

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Jövők anyagai, technológiái

Egyesületi hírmondó

143. évfolyam

2010/3. szám



Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

Vaskohászat

1 Márkus Róbert

Acélglyártási salakok környezetbarát hasznosítási lehetőségeinek elméleti alapjai és megvalósíthatóságának lehetőségei

6 Bacskai Antal

Drótkötélszakadás vizsgálata

Öntészet

14 Gigante, G.

Hogyan tudunk gyakorlati zöld öntőiparrá válni?

Fémkohászat

19 Paschen, Peter

Őn – Zeusz – Jupiter: fémek – istenek – csillagászok

Jövőnk anyagai, technológiái

27 Buza Gábor

A lézersugaras anyagmegmunkálás energiaviszonyai III. Avagy mire megy el az energia?

33 Kaptay György

Határfelületi jelenségek a fémcsapadékgyártásban III. A görbület indukálta határfelületi erő

Egyesületi hírmondó

39 Emlékezés Dr. dr.c.h. Verő József professzorra

44 A 85 éves dr. Berecz Endre professzor köszöntése

44 Loebeni tanulmányút

47 Miskoci egyetemisták az IDS Dunaferri Zrt.-ben

47 II. Ózdi Ipari Örökségvédelmi Konferencia

49 Köszöntések

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

Róbert Márkus: Theoretical bases and feasibility possibilities of environmentally friendly utilization of steel production slags1

Accordingly to valid EU guidelines we have to pay increasing attention to the utilisation of byproducts and wastes. The typical area of use of iron metallurgical slags is the building industry, including mainly foundations and layers with no bonding instead of natural rocks. However, beside building industry conformability the same emphasis should be laid also on environmental conformability, as harmful components may be leached out from the slag contacting with precipitations into the surface and ground waters. This article presents the process with the goal to attract attention to threats resulted by the use of wrong quality steel production charge materials.

Antal Bacskai: Examination of wire rope rupture... .. 6

The durability of meeting by a wire rope the bearing power guaranteed in the relevant standards depends on many factors. The wide service life deviation is its natural consequence. There occur also abnormal, unprofessional stresses. When looking for the causes of resulted damages, a complex assessment of damages is important.

G. Gigante: How can we become a practical green foundry industry?... .. 11

Foundries have long looked at themselves as the nation's recyclers. Since metals were first poured it was recognized that recycling old iron castings was the easiest manner to make another casting and reuse society's unwanted cast articles. Later, steel scrap was introduced into our charge mixes as an additional feedstock to achieve the same goal. This recycling trend extended to most other metals cast, including aluminum, copper and lead.

Today, because of our recycling of metals, most foundries have long considered themselves a part of the green technology movement before the term "green" was even coined. In reality, the foundry industry has only scratched the surface of being green and has yet to achieve the higher level of sustainability that the future will

demand. We are an energy intensive industry, handle massive quantities of processed waste materials often destined for landfills, and have the potential to emit a large quantity of carbon dioxide and other pollutants into the atmosphere.

Peter Paschen: Stannum – Zeus – Jove: metals – gods – astronomers 19

The history of stannum goes back to bronze age. Stannum and copper are metals of oldest human use. Earliest cultures connected metals with gods, stars i.e. religion and astronomy, symbols of planets. The origin of the word stannum ("Zinn") – the seven days of the week. There exists an intellectual – physical connection between metal stannum and Zeus/Jove.

Gábor Buza: Energetic conditions of material processing with laser beam III. Or: What consumes the energy? 27

In the first two parts of this series of articles we presented important thoughts required to review the energetic conditions of material processing with laser beam. In this finishing third part we apply the considerations of the thoughts in the previous two parts on the conditions of deep seam laser beam welding. It can be seen that the analysis of laser beam welding results with metallographical methods and calculations of energy quantity may also lead to results, that with traditional modelling methods can be expected only with big difficulties and considerable uncertainty.

György Kaptay: Interfacial phenomena in metallic materials technologies. Part 3. The curvature induced interfacial force 33

In the third part of this series of papers the equation for the curvature induced interfacial force is derived. The result is identical with the well-known Laplace equation. The curvature induced interfacial pressure determines the gas pressure needed to stabilize bubbles in liquids. Building the Laplace pressure into the Gibbs equation, the dependence of the latter on the curvature and size of the phase is obtained (the so-called Kelvin equation). The approaches of Kelvin and Gibbs are compared for the interpretation of nano phase equilibria.

Szerkesztőség: 1027 Budapest, Fő utca 68., IV. em. 413. • **Telefon:** 201-7337 • **Telefax:** 201-2011 • **Levélcím:** 1371 Budapest, Pf. 433. vagy kohaszat@mtesz.hu • **Felelős szerkesztő:** dr. Lengyel Károly • **A szerkesztőség tagjai:** dr. Buzáné dr. Dénes Margit, dr. Klug Ottó, dr. Kórodi István, Lengyelné Kiss Katalin, Szende György, dr. Takács István, dr. Tardy Pál, dr. Török Tamás • **A szerkesztőbizottság elnöke:** dr. Sándor József. **A szerkesztőbizottság tagjai:** dr. Bakó Károly, dr. Csurbakova Tatjana, dr. Dúl Jenő, dr. Hatala Pál, dr. Károly Gyula, dr. Kékesi Tamás, dr. Kórodi István, dr. Láda Balázs, dr. Réger Mihály, dr. Roósz András, dr. Takács István, dr. Tardy Pál • **Kiadó:** Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület • **Felelős kiadó:** dr. Tolnay Lajos • **Nyomja:** Press+Print Kft. 2340 Kiskunlacháza, Gábor Áron u. 2/a • **HU ISSN 0005-5670** *Belső tájékoztatásra, kereskedelmi forgalomba nem kerül.* • A közölt cikkek fordítása, utánnyomása, sokszorosítása és adatrendszerekben való tárolása kizárólag a kiadó engedélyével történhet. • **Internetcím:** www.ombkenet.hu/bkl/kohaszat.html

MÁRKUS RÓBERT

Acélgyártási salakok környezetbarát hasznosítási lehetőségeinek elméleti alapjai és megvalósíthatóságának lehetőségei

A hatályos európai uniós irányelvek alapján mind nagyobb figyelmet kell fordítanunk a melléktermékek, hulladékok hasznosítására. A vaskohászati salakok jellemző felhasználási területe az építőipar, ezen belül is elsősorban utak alapjaiban, kötés nélküli rétegeiben váltják ki leggyakrabban a természetes kőzeteket. Azonban az építőipari megfelelés mellett ugyanakkora hangsúlyt kell fektetni a környezetvédelmi megfelelésre is, mert a csapadékkal érintkező salakból környezetre ártalmas alkotók oldódhatnak ki a felszíni, illetve felszín alatti vizekbe. Ezt a folyamatot mutatja be a cikk azzal a céllal, hogy felhívja a figyelmet a rossz minőségű acélgyártási betétanyagok felhasználásából eredő veszélyekre.

1. Bevezetés

Mai világunkban a nyersanyagforrások apadása, a nyersanyagok mind nehezebb és költségesebb kitermelése a természetes anyagokról mindinkább a másodlagos nyersanyagok hasznosítási lehetőségeire irányítja a figyelmet. Ez többszörösen is hasznos folyamat: egyrészt kíméljük a környezetet, kevesebb tájromboló tevékenységet végzünk a kitermelés érdekében, másrészt a hiányzó mennyiség kiegészítésére a termelő vállalatok különböző technológiai lépéseinél keletkező melléktermékeket – az esetek jelentős számában az adott technológiában értéktelen hulla-

dékot – használunk fel, ezáltal a hulladék-tárolókat és depóniákat is részben tehermentesítjük.

Jelen cikkben olyan – ipari kutatómunka által feltárt – problémát vizsgáltam, mely adott körülményektől függően befolyásolhatja az acélgyártó ívkemence salakjának kohászati technológián kívüli, jellemzően építőipari hasznosítási lehetőségeit. Ez a probléma nem más, mint a betétanyag tapadó szennyeződéséből, bevonatolásából származó, vízoldható oxidál alakuló bárium, illetve különböző báriumvegyületek és a betét közé kevert klórtartalmú műanyagok (pl. PVC) égésekor felszabaduló klórtartalmú vegyületek reakciói következtében a

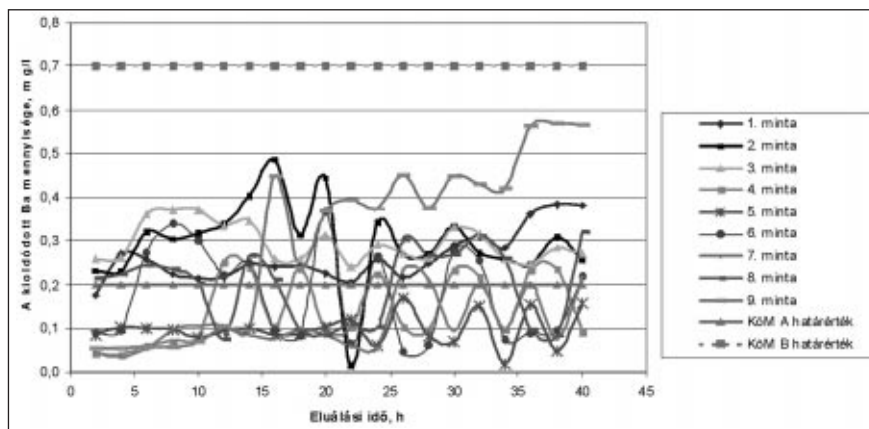
salakban létrejövő, szintén vízoldható $BaCl_2$ megjelenése. Csapadék hatására oldódásuk veszélyt jelent a felszíni és felszín alatti vizekre. Vizsgálataimat kémiai elemzési eredményekkel, magyarországi kohászati üzem salakjának vizsgálatával, termodinamikai és anyagmérleg számításokkal támasztom alá. Felhívom emellett a figyelmet arra is, hogy az alapanyagként felhasznált Fe-tartalmú hulladék, mint betétanyag, minősége milyen környezetvédelmi kockázatot rejt, s ezt elkerülendő, milyen salakkezelési eljárások bevezetése javasolt az üzemek számára.

2. Kísérleti és vizsgálati eredmények

2.1. A képződő salak báriumtartalma

Vizsgálataim alapját a vaskohászati salak vizsgálata során mért nagy báriumkoncentráció adta. Önmagában a bárium jelenléte nem okoz környezetterhelési problémát, de ha annak vízoldható mennyisége meghaladja a háttérkoncentráció (KöM A) értékét és közelíti, esetleg meg is haladja a szennyezettségi (KöM B) értékét, abban az esetben megoldást kell találni a környe-

Dr. Márkus Róbert Ózdon, a Bródy Imre Középiskolában érettségizett. 1998-ban nyert felvételt a Miskolci Egyetem Kohómérnöki Karára, ahol 2004-ben energiagazdálkodási ágazattal kiegészített metallurgus oklevelet szerzett. Még ebben az évben megkezdte doktori képzését a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskolájában. 2007-ben munkát vállalt az Ózdi Acélművek Kft.-nél, 2008-ban elvállalta az Agrofókuszt Kft. és a Hidromechanika Kft. ügyvezetését. 2008 szeptemberétől a ME Metallurgiai és Öntészeti Tanszéken tanársegéd. 2009-ben megszerezte a PhD fokozatot.



1. ábra. Salakminták eluátumvizsgálatából származó értékek és a KöM határértékek összehasonlítása

zetterhelés megakadályozására vagy mértékének csökkentésére (1. ábra).

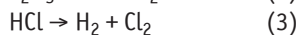
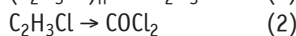
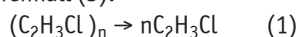
2.2. A bárium és a klór forrása

A bárium forrásának meghatározása az elsődleges feladat. Az 1. táblázat az acélgártás során felhasznált segédanyagok, valamint az acélmű hulladéktér talajának és a kiürített vasúti szállítókosziban visszamaradt földszerű keveréknek a bárium-tartalmát mutatja be.

Az 1. táblázatból látható, hogy a bárium a legtöbb esetben vízoldhatatlan vegyület formában van jelen a különféle anyagokban, viszont a salakban már vízoldható formában található. A 2. táblázatból – mely a bárium és különböző vegyületei vízoldhatóságát mutatja – jól látszik, hogy a BaCl₂ vízoldhatósága kiemelkedik a többi vegyület közül.

Az 1. és 2. táblázat alapján levont következtetés alapján a gyakorlatilag vízoldhatatlan báriumvegyületek a metallurgiai folyamatok során vízoldhatóvá, nagy valószínűség szerint oxiddá és kloriddá alakulnak. A klór legjelentősebb forrása az acélgártás alapanyagaként felhasz-

nált amortizációs vas- és acélhulladék PVC-tartalma. Ennek mennyisége a szállópor klórtartalmából meghatározva ~1,5 kg/t_{nyersacél}, amit a helyszíni szemrevételezés és az üzemi tapasztalat egyaránt megerősít. A PVC, mint nemfémes szennyeződé, a betéttel kerül be az acélgártás folyamatába. A villamos ív által átadott hő a fémes betétet beolvasztja, míg az egyéb éghető nemfémes szennyező anyagok (műanyagok, fa, papír) elégnak, s égéstermékek egy része a szállóporral és a füstgázzal együtt a füstgázrendszeren keresztül távozik, a maradék mennyiség a salakkal reakcióba lépve vegyületeket alkot, s azzal együtt távozik a rendszerből. A PVC égéstermékei mind veszélyesek az emberi szervezetre, ezek között több klórvegyület is található. A PVC (CH₂=CH-Cl) az ívkemencében disszociál vinilkloridra (1), mely oxidáló atmoszférában részben foszgenre ég el (2). Az ív környezetében (3950 °C) a hidrogén-klorid termikus disszociációjának lehetősége is fennáll (3).



1. táblázat. Különböző input anyagok és azok eluátumainak báriumtartalma

Ssz.	Az anyag megnevezése	Az anyag báriumtartalma, mg/kg	Az eluátum báriumtartalma, mg/l
1.	Égetett mész I.	13,51	0,00
2.	Égetett mész II.	13,51	0,00
3.	Bauxit	0,00	0,00
4.	Kokszpor	40,00	0,15
5.	Radiátorfesték	0,79	0,18
6.	Hulladéktér talaja	1265	0,00
7.	Vasúti kocsik takarítási szemét	1417	0,01
8.	Elektróda	15,35	0,00
9.	Tímföld	0,00	0,00
10.	NX 93 ankerfrit száraz tűzállóanyag	9,14	0,11

2. táblázat. Különböző báriumvegyületek vízoldhatóságának mértéke

Sorszám	Vegyjel	Elnevezés	g/100 ml 20–26 °C-on	Vízoldhatóság
1.	Ba	elemi bárium	-	reakcióba lép
2.	BaO ₂	bárium-peroxid	0	csekély
3.	BaSO ₄	barit	0	nem oldódik
4.	BaSiO ₃	bárium-metaszilikát	0	nem oldódik
5.	Ba ₂ SiO ₄	bárium-ortoszilikát	0	nem oldódik
6.	BaCrO ₄	bárium-kromát	0,00026	nem oldódik
7.	BaCO ₃	bárium-karbonát	0,002	nem oldódik
8.	BaO	bárium-oxid	3,8	mérsékelt
9.	Ba(NO ₃) ₂	bárium-nitrát	8,7	mérsékelt
10.	BaCl ₂	bárium-klorid	36	jó
11.	BaCl ₂ · 2H ₂ O	bárium-klorid 2 hidrát	37,5	jó

2.3. A bárium és a klór reakciói az acélgártás során

Vízoldhatóságuk alapján három csoportba soroltam a báriumvegyületeket:

1. vízben gyakorlatilag nem oldódó szulfát, szilikát;
2. vízben mérsékelt oldódó oxid;
3. vízben jól oldódó klorid.

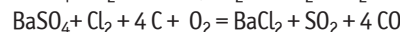
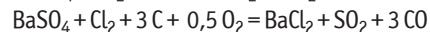
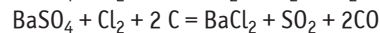
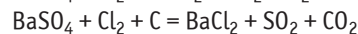
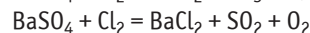
Az összes, általam számításba vett vegyület visszavezethető ezek egyikére.

2.3.1. A barit kémiai reakciói az acélgártás körülményei között

A vízoldható bárium-kloridok keletkezése a kemencében jelenlevő, salakhabosításra használt karbon és oxigén hatására intenzíven megy végbe.

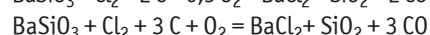
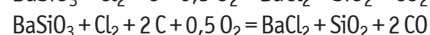
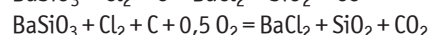
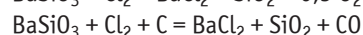
A barit, azaz a természetben egyedül előforduló báriumvegyület nagy hőmérsékleten (az acélgártás hőmérsékletviszonyaihoz mérten), klór jelenlétében is stabil, de a rendszerben növekvő mennyiségű karbon és oxigén hatására mindenképp hajlamos klorid képzésére. A szén-monoxid-képződéssel kísért kloridképződés termodinamikai szabadentalpia-változása a legnegatívabb, mivel ezen a hőmérsékleten a szén-dioxid karbon jelenlétében redukálódik.

A barit jellemző reakciói:



2.3.2. A metaszilikát kémiai reakciói az acélgártás körülményei között

A metaszilikát is stabil vegyület az acélgártás hőmérsékletviszonyai között, termikus disszociációja nem jellemző. Klórral reagálva, mind nagyobb mennyiségű karbon és oxigén jelenlétében, a kemencében azonban már kloriddá alakul az alábbi reakciók alapján:

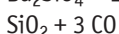
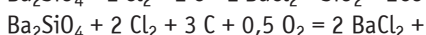
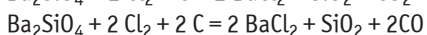
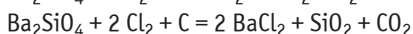
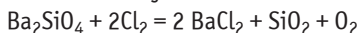


A metaszilikát kloriddá alakulásának termodinamikai viszonyait a 2. ábra mutatja.

2.3.3. Az ortoszilikát kémiai reakciói az acélgártás körülményei között

Az ortoszilikát a metaszilikáthoz hasonló módon viselkedik. Kloridképződésének termodinamikai szabadentalpia-változása azonban még negatívabb, mint a metaszilikát esetében.

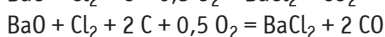
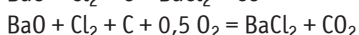
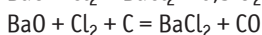
Mindkét szilikát esetében a CO-képződéssel járó reakciók a jellemzőek az ívkemencében levő körülmények között. Ezt az ortoszilikát vizsgálatánál az alábbi reakciókkal írhatjuk fel:



Az ortoszilikát kloriddá alakulásának termodinamikai viszonyait a 3. ábra mutatja.

2.3.4. Az oxid kémiai reakciói az acélgártás körülményei között

A lehetséges kémiai reakciók a következők:



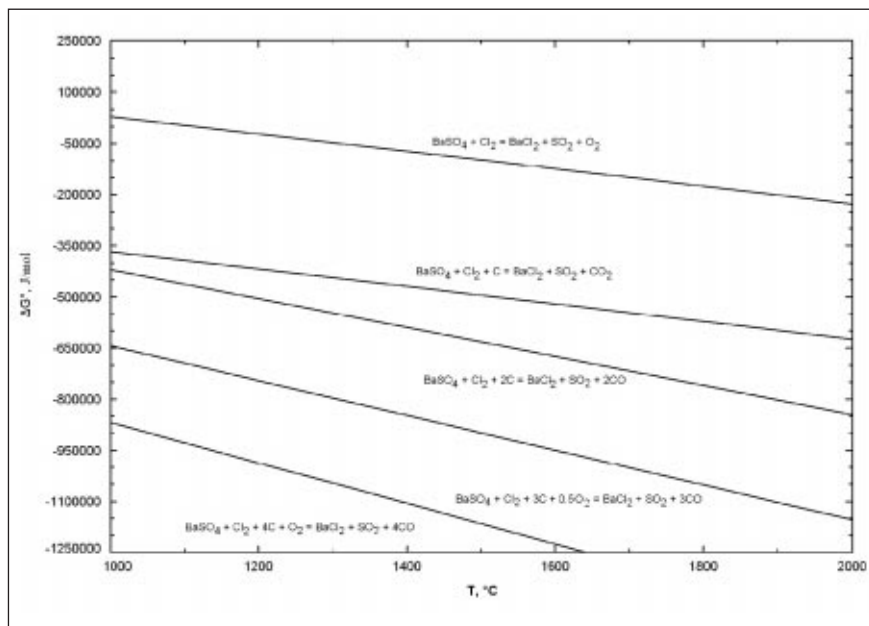
Az általam vizsgált körülmények közt megvan a termodinamikai valószínűsége, hogy a bárium-oxid kloridot képezzen bármely itt feltüntetett kémiai reakció-egyenlet alapján.

Az ívkemencés acélgártás körülményei (nagy hőmérséklet, oxigén és karbon jelenléte) miatt az oxid kloridképzése – számítások alapján – már 700 °C felett egyértelműen az utolsó reakció alapján zajlik le, mivel ennek valószínűsége a legnagyobb annak ellenére, hogy lokálisan a többi reakció is elképzelhető.

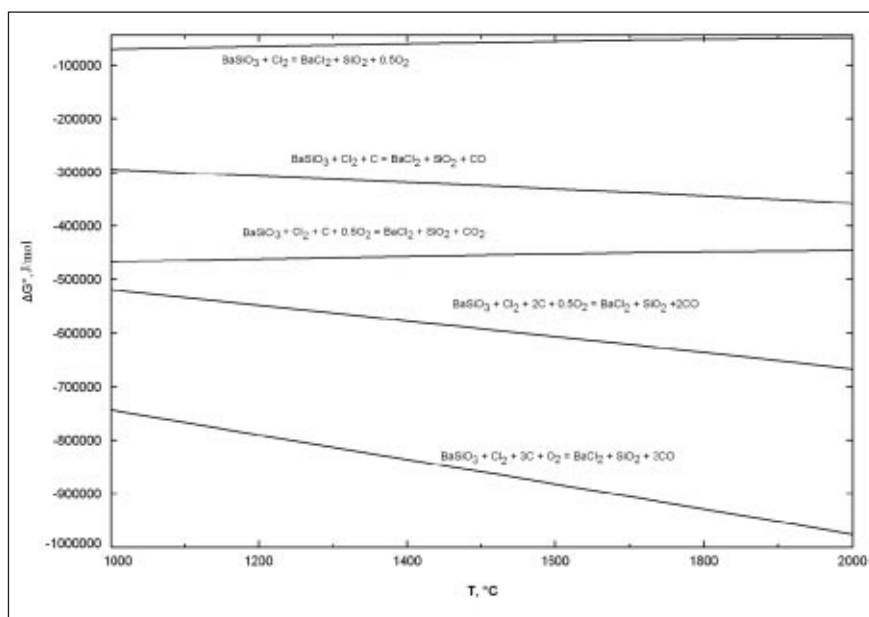
Az oxid kloriddá alakulásának termodinamikai viszonyait az 4. ábra mutatja be.

2.4. Az ívkemence anyagmérlege a bárium nyomon követésére

A bárium viselkedésének elmélete alapján elkészítettem az acélgártási folyamat anyagmérlegét (3. táblázat) annak megállapítására, hogy az elméleti feltevések nyomon követhetők-e a gyakorlatban, azaz a számításokat alátámasztják-e az üzemi körülmények közt gyártott acél mellett keletkezett salak és szállópor elemzési eredményei. A számításokhoz elvégeztem az összetételi megha-



■ 2. ábra. A BaSiO₃ és a Cl₂ reakciójának termodinamikai szabadentalpia-változása az ívkemencében történő acélgártás körülményei között



■ 3. ábra. A Ba₂SiO₄ és a Cl₂ reakciójának termodinamikai szabadentalpia-változása az ívkemencében történő acélgártás körülményei között

tározásokat, majd a fajlagos anyagfelhasználás függvényében kiszámítottam az anyagmérlegben bemutatott értékeket.

Az ívkemence anyagmérlegének kivételi és bevételi oldala közt megjelenő különbség és a többi tényező nagy pontossága alapján bizonyítható, hogy acélgártó ívkemencében a legjelentősebb báriumforrás a báriumot nagy koncentrációban tartalmazó talaj, mely a hulladékbegyűjtés és átrakások alkalmával szennyezi a betétanyagot. Ezt a szilícium-dioxid forrás hiányából és a „nem defini-

ált” tag kálium- és nátriumtartalmából lehet megállapítani. A talajban természetes, azaz gyakorlatilag vízoldhatatlan formában (szulfát és karbonát) van jelen a bárium.

2.5. A salak bárium- és klórtartalmának kimutatása műszeres elemzéssel

A salakban található bárium és klór által alkotott fázisokat röntgendiffrakciós mérésrel lehet meghatározni. A kis koncentrációk, a nagyszámú salakalkotó elem és a

vegyületképzés sokfélesége miatt a mérés háttérzaja nagy, ami a kiértékelést jelentősen megnehezíti, így a méréssel nem tudom bemutatni az általam vizsgált valamennyi vegyületet.

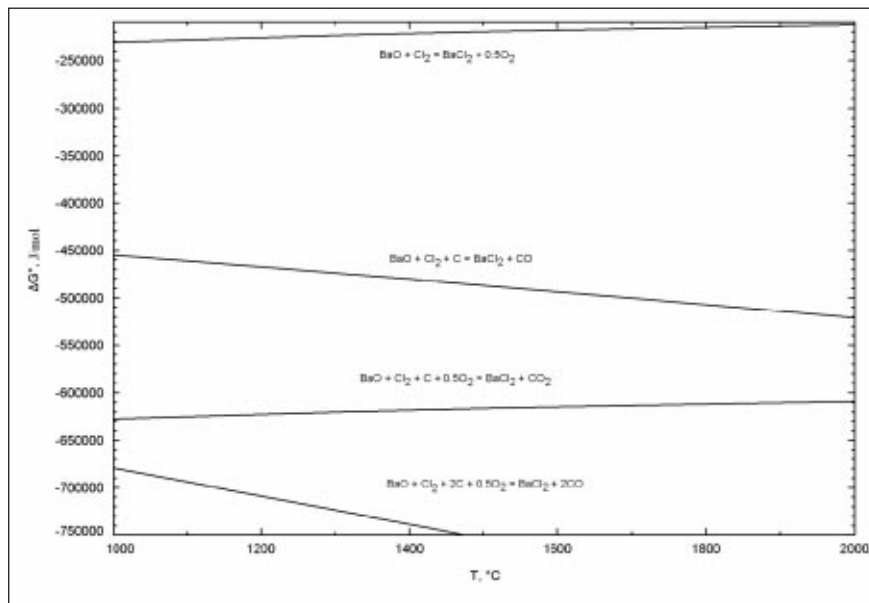
Az 5. ábrán nem láthatók kiugró csúcsok a bárium-klorid vonalainál, azonban a röntgendiffrakciós eredmények a termodinamikai számításokkal alátámasztva elfogadható értékeket adnak.

3. A salakból kioldódó alkotóelemek környezetterhelő hatásainak csökkentése

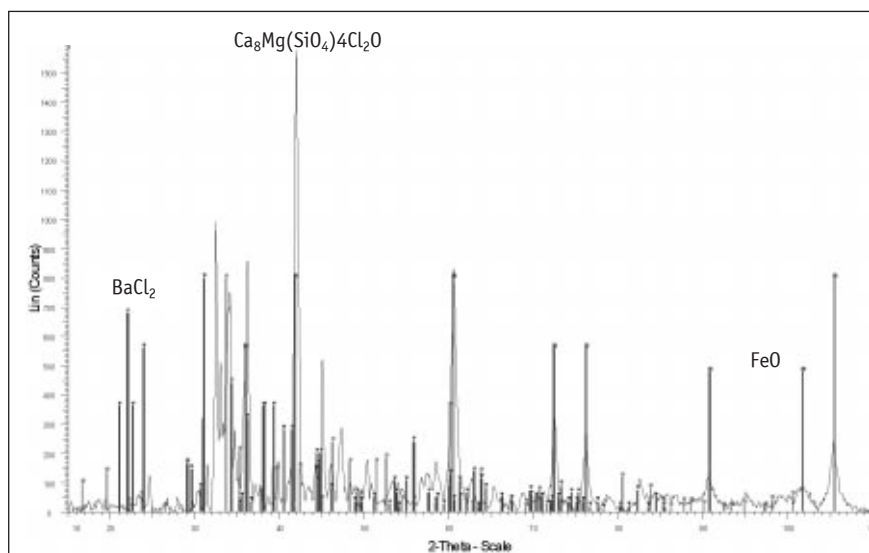
3.1. A vas- és acélhulladék tisztaságának növelése

A bárium okozta környezetterhelési problémák legegyszerűbb megoldása a megfelelő hulladékminőség biztosítása. Törekedni kell arra, hogy minél kevesebb talaj- és földszerű, nemfémes szennyeződést adagoljunk a kemencébe. Ez elméletben könnyen kivitelezhetőnek tűnik, de a gyakorlati életben a kérdés sokkal bonyolultabb. Mint azt már korábban említettem, a hulladék minősítését szabványok alapján lehet elvégezni. Ez azt jelenti, hogy szabvány szerint maximum 1% nemfémes szennyeződés (bevonatot, tapadványt, bekevert anyagot) tartalmazhat az előkészített hulladék. Ez a mennyiség pedig egy vasúti kocsi rakománynál már elegendő báriumforrás lehet. A talajjal bevitt mennyiséghez még hozzáadódik a bevonatok, segédanyagok báriumtartalma, ebből adódik a bevitt bárium összes mennyisége.

A hulladékkereskedők módszereit ismerve a valós mennyiség akár az itt számított többszöröse is lehet, ugyanis bevitt gyakorlat – elsősorban nagy hulladékigény esetén –, hogy a beszállított hulladék tömegét földdel feltöltött üreges darabokkal, mint pl. hordók vagy tartályok, növelik. Ezt a maximumra felfutott termelés mellett nem minden esetben tudják kiszűrni a hulladéktéren dolgozók, így nagy mennyiségű nemfémes szennyező kerülhet a rendszerbe, mely növeli a salak mennyiségét, akár jelentős mértékben el is szennyezve azt, s ez a meddő többlet jelentős többletenergiát igényel az olvasztáshoz, erősen csökkentve a fémkihozatal értékét is. Ha a talaj kemencébe kerülését nem is tudjuk elkerülni – valamilyen mennyiségben óhatatlanul bekerül –, akkor a PVC-t kell kizárni a rendszerből. Ebben az esetben nem keletkezik bárium-klorid, viszont a mérsékelt ol-



■ 4. ábra. A BaO és a Cl₂ reakciójának termodinamikai szabadentalpia-változása az ívkemencében történő acélgártás körülményei között



■ 5. ábra. A salak röntgendiffraktogramja

dódásra képes bárium-oxiddal ebben az esetben is számolni kell.

3.2. Salakkezelési eljárások alkalmazása

A hulladék fizikai tisztításának csak elméleti lehetősége áll fenn. A szennyezőanyagok bevitelének problémáját szinte lehetetlen elkerülni, hatványozottan igaz ez felfokozott termelés esetén. Ilyenkor kézenfekvőbb valamilyen salakkezelési eljárást alkalmazni. Ezzel általában kettős hatást lehet elérni: a kemencén kívül, leengedéskor kezelt salakot egyrészt olyan formába hozzuk, melyből szennyezők gyakorlatilag nem oldódhatnak ki, másrészt

olyan szemcseméretet tudunk beállítani, amely a kohászaton kívüli hasznosítást még inkább elősegíti azáltal, hogy nincs szükség később törésre és szemcsefrakció szerinti osztályzásra, mert a salak fizikai megjelenése alapján adott mérettartományba besorolhatóvá válik.

3.2.1. Salakok SiO₂-os dúsítása

Az elektroacélgártási salakokat nagy bázikusság jellemzi, azaz a bennük található bázikus salakalkotó oxidok mennyisége 3,5–4,5-szerese a savas alkotók mennyiségének. Megfelelő megoldásnak tűnik ennek az aránynak a megváltoztatására a

3. táblázat. A villamos ívkemence anyagmérlege

A mérleg elemei	INPUT												OUTPUT						ELTÉRÉS kg/t		
	Vas- és acélhull.		Égetett mész		Koks		PVC		Nem definiált		Oxigén	Földgáz		Nyersacél		Salak		Szállópor		Füstgáz	
	kg/t	%	kg/t	%	kg/t	%	kg/t	%	kg/t	%	kg/t	kg/t	%	kg/t	%	kg/t	%	kg/t		%	kg/t
Fe	1052,13	91,04												992,80	99,28	57,30	26,45	2,02	18,01		0,00
C	5,26	0,50			18,34	89,00	0,76	50,27				4,04	74,87	0,80	0,08					x	27,61
Si	8,99	0,78												0,03	0,00						8,96
Mn	8,81	0,76												1,50	0,15	7,30	3,37				0,00
P	0,87	0,08												0,30	0,03	0,56	0,26	0,01	0,06		0,00
S	0,78	0,07	0,02	0,04										0,40	0,04	0,30	0,14	0,10	0,90		0,00
CaO	19,95	1,73	58,87	96,60												77,83	35,93	0,98	8,73		0,00
MgO			0,61	1,00					4,88	79,01						5,49	2,54				0,00
SiO ₂	4,39	0,38	0,34	0,56												23,90	11,04				-19,17
Al ₂ O ₃	14,72	1,27														14,71	6,79				0,01
Ba									0,67	51,52						0,66	0,31	0,01	0,07		0,00
Ag									0,02	1,73								0,02	0,20		0,00
Pb	0,08	0,01																0,08	0,76		0,00
Zn	2,26	0,20																2,26	20,10		0,00
Na									0,22	17,31								0,22	2,00		0,00
K									0,19	14,45								0,19	1,67		0,00
Cl							0,57	37,64										0,56	5,00		0,01
H					1,03	5,00	0,10	6,66				1,36	25,13							γ	2,49
O	30,78	2,66			0,82	4,00	0,08	5,43	0,19	14,98	32,39			1,00	0,10	22,63	10,45	1,26	11,21	39,38	0,00

salak nagymértékű „elsavanyítása”, amit legegyszerűbben SiO₂-os dúsítással lehet megvalósítani. Ez a vaskohászatban régóta ismert eljárás, melynek során a salak fő tömegét alkotó CaO a kvarchomokkal reagálva különböző összetételű kalcium-szilikátokat alkot. Ennek elsődleges célja a bázikusság értékének csökkentése egy körüli értékre. Így elérhetjük a kohósalakra jellemző bázikusság értékét, amellyel elkerülhetjük a meszes mállás okozta térfogatváltozási problémákat.

Természetes vagy mesterséges öregítéssel, azaz a salak pihentetésével kívárhathatjuk – vagy felgyorsíthatjuk – a térfogatváltozások okozta töredezés végbemenetelét, ezt azonban az említett módszerrel akár el is kerülhetjük. Ennek a módszernek a továbbfejlesztésével, az ún. vitrifikálással kioldódási problémákat oldhatunk meg. Megfelelő mennyiségű SiO₂ jelenlétében kialakul az az üveges fázis, mely az összes salakalkotó oxidot megköti, így alakítva át a salak szerkeze-

tét teljes mértékben környezetbaráttá. Az üvegesítés gyakran alkalmazott eljárás veszélyes hulladékok tárolásánál. Salak üvegesítésénél megvan az az előny, hogy a folyamat lejátszódásához rendelkezésre áll a megfelelően magas hőmérséklet. Az eljárás hatékonyságának megállapítására a Miskolci Egyetem Metallurgiai és Öntészeti Tanszékének műhelysarnokában kísérleteket végeztem, melynek eredményeit a 4. táblázatban foglaltam össze.

3.2.2. A salakok gyors hűtése

Szakirodalomból ismert, kísérleteim során is tapasztalt tény, hogy gyors hűlés hatására a nagy szabad kalcium-oxid tartalmú, magnézium-oxidot is tartalmazó kőzetolvadékok jól keramizálódnak. Ezt a jelenséget az üvegiparban hasznosítják speciális területeken alkalmazott üvegtermékek esetén. Lényegi különbség, hogy salak esetében nem kell felhevíteni az üvegesítendő anyagokat 1000 °C körü-

li hőmérsékletre és az itt kialakult fázisokat gyors hűtéssel megtartani, hanem nem szabad hagyni lassan hűlni a salakot, mint az a jelenlegi technológiákat jellemzi.

Azokban az üzemekben, ahol nem alkalmaz-

nak valamilyen salakkezelési eljárást, salaküstbe engedik a salakot, és elszállítják a további feldolgozásra engedéllyel rendelkező salakfeldolgozó üzembe. Szállítás közben van idő a salak jelentős hűlésére. A kiürítés helyszínén a salak fő tömege még folyékony halmazállapotú, és a nagy tömeg miatt jelentős hőtartálékkal rendelkezik. Így az ürtés helyszínén viszonylag lassan hűl le, miközben kristályos szerkezet alakul ki benne. Gyors hűtéssel fenn lehet tartani azt az üvegszerű, amorf állapotot, mely szerkezetileg a SiO₂-os dúsítással érhető el.

4. Összefoglalás

Az acélgyártás folyamata igen összetett, a rendszerben található elemek egymásra hatása, vegyületképzése mindig is sok érdekes vizsgálathoz nyújtott alapot. A cikkben bemutatott elemek nem jellemzői az acélgyártásnak, mégis kutatásra érdemesek, ugyanis a folyamatosan szigorodó környezetvédelmi előírások szerint mennyiségük monitorozására szükség van.

Szeretném felhívni a figyelmet azokra a körülményekre, melyek a korábbi gyártástechnológiai protokolloknál nem voltak mérvadóak, s az általam bemutatott szennyező anyagok bevétele korábban legfeljebb energetikai, illetve salakmennyiségi problémát okozott.

4. táblázat. A normál és a szilícium-dioxiddal dúsított salakok eluátumvizsgálati eredményeinek összehasonlítása

	Normál salakban, (g)	SiO ₂ -ban dús salakban, (g)
Ba-szilikát	0...6·10 ⁻³	0...7·10 ⁻⁵
Ba-oxid	0...3·10 ⁻⁴	0...9·10 ⁻⁶
Ba-karbonát	0...3·10 ⁻⁴	0...10 ⁻⁵
Ba-klorid	2·10 ⁻⁴ ...3·10 ⁻⁴	0...8·10 ⁻⁶

Drótkötélszakadás vizsgálata

Az, hogy egy drótkötél meddig teljesíti a vonatkozó szabványokban, katalógusokban garantált teherbírást, sok tényező függvénye. Ennek természetes következménye, hogy nagy az élettartam szórása. Előfordulnak rendellenes, szakszerűtlen igénybevételek is, s a keletkezett kár okainak keresésekor fontos a komplex kárelemző vizsgálat.

Egy műszaki káresemény bekövetkezténél a legtöbb felhasználó első nyilatkozata: „anyaghiba”. Szerencsére majd minden esetben megvannak a beépített kötél mintadarabjai, s ha azokat korróziótól védve tárolták, sok év után is meggyőző választ lehet adni arra a kérdésre, hogy szakítóerejét és nyúlását tekintve mit bírt a kötél új korában.

Az igénybevétel üzem közben nagyon sokféle lehet. A legegyszerűbb húzó igénybevételkor is húzó-, nyíró- és érintkezési (Hertz-) feszültség terheli az elemi szálakat. A befogásnál, kötéldobon, csigán hajlító- és termikus feszültségek is hozzáadódnak az előbb említett feszültségállapothoz. Nagyon megnöveli az élettartam szórását és csökkenti becslésének megbízhatóságát, hogy az összes igénybevétel nem statikus, hanem fárasztó igénybevétel, sőt valamilyen agresszívitású korróziós hatással is súlyosbított fárasztás vagy/és feszültségkorrózió.

Gondoljunk például egy bányalift kötélzetére, amelyet folyamatosan áztat az aknában lecsurgó savanyú víz, hajtogat a kötél Dob, a liftbe pedig változó tömegek kerülnek.

Az elemi szálak, amelyekben még ott vannak a kötélgyártás maradófeszültségei is, nagyszilárdságú acélból készülnek s nagyon érzékenyek a korróziós igénybevételre. Ha a korrózió megváltoztatja az elemi szál felületi érdességét (akár mikroszkopikus méretben is), nagy mértékben megváltozhat a helyi feszültségállapot, s „öngerjesztővé” válik az összetett károsodási folyamat.

Egy drótkötélszakadás vizsgálata. Esettanulmány

A 6 x 9 + 1 – 3 típusú, egy középső rostos kötélbetétes, jobbmenetű, keresztsodrású

drótkötél egy egyenáramú motorral hajtott csörlőben működött egy helikopter fedélzetén.

A jármű katasztrófaelhárítási gyakorlatban vett részt, amikor a kötél négy sikeres felemelési-leeresztési művelet után az ötödik művelet leeresztési szakaszában elszakadt. Az emelt személy súlyos balesetet szenvedett.

Az esemény kivizsgálását a felügyelő hatóság irányította. Részt vett benne a jármű és a kötél külföldi gyártójának szakembere, az üzemeltető szakemberei és a kárelemző anyagvizsgáló szakértő.

- vegyen részt a szakadás okának működtetési (szerkezeti) vizsgálatával foglalkozó helyszíni szemlén;
- foglaljon állást abban a tekintetben, hogy a kötélnek, mint gépelemnek, valamint a kötél anyagának milyen szerepe lehetett a váratlan szakadásban;
- dokumentálja a szakadt drótkötél károsodott szakaszain kimutatható változásokat;
- vizsgálja meg, hogy van-e különbség a szakadási hely közelében levő deformálódott kötélszakasz, valamint a sértetlennek látszó kötélszakasz felületi alumíniumszennyeződésében;
- hasonlítsa össze a szakadt kötél sértetlennek látszó szakaszának, valamint az azonos beszerzési forrásból származó, azonos rendeltetésű új drótkötélnek a szakítószilárdságát.

A szakértői vizsgálat folyamata, eredményei

Helyszíni szemle a jármű fedélzetén

A csörlő balesetkori állapotához képest annyi változás volt, hogy már egy másik, új kötél volt beszerelve a működtetési

próba-hoz. A szakadt kötél elhelyezkedését a dobon a szakadást követően a hatóság fényképei alapján tanulmányozhatuk. Bemutatták a szakadt kötelet is.

A kezelőszemélyzet a vizsgálóbizottság különféle hipotéziseinek igazolása vagy elvetése céljából szándékosan is előidézett kötélszakadásokat felemelési menetben, amikor a szakítóerőt a dob üzemi forgatónyomatéka, ill. a dob súrlódó tengelykapcsolójának beállított határnyomatéka határozta meg.

A kísérletek során a balesetet okozó kötélnél rövidebb üzemidejű kötelek is hajlamosak voltak hurokképződésre. A hurkot a vezetőgörgő gyakran kiegyenesítette (becsípte). Az ilyen üzemeltetési hiba általában károsítja a kötélbetétet, ami pedig a kötél szerkezet lazulásával jár.

Bebizonyosodott, hogy a hurok ráakadhat és rászorulhat a görgők közötti rést lezáró lapra, amiből a kötél túlterhelése, sőt szakadása következhet.

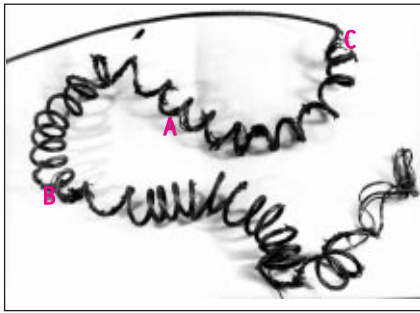
A csörlő zárólapjának és terelőgörgőjének anyaga alumíniumötvözet volt. A zárólap tövével a felhurkolódott kötél koptató hatása látszott, ezért tartottuk célszerűnek az alumíniumfelkenődés vizsgálatát a szakadt kötél deformálódott és nem deformálódott szakaszán egyaránt.

A dob kötélszakadást közvetlen követő állapotát rögzítő fényképeken a kötél a dobon rendezetlenül helyezkedett el, s feltehetően a lógó teher pörgéséből eredő kisodródás miatt egyes kötélszakaszok másodlagosan, üzem közti rövid idejű, átmeneti terheletlen állapotban is összesodródtak. Az ok: a kezelő képtelen legalább 30 N feszítőerőt biztosítani a dobon bármely terhelési helyzetben. A teher pörgését s a drótkötél kisodródását nem tudta mérsékelni vagy biztonságosan megakadályozni. Az emelések számának növekedésével nőtt a hurokképződés és a másodlagos besodródás kockázata, mivel a kötélben egyre nagyobb belső feszültségek maradtak vissza. A kötél Dob konstrukciós módosítása tehát indokoltnak látszott.

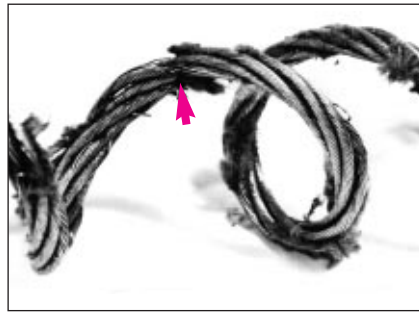
A szakadt kötél állapota

A szakadt kötélnek a teher felőli darabjában (kinyújtva) kb. 240 cm hosszú sza-

Dr. Bacskai Antal életrajzi adatait a BKL Kohászat 2009. 5. számában közzöltük.



■ 1. ábra. A balesetet okozó drótkötél szakadt, deformálódott része



■ 2. ábra. A deformálódott szakaszon tönkrement a rostos betét, az elemi szálak sérültek, szakadtak



■ 3. ábra. Fokozott roncsolódást okozott a hurokképződés

kasz erősen deformálódott (1. ábra). A többi részen szembeutó elváltozás, pl. szálkasodás, elemi szál kopás, korrózió nem látszott.

A deformálódott szakaszon a betétanyag tönkrement, több helyen elszakadtak az elemi szálak (2. ábra). A képződött hurok „kiegyenlítése” következtében a pászmák helyileg túlsodrótáltak, megtörttek és kilazultak (3., 4. és 5. ábra). Figyelemre méltó, hogy egy-egy ilyen helyen a drótkötélben nem mindegyik pászma károsodott azonos mértékben.

A 6. ábrán látható a szakadási hely. A különböző pászmák azonos kötélnhelynél szakadtak. Ez a csörlő felőli (másik) szakadási végén még egyértelműbben volt megállapítható.

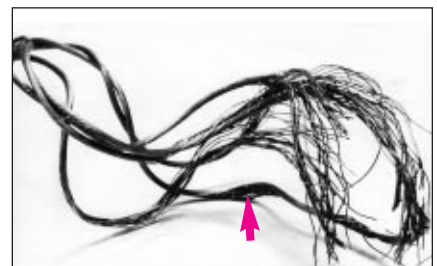
Az egyik pászmán a szakadási hely közvetlen közelében hurokkiegyenesedési nyom is volt (nyílal jelölve a fényképen). A csörlő felőli szakadási végén kismértékű volt a kötéln, ill. az egyes pászmák kibomlása. Ezek a tények, valamint a szakértői tapasztalatok laboratóriumi és ipari drótkötélszakadásoknál arra utaltak, hogy a kötéln valamilyen rendellenes megfogási, beszorulási helynél szakadt el. „Szabad” kötélszakasz szakadásakor ugyanis az egyes pászmák szakadási helye nagyobb mértékben különbözik s nagyobb mértékű a szakadaskörnyéki kötélszakasz s a pászmaszakaszok kibomlása is.



■ 4. ábra. Jellegzetes roncsolódott rész a szakadás közelében



■ 5. ábra. A pászmák nagy mértékű deformációja hurokképződésnél



■ 6. ábra. A szakadási hely egyik vége

A kötéln laboratóriumi szakítása

A szakítóvizsgálat célja annak megállapítása volt, hogy az üzemi emelési csörlősebességhez közeli 500 mm/perc vizsgálati sebességnél mekkora húzóerő hatására szakad el

- a károsodott drótkötél ép és deformálódott része;
- a károsodott kötéln ép, valamint deformálódott részéből kibontott pászma;
- a kárelemző vizsgálat tárgyát képező kötéln azonos méretű drótkötél, ill. az abból kibontott néhány pászma.

Az összehasonlító vizsgálatához csak olyan új állapotú kötélnmintát tudtak adni, amely nem szövetbetétes volt, hanem fémpászmabetétes. Viszont az új kötéln is az üzem közben szakadt kötéln azonos szilárdságú elemi szálakkal készült.

A váratlan, rendellenes üzemeltetési körülmények utánzása céljából olyan szakítóvizsgálatok is voltak, amikor

- a kötéln, ill. a pászmán mesterségesen kialakított hurok volt, s a hurokot két párhuzamos fémlap közé szorították;
- a kötélnre, ill. a pászmára csomót kötöttek;
- a kötélnre kötött csomóba éles sarkú acéllemez darabot helyeztek;
- a kötelet befogás előtt húsz sodrással kisodorták;

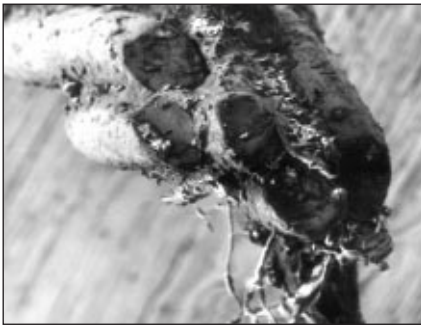
- a kötelet befogás előtt még rásodorták;
- a kötéln felületén szándékos mechanikai sérülést okoztak.

A szakítóvizsgálatok eredményeit az 1. táblázat tartalmazza.

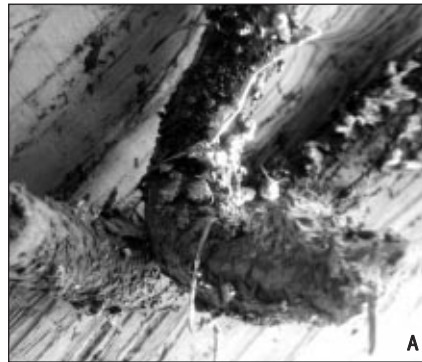
Az új és a balesetet okozó kötéln mintadarabjának szakítóerejét összehasonlítva az állapítható meg, hogy az új kötéln kb. egy pászma szakítóerejével teherbíróbb. Ez összhangban van szerkezetük különbözőségével, mivel az új kötélnben a rostos kötélnbetét helyén is pászma volt.

A balesetes kötéln deformálódott részének (1. ábra) szakítóereje kisebb, mint az ép részé. A csörlő kedvezőtlen konstrukciójából eredő helytelen üzemeltetés (hurokképződés, zárólappra szorulás, kisodródás, fellazulás, rostos betét sérülése stb.) mintegy 40%-ára, 4900 N-ről 1960 N-ra csökkentheti a szakítóerőt.

A vezetőgörgők közé beszoruló huroknál (1. táblázat III. sor) 1720 N-ra csökkent a szakítóerő. Amennyiben üzemeltetés közben az előző műveleteknél deformálódott kötélnszakaszra képződött hurok szorult be, még ennél is kisebb szakítóerőre lehetett számítani. Nem lehet kizárni tehát, hogy kedvezőtlen üzemeltetési körülmények között a kötéln szakítóereje olyan kicsi lett, hogy azt a statikusan kb. 970 N teher mozgatasakor fellépő



■ **7. ábra.** A szakadási hely másik ki nem bomlott vége. Pásztázó elektronmikroszkópi kép egy pászmáról (N=100x)



■ **8. ábra.** Az elemi szálak deformációja (A kép: N=100x) és kontrakciója (B kép: N=200x) a szakadási helyen



dinamikus igénybevétel (kötéllengés, átmeneti hurokbeakadást követő esés stb.) meghaladta, s bekövetkezett a kötélszakadás, a teher leejtése, a baleset.

A szakítópróbák eredményéből az is kitűnik, hogy egy pászma szakítóereje 981–1286 N, s ez 706 N-ra csökkenhet, ha a pászmán képződött hurok beszorul.

A deformálódott, erősen fellazult kötélen hurokjának beszorulásakor, vagy a zárólapra szoruláskor előfordulhat, hogy pillanatnyilag csak egy-két pászma terhelődik, s ha ezek szakadtak, a többi is túlterhelt állapotba kerül. Ez gyors szakadást okozhat még leeresztési műveletben is.

Az 1. táblázatban közölt szimulált terhelési, szakadási adatokból arra is lehet következtetni, hogy a szakítóerő hurok beszorulásakor csökkent a legnagyobb mértékben.

A mért szakítóerők alapján ellenőrizhette a felügyeleti hatóság a csörlődobba épített biztonsági súrlódó tengelykapcsoló beállítását, megfelelő működését is.

A szakadt elemi szál végek pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálata

A balesetkor szakadt elemi szál végek, ill. a ki nem bomlott pászmavég (7. ábra) különböző nagytájaknál végzett vizsgálata során egyre több bizonyíték támasztotta alá azt a következtetést, hogy a drótkötél kiegyenesített huroknál (7., 8. és 9. ábra), túlterhelés következtében szakadt el.

A szálvégeken mindenütt jól látszott a szakadást megelőző kontrakció. A szakadási felület síkja általában kb. 45°-os szöveget zár be az elemi szál hossz tengelyével.

A 8. ábra azt is szemlélteti, hogy a hurok beszorulásakor keletkezett nagy felületi nyomás deformálta (lapította) az elemi szálakat.

A korrózió elemi szálakat gyengítő szerepét egyértelműen ki lehetett zárni.

Összehasonlítás céljából a 10. ábrán egy másik drótkötél korróziós kifáradás miatt tört elemi szála látható.

A felületi alumínium-szennyeződés vizsgálata a szakadás helyénél

A szakadt drótkötél deformálódott és ép részéből azonos tömegű (70 g) darabokat vizsgáltunk. A minták kloroformos lemosása, majd szárítása után az üledékek spektrométeres vizsgálata következett az alumínium- és magnéziumtartalom meg-



■ **9. ábra.** Egy másik elemi szál kontrakciója és 45°-os szakadási síkja (N=200x)

1. táblázat. Különböző köteleken és kötélszakaszokon mért szakítóerő

Drótkötél mintadarab	Szakítóerő, N		
	Új kötélen	Szakadt kötélen ép része	Szakadt kötélen deformálódott része
Kötélszakasz	6280, 7360	4900	1960, 4510, 4220
Kötélszakasz, sérült	-	4320	-
Kötélszakasz, hurokkal	2750	1720	-
Kötélszakasz, csomóval	4410	4410	-
Kötélszakasz csomóval, betétlemezzel	6280, 6975	5100	-
Kötélszakasz csomóval, betétlemezzel, kisodorva	5592	4611	-
Kötélszakasz rásodorva	6573	-	-
Pázmák	1177, 981, 1180	1236	981
Pászma hurokkal	980	706	-
Pászma csomóval	863	902	-



■ **10. ábra.** Egy másik drótkötél korróziós kifáradás miatt kontrakció nélkül szakadt elemi szála összehasonlításhoz (N=300x)

határozására. A deformálódott kötélszakasról nagyságrenddel több alumínium vált le mosáskor. A vas-, mangán-, szilícium-, kadmium-, cink-, ólom- és báriumtartalom mindkét kötélmintánál gyakorlatilag azonos volt.

A kloroformos mosást 10%-os nátrónlúggal való mosás követte, de annak üledékei az említett elemekre vonatkozóan már nem különböztek.

A spektrométeres elemzések is azt bizonyították, hogy a drótkötél szakadásához vezető deformációja alumíniumötvözetből készült alkatrészen, azaz a helyszíni szemlekor is erős súrlódási nyomokat mutató vezetőgörgő zárólapon következett be.

Összefoglalás

A sokoldalú szakmai felkészültséget képviselő testület által folytatott helyszíni vizsgálat, a működtetési kísérletek, valamint a laboratóriumi vizsgálatok eredményei alapján a következő szakvélemény alakult ki.

A szakadt drótkötél az emelési művelet során hurkot képzett, valamint a huroknak a vezetőgörgő zárólpra szorulása következtében hosszabb szakaszon erősen deformálódott, rostos betétje tönkrement, a kötélt és az egyes pászmák is több helyen teljesen fellazultak.

A hurokképződésben, majd annak elemzett és bizonyított következményei-

ben szerepe lehetett a drótkötél kisodródásainak, valamint a többszöri emelési-süllyesztési műveletből eredő maradékszültségeknek.

A hurokképződést az adott kötéldob konstrukciónál csupán a kezelő figyelmességével, ügyességével elkerülni szinte lehetetlen volt. Az ismétlődések elkerüléséhez lényeges konstrukciós változások szükségesek.

A deformálódott kötélszakasz beszoruló hurkainál a szakítóerő olyan kicsi lett, hogy a lengő teher a kötelet elszakíthatta.

A vizsgált kötélt, mint gépelem, a használat előtt hibát nem tartalmazott.

A korrózióknak nem volt szerepe a balesetet előidéző szakadásban.

■ SZAKOSZTÁLYI HÍREK

Tisztújítás Dunaújvárosban Új elnök a helyi OMBKE szervezet élén

Beszámoló és vezetőségválasztó taggyűlést tartott az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Dunaújvárosi Szervezete. A jeles esemény helyszíne a Dunaújvárosi Kereskedelmi és Iparkamara székháza volt.

Az egybegyűlteket *dr. Szabó Zoltán* levezető elnök (1. kép) tájékoztatta a tisztújítás menetéről, majd átadta a szót *Tóth Lászlónak*. A helyi szervezet elnöke köszöntötte a megjelenteket, és a szakmai közösségek szerepéről szólt. Sajnálatosan nevezte a csökkenő taglétszámot, bár a magyar vaskohászatban jelentkező ked-

vezőtlen tendenciák ellenére a dunaújvárosi szervezet a Vaskohászati Szakosztályon belül még mindig a legnagyobb létszámot tudhatja magáénak.

Elmondta, hogy a Dunaferr privatizációja új helyzetet teremtett a működésében, mert a szervezet finanszírozása beszűkült. A vezetőség igyekezett megismertetni az új menedzmentet a szervezet céljaival és szerepével a montanisztikai szakmák (bányászat, kohászat) hagyományainak ápolásában. A törekvés eredményességének legjobb példájaként említhető a 2008 tavaszán az ISD Korporáció tagvállalatai részvételével megrendezett vaskohászati konferencia, amelynek a Dunaújvárosi Főiskola adott otthont. *Valeriy Naumenko*, a vállalat vezérigazgatója minden segítséget megadott a konferencia szervezésében és feltételrendszerének megteremtésében.

Mondandója végén bejelentette, hogy mivel időközben nyugállományba vonult, nem tartaná helyesnek, ha kívülállóként továbbra is vállalná a számára megtisztelő el-

nöki szerepet, ezért aktív tagtárs jelölését támogatja.

Az elnök gondolatai után *Hevesi Imre*, a helyi szervezet titkára ismertette a vezetőség beszámolóját az elvégzett munkáról. Az OMBKE Vaskohászati Szakosztály Dunaújvárosi Szervezete évek óta jól bevált program szerint végzi munkáját. A központi rendezvényeken való aktív részvétel mellett a szakmai délutánok szervezése és az azokon elhangzó, a vállalat különböző tevékenységi területeihez kapcsolódó előadások és szakmai viták jelentik a tevékenység legértékesebb részét.

A beszámolási időszakban három taggyűlés, tíz vezetőségi ülés, két konferencia, 22 klubnap, amelyen 48 előadás hangzott el, és 30 központi rendezvényen való részvétel jellemezte a sokoldalú tevékenységet. A taglétszám a főiskolai tagokkal együtt 2007-ben 381 fő, 2008-ban 402 fő, 2009-ben 358 fő volt.

A tevékenységek finanszírozására a szervezethez a befizetett tagdíjakból visszajuttatott évi négyezer forint körüli összeg állt rendelkezésre. Rendezvényeiket az ISD Dunaferr Zrt. mellett az ISD Power Kft. és a DV Acél Kft. támogatta. A szervezet jó munkája elismerését jelenti, hogy az elmúlt három évben a helyi szervezet tagjai két Szent Borbála-érem, egy egyesületi emlékérem, öt emléklapelt és



■ 1. kép. Dr. Szabó Zoltán, a küldöttgyűlés levezető elnöke

kiemelkedő egyesületi munkáért nyolc oklevél elismerésben részesültek. A 2009-es év kiemelkedő rendezvényein szép számmal képviseltettük magunkat. Ott voltunk Várpalotán a Jó szerencsét köszöntés 115 éves évfordulójára rendezett megemlékezésen, az OMBKE 98. küldöttgyűlésén, a Selmecebányai szalamander ünnepségeken, a Miskolcon rendezett Kerpely-emlékülésen és a Fazola-napok rendezvényein. Tiszteletünket tettük az Öntödei Múzeum 40 éves alapítása alkalmából rendezett emlékünnepeken. Tavaly is jelen voltunk Kálozon, *Kunoss Endre*, a Bányászhimnusz írója sírjának megkoszorúzásán. Ezúttal is bekapcsolódtunk a Magyar Tudomány Hete főiskolai rendezvénysorozatba. Képviseltük szervezetünket a központi Szent Borbála-ünnepségen, valamint a Szikla-kápolnában tartott megemlékezésen.

A beszámoló elfogadása után a tisztújítás következett. *Józsa Róbert*, a jelölőbizottság elnöke ismertette a jelölőbizottság tevékenységének eredményeként létrejött jelölőlistát, amely az új vezetőség összetételére tett javaslatot. A vezetőség megújítására javasolt jelölőlista elfogadása után a szakosztályi küldöttértekezletre a helyi szervezet képviseletében delegálni kívánt küldöttek listájának ismertetése, majd megszavazása következett. Ezután *Pallag János*, a szavazatszedő bizottság elnöke ismertette a szavazás hivatalos menetét, majd a szavazás következett.

A leadott voksok megszámlálása alatti szünetben *Hevesiné Kővári Éva*, a vállalat minőségügyi és környezetvédelmi igazgatója tartott rövid bemutatót a „2010 a minőség éve” vállalati program legfontosabb elemeiről és lehetőségeiről. Az előadás után a jelenlévők megismerhették a szavazás eredményét, amely szerint a küldöttgyűlés megválasztotta a helyi szervezet elnökének *Bocz András* vegyész-mérnököt, az Anyagvizsgáló és Kalibráló Laboratóriumok Igazgatósága igazgatóját, társelnöknek *dr. Kiss Endre* főiskolai tanárt, a Dunaújvárosi Főiskola volt főigazgatóját, ex-elnöknek *dr. Szűcs Lászlót* és *Tóth Lászlót*, titkárnak újraválasztotta *Hevesi Imrét*. Az új vezetőség tagja lett *Mihaldinecz László*, *Szabados Ottó*, *Kvárík Sándor*, *Mihalik Sándor*, *Lukács Péter*, *Polányi Zoltán*, *Józsa Róbert*, *Pallag János*, *Drankovics Zsolt*, *Szente Tünde*, *Kopasz László*, *Lantai Miklós*, *Felföldiné Kovács Ágnes*, *Dani Bálint*, *Kaszás Norbert*, *Illés Péter*, *Szakács Sán-*



■ 2. kép. Bocz András, az új elnök megköszöni a bizalmat



■ 3. kép. Himnuszaink éneklése a tisztújítás zárásaként

dor, *dr. Szabó Zoltán*. Jelenlévők a szakosztályi küldöttértekezlet résztvevőire beterjesztett listát is változatlan összetétellel fogadták el. Ennek megfelelően, az egyesület alapszabályával összhangban, a helyi szervezetet 34 fő képviseli a szakosztályi küldöttgyűlésen.

A választási eredmény ismertetése után Tóth László ex-elnök oklevéllel és ajándékkal köszönte meg a leköszönő vezetőségi tagok aktív munkáját. Elismerő oklevelet vehetett át *Bánhegyesi Attila*, *dr. Horváth Ákos*, *Hevesiné Kővári Éva*, *Lőrinci József*, *Jakab Sándor*, *Hajdics László* és *Takács László*.

Ezután Bocz András, az új elnök köszönte meg a tagság bizalmát, és rövid hozzászólásában a szakma, a hagyományok ápolása és a közösségteremtés fontosságát emelte ki helyi, országos és a nemzetközi kapcsolatok szintjén (2. kép).

Dr. Kiss Endre társelnök, köszönve a bizalmat, aktív főiskolai együttműködést ígért. *Dr. Hanák János* hozzászólásában a fiatalok egyesületi és szakmai munkába történő bevonásának szükségességét hangsúlyozta. A rendezvény a bányász- és kohászimnusz eléneklésével ért véget (3. kép).

✎ *Józsa Róbert*

GIGANTE, G.¹

Hogyan tudunk gyakorlati zöld öntőiparrá válni?²

Az öntődék már régóta a nemzet újrafeldolgozóinak tekintik magukat. Amióta először öntöttek fémeket, felismerték, hogy a régi vasöntvények újrafeldolgozásával a legkönnyebb módon lehet egy másik öntvényt készíteni, és újra felhasználni a társadalom már nem kívánt öntött termékeit. Később acélhulladékot vittek be az adagba kiegészítő alapanyagként ugyanennek a célnak az elérésére. Ez az újrafeldolgozási irányzat kibővült a legtöbb egyéb öntött fémre, köztük az alumíniumra, a rézre és az ólomra.

Ma, a fémek újrafeldolgozása következtében, a legtöbb öntöde régóta – korábban a „zöld” kifejezés létrehozásánál –, a zöld technológiai mozgalom részének tekinti magát. Az öntőipar valójában a zöld létnek csak a felületét karcolta, és még el kell érnie a fenntarthatóság magasabb szintjét, amelyet a jövő igényelni fog. Energiain-tenzív ágazat vagyunk, a gyakran lerakásra szánt, feldolgozott hulladékanyag nagy mennyiségeit kezeljük, és kénytelenek vagyunk a szén-dioxid és más szennyezők nagy mennyiségét a légkörbe bocsátani.

Zöld technológia

Mi a zöld technológia? A zöld technológia tartalmazza a fogalmak nagy együttesét, amelynek a meghatározása csoportonként vagy iparágakként változhat. A fenntarthatósággal szinonim zöld technológiát széles körben úgy határozzák meg mint technológiát, amely helyes megvalósítás esetén lehetővé tesz egy, a jelenlegi szükségletek kielégítésére megfelelő szervezetet, a jövő szükségleteinek veszélyeztetése nélkül. A zöld technológia kiterjedhet az energia- és anyagveszteségek csökkentésére a gyártási folyamatban, és az ember egészségére, a Földre és természeti erőforrásaira a legkevésbé ható alternatív gyártási technológiák használatára. A fenntarthatóság és a zöld technológia alkalmazása azt jelenti, hogy okosabb módokat találunk véges természeti erőforrásaink használatára, mind az anyagok termelésében, mind a manipulálásukra használt energiatartalékokban.

A veszteségek csökkentése a gyártási

folyamatban sok formát ölthet. A létesítményt elhagyó összes hulladékáramot, a közegtől függetlenül, vizsgálni kell a lehetséges csökkentések szempontjából. A gyártó eljárásoknak a lehető leginkább önmagukban zártaknak kell lenniük, az anyagaik újrafeldolgozásával, az energiaigény minden szükségtelen növelése nélkül.

Az energia csökkentése a gyártási folyamatban jelentős potenciális javulást hoz a teljes energiafelhasználásban és a fosszilis fűtőanyagok égetéséből eredő karbon kibocsátás csökkenésében. A „zöldebbé váláshoz” módot kell találni az energiafelhasználás hatékonyságának növelésére az egész gyártási folyamatban, és nem csak az energiafelhasználás elmozdítására a gyártási folyamat felsőbb vagy alsóbb szakaszába.

Ma a „zöld” kifejezés mindig szem előtt van. Lelkesen proklamálják a tv-reklámokban, a magazinok hirdetéseiben, a termékek csomagolásán és újságcikkekben. A zöld technológia egy egész új iparágat hozott világra, konzultánsokkal, mű-

szaki tantárgyakkal, egyetemi tananyagokkal, könyvekkel, folyóiratokkal, honlapokkal, befektetési lehetőségekkel és még saját, ennek szentelt tv-csatornával is. Teljesen felismerjük ezt vagy sem, ma az életünk minden aspektusára hat a zöld technológia létezése és jövőendő fejlődése.

A politikai és globális gondok következtében a zöld támadást az energiamegtakarítás vezette. A lakások világításához, fűtéséhez és a háztartási készülékekhez most a zöld termékek sokasága áll rendelkezésre, amelyek a házaikban felhasználhatók. A kocsik, amelyeket vezetünk, nagy lépéseket tesznek a fokozott üzemanyag-takarékosság és az ebből eredő emissziócsökkenés felé. Az életstílusunk talán legláthatóbb változását az általunk vásárolt termékek csomagolása mutatja. Az áruk vevőkhöz juttatásában használt csomagolásnak virtuálisan az egésze most legalább részben újrafeldolgozott anyagokból áll. Ezen kívül az élelmiszerek újrafelhasználható bevásárló szatyorokban történő hazavitelének a gyakorlata elfogadottabbá válik.

Az ipar zöldülése

Mi a helyzet az ipar körül? Megadjuk a zöld technológiának a figyelmet, amelyre rászolgál? Sokan közülünk azt hiszik, hogy a régiókban található hulladék egyszerű újrafeldolgozása zöld ágazattá tesz bennünket és nem kell tovább mennünk.

Az utóbbi néhány évtizedben a használt formázóhomok nagy figyelmet kapott. Ez visszanyerhető házon belül vagy előnyösen újra felhasználható más ágazatokban. A homok visszanyerése rendszerint mechanikus és/vagy termikus eljárások kombinációját igényli a magkészítő eljárásban vagy a nyersformázó rendszerben való újrafelhasználáshoz szükséges helyreállításához. A visszanye-

¹ThyssenKrupp-Waupaca

²G. Gigante: How Can We Become a Practical Green Foundry Industry? AFS Proceedings 2010, Copyright American Foundry Society, 10-103 sz. előadás, p. 1-10. Hoyt emlékelőadás 2010.

rési eljárások ma jelentős energiafelhasználást követelnek a használt nyersformázó és magkészítő homokok öntőden belüli újrafelhasználhatóvá tételéhez. Ennek ellenére az öntődei használt homokok előnyös újrafelhasználása és adalékaik visszanyerése az utóbbi években sokkal népszerűbbé vált a környezeti előnyeik következtében.

A használt öntődei homokokat sikeresen használják fel szilícium-dioxid forrásként a cementgyártásban, folyékony töltőanyagként az építésben, utágyzatokban, és geotechnikai töltőanyagként különböző projektekben. Újabb fejlemény a használt homok alkalmazása talajmódosításhoz a termőföldeken a mezőgazdasági ágazatokban. Ezek az értékes projekteken kívül az így felhasznált öntődei homok vagy salak minden tonnája a másutt kibányászandó vagy lerakandó természetes anyagok mennyiségének a csökkenését eredményezi. A használt öntődei melléktermékek széleskörű felhasználását elősegítő honlap található ezen a címen: www.foundryrecycling.org.

A mai erőfeszítések nem tekinthetők iparunk zöld erőfeszítései csúcspontjának. A modern társadalom többet követel tőlünk. Ideje felismerni, hogy sok ipari paradigma korlátoz minket a cselekvésben, azonban új paradigmák jönnek létre.

Sokkal zöldebb iparággá válhatunk. A zöldebbé váláshoz a technológia nagy része létezik, és rendelkezünk az erőforrásokkal ahhoz, hogy növekvő mértékben fenntarthatóvá legyünk a jövőben.

Sok az áttörendő gát, de úgy hiszem, hogy összpontosított kutatással megtaláljuk a módját az áttörésüknek. A mostani zöldebbé válás elkerülése melletti döntés következményekkel fog járni az ágazatunk számára a jövőben. A vevőink (formális vagy informális) elszámolást fognak igényelni a zöld voltunkról az öntvényeinkre szóló megrendelések előírásaként. Ez érthető, mivel hasonló nyomást fognak tapasztalni a saját vevői bázisuktól. A vevőink és a közösségeink azt kívánják és várják el, hogy jó vállalati polgárok legyünk.

Hol kezdjük?

Hogyan kezdjük öntődékként a zöldebb szervezetté válást? Mint minden jól megalapozott és tartós vállalati projekt, ez is a felső vezetés támogatását igényli. A

legfelsőbb szintű menedzsmentnek ezt prioritássá kell tennie az összes olyan kulcsfontosságú mércével együtt, amelyen a biztonság, a minőség és a nyereségesség. A menedzsmentnek létre kell hoznia a víziót és dolgoznia az eszközök összegyűjtésén e vízió megvalósításához.

Létre kell hozni a menedzsment kultúráját a zöld és fenntartható célok elősegítéséhez. Sok dolog szükséges ahhoz, hogy egy társaság mindennapi munkaszokásainak ez részévé váljon. Ez tovább megy egy „zöld osztály” létesítésénél vagy jelképes zöld projektek indításánál. Az embereket ösztönözni kell zöld technológiai változások kidolgozására és megvalósítására a nem kellően követett ösvény miatti lehetséges kudarcotól való félelem nélkül. Biztosítani kell az új technológiák megtanulásához és az új berendezkedés begyakorlásához és optimalizálásához szükséges időt a legmagasabb szintű hatékonyság eléréséhez.

Az informált, de nem hagyományos döntések meghozatala miatti aggodalom megszüntetése erőteljes ösztönzés lehet az alkalmazottak számára az öntőde zöldebb szintre segítéséhez. Ez a kultúra, a velejáró beszámoltatási eljárással együtt, amely hitelt ad a zöld gondolkodású egységeknek, szükséges a zöld tökéletesítés előmozdításához.

A folyamat megindítása

A siker egy kritikus eszköze egy specifikus személy kijelölése a társaság zöld és fenntarthatósági tevékenységei bővített erőfeszítésének az elősegítéséhez. A személy egyetlen munkaköri felelőssége lehetőleg a zöld tevékenységek fejlesztése és megvalósítása legyen. Ha a szervezet mérete nem teszi lehetővé ezt a hozzárendelt személyzeti pozíciót, szükséges lehet a zöld tevékenységek áttekintésének egy specifikus személy részidős kötelezettségéül való kijelölése.

Alulról felfelé minden alkalmazottnak látnia és hinnie kell, hogy a vállalat jelentős tökéletesítést igényel az anyagok és az energia felhasználásának módjában. Megfelelő, napi akciókat meghatározó politikát és eljárásokat kell megalapozni minden működési területen, köztük a beszerzés, a marketing, a műszaki tevékenység, a karbantartás és a termelés területén.

Mérőrendszer

A zöld menedzsmentben fontos lépés a zöld működés mérőrendszerének a létrehozása. Az energia példájában a hagyományos műszaki rendszerünk olyan kifejezéseket használ mint a fogyasztott kWh, therm és BTU (*a therm és BTU az USA-ban és Angliában az energia nem SI-rendszerbeli mértékegysége: 1 therm = 10⁵ BTU ~ 29,3 kWh*). Ezek ugyan még kiváló mértékegységek, mégis új, zöld energiakifejezések váltak népszerűvé, hogy közreműködjenek a közönség megértésében.

A forgalomból kivont kocsikkal, elültetett fákkal, és a fűtött házak számával leírt mérések népszerű összehasonlításokká váltak egy vállalat sikerének a megítélésében. Lehet, hogy a tisztán mérnök számára ezek az új energiakifejezések nehezen fogadhatók el, de a zöld közösség nyelvévé váltak, amelyet használni kell a kommunikációhoz. Az ilyen összehasonlító rendszerek jó példája férhető hozzá a <http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-resources/calculator.html> címen.

Az energiahasználati rendszerek gyors ütemben válnak fejlettebbé és specifikusabbá az Önök működésében. Az ágazatok széles spektrumának rendelkezésére álló adatok mellett most a specifikus regionális energiaszolgáltatók számára is rendelkezésre állnak adatok. Ennek eredménye a lehetőség egy viszonylag unikális „szénlábnyom” (*Az emberi tevékenység környezetre gyakorolt hatásának egyik mértéke. Szerk.*) meghatározására, amely az erőmű által előállított áramra vonatkozik. A specifikus információ hasznosítása az Önök energiaszolgáltatója számára olyan könnyű lehet, mint az U.S. EPA eGRIDweb-je referenciájának a használata a <http://cfpub.epa.gov/egridweb/> címen. Ezeknek az eszközöknek a hozzáférhetősége nagy hozzájárulás lehet a zöld energia tökéletesítés kommunikációjában külső felekkel.

Általánossá válik, hogy a zöld működés sok attribútuma (energiahasználat és más) nyomon követésére szolgáló méréseket is biztosítani kell a közönséggel való kommunikációhoz. A közönség ellátása áttekinthető információval, amely méri a szervezeten belüli forráskezelés mennyiségi aspektusait, célszerű sok előre gondolkodó vállalat számára. Bár ez az iparágunk egyik fontos aspektusa, az ilyen fajta beszámolás túlmegy az energiafelhasználáson, s az olyan aspektusokra is



kiterjed, mint pl. az anyagok újrafeldolgozása és a kötelező társadalmi gondosság. Az olyan szervezetek, mint a Global Reporting Initiative (<http://www.globalreporting.org/Home>), elfogadott jelentési módszerek szolgáltatásán dolgoznak, amelyek közreműködnek mindennek az információnak az öszszedolgozásán egy ésszerű formátummá, az érdekelt külső felek számára.

Ideje feltérni az ingujjunkt és megkezdeni a zöldebbé válást. Végtelenek a működési tökéletesítések lehetőségei a zöldebb öntödei működés eléréséhez. Mindannyiunknak lehetőségei vannak jelentős javításokra az energiamegtakarításban és a hulladék minimalizálásában. Tendencia azt mondani magunknak, hogy nekünk már jó programjaink vannak, jó munkát végzünk az energiahatékonyság terén, és vezetők vagyunk az ágazatunkban. Az igazság az, hogy mindannyiunk előtt nagy lehetőségek vannak, akár nagy megaöntöde vagyunk, akár kis vagy közepes méretű.

Előrehaladás, módok fellelése

A jelentős tőkeráfordítás nem az egyetlen módja a megtakarítások és tökéletesítések megvalósításának. Fel kell azonban ismerni, hogy dolgozhatunk a saját modellünkön belül. Nem szükséges várunk új létesítmények vagy néhány öntöde ezüst golyójára.³ Gary Thoe, a ThyssenKrupp Wau-paca volt elnöke és vezérigazgatója, és egy AFS aranyérem tulajdonosa, szeretne mondani: „A folyamatos tökéletesítés veri a halasztott tökéletességet.” Sok projekt csak 1–2%-os megtakarítást eredményez hulladékcsökkentésben vagy energiafogyasztásban, de több ilyen projekt felhalmozódása jelentős tökéletesítéssel jár.

Az utóbbi időben több öntöde kötelezettséget vállalt az USA energiaügyi minisztériuma „Energiamegtakarítás most” programja keretében az energiafelhasználásuk 25%-os csökkentésére tíz éven belül. Míg ez a cél ijesztőnek tűnhet, e vállalatok közül sok úgy fogja találni, hogy a sikerüket kisebb projektek sokaságának a növekményes meghatározásával és teljesítésével, nem pedig a teljes létesítményre kiterjedő nagyjavítással mérik majd.

E folyamatos tökéletesítések eléréséhez világos stratégiát kell kidolgozni és követni. Hatlépcsős módszert lehet használni hatékony stratégiaként az eredmények megvalósításához:

1. Energia- és/vagy hulladékcsökkentési auditálás végrehajtása. Ez belső emberekkel vagy külső céggel végezhető. Mindkét esetben kritikusnak, alaposnak és becsületesnek kell lenni. Ne akadályozzák kérdések vagy gondok azzal kapcsolatban az auditálókat, hogy hogyan lehet elvégezni a csökkentéseket, hanem az eljárásban összpontosítsanak a hulladékképződés területeinek a megállapítására.

Az azonosított területeken becsüljék fel az energiafelhasználást vagy a hulladékok mennyiségét a rendelkezésre álló, legjobb aktuális információt használva. Ezek az észlelések táblázatba foglalhatók az egész létesítményre, osztályról osztályra vagy a gyártási folyamat szerint. Nem kell túlságosan nagy gondot fordítani a nagy pontosságra, csak a használat vagy a hulladék mennyiségének a relatív becslése szükséges.

2. Több létesítményből álló szervezetek benchmarkingja (a legjobbakkal való összehasonlító értékelése) esetén össze kell hasonlítani a kezdeti észleléseket más létesítményekével. Ha nyilvános vagy kereskedelmi csoportadatok állnak rendelkezésre, felvilágosító lehet összehasonlítani a saját észleléseket hasonló technológiákat alkalmazó más szervezetekével.

3. Lehetséges megoldások/csökkentések: vizsgálni kell az azonosított hulladékokat. Itt a lehetőségek végtelenek:

- Ne feledje, sose becsülje alá a tudás és az ideák szintjét, amely már létezhet az üzemében. A legjobb hulladékcsökkentési ötletek egy része azoktól jön, akik naponta működtetik és megfigyelik a folyamatokat.
- Az AFS nagyon aktív az öntödei műveletek tökéletesítésének a terén számos cikk közzétételével a Modern Castingban, az AFS Transaction-ban és más kiadványokban. Ezen kívül több AFS-bizottság aktívan dolgozik hulladékcsökkentési projekteken és

a bizottsági tevékenység eredményeinek közzétételén. Bármelyik bizottsági vezetőnek képesnek kell lenni közreműködni abban, hogy az arra igényt tartók kapcsolatot találjanak a rendelkezésre álló legkor-szerűbb ötletekkel.

- Számos szervezetnek vannak az öntödek számára rendelkezésre álló információs forrásai. Az olyan szervezetek, mint a villamos közmű, a gázszállító és a „Focus on Energy” (egy wisconsin program), rendelkeznek közreműködő személyzettel és energiamegtakarító programokkal. Olyan honlapok, mint a FIRST www.foundryrecycling.org, értékes információt szolgáltathatnak a használt öntödei homokok újrafelhasználásának lehetséges módszereiről.

- A szállítók képviselői és a különböző tudományágak szerződéses szakértői is elérhetőek mind az öntészeti, mind a környezetvédelmi ágazatokban, hogy közreműködjenek a hulladékcsökkentésben és az energiamegtakarításban.

4. A projektek prioritásai:

Nem minden projekt indítható egyszerre. A rendelkezésre álló idő és a pénzforrások azt jelentik, hogy prioritásokat kell meghatározni. A prioritások nem mindig a legnagyobb megtakarításokon alapulnak. A projekt kiválasztása kezdetben az „alacsony függő gyümölcsre”, a vállalati/közösségi láthatóságra irányulhat, vagy olyan projektet indíthatnak, amely gyújtópontként működik, megváltoztatva a szervezet kultúráját.

5. A terv megvalósítása:

Minden projektnek más útja van, legyen az tőkeráfordítási jóváhagyásokat, berendezés tervezését vagy beszerzését, technológiát, a berendezés állásidejének specifikus időzítését vagy más követelmények sokaságát igénylő. Fontos kommunikálni a tervet az összes érdekelttel és dolgozni azon, hogy érdekeltté váljanak a csökkentési erőfeszítésekben. Csak így növelhető az érdekeltég az egész közösségben, és segíthető elő a projekt sikere.

6. A változás mérése:

A régi mondás szerint nehéz kezelni azt, amit nem tudsz megmérni. Ugyanolyan fontos dokumentálni a változás

³ „Ezüst golyó” – rendkívül hatékony megoldás. Mondák szerint boszorkányok, vérfarkasok stb. ellen a lövegyverek csak ezüst golyókkal hatásosak.

előtti körülményeket, mint az utánaikat. Mint tárgyaltuk, beszámoltathatók leszünk a végzett változtatásokért. Kritikus rögzíteni, hogy tökéletesítünk és megvalósítjuk az eredményezett megtakarításokat az érdekeltek számára.

Mérő/felvevő műszerezés: a villamos, gáz- és vízrendszerek nagyban segíthetik a létesítmény meglévő energiahasználatát és bármely további változások eredménye ismeretének a javítását. Az egyszerű mérő és felvevő műszerezés gyakorlatilag bármely energiahordozó rendszerhez hozzáadható a rendszer módosítása nélkül és elfogadható költséggel.

Az alapértékek beállítása után a jól tervezett mérés hatalmas előny lehet a létesítmény tökéletesítéseinek a meghatározásában és megfigyelésében, ami viszont irányítja a további folyamatos tökéletesítési erőfeszítéseket.

Fenn kell tartani annak a tudatát, hogy sok tökéletesítés másodlagos előnyöket eredményez. Ezek az előnyök (néha előre felismertek, néha nem) javított biztonság, alkalmazotti erkölcs, növelt termelékenység, létszámcsökkenés és más vonatkozó megtakarítások formájában mutatkoznak meg. Ez a zöld működés lényegéhez tartozik. Az aktív öntöde gyorsan megtanulja az erőfeszítései sokoldalú megtérüléseinek a megbecsülését.

„Otthon” kezdeni

Tekintsük át a működésünk egyes specifikus területeit, amelyek megérték a tökéletesítésre.

A hulladékhő újrafelhasználása

Visszatérve az energiamegtakarításokhoz, az energiacsökkentés elérésének az egyik legjelentősebb területe a sok öntödei eljárásból származó hulladékhő újrafelhasználása. A hulladékhő újrafelhasználása gyakran nettó 15–25%-os vagy nagyobb energiamegtakarítást nyújthat. Léteznek ugyan technológiák a hulladékhő energiájának konvertálására villamos energiává (vagy közvetve sűrített levegővé), ezek gyakran költségesnek bizonyulnak a szükséges tőkeárfordítás és a hosszú megtérülés tekintetében. Egyszerűbb és kevésbé költséges megközelítés közvetlenül felhasználni a „befogott” hulladékhőt a hő igénylő területeken. Ez megvalósítható a

hő továbbításával levegő-levegő, levegő-folyadék, folyadék-levegő, folyadék-folyadék konverzió útján. Ez a megközelítés nagyban egyszerűsíti az eljárást, a rendelkezésre álló hőt logikusan használva hőszolgáltatásra másutt, ahol szükséges.

Több sikeres projektet teljesítettek, amelyek hasznosítják az olvasztási műveletek hulladékhőjét épületek fűtésére, magszárításra, és/vagy a zuhanyozásra használt víz melegítésére. Megfelelő konstrukcióval ezek a rendszerek a hőszivattyú elvét is felhasználják légkondicionáláshoz vagy hűtéshez, hogy maximálizálják a beruházás egész évi előnyeit.

A legegyszerűbb megközelítés az elszívott és megszárt levegő hőjének hasznosítása az üzembe történő visszavezetés révén. Az elszívott levegőnek ez a visszavezetése megvalósítható, ha nincs pótlólagos gázszennyezés a hulladékkevegő áramlásában. A korszerű elszívórendszerek és porzsákházak kiváló teljesítményűek és a szakadt porzsákok kijelzési technológiája kiküszöböli a porsemcsék munkahelyekre való visszakerülésének a veszélyét. Tény, hogy a jól működő porelszívó berendezésből kikerülő levegő rendszeresen kisebb mennyiségű port tartalmaz, mint amely általában a munkahelyen tapasztalható. Ennek a stratégiának a használata kétszeres előnnyel jár; a rendelkezésre álló hő újrafelhasználása fűtésre és ezzel a pótlólagosan fűtött pótlevegő szükségletének a csökkentése.

Levegőt kezelő rendszerek

Az 1970-es években az öntőiparra kiszabott emissziós követelmények sok öntödét arra kényszerítettek, hogy kiterjedt elszívó és zsákos porleválasztó rendszereket helyezzenek üzembe. Ezek közül sok semmilyen jelentős korszerűsítésen nem ment át az eredeti felszerelése óta. Az átlagos öntödei emissziós rendszer az öntöde teljes energiafelhasználásának a 20–25%-át fogyaszthatja. Az utóbbi években sok fejlesztés történt a csőhálózatok, a gépészet, az alkatrészek, a porzsák-konstrukciók és az alkalmazott anyagok területén. Az ágazatunkban most jobban értik a tömegáramlás szerepét a vezetékrendszerben, a nyomáseséseket a különböző alkatrészekben, a ventilátorok és motorok üzemének jelleggörbéit, a működtető készülékek számítógépes megfigyelését és vezérlését, mint korábban.

Sok olyan rendszert helyeztek üzembe, amely meglévő ventilátorokat, motorokat és más részegységeket használ újra, hogy elősegítse a berendezés költségeinek a csökkentését. Más rendszereket a meglévő üzemi elrendezések korlátozásain belülre alkalmaztak. Ezek a választások, amelyek a legjobb változatok lehettek az adott időben, nagyobb nyomáseséseket, teljesítményveszteségeket és kisebb rendszerhatékonyságot eredményezhettek. Vissza kell lépniünk, újra kell értékelniünk a legjobb műszaki gyakorlatot és a rendelkezésre álló stratégiákat a nyomásesések mérséklésére, a fogyasztott teljesítmény csökkentésére és a rendszer hatékonyságának a javítására.

Világítási rendszerek

Az üzemi és irodai világítás is az energiamegtakarítás jelentős forrása lehet. E téren a vezetés nagyon valószínűen bizonyos tökeigénnyel kerül szembe az energiamegtakarítás megvalósításához, noha ez kezelhető lépésekben történhet.

A mai világítási technológiák nagyon hatékonyak a villamos teljesítmény használatában, összehasonlítva a régebben rendelkezésre állókkal. Ha ennek a technológiának van hibája, úgy az a fejlődés olyan nagy sebességében áll, amely a nem régi korszerűsítéseket is „elavulttá” teszi.

A világítási rendszer áramvonalasítása terén a tétlenség költsége azonban messze meghaladja ezeket a gondokat. Mivel a világítás minden iparágra egyetemes, és a tökéletesítése könnyen mérhető a korábbi és új készülékek közötti különbséggel, sok kormányügynökség és áramszolgáltató ezt a jelentős árengedmények és adózási ösztönzők területévé tette. A világítókészülékek mai konstrukciói mélyebben világítják az üzemet és valódibb színeket adnak, fokozva a dolgozók komfortérzetét. A megfelelő készülékek kiválasztásán túl azok elrendezése is elsődleges eszköze a hatékonyság javításának, a kvalifikált mérnöki áttekintés révén. A mozgásérzékelés és a központosított automatikus vezérlés is lehetőségeket kínál a jelentős tökéletesítéshez az energiafelhasználásban és a világítás konzisztens szintjeinek a fenntartásában, ahol és amikor szükséges.

Nem megfelelő kezelés esetén a nem kompatibilis világítókészülékekkel és érzékelőkkel működő öntödében probléma



lehet a por eltávolítása és a hő elvezetése. Léteznek ezt tűrő speciális készülékek, amelyek jól működnek ilyen területeken. Azonban az olyan „könnyű” üzemerületek, mint az irodák, magkészítő részlegek, mintakészítő műhelyek, raktárak, karbantartó műhelyek és a hasonló, kevésbé poros területek az első jelöltek a világítás korszerűsítésének első fázisában.

Sűrített levegő rendszerek

A sűrített levegő is a potenciális energiahatékonysági tökéletesítés jelentős területe. A sűrített levegő termelése és szállítása nagyon kevésbé hatékony, a sűrített levegő teljesítményének a harmada vész el a folyamatban. Minden öntödének mélyen értenie kell a sűrített levegő rendszerre működését és korlátait, és dolgoznia a teljesítménye javításán. Hatalmas előnyöket adhat a szolgáltatás/igény mérleg átvilágítása, valamint a szivárgások vizsgálata. A megtakarítások tipikusan ezekben a kis tökélgényű tevékenységekben valósulnak meg, amilyen a szivárgások kijavítása, a vezetékek cseréje, a levegőtárolók méretezése és a megfelelő kompresszoros műveletek.

Sokan közülünk vétkesek új eljárások egyszerű bevitelében egy meglévő rendszerbe, sokszor nem gondolva arra, hogy ezek ronthatják is a levegőszolgáltatás hatékonyságát. Az itt leírt szerény tökéletesítéseken túl, egy jól tervezett értékelő vizsgálat és átalakítás gyakran még nagyobb előnyöket eredményez az energiafelhasználás csökkentésében, a rendszer teljesítményében és megbízhatóságában.

Olvasztási megtakarítások

Sose feledjük, hogy az öntödei műveletek minden területe termékeny talaja a zöld megtakarításoknak. A megfelelő fémhulladék vásárlása energiamegtakarítást eredményezhet, még mielőtt a betétanyagokat az öntöde megkapta volna. A vas- és acélöntödék régóta elégedettek azzal a technológiai vagy amortizációs acélhulladékkal, amely mérsékelt mennyiségű felületi rozsdát, festéket, feltapadt nemfémes anyagokat és más idegen anyagokat tartalmaz. A nyírt hulladék 5–8 tömegszázalék nemfémes szennyező anyagot tartalmaz. A nemfémes anyagok eltávolítása jelentős megtakarítással járhat, amely az olvasztás során mutatkozik. Ennek az

anyagának a szállítása energiát fogyaszt. A nemfémes anyag hat az adag tömegére. Egy nem felismert energiaveszteség gyakran azzal függ össze, hogy a salak olvasztása 1,7–2-szer több energiát emészt fel, mint a vasé. Az inkább aprított mint nyírt tiszta hulladék beszerzésével 15–20%-kal csökkenthető a (betét acélhulladék részére jutó) energiafogyasztás. Az aprított anyagok gyakran többre kerülnek a nyírt hulladéknál, de a más területeken mutatózó megtérülések meghaladhatják ezeket a költségeket, és segítik az üzem fenntarthatósági erőfeszítéseit.

További olvasztási megtakarítások érhetőek el a beömlők és állók homoktól való megtisztításával, megfelelő konstrukciójú forgódobon való átengedéssel, de nagyon tiszta visszatérő anyag állítható elő rövid sörétezzéssel is. Kívánatos lehet ennek a beömlőrendszerhez tapadó, hőtáguláson átesett és így méretstabilabb homoknak a visszanyerése a használt formázóhomok hasznosítása szempontjából.

A hulladéktárolóban a minimumon és az adagedényektől távol tartva a homokot és a nedves porleválasztóból kikerülő sarrat nem csak energiafelhasználási előnyökkel jár, hanem csökkenti a lehetséges felszabaduló port és a leválasztásához szükséges porgyűjtést is.

Ugyanezek az elvek a nemvasfém öntödékre is érvényesek. A gáztüzelésű olvasztókemencébe adagolt visszatérő anyagoknak a lehető legtisztábbnak kell lennie. A tömböket közvetlenül a fürdőbe kell adagolni, nem a tűztérbe tenni és oxidálódni hagyni.

Egyéb megtakarítási területek

A szigetelés karbantartása az összes fűtött vezetéken ott tartja a technológiai hő, ahová az tartozik. A téli hónapokban a hőveszteség elfogadhatónak ítélnél, mint az épület kiegészítő fűtése, de nyáron növeli az üzem hőterhelését és el kell vonni onnan. Rendszeresen ellenőrizni kell az összes vezetéket, és számítani a hőveszteségeket. A vezetékek és csövek szigetelésének költsége majd minden esetben gyorsan megtérül.

Mag/forma kötőanyag rendszerek

A magkészítő részlegek különösen jó jelöltek a zöld működés javítására. Az USA környezetvédelmi ügynökségének (EPA)

szabályoznia kell a nagy forrásokból, köztük az öntödékből származó veszélyes levegőszennyezőket (Hazardous Air Pollution – HAP) az 1990. évi Clean Air Act (tisztá levegő törvény) szerint. Az öntészeti emissziócsökkentő programot (Casting Emissions Reduction Program – CERP) azért hozták létre, hogy értékeljék a különböző magkészítő eljárások és kötőanyag rendszerek HAP emissziós potenciálját. A fenol-uretán, no-bake és cold-box eljárásokat a legnagyobb emissziójúnak ítélték, főként az oldószeralapú természetük miatt. A kötőanyaggyártók különböző változatokkal reagáltak, hogy helyettesítsék az aromás oldószereket vagy egy részüket.

Vasöntészeti alkalmazásokban az uretán cold-box gyanták 1. és 2. komponenseiben az aromás oldószerek helyettesítése növényi olajokból nyert metilészterekkel az illó szerves vegyületek (VOCs) közel 50%-os csökkenését eredményezi mindkét részben. Ezek azok a kötőanyag változatok, amelyeket gyakran „biodízelnként” említenek a dízel üzemanyagok oxigénezéséhez használt metilészterek alkalmazása miatt. Ez tisztább égést nyújt, és 20–30%-kal csökkentheti a benzol-, a toluol-, a xilol- és naftalinemissziókat öntéskor, hűléskor és ürítéskor.

A gyantarendszerek fejlődése nem korlátozódik az illóanyagok csökkentésére, egyre fontosabbá válik az öntödékből származó szagok csökkentése is. Az öntödék hagyományosan olyan csökkentő és/vagy kezelő rendszerekre támaszkodtak, mint a gázmosók és a regeneratív termikus oxidálók, hogy kiküszöböljék a szennyezőket és a szagokat okozó anyagokat. Nemvasfém alkalmazásokban a tetraetil-ortoszilikát (TEOS) váltja ki az aromás oldószereket az 1. és 2. komponensben. Bár a VOCs emissziók hasonlóak a hagyományos aromás alapú oldószerek gyantakéhoz, ennek a szilikátalapú oldószerek az elsődleges előnyei a csökkent kondenzátumképződés, füst és szag az öntés, a hűlés és az ürítés során. Ez különösen fontos a kisebb öntési hőmérsékletű alumínium félkokilla-öntéskor; a füst és a kondenzátum (kátrány) erős képződése a szerszámban nem csak környezetvédelmi, hanem termelékenységi gond is.

Még az említett helyettesítések esetén is a fenolgyanták folyamatos használatát veszélyeztetik a szigorúbb emissziós szabványok. Ez okozza az olyan szervesetlen

rendszerek használatának növekedését, amilyenek a hővel szilárdított nátrium-szilikátok vagy az észterrel szilárdított no-bake nátrium-szilikátok. Az USA-ban 1952-ben bevezetett szénsavas rendszer érzékeny volt a nedvességre, kicsi volt a szilárdsága és rossz az üríthetősége. A legutóbbi generáció rendszerei mind az alumínium-szilikátok (Geopolymer) valamilyen formáját vagy más szerves adalékokat használnak a vízzeloldható szilikát szilárdításához. Ezek a rendszerek nem fejlesztenek illó szerves vegyületeket, vagy csak keveset, általában nem gyúlékonyak, nem eredményeznek szagokat a keverés, a magkészítés és az ürtítés alatt. Míg ezek a rendszerek egészen fejlettek a nemvasfém alkalmazásokhoz, további fejlesztést igényelnek a vasalapúakéhoz.

Sok erőfeszítést fejtettek ki, hogy kiküszöböljék a magok fekecselését. Sok esetben ez sikeres a magkészítő üzemi technológia ellenőrzésének javításával, míg más esetekben nem. Ha kívánatos egy mag fekecselése, a szárítási költségek csökkentésének egy új módja a színét változtató jelző használata a fekecsben annak megállapításához, hogy a fekecs megszáradt-e. A szárítási idő 50%-kal is, és így a gázfogyasztás is, több mint 50%-kal csökkenthető. A magszárító kemencék tipikusan nagyon rossz hatásfokúak. Módosításokkal – így légkavaró készülékek beiktatásával a lamináris légáramok megtöréséhez, vagy levegő bevezetésével a szárító szalagok fölé és alá –, meggyorsítható a magszárítás és javítható a hatékonysága.

A rendszer hatékonysága

Az energiafogyasztás csökkentését vizsgálva mindig figyelniük kell a rendszer hatékonyságára. Hasonlóan az öntés széles körben elfogadott szimulációjához, a magkészítés modellezése kevesebb, a szerszámok kidolgozására és optimalizálására fordított, üzemórát eredményezhet. A fúvókák és levegőzések hatékony elhelyezése a kötőanyag mennyiségének csökkentését eredményezheti, csökkentve ezzel a jelenlegi módszerek hibáinak elensúlyozásához szükséges mennyiséget.

Ezek a példák nem valamilyen termék vagy rendszer jóváhagyását szolgálják, hanem azt mutatják, hogy egyszerű gon-

dolatok hogyan járulhatnak hozzá jelentősen a zöldebbé váláshoz, hogyan segíthetik a folyamatot és válhatnak előnyös minőségellenőrző eszközökké.

Mi egyebet lehet tenni?

Az energia csökkentése az öntészetben nagy kihívást képvisel a zöldebbé válással szemben. A legkönnyebb megtakarítások az áram hatékony használatában rejlenek. Az első megfontolás a nagy hatásfokú motorok hasznosítása legyen. A nagy, sőt ultranagy hatásfokú motorok a működtető energia 2–5%-át takaríthatják meg. Az ilyen motorok költségeinek vizsgálatok nem szabad megfeledkezni arról, hogy az eredeti beszerzési ár valószínűleg nem több, mint a motor üzemi költségének 5%-a az élettartama során, és a villamosenergia költsége az üzemi költségnek több mint 95%-a. Általános észrevétel a motorokra vonatkozóan: az öntődének nagyon speciális eljárással kell rendelkeznie a motorok újratekeréséhez. A legtöbb esetben nem kell megjavítani a motorokat, kivéve a nagyon unikálisokat, vagy ha hosszú az átfutási idő az új motorok beszerzéséhez. Vizsgálatok mutatják, hogy az áttekeréselt motorok használata közel sem eredményez olyan hatékonyságot, mint az eredetileg beszerzetek. Ha az áttekerést el kell végezni, rendelkezni kell írott műszaki utasításokkal és eljárásokkal, valamint a munka elvégzéséhez jóváhagyott forrással. Egy másik megfontolás: változtatható frekvenciájú motorok használata olyan műveletekhez, amelyeknek a terhelése széles sávban változik, például egy homokkeverési ciklus alatt.

A nemvasfém nyomásos öntődék öntési műveleteiben a víztakarékosság jelentős megtakarítási lehetőségeket kínál. A hűtővizet nagyon gyakran csak egyszer használják fel, utána a lefolyóba engedik. Ennek a forró vagy meleg víznek sok alkalmazásban fűtő értéke van. Mint korábban említettük, bármely folyadékból energia nyerhető ki. Az ilyen hőviszanyerés kreatív használata a hő legjobb használatára irányuló vizsgálat kérdése.

Ezenkívül a különféle hőmérsékletű víz alkalmas lehet az újrafelhasználásra. Tervezés, hogy a hideg víz több hőt von el a szerszámból. A hőfelvétel a belépő víz hő-

mérsékletek nagyon széles tartományában egyenletes. A zöldebbé válás gyakran némi kutatást igényel egy paradigma megtöréséhez és a népszerű vélekedés megváltoztatásához.

Milyen műszaki akadályok vannak az öntődei technológiában, amelyek gátolják, hogy sokkal zöldebbé váljunk? Vannak az öntészeti eljárásoknak olyan műszaki kihívásokat hordozó területei, amelyekre jelenleg nincsenek megoldásaink? Tény, hogy vannak az öntészeti technológiáknak műszaki akadályai, amelyek gátolnak bennünket a valóban jelentős energiamegtakarítás vagy hulladékcsoökkentés elérésében.

Az ilyen műszaki akadályok egy példája a gyors prototípus rendszer hiánya a nyersformázott vasöntvényekhez. Nincsenek teljes rendszerek olyan öntvények egy napon belüli előállításához, amelyek reprodukálnák a sorozatban gyártott öntvényeket. Vannak egyes programok, amelyek visszaadják a forma geometriáját, de rendszerint nem vasöntésre alkalmas kötőanyag rendszerben. Javítani a felületi minőséget, a formázási ferdeséget, a beömlők és állók elhelyezését, a forma öntési és ürtési feltételeit, szintén vizsgálat kérdése. A gyors prototípus rendszer másik nagyobb alkotóeleme a vas tulajdonságainak a duplikálása kis kemencéből, amelyben a vegyi összetétel szabályozható az öntvénytulajdonságok beállításához.

Következtetés

E gondolatok közül sok nem olyan új, és mindannyian beszéltünk a megvalósításukról. Az idő azonban telik, és lehet, hogy nem követtük ezeket a gondolatokat más aktuális problémák miatt, vagy nem tettük ezt konzekvens módon. A határozott cselekvés pontjának az elérése és felismerése, a fenntarthatósági lehetőségek megragadása egyike a legnagyobb kihívásainknak. Ha egyszer elérjük ágazatunk minden aspektusában a zöld gondolkodás gyújtópontját, nyitottak vagyunk a lehetőségekre, amelyek csak várják, hogy megragadjuk őket. Ez a gyújtópont, a meglévő technológia pragmatikus alkalmazásával együtt szavatolni fogja, hogy más iparágak és a lakosság a fenntarthatóságban vezetőként ismerjék el az öntőipart.

(Ford. Szende Gy.)



A Magyar Öntészeti Szövetség megtartotta 19. közgyűlését



A MÖSZ 2010. évi közgyűlésére május 26-án 10 órakor került sor, immár hatodik alkalommal Ráckeve-n, a Savoyai-kastély konferenciatermében. Levezetője *dr. Sohajda József*, a Magyar Öntészeti Szövetség elnöke volt.

A résztvevők napirend előtt szakmai előadást hallgattak meg *dr. Dúl Jenő*, a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar tanárának előadásában „Öntészeti Kutató-Okató Labor Innovációs Centrum, az öntészeti felsőoktatás és kutatás hazai bázisa” címmel. Az előadás végén a közgyűlés levezető elnöke köszönetet mondott a tartalmas, összefoglaló és jövőbe tekintő, a hazai öntészet szereplőinek alapvető érdekékörebe tartozó információkért.

Ezt követően megállapította, hogy a meghívó szerint ismételen összehívott, s így már határozatképes közgyűlésen 26 szövetségi tag képviselője vesz részt. A résztvevők a jegyzőkönyv elkészítését *dr. Hatala Pálra*, a MÖSZ főtitkárára, hitelesítését *Jagicza Istvánra*, a Patina Öntöde Kft. ügyvezető igazgatójára és *Katkó Károlyra*, a K+K.-Vas Kft. ügyvezető igazgatójára bízták.

A közgyűlés munkáját az alábbi meghirdetett napirend szerint végezte:

1. A MÖSZ elnökségének beszámolója a 2009-ben végzett munkáról, a MÖSZ 2009. évi költségvetésének teljesítése, a 2009. év egyszerűsített mérlegbeszámolója és eredménykimutatása.
2. A MÖSZ Ellenőrző Bizottság jelentése a 2009. évi gazdálkodásról.
3. A MÖSZ 2010. évi költségvetési és munkaterve.
4. A MÖSZ Életmű-díj, a MÖSZ-díj és a Kiváló Fiatal Öntész MÖSZ-díj átadása.
5. Elnöki zárás

A közgyűlés résztvevői a fenti napirendi pontokhoz a meghívóval együtt az alábbi dokumentumokat kapták meg:

- a Magyar Öntészeti Szövetség tevékenysége 2009-ben (az elnökség által elfogadott főtitkári beszámoló);
- a MÖSZ egyszerűsített mérlegbeszámolója és eredménykimutatása a 2009. évi gazdálkodásáról;

- az Ellenőrző Bizottság értékelése, beszámolója a 2009. évi gazdálkodásáról;
- javaslat a MÖSZ 2010. évi munkaprogramjára;
- a MÖSZ fő tevékenységi területei 2010-ben;
- a MÖSZ 2010. évi költségvetési terve;
- a 2010. évi MÖSZ-díjak odaítélésének kuratóriumi értékelése;
- a magyar öntészet 2009. évi összesített termelési adatai.

A közgyűlés az elnök javaslatára az 1. és 2. napirendi pontokat együtt tárgyalta. Az írásos anyagokhoz *dr. Hatala Pál* ügyvezető főtitkár – a témák fontosságának nyomtatékosítása végett – az alábbi szóbeli kiegészítést tette:

- A napirenden szereplő témákat a MÖSZ elnöksége 2010. április 22-i ülésén megtárgyalta, azt elfogadta és a közgyűlés elé bocsáthatónak ítélte. Az elnökségi ülés jegyzőkönyvét valamennyi szövetségi tag megkapta.
- A MÖSZ taglétszáma 2009. december 31-én 81 társaság volt. 2003-ban a szövetség 90 tagot számlált, míg 2011. január 1-jére – a már ismert, illetve a vélhetően bekövetkező felszámolások miatt – 72-74 tag várható.
- Kiemelkedő fontossággal bír, hogy az új ún. „fémhulladék-kereskedelmi törvény” ma már mindenki számára részleteiben ismert, az öntödégek megértették és tudomásul vették kötelezettségeiket.
- Az elmúlt évről – bár érdemi teljesítményromlásokat jelentett a szövetség egészére nézve is –, elmondható, hogy több nemzetközi kiállításon volt kollektív MÖSZ stand, azon 3-6 társaságunk kiállítóként részt is vett. Az ez évi nemzet-

közi beszállítói kiállításokon hasonló részvételi szándék már most látható.

- Bár a szövetség több körben és több év óta nyújt tájékoztatást a SiO₂-kítetttséggel mellet dolgozó öntödei alkalmazottakkal kapcsolatos új európai szabályozás és jelentési kötelezettség megismeréséhez, az eddig nem kötelező éves tárgyköri beszámolót az érintett 23 magyar öntöde közül csak egy teljesítette (Löffler Kft.). Az on-line internetes jelentési kötelezettség 2011 januárjában elkerülhetetlenül érvénybe lép, a szövetség 2010. második félévében tárgyköri szakmai konzultációt és konferenciát szervez magyar szakértő előadóval annak érdekében, hogy az érintett öntöde jelentési kötelezettségeiket megfelelően teljesíteni tudják.
- Az elmúlt év és az év első négy hónapjának adatai alapján készült öntészeti menedzserindex azt mutatja, hogy az öntödégek általában jobb rendelésállománnyal, és a következő hat hónapra vonatkozó jobb kilátásokkal rendelkeznek, mint 2009 első negyedévében. Az is igaz, hogy számos öntöde változatlanul nehéz helyzetben működik, és még változatlanul nem látható helyzetük kedvező változása.
- 2010 decemberére várható (ígérik), hogy új, európai fémhulladék-minősí-



■ 1. kép. Dr. Tóth Levente, Szombatfalvy Anna és Duró László

- tési szabályozás lép életbe. A szabályozás tervezeteket (a legfontosabb fémek: öntöttvas és acél, rézötvözetek, alumíniumötvözetek) az Unió tagállamainak nemzeti öntészeti szövetségei és más érintett szakmai szervezetek megvitatták, véleményezték, és örömmel várják azt, hogy a rögzített feltételeknek megfelelő fémhulladékok elnevezése másodlagos öntödei alapanyag/újrahasznosítható anyag legyen.
- Véltetően 2011 szeptemberétől indul a Lukács Sándor Szakiskolában (Győr) ismét a nappali tagozatos öntő szakmunkásképzés a szakértők által megvitattott „járműipari alkatrészgyártó” elnevezéssel. A képzési anyag (elméleti és gyakorlati tartalma) akkreditálása már megkezdődött.
 - 2009. október 11–13-ig az OMBKE Öntészeti Szakosztályával együtt Tapolcán rendeztük meg a XX. magyar öntőnapokat. A nagy sikerűnek és magas színvonalúnak minősített konferencia és kiállítás – ha szerény mértékben is – pénzügyileg is nyereségesen zárult.
 - Nyomatékosan kérte a főtitkár a megjelent cégek képviselőit, hogy ne csak elvárják a MÖSZ folyamatos munkavégzését, hanem a szükséges adatszolgáltatásokkal, szakmai anyagok véleményezésével, a szakmai rendezvényeken a részvételükkel segítsék is azt.
 - Örövendetesen nőtt azon tagvállalatok száma, amelyek a MÖSZ által szemlézett 12 külföldi szakfolyóirat egy-egy szakcikkét az év során rendszeresen megkérlik.
 - 2009 szeptemberében a III. Fazolanapok keretében megtartott tudományos konferencián szövetségünk elnöke, *dr. Sohajda József* (Csepel Metall Kft.) „Pro Facultate” kitüntetését kapott a Miskolci Egyetem Műszaki és Anyagtudományi Kar dékánjától, míg a Magyar Öntészeti Szövetség Dr. Nándori Gyula- emlékéremet adományozott *dr. Fegyverneki Györgynek* (NEMAK Győr Kft.).
 - Örövendetes, hogy az elmúlt két évhez képest némileg javult a helyzet, 2010-ben mindhárom MÖSZ-díjra érkezett pályázat.
 - 2009-ben és 2010 első felében nem érkezett javaslat a MÖSZ alapszabályának módosításra.
 - Az ügyvezető főtitkár elmondta, hogy amennyiben az év első negyedéve során tapasztalt tagdíjfizetési fegyelem megmarad, úgy 2010-ben a megküldött költségvetési terv tartható, nem szükséges a hat éve változatlan tagdíjak emelése.
 - Korábban mindenki megkapta *Temesváriné Béky Erzsébetnek*, az Ellenőrző Bizottság elnökének jelentését, melynek főbb megállapításai a következők voltak:
 - az egyszerűsített éves beszámoló szabályszerű, megbízható könyvelésen alapszik. A MÖSZ a számviteli nyilvántartásait és könyveit a számvitelről szóló 2000. évi C törvény és a vonatkozó kormányrendeletekben megfogalmazott sajátosságok figyelembevételével vezeti;
 - a MÖSZ 2009. évi beszámolója a Szövetség vagyoni, pénzügyi és jövedelmi helyzetéről megbízható és valós képet mutat;
 - a MÖSZ gazdasági helyzete továbbra is kiegyensúlyozott;
 - a tárgyévi eredmény 181 E Ft volt, mely teljes mértékben megfelel a 2009. évre elfogadott költségvetési tervben foglaltaknak (0 Ft tervezett eredmény);
 - az EB a MÖSZ 2010. évi költségvetésének tervezetét is megvizsgálta, és javasolta a közgyűlésnek a 18 300 E Ft főösszegű terv elfogadását.

Végül a főtitkár köszönetet mondott *Gál Györgynek* (Caster Kft.) és *Győri Imrénének* (Magyarmet Bt.) a MÖSZ-díjak elkészítésének önzetlen támogatásáért.

Az 1. és a 2. napirendi pont tartalmát a közgyűlés az írásos előterjesztés és a szóbeli kiegészítés alapján egyhangúlag, ellenszavazat és tartózkodás nélkül elfogadta.

A 3. napirendi pont keretében az ügyvezető főtitkár a korábban megküldött írásos anyaghoz szóbeli kiegészítést tett a szövetség létszámának elmúlt évekbeli változásáról, és a tagdíjbevételek gyakran

több negyedével később beérkező alakulásáról. A napirendi ponthoz hozzászólás nem volt.

A 3. napirendi pont tartalmát a közgyűlés az írásos előterjesztés és a szóbeli kiegészítés alapján egyhangúlag, ellenszavazat és tartózkodás nélkül elfogadta.

A 4. napirendi pontban *dr. Takács Nándor*, a MÖSZ-díj Kuratórium elnöke ismertette a 2010. évi MÖSZ-díjak odaítélésének eredményét és méltatta a díjazottak munkáját.

A MÖSZ Életmű-díjat az elnökség *dr. Tóth Levente* okl. kohómérnöknek, a Miskolci Egyetem Műszaki és Anyagtudományi Kara nyugalmazott oktatójának ítélte a hazai felsőfokú öntészeti szakoktatás területén végzett több évtizedes munkájának elismeréseként.

A MÖSZ-díj Kuratórium javaslatára a Kiváló Fiatal Öntész MÖSZ-díjat *Szombatfalvy Anna* okl. kohómérnök, doktorandusz kapta, aki a technológia- és gyártásfejlesztés területén elért, kiemelkedően tartalmas, az öntészeti Al-Si ötvözetek olvadékainak több éves, gyakorlatban is jól hasznosuló eredményeket hozó vizsgálatait foglalta össze pályázatában.

Ez évben szintén a technológia- és gyártmányfejlesztés kategóriában ítélte oda a Kuratórium a MÖSZ-díjat *Duró László* okl. kohómérnöknek, az Euro-Metall Öntöde Kft. gyárigazgatójának a környezetvédelem területén több mint 15 éven keresztül kifejtett sokrétű és eredményes munkája elismeréseként.

A díjakat *dr. Sohajda József*, a Szövetség elnöke ünnepélyes keretek között adta át a kitüntetetteknek (1. kép).

A 4. napirendi ponthoz tartozó tájékoztatást a közgyűlés tudomásul vette.

Az 5. Egyebek napirendi pont keretében *dr. Lengyel Károly* részletes tájékoztatást adott a 2011. június 28-a és július 2-a között Düsseldorfban rendezendő GIFA-METEC-THERMPROCESS-NEWCAST szakkonferenciák előkészítéséről.

Több hozzászólás nem lévén, *dr. Sohajda József* rövid, értékelő zárszavát követően a jelenlévők közös ebédet vettek részt a Savoyai-kastély éttermében.

Dr. Hatala Pál

PETER, PASCHEN

Őn – Zeusz – Jupiter: fémek – istenek – csillagászok*

Az őn története a bronzkorszakra nyúlik vissza. Az őn és a réz az emberiség legrégebben használt fémjei. A fémeket a legrégebb kultúrákban istenekhez, csillagokhoz, tehát a valláshoz és a csillagászathoz, a bolygók jelképéhez kapcsolták. Az őn („Zinn”) szó eredete: a hétnapos hét. Az őn fém és Zeusz/Jupiter között szellemi-fizikai kapcsolat van.

1. Bevezetés

A fémek a fa és a kő mellett az emberiség legrégebben használt anyagai. A kőkorszak az őstörténet azon része, amelyben a fémek még ismeretlenek voltak, az eszközöket fából, csontból és kőből készítették. Az emberiség történetében ezután a réz- és bronzkorszak következett. Ezek földrajzilag vagy alig voltak szétválaszthatók, vagy pedig átfedték egymást. A fémek kb. 9000 éve ismertek. Először a színeket, tehát lényegében az aranyat tudták használni. A kohászat, a fémek kinyerése ércikből, 6000 évre nyúlik vissza. A réz, az őn, és ötvözetük a bronz, az emberiség legrégebbi használati fémjei. A használati fém kifejezés egyaránt vonatkozik különböző eszközök és fegyverek anyagára, de az ékszerekre és dísz tárgyra is.

A fémeket kezdettől fogva csillagokkal és istenekkel, tehát a csillagászattal és a vallással hozták összefüggésbe. A fémek a kultúra javai, ellentétben a PVC-vel. Az

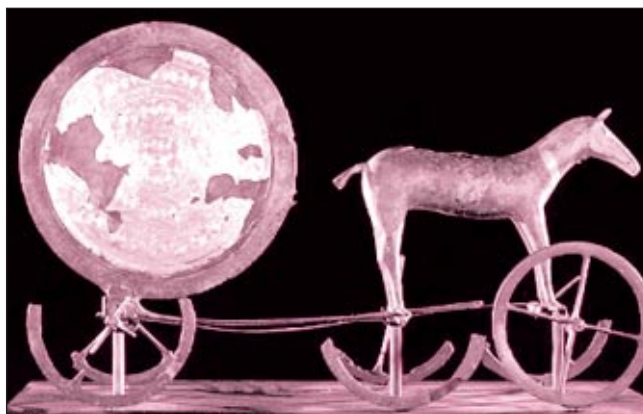
arany esetében a Napra asszociálunk, pl. a Rajna kincse vagy az Aranygyapjú esetében stb. Ebben az értekezésben az őn áll a közép-pontban, de ötvözőelemként vagy „szerepre méltó” alkotóként említésre kerül a réz szerepe is. Az 1–3. ábrán különféle bronztárgyak láthatók.

2. Az őn mint fém

A leggyakoribb őnérc a kassziterit vagy ónkő. A név eredetére később visszatérek. Vegyi képlete SnO_2 , tehát őn-dioxid. Jellegzetes őnérc az ónkova vagy sztanit, amely egy kettős őn-vasszulfid ($\text{Cu}_2\text{FeSnS}_2$). Ez azonban alig jön számításba ipari nyersanyagként, de helyileg réz- és ezüstércként lehet jelentősége. A nyers érc óntartalma nagyon alacsony,

1% nagyságrendű, ezért kohósítás előtt dúsítani kell. Ez nedvesen, fizikai-mechanikai eljárásokkal, zagylepítéssel és flotációval történik. Az így nyert dúsítmány 40–70% fémot tartalmaz. A dúsítmány szén hozzáadásával lángkemencében kb. 1250 °C hőmérsékleten kohósítják fémónná (4. ábra).

Mivel az ércben lévő vas is redukálódik, szükséges egy második redukációs lépcső



1. ábra. A trundholmi napszekér. Kr. e. 14–13. sz.



2. ábra. A strettwegi kultikus szekér. Hallstatti kor. Kr. e. 5. sz.

Em. O. Univ. – Prof. Dr. mont Dr. h. c. Peter Paschen felsőfokú kohászati tanulmányait Leobenben és Aachenben végezte 1955 és 1960 között. 1965-ben doktorált, majd 1973-ban habilitált. Huszonkét éven keresztül az iparban dolgozott Franciaországban, Németországban, Hollandiában. Brazíliában a kölni KHD Humboldt Wedag AG testvér-intézményének, a von Otto Deutz do Brasil-nak volt a vezetője. 1984-ben meghívták a Leoben Egyetemre a kohászati technológiák és fémkohászat professzorának, ahol 2003-ban emeritált. A Miskolci Egyetem Peter Paschen professzort 2005-ben Dr. h. c. tiszteleti doktorává fogadta.

* Az eredeti cikk a World of Metallurgy – ERZMETALL 61 (2008) No. 6 számában jelent meg, a szerző és a szerkesztőség engedélyével közöljük.



■ **3. ábra.** Különböző használati és dísz tárgyak bronzból. Kr. e. 1700–500 (Nemzeti Múzeum, Koppenhága)

alkalmazása is. A keletkező termék nyers-ón és ónszegény salak. A nyers-ón elektrolízissal tovább tisztítható. Az ón és ötvözetek felhasználási területei: lágyforrasztók, bronzok, csapágyötvözetek alkotója, fémtárgyak ónnal történő bevonása korrózióvédelem céljából, továbbá dísz tárgyak, pl. tányérok, kupák, gyertyatartók, harangok és orgonasípok anyaga.

Az ón nem tömegfém, jelenleg évi 400 ezer tonnát kohósítanak belőle, főleg Kínában, Indonéziában, Malajziában, Peruban, Thaiföldön és Bolíviában. A felhasználásban is Kína vezet lóhosszal az USA, Japán és Németország előtt. Jelenleg az

ón ára kb. 10 euró/kg, ezzel kétszer olyan drága mint a réz, és fele annyiba kerül mint a nikkel. A világ éves óntermelésének értéke kb. 4 Mrd euró, szemben a réz 100 Mrd euró/éves termelési értékével.

3. A bronz

A legtöbb bronz ónbronzzal, azaz réz-ón ötvözet 1-30% óntartalommal. Ezen kívül létezik alumíniumbronzzal, ólombronzzal, berilliumbronzzal stb. A bronz keményebb mint az ón, és jobb a kopásállósága, ugyanakkor kiváló a korrózióállósága is. A műszaki életben szerelvények gyártására, a hajóépítésben, az elektrotechnikában, csapágyfémként, valamint a művészetben (harangöntés, szobrok, érmék, plakettek stb. készítése) használják.

Az antik korban a bronzot használati eszközök, fegyverek, de mindenképp szobrok készítéséhez használták. A továbbiakban a bronzalatt elsősorban mint ón és réz ötvözetével foglalkozunk.

4. Az ón elnevezése

Ó-Mezopotámiából és az utána következő babiloni korból származik a „kassziterit” történelmi kifejezés a görög „kassiteros”= ón szóból. Ehhez társul a rejtélyes származási hely, a Kassziteridek szigetcsoportja. Ennek helyét az antik korban soha-

sem tisztázták, feltehetően egy eltűnt vagy képzeletbeli szigetcsoportról van szó, valahol az Azori-szigetek és Nagy-Britannia között.

A német „Zinn” szó az ógermán és ókelta „tina” (angolul „tin”, franciául „étain”) szóból származtatható, ami később a korai felnémetben „zin” vagy „zihn” szóra módosult, ennek eredete a „zeinen”, ami magyarul botot vagy vesszőt jelent.

A bot görög neve „skeptron”, németül „Zepter” (= jogar), és ezen a jelképen át válik világossá az ón közelsége a legfelsőbb uralkodóhoz.

A manapság használt „Sn” vegyjel *Berzelius* javaslata alapján a latin stannumból került a nevezéktanba. Órab szövegekben a „zawus” kifejezés szerepel, ami Jupitert jelent.

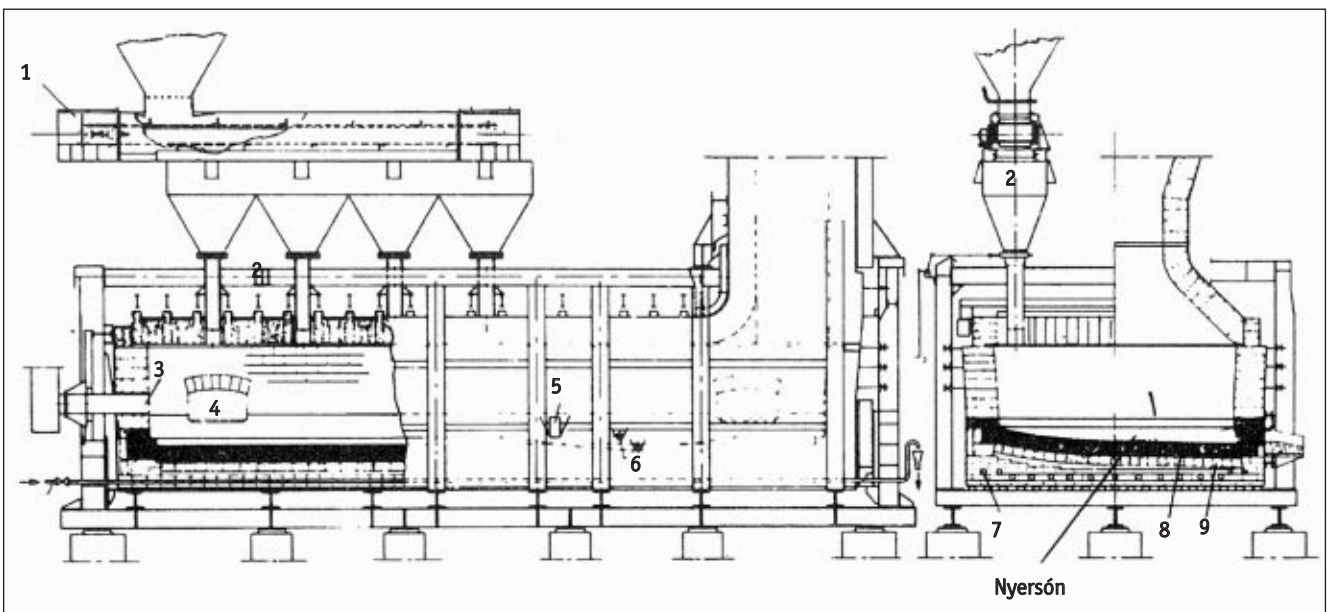
5. Az ón a korábbi kultúrákban

5.1. Assur¹/Babilon

A bronz feltalálójaként az asszírok tűzistenüket nevezik meg. Mai szövegfordítás szerint: „Te vagy az ón és a réz vegyítője”. A tűz istene Görögországban Zeusz volt.

5.2. Egyiptom

Itt gyűrűket és egyéb ékszereket találtak, a múmiák mellett amuletteket, valamint bronzajtókat és istenszobrokat a Kr. előtti második évezredből.



■ **4. ábra.** Ónércolvasztó lángkemence (1 – láncos szállítószalag, 2 – adagoló siló, 3 – égő, 4 – kezelőajtó, 5 – salakcsapolás, 6 – óncsapolás, 7 – hűtővízvezeték, 8 – kemény samott, 9 – nyers magnézit)

¹ Az ókori Asszíria első, névadó fővárosa volt. (Szerk.)

5.3. Az antik Görögország

Homérosz Iliászában (Kr. e. 8. század) többször fordul elő a „kassiteritos” szó, pl. ékszerekkel vagy Akhilleusz lábszárvédjével kapcsolatban. Hippokratész és Arisztotelész ónedényeket és konyhai eszközöket írt le. A Kr. e. 5. vagy 6. században élő költőtől, Hésziodosztól ered a következő mondat: „A Föld Zeusz nyilaitól felgyújtva hatalmas tűzvészben olvadt meg, mint a tégelyben hevített ón, amely derék férfiak művészete segítségével szerteömlik.” A kohászok mindig fontos emberek voltak.

6. Csillagászat

Kr. e. 5000 és 4000 között jött létre a csillagászat. Hazája feltehetően a Közel-Keleten Babilonban és Egyiptomban volt. Mivel az égitestek megfigyelése volt a Földön élő emberek számára az egyetlen lehetőség, hogy tájékozódjanak a Nap, a Hold és a csillagok alapján, az életterüket

Nap	☉	Arany
Hold	☾	Ezüst
Merkur (Hermész)	☿	Higany
Vénusz (Aphrodité)	♀	Réz
Mars (Árész)	♂	Vas
Jupiter (Zeusz)	♃	Ón
Szturnusz (Kronosz)	♄	Ólom

■ 5. ábra. Az antik kor égitestei, kapcsolatuk az istenekkel és a fémekkel

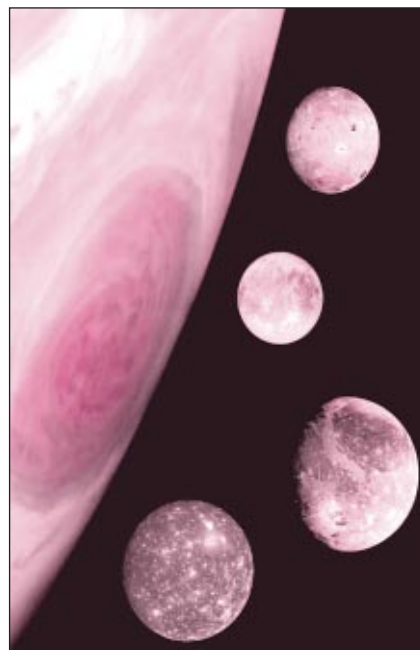
ehhez igazították. Ez transzcendenciához, égi valláshoz vezetett, ami a csillagászaton alapult. Az isteni lények láthatóvá és kiszámíthatóvá váltak, mikor is az állandóan mozgó égitestekkel azonosították őket.

Ismert a következő híres mondás: „Kínában a csillagok istenekké, Babilonban az istenek csillagokká váltak.” Így a babiloniak isteneik szemébe nézhettek és a csillagok az istenek jelképeivé váltak.

A hét „mozgó” csillaggal (=istenek) a hetes szent számmá lett és bevezették a hétnapos hetet (1. táblázat).

1. táblázat. A hétnapos hét

Sonn-Tag (vasárnap)	angolul	Sun-day
	franciául	dimanche
	olaszul	domenica
Mond-Tag (hétfő)	angolul	Monday
	franciául	lundi (Luna = hold)
	olaszul	lunadi
Diu(Mars)-Tag (kedd)	angolul	Tuesday
	franciául	mardi
	olaszul	martedì
Woden (Merkur)-Tag (szerda)	angolul	Wednesday
	franciául	mercredi
	olaszul	mercoledì
Donar/Jupiter-Tag (csütörtök)	angolul	Thursday (Thunder=villám)
	franciául	jeudi
	olaszul	giovedì
Freia/Venus-Tag (péntek)	angolul	Friday
	franciául	vendredi
	olaszul	venerdì
Saturn-Tag (szombat)	angolul	Saturday
	franciául	samedi
	olaszul	sabato



■ 6. ábra. A négy Galilei-hold méretarányos ábrázolása a Nagy Vörös Folt előtt (felülről lefelé Io, Europa, Ganymédész és Kallisztó)

A réze a tükör a fogantyúval, Vénusz/Aphrodité jele, a szépség istennőjét dicsőíti.

A Jupiter Zeuszhoz való hozzárendelése természetes. A Jupiter naprendszerünk legnagyobb bolygója, így úgyszólván az uralkodó, és körülötte gyülekeznek az „alattvalók”, a holdak (6. ábra).

7. A bolygók jelképei

A csillagok istenekké, az istenek csillagokká váltak. Jelképekkel kötötték össze őket egymással. Először a bolygók jelöléstörténetét adták meg, majd következett az istenek, és később a fémek kapcsolata. Az 5. ábra bemutatja az antik kor hét égitestét és kapcsolatukat az istenekkel.

A továbbiakban a Jupiter/Zeusz és a Vénusz/Aphrodité kérdést tárgyaljuk. Az ón jelképe a legfelsőbb istennek, Zeusznak a hatalmát jelző jogar, amely tehát Jupiter és Zeusz személyéhez van rendelve.



■ 7. ábra. Zeusz és az óriások (Pergamon Múzeum, Berlin)



■ 8. ábra. Correggio: Ganümedesz elrablása (Művészettörténeti Múzeum, Bécs) Zeusz átváltozó képességét az itt bemutatott három megjelenési forma bizonyítja



■ 9. ábra. Correggio: Zeusz és Antiopé (Louvre, Párizs)

csillogó égbolt istene. Aphrodité/Vénusz a női szépség, a csábítás és az érzéki szerelem istennője. Csillagászatilag szoros kölcsönhatásban álltak egymással, és így módon a földi életben gyakorolt befolyásukban is. A görög isteneket teljesen emberivé alakították.

A kör bezárul: a csillagok az istenek révén határozzák meg az emberek életútját, és nagyon is emberi módon a férfi és a nő viszonyát. Jupiter és Vénusz – a kohászatban az ón és a réz – szoros kapcsolatban vannak az ötvöződés során.

9. Zeusz/Jupiter ábrázolások a képzőművészetben (7-10. ábra)

Az antik kor leghíresebb istenszobra az olümpiai Zeusz-templomban az ülő Zeusz 12 m magas szobra volt, és *Pheidiasz* munkáját dicsérte. A szobrot Kr. e. 420-ban *Pauszaniász* írta le. Zeusz jelképei a következők voltak: jobb kezében Niké, a győzelem istennője, bal kezében egy jogar (!),

Fém	Isten	Bolygó
Ón	Zeusz	Jupiter
Világos, csillogóan sugárzó.	A legnagyobb Isten, nagy a kisugárzása, fényes ég, „nap”	A legnagyobb forró bolygó, nagy sugárzás, olvadt felszín.
Nagyon folyékony.	Áramló életvitel.	Óriási gravitáció, csillagászati kölcsönhatása Vénusszal.
Jól nedvesítő.	Jó kapcsolatteremtő.	Több millió éves, orkánszerű viharok, számos holdja van.
Más fémekkel, különösen a rézzel, jól ötvözhető.	Óriási vonzerő, intenzív kapcsolat Aphroditéhez/Vénuszhoz.	A bolygók „királya”.
Jól alakítható.	Nagy átváltozó képesség.	Hatalmas villamos kisülések.
Nagy korrózióállóságú.	Örök élet, orkánerejű viharok, számos lény veszi körül.	
„Királyi fém”	Az istenek „királya”. A villám, mint uralkodói jellemző.	
Jele: ☿	Jele: ☿ (A jogar, mint királyi jelkép.)	Jele: ☿

8. A vallás

A görögök átvették a csillagok és istenek babiloni csillagászati összekapcsolását, és ezeket ráhagyományozták a rómaiakra. Zeusz/Jupiter volt a főisten, a fényes,



■ 10. ábra. Bartolomeo Ammanati: Léda a hattyúval (Bargello Múzeum, Firenze)



■ 11. ábra. A New York-i Szabadság-szobor (Ez rézzel borított acélszerkezet! – Szerk.)

W. A. MOZART
Sinfonie in C
(„Jupiter-Sinfonie“)
KV 551
Vollendet Wien, 10. August 1788

Allegro vivace

■ 12. ábra. Mozart 12. (C-dur) szimfóniája, a Jupiter-szimfónia

amelyen egy sas ült. A szobor egyike volt a világ hét csodájának, de ma már nem létezik.

10. Háromszlopos ábrázolás: fémbolygó-isten kapcsolata

A 2. táblázat párhuzamba állítja és összehasonlítja az ónt, a Jupiter bolygót és Zeusz istenséget.

11. Jelenkori vonatkozások

A fém ón ma is nélkülözhetetlen alkotója a fémek széles palettájának. Nagy értéke a magas árban mutatkozik meg, amely jóval felette van az alumínium, a réz, a cink és az ólom tömegfémek árának. Ez a jövőben is így marad, mert csekély a más fémekkel vagy nemfém anyagokkal történő helyettesítés lehetősége. Bronzszobrok a modern korban is sokhelyütt léteznek (11. ábra).

A Jupiter „örök időkre” naprendszerünk uralkodó bolygója marad.

De mi marad Zeuszból? Pl. az olimpiai játékok, amelyeket Zeusz tiszteletére 1000 éven át rendeztek meg Olümpiában Kr. e. 776-tól Kr. u. 393-ig. A játékok ideje alatt egész Görögországban béke volt, „az isten békéje”. 1896-tól rendezik meg az újkori olimpiai játékokat.

Kultúránkban még valami emlékeztet Zeuszra, Mozart Jupiter szimfóniája (12. ábra). Mi más lehet a végkövetkeztetés: az ón isteni fém és csodálatos a viszonya a rézhez.

Fordította: **Harrach Walter**

Beszámoló az OMBKE Mosonmagyaróvári Helyi Szervezetének 2009. esztendei tevékenységéről

Már hagyományosnak mondható, pörgő ritmusú évet zártunk 2009-ben Mosonmagyaróváron. Szerveztünk saját rendezvényeket, és ha tehetjük, mentünk a társ-szervezetekhez is. Erősítettük kapcsolatainkat a környező kohászati jellegű cégekkel, és jelentős létszámgyarapodást könyvelhetünk el.

Vezetőségi üléseinket rendszeresen Enesén, az L-Duplex Pivó Öntődében tartottuk *Pivarcsi László* elnök vezetésével. Az év első felében legfontosabb feladatunk a szokásos szigetközi rendezvényünk megszervezése volt, mely létszámából és programjából adódóan nem kis feladatot ró a helyi szervezőkre. Mindezek mellett sem feledkeztünk meg március 15-én a városi koszorúzásról, amelyen szervezetünkben is egyre többen vesznek részt, külön kiemelendő, hogy minden alkalommal egyenruhában (*1. kép*).

Június 19-én és 20-án zajlott le a XVI. Tudományos Szakmai Nap rendezvénye Dunaszigeten. A program keretében üzemlátogatáson voltunk a MOFÉM Rt.-nél, majd érdekes előadásokat hallgathattunk a geológia témaköréről a kohászati több szakterületről. Köszönet illeti az előadókat az érdekes témákért, a szakmai nap sikeréért. Este természetesen a szokásos szakestéllyel, balekavatással zárult

az első nap. A második napon az esős idő ellenére is sokan vettek részt a hajókiránduláson a Mosoni-Dunán.

Igyekeztünk fenntartani rendezvényeink között az üzemlátogatásokat, ezzel is erősítve a szakmai kapcsolatokat. Ennek keretében jártunk júliusban a Mikropulver Kft.-nél, megtekintve a bányaterületet, majd a homokosztályozó üzemrészt. Köszönjük *Kiss Ernő* ügyvezetőnek a szíves vendéglátást és az érdekes szakmai programot.

Szintén érdekes rendezvény volt október 10-én, amikor a HOLCIM Lábatlani üzemét tekinthettük meg *Zubács Róbert* kohómérnök kolléga vezetésével (*2. kép*). Előadást hallhattunk a cementgyártásról, a gyár terveiről. *Chris Nilsen* ügyvezetőtől úgy búcsúztunk, hogy a gyár minden nagyobb fejlesztésekor újra eljövünk. Ezen rendezvények után ismételten megerősödött az elhatározásunk, hogy nem fogjuk elhagyni ezeket a szakmai utakat, sőt lehetőséget teremtünk esetleg más szervezet tagjainak is a részvételre. Nem csak a szakmai része fontos ezen utaknak, hanem az emberi is azáltal, hogy olyan cégekkel kerülünk kapcsolatba, ahol szakmatársaink dolgoznak és olyan személyes ismeretségek kötődhetnek, melyek a gazdasági életben kamatozhatnak.

Az év során a szigorú szakmaiságon kívül természetesen igyekeztünk eljutni a társszervezetek vidámabb rendezvényeire, szakestélyeire is. Így voltunk Székesfehérváron, Tatabányán és Mórton, ahol igaz szakmai és emberi szeretettel vártak minket, remek estét tölthetünk együtt vendéglátóinkkal.

Külön kiemelném a taglétszám alakulását szervezetünkben. A valamikori mosonmagyaróvári kereteket kinőve egyre több tagunk van Győrből a NEMAK Győr Kft.-től, de már az AUDI Hungaria Motor Kft.-től is, Eneséről, Páparól és Lábatlanról. Talán az ipari fellendülés hozza mindent, de örömmel tapasztaljuk, hogy fiatal mérnökollégák kerülnek ezen cégekhez, és nem kell sok rábeszélés, hogy mielőbb egyesületünk tagjaivá váljanak.

Továbbra is külön figyelmet fogunk fordítani arra, hogy erősítsük a kapcsolatot a szakmáinkhoz tartozó cégekkel, megismerjük az ott dolgozó kollégákat, hogy mielőbb szervezetünk tagjaivá váljanak. Ez a folyamat indokolja, hogy 2010-ben névváltoztatást hajtsunk végre, és az új vezetőség feladatává tegyük egy nagyobb területi egység alapú szervezeti felállás megszervezését.

Csutak István



■ 1. kép. Koszorúzás március 15-én



■ 2. kép. Üzemlátogatás a Holcim lábatlani üzemében

Szakmai nap Inotán

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztály Inota csoportja szakmai napot tartott 2010. április 29-én a „Magyar Ezüst” kultúrház nagytermében. A rendezvényen 25 fő vett részt, inotai aktív tagok és nyugdíjasok, valamint a Székesfehérvári csoport tagjai.

Az összejövetelen az INOTAL Zrt. elmúlt időszakban és jelenleg is folyó fejlesztéseinek bemutatására két előadás hangzott el (1. kép).

A szalaglyukadás-vizsgáló működésének tapasztalatait és további vizsgálati módszerek bevezetésének lehetőségeit *Friedrich Zoltán* technológus ismertette. Ezekkel a módszerekkel javulni fog a szalagminőség, illetve a rejtett hibák a gyártás korai szakaszában felderíthetők lesznek.

Dr. Nagy Ferenc a Lauener II. öntőgép

beruházástól elvárt eredményekről, a beruházás jelenlegi állapotáról, az üzembe helyezés tervezett időpontjáról és feladatairól adott tájékoztatást. A gépsor üzembe állításától jelentősen bővülni fog a cég ötvöztetszalag gyártási kapacitása.

Mindkét előadónak sok kérdést tettek fel a hallgatóság sorából. Az előadások után a vendégek egy üzemlátogatás kere-



1. kép. Az előadások hallgatósága

tében kaphattak bővebb információkat az INOTAL Zrt. működéséről. A rendezvény kötetlen beszélgetéssel zárult.

Huszics Zoltán

Egy érdekes levél Moszkvából – Fjodor F. Ol'szkij visszaemlékezése

Az Almásfüzitői Timföldgyár történetével foglalkozó és 2008-ban elhunyt *id. Kaptay György* állította össze a „Füzitői életrajzok” sorozatot. Ehhez csatlakozik az alábbi moszkvai levél is, amelyet még ő fordított és felesége adott át az Almásfüzitői Hírek c. lapnak. Az alumíniumipari, és főleg az egykori timföldgyári kollégáknak érdekes lehet egy szovjet igazgató gyermekének visszaemlékezése, aki azóta is a magyarok és a szakma barátja maradt.

1952 szeptemberétől 1954 júliusáig *Fjodor Fjodorovics Ol'szkij* (1896-1964) volt a MASZOBAL Rt. kötelékében működő Almásfüzitői Timföldgyár igazgatója. Fia, az akkor 5-7 éves *Fjodor (Fegya)* nemcsak édesapjára emlékezik, hanem azt is leírja, mi maradt meg gyermekkorának Almásfüzitőn eltöltött éveiből.

A levél szerkesztett változatát az alábbiakban közöljük:

Gyermekkorom legszebb emlékei Almásfüzitőhöz kötődnek. Mi a Kiskolónián, a Sztálin út 1. alatti házban laktunk. Először csak *Natasával (Kozsevnikov* főenergetikus kislányával) barátkoztam, aki a szemben lévő házban élt. Ő megkísérelte átadni nekem magyar tudását, de én csak néhány szót sajátítottam el.

A szüleim megértették, hogy egy öt-

éves gyermek nem tud egy indoeurópai nyelvet önállóan megtanulni, ezért az én magyar tanárom rövidesen *Tóth János* tolmács lett. Ő nemcsak figyelemre méltó pedagógus, de jó pszichológus is volt. Az órák a kiskolóniai (műszaki) szállóban folytak. Gyakran töltöttem az időmet a gépkocsiban is a sofőrrel, *Horváth János* bácsival, aki magyarul olvasott nekem szép irodalmi nyelven írt olyan szövegeket, amelyeket *Tóth Jánostól* kapott. A kezdeti nyelvtanulás birtokában a baráti gyermekcsapatban kezdtek megszűnni a problémák.

A csapathoz *Natasa, Zita, Postás Laci* fivére és nővére, *Demín Misi* bácsi gyermekei, *Misi és Erzsí* tartoztak. Volt még két lány a boltból, egyikük rendszeresen segített a mamájának, és néha helyettesítette is őt az üzlet pultjánál. Gyakran játszottunk a szálló körül, vagy valamelyik barátunk udvarában. Olykor elszaladtunk a barakkokhoz, ahol azok az internáltak laktak, akik a gyárban dolgoztak. Az örök néha jelvényeket és régi sapkakokárdákat ajándékoztak nekünk. A barakkok után a kultúrházat építették fel gyerek fürdőmedencével, ahol gyakran fürdöttünk. Az élet a művelődési ház felépítésével, ahol ping-pongasztalok is voltak, egyre vidámabb

lett. Gyakran rendeztek koncerteket és ünnepi felvonulásokat. Különösen a szüreti multság emlékezetes számomra, amikor az új fehér borból (mustból?) bizony jó sokat ittam.

Amikor a barátaim elkezdtek iskolába járni (többségük egy-két évvel idősebb volt nálam), akkor a nap első felét apámmal töltöttem a gyárban, ahol számomra legemlékezetesebb a jellegzetes „timföldszag” volt, ami engem a szappanfőzés szagára emlékeztetett.

Zita, aki iskola után gyakran népitánc szakkörbe ment, egyszer megvendégtelt birsalma kompóttal, aminek a csodálatos ízére mindig emlékezni fogok.

A fiúk közül *Postás Laci* volt a legjobb barátom, de ő a családjával együtt hamarosan a Nagykolóniára költözött egy új házba. *Natasa* családja pedig hamarosan hazautazott. *Misi és Erzsí* később mentek iskolába, így hazautazásunk előtt az időm nagy részét velük töltöttem.

Demín Misi bácsi sokszor meghívott magukhoz ebédelni, ahol én már családtagnak éreztem magam. *Nagy Ferenc* házában szerettem az üres galambólban ücsörögni, ahová legtöbbször *Margit* lánya ültetett fel engem. Amikor a szüleim elutaztak valahová, *Gyarmati néni* ügyelt rám.

Gyakran voltam egy magyar-orosz család házában, az apa gépészként dolgozott a gyárban. A családnak két lánya volt, *Nyina* és *Róza*. Nyina Budapesten élt és tanult, a családnevét sajnos nem tudom felidézni. Arra viszont emlékszem, hogy minden eltört gyermekjátékot, pl. egy baxitszállító teherautót, megjavított a mostohaapjuk.

A neveléssel gyakorlatilag Horváth József foglalkozott, aki nagyon művelt, szerény és jószándékú ember volt. Józsi bácsi volt az én magyar apám, s mint valódi keresztény, mindig csak a jóra tanított. Nagyon szomorú volt, amikor én neveletlenül viselkedtem. Emlékszem, hogy nagyon sokat dohányzott. Kiváló vadász

volt. Tőle kapta emlékül családnak annak a mátyásmadárnak a trófeáját, amely moszkvai otthonunkban a falon függött egy nagyon szép tölgyfa faragványon.

Egyszer otthon megsebesült az egyik ujjam, és az üzemorvosi rendelőbe kellett menni, hogy levegyék róla a körmöt. Akkor engem nagyon sok gyerek elkísért, olyanok is, akiket nem is ismertem. Megvárták az operáció végét, hogy segítsenek, ne keseredjek el nagyon. Amikor mindez befejeződött, megértettem, hogy ez nem gyermeki kíváncsiság volt. Ez olyan szívbeli rokonszenv megnyilvánulása és átélése volt, amit soha nem felejték el.

Ettől a pillanattól kezdve én lekötözöttnek éreztem magam a magyarok iránt,

ezért négy évtizede gyűjtöm a magyarság származásával, őstörténetével foglalkozó anyagokat, és ebben a témakörben publikálok is.

Felhasználom az alkalmat, hogy üdvözetemet küldjem Almásfüzitő minden lakójának, akiket én valamikor közelebről vagy távolabbról ismertem.

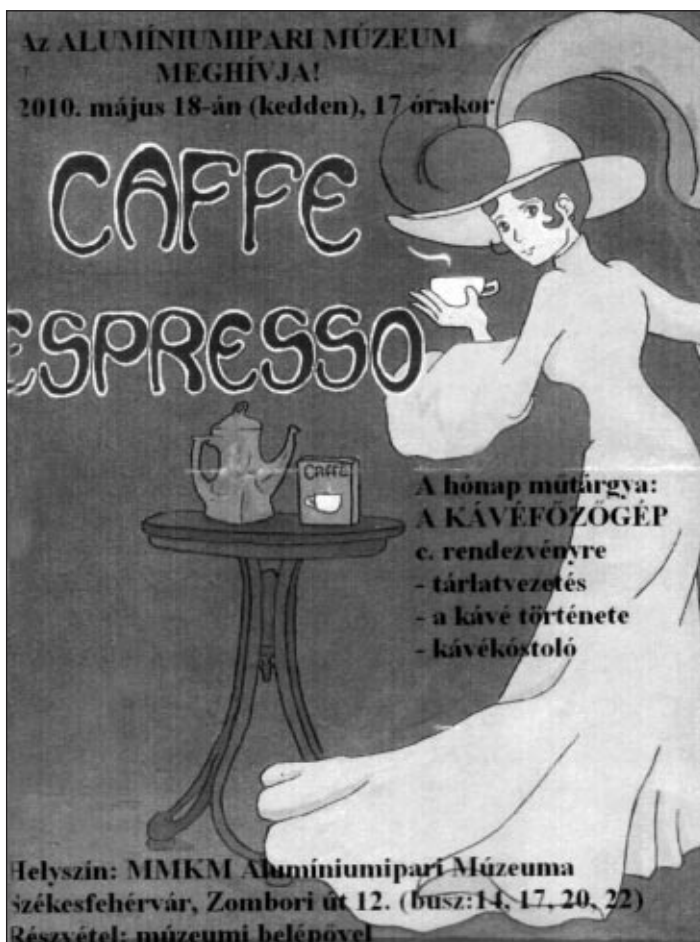
Az Isten nevében bocsássanak meg nekem.

Mindig az Önök „magyarbarát” Fegyája.

E kis közleménnyel (Almásfüzitői Hírek, 2008. 8. sz. p. 11.) szeretnénk kiegészíteni „A magyar ezüst története” c., 1997-ben megjelent kötetet.

■ MÚZEUMI HÍREK

Új időszi kiállítás az MMKM Alumíniumipari Múzeumban



■ 1. kép. A kiállítás plakátja

Caffe Espresso címmel a kávéról és a kávéfőzésről, pontosabban a kávéfőzőgépekből nyílt időszi kiállítás Székesfehérváron (1. kép).

A kiállítás elsősorban a kávéfőzés történetét, illetve eszközeit mutatja be, kihangsúlyozva a hazai fejlesztéseket és bemutatva a régi és új presszógép típusokat.

A május 18-án megnyílt kiállítást kis előadás vezette be, amelyben a múzeum munkatársa, *Kulich Erzsébet* felvázolta a kávéivás elterjedését és legendáit, valamint kitérte a 20. századra.

A hagyományok alapján ismertette, hogy a kávézás kezdetei Jemenbe nyúlnak vissza, ahonnan az arab világban kezdett elterjedni, és Kis-Ázsián keresztül a törökök révén jutott el Európába. Eleinte az „ördög italának” tartották, ezen a véleményen volt a katolikus egyház is, de végül is rájöttek, hogy a kávé mégsem az ördögtől való, viszont kellemes és élénkítő ital.

Kétféle kávéminőség, amelyet különböző arányban kevernek ma is, adja meg a kávéfajták különbségét: az egyikben több az aromaanyag, a másikban több a koffein. Végül bemutatta a kávéfőzés modern technikáját, azaz az eszpresszókávé, amely illatosabb, ha „rövid” kávé kérünk, s koffeinben gazdagabb, ha „hosszú” kávé fogyasztunk.

Ezt követően *Kovács Istvánné* múzeumigazgató vezette körbe a résztvevőket a kiállítás két termén, felhívta a figyelmet a hazai fejlesztésekre és a mai típusokra is. A kiállításon nemcsak sajtolt, de alumíniumból öntött kávéfőzők is láthatók.

ok-

BUZA GÁBOR

A lézersugaras anyagmegmunkálás energiaviszonyai III.

Avagy: mire megy el az energia?

A cikksorozat első két részében a lézersugaras anyagmegmunkálás energiaviszonyainak áttekintéséhez szükséges fontosabb gondolatok szerepeltek. A harmadik, befejező részben a mélyvarratos lézersugaras hegesztés körülményeire alkalmazzuk az előző két rész gondolatmenetének megfontolásait. Láthatjuk, hogy a lézersugaras hegesztés eredményeinek metallográfiai módszerekkel és energiamentiség számításokkal történő elemzése olyan eredményekre is vezethet, melyek a hagyományos modellezési módszerek alkalmazásával csak nagy nehézségek árán és jelentős bizonytalansággal remélhetők.

Ahogy az előző két cikkben [1] és [2] áttekintettük, érzékelhető, hogy a lézersugaras technológiák valós energiaigényének meghatározása a veszteségek egyenkénti számbavételén és meghatározásán keresztül komoly nehézségekbe ütközik mind számítás, mind mérés útján történő próbálkozás esetén. Néhány esetben azonban van mód arra, hogy inverz módon értékeljük a lézersugaras kezelés energiaviszonyait. Anyagtudományi megközelítés alapján például lehetséges, hogy azt határozzuk meg mérés és számítás útján, mennyi energiára volt szükség az anyagban bekövetkezett, technológiailag megkívánt változáshoz.

Ez valójában a modellezés egy ritkán alkalmazott módszere, ami egyes esetekben a legcélravezetőbb mód a nehezen kibogozható összefüggések feltárására. Ilyen esetnek mutatkozik pl.: a hővezetési és a mélyvarratos hegesztés, vagy a lézersugaras felületedzés.

Az ilyen irányú megközelítés eredménye tájékoztató jellegű adatokkal szolgálhat többek között arról, milyen hatékonyságú az adott technológia, van-e elvi esélye a termelékenységek növelésének. A kapott eredményeket egyébként érdemes összevetni az azonos célú hagyományos

technológiák hatékonyságával, költségeivel, műszaki jellemzőivel. Alapos, több szempontot figyelembevevő értékelés alapján kell ugyanis eldönteni azt, hogy pl.: egy hegesztett kötet milyen technológiával érdemes (gazdaságos) létrehozni.

Az alábbiakban egy speciális, lézersugaras mélyvarratos tompahegesztés kísérletsorozatának eredményein keresztül mutatjuk be a lézersugár energiahasznosulás értékelési módszerének alkalmazását.

Termodinamikai számítások

A hegesztés során a technológiai cél a munkadarabok részleges megolvasztása az oldhatatlan kötés létrehozása érdekében. A megolvasztott térfogat nagysága a hegesztendő darab, ill. a hegesztés geometriai jellemzőitől, a hegesztendő darabok anyagától és a technológiai adottságoztól, kötöttségektől függ. Általában kedvező, ha a hegesztendő anyagnak csak kis térfogatát olvasztjuk meg, vagyis a munkadarabokkal fajlagosan (pl.: a varrat hosszúságára vonatkoztatva) kis mennyi-

változások mértéke csökkenthető. Ebben a tekintetben általános vélekedés, hogy a koncentrált energiabevitelű technológiák (pl.: elektronsugaras vagy lézersugaras) kedvezőbbek a hagyományosoknál.

Meg kell jegyezni, hogy a varrat térfogatának minimalizálása nem lehet minden esetben cél. Ennek belátása érdekében végezzünk vakvarratos és tompavarratos lézersugaras hegesztési kísérleteket. A kísérletek előtt tekintsük át, mi az, amit mérni és amit számolni akarunk.

Az előző részekben ([1] és [2]) bemutatott szemlélet szerint, hegesztés esetében, a varrat túlhevítés nélküli megolvasztásához szükséges energia a hasznosult energia. Több energia közlése „fölösleges”, amennyire lehetséges ennek mértékét csökkenteni kell. Azzal persze tisztában kell lennünk, hogy azt az ideális állapotot, amikor „fölösleges” energiát nem közlünk az anyaggal, jól ismert fizikai jelenségek (hőszugárzás, hővezetés stb.) miatt nem tudjuk megvalósítani. A célunk ennek tudatában mégis az, hogy a hegesztésre fordított energia többsége az olvadék létrehozására fordítódjék. Ez azt jelenti, hogy tiszta vas esetén a hasznosult energia számításához a szobahőmérséklettről az $\alpha \rightarrow \gamma$ fázisátalakulásig hevítéshez, az $\alpha \rightarrow \gamma$ fázisátalakuláshoz, az $\alpha \rightarrow \gamma$ fázisátalakulástól a $\gamma \rightarrow \delta$ fázisátalakulásig hevítéshez, a $\gamma \rightarrow \delta$ fázisátalakuláshoz, $\gamma \rightarrow \delta$ fázisátalakulástól az olvadáspontig hevítéshez, valamint az olvasztáshoz szükséges energia összegét (Q_{olv}) kell meghatározni.

$$Q_{olv} = \int_{T=293}^{T=T_{\alpha \rightarrow \gamma}} c_{pa} dT + \Delta H_{\alpha \rightarrow \gamma} + \int_{T=T_{\alpha \rightarrow \gamma}}^{T=T_{\gamma \rightarrow \delta}} c_{p\gamma} dT + \Delta H_{\gamma \rightarrow \delta} + \int_{T=T_{\gamma \rightarrow \delta}}^{T=T_{olv}} c_{p\gamma} dT + \Delta H_{olv} \quad (1)$$

Dr. Buza Gábor szakmai életrajzát lapunk 2010. évi 2. számában közzeltük.

szerű energiát közlünk, mert így a vetemelés és a nem kívánatos anyagszerkezeti

ahol: $T_{\alpha \rightarrow \gamma}$ a vas $\alpha \rightarrow \gamma$ fázisátalakulásának

$T_{\gamma \rightarrow \delta}$	határhőmérséklete, K
T_{olv}	a vas $\gamma \rightarrow \delta$ fázisátalakulásának határhőmérséklete, K
$c_{p\alpha}$	a vas olvadáspontja, K
$c_{p\gamma}$	az α -ferrit állandó nyomáson érvényes fajhőjének hőmérséklet-függvénye, kJ/kgK
$c_{p\delta}$	az ausztenit állandó nyomáson érvényes fajhőjének hőmérséklet-függvénye, kJ/kgK
$\Delta H_{\alpha \rightarrow \gamma}$	a vas $\alpha \rightarrow \gamma$ fázisátalakulásához szükséges hőmennyiség, kJ/kg
$\Delta H_{\alpha \rightarrow \delta}$	a vas $\alpha \rightarrow \delta$ fázisátalakulásához szükséges hőmennyiség, kJ/kg
ΔH_{olv}	a vas olvadáshője, kJ/kg

A hatásfok, vagyis az η_h hegesztési teljesítményhasznosulás mértéke a technológiai paraméterek, a mért varratgeometriai jellemzők és az anyagállandók ismeretében számítható:

$$\eta_h = \frac{P_h}{P_0} \cdot 100 = \frac{A \cdot v \cdot \rho \cdot Q_{olv} \cdot 100}{1000 \cdot 60 \cdot P_0} \quad (2)$$

ahol:

P_h	hasznosult (olvasztásra fordított) teljesítmény, kW
P_0	a lézersugár teljesítménye, kW
A	a varrat (olvadék) keresztmetszete, cm^2
v	előtolási (hegesztési) sebesség, cm/perc
ρ	sűrűség (acél = 7,8) kg/dm^3
Q_{olv}	fajlagos olvasztási energiaigény (vas = 1.296), kJ/kg [3]

A hatásfok számításához az A értékét kell mérni, ami például számítógépes képelemzés segítségével lehetséges.

Az energiaviszonyok részletesebb elemzésére további, mérésen és számításra alapuló becslésre van lehetőségünk, ha vizsgálódásunk során a varrat hőhatás-övezetét, annak nagyságát is figyelembe vesszük. Szerencsére a korszerű mérés-technika segítségével sok acélminőség esetén jól látható és mérhető a varrat hőhatás-övezetének területe is a maratott metallográfiai csiszolaton.

Az ilyen összetett energiaviszonyok egyszerű becslése érdekében tételezzük fel, hogy a maratott metallográfiai képen látható alapanyag és hőhatás-övezet határának hőmérséklete a $\gamma \rightarrow \alpha$ fázisátalakulás hőmérséklete volt (nem vesszük figyelembe az ausztenitesedés kinetikáját). A hő-

hatás-övezet varrat (olvadék) felőli felülete pedig az anyag olvadáspontjának hőmérsékletét érte el. Ebben az esetben nem vesszük figyelembe az úgynevezett kevert zóna (olvadék + szilárd) létét. Úgy vesszük, mintha a folyékony és a szilárd halmazállapotú rész határa nem a szokásos oszlopos vagy dendrites kristályokból állna, ami a kristályosodási határ felszínét erősen tagolttá tenné. Ez az egyszerűsítés azért nem jelent nagy pontatlanságot a lézersugaras hegesztés során, mert az intenzív hőközlés és olvadékaramlás miatt az olvadás hatására a front alakja valóban nem tagolt. A kristallitokat az olvadék egy front mentén olvasztja fel, mintegy átvágva azokat. A hőközlés megszűnésével az „átvágott” kristályok kezdenek növekedni az olvadék rovására, vagyis epitaxiális kristályosodás kezdődik. Ezért nem látszik a mikroszkópos képen tagoltnak a varrat határa, inkább a síkfrontos kristályosodásra jellemző alakúnak tűnik.

Ötvözetek esetén a fenti számításban persze az olvadáspontot általában a likvidusz hőmérsékletekkel kell helyettesíteni, hiszen a homogén alapanyag teljes megolvastásához el kell érni a likvidusz hőmérsékletet. A lézersugaras kezelések során érvényesülő nem egyensúlyi viszonyok és az olvadék intenzív áramlása miatt a koncentrációkülönbség hatása nem jut szerephez.

A hőhatás-övezetbe jutott energia nagyságának becslésekor közelítő adatként elfogadhatjuk, hogy a hőhatás-övezet alapanyag felőli felülete éppen annyi energiát kapott, amennyi a szobahőmérsékletéről az $\alpha \rightarrow \gamma$ fázisátalakulás hőmérsékletére hevítéséhez és az $\alpha \rightarrow \gamma$ fázisátalakulás energiaigényének fedezéséhez szükséges ($Q_{\alpha/\gamma} = 618$ kJ/kg) [3].

$$Q_{\alpha/\gamma} = \int_{T=293}^{T=T_{\alpha-\gamma}} c_{p\alpha} dT + \Delta H_{\alpha \rightarrow \gamma} \quad (3)$$

A hőhatás-övezet olvadék felőli oldala az anyag olvadáspontjára hevítéséhez szükséges energiát ($Q_{\delta/olv} = 1.049$ kJ/kg) [3] kellett hogy kapjon, természetesen az olvadáshő energiaigénye nélkül.

$$Q_{\delta/olv} = \int_{T=293}^{T=T_{\alpha-\gamma}} c_{p\alpha} dT + \Delta H_{\alpha \rightarrow \gamma} + \int_{T=T_{\alpha-\gamma}}^{T=T_{\gamma \rightarrow \delta}} c_{p\gamma} dT + \Delta H_{\gamma \rightarrow \delta} + \int_{T=T_{\gamma \rightarrow \delta}}^{T=T_{olv}} c_{p\delta} dT \quad (4)$$

Mivel a mélyvarratos lézersugaras hegesztés hőhatás-övezetének vastagsága

lényegesen kisebb (az alábbi példában < 1 mm) mint a hagyományosaké, ezért további egyszerűsítésre van lehetőségünk azáltal, hogy a hőhatás-övezet által felvett energia becsléséhez a két energia számtani középértékének ($Q_{\text{átlag}}$) és tömegének szorzatát használhatjuk.

$$Q_{\text{átlag}} = \frac{Q_{\alpha/\gamma} + Q_{\delta/olv}}{2} \quad (5)$$

Tudjuk tehát, hogy az olvadék létrehozásához legalább 1.296 kJ/kg, a hőhatás-övezet létrehozásához pedig 618 kJ/kg energiára van szükség. Érdekes azonban arra is gondolni, hogy a hőhatás-övezet létrehozás energiaigényének számításakor két szemlélettel élhetünk, ami egyben két végletet is jelent (ebből már sejtjük, a valóság a kettő között van). Az egyik véglet szerint a hőhatás-övezet létrejöttét a lézersugár közvetlenül és egyedül eredményezte (deus ex machina). A másik szerint a hőhatás-övezet térfogatának $\alpha \rightarrow \gamma$ fázisátalakulás hőmérsékletre hevítését a varrat hőtartalma fedezi, miközben az az olvadék állapotból a fázisátalakulás hőmérsékletére hűl. Mind a két esetben feltételezzük, hogy nincs sugárzásos és hőátadási veszteség a darab felületén.

A fentiek tisztázása után néhány valós kísérlettel vizsgáljuk meg, milyen hatása van a technológiai paramétereknek a lézersugaras hegesztés körülményei között. Tegyük ezt két megközelítésben:

1. Csak az olvadék létrehozásához szükséges hőmennyiséget tekintjük hasznosultnak;
2. Figyelembe vesszük a hőhatás-övezet kialakulásának energiaigényét is.

A mélyvarratos hegesztési kísérletek anyaga 6 mm vastag, melegen hengerelt, kis karbontartalmú, mikroötvözött minőségű acéllemez volt: az ISD Dunaferr Zrt. szerinti S355 MC típusú acél vegyi összetétele a következő (1. táblázat).

Mérési adatok

A vakvarratos lézersugaras hegesztési

kísérleteket 8 kW fénytelsítményű, $k = 0,97$ sugárminőségű, Rofin-Sinar gyárt-

1. táblázat. A vizsgált S355 MC acéllemez vegyi összetétele

C%	Mn%	Si%	P%	S%	Al%	Cr%	Nb%
0,064	0,574	0,203	0,012	0,008	0,058	0,12	0,015

2. táblázat. Mély-, ill. vakvarratos kísérlet sorozat paraméterkombinációi 6 mm vastag acéllemezen

Sor-szám	Hegesztési sebesség, m/perc	Fókusz-helyzet, mm	Bifokalitás, mm
1	3,0	4,1	0,9
2	1,2	0,0	0,9
3	2,0	0,0	0,9
4	3,0	0,0	0,9
5	1,2	+2,0	0,9
6	2,0	+2,0	0,9
7	3,0	+2,0	0,9
8	1,2	-2,0	0,9
9	2,0	-2,0	0,9
10	3,0	-2,0	0,9
11	1,2	0,0	0,8
12	2,0	0,0	0,8
13	3,0	0,0	0,8
14	1,2	+2,0	0,8
15	2,0	+2,0	0,8
16	3,0	+2,0	0,8
17	1,2	-2,0	0,8
18	2,0	-2,0	0,8
19	3,0	-2,0	0,8
20	1,2	0,0	1,0
21	2,0	0,0	1,0
22	3,0	0,0	1,0
23	1,2	+2,0	1,0
24	2,0	+2,0	1,0
25	3,0	+2,0	1,0
26	1,2	-2,0	1,0
27	2,0	-2,0	1,0
28	3,0	-2,0	1,0

mányú (típus: DC 080) lézerberendezéssel végeztük. A hegesztőfej fókusz távolsága 250 mm. A fókuszáló parabolatükör osztott, két darabból áll. A két parabolatükördarab egymáshoz képest elmozdítható, így a 15 mm átmérőjű „nyers” sugárnyaláb két pontba fókuszálja (bifókusz). A bifokalitás mértéke 0 és 1 mm között mikrométerek segítségével állítható. A hegesztési védőgáz He volt, a lemez fölött 10 l/perc, alatta 2 l/perc intenzitással, a lemez síkjával 45°-os szöget bezáró, 8 mm átmérőjű fúvókán keresztül. A védőgáz fúvásának iránya ellentétes a hegesztés irányával (hátrafelé irányított).

Az első hegesztési kísérlet sorozatban három technológiai paraméter hatását vizsgáltuk a varrat geometriájára: (v) a hegesztés sebességét, (f) a fókusz helyzetét

3. táblázat. Mély-, ill. vakvarratos kísérlet sorozat paraméterkombinációi 4 mm vastag acéllemezen

Sor-szám	Lézersug. telj., W	Hegesztési sebesség, m/perc	Fókusz-helyzet, mm	Bifokalitás, mm
1	7800	2	0	0,9
2	7800	3,5	0	0,9
3	7800	5	0	0,9
4	7800	2	2,5	0,9
5	7800	3,5	2,5	0,9
6	7800	5	2,5	0,9
7	7800	2	5	0,9
8	7800	3,5	5	0,9
9	7800	5	5	0,9
10	7000	2	0	0,9
11	7000	3,5	0	0,9
12	7000	5	0	0,9
13	7000	2	2,5	0,9
14	7000	3,5	2,5	0,9
15	7000	5	2,5	0,9
16	7000	2	5	0,9
17	7000	3,5	5	0,9
18	7000	5	5	0,9
19	6000	2	2	0,76
20	6000	3	2	0,76
21	6000	4	2	0,76
22	6000	2	3	0,76
23	6000	3	3	0,76
24	6000	4	3	0,76
25	6000	2	4	0,6
26	6000	3	4	0,6
27	6000	4	4	0,6
28	7800	2,8	5,1	0,9

(defókusz) és (b) a bifokalitás mértékét. A paraméterkombinációkat a 2. táblázat tartalmazza.

A másodikban az előzővel azonos acélminőségű, de 4 mm vastag lemez vakvarratos lézersugaras hegesztési kísérleteinek eredményét vizsgáltuk. Ebben az esetben a kapcsolódó technológiai műveletek lehetővé tették, hogy ne kelljen kihasználni a sugárforrás teljesítőképességét. Ezért ebben a kísérlet sorozatban egy új paraméter, a lézersugár teljesítményének hatását is vizsgálni lehetett a hegesztési varrat alakjára (3. táblázat).

A kísérlet sorozatokban a paraméterek megválasztása során nem volt cél a lemezek áthegesztése, annál inkább a ritkán alkalmazott, változtatható lézersugár bifokalitás varratgeometriára gyakorolt ha-

tásának értékelése. A varrat és a hőhatásövezet területi adatait a 28 db 1 m hosszú varrat elején, közepén és végén, összesen 84 keresztmetszeten vizsgáltuk.

Általános példaként két hegesztési vakvarratról készült metallográfiai képet mutatunk be (1. ábra). Az egyik esetben nem olvadt át az acéllemez, a másikban igen.

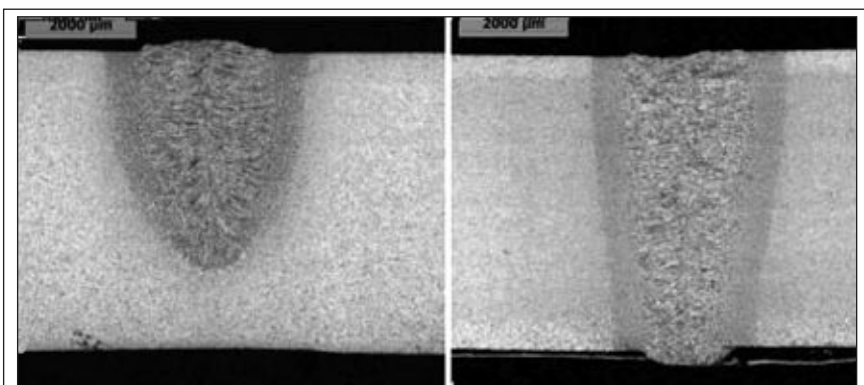
A kísérlet sorozatok mérési és számítási eredményeiből számos következtetés vonható le, melyek közül, a számítási eredmények részletezése nélkül, most csak néhányat emelünk ki. A vizsgált paramétertartományban

- a hegesztési varrat túlhevítés nélküli létrehozására a lézersugár teljesítményének átlagosan 38,25%-a fordítódott (min.: 15,8%, max.: 65,67%);
- a varrat túlhevítés nélküli megolvasztásához és a hőhatásövezet felhevítéséhez együttesen a lézersugár teljesítményének átlagosan 53,86%-ára volt szükség (min.: 22,15%, max.: 92,27%);
- a varrat túlhevítés nélküli megolvasztására és a hőhatásövezet felhevítésére fordítódott energiamennyiségek viszonya: varrat/hőhatásövezet = 71%/29% arányban alakult (a hőhatásövezetre fordított hányad min.: 21,5%, max.: 43,16%);
- a varrat túlhevítés nélküli megolvasztására a nagyobb hegesztési sebesség esetén fordítódik nagyobb energiahányad;
- a varrat túlhevítés nélküli megolvasztására a kisebb bifókusz távolság esetén fordítódik nagyobb energiahányad.

Meg kell jegyezni, hogy a kísérleti körülmények között meghatározott energiahasznosulás, ami a varrat túlhevítés nélküli megolvasztása szempontjából a legjobb eredményeket adja, nem eredményez minden esetben teljes átolvadási, vagyis gyakorlati szempontból indifferens. A 6 mm vastag lemez esetében a 2. ábra mutat erre példákat.

Ez is igazolja, hogy a műszaki feladat megoldásához a hasznosult energiának a mérésen és számításon alapuló meghatározása önmagában nem szolgáltatja az optimális lézersugaras hegesztési paramétereket, de az adatok kiértékelése számszerűsített iránymutatást ad a technológiafejlesztés folyamatában.

A 2. ábrán látható diagram alapján az a következtetést lehet levonni, hogy a vizsgálati körülmények között a varrat és

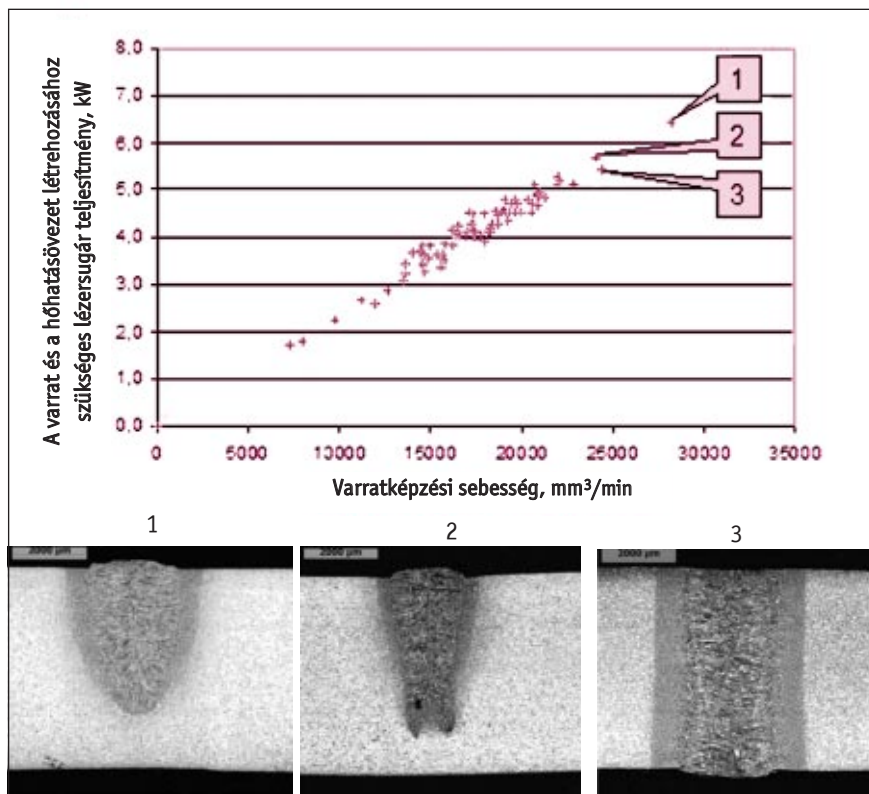


Olvadék területe:	8,510mm ²	Olvadék területe:	12,033 mm ²
Hőhatásövezet területe:	5,719mm ²	Hőhatásövezet területe:	9,382mm ²
Hegesztési teljesítmény:	28,220 cm ³ /perc	Hegesztési teljesítmény:	14,439 cm ³ /perc
Hegesztési sebesség:	3,0 m/perc	Hegesztési sebesség:	1,2 m/perc
Fókuszhelyzet:	-2,0 mm	Fókuszhelyzet:	+ 2,0 mm
Bifokalitás:	0,8 mm	Bifokalitás:	0,8 mm
Lézersugár teljesítménye:	7,8 kW	Lézersugár teljesítménye:	7,8 kW
Mintavétel helye:	varrat közepe	Mintavétel helye:	varrat vége

■ 1. ábra. Vakvarratos hegesztési kísérlet eredményéről készült metallográfiai csiszolatok

a hőhatásövezet nagysága között egy közel állandó viszony van. 84 hegesztési varrat adatait értékelve az tapasztaltó, hogy a hőhatásövezet létrehozására fordított energia a két rész (hőhatás + varrat) összegéhez viszonyítva átlagosan

28,8%. Ettől az értéktől az átlagos abszolút eltérés nagysága 2,81%. Ez jelentheti azt, hogy a hőhatásövezet létrejöttének energiaigényét a varrat hűlése során elvezetett energia jelentős mértékben befolyásolja, a kettő között



■ 2. ábra. A három legjobb varratképzési sebességhez tartozó varratgeometria

kapcsolat van. A varrat térfogatának növekedése maga után vonja a hőhatásövezet térfogatának növekedését. A feltart viszonyszám jellemzi a lézersugár minőségét, energiaeloszlását, a hegesztett anyag minőségét és a hegesztési technológiát egyaránt.

Megfontolások

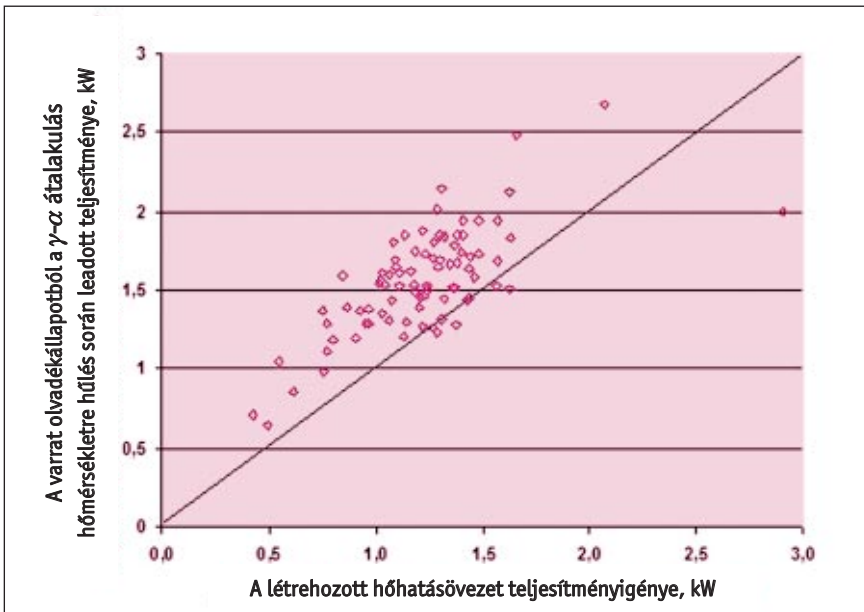
A 2. ábra diagramján ábrázolt, hasznosult lézersugár-teljesítmény adatok számítása az (1)-(5) egyenletek alapján történt. Ez azt jelenti, hogy a hegesztési varrat létrehozásához, vagyis a varrat térfogatának megfelelő mennyiségű acél megolvasztásához és a hőhatásövezet térfogatának megfelelő mennyiségű acél ausztenítéséhez szükséges teljesítmény összege szerepel a diagram függőleges tengelyén. Megfontolandó azonban, hogy az olvadék, amíg lehül a $\gamma \rightarrow \alpha$ fázisátalakulás hőmérsékletére, a környezetét hevíti. Vagyis az olvadék hűlése maga is képes hőhatásövezetet létrehozni. Nem feltétlenül kell hozzá a lézersugár energiája.

Végezzünk egy gondolatkísérletet. Mekkora térfogatú anyagot képes auszteníteni az olvadék állapotú varrat, ha a $\gamma \rightarrow \alpha$ fázisátalakulás hőmérsékletére hűlése során leadott energia csak a hőhatásövezet létrehozására fordítódik. Érdemes ezt a térfogatot összevetni a metallográfiai módszerrel mért hőhatásövezet nagyságával (3. ábra).

Meglepő eredményre jutottunk. A lézersugaras hegesztési varrat a hűlése során nagyobb hőhatásövezetet hozhatott volna létre, mint amekkorát a metallográfiai vizsgálatok során mérni lehetett. Ennek több oka is lehet. Ezek közül két, különböző szempontú megközelítés:

- A gyors hőmérsékletváltozás esetén érdemes lenne az ausztenitációs diagramokban összegzett ismereteket is figyelembe venni. Valószínű ugyanis, hogy nagyobb térfogatú anyag hevült az $\alpha \rightarrow \gamma$ fázisátalakulás hőmérséklete fölé, mint amekkora valóban ausztenitessé vált.
- A varrat nem csak a darabon belüli hővezetéssel adta le energiátartalmát a környezetének. Valószínű, hogy a sugárzásos és a hőátadási hővesztés is szerepet játszott a folyamatban.

A második kísérletsorozatban a lemezollóval vágott lemezek gyors, biztonságos, tompavarratos, hozaganyagmentes



■ 3. ábra. A mért és az olvadék hűléséből származó hőtápaszövet teljesítményigénye

hegesztése volt a végcél. Ebben az esetben már szerepet játszott a gépi ollóval vágott lemezek geometriája is. A hagyományos, egyfókuszos (monofókusz) lézersugár alkalmazása esetén nagy a veszélye annak, hogy a kis átmérőjű fókuszolt hibás hegesztést eredményez. Ezt szemléltetik a 4–6. ábrák.

A 4. ábrán kedvező geometriai viszonyok látszanak, mert ebben az esetben a két, 1,8 mm vastag lemez gépi ollóval vágott élének érintkezési vonalán van a lézersugár optikai tengelye. (A geometriai viszonyokat azért az 1,8 mm vastag lemezen mutatjuk be, mert az ideálistól eltérő viszonyok itt jobban látszanak.) Ha ez lenne a valóság, akkor a monofókusz alkalmazása kis kockázattal járna, mert a

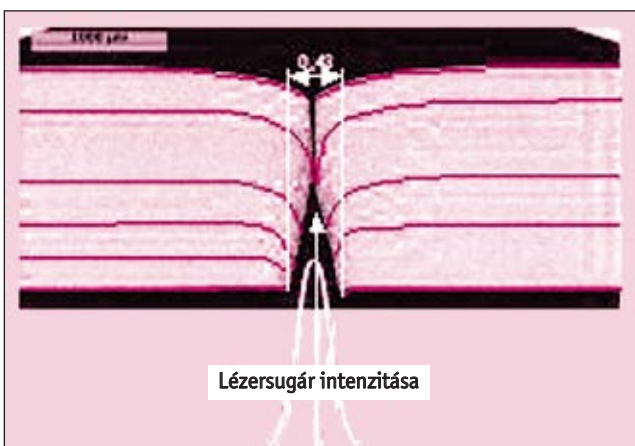
két lemezélet egyenlő mértékben hevítene a lézersugár.

Valós körülmények között a kockázatot ebben az esetben az jelenti, hogy a lemezeknek csak közvetlenül a vágott élre olvad meg (a fókuszolt átmérője kicsi). Ekkor ugyanis a kevés olvadék „ráfuthat” a lemezre, mert az acélt az olvadéka jól nedvesíti. Így a kevés olvadék miatt rés alakulhat ki, amin a lézersugár elnyelődés nélkül halad át (5. ábra). A lemezek hirtelen lecsökkent energiafelvétele következtében az olvadék megdermed, a továbbhaladó lézersugár ismét elnyelődik a lemezek összeillesztett vágott élében. Ennek a folyamatnak egy periodikusan ismétlődő varrat-lyuk-varrat-lyuk kép lesz az eredménye.

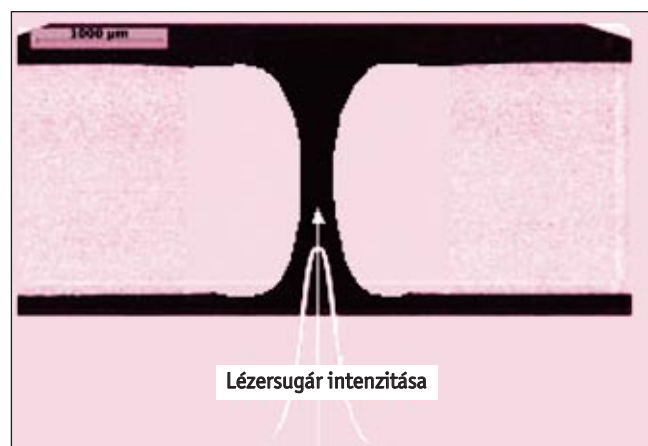
Az alkalmazott lézersugár fókuszoltátmérője (Rofin Sinar DC 080) 0,3 mm. Ez azt jelenti, hogy a kb. 1 m hosszú varrat mentén a lézersugár optikai tengelyének nem szabad 0,15 mm-nél nagyobb mértékben eltérnie a lemezek érintkezési vonalától, mert akkor a 6. ábrán látható hibás hegesztési eredményre jutunk.

A bizonytalan, esetről esetre változó geometriájú vágott felületek (pl.: a lemezolló élének kopása) miatt szükség van a bifókuszos lézersugárra, hiszen nagy biztonsággal csak így érhető el az, hogy a létrehozandó varrat teljes hosszában megolvadjon mind a két lemez éle (7. ábra). A bifokális mértékének (az egymás mellett lévő két fókuszpont közötti távolság) növelésével nő a folyamatos hegesztési varrat létrehozásának biztonsága, de egyben a varrat keresztmetszete is, ami növekvő fajlagos lézersugár energiaigényt jelent. A fajlagosság alatt ebben az esetben az egységnyi hosszúságú varrat létrehozásához szükséges energiaigényt kell érteni. Mindezekből következik, hogy a bifokális mértékének is van optimuma.

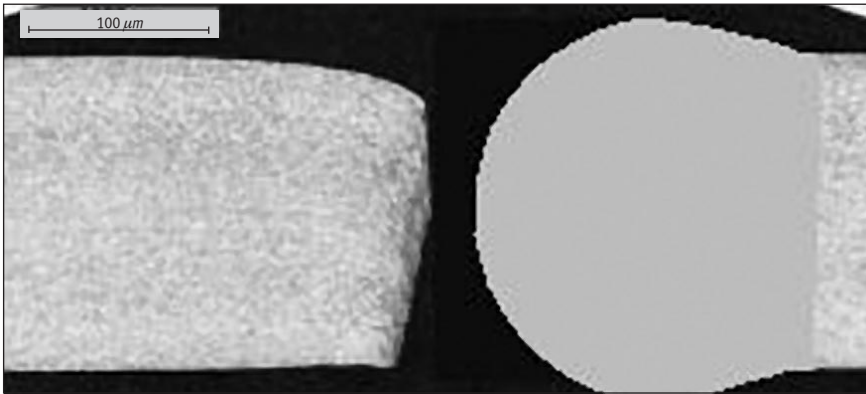
A hegesztési technológia megítélése során a varrat jóságán túl egyéb szempontokat is szükséges értékelni, ha a gazdaságos technológia kidolgozása a cél. Ilyen pl.: az időegység alatt létrehozott varrat térfogata, amit varratképzési sebességként, hegesztési teljesítményként, vagy a lézersugár olvasztási teljesítményként is értékelhetünk. A kísérletek során ennek vizsgálata kapcsán kitűnt, hogy a hegesztési varrat létrehozására fordított teljesítmény növekedése a hegesztési teljesítménnyel lineáris kapcsolatban van. Ezt láttuk a 2. ábrán is. A diagramon szemlél-



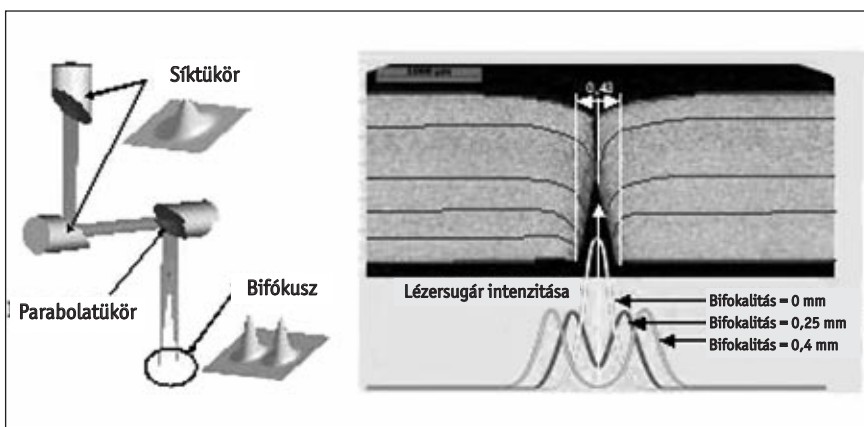
■ 4. ábra. A monofókuszú lézersugár-intenzitás eloszlása az összehegesztendő lemezvégekhez képest



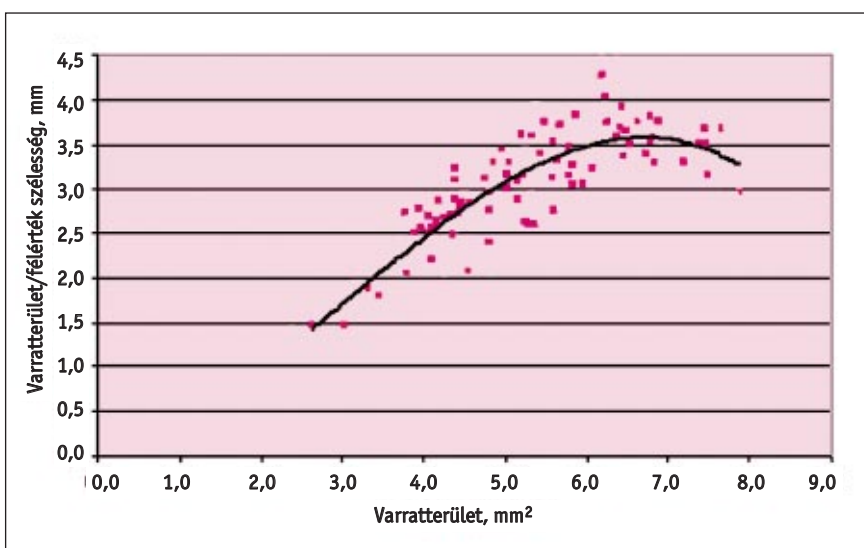
■ 5. ábra. A lemezszelek részleges megolvadásának és a határfelületi energiának következtében kialakuló hegesztési hiba



■ **6. ábra.** Az ideális helyzettől az egyik lemez irányába $>0,15$ mm-rel eltért lézernyílás hatására kialakuló hegesztési hiba



■ **7. ábra.** A bifókuszú lézernyílás intenzitás eloszlása az összehegesztendő lemezvégekhez képest



■ **8. ábra.** A varrat karcsúságának mértéke a varratterület függvényében

tetett kapcsolat azért is érdekes, mert minden adathoz 7,8 kW lézernyílás-teljesítmény tartozik. Csak a hegesztési sebesség (1,2–3 m/perc), a bifokális mértéke (-2 – $+4,1$ mm) és a defókusz (0,8 – 1,0 mm) értékek különbözőek.

Az energia és a geometriai viszonyok értékelése során olyan összefüggéseket is sikerült feltárni, melyek nem lineárisak (8. ábra). A mélyvarratos lézernyílás hegesztés egyik jellemzője, hogy a varrat mélysége nagyobb, mint a szélessége. A varrat szélességét természetesen több helyen is lehet mérni, értékelni. Ebben az esetben a mérés helye legyen a varrat mélységének felénél. A varrat karcsúságát értelmezhetjük a varrat keresztmetszete és szélessége hányadosaként, így mértékegysége a hosszúság mértékegysége lesz. A varrat karcsúságát a varrat területének függvényében ábrázolva (8. ábra) azt tapasztaljuk, hogy a kb. 6 mm²-es varrat-keresztmetszet esetén a legkedvezőbb a varrat geometriája.

Összefoglalás

A három részből álló cikksorozattal az volt a célunk, hogy átfogó képet adjunk a nagyteljesítményű lézernyílás anyagmegmunkálás energiaközpontú szemléletéről. Azt bizonyosan minden olvasó érzi, hogy a három cikk terjedelme sem elegendő ahhoz, hogy valamennyi esetet (sugárforrások, anyagok, technológiák) értékelni lehessen. A lézernyílás alkalmazása egyébként sem tekinthető lezárt fejezetnek a technológiák sorában. Nagyon valószínű, hogy gazdasági szempontok és megfontolások összetett értékelése szemléletváltozáshoz fog vezetni a nagy teljesítménysűrűségű technológiák alkalmazása terén. A cikksorozat a szemlélet alakításához kívánt adalékkul szolgál.

Irodalomjegyzék

- [1] Buza G.: A lézernyílás anyagmegmunkálás energiaviszonyai I., Bányászati és Kohászati Lapok, Kohászat, 2009/142/6 p.: 31-37.
- [2] Buza G.: A lézernyílás anyagmegmunkálás energiaviszonyai II., Bányászati és Kohászati Lapok, Kohászat, 2010/143/2 p.: 33-39.
- [3] I. Barin: Thermochemical Properties of Pure Substances, VCh, 1993, in 2 parts

Határfelületi jelenségek a fémesanyaggyártásban. 3. rész

A görbület indukálta határfelületi erő

A cikksorozat 3. részében Szerző levezeti a görbület indukálta határfelületi erő képletét és összeveti azt a közismert Laplace-nyomással. A görbület indukálta határfelületi nyomás határozza meg a buborékok stabilitásához szükséges belső gáznyomást. A Laplace-nyomást beépítve a Gibbs-egyenletbe megkaphatjuk annak függését a fázis görbületi sugarától, azaz méretétől (Kelvin-egyenlet). A cikkben összehasonlítjuk a Kelvin és Gibbs által adott megoldásokat a nano-fázisegyensúlyok értelmezéséhez.

1. Bevezetés

A cikksorozat első részében [1] megadtuk a határfelületi erők fogalmát és összesen nyolc határfelületi erő típust definiáltunk, melyek mind a természetben, mind a kohászatban (azaz a fémesanyaggyártó technológiákban) fellépnek. A cikksorozat második részében a határfelületi összehúzó erőről és a fúvókákról leszakadó, illetve a folyadékokban emelkedő buborékok méretéről volt szó [2].

A határfelületek nagy része nem sík, hanem görbült. Ebben az esetben a felületre merőlegesen egy határfelületi erő lép fel, ami csak és kizárólag a görbület miatt jelenik meg. Ezért ezt az erőt „görbület indukálta határfelületi erő”-nek nevezzük. Ha az erőt elosztjuk a felülettel, a „görbület indukálta határfelületi nyomás”-hoz jutunk. Ezt a nyomást Laplace vezette be 1806-ban [3]. Hasonlóan a határfelületi összehúzó erőhöz [2], a görbület indukálta határfelületi erő definíciójához is elegendő két fázis és a köztük lévő határfelület jelenléte. Amíg azonban a határfelületi összehúzó erő a felülettel érintőlegesen [2], addig a Laplace-féle görbület indukálta határfelületi erő a felületre merőlegesen hat.

Ebben a cikkben a görbület indukálta határfelületi erő és nyomás képleteit fogjuk levezetni, és azok következményeit fogjuk megvizsgálni. E nyomás megjelené-

Dr. Kaptay György életrajzát lapunk 2009. 3. számában közöltük. Az azóta bekövetkezett változások megtalálhatók a www.kaptay.hu honlapon.

sének legfontosabb következménye az a felismerés lesz, hogy „a méret igenis számít: minél kisebb valami, annál instabillabb”. A Laplace-nyomás tehát egy „antinotechnológiai” hatásként is felfogható, hiszen ez a nyomás a fizikai oka annak, hogy nanoméretű fázisokat mind előállítani, mind stabilizálni erős technológiai kihívást jelent. Ezért a cikk végén kitérünk a nanoanyagok egyensúlyi viszonyaira is.

2. A görbület indukálta határfelületi erő levezetése

A görbület indukálta határfelületi erő levezetéséhez vizsgáljunk egy x sugarú, gömb alakú buborékot, amibe fokozatosan gázt töltünk, és ezért az fokozatosan tágul (lásd 1. ábra). Feltételezzük, hogy mindez gravitációmentes térben történik, ezért a buborék gömb alakú.

A levezetéshez először írjuk fel egy α fázisra, x irányban ható határfelületi erő általános egyenletét (lásd (3) egyenlet [1], illetve [4, 5]):

$$F_{\alpha,x} = -\sum_{i,j} A_{ij}(x) \cdot \frac{d\sigma_{ij}(x)}{dx} - \sum_{i,j} \sigma_{ij}(x) \cdot \frac{dA_{ij}(x)}{dx} \quad (1)$$

ahol $A_{ij}(x)$ az i és j fázisok közötti határfelület x -függő alapterülete (m^2), míg $\sigma_{ij}(x)$ az i és j fázisok közötti határfelület x -függő határfelületi energiája (J/m^2). Az 1. ábrán csak két fázis van jelen, $i = g =$ gáz és $j = f =$ folyadék, e két fázis között pedig egyetlen határfelületet látunk, az $ij = fg =$ folyadék/gáz határfelületet. Ezért az (1) egyenletben lévő összegzés okafo-gyottá válik. Ezen túl tételezzük fel, hogy a

$\sigma_{fg}(x)$ felületi feszültség a buborék lassú felfújása közben nem változik, azaz független x értékétől (ezért a későbbiekben σ_{fg} -ként jelöljük). Ekkor az (1) egyenlet első tagja zérus lesz, és így az (1) egyenlet a következő egyszerűsített alakot ölti:

$$F_{fg,x}^{görb} = -\sigma_{fg} \cdot \frac{dA_{fg}(x)}{dx} \quad (2)$$

ahol a „görb” felső index a „görbület indukálta” megkülönböztetést jelöli, míg az alsó „fg,x” index arra utal, hogy az erő a folyadék/gáz határfelületre merőlegesen hat, sugárirányban kifelé, az 1. ábra szerint (ha az erő előjele negatívra adódik, akkor az erő vektora sugárirányban befelé hat).

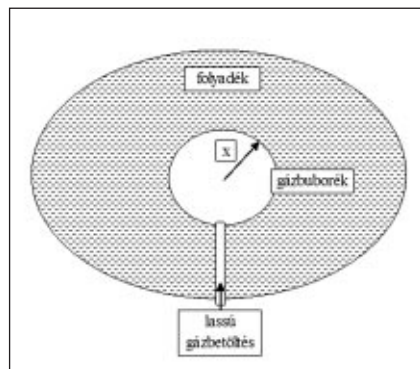
A gömb felületének képlete:

$$A_{fg}(x) = 4 \cdot \pi \cdot x^2 \quad (3)$$

Behelyettesítve a (3) egyenletet a (2) egyenletbe, végeredményben a következő kifejezést kapjuk az x sugarú gömbre ható, görbület indukálta határfelületi erőre:

$$F_{fg,x}^{görb} = -8 \cdot \pi \cdot x \cdot \sigma_{fg} \quad (4)$$

Mivel mind a sugár (x), mind a felületi feszültség (σ_{fg}) csak pozitív értékeket vehet fel, az erő előjele negatív lesz, azaz az erő vektora ellentétes irányú lesz az 1. ábrán bemutatott x vektor irányával. Következésképpen a görbület indukálta határ-



1. ábra. A görbület indukálta határfelületi erő levezetéséhez

felületi erő a gömb felületére merőlegesen befelé, a gömb középpontja felé fog hatni (lásd 2.a ábra).

Egy gömb felülete mentén a sugár (görbület) konstans értékű, ezért a görbület indukálta határfelületi erő egyenletesen oszlik meg a buborék határfelületén. Ezért a (4) egyenlet osztható a (3) egyenlettel, és így nyomás jellegű megnyírást kapunk, amit „görbület indukálta határfelületi nyomás”-nak nevezünk:

$$p_{fg,x}^{görb} = -\frac{2 \cdot \sigma_{fg}}{x} \quad (5)$$

Az (5) egyenlettel leírt nyomásvektor iránya megegyezik az erővektor irányával, azaz a gömb belseje felé hat. A görbület indukálta határfelületi erőre és nyomásra általánosan igaz, hogy a határfelület két oldalán lévő két fázis közül mindig a kisebbik fázist nyomják össze, a fázishatárra merőleges irányban (lásd 2. ábra). Zárt görbült alakzatok esetében tehát a Laplace-nyomás a zárt, kis fázist akarja összenyomni/megszüntetni. Nem zárt görbe felületek esetén (lásd 3. ábra) a Laplace-nyomás a görbült felületek kiegyenesítésére törekszik. Ha ezt megjegyeztük, nincs tovább szükségünk a (4, 5) egyenletekben szereplő előjelekre, sőt, az x alsó indexre sem, illetve az x változót is logikusabb az $r = \text{radius} = \text{sugár}$ jelre cserélni, és így az (5) egyenlet újraírható:

$$p_{fg}^{görb} = \frac{2 \cdot \sigma_{fg}}{r} \quad (5.a)$$

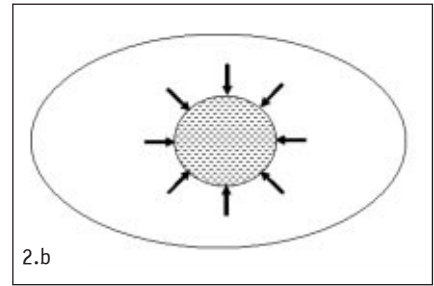
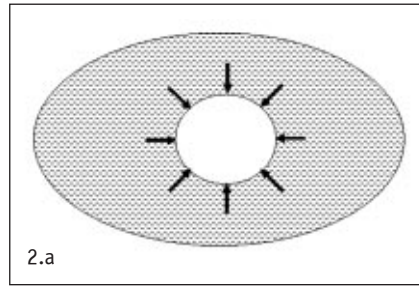
Ugyanerre az esetre Laplace sokkal bonyolultabban, viszont általánosabb érvénynyel a következő egyenletet vezette le [3]:

$$p_{fg} = \sigma_{fg} \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \quad (6)$$

ahol r_1 és r_2 a görbült felület adott pontjához húzható két főgörbületi sugár (definícióját lásd a matematikai kézikönyvekben, pl. [6]). A (6) egyenlet bármilyen görbült felület bármely pontjára alkalmazható. Gömbre $r_1 = r_2 = r$, ezért az általunk levezetett (5.a) egyenlet azonos a Laplace-féle (6) egyenlettel. Bemutatható, hogy az egyezés más görbült felületek esetén is fennáll. Ez azt jelenti, hogy a Laplace-egyenlet is az általános (1) egyenlet egyik aloszlata.

3. Buborékok egyensúlyi belső nyomása

A 4. ábrán egy buborékot mutatunk be egy



■ 2. ábra. A görbület indukálta határfelületi erő (nyomás) illusztrációja „gázbuborék folyadékban” esetre (2.a ábra) és „folyadékcsépp gázban” esetre (2.b ábra)

folyadékban, h (m) mélységben a folyadék felszíne alatt. A buborék sugara r (m), a külső gáznyomás p^0 (Pa). Ekkor a buborék belsejében lévő nyomásnak három nyomástagot kell ellensúlyoznia: a külső gáznyomást, a hidrosztatikus nyomást és a görbület indukálta határfelületi nyomást:

$$p_{bub} = p^0 + \rho_f \cdot g \cdot h + \frac{2 \cdot \sigma_{fg}}{r} \quad (7)$$

ahol ρ_f a folyadék sűrűsége (kg/m^3), $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ (a gravitációs gyorsulás). Ha minden egyéb érték ismert és a buborék belsejében lévő nyomás is mérhető, innen kiszámítható a folyadék felületi feszültsége. Ha 1 mm sugarú buborék emelkedik acéolvadékban 1 m-rel a felszín alatt normál légköri nyomáson, akkor a (7) egyenlet jobb oldalán lévő három nyomástag értéke: $(1 + 0,69 + 0,038) \cdot 10^5 \text{ Pa}$ (amennyiben $\rho_f = 7000 \text{ kg/m}^3$ és $\sigma_{fg} = 1,9 \text{ J/m}^2$ [7]). Tehát 1 mm-es buboréksugár esetén a görbület okozta határfelületi nyomás szerepe mindössze 2,2%. Ez a hatás azonban ezerill. milliószorosra növekszik 1 μm vagy 1 nm sugarú buborék esetén.

A (7) egyenlet hatással van arra, hogy adott gáz anyagmennyiség mellett mekkora egy egyensúlyi buborék sugara. Az egyszerűség kedvéért tételezzük fel, hogy a buborék belsejében az ideális gáztörvény:

$$p_{bub} \cdot V_{bub} = n \cdot R \cdot T \quad (8)$$

ahol V_{bub} a gázbuborék térfogata (m^3), n a buborékban lévő gáz anyagmennyisége (mol), $R = 8,3145 \text{ J/molK}$ (az egyetemes gázállandó), T az abszolút hőmérséklet (K). A gömb alakú buborék térfogata:

$$V_{bub} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \quad (9)$$

Behelyettesítve a (9) egyenletet a (8) egyenletbe, majd az innen kifejezett p_{bub} -

ra kapott kifejezést a (7) egyenletbe, és megszorozva az egyenlet mindkét oldalát r^3 -bel, a következő kifejezéshez jutunk:

$$\frac{3 \cdot n \cdot R \cdot T}{4 \cdot \pi} = r^3 \cdot (p^0 + \rho_f \cdot g \cdot h) + r^2 \cdot 2 \cdot \sigma_{fg} \quad (10)$$

Innen az következik, hogy konstans hőmérsékleten fokozatosan növelve egy buborékban belüli gáz anyagmennyiséget, a buborék mérete komplex módon növekszik (lásd 5. ábra). Ha a buborék sugara 25 μm -nél kisebb, akkor a méret az anyagmennyiség négyzetgyökével nő, míg ennél nagyobb buborékokra a méret az anyagmennyiség köbgyökével növekszik. Az első esetben a felületi tag (lásd a (10) egyenlet jobb oldali második tagját), míg a második esetben a térfogati tag (lásd a (10) egyenlet jobb oldali első tagját) a domináns.

Most számítsuk ki a buborékban lévő gáz sűrűségét. Definíció szerint a sűrűség a tömeg (m , kg) és a térfogat (V , m^3) hányadosa. Figyelembe véve a (8) ideális gáztörvényt, az $n = m/M$ összefüggést ($M = \text{moláris tömeg}$, kg/mol) és a gáznyomás helyett behelyettesítve az (5.a) egyenlettel leírt Laplace-nyomást, a következő kifejezést kapjuk a kisméretű buborékban lévő gáz nyomására:

$$p_g \cong \frac{2 \cdot M \cdot \sigma_{fg}}{r \cdot R \cdot T} \quad (11)$$

Innen számítható az a kritikus buboréksugár (r_{kr}), ami mellett a gáz sűrűsége megegyezik a folyadék sűrűségével. Acéolvadékokra: $r_{kr} = 1,4 \text{ nm}$ (feltételeztük, hogy a gáz argon, azaz $M = 0,0399 \text{ kg/mol}$, $T = 1873 \text{ K}$). Vízben lévő argon buborékokra is hasonló értéket kapunk ($T = 298 \text{ K}$, $\rho_f = 1000 \text{ kg/m}^3$ és $\sigma_{fg} = 0,072 \text{ J/m}^2$): $r_{kr} = 2,3 \text{ nm}$. Ez a számítás ugyan erősen közelítő (amennyiben az ilyen sűrűségű gáz biztosan nem viselkedik ideális gázként), de jól mutatja egyrészt a nanoméreteket, másrészt a görbület indukálta határfelületi

nyomás jelentős hatását. Emellett azt is, hogy miért nem tudunk a kohászati technológiákban nanoméretű buborékokat előállítani (pedig jó lenne, mert egy nanoméretű buborékokból felépített fémhab feltehetőleg szuper tulajdonságokkal rendelkezne).

4. A Gibbs-energia és a Laplace-nyomás kapcsolata

Az anyagegyensúlyokat meghatározó Gibbs-energia képlete egy α fázisra definíció szerint [8]:

$$G_{\alpha}^{\circ} \equiv U_{\alpha}^{\circ} + p^{\circ} \cdot V_{\alpha}^{\circ} - T \cdot S_{\alpha}^{\circ} \quad (12.a)$$

ahol G_{α}° , U_{α}° , V_{α}° és S_{α}° az α fázis standard moláris Gibbs-energiája (J/mol), standard moláris belső energiája (J/mol), standard moláris térfogata (m^3/mol) és standard moláris entrópiája (J/molK). Tételezzük fel, hogy az α fázis egy r_{α} sugarú gömb, amire kívülről standard p° nyomás hat. Amennyiben a gömb kicsi, a nyomástagot ki lehet egészíteni a Laplace-nyomással:

$$G_{\alpha} = U_{\alpha}^{\circ} + \left(p^{\circ} + \frac{2 \cdot \sigma_{\text{eg}}}{r_{\alpha}} \right) \cdot V_{\alpha}^{\circ} - T \cdot S_{\alpha}^{\circ} \quad (12.b)$$

A (12.b) egyenlet egyszerűsíthető a (12.a) egyenlet figyelembevételével:

$$G_{\alpha} = G_{\alpha}^{\circ} + \frac{2 \cdot \sigma_{\text{eg}}}{r_{\alpha}} \cdot V_{\alpha}^{\circ} \quad (12.c)$$

A (12.c) egyenletből azt látjuk, hogy a fázisok Gibbs-energiája annál pozitívabb, minél kisebb a méretük. Tehát minél kisebb egy fázis, annál instabilabb. Ez persze így túlságosan sommás kijelentés, hiszen a fázisegyensúlyokban a különböző fázisok küzdenek egymással. A (12.c) egyenlet szerint a nanoanyag azon állapota fog a méret csökkentésével fokozatosan stabilizálódni, amelyre a határfelületi energia és a moláris felület szorzata minimális.

5. Folyadékcseppek feletti egyensúlyi gőznyomás

Thomson (a későbbi Lord Kelvin) volt az első, aki – ha nem is ebben a formában – használta a (12.c) egyenletet, ráadásul Gibbs művének megjelenése előtt hat évvel [9]. Thomson arra a kérdésre adott máig közel érvényes választ, hogy hogyan változik egy tiszta A folyadék feletti egyensúlyi gőznyomás a csepp méretének csökkenésével. Vizsgáljuk tehát mi is azt

az esetet (lásd 2.b ábra), amikor egy r sugarú, gömb alakú folyadékcsepp lebeg a saját gőzében, zárt rendszerben, konstans hőmérsékleten. Tételezzük fel, hogy a gőz ideális gázként viselkedik. Ekkor a kétfázisú (folyadék és gőz) és egykomponensű (A) rendszerben az egyensúly feltétele a (12.c) egyenlet figyelembevételével:

$$G_{A,l}^{\circ} + \frac{2 \cdot \sigma_{\text{eg}}}{r} \cdot V_l = G_{A,g}^{\circ} + R \cdot T \cdot \ln \left(\frac{p_A^{\text{csepp}}}{p^{\circ}} \right) \quad (13.a)$$

ahol p_A^{csepp} az A folyadék feletti egyensúlyi gőznyomás, ami a (13.a) egyenletből kifejezhető:

$$p_A^{\text{csepp}} = p^{\circ} \cdot \exp \left(\frac{G_{A,l}^{\circ} + \frac{2 \cdot \sigma_{\text{eg}}}{r} \cdot V_l - G_{A,g}^{\circ}}{R \cdot T} \right) \quad (13.b)$$

Sík felületű folyadékra az $1/r$ tag nullává válik, és az így adódó gőznyomást nevezük standard gőznyomásnak:

$$p_A^{\circ} = p^{\circ} \cdot \exp \left(\frac{G_{A,l}^{\circ} - G_{A,g}^{\circ}}{R \cdot T} \right) \quad (13.c)$$

Behelyettesítve a (13.c) egyenletet a (13.b) egyenletbe, a kisméretű csepp feletti egyensúlyi gőznyomás:

$$p_A^{\text{csepp}} = p_A^{\circ} \cdot \exp \left(\frac{2 \cdot \sigma_{\text{eg}} \cdot V_l}{r \cdot R \cdot T} \right) \quad (13.d)$$

A (13.d) egyenlettel számolt értékeket a 6. ábrán mutatjuk be. Láthatjuk, hogy mind a vízre, mind a vasolvadékra igaz, hogy kb. 100 nm-nél nagyobb cseppsugár esetén a felettük való gőznyomás gyakorlatilag független a csepp méretétől. Amennyiben azonban a csepp méretét 100 nm-ről 1 nm-re csökkentjük, a sík felületre jellemző gőznyomás hétszeresére nő a vasolvadék, és 2,8-szeresére a víz esetében. Ennek köszönhető az a jelenség, hogy a nanoméretű cseppek „durvulnak”. Hiszen az egy légtérben lévő kisebb cseppek közelében nagyobb a gőznyomás mint a nagyobb cseppek közelében. A gőz nyomáskiegyenlítésre

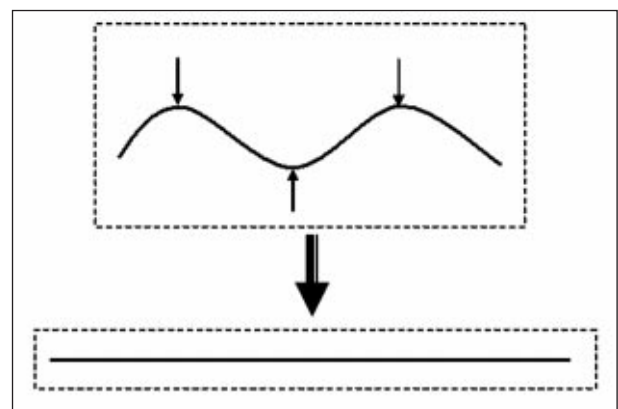
törekszik, ezért a nagyobb cseppeken kondenzálódni fog az a gőzfelesleg, ami a kisebb cseppekről azok nagyobb görbülete miatt elpárolgott. Ennek idővel az lesz a következménye, hogy az összes csepp egy nagy cseppé válik anélkül, hogy a cseppek egymáshoz érnének. Lévén, hogy a gőz láthatatlan, ennek a megfigyelésnek a megértése és ma is érvényes tudományos leírása a Gibbs előtti időkben egyedül, korát meghaladó tudományos teljesítmény volt Thomson részéről.

6. Egyensúlyi gőznyomás buborékokban

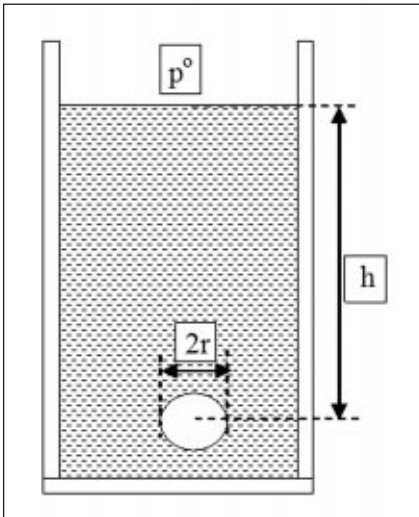
Vizsgáljunk most egy hasonló esetet (lásd 2.a ábra), amikor egy r_g sugarú, gömb alakú, csak a folyadék gőzeit tartalmazó buborék van egyensúlyban saját folyadékával, zárt rendszerben, konstans hőmérsékleten. Ekkor a (13.a) egyenlethez hasonló egyenletet kapunk, azzal a különbséggel, hogy a Laplace-nyomás most nem a folyadékcseppet nyomja, hanem a buborékot, ezért a Laplace-nyomást leíró tag átkerül az egyenlet folyadékoldaláról az egyenlet gőzoldalára. Végeredményben a buborék belüli gőznyomásra a (13.d) egyenlethez hasonló kifejezést kapunk, de negatív előjellel az exponenciális függvény alatt:

$$p_A^{\text{bub}} = p_A^{\circ} \cdot \exp \left(- \frac{2 \cdot \sigma_{\text{eg}} \cdot V_l}{r \cdot R \cdot T} \right) \quad (14)$$

A (13.d) és (14) egyenletekkel számolt értékeket együtt mutatjuk be a 7. ábrán. Láthatjuk, hogy általánosságban nem beszélhetünk méretfüggő egyensúlyi gőznyomásról, hiszen az különböző a csepp felett és a buborékban. A 7. ábráról is azt látjuk, hogy az a fázis válik fokozatosan



■ 3. ábra. A Laplace-nyomás irányának (lásd nyilak) illusztrálása (felső ábra). Amennyiben a határfelület nem zárt és abszolút flexibilis, a Laplace-nyomás a határfelületet síkká alakítja (lásd a felső ábráról az alsó ábrára való átmenetet).



■ 4. ábra. Folyadékban lévő, r sugarú buborék, h mélységben a folyadékfelszín alatt, p^o nyomású külső gáz közegben

instabillá, amelyek a kisebb. A kis csepp feletti gőznyomás növekszik a csepp méretének csökkentésével, azaz a csepp (folyadék) egyre instabilabb lesz. A buborékban lévő gőz gőznyomása pedig csökken a méret csökkenésével, azaz a buborék (gőz) egyre instabilabb lesz. Ebből az is következik, hogy a csak a folyadék saját gőzeit tartalmazó buborékok összeroppannak/eltűnnek 100 nm méret alatt.

7. A kapilláris kondenzáció

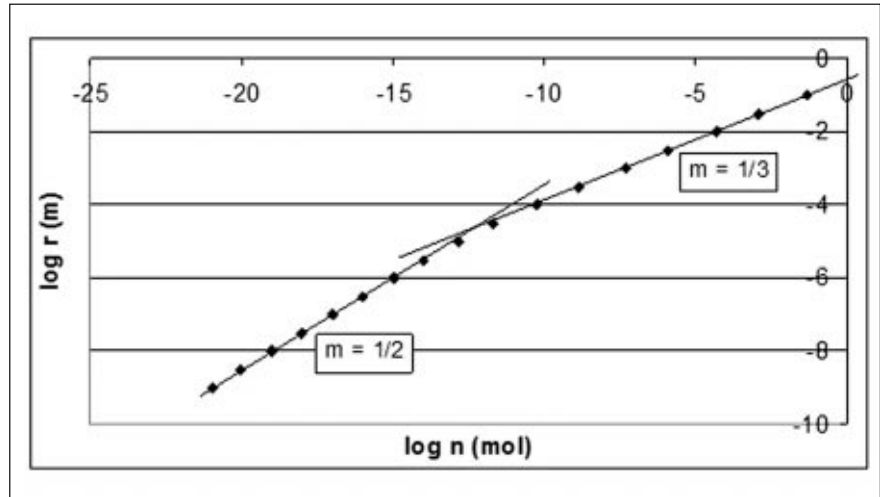
Most vizsgáljunk különbözőképpen nedvesített, r_k sugarú kapillárisokban kondenzált folyadékcseppeket (lásd 8. ábra). A folyadékcsepp által alkotott „buborék” görbületi sugara:

$$r = \frac{r_k}{\cos\Theta} \quad (15)$$

A 8. ábráról láthatjuk, hogy nedvesítő esetben a Laplace-nyomás a gőzfázist nyomja (destabilizálja) és fordítva. Behelyettesítve a (15) egyenletet a (14) egyenletbe, a kapillárisban lévő folyadékcsepp feletti gőznyomásra a következő képletet kapjuk:

$$p_A^{bap} = p_A^o \cdot \exp\left(-\frac{2 \cdot \sigma_{fg} \cdot V_f \cdot \cos\Theta}{r_k \cdot R \cdot T}\right) \quad (16)$$

A kapilláris sugara és a folyadékcsepp kapillárisfalon érvényes peremszögének függvényében a kapillárisban lévő csepp feletti egyensúlyi gőznyomás értékeket a 9. ábrán mutatjuk be. Láthatjuk, hogy a csepp a jól nedvesített kapillárisban sta-



■ 5. ábra. A gömb alakú buborék egyensúlyi sugarának függése a buborékban lévő gáz anyagmennyiségétől (m = meredekség). A (10) egyenlet alapján számolva acéolvadékra ($T = 1873$ K, $p^o = 10^5$ Pa, $\rho_f = 7000$ kg/m³, $g = 9,81$ m/s², $h = 1$ m, $\sigma_{fg} = 1,9$ J/m²)

bilizálódik és fordítva. Ez a titka annak, hogy a növények jól nedvesített pórusaikban akkor is megmarad az életet adó víz, amikor a növény sík felületéről az már elpárolgott.

8. Nanokristályok olvadáspontja

Most vezessük le egy r sugarú, gömb alakú, egykomponensű nanoszemcse olvadáspontjának méretfüggését. Az olvadásponton definíció szerint a folyadék és a szilárd fázisok Gibbs-energiái azonosak $G_s = G_f$. Ez az egyenlet a Kelvin-féle tag figyelembevételével felírva:

$$H_s^o + \frac{2 \cdot \sigma_{sg} \cdot V_s}{r} - T \cdot S_s^o = H_f^o + \frac{2 \cdot \sigma_{fg} \cdot V_f}{r} - T \cdot S_f^o, \quad (17)$$

ahol H^o és S^o a standard entalpia (J/mol) és entrópia (J/molK) tagokat jelölik a szilárd (s) és folyékony (f) fázisokra. Az egyszerűség kedvéért feltételeztük, hogy a szilárd és folyadék fázisok moláris térfogata és ezért sugara is közel egyforma. Az olvadást kísérő entalpia- és entrópiaváltozások definícióinak ($\Delta_m H^o \equiv H_f^o - H_s^o$, $\Delta_m S^o \equiv S_f^o - S_s^o$) ismeretében a (17) egyenletet a következőképpen egyszerűsíthetők:

$$\Delta_m H^o - T \cdot \Delta_m S^o = \frac{2 \cdot (\sigma_{sg} - \sigma_{fg}) \cdot V_f}{r} \quad (18)$$

Ha $r \rightarrow \infty$, akkor a (18) egyenlet a standard olvadásponton (T_m^o) teljesül, azaz: $\Delta_m H^o = T_m^o \cdot \Delta_m S^o$.

Behelyettesítve ezt a fenti képletbe és kifejezve belőle T -t, amit ettől kezdve T_m -nek nevezünk:

$$T_m = T_m^o \cdot \left[1 - \frac{2 \cdot (\sigma_{sg} - \sigma_{fg}) \cdot V_f}{r \cdot \Delta_m H^o} \right] \quad (19)$$

A szilárd fémek felületi energiája és a fémolvadékok felületi feszültsége között a következő félempirikus összefüggés van (ami ugyanarra az egykomponensű fémre érvényes az olvadáspont közelében):

$$\sigma_{sg} \approx (1,125 \pm 0,025) \cdot \sigma_{fg} \quad (20)$$

Behelyettesítve a (20) egyenletet a (19) egyenletbe, a következő közelítő kifejezéshez jutunk:

$$T_m \approx T_m^o \cdot \left[1 - \frac{(0,25 \pm 0,05) \sigma_{fg} \cdot V_f}{r \cdot \Delta_m H^o} \right] \quad (21)$$

A (21) egyenlettel számolt értékeket ólomra (Pb) a 10. ábrán mutatjuk be. Láthatjuk, hogy 100 nm feletti sugár esetén az olvadáspont gyakorlatilag független a fázis sugarától. A sugár 100 nm alá való csökkentése során azonban az olvadáspont fokozatosan csökken. Ennek oka az, hogy a méret csökkenésével egyre nagyobb szerephez jut a felület, aminek energiája kisebb mértékben növekszik a folyadékcsepp esetén, mint a szilárd kristály esetén. Ugyan egyatomos fázisok olvadáspontjáról nincs értelme beszélni (mivel a termodinamika statisztikus tudomány), de az megnyugtató, hogy a (21) egyenlettel végzett közelítő számítás közel 0 K olvadáspontot jelez elő az egyatomos kristályra.

9. Problémák a Kelvin-egyenlet körül (összehasonlítás a Gibbs- egyenlettel)

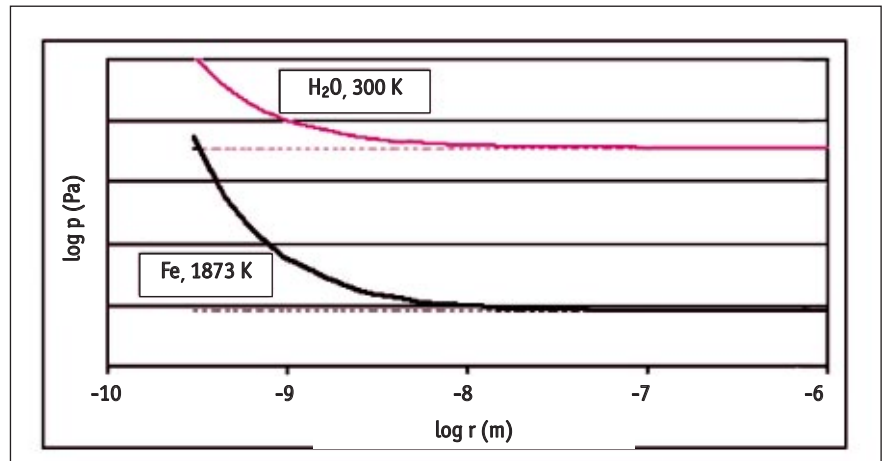
Az eddigiek viszonylag koherens képet adtak arról, hogy a Laplace- egyenletnek milyen hatása van a nano fázisegyensúlyokra. Sajnos azonban Thomson (Lord Kelvin) cikke Gibbs fő műve [11] előtt készült, ezért van itt néhány rejtett probléma.

1. A Gibbs-féle termodinamika kívülről beállítható állapotjelzőkről szól (nyomás, hőmérséklet, összetétel stb.). Ezzel szemben a Laplace-nyomást nem mi állítjuk be kívülről, hanem a természet „belülről”. Ezért ezt a „belső” nyomást tudományosan nem teljesen korrekt a (12.a) Gibbs-egyenletben hozzáadni a külső gáz nyomásához.
2. A (14) egyenletben V_f (a folyadék moláris térfogata) szerepel, ami egy erős csúsztatás (összhangban a kolloid-kémiával [12]), hiszen a 2.a ábrával összhangban a kisebb (belső) fázis, azaz a gőzfázis moláris térfogatát kellett volna figyelembe venni a fenti logika szerint. Ha azonban ezt tennénk, ellentmondásba kerülnénk a kísérleti tényekkel. Az ellentmondást valójában a Kelvin-egyenlet okozza.
3. Ha egy síkfelületekkel körülvelt testet (pl. kockát vagy vékonyfilmet) vizsgálunk a Kelvin-egyenlettel, a kísérleteknek ellentmondva úgy találnánk, hogy a nanovekonyságú vékonyfilmek (thin films) és nanokockák Gibbs-energiája méretfüggetlen, hiszen nincs görbületük (ha pedig a sarkoknál lévő görbületet vennék figyelembe, akkor a Gibbs-energia megint függetlenné válna a makroszkópikus fázismérettől, hiszen a sarkok azonosan atomi sugarúak, ami újabb ellentmondás lenne).
4. A csíráképződés-elméletben a Kelvin-egyenlet helyett a Gibbs-egyenletet használja a világ, ahonnan más értékek jönnek ki, mint a Kelvin-egyenletből, miközben ugyanarról a fázisról van szó.

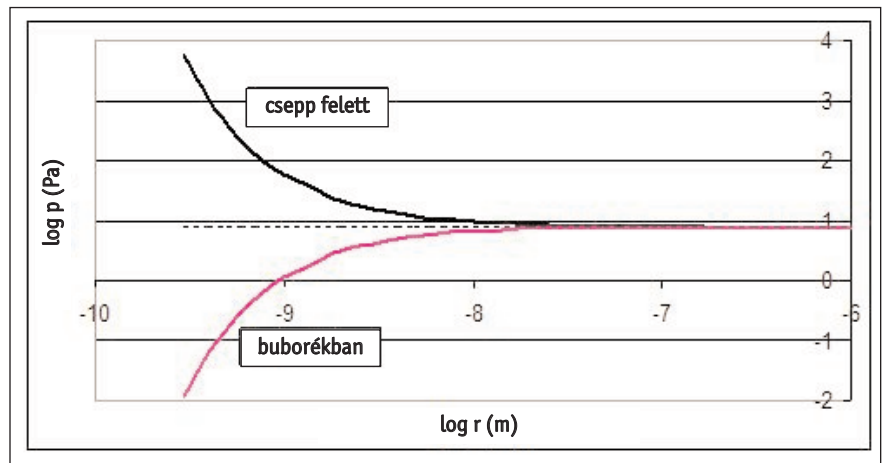
Nézzük meg tehát röviden, mit állított Gibbs egy felülettel is rendelkező fázis energiájáról, a saját (12.a) egyenletét egészítve ki egy új taggal:

$$G_\alpha = U_\alpha^o + p^o \cdot V_\alpha^o - T \cdot S_\alpha^o + \frac{A}{n_\alpha} \cdot \sigma_{ag} \quad (22)$$

A (22) egyenletben a fázis felületét (A , m^2) azért osztjuk n -nel (a fázisban lévő anyagmennyiséggel, mol), mert a (22) egyenlet moláris mennyiségekre van felír-



6. ábra. Az 1873 K hőmérsékletű vasolvadék és 300 K hőmérsékletű víz feletti egyensúlyi gőznyomás függése a csépp méretétől, a (13.d) egyenlettel számítva (szaggatott vonalak: a sík folyadékfelszín feletti gőznyomás)



7. ábra. Az 1873 K hőmérsékletű vasolvadék csepp felett és a vasolvadékban lévő buborék belüli egyensúlyi gőznyomás függése a csépp/buborék méretétől, a (13.d., 14) egyenletekkel számítva (szaggatott vonalak: a sík folyadékfelszín feletti gőznyomás)

va (ezt itt azért írjuk, mert Gibbs nem moláris mennyiségekkel dolgozott [11], hiszen a mol fogalma Gibbs után keletkezett). Az anyagmennyiség a fázis térfogatából (V , m^3) és moláris térfogatából (V_α , m^3/mol) a következőképpen számítható:

$$n_\alpha = \frac{V}{V_\alpha} \quad (23)$$

Behelyettesítve a (23) egyenletet a (22) egyenletbe:

$$G_\alpha = U_\alpha^o + p^o \cdot V_\alpha^o - T \cdot S_\alpha^o + \frac{A}{V} \cdot \sigma_{ag} \cdot V_\alpha \quad (24)$$

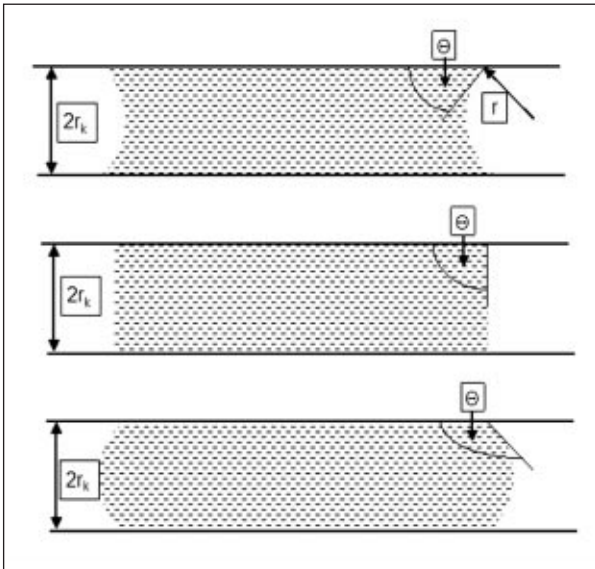
Összehasonlítva a (12.a) egyenlettel, végeredményben:

$$G_\alpha = G_\alpha^o + \frac{A}{V} \cdot \sigma_{ag} \cdot V_\alpha \quad (25)$$

Összehasonlítva a (25) és a (12.c) egyenleteket, erős hasonlóságot, de nem

azonosságot látunk. Gömbre pl. a (12.c) egyenlet $2/r$, míg a (25) egyenlet $3/r$ koefficient ad az utolsó tagban (utóbbi az A/V kifejezésből adódik, elosztva egymással a (3) és (9) egyenleteket). A (25) egyenletben szereplő A/V kifejezés a fázis fajlagos felülete. Fajlagos felület növekménye márpedig nemcsak a görbült felületű nanofázisoknak van, hanem a sík felületekkel fedett nanofázisoknak is. Egy A alapterületű, d vastagságú vékonyfilmre pl. $A/V = 1/d$. Így a Gibbs-egyenlet segítségével a nem görbült felületű nanofázisok egyensúlya is értelmezhető.

E cikk keretein jelentősen túlmutat a Kelvin- és Gibbs-egyenletek között bemutatott ellentmondások feloldása. Ebben az utolsó alfejezetben csak arra akartunk utalni, hogy történelmi okokból az anyag-tudomány 130-140 éve kettéhasadt:



■ 8. ábra. Folyadékcspek különbözőképpen nedvesített kapillárisokban. Felső: nedvesítő eset ($\Theta < 90^\circ$), középső: köztes eset ($\Theta = 90^\circ$), alsó: nem nedvesítő eset ($\Theta > 90^\circ$). A kapilláris sugara r_k , a folyadék görbületi sugara r .

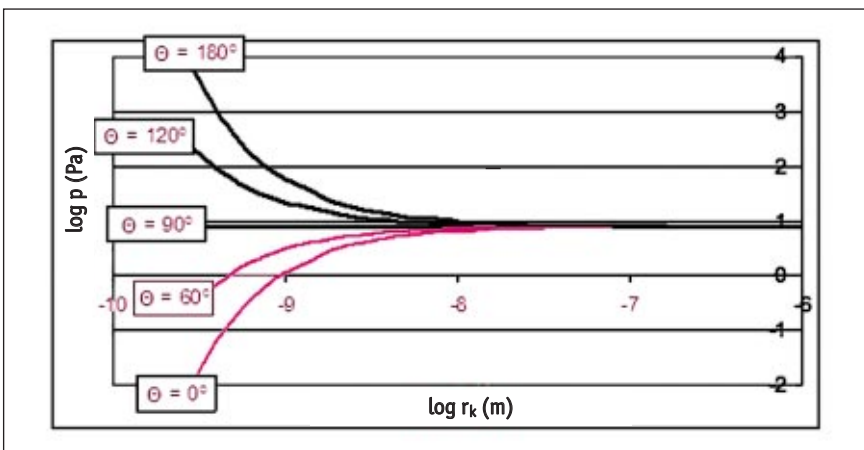
ugyanazon nanoméretű rendszereket az egyensúly szempontjából a világ többsége ma is a Kelvin-egyenlettel, míg a csíráképződés szempontjából a Gibbs-egyenlettel vizsgálja, holott e két egyenlet nem azonos egymással. Ezt az ellentmondást fel kell oldani és „össze kell ragasztani” azt, ami anno kettéhasadt. A Laplace-féle nyomást pedig úgy kell használni, mint ahogy azt Gibbs is tette [11]: innen vezethető le ugyanis a határfelületi energiák méretfüggése (lásd Tolman [13]).

Köszönetnyilvánítás

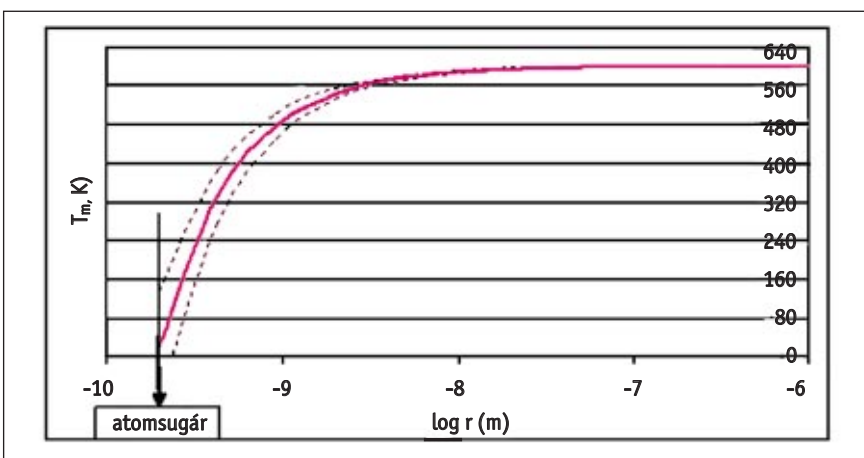
A kutatást az CK 80255 számú célzott alapvetési projekt támogatta (OTKA-NKTH közös finanszírozás). Szerző köszönetét fejezi ki a BKL Kohászat Szerkesztőségének, hogy lehetővé tették e cikksorozat publikálását. Ezt a cikksorozatot édesapám, *id. Kaptay György* kohómérnök (1933–2008) emlékének ajánlom.

Irodalom

- [1] *Kaptay Gy.*: Határfelületi jelenségek a fémcsőgyártásban. 1. rész. A határfelületi erők osztályozása. BKL Kohászat, 2009., 142. évf., 3. szám, 39-46. o.
- [2] *Kaptay Gy.*: Határfelületi jelenségek a fémcsőgyártásban. 2. rész. A határfelületi összehúzó erő. BKL Kohászat, 2009., 142. évf., 6. szám, 37-46. o.
- [3] *de Laplace, P.S.*: *Mechanique Celeste*, Supplement to Book 10, 1806.
- [4] *Kaptay, G.*: Classification and general derivation of interfacial forces, acting on phases, situated in the bulk, or at the interface of other phases, *J. Mater. Sci*, 40 (2005) 2125-2131.
- [5] *Kaptay, G.-Vermes, G.*: Interfacial forces: classification, *Encyclopedia of Surface and Colloid Science*, Taylor & Francis, 2009, pp.1-19, DOI: 10.1081/E-ESCS-120044936
- [6] *Obádovics J. Gy.-Szarka Z.*: Felsőbb matematika. Második, javított kiadás. Scolar Kiadó, 2002.
- [7] *Iida, T.-Guthrie, R. I. L.*: *The Physical Properties of Liquid Metals*, Clarendon Press, Oxford, 1993, 288 pp.
- [8] *Berecz E.*: *Fizikai kémia*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1980
- [9] *Thomson, W.*: On the equilibrium of vapour at a curved surface of liquid – *Phil. Mag*, 1869, vol. 42, pp. 448-452.
- [10] *Barin, I.*: *Thermochemical Properties of Pure Substances*, VCh, 1993, in 2 parts
- [11] *Gibbs, J. W.*: On the Equilibrium of Heterogenous Substances, *Trans. Conn. Acad. Arts Sci.* 1875-1878, vol.3, pp.108-248, pp.343-524
- [12] *Butt, H-N.-Graf, K.-Kappl, M.*: *Physics and Chemistry of Interfaces* – Wiley-VCH, Weinheim, 2003.
- [13] *Tolman, R. C.*: The effect of droplet size on surface tension – *J. Chem Phys*, 1949, vol.17, p.333-337



■ 9. ábra. Egyensúlyi gőznyomás kapillárisban lévő csepp felett a kapilláris sugarának és a folyadékcsapp kapillárisfalon érvényes peremszögének függvényében. (Fe-olvadékra számolva a (16) egyenlettel)



■ 10. ábra. A tiszta ólom olvadáspontjának méretfüggése a (21) egyenlettel számolva (Paraméterek: $V_f = 8,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$ [7], $\Delta_m H^\circ = 4,77 \text{ kJ/mol}$ [10], $\sigma_{fg} = 0,46 \text{ J/m}^2$ [7], $T_m^\circ = 600,6 \text{ K}$ [10])

Emlékezés Dr. dr.h.c. Verő József professzorra

Immár huszonöt éve, 81 éves korában hunyt el *Dr. dr.h.c. Verő József* akadémikus, egyetemi tanár, a hazai tudományos fémtan megalapítója, számos kohómérnök kollégánk tanára (1. ábra). Igazi soproni volt egész életében, amelyből 48 évet szeretett városában töltött el. Itt járt iskolába, itt végezte egyetemi tanulmányait, itt doktorált és házassága után itt, az Ősz u. 5. szám alatt lakott.

1904-ben született és 1926-ban kitűnő kohómérnöki oklevéllel fejezte be tanulmányait a Bánya- és Erdómérnöki Főiskolán, ahol ezután oktatóként folytatta munkáját. Közben, 1927-28-ban, állami ösztöndíjas Berlinben, a Collegium Hungaricumban, tanulmányokat folytat a Technische Hochschule metallográfiai és anyagvizsgálati intézetében. 1933-ban, amikor a Főiskolát a M. kir. József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemhez csatolták és megkapta a doktorrá avatás jogát, elsőként kapott kohómérnöki doktori oklevelet. Egy évre rá egyetemi magántanári képesítést is szerzett, és 1943-ban a fémtechnológiai tanszékre nyilvános rendkívüli tanárrá nevezték ki. A háborút Sopronban élte végig. A Magyar Tudományos Akadémia 1946-ban levelező, majd 1949-ben rendes tagjává választotta. 1952-ben megszerezte a műszaki tudomány doktora címet.

A Fémipari Kutató Intézet és a Vasipari Kutató Intézet 1951. évi különválása után ő lett az utóbbi igazgatója, amit 1974-ig vezetett, 1957–68 között másodállásban. Közben a Miskolcra áttelepített egyetem tanáráként Miskolcon tanított, mint a metallográfiai tanszék vezetője. E tevékenységéért 1976-ban az egyetem honoris causa doktorrá is avatta. Az egyetemi tanszék Miskolcra költöztetése megrázkódtatást okozott neki, kényszerűen hagyta el Sopront.

Mint a Vaskut igazgatója, az intézetet ő fejlesztette nemzetközi hírnevet is elérő intézménnyé. Kutatásait közvetlenül bevezette a gyakorlatba – átfogva az innovációs ciklus jelentős részét. Született peda-

gógus, nagyszerű főnök, és gondoskodó tudományos vezető volt egy személyben. Feddhetetlen életvitele a mai mérnöktársadalom előtt is példaként állhat.

Szakmai tevékenységének lényege az volt, hogy a korábban csak leíró jellegű metallográfiát pontosan meghatározott, mérhető adatokra alapozott tudománnyá fejlesztette, amit fémtannak nevezett el. Rendkívül pontos, magyaros megfogalmazású írott munkáiban is a nagyfokú igényesség és szabotosság jellemezte.

Tudományos és oktatói munkáját – az akadémiai tagságon kívül – számos kitüntetéssel jutalmazták. Két alkalommal kapta meg a Kossuth-díjat (ezüst fokozatot 1949-ben és 1958-ban), egyszer a Munka Érdemérmét (1956), kétszer a Munka Érdemrend arany fokozatát (1964 és 1969-ben), és 80. születésnapja alkalmából a Magyar Népköztársaság Zászlórendjét. Birtokosa volt a Magyar Mérnök- és Építészegylet aranyérmének (1942), és az Oktatásügy Kiváló Dolgozója volt (1954).

Szívesen dolgozott az OMBKE-ben, ahol munkáját több kitüntetéssel ismerték el. 1937-ben Chorin Ferenc-pályadíjat kapott, megkapta a Wahlner Aladár-, a z. Zorkóczy Samu-, a Kerpely Antal- és a Sóltz Vilmos-émlékérmét, 1972-ben az egyesület tiszteleti tagja lett.

1985-ben Budapesten hunyt el, hamvait a soproni Szent Mihály-temetőben helyezték örök nyugalomra. Emlékét Sopron is, Miskolc is és Budapest is kegyelettel őrzi, és példájának követését ma is feladatként állítja a kohászatban tevékenykedő szakemberek elé.

A budapesti MMKM Öntödei Múzeuma időszaki kiállítással tiszteleg Verő professzor emléke előtt, amely bemutatja életútját, professzori tevékenységét, munkáit, jegyzeteit, kitüntetéseit és más megmaradt személyes tárgyait. A kiállítás megnyitását 2010. május 19-én kis szimpozium vezette be, amelynek kezdetén *Lengyelné Kiss Katalin* köszöntötte a megjelenteket, közöttük a harmadik



■ 1. ábra. Dr. dr.h.c. Verő József professzor

Vaskutas találkozó nagy számban megjelent résztvevőit.

Dr. Verő József munkásságát *dr. Roósz András* akadémikus, a Miskolci Egyetem Fémtani Tanszékének professzora méltatta, aki egyben megköszönte a kiállítás és a megemlékezés szervezését *Lengyelné Kiss Katalinnak*, az Öntödei Múzeum igazgatójának, átnyújtva neki a ME Műszaki Anyagtudományi Kara által adományozott Verő József-émlékérmét.

A Vaskut élén eltöltött időkre *dr. Szőke László* egykori igazgatóhelyettes emlékezett, míg a kiállítást, amely szeptember végéig látogatható, *dr. Tardy Pál*, az OMBKE ex-elnöke mutatta be. Az alábbiakban Szőke László visszaemlékezésének szerkesztett változatát közöljük:

„25 éve halt meg Verő professzor. A sors úgy hozta, hogy a Műegyetem soproni karának Fémtechnológiai Tanszékén, majd a Vasipari Kutató Intézetben több évig közvetlen munkatársa lehettem. Ezekből az időkből idéznék fel néhány emléket a részletes *curriculum vitae* helyett.

1941 őszi szemeszterén ismertem meg professzor urat, mint harmadéves kohómérnök hallgatót. A nyolc éve vaskohász doktor akkor már egy éve intézeti tanár.

Kis hivatali szobája a kémiai épületben, az előadóterem mellett van. A laboratóriuma mizerábilis körülmények között működik az uszoda és a kémiai épület között álló úgynevezett „kísérleti akna” épületének két szintjén. Egyiken az anyagvizsgáló gépek, másikon a termikus labor és a mikroszkópszoba. A helyiségek huzatosak, télen kifűthetetlenek.

A Tanszék 1943 nyarán újul meg. Az Egyetem főépülete mögötti földszintes épület déli szárnyába települ, az északi szárny *Tarján* professzor Ércelőkészítő Tanszékéé. A berendezést és a gépek elhelyezését maga a professzor úr tervezi a „levéhető” villamos teljesítményekkel együtt.

A Tanszék „felavatására” egy augusztusi egyhetes mérnöktovábbképző intézeti tanfolyam keretében kerül sor. Verő professzor kiváló ipari kapcsolatai révén a résztvevők az ipar teljes keresztmetszetét képviselik. Itt van *Tasnádi-Kubacska Andrásné Széki Pálma* és *Katona Gizella* vegyész a Weiss Manfred Színképelemző Laboratóriumából, Ózdról *Lántzky József* kohász, a Hubert és Sigmund-tól *Vécsei Béla* igazgató és *Szűcs Endre* főmérnök, a Légierő székesfehérvári Anyagvizsgáló Intézetéből *Nagyenyedi József*, *Köves Elemér* az alumíniumiparból, a Haditechnikai Intézetből három vezető beosztású mérnök és még néhányan.

A tanfolyam rendhagyó szerkezetű. Nemcsak elméleti előadások vannak, délutánonként laboratóriumi gyakorlatok kapcsolódnak az előadott témákhoz. A laboratóriumi munka két embert kíván. A professzor úr engem kér fel arra, hogy legyek munkatársa. Én éppen záradékoltam július végén, és az októberi végszigorlatra készültem.

Professzor úr természetesen a mikroszkópszobában irányította a munkát, én a termikus laborban igyekeztem helytállni.

A dolgos hét végén rendhagyó a lazítás is: szombaton a résztvevők megmásszák a Károly-magaslatot, majd szép erdei séta után a híres bánfalvi Nika vendéglő árnyas kertjében estebéd. Aztán a hangulatos Erzsébet-kert kioszkjában sörözés és tánc!

A professzor úr lelkes tagja az OMBKE-nek. Ezért fontosnak tartja, hogy balekje haladéktalanul belépjen. A harmad-, negyed- és ötödéveseknek tartandó gyakorlatokon kívül megkívánja, hogy kutatómunkát is folytassak. A téma alap gondolatát megadja, aztán természetesen nekem kell csinálni mindent a próbák hideghengerlésétől – egy reverzálható duó áll a

folyosó másik oldalán rendelkezésre – a próbák előkészítésén keresztül a mikroszkópos vizsgálatokig és fényképezésig. A tanulmányomat beajánlja a Bányászati és Kohászati Lapoknak, meg is jelenik majd 1944. október 15-én. Megérkezik a Bollenrath-dilatométer. Nekem kell jusztrózní. A nyári hónapokban lazább a hajtás. Ebédidőben nagyokat tempózunk az egyetemi uszodában.

Az ipari anyagvizsgálati megbízások közül kiemelkedik a MAORT készülő, Lispét Kápolnásnyékkal összekötő óriás csővezetékének hegesztési kötés ellenőrzése. A témából persze tanulmányt készít professzorom, Fourier-sorokkal tarkított előadást is tart Lispén, az olajbányászat főhadiszállásán.

1944 októberében be kell vonulnom, és csak 1946 márciusában térek vissza egyéves amerikai fogság után. Állásomat visszakapom a Tanszéken. Főnököm rögtön lefordíttatja velem első tanulmányomat angolra: a Mitteilungen-ben (az Egyetem idegennyelvű periodikája) meg kell jelentetni.

A háború alatt az angolszász szakirodalomtól eléggé el voltunk zárva. Professzor úr körlevelet intéz angol nyelven az ezen a területen működő intézetekhez, professzorokhoz, hogy segítsenek nehéz anyagi és szakmai helyzetünkön szakirodalom küldésével. A levél emlékezetem szerint körülbelül úgy végződött, hogy „amennyiben tolkodásnak veszi kedves címzett a kérészt, hajítsa levelemt a szemétkosárba.” A kérésre elég sok pozitív válasz érkezett. Így jutott a Tanszék sok kiváló könyvhöz, például az acél edzhetőségével kapcsolatban.

A forró nyár végén B-listáznak. Professzorom emberséges megoldást talál: az őszi szemeszteren megtart engem, a Tanszék havi illetményét, ami pontosan egyezik az adjunktusi fizetéssel, nekem adja. Szembe mer szállni a hatalommal, ami nem kis kockázattal jár!

Egy szép szeptemberi vasárnap bérelt szőlőmből egy kosár kóstolót viszek főnököm Ősz utcai lakásába. A kora őszi nyugalmat az zavarja meg, hogy a 14 éves Józsi törött karral érkezik haza egy erdei kirándulásról. A gondos atya rögtön beülteti fiát – a későbbi geofizikus professzort – egy kis négykereű bevásárló kocsiba, amit együttesen lehúzzunk a Domonkos utcába *Király* főorvos úrhoz.

Professzorom tartja a kapcsolatot hajdani tanítványaival. Velem is levelezésben

marad és figyelemmel kíséri boldoguláso-mat. Arra int, hogy ne rettenjek meg a nagy feladatoktól, azok arra valók, hogy megoldjuk. Tanítványainak meg elmondja, hogy hajdani adjunktusa „Csepelen a saját kezével építi lakását.”

Arra ösztönöz, írjam meg a Fémek hő-tana – a hőkezelés fizikája könyvecskét.

Valamely egyetemi tanszék vagy oktató munkájának eredményességét legjobban azzal lehet lemérni, hogy milyen eredményeket értek el a hajdani hallgatók az életben. Különösen jó alkalmat ad egy nemzetközi összehasonlításra az 56-os forradalmat követő exodus. A göteborgi ESAB kutatólaboratóriumában főleg az erősen ötvözött acélok és ötvözetek hegesztésével foglalkozó *Polgári Sándor* elégségesnek tartotta munkájához a kapott metallográfiai és fémtani alapokat. *Szabó Ödön* a svájci BBC gázturbina haváriákkal foglalkozó szakembereként állta meg a helyét, sőt doktorálni is szeretett volna Verő professzor tanszékén. *Schey János* a tribológia nemzetközi hírű tudósa lett.

Nem szakította meg a kapcsolatot az Egyesült Államokban szívűtőteket előszőr végző klinika fizikusaként, majd a haditengerészet titkos laboratóriumának vezetőjeként működő *Lux András* sem, aki oly mértékben volt hálás hajdani professzora tanácsaiért, hogy születésének 100 éves évfordulóján tartandó méltatására engem kéretett fel 2004 szeptemberében a soproni Faipari Mérnöki Kar tanévnyitóján. Ezen a Karon Verő professzor tiszteletére alapítványt tett a kiváló hallgatók jutalmazása céljából.

1965-ben ismét Verő professzor mellé kerültem, most már a Vaskutba. Az akkor divatos jelszavak közül legfontosabb volt, hogy szorosabbá kell tenni a kapcsolatot az iparral, valamint az, hogy a kutatómány minél előbb termelő erővé kell, hogy váljon. A csepeli 18 év ehhez igen jó iskolának bizonyult.

A kapcsolatok ápolására minden nagyobb vállalat éves terveinek összeállításán részt vettünk Verő professzor vezetésével annak érdekében, hogy segítséget ajánljunk fel a kutatásokban, fejlesztésekben. Ez különösen fontossá vált az új gazdasági mechanizmus bevezetésekor, hiszen 1967-ig a kutató tevékenységünk nullszaldós volt.

Az új technológiák bevezetésének elősegítésére előadássorozatot rendeztünk,



amelynek keretében nemzetközileg elismert szakemberekkel találkozhattak Intézetünkben a vállalati fejlesztők és persze az intézeti kutatók. Ennek kapcsán *Bruno Tarmann*, a nemzetközi irodalomban a folyamatos öntés „pápája” járt nálunk. *Ervin Plöckinger* leobeni professzor, az Osztrák Tudományos Akadémia későbbi elnöke, az elektrosalakos leolvasztó eljárás legújabb fejlesztéseiről adott tájékoztatást. A Böhler hegesztő szakemberei is az előadók között voltak. *Manfred Wahlster*, a Rhein Stahl kutatási igazgatója Intézetünk meglátogatása után az Egyesületben tartott előadást a kutatások új irányairól, majd az OMFB-ben kerekasztal-megbeszélésen vett részt. Itt főleg a kutatás nyugatnémet támogatási rendszeréről adott képet.

A Vaskutnak egyre javuló kapcsolatai voltak – egyelőre csak – a szocialista országok társintézeteivel. Különösen élénk volt az együttműködés Freiberggel. A Ledebur Intézetből *Küntschler, Lüdemann, Eckstein*, a Képlékenyalakítási Tanszékről *Juretzek*, az Anyagtechnikai Intézetből *Spies* professzor, valamint *Rainer Zimmermann* főorganizátor, az Öntészeti Tanszékről *Czikel* és *Flemming* neve fémjelzi ezt. A freitali nemesacélmű szakemberei is készek az együttműködésre *dr. Fiedler* igazgató irányításával. Doktori értekezésének egyik opponenseként szerepelhettem Freibergben. A drezdai Különleges Anyagok Intézete *Henkel* igazgató és a hennigsdorfi intézet *Kiesel* igazgató vezetésével szintén partnereink.

Persze együttműködési szerződést kötöttünk *Golikov* igazgatóval a CNIICSERMET komor falai közt a Baumanskaján. *Samarin* akadémikus – egykor a híres *Chipman* munkatársa – az Institut Stali igazgatója nagy barátja a magyaroknak. Otthonosan érzi magát nálunk *Sabela* igazgató és *Ofiok* igazgatóhelyettes az Institut Metalurgii Zselezából, és *Stolarz* igazgató a Fémipari Kutatóból, *Gliwicz* igazgató *Tripsa* igazgató bukaresti intézetéből is vannak vendégeink, például *Cosma*, a hőkezelési problémák kutatója. A vitkoveci társintézetből *Nečas* és *Myslivec* professzor is jó kolléga a prágai *Bohus* igazgatóval együtt.

Új lendületet ad a nemzetközi kapcsolatoknak a ljubljani Metallurski Intézet, *Rekař* professzorral, majd *Presern* igazgatóval kialakult együttműködés. Verő professzornak Ljubljánban tett látogatása után 1965-től részt veszünk a portorozsi

nemzetközi konferenciákon, ahol osztrák, német és francia kutatókkal is találkozhatunk. No meg az 1966-ban Ljubljánban tartott Gliwice-Ljubljana konferencián, ahol a Vaskut, mint harmadik rendező intézet, már előadásokkal is részt vesz a szimpóziumon.

A hazai balatonszéplaki és aligai konferenciák rendezésében, valamint a külföldi konferenciákon való részvételben szorososan együttműködik az Intézet és az Egyesület. Elvárás főleg a fiatal kutatóktól, hogy vegyenek részt az OMBKE munkájában is a szakmájukkal összefüggő területeken. Kiváló alkalom a nyugati kollégákkal való együttműködésre az először az angol testvéregyesülettel közösen rendezett Clean Steel konferenciasorozat. Az elsőn persze Verő professzor is részt vesz előadásával, no meg *Tardy Pál* inkognitóban. A minél nagyobb élettartamú csapágyak gyártásához szolgáló acél optimális gyártástechnológiáját célzó ipari kutatási együttműködés keretében írt remek tanulmányát *Énekes* igazgató olvassa fel az akkori idők szokása szerint.

Természetesen részt vesz az Intézet a Mérnöktovábbképző Intézet keretében is a korszerű acélfajták és technológiák népszerűsítésében. A nagyobb folyáshatárú hegeszthető acélokról konferencia keretében vitatjuk meg a hazai teendőket. A folyékony acél vákuumos kezelése, a mobilidés gyorsacélok, a korszerű nemesacélgyártó eljárások, az üstmetallurgiai módszerek, az UHP ívkemence technológia, az oxigén alkalmazása ívkemencében, korszerű oxigén- és nitrogénelőállítás technológiák, a fémestített pellet ívkemencében való alkalmazása során szerzett tapasztalatok mind szerepelnek az Intézet előadóinak programjában.

Jelentős hazai és nemzetközi együttműködés alakul ki az etalonbizottság munkájában. Az etalon *par excellence* olyan magas színvonalú termék, amely komoly kutatási hátteret és műszeres ellenőrzést igényel.

1970 nagy nyitás a politikában az NSZK-szovjet találkozó nyomán. Érezzük *Szeles Laci* bácsival és *Kiss Ervin* professzorral Düsseldorfban is, az Eisenhütten tagon. *Kegel*, a VDEh (Verein Deutscher Eisenhüttenleute) ügyvezető igazgatója a közgyűlésen meleg szavakkal üdvözlő beszédében, a nagy nyugati vaskohászok társaságában. Az aacheni egyetemen is tiszteletünket tesszük, ahol már *Schenck* professzor utódja, *Dahl* és munkatársai

fogadnak úgy, mintha már régi barátok volnánk.

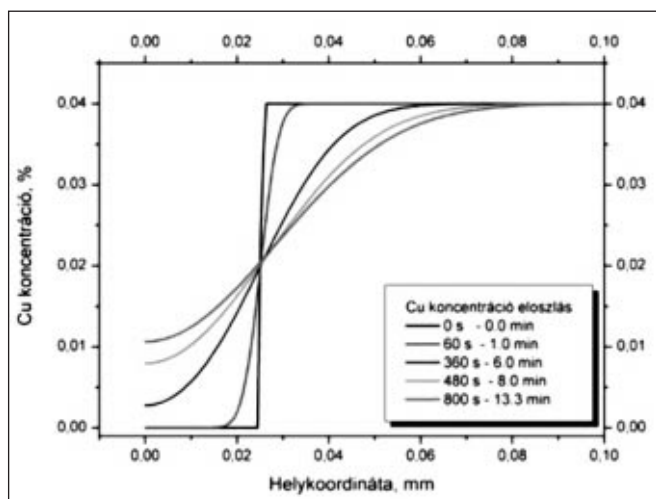
Majd nemsokára Budapesten láthatjuk viszont *Kegel* igazgatót a VDEh titkárával, *Treptowal* együtt az Egyesület vendégeként. Verő professzor ad ebédet tiszteletükre a Svábhegyen. A Dunai Vasműben fogadja őket *Répási Gellért*.

Az 1972. évi Eisenhütten tagot megelőző kerekasztal-megbeszélés kiemelkedő témája a nálunk szigorú indexre tett Római Klub jelentése: *Die Grenzen des Wachstums*. Az érdekes könyvet *dr. Korán Imre* azonnal felhasználja Közgáz-előadásaihoz.

Trentini igazgató már járt nálunk évekkel ezelőtt, a professzor úrral viszonzuk a vizitet: az IRSID-be látogatunk, *Maizier les Metzbe* és *Saint Germain en Laye-be* (Institut de Recherche de la Siderurgie Française). Káprázatos műszerezettség! Sok kutatási zárójelentést kapunk. Ezeket okulásul körözzük az Intézet osztályain.

Professzor úrral és hegesztő kutatóinkal részt veszünk Potsdamban egy nemzetközi, nagyobb folyáshatárú hegeszthető acél konferencián. A fogadáson megismerkedem egy lelkes svéd kohással, *Tiberggel*. Egy tanulmányát olvastam a twin-shell furnace-ról és érdeklődöm utána. *Tiberg* kedvesen meghív Helleforsba, az SKF egyik acélművébe. Nemsokára el is tudok utazni más céllal is Svédországba. Úgy intézem a programot, hogy a hét végén meglátogathassam évfolyamtársamat és jó barátomat, *Frühwirth/Fabó Endrét*, aki Vargönben van a ferroötvözet gyárban. Nagy véletlenjeim száma nő: egy héttel ezelőtt avatták fel itt a világ legnagyobb ferroötvözetgyártó kemencéjét. A félig zárt kemence jellemzői: 75 MVA-es trafó, 1,8 m átmérőjű Söderberg-elektrodák. Termékek: ferroszilícium, a hűtőrendszerből gőz a trohlatenni erőműnek és a füstgáz tisztításából nyert por a közeli tó vizének 7-es pH-ra történő beállítására. Néhány évvel később 105 MVA-re emelik a trafóteljesítményt, és ferroszilíciumról áttérnek a charge-krómra. Persze tartolják a világpiacot.

Viszonylag új irány az anyagmérnök képzés. Freiberg nemzetközi kerekasztalvitát szervez a 70-es évek derekán a témában. *Káldor* professzor van ott Miskolcra, nekem három nyugati egyetem – *Leoben*, *Imperial College of Science and Technology* és a *Carnegie Mellon University* – anyagmérnök képzési struktúráját kell áttekintnem korreferátum keretében *Böhmer* adjunktussal együtt. Ott van az Ame-



■ 2. ábra. A rézkoncentráció változása a borítólemezen

rikából nem rég visszatért bochumi egyetemi professzor, *Hornbogen* is. Érdekes szempontokat ad az anyagmérnökképzésben résztvevő tanársegédek és doktoranduszok kiválasztására. Minimálisan öt év ipari gyakorlat az előfeltétel.

Az elismertség növekedésének a jele, hogy a 20 éveshez képest a 25 éves intézeti jubileumon már nem csak a szocialista országokból jönnek résztvevők, hanem itt van *Coche* vezérigazgató az IRSID-ből és *Mommertz* igazgató a düsseldorfi *Betrieb*-forschungsinstitutból is. Plöckinger professzortól és Golikov igazgatótól, a Bardin Intézetből, *Paton* akadémikustól, a krakói öntészeti kutatótól, a bolgár és a szlovák társintézetekből is érkezik köszöntés.

Pozícióm miatt le kell tennem a kandidátusi vizsgákat és meg kell védenem disszertációm. Professzorom segít ebben is. Csaknem átfogalmazza az előszót, maga vállalja a munkahelyi vita levezetését és a védelem is támogat engem hozzászólásával.

Szívós törekvésünk volt az Intézet elavult műszerezettségének, felszerelésének korszerűsítése a híres kutatóintézetek gyakorlata és az irodalom kiértékelése alapján. A 70-es évek derekán már jónak mondható színvonalat értünk el. Az is megállapítható, hogy Freiberg és Ljubljana mellett Budapest tett sikeres kísérletet arra, hogy hidat verjen a közép- és kelet-európai, valamint a nyugati kohász kutatók között.

Persze nem csak kutatással foglalkoztunk az Intézetben. Meg kell említenem egy szigorúan titkos ügyet. 1970 körül a Szovjetunió támadást tervezett Nyugat-Európa ellen. Nekünk magyaroknak Olaszországot és Ausztriát kell megtámadnunk. A támadás megindulásakor Intézetünket

nia a munkát. Most tehát tárgyalni kellene egy itteni felelőssel, mondjuk a tanácselnökkel a konkrét elhelyezési lehetőségekről. De nem lehet, mivel szigorúan titkos az ügy. Így kvázi szemrevételezzük a terepet. Persze még azt sem tudjuk, hogy ide kellene-e települnie a dolgozóinknak is, vagy „bejárnának” jelenlegi budapesti otthonukból. Szerintem dolgunk végezetlenül térünk vissza az M7-esen. Közben arra gondolok, hogy minden vállalat egyidejű kitelepedése esetén – még ha nem is lőnének vissza az olaszok – a kivezető utak embóliát kapnának az első negyedórában.

Visszaérve „titkosan” jelentést teszek főnökömnek. Nyugodtan meghallgatja, bár közben rá kell gyújtania egy „staub”-ra. Jelentésem végén nem szól semmit. De én sejtem, mire gondol! Szerencsére nem került sor a titkos terv megvalósítására, mert különben most nem tudnánk emlékezni Verő professzor úrra.

A kutatóintézetekben általános a vendégkutatói státusz. Nekünk is van ilyen, prof. *Fayek Shenouda*, a kairói kutatóintézet igazgatója, a kopt keresztény pápa családjának tagja, fél évig van nálunk. Később a Thyssen minőségbiztosító rendszerének főnöke.

Szerettünk volna mi is vendégkutatókat küldeni például az IRSID-be, ahová Ljubljanának mindig sikerült bejuttatni egy-két fiatal. Vagy *Székelly* professzorhoz, akinek *The rate phenomena of the process metallurgy* című könyve világos útmutatást adott a korszerű kohászati kutatásokhoz, és aki mellett már dolgozott akkoriban egy cseh vendégkutató New Yorkban. 1974-es hazlátogatásakor késznek is mutatkozott egy kutatónk fogadására. A hazai politikai „környülállás” azon-

ki kell telepíteni. Az illetékesek engem jelölnek kitelepítési felelősnek. *Kolosainé* nagyságos asszony, a személyzeti főnök egy bejárásra invitál. Előáll a fekete Tátra *Juhász* bátyámmal és elindulunk. Úti célunk a Velencei-tó északeleti környéke, Kápolnásnyék. Ide kellene áttelepülnie az egész intézetnek, és folytat-

ban, sajnos, keresztezte mindezeket a kezdeményezéseinket!

És folytathatnám az emlékek sorát...

Az a kérésem, hogy gondozzuk tovább Dr. dr.h.c. Verő József professzor, a kutató, a kutatósszervező és az emberséges főnök emlékét! (*Érdekes momentum, hogy felmentése 1974 januárjában az alatt történt, mialatt egy KGST tanácskozássra hosszabb időre Moszkvába küldték, ami ez előtt soha nem fordult elő. A váltás számos személyi és egyéb változást hozott az intézet életébe. Verő professzor néhány évig, mint tanácsadó, még bejárt a Vaskutba, de igazi feladatot már nem kapott, lényegében az Akadémia dolgaival, és néhány kohászattörténeti munka és cikk megírásával próbálta lekötöni magát. Feleségének 1977-ben bekövetkezett halála után már nagyon nehezen találta helyét az akkori világban. 1985-ben bekövetkezett halála a hazai tudós- és kohászársadalmat mélyen megérintette. Szerk.*)

Az ünnepségen szót kért Verő professzor fia, dr. Verő Balázs is, aki meghatódottan emlékezett édesapjára:

„Sokszor elgondolkoztam azon, mit is mondanék akkor, ha édesapám tevékenységét röviden, akár csak egyetlen szóval, jelzővel jellemeznem kellene. Az elmúlt 25 év talán szolgáltatott annyi tapasztalatot, felismerést, hogy azt a jelzőt, amelyet édesapám szakmai tevékenységével kapcsolatban helytállóan találtam, most itt, ebben az ünnepélyes pillanatban egy fémtani példa kapcsán körüljárjam, majd végül ki is mondjam. A három Verő-gyerek közül ennek a találó jelzőnek a megtalálására nekem adatott meg a legnagyobb esély, hiszen csak én folytattam az ő szakmáját.

Édesapám Általános metallográfia című könyvének a 207-210. oldalán – amelyet az Akadémiai Kiadó jelentetett meg 1952-ben – az alábbi példa olvasható a diffúziós fejezetben:

„Nehézfémeket, rezet, nikkelt tartalmazó alumíniumötvözetek erősen korrodálódnak, ha a nehézfémek mennyisége kb. 0,01%-ot meghalad, ezért az ilyen ötvözeteket szinalumínium borítóréteggel szokás bevonni.....Miközben a borított lemezt melegen hengerlik, vagy más célból, pl. homogenizálás végett hevítik, az alaplemezből réz vándorol a borítólemezbé. Ha azt akarjuk, hogy a borítólemez ne korrodálódjék, akkor a külső felületén a Cu-tartalom 0,01%-ot nem haladhat meg...

Példaként számítsuk ki, hogy a $Cu = 4\%$ réztartalmú alaplemezből mennyi idő alatt diffundál annyi réz a ... borítólemezbe, hogy annak külső felületén ... a réztartalom $0,01\%$ legyen ... Nemesítés végett a lemezt ... 500° -on izzítjuk...”

Napjainkban ezt a feladatot számítógépes szimulációval gyorsabban, hatékonyabban lehet megoldani, és az eredmények megjelenítésére is több lehetőség kínálkozik.

Az édesapánk által 1952-ben közölt 780 sec-os és a számítógépes eredmény között mindössze 10% az eltérés (2. ábra). Ez az eltérés onnan adódik, hogy az analitikus megoldáskor a szinalumínium borítóréteget végtelen kiterjedésűnek kellett feltételezni, míg a numerikus megoldáskor annak tényleges vastagságával lehetett számolni.

Ahhoz, hogy az édesapánk szakmai tevékenységére a legegységelműbb kifejező jelzőt kimondjam, engedjétek meg, hogy – mintegy rávezetésül – egy személyes emléket közbeiktassak. 80. születésnapján az Elnöki Tanács a Magyar Népköztársaság Zászlórendjével tüntette ki (3. ábra). A kitüntetés után az interjúszobá-

ban két vagy három újságíró várta. Egyikük megkérdezte, mire büszke igazán?

Először talán azt válaszolta, hogy hat méternyi fiára, majd kissé szabódva azt mondta: „Sohasem írtam le olyasmit könyveimben, aminek a helyességéről nem voltam meggyőződve.”

Ahogy az interjú után mentünk lefelé a lépcsőn, egyszer csak hozzám fordult, azt kérdezte: „Mondd Balázs, nem voltam nagyképű?”

Hogy mit feleltem, már nem tudom, de lényegtelen is.

Szaporíthatnám a szót, de nem élek vissza a helyzettel. Az a szó, az a jelző, amit találnak érzek, az a „folytatható”



■ 3. ábra. Verő professzor kitüntetése a Parlamentben

jelző. Folytatható és folytatandó mindaz, amit könyveiben, jegyzeteiben és előadásaiban ránk hagyott.

Hagyatéka nemcsak szakmai. Ha elfogadjuk, hogy szakmai hagyatéka folytatható és folytatandó, akkor erkölcsi-emberi magatartására pedig a „követendő” jelző a legtalálób.”

klug

Dr. Verő József szobrának megkoszorúzása Sopronban



■ 1. kép. Koszorúzás Sopronban

Az MMKM Öntödei Múzeumában rendezett ünnepséget és kiállítást megelőzően május 13-án az OMBKE Vaskohászati és Öntészeti Szakosztályának, valamint az Óbudai Egyetem Bánki Karának képviseletében több tagtársunk megkoszorúzta dr. Verő József professzor soproni szobrát

halálának 25. évfordulóján (1. kép). A soproni Innovációs Parkban felállított szobornál dr. Csirikusz József tartott megemlékezést egykori professzorunk életútjáról, s méltatta nemzetközileg is elismert munkásságát.

A csoport tagja volt fia, dr. Verő Balázs



■ 2. kép. Az egykori szülői háznál

is, aki elkalauzolta a kis ünnepség résztvevőit édesapja sírjához és az egykori szülői házhoz (2. kép). Még Sopron felé utazva Enesén megtekintettük az L-Duplex Pivó Kft. Vasöntödét, ahol Pivarcsi László cégtulajdonos csatlakozott csoportunkhoz.

Nagyné Halász Erzsébet

A 85 éves dr. Bercz Endre professzor köszöntése

2010. április 9-én a Miskolci Egyetem Kémiai Intézete szervezésében, a Műszaki Anyagtudományi Karral, a Miskolci Akadémiai Bizottság Vegyészeti Szakbizottságával és a Magyar Kémikusok Egyesületével együttműködésben ünnepeltük a 85 éves *dr. Bercz Endre* professzor urat. Bercz professzor 1963–1965 között az akkori Általános és Fizikai Kémiai Tanszék (1987-től ME Fizikai Kémiai Tanszék) alapítója és tanszékvezető egyetemi docense, majd 1965–1990 között tanszékvezető egyetemi tanára volt. 1965–1968 között egyben betöltötte a Kohómérnöki Kar dékáni tisztségét is. 1997-től karunk professor emeritusa. Nevéhez fűződik számos, a tanszék oktatói gondozásában írt könyv és jegyzet, melyek közül karunk hallgatói előtt jól ismert a Kémia műszakiaknak és a Fizikai kémia című munkája. Könyvei, jegyzetei azonban nem csupán egyetemünk, hanem más felsőoktatási intézmények hallgatóit is segítik a fizikai-kémiai és a kémiai tudományok megismerésében és megértésében.

A Bercz professzor születésnapja alkalmából rendezett tudományos ülésnek a Miskolci Akadémiai Bizottság (MAB) székháza adott otthont. A MAB Vegyészeti Szakbizottság elnöke, *dr. Lakatos János* megnyitója után *dr. Lakatos István*, a MAB elnöke köszöntötte professzor urat és méltatta hatását a miskolci egyetemi kémia oktatásra, kutatásra, és az ő személyes kutatói pályájára. A Miskolci Egyetem rektorának képviselőjében *dr. Szűcs István* rektorhelyettes, majd a Műszaki Anyagtudományi Kar nevében *dr. Gácsai Zoltán* dékán köszöntötte az ünnepeltet, felidézve számos, hallgatóként szerzett személyes élményt is.



■ 1. kép. Bercz professzor ünneplői között

A Kémiai Intézet nevében *dr. Lengyel Attila*, az intézet igazgatója méltatta az ünnepelt tevékenységét és életművét, melynek keretében két kisfilmet is bemutattak. Ezt követően felkérte az ünnepeltet *Dubniczky Tibor* kollégánk által a Kémiai Intézet múltjának emlékezetes pillanataiból készített fotomontázs-film kommentálására. A hallgatóság körében is nagy sikert aratott összeállítás számos anekdotát, volt kollégákkal átélt pillanatot idézett föl. A következőkben *dr. Török Tamás*, a Metallurgiai és Öntészeti Tanszék vezetője idézte fel emlékeit a vezetőről, a szakmai segítséget nyújtó professzorról, majd tanítványai, kollégái köszöntötték a 86. évébe lépett, jó egészségnek örvendő és mindig mosolygós Bercz professzort (1. kép).

A múlt pillanatainak felidézését köve-

tően a Kémiai Intézet legfiatalabb oktatói tisztelegtek professzor úr előtt kutatási eredményeik bemutatásával. Az első előadást *dr. Baumli Péter* egyetemi tanársegéd tartotta „Határfelületi jelenségek az Ag-Si rendszerben”, a másodikat *Muránszky Gábor* egyetemi tanársegéd mutatta be „Városi aeroszol PM10 frakciójának kémiai jellemzése” címmel. Az előadásokat követően a jelenlévők kaptak lehetőséget köszönteni az ünnepeltet.

Az ünnepi tudományos ülés, mértéktartásának és meghittségének köszönhetően bizonyára nem csupán az ünnepelt, hanem minden jelenlévő számára emlékezetes marad. A rendezvény hivatalos részének bezárását követően kötetlen beszélgetésekkel folytatódott az ünnepség.

✍ *Dr. Baumli Péter*

Leobeni tanulmányút

2009 nyarán a Borsodi Transzít Szolgáltatási Közhasznú Nonprofit Kft. LEOBFREI projektjének keretén belül lehetőségünk nyílt pályázni egy négyhetes tanulmányútra a Leobeni Egyetemre. A pályázatot hárman nyertük el: *Lévai Gábor* és *Rima-*

széki Gergő doktorandusz hallgatók, és *Nehézy Péter Dániel* ötödéves kohómérnök hallgató, mindhárman a Műszaki Anyagtudományi Karon végezzük tanulmányainkat. A projekt vezetői és menedzserei, *dr. Török Béla* és *dr. Grega Oszkár*

tanár urak voltak. Az ő közreműködésüknek köszönhető, hogy Leobenben előkészített egyetemi hellyel és szállással vártak bennünket, valamint a projekt biztosította számunkra az utazás feltételeit és napi költö pénzben is részesültünk. Rima-

széki Gergő és Lévai Gábor a Metallurgiai Intézet Fémkohászati Tanszékén, Nehézy Péter az Ipari Környezetvédelmi Eljárás-technológiai Tanszéken kapott elhelyezést.

A tanulmányút során irodalomkutatást és kísérleteket végeztünk a tanszégeken, de az egyetemen végzett feladatok mellett lehetőségünk nyílt szakmai kirándulásokon való részvételre is. Többek között eljutottunk a Wuppermann Austria GmbH nevű céghez, ahol acéllemezek tűzihorganyzását végzik. Sikerült ellátogatnunk a Voest Alpine Stahl linzi (1. kép) és donawitz-i üzemébe, Linzben a porfeldolgozó üzemet, míg Donawitzben a világhírű sínhengerművet tekintettük meg, ahol értékes szakmai tapasztalatokkal gazdagodtunk.

Az Ipari Környezetvédelmi és Eljárás-technológiai Tanszék segítségével eljutottunk Vordernbergbe, a Gösser sörgyárba, ahol megnéztük a kohászati múzeumot, valamint Erzbergbe, ahol egy mélyművelésű és egy külszíni vasércbányában tettünk üzemlátogatást.

A következőkben szeretnénk pár sorban összefoglalni, hogy mivel is foglalkoztunk az Ausztriában eltöltött négy hét alatt. Jómagam, Rimaszéki Gergő, a doktori disszertációmra dolgoztam, amelynek témája: Elektrolitos ónraffinálás sósavas közegben és nagytisztaságú ón előállítás. Manapság az elektronikai- és az élelmiszeripar fejlődésével egyre nagyobb mennyiségben keletkezik ólommal, rézzel, ezüsttel szennyezett ónhulladék, aminek a feldolgozása fontos környezetvédelmi és gazdasági kérdés. A tiszta ón ára jelenleg 20 000 USD/t körüli értéken



■ 1. kép. Látogatás a Voest Alpine Stahl linzi gyárában

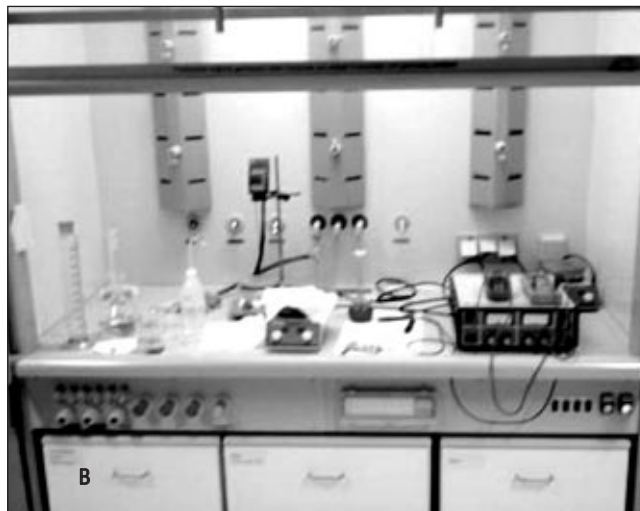
mozog. Az elektrolitos ónraffinálás során egy lépésben tisztítják a szennyezett ónt, olcsóbb és környezetkímélőbb technológia mint a tűzi raffinálás. Korábban diplomamunkámban már foglalkoztam az elektrolitos ónraffinálás jellemzőivel, ezért választottam ezt a kutatási területet a Kerpely Antal Anyagtudományok és technológiák Doktori Iskolában. A Leobeni Egyetem Fémkohászati Tanszékén Helmut és Jürgen Antrekowitsch tanár urak segítettek munkámat. Lehetőségem nyílt irodalomkutatásra a helyi könyvtárban, ahol értékes információkat szereztem az ónraffinálás különböző módszereiről, előnyeiről és hátrányairól. A tanszéki laboratóriumban (2. kép) pedig összehasonlító méréseket végeztem különböző elektrolit oldatokkal és vizsgáltam, hogy a sósavas elektrolit oldatok

kal szemben mennyire alkalmazhatóak a kénsavas elektrolit oldatok ónraffinálásra. Mérési eredményeimet kutatószemináriumi munkámban hasznosítottam.

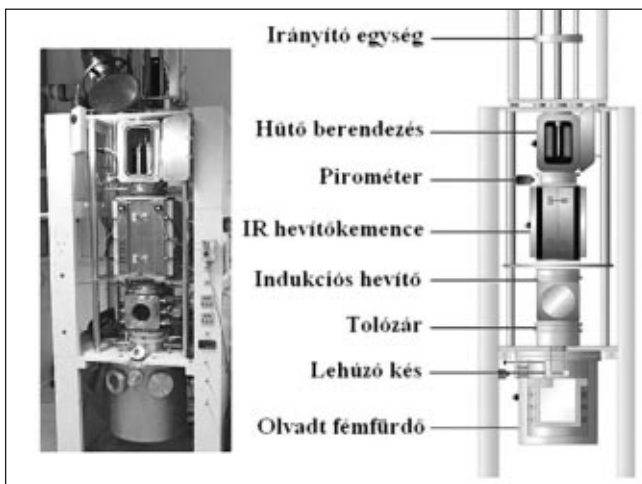
A tanszék felajánlotta, hogy doktori kutatásaimmal kapcsolatban a jövőben is szívesen látnak. A kint eltöltött négy hét alatt értékes szakmai tapasztalatokat szereztem, köszönöm a szervezőknek a lehetőséget!

Lévai Gábor is a Fémkohászati Tanszéken tevékenykedett a tanulmányút alatt, az ő munkája a következőkben foglalható össze:

2008 júniusában végeztem a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán, mint okleveles öntész-metallurgus és minőségirányító mérnök. Még abban az évben felvételt nyertem a Kerpely Antal Anyagtudományok és technológiák Dok-



■ 2. kép. Az elektrokémiai laboratórium



■ 3. kép. Folyamatos horganyzást szimuláló berendezés



■ 4. kép. Flash-reaktor

tori Iskolába, ahol felületkezelés, pontosabban felületi bevonatok optimalizálása témakörben kezdtem el kutatásaimat. Első évem az autókarrasséria-lemezek általános vizsgálatáról szólt, melynek célja volt egy végzettségemhez kapcsolódó kutatási témakör kiválasztása. Így döntöttünk a lemezhorganyzás vizsgálata mellett, melyben kiváló segítséget nyújtott a Borsodi Tranzit Közhasznú Kht. által meghirdetett pályázat. Ausztriai kutatásaim során a legfőbb cél a helyi horganyzási szakirodalmak felkutatása, részletes tanulmá-

nyozása, valamint a közelben lévő horganyzóművek technológiáinak, vizsgálóeljárásainak feltérképezése volt. Mindebben segítségemre voltak a leobeni kollégák, *Horst Zunko* és *Alfred Hackl*. Elméleti kutatásaink mellett lehetőségünk nyílt ellátogatni Judenburgba a Wuppermann Austria GmbH-hoz, ahol *Rolf Briesberger*, az üzem műszaki vezetője mutatta be a gyárat és a termelési folyamatot. A cég elsősorban folyamatosan horganyzott acéllemezeket készít, többek között autó- és építőipari felhasználásra. Számomra a leghasznosabb a linzi Voest Alpine Stahlnál található, folyamatos horganyzást szimuláló berendezés megismerése volt (3. kép). Bár működés közben nem láthattam a szimulátort, de működéséről, használatának előnyeiről a szakirodalomból tájékozódtam.

Leobeni munkám nyomán jelenleg is a horganyzás területén kutatok, célunk mindenek előtt az, hogy a rendelkezésünkre álló technológiákkal próbadarabokat állítsunk elő, és azokat minél részletesebben vizsgáljuk. Ezen vizsgálatok, kutatások sikeres elvégzéséhez nagy segítséget nyújtott a leobeni tanulmányút.

Az Ipari Környezetvédelmi és Eljárás-technológiai Intézetben *Nehéz Péter Dániel* végzős kohómérnök hallgató töltött el négy hetet, ő a következőképp számol be a tanulmányútról:

Az intézetben személyes ismeretséget kötöttem többek között az intézet vezetőjével, *prof. Dr. Werner Kepplingerrel*, ezt a kapcsolatot továbbra is szeretném fenntartani. A kutatási témám a vaskohászati porok hasznosítási eljárásainak vizsgálata volt. Ezen belül alaposabban a szállóporok feldolgozását, veszélyességének csökkentését és a bennük található értékes fémek kinyerését tanulmányoztam. Azért választottam ezt a témát, mert napjainkban egyre fontosabbá válik az ipari szektorban is a környezet védelme. A hazai helyzet azt mutatja, hogy egyelőre mind Dunaújvárosban, mind Ózdon gondot okoz a keletkezett iszap és por elhelyezése, feldolgozása. Többnyire veszélyes hulladékként kezelve egyszerűen hányóra rakják, nem törődve az értékes és egyben veszélyes cinktartalommal, ami a mai korrózióvédelmi eljárásoknak köszönhetően az acéliparban egyre növekszik. Ennek ismeretében utaztam ki Ausztriába megfigyelni és megismerni az ott alkalmazott különböző por- és hulladékfeldolgozó eljárásokat, technológiákat. Az ott töltött egy hónap során számos szállópor- és cinkfeldolgozó eljárással ismerkedtem meg, amelyeket a diplomamunkám elkészítése során hasznosítok. Nagyon örültem annak is, hogy lehetőségem volt meglátogatni néhány üzemet és múzeumot, ezek maradandó élmények a számomra. A Leobeni Egyetem Ipari Környezetvédelmi Eljárás-technológiai Intézetétől ígéretet kaptam, hogy az újonnan épülő kísérleti berendezésüket, a Flash-reaktor (4. kép), amely alkalmas vaskohászati szállóporok kezelésére, használhatom a diplomamunkám elkészítéséhez szükséges mérésekhez. Nagyon örültem, hogy kihasználhattam a pályázat nyújtotta lehetőségeket. Nem bántam meg, értékes tapasztalatokat szereztem!

Összességében, a tanulmányút rendkívül hasznos volt mindannyiunk számára, a szakmai ismeretek megszerzése és az üzemlátogatások mellett jó kapcsolatokat sikerült kiépítenünk az ausztriai professzorokkal, oktatókkal, kollégákkal. Köszönjük dr. Török Béla és dr. Grega Oszkár tanár uraknak, valamint a Borsodi Tranzit Szolgáltatósi Közhasznú Nonprofit Kft. munkatársainak a segítséget és a lehetőséget, hogy részt vehettünk ezen tanulmányúton.

**Rimaszéki Gergő – Lévai Gábor –
Nehéz Péter Dániel**

Miskolci egyetemisták az ISD Dunafer Zrt.-ben

2010. április 29-én a Miskolci Egyetem másodéves anyagmérnök BSc szakos hallgatói Dunaújvárosba látogattak. A 15 főnyi csoportot (Bíró Gergely Attila, Cseh Gábor, Éliás Attila, Götti Zsolt, Juhász Koppány Levente, Kiss Dávid Áron, Kovács Zoltán, Majercsák László, Máté Csilla, Pálvölgyi Dalma, Schön Márk, Stomp Dávid, Szabó Zoltán, Tihanyi Tamás, Varga István) oktatóik közül elkísérte dr. Farkas Ottó professor emeritus, dr. Grega Oszkár, a Dunafer korábbi fejlesztési igazgatója és dr. Márkus Róbert tanársegéd.

A látogatás célja az volt, hogy az egyetemen megismert metallurgiai folyamatok működését Magyarország egyetlen integrált acélgyártással üzemelő vasművében a gyakorlatban is láthassák. A program első részében Hevesi Imre, a Nagyolvasztómű Technológiai Osztály vezetője és Tóth Balázs technológus szakmai kíséretével a zsugorítványgyártás dunaújvárosi jellemzőivel ismerkedtek meg a látogatók, majd a nyersvasgyártás berendezéseinek szemrevételezése következett. A nyersvasgyártásról elmondottakat a II-es kohó 12 órai csa-

polásának látványa koronázta meg. Ezután az autóbussz a konverter irodaépület előtt állt meg, ahol kedves ismerőssel találkozhattak a látogatók: Harcsik Béla doktorandusz a Miskolci Egyetem és az ISD Dunafer Zrt. között létrejött kutatási és fejlesztési szerződésnek megfelelően az Acélműben végzi az acél reoxidációjával kapcsolatos méréseit.

A diákokat az Acélműgyár vezetése és a Technológiai Igazgatóság nevében Józsa Róbert és Horváth István kohómérnökök köszöntötték. A Dunai Vasműben 1954-ben csapoltak először acélt. Az elmúlt közel hat évtizedben gyártott acélok mennyiségének technológiák szerinti megoszlását, illetve a folyamatos öntés fejlődését egy táblázatból ismerhették meg az egyetemisták. Egy rövid pihenő után a konverteres acélgyártás egyes fázisait tanulmányozhatták (1. ábra), bepillantást nyerve a technológia látványos momentumaiba (hulladékberakás, nyersvas beöntése a keverőbe és a konverterbe, próbavétel és csapolás).

A gyárlátogatást ebéd és egy rövid vá-

rosnézés követte, majd a diákok, tanáraik és szakmai kísérőik az ISD Dunafer Zrt. és az OMBKE vendégeként a Pintes pincében találkoztak.

Itt csatlakozott hozzájuk Tóth László, a Nagyolvasztómű nyugállományú gyárvezetője, Titz Imre termelésvezető és Móger Róbert termelésvezető helyettes, valamint Pallag János az OMBKE helyi szervezetének vezetőségi tagja. Az egybegyűlteket dr. Farkas Ottó professor emeritus köszöntötte, kihangsúlyozva, hogy milyen fontosnak érzi az üzemlátogatások és szakmai találkozók szerepét a diákok tudásszintjének emelésében (2. ábra).

Tóth László, az OMBKE helyi szervezetének ex-elnöke hozzászólásában az egyetem és a termelőszféra régi hagyományokra épülő együttműködését emelte ki az új kohász generációk nevelésében. A komoly szavak után a vidámságé volt a főszerep. Felcsendültek a legnépszerűbb selmeci diáknóták is. A jó hangulatú találkozó után a vendégek az esti órákban utaztak vissza Miskolcra.

Józsa Róbert



1. ábra. Látogatás a konverternél



2. ábra. Dr. Farkas Ottó professor emeritus köszöntője a Pintes pincében

II. Ózdi Ipari Örökségvédelmi Konferencia, 2010. május 28.

A konferenciát az Ózdi Ipari Örökségvédők Baráti Köre kezdeményezésére és szervezésében, a Polgármesteri Hivatallal együttműködve, mint a XII. Ózdi Napok egyik kiemelt rendezvényét tartottuk meg a közelmúltban példamutató módon felújított műemlék Kaszinó rendezvényházban. A rendezvény támogatói az Ózdi Önkormányzat

mellett az Ózdi Vállalkozói Központ, az Ózdi Művelődési Intézmények (ÓMI), az ÓMI Városi Múzeum, a FÉMIKSZ Kft., a Városi Mű és az Ózdi Közélet voltak.

A konferenciát megelőzően a résztvevők rövid ünnepségen tisztelegtek az idén 165 éves ózdi kohászat alapítója, Rombauer Tivadar emlékének a róla elnevezett

téren lévő emléktáblánál. A gyári duda hangja után Németh Ferenc tartott méltató beszédet a gyár alapítójáról, majd a konferencia résztvevői és a Baráti Kör tagjai nevében dr. Bárczi László és Horváth Károly, az Ózdi Honismereti Kör nevében Vass Zsuzsanna és Vass Tibor helyeztek el koszorút. A megemlékezés a kohászhimnusz

hangjaival zárult. A gyári duda hívó hangja után a megjelent 93 regisztrált résztvevőt *Benyhe László* levezető elnök köszöntötte, majd *Benedek Mihály* polgármester tartott üdvözlő beszédet. Szólt a területen végzett eredményekről, például az ICOMOS-díjas felújított Olvasó épületéről és a még elvégzendő nem kevés teendőkről.

A délelőtti előadások sorát *Drótos László*, a Közép-Európai Ipari Örökség Útja Egyesület alelnöke nyitotta meg, aki a fejlett európai országok ipari örökségvédelméről, mint követendő útról, és a 165 éves szakmatörténeti múlt ipari emlékei révén Ózd város ipari örökségvédelmi központtá válásának esélyéről, mint nagy lehetőségéről beszélt. Ózd a közép-európai vaskultúra központjává válhat, amelyhez az ózdi műszaki értelmiség nagyobb aktivitása és az ezt elősegítő tudatos városfejlesztési stratégia egyaránt szükséges.

Dr. Mezős Tamás, a Kulturális Örökségvédelmi Hivatal elnöke a magyar műemlékvédelem, ezen belül az ipari műemlékvédelem helyzetéről tájékoztatta a résztvevőket. Elmondása szerint a mintegy 11 ezer magyarországi, ezen belül a 316 ipari műemlék száma jelentősen elmarad az európai átlagtól, de rávilágított, hogy csak összefogással, támogatási rendszerrel lehet a helyzeten javítani. Felajánlotta együttműködési készségét az ózdi ipari értékek megóvása, ápolása, lehetséges hasznosítása érdekében, melyekre EU forrásokat kell találni.

A múlt őrzése mellett figyelni kell az ipar jelenét is, így *Marczisz Gáborné dr.*, a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés igazgatója a hazai acélipar helyzetéről adott átte-

kintést, összehasonlítva az Európában és a világban végbemenő folyamatokkal. Ismertette a fejlődés várható irányait, jellemzőit. Kiemelte: a piaci hatásoknak kitett és azokra igen érzékeny magyar acéliparnak csak a hatékony fajlagos anyag- és energiafelhasználás esetén van esélye a versenyben maradásra.

Dr. Bolyki János a település központi részén elhelyezkedő régi törzsgyárnak a város életébe való bekapcsolása szükségességét és fontosságát hangsúlyozta. Ennek megvalósításához már több mint egy éve ózdi emberek javaslatára alapozott, hollandokkal közösen készített tanulmány áll rendelkezésre. Összefogással meg kell találni a régi gyár területén lévő épületek új funkcióját, hasznosításuk lehetőségét. Ennek révén az Ózdon és környékén élő mintegy 80 ezres népesség kistérségi központja jöhet létre.

Az ebédszünetet követően a délutáni előadásokat *Dobosy László* múzeumigazgató igen érdekes, sok képpel illusztrált „Ipartörténeti értékek Ózdon és térségében” című előadása nyitotta meg. Prezentációjában nyomatékosan figyelmeztetett a meglévő értékek óvására és hasznosításuk jelentőségére.

Schmidt György, az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület nyugalmazott igazgatója az ózdi vasgyár történetének jelentős – önmaguknak munkásságukkal, tudásukkal hírnevet kivívó – személyiségei közül mutatott be jó néhányat a konferencia résztvevőinek, hangsúlyozta a teljesség igénye nélkül.

Pintér László, az ÓKÜ Szállítási Gyáregysége nyugalmazott gyáregységvezetője

Ózd térségének, valamint a vasgyár vasúti közlekedésének és közlekedési hálózatának kialakulását, fejlődését, nevezetességit ismertette az egykori létesítmények (Európa legmeredekebb fogaspályája), illetve a fennmaradt eszközök (mozdonyok) fényképeit bemutatva.

Földi Jenő a FÉMIKSZ Kft. tulajdonosaként és korábbi vezetőjeként tájékoztattott a törzsgyár területén műemlék épületben lévő, több mint 15 éve eredményesen működő huzalfeldolgozó és szeggyártó cég tevékenységéről.

Dr. Bárczi László nyugdíjas főmérnök, a Baráti Kör egyik alapítója a kör eddigi munkájáról, célkitűzéseiről, hangsúlyosan a városrehabilitáció keretében a régi gyár területének és létesítményeinek a város életébe történő beillesztéséről beszélt. Felvette egy országos vagy nemzetközi jellegű ipari örökségvédelmi rendezvény megtartásának gondolatát.

Az előadások után az elhangzottakhoz *dr. Grega Oszkár*, *dr. Török Béla*, *Mokri Pál* és *Mikola Béla* fűztek észrevételeket, új gondolatokat. Szóltak többek között a kohászati technológiák környezetvédelmi feladatairól, a keletkező porok kezeléséről és hasznosíthatóságáról, az örökségvédelem oktatási és képzési feladatairól, lehetőségeiről, a gyár minőségi termékeinek előfordulási helyeiről a nagyvilágban, vagy a törzsgyári terület városképet javító kialakításának igényéről.

Az igen színvonalas rendezvény *Herceik László* előadókat, hozzászólókat, a rendezvény előkészítőit és szervezőit méltató szavaival és a bányászhimnussal ért véget.

■ KÖNYVISMERTETÉS

Selmezbánya város középkori jogkönyve

Selmezbánya városi és bányajogi kódexe
Codex des Stadt- und Bergrechts von Schemnitz
Montan-Press Kft., Budapest, 2009

A Selmezbánya városi és bányajogi kódexe nem csak az évezredek bányászattörténetünk egyik legszebb és legfontosabb emléke, hanem hazánk olyan kulturális öröksége, amely alapját képezi az átfogó magyar jogrendszer kialakulásának. Ugyanakkor ez hazánk egyik legszebb, jó állapotban megmaradt kódexe.

Keletkezésének idejéről nincs pontos adat. Feltételezhetően a tatárjárás utáni időből származik. 1241-ben a tatárok földig rombolták a régi várost, a bányaművelés három évig szünetelt. Ahogyan az egész országban, Selmezbányán is új honalapításra volt szükség. *IV. Béla* újra német bányászokat hívott az országba, akik felépítették a várost. A bányászat megindítása érdekében a polgárokat különböző kiváltságokkal ruházta fel, és megerősítette a városi statútumokat. Ez képezte az alapját a város jogkönyvé-

nek. A kódex eredeti, latin nyelvű példánya 1442-ben elpusztult, de a későbbi lejegyzések két változata fennmaradt, amelyeket a Magyar Nemzeti Múzeum őriz.

E kötet a jogkönyv 1500-as évek elején készült változatát mutatja be eredeti állapotában, német szövegének és magyar fordításának egyidejű közlésével. Bár *Gutenberg* első nyomtatott írása már 1455-ben megjelent, közel 100 év kellett ahhoz, hogy a könyvkiadásban a nyomtatás szélesebb körben elterjedjen. A nyomta-

tás megjelenése előtti, illetve az átmeneti időszakban a könyvkészítés módja a kódexírás volt, amely olyan művészi fokot ért el miniatűr képeivel, betűivel, a csodálatos ötvösmunkákkal díszített kötésével, mint egy-egy korabeli művészi alkotás. Ilyen nagy értéket képvisel ez a joggyűjtemény is az iniciálékkal díszített csodálatos betűivel és a kezdő oldalt képező festett lappal, amelynek az elemzése külön fejezetet érdemelne.

A jogkönyv két fő részből áll: első része a városi magánjog közjogi és büntetőjogi szabályozását tartalmazza, második része a bányajogi rendelkezéseket foglalja össze. Ezt a jogrendet a legtöbb alsó-magyarországi bányaváros elfogadta, de ez volt az alapja a gölnici bányajognak is, amely a legfontosabb fejezete az 1487-ben megalakult Felső-magyarországi Bá-



nyavárosok Szövetsége statútumának.

Annak ellenére, hogy az itt leírt számos jogszabály még a mai társadalom számára is példamutató és követhető lenne, meglepő módon a boszorkányégetésről is rendelkezik. Ennek oka nyilván az, hogy változtatás nélkül meghagyták az eredeti szöveget, és ezt egészítették ki 150 évvel később.

Köszönet illeti a Montan-Press Kft.-t és mindazokat, akik közreműködtek e régen várt remekmű kiadásában. Ez a jelentős litográfiai alkotás, amely egy kort és egy mesterséget mutat be, nem csak a magyar montanisztika története után érdeklődők számára jelent nagy kincset, hanem minden könyvszeretőnek csodálatos élményt nyújt. A faksimile kiadás 60 színes oldallal, a kódexhez méltó művészi szerkesztéssel és tördeléssel, vászonkötésben jelent meg.

Benke István

■ KÖSZÖNTÉSEK

85. születésnapját ünnepelte

Illyés János okl. kohómérnök, a Vaskut nyugalmazott osztályvezetője, 2010. április 22-én töltötte be 85. életévét. Kohómérnöki oklevelét 1953-ban szerezte a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen.

Munkásságát 1944-ben gyakornokként kezdte a MÁVAG diósgyőri Elektroacél-művében. A háború befejezése után a Nagyolvasztóműbe került, további tevékenysége ezek után a nyersvasgyártáshoz kapcsolódott. Mint tervező egy „50 m³-es bauxitkohó” kiviteli terveit készítette el, és részt vett annak megépítésében is. A 700 m³-es nagyolvasztó építésénél ellenőrként dolgozott. Tervezőként és irányítóként vett részt a nagyolvasztók esedékes átépítéseiben. Később bekapcsolódott az üzemi metallurgiai feladatok megoldásába. 1962-ben ő irányította az 50 m²-es Dwight-Lloyd-féle zsugorítószalag tervezését a korábban leállított Vörösiszapmű üzemépületeinek kihasználására.

1962-ben áthelyezték a Vaskohászati Igazgatóságra, majd 1964-ben a Vaskut Ércmetallurgiai Osztályára, ahol különféle, a nyersvasgyártással összefüggő alkalmazott kutatásokat, kísérleteket végzett.



Egyidejűleg több cikluson keresztül, nyugállományba vonulásáig, 1972 és 1985 között ellátta az OMBKE Nyersvasgyártási szakcsoportjának titkári teendőit is.

Társszerzőként részt vett a Vaskohászati kézikönyv és a négy nyelvű Kohászati műszaki szótár kidolgozásában. Nevéhez számos szakmai előadás tartása és szakcikk megjelentetése fűződik. Szakmai munkásságát több kitüntetéssel ismerték el.

Egészségi állapota az utóbbi időben erősen megromlott, súlyos betegsége szobafogságra kényszeríti.

Szántai István okl. gépészmérnök 2010. május 13-án töltötte be 85. életévét. Pályáját 1947-ben a Csepel Művek Szerkezet- és Emelőgépgyárában (SzEG) kezdte emelő- és szállítógépek – ezen belül bányászati szállítórendszerek – tervezése területén. 1952-től a SzEG főmérnöki teendőit látta el.

1954 tavaszától – a Nagy Imre kormány programjának megfelelően – főmérnöki beosztásban ipari szintű fejlesztést és irányítást végzett a Szarvasi Gépállomáson.

1960-tól a Csepel Művek Tervező Intézetében osztályvezetői beosztásban irányító tervezőként tevékenykedett. 1975-től a Csepel Művek hat gyáregységének nagy fejlesztési időszakában kapott meg-



bízást a létesítményi főmérnökség vezetésére, amely a tervezéstől az üzembe helyezésig terjedő feladatokat tartalmazta.

1984-es nyugdíjba vonulása után a Budapest és Vidéke MÉH Vállalatnál hét évig fejlesztéssel foglalkozott a színesfémkohászat, üveg-, acélforgács- és papírfeldolgozás szakterületeken.

A kilencvenes évektől aktívan vesz részt lakókörnyezete műszaki és környezeti vitáiban, szakmai felkészültségével járul hozzá a helyi fejlesztési feladatok megoldásához.

Imre János okl. kohótechnikus 1925. május 25-én született Rákospalotán. A középiskola elvégzése után a GAMMA Művek Öntődéjében öntőszakmát tanult, és itt dolgozott 1949-ig előbb öntősegédként, majd mint művezető. 1947–51-ig tanulmányait a Dolgozók Öntőipari Középiskolájában folytatta, ahol 1951 júniusában kohóipari technikus oklevelet kapott.

1949-től a Nehézipari Minisztérium Vaskohászati Főosztályán, majd áthelyezéssel a Kohó- és Gépipari Minisztérium Műszaki Fejlesztési Főosztályán üzemvezetői munkakörben dolgozott. 1950-ben a Közgazdasági Egyetem által indított



üzemgazdasági tanfolyamot végzett.

1953-ban megbízták az EMAG Vasöntőde vezetésével, amelyet 1956-ig ellátott. 1957–58-ban az Alumínium Öntőde főmérnöke, 1959–67-ig a Dugattyú- és Csapágyöntőde főtechnológusa.

1967–1985-ig, nyugdíjazásáig, a Vasipari Kutató Intézet munkatársa. Feladatköre volt az Öntődei Osztály szervezetébe tartozó kísérleti részleg irányítása, ezen belül a nyomásos öntés és a precíziós öntés fejlesztése. E területen végzett munkáját az ipari miniszter a Kiváló Kohász kitüntető cím adományozásával ismerte el.

Nyugdíjazása után 1990-ig a Vaskut Precíziós Öntődéjének megbízott vezetője volt.

Egyesületünknek 1949. január 1-je óta tagja. Több évig volt a Nyomásos Öntészeti Szakcsoport vezetője.

80. születésnapját ünnepelte

Schippertné dr. Sapsal Vera okl. vegyész-mérnök, a műszaki tudomány kandidátusa áprilisban ünnepelte 80. születésnapját.

Egyetemi tanulmányait a Budapesti Műszaki Egyetem Vegyész-mérnöki Karán elvégzett két év után 1954-ben a Veszprémi Vegyipari Egyetem elektrokémiai szakán fejezte be kitüntetéses diplomával.

Szakmai tevékenységét a Fémipari Kutató Intézetben kezdte meg. Pályája során az elektrokémiáról fokozatosan a fémek képlékenyalakítása területére került át, és ezen belül is az alumíniummal és ötvözetével foglalkozott. Technológusként dolgozott egy kábelgyárban és a Székesfehérvári Könnyűféműben.

1965-től jelentős és döntő szerepe volt a Székesfehérvári Könnyűfémű prismsű és hengermű beruházásához kapcsolódó Központi Technológiai Kutatólaboratórium (KTKL) létesítésében (tervezés, beruházás, a kutatók és a szak személyzet kiválasztása és kiképzése stb.), melynek 1974-ig első vezetője is volt. A KTKL-nek a Fémipari Kutató Intézethez történt csatlósítása után tudományos főmunkatársi majd tudományos tanácsadói minőségben dolgozott.

1977-ben mint levelező aspiráns a profilok melegsajtólása témájú értekezését

megvédve a műszaki tudomány kandidátusa lett. Magyar, német és orosz szaklapokban jelentek meg publikációi.

1985-ben ment nyugdíjba, utána rövid ideig a Fémipari Kutató Intézetben dolgozott. Most a családjában – férje, két lánya, három unoka és hozzátartozóik – leli örömet.

Dr. Farkas Ottóné dr. Mayr Klára aranyokleveles vaskohómérnök 1930. június 21-én született Szekszárdon. Alap- és középfokú tanulmányait Pécsen, Nagyvárkonyon és Sárospatakon végezte. 1954-ben szerzett vaskohómérnöki oklevelet a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán Miskolcon. Ettől az időponttól 1990-ben történt nyugdíjba vonulásáig a fenti kar Tüzeléstani Tanszékén dolgozott oktatóként tanársegéd, adjunktus majd docens beosztásban. Utóbbiként tizenkét és fél éven át (1975–1987) a tanszék vezetője is volt. Kohómérnök és gázmérnök hallgatók graduális oktatásában, szakmérnök hallgatók posztgraduális oktatásában vett részt energiahordozók, tüzelés, ipari kemencék, kazánok, gázgyártás, környezetvédelem témákban. Vendégoktatóként a Magdeburgi Műszaki Egyetemen több alkalommal előadásorozatot tartott.

Kutatási tevékenysége lángvizsgálatokra, kemenceterekben folyó hőátadásra, kemencék energiatakarékosabb üzemvitelére, a hőveszteségek csökkentésére terjedt ki elsősorban. Üzemelő ipari kemencék működésének tényfeltáró elemzésében összesen harminckilenc üzemi kutatómunkában vett részt tanszéki munkatársaival, sokszor témavezetőként is. Kutatómunkájának eredményeiből készített disszertációi és vizsgái alapján Dr. techn. címet (1973), majd a műszaki tudomány kandidátusa (1980) és PhD fokozatot (1997) nyert el. A tanszék oktatási és tudományos tevékenységében ma is részt vesz doktoranduszok oktatásával.

Publikációi magyar és idegen nyelveken 1956 óta folyamatosan jelennek meg. Ez ideig 14 könyv, 21 egyetemi jegyzet, 13 oktatási segédlet, 25 monográfia, 79 szakcikk (folyóiratokban, konferencia kiadványokban) írója, társszerzője, szerkesztője, lektora. 88 konferencia előadást tartott, több esetben munkatársaival társelőadóként.



Tanszékvezetőként a szomszédos országok öt egyetemével alakított ki szerződésbe foglalt oktatási, kutatási és csere-oktatói kapcsolatot, melyekből gyümölcsöző nemzetközi konferenciák jöttek létre. Megvalósult a tanszéki kemencecsarnok is, mely számos kutatómunka színtere lett. A tudományos továbbképzést 55 doktorandusz témájának szakmai irányítójaként, tanárjegyzőként, lektorként, vizsgáztatóként stb. segítette.

1951 óta tagja az OMBKE-nek. Számos tisztséget töltött be műszaki, tudományos, társadalmi szervezetekben, így az MTA, MAB, OMBKE, NME, ETE stb. különböző munkabizottságaiban. Tizenhárom alkalommal kapott állami, egyetemi, kari és társadalmi szervezetektől kitüntetést.

75. születésnapját ünnepelte

Dr. Vörös Árpád aranyokleveles kohómérnök 1935. június 11-én született Budapesten. Középiskolai tanulmányait a Budapest III. ker. Árpád Gimnáziumban és az Oleg Kosevoj előkészítő iskolában végezte. Egyetemi tanulmányokat a Donyecki Nehézipari Egyetemen és a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen folytatott, és szerzett kohómérnöki oklevelet 1958-ban, majd gazdasági mérnöki oklevelet 1963-ban. 1970-ben megvédte kandidátusi disszertációját a Moszkvai Acél és Ötvözetek Egyetemen.

Pályafutását a Csepel Művek Vas- és Acélöntődjében kezdte gyakorló mérnökként, majd művezetőként, osztályvezetőként, gyáregység-vezetőként, műszaki igazgatóként, igazgatóként folytatta. 1981–83 között az irányításával létrehozott Csepel Művek Vasmű igazgatója volt. 1985–90 között az Ipari Minisztériumban a kohászatért felelős miniszterhelyettes.

Különböző szakmai szervezetek munkájában vett részt. 1958-tól az OMBKE tagja, az Öntészeti Szakosztály titkára, elnöke, az OMBKE alelnöke, az MTE SZ Országos Elnökségének, Végrehajtó Bizottságának tagja, alelnöke. Az Öntéstechnikai Egyesületek Nemzetközi Szövetségének (CIATF) 1983-tól elnökségi tagja, alelnöke, 1987-ben elnökként a Delhiben tartott 54. öntő világkongresszust szervezi és irányítja. Több évig az MTA Tudományos Minősítő Bi-



zottságának, a Metallurgiai Bizottságnak, jelenleg pedig a Köztestületnek tagja.

Szakmai és tudományos egyesületi munkájáért több kitüntetésben részesült: Kiváló Dolgozó, Péch Antal-, Soltz Vilmos-, z. Zorkóczy Samu-emlékérem, OMBKE Centenárium emlékérem, Öntészeti Szakosztályért emlékérem, OMBKE tiszteleti tag, MTESZ-díj, Signum Aureum Universitatis (NME), MVAE Vaskohászati Emlékérem, Szent Borbála Érem, Eötvös Lóránd Díj, Állami Díj.

Szakirodalmi tevékenységét mintegy 80 hazai és külföldi publikáció fémjelzi. 19 magyar és idegen nyelvű könyv szerzője, társszerzője, fordítója, szerkesztője, lektora. Egyik könyvét orosz, német és román nyelven is kiadták. Éveken át volt diplomamunkák konzulense, bírálója, ill. az egyetemi és főiskolai Állami Vizsgabizottságok tagja.

Jelenleg vállalkozóként cégeit irányítja és az OMBKE, valamint az Öntő Világszövetség (WFO) volt elnökök tanácsának tagjaként tevékenykedik.

Drótos László 1935. június 13-án született. Nyugdíjba kerülése előtt, 1982–1989 között, a diósgyőri Lenin Kohászati Művek (LKM) vezérigazgatója.

Az 1770-ben Fazola Henrik által a Bükk-hegység lábánál alapított vasműveknek – a 19. század közepétől rohamosan fejlődő állami nagyvállalatnak – harminckettedik, egyben utolsó gyárvezetője volt. A szakmát gyermekkorában közönliséssé és édesapja „gyárista” volta ismertette meg vele. Vasztergályosnak tanult, gépipari technikumot végzett, majd a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán szerzett diplomát. Ezen túl több hazai és külföldi vezetőképzőn bővítette ismereteit. Dolgozott alapszakmájában, az LKM-ben műszaki előadóként, a vállalat műszaki titkáráként, a hengerművek vezetőjeként. Feladatokat vállalt Miskolc és Borsod-Abaúj-Zemplén megye, az Egyetem, az Országos Fejlesztési Bizottság, az Iparkamara, a KGST, az OMBKE stb. választott vezető testületeiben. Számos külföldi tapasztalatszerző és üzleti úton vett részt.

Részese, befolyásolója és irányítója volt az LKM 1957 után felgyorsult gyártmány- és gyártásfejlesztési programjainak, az 1970-es évek kiemelt térségi beruházásainak, a régióban felgyorsult gazda-



sági, kulturális fejlődésnek. A közelgő posztindusztriális kor várható hatását, a hazai gazdaság versenyképességének romlását érzékelve és a gazdaságirányítás ellentmondásosságát látva – mint reformpárti vezető –, többek között kezdeményezte a borsodi kohász vállalatok akkor még meglévő jelentős szellemi és anyagi erejének egyesítését, az „előremenekülést”. Ez a javaslata 1989-ben a Borsodi Kohászati Tröszt megalapítását eredményezte. Elsők között volt az országban a gazdasági munkaközösségek, az önálló-önelszámoló üzemi egységek kialakításának kísérleteiben. Szoros kapcsolatban állt a „Fordulat és reform” tanulmány szerkesztőivel. Mindezek jelentős feszültségeket, személyes konfliktusokat is eredményeztek közte és a más törekvéseket képviselő hatalmi körök között. Egészségének életveszélyes, hirtelen megromlása következtében 1989. január 1-jével korrekciós nyugdíjba ment.

Több év eltelte után ismét bekapcsolódott a szakmai közéletbe. Mintegy 12 éve önkéntesként tevékenykedik a mérnöktudomány- és technikatörténet emlékeinek megőrzésén és hasznosításának keresésén az MTESZ és az OMBKE keretei között. 2008-ban létrehozta a Közép-európai Ipari Örökség Útja Egyesületet, amelynek jelenleg alelnöke.

70. születésnapját ünnepelte

Schudich Anna az általános gimnázium és a kohóipari technikum elvégzése után 1971-ben a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán, metallurgus szakon szerzett diplomát.

1958 szeptemberében laboránsként kezdett dolgozni a Csepeli Fémmű anyagvizsgáló laboratóriumában. Később laborotechnikus, majd az egyetem elvégzése után metallográfiai részlegvezető lett. Nyugdíjazásáig, 2002 áprilisáig töltötte be ezt a munkakört. Munkája során színesfém félgyártmányok mechanikai, fizikai, de főleg metallográfiai vizsgálatával foglalkozott. A termékek minősítő vizsgálata mellett részt vett gyártmányfejlesztési kísérletekben és a gyártási hibák okának vizsgálatában.

2002-től 2009-ig félállású nyugdíjas-



ként a Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum Öntödei Múzeumában dolgozott. Itt fő feladata a magyarországi harangok adatbázisának kialakítása, adatfeltöltése, és a múzeum adattárának rendezése volt. Rendszeresen részt vett az új kiállítások előkészítésében, a forgatókönyvek, feliratok, képek készítésében, ellenőrzésében.

Több mint 40 éve tagja az OMBKE-nek. Hosszú ideig volt vezetőségi tag a Fémkohászati Szakosztály csepeli szervezetében, és részt vett a Történeti Bizottság munkájában is.

Berke Miklós okleveles metallurgus üzemmérnök 1940. május 29-én született Tapolcán. 1958-ban érettségizett és szerzett vegyésztudományi oklevelet a Veszprémi Vegyipari Technikumban. 1974-ben a NME Kohó- és Fémipari Főiskolai Karán kapott metallurgus üzemmérnöki oklevelet.

Munkáját 1958-ban a Bonyhádi Zománcművekben gyakorló technikusként kezdte, és egy éven keresztül háromszakos munkarendben fizikai munkája során ismerte meg a teljes technológiai folyamatot.

1959-től nyugdíjba vonulásáig a Székesfehérvári Könnyűfém-műben dolgozott. Munkáját a kémiai laboratóriumban vegyésztudományi csoportvezetői beosztásban. Katonai szolgálat után 1963-tól az új öntödéhez tartozó laboratóriumban a színképanalitikai labor felszerelését, a spektrográffal történő elemzési módszerek kidolgozását, bevezetését, az emberek betanítását végezte. Még ebben az évben a kémiai laboratórium színképanalitikai csoportjának vezetőjévé nevezték ki. A következő feladata már a spektrométer beüzemlése és az új elemzési rendszer bevezetése és alkalmazása volt.

1972-től az Öntöde Gyáregység fémforgalmazásának, betételkészítésének, programozásának és termelési feladatainak irányításával bízták meg. 1974-től termelési osztályvezetővé nevezték ki. Gyakorlatilag ezt a munkát végezte nyugdíjazásáig a Könnyűfém-műben és az ALCOA-ban is különböző szervezeti formákban.

Az 1980-as években a vállalathoz beérkező első négy személyi számítógép (C 610) egyikét megkapta, mellyel megkezdte az elektronikus fém- és rendelés-



nyilvántartást, valamint a termelésprogramozást. Ezt a munkát a vállalat szervezési és számítástechnikai kollégáinak bevonásával egész munkája során végezte és fejlesztette. Hosszú ideig tagja volt a vállalati termelésirányítási tevékenység korszerűsítését végző operatív szervezési munkacsoportnak. Több országos pályázaton sikeresen szerepeltek, 1983-ban az „Ésszerű anyagtakarékosság megvalósítása” című pályázaton a hengerlési tuskó gyártásának értékelemzése témájú pályaművükkel első helyezést értek el.

Munkája elismeréseként kétszer nyerte el a Kiváló Ifjú Technikus, hétszer a Kiváló Dolgozó, egy alkalommal a Kiváló Újító kitüntetést.

Az egyesületnek 1960 óta tagja. Több cikluson át vezetője volt az öntödei szakmai csoportnak. Közösségi munkája elismeréseként többször részesült jutalomban. 2000-ben egyesületi munkájáért OMBKE Plakett kitüntetést, 2004-ben Sóltz Vilmos-emlékérmet kapott.

Csőmöz Ferenc okl. kohómérnök 1940. június 24-én született Szolnokon, 1958-ban ott is érettségizett a Verseyhy Ferenc Gimnáziumban. Kohómérnöki diplomáját 1963-ban kapta Miskolcon a Nehézipari Műszaki Egyetemen.

Végzés után a Székesfehérvári Könnyűféműbe került, ahol a gyakornoki idő lejárta után a présműben művezető, üzemmérnök, majd technológus, fejlesztési csoportvezető és gyárfejlesztési osztályvezető beosztásokat töltött be. 1977-től beruházási osztályvezető, majd főosztályvezető-helyettes, 1993-tól nyugdíjba vonulásáig a Hengermű Üzletág beruházási szakfelelőse volt.

A veszprémi Színesfémipari Szakközépiskola székesfehérvári tagozatának szaktanára, tankönyvet írt az alumíniumipari szakközépiskola részére. Cikkeket írt a



Magyar Alumíniumba és a Fejér megyei Műszaki Életbe. Egy francia-magyar, magyar-francia alumíniumipari szakszótár társszerzője.

1961-től tagja az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületnek. A székesfehérvári helyi szervezetnek 18 éven át volt titkára, majd egy ciklusban elnöke. A BKL Kohászat szerkesztőbizottságának 1986-1990-ig, az Alapszabály bizottságának 1990-1994-ig volt tagja. Az MTE SZ Fejér megyei Szervezete elnökségének tagja, 1974-86-ig az Ipartörténeti Bizottság vezetője. Az 1972-es, 1978-as és 1985-ös nemzetközi alumínium konferenciák fehérvári szervezőbizottságának vezetője. 2005-ben megírta az 50 éves székesfehérvári helyi szervezet történetét.

Egyesületi munkájáért 1979-ben Z. Zorkóczy Samu-, 1986-ban Mikovinyi Sámuel-emlékérmet, 40 éves tagságáért 2001-ben Sóltz Vilmos-emlékérmet kapott. 2003 óta egyesületünk tiszteleti tagja.

MIZERÁK LÁSZLÓ

(1922–2010)



Március 26-án távozott el körülünkől kedves kollégánk és barátunk, egyesületünk régi tagja. E visszatekintésben szeretném felidézni rögzös életútját.

Középiskolai tanulmányait 1937-ben fejezte be, majd 1953-ban eredményes szakérettségit tett és technikai tanulmányok után kohászmérnöki oklevelet szerzett a csepeli Kosuth Lajos Gépipari Technikumban.

Munkáját 1937-ben a Hirmann Fémárugárban kezdte, ahol esztergályosságot tanult és – háborús megszakítással – 1950-ig dolgozott. A háború során a Magyar Királyi Honvéd Légierőnél teljesített szolgálatot a dunántúli repülőtereken. 1950-ben a Nehézipari Minisztérium színesfémipari főosztályára helyezték újítási és szabadalmi előadónak, később a Bánya- és Energiaügyi Minisztérium műszaki osztályán főelőadói beosztást kapott.

1953-ban az Ötvözőanyagokat gyártó Tröszt fődiszpécseré lett, majd ennek megszűnésekor a Kohó- és Gépipari Minisztérium színesfém-osztályára helyezték át.

1957–1966 között a Fémötvöző Vállalat üzemvezetője majd főtechnológusa volt, később a Metallochemia Vállalat gyáregység-vezetőjeként tevékenykedett. Innen került az Alumíniumipari Kereskedelmi Vállalat (ALUKER) osztályvezetői munkakörébe.

1971-től nyugdíjba vonulásáig, 1982-ig a Magyar Alumíniumipari Tröszt (MAT) gazdasági hivatalának főosztályvezetője volt. Nyugdíjas

éveit részben az OMBKE-ben munkálkodva, részben családja körében töltötte. Nyugdíjas-ként sokat dolgozott a MAT nyugdíjasok éves utazásainak megszervezésében és gazdasági lebonyolításában. Munkája nyomán több, maradandó élményt nyújtó hazai és külföldi útra, kirándulásra emlékezhetünk.

Tevékenységét több alkalommal kitüntetéssel jutalmazták, így 1953-ban Kohászat Érdemes Dolgozója, majd később négy alkalommal Kiváló Dolgozó, 1967-ben pedig Kiváló Újító ezüst fokozat kitüntetését kapott.

Az OMBKE-nek 1950 óta volt tagja. 1972–1981 között a Fémkohászati Szakosztály vezetőségében szervezőtitkári munkát végzett, 1982–1986 között vezetőségi tagként tevékenykedett. 1982-ben, az OMBKE 90 éves jubileumán Kiváló Munkáért kitüntetésben részesítette az ipari miniszter. 1990-ben 40 éves egyesületi tagságáért Sóltz Vilmos-emlékérmet kapott.

Kedves kollégánk, útitársunk és barátunk elhunyt sokakban ébresztett szomorúságot és részvétet. Ravatalánál állva meghatódva búcsúztunk Tőle és kísértük hosszú útjára a csillaghegyi Jézus Szíve templom urnatemetőjébe, ahol örök nyugalomra helyezték. Segítő-kész személyét, vidám egyéniségét mind az alumíniumipar egykori dolgozói, mind az egyesületi kollégái lelkükben megőrzik, és ezúton mondanak Neki utolsó Jó szerencsét!

O. K.



Magyarország legkorszerűbb precíziós öntődéje, a Magyarmet Finomöntöde Bt. az elmúlt években saját K+F tevékenység keretében, európai-uniós pályázati támogatással olyan új gyártási eljárásokat fejlesztett ki, amelyekkel prémium öntvények (repülőgép alkatrészek stb.) gyártására is alkalmassá vált. Ezzel párhuzamosan, szintén uniós támogatással, integrált vállalatirányítási rendszert vezetett be.

Mindezek eredményeként, a gazdasági válság ellenére, erősíteni tudta világszerte pozícióját.



Felhívás

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztály Kecskeméti Helyi Szervezete 2010. szeptember 23-a és 26-a között megemlékező tanulmányutat szervez Erdélybe Reisz Péter bányamérnök, a Parajdi Sóbánya Vállalat, majd a romániai sóbányák néhai igazgatója, illetve vezérigazgatója halálának 10. évfordulójára.

Rövid programelőzetes: indulás autóbusszal Budapestről szeptember 23-án Kecskeméten és Szolnokon át Erdélybe. Körösfői majd kolozsvári rövid séta után Hármaskútban Reisz Péter sírjának megkoszorúzása, szállás elfoglalása.

24-én utazás Szováta, majd Farkaslaka, Szejkézfürdő, Székelyudvarhely megállókkal Szentegyházra a Gyermek Filharmónia Alapítvány bemutatójára. Visszatérés Parajdra, Korondon történő megállással. Szakestély a Telegdy-sóbányában, előtte rövid fohászás a rehabilitációs sóbányakamrákban lévő Szent Borbála-szobornál és az ökomunikus kápolnában.

25-én utazás Bucsin-tetőn át Gyergyószentmiklósról, ahol egy öntőműhely meglátogatása után séta a Gyilkos-tónál és a Békás-szorosban. A gyergyószárhegyi Lázár-kastély lovagteremben kora esti szakestély, majd visszatérés Parajdra. Alternatív programként felmerülhet a parajdi Töltöttkáposzta Napok délelőtti ünnepi felvonulásán való részvétel.

26-án hazautazás Marosvásárhely és Nagyvárad megállókkal.

A részvételi díj 140 euró 40 résztvevő esetén, melyet a buszon kell kiegyenlíteni. Jelentkezés 2010. július 31-ig 10 000 Ft/fő előleg befizetése mellett, mely előleg a részvételi díj része.

Információ kérhető a +36-30-959-7204 telefonszámon vagy a danfylaszlo@t-online.hu e-mail címen.

Dánfy László

International Journal of Metalcasting

IJMC is leading the transfer of Research and Technology to the Global Metalcasting Industry.

NOW is the time to subscribe.

To subscribe contact customer service at 847/824-0181 or visit the AFS E-store at www.afsinc.org/estore.

LEADING THE METALCASTING INDUSTRY

www.afsinc.org • 847/824-0181

AFS
AMERICAN FOUNDRY SOCIETY



Szemelvények kohászatunk múltjából

Szentkeresztbánya (ma Szentegyháza, románul Vlahița)

Székelyföld vaskohászatáról a 16. századtól kezdve vannak adataink. A Hargita déli lejtőjén eredő Kis-Homoród völgyében, Lövétén (Lueta) *Báthori Zsigmond* 1583-ban birtokot, majd vashámort adományozott *Székely Mózesnek* jutalmazásként. A vasérc bányászata századokon át folyt Lövétebányán, melyet eredetileg Róka városnak hívtak (*Orbán Balázs* szerint talán a bányajáratokról kapta nevét), a vasérctelepek csak az 1980-as években merültek ki. Az itt létesült számos hámorról a völgynek ezt a szakaszát Hámorvölgyként emlegették. Egy mindmáig megmaradt hámor ipartörténeti emlék.



A szentkeresztbányai vasgyár 1860 körül

A Selmecen végzett *Gyertyánffy Jónás* 1838-ban kis olvasztót és hámort létesített. Hat év múlva fivérével és apjával bányatársulatot alapított, s a Kerekefenyő határrészen felépített egy nagyolvasztót. A szabadságharc alatt tervbe vették ágyúöntését *Gábor Áron* vezetésével, de végül csak ágyúgolyókat öntöttek.

1850-ben a vállalat *Demeter Miklós* brassói pénzbevaltó tulajdonába került, aki két év múlva megszüntette a kohó és hámor működését, és valamivel északabbra, Lobogófürdő közelében új üzem létesítésébe fogott. A Szentkeresztbánya név az azonos nevű bányatelekről vonódott át az új gyártelepre. A Miklós-kohónak hívták, 7,5 m magas faszenes nagyolvasztó 1855-ben kezdett termelni, fél év alatt 180 t nyersvasat gyártottak, melynek kiváló öntési tulajdonságai voltak, ezért a nyitott mellyű nagyolvasztóból közvetlenül vasöntvényeket (kályhák, kazánok, gépalkatrészek) öntöttek, ezek mintapéldányát bemutatták a kolozsvári mezőgazdasági és ipari kiállításon. Megkezdték a nyersvas egy részének frissítését és feldolgozását hámoráruvá.

A kis áruforgalom és a kitört gazdasági válság azonban nem tette lehetővé a befektetett tőke gyors megtérülését. 1857-ben a Brassói Bánya- és Kohómű Rt. vette meg a gyárat és a bányákat. *Mannlicher Gusztáv* vezérigazgató irányításával fejlesztésbe fogtak. A régi helyett új, 10 m magas nagyolvasztót (Károlykohó) építettek, az öntödében kupolókemencét állítottak fel, két gőzkalapácsot, hengsorszort helyeztek üzembe, és megmunkálóműhelyt létesítettek. A nyersvastermelés már 1858-ban 640 t volt, de még így is alig érte el a nagyolvasztó teljesítőképességének felét. Ennek fő oka az volt, hogy a gyár működése döntően a vízenergián alapult. Bár a Kis-Homoród vizét gátakkal és más patakok átírányításával növelni igyekeztek, az aszály és a téli fagy ellen nem tudtak védekezni.

Az újabb túltermelési válság miatt 1875-ben leállt a gyártás. Az üzem talpra állítására a következő évben *Hrobonyi Adolf* és veje, a Selmecen tanult *Lántzky Sándor* vállalkozott: örökáron, mindössze 6000 forintért megszerezték a tulajdonjogot. A 19–20. sz. fordulóján a nyersvastermelés 200, a vasöntvénytermelés 600 t/év volt.

1925-ben a gyár részvénytársasággá alakult át, fő részvényese kezdetben egy brassói vaskereskedő cég, 1933-tól a Brassói Általános Takarékpénztár volt. Ilyen formában működött egészen az 1948. évi államosításig. Az állami vállalat jelentős beruházásokat hajtott végre. A régi kohó helyett egy csaknem kétszer akkora térfogatú nagyolvasztót építettek fel, majd egy másodikat is üzembe helyeztek faszenes nyersvas gyártására. Új csarnokok épültek elektromotorházak és kéreghengerek indukciós kemencéből való öntésére.

1964-ben az eddig Lövétehez tartozó vasipari vállalatot és vasércbányát Szentegyházásfaluhoz csatolták, amely négy év múlva város lett, azóta magyar neve Szentegyháza.

(*Források: Vajda L.: A szentkeresztbányai vasgyártás története. Bukarest, 1983. Orbán B.: A Székelyföld leírása. I. k. Pest, 1868. Végh A.: Vashámor Szentkeresztbányán. Szentegyházi Hírlap, 1992. 8. sz.)*