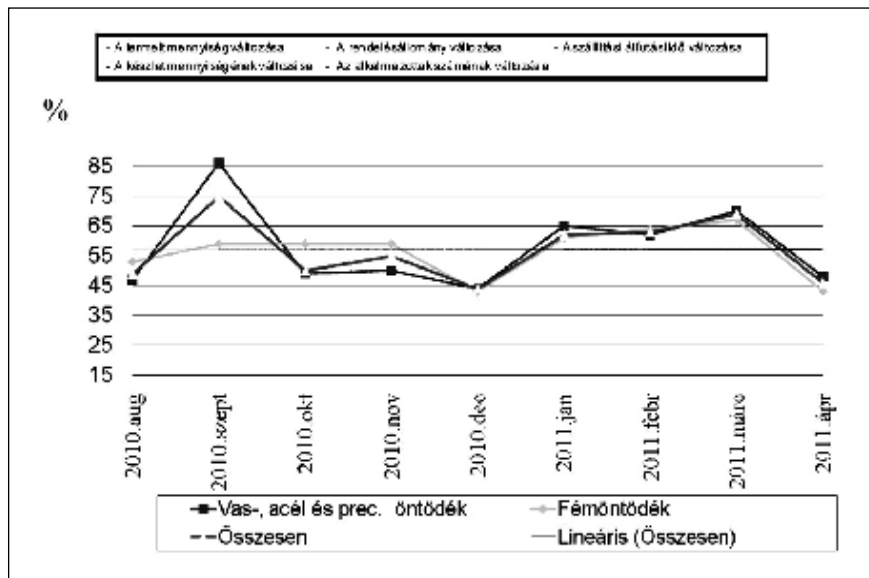
### Ellenőrző Bizottság

*Temesváriné Béky Erzsébet* (vezető) PATINA Kft./Budapest

*Mészárosné Kakszi Mária* – Csepel Metall Kft./Budapest

*Gál Tibor* – Caster Kft./Budapest

A közgyűlés beszámoló és hozzájárulása szűkszerűen érintették a hazai öntészet aktuális és jövőbeli helyzetének alakulását is. A válságot követően az elmúlt év során a fémön-



■ 2. ábra. Öntészeti menedzserindex, 2010. augusztus – 2011. április

tészetben már jelentősen növekedett a rendelésállomány, ezzel együtt a termelés is. Némileg ettől kicsit elmaradva a vas- és acélöntészet, precíziós öntészet területén szintén növekedés volt már tapasztalható. Sajnos az április-májusi adatok alapján általában csökkent az új rendelések állománya (lásd 2. ábra és 1. táblázat), a jelenlévő vezetők közül többen jelezték, hogy a következő két-három hónap vevői megrendelése esetén 20–30%-os csökkenést is mutatnak. Csak remélni lehet, hogy az európai autóipar teljesítménye csak kicsit megtorpan – ez közvetlen hatásait érezteti persze nem csak a beszállítóinál, hanem általánosságban az ipari teljesítményekben is – és az év második felében a növekedési tendenciák erősödnek meg ismét.

A tanácskozás végén *dr. Lengyelné Kiss Katalin*, az Öntödei Múzeum vezetője kapott szót. Röviden ismertette, hogy a múzeum életében nehéz időszak köszöntött be a kulturális intézményeket érintő zárolás miatt. A munkatársak felétől július elején elbúcsúznak, s a megmaradók közül is többen csökkentett munkaidőben folytathatják munkájukat. Kérte az öntödék és a MÖSZ segítségét, hogy a kieső tárlatvezetők és a műszaki kolléga munkáját valamilyen módon pótolhassák, a múzeum ne kényszerüljön részleges bezárásra, sőt minél több látogató ismerhesse meg itt a magyar kohászat és öntészet múltját, s a diákoknak is biztosítható a szakmai alapfogalmakkal való ismerkedés lehetőségét.

Dr. Hatala Pál

## ■ SZAKOSZTÁLYI HÍREK

### Az öntészeti szakosztály vezetőségi ülése

Az öntészeti szakosztály 2011. március 3-i vezetőségi ülése az MMKM Öntödei Múzeumában volt. *Katkó Károly* szakosztályi elnök köszöntése után a kiküldött és megszavazott napirend szerint folyt az ülés.

#### 1. Beszámoló a választmányi bizottságok működéséről

(Előterjesztő: *dr. Fegyverneki György* szakosztálytitkár)

Az öntészeti szakosztály az egyes bizottságokba az alább felsorolt személyeket delegálta:

Alapszabály bizottság:

*dr. Takács Nándor*

Etikai bizottság:

*dr. Bakó Károly* elnök,

*dr. Ládai Balázs*

Érembizottság:

*Éger László*

Fenntartható fejlődés bizottság:

*dr. Sohajda József*

Iparpolitikai bizottság:

*dr. Pintér Richárd*

Ifjúsági bizottság:

*dr. Lukács Sándor* elnök,

*Szalai Attila*

Kiadói bizottság:

*dr. Fegyverneki György*

Környezetvédelmi és hulladékhasznosítási bizottság:

*Hertelendi Ákos*

Oktatási bizottság:  
Szalai Attila

Történelmi bizottság:  
Bán Attila

A jelenlévő bizottsági tagok röviden ismertették a bizottságok működését, célkitűzéseit.

Az alapszabály bizottság febr. 10-én tartotta alakuló ülését. Eddig egy 26 pontból álló javaslatot állítottak össze azzal a céllal, hogy azokat egyhangúlag fogadja el a bizottság. Abban egyetértettek, hogy az alapszabály módosítása a 2012-es küldöttgyűlésen legyen napirend. Lényeges javaslatok: tisztújító közgyűlés négyévente legyen, a helyi szervezetek töröljék azok tagságát, akik egy éven túlmenően, többszöri tagdíjtól, tiszteleti tagok szavazati joggal vegyenek részt a küldöttgyűlésen, a választmány létszáma 19 fő legyen (BKL felelős szerkesztők, elnökök és titkárok, főtitkár és helyettes, OMBKE elnök, mostani és az előző), a választmányi üléseken mindenkit szavazati joggal lehessen képviselni, a küldöttek száma helyi szervezetenként 3 tag, utána 15 tagonként plusz 1 tag legyen, plusz a tiszteleti tagok. Egyesületen belül a szakosztályok önállóan gazdálkodnak a költségvetésben részükre elkülönített kerettel és a saját bevételükkel. A honlap működtetésével kapcsolatban sok észrevétel érkezett.

Az ifjúsági bizottság elképzeléseiről dr. Lukács Sándor számolt be. Számba vették, mire van szüksége az ifjúságnak (információáramlás biztosítása, gyárlátogatások szervezése, egyesületi taglista aktualizálása, kapcsolat legyen az egyetem és az egyesület között, a levelező lista fontos szerepet töltsön be). Diákok, frissen végzett mérnökök fő igénye, hogy szorosabb legyen a kapcsolat közöttük és az egyesület között, fontos, hogy az információ áramlása biztosítva legyen. Egyetemi taglista folyamatos aktualizálása szükséges.

Az etikai bizottság február 17-i összejöveteléről dr. Bakó Károly számolt be. Sajátos bizottság, az alapszabály 7. paragrafusa szerint az OMBKE-nek három bizottsága van, az etikai, az állandó és az eseti bizottságok, ezzel az alapszabály bizottságnak foglalkoznia kell. Etikai kódex van, de nincs fent az interneten. Pontosítani kell, ki beszélhet az egyesület nevében, az egyesület nevében nyilatkozónak kitől és milyen esetekben kell engedélyt kérnie?

A kiadói bizottság február 28-i összejöveteléről Katkó Károly számolt be. Vezetője a főtitkár helyettes, tagjai a felelős szerkesztők és a titkárok. A lapok kiadásánál fontos cél legyen, hogyan tudjuk csökkenteni a költségeket. Mivel az internetes megjelenés biztosított, fel kell mérni, ki nem kér papíralapú lapot, lehet spórolni a költségekkel. Külföldre küldendő lapok számának csökkentése. Ha már a postaköltséget meg lehetne takarítani, az sokat jelentene.

Az érembizottság kéri, hogy most minden kitüntetésre 2011. március 31-ig tegyék meg a szakosztályok a javaslatot. Egyébként évente egyszer üléseznek, februárban.

A történelmi bizottság ülésének jegyzőkönyve rendelkezésre áll, Bán Attila kimentését kérte.

Az ellenőrző bizottság októberben alakult, novemberben ülésezett először. A novemberi javaslatot a decemberi választmányi ülés nem tárgyalta, ez a javaslat azóta kiegészült a pártoló és jogi tag cégek ajánlásával. Szükséges az egyesület gazdálkodásának felülvizsgálata, különös tekintettel a bérköltségre és a lapok költségére. Tagdíjmelést nem javasolnak, s valószínűleg az szja 1%-os felajánlása is csökkenni fog. Szükséges megvizsgálni a nagy költségnyadokat jelentő költségvetési tételeket is.

A beszámoló után igen élénk eszmecsere alakult ki az egyesület helyzetéről és gazdálkodásáról, a költ-

ségytetés készítéséről, az egyesületi tagokat érintő szakmai rendezvényekről, az egyesület jövőbeni elhelyezéséről, a fiatalok támogatásáról és a velük való foglalkozásról, a pártoló tagsági kör bővítéséről stb.

## 2. Találkozó a pártoló tag vállalatok vezetőivel

(Előadó: Katkó Károly szakosztályelnök)

Fontos számunkra a jogi és pártoló tag vállalatok vezetőivel való kapcsolattartás, ezért 2011. január 27-én pártoló tag vállalati összejövetelre került sor az Öntödei Múzeumban. A jó hangulatú beszélgetésen mindkét fél elmondta, hogy mit kér és mit vár el. A megjelentek elhatározták, hogy minden ciklusban szervezzenek ilyen találkozót, de fontosnak tartják a személyes kapcsolattartást is.

## 3. Kitüntetési javaslatok

(Előadó: Katkó Károly szakosztályelnök)

Egyesületi érdemekre és kitüntetésekre javaslat:

Tiszteleti tag:

Fogarasi Béla

Egyesületi emlékérem:

dr. Takács Nándor

Egyesületi emléklapok:

Szabó Gábor

Egyesületi oklevél:

Hertelendi Ákos,

Berecz Tamás

A vezetőség a jelölést egyhangúlag megszavazta.

## 4. Egyebek

Az Egyebek napirendi pont keretében tájékoztató hangzott el az öntöbárról, a soron következő öntőnapokról (Győr, október 14–16., Ibis hotel + Kereskedelmi és Iparkamara, NEMAK, Busch, Audi üzemi látogatások, a szokásos plenáris és szakmai előadások, szakestély, kerekasztal-beszélgetés, kiállítás), az Öntödei Múzeum programjairól és helyzetéről.

**Fegyverneki György**

## ■ SZEMÉLYI HÍREK

Bán Attila okl. kohómérnököt, az öntészettörténelmi és múzeumi szakcsoport titkárát 2011. július 1-jétől a HM Hadtörténelmi Intézet és Múzeum Hadtörténelmi Múzeum igazgatóhelyettesévé nevezték ki. Munkájához sok sikert kívánunk!

**A Szerkesztőség**

RIMASZÉKI GERGŐ – KULCSÁR TIBOR – KÉKESI TAMÁS

## Forrasztási ónhulladék hasznosítása sósavas oldatok alkalmazásával

*A hazai összeszerelő elektronikai iparban jelentős mennyiségű ólommentes ón, illetve ónalapú forrasztóanyag hulladék keletkezik, mely jelenleg lényegében csak a külföldi ónkohók és a hazai hulladékkereskedők gazdaságosságát segíti. A salakos hulladék tömege csökkenthető fizikai módszerekkel, de az oldott szennyezők eltávolítása kémiai metallurgiai eljárást igényel. A réz eltávolítására alkalmas tűzi módszer hatékonysága nem kielégítő, ezért inkább a nagyobb tömegű primer nyersanyagokkal történő kohászati feldolgozás a jellemző. Egy kis méretekben is gazdaságosan megvalósítható hidro-elektrometallurgiai eljárás kifejlesztése révén a fémhulladék hasznosítása a termelő cégek-nél, illetve azok közelében koncentráltan is megvalósítható. Az elektrolitos raffinálás egyszerű sósavas oldatokban alkalmas lehet erre a célra, amennyiben az oldat kémiai stabilitása biztosítható. Termodinamikai számítások és laboratóriumi vizsgálatok eredményei megmutatták az Sn(II)-Sn(IV) átalakulás és a precipitáció feltételeit. Ezek alapján megvalósítható az egyszerű sósavas ón-klorid oldatban végzett elektrolitos ónrafinálás.*

### 1. Bevezetés

A termelt ón jelenleg több mint 30%-át használják fel elektronikai forrasztásokra, illetve kivezetések bevonatolására. Az ón-ólm alapú hagyományos forrasztóanyagok – környezet- és egészségvédelmi okokból – már csak a kifutó gyártási szériákban és főleg az autóiparban találhatóak meg. Az ólommentes ónolvadék jelentősen agresszívabb a réz kivezetésekkel szemben. Ennek eredménye viszonylag gyors „elrezesedés”. Ezt szemlélteti az ólommentes hul-

lámforrasztó ónfürdők réztartalmát az üzemelés folyamán bemutató 1. ábra.

Magyarországon több száz tonnára tehető az évente így keletkező határértéket meghaladó réztartalmú – és néhány esetben fokozatosan elenyésző ólmot is tartalmazó – salakos ónhulladék. Ez az anyag nem megfelelő kezelés esetén környezeti terhelést jelentene, ugyanakkor értéket hordoz. Egy helyben is alkalmazható speciális fémkinyerési-tisztítási technika kifejlesztése esetén ebből a hulladékanyagból jelentős gazdasági

előnyt is lehetne teremteni, hiszen a nyersón világgpiaci ára (jelenleg kb. 32 USD/kg) az utóbbi év alatt felgyorsulva folytatta a korábbi növekedő tendenciát.

### 2. A forrasztási ónhulladék kezelése olvasztási technikákkal

A leszedett ónsalak fémtartalma általában igen magas, gyakran eléri a 80-90%-ot. Több elektronikai gyártónál ezért bevezették, illetve megfontolták a „salakprés” alkalmazását. A salak és a fémfázisok jobb fizikai elkülönítése az üzembe telepíthető kiegészítő berendezéssel megoldható. A lehűzt meleg salakos felzék mechanikai kezelésével a fémes tartalmat kb. harmadára lehet leszorítani a feldolgozásra történő elszállítás előtt.

A salakos felzék préselése jelentősen csökkenti a fémvesztést és az elszállítandó hulladék mennyiségét. Amennyiben a hőmérséklet pontos szabályozása is megoldható volna a kezelés során, frakcionált kristályosítással csökkenthető lenne a szennyezőfémek koncentrációja is. A hígításra, visszajáratásra, vagy más célokra is felhasználható tiszta ón kinyerése azonban metallurgiai raffinálást igényel.

Az ón olvadék néhány szennyező-

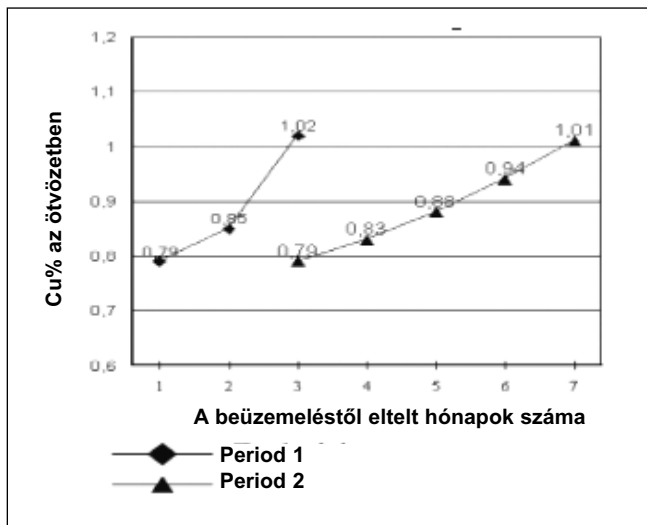
**Dr. Kékési Tamás** 1984-ben szerezte kitüntetéses kohómérnöki oklevelét a Nehézipari Műszaki Egyetemen. Ezt követően az LKM Kombinált Acélművében dolgozott olvasztárként, majd 1986-tól a Nehézipari Műszaki Egyetem (később Miskolci Egyetem) Fémkohászattani Tanszék kutató-oktatója lett. Összesen öt éven keresztül dolgozott a japán Tohoku Egyetemen a japán kormány ösztöndíját elnyerve. Volt a Fémkohászattani Tanszék vezetője és a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánhelyettese. Jelenleg a Miskolci Egyetem Metallurgiai és Öntészeti Intézet

Kémiai Metallurgiai és Felülettechnikai Tanszékén egyetemi tanár. A műszaki tudomány kandidátusi fokozatát 1992-ben, japán doktori fokozatát 1995-ben, az MTA doktori címét 2005-ben szerezte.

**Rimaszéki Gergő** 2009-ben szerezte kohómérnöki oklevelét a Miskolci Egyetemen. Több alkalommal nyerte el a tanulmányi emlékérem különböző fokozatait. Jelenleg a Metallurgiai és Öntészeti Intézet Kémiai Metallurgiai és Felülettechnikai Tanszékén dolgozik PhD hallgatóként. Több alkalommal vett részt külföldi kutatói ösztöndíjas programokban Ausztri-

ában és Németországban. Fő szakterülete a fémek elektrolitos raffinálása és kinyerése.

**Kulcsár Tibor** jelenleg a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának végzős BSc anyagmérnök hallgatója. Többször nyerte el a tanulmányi emlékérem kitüntetését. Jelenleg a Metallurgiai és Öntészeti Intézet Kémiai Metallurgiai és Felülettechnikai Tanszékén végez demonstrátori tevékenységet. Több díjnyertes TDK munka, valamint az Intézet Hidroelektrometallurgiai Laboratóriumának fejlesztése kötődik a nevéhez.



■ 1. ábra. Az ólommentes ónnal működő hullámforrasztó fürdő réztartalmának változása üzem közben [1]

jét a hagyományos tűzi eljárások képesek bizonyos fokig eltávolítani. Az alapvető művelet a csurogtatás. A fázisegyensúlyoknak megfelelően, egy szilárd és egy olvadék fázisra bontható az anyag, amelyek összetétele a szabályozott hűtés, illetve melegítés (részleges kristályosítás, illetve olvasztás) során jelentősen eltérhet egymástól. Ezzel a módszerrel elsősorban a vas és a réz, de még néhány egyéb szennyező elem (pl. arzén, antimon) koncentrációja csökkenthető elvileg az egyensúlyi fázisdiagramok eutektikus összetételének megfelelő mértékben.

Ez a módszer ugyan viszonylag egyszerűen végrehajtható, de pontos hőmérsékletvezetést, az anyagtranszport kellő mértékű végbemenelete időt, az idegen fázisú szennyezett anyag jó elválasztása pedig alkalmas technikát igényel. A csurogtatás után kapott olvadék vastartalma jelentős mértékben lecsökkenhet (0,003%-ig), míg a réztartalma a kedvezőtlenebb likvidusz görbe miatt csak 0,7%-ig, kevésbé hatékonyan csökkenthető. A fő szennyezőt jelentő réz eltávolítása csak az éppen felhasználható szintig lehetséges fizikai módszerekkel, ami azonban a teljes forrasztófürdő frakcionált kristályosító csurogtatását tenné szükségessé. A gyakorlatban ez nem megfelelő módszer. Sokkal előnyösebb egy elhanyagolhatóan kis réztartalmú ón, illetve (ón-ezüst ötvözet) fémmel hígítani az elrezedő olvadékot.

A szennyezett ónolvadék réztartalmát szelektív reakción alapuló, az

ólomraffinálásnál is szokásos Colcord-eljárásnak megfelelően, kénpor közvetlenül üstbe történő bekeverésével kombinált gázöblítéssel lehet jelentősen csökkenteni.

Azonban a szulfidképzés termodinamikai adatainak [4] megfelelően ez a módszer sem biztosíthat a forrasztófürdők hígításának meg-

felelő alacsony végső réztartalmat. A tűzi raffinálás után általában a maradék réz- és egyéb szennyező-tartalom még túl magas a legtöbb felhasználás szempontjából. A kén bekeverése és egyenletes eloszlása az ónfürdőben további technikai nehézséget jelent. Mindemellett a keletkező salakok miatt az ónvesztés jelentős, a technológia sokszor környezetszennyező. Így az óntartalmú hulladékokat jellemzően a meglévő nagy kapacitású primer ónkohászati eljárásoknál dolgozzák fel adalékanyagként. A tűzi úton raffinált nyersón további tisztítása megoldható vizes oldatokban végzett elektrolitot rafinálással [5]. Erre szintén léteznek nagyüzemi technológiák [6], amelyek azonban a primer eredetű és nagy mennyiségű nyersón továbbtisztítására voltak kifejlesztve. Az ott alkalmazott különleges és igen költséges komponenseket tartalmazó elektrolitoldatok előállítását és szabályozott fenntartását gazdaságilag biztosítja a nagy volumenű termelés. Ezek a fémkohászati technológiák azonban ipari szinten nem állnak rendelkezésre Magyarországon. Így a viszonylag nagy volumenű és fejlett hazai elektronikai összeszerelő ipar ónozási és forrasztási ónhulladéka zárt körben koncentrált begyűjtésén keresztül elhagyja az országot. A távoli helyeken, külföldön működő ónkohászati üzemekben végzett kinyerés/tisztítás után piaci értékesítésén keresztül nyersónként, illetve ón-ötvözetként kerül vissza a magyarországi elektronikai üzemekbe.

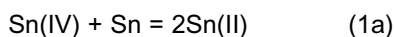
A viszonylag kis mennyiségek hatékony, gazdaságos és dekoncentráltan is megvalósítható tisztítására alkalmas módszer lehet az egyszerű savas oldatokban végzett elektrolitot rafinálás. A savas közeg előnyei: az olcsóbb elektrolitot, a kis hőmérséklet (a szükséges hőt az elektrolizáló áram is képes előteremteti), az ón ionok jellemzően kettes töltése mellett igényelt jelentősen kevesebb energia a lúgos fürdőkben jellemző katódos leválasztással szemben. Hátrányai viszont a jelentős mennyiségű és nagy óntartalmú anódiszap, valamint a rendezetlen alakú katódos fémleválás [7]. A primer technológiából származó nyersón elektrolitot rafinálásának ipari gyakorlatában a krezol-fenol-szulfonsav-kénsav alapoldatot és a  $\beta$ -naftol, illetve más – esetenként titkos – adalékanyagokat tartalmazó elektrolitot oldat használata terjedt el. Az igen drága komponenseket is tartalmazó elektrolitot oldatot és számos szerves adalékot használva érik el az Sn(II) forma stabilizálását és a megfelelő tömörségű és hatásfokú katódos leválást. Ugyanakkor az alkalmazható áramsűrűség és így a termelékenység meglehetősen alacsony. Másik és egyben újszerű lehetőség a tiszta sósavas elektrolitot oldatok alkalmazása. Ez a közeg komplex ionok képzésén keresztül természetes inhibícióval moderálhatja a kristályosodást, valamint a katódfelemben nem hagy vissza az olvasztásnál nehezen eltávolítható szennyezést. Viszonylag kis sósav-koncentráció mellett is jó oldhatóság, nagy elektromos vezetőképesség és nagy áramsűrűségek érhetőek el. Azonban a savas oldatok esetében általános nehézséget jelent az oldat használata és tárolása során fellépő Sn(IV) képződés, illetve az oldat bomlása során a végső stádiumban fellépő precipitáció.

### 3. A sósavas elektrolitot oldat kémiai jellemzői

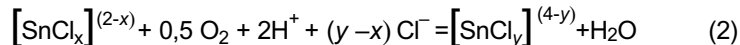
A sósavas közegben fellépő kloro-komplex ionok képződését és redox egyensúlyait termodinamikai alapú számítások tisztázhatják. Az aquo-ionokkal felírható elektródpotenciál összefüggések és a kloridos komplex ionok kumulatív stabilitási kifejezéseinek [8], valamint az oldott fémre



vonatkozó anyagmérégek kombinációjával erre a célra kidolgozott szimulációs módszer és számítógépes program (ROKK – RedOx Kloro-Komplex egyensúlyok) segítségével meghatároztuk az ön megoszlását a különböző ionok között. A 2. a ábra az összes oldott ön mennyiségére vonatkozó relatív koncentrációk függvényeit adja, ha a rendszer redoxipotenciálját az oldattal érintkező fémes ön határozza meg. A számított eredmények jelzik, hogy a fémmel érintkező kloridos elektrolitoldatban az ön domináns oxidációs fokozata az Sn(II) lehet, ami az



katódokorróziót okozó folyamat révén valósulhat meg. Megbizonyosodhatunk az Sn(II) dominanciájáról, ha az elektrolízis során folyamatos mintavételezéssel és redox titrálással, vagy spektrometriával nyomon követjük az Sn(II) és Sn(IV) ionok koncentrációját. Ugyanakkor, az Sn(IV) ionok képződésére kézenfekvő indok a környező levegő oxidáló hatása, amit az elektrolitoldat tárolása esetén is figyelembe kell venni. Az egyensúlyi számítások szerint, az alacsonyabb oxidációs fokozatú Sn(II) kloro-komplex ionok az:



reakció szerint oxidálódhatnak a légköri – illetve oldott – oxigén hatására sósavas (megfelelő kloridion-koncentrációjú savas) oldatokban. A termodinamikai szimuláció a 2. b ábra görbéit eredményezi az ön ionok közötti megoszlására, ha rendszer redox potenciálját az oldattal érintkező levegő oxigéntartalma határozza meg.

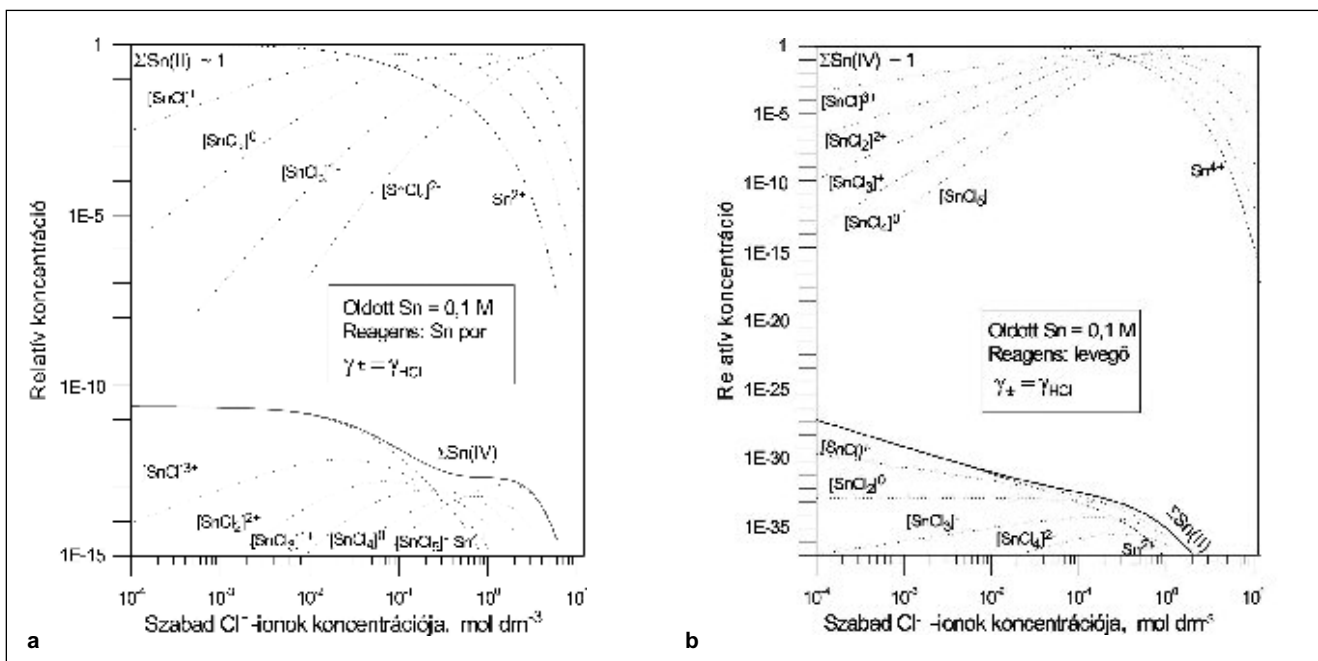
A relatív koncentráció-függvények a matematikai szimulációból adódtak az ön különböző oxidációs és komplex fokozatú ionjaira, amennyiben az oldat közepes aktivitási tényezőjét a sósavtartalom határozza meg [9]. A függvények egyértelműen mutatják az Sn(IV) forma stabilitását a levegővel intenzíven érintkező oldatban, továbbá fontos figyelembe venni az anódnak az oxidáló hatását, amely szintén jelentős szerepet játszhat az Sn(IV) ionok létrejöttében. Az Sn(II) ionok oxidációja ön-dioxid-hidrát formájú csapadék képződés veszélyével jár. Sőt, az (1) folyamat mellé járuló külső oxidáló hatás esetén növekedhet az oldat ónkoncentrációja is, ami kloridos kiválások veszélyével is járhat.

Sósavas oldatokban az Sn<sup>2+</sup> ion a savtartalommal növekvő mértékben képezi a komplex ionokat, melyek között nagyobb szabad kloridion koncentráció esetén a [SnCl<sub>3</sub>]<sup>-</sup> és a

[SnCl<sub>4</sub>]<sup>2-</sup> anionos forma válhat dominánssá. Ez stabilizálja az oldott ionokat és ellenállóbbá teszi a rendszert a precipitációval szemben csökkenő savasság esetén is. Feltételezhetően ezzel a komplexképző tulajdonsággal helyettesíthető az egyéb (alapvetően kénsavas) oldatokban szükséges szerves inhibitor adalékok katódos fémleválást tömörítő hatása.

Az önelektrolízis céljára tehát előnyösebben használható a kloridos közeg. Megfigyeléseink szerint, azonban a savas ön oldat fémes önrel kontaktusban történő viszonylag hosszabb idejű állása során elveszítheti a stabilitását. A 3. ábra az ön különböző potenciálokra és savtartalmak mellett várható specieszét mutatja a termodinamikai egyensúlyi állandóknak megfelelően.

Az Sn<sup>2+</sup> ionokat viszonylag kicsi stabilitásterület jellemzi, csak 1-es pH alatt és +0,15 –0,15 V potenciál értékek között stabilak, növekvő potenciál, illetve pH esetén a precipitációra hajlamos Sn(IV) forma léphet elő. A sósavas közegre vonatkozó 6. b ábra mutatja, hogy az [SnCl<sub>x</sub>]<sup>y-</sup> kloridos komplexek növelik az Sn(II) és Sn(IV) oldott ionjainak a stabilitását a közönséges Sn–H<sub>2</sub>O rendszerhez képest. A 3. b ábra potenciál–pCl<sup>-</sup> diagramja az ön kloridos komplexeiből történő redukciójának az egyensúlyi állan-



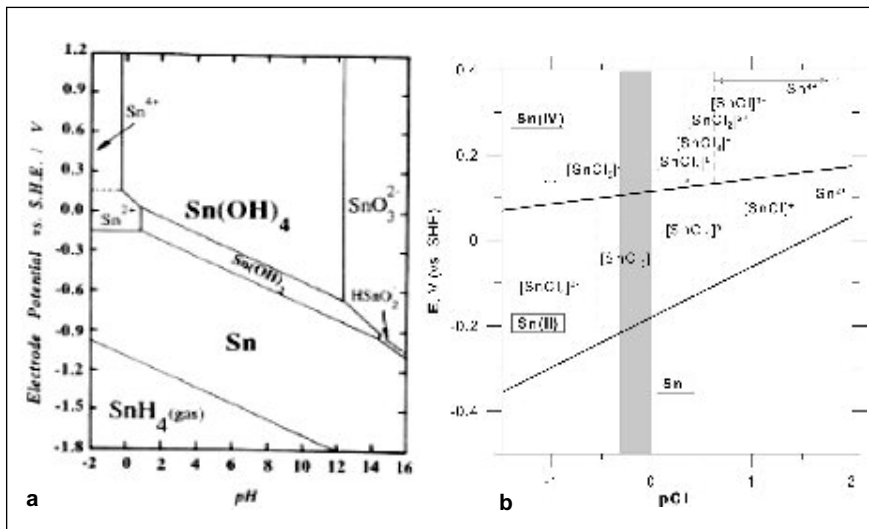
■ 2. ábra. Az ön megoszlása az ónporral (a) és levegővel (b) érintkező sósavas oldatokban

dókból számított feltételeit mutatja normál állapotban. A gyakorlati klorid-ion koncentrációk tartományát a szürke sáv szemlélteti. A görbék egyrészt jelzik a redukció könnyű végrehajthatóságát, másrészt utalnak a kloridion-koncentráció növekedésével járó kedvezőbb leválási alakot szolgáló inhibíciós hatásra is.

#### 4. A sósavas ón-klorid elektrolitot stabilitásának kísérleti vizsgálata

Az Sn(IV) forma jelenléte káros a katód korróziója és az ónsavas precipitáció fellépése miatt is. A levegő oxidáló hatásának kimutatására egy membrános kompresszor segítségével levegőbuborékokat vezetünk frissen elkészített sósavas ón-klorid oldatokba. A mérés során kapott spektrumokból rendre kivontuk az ónmentes sósavas háttér fenil-fluoronnal alkotott spektrumát. A 4. a ábrán látható, hogy a tiszta sósavban oldott ónnal készített oldatba buborékoltatott levegő hatására az Sn(IV) ionok 490–500 nm-nél lévő fényelnyelési csúcsa nő, ami bizonyítja a 2. ábrán bemutatott számítási eredmények alapján várt hatást.

A stabilitás további vizsgálatára királyvízes oldással és sósavas higítással is készítettünk oldatot. Az első lépésben beadott királyvíz és az ónpor mennyiségi viszonyától függő mértékben ebben nagyobb lehet az induló Sn(IV) koncentráció (4. b ábra). A buborékoltatás eredményeként



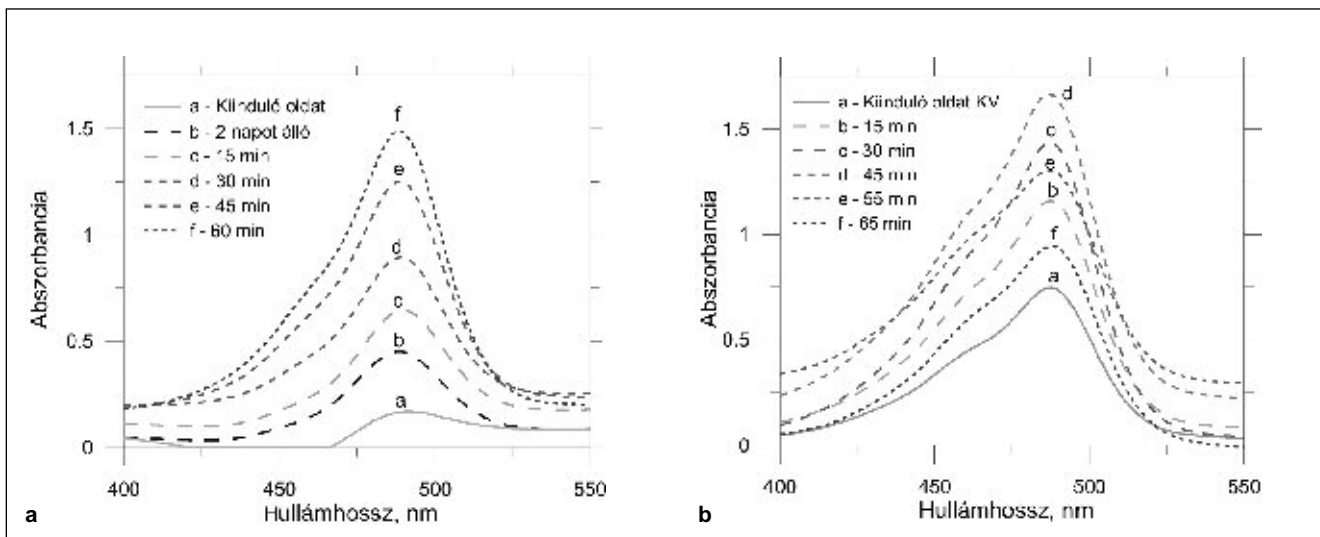
3. ábra. Potenciál-pH diagram Sn–H<sub>2</sub>O rendszerben (a) [10], valamint a számított E–pCl egyensúlyi diagram (b) a kloridos komplexek redox átalakulásaira

kezdetben a spektrumok növekvő csúcsai 45 perc (a-c-d-görbe) után itt csökkenés volt tapasztalható (e-f-görbe). Az oldatban lévő Sn(IV) ionok a 3. a ábra egyensúlyi Sn(IV) koncentráció – pH határfüggvényeinek megfelelően ugyanis fokozatosan ónsavvá alakulhatnak, ami a látható tartományban már nem mutatható ki.

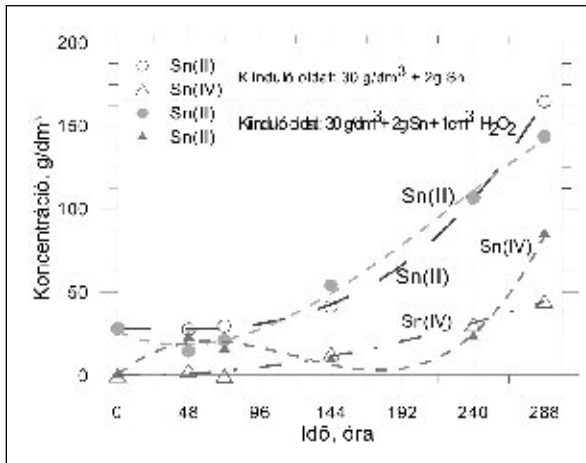
Különösen nagy a precipitáció veszélye amikor az ón-klorid oldat oxidáló hatás mellett fémes ónnal érintkezésben áll. Ilyenkor a (2) reakcióval képződő Sn(IV) az (1) folyamatban további ónt old, és a növekvő óntartalom mellett fokozódik a precipitáció veszélye. Az oxidáció fokozására hidrogén-peroxid adagolást is vizsgáltunk. A szemmel is látható színváltozások megfigyelése mellett az oldatok

összetételét jodometriával követtük nyomon. Az oldat Sn(II) koncentrációja közvetlenül, az összes óntartalma pedig cementálás és újraoldás után mérhető. Az Sn(IV) a kétfő mért érték különbségeként adódik. Az 5. ábra mutatja, hogy az ón alapvetően Sn(II) alakban oldódik és a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> által oxidált hánnyad is visszaredukálódik az (1) reakció szerint az ónpor jelenlétében. A gyorsabb oldódás és a nagyobb Sn(IV)/Sn(II) arány miatt az erősebben oxidált oldatban jelent meg előbb (kb. 10 nap állásidő elteltével) a precipitáció. Ekkor az Sn(II) koncentráció növekedési üteme is mérséklődött.

Az elektrolízis folyamán jelen van az anód erőteljes oxidáló hatása is. Nagyobb anódpotenciál alkalmazásakor nemcsak az Sn → Sn(II) oldó-



4. ábra. A levegőbuborékoltatás oxidáló hatása a) forró savas oldással és b) feleslegben adott királyvízes oldással készített oldatok (KV) esetében (10 g/dm<sup>3</sup> Sn, 1 M HCl)



■ 5. ábra. A 30 g/dm<sup>3</sup> induló Sn koncentrációjú oldatok óntartalmának változása hosszú állás során levegővel érintkezve, illetve oxidálószer adagolása mellett

dás, hanem az Sn(II) → Sn(IV) továbboxidálódás is felléphet. A huzamosabb működéshez vissza kell szorítani az Sn(IV) képződését és az ónkoncentráció túlzott növekedését. Ez megfelelő cellakonstrukciót és az oldat összetételének folyamatos szabályozását igényli. Az elektrolitos rafinálás jellemzőinek megállapítása és a folyamat optimalizálása a kutatás további célja. Erről a munkáról egy következő cikk keretében számolunk be.

## 5. Összefoglalás

A jelentős mennyiségben képződő ólommentes forrasztási ónhulladék oldott fém szennyezőit csak kémiai metallurgiai módszerekkel lehet

Sn(IV) ionok okozta korrózió, valamint a hidrogénleválás erősen csökkentheti. Ugyanakkor figyelemmel kell lenni a ki nem küszöbölhető Sn(IV) képződés miatt fellépő óntartalom növekedésre. Az oldat stabilizálásának biztosítására a megvalósítandó elektrolízis során összetétel-szabályozási módszert kell alkalmazni. Erre az oldhatatlan anódos cellák beiktatása, illetve a cirkuláltatott oldat megfelelő részletének kontakt redukciós, illetve precipitációs módszerekkel történő kezelése lehet alkalmas.

## Köszönetnyilvánítás

A munkát a REG\_EM\_KFI\_09 (2009) bejegyzésű „Ónhulladék feldolgozá-

eltávolítani. A hagyományos tűzi eljárások hatékonysága korlátozott, és megbízhatóságuk a technikai megvalósítástól függ. A termodinamikai szimuláció a leválasztás szempontjából kívánatos Sn(II) forma stabilitását mutatja, amennyiben az oldat fémes ónnal áll érintkezésben. Ugyanakkor jelzi a felszíni Sn(IV) képződés lehetőségét is, amit az anódos túl-oxidáció is erősíthet. Az áramhatásfokot az

sára, tisztítására és ártalmatlanítására alkalmas technológia kifejlesztése és optimalizálása” c. projekt keretében az NKTH támogatja. A kutatás megvalósításához támogatást nyújtott a TÁMOP 4.2.1.B-10/2/KONV-2-010-0001 program.

## Irodalom

- [1] Tersztyánszky, L.: Ólommentes forrasztás, [www.ett.bme.hu/](http://www.ett.bme.hu/)
- [2] London Metal Exchange, [http://www.lme.com/-tin\\_graphs.asp1](http://www.lme.com/-tin_graphs.asp1)
- [3] Hedges, E. S.: Tin and Its Alloys, Edward Arnold Publ. 1960.
- [4] Gilchrist, J. D.: Extraction Metallurgy, Elsevier; 2Rev Ed., 1979, p. 166–167.
- [5] Halsall, P.: The Refining of Tin, Metall, 43 (1989) 131–136.
- [6] Mackey, T.: The Electrolytic Tin Refining Plant at Texas City, Texas, J. Metals, June 1969, 32–43.
- [7] Wright, P.: Extractive Metallurgy of Tin, Elsevier Press, 1967.
- [8] Högföldt, E.: Stability Constants of Metal-Ion Complexes, Pergamon Press, Oxford, 1982.
- [9] Zemaitis, J. F., et al.: Handbook of Aqueous Electrolyte Thermodynamics, New York, NY, American Inst. Chem. Eng. Inc., 1983, p.101.
- [10] G. H. Kelsall and F. P. Gudyanga: Thermodynamics of Sn-S-Cl-H<sub>2</sub>O system at 298 K.

# Felhívás tagtársainkhoz

Ipari szakmúzeumaink nehéz helyzetbe kerültek. Jelentős létszámcsökkentés miatt a rendeltetésszerű működés veszélybe került. Szeretnénk elkerülni, hogy a szakmánk emlékeit őrző múzeumok kapui esetleg bezáruljanak. Célunk, hogy minél többen megismerjék gyűjteményeinket, és ezután is nagy számban látogassák rendezvényeinket. 2011 őszétől ehhez biztosítani kell a megfelelő létszámú teremfelügyelőt. A fizető látogatók számának növelését is el kell érniük, ez pedig rengeteg szervezőmunkát igényel.

Azzal a kéréssel fordulunk a szakma múltja iránt elkötelezett barátaink felé, hogy vállaljanak önkéntes munkát. Bízunk benne, hogy az egyesület és a baráti körök tagjai közül lesznek jelentkezők, akik pl. kéthetenként egy-egy napon látogatókísérőként, vagy más módon segítik a megmaradt személyzet munkáját.

Reméljük, nem tart hosszú ideig ez az időszak, s újból megfelelő számú munkatárssal működhetnek intézményeink.

Jelentkezésüket az alábbi címeken várjuk:

**MMKM Alumíniumipari Múzeuma**, 8000 Székesfehérvár, Zombori út 12.

Tel.: +36 22 333412, e-mail: [aluparimuzeum@gmail.com](mailto:aluparimuzeum@gmail.com)

**MMKM Kohászati Múzeuma**, 3517 Miskolc-Felsőhámor, Palota u. 22.

Tel.: +36 46 379375, e-mail: [kohmuz@kohmuz.t-online.hu](mailto:kohmuz@kohmuz.t-online.hu)

**MMKM Öntödei Múzeuma**, 1027 Budapest, Bem József u. 20.

Tel.: +36 1 2014370, e-mail: [ontode@mmkm.hu](mailto:ontode@mmkm.hu)

LKK

# Vörösiszap – veszélyes hulladék, vagy értékes nyersanyag?\*

A vörösiszap a Bayer-féle bauxitfeldolgozás szilárd mellékterméke és a fő alkotói:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2$ , valamint  $\text{TiO}_2$ . Kisebbségi koncentrációban, illetve nyomokban még előfordul benne: K, Cr, V, Ni, Ba, Cu, Mn, Pb, Zn, Zr, Y, Sc, Ga stb. sőt még radioaktív U és Th is. Jelenleg kb. 90 millió tonna keletkezik évente a Földön ebből a 10-12,5 pH-val jellemezhető lúgos hulladékgyűjtőből.

A lúgos kémhatása és az ásványi összetétele miatt ez a szilárd maradvány jelentős hatással van a környezetre és a megfelelő letárolása nagy kihívás. Jelenleg a legtöbb vörösiszap szabadtéri tárolókba, illetve a tengerekbe kerül, a környezeti veszélyek ellenére. Mostanáig a vörösiszapot kis mértékben használták csak útépitési, területfeltöltési és cementgyártási célokra és néhány új alkalmazás is fejlesztés alatt van. Az utóbbira példa a fémkinyerés (vas, alumínium, titán és egyéb szóróanyagok), építőanyagok, adszorbensek, kerámiák, talajjavító adalékok, katalizátorok és festékanyagok gyártása vörösiszaphoz.

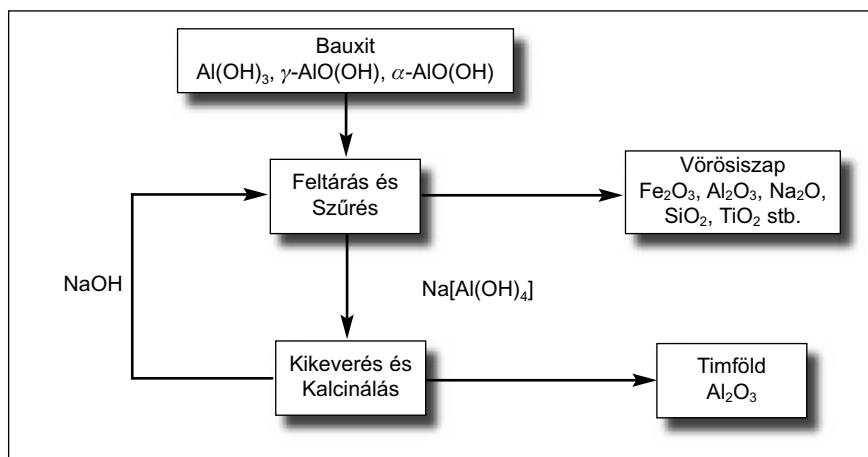
Az utóbbi években több kutatásnak is célja volt a vörösiszapot gáztisztítási adszorbensként, illetve szennyvízkezelési célra felhasználni. Azonban a jelen tanulmány középpontjában a vörösiszaphoz a vas, a titán és egyéb különleges fémek előállítására áll.

## 1. Bevezetés

Az alumínium jelentősége a mindennapi életben folyamatosan növekszik. A primer alumíniumtermelés 2010-ben kb. 41,4 Mt volt [1]. Előállítását az egész világon majdnem kizárólag ugyanazzal a módszerrel történik. Ez a bauxit lúgos feltárása (Bayer-eljárás), a timföldgyártás, amely után az olvadáselektrolízis (Hall-Héroult-eljárás) következik az alumínium előállítására.

A Bayer-eljárás során első lépésben a bauxitot nátrium-hidroxid oldattal kezelik (1. ábra) feltárási autoklavokban, vagy csőfeltárási reaktorokban. Ezáltal a nyersanyag alumíniumtartalmának nagy része nátrium-aluminát alakban kioldódik, míg az oldatlan maradékot szűréssel választják el a lúgtól. Az utóbbi a vörösiszap, amely a nevét a benne lévő  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  alakú vas-oxid miatt jellemző vörös színéről kapta.

A 2009-es 82,6 Mt [2] timföldtermelés, valamint a bauxit jellemző ál-



■ 1. ábra. A Bayer-eljárás egyszerűsített vázlatja

talános összetételének megfelelő 1–1,6 t vörösiszap/t timföld keletkezési arány alapján kb. 80–130 Mt vörösiszap keletkezik évente a Földön. Ez általában erősen lúgos (pH > 10) 15–30% szilárdanyag tartalmú iszapként jelenik meg, amit megfelelő tárolóba szivattyúznak. Ennek a nagy mennyiségű lúgos hulladék anyag-

nak a tárolása költséges (a timföld árának 1-2%-a), mivel nagy a területigénye (1 Mt/év kapacitású timföldgyár esetén kb. 1 km<sup>2</sup> / 5 év) és számos környezeti problémát okoz [3].

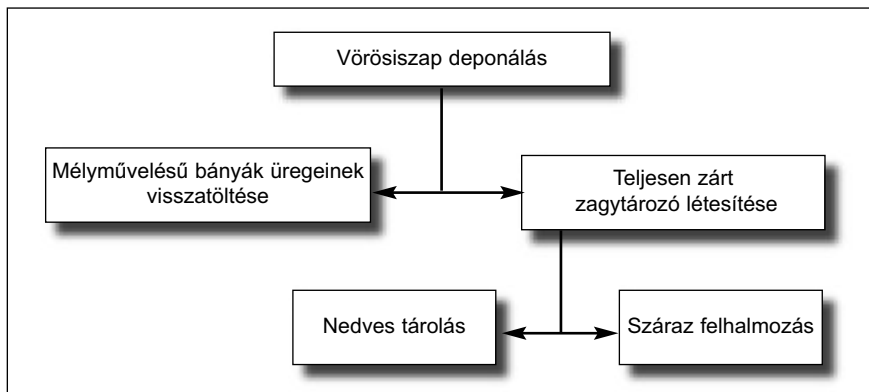
A vörösiszap zagy tárolásának a fő nehézségei a nagy nedves tárolóterületek költséges fenntartása, a lúgosság veszélye minden élőlényre, a lúg szivárgása a talajvizetekbe, az anyag túlfolyása, továbbá, a beszáradt felületek porzása is károsítja a közeli növényzetet [4].

A vörösiszap egy komplex anyag, amelynek a vegyi és ásványi összetétele nagymértékben változik a bauxit eredete és az eljárás technológiai paraméterei szerint. Általában hat fő

**Dr. Stefan Luidold** a Leobeni Egyetem Fémkohászati Tanszékén kutatóként dolgozik. Jelenleg az ipari fémek, a nagyolvadáspontú fémek, a ritkafémek és mások kutatásával foglalkozik. Felsőfokú tanulmányait Steyrben, a Gépészmérnöki Karon kezdte, majd a Leobeni Egyetemen folytatta 1994–2001 között. Doktori értekezését egyfajta alternatív niobium kinyerési technológiáról írta.

**Prof. dr. Helmut Antrekowitsch** 1988–1989 között gyártástechnológus mérnökként dolgozott. Felsőfokú fémkohászati tanulmányait a Leobeni Egyetemen végezte, ahol 1998-ban védte meg a műszaki doktori (PhD) disszertációját. 2002–2009 között a Christian Doppler Laboratórium vezetője volt, majd 2003-tól a Leobeni Egyetem Fémkohászati Tanszékének vezetője.

\* Az eredeti cikk első közlése és angol előadása a düsseldorfi EMC (European Metallurgical Conference) rendezvényen 2011-ben volt. Fordította: prof. dr. Kékesi Tamás, Miskolci Egyetem, Metallurgiai és Öntészeti Intézet



■ 2. ábra. A vörösiszap szárazföldi deponálásának lehetőségei [6]

komponensből álló (kb. 30–60%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 10–20%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3–50%  $\text{SiO}_2$ , 0–10%  $\text{TiO}_2$ , 2–10%  $\text{Na}_2\text{O}$  és 2–8%  $\text{CaO}$ ) [4] finom szemcsék alkotják és kis mennyiségben egyéb elemek is előfordulnak benne, mint V, Ga, Cr, P, Mn, Cu, Cd, Ni, Zn, Pb, Mg, Zr, Nb, U, Th, K, Ba, Sr és ritkaföldfémek [3].

Így a vörösiszap különféle okokból felkeltette a kutatók érdeklődését és számos kutatásnak képezte a tárgyát. Különös érdeklődés kíséri ennek a nagy mennyiségű maradványnak az egyéb területeken történő hasznosítását. Sajnos minden törekvés mellett, a bauxit-feldolgozási hulladékanyagok gazdaságos felhasználása a mai napig korlátozott, de a kutatás mégis tovább folyik [5].

## 2. A vörösiszap lerakóhelyi tárolása

A vörösiszap tárolásának még mindig a hulladéklerakón deponálás a hagyományos módszere. A vörösiszap kioldható és káros anyagainak, valamint az ezek által a talajvizet veszélyeztető hatások vizsgálatára elúciós kísérleteket hajtottak végre. A nehézfémek szinte kizárólag alig oldható hidroxidok formájában vagy az oldhatatlan vas-hidroxidhoz kötve fordulnak elő a vörösiszapban. Az oldható rész aránya egyértelműen 1% alatt van. Azonban az anionos formában előforduló összetevők, mint például a fluoridok, arsenátok, kromátok és vanadátok másképpen viselkednek. A kromátok kb. 2%-a, az arsenátok és fluoridok 40–50%-a, a vanadátok 13%-a vihető oldatba. Ha a perkoláló víz pH-értékét csökkentjük hígítással vagy semlegesítéssel, ezeknek az anyagoknak a mobilitása lecsökken és a felszín alatt újra megkötődnek [6].

A vörösiszap általában két különböző módon deponálható (2. ábra). Az egyik lehetőség a bauxit bányászásával képződött üregekbe történő visszatöltés. Ezt a módszert gyakran alkalmazzák, ha a timföldgyártás a bauxitbányászat közelében folyik. Ennek alternatívája a tároló tavak létesítése aljzatszigeteléssel és gáttakkal, valamint a későbbi rekultiváció során befedéssel [6].

A nedves tárolás módszere szerint a vörösiszapot előzetes sűrítés nélkül szivattyúzzák a zagyártározóba. Ilyenkor a szilárd rész eloszlása nem egyenletes, mert a nehézfrakció a beömlési pont mellett ülepedik ki, míg a finom szemcsék az egész tó területén szétterülnek. A túlfolyó vizet visszajáratják a timföldgyártáshoz. Ez nagy mennyiségű  $\text{NaOH}$ -ot és  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ot tartalmaz, ezért az alumínátlúg hígítására vagy a vörösiszap mosására hasznosítják a Bayer-eljárásban. Az ilyen tárolók szigetelése agyagréteggel illetve az áteresztő, homokos rétegre helyezett fóliával történik. Azonban a nagy hidrosztatikai nyomás problémákat okoz, amelyek csökkenthetőek az esővizet gyűjtő tárolókkal és az elszívárgó lét kezelésre összegyűjtő fenékcsatornákkal [6].

A nedves tárolás nehézségei miatt fejlődött ki a száraz felhalmozás módszere. Eszerint a vörösiszapot kb. 55–60% szárazanyag-tartalomig besűrítik, majd a rézsűs, illetve kúpos alakú hányóra szivattyúzzák. A legmagasabb ponton adagolt hulladékanyag kb. 5–10 cm vastag réteget alkotva ülepedik. Ez a réteg párolgással annyira beszárad, hogy a következő réteg 6–8 nap elteltével feladható. Az ilyen hányóknak ugyanolyan típusú aljzatszigetelést kell biztosítani, mint a nedves tárolók esetében. A

száraz felhalmozás előnyei a nagymértékű helymegtakarítás és a homogén felület. Az utóbbi jellemző megakadályozza a porzást is, mivel nem történik szemcseméret szerinti osztályozódás. Száraz felhalmozást alkalmaznak például Jamaikában és Ausztráliában [6].

## 3. Értékes fémek kinyerése a vörösiszából

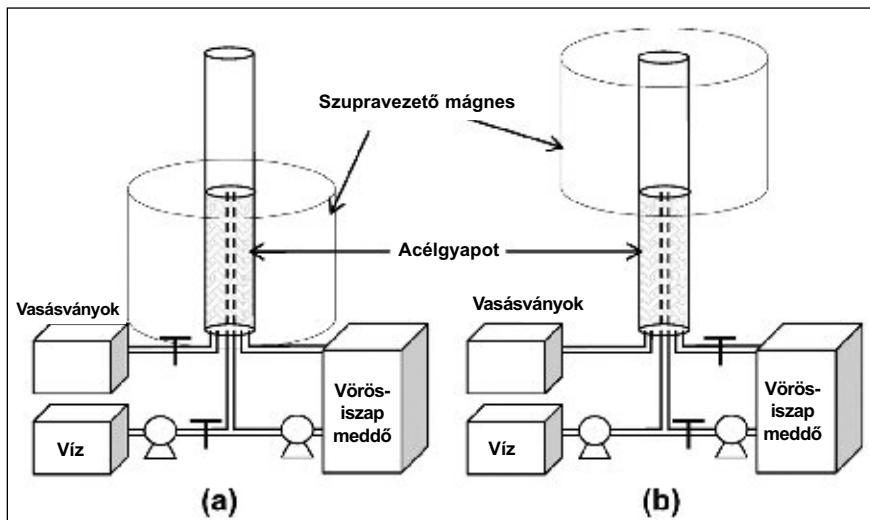
A vörösiszap hasznosításának számos próbálkozása között szerepel a kén-dioxid és kén-hidrogén megkötése gáztisztító berendezésekben, nehézfém és félfém ionok, valamint szerves anionok eltávolítására alkalmas adszorbens, téglá és cement-adalék formájú építőanyag, katalizátor, festékek és pigmentek, valamint értékes fémek alábbiak szerinti kinyerésének nyersanyagaként történő felhasználás [7].

Azonban a vörösiszap néha tartalmaz radioaktív elemeket (U, Th stb.), ezért megfelelő előkezelésre is szükség van, mielőtt építőanyagként, illetve egyéb hasonló módon felhasználható lenne [8]. A vörösiszapban található természetes eredetű radioaktív atomok koncentrációi Somlai és társai [9] szerint  $260\text{--}540 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$   $^{238}\text{U}$ ,  $122\text{--}335 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$   $^{226}\text{Ra}$  és  $340\text{--}500 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$   $^{232}\text{Th}$ . Ezek az értékek jelentősen meghaladják az építőanyagok globális átlagértékeit ( $500 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$   $^{40}\text{K}$ ,  $50 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$   $^{226}\text{Ra}$ , és  $50 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$   $^{232}\text{Th}$ ). Így a felhasználás előtti radiológiai ellenőrzés hiányában az előállított építőanyagok esetleg nem felelnek meg az előírásoknak.

### 3.1. A vas elválasztása

A vörösiszap nagy vas-oxid koncentrációja miatt sok próbálkozás történt már a vas-oxidok elválasztására elsősorban a bázikus fém-oxidoktól, ami biztosíthatná a szeparált anyag vasgyártásban való felhasználhatóságát.

Li és társai [10] költségelemzése szerint a vörösiszap vas-ásványainak az elválasztása jelentősen kedvező hatással lenne a tárolásra is, hiszen a nagy vastartalmú hányad felhasználható lenne a vaskohászatban, míg a kis vaskoncentrációjú frakció felhasználható lenne például építőanyagként. A Bayer-eljárás maradványának fő vas-ásványai a hematit, götit, mag-



■ 3. ábra. A HGSM módszer vázlatja, (a) vörösiszap beadás, (b) dúsítmány gyűjtés [10]

neit stb., amelyek mágneses, vagy gyengén mágnesezhető anyagok. Ezért a mágneses szeparálás elősegítheti a vasas ásványok kinyerését. Különösen a nagy térejeű szupravezető mágneses szeparálás (HGSM) lehet hatékony. Ezt a módszert a 3. ábra szemlélteti.

Megfelelő mágneses intenzitást fenntartva 1500 g vörösiszapot diszpergáltak 25 liter vízben, majd a zagyot a mágneses térben elhelyezett és acélgyapottal töltött rozsdamentes acél oszlopba szivattyúzták [10].

Az acélgyapot mátrixból kifolyó anyag visszakerült a vörösiszap-tároló tóba. A keringtetés 5 percig folyt, majd az acélgyapot mátrixot kivették a mágneses mezőből és a vasban dúsított vörösiszapot kiöblítették és összegyűjtötték. Az eredmények (1. táblázat) megmutatták, hogy a HGSM technikával a vörösiszap két különböző vastartalmú frakcióra bontható.

Azonban az elválasztás hatásfokát korlátozta a kísérleti rendszer hiányossága. A további javítás a jövő témája lehet [10].

Liu és társai [11] megközelítésében, közvetlen redukcióval nyertek ki vasat a Bayer-eljárás vörösiszapából és építőanyagok készültek az alumino-szilikát maradványok mágneses szeparálásával. Ebből a célból a vörösiszaphoz karbon és adalékokat kevertek, majd a keveréket hengeres formákba ( $d = 20 \text{ mm}$ ,  $l = 40 \text{ mm}$ , vagy  $d = 30 \text{ mm}$ ,  $l = 50 \text{ mm}$ ) préselték. Ezután a brikketeket szárították, majd nagy hőmérsékleten redukálták. Egy bizonyos idő elteltével kivették a mintákat és azonnal lehűtötték vízben. A termék örlését és mágneses szeparálását követően a dúsítmány összes és fémes vastartalmát megelemezték. A kísérletek szerint az optimális körülmények: redukció  $1300 \text{ }^\circ\text{C}$ -on 6600 s időtartamig 18:6:100 karbon:adalék:

1. táblázat. A súlykihozatal és mindkét frakció vastartalma egy elválasztási lépés után [10]

	Tömeg [g]	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [%]	SiO <sub>2</sub> [%]	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [%]	CaO [%]	TiO <sub>2</sub> [%]	Na <sub>2</sub> O [%]	Égetési veszteség [%]
Beadott vörösiszap	1500,0	29,4	26,4	20,5	1,7	1,6	7,9	11,9
Dúsítmány	130,2	46,3	15,4	25,2	1,3	2,0	4,8	15,4
Maradvány	1147,1	26,4	20,5	24,2	2,1	2,0	8,6	13,6

2. táblázat. A mágnesesen szeparált frakciók elemi összetétele [11]

Elem	Fe	Si	Al	Ca	Mn	Na	Mg	Ti
[%]								
Dúsítmány	89,05	3,75	6,43	0,54	0,23	-	-	-
Maradvány	5,78	37,26	34,08	6,42	-	11,59	1,55	3,32

vörösiszap tömegarányt beállítva. Így a dúsítmány és a maradvány elemi összetétele a 2. táblázatban látható eredmény szerint adódott.

Ilyen körülmények mellett 81,4% vaskihozatal és 96,98% vas fémessítési arány érhető el [11].

### 3.2. Titán kinyerése

Az irodalomkutatás alapján megállapítható volt, hogy a vörösiszaphoz való titánkinyerésre nincs egyszerű módszer, noha sok különböző elképzelést vizsgáltak már meg. Az eljárások általánosan piro- és hidrometallurgiai, vagy kombinált típusokra oszthatók. Néhányat ez a fejezet mutat be.

Agatzini-Leonardou és társai [12] 5,5  $\mu\text{m}$  átlagos szemcseméretű és főleg hematitot [Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>], diaszpört [ $\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$ ], gibbsitot [Al(OH)<sub>3</sub>], kalcitot [CaCO<sub>3</sub>], devitritet [Na<sub>2</sub>Ca<sub>3</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>16</sub>] és katoitot [Ca<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>(OH)<sub>8</sub>], valamint csekélyebb komponensekként kvarc [SiO<sub>2</sub>], anatóz [TiO<sub>2</sub>], kaolinit [Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>] és götit [FeOOH], valamint 7,10% TiO<sub>2</sub>-ot tartalmazó vörösiszap kénsavas oldását vizsgálták. Az oldó műveleteket az eredeti állapotú vörösiszappal és közönséges légköri nyomáson végezték. Minden lépésben adott mennyiségű előmelegített 1,5–3 M kénsavat és vörösiszapot kevertek (1:19 – 1:4) szilárd/folyékony arányban töltötték a reaktorba. A keverési sebességet és a hőmérsékletet (40–60  $^\circ\text{C}$ ) állandó értéken tartották. A reaktorban lévő anyagot 4 óra elteltével vákuum alatt leszűrték. A szilárd anyagot vízzel felzagyolva mosták, egy éjszakán keresztül szárították 110  $^\circ\text{C}$ -on, majd mérlegelték. A titánkhozatal 9,3-tól 64,53%-ig, a vaskihozatal 4,66-tól 46,01%-ig, az alumínium-kihozatal pedig 34,66-tól 45,93%-ig terjedő intervallumban változott. Megfigyelték, hogy az 1:19 szilárd:folyékony fázisarány használatával a titán kioldás megnövekedett, különösen nagyobb savkoncentráció esetén. Ugyanakkor, a vas és az alumínium esetében alacsonyabb a kioldási fok nagyobb hőmérsékleten és magasabb szilárd/folyékony fázisarány mellett.

Hasonló vizsgálatokról számolt be Sayan és Bayramoglu, [13] akik a török Etibank Seydisehir Alumínium Üzem 4,81% TiO<sub>2</sub> tartalmú vörösiszapját használták. Előkísérletek

után, négy független faktort választottak: reakcióhőmérséklet (60–90 °C), kénsavkoncentráció (1–2 M), keverésintenzitás (5–10 s<sup>-1</sup>), szilárd/folyékony fázisarány (40–80 g dm<sup>-3</sup>) és reakcióidő (2–4 h) a statisztikailag tervezett kísérleteikhez a kénsavas oldással történő titánkinyerés vizsgálatára. A másodrendű modelljük igen jól közelíti a kísérleti eredményeket. Rendszeres hibák nincsenek, így az eredmények jó alapot szolgáltatnak félüzemi, vagy normál üzemi alkalmazásokhoz. A legjobb titánkihozatal 96,33% volt 90 °C hőmérséklet, 2 M kénsav-koncentráció, 5 s<sup>-1</sup> keverési sebesség, 40 gl<sup>-1</sup> szilárdanyag-tartalom és 4 órás kioldás mellett.

A fenti megállapításokkal szemben Kasliwal és Sai [14] sósavat használt a vörösiszap titán-dioxid tartalmának dúsítására (18% TiO<sub>2</sub>) főleg kalciumot, vasat, alumíniumot és nátriumot kioldva. A szabad állapotú alumínium-oxid egy része oldható, míg a visszamaradó alumínium-oxid főleg böhmites és diaszporos állapotú. A szilárd maradványt nátrium-karbonáttal pörköltve tárták fel, amit vizes oldás követett. A savas oldásra 60–90 °C-os hőmérsékleteket, 2–10,3 sav:vörösiszap mennyiségi arányokat és 1–5,2 M savkoncentrációkat alkalmaztak. A pörkölést 850 és 1150 °C közötti hőmérsékleteken és 1,4–2,8 Na<sub>2</sub>O:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mennyiségi arányokkal végezték. A vörösiszapot nátrium-karbonáttal pörköltve az alumínium-oxid vízben oldható nátrium-alumináttá, a szilícium-dioxid pedig nátrium-szilikáttá alakul. A nátrium-karbonát reagál a Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-dal és a TiO<sub>2</sub>-dal is. A vizes kioldás közben a képződött nátrium-ferrit és a nátrium-titanát Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ra és TiO<sub>2</sub>-ra bomlik, míg a nátrium-szilikát oldódik a vízben. Az eljárással elért maximális TiO<sub>2</sub> dúsulási fok 0,76 volt, míg a pörköléses lépést elhagyva, csak a sósavas kezeléssel kb. 0,36-os érték volt elérhető.

A bemutatott vizsgálatok a titán elválasztására különböző megoldásokat képviseltek. Az egyik esetben a titán kioldása a cél, míg a másikban a közvetlen oldásnál titán-dioxid marad vissza az oldatlan maradványban. Azonban az idézett szerzők nem szolgáltatnak a titántartalmú frakció tiszta titán vegyületre történő feldolgozására vonatkozó információt.

### 3.3. Nátrium-aluminát hidrát előállítás

A vörösiszap Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tartalmának nátrium-aluminát-hidrát előállításával történő kinyerésére egy kevésbé agresszív hidrometallurgiai eljárást fejlesztettek Zhong és társai [15]. Kína Henan tartományában működő gyár vörösiszapot használták, ahol egy módosított Bayer-eljárással rossz minőségű 412,96-os modulusú (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> tömegarány) diaszporos bauxitot tártak fel nagy koncentrációjú NaOH oldattal CaO adalékolás nélkül 0,5 MPa nyomáson és 180 °C hőmérsékleten. A vörösiszap főleg szodalitból [Na<sub>8</sub>Al<sub>6</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>24</sub>(OH)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>], krisztoballitból [SiO<sub>2</sub>], hematitből [Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>] és anatózból [TiO<sub>2</sub>] áll. Az összetételt a 3. táblázat szemlélteti.

A vörösiszapot különböző mennyiségű 40–60%-os NaOH oldattal és mérsztejjel lúgozták 170–210 °C hőmérsékleten 3,5 órán keresztül az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kinyerésére. A 11,67 s<sup>-1</sup> keverési intenzitás a feltárandó anyag tökéletes szuszpendálására eredményezte. A feltárt zagy vákuumos szűrése után a maradványt kétszer felzagyolva mosták vízzel és 100 °C-on 12 órán keresztül szárították. Egy további feltárási lépés különböző mennyiségű 7%-os NaOH oldattal és mérsztejjel 170 °C-on és 2 órán keresztül a Na<sub>2</sub>O kioldását célozta. Az első lúg (4. táblázat) bepárlása 600 gl<sup>-1</sup> Na<sub>2</sub>O koncentrációig, majd 60 °C-ra hűtése nátrium-aluminát-hidrát [Na<sub>2</sub>O·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2,5H<sub>2</sub>O] kikristályosítását eredményezte 10% oltóanyag beadása után [15].

Az alumínium és a nátrium kinyerése után kapott végmaradvány kb. 4,4% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ot és 0,9% Na<sub>2</sub>O-t tartalmaz, így alkalmas építőanyag-előállítás nyersanyagaként történő hasznosításra. Ezeknek az oxidoknak a kihozatala 87,8 és 96,4% volt [15].

3. táblázat. A vörösiszap összetétele [15]

	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O
	%					
Összetétel	24,96	24,65	11,59	1,32	6,12	17,67

4. táblázat. A lúg fő alkotói a vörösiszap feltáráskor

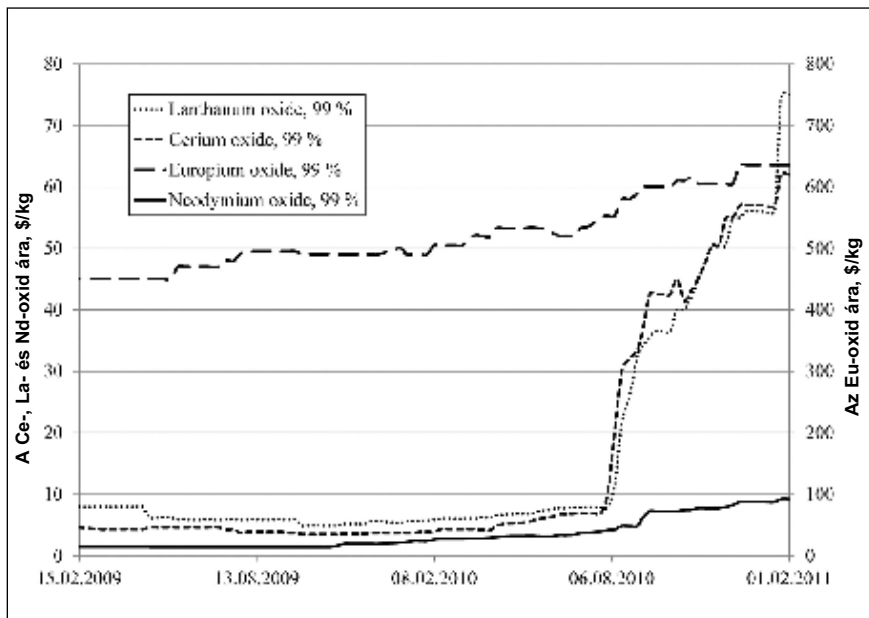
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O
	[g·l <sup>-1</sup> ]		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> tartalmú lúg	42,51	3,56	426,36

### 3.4. A nyomelemek kinyerése

A vörösiszap nemcsak nagy mennyiségű értékes fémeket, mint a vas, alumínium és a titán tartalmaz, hanem kis mennyiségben jelen vannak olyan elemek is, mint a vanádium, króm, ritkaföldfémek, urán stb. Ezért több kutató is vizsgálta ezeket, és különösen a ritkaföldfémeknek és az urának a kinyerését.

A ritkaföldfémek utóbbi hónapokban tapasztalt áremelkedése (4. ábra) tovább fogja erősíteni ezen elemek kinyerését célzó erőfeszítéseket, egy újabb másodlagos nyersanyag felhasználhatósága érdekében, ami feloldhatja a jelenlegi forrásokban tapasztalható szűkösséget.

Ochsenkühn-Petropulu és társai [17] már 1996-ban közölte, hogy a ritkaföldfémek sok közölte fordulnak elő néhány ppm szintű alacsony koncentrációban. A fő ásványok, amelyeket ipari méretekben használnak az ilyen nagy jelentőségű fémek előállítására a basztnézit [(La(Y), Ce)(CO<sub>3</sub>)F], a monacit [(La,Ce,Nd,Th,Y)PO<sub>4</sub>] és a xenotim [YPO<sub>4</sub>]. Ezeket az ásványokat 5–10% nagyságrendben tartalmazza a karbonátos kőzetek, vasérc és foszfátos kőzetek, de más ásványok feldolgozási eljárásainak (pl. apatit bányászat, urándúsítási meddő stb.) melléktermékeiként is megkaphatóak. Ide tartozik a vörösiszap is, amelynek az éves kibocsátása Görögországban 500 000 tonna mértékű, dúsul lantanidokban és itriumban és ezen elemek átlagos összes koncentrációja meghaladja a 0,1%-ot. Például a görögországi Parnassos-Ghiona térségben található legmélyebben fekvő bauxitok egy kiváló, 1%-ot is elérő összes lantanid-koncentrációt is mutattak. Ezért vizsgálták a ritkaföldfémek kinyerését különböző reagensekkel 25 °C-on, 1/50 szilárd/folyékony tömegarányal 24



4. ábra. Néhány ritkaföldfém-oxid árának alakulása [16]

órán keresztül, illetve az 5. táblázatban jelölt ideig végzett kioldással.

Ochsenkühn-Petropulu [18] vizsgálta a vörösiszap szkandium-tartalmának elválasztását egy kombinált ioncserés-oldószeres extrakciós módszerrel. Ez az elem gazdaságilag érdeklő koncentrációban fordulhat elő a vörösiszapban, ugyanakkor nincs ismert önálló érce. A fő ipari forrásai, az urán- és a volfrám-előállítás melléktermékei csak 0,02%-ig terjedő koncentrációkban tartalmazzák a  $\text{Sc}_2\text{O}_3$ -ot, a vizsgált vörösiszap mintában egy viszonylag magas és egyenletes 130 ppm Sc-koncentráció volt kimutatható (ami 0,02%  $\text{Sc}_2\text{O}_3$  koncentrációnak felel meg) a ritkaföldfémek 0,1% feletti összes koncentrációja mellett. Először a száraz vörösiszapot karbonát [ $\text{NaKCO}_3$ ] és borát [ $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ] keverékével olvasztották, majd tömény HCl-ban oldották. Hígítás után egy kationcserelő gyantát (Dowex 50W-X8) alkalmaztak a szkandium és az itrium elválasztására az alapfémektől és az

egyéb nyomelemektől. A mindkét célzott fémet tartalmazó sósavas oldat pH értékét 0-ra állították be  $\text{NH}_4\text{OH}$  adagolásával és hexánban oldott DEHPA-val extrahálták a szkandiumot a vizes fázisból. Végül a szkandiumot tartalmazó szerves fázist nátrium-hidroxid oldattal érintkeztetve kapták meg a szkandiumot vizes oldatban. A vizsgált vörösiszap mintákból ezzel az elválasztási módszerrel 93%-os szkandiumkihozatal volt elérhető. A kapott szkandium-hidroxid oldat HCl-vel megsavanyítható, ami után oxálsavval szkandium-oxalát lecsapható. Ezt a vegyületet izzítással tiszta szkandium-oxiddá lehet alakítani.

Smirnov és társai [8] egy másik módszert közölt a szkandium és az urán kinyerésére a vörösiszap kénsavas oldása után. Különböző ioncserelő gyantákkal dolgoztak, és tanulmányozták az elúciós kinetikát, valamint a hosszú idejű használattal járó olyan nehézségeket, mint a stabilitás és a degradáció. Az eredmények azt mu-

tatták, hogy a szkandium kinyerésére a leghatékonyabb ioncserelők a foszfortartalmú kationitok (SF-4 és SF-5), valamint a nitrogént és foszfort is tartalmazó amfolit típusú gyanták (AF-21 és Af-22). A gyantából nátrium-karbonát oldattal végzett hatékony elúció és ezt követő nátrium-hidroxidos precipitáció után a vörösiszap szkandiumtartalmának 50%-a, emellett az urán legnagyobb része és valamennyi tórium is kinyerhető volt. Szűrés után a szilárd nyers termék 5–7% Sc, 4,5% U és 0,9% Th-koncentrációt mutatott. Ebből végül tiszta szkandium-oxid kapható olyan hagyományos elválasztási módszerekkel, mint az oldószeres extrakció.

### Összefoglalás és kilátások

Az utóbbi években egy vagy több értékes fém vörösiszappól történő kinyerése számos kutatás tárgyát képezte, de erre még ez ideig nem sikerült gazdaságos megoldást találni. Ez a vörösiszap komplex összetételével függ össze, ami soklépéses eljárásokat tesz szükségessé egy vagy több fémnek tiszta vegyületekként történő kinyerésére ebből a hulladékanyagból. Továbbá, a kizárólag pirometallurgiai eljárások általában nem eléggé szelektívek és a nagy alkálitartalom a tűzálló bélés anyagaival kapcsolatos nehézségekhez vezet. Másrészt, a hidrometallurgiai eljárások a nagy mennyiségű és zárt körfolyamat végett megfelelő kezelést igénylő hulladékokat képződése miatt jelentenek nehézségeket.

Azonban a vörösiszap tárolásának növekvő terhei, valamint néhány fém forrásainak a szűkössége miatt az utóbbi hónapokban ugrásszerűen emelkedő ára elősegítheti a vörösiszap feldolgozásának a gazdaságosságát. Az utóbbi körülmény gerjeszti a fémek egyéb másodnyersanyagai iránti érdeklődést is.

A vörösiszap egyre magasabb tárolási költségei és a benne lévő néhány fém (ritkafémek stb.) egyre növekvő ára miatt a Montanuniversitaet Leoben Fémkohászati Tan-

5. táblázat. Különböző reagensekkel történő kioldások ritkaföldfém-kihozatala [17]

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Er	Yb	Y	Sc
$\text{HNO}_3$ , 0,5 M	35	29	35	52	49	53	49	52	60	70	96	80
HCl, 0,5 M	33	32	25	55	57	50	37	45	43	60	79	68
$\text{H}_2\text{SO}_4$ , 0,5 M	28	24	29	21	33	37	32	43	34	52	77	n.s.
$\text{SO}_2(\text{g})$ , (pH=1,1, 30 °C, 0,5 h)	17	15	16	20	22	28	n.s.	n.s.	n.s.	50	55	n.s.
$\text{H}_2\text{SO}_4$ (30%, 80 °C, 1,0 h)	21	16	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	48	n.s.	n.s.
HCl, 0,5 M, 14 h (bauxit)	11	12	16	19	14	29	22	19	11	8	18	n.s.
HCl, 0,5 M, 14 h (vörösiszap)	18	14	13	28	17	28	25	33	31	35	39	n.s.

n.s. – nem vizsgált



széke egy új módszert tervez kidolgozni a vörösiszap feldolgozására és az értékes fémek ilyen maradványokból történő kinyerésére.

## Hivatkozások

- [1] 2011 Mineral Commodity Summaries – Aluminium. Internet: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/aluminum/mcs-2011-alumi.pdf> (Access: 7.2.2011).
- [2] 2009 Minerals Yearbook – Bauxite and alumina. Internet: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/bauxite/myb1-2009-bauxi.pdf> (Access: 7.2.2011).
- [3] *Tsakiridis, P. E., Agatzini-Leonardou S., Oustadakis, P.* (2004): Red mud addition in the raw meal for the production of Portland cement clinker – *Journal of Hazardous Materials*, 116: 103–110.
- [4] *Sahu R. C., Patel, R. K., Ray, B. C.* (2010): Neutralization of red mud using CO<sub>2</sub> sequestration cycle – *Journal of Hazardous Materials*, 179: 28–34.
- [5] *Hind A. R. Bhargava, S. K., Grocott, S. C.* (1999): The surface chemistry of Bayer process solids: a review – *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 146: 359–374.
- [6] *Muster F.* (2008): Rotschlamm: Reststoff aus der Aluminiumproduktion – *Ökologischer Rucksack oder Input für Produktionsprozesse?* kassel university press GmbH, Report Nr. 88: 1–125.
- [7] *Ghosh I., Guha, S., Balasubramaniam R., Kumar A. V. R.* (2011): Leaching of metals from fresh and sintered red mud – *Journal of Hazardous Materials*, 185: 662–668.
- [8] *Smirnov D. I., Molchanova T. V.* (1997): The investigation of sulphuric acid sorption recovery of scandium and uranium from the red mud of alumina production – *Hydrometallurgy*, 45: 249–259.
- [9] *Somlai J., Jobbagy, V., Kovacs, J., Tarjan, S., Kovacs, T.* (2008): Radiological aspects of the usability of red mud as building material additive – *Journal of Hazardous Materials*, 150: 541–545.
- [10] *Li Y., Wang J., Wang X., Luan, Z.* (2011): Feasibility study of iron mineral separation from red mud by high gradient superconducting magnetic separation – *Physica C*, 471: 91–96.
- [11] *Liu W., Yang J., Xiao, B.* (2009): Application of Bayer red mud for iron recovery and building material production from aluminosilicate residue – *Journal of Hazardous Materials*, 161: 474–478.
- [12] *Agatzini-Leonardou S., Oustadakis P., Tsakiridis P. E., Markopoulos C.* (2008): Titanium leaching from red mud by diluted sulfuric acid at atmospheric pressure – *Journal of Hazardous Materials*, 157: 579–586.
- [13] *Sayan E., Bayramoglu M.* (2000): Statistical modeling of sulfuric acid leaching of TiO<sub>2</sub> from red mud – *Hydrometallurgy*, 57: 181–186.
- [14] *Kasliwal P., Sai P. S. T.*: Enrichment of titanium dioxide in red mud: a kinetic study – *Hydrometallurgy*, 53: 73–87.
- [15] *Zhong L., Zhang Y., Zhang Y.* (2009): Extraction of alumina and sodium oxide from red mud by a mild hydro-chemical process – *Journal of Hazardous Materials*, 172: 1629 – 1634.
- [16] Industrial Minerals. Internet: <http://www.indmin.com/Prices/Prices.aspx> (Access: 12.2.2011).
- [17] *Ochsenkühn–Petropulu M., Lyberopulu T., Ochsenkühn K. M., Parrissakis G.* (1996): Recovery of lanthanides and yttrium from red mud by selective leaching. In: *Analytica Chimica Acta*, 319: 249–254.
- [18] *Ochsenkühn–Petropulu M., Lyberopulu T., Parrissakis G.* (1995): Selective separation and determination of scandium from yttrium and lanthanides in red mud by a combined ion exchange/solvent extraction method – *Analytica Chimica Acta*, 315: 231–237. Bauxit

## HORVÁTH CSABA

# Volt egyszer egy Csepeli Fémmű...\*

Tisztelt Elnök Úr! Kedves Tagtársak!

Öt évvel ezelőtt e helyt ünnepeltük a Csepeli Fémmű fennállásának 110. évfordulóját. Akkor már folyt a felszámolási eljárás, de még remény volt arra, hogy a vállalat egyes részei egy sikeres reorganizáció után tovább működhetnek. Reménykedésünk saj-

nos nem vált valóra, és ma már csak úgy emlékezhetünk meg hazánk legnagyobb és Közép-Európa egyik legkorszerűbb színesfém-kohászati vállalatáról, hogy „volt egyszer...”

Erre is érvényes azonban a Lucretiustól származó mondat: „Haud igitur redit ad nihilum res ulla”, vagyis: Semmi sem semmisül meg igazán.

Egyrészt, akik még élünk a Fémmű dolgozói közül, azoknak emlékeiben és tudatában él tovább, másrészt a fennmaradt és sikeresen működő két vállalat is emlékeztet rá: a Schmelzmetall Hungária Kft. és az ESAB móri hegesztőelektróda-gyára.

Ahogy azonban az idő múlik, fogatkoznak az emlékezők, és halványul az emlék, hiszen még a vállalat virágkorában sem volt teljesen ismert a kívülállók számára, hogy a Csepel Vas- és Fémműveken, majd később a Csepel Műveken belül a Fémmű mit foglal magában.

A mai megemlékezés talán hozzájárul ahhoz, hogy az utókor is tisztáb-

*Horváth Csaba okl. kohómérnök, nyugalmazott műszaki vezérigazgató-helyettes 1957-től dolgozott a Csepeli Fémműben különböző beosztásokban; aktív idejében a gyár fejlesztéseinek ő is meghatározó személyisége volt.*

\* Elhangzott a Fémkohászati Szakosztály 17. hagyományos ünnepi vezetőségi ülésén, 2011. március 25-én

ban lássa, hogy mi volt a Csepeli Fémmű, hogyan változott fejlődése során, mi volt a szerepe a magyar gazdaságban, és kik voltak azok a vezetők, akik döntő szerepet játszottak műszaki fejlesztésében. Hiszen a Fémmű volt a magyar alumíniumkohászat bölcsője, és a színesfémkohászatban olyan átfogó és sokrétű profillal rendelkezett, amivel kevés vállalat a világon: a színesfém féltermékek széles skálájától kezdve a speciális híradástechnikai ötvözetek előállításán keresztül a dinamószalag- és hegesztőelektroda-gyártásig.

### A Csepeli Fémmű elhelyezkedése a Csepel Művekben

A Fémmű egyike volt azoknak a vállalatoknak, amelyek a Csepel Művek Csepel-szigeti telephelyén helyezkedtek el, és számuk időben változott, de mindig meghaladta a tízet. A Fémmű a terület északnyugati részén feküdt, mintegy 0,5 km<sup>2</sup> területen. Ezen kívül külső gyáregységként hozzá tartozott a Móri Cső- és Elektrodagyár, és egy ideig a Székesfehérvári Színesfémöntőde, valamint a Metallochemia is.

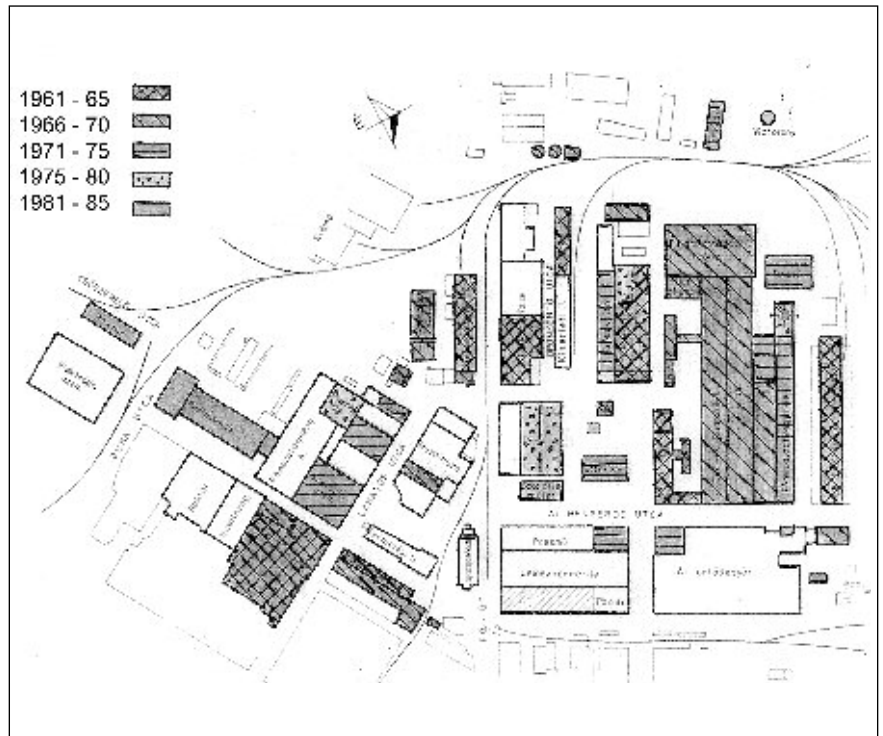
Az 1. ábra a vállalatok elhelyezkedését mutatja a csepeli telephelyen, 1990-ben (az ábra a hátsó borító belső oldalán látható).

### A Fémmű fejlődéstörténete vázlatosan

A Weiss Manfréd által 1892-ben alapított vállalaton belül 1896-ban történt a Fémmű első üzemeinek az indítása, és 1925-ig fokozatosan kiépült a rézkohászati és színesfém félgyártmánygyártási vertikum.

Az 1920-as években megkezdődött kis mennyiségben a meglévő berendezéseken az alumínium féltermékgyártás. Ez természetesen magán viselte azokat a fogyatékoságokat, amelyek a színesfémek és az alumínium azonos berendezésen történő gyártásával együtt jártak. 1931-ben már nagyobb mennyiségben gyártottak alumínium félgyártmányokat, melyeket FREDAL védjegy alatt hoztak forgalomba.

1935-ben *Becker Ervin* irányításával üzembe helyezték az első magyar alumíniumkohót. Ezzel párhuzamosan indult az alumíniumöntvénygyártás is, és *Jakóby László* üzembe



2. ábra. A Fémmű fejlesztési területei 1961–1985 között

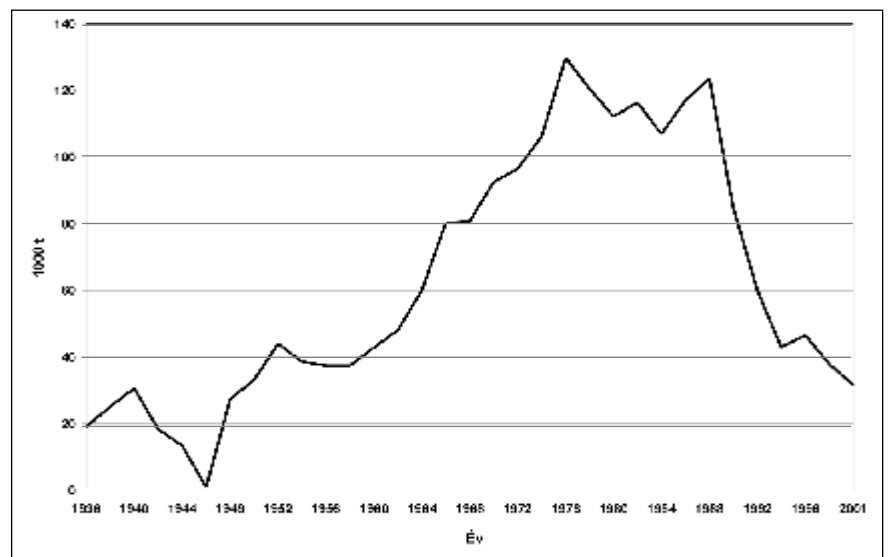
helyezte az első nyomásos öntőgépet. *Jakóby* nemsokára távozott a Fémműből, és szerepét *Solti Márton* vette át, aki 1945-ben kivált a Csepeli Fémműből és megalapította a Qualitál Öntődét.

1936-ban egy említésre méltó érdekes műszaki történelmi esemény történt. *Gottschalk Károly* vezérigazgató kezdeményezésére vásárolt a WM Művek egy Brackelsberg forgódobos kemencét, amit az acélgépjárműgyártásban akartak alkalmazni. Mivel ez nem sikerült, *Gottschalk* megbízta az éppen

akkor a Fémműbe belépő *Geleji Sándort*, hogy a kemencét tegye alkalmassá rézfinomításra. *Geleji* sikerrel oldotta meg a feladatot, és az eljárást több országban is alkalmazták.

1936–1944 között kiépült a teljes alumínium félgyártmánygyártási vertikum.

A háború alatt a Fémmű is súlyos károkat szenvedett. A károk helyreállítása '45-ben *Geleji Sándor* igazgató irányításával nagy erővel megindult, és 1947-ig a legfontosabb gyártási folyamatokat sikerült üzembe állítani. 1948-ban államosították a Fémműt.



3. ábra. A Fémmű termelése 1936–2001 között



■ 4. ábra. A régi rézfinomító: a Brackelsberg-kemence



■ 5. ábra. Az új rézfinomító: redukáló – anódöntő kemence



■ 6. ábra. Az új rézfinomító: aknás kemence



■ 7. ábra. Az OFHC folyamatos tuskóöntő-berendezés

1958–60 között az ún. dieselesítési program keretében fejlesztették az alumínium formaöntészetet.

1960-ban döntés született arra vonatkozóan, hogy a Fémműben induljon meg a híradástechnikai anyagok gyártása, és az alumínium-félttermékgyártás fokozatos csökkentése mellett korszerűsíteni és fokozni kell a szinesfém-félttermékek gyártását.

Tekintettel arra, hogy ezeknek az anyagoknak a gyártásához bővebb műszaki-tudományos ismeretek voltak szükségesek, amelyekhez hazánkban egyik kutatási intézetnél sem volt meg a kapacitás, létrehoztak egy kutatási osztályt is. Ennek a feladata volt a meginduló elektrotechnikai acélszalaggyártás és a különleges fémes anyagok (vákuumtechnikai anyagok, szabályozott hőtágulású anyagok, lágymágneses, nemesíthető rézötvetek, rugóanyagok, implantátumötvetek, amorf fémek) gyártásának megalapozásához szükséges ismeretek megszerzése. Ennek a tevékenységnek az irányítása Balázs Fülöp és

Stefán Mihály nevéhez fűződik.

A fejlesztés keretében 1968–1970-ben korszerűsödött a réz- és sárgaréöntés (folyamatos tuskóöntés bevezetése), megindult a folyamatos szalagöntés, új cső- és rúd húzó üzem, korszerű fémszalaghengerde épült.

Az 1973–1980 közötti fejlesztés során bővült a vákuumöntészet és a fémszalaghengerdei kapacitás, Mórön megépült az ívhegesztőelektróda-gyár a svéd ESAB cégtől vett licenc, know-how és berendezések segítségével.

Az 1980-as években korszerűsítették a rézfinomítást és rézelektrolízist, a melegplattírozás helyett hidegplattírozást vezettek be és több környezetvédelmi beruházást hajtottak végre.

A fejlesztési területeket mutatja be a 2. ábra.

A fejlesztések hatására jelentősen megnőtt a Fémmű termelése. A termelés alakulását a 3. ábra mutatja. A termelés a 90-es években rohamosan csökkent a megváltozott piaci viszonyok és a termelés finanszírozási lehetőségeiben bekövetkezett változások

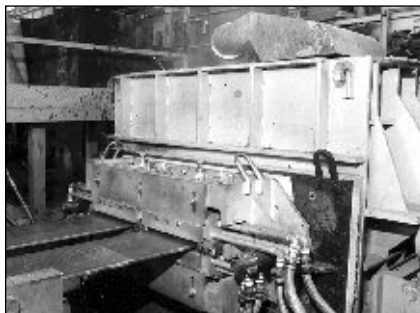
1. táblázat. A Fémmű kapacitásai és kihasználtságuk

Üzem	Névleges (t)	Tény (t)									Kihhasználtság (%)		
		1989			1992			1996			1989	1992	1996
		Belföld	Export	Össz.	Belföld	Export	Össz.	Belföld	Export	Össz.			
Rézfinomító (a)	15–20000	7455	-	7455	1666	-	1666	-	-	-	43,0	9,5	0
Elektrolízis (a)	14500	6104	-	6104	976	131	1107	-	-	-	42,0	7,6	0
DFMC	30000	15857	14102	29959	9967	3143	13110	6332	4637	10970	99,8	43,7	36,6
Fémszalag	10000	7077	3411	10488	2903	5088	7991	2974	4665	7639	104,9	79,9	76,4
Csőhúzó Törzsgyár	4000							279	1291	1570			
Mór	1000							595	182	777			
Összesen	5000	1489	3335	4824	1358	1251	2609	874	1473	2347	96,5	52,1	46,9
Rúdhúzó Törzsgyár	7500							1234	3689	4923			
Mór	1500							1060	294	1354			
Összesen	9000	5874	1569	7442	1933	3815	5748	2294	3983	6277	82,7	63,9	69,7
Huzalhúzó	3500	2097	431	2528	795	289	1084	741	486	1227	72,2	30,9	35,1
Prémű (b)	-	413	965	1378	128	2545	2673	159	3416	3575	-	-	-
Acélszalag	23000	14194	8376	22570	530	1923	7231	5788	4181	9969	98,1	31,4	43,3

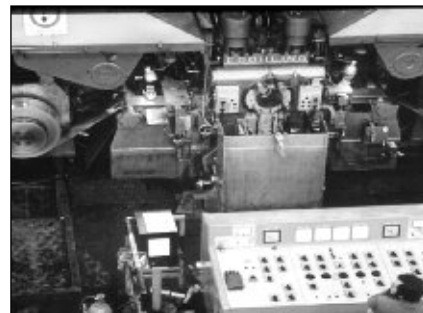
(a) jellemzően belső termelés (b) csak készárutertermelés, a belső termelés a meghatározó (cső-, rúd- és huzalelőtermék)



■ 8. ábra. A dip-forming huzalgyártó-berendezés



■ 9. ábra. Technica Guss folyamatos szalagöntő berendezés



■ 10. ábra. Fröhling quarté hengerállvány



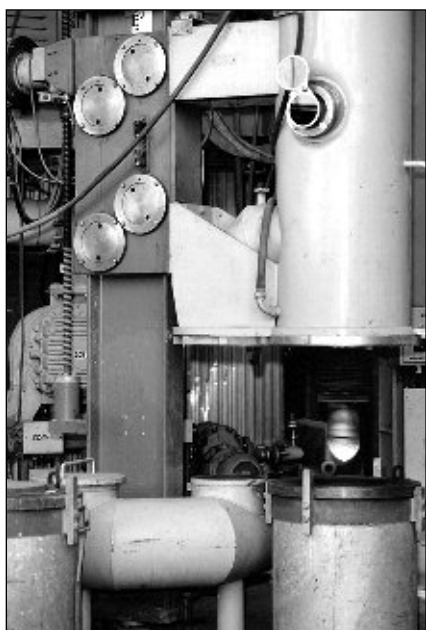
■ 11. ábra. Ebner védőgázás fényeslágyító hőkezelő berendezés



■ 12. ábra. A hidegplattírozó hengerállvány



■ 13. ábra. 1,5 t-s vákuumkemence



■ 14. ábra. Vákuumívfényes átolvasztó-berendezés

sok következtében. Ez végül is a jelenlegi helyzet kialakulásához vezetett.

Az 1. táblázat a kiépült kapacitásokat mutatja be. A kapacitások alapvetően a hazai igényekre épültek, de a berendezések optimális kapacitáskapcsolás mellett lehetőség volt jelentős export, túlnyomórészt dollár-számlálású export lebonyolítására is.

A rézfinomító rekonstrukciója során a Brackelsberg-kemencét (4. ábra) egy Haselett típusú olvasztóke-

mencével váltották fel. Ebből a folyékony fém az oxidálókemencébe folyt át, majd onnan az oxidáló periódus befejezése után a redukálókemencébe. A redukálókemence egyúttal automatikus tömegszabályozású anódöntőként is szolgált (5. ábra).

A rézelektrolízisben a nagyobb katódtisztaságot biztosító PCR eljárást vezették be.

Az 1964-ben üzembeállított OFHC folyamatos tuskóöntés jelentős előrelépés volt a réz hengerhuzal gyártásban a kisebb oxigéntartalom és a kedvezőbb szövetszerkezet miatt. Természetesen a termelékenysége is nagyobb volt. Problémaként fennmaradt azonban a huzalhengerlés elavult színvonala, amely a hagyományos meleghengerlési eljárással állította elő a 100 kg-os huzalkarikákat. Ezt az elmentmondást oldotta fel az 1979-ben bevezetett dip-forming eljárás, amelyet a General Electric-től vásárolt licenc és berendezés segítségével valósított meg a Fémmű. A folyamatos huzalöntés és meleghengerlés egy folyamatban, teljesen védőgáz atmoszférában történt, ami 5 ppm alatti oxigéntartalmat és 2 tonnás tekeressúlyt tett lehetővé.

A 7. és 8. ábra az OFHC berendezést és a dip-forming berendezést mutatja.

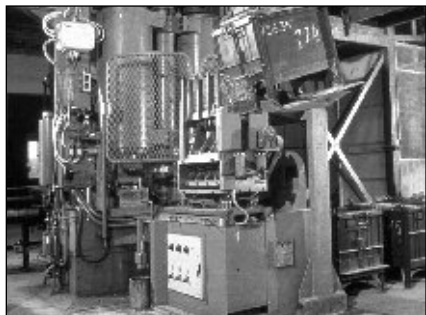
A fémszalaggyártás régi technológi-

ája a rézalapú ötvözeteknél a kokillába öntött tuskók melegsajtolása és az azt követő hideghengerlés volt. Az 1971-ben létrehozott szalaghengerlési vertikumban folyamatos szalagöntőgépekkel történt a 2 t-s szalagtekercsek előállítására (9. ábra). Az azt követő hideghengerlés nagy teljesítményű duó és quarté hengerállványokon történt (10. ábra). A hőkezelések céljaira áthúzó ill. fényes lágyító sisakkemencék szolgáltak (11. ábra). A színesfém szalagok korszerű felületi minőségét és sikkifikvését szalaghántoló és nyújtva egyengető berendezések biztosították.

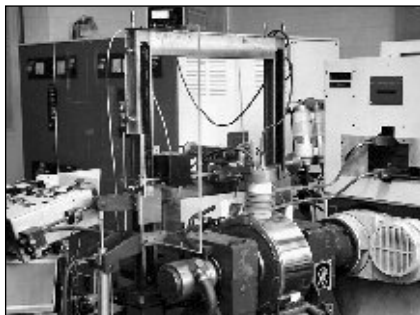
A hadiipari célokat szolgáló ún. plattírozott szalagok gyártásánál a korábbi melegplattírozást felváltotta a hidegplattírozó hengerállványon történő hengerlés, amely különlegesen nagy hengernyomással hozta létre a kötést a két vagy három szalagréteg között (12. ábra).

A vákuumtechnikai, híradástechnikai és egyéb precíziós ötvözetek gyártásához a korábbi kis vákuumkemencék helyett egy 1,5 tonnás vákuumkemence, egy vákuum ívfényes átolvasztó berendezés szolgáltatta a megfelelő minőségű tuskót (13–14. ábra).

A cső- és rúdtermékek gyártására az OFHC öntőberendezéssel egy időben egy sárgaréz folyamatos tuskóöntő berendezést, egy 630 tonnás vertikális csőprést, egy 2000 tonnás univerzális



■ 15. ábra. Elektrodaprés



■ 16. ábra. Amorf-fém-gyártóberendezés a kísérleti üzemben

prést, korszerű húzóberendezéseket, pilger hengerállványt és dobrahúzó berendezést helyeztek üzembe.

A móri gyáregységben épült meg az új, bevonatos kézi ívhegesztő elektrodák gyártására szolgáló magasan automatizált üzem, amelynek berendezéseit és az elektrodarecepteket a svéd ESAB cég szállította (15. ábra).

Meg kell még említeni azt, hogy a kutatóintézetbe fejlesztett kutatási osztály kísérleti üzemében lévő berendezések minden Féműben alkalmazott

technológiai folyamat modellezésére alkalmasak voltak a folyamatos szalagöntéstől, vákuumolvasztástól kezdve a hengerlésig és húzásig, hőkezelésekig bezárólag (16. ábra). Így nem csak a kutatási munkát támogatták, hanem a speciális anyagokból kisebb tételek gyártására is mód volt. A nyolcvanas években a kutatásban és technológiafejlesztésben mindegy 60 fő vett részt, akiknek fele felsőfokú végzettséggel, többük tudományos fokozattal rendelkezett.

A gyártás ellenőrzését és a termékek minőségbiztosítását a legkorszerűbb eszközökkel felszerelt laboratóriumok látták el. A Féműben 1958-ban, az országban elsőként helyeztek üzembe automatikus színképelemző berendezést, egy Cameca gyártmányú Spectro-Lecteur-t, amit a későbbiek folyamán több röntgenspektrométer ill. emissziós spektrométer követett. Az anyagvizsgálat más területei is a legkorszerűbb felszereléssel dolgoztak (mikroszonda, elektronmikroszkóp, röntgendiffraktometria, mágneses vizsgálatok, roncsolásmentes vizsgálatok stb.)

A fejlesztések végrehajtásához jól képzett, széles látókörű, nagy tudású szakemberekre volt szükség.

Szeretnénk megemlékezni azokról, akik a Fémű fejlesztését elvégezték, élharcosai, irányítói voltak a fejlesztésnek és beírták magukat a magyar alumíniumgyártás és színesfémkohászat történetébe.

Emlékezzünk rájuk!

**Dr. Becker Ervin**  
(1899–1987)



Az egyetemi tanulmányait 1916-ban kezdte Selmecen és 1926-ban diplomázott Sopronban. 1932-ben lépett be a Weiss Manfréd Acél és Fémművekhez. 1933-ban bízták meg az első magyar alumíniumkohó tervezésével, majd megépítésével és 1935. évi üzembehelyezésével. 1945-ig a csepeli alumíniumkohó üzemvezető főmérnöke volt.

**Deniflée Sándor**  
(1890–1959)



1914-ben fejezte be az egyetemet. 1914–1929 között a Magyar Rézhenger-műveknél dolgozott, 1929-ben belépett a Weiss Manfréd Acél és Fémművekhez. A Féműben főmérnök, majd igazgató volt 1945-ig. 1930-ban létesítette az alumíniumfólia-üzemet. 1931 és 1935 között FREDAL néven alumínium féltermékgyártást vezetett be. 1940-ben Geleji Sándorral együtt megter-

vezte és megépítette az alumíniumhengerdét és a présüzemet. 1945–50 között ismét a Rézhenger-művekben dolgozott mint főmérnök, majd 1950-től 1957-ig a Fémű műszaki igazgatója volt.

**Jakóby László**  
(1897–1957)



1924-ben diplomázott Sopronban, 1927-ben lépett be a Weiss Manfréd Acél és Fémművekhez, ahol a fémöntöde vezetője volt. Ő telepítette az első nyomásos öntőgépet és megvetette

egy korszerű alumíniumöntöde alapjait. 1931-ben megvált Csepeltől és mérnökirodát alapított, majd 1949-től haláláig a Fémipari Kutató Intézetben dolgozott.

**Solti Márton**  
(1897–1982)



1920-ban lépett be a Weiss Manfréd Rt.-hez. 1925–1932 között a vasöntödében dolgozott. 1932-ben vette át Jakóby Lászlótól a Fémöntöde vezetését, amit 1945-ig végzett. Az ő irányítása mellett vált az alumíniumöntöde Euró-

pa egyik legkorszerűbb üzemévé. 1946-ban Attila Bélával megalapította a Qualitál Fémöntödét, majd 1949-től nyugdíjazásáig, 1957-ig ismét a Féműben dolgozott.

**Dr. Geleji Sándor**  
(1898–1967)



1926-ban fejezte be tanulmányait Sopronban. 1935-ben lépett be a Weiss Manfréd Acél és Fémművek Rt.-hez, ahol Gottschalk Károly igazgató megbízta a Brackelsberg kementce rézfinomításra való alkalmassá tételé-

vel, ami világszabdalommá vált. A háború után meghatározó szerepe volt a Fémmű újjáépítésében. 1945-től műszaki igazgató, 1946-tól 1949-ig igazgató volt. 1946-tól egyetemi tanár, az MTA rendes tagja volt.

**Balázs Fülöp  
(1925–1974)**

1948-ban fejezte be tanulmányait Sopronban és került a Csepeli Fémműbe. A Tech-



nológiai osztály, majd a Műszaki fejlesztés vezetőjeként az ötvenes évek végén meginduló intenzív fejlesztés irányítója volt. A színesfémkohászati kutatási bázis megalkotója, a híradás-

technikai anyagok fejlesztésének és gyártásának megteremtője volt. Korai halála a magyar ipar és a hazai színesfémkohászat nagy vesztesége.

**Dr. Stefán Mihály  
(1932–2009)**

1954-ben fejezte be tanulmányait a Nehézipari Műszaki Egyetem kohómérnöki szakán és került a Csepeli Fémműbe. Technológusi beosztásban, majd 1958-tól



főtechnológus-helyettként dolgozott a Rézkohászat gyáregységben, 1959 és 1962 között aspiráns volt a moszkvai Intztitut Sztaliban. Hazatérve 1962-től 1972-

ig műszaki igazgató, majd 1975-ig igazgató volt. 1975–1983 között a Cs. M. műszaki vezérigazgató-helyettese volt. Ezt követően az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottságnál és a Gépipari Tudományos Intézetben töltött be vezető pozíciókat. Balázs Fülöppel együtt a Fémmű fejlesztésének és korszerűsítésének meghatározó egyénisége volt.

Végezetül megköszönöm az Alumíniumipari Múzeumnak és mindazoknak a segítségét, akik adatokkal és fényképekkel hozzájárultak az előadás megtartásához.

# 70 éves az Alcoa-Köfém

## Szakmai Fórum az Alcoa Köfémnél az OMBKE részvételével

A hazai alumínium fémgyártmánygyártás legnagyobb üzeme, a székesfehérvári Alcoa-Köfém Kft. idén ünnepeli fennállásának 70. évfordulóját. 1941. június 25-én írták alá az alapító szerződést a Magyar Bauxitbánya Rt. és a berlini Dürener Metalwerke vezetői, hogy együtt próbáljanak a magyar–német repülőgépgyártási programba becsatlakozni. A német cég nem rendelkezett timföldgyárral és kohóval, ezért tett alumínium-hengermű felépítésére ajánlatot. Az első üzemszerű hengerlés 1943. április 21-én történt meg, és gyakorlatilag a Köfém későbbi vertikuma a háború előtt kiépült (öntöde, táblás lemezhengermű, prégép, húzópad). A gyár ezt követően négy fejlesztési nagyprojekten keresztül érte el a 80-as évekbeli méretét és minőségi színvonalát. Alapvetően a Magyar–Szovjet Timföld–Alumínium Egyezmény fémháttérén az 1965 és 1991 közötti években a fémgyártmány gyártás dinamikusan és szinte folyamatosan fejlődött. Az 1950-es indulásnál tervezett kapacitását (5000 tonna)

1989-ben harmincszorosan meghaladó mennyiséget gyártott.

Az egyezmény 1990-es megszűnését követően is talpon tudott maradni, köszönhetően a sikeres tulajdonosváltásnak. 1993. január 1-jén az Alcoa a Könnyűfémmű 50,1%-os tulajdonosa lett, majd 1996. július 1-jén megvásárolta a tulajdon fennmaradó 49,9%-át is. A Köfém elismert egységként működik az Alcoán belül, és ez biztosítja, hogy továbbra is rendelkezésre állnak azok a források, amelyek lehetővé teszik, hogy folyamatosan fejlődjön.

Ezt a jeles – Magyarországon szinte egyedülálló – évfordulót méltóképpen köszöntendő, a vállalat vezetése ünnepi programot szervezett 2011. június 16-án, amelyet az Alcoa európai vezetősége is megtisztelt jelenlétével. Kiállítás nyílt a Köfém múltjáról az Alumíniumipari Múzeumban, amelyet 2011. július 30-ig látogathattak a múzeum nyitvatartási idejében.

A Köfém Művelődési Házban Szakmai Fórumot tartottak. Erre a prog-

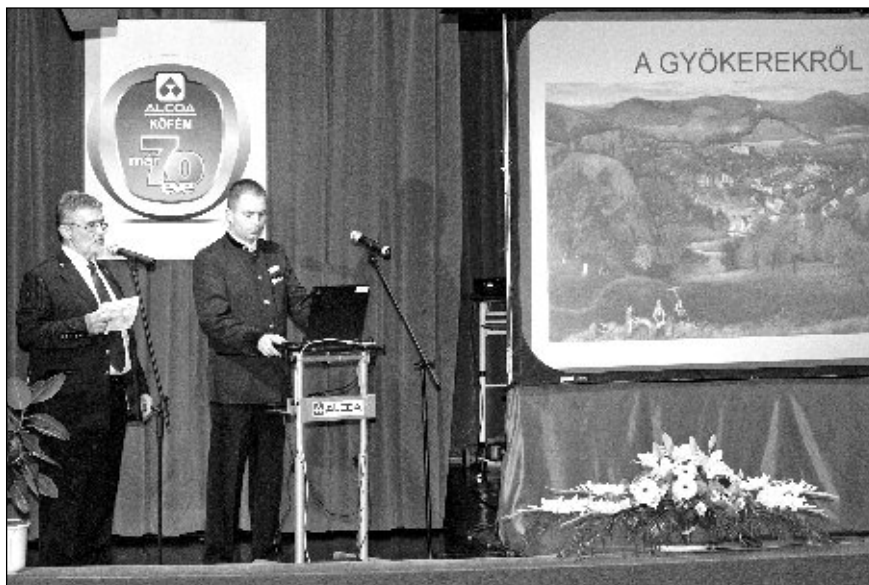


ramra a hosszú munkaviszonnal rendelkező dolgozók külön meghívót kaptak. Külön örömeinkre a vállalatvezetés kérte az OMBKE helyi csoportjának közreműködését és a vállalat történetét, hagyományait bemutató két előadás megtartását. A szakmai programot *Marcos Ramos*, az Alcoa európai elnöke és *dr. Forgó Béla*, a Köfém vezérigazgatója nyitotta meg. Előadások hangzottak el az alumínium jövőjéről, a magyar gazdaság jelenlegi helyzetéről és a lehetséges kiutakról, majd a gyáregységek vezetői mutatták be területeiket, az alcoa évek alatt történt befektetéseket, a jelenlegi piacaikat és a jövő tervezett fejlesztéseit.

A program végén hangzott el a két OMBKE-előadás. *Dr. Kóródi István* fotóalbumot stilizáló előadásában a

megsárgult (és természetesen újabb) fényképek közt lapozgatva mutatta be az elmúlt 70 év technikai fejlődését a négy termelőterületen. (A Könnyűfémű egykori présmű gyár-egysége ma a SAPA tulajdonában van.) A berendezéseket ábrázoló fényképek kapcsán kitért az itt dolgozó szakemberekre is, akik hozzájárultak, hogy ezek a gépek mindenkor a gyártáskori, hivatalos képességüket meghaladó mértékben tudtak megnyírást és minőséget gyártani. A gép, az ember és a technológia szoros kapcsolata eredményezte a folyamatos sikert. Az előállított alumínium félgyártmányok megváltoztatták a fogyasztási szokásokat, az előadás során sorra bukkantak fel a legendás termékeket ábrázoló fotók.

Clement Lajos előadása szorosan kapcsolódott az előző előadáshoz (1. kép). A Kőfém sikertörténetét az alapokhoz visszanyúlva, a hagyományokkal, a vállalati kollektívával, a Miskolcon végzett, selmeci hagyományokon felnőtt mérnökgárdával kapcsolta össze. Látványos előadása



■ 1. kép. Clement Lajos előadása

bemutatta, hogyan maradt a folyamatosan növekvő, eredeti önmagához képest hatalmasra nőtt vállalat ugyanaz, mert a gyökerek – szakmásteret, hazafiság, a vállalathoz való lojalitás, a kollektíva ereje – mindvégig biztosították, hogy háborún, forra-

dalmón, gazdasági és politikai rendszerváltáson túl, válságokat átvészelve működik.

Az OMBKE nevében Jó szerencsét és újabb sikeres 70 évet kívánt szeretett vállalatunknak.

✍️ A Szerkesztő

## ■ EGYESÜLETI HÍREK

# Az OMBKE Fémkohászati Szakosztályának hagyományos ünnepi vezetőségi ülése és bankettje

A Fémkohászati Szakosztály március 25-én az OMBKE-központban tartotta évnyitó vezetőségi ülését, amelyet hagyományosan egybekötött március 15-e megünneplésével. A vezetőségi ülést megtisztelte jelenlétével dr. Nagy Lajos, az OMBKE elnöke is.

Az ünnepi vezetőségi ülést Petrusz Béla elnök távollétében Balázs Tamás alelnök nyitotta meg, majd dr. Nagy Lajos köszöntötte a megjelenteket (1. kép). Ezt követően Sándor István titkári beszámolójára került sor a választás óta eltelt időszak legfontosabb eseményeiről. Bevezetésében a hazai fémkohászat a rendszerváltás óta történt átrendeződését bemutató táblázattal igazolta, hogy a fémkohászat termelése a szerkezeti átrendeződés ellenére jelentős mértékben növekedett.



■ 1. kép. Dr. Nagy Lajos köszönti a vezetőséget

	1989 ezer tonna	2009 ezer tonna
Kohófém termelés	75	0
Szekunder fémtermelés	22	100
Alumíniumöntvény termelés	17	90
Félgyártmány termelés	150	300
Színesfémkohászat	62	1
Színesfémöntészet	5,2	4,8
Összes termelés	331,2	495,8
Meglévő kapacitás		742,7

Kiemelte, hogy a Fémkohászati Szakosztály részt vett a 100. jubileumi küldöttgyűlésen Selmecebányán, és megfelelő számban képviseltette magát a hagyományos szalamander felvonuláson.

Szintén kiemelkedő esemény volt a már 11. alkalommal megrendezett Fémkohász szakmai nap a miskolci egyetemen, valamint a szakosztály március 10-i, szakmai nappal kibővített vezetőségi ülése az Inotal Kft.-nél. Itt fogadták el a szakosztály éves

költségvetését, a kitüntetésre javasolt személyeket, és az alapszabály-módosítással kapcsolatos szakosztályi állásfoglalást. A szakmai nap keretében „A vörösiszap ügyről – más szemmel” címmel *dr. Pataki Attila* tartott érdekes előadást, majd a résztvevők tájékoztatást kaptak az Inotal Kft.-nél folyó legfontosabb fejlesztésekről, végül gyárlátogatással zárult a vezetőségi ülés.

Hagyományainknak megfelelően megemlékeztünk az 1848–49-es forradalom és szabadságharcról. *Dánfy László* tagtársunk ismételt színvonalas megemlékezést tartott a szabadságharc kiemelkedő történelmi eseményeiről.

Már hagyománnyá vált, hogy az

ünnepi vezetőségi ülésen megemlékezünk a fémkohászat különböző szakterületein kiemelkedő teljesítményt nyújtott tagtársainkról, ezért a visszaemlékezések sorát egy korban közelebbi, de sajnos szintén múlttá vált gyáróriás emlékének felidézése folytatta. „Emlékezés nagyjainkra: Volt egyszer egy Csepeli Fémű” címmel *Horváth Csaba*, a Csepeli Fémű nyugalmazott vezérigazgató-helyettese a gyár történetén keresztül mutatta be a kiemelkedő teljesítményt nyújtott szakemberek tevékenységét. Időrendben *dr. Becker Ervin*, *Deniflée Sándor*, *Jakóby László*, *Solti Márton*, *dr. Geleji Sándor*, *Balázs Fülöp* és *dr. Stefán Mihály* volt a Csepeli Fémű egy-egy korszakának meghatározó alakja.

A vezetőségi ülést – már hagyományosan – vacsorával egybekötött kötetlen baráti találkozóval zártuk.

**Sándor István**

## A Fémszövetség taggyűlése

2011. május 19-én a Loacker Hulladékhasznosító Kft.-nél tartotta ez évi második taggyűlését a Fémszövetség. Napirend előtt egy perces néma felállással emlékeztek meg a közelmúltban elhunyt *Máthé Imréről*, a Fémker Kft. tulajdonos-igazgatójáról, a Szövetség alelnökéről.

Ezt követően *Jeffrey D. Kimball* kereskedelmi igazgató (Loacker Kft.) tartott vetített képernyős előadást a Loacker-csoportról, bemutatva a wonfurti kábelhulladék-feldolgozó üzemről készült filmet. Tájékoztatta a jelenlévőket a legutóbbi Eurometrec ülésen elhangzott előadásáról. Ismertette a fordított ÁFA általános európai bevezetésének helyzetét.

*Dr. Vitányi Márton* „Az acél és az alumínium hulladékstátuszának vége EU irányelv várható hatása a hulladékkereskedelemben” címmel adott áttekintést az új EU szabályozásról.

*Vincze Gábor* elnök a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kara hallgatói számára kiírt szöveggyűléséről (a hulladék szó kiváltására,



■ 1. kép. A taggyűlés résztvevői

a scrap, és a schrott szavak magyar megfelelőjének megtalálására) és a Fémszövetség tagvállalatai fiatal munkatársai számára kiírt cikkpályázatról adott tájékoztatót.

Az egyebek napirendi pont keretében a tagvállalatokat érintő kérdése-

ket vitatták meg. Az ülésen bemutatkozott *Bencző László*, az Ereco Zrt. kereskedelmi igazgatója.

A taggyűlés telepbejárással zárult (1. kép).

**Szabylár Péter**



MENDE TAMÁS – ROÓSZ ANDRÁS

## Egyensúlyi fázisdiagramok nonvariáns pontjainak nagy pontosságú számítása ESTPHAD módszerrel

*Az egyensúlyi fázisdiagramokban bizonyos fázisátalakulások egy adott hőmérsékleten mennek végbe, azok hőmérsékletértéke nagy pontossággal mérhető, így ezek nagy pontosságú számítása alapvető feladat. Az ún. nonvariáns pontok számítására új paramétereket vezettünk be az ESTPHAD egyenletbe. Az ESTPHAD módszerrel a számításokhoz felhasznált adatokhoz viszonyítjuk a számítások pontosságát, így természetesen a nonvariáns pontok hőmérsékletének nagy pontosságú számítását is a felhasznált adatokhoz viszonyítva értjük.*

### Bevezetés

Az anyagtudomány kezében az egyik legrégebbi, de a mai napig az egyik leghasznosabb eszköz az ún. egyensúlyi fázisdiagram, hiszen a felhasználandó anyagok szerkezetében a hőmérséklet- és a koncentrációváltozás hatására bekövetkező átalakulások ismerete elengedhetetlen a tervezés-fejlesztés folyamatában. Egyensúlyi fázisdiagramok a korai időkben főként grafikus formában álltak az ipar és a kutatók rendelkezésére, azonban az 1970-es évektől kezdődően – a számítástechnika fejlődésével párhuzamosan – megjelentek, majd rohamosan fejlődni kezdtek a termodinamikai alapokkal rendelkező fázisdiagram-számítási módszerek. A fázisdiagram-számító algoritmusok és szoftverek szerepe nagyon hangsúlyos mind az ipari, mind a kutatás-fejlesztési alkalmazásoknál,

mert ezeket a szoftvereket, vagy az általuk előállított kellően részletes és pontos adatbázisokat akár a szimulációs programokba, akár a mindennapi termelésbe (folyamat-szabályozás, ellenőrzés) beépítve, jelentős előnyökre lehet szert tenni.

### Termodinamikai alapok [1][2][3]

Az ESTPHAD módszer termodinamikai alapjait a BKL Kohászat 2008/5. számában részletesebben bemutattuk. Termodinamikai alapegyenletekből levezetve a likvidusz hőmérséklet ( $T_L$ ) a következő egyenlettel számítható:

$$T_L(X_B^l) = \frac{T_0}{1 + \sum_{i=1}^{\infty} A_L(i)(X_B^l)^i} = \frac{T_0}{1 + F(X_B^l)} \quad (1)$$

ahol  $T_0$  a színelem olvadáspontja,  $A_L(i)$  regressziós analízissel megha-

tározott állandók,  $X_B^l$  pedig az olvadék összetétele móltörtben. Általában a fázisdiagramoknál az összetelt tömegszázalékban adják meg. A tömegszázalék és a móltört azonban egy nem lineáris egyenlettel kifejezhetőek egymásból, tehát a móltört függvényében felírt polinom helyett használható a tömegszázalékok azonos típusú polinomja is.

### Nonvariáns pontok számítása ESTPHAD módszerrel

Az ESTPHAD módszerrel eredeti formájában az (1) egyenletben szereplő  $F(X_B^l)$ , illetve  $F(c_B^l)$  függvények felépítésének köszönhetően a tiszta alkotó olvadáspontját számítási hiba nélkül lehet kiszámítani. Tiszta alkotó esetében ugyanis  $X_B^l = 0$ , azaz

$$F(X_B^l = 0) = \sum_{i=1}^{\infty} A_L(i)(X_B^l = 0)^i = 0$$

ekkor pedig az (1) egyenlet szerint a számított likvidusz hőmérséklet azonosan egyenlő a tiszta alkotó olvadáspontjával.

Amennyiben olvadék és szilárd állapotban is korlátlan az oldhatóság, a likvidusz görbe a tiszta „A” alkotó olvadáspontjától a tiszta „B” komponens olvadáspontjáig tart. A likvidusz görbe számítása során tehát két tiszta alkotó olvadáspontját is ki kell tudni számítani az ESTPHAD módszerrel. Az „A” alkotó olvadáspontját számítási hiba nélkül lehet kiszámítani, a tiszta „B” alkotó olvadáspontját viszont az  $F(X_B^l)$ , illetve  $F(c_B^l)$  függvények számított  $A(i)$  paramétereinek a segítségével lehet közelíteni. A „B” alkotó számított olva-

**Dr. Mende Tamás** 2005-ben végzett öntész szakirányos okleveles kohómérnöként a ME Műszaki Anyagtudományi Karon. Az Anyagtudományi Intézetben 2002 óta végez kutatómunkát a fázisdiagram-számítás területén. Eredményeit számos hazai és külföldi konferencián mutatta be. Hallgatóként – többek között – Országos TDK 1. helyezést ért el, 2005-

ben Pro Scientia Aranyérem kitüntetésben részesült. 2010-ben PhD doktori fokozatot szerzett. Jelenleg tudományos munkatársként dolgozik az MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoportban.

**Dr. Roósz András** szakmai életrajzát lapunk 2008. évi 5. számában közzeltük. Roósz András 2010-ben az MTA rendes tagja lett.

dáspontját tehát csak valamikor „közelítési” hibával lehet leírni. Ugyanez a probléma merül fel azon likvidusz görbék esetén is, amelyek eutektikus, peritektikus vagy (szétválási görbe esetén) monotektikus hőmérsékleten végződnek, illetve amelyek peritektikus, vagy monotektikus hőmérsékleten kezdődnek. Az eutektikus, peritektikus, monotektikus hőmérsékletek azonban a tiszta alkotók olvadáspontjához hasonlóan nagy pontossággal ismert, jól kimérhető értékek, így fontos, hogy az ESTPHAD módszerrel ezen hőmérsékleteket a tiszta „A” alkotó olvadáspontjához hasonlóan szintén nagy pontossággal lehessen számítani.

### Új paraméterek bevezetése a nonvariáns pontok számítására

Az ESTPHAD alapegyenletben a likvidusz és a szétválási görbe leírását lényegében 2-5 paraméter –  $A(i)$  – határozza meg. Ahhoz, hogy a tiszta alkotó olvadáspontján kívül valamely pontot (másik alkotó olvadáspontja, eutektikus, peritektikus vagy monotektikus hőmérséklet) a számításban fixen rögzítsünk, ahhoz egy új paramétert kell bevezetnünk, vagy ezen 2-5 paraméter közül kell „feláldoznunk” egyet, amelynek a feladata csak és kizárólag ezen pont helyben tartása lesz.

A kidolgozott módszerben meghagyjuk ezen 2-5 paraméter eredeti funkciójuk ellátására, és egy új típusú koefficiens, illetve módosított ESTPHAD egyenletet vezetünk be, amelyben a likvidusz és a szétválási görbék mindkét végpontja nagy pontossággal számítható. A módosított egyenlet megalkotása előtt a következő peremfeltételeket definiáltuk:

- A likvidusz, ill. szétválási görbe végpontjának hőmérséklete az eredeti (számításhoz felhasznált) adatbázishoz képest 0,0 K eltéréssel (tehát egy tizedesjegy pontossággal) számolható legyen.
- Az új paraméter a görbék végpontjánál, illetve annak szűk környezetében éreztessen – pozitív – hatását.
- A módosított egyenlet minden pontban legyen értelmezhető, folytonos függvény legyen.
- A módosított egyenlet kezelhetősége, a számított eredmények felhasználása az alapegyenlethez ha-

sonlóan egyszerű és gyors legyen.

Ezen alapelveket elfogadva, bevezettük a  $B_1$  paramétert, és hozzárendeltük az  $M_1(X_B^1)$  szorzót. A számításnak az a jelentősége, hogy amennyiben több pontot szeretnénk rögzíteni (például minimummal rendelkező likvidusz görbe minimum pontja), akkor az is megtehető,  $B_2, M_2(X_B^2)$  paraméterekkel.

### A $B_1$ paraméter meghatározása

Az új paraméter meghatározható egy egyszerű, célirányosan megválasztott egyenlet megoldásával. Első lépésben az ESTPHAD alapegyenlettel (1) elvégezzük a számítást, illetve meghatározzuk a likvidusz hőmérsékletet legkevesebb paraméterrel, de megfelelő pontossággal leíró polinom fokszámát ( $A(i)$  együtthatók kiszámítása). Ezt követően az előállított  $A(i)$  együtthatók ismeretében az ESTPHAD alapegyenletet kiegészítjük a  $B_1$  paraméterrel a következő módon:

$$T_L(X_B^1) = \frac{T_0}{1 + F(X_B^1) + B_1} = \frac{T_0}{1 + A(1) \cdot X_B^1 + A(2) \cdot (X_B^1)^2 + A(3) \cdot (X_B^1)^3 + \dots + B_1} \quad (2)$$

A végpontot úgy tudjuk fixálni, ha a fenti egyenletben a  $T_L(X_B^1)$  helyére a végpont hőmérsékletét (pl. „B” alkotó olvadáspontja esetén  $T_B$ ), az  $X_B^1$  értékek helyére pedig az összetételét írjuk be (ez esetben  $X_B$ ). Ekkor az egyenletben az egyedüli ismeretlen a  $B_1$  paraméter, amelyet könnyen ki lehet fejezni a (2) egyenletből:

$$B_1 = \frac{T_0}{T_B} - 1 - [A(1) \cdot X_B + A(2) \cdot (X_B)^2 + A(3) \cdot (X_B)^3 + \dots] \quad (3)$$

Az így kiszámítható  $B_1$  paraméter a végpontban (a példánál maradva a „B” alkotónál) biztosítja a megfelelő pontosságot. Azonban ez a  $B_1$  paraméter minden összetételnél „elviszi” valamennyire a számított értékeket, hiszen az illesztett görbét minden pontban ugyanúgy tolja el. Annak érdekében, hogy ezt kiküszöböljük, bevezettünk egy  $M_1$  szorzót a  $B_1$  paraméter mellé, amely szorzónak az a szerepe, hogy ez a korrekciós együttható ne az egész görbét „mozgassa”, hanem csak a rögzíteni kívánt pont környezetében – ahol arra valóban szükség van – fejtse ki hatását.

Az  $M_1$  szorzót [(4) egyenlet] úgy

építettük fel, hogy matematikailag az egész fázisdiagram-tartományban értelmezhető legyen, a rögzítendő (vég)ponthoz értéke 1, viszont a rögzített pont környezete kivételével az értéke mindenhol lényegében 0-nak tekinthető. (Ez esetben 0-nak tekintjük azt, amely a számított hőmérséklet értékekben csak a második, vagy a még hátrább álló tizedesjegyben okoz változást.) A szorzóban azért szerepel abszolút értékben a rögzítendő ponthoz tartozó és az aktuális pontbeli móltört különbsége, mert az  $M_1$  nevezőjének minden esetben 1-nek, vagy 1-nél nagyobbobbnak kell lennie, hiszen ezzel teljesíthető, hogy vagy a  $B_1$  értékével, vagy – ahol annak hatására nincs szükség – annál jóval kisebb értékkel korrigáljuk a számított függvényt. Az abszolút érték szerepe például a minimum ponttal rendelkező likvidusz görbék esetén, a minimum pont rögzítésekor kiemelten fontos. A rögzítendő ponttól távolodva a rögzített pont és az adott pontbeli összetétel között egyre

nagyobb a különbség, így az osztó egyre nő, tehát az  $M_1$  értéke, ezáltal pedig az  $M_1 \cdot B_1$  értéke is csökken, a korrekciós tényező hatása gyengül. (Amennyiben az összetétel tömegszázalékban van megadva, akkor az összetétel-különbség abszolút értéke a rögzítendő ponttól távolodva jelentősen növeli az addig 1, vagy 1-hez

közeli nevező értékét, azonban a móltörtök esetén ez nem igaz, hiszen az összetétel-különbségek ekkor két nagyságrenddel kisebbek. Ezért szerepel egy 100-as szorzó a (4) egyenletben.) A korrekciós tényező csökkenő hatását lehet még jobban erősíteni azzal, hogy az összetétel-különbség abszolút értékét  $i$ -edik ( $i > 1$ ) hatványra emeljük. A minimum pont környezetének „szélességét”, ahol a  $B_1$  paraméter még érezteti hatását, az  $M_1$  szorzóban található  $i$  kitevővel lehet szabályozni. Értelemszerűen, a nagyobb kitevő (pl.  $i = 4 \dots 6$ ) nagyobb nevező értéket, így 0-hoz hamarabb közeledő szorzót eredményez. A

nagyobb kitevő szűk tartományokban, a kisebb kitevő (pl.  $i = 1, 1...2$ ) szélesebb összetétel-mezőkben engedi hatni a  $B_i$  korrekciós tényezőt.

$$M_1(X_B^I) = \frac{1}{1 + (100 \cdot |X_{B,V}^I - X_B^I|)} \quad (4)$$

ahol  $X_{B,V}^I$  a likviduszgörbe végpontjának összetétele,  $X_B^I$  az adott pontbeli összetétel,  $i$  fokszám, mely 1-nél nagyobb, javaslatunk szerint  $i=1, 1 \dots 6$ , attól függően, hogy az adott pont milyen széles környezetben akarjuk a hatást érzékelni.

Tömeg%-ban adott összetétel esetén az  $M_1$  szorzó a következőképpen fejezhető ki:

$$M_1(c_B^I) = \frac{1}{1 + |c_{B,V}^I - c_B^I|} \quad (4a)$$

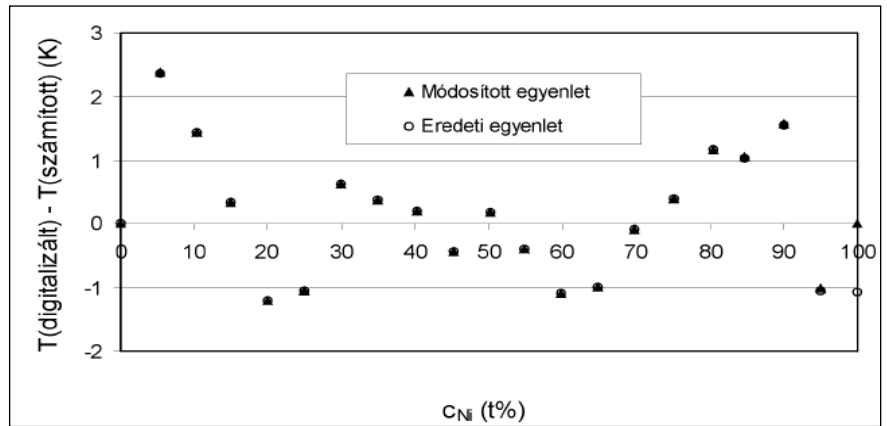
Az egyensúlyi fázisdiagramokban szereplő likvidusz görbék számítására a továbbiakban az (5) módosított ESTPHAD egyenletet használjuk.

$$T_L(X_B^I) = \frac{T_0}{1 + F(X_B^I) + M_1(X_B^I) \cdot B_1} \quad (5)$$

Az alábbiakban néhány példát mutatunk be a módosított egyenlet alkalmazására. A különböző típusú likvidusz görbék új paraméterek segítségével nagy pontossággal számított nonvariáns pontjai a következők: tiszta „B” alkotó olvadáspontja (1. és 2. ábra), eutektikus hőmérséklet vagy peritektikus hőmérséklet.

### A $B_2$ paraméter meghatározása, több nonvariáns pont esetén

Vannak olyan likvidusz görbék, amelyek minimum (vagy maximum) pont-



■ 1. ábra. A digitalizált és az eredeti, illetve a módosított egyenlettel számított likvidusz-hőmérséklet eltérése a nikkellkoncentráció függvényében, Cu-Ni rendszer

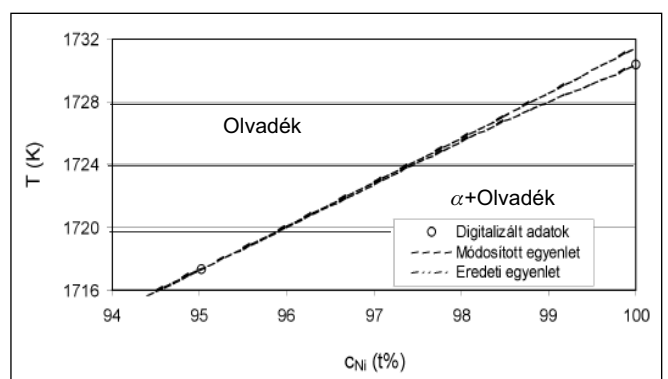
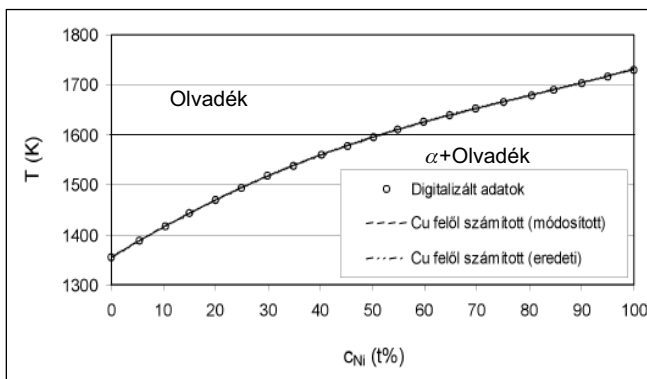
tal rendelkeznek. Ezen nevezetes hőmérsékleten nem csak megindul, hanem a tiszta alkotók összetételéhez hasonlóan be is fejeződik a kristályosodás. Ezen a hőmérsékleten és összetételnél a likvidusz és szoliduszgörbék találkoznak. Ezen pontot(ka)t ugyanúgy kezeljük, mint a tiszta alkotók olvadáspontját, vagy az eutektikus, illetve peritektikus hőmérsékletet, az ESTPHAD módszerrel a likvidusz görbe minimum pontját is 0 K eltéréssel kell tudni számítani. Ennek érdekében a likvidusz görbe végpontjához (olvadáspont, eutektikus, peritektikus hőmérséklet) hasonlóan a minimum pontot is az előbbieken bemutatott módon,  $B_2$  paraméterrel és a hozzá rendelt  $M_2$  szorzóval rögzítjük. A  $B_1$  és  $B_2$  paramétereket egymástól függetlenül, külön határozzuk meg. Az (5) egyenlet a minimum ponttal rendelkező likvidusz görbék esetén a következőképpen módosul:

$$T_L(X_B^I) = \frac{T_0}{1 + F(X_B^I) + M_1(X_B^I) \cdot B_1 + M_2(X_B^I) \cdot B_2} \quad (6)$$

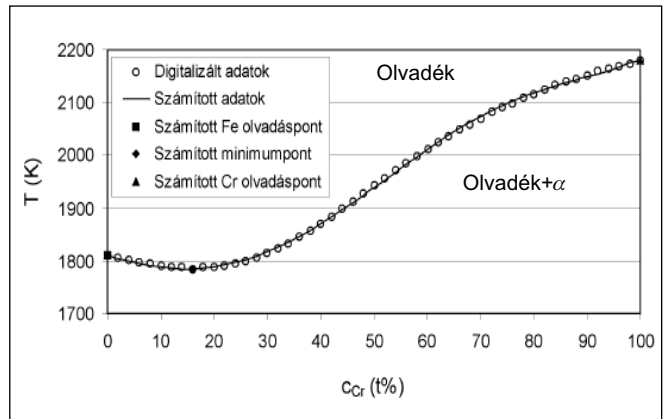
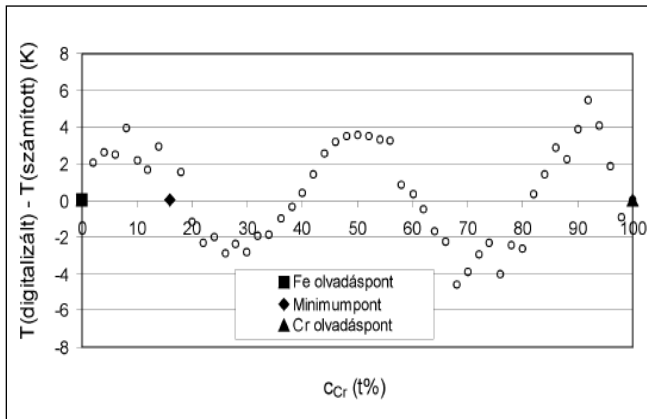
A likvidusz görbe minimum pontjához (3. ábra) hasonlóan, ugyanezen  $B_2$  paraméterrel és  $M_2$  szorzóval lehet biztosítani: a likvidusz görbe végén található eutektikus hőmérséklet ( $T_0$  ekkor a vegyület olvadáspontja), a likvidusz görbe két végén található peritektikus és eutektikus hőmérséklet ( $T_0$  ekkor a tiszta „A” alkotó allotróp módosulatának metastabil olvadáspontja – 4. ábra), a szétválási görbe két végpontján található mono-eutektikus hőmérséklet ( $T_0$  ekkor az ún. kritikus hőmérséklet) nagy pontosságú számítását is.

### Összefoglalás

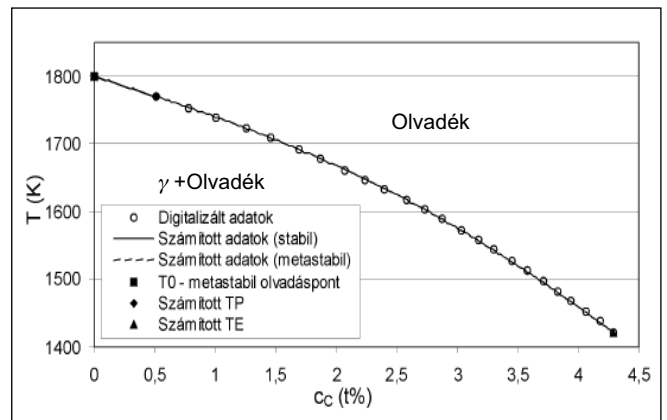
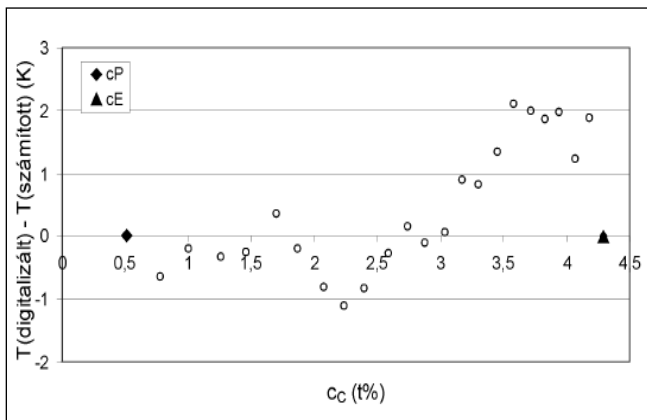
A fentiek alapján megállapítottuk, hogy az ESTPHAD egyenlet eredeti formájában nem alkalmas a likvidusz görbék nonvariáns pontjainak nagy pontosságú számítására. Ennek érdekében bevezettük a  $B_1, B_2$  paramétereket, valamint hozzájuk rendeltük



■ 2. ábra. Az  $\alpha$  szilárdoldat kristályosodásának eredeti, illetve módosított egyenlettel számított likviduszgörbéje, (b) részén a nikkell olvadáspontjához közeli tartományban. (Felhasznált adatok: [4])



■ 3. ábra. A digitalizált és a módosított egyenlettel számított likvidusz-hőmérséklet eltérése a krómtartalom függvényében, illetve a számított likviduszgörbe, Fe-Cr rendszer (Felhasznált adatok: [7])



■ 4. ábra. A digitalizált és a módosított egyenlettel számított likvidusz-hőmérséklet eltérése a karbon tartalom függvényében, illetve a számított likviduszgörbe, Fe-C rendszer (Felhasznált adatok: [9])

az  $M_1(X_B^I)$ ,  $M_2(X_B^I)$  szorzókat, és az így módosított ESTPHAD egyenlettel 0 K eltéréssel számítható a nonvariáns pontok hőmérséklete. A módosított ESTPHAD egyenlet alkalmazását különböző típusú likvidusz (és szétválási) görbék feldolgozásával igazoltuk.

A munkát a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010 projekt támogatásával végeztük.

#### Irodalom

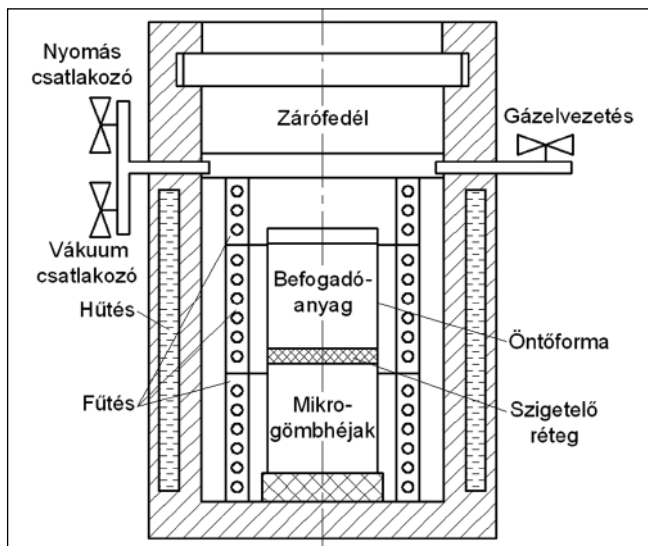
[1] Roósz, A. – Barkóczy, P. – Farkas, J.: The ESTPHAD: a Simple Tool for the Simulation of Solidification of Multicomponent Alloys, SP'07 Proceedings of the 5<sup>th</sup> Decennial International Conference on Solidification Processing, Sheffield, July 2007, pp. 365-368  
 [2] Roósz, A. – Kaptay, G. – Farkas, J.:

Thermodynamics-Based Semi Empirical Description of Liquidus Surface and Partition Coefficients in Ternary Al-Mg-Si Alloy, Materials Science Forum, 414-415 (2003) pp. 323-328  
 [3] Mende, T. – Roósz, A.: Calculation of the immiscibility gap by ESTPHAD method, Materials Science Forum, 659 (2010) pp. 423-428  
 [4] Miettinen, J.: Thermodynamic description of the Cu-Ni-Zn system above 600 °C, Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry 27 (2003) 263-274  
 [5] Bo, H. – Jin, S. – Zhang, L. G. – Chen, X. M. – Chen, H. M. – Liu, L. B. – Zheng, F. – Jin, Z. P.: Thermodynamic assessment of Al-Ce-Cu system, Journal of Alloys and Compounds 484 (2009) 286-295

[6] American Society for Metals: Metals Handbook, 8<sup>th</sup> Edition, Metallography, Structures and Phase Diagrams (1973)  
 [7] www.calphad.com  
 [8] Levin, E. M. – Robins, C. R. – McMurdie, H. F.: Phase Diagrams for Ceramists, The American Ceramic Society, 1964  
 [9] Massalski, T. B. – Murray, J. L. – Bennett, L. H. – Baker, H.: Binary Alloy Phase Diagrams, Vol. 1, American Society for Metals, 1987  
 [10] Kaptay, G.: A Calphad-compatible method to calculate liquid/liquid interfacial energies in immiscible metallic systems, Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry 32 (2008) 338-352

# AICu5 és AlMgSi1 mátrixú szintaktikus fémhabok előállítása és vizsgálata

Munkánk során két különböző átmérőjű, de azonos kémiai összetételű kerámia mikrogömbhéj típus felhasználásával állítottunk elő AICu5 és AlMgSi1, kiválóan keményíthető mátrixú szintaktikus fémhabokat a nyomásos infiltrálás módszerével. Az előállított és hőkezelt szintaktikus fémhabokon kvázistatikus nyomóvizsgálatot végeztünk, mely vizsgálat eredményeiből kiderült, hogy az alkalmazott SL150, illetve SL300-as gömbhéjnak csak moderált hatása van a mechanikai tulajdonságok változására. A vizsgálatokból megállapítható volt, hogy a kiválóan keményíthető ötvözetek T6 hőkezelése után mért mechanikai tulajdonságai nem érték el a várt mértékű javulást. Ennek tükrében a vizsgált fémhabok hőkezelése csak akkor lehet gazdaságos, ha a hőkezelési paramétereket optimalják.



■ 1. ábra. Az infiltráló berendezés sematikus vázlata

## Bevezetés

Az energiaelnyelés és a könnyű szerkezeti anyagok iránt megnőtt érdeklődés indukálta a fémhabok kifejlesztését és vizsgálatát az 1940-es években. Ezek a típusok az idő előrehaladtával egyre elterjedtebbé váltak, kutatásukkal hazánkban is aktívan foglalkoznak [1, 2]. A növekvő igénybevételeknek köszönhetően egy újabb speciális fémhab, a szintaktikus fémhab tűnt fel. Ennek porozitását tervszerűen elhelyezett üreges mikrogömbhéjak beépítésével biztosították. A szintaktikus fémhab definíciója szerint két csoportba sorolható; a porozitások miatt a fémhabok, az erősítő gömbhéjak miatt a részecske erősítésű kompozitok csoportjába. Leggyakoribb előállítási módszereik a nyomásos infiltrálás és az egyszerű keverés módszere. Mindkét eljárásban jelentős szerepe van a mátrix és az erősítőanyag közötti határfelületi

jelenségeknek és a nedvesítésnek, amelyek vizsgálatával *Kaptay* behatóan foglalkozott [3, 4]. *Rohatgi* 1998-ban a nyomásos infiltrálás módszerével gyártott szintaktikus fémhabokat, amelyek mikrogömbhéjakat (szállóhamu, „fly ash”) tartalmaztak. Ezek vizsgálatából kimutatta, hogy a szintaktikus fémhabok mechanikai tulajdonságai nagyban függenek a mikrogömbhéjak térkitöltésétől [5]. *Zhang* és *Zhao* is hasonló következtetésre jutott a mikrogömbhéjak térkitöltésével kapcsolatban, illetve kimutatták, hogy energiaelnyelés szempontjából célszerűbb a szintaktikus fémhabokat alkalmazni azonos mátrixú, egyszerű fémhabokkal szemben [6]. *Balch* is foglalkozott szintaktikus fémhabok nyomásos infiltrálással való gyártásával. Kimutatta, hogy a gyártás során a gömbhéjak és a mátrix anyaga között reakció lép fel, amely gyengíti a gömbhéjakat, ezzel utat engedve egyes gömbhéjak nem kívánt infiltrálásának.

Vizsgálatai során a szintaktikus fémhabok nyomás hatására történő tönkremenetelével is foglalkozott [7, 8]. 1999-ben *Détári* a szintaktikus fémhabok terhelhetőségével kapcsolatos cikket publikált [9]. 2007-ben *Palmer* már az általa nyomásos infiltrálással gyártott szintaktikus fémhabok széleskörű (húzás, nyomás, hajlítás) vizsgálatának eredményeit tette közzé [10]. A nyomásos infiltrálás mellett az egyszerű keverés módszerrel is folytak a kutatások, ennek a módszernek a használhatóságára *Ramachandra* és *Radhakrishna* mutatott rá. Előnyeként a gömbhéjtérkitöltés változtatásának lehetőségét, hátrányként a gömbhéjak töredezését és egyenlőtlen eloszlását említették [11].

A szakirodalom alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy nem, vagy csak nagyon elenyésző mértékben foglalkoztak a szintaktikus fémhabok hőkezelésével. Ezért választottunk az általunk gyártott szintaktikus fémhabok mátrixának kiválóan keményíthető alumíniumötvözeteket (AICu5 és AlMgSi1), és célul tűztük ki a hőkezelés hatásának vizsgálatát a szintaktikus fémhabok esetében.

**Kun Péter** a BME Gépészmérnöki Karának harmadéves BSc hallgatója. Tanulmányai mellett egyre aktívabb kutatómunkát végez az Anyagtudomány és Technológia Tanszéken. Fő érdeklődési területe a szintaktikus fémhabok mikroszerkezeti és makroszkópikus vizsgálata.

**Orbulov Imre Norbert** 2009-ben szerzett PhD fokozatot a BME Gépészmérnöki Karán. Jelenleg az Anyagtudomány és Technológia Tanszék adjunktusa. Kutatási területe a fém mátrixú kompozitok és fémhabok előállítása és tulajdonságaik vizsgálata.

## Gyártási eljárás

Munkánk során egy, a nyomásos infiltrálás módszerével működő, tömbi infiltrálásra alkalmas gépet használtunk. Ez lényegében egy vákuum és túlnyomás alá helyezhető kemence, erre azért van szükség, hogy minél nagyobb nyomáskülönbséget érhesünk el a minél jobb infiltrálás megvalósításához. Sematikus vázlata az 1. ábrán látható.

A munkánk során két mikrogömbhéj típust alkalmaztunk, az Envirospheres Pty. Ltd. által gyártott SL150 és SL300 jelűeket. Ezek főleg  $Al_2O_3$ -ból (36-40 t%) és  $SiO_2$ -ből (55-60 t%) épülnek fel. Emellett tartalmaznak még 1,4-1,6 t%  $TiO_2$ -ot és 0,4-0,5 t%  $Fe_2O_3$ -ot is. A szintaktikus fémhab mátrixaként AlCu5 és AlMgSi1 anyagot alkalmaztunk. Ezek összetétele az 1. táblázatban látható.

**1. táblázat.** A mátrixanyagok fő alkotójának mennyisége

	Alkotók (t%)			
	Si	Mg	Cu	Al
AlCu5	-	-	5-5,2	94,8-95
AlMgSi	1	1,2	-	97

Indukciós kemence segítségével az előbb említett ötvözött alumíniumokat megolvastottuk és első lépésként ezekből kiöntöttük a gyártáshoz szükséges előtömböket egy kigrafizott, 60×40 mm-es keresztmetszetű zártszelvénybe. A gyártáshoz szükség volt 60×40×360 mm-es előre kigrafizott, befenekelt kannákra. Ezekben helyeztük el a mikrogömbhéjakat, melyeket rázással, ütögetéssel rendeztünk. Ezzel a rázásos módszerrel a szakirodalom szerint ~64 tf%-os térkitöltés érhető el [13]. Az előkészítés során termoelemeket helyeztünk el a kannák aljára, ezeknek a gyártás vezérlésében volt szerepük. A gömbhéjak rendezése után egy elválasztó réteget tettünk a gömbhéjakra, amely esetünkben  $Al_2O_3$  paplan volt. A paplan teljes mértékben elzárta a gömbhéjakat a külvilágtól. A paplanra a gyártás során megolvadt mátrix és a gömbhéjak elválasztása miatt volt szükség az infiltrálás pillanatáig. Erre a rétegre került rá a fentebb említett előtömb, aminek közepébe újabb termoelem került, hogy mérhessük a mikrogömbhéjak és az olvadt mátrixanyag

hőmérsékletét. Ezen adatok alapján, megfelelő együttállásukkor végeztük el az infiltrálást, mintegy 50 °C-os túlhevítést biztosítva az olvadt alumíniumnak. Munkánk során négyféle szintaktikus fémhab tömböt állítottunk elő a két különböző mátrixanyag és mikrogömbhéj típus kombinációiként. A különböző szintaktikus fémhab tömbökhöz különböző gömbhéjakkal és előtömbökkel kellett előkészíteni a gyártást. Az előkészített

**2. táblázat.** A szintaktikus fémhabok hőkezelésének paraméterei [14]

Mátrix	Oldó hőkezelés hőmérséklete, ideje		Hűtőközeg	Öregítés hőmérséklete, ideje	
	T (°C)	t (óra)		T (°C)	t (óra)
AlCu5	500	1	víz	160	14
AlMgSi1	520	1	víz	170	14

öntőformákat egyenként a kemencébe tettük. A kemence lezárásra került, vákuum alá helyeztük és elkezdtük fűteni. Megfelelő hőmérsékleten az előtömb megolvadt, így elzárva a gömbhéjakat a kemence terétől, s megőrizve a gömbhéjak terében a vákuumot. Ezután a vákuumot megszüntettük és egy szelep segítségével túlnyomást adtunk a rendszerre, így a gömbhéjak térszében maradt a vákuum, míg a kemence terében túlnyomás uralkodott. Ez a nyomáskülönbség nyomta át a megolvadt fémet a paplanon a gömbhéjak közé. Az infiltrálás végén egy, a gömbhéjak környezetében mért hőmérsékletugrás mutatta, mivel a folyamat során a mikrogömbhéjak hőmérséklete az olvadt mátrixanyag hőmérsékletéhez képest kisebb volt. A nyomást fenntartva hagytuk hűlni a rendszert. A nyomás megszüntetése és a kemence kinyitása után a gyártott tömböket vízben tovább hűtöttük, majd a teljes hűlési folyamat végén a hegesztett szelvényeket és a kanna felesleges részeit eltávolítottuk, a további megmunkálások előkészítéseként.

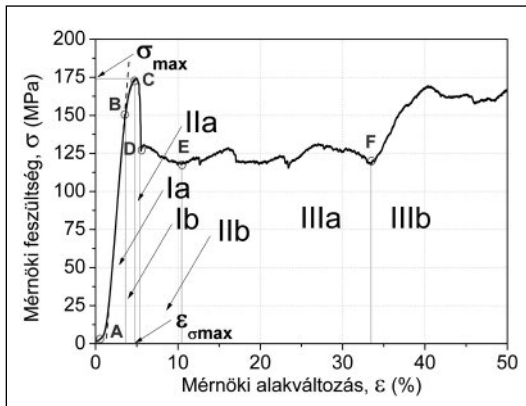
## Vizsgálati módszerek

A szintaktikus és a hagyományos fémhabok felhasználási területe nagyban az energiaelnyelő képességükre épít, ezért is vizsgáltuk kvázistatikus nyomóvizsgálattal az általunk készített szintaktikus fémhabokat. A vizsgálathoz az általunk gyár-

tott tömbökből  $\varnothing 14$  mm átmérőjű és 1, 1,5 és 2 karcsúsági tényezővel (H/D viszonyal) rendelkező zömítő próbatesteket munkáltunk ki. A ki-munkálás után oldó hőkezelést végeztünk (O jelű eredmények a diagramokon), majd a próbatestek felén kiválasztott keményítést hajtottunk végre szilárdságnövelés céljából (T6 jelű eredmények a diagramokon). A hőkezelési paramétereket a 2. táblázatban foglaltuk össze [14].

A kimunkált és hőkezelt próbatesteken kvázistatikus zömítő vizsgálatokat végeztünk egy MTS 810 hidraulikus, univerzális, számítógéppel vezérelt anyagvizsgáló gép segítségével. A vizsgálat során állandó keresztfejsébséget tartottunk, úgy hogy a zömítés során a próbatest magasságának csökkenéséből adódóan változó alakváltozási sebesség integrálközepe  $0,01 s^{-1}$  legyen. A zömítéseket 50%-os mérnöki alakváltozásig végeztük, így lehetségessé vált a teljes tönkremenetelig elnyelt energia, illetve a tönkremenetel típusainak vizsgálata. A zömítésre egy négy oszlopon megvezetett, köszörült felületű, nyomólapos zömítő szerszámot alkalmaztunk, az egyenletes terhelés biztosítása miatt, melyet a vizsgálat előtt megtisztítottunk a lehetséges szennyeződésektől. A vizsgálatok szobahőmérsékleten zajlottak. A zömítések során a szakirodalomból átvett kettős kenést alkalmaztuk, miszerint a próbatestek két végét bekentük egy „Anti-seize” nevű kenőanyaggal, majd alufólia réteget helyeztünk rá és ismét bekentük a kenőanyaggal. Erre a súrlódás (a hordósodás) csökkentése miatt volt szükség. Mint minden anyagnak, így a szintaktikus fémhaboknak is van jellegzetes nyomódiagramja, ami számos fontos információval szolgál, ennek fő részeit mutatja a 2. ábra.

A diagram három fő részből áll, a gömbhéjak szemszögéből vizsgálva az I. szakaszon a gömbhéjak még



■ 2. ábra. Szintaktikus fémhabok tipikus nyomóvizsgálati diagramja

törési sík, repedés. A Iib szakaszon a törési sík kiszélesedése történik, ezt követi a IIIa szakasz, ahol a szintaktikus fémhabokra jellemző platós szakasz figyelhető meg, ezen a részen megy végbe az energiaelnyelés (gömbhéjak tönkremenetelének) fő hányada. Az ezt követő szakasz (IIIb) a mérések alapján változó lehet (növekedhet, stagnálhat és csökkenhet) a kiinduló geo-

revséget a szaggatott vonallal jelölt egyenes meredeksége adja. Az egyenest a nyomódiagram első, lineáris részére illesztettük, figyelmen kívül hagyva az elején lévő beálló szakaszt, illetve a feszültségcsúcs előtti, a mátrix képlékeny alakváltozásából eredő elhajlást. A teljes elnyelt munka a diagram alatti terület nagysága.

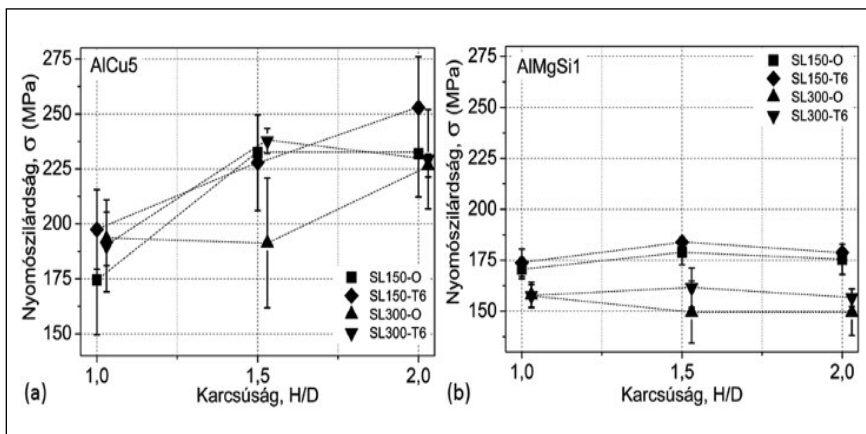
## Eredmények és értékelésük

Vizsgálataink eredményét célszerűnek láttuk a karcsúság függvényében ábrázolni, mivel esetünkben ez volt az egyik változó tényező. A vizsgálatok során elsőként a nyomószilárdságot vizsgáltuk. Az eredményeket a 3. ábra mutatja.

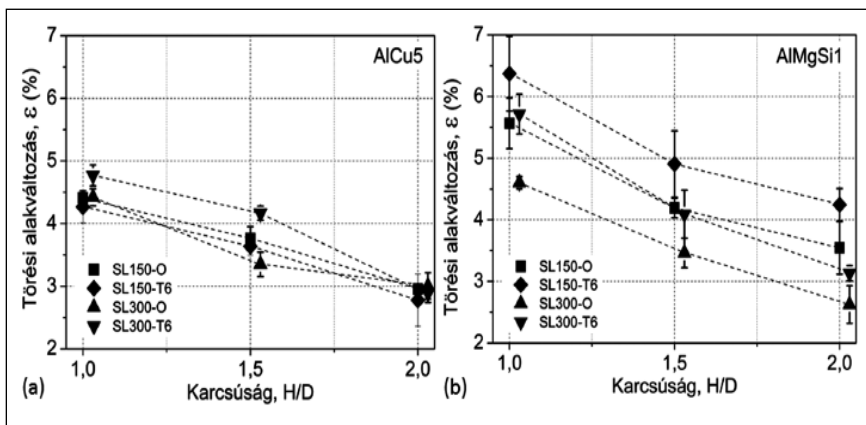
A különböző mátrixú szintaktikus fémhabok nyomószilárdságai nagyban eltértek egymástól. Míg a nyomószilárdság értékei az AlCu5 mátrix esetében a karcsúság növekedésével nőttek, addig az AlMgSi1 mátrix esetében stagnálás figyelhető meg. A kiválasztott keményítés hatása látható, de nem nagymértékű. A gömbhéjak méretének is van hatása a nyomószilárdságra, de ez nem tekintendő erőteljes befolyásoló tényezőnek. A legnagyobb nyomószilárdságot az AlCu5 mátrixú SL150 gömbhéj típusal erősített, kiválasztottan keményített, H/D=2-vel rendelkező szintaktikus fémhabok mutatták (3a ábra). Ennek oka a kis gömbhéjak nagyobb szilárdságában (vékonyabb fal, amely kevesebb hibalehetőséget enged meg, így a kisebb gömbhéjak szilárdsága nagyobb, mint a vastagabb fallal rendelkező nagyobb gömbhéjaké) keresendő.

A következő vizsgált paraméter a törési alakváltozás volt (4. ábra). Az AlCu5 mátrixú szintaktikus fémhabok kevésbé képesek alakváltozni az AlMgSi1 mátrixú szintaktikus fémhabokhoz képest. A legnagyobb törési alakváltozást a kiválasztottan keményített AlMgSi1-SL150 jelű H/D=1-gyel rendelkező szintaktikus fémhabok mutatták, körülbelül 6,5 %-os alakváltozással. A hőkezelések és a gömbhéjak hatása ismét látható, de csak kismértékű.

A szerkezeti merevségek alakulása az 5. ábrán látható. A szerkezeti merevségek értékei a karcsúság függvényében közel lineárisan nőnek mindkét esetben. A gömbhéjak és a



■ 3. ábra. A vizsgált szintaktikus fémhabok nyomószilárdsága a karcsúság függvényében

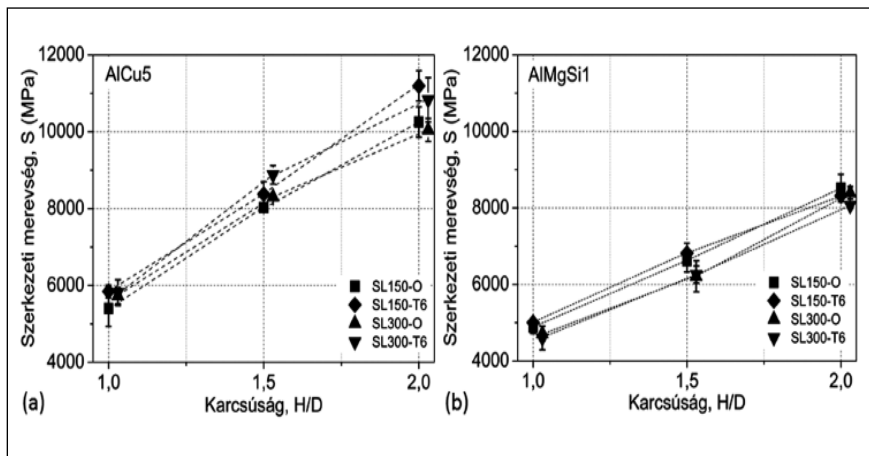


■ 4. ábra. A szintaktikus fémhabok törési alakváltozása a karcsúság függvényében

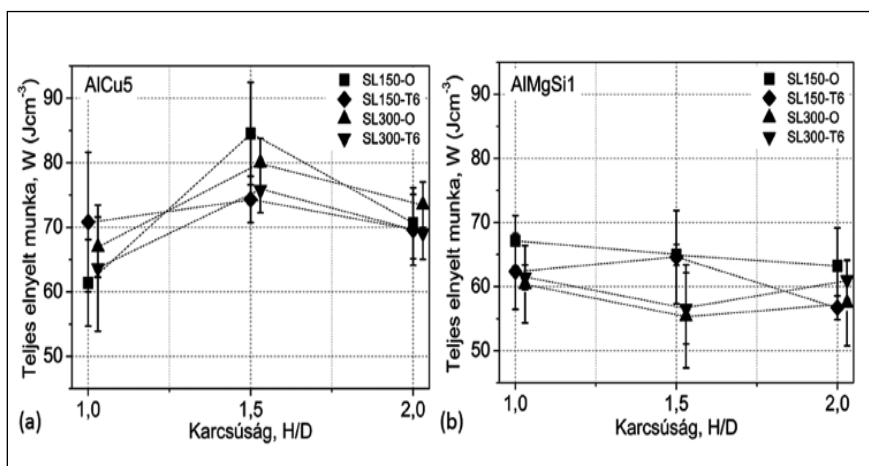
épek, a II. szakaszon elkezdődik a roncsolódásuk, míg a III. szakaszon játszódik le az energiaelnyelés folyamatának nagyobbik része (a gömbhéjak teljes tönkremenetel). Az Ia szakaszon a mátrix anyagának rugalmas alakváltozása megy végbe. Az Ib szakaszon megindul a mátrix képlékeny alakváltozása, amit a IIa szakasz követ, ahol nagy feszültségesség lép fel, megjelenik az első

metria és számos más paraméter függvényében.

Vizsgálataink során a nyomószilárdságot, a szerkezeti merevséget, a törési alakváltozást és a teljes elnyelt munkát vizsgáltuk. Ezeket a mennyiségeket a nyomódiagramokból nyertük ki. A nyomószilárdságot az első feszültségcsúcs ( $\sigma_{max}$ ), a törési alakváltozást a  $\sigma_{max}$ -hoz tartozó mérnöki alakváltozás ( $\epsilon_{\sigma_{max}}$ ), a szerkezeti me-



■ 5. ábra. A szintaktikus fémhabok szerkezeti merevsége a karcsúság függvényében



■ 6. ábra. A szintaktikus fémhabok által elnyelt teljes munka a karcsúság függvényében

kiváló keményítés hatása elenyésző mértékű. A legnagyobb szerkezeti merevséget az AlCu5-SL150 kiválóan keményített, H/D=2-vel rendelkező szintaktikus fémhabnál mértük.

A fémhabok egyik fő tulajdonsága az energiaelnyelő képességük, ezért ezt a tulajdonságot mi is vizsgáltuk, eredményeinket a 6. ábra mutatja. A teljes elnyelt munka alakulása a két mátrixanyagnál más és más. Míg AlCu5 mátrix esetében a teljes elnyelt munka maximuma H/D=1,5 karcsúság esetében van, addig AlMgSi1-nél ez a maximum H/D=1 karcsúságnál található és onnan csökken. Az eltérés a különböző mátrixú fémhabok tönkremeneteli módjaiból ered, amire részletesen egy későbbi cikkünkben fogunk kitérni. A kiváló keményítés és a gömbhéjak hatása nem megállapítható vagy csak minimális.

### Összefoglalás

Munkánk során sikeresen állítottunk elő kiválóan keményíthető mátrixanyagú szintaktikus fémhabokat a nyomásos infiltrálás módszerével. Az előállított tömböket nyomóvizsgálatok segítségével jellemeztük, meghatároztuk a nyomószilárdság, a törési alakváltozás, a szerkezeti merevség, valamint az elnyelt mechanikai munka függését a próbatestek karcsúságától. Megállapítottuk, hogy az alkalmazott gömbhéjak kis befolyással vannak a szintaktikus fémhabok mechanikai tulajdonságainak változására. A vizsgálatok során megállapítottuk, hogy a kiválóan keményíthető ötvözetek, T6 hőkezelés után mért mechanikai tulajdonságai a vártnál jóval kisebb mértékben változtak. Ennek alapján kijelenthető, hogy a költségtényezőket is figyelembe véve, a szintaktikus fémhabok kiválóan keményítése valószínűleg

nem kifizetődő. Ez a hatás valószínűleg a mátrixanyag összetételének bizonyos mértékű megváltozására vezethető vissza, ami a kerámia gömbhéjak és a mátrixanyag közötti reakció eredménye. Ennek tisztázása és az optimális hőkezelési paraméterek megkeresése, csakúgy, mint a szintaktikus fémhabok tönkremeneteli módjainak rendszerezése a munkánk folytatásának feladata.

### Köszönetnyilvánítás

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a „Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen” c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához.

A projekt megvalósítását az ÚMFT TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

Köszönet *Blücher József* professzornak a támogatásáért. A Fémek Kompozitok Labort a GVOP 3.2.1-2004-04-0145/3.0. és az NKTH-OTKA PD 83687 szerződések támogatták.

A kutatási eredmények és a cikk a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

Külön köszönet *Toth Róbertnek* és a C. H. Erbslöh Hungaria Speciality and Industrial Minerals Kft.-nek a mikrogömbhéjak biztosításáért.

### Irodalom

- [1] *Babcsán, N. – Leitmeier, D. – Banhart, J.*: Metal foams – High temperature colloids Part I: Ex situ analysis of metal foams, *Colloids and Surf. A: Physicochem. Eng. Asp.* 261 (2005), 123-130.
- [2] *Babcsán, N. – García, M. F. – Banhart, J.*: Metal foams – High temperature colloids Part II: In situ analysis of metal foams, *Colloids and Surf. A: Physicochem. Eng. Asp.* 309 (2007), 254-263.
- [3] *Kaptay, Gy.*: Kerámiával erősített fémmátrixú kompozitok gyártásának határfelületi vonatkozásai, *BKL Kohászat*, 130 (1997) 5-6, 201-208.
- [4] *Kaptay, Gy.*: Kerámiával erősített fémmátrixú kompozitok



- gyártásának határfelületi vonatkozásai: II. Határfelületi kritériumok meghatározása preformába öntött MMC-k gyártásának biztosítására, BKL Kohászat 130 (1997) 8-9, 311-314.
- [5] Rohatgi, P. K. – Kim, J. K. – Gupta, N. – Alaraj, S. – Daoud, A.: Compressive characteristics of A356/fly ash cenosphere composites synthesized by pressure infiltration technique, *Composites Part A: applied science and manufacturing* 37 (2006) 430-437
- [6] Zhang, L. P. – Zhao, Y. Y.: Infiltration Casting Mechanical Response of Al Matrix Syntactic Foams Produced by Pressure, *Journal of Composite Materials* 41 (2007) 2105
- [7] Balch, K. – Dunand, C.: Load partitioning in aluminum syntactic foams containing ceramic microspheres, *Acta Materialia* 54 (2006) 1501–1511
- [8] Balch, D. K. — O'Dwyer, J. G. – Davis, G. R. — Cady, C. M. — Gray III G. T. – Dunand, D. C.: Plasticity and damage in aluminum syntactic foams deformed under dynamic and quasi-static conditions, *Mater Sci and Eng A* 391 (2005) 408-417
- [9] Détári, P.: Üreges kerámia részecskékkel erősített alumínium matrixú kompozit terhelhetőségének vizsgálata zömítéssel, *Anyagvizsgálók Lapja* 3 (1999) 114
- [10] Palmer, R. A. – Gao, K. – Doan, T. M. – Green, L. – Cavallaro, G.: Pressure infiltrated syntactic foams – Process development and mechanical properties. *Mat. Sci. Eng. A.* (2005) 464, 85-92.
- [11] Ramachandra, M. – Radhakrishna, K.: Synthesis – microstructure – mechanical properties – wear and corrosion behaviour of an Al-Si (12%) – fly ash metal matrix composite, *J. Mater. Sci.* 40 (2005) 5989-5997.
- [12] <http://www.envirospheres.com/products.asp> (2011. február 11.)
- [13] Jaeger, H. M. – Nagel, S. R.: Physics of the Granular State, *Science* 255 (1992) 1523-1531
- [14] ASM Handbook Vol. 4. Heat treating, ASM International (1995) 1861-1960

## ■ EGYETEMI HÍREK

2011. március 1-jén elindult „A felsőoktatás minőségének javítása kiválósági központok fejlesztésére alapozva a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területein” című, TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 projekt, amiben fontos szerepet vállalt *prof. dr. Gácsi Zoltán*, karunk dékánja.

*Prof. dr. Roósz András*, az MTA rendes tagja a Mindentudás Egyeteme 2.0 sorozat keretében „A fémek szerepe az emberiség történetében” címmel tartott előadást 2011. április 5-én, amit a Magyar Televízió hamarosan műsorára tűz.

A II. Anyagtudományi Verseny döntőjét 2011. április 8-án tartották a Miskolci Egyetem II-es előadójában, ahol 14 középiskolás csapat mérte össze tudását, ez évben a Napkollektor témakörében.

*Kuzsella László* okleveles mérnök-fizikus „Rostirányú tömörítés hatása a bükk faanyag szerkezetére és

mechanikai tulajdonságaira” című PhD értekezésének nyilvános védését 2011. április 8-án 10 órától tartották a Magyar Tudományos Akadémia Miskolci Területi Bizottságának Székházában.

Több mint kétszáz középiskolás versenyzett a ME MAK Kémiai Intézete és a Magyar Kémikusok Egyesülete közös rendezésében ez évben is a Miskolci Egyetemen megtartott Irinyi János Középiskolai Kémiaversenyen május 6–8. között. Az elismert hagyományokkal bíró megmérettetés döntőjére az ország különböző pontjairól és határainkon túlról is érkeztek fiatalok, hogy számot adjanak tudásukról.

2011. május 11–14. között ismét megrendezték a Miskolci Egyetemi Napok – MEN2011 egyetemi fesztivált, amely az elmúlt években Miskolc és Észak-Kelet-Magyarország vezető ifjúsági fesztiváljává vált.

*Dr. Lengyel Attila* egyetemi docens, a

Kémiai Intézet vezetője betöltötte 65. életévét, ezért leköszönt igazgatói posztjáról. Utódjául *dr. Lakatos János* egyetemi docens igazgatói pályázatát támogatta a Kari Tanács.

Az OMBKE Egyetemi Osztály titkári tisztségéről leköszönt *dr. Márkus Róbert* utódjául 2011. június 2-án *dr. Mende Tamást* választották meg titkárnak.

Június 6–9. között zajlottak a záróvizsgák, ahol nappali tagozaton MSC szinten 2 anyagmérnök, 3 kohómérnök, levelező tagozaton 7 anyagmérnök, 2 kohómérnök, BSc képzésben nappali tagozaton 26 fő, levelezőként 2 fő tett bizonyosságot az egyetemen megszerzett tudásáról.

*Prof. dr. Károly Gyula* egyetemi tanár 2011. június 12-én ünnepelte 70. születésnapját, ezután majd professor emeritusként folytatja tovább nagyra becsült oktatói munkáját.

**➤ Harcsik Béla**

## Bemutatkozik a Metallurgiai és Öntészeti Intézet

### Bevezetés

Az egykori Kohómérnöki Kar megújulásnak mintegy két évtizedes folyamata nem hagyhatta változatlanul a kar legtradicionálisabb szakterületeit csaknem másfél évszázadon át legközvetlenebbül és nemzetközi összehasonlításban mérve is magas színvonalon és hitelesen képviselő, sokáig önálló vaskohászati, fémkohászati és öntészeti oktatási-kutatási egységeinket sem. Az ország kohászati iparának és felsőoktatási struktúrájának a rendszerváltás utáni gyökeres átrendeződése sorsdöntő változásokat generált a Miskolci Egyetemen a Kohómérnöki Kar jogutódjaként működő, mostani nevén Műszaki Anyagtudományi Karhoz tartozó és 2011. január 1-jétől Metallurgiai és Öntészeti Intézet néven tovább működő szervezeti egységében is.

### Humánerőforrás, szervezeti felépítés

Az 1970-es és 80-as évek 20–25 fős tanszéki alkalmazotti létszámaihoz képest a három korábbi önálló tanszékből összevont Metallurgiai és Öntészeti Intézetben jelenleg az 1. táblázatban szereplő oktatógárda gondozza, fejleszti és oktatja a továbbra is meglehetősen szerteágazó szakterületek ismeretanyagait.

Az 1. táblázatban feltüntetett főállású oktatókon kívül a 2. táblázatban szerepelnek a közelmúlttól nyugdíjasként vagy külső óraadóként az intézet működésében rendkívül fontos szakmai tevékenységeket végző munkatársak.

Az anyagmérnöki alapképzésben (BSc), illetve a kohómérnöki és anyagmérnöki mesterképzésekben (MSc) a karon folyó oktatási feladatokból az intézeti munkatársak – a szak-

irány-vezetők koordinációja mellett – az alábbi szakirányokat gondozzák:

Fémelőállítási (és hulladékfeldolgozási) szakirány /BSc, MSc/, vezetője: dr. Kékesi Tamás

Öntészeti szakirány /BSc, MSc/, vezetője: dr. Dúl Jenő

Felülettechnikai kiegészítő szakirány /MSc/, vezetője: dr. Török Tamás

Legnagyobb súllyal a fentebbi oktatási feladatainkhoz szerveződve, a Műszaki Anyagtudományi Kar vezetőségének kezdeményezésére az intézetben belül az alábbi intézeti tanszékek fognak működni 2011. július 1-jétől:

*Kémiai Metallurgiai és Felülettechnikai Intézeti Tanszék* (vezetője dr. Kékesi Tamás e. tanár)

*Öntészeti Intézeti Tanszék* (vezetője: dr. Dúl Jenő e. docens) és a már 2010-ben megalakult *Metallurgiai (ISD Dunaferr) Kihelyezett Intézeti*

1. táblázat. A Metallurgiai és Öntészeti Intézet főállású oktatói 2011-ben

Név	Beosztás	Szakterületi főbb kompetenciák
Dr. Farkas Ottó	prof. emeritus	nyersvasgyártás elmélete és technológiai gyakorlata
Dr. Károly Gyula	egyetemi tanár	acélglyártás elmélete és gyakorlata, folyamatos öntés
Dr. Dúl Jenő	egyetemi docens	öntészet, nyomásos öntéstechnológiák és modellezés
Dr. Török Tamás	egyetemi tanár	kémiai metallurgia, felületkezelés, bevonatok
Dr. Kékesi Tamás	egyetemi tanár	fémkohászat, fémhulladékok feldolgozása, fémtisztítás, kémiai metallurgia
Dr. Török Béla	egyetemi docens	archeometallurgia, vaskohászat
Ferenczi Tibor	mérnök-tanár	pometallurgia, felülettisztítás, műhelygyakorlatok
Dr. Márkus Róbert (2011. 05.31-ig)	egyetemi adjunktus	acélglyártás, vaskohászati hulladékok, spektrális fémanalitika (GD OES)
Dr. Molnár Dániel	egyetemi adjunktus	öntészeti gyakorlatok, öntészeti szimuláció
Dr. Kardos Ibolya	egyetemi adjunktus	metallurgiai anyagvizsgálat

2. táblázat. A Metallurgiai és Öntészeti Intézet óraadó, illetve külső munkatársai

Név	Beosztás	Szakterületek
Dr. Bakó Károly	e. magántanár	korszerű öntészeti technológiák
Dr. Jónás Pál	ny. főisk.tanár	fémöntészet
Dr. Kiss László	c. e. docens	elektroacélglyártás, folyamatos öntés
Dr. Tóth Levente	ny. e. docens	formaöntészet, homokformázás
Dr. Fegyverneki György	c. e. docens	könnyűfémöntészet

**3. táblázat.** Az intézetben dolgozó munkatársak 2011-ben

Tisza Kálmán	mechanikus	műhelygyakorlatok előkészítése, javítás, karbantartás
Svidró Józsefné	technikus	gyakorlatok előkészítése, javítás, karbantartás
Zsarnainé Gáthi Gabriella	igazgatási ügyintéző	ügyviteli, gazdálkodási feladatok, adminisztráció
Halász Istvánné (2011. 05.31-ig)	hivatalsegéd	kisegítő feladatok
Tokár Monika	ügyvivő szakértő	kutatási projekt feladatok
Tóth Judit	ügyvivő szakértő	kutatási projekt feladatok

*Tanszék* (vezetője: dr. Kardos Ibolya, negyedállású e. adjunktus).

Az intézetben jelenleg a 3. táblázatban feltüntetett nem oktató beosztású munkatársak dolgoznak.

**Intézeti infrastruktúra**

Az intézeti infrastruktúra a közelmúltban jelentős mértékben fejlődött, köszönhetően az uniós támogatások révén az ország legtöbb felsőoktatási intézményében pár év óta tartó épület-felújítási és gép-műszer beszerzési projekteknek. A Metallurgiai és Öntészeti Intézetben kiépített, teljesen új felülettechnikai, valamint extrakciós és hidrometallurgiai laboratóriumok mellett, igen jelentős mértékben megújult az öntészeti és a metallurgiai melegtechnológiai (formázástechnológia, pormetallurgia, fémolvasztás, formaöntés, nyomásos öntés) berendezés- és műszerparkja (1. ábra).

**Tananyagfejlesztés**

Az oktatásszervezésben és tananyagfejlesztésben ugyancsak történtek előremutató változások az előző években. A folyamatosan fejlesztett tananyagokhoz való könnyebb hozzáférés érdekében például

az alábbi öt, vadonatúj tananyag került kifejlesztésre, melyek digitalizált formában hamarosan mindenki számára elérhetők lesznek a [www.tankonyvtar.hu](http://www.tankonyvtar.hu) internetes felületen:

Dr. Dúl Jenő: Nyomásos-öntészeti ismeretek

Dr. Tóth Levente: Környezetvédelem az öntészetben, öntödei hulladékok

Dr. Jónás Pál: Könnyűfém-öntészeti ismeretek

Dr. Molnár Dániel: Öntészeti szimuláció, elméleti alapok és megoldások

Dr. Jarmila Trpčevská: Pormetallurgia (magyar nyelvű adaptáció)

A metallurgiai és felülettechnikai szakterületekhez kapcsolódóan pedig jelenleg folynak előkészületek további tizenöt digitalizált jegyzet elkészítésére. Ezek tárgykörei, illetve címe: Archeometallurgia; Kémiai metallurgia; Vasmetallurgia; Vasmetallurgia fejlődési irányjai; Acélmetsallurgia alapjai; Konverteres acélgártás; Elektroacélgártás; Acélok üstmetallurgiai kezelése; Acélöntés, spec. acélgártás; Speciális acélok gyártásának metallurgiai, energetikai, környezetvédelmi, minőségbiztosítási

szempontjai; Rúd- és laposacéltermékek hengerlésének elméleti és technológiai szempontjai; Fémes és szerves bevonattechnológiák, Acélgártásnál a technológiatervezés, technológia fejlesztés, adagvezetés elméleti megfontolásai, vertikális szempontjai; A priméracélgártás technológiatervezésének, technológiafejlesztésének gyakorlati szempontjai; Az üstmetallurgia és a folyamatos öntés technológiatervezésének, technológiafejlesztésének gyakorlati szempontjai.

**Oktatás-szervezés**

Az intézet oktatói kollektívája mindig közvetlen kapcsolatok kiépítésére törekedett a graduális- és a PhD-képzésben részt vevő hallgatóssággal, melynek révén sokan nagyon eredményesen kapcsolódtak be az OMBKE keretei között szervezett egyesületi munkába, vesznek részt szakmai tanulmányutakon, nemzetközi konferenciákon, és végeznek a fogadó cégek számára is hasznos munkát a partnervállalatoknál töltött szakmai gyakorlatuk ideje alatt. A Műszaki Anyagtudományi Karon akkreditált Kerpely Antal Anyagtudományok és -technológiák Doktori



1. ábra. A Metallurgiai és Öntészeti Intézet felújított műhelycsarnoki laboratóriumai madártávlatból

**4. táblázat.** Az intézeti oktatók által vezetett doktorjelölt hallgatók (2011)

Név	Tud. vezető	Évf., tagozat	Kutatási témakör
Móger Róbert	Dr. Farkas Ottó	I., levelező	nyersvas metallurgia
Mezzölné Sinka Tünde	Dr. Dúl Jenő	egyéni felkészülő	gömbgrafitos öntöttvas
Nyekse László	Dr. Dúl Jenő	I., nappali	nyomásos öntés
Leskó Zsolt	Dr. Dúl Jenő	I., nappali	nyomásos öntés
Máté Csilla	Dr. Kékesi Tamás	II., nappali	volfrám-molibdén extr.
Rimaszéki Gergő	Dr. Kékesi Tamás	II., nappali	öntisztítás
Svidró József Tamás	Dr. Dúl Jenő	III., nappali	öntési hibák
Lévai Gábor	Dr. Török Tamás	III., nappali	horgany bevonatok
Harcsik Béla	Dr. Károly Gyula	III., nappali	acél folyamatos öntés

Iskolában az erre jogosult oktatóink régtől igen tevékenyen dolgoznak, melynek egyik mutatója lehet a jelenleg PhD-képzésben részt vevő és az intézeti oktatók által vezetett doktorjelölt hallgatóink névsora (4. táblázat).

A doktorjelölt hallgatóink rendszeresen részt vesznek nemzetközi konferenciákon itthon és külföldön, a legfrissebb kutatási eredményeik prezentálása céljából, de közreműködésükre az intézetben folyó egyéb oktatási és kutatási feladataink teljesítésében is számítunk.

**Ipari kapcsolatok**

Az oktatási feladatok mellett élő kapcsolatokat ápol az intézet számos magyarországi iparvállalattal, melyek közül többel éppen a közelmúltban kötött a Miskolci Egyetem rektora és a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánja együttműködési szerződést kihelyezett intézeti tanszék alapításáról Dunaújvárosban (Metallurgiai (ISD Dunafer) Kihelyezett Intézeti Tanszék néven), továbbá a hallgatóink szakmai gyakorlati képzését támogatni hivatott üzemi laboratóriumok létesítéséről: Győrben a Nemek Győr Kft. telephelyén könnyűfém-öntészeti oktató-kutató laboratórium, Sátoraljaújhelyen a PrecCast Kft. telephelyén nyomásos öntészeti oktató-kutató laboratórium, és egy svédországi partnerrel pedig az öntészeti szimulációs oktatás-kutatás továbbfejlesztése történik együttműködési szerződésekben is rögzített keretek között.

A gyakorlatorientált képzés mindig is nagy hangsúlyt kapott és kap ezután is az intézet működésében, és ehhez a feladathoz sikerült megnyernünk a legjelentősebb magyarországi öntődei vállalatok (Fémalk Zrt.,

Nemek Kft., PrecCast Kft., Certa Zárgyártó, Présöntő és Szerszámkészítő Kft., le Bélier Zrt., Nova Hungária Kft., Csepel Metall Vasöntőde Kft. stb.) jó részét összefogó Magyar Öntészeti Szövetség (MÖSZ) vezetőségének, továbbá a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülésnek (MVAE), az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE) érintett szakosztályainak (Vaskohászati, Fémkohászati, Öntészeti) és számos kohászati-fémipari vállalatnak (Mal Zrt., Alcoa-Kőfém Kft., ÓAM Kft., ISD Dunafer Zrt. stb.) a támogatását, részben kutatási-fejlesztési megbízások, részben szakképzési támogatások formájában is. Emellett igyekezünk tovább bővíteni az ipari partner-vállalatok körét is, melyek között érdemes megemlíteni a SAPA Profiles Kft., az ArcelorMittalSG Kft., a Feszotrade Kft., a Hajdú Zrt. nevét, melyek elsődlegesen felülettechnikai tevékenységük kapcsán kerültek az intézettel kapcsolatba.

Az öntészeti tudományok és az öntéstechnológia szakterület intézetben belüli fejlesztésére irányul az ÖKOLIC (Öntészeti Kutató-Oktató Labor Innovációs Centrum) működtetése, dr. Dúl Jenő vezetésével és két évre szóló fejlesztési programmal.

**Kutatási szakterületek**

Az intézetben folyó kutatások csomópontjai szakterületi bontásban az alábbiak:

Kémiai metallurgia elmélete (kémiai reakciók/folyamatok termodinamikai számítása/modellezése; metallurgiai folyamatok/oxidációs és redukációs folyamatok, vegyületfázisok képződése/elemezése; egyensúlyra vezető folyamatok; reakciókinetika; transzport folyamatok elemezése; fémek és

fémötvözetek korróziós folyamatainak elméleti és kísérleti vizsgálata).

Kémiai metallurgiai technológia (tisztá fémek és fémvegyületek kinyerése, előállítása és visszanyerése fémek és fémtartalmú másodnyersanyagokból, hulladék anyagok – salakok, iszapok, porok, oldatok – feldolgozása; fémtisztító eljárások fejlesztése, különleges tisztaságú fémek előállítása, metallurgiai gyártástechnikai műveletek és eljárások fejlesztését és korszerűsítését támogató szakértő elemzések és kapcsolódó kutatások).

Öntészet (öntészeti tulajdonságok vizsgálata, olvadákezelés hatása), nagyszilárdságú öntöttvasak előállítása, tulajdonságai, nyomásos öntészeti folyamatok vizsgálata, öntészeti mérés-technika fejlesztése, öntészeti folyamatok véges elemes- és véges térfogatelemes szimulációja, visszamaradó öntési feszültségek vizsgálata. Öntődei formázóanyagok kutatása, forma-fém reakciói, fizikai-kémiai folyamatai, környezetkímélő öntődei technológiák, homokregenerálás, öntődei gépek, berendezések, munkafolyamatok elemezése.

Felülettechnika (felületmódosítás és bevonatok); felületi fémrétegek és vegyületfilmek leválasztása vizes közegből kémiai és elektrokémiai módszerekkel; bevonatképzés olvadékokból és gőz/gázfázisból; bevonattal ellátott, ill. módosított felületű termékek vizsgálata.

Acélmetallurgia (nagy tisztaságú acélok gyártása), primer technológiák, vastartalmú hulladékok hasznosítása, folyamatos öntés; ipari környezetvédelem, iparvállalatok gazdasági versenyképessége, ipari technológia-menedzsment.

**Dr. Török Tamás**

# Nagyüzem a Dunaújvárosi Kihelyezett Tanszéken

## A Miskolci Egyetem levelező MSc-képzésén oktatnak helyi szakemberek

2010 szeptemberében együttműködési szerződést kötött az ISD Dunafer Zrt. és a Miskolci Egyetem. A Fazola-napok kiemelkedő eseményeként aláírt szerződésben a nagyvállalat és az egyetem arra vállalkozott, hogy a felsőoktatásban tanuló hallgatók gyakorlati képzésének segítésére Dunaújvárosban megalakítják az egyetem kihelyezett tanszékét. A szerződésben megfogalmazódott, hogy a vállalat területén működő tanszék szakmai tanulmányutak szervezésével és lebonyolításával, nyári termelési gyakorlatok támogatásával, diplomaterv-javaslatok megfogalmazásával és azok szakmai konzultációjával járjon hozzá az egyetemi tanulmányaikat végző hallgatók gyakorlati ismereteinek bővítéséhez, végzésük után a vállalati szférába történő zökkenőmentes beilleszkedésükhöz. Ismertesse meg a hallgatókkal a kohászati nagyvállalat technológiai folyamatait, kedvet csinálva ezzel a melegüzemi szakmákhoz, és biztosítva a nyugdíjba vonuló mérnöktársaink színvonalas utánpótlását. A tanszék oktatói óraadóként kapcsolódjanak be ez egyetemi képzésbe, gyakorlati ismereteiket átadva emeljék az egyetemi képzés színvonalát. A vállalat felkért szakemberei tartsanak az egyetemen saját szakterületükhöz kapcsolódó előadásokat és bizottsági tagként vegyenek részt a végzősök államvizsgáján. E célok mentén alakult meg 2011 januárjában a Miskolci Egyetem Metallurgiai (ISD Dunafer) Kihelyezett Intézeti Tanszék, amelynek vezetésére *dr. Kardos Ibolya*, az Innovációs Igazgatóság szakértője kapott megbízást. A tanszék rögtön bekapcsolódott az MSc levelező kohómérnök-képzésbe oly módon, hogy az MSc-képzésre jelentkezett, a Dunafernél dolgozó hallgatók kötelezően teljesítendő tantárgyaik egy részét Dunaújvárosban hallgathatják a vállalat aktív és nyug-



■ 1. kép. Dr. Kardos Ibolya a metallográfiai vizsgálatokról beszélt

díjas szakembereinek előadásában. Az első félévben a metallurgiai alapismereteket *dr. Szabó Zoltán* nyugalmányú metallurgiafejlesztési főmérnök, a képlékenyalakítás elméleti alapjait *dr. Horváth Ákos* nyugdíjas műszaki-technológiai főmérnök oktatja számukra. A vasmetallurgia alapjaival *Móger Róbert* főosztályvezető előadásában ismerkedhetnek, míg az „Alakítógépek üzemtana” című tárgyat *dr. Farkas Péter* főiskolai docens tanítja. A főiskolai éveik alatt kohászati alapismereteket szerzők a kohászati aktualitások tantárgy keretében a Dunafer aktuális technológiai fázisaiba nyernek betekintést *Móger Róbert*, *Józsa Róbert*, *Szélíg Árpád*, *dr. Sebő Sándor*, *Tóth Edit* és *Török Péter* segítségével. Az április elején Dunaújvárosban elindult kihelyezett képzés keretében pénteki és szombati napokon hallgathatják a beiratkozott levelezős hallgatók a számukra kötelezően teljesítendő tantárgyakat. A tanszék eredményes munkáját a gyártóművek vezetői és

szakemberei mellett a Technológiai Igazgatóság és az Innovációs Igazgatóság munkatársai segítik.

Szép példája volt ennek az együttműködésnek az április 11–13-a között a nappali tagozaton tanuló másod- és harmadévesek számára megszervezett szakmai tanulmányi kirándulás, amelynek keretében a diákok tanáraik kíséretében megismerhették a zsugorítványgyártás, a nyersvasgyártás, az acélgégyártás és folyamatos öntés technológiai folyamatait. Betekintést nyerhettek az öntöde, a konverter laboratórium és az Innovációs Igazgatóság munkájába.

Két képlékenyalakító doktorandusz hallgató a hideghengerlés kérdéseivel ismerkedett. A Műszaki Anyagtudományi Kar oktatói közül elkísérte a diákokat *dr. Farkas Ottó*, *dr. Török Tamás*, *dr. Károly Gyula*, *dr. Grega Oszkár*, *dr. Török Béla*, *dr. Márkus Róbert* és *Harcsik Béla* doktorandusz.

✍ **Józsa Róbert**

## NÉVJEGY

Tisztelt Olvasó! Tisztelt Tagtársak!

A 2011/1. számban megjelent „Beköszöntő”-ben jeleztük, hogy szeretnénk olyan kollégáinkkal interjút készíteni és megjelentetni, akiknek életútja szakmai körökben érdeklődésre tarthat számot. Ezeket Hírmondó rovatunkban „Névjegy” című sorozatban kívánjuk közölni.

Szándékaink szerint nem csak (felső)vezető beosztású, hanem szűkebb szakmájukban ismert és meghatározó kollégáinkkal készített riportok készülnek. Úgy tervezzük, hogy ezek az anyagok nem „fontosságú”, hanem elkészülési sorrendben kerülnek a lapba.

Ha olvasóink tetszését ez a sorozat megnyeri, a további számokban, a terjedelmi lehetőségektől függően egy vagy két ilyen írást jelentetnénk meg. Ezek elkészítéséhez ezúton is kérem és várom a jelentkezést egy ilyen írásban rögzített beszélgetésre.

**Balázs Tamás felelős szerkesztő**

### Czimer István



**Közel 50 év óta ismerjük egymást. Amikor első interjúalanyom személyén gondolkodtam, úgy éreztem, hogy a Te életutad az, amire azt mondják: cseppben a tenger... Az, hogy kohász lettél, szinte kódolva volt... Édesapád hengerkormányos volt az Ózdi Kohászati Üzemekben, irány a Kohóipari Technikum. Mit jelentett számodra ez a családi háttér és az azóta sajnos megszűnt iskolatípus?**

• Te sem ismertél még 14 éves koromban, nem igazán kohász termetű gyerek voltam. Amikor elkezdtem az iskolát a miskolci Gábor Áron Öntőipari Technikumban, Édesapám megkérdezte az igazgatót, mi lesz ezzel a kisfiúval, hiszen ilyen kistermetű fiút nem is látok itt? Nyugodjon meg apuka, válaszolta az igazgató, voltak itt nála egy-két centivel kisebbek is, azoknak is készítettünk dobogót, hogy felérjék a satupadot! Ez még mindig megvan, az Ön gyermekével sem lesz probléma! Én végül is úgy kerültem ebbe az iskolába – azon túl, hogy édesapám az Ózdi Kohászati Üzemekben dolgozott –, hogy két unokatestvérem is járt oda, szüleim abban bíztak, hogy majd az ő védőszárnyuk alatt kijárom az iskolát, és jövőd munkahelyemnek is a Kohászati Üzemeket képzeltek! Kiváló eredménnyel végeztem el a kohóipari technikumot, ahol már kezdtem ráérezni a szakmára. Egyrészt, mert az elmélet oktatása mellett annyira gyakorlati volt a képzés, hogy nekünk öntő szakosoknak saját öntödénk volt, saját kupolóval, az öreg Marci bácsi kupolómesterrel, mi ott adagot állítottunk össze, betöltöttük a kupolót, beindítottuk, felügyeltük is, akár éjszaka is ketten, formáztunk, mi cipeltük az öntőüstöt, ami persze olyan súlyú volt, hogy egy 16-17 éves gyerek is elcipelhesse. Így szinte játszva tanultuk meg a szakmát és szerettük meg. És sajnos ez a technikusképzéssel együtt megszűnt. Az alapdolgozat egy életre megtanultuk, mert nem csak megmutatták, hanem velünk végre is hajtották a feladatokat! Csináld addig, amíg meg nem tanulsz! A szakmai tárgyakból érettségizni kellett, de emellett olyan elméleti tudást is adott ez a technikum, hogy nem okozott dilemmát, hogy a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karára jelentkezsem. Én 18 éves koromban már úgy éreztem, hogy elköteleztem magam a kohászat mellett, de ehhez persze az is hozzájárult, hogy a nyári szünetekben én már egy vagy két hónapot a

■ **ÖSSZEÁLLÍTOTTA:** Schudich Anna

Kohászati Üzemekben dolgoztam Ózdon. Azt sem tagadom, hogy az ismeretszerzés mellett a családi költségvetéshez ilyen úton való hozzájárulásunk is számított, mivel akkor csak Édesapám volt a családfenntartó, és három gyermeket neveltek.

**A kohóipariból egyenes út vezetett az akkor még Nehézipari Műszaki Egyetemre, amit jó eredménnyel végeztél el. Így utólag visszatekintve az ott megszerzett ismeretből merítettél többet, vagy talán inkább abból a műszaki szemléletből, amit a technikum adott?**

• Az egyetemi évek életem legszebb éveit voltak. Évfolyamunk – és azon belül a technológus tankör – nagyon jó közösség volt. Az egyetem hagyományörző-ápoló légköre, a mai napig emlékezetes számomra, ahogy megismertük egyetemünk elődjét, Selmezbánya, Sopron hagyományait, múltját. Én az egyetemen a középiskolában megszerzett szilárd szakmai alapokhoz olyan elméleti ismereteket kaptam, hogy a későbbiekben bármely műszaki témában azonnal ott-hon éreztem magam!

**Megítélésed szerint az elméleti ismereteket elég mélyen beágyazta az egyetemi öt év, különösen annak a ki nem használt lehetőségnek az adottságával, hogy a dudjkai völgy háta mögött az ország négy kohászati üzeme közül az egyik működött?**

• Amit egyértelműen hiányoltam – mind a mai napig – nem volt érdemi kapcsolat az egyetem és a kohászati vállalatok között. Úgy éreztem, hogy ezek a kapcsolatok kimerültek abban, hogy ezek a vállalatok pénzzel, vagy névleges kutatási témákkal támogatták az egyetemet, egy-két vendégtanár részt vett az oktatásban. Sajnos az első év utáni nyári gyakorlat is kétes értékű volt. A gimnáziumból érkezetteknek sokkoló hatású volt az „üzemi élmény”, de az őket patronáló szakembereknek is inkább nyűg volt

az igazából semmihez nem értő, bal-  
esetvédelmileg kockázatos hallgatói  
csoport. Sokat nem profitáltak belőle.

Az első öt félév gyakorlatilag az  
alapozó tárgyakkal telt el, a tényleges  
szaktárgyak a negyedik évben kerül-  
tek terítékre. Anélkül, hogy bárkit  
megbántanék, a mi oktatóink – annak  
ellenére, hogy kiváló szakemberek  
voltak – nem voltak képesek az elmé-  
leti és a gyakorlati ismeretek arányát  
megfelelően kezelni, az elméleti  
ismeretanyag egészségtelen túlsúly-  
ba került. Abban az időben nagyon  
hiányzott egy olyan fórum, rendez-  
vény, ahol a vállalati szakemberek és  
a hallgatók találkozhattak volna!

**Az egyetem elvégzése után belép-  
ve az ÓKÜ-be hamar vezető beosztás-  
ba kerültél. Mikor kezdted érezni  
először azt a feszültséget, amelyet  
a nagyvállalat heterogén technoló-  
giai színvonala és a magyar „acél-  
háromszög” recsegő-ropogó egy-  
más mellett élése okozott?**

• Miután sikeresen védtem meg a dip-  
lomámat, egy magabiztos ismeret-  
anyag birtokában léptem be az Ózdi  
Kohászati Üzemekbe. Rövidesen be  
kellett látnom, hogy ezeknek az ismer-  
eteknek a zömére nincs szükségem.  
Ez az üzem akkoriban egy nagyon  
kötött hierarchikus rendben működött,  
elképzelhetetlen volt, hogy egy egye-  
temről kikerülő friss diplomás itt azon-  
nal bedobja a proféciáit, vagy ahogy  
manapság mondják: a tutit! Elkezd-  
hetted a számléltra alján, és ha volt  
üresedés, akkor léphettél egyet előre!  
Az első évet általános ismerkedéssel  
töltöttük abban a gyáregységben,  
ahová kerültünk. Sajnos ez nagyon  
hasonló volt a hathetes üzemi gyakor-  
lathoz, nem a legérdemibb, a valódi  
ismereteket átadó szakemberek fog-  
lalkoztak a frissen érkezettekkel.

**Mint friss diplomás mérnök hogy  
láttad így testközelből a hazai ko-  
házati helyzetét?**

• Az én sorsom szakmailag szeren-  
csésen alakult. 1973-ban az ÓKÜ  
még fénykorát élte, a viharfelhők még  
nem gyülekeztek. Megismerve a gyár  
történetét, egyre jobban láttam azt az  
ellentmondást, ami a hajdani Rima-  
Murány Rt. első világháborúig terjedő  
„szerves” fejlődése és az akkori ÓKÜ  
iparpolitikai döntések alapján kijelölt  
kényszerpályája között feszült. Ekkor

kezdtem megérteni a hazai „acél-há-  
romszög” (Dunaújváros, Ózd, Diós-  
győr) harcát. Nem reális szempontok  
alapján születtek a döntések, a helyi  
érdekek érvényesítéséért folyt a harc.  
Az eltérített árak elfedték a valóságot,  
az alapanyag-függőség mindent meg-  
határozó tényét! A veszteség termelé-  
sét fejlesztettük, nem volt egy átfogó,  
mindenre kiterjedő iránymeghatáro-  
zás, a realitásokon alapuló mérlegelés!

Már az első évben önálló technoló-  
gus lettem, majd rövid idő múlva  
ugyanitt csoportvezető. Szinte egye-  
nesen vezetett az utam a melegüzem-  
vezetői beosztásba, ami már majd-  
nem meghaladta akkori ismereteimet.  
De kikerültem az irodából, emberek-  
kel kellett foglalkoznom, kettős szorítá-  
sban: alulról a dolgozók, felülről a  
felső vezetés elvárásai. Tanulás és  
gyakorlati-vezetési ismeretek szem-  
pontjából nagyon hasznos volt ez az  
időszak.

**A politika kényszere mennyire  
hatott az akkori közép- és felsőve-  
zetőkre?**

• A vezetői hármast követelményt itt  
Ózdon nagyon komolyan vették. Pil-  
lanatok alatt válaszut elé állítottak,  
különösebb kényszer nélkül: vagy tel-  
jesítesz mindhárom területen, vagy  
maradsz azon a szinten, ahová eddig  
jutottál!

**De Te nem maradtál, nagy felada-  
tokra szemeltek ki fiatal korod elle-  
nére!**

• Itt Ózdon a finomhengerműben az  
egyik legneurálisabb pont a henger-  
sorok és a kikészítő részlegek  
közötti érdekellentét volt. Hiába dőlt  
az anyag a hengersorokról, ha abból  
nem lett értékesíthető áru, akkor az  
egész folyamat értelmét veszítette.  
Ezt az élet-halál harcot még fokozta a  
szocialista brigádmozgalom ponthaj-  
szája. Ezt felismerve vonták össze ezt  
a két területet, és ezt *folyamat*-nak  
nevezték el. Én a finom-drótsori folya-  
mat vezetője lettem. A változás meg-  
hozta az eredményét, az érdekek vál-  
tak közössé, a két terület valóban  
integrálódott.

Ezt követően merült fel a finom- és  
a durvahengermű integrálásának a  
gondolata. Így jött létre a hengermű  
gyáregység. Itt a gyáregység-vezető-  
nek volt egy termeléssel foglalkozó és  
egy műszaki dolgokkal (technológiá-

val, minőségbiztosítással) foglalkozó,  
főmérnök szintű helyettese. Ekkor –  
1979 szeptemberében – történt egy  
nagy fordulat az életemben: három  
fiatalemberre bízták az irányítást,  
ahogy akkor hívták: a csikó-csapatra  
(Marczis Gabi, Antal Feri és jóma-  
gam). Éreztem, hogy nem vagyok  
még felnőve ehhez a feladathoz, de  
akkora kihívásnak tekintettem, hogy  
végül elvállaltam. Így lettem főtechno-  
lógus, Marczis Gabi a gyáregység-  
vezető és Antal Feri a főmérnök. Igen  
jól összetartottunk! A gyáregységek  
önállóbbá lettek, közvetlenül a vezér-  
igazgató alá tartoztak.

**A nyolcvanas évek válságjeleit  
hogyan éreztétek meg először?**

• Ekkor azonban már újra változott a  
helyzet, a külpiaci viszonyok, a belföl-  
di kereslet változása egyre jobban  
érezte, hogy a népgazdaságnak  
ezt az ágazatát előbb-utóbb át kell  
alakítani. Sajnos ezt az útkeresést a  
legfelsőbb vezetők politikai pozíciója  
nagyan meghatározta. Hogy mihez  
és kihez lehetett hozzányúlani. A Diós-  
győr–Ózd harc csatajeleneteit a Dró-  
tos–Pethes vezérigazgatók folyama-  
tos ütközetei alakították. A központi  
iparirányítás egy tényleges, ésszerű  
szerkezetátalakítást nem volt képes  
levezényelni. Az elhíresült Bányai-féle  
koncepciót a helyi politikai viszonyok  
pillanatok alatt lesöpörték az asztalról.  
Hiába éreztük, tudtuk, hogy elkerülhe-  
tetlen a változtatás, se egyes techno-  
lógiai egységek megszüntetéséről, se  
a létszám drasztikus csökkentéséről  
nem akartunk hallani sem! Itt helyben  
a munkahelyek megtartása felülírta a  
népgazdasági szintű racionalizálás  
szükségességét. Az exportárak rend-  
kívül nyomottak voltak, a hazai igények  
csökkentek. Az exporttégeket  
rendre megreklamálták, ha igazuk  
volt, ha nem. A nyomott árakra még  
engedményt is kellett adni.

**Ebben a nehezedő helyzetben Te  
még feljebb léptél a hierarchiában?**

• Igen, feljebb léptem, gyáregységve-  
zető lettem, sőt, egy fél évig az összes  
hengermű, tehát még az RDH is az  
irányításom alá tartozott. Ez már a  
nyolcvanas évek második felében volt.

Ennek a lépésről lépésre kialakított  
integrációnak meglelt az eredménye.  
Akkoriban a kohászati üzemeknek a  
minősítését a termelt folyékony acél

mennyisége határozta meg. Amikor Ózdon 1.400 Et acélt gyártottunk, még a házfalakra is kiírtuk büszkeségünkben. Hogy az milyen minőségű volt és mennyiért tudtuk értékesíteni, azzal már nem nagyon törődött senki.

Az integráció legnagyobb gazdasági eredménye az lett, hogy a megtermelt folyékony acélt a leggazdaságosabb arányokban lehetett elosztani az RDH és a két gazdaságtalanabb hengermű között. Egyre többször merült fel, hogy ilyen piaci feltételek mellett szükség van-e ekkora volumenű kohászatra. De ezt mindig elnyomta a teljes foglalkoztatás fenntartása, a kohászok átképzésének illuzórikus volta, egészségi állapotuk problémái.

A mi technológiánk rendkívül rossz anyag-fajlagosokkal, hatalmas élőmunka-ráfordítással termelt. De ez biztosította a teljes foglalkoztatottságot.

Nekem mindig az volt az elvem, hogy amit saját magának termel az ember, ott a gazdaságosság nem élvezhet akkora prioritást, mint egyébként. Máshogy kell azt értékelni. Ez a technológia adott. De kell-e ennyit termelni? Szabad-e veszteséget termelni ilyen áron?

### **Ha kezdedben a döntés, hogyan alakítottad volna a hazai kohászat sorsát?**

• Meggyőződése, hogy a kohászatot nem kellett volna privatizálni, hanem meghatározni azokat a kapacitásokat, amelyek a hazai ellátáshoz szükségesek, és csak azt exportálni, ami gazdaságos és jövedelmező.

Itt Ózdon csak az RDH termel (külföldi tulajdonban), ma már hulladék-bázisú folyékony fémmel. Ez önmagában csoda! Több telephelyen, de központi irányítással a hazai igényeket ki lehetett volna elégíteni. Ózdon még egy kis ipari skanzen is megtartottam volna, működő hengerekkel. Diósgyőrben a nemesacélgyártást megmentettem volna, de így elkótyavetyélni még a lebontott gyárépületek acélszerkezeteit is, ez luxus és megengedhetetlen pazarlás volt.

### **Ózd hogyan élte meg a végjátékot? Erről a korszakról a Gulyás testvérek ózdi filmjéből ismerünk szociológiai mélységű epizódokat!**

• A 90-es évek környékén azután oda jutott a gyár, hogy volt egy részvénytársaság és volt az ÓKÜ. Amit lehet, kiszerveztek kft.-kbe, a gazdaságo-

sabb gyárrészlegeket az Rt.-be, a maradékot a törzsgyárba. Teljes volt a káosz, kétségbeesett kapkodás kezdődött. Az iparirányítás elgyengült, a gyeplőt bedobták a lovak közé, a sántikáló lovak közé.

### **A Te életedben mi hozott új fordulatot ebben a mélyen válságos korszakban?**

• Új technológiák igénye is felmerült. Az Ikarus részére hosszvarratos hegesztett csöveket kellett gyártani. Ekkor én már megint a finomhengermű gyáregységet vezettem. Meggyőződés volt, hogy ezt helyi alapanyagból nem tudjuk gazdaságosan előállítani. A FAM bugacsizoló egyik felébe telepítették a gépsort, és megbíztak a csögyártó sor vezetésével. Erről még az egyetemem sem hallottunk. De Dunaújvárosban működött egy ilyen üzem, és az ottani kohászok megtanítottak bennünket erre a technológiára. Olyan jól sikerült ez a technológiaátvétel, hogy csúcsban 25 ezer tonnára szaladt fel a termelés, új csarnokba telepítettük át az üzemet, új alaptervezéseket vásároltunk, 50-ről 200 fölé emelkedett a létszám, így 18 évvel tudtuk „túlélni” a törzsgyár összeomlását.

A dunaújvárosi kollektíva annak ellenére bevezetett minket ebbe a technológiába, hogy tulajdonképpen saját konkurenciáját hívta életre. De az a kohász-összetartás, kölcsönös segítségnyújtás, amiről az egyetemmel kapcsolatban beszéltem, az itt mutatkozott meg igazán.

Azzal lettünk nyerők, hogy hasított szalagból, dunaújvárosi hasított szalagból gyártottunk. Kezdetben hasítógépünk sem volt. Néhány mérettel kezdtünk, de rugalmasabbak voltunk és a földrajzi helyzetünkből fakadó komparatív előnyöket is kihasználtuk. Itt a kalapácsot a csavarhúzó váltotta fel, egészen más léptékű és minőségű munkát kellett végezni. Az új hasítógépet a régi gyár területére telepítettük, és az hatalmas rugalmasságot biztosított. Elkezdtünk speciális termékeket gyártani, ilyen volt a bordásprofil, amit akár szabadalmaztathattunk is volna. Nagy kedvvel, hatalmas sikerélmények közepette dolgoztunk. A féksarugyártásra felépített csarnokot sikerült megvinnünk, oda telepítettük a gyártósorokat. Kedvező tulajdonosi összetétel alakult ki, érdekel-

tek voltunk a fejlesztésben, 10–60 mm átmérő között dolgoztunk, hallatlan rugalmassággal. Borsodnádásd megszűnt, elkezdtük a lemezablásítást, a piac egyre jobban igényelte termékeinket. Az alapanyag-beszerezést is diverzifikáltuk, Kassáról is szereztünk be tekerceset. Életem legszebb korszaka volt ez, ment minden, mint a karikacsapás. Mintaboltot nyitottunk. Annak a sportszergyártó cégnek a termékeit is árusítottuk, aki tőlünk vett alapanyagot, kiteljesedett a termelő-értékesítő tevékenységünk. A többségi tulajdonosok elismerték a munkánkat, megbíztak bennünk.

### **Mi okozta a vesztét ennek a happy enddel kecsegtető vállalkozásnak?**

• Az alapanyag-függőség azonban jelentős hitelállományt követelt meg. A költség 80%-át itt is az alapanyag-költség tette ki, azt pedig meg kellett finanszírozni. A bankok kezdetben nem láttak kockázatot a finanszírozásunkban. Később azonban szigorodtak a feltételek, szűkült a hitellehetőség. A Dunaferrel való együttműködés annak a privatizációja után megbicsaklott, 90 nap helyett egyre rövidebb fizetési határidőket szabtak. Az új tulajdonosi szerkezet nem kedvezett nekünk. És ekkor már a lobbizás sem segített. A gazdasági válság szele már érződött, a banki tartozásunkat is felvásárolta Dunaújváros, egyre jobban ellehetetlenült a helyzet, finanszírozó bankunk nem maradt, Dunaújváros kezdeményezésére megkezdődött a felszámolás.

### **Végző összegzésként mit mondanál e tartalmas, mozgalmas életút után?**

• Összegezve azt mondom, ha újra kezdeném, megint ezt az utat járnám. Szakmai kapcsolatom nem maradt. Sosem szerettem a reflektorfényben mozogni. Személyes szakmai kapcsolataim maradtak. De azok a nagy barátok, akik voltak hajdan, azok nagyon hamar megszűntek, láthatatlanná váltak. Az évfolyam-találkozókra szívesen járok, bár az utóbbi időben ezeken sem hallok sok pozitív eredményről. Szerencsére immár öt unoka tölti ki a napjaimat, de mobilizálható tőkém nem maradt, még egy újrakezdésre nem vállalkoznék.

**Köszönöm a beszélgetést!**

***Szabylár Péter***



## Kivonat az OMBKE választmányi ülésének emlékeztetőjéből

Időpont: 2011. május 4., 11 óra

Hely: Budapesten az OMBKE

Mikoviny tanácsterme

A választmányi tagok közül jelen van szavazati joggal: 14 fő, tanácskozási joggal: 11 fő (a jelenléti ív szerint).

### **1. napirend. Elnöki tájékoztató**

*Dr. Nagy Lajos*, az OMBKE elnöke

Dr. Nagy Lajos elnök ismertette az előző választmányi ülés óta az egyesület főbb eseményeit, és ebből néhányat kiemelt:

Március 31-e és április 3-a között az egyesület 95 fővel vett részt Gyergyószentmiklóson, az EMT és az OMBKE által közösen szervezett XIII. Bányászati-Kohászati-Földtani Konferencián.

Április 7-én délelőtt Várpalotán bonyolítottuk le 100 fő részvételével a hagyományos „Jó szerencsét!” rendezvényt. Délután Egyházashetyén Kunoss Endre-emléktáblát helyeztünk el szülőházának falán születésének 200. évfordulója alkalmából.

Április 28-án az Öntödei Múzeumban részt vettünk *Kiszely Gyula*, a múzeum alapítója, volt tiszteleti tagunk születésének 100. évfordulója alkalmából rendezett ünnepségen. Sajnos az Öntödei Múzeum további sorsa bizonytalanná vált, ezért a múzeum megmentése érdekében ezzel a kérdéssel a szakmának is komolyan kell foglalkozni.

Közeljövőbeli feladat lesz a Fő utcai egyesületi központ elhelyezésének megoldása.

### **2. napirend. 2010. évi mérleg és közhasznúsági jelentés**

Előadó: *Dr. Gagyai Pálffy András* ügyvezető igazgató

Dr. Gagyai Pálffy András szóbeli kiegészítése után *Boza István* könyvvizsgáló szóbeli kiegészítésében ismertette, hogy a közhasznú alaptevékenység veszteségét csökkentette a vállalkozási tevékenység pozitív eredménye. A közel kilencmilliós könyv szerinti veszteséget az előző években felhalmozott tartalékok felhasználásával lehetett ellensúlyozni. A befektetett eszközök, a forgóeszkö-

zök és a saját tőke felhasználás, az aktív és passzív elhatárolások, a pénzkészletek és a vagyoni elemek összevetésével az egyesület gazdálkodása év végén egyensúlyban volt. A számviteli beszámolót és mérleget elfogadásra javasolta.

*Szombatfalvy Rudolf*, az Ellenőrző Bizottság elnöke is elfogadásra javasolta a mérleget; a közhasznúsági jelentéshez ugyanakkor néhány ajánlást is tett. Javasolta, hogy az egyes „elvit” rendezvényeket szerezze vissza az egyesület és a szervezési költséget számolja el. A pártoló tagokkal kiemelt foglalkozást sürgetett. Az általános költségek felülvizsgálatát indítványozta, és bevételarányos költséget irányozna elő.

### **V. 17./2011.05.04. sz. határozat:**

**A Választmány elfogadja az OMBKE 2010. évi gazdálkodásáról szóló számviteli beszámolót és mérleget és azt elfogadás céljából a 101. Küldöttgyűlés elé terjeszteni javasolja.**

### **3. napirend. A 2011. évi kitüntetési javaslatok ismertetése**

Előadó: *Csaszlava Jenő*, az Érembizottság vezetője

Dr. Nagy Lajos elnök az Érembizottság előterjesztését elfogadni javasolta és további két főnek elnöki keretből kitüntetést indítványozott.

### **V.18./2011.05.04. sz. határozat**

**A Választmány elfogadva az Elnök javaslatát, 2011-ben elnöki keret terhére két fő részére adományoz emlékérmeket.**

### **V.19./2011.05.04. sz. határozat**

**A Választmány elfogadja az Érembizottság által előterjesztett 2011. évi kitüntetési javaslatokat.**

**A Választmány felkéri az Érembizottságot, hogy az oklevél kitüntetés szabályainak módosítására tegyen javaslatot.**

A Fémkohászati Szakosztály Kecskeméti Helyi Szervezete javaslatot tett a selmezbányai hagyományok ápolásá-

nak elismerését szolgáló kitüntetés alapítására.

Tekintettel arra, hogy a z. Zorkóczy Samu-érem ezt a célt szolgálja, az Érembizottság álláspontja az volt, hogy további kitüntetés létesítése nem indokolt.

### **V.20./2011.05.04. sz. határozat**

**A Választmány nem tartja szükségesnek újabb egyesületi kitüntetés alapítását.**

### **4. napirend. Az Alapszabállyal kapcsolatos vélemények**

Előadó: *Dr. Esztó Péter*, az Alapszabály Bizottság vezetője

Dr. Esztó Péter bizottsági elnök ismertette az Alapszabállyal kapcsolatos helyzetet és álláspontjukat.

### **V.21./2011.05.04. sz. határozat**

**A Választmány egyhangúlag úgy döntött, hogy az Alapszabály módosításának kérdéskörét a 101. Küldöttgyűlés ne tárgyalja, hanem az a 102. Küldöttgyűlés napirendjét képezze.**

**Az Alapszabály Bizottság elnöke az elhangzott vélemények alapján a főtítkárral egyeztetve dolgozzon ki menetrendet az alapszabály-módosítások egyes kérdésköreinek megvitatására. Az összefüggően tárgyalható megvitatandó kérdéseket terjessze a Választmány elé.**

**A Választmány tagjai az alapszabállyal kapcsolatos észrevételeiket és javasolataikat írásban juttassák el az Alapszabály Bizottság vezetője részére.**

### **5. napirend. A Küldöttgyűlés napirendjének ismertetése és a Küldöttgyűlés tisztségviselőinek megválasztása.**

Előadó: *Dr. Lengyel Károly* főtítkár

A Választmány egyhangúlag, ellenszavazat nélkül a következő határozatot hozta:

### **V. 22/2011.05.04. sz. határozat:**

**A Választmány megköszöni Csath Béla tiszteleti tagnak az alapos kutató munkáját a Közgyűlések,**

Küldöttgyűlések sorszámozásával kapcsolatban, mely a BKL 2010/6. közös számban is megjelent. Ezzel a tagság széles köre megismerkedhetett.

A Választmány úgy döntött, hogy a korábban nem számozott Közgyűlések miatt nem változtatja meg az eddig megtartott Közgyűlések, Küldöttgyűlések hagyományos sorszámozását, és a következő Küldöttgyűlések sorszámozása folyamatosan történik. Tehát a soron következő Küldöttgyűlés sorszáma 101.

Dr. Lengyel Károly főtktár javaslata alapján a Választmány egyhangúlag döntött a 101. Küldöttgyűlés napirendjéről és tisztségviselőiről:

#### V.23./2011.05.04. sz. határozat:

#### A 101. Küldöttgyűlés napirendje:

Himnusz

Elnöki megnyitó

Köszöntések

A Választmány beszámolója, közhasznúsági jelentés

Az Ellenőrző Bizottság beszámolója

Kitüntetések átadása

**SZÜNET, BÜFÉ**

Hozzászólások, indítványok

A bányászat és kohászat nemzetgazdasági szerepéről (szakmai előadás)

Határozatok

Zárszó

Bányász-, Kohász- és Erdész-himnusz

#### 6. napirend. Egyebek

Javaslat született az alábbiakról:

- az 1848-49-es forradalomban részt vett selmeci diákok emlékét megőrkítő emléktábla létesítésével kapcsolatban a Miskolci Egyetem rektorának megkeresésére,
- a szakmáinkat érintő árbevételes rendezvényekkel kapcsolatosan ad hoc bizottság létrehozására,
- egyes, a szakmáinkat népszerűsítő korábbi anyagok összegyűjtésére.

Dr. Nagy Lajos elnök felhívta a figyelmet a helyi szervezetek és az önkormányzatok közötti kapcsolatépítés fontosságára.

**Dr. Gagy Pálffy András**  
összeállítása alapján

## Selmecbányai professzorok a Varázsfuvolában

Az MMKM Öntödei Múzeumában a zene és a kohászat került közel egymáshoz április 19-én, amikor Mozart Varázsfuvolájának és a selmeci akadémia tanárainak kapcsolatát kerestük. Olyan ismeretekkel szeretnénk volna gazdagítani a hallgatóságot, hogy Mozart valóban a szabadkőműves selmecbányai professzor, a mineralógus *Born Ignác* alakját formázta-e meg ismert operájában, hogy hol ismerte meg egymást a híres muzsikusként és a nagy tudós, barátok voltak vagy vetélytársak.

Ezekre a kérdésekre kaphatták meg a választ azok a látogatók, akik a langyos tavaszi napsütés élvezete helyett inkább a múzeumba jöttek el, és *dr. Tardy Pál* okleveles kohómérnök, OMBKE ex-elnök előadását hallgatták meg.

Az előadó képekkel illusztrált rövid ismertetőt adott Selmecbányáról, majd a műszaki felsőoktatás 1735-ben alapított fellegvárát, a selmeci akadémiát mutatta be, melynek a természettudós *Born Ignác* is jó ismerője volt. Mozart Varázsfuvolájának szimbolikájáról keletkezése óta folyik a vita. A szabadkőműves kapcsolat feltételezése kézenfekvő, de ez önmagában nem volt elegendő magyarázat. A nemrégiben az USA-ban elhunyt magyar kohómérnök, *Lux András* volt az, aki elsőként mutatott rá arra a lehetőségre, hogy a zene-

szertő a Selmecbányai Akadémia professzorairól mintázta meg a Varázsfuvola szereplőit. A Miskolci Egyetem neves professzora, *dr. Horváth Zoltán* szintén kutatott és publikált ebben a témában.

A selmecbányai Bányászati Akadémia a XVIII. század második felében nemcsak a montanisztika, hanem a természettudományok nemzetközileg elismert központja is volt. A feltételezés logikus: *Born Ignác*, a kor elismert geológusa, a bécsi szabadkőművesek kiemelkedő alakja volt; *Jacquin* professzor lányait Mozart tanította zenére. A bányászat, az ásványok rejtélyes világa érdekes téma volt a szabadkőművesek számára. *Lux András* nyomán feltételezhető, hogy *Sarastro* figuráját *Born Ignác*ról, a *Beszélt Jacquin Miklósról*, *Taminot Müller Ferencről*, Selmecbánya híres professzorairól, *Monostatos* ellenszenves alakját a selmeci professzorok ellenfeléről, *Klaprothról* mintázta a zeneszerző, de további feltételezések is napvilágot láttak.

A képekkel és operaszíndarabokkal gazdagított előadás színvonalát az is emelte, hogy az opera egyes részeit és fuvolaszóloist *Tóth Katalin*, a XVIII. kerületi Dohnányi Ernő Zeneiskola fuvolaszakos tanára adta elő (1. kép).

Az előadás után a hallgatóság kérdéseket tehetett fel. Vitaindító kérdés



■ 1. kép. Az előadó, dr. Tardy Pál is a fuvolaszóloist hallgatja

volt, hogy tulajdonképpen hol is született *Born Ignác*? A honlapokon ugyanis két helységnevet jelölnek meg születési helyként. *Born* életének egyik jeles kutatója, *dr. Laár Tibor* véleménye az, hogy minden bizonnyal *Kapnikbánya* (Erdély) a neves tudós születési helye, hiszen önéletírásában erre hivatkozik. Érdekes kiegészítést hallhattunk *dr. Pilissy Lajostól* is. A híres tudós 1770-es erdélyi útja során súlyos betegséget kapott, mely élete végéig kínozza, és komolyan befolyásolhatta munkájában is.

Végezetül *dr. Lengyelné Kiss Katalin* intézményvezető asszony megköszönte az előadást, majd a résztvevőket tárlatvezetésre és teázásra invitálta.

**Csibi Kinga**

**85. születésnapját ünnepelte**

**Gimesi (Gremesperger) Mihály** 1926. március 22-én született Enyingen. Iskoláit – öt elemi és négy polgári – Enyingen végezte. 1941 szeptemberében a MÁVAG-ban lakatos tanonc, 1944-től 1946-ig mozdonyszerelő, 1949-ig a Ganz Készülékgyárban lakatos volt, közben 1947 szeptemberétől a Népszínház utcai technikum esti tagozatán tanult. 1950 augusztusában a Pécsi Szakérettségi Tanfolyamon kitűnő érettségi vizsgát tett és szeptemberben a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem kohómérnök-hallgatója lett, ahol 1955-ben fémkohómérnöki diplomát szerzett.



1954-től 1957-ig az Inotai Alukohóban dolgozott. 1957 tavaszán – az 1956 őszi forradalom alatti tevékenysége miatt – felmondták az állását, és egy évig lakatosként dolgozott a Villamos Állomásszerelő Vállalatnál. 1958 őszétől csak vasöntődében kapott munkát. Békéscsabán a homokformázás mellett a gyantás homokformázást is művelte, közben az egyesület Öntő Szakcsoportját is megalakította, az öntő szakmunkás fiatalok továbbképzését szolgálva. Szarvason a Vasipari KTSZ-nél öntődét épített, és hozzá új technológiát tanított be. 1965-ben a KOHÉRT-nél önálló mérnökként az alumíniumipar anyagellátása, gazdálkodása volt a feladata. A KOHÉRT 1968-as átszervezése után a fémhulladék begyűjtésével, kohászatra való előkészítésével foglalkozott.

1970-től az 1983-as nyugdíjaztatásáig a Tatabányai Szénbányánál a kommunális hulladékok és a szennyvíziszapok kezelése, elégető berendezések technikai, technológiai témái képezték a feladat körét.

Kitüntetéseit az Egyesülettől kapta, s a legnagyobb az, hogy az egyesület, „a kedves Család” tagja lehetett 60 éven át.

**80. születésnapját ünnepelte**

**Pálovits Pálné sz. Novotny Zsuzsanna** okl. vegyészmérnök februárban ünnepelte 80. születésnapját. A Veszprémi Vegyipari Egyetem Elektrokémiai Iparok tagozatán 1953-ban szerzett vegyészmérnöki oklevelet.

1953-tól 1959-ig az Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohóban analitikai módszerfejlesztéssel foglalkozott és timföldgyári technológiai kísérleteket végzett.

1959-től 1964-ig a Fémipari Kutató Intézet Elektrometallurgiai Osztályán tudományos munkatársként részt vett az anódmaszsa-kutatásban, majd az öntött korund kádkövek minőségi problémáival foglalkozott.



1964-től 1978-ig ismét az Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohó laboratóriumában dolgozott kutatócsoport-vezetőként. Főbb kutatási területei: a timföld szennyezőanyag-tartalmának csökkentése, a timföld fizikai tulajdonságainak vizsgálata, elektrolizáló kádak katódbélés anyagának, az elektrolit-beszívódás folyamatának vizsgálata, a timföldgyári gallium körfolyamat vizsgálata, vizsgálati módszerek kidolgozása.

1978-tól 1989-ig, nyugdíjba meneteléig az ALUTERV-FKI főmunkatársa volt az Alumíniumkohászati Kutató Osztályon. Részt vett a vizsgálati módszerek fejlesztésében, majd a szárazanódmaszsa-gyártáshoz kapcsolódóan a koks-kötőanyag rendszerek és a kötőanyagok tulajdonságainak vizsgálatával, a kötőanyag minőségének javításával foglalkozott. Munkáiról több cikkben és előadásban számolt be.

A 40- és 50 éves OMBKE-tagságot kapott Sóltz Vilmos-emlékérmekek tulajdonosa.

**Biró Attila György** 1931-ben Püspökudvarban született, ahol debreceni születésű apja református tanító volt. Édesanyja, Barna Róza Barna Pál ács és kőműves vállalkozó lánya. Szülei tízévesen a Debreceni Refor-

mátus Kollégiumba küldték, ahol bennlakó diákként tanult a Kollégium Gimnáziumában, 1949-ben érettségizett, és még abban az évben felvették az akkor induló miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karára, ahol 1953-ban kitüntetéses diplomát kapott a technológus szakon.



Mivel az LKM ösztöndíjas diákja volt, végzés után azonnal megkezdte üzemi munkáját kemencés mérnökként a gyár durvahengerműjében. 1953–59 között Valkó Márton, Zámbo Pál és Simon Béla vezetők támogatásával új kemencetípusokat épített: mélykemencét, homlokkal nélküli másodmelegítő és keresztüzelésű tolókemencét.

1959 végén áthelyezték az akkor alakult Tüzeléstechnikai Kutatóintézetbe, melynek 20 évig igazgatóhelyettese volt. 1962-ben egyetemi doktori, 73-ban kandidátusi, 76-ban MTA doktori fokozatot szerzett. Vezetése alatt egy sor bevezetett találmány született, és hét mérnök szerezte meg a kandidátusi fokozatot.

1980–85-ig a Kohászati Gyárépítő Vállalat Külkereskedelmi Iroda vezetője, 1985–87-ig Texasban az Eagle Oil Co. műszaki igazgatója volt. 1987 nyarán dr. Voith Márton dékán hazahívta a Miskolci Egyetemre. 1988-ban egyetemi tanárrá és a Tüzeléstan Tanszék vezetőjévé nevezték ki. 1996-ban nyugdíjba vonult, de tovább tanította a Tüzeléstan és az Ipari kemencék tárgyakat. Jelenleg a ME professzor emeritusa. Kilenc szakkönyvet és tankönyvet írt, és ma is részt vesz a szakmai kutatómunkában.

**70. születésnapját ünnepelte**

**Belányi József** 1941. február 28-án, Mélykúton született. Általános iskolai tanulmányait is itt végezte. 1955-től 1957-ig a váci Öntő Szakmunkásképző Intézetben tanult. A következő évben öntő szakmunkásvizsgát tett az Április 4. Gépgyárban, ahol ezt köve-

tően el is helyezkedett. 1961 és 1963 között sorkatonai szolgálatot teljesített. 1964-től 1968-ig az Eötvös Loránd Gépipari Technikum öntő tagozatán tanult, és tanulmányai lezárásaként öntőtechnikusi oklevelet szerzett. 1968-tól a Vasipari Kutatóintézet Öntészeti Osztályán dolgozott, a gömbgrafitos öntöttvas előállításával foglalkozott.



1969-ben kérték fel a Mélykúti Ipari Szövetkezet nehézfémöntődéjének megszervezésére és vezetésére.

1981 óta az OMBKE tagja, és ugyanebben az évben megalakította a bajai helyi szervezetet. Főszervezője volt az 1991-ben megrendezett Bajai Nemzetközi Fémöntő Napok rendezvénynek.

1996 óta nyugdíjas, de tanácsadóként a mai napig aktív résztvevője a szakmának. A Szövetkezeti Ipar Kiváló Dolgozója.

**Dr. Vitéz János** 1941. április 14-én született Budapesten. A Szekszárdi Garay János Gimnázium elvégzése után Merseburgban (Technische Hochschule für Chemie Leuna-Merseburg, Németország) okleveles vegyész diplomát szerzett.

1965-ben lépett munkába az Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohó Laboratóriumában, ahol a színképelemző csoport munkáját irányította. 1977-ben a Formaöntőde minőségellenőrző osztályvezetője, majd 1978–1986 között az Igazgatóságon műszaki tanácsadó.



1982-ben védte meg műszaki doktori értekezését a Veszprémi Egyetemen az „Alumíniumipari spektrométeres elemzési eredmények vizsgálata” tárgyában.

1986-tól 1997-ig irányította a laboratóriumot, és vezetésével hozták létre annak minőségirányítási rendszerét, melyet 1991-ben akkreditáltak először, az elsők között az ipari laboratóriumok közül.

Szakmai eredményei nem korlátozódtak a minőségirányítás területére, hanem kiterjedtek az emissziós és röntgenfluoreszcens spektrometria alumíniumipari bevezetésére és a 6N, 7N tisztaságú gallium előállításának kidolgozására, a gyártás műszaki hátterének megteremtésére is. A gallium gyártásához és tisztításához kapcsolódó tíz találmány társszerzője.

Az analitika, timföldgyártás és minőségbiztosítás tárgykörében 15 közleménye jelent meg, és konferenciakiadványokban 20 előadása.

1997-ben korengedményes nyugdíjazására került sor. Ezután az Elekthermax Rt.-nél dolgozott, mint minőségügyi vezető 2005-ig. Irányításával dolgozták ki, vezették be és tanúsították a társaság minőségirányítási rendszerét.

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületnek 1965 óta tagja.

**Dr. Károly Gyula** 1941. június 12-én született Miskolcon. A Földes Ferenc Gimnáziumban érettségizett, majd

1964-ben szerezte meg kohómérnöki oklevelét a Nehézipari Műszaki Egyetemen. 1964–68 között Budapesten a Vasipari Kutató Intézet Acélmellurgiai Osztályán dolgozott, majd 1968–83-ig a Miskolci Egyetem Vaskohászattani Tanszékén volt tudományos munkatárs, főmunkatárs, ill. tanácsadó. 1983 óta oktató, 1989-ben nevezték ki egyetemi tanárrá, 1995-től a Vaskohászattani, Fémkohászattani, ill. Öntészeti Tanszék magába foglaló Metallurgiai Intézet igazgatója, a mai Metallurgiai és Öntészeti Intézet alapító professzora.



Szűkebb szakterülete: az acélgégyártás elméleti alapjainak, továbbá az egyes gyártástechnológiák és az acélminőségek sajátosságainak a vizsgálata, tevékenysége azonban a metallurgia egyéb területeire is kiterjed, immáron több mint 40 éve végző a felsőoktatásban oktatói és kutatómunkát. 1970-ben szerezte meg egyetemi doktori címét, majd 1974-

ben kandidátusi fokozatát, 1986-ban védte meg akadémiai doktori értekezését.

1990-ben – nemzetközi vállalkozásként őt társával együtt – megalapította az InnoFerCo Acéltanácsadó, Kutató és Fejlesztő Kft.-t, majd 1991-ben a Steelinfo Acéltanácsadó, Kutató és Fejlesztő Kft.-t; mindkét engineering cégnél azóta is ügyvezető igazgató. E két cégen keresztül az elmúlt két évtizedben a vaskohászat egészére kiterjedően foglalkozott – több mint 100 tanulmányban – műszaki, fejlesztési, marketing, minőségbiztosítási és vállalatfejlesztési kérdésekkel.

Szakmai-társadalmi tevékenysége rendkívül sokrétű. Többek közt évenként át tagja volt az MTA Műszaki Tudományok Osztályának, a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés Műszaki Szakigazgatói Tanácsának; elnöke az MTA Metallurgiai Bizottságának, elnöke a MAB Kohászati Szakbizottságának, a Miskolci Egyetemen a Kerpely Antal Doktori Iskola alapító professzora.

Az OMBKE-nak 1964 óta tagja, ciklusokon keresztül volt az Egyetemi Osztály elnöke, az OMBKE alelnöke. Egyesületi munkájáért számos kitüntetésben részesült, a z. Zorkóczy-, Mikoviny-érmek mellett a Kerpely-éremnek is tulajdonosa, 2002-ben egyesületünk tiszteleti tagjává választotta.

Publikációinak száma 300 feletti, számos konferencián képviselte acélgégyártóinkat. Üzemeinkben is megbecsült szakember: Diósgyőrben Kiváló Dolgozó, az MVAE-ban elnyerte a Vaskohászatért érdemérmét, a Du-naferr főtanácsosa.

Leginkább arra büszke, hogy 40 év óta minden hazai vas- és acélmetallurgus a tanítványa, a hallgatóktól több ízben megkapta a Kiváló Oktató elismerést, s több évfolyam tiszteletbeli osztálytársul választotta.

70. születésnapját követően professzor emeritusként folytatja...

*Jubiláló tagtársainknak szeretettel gratulálunk, további jó egészséget és még sok békés évet kívánunk!*

## Pataki Ferenc

(1950–2011)



Pataki Ferenc okl. kohómérnök 1950. február 4-én született Tiszavárkonyban. Szolnokon a Tiszaparti Gimnázium és Szakközépiskolában érettségizett.

1973-ban a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán a metallurgiai szak öntész ágazatán szerzett kohómérnöki oklevelet.

1973 szeptemberétől a Könnyűipari Gépgyártó Vállalat váci vasöntödéjében dolgozott öntödei üzemvezetői munkakörben. Az öntödében 140–150 dolgozó munkájáért volt felelős. Tevékeny része volt abban, hogy a 70-es évek végén indukciós kemencét telepítettek, és bevezették a gömbgrafitos öntöttvas gyártását.

1982 májusától Gödön, a Dunamenti Mgtsz-nél vállalt munkát, a melléküzemágként működő színesfémöntöde munkáját irányította művezetőként, majd üzemvezetőként. 1988-ban elvégezte a MÉM Mérnök- és Vezetőtovábbképző Intézet tanfolyamát. A tsz öntészeti tevékenységének átszervezése után az 1991 januárjában alakult Dunamet Öntészeti és Kereskedelmi Kft. ügyvezetője lett. Az irányítói tevékenységen túl, az akkori körülményeknek megfelelően, sokszor fizikailag is

részt vett a formázásban és öntésben.

1992-ben alapította meg a Metipker Ipari, Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. néven működő családi vállalkozását, amelynek ügyvezetését súlyosbodó betegsége miatt 2010 végén gyermekeire bízta. Az irányításával lassan 20 éve működő öntöde állandóan igazodott megrendelőinek folyamatosan bővülő igényeihez és a minőségbiztosítási normákhoz. A Vácut levő telephelyen, 1000 m<sup>2</sup>-es csarnokban, elsősorban a hazai gép- és elektromos ipar számára gyártanak egyedi és kissorozatú öntvényeket réz- és alumíniumalapú ötvözetekből, homok- és kokillaöntéssel. Az öntvények egy részét nagyjából megmunkálás után értékesítik.

Pataki Ferencben igaz barátot, családját rajongásig szerető embert veszítettünk el 2011. január 25-én bekövetkezett halálával. A gödi újtemetőben a római katolikus egyház szertartása szerint 2011. február 11-én vettek tőle búcsút családtagjai, rokonai, barátai, ismerősei.

Kedves Feri Barátunk!

Mindannyiunk nevében kívánok Neked utolsó Jó szerencsét!

**Lengyel Károly**

## Tarján Béla

(1935–2011)



Tarján Béla aranyokleveles kohómérnök 2011. március 24-én hosszantartó, súlyos betegség után elhunyt.

1935. február 16-án született Tóvároskertben. 1942-ben családjával együtt Sopronba költözött, ahol középiskolai tanulmányait is végezte. Az érettségi után 1953-ban felvételt nyert a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem kohómérnöki karára, ahol 1958-ban technológus kohómérnöki oklevelet szerzett.

Első munkahelye a Láng Gépgyár vasöntödéje volt, ahol üzemtechnológusként részt vett a nagyméretű turbinaházak és forgattyúházak öntési technológiáinak, valamint a magnéziumkezeléses gömbgrafitos öntöttvas gyártási technológiájának a kidolgozásában.

1962-ben a Csepeli Fémműbe került, ahol fejlesztő technológusként elsősorban a könnyűfém dugattyúötvözetek szemcsefinomításával és a dugattyúházak kihozatalának a javításával foglalkozott eredményesen.

1968-tól a Vasipari Kutató Intézet öntödei osztályán tudományos munkatárs volt. Itt témafelelősként fémolvadékok gáztartalmának meghatározási módszereivel, a gáztartalom csökkentésének lehetőségeivel, tisztító- és fedősók előállításával, a nyomásos öntőszerszámok élettartamának növelésével foglalkozott. Ezekből a témákból több publikációja is megjelent.

1972-ben ismét a Csepeli Fémműbe került, ahol a cső- és rúdhúzó üzem rekonstrukciós beruházási programjának munkáiban vett részt.

1976-tól az Öntödei Vállalat központjában dolgozott tudományos tanácsadóként. Itt részben fémolvadékok modifikálásával, részben könnyűfém-öntészeti fedősók kifejlesztésével foglalkozott. Az utóbbi témában az általa kifejlesztett fedősót Apcon, a Könnyűfémöntödében ipari méretekben alkalmazták.

1991-től 1993-ig egy présöntő kft.-ben, majd 1995-ös nyugdíjazásáig a Ganz-Invest Kft. könnyűfémöntödéjében dolgozott.

Az OMBKE-nek 1955 óta tagja volt, és ott aktívan dolgozott. Egy ideig titkára, majd elnöke volt a könnyűfémöntészeti munkabizottságnak.

Tarján Béla a kohász-öntész szakma szeretete mellett a komolyzenét is szerette és művelte is. Már középiskolás korában tagja volt a Soproni Szimfonikus Zenekarnak, később, az egyetem elvégzése után a Vasas Szakszervezet központi zenekarában játszott.

Béla barátunk temetése 2011. április 8-án volt a Farkasréti temetőben, ahol nagyszámú gyászoló búcsúztatta, családtagok, rokonok, barátok, ismerősök, volt évfolyamtársak mondtak neki megtört, fájó szívvel utolsó jó szerencsét.

**Hédai**

## Dr. Petrusz Béla

(1942–2011)



A hazai fémkohászat egyik meghatározó egyénisége távozott örökre. Petrusz Béla életében – mint cseppben a tenger – a huszadik századi Magyarország mérnöki pontossággal képeződött le. A felvidéki pedagógus család Székesfehérvárra letelepedve éles eszű fiát műszaki pályára szánta. Így végezte el a gépipari technikumot, ahonnan egyenes út vezetett a miskolci – akkor még – Nehézipari Műszaki Egyetemre. A gyártástechnológus szakon szerzett oklevél visszavezette Székesfehérvárra, ahol az akkor egyik legkorszerűbb alumíniumipari vállalatnál, a Székesfehérvári Könnyűféműben helyezkedett el. Hamarosan élete meghatározó helyszínévé vált ez a folyamatosan fejlődő üzem, amely a magyar alumíniumipar legnagyobb termelési értékét előállító üzemévé fejlődött ekkorra.

Hamar megismerte a fő termelőüzemeket: az öntödétől a présműn és hengerművön át a préskovács üzemig. Az üzemfenntartási feladatoktól a rekonstrukciók területére helyezte át tevékenysége súlypontját, ahol karrierje töretlenül ívelt a karbantartási technológustól a karbantartási divízió főmérnök-helyettesi posztjáiig.

Mindig vonzották az újszerű feladatok, az igazi nagy műszaki kihívások. Így amikor karnyújtásnyira került egy új, 100 kt kapacitású alumíniumkohó megvalósítása Inotán, hamarosan a beruházás-előkészítés főmérnökeként vállalt ott munkát. A nagyszabású vállalkozás meghiúsult ugyan, de Petrusz Béla Inotán maradt beruházási, majd karbantartási területen.

Jelentős szerepet vállalt az elektrolízis üzem rekonstrukciós fejlesztésében, amely a munkaegészségügyi feltételek javítása mellett – az ún. száraz gáztisztítás bevezetésével – jelentős környezeti javulást is eredményezett az üzem térségében. Olyan innovációs tevékenységek meghatározó személyiségévé vált, mint a Japánból vásárolt kohórekonstrukciós ismeretanyag adaptálása, a timföld pontadagolás és a száraz gáztisztítás bevezetése, a folyamatszabályozás szériaszintű kiterjesztése. Hitte, hogy a kitartó fejlesztő munka meghozza az eredményeket. Így sikerült az elektrolízis 1992-ig engedélyezett üzemben tartását 2006 januárjáig meghosszabbítani. Meghatározó hatása volt az üzemben folyó félgyártmánygyártás (huzal, tárcsa, keskenyszalag) versenyképességének fejlesztésében, a technikai-technológiai színvonal emelésében.

Petrusz Béla már a 80-as évek végétől egy olyan vállalati struktúra kidolgozásán fáradozott, amely a rendszerváltást követően a privatizált hazai alumíniumipar legoptimálisabb szervezeti és gazdálkodási kereteit határozta meg a korábbi vertikum átalakításával. Alapítója, résztulajdonosa, vezérigazgatója, alelnöke, majd elnökségi tagja volt a Magyar Alumínium részvénytársaságnak.

Lankadatlan aktivitása nem korlátozódott a szorosan vett vállalatvezetési kérdésekre. A sportot, a szabadidő aktív eltöltését mindig támogatta. A Köfém SC Vitorlás Szakosztályától az Inotai Gyári Sport Club elnöki posztjáiig e tevékenységek feltételeinek biztosításán fáradozott, de önmaga is aktív sportoló volt: vitorlázott, sielt.

Inotára kerülése után kapcsolódott be az OMBKE helyi szervezetének munkájába, majd 1997-től a Fémkohászati Szakosztály elnöke lett. Sajátságos vezetési stílusával a nehéz éveket élő kohászat egyesületi életében új irányokat tudott szabni. Fontos volt tartalmas véleménye, higgadt hangja a szakmai találkozók, az OMBKE ülésen. Hiányozni fognak okos tanácsai, a megoldást kereső kompromisszumkészsége. Mestere volt a konfliktusok, az érdekkülönbségek kezelésének. Munkáját az Egyesület 2002-ben Szent Borbála-éremmel, 2004-ben Kerpely Antal-éremmel, 2006-ban tiszteleti tagsággal ismerte el.

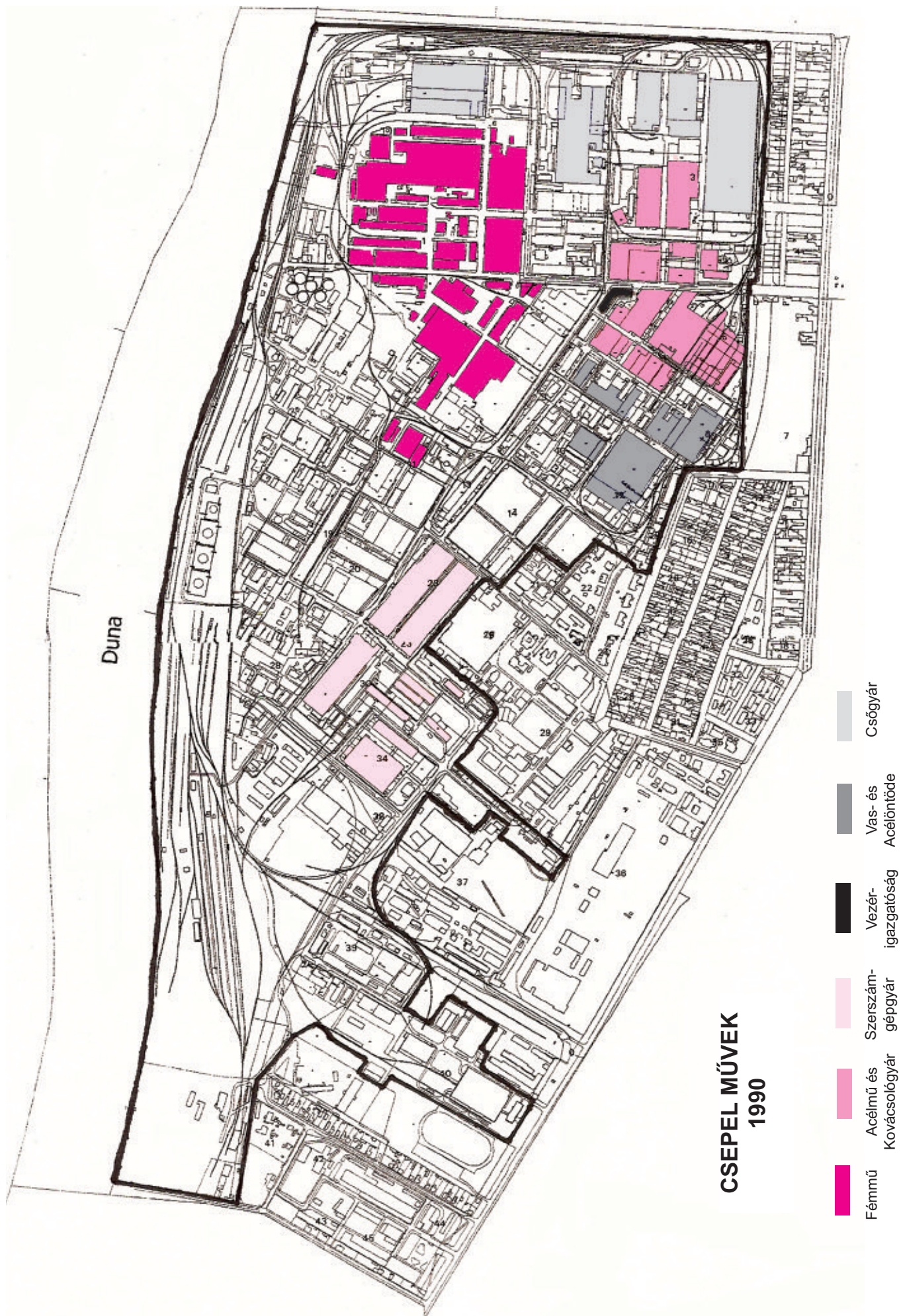
2010. szeptember 10-én, Selmecebányán az OMBKE küldöttgyűlés – szakosztályelnökként – az OMBKE alelnökévé választotta meg, ez utóbbi posztra harmadszor. Selmecebánya és a selmeci hagyományok ápolása szívügye volt, mint ahogy felvidéki származása kapcsán a határainkon túl élő magyarok ügye, sorsa is.

Széleskörű ipari ismereteit, személyes kapcsolatait a Fejér Megyei Kereskedelmi és Iparkamara Nehézipari Tagozatában is hasznosította.

A székesfehérvári Béla úti temető ravatalozójában munkatársai, ismerősei, családtagjai búcsúztatták a családapát, az unokáiért bármire képes nagyapát, a szerető férjet, és a hazai fémkohászat és félgyártmánygyártás meghatározó személyiségének utolsó Jó szerencsét kívánva mi is!

Béla! Nyugodj békében!

**Hajnal János és Szablyár Péter**



**CSEPEL MŰVEK  
1990**

- Fémű
- Acélmű és Kovacsológár
- Szerszám-gépgár
- Vezér-igazgatóság
- Vas- és Acéöntöde
- Csöggár

A Csepel Művek főbb vállalatainak elhelyezkedése 1990-ben  
(A Volt egyszer egy Csepeli Fémű... c. cikk 1. ábrája)

# Szemelvények kohászatunk múltjából

## Dobsina (németül Dobschau, szlovákul Dobšiná)

A 16–18. században a magyarországi vasgyártás egyik központja Dobsina volt, amelyet az 1340 táján betelepített szászok alapítottak. 1417-ben már mezőváros. A környező hegyekben az arany, ezüst és réz mellett főleg vasat bányásztak. 1556-ban három olvasztókemence és három hámor működött, négy hámor pedig üzemben kívül állt, 1592-ben pedig egy massa és hét hámor dolgozott. (A massa a vasbuca latin massa ferri nevéből származik, és Magyarországon legkorábban 16–17. századi forrásokban fordul elő, kizárólag Dobsinára vonatkozó szövegekben, jelentése: vasolvasztó kemence.)



A dobsinai felső kohó a 19. sz. végén

A kemencéket és hámorokat kezdetben jobbágyok, a 17. századtól jómódú helybeli, iglói és rozsnói polgárok létesítették és tartották üzemben. Közülük kimagasodik *Lányi Pál*, aki 1696-ban nemességet kapott, 1703-ban *II. Rákóczi Ferenc* szolgálatába állt, országos vasinspektor lett, a szatmári béke után pedig Gömör vármegye alispánja és országgyűlési követe, császári-királyi hadiszállító. Rákóczi költségén 1707-ben Dobsinán „acél- és bombaöntő hutát” épített, ezt tíz év múlva szárazabb helyre telepítette, és nagyolvasztóvá akarta átépíteni, de kudarcot vallott. 1722-ben Dobsina északi határában, a Gölnic völgyében vállalkozása már sikeres volt, a nagyolvasztó közelében fekvő egyik hámort pedig frisstűzzé alakította át. Ez a – később felső kohóként is emlegetett – vasmű a 19. század végéig működött. 1726-ban tíz olvasztókemence és hat hámor volt Dobsinán, ebből négy kemence és két hámor *Lányi Pálé*.

1760-ban a Dobsina-patak mentén, a várostól nyugatra egy második nagyolvasztó kezdett működni, melyhez három év múlva hámor csatlakozott. Ez a vasmű a város tulajdona volt, és később belső kohónak nevezték. 1779-ben a *Lányi-kohó* 2200 bécsi mázsa nyersvasat és 970 mázsa kovácsvasat, a belső kohó 3200 mázsa nyersvasat és 2500 mázsa kovácsvasat gyártott.

A *Lányi* család kihalása után, 1786-ban a felső nagyolvasztót a hozzá tartozó hámorral együtt Dobsina város vette meg. Mindkét vasművet bérlők működtették. A jelentősen átépített felső kohót a 19. sz. első felében *Sárkány Károly* bérelte, 1846-ban 18 ezer mázsa nyersvasat termelt, ennek egyharmadát helyben dolgozták fel, a többit a Rhónic környéki hámorokban. A belső kohót 1858–69 között a Coburg herceg-féle vasgyár bérelte, évente átlagosan 20 ezer mázsa nyersvasat és 75 mázsa vasöntvényt gyártottak. A felső kohót 1864-ig a kincstár vette bérbé, 1862-ben felújította, az évi vastermelés 35 ezer mázsára nőtt.

A 19. sz. utolsó harmadában a két dobsinai nagyolvasztó bérlői többször változtak. A felső kohót hosszabb ideig a *Sárkány* család tulajdonába került *Concordia* társulat bérelte, melynek a Csetnek és a Sajó völgyében három nagyolvasztója volt (*I. ábra*). A belső kohót *gróf Andrássy Manó* bérelte, aki a Sajó mentén hat nagyolvasztót birtokolt.

A 19. sz. vége felé a felső kohó a *Prihradny-féle* vasgyártársulat bérletében működött, a nyersvasat a társulat bujakovai frissítő- és hengerművében dolgozták fel. A belső nagyolvasztót *Horváth Sándor* és társai bérelték. A két dobsinai vasmű 1895-ben összesen 7000 t nyersvasat gyártott. A századforduló után már csak a belső kohó üzemelt, az 1904-ben alakult *Borsodi Acél- és Acélárugyár Rt.* bérelte, melynek Sajókazincon (ma Kazincbarcika) volt martinacélműve, de pénzügyi nehézségei miatt négy év múlva a *Nadrágyi Vasipari Társaság*gal fuzionált.

 K. L.

### Források:

*Heckenast G.*: A magyarországi vaskohászat története a feudalizmus korában. Bp., 1991.

*Rempert Z.*: A Kárpát-medence vasgyártása a neoabszolutizmus korában. Bp., 2003.

*Edvi Illés A.* (szerk.): A magyar korona országainak gyáripára az 1906. évben. II. k. I. r. Vasipar. Bp., 1911.