

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Anyagtudomány

Felsőoktatás

Hírmondó

146. évfolyam

2013/5-6. szám



Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

TARTALOM

Vaskohászat

- 1 Mucsi A.:** Alumíniummal csillapított acélszalagok nitriddkiválási folyamatai a megleghengerlést követő technológiai műveletek során
- 6 Móger R.:** Átépítésre leállított nagyolvasztóban a kialakult tapadványok vizsgálata
- 13 Tájékoztató az MVAE szeptember 26-i taggyűléséről**

Öntészet

- 14 Leskó Zs. – Dúl J.:** Az összetétel és a falvastagság hatása a nyomásos öntvények mechanikai tulajdonságaira
- 19 Tóth N.:** Temperöntvénygyártás a KÜHNE Vasöntöde Kft.-ben
- 23 A szakmánk él és fejlődik!**

Fémkohászat

- 26 Szarka J.:** Alumínium hideghengerlési hűtő-kenőolajok tulajdonságai
- 34 Gál J.:** Adalékok az INOTA és az alumínium 60 éve c. cikkhez
- 40 Emléktábla-avatás a volt Csepeli Fém-műben**

Anyagtudomány

- 44 Dobránszky J.:** Az értágítóbetétek anyagainak fejlődése
- 49 Pataki T. – Lassú G. – Török T.:** Fémtermékek felületkezelése atmoszférikus nyomású plazmatechnikával
- 58 Tomolya K.:** Golyósmalomban örölt CuZr alapú ötvözetek szerkezetváltozásának vizsgálata

Felsőoktatás

- 62 Jubileumi Technikus Találkozó**
- 63 Károly Gy. – Török B. – Harcsik B.:** Korszerű, új digitális jegyzetek készülnek a vaskohászati érdeklődésű kohómérnökök számára
- 65 Interneten elérhető friss tananyagok készültek a Metallurgiai és Öntészeti Intézetben**
- 66 A Műszaki Anyagtudományi Kar hírei**

Hírmondó

- 67 Balázs T. – Tardy P.:** Interjú Skultéy Tamással, a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. ügyvezető igazgatójával
- 71 XX. szigetközi szakmai napok**
- 72 Emlékeztető az OMBKE 2013. október 8-i választmányi üléséről**
- 72 Köszöntések**
- 74 Nekrológok**

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

FROM THE CONTENT

Mucsi, A.: Nitride precipitation processes in Al-killed steel strips during the technological steps of production after hot rolling 1
The technological steps of production of Al-killed low carbon steels largely influence the mechanical properties of the end-product. The first key element of good deep-drawability is to keep the free nitrogen in solid solution until the cold rolling ends. In order to prevent nitride precipitation during hot rolling and coiling of the strip proper alloying, short interpass times during hot rolling and low coiling temperature is necessary. The second key element is to precipitate the free nitrogen as nitrides (mainly AlN and complex nitrides) in the cold rolled microstructure during the heating-up stage of the batch annealing process. The proper technological parameters of production of these steels require the knowledge of nitride precipitation processes in hot rolled as well as in cold rolled state.

Móger, R.: Investigation of accretion formation in the blast furnace 6
There are some theory regarding creation of accretion in Blast Furnace which are usually different from each other because of the construction of blast furnace. The raw material charged and the operation of blast furnace also can effect the extent of accretion process. In this paper the accretion process – one of the harmful effect – of alkali (Na, K) and zinc is examined. After the review of literature named, ISD DUNAFERR Co. Ltd. BF1 accretion process is investigated via samples from blast furnace.

Leskó, Zs. – Dúl, J.: Effect of composition and wall thickness of the high pressure die casts' mechanical properties 14
In this paper we present two types of currently used vacuum systems on the HPDC and the preparation phase of an experimental tool. To investigate the properties of HPD castings we have designed a die geometry that complies with requirements of vacuum and non-vacuum systems. We used computer simulation to shape up the runner- and overflow-system. In the course of our work we examined specimens with differing thickness and alloys with different compositions to check the changes of mechanical properties and the effect of vacuum system.

Tóth, N.: Production of malleable iron castings in the KÜHNE Iron Foundry Co. Ltd. 19
KÜHNE Iron Foundry Co. Ltd., established as a part of KÜHNE Agricultural Machine Factory, is an owner of long tradition in the area of iron casting production. In this country, it is the only producer of blackheart malleable iron castings. This article deals with the history of the foundry in Moson-

magyaróvár and the process features of producing malleable iron castings.

Szarka, J.: Features of cooling – lubricating oils for aluminium cold rolling 26
The cooling-lubricating oils used in aluminium cold rolling are mainly mineral originating base oils. Special additives are mixed into these oils, in order to improve the pressure-tightness and lubricity, to reduce the friction, wearing, foaming, infection, oxidation etc. Features of the cooling-lubricating oils (evaporation, viscosity, friction, heat transfer, fire danger changing) are gradually changed by the impurities contacted with the cooling-lubricating oil during the application (flue dust, steel- and aluminium wearing particles, hydraulic and lubricating oils, lubricating grease, water etc.) and the occurring physical-chemical processes.

Dobránszky, J.: Evolution of stent materials 44
The most used vascular implants, i.e. stents are one of the best examples for demonstrating the synthesis of advanced materials and high precision technology. In this tiny device a serious medical and engineering experience and research efforts are concentrated from metallurgy of the base materials through the manufacturing to the packaging. The entire technology is strictly connected to the needs and reflections of physicians who apply these implants. The author summarizes the most important elements and his knowledge, including the Hungarian aspects, related to the stents, which have just only one generation history.

Pataki, T. – Lassú, G. – Török, T.: Surface treatment of metal products using atmospheric pressure plasma techniques 49
With the rise of products with functional coatings and modified surfaces, surface cleaning is becoming more than ever relevant, while tightening European environmental standards promote chemical-free technologies, such as plasma treatment. This article mainly focuses on atmospheric pressure techniques and their applications for metals by presenting specific cases.

Tomolya, K.: Structural monitor of transformation in CuZr based alloy during mechanical milling 58
This paper deal with ball-milling of CuZr based alloys. Ternary CuZrAl alloys were produced. Microstructure of the starting and the as-milled powders was analysed. Phases of the as-milled powders were identified. Amorphous matrix with nanocrystalline composite powders were produced, because τ_3 ($Al_{21}Cu_{28}Zr_{51}$) remained after the research work.

- **Szerkesztőség:** 1051 Budapest, Október 6. utca 7., III. em. • **Telefon:** 06-1-201-7337 •
- **Levél cím:** 1371 Budapest, Pf. 433, e-mail: bkl.kohaszat@gmail.com •
- **Felelős szerkesztő:** Balázs Tamás •

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

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

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

Internet cím: www.ombkenet.hu/bkl/kohaszat.html

MUCSI ANDRÁS

Alumíniummal csillapított acélszalagok nitridkiválási folyamatai a meleghengerlést követő technológiai műveletek során

Az alumíniummal csillapított, hidegalakításra szánt lágyacélok gyártástechnológiája nagymértékben befolyásolja a végtermék mechanikai és alakíthatósági tulajdonságait. Az egyik leginkább kézben tartandó folyamat a szabad nitrogén megtartása egészen a hideghengerlés végéig, azaz a nitridkiválási folyamatok (főként AlN és komplex nitridek kiválásának) megakadályozása. A nitridkiválás megakadályozásához, illetve csökkentéséhez az acél megfelelő ötvözése, a meleghengerlés közben rövid szűrasközi időtartamok, a meleghengerlés után a szalagok gyors hűtése a csévélési hőmérsékletre, megfelelően alacsony csévélési hőmérséklet és a csévélési után megfelelően nagy lehülési sebesség biztosítása szükséges. A jó alakíthatóság másik kulcsfontosságú feltétele a nitridkiválás előidézése a hideghengerlést követő lágyító hőkezelés során, de még az újrakristályosodás megkezdődése előtt. A felsorolt technológiai műveletek kézbe tartása és a kiváló alakíthatóság elérése megköveteli a nitridkiválási folyamatok kinetikájának ismeretét.

A nitridkiválási folyamat vizsgálata termofeszültség-méréssel

A kiválási folyamatok vizsgálatának igen hatékony módszere a termofeszültség mérése. Sikeresen alkalmazható alumíniumötvözetek homogenizálása közben lejátszódó kiválási-visszaoldódási folyamatok megfigyelésére [1], acélokban a tercier cementit kiválásának követésére [2], az oldott karbon és nitrogéntartalom becslésére [8], valamint az újrakristályosodási folyamatok vizsgálatára is [10].

A acélokban fellépő nitridkiválási folyamatok vizsgálatára számos direkt módszert fejlesztettek ki [3–6], melyek általában alkalmatlanok kis méretű (<5 nm), diszperz eloszlású nitridek mennyiségének meghatározására.

A direkt módszerekkel ellentétben kifejlődtek az indirekt módszerek is, melyek alkalmazásakor a nitridek mennyiségének mérése helyett a szabad nitrogén mennyiségét mérjük, és ebből következtetünk a kivált nitridhányadra.

A szabad, mozgásra képes nitrogén mérésének két alapvető módszere van, a belső súrlódás mérése (internal friction, IF) és a termoelektromos teljesítmény (thermoelectric power, TEP) mérése [7, 8]. A két mérés technikával (IF és TEP) kapott eredmények igen jó összhangban vannak, viszont a termofeszültség mérésén alapuló módszer egyszerűsége miatt sokkal hatékonyabban alkalmazható. Mivel ezekkel a módszerekkel a nitridek összes

mennyiségét becsüljük tekintet nélkül arra hogy pontosan milyen összetételű precipitátumokról van szó, ezért a továbbiakban is csak a „nitridkiválások” kifejezést használjuk. Ezt többek között az is indokolja, hogy főként alacsony hőmérsékleten inkább komplex alumínium-króm-nitridek [3] keletkeznek, melyek a hőmérséklet növelésével azután sokszor átalakulnak alumínium-nitridde vagy (gyakran rácsátalakulás kíséretében) más komplex nitridde [7]. Emiatt hiba lenne például kizárólag alumínium-nitrid vagy alumínium-króm-nitridekről és azok kiválási folyamatairól beszélni.

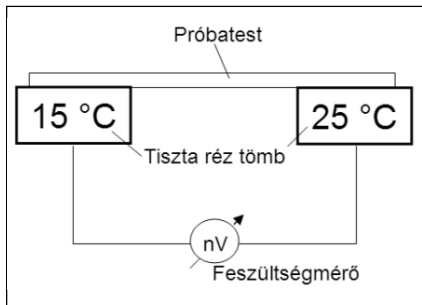
A termoelektromos teljesítmény (TEP) mérése során a huzal, vagy keskeny szalag alakú mintát két különböző hőmérsékletű nagy hőkapacitású rézblokk közé helyezzük (1. ábra). A két rézblokk között keletkező feszültség a minta mikroszerkezeti jellemzőivel és a hőmérsékletkülönbséggel lesz arányos.

A mintára jellemző termoelektromos teljesítmény (thermoelectric power, TEP) a két rézblokk között mérhető termofeszültség (ΔU) és a hőmérsékletkülönbség (ΔT) hányadosa [7–10]:

$$S = \frac{\Delta U}{\Delta T} \quad (1)$$

A termoelektromos teljesítmény (TEP) mértékegysége V/K ($V/^\circ C$), illetve ennek különböző prefixumokkal ellátott változatai: $\mu V/K$ ($\mu V/^\circ C$) és nV/K ($nV/^\circ C$). (Itt meg kell jegyezni, hogy a magyar irodalomban elterjedt termoerő, illetve termoelektromos erő kifejezés helyett mi az angolszász irodalomban kizárólag elterjedt termoelektromos teljesítmény, thermo-

Mucsi András a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem PhD-hallgatója, gépészmérnök BSc-diplomáját az Óbudai Egyetemen gyártástechnológus szakon 2010-ben, míg MSc-fokozatát gépészmérnök szakon, anyagtechnológia szakirányon a BME-n szerezte 2012-ben. Jelenleg az Óbudai Egyetem munkatársa, ahol kutatási és oktatási területe a hőkezelés és képlékenyalakítás témaköréhez kapcsolódik.



■ 1. ábra. A termofeszültség-mérő készülék blokkvázlata

electric power, TEP kifejezést használjuk, mivel ez a szóösszetétel korrektebb módon fejezi ki ennek a mennyiségnek a mivoltát.)

Megállapítható, hogy S értékét különböző termikus és mechanikai hatások befolyásolják. S értéke képlékeny alakítás hatására csökken [9], lágyítás hatására nő [10]. Ha az atomrácsban oldott atomok kiválnak a szemcsehatárra, a rácsot torzító atomok mennyisége csökken, emiatt a TEP nő [2, 7, 8]. Ugyanakkor, ha az atomok visszaoldódnak a mátrixba a rácsot torzító atomok mennyisége megnő, azaz a termoelektromos teljesítmény ismét csökken. Összességében azt lehet mondani, hogy minél inkább torzult a vizsgálandó anyag rácsszerkezete, annál kisebb lesz a mintára jellemző TEP érték. Az oldott atomok mennyiségének termoelektromos teljesítményre gyakorolt hatása (ΔS) között szoros kapcsolat van, melyet a Nordheim-Gorter szabály ír le [15]:

$$\Delta S = \sum C_i \cdot P_i \quad (2)$$

ahol C_i az adott atom termofe-

szültség arányossági tényezője, P_i az adott atom oldott mennyisége tömegszázalékban. Az egyes atomokra vonatkozó arányossági tényezők az 1. táblázatban láthatók [7, 8]:

1. táblázat.

Atom	C	N	Al	Mn	Cr
C_i ($\mu V/(K \cdot wt\%)$)	-45	-24	-30	-3	+3

A nitridkiválási folyamat mérése melegen hengerelt állapotban

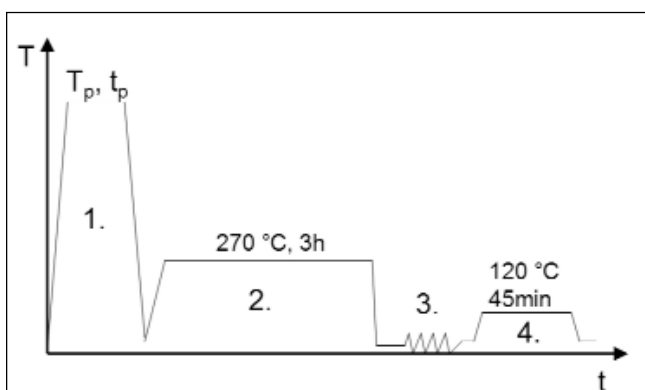
Melegen hengerelt állapotban a nitridkiválás mértékét a szabad nitrogén mennyisége alapján határozzuk meg, ezért az alábbiakban a szabad, mozgásképes nitrogén mérésére szolgáló módszert mutatjuk be (2. ábra) [7]. A mintavétel a melegen hengerelt tekercs végéből, a szalag középvonalából történt. A tekercs átlagos csévélési hőmérséklete 564 °C, mely alapján joggal feltételezhetjük, hogy a nitrogén nagy része oldatban maradt [3, 7]. A nitridkiválás vizsgálatát első lépésben melegen hengerelt állapotban mutatjuk be, ennek érdekében nagy hőmérsékletű izotermikus kísérleteket végeztünk. Magas ($T_p=600-700$ °C) hőmérsékleten t_p ideig végzett izotermikus hőkezelés hatására (1. lépés) valamilyen mértékben végbemegy a nitridkiválási folyamat.

Az 1. számú hőkezelés után második lépésként egy 270 °C-on 3 órán keresztül végzett hőkezelést iktatunk be, melynek célja a karbon egyensúlyi eloszlásának biztosítása a mátrix és a karbidfázis (vas-karbid) között.

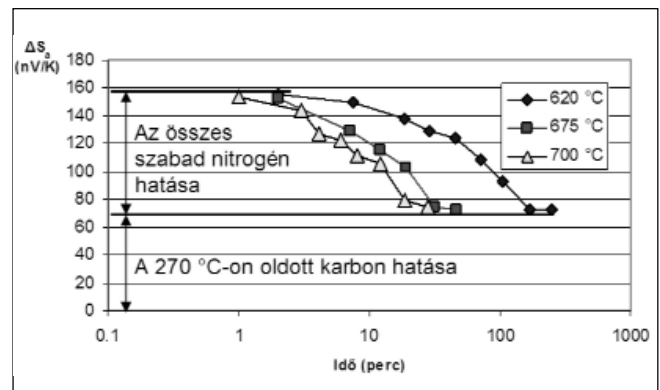
Ez a folyamat ennyi időtartam alatt teljes mértékben végbemegy [7], melyet az is bizonyít, hogy bármilyen előzetes hőkezelés után egy 270 °C-on végzett hőkezelés során a termo-

feszültség 1,5-2,5 óra után már nem változik: az összes, ilyen hőmérsékleten lehetséges diffúziós folyamat végbemegy ennyi idő alatt, beleértve a karbonatomok egyensúlyi eloszlását is. Nitridkiválás végbemenetele ezen az alacsony hőmérsékleten nem lehetséges a nitrogénnel vegyületet alkotó nagyobb tömegű (általában szubsztitúciós) atomok alacsony diffúzióképessége miatt [11]. A 270 °C-on 3 óráig végzett hőkezelés végén víz-hűtést kell alkalmaznunk, mely arra szolgál, hogy a karbon eloszlását „befagyasszuk”. Ezzel a hőkezeléssel tehát minden mintában a mátrixban oldott karbon mennyiségét T_p -tól és t_p -tól (azaz az előzetes hőkezeléstől) független értékre hozzuk. A harmadik lépésben hideghengerelés következik, melynek hatásaként igen sok új diszlokáció keletkezik. Ennek a hideghengerelésnek (2. ábra 3. részfolyamat) a mértékét 60-80%-ra érdemes választani [7]. Ekkor mérjük meg a minta TEP értékét, melyet S_2 -nal jelölünk.

Ezután következik egy 120 °C-on legalább fél óráig végzendő hőkezelés, melynek célja az, hogy a mátrix-



■ 2. ábra. A nitridkiválási folyamat méréseinek lépései melegen hengerelt kísérleti anyagon



■ 3. ábra. A ΔS_a értékek változása a hőkezelési hőmérséklet és idő függvényében [16]

ban intersztíciósan oldott atomok (jelen esetben C és N) a mátrixból a diszlokációk környezetébe vándoroljanak. Ebben az ún. öregített állapotban is megmérjük a termoelektromos teljesítményt, melyet S_a -val jelölünk. Az öregedési folyamat nagy diszlokációs-sűrűség (nagyértékű hideghengerlés) esetén igen gyorsan végbemegy. Az intersztíciós atomok a mátrixból a diszlokációk környezetébe történő vándorlásuk után tehát nem a rácsban, intersztíciósan lesznek oldva, hanem a diszlokációk környezetében foglalnak helyet. Mivel a diszlokációk környezetében a kisméretű intersztíciós atomok gyakorlatilag alig torzítják a rácsot, emiatt a termostermetikus feszültségre gyakorolt hatásuk is elenyésző. Ez az oka annak, hogy az öregítés utáni termostermetikus feszültség érték (S_a) nagyobb lesz, mint a hideghengerlés után mérhető (S_g). A kettő közti különbség fogja hordozni az információt az oldott C és N atomok mennyiségéről, melyet jelölünk ΔS_a -val:

$$\Delta S_a = S_a - S_g \quad (3)$$

Közvetlenül a hidegalakítás után a mátrixban még oldva van a 270 °C-os hőkezelés során feloldott és „befagyasztott” karbon, illetve a szabad nitrogén is. Az ezt követő 120 °C-os hőkezelés során az történik, hogy ezek az oldott intersztíciós atomok a diszlokációk környezetébe vándorolnak, ahol már nem torzítják olyan mértékben a kristályrácsot, mint intersztíciós állapotban (sőt, észrevehetően rácsotulást okoznak), emiatt növekszik a

már említett ΔS_a -val a TEP értéke. A növekedés arányos lesz az oldott karbon és nitrogénatomok mennyiségével:

$$\Delta S_a = C_C \cdot P_C + C_N \cdot N_N \quad (4)$$

Tekintsünk egy olyan esetet, amikor nagy hőmérsékleten hosszú ideig hőntartjuk a darabot, és az összes nitrogén kiválik valamilyen nitrid formájában (pl. 700 °C-on fél óra...pár óra időtartamban végzett hőkezelés [3, 5, 7–9]). Ebben az esetben a hideghengerlés és a 120 °C, 45 perces hőkezelés után mért S értékek közti S_a különbség csak a 270 °C-on a mátrixban oldott és a diszlokációkhoz vándorló karbonnal lesz arányos, azaz:

$$\Delta S_a = C_C \cdot P_C \quad (5)$$

melyből a 270 °C-on oldott karbon mennyisége (P_C) számítható. ΔS_a számított értéke 10-15 ppm. A saját mérések is ugyanezt mutatják.

Egy olyan állapotban, amikor nitrogén is van a rendszerben a ΔS_a értéke a T_p hőmérsékleten t_p idő alatt történt nitridkiválással (a szabad nitrogénnel) és a 270 °C-on oldott karbon-tartalommal lesz kapcsolatban. A kettő a már említett módszerrel szétválasztható, melyből a nitridkiválás mértéke számszerűsíthető.

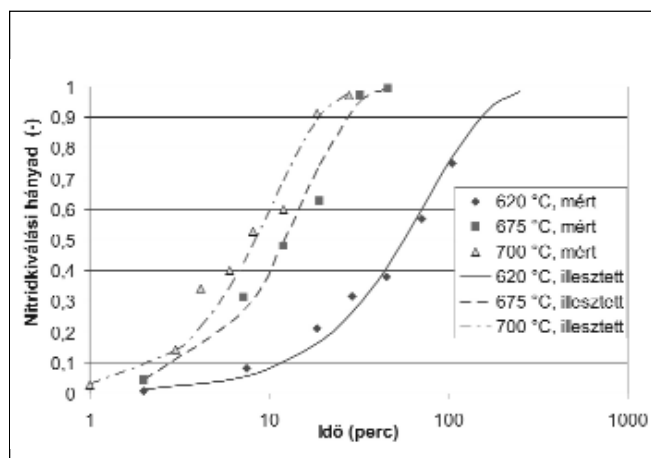
A nitridkiválás folyamata melegen hengerelt szalagban

Egy nitridkiválási folyamat mérésének tehát egyik indirekt módszere a szabad nitrogén mennyiségének a méré-

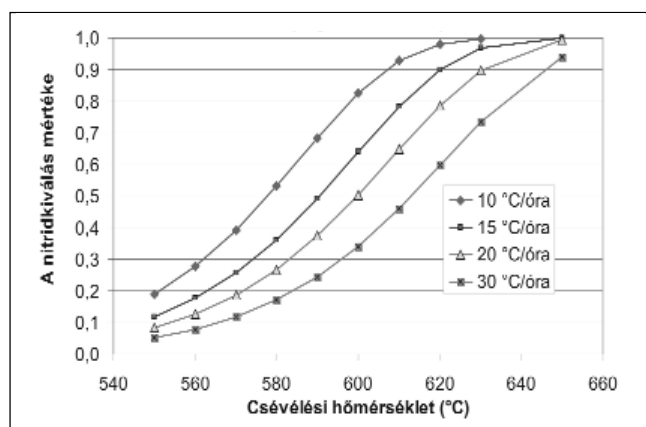
se, mely legkönnyebben a termostermetikus feszültség mérésével kivitelezhető. A szabad nitrogén mérésére egy alacsony C-tartalmú, alumíniummal csilapított lágyacél minőséget választottunk. Az acél összetétele tömegszázalékban: 0,05% C, 0,23% Mn, 0,018% Si, 0,033% Cr, 0,029% Al, 0,004% N.

A kísérleti anyagon $T_p = 600, 620$ és 700 °C-on végeztünk hőkezeléseket, melyek során nitridkiválási folyamat lépett fel. A hőkezelések bizonyos t_p időtartamokig tartottak, mely után a fentebb bemutatott módszerrel a szabad nitrogéntartalom, így a nitridkiválás mértéke is számszerűsíthető volt. Az egyes hőmérsékleteken végzett hőkezelések után a ΔS_a értékek a 3. ábrán láthatók.

Az ábrán láthatjuk, hogy az intersztíciós mozgóképes atomok mennyiségét jellemző ΔS_a értékek a hőkezelési idő növelésével mindhárom hőmérsékleten csökkennek, és a hőkezelés hőmérsékletét növelve a csökkenés intenzitása nő. A ΔS_a értékek minimuma kb. 70 nV/K értékű, mely (1. táblázat és az (5) összefüggés alapján) kb. 15-16 ppm karbonnak felel meg. Az eredmények összhangban vannak a [7]-es irodalomban közölt adatokkal. A maximális ΔS_a érték kb. 155 nV/K értéket vesz fel, amelyből a nitrogénért felelős rész: $155-70=85$ nV/K. Az 1. táblázat alapján ez megfelel kb. 35 ppm oldott nitrogénnek, tehát kb. 5 ppm nitrogén vált ki a meleghengerlés és a csévéelés utáni lassú hűlés közben. A nitridkiválás mértékét az



■ 4. ábra. A nitridkiválás mértéke 620, 675 és 700 °C-on végzett izotermikus hőkezelések során [16]



■ 5. ábra. A nitridkiválás mértéke a melegen hengerelt tekercsben különböző csévéelési hőmérsékletéről különböző lehűlési sebesség mellett lehűlt próbatestekben, saját mérési eredmények alapján

$$Y = 1 - \frac{\Delta S_a - \Delta S_{a, \min}}{\Delta S_{a, \max} - \Delta S_{a, \min}} \quad (6)$$

képlettel definiálhatjuk, ahol $\Delta S_{a, \min}$ a karbon által okozott TEP változás, $\Delta S_{a, \max}$ a karbon és az összes oldott nitrogén által okozott TEP változás. A nitridek kivált hányada a 4. ábrán látható.

A nitridkiválás folyamata 700 °C-on 25–40 perc időtartam alatt végbemeleg. A hőmérséklet csökkentésével a folyamat sebessége csökken ugyan, de 620 °C-on is 1-2 óra alatt az oldott nitrogén jelentős hányada kiválik. Ez az eredmény is azt bizonyítja, hogy az ipari technológia megvalósítása során meleghengertelés utáni csévézés hőmérsékletét 600 °C-nál kisebb hőmérsékletre kell választani ahhoz, hogy az oldott nitrogén nagy része oldatban maradjon a melegtekercs lehűlésének végére.

A nitridkiválási folyamatra Avrami-típusú kinetikát [18, 19] illesztettünk:

$$Y = 1 - \exp\left\{-(k \cdot t)^n\right\} \quad (7)$$

ahol n az ún. Avrami-kitevő, t az idő, k a hőmérséklet hatását kifejező ún. sebességi állandó:

$$k = A \cdot \exp\left\{-\frac{Q}{R \cdot T}\right\} \quad (8)$$

Az utóbbi egyenletben T a hőmérséklet (K), R az univerzális gázállandó (8,314 J/(molK)), Q a folyamat látszólagos aktiválási energiája. Az illesztett kinetika paraméterei a 2. táblázatban láthatók.

A következőkben a melegen hengertelt tekercs lehűlése során a nitridkiválás mértékére láthatunk becsléseket.

A nitridkiválási kinetika alapján számolt kiválási mérték csévézés utáni lehűlés közben

A következőkben bemutatott szimulációk célja annak eldöntése, hogy a melegen hengertelt lemezünkben kivált 5 ppm nitrogén (az összes nitrogén kb. 12,5%-a) mekkora része vált ki meleghengertelés közben illetve a csévézés utáni lehűlés közben. A meleghengertelés közben történő folyamatok szimulációja igen komplikált, emiatt a csévézés utáni lassú lehűlés

2. táblázat. A nitridkiválás kinetikájának paraméterei melegen hengertelt acéllemezben [16]

Hőmérséklet	Paraméter			
	n	k	A	Q (J/mol)
620 °C	1,219	$2,18073 \times 10^{-4}$	$1,31904 \times 10^7$	184055
675 °C	1,5096	$1,072 \times 10^{-3}$		
700 °C	1,42	$1,5942 \times 10^{-3}$		

közben lejátszódó nitridkiválási folyamat szimulációját végeztük el. A szimulációkat az izoterm (7) és (8) kinetikafüggvények a változó hőmérsékleten végbemenő átalakulásokra alkalmazható formájában kerültek felhasználásra. A kinetikafüggvények általánosítása, azaz nem izoterm hőkezelésre való alkalmazása a [18] irodalomban közöltek szerint történt.

A következő diagramok azt mutatják, hogy bizonyos csévézési hőmérsékletekről, valamely hűtési sebességgel hűtött melegtekercs lehűlésének végén mennyi a kivált nitrogén mennyisége. A szimulációkat a saját mérési adatok (5. ábra) és a [7] irodalomban közölt mérési eredmények alapján (6. ábra) is elvégeztük.

Az ábrákon látható, hogy 560 °C csévézési hőmérséklet alatt a nitridkiválás mértéke kb. 10-30% és függ a lehűlési sebességtől. A melegen hengertelt kísérleti anyagunkban a szabad nitrogén mennyisége kb. 35 ppm volt az acélban jelen lévő összes 40 ppm nitrogénből, mely azt jelenti, hogy kb. 12-13% vált ki a melegtekercs szoba-hőmérsékletre hűlése során. A szimulációs eredményekkel összevetve ez közvetlenül azt is jelenti, hogy a

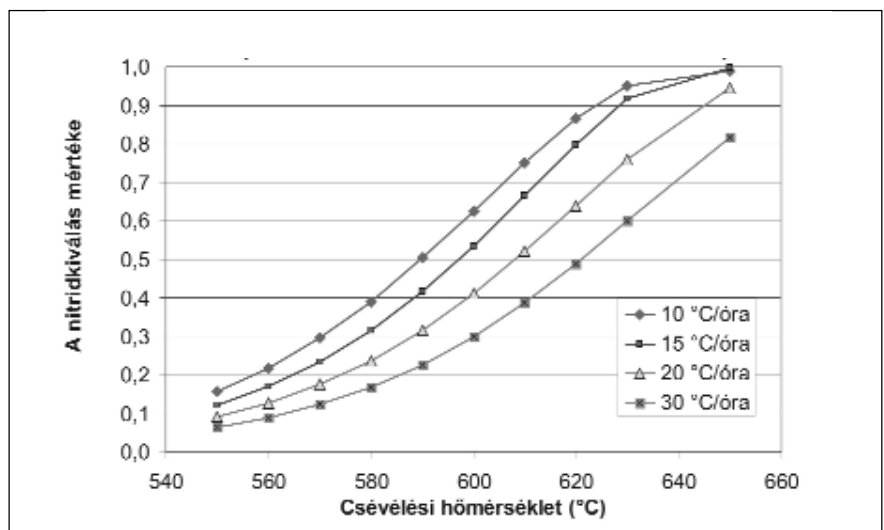
meleghengertelés során igen kis mennyiségű nitrogén válik ki.

Mivel a melegen hengertelt tekercs külső és belső menetei különböző (15–30 °C/h) lehűlési sebességgel hűlnek, ezért a kivált nitridek mennyisége és mérete 10-20%-ban különbözni fog a tekercs hossza mentén. Ez a megállapítás jó egyezést mutat a [12] irodalomban közöltekkel.

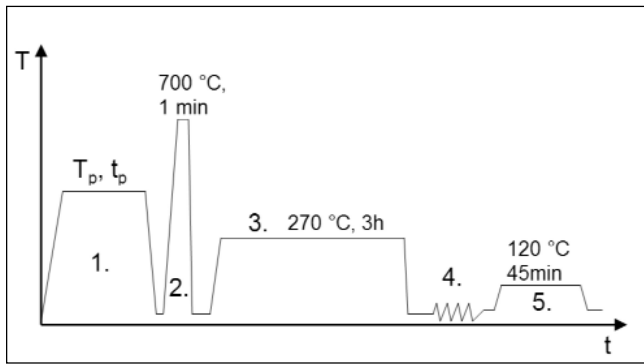
A nitridkiválás folyamatának mérése hidegen hengertelt állapotban

Az oldott nitrogén megtartása a melegen hengertelt tekercsben csupán az egyik feltétele a jól mélyhúzható acél-szalag előállításának. A másik kulcsfontosságú lépés a nitridkiválás előidézése a hideghengertelés utáni lágyító hőkezelés közben. A melegen hengertelt szalagot általában 65-75%-os fogyással hidegen hengertelik, majd a hidegen hengertelt tekercszet harangkemencében lágyítják. A lágyító hőkezelés mélyhúzhatóság szempontjából akkor lesz megfelelő, ha a nitridkiválás nagyrészt az újrakristályosodás előtt végbemeleg. A jelenség fémtani háttere kettős [5]:

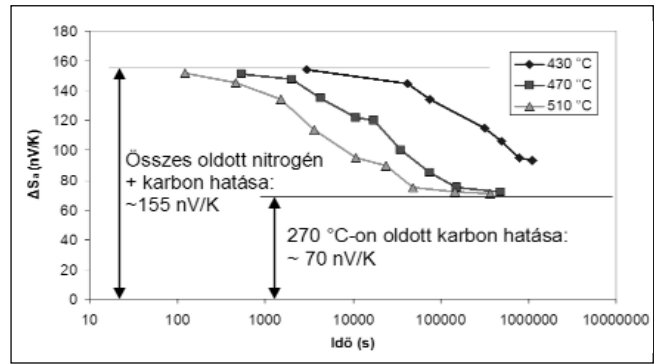
- A hidegalakított szövetszerkezet-



6. ábra. A nitridkiválás mértéke a melegen hengertelt tekercsben különböző csévézési hőmérsékletekről különböző lehűlési sebesség mellett lehűlt próbatestekben, a [2]-es irodalom mérési eredményei alapján Massardier méréseiből kiindulva



■ 7. ábra. Az oldott nitrogén meghatározásának módszere hidegen hengerelt állapotban



■ 8. ábra. A nitridkiválási folyamat hatása a ΔS_a értékekre 75% fogyással hidegen hengerelt lemezben

3. táblázat. A nitridkiválás kinetikájának paraméterei melegen hengerelt acéllemezben [16]

Hőmérséklet	Paraméter			
	n	k (1/s)	A	Q (J/mol)
430 °C	0,8012	$1,689 \times 10^{-6}$	$2,5938 \times 10^{10}$	216571
475 °C	0,6867	$2,441 \times 10^{-5}$		
510 °C	0,6075	$7,2625 \times 10^{-5}$		

ben a nitridek főként a diszlokációk mentén és az elnyújtott szemcsék határán keletkeznek, melynek eredménye az lesz, hogy a rekristallizáció során a növekvő szemcsék akadályokba ütköznek, és emiatt a hengerlés irányában igen nyújtott, viszont lágy szemcseszerkezet keletkezik. Ezt a szemcseszerkezetet pancake-típusú (pancake-type) szövetnek nevezik.

- A nitridkiválás elősegíti az újrakristályosodás során a jó mélyhúzási tulajdonságokkal rendelkező {111} textúra kialakulását.

A nitridkiválás folyamatának mérése tehát hidegen hengerelt állapotban is legalább annyira fontos, mint lágy, melegen hengerelt állapotban. Az előzőekben ismertetett, melegen hengerelt állapotra vonatkozó módszer némi módosítással hidegen hengerelt állapotra is alkalmazható (7. ábra).

A melegen hengerelt kísérleti anyagot 75%-os fogyással hidegen hengereltük. A nitridkiválást előidéző hőkezelést (7. ábra 1. lépés) ebben az esetben megfelelően alacsony hőmérsékleten kell végeznünk azért, hogy a rekristallizáció miatti nukleációs helyek számának csökkenését elkerüljük, ezzel a mérés hibáját csökkentjük. Ez a hőkezelés esetünkben $T_p = 430 \dots 510$ °C-on történt. 510 °C-on a leghosszabb hőntartási időn túl

sem volt érzékelhető keménységváltozás, ami azt jelenti, hogy rekristallizáció illetve megújulás nem befolyásolta mérésünket. A $T_p = 430 \dots 510$ °C-on való hőkezelés után viszont be kell iktatni egy igen gyors rekristallizációs hőkezelést, melynek optimális paraméterei előzetes kísérletek alapján: 700 °C-on 1 perc (7. ábra 2. lépés). A gyors hőkezelés alatt az újrakristályosodás megtörténik, viszont ahogy a későbbi mérési eredmények alapján látni fogjuk, a nitridkiválás mértékét ezen igen rövid idejű hőkezelés észrevehető mértékben nem befolyásolja. Ebben a lágy állapotban már lehetséges a szabad nitrogén mennyiségének mérése a melegen hengerelt állapotra kifejlesztett módszerrel: 3. lépésként 270 °C-on 3 órák hőkezelés a karbon eloszlásának egyensúlyi állapotra hozása céljából, 4. lépésként ismételt hideghengerlés (nagy diszlokációsűrűség létrehozásának céljából), valamint 5. lépésként öregítés következik.

A ΔS_a értékek változása az idő függvényében a 8. ábrán látható. A ΔS_a értékek maximuma kb. 155 nV/K-nek adódott, ami megegyezik a melegen hengerelt állapot maximális ΔS_a értékével. Ez a megállapítás közvetlenül bizonyítja azt, hogy a 700 °C-on 1 percig végzett újrakristályosító hőkezelés (7. ábra 2. lépés) nem, illetve észrevehető mértékben módosítja

a nitrogéntartalom mennyiségét. A kísérleti eredményeink azt mutatják, hogy a 700 °C, 1 perces hőkezelés alatt az újrakristályosodás igen gyorsan végbemegy, miáltal a diszlokációsűrűség, valamint a nukleációs helyek száma lecsökken, így a nitridkiválás nem tud észrevehető mértékben folytatódni.

A mérési eredmények alapján a nitridkiválás mértékét a (6) összefüggéssel számolhatjuk, melyre Avrami-kinetikát (7) illetve a 3. táblázatban látható paramétereket kapjuk.

A hidegen és a melegen hengerelt állapot paramétereit összevetve megállapíthatjuk, hogy a nitridkiválás folyamata sokkal gyorsabb hidegen hengerelt állapotban mint lágy, melegen hengerelt állapotban, és a látszólagos aktiválási energiák összehasonlítása alapján azt mondhatjuk, hogy a hőmérséklet növelése sokkal intenzívebb mértékben növeli a folyamat sebességét hidegen hengerelt állapotban.

Összefoglalás

A cikkben az alumíniummal csillapított acéllemez nitridkiválási folyamatainak mérési módszereit valamint kísérleti eredményeit ismertettük. Megállapítottuk, hogy melegghengerlés közben gyakorlatilag jelentéktelen mennyiségű nitrogén válik ki, és hogy a melegtekercsben jelen lévő nitridek főként a csévelés utáni lehűlés során válnak ki. 560 °C-os csévelési hőmérséklet alatt a kivált nitridhányad kb. 10-30%, amely függ a csévelési hőmérsékletről való lehűlési sebességtől, azaz a tekercs hossza mentén is változik. Bemutattuk a mérési eredményeken alapuló szimulációk ered-

ményeit, a csévélési hőmérséklet és a csévélési hőmérsékletre való lehűlési sebesség hatását a nitridkiválás mértékére.

A melegen hengerelt kísérleti anyagot 75%-os fogyással hidegen hengereltük, majd a melegen hengerelt állapokra vonatkozó módszer továbbfejlesztésével kimutattuk a hidegen hengerelt állapotban végbemenő nitridkiválási folyamatot. Megállapítottuk, hogy a nitridkiválási folyamat hidegen hengerelt állapotban sokkal gyorsabban végbemegy, mint lágy, melegen hengerelt állapotban. A megadott kinetikafüggvények segítségével az ipari hőkezelés optimalizálható, a kiváló mélyhúzóhatóság feltételei biztosíthatók [19, 20].

Irodalom

- [1] Tranta F.: BKL Kohászat 146 (2013) 22–27.
- [2] Kléber X., Dobránszky J., Vincent A.: Anyagvizsgálók lapja 1 (2001) 6–9.
- [3] Wilson, F. G., Gladman, T.: International Materials Reviews 33

- (1988) 221–286.
- [4] Beeghly, H. F.: Analytical Chemistry 21 (1949) 1513–1519.
- [5] Meyzaud, Y., Pamiere, P.: Mémoires Scientifiques de la Revue de Métallurgie 71 (1974) 415–434.
- [6] Biglari, M. H., Brakman, C. M., Mittemeijer, E. J., Van Der Zwaag, S.: Metallurgical and Materials Transactions A 26 (1995) 765–776.
- [7] V. Massardier, V. Gue'taz, J. Merlin, M. Soler: Materials Science and Engineering A 355 (2003) 299–310.
- [8] Massardier, V., Lavaire, V. N., Soler, M., Merlin, J.: Scripta Materialia 50 (2004) 1435–1439.
- [9] Brahmi, A., Borrelly, R.: Acta Materialia 45, (1997) 1889–1897.
- [10] Ferrer, J. P., de Cock, T., Capdevila, C., Caballero, F. G., de Andre's, C. G.: Acta Materialia 55 (2007) 2075–2083.
- [11] Rawling, R., Tambini, J.: Journal of Iron and Steel Institute 181 (1956) 302–308.
- [12] Chen Yin-li, Wang Yan, Zhao Ai-min: Journal of Iron and Steel Research, International 19 (2012) 51–56.
- [13] Satyam, S. S., Kishor, B. J.: Journal of Materials Engineering and Performance 12 (2003) 157–164.
- [14] Saboonchi, A., Hassanpour, S.: Applied Thermal Engineering 28 (2008) 1630–1637.
- [15] Nordheim, L., Gorter, C. J.: Physica 2 (1935) 383–390.
- [16] Felde, I., Mucsi, A.: International Heat Treatment and Surface Engineering (2013), DOI 10.1179/1749514813Z.00000000086, megjelenés alatt
- [17] Christian, J. W.: The Theory of Transformation in Metals and Alloys, Pergamon, The Netherlands, 2002.
- [18] Réti, T., Gergely, M., Tardy, P.: Materials Science and Technology 3 (1987) 365–371.
- [19] Mucsi, A., Felde, I., Réger, M., Szabados, O., Földi, J.: Proceedings of the 6th International Quenching and Control of Distortion Conference Including the 4th International Distortion Engineering Conference. Chicago, USA, (2012) 839–847. (<http://www.asminternational.org/portals/site/www/AsmStore/ProductDetails/?vgnnextoid=4f3d29417f1c7310VgnVCM100000621e010aRCRD>)
- [20] Réger M., Mucsi A.: Hidegen hengerelt szalagok lágyítási műveletének gyártástechnológiai felülvizsgálata és optimalizálása, Kutatási Tanulmány az ISD Dunaferr Dunai Vasmű Zrt. részére, 2011. november

MÓGER RÓBERT

Átépitésre leállított nagyolvasztóban a kialakult tapadványok vizsgálata

A nagyolvasztói tapadványképződési folyamatokkal kapcsolatosan számos elmélet született, melyek többé-kevésbé eltérnek egymástól, mivel ezeket a folyamatokat alapvetően meghatározza a berendezés konstrukciója is. Ezen kívül a beadagolt alapanyagok és a kohói járatvezetés is döntően képes befolyásolni a tapadványképződési folyamatok mértékét. Jelen dolgozatban az alkáliák (Na, K) és a cink (Zn) nagyolvasztóra kifejtett káros hatásai közül főként a tapadványképződéssel kapcsolatos folyamatok vizsgálatára került sor. A vonatkozó szakirodalmi áttekintés után az ISD DUNAFERR Zrt. I. sz. nagyolvasztójában kialakult tapadványokkal kapcsolatos vizsgálatokról esik szó.

Bevezető

A nagyolvasztóba bekerülő alkáliák (a nátrium és a kálium), valamint a cink számos módon, károsan befolyásolják a nagyolvasztói folyamatokat. Ezek közül is az egyik legjelentősebb negatív hatásuk, hogy növelik a tapadványképződés mértékét, ezzel pedig a nagyolvasztók egyenletes anyagoszlop-levonulá-

sát akadályozzák. Mindezek hatására az üzemelési paraméterek romlását idézik elő, így komoly gazdasági, környezetvédelmi problémákat eredményeznek. A témával kapcsolatosan megjelent korábbi cikkünkben részletesen foglalkoztunk azzal, hogy milyen módon kerülnek be ezek a tapadványképző elemek a nagyolvasztóba [1].

Móger Róbert okleveles kohómérnök. 1998-ban a Miskolci Egyetem Dunaújvárosi Főiskolai Karán, majd 2001-ben a Miskolci Egyetemen szerzett kohómérnöki diplomát. 1998-ban kezdő üzemmérnökként a Dunaferr Acélművek Kft. Nagyolvasztóművében helyezkedett el. Később technológus, technológiai osztályvezető, majd termelésvezető-helyettesként dolgozott. Jelenleg az ISD DUNAFERR Zrt. Technológiai Igazgatóságán metallurgiafejlesztési főosztályvezető.

A nagyolvasztói tapadványképző- és szakirodalmi áttekintése

A tapadványképző elemek közül az alkáliák egy része a beadagolt betéttel, másik része a tüzelő- ill. redukálóanyagként funkcionáló koksszal kerül a nagyolvasztókba. Az elegyalkotók alkáliatartalma alapvetően függ azok eredetétől és feldolgozási módjától. Egy előkészített (pelletizált illetve agglomerált) Fe-hordozó kálium- és nátriumtartalma alacsonyabb, mint a kohókba esetlegesen adagolt nyers érceké. Hasonló mértékű a szennyezőanyag-bevitel a koksszal is, melynek minőségromlásában nagy szerepe van az alkáliáknak [2]. A koks alkáliatartalmát a beszerzett szén Na- és K-tartalma határozza meg.

A nagyolvasztókba történő cinkbevitel főként a zsugorítványgyártáshoz visszajáratott belső vaskohászati hulladékokkal (konverteriszap, Dorriszap, kohói szállópor) történik. Az eredeti alapanyagok (vasérc, pellet, koks) cinktartalma jóval kisebb mértékű.

A nagyolvasztókba bejutott – fentebb említett – szennyezők vagy a torokgázzal (por ill. gáz formájában), vagy a salakkal ürülnek ki a nyersvasgyártási folyamatból. A kohó medence, nyugvó és akna alsó részében az alkáliák és a cink nagymértékű dúsulása-körforgása figyelhető meg, amely a kohó torokrészén az alapanyagokkal együtt bekerült szennyezőanyagok többszörösét is elérhetik.

Az alkáliák és a cink nagymértékű dúsulása megakadályozhatja az anyagoszlop folyamatos, egyenletes levonulását, így növelve a járatzavarok kialakulásának esélyét.

Ugyancsak negatív következménye az említett szennyezők kohóban, nagy koncentrációban történő előfordulásának, hogy képesek nagymértékben lecsökkenteni a kohók kampanyidejét azáltal, hogy reakcióba lépnek a kohó falzatát alkotó vegyületekkel, valamint azzal, hogy egyfajta ún. tapadványréteget képeznek a kohó falzatán. A nyersvasgyártás körülményei – mint az enyhén bázikus salak ($B_1 \approx 1,00-1,15$) vagy a magas égéshőmérséklet ($T_{\text{elm}} \approx 2000-2300$ °C) – között bármiféle alacsony alkáli- és cinkterhelés esetén is azok

nagymértékű dúsulása jöhet létre a nagyolvasztókban.

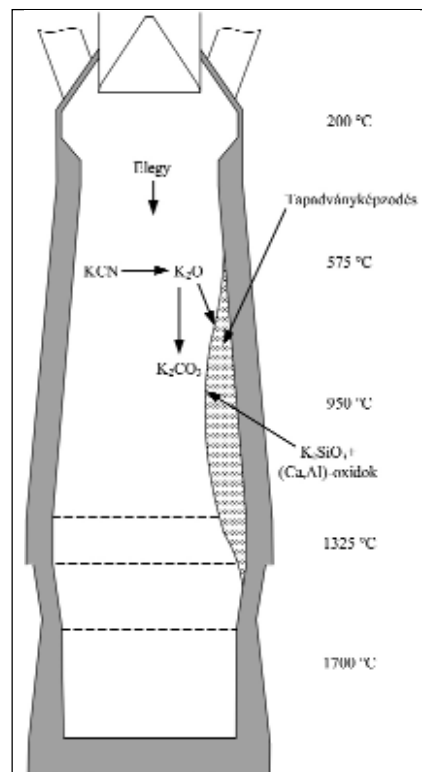
Az alkáliák hatásmechanizmusa a nagyolvasztókban

A nagyolvasztókba bekerült nátrium- és káliumvegyületek lényegében a nagyolvasztó minden egyes részén valamilyen módon károsan befolyásolják az abban zajló metallurgiai, fizikai és kémiai folyamatokat. Ezek az alábbiak lehetnek:

- tapadványképződés, és az ebből következő anyagoszlop-levonulási zavarok;
- a tűzálló falazat kopása, eróziója;
- az alkáliavegyületek körforgása révén a fajlagos koks felhasználás növekedése;
- az Fe-hordozók (pellet, zsugorítvány) lágyulás- és olvadáspontjának csökkenése;
- a vasérc pelletek duzzadása és szétesése, valamint a zsugorítvány szétesése;
- a koks mechanikai tulajdonságainak romlása;
- a cianidképződésben betöltött szerepe miatti környezetvédelmi problémák [3].

A tapadványképződéssel foglalkozó szakcikkekben leírtak alapján [4–7] meglehetősen kicsi a hasonlóság a különböző kohók tapadványainak összetételében, elhelyezkedésében. Mindezek ellenére azonban a tapadványokat szerkezetük alapján két csoportba lehet sorolni. Bizonyos tapadványok lamináris felépítést mutatnak, váltakozva – egyfajta rétegződést mutatva – található bennük fémvas és a salakalkotókhöz kapcsolódó alkáliavegyületek. Az ilyen típusú tapadványokat lamináris struktúrájú tapadványoknak nevezzük. Az ettől eltérő szerkezetű tapadványoknál nem fedezhető fel ilyen struktúra, így azokat nem lamináris felépítésűnek tekinthetjük. Egy jellemző nagyméretű tapadvány feltételezett kialakulása és elhelyezkedése látható az 1. ábrán [3].

Számos elmélet létezik a tapadványok kialakulásával kapcsolatosan. Ez azért van így, mert minden egyes nagyolvasztónak saját életpályája van, és az a modell részleteiben csak arra az egy nagyolvasztóra alkalmazható. Még az azonos típuskohók esetében is az eltérő átépítési idők miatt,



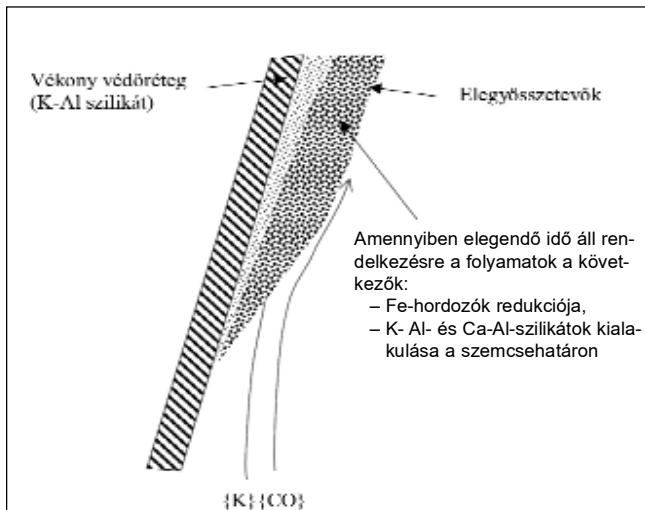
1. ábra. A kohói tapadvány jellemző elhelyezkedése és kialakulása [3]

különböző részmodelleket szükséges alkalmazni. A szakemberek között abban sincs egységes álláspont, hogy az alkáliák jelenléte az előfeltétele a tapadványképződésnek vagy csupán csak súlyosbítja a már kialakult helyzetet [2, 8–11]. Abban azonban mindenki egyetért, hogy az alkáliák egyértelműen káros hatással bírnak a nagyolvasztók működésére.

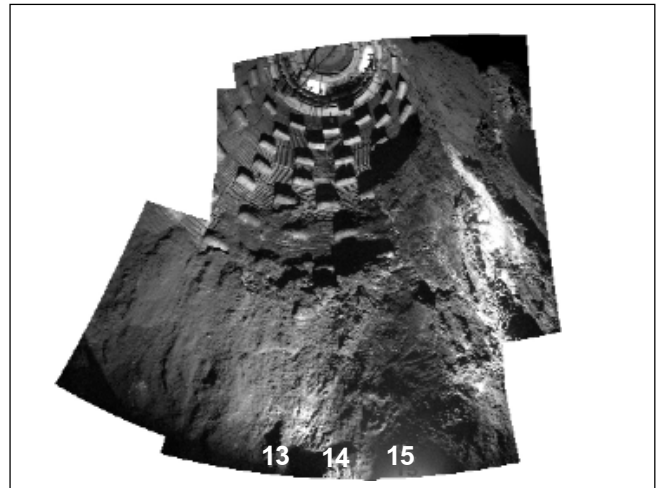
A Luleå-i kísérleti kohóban vizsgálták a tapadványképződés körülményeit. A tapadványok kialakulásában nagy szerepet tulajdonítottak a falazaton, hűtőlapokon kialakult vékony védőrétegnek, mely védi a falazatot és a hűtési rendszert. Az elemzések alapján ezek főként káliumtartalmú vegyületekből ($KAlSi_3O_8$) épültek fel.

Amennyiben valamilyen okból az anyagoszlop levonulása megakadt (kohóállás, járatzavar) a kialakult védőréteg hízásnak indult a jelen lévő elegyalkotók Fe-, Si-, Mg-tartalma, valamint a felfelé áramló kálium reakciójának eredőjeként, és létrehozták a tapadványréteget főként a kohóakna felső részében.

A tapadványok elemzése alapján megállapítható, hogy a vas-oxid már nagyrészt redukálódott állapotában (FeO) volt jelen, viszonylag magas



■ **2. ábra.** A kohói tapadvány kialakulása a kohó megállása vagy járatzavar esetén [7]



■ **3. ábra.** Az ISD DUNAFERR Zrt. átépítésre leállított I. sz. nagyolvasztójának falazata a leállást követően (13–15. fűvorfűrészek között)

(10-15% FeO) értékkel. A tapadványok nagyságrendekkel több káliumot tartalmaztak, mint nátriumot, köszönhetően a termodinamikailag stabilabb Na-vegyületeknek, amelyek így a salakba kerültek. A kálium főként alumínium- (KAlSiO₄), és magnézium- (K₂MgSiO₄) komplex vegyületek formájában fordult elő. A tapadványok cinktartalma mindössze 0,02% volt, ugyanakkor a kohó cinkterhelése is alacsony értéken alakult. A hőelemek hőmérséklet-szórásainak elemzéséből egyértelműen megállapítható volt a tapadványképződés helye, ideje.

A 2. ábrán a tapadványok feltételezett kialakulására vonatkozó illusztráció látható. A kohó akna falazatát egy vékony K-Al-szilikát védőréteg borítja normál üzemmenet mellett. Amennyiben a kohójárat megbomlik és/vagy az anyagoszlop megakad, vagy bármilyen okból kifolyólag a kohóval le kell állni, a fent látható módon kezd vastagodni a védőréteg. A tapadványt a részben redukálódott érc FeO-tartalma alkotja, valamint a redukálógázzal felfelé áramló kálium által képzett komplex vegyületek hizlalják, melyek a szemcsehatárokon jönnek létre és egyfajta „ragasztóként” funkcionálnak [7].

A cink hatásmechanizmusa a nagyolvasztóban

A nagyolvasztóba bekerült cinkvegyületek – hasonlóan az alkáliákhoz – károsan befolyásolják a nagyolvasztói folyamatokat, melyek a következők:

- tapadványképződés, és az ebből

következő anyagoszlop-levonulási zavarok;

- a tűzálló falazat kopása, eróziója, melyre többféle teória létezik (penetráció, eutektikum-képzés);
- a cinkvegyületek körforgása révén a fajlagos kokszfelhasználás növekedése;
- a cianidképződésben betöltött szerepe miatt környezetvédelmi problémák [12].

A szakirodalom legalább két különböző módon osztályozza a tapadványokat. Az egyik csoportosítási módról már beszéltünk, amely szerint megkülönböztetünk réteges és nem réteges tapadványokat. A másik besorolási mód a nagyolvasztóban történő elhelyezkedés szerinti különbségtétel, ahol az akna alsó és felső tapadványairól beszélünk.

Az utóbbi típust vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a felső tapadványok nagy tömegben tapadnak meg a falon és főként egymást követő cink–cinkoxid és szállópor–finomkarbon rétegek alkotják. A kialakulásukra vonatkozó elmélet az, hogy a rétegek létrejötte összefüggésben van a kohó torokrészében uralkodó körülményekkel, elsősorban a hőmérséklettel és az oxigénpotenciállal.

A másik típusú tapadvány, amely az akna középső és alsó zónájában található, részben redukálódott ércszemcsékből, kokszzemcsékből és az ezeket összekötő cinkből, cink-oxidokból áll. Ezen zóna körülményei között a cink gőzfázisbeli koncentrációja elég nagy, ami növeli a nagymértékű tapadvány kialakulásának a lehe-

tőségét. A magasabb hőmérséklet és a nagyobb parciális cink-nyomás kedvez a cink–tűzálló anyag és a cink–elegy közötti kémiai reakcióknak.

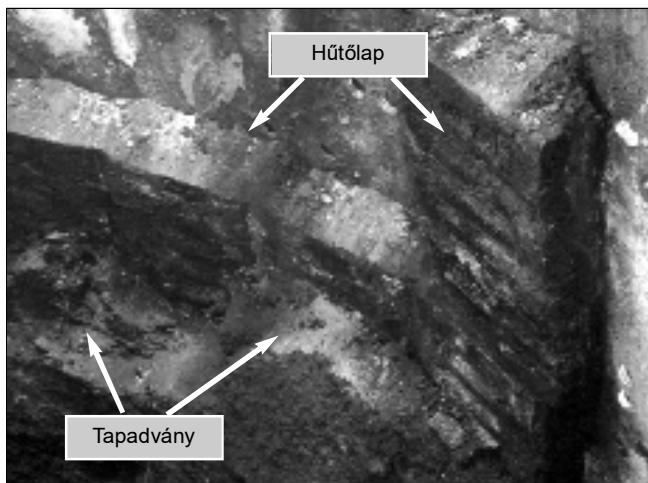
A cink jelenléte a nagyolvasztóban növekvő fajlagos kokszfogyasztást eredményez, melynek egyik magyarázata az, hogy a tapadványok kialakulásával a kohójáratot meghatározó gázpermeabilitás és gázárameloszlás széles határok között változik, ami egyenetlen kohójáratot és kedvezőtlen gázkihasználást eredményez. A tapadványok okozta keresztmetszet-csökkenés ugyanis csatormás járatot okoz, így megnövekszik a redukálógáz sebessége, aminek következtében lecsökken az indirekt redukció mértéke [5, 12, 13].

A nagyolvasztóakna alsó részéről vett tapadványminta vizsgálata

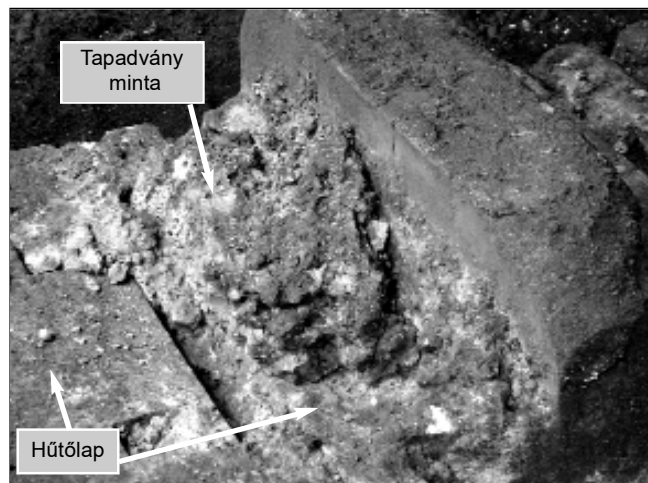
Az ISD DUNAFERR Zrt. átépítésre leállított I. sz. nagyolvasztóakna alsó részéből tapadványminta kivételére került sor. A tapadványmintákból kémiai és ásványfázis-vizsgálatokat végeztünk annak megállapítására, hogy a tapadványképződési folyamat a vizsgált nagyolvasztó működési körülményei között milyen formában megy végbe.

A nagyolvasztóakna alsó részéből vett tapadványminta kivétele, azok előkészítése vizsgálatra

Az említett I. sz. kohót 2013. január 22-én állították le a kifúvatási procedúrát követően. A nagyolvasztó kika-



■ 4. ábra. A nagyolvasztó-akna alsó részén elhelyezkedő hűtőlapokon lévő tapadványok a kibontást megelőző percekben



■ 5. ábra. A vizsgálatra kijelölt 2. sz. tapadványminta a nagyolvasztóakna alsó részéről kibontott hűtőlapon

parását, a medencében maradt anyag eltávolítását 2013. február 6-án kezdték meg. A nagyolvasztó leállítását követően a falazat állapotát a 3. ábra illusztrálja.

Az ábra a fúvósíktól a nagyolvasztó torokrésze felé, a 4. sz. fúvóforma felől látható területet mutatja. Az ábra alján láthatók a tapadvány alatti fúvóforma pozíciók, a könnyebb azonosíthatóság érdekében. A nagyolvasztó közel teljes kerülete mentén hasonló mértékű a tapadvánnyal borított terület. Észrevehető, hogy az akna alsó, szénpocha és a nyugvó részén jelentős mértékű tapadvány található. Az akna középső részén kismértékű, míg az akna felső részén semmiféle tapadvány nem található, igaz, falazat sem.

A tényleges tapadványminták kivételére (2013. május 5-én), az akna alsó részén lévő hűtőlapok kibontásakor (4. ábra) került sor. A nagyolvasztóakna középső és felső részében kismértékű vagy semmiféle tapadványt nem lehetett detektálni, így a mintákat szükségszerűen csak az akna alsó részéből lehetett kivenni.

A 4. ábrán látható, hogy a tapadvány vastagsága a hűtőlap vastagságát (250 mm) is meghaladja.

A nagyolvasztóból eltávolított hűtőlapokról összegyűjtött tapadványok közül kettőt választottunk ki kémiai- és ásványfázis-vizsgálat céljára, melyek közül az egyiket – még a hűtőlapról történő leválasztás előtti állapotában – az 5. ábra mutatja.

A nagyolvasztóból kibontott hűtőlapokról eltávolított tapadványmintákat az ISD DUNAFERR Zrt. Innovációs Igazgatóságán a hűtőlap függőleges síkjára merőlegesen elvágták, és mintánként 2-2 metszetet készítettek belőlük.

A nagyolvasztóakna alsó részéből kivett tapadványminta kémiai és ásványtani vizsgálata

A tapadványminták kémiai elemzését az ISD DUNAFERR Zrt. Anyagvizsgáló és Kalibráló Laboratóriumok Igazgatóságán, míg az ásványfázis vizsgálatokat a Miskolci Egyetem Ásványtani-Földtani Intézetében végezték.

A kémiai vizsgálatokhoz hullámhossz diszperzív röntgenfluoreszcenciás spektrométer (WD-XRF) készüléket használtak. A 11Na és a 92U elemtartományban a periódusos rendszer összes elemét vizsgálták, mely-

ből a vizsgálat szempontjából fontosabb elemeket mutatjuk be.

Az ásványfázis-vizsgálatokat röntgen-pordiffrakciós (XRD) eljárással végezték. Vizsgálatra előkészített két tapadványminta fotója látható a 6–7. ábrán a léptékek feltüntetésével. Az ábrák melletti nyilak a tapadványminta hűtőlappal közvetlenül érintkező oldalától (alul) mutatnak a nagyolvasztómunkatér irányába (felül). A nyilaknak megfelelő irányban a tapadványminta különböző rétegei, részei növekvő hőmérsékletértékekkel jellemezhetők, a nagyolvasztó működése közben.

A nagyolvasztóakna alsó részéből kivett tapadványminták elemzési adatainak kiértékelése

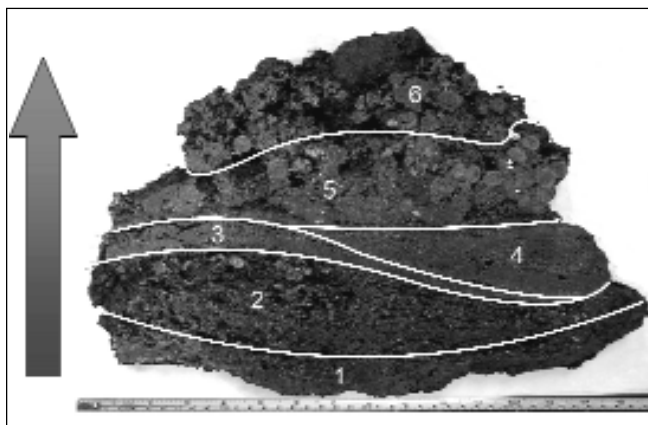
Az 1. sz. tapadványminta kémiai összetételére vonatkozó részletes elemzési eredmények az 1. táblázatban találhatóak [14].

Az 1. sz. tapadványminta kémiai elemzési adatait megvizsgálva az alábbiak fogalmazhatók meg:

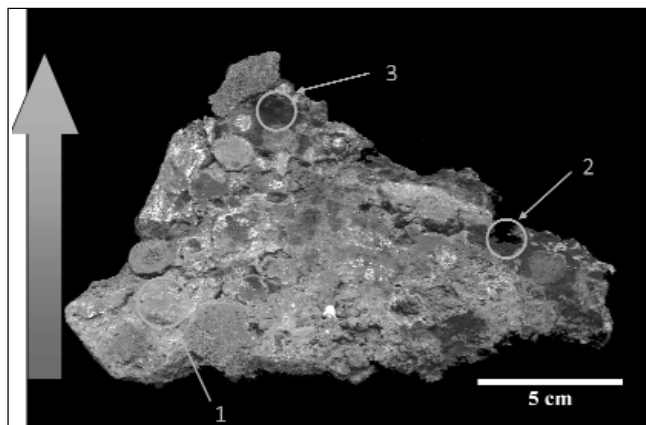
- a tapadványmintában anyagregtegződések figyelhetők meg (1–6 rétegek), melyek elemzése külön-külön is megtörtént;

1. táblázat. A nagyolvasztóakna alsó részéből kivett 1. sz. tapadványminta kémiai analízise

Réteg	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	Al ₂ O ₃	S	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	ZnO	ZrO	BaO	PbO	C
	%																
1	20,90	17,50	32,00	1,81	4,90	10,30	0,56	0,18	0,130	0,26	0,45	7,20	3,24	0,0056	0,035	0,026	0,33
2	21,50	16,70	29,80	2,17	7,20	10,50	0,48	0,15	0,071	0,32	0,74	7,30	2,70	0,0090	0,055	0,018	0,18
3	20,40	17,00	32,50	2,43	7,20	9,50	0,74	0,18	0,053	0,30	0,95	6,30	2,19	0,0069	0,040	0,015	0,12
4	19,10	15,90	33,60	2,33	7,30	10,90	0,55	0,18	0,210	0,24	0,88	6,10	2,18	0,0045	0,058	0,012	0,2
5	19,00	15,80	42,10	1,58	5,50	7,30	0,51	0,19	0,170	0,24	0,66	4,06	2,32	0,043	0,028	0,060	0,31
6	15,20	12,90	56,40	1,39	2,71	4,19	0,39	0,21	0,200	0,14	0,26	2,68	2,08	0,0020	0,016	0,054	0,92



■ **6. ábra.** A kémiai vizsgálatra kijelölt 1. sz. tapadványminta metszeti képe a rétegződések bejelölésével



■ **7. ábra.** A kémiai vizsgálatra kijelölt 2. sz. tapadványminta metszeti képe a mérőhelyek bejelölésével

- az 1-es réteg a hűtőlaphoz a legközelebb helyezkedik el, míg a 6-os a nagyolvasztó munkateréhez a legközelebb;
- az 1–4-es rétegben kevesebb az Fe_2O_3 -tartalom, mint az 5–6-os rétegben, ami azzal magyarázható, hogy az előbbi rétegeknek több idő állt rendelkezésre a redukcióhoz (hosszabb ideje a hűtőlapra tapadtak);
- az Al_2O_3 -tartalom jól mutatja azt, hogy az 1–4. rétegek közel azonos időben, azonos salakösszetétel mellett rakódtak a hűtőlap felületére, míg az 5–6. rétegek egy jellemzően más salakösszetétel mellett, szignifikánsan kisebb Al_2O_3 -tartalom mellett tették ezt;
- a különböző rétegekben a tapadványképző elemek (ill. vegyületeik) részaránya is megerősíti az előző pontban említetteket, azaz hogy az 1–4. rétegekben jellemzően nagyobb a tapadványképző elemek részaránya, mind az 5–6 rétegekben;
- amennyiben a tapadványminta 1–4. rétegeit összehasonlítjuk az 5–6. rétegekkel, a fentiekén kívül az alábbiak állapíthatók meg:
 - o az 1–4. rétegek közel azonos időszakban, vagy azonos összetételű ércbetét adagolása esetében alakultak ki;
 - o az 1–4. rétegek kialakulásakor az ércbetétben nagyobb volt a tapadványképző elemek részaránya (a nagyolvasztó alkália- és cinkterhelése);
 - o az 1–4. rétegek kialakulásakor a nagyolvasztóban a kohósalak összetétele és hőmérséklete kedvezett az alkália-körforgás

kialakulásának, azaz ebben az esetben a nagyolvasztó valószínűleg erőteljesen bázikusabb salakkal és magasabb csapolási hőmérséklettel működött.

A 2. sz. tapadványminta mérőhelyeinek kémiai összetételét a 2. táblázat mutatja [14].

A 2. sz. tapadványminta esetében a hűtőlaptól a nagyolvasztó-munkatér irányában három kijelölt mérőhelyre (1–3) vonatkozólag részletes kémiai vizsgálat történt. Ezek eredményeit megvizsgálva az alábbiak fogalmazhatók meg:

- a tapadványmintában anyagrétegződések nem figyelhetők meg, ugyanakkor homogénnek sem tekinthető, szigetszerűen változik a kémiai összetétel;
- az 1–2. mérőhelyek közel azonos összetételűek, magas Fe_2O_3 -tartalommal (>60%), a tapadványképző elemek közül a Zn-tartalom a meghatározó (ZnO: kb. 2,0%);
- a 3. mérőhely összetételében a C-tartalom dominál (60,0%), azaz főként kokszból áll, a tapadványképző elemek közül a K-tartalom a jellemző (K_2O : 1,3%);
- állaga jóval porózusabb volt, könnyebben tört összehasonlítva az 1. sz. tapadványmintával, ami feltételezhetően a koksz jelenléte miatt következett be.

Az 1. sz. tapadványminta részletes, rétegenkénti ásványfázis-vizsgá-

lata is megtörtént, melynek eredményét a 3. táblázat tartalmazza [14].

Az 1. sz. tapadványminta ásványfázis vizsgálatának elemzési adatait áttanulmányozva az alábbiak fogalmazhatók meg:

- a tapadványmintában anyagrétegződések figyelhetők meg, melyek elemzése külön-külön is megtörtént;
- a Na- és K-tartalmú tapadványképző elemek – a kémiai- és az ásványfázis vizsgálatokból következően – főként az amorf fázisban található, azaz nem rendeződnek kristályráccsal meghatározható szilárd fázisba;
- a cink jelentős része szfalerit (ZnS) formában található, mellyel összefüggésben a tapadványrétegek között jellemző tendencia nem fedezhető fel;
- az 1–4. és az 5–6. rétegek közötti különbség ennél a vizsgálati módnál is tetten érhető elsősorban a

2. táblázat. A nagyolvasztóakna alsó részéből kivett 2. sz. tapadványminta kémiai analízise

m/m%	Mérőhelyek		
	1	2	3
SiO_2	2,88	1,80	7,78
Al_2O_3	0,63	0,45	3,36
P	0,03	0,02	0,05
MgO	0,32	0,20	0,20
CaO	6,79	5,30	2,71
Na_2O	0,20	0,18	0,23
K_2O	0,45	0,92	1,34
Fe_2O_3	65,49	62,41	20,98
SO_2	0,27	0,35	2,41
MnO	0,63	0,36	0,19
ZnO	1,89	2,45	0,71
C			60,04
illó	20,43	25,56	

3. táblázat. A nagyolvasztóakna alsó részéből kivett 1. sz. tapadványminta ásványfázis- vizsgálatának eredménye

Ásványfázis neve	Ásványfázis képlete	1. réteg	2. réteg	3. réteg	4. réteg	5. réteg	6. réteg
		tömeg %					
Wüstit	FeO	27,9	24,6	29,2	32,7	24,3	25,3
Merwinít	Ca ₃ Mg(SiO ₄) ₂	17,5	18,1	7,8	26,3	14,0	6,8
Szفالerit	ZnS	3,2	1,7	5,3	3,4	2,8	3,5
Braunit	Mn ₇ O ₈ (SiO ₄)		1,2	5,3	0,8	1,3	
Fe	Fe	2,2		0,3		5,3	6,3
Larnit	Ca ₂ SiO ₄			0,0		2,2	10,2
Hedenbergit	CaFeSi ₂ O ₆	2,8			1,6	1,0	7,7
Kalcium-szilikát	Ca ₂ (SiO ₄)	22,1	0,6	5,9	5,5	12,0	1,9
Bredigit	Ca ₁₄ Mg ₂ (SiO ₄) ₈		7,8	6,9	7,7		
Magnézium-szulfát	MgS ₂ O ₃ (H ₂ O) ₆	2,0	2,6	5,8	4,6	1,9	
Magnézium vas-oxid	(MgO) _{0,432} (FeO) _{0,568}			1,7	0,5		
Wollastonit 1A	CaSiO ₃					2,0	
Srebrodolskit	Ca ₂ Fe ₂ O ₅					3,5	
Kalcit	CaCO ₃					2,2	
Amorf		22,3	43,3	31,7	17,3	27,4	38,4

merwinít és a larnit ill. bredigit ásványfázisok esetében;
 – önálló Fe-részecskék főként az 5–6. rétegekben – a munkatér közelében – fedezhetők fel.

A 2. sz. tapadványmintára vonatkozólag is elkészült a kijelölt három területhez tarozó ásványfázis-vizsgálat, melynek eredményét a 4. táblázat tartalmazza [14].

A 2. sz. tapadványminta ásványfázis-vizsgálatának elemzési adatait áttanulmányozva az alábbiak fogalmazhatók meg:

- a tapadványmintában az 1–2 mérőhelyek ásványfázisai több vonatkozásban is hasonlóságot mutatnak egymáshoz, míg a 3. mérőhelyen detektált teljesen eltérő képet mutat;
- a Na- és K-tartalmú tapadványképző elemek – a kémiai és az ásványfázis-vizsgálatokból következően – főként az amorf fázisban találhatóak, azaz nem rendeződnek kristályráccsal meghatározható szilárd fázisba;
- az Fe az 1 mérőhelyen főként wüstit és goethit, cohenit, a 2. mérőhelyen magnetit és cohenit, míg a 3. mérőhelyen akaganeit formában található;
- a karbon részaránya a hűtőlap felületétől a munkatér irányába (1→3. mérőhely) nő, azaz a munkatérhez közelebbi helyeken magasabb.

Következtetések, eredmények összefoglalása

Az ISD DUNAFERR Zrt. átépítésre leállított I. sz. nagyolvasztójából kivett

tapadványminták alapján a következők állapíthatók meg:

- a vizsgált nagyolvasztóból kivett tapadványok vizsgálata alapján a tapadványok struktúrája lamináris és nem lamináris is lehet, egyazon magassági zónán belül is;
- a nagyolvasztóba beadagolt alapanyagok összetételének megváltozása alapvetően módosítja a tapadvány kémiai- és ásványfázis-összetételét, melyet a vizsgálat során kivett lamináris tapadványok rétegenkénti kémiai elemzése bizonyít;
- a nagyolvasztóba beadagolt alapanyagok alkália- és cinktartalma – az elvégzett kémiai- és ásványfázis-vizsgálatok alapján – részt vesz a tapadványképződési folyamatokban, azonban elsősorban a

lamináris tapadványok esetében;

- a lamináris és nem lamináris tapadványok kémiai- és ásványfázis-összetétele jelentős különbséget mutat (ill. merwinít és wüstit). A lamináris tapadványok jóval nagyobb mértékben tartalmaznak SiO₂-, Al₂O₃- és MgO-tartalmú vegyületeket, ennek megfelelően a merwinít és a wüstit ásványfázis is nagyobb részarányban található meg bennük;
- a nem lamináris tapadvány szilárdsága jóval kisebb, ami a tapadványba beépült kokszzsemcséknek köszönhető;
- a Na- és K-tartalmú tapadványképző elemek – a kémiai- és az ásványfázis-vizsgálatokból következően – főként az amorf fázisban

4. táblázat. A nagyolvasztóakna alsó részéből kivett 2. sz. tapadványminta ásványfázis-vizsgálatának eredménye

Ásványfázis neve	Ásványfázis képlete	1. mérőhely	2. mérőhely	3. mérőhely
		tömeg %		
Akaganeit	Fe+3O(OH)			16,7
Bicchulit	Ca ₂ (Al ₂ SiO ₆)(OH) ₂		1,6	
Kalcit	CaCO ₃	4,4	2,2	1,0
Karbon	C		4,5	73,3
Cohenit	Fe ₃ C	9,7	2,6	0,7
Goethit	Fe+3O(OH)	12,4	1,9	
Grafit	C		8,4	
Gipsz	CaSO ₄ •2H ₂ O	2,8		0,6
Magnetit	Fe _{0,99} Fe _{1,97} Cr _{0,03} Ni _{0,01} O ₄	1,39	11	
Kvarc	SiO ₂	3,1	2,2	1,6
Szillimanit	Al ₂ SiO ₅		0,5	5,5
Wüstit	FeO	6,7		0,6
Cinkit	ZnO	4,2		
Amorf		55	65	

találhatók, azaz nem rendeződnek kristályráccsal meghatározható szilárd fázisba.

Az eddigiekben elvégzett vizsgálatok alapján, a nagyolvasztóakna alsó részén kialakuló tapadványrétegre vonatkozólag, az alábbiak állapíthatók meg:

- a lamináris tapadványok a már nagyrészt redukálódott vas-oxidból, kalcium- és szilikátvegyületekből alakulnak ki, melyben a tapadványképző elemek (Na, K, Zn) közül főként a cink tekinthető a tapadványokat összetartó „ragasztószernek”. Ezek a tapadványok a kohójárat és a beadagolt alapanyagok függvényében „híznak fel”, majd válnak le a hűtőlapokról. Ezek a tapadványok nagy kiterjedésűek lehetnek;
- a nem lamináris tapadványok főként kocszszemcsékből és az azokat körbevevő-összekötő salakalkotókból (főként amorf formában) állnak, melyek kiterjedése – mechanikai tulajdonságaik miatt – jóval kisebb, mint a fentebb említett tapadványtípusnak.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti az ISD DUNAFERR Zrt. Nagyolvasztómű vezetőit, hogy lehetővé tették és támogatták a kutatási tevékenységet; az Anyagvizsgáló

és Kalibráló Laboratóriumok Igazgatóság szakembereinek a kémiai elemzések, míg a Miskolci Egyetem Ásványtani-Földtani Intézet szakembereinek az ásványfázis-vizsgálatok elvégzéséért. Külön köszönetemet szeretném kifejezni PhD-témavezetőmnek, dr. Farkas Ottó professor emeritusnak szakmai útmutatásaiért.

Felhasznált irodalom

- [1] Móger, R., Rokszin, Z.: A kohókba jutó kén alkáliák és a cink eltávolításának metallurgiai lehetőségei, Bányászati és Kohászati Lapok. 145. évfolyam. 2012/5. (szakcikk)
- [2] Van Niekerk, W. H., Dippenaar, R. J., Kotze, D. A.: The influence of potassium on reactivity and strength of coke, with special reference to the role of coke ash. J. S. Afr. Inst. Min. Metall., Vol. 86, No. 1. January, 1986, pp 25–29.
- [3] Jouhari, A. K., Reddy, P. S. R., Mohapatra, B. K., Misra, V. N.: Proceedings of the seminar on raw material preparation for metallurgical industries; Problems & Solution, April 8–9, 2002, Regional Research Laboratory (Council of Scientific & Industrial Research) pp 62–63.
- [4] Lu, W. K., Holditch, J. E.: Alkali control in blast furnace: theory and practice
- [5] Davidson, J.: Scaffold formation and removal in BF's. Steel Times International, March, 1987, pp 23–24.
- [6] Samuelson, C.: Impurity flows due to waste recycling. Lulea Technical University Minerals and Metals Recycling Research Centre Report, April, 2000.
- [7] Erikson, J.: Accretion formation in the blast furnace. Examination of accretions in LKAB's EBF. MEFOS előadás. January, 2001.
- [8] Chernov, N. N., Demidenko, T. V., Marder B. F., Pochekailo, I. E., Taranovskii, V. V.: Distribution of alkali compounds in a large blast furnace. Metallurg, No. 5. May, 1983, pp 12–14.
- [9] Zhou, Q., Bi, X.: The circulation of alkalis and fluorine in the blast furnace and their detrimental effects on the reduction degradation of sinter and pellets. Scandinavian Journal of Metallurgy, Vol.16, No. 2. 1987, pp 57–66.
- [10] Rankin, W. J., See, J. B.: The alkali problem in the blast furnace. Minerals Sci. Engineering, Vol. 9, No. 2. April, 1977, pp 68–82.
- [11] Benesch, R., Ledzki, A., Kopec, P., Stachura, R., Migas, P., Klimczyk, A., Mazanek, K.: Behaviour of alkalies in sintering and blast furnace processes – the alkalies balances at Sendzimir steel plant. Metallurgy and Foundry Engineering, 1997, Vol. 23., No. 3, pp. 291–307.
- [12] Biswas, A.K.: Principles of blast furnace ironmaking. SBA Publications, Calcutta, 1981. pp 297–298.
- [13] Zherebin, B. N.: Zinc in blast furnaces. Steel, 1991, pp 451–452.
- [14] Móger R.: A nagyolvasztói falazat hűtési intenzitása változtatásának hatása a tapadványképződési folyamatokra. Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola. Kutatószemináriumi előadás. 2013. június 25.

Szakmai kirándulás Dunaújvárosban

Az OMBKE Vaskohászati Szakosztály budapesti helyi szervezet 25 tagja vett részt azon a szakmai kiránduláson, amelynek célja ezúttal az ISD Dunafer Zrt. nyersvasgyártásának megismerése volt.

Október 11-én ragyogó napsütés fogadta az egyesület tagjait Dunaújvárosban, ahol a kötelező munkavédelmi oktatás meghallgatása, majd a gyárlátogatás idejére biztosított védőköpeny és sisak átvétele után autóbusszal érkeztek a Nagyolvasztómű területére. A vendégek szakmai kíséretére a helyiek képviselőiben Hevesi Imre, Tóth Balázs és Józsa



■ Rácalmási csoportkép

Róbert vállalkozott. A vagonbuktatónál egy vagon kiürítését láthatták, majd a látogatás a zsugorító szalagok üzemelésének és a Zsugorítómű irányítótermének megtekintésével folytatódott. A nagyolvasztóműi műszerházban a nyersvasgyártás betétviszonyaival és jellemző technológiai paramétereivel ismerkedhettek meg a látogatók, majd a II-es kohó 12 órai csapolásának életre szóló látványával gazdagodhattak a vaskohászati folyamatokban még esetleg járatlan csapattagok. A művi menedzsment képviselőiben Titz Imrével és Kvárik Sándorral találkoztak a vendégek. A csapolás után a januárban átépítésre leállított I-es

kohónál folytatódott a látogatás, majd a gyári étteremben elfogyasztott ebéd után kulturális program következett.

Az új Duna-hídon átkelve Aposztagra érkezett a delegáció, ahol szakavatott helyi kísérelésével a faluház, az egykori zsinagóga értékeivel ismerkedett. Az Európa Nostra-díjas, műemléki védelem alatt álló épületet 1987-ben újjátöltötték föl, ma a falu legfontosabb idegenforgalmi látványosa. A Dunaújvárosba visszaérkezés után csatlakozott a kirándulás résztvevőihöz a dunaújvárosi helyi szervezet néhány lelkes tagja. Az autóbusz legközelebbi megállója Rácalmáson, a Jankovich Kúria Rendezvény és

Turisztikai Központnál volt, ahol Gál Mária mutatta be a térség kulturális életében egyre nagyobb jelentőséggel bíró épületgyűjtést. A kúria pincéjében üdvözölte a vendégeket Schrick István, Rácalmás polgármestere. A dunaújvárosi helyi szervezet nevében Bocz András, a budapesti szervezet képviselőjében dr. Csirikusz József és dr. Réger Mihály szölet. A szomszoltó bölcseki borok felvezetésében Hevesi Imre vállalt szerepet. A látogatás jó hangulatú beszélgetéssel záródott, amelynek végén felcsendültek a hagyományos selmeci nóták is.

 Józsa R.

Tájékoztató a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés szeptember 26-i taggyűléséről

A taggyűlést Lukács Péter elnök nyitotta meg.

Az 1. napirendi pont témája a **tagvállalatok energiafelhasználásának, CO₂-kibocsátásának, az energia árának és költségeinek alakulása** volt. Először dr. Tardy Pál foglalta össze a témával kapcsolatos nemzetközi és hazai fejleményeket. Kiemelte, hogy az energia- és klímapolitika 2013-ban az egyik legforróbb, legtöbb vitát kiváltó téma volt az Európai Bizottságban.

Az energia azért vált központi kérdéssé, mert az EU energiahordozók esetében erősen importfüggő, ami az árakat is jelentősen befolyásolja. Ugyanakkor az USA-ban a palagáz kitermelés gyors felfutásának eredményeképpen jelentősen (~ 30%) csökkent a földgáz ára, ami iparuk versenyképességét is növeli, így az EU acélipara a jelenlegi árviszonyok mellett versenyhátrányba került.

A klímapolitika központi kérdése továbbra is az emissziókereskedelelem 2008-ban elfogadott feltételeinek a módosítása; az Európai Bizottság minden áron el akarja érni, hogy az acélipari vállalatok jelentős kvótavásárlásra kényszerüljenek. Az acélipar érdekképviseleti szervezetei (az EUROFER, itthon az MVAE) kemény

harcot folytatnak ennek megakadályozása érdekében. Pozitív fejlemény viszont az EB által készített acélipari akcióterv, amelyben kilátásba helyezték az európai acélipar versenyképességét veszélyeztető szabályozók felülvizsgálatát és módosítását.

A hazai acélipar összes energiafelhasználása a termeléssel összhangban változott; a fajlagos adatok viszont a legnagyobb energiaigényű és CO₂-kibocsátó nyersvasgyártás esetén elmaradnak a nemzetközi színvonaltól.

Stefán Mária elemezte az energiaárak és -költségek alakulását; eszerint a kiemelt EU-oroszágok közül csak Olaszországban magasabb a földgáz ára, mint nálunk; villamos energia áraknál a középmezőnyben helyezkedünk el. A koksza ára az utóbbi időben jelentősen csökkent, a villamos energia ára mérsékelten, a földgáz ára jobban emelkedett. A termelési költségekben a betétanyagok a meghatározók; azok emelkedése is hozzájárult ahhoz, hogy az energiaköltségek részaránya csökkent.

Az ISD Power szakértőjének felszólalása lényegében megerősítette az elhangzottakat; felhívta a figyelmet arra, hogy az energiapiacra jelentős változások várhatók.

A 2. napirendi pontban Zámbo József adott tájékoztatót az **acélkereskedelelem és az acélermékek külföldi és belföldi árának alakulásáról**. 2003-tól elemezte és részletesen bemutatta az árak változását; az árak ezalatt jelentősen ingadoztak. Elmondta, hogy a belföldi, export és import árak többé-kevésbé együtt mozogtak, de a különbség termékenként változó. A Dunaferri képviselője további információkkal szolgált, elsősorban a Dunaferri vonatkozásában.

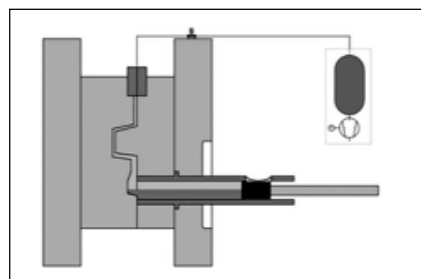
Egyebekben Szabados Ottó tájékoztatót adott az EU acélipari akciótervének állásáról. Elmondta, hogy az akcióterv EU parlamenti tárgyalásához Gyürk András magyar EP-képviselő készit előterjesztést. Gyürk András kérte az MVAE véleményét az akciótervről; ennek folyamánaként Lukács Péter, az MVAE elnöke és Szabados Ottó igazgató folytatott vele tárgyalást, ahol átadták az MVAE írásos anyagát. Időközben megismerhettük az előterjesztés szövegtervezetét is, amiben Gyürk András messzemenően figyelembe vette az acélipar véleményét.

 Dr. Tardy Pál

LESKÓ ZSOLT – DÚL JENŐ

Az összetétel és a falvastagság hatása a nyomásos öntvények mechanikai tulajdonságaira

A cikk két, a nyomásos öntészetben alkalmazott vákuumrendszert, valamint egy kísérleti öntőszerszám tervezésének részleteit mutatja be. A vizsgálatokhoz kialakítottak egy olyan szakítópálcacsokor-geometriát, amely egyszerre képes megfelelni a szabad kilevegőzéssel és a vákuumozással kombinált nyomásos öntéssel készült próbatestek tulajdonságai vizsgálatának. A beömlő- és a túlfolyórendszer geometriájának megtervezéséhez számítógépes szimulációt alkalmaztak. Megvizsgálták a mechanikai tulajdonságok változását és a vákuumozás hatását eltérő falvastagságú próbatestek és eltérő kémiai összetételű ötvözetek esetén.



1. ábra. Egykörös vákuumrendszer sematikus ábrája

1. Bevezetés

Az öntvények tulajdonságait azok geometriája, az alkalmazott ötvözet és a gyártási technológia paraméterei együttesen befolyásolják. A nyomásos öntés esetén a formaüreg megtöltése közben alkalmazott rendkívül nagy áramlási sebesség (40–80 m/s) következtében jelentős a levegő-bezáródások kialakulása, melynek káros hatását a megszilárdulás közben a fémmre ható, rendkívül nagy nyomás alkalmazásával csökkentik. A nyomásos öntvények belső inhomogenitásokat és feszültség-gócokat tartalmaznak, melyek hatására a szakítószilárdság nagyobb, a maradó alakváltozási képesség pedig sokkal kisebb az ugyanabból az ötvözetből más öntészeti eljárással gyártott öntvények tulajdonságaihoz viszonyítva [1].

A járműipari öntvényfelhasználók egyre szigorúbb elvárásokat támasztanak az öntvénygyártókkal szemben

az öntvények tulajdonságainak javítása érdekében. Különösen a maradó alakváltozási képességet tartják egyre fontosabbnak ahhoz, hogy bonyolult geometriájú, kis falvastagságú és minél kisebb tömegű alkatrészek beépítése valósulhasson meg.

A kutatások fő iránya a képlékeny alakváltozásnak kitett nyomásos öntvények előállítására, melynek lehetséges megoldása új összetételű öntészeti ötvözetek kifejlesztése, az öntési technológia gyártási paramétereinek optimalizálása és az inhomogenitások csökkentése, pl. vákuum alkalmazásával [2,3].

2. A szerszámüreg vákuumozására használt rendszerek

A legelterjedtebb, hagyományosnak is mondható vákuumos kilevegőző rendszer, az osztósíkban elhelyezett vákuumszelep segítségével távolítja el a nyomásos öntőszerszám forma-

üregéből és az öntőkamrából a levegőt [2,3]. Ezt nevezzük egykörös vákuumrendszernek. Az új generációt képviseli a „Multi-step” kétkörös vákuumrendszer, mely működését tekintve hasonló az egyköröshöz, de rendelkezik egy extra funkcióval is, amely lehetővé teszi az öntőkamra külön vákuumozását [2].

2.1 Egykörös vákuumrendszer

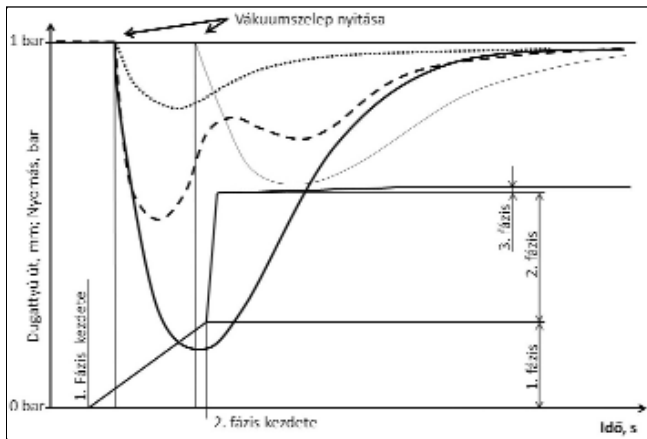
Az egykörös vákuumrendszer a vízszintes hidegkamrás nyomásos öntőgépeknél a legegyszerűbben használható vákuumozási eljárás. A vákuumszelepet az öntőszerszám tetején, az osztósíkban helyezik el (1. ábra).

A szerszámfelek zárása után az olvadékot kézi vagy robotos adagolással az öntőkamrába juttatják, majd a dugattyú megkezdi 1. fázis szerinti mozgását. Miután a dugattyú elzárta az öntőkamra adagolónyílását, a vákuumozás megkezdődik és addig tart, amíg a formatöltés be nem fejeződik [2].

Ennek a rendszernek hibái közé tartozik, hogy a vákuumozás hatását erősen befolyásolja a formaüreg és az öntőkamra mérete és az osztósík, valamint a mozgó magok osztásának tömítettsége [2].

Leskó Zsolt egyetemi tanulmányait 2008-ban fejezte be a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. 2010-ben felvételt nyert a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskolába. Doktori tanulmányait az Öntészeti Tanszéken végezte, dr. Dúl Jenő témavezetésével. Témája a nyomásos öntvények falvastagság-érzékenységének és a vákuumrendszerek hatásosságának vizsgálata. 2012-től a NEMAK Győr Kft. munkatársa, vállalati kapcsolattartó és szakmai támogató munkakörben.

Dr. Dúl Jenő címzetes egyetemi tanár, a FOUNDRY-SOLID Egyetemi Innovációs Közhasznú Nonprofit Kft. ügyvezetője.



■ **2. ábra.** A vákuumrendszerben kialakuló nyomás változása az öntési folyamat közben

A vákuumrendszerek megfelelő működésének elengedhetetlen feltétele, hogy a vákuumozási folyamat időzítése pontos legyen.

A 2. ábra az öntési folyamat közben az öntődugattyú elmozdulásának és a vákuumrendszerben a levegő nyomásának a változását mutatja.

A vákuumrendszerben kialakuló nyomás változását a dugattyú 1. fázisbeli mozgásához viszonyítva vizsgáljuk. Megfigyelhetők a jó (vastag folytonos görbe) és a leggyakrabban előforduló hibás beállítások és körülmények, melyeket a szaggatott, pontozott és a vékony folytonos görbék szemléltetnek.

Helyes beállításnál és optimális feltételek esetén az adagolónyílás elzárása utáni pillanatban kapcsol be a vákuumrendszer (vastag folytonos görbe) és egészen a formaüreg megtöltésének időpillanatáig működik. A szaggatott görbe két jellemző problémára utal; vagy a szerszám szigetelése nem megfelelő, a vákuumozás folyamata alatt a rendszer fals levegőt szív be, vagy pedig a vákuumrendszer kialakítása nem megfelelő, vagyis a levegő elvezetésére szolgáló csa-

tornák, csövek keresztmetszete alulméretezett, így a berendezés nem képes adott idő alatt eltávolítani a kívánt mennyiségű levegőt a formaüregből. A vákuumrendszer időbeli pontatlan beállítása eredményezi, hogy az később kapcsol be, nem tudja ellátni feladatát,

hiszen nincs elég ideje a vákuum kialakítására a formaüregben (vékony folytonos görbe). További hibákat eredményez, ha a vákuumszelep részlegesen vagy teljesen eldugul (pontozott görbe), ezért nincs hatása az öntvény minőségére [4].

2.2 Kétkörös vákuumrendszer

A kétkörös vákuumrendszer (3. ábra), mint ahogy azt neve is mutatja, két különálló körrel, tartállyal rendelkezik, melyek egymástól függetlenül működnek. A rendszernek közvetlen kapcsolata van a öntőkamrával és a nyomásos öntőszerszám formaüregével egyaránt. Az első periódusban az egyik, esetünkben a világosabb vákuumkör kapcsolódik a formaüreggel a kamrán keresztül. Mikor a dugattyú eléri a szelepet, az első periódus véget ér és kezdődik a második. Itt a második (sötétebb) kör van közvetlen kapcsolatban a formaüreggel és folytatja a vákuumozási folyamatot egészen a formatöltés végéig [2, 3].

A Miskolci Egyetem Metallurgiai és Öntészeti Intézetének műhelycsarnokában található berendezést az Öntő-

gépszerviz Kft. a kétkörös rendszernek megfelelő működtetésre építette. A vákuumozó berendezésünk előnye közé tartozik, hogy egyaránt használható egy- és kétkörös rendszerként. Azonos szériák gyártásánál rendkívül egyszerűen megoldható, hogy egymás utáni ciklusokban vizsgáljuk a hagyományos egykörös, kényszerkilevegőzöses, öntőszerszámon keresztül kialakított vákuumozás és a kétkörös vákuumrendszer alkalmazása közötti eltéréseket.

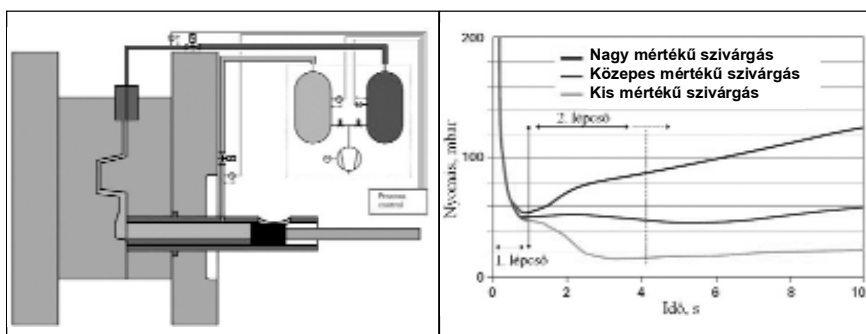
3. Kísérleti nyomásos öntőszerszám kialakítása

A nyomásos öntvények mechanikai tulajdonságait leginkább az öntvényekből kimunkált szakítópróbatestekkel lehet vizsgálni [5, 6]. Saját vizsgálatainkhoz kialakítottunk egy olyan kísérleti öntvénygeometriát, amely szabvány szerinti (DIN 50148) szakítópróbatesteket foglal magába és egyszerre képes a vákuumozott és a vákuum nélküli öntőszerszámban gyártott próbatestek vizsgálatára [7, 8, 9].

A kísérleti szerszámtestébe 4 db, egy elosztócsatormáról megvágott, függőleges helyzetű próbatestet tervezünk. A falvastagság hatásának vizsgálata céljából a két szélső és a két középső szakítópálca-öntvényenél eltérő méreteket alkalmaztunk (5. ábra).

Az üzemi nyomásos öntvények méreteinek megfelelően a próbatestek 1,5, 2, 3 és 4 mm falvastagságúak. További különbség a geometriában, hogy a szélsők készre öntött próbatestek, a középsők pedig beszőkítés nélküli próbapálcák, melyekből forgácsolással munkáljuk ki a szakítópróbatestet. Utóbbinak az áramlási viszonyok vizsgálatánál van jelentősége.

A kísérleti szerszámtestét tervezése során több öntvénygeometria is készült, melynek utolsó verzióját az 5. ábra b) képe szemlélteti. Számítógépes szimuláció alkalmazásával vizsgáltuk a tervezett öntvénygeometria esetén a formatöltés áramlási viszonyait, majd a kapott eredmények alapján változtattuk a geometriát úgy, hogy a vákuumozó csatlakozáshoz egyszerre jusson el a fém minden fészekből. Az 5. ábra c, d és e képein a szimulációs folyamatból láthatunk pillanatnyi formatöltési állapotokat.



■ **3. ábra.** Kétkörös vákuumrendszer sematikus ábrája és az elérhető vákuumszint



■ 4. ábra. A Miskolci Egyetem Metallurgiai és Öntészeti Intézet nyomásos öntőcellája, előtérben a kétkörös vákuumozó berendezéssel

4. Vizsgálati körülmények

A kísérletek során egy IDRA 160 típusú vízszintes hidegkamrás nyomásos öntőgépet használtunk. Az öntőgép lefűtő-, adagoló- és egy semi-solid visszahűtő berendezéssel van felszerelve. Az olvadékat ellenállásfűtésű téglés kemencében állítottuk elő 250 °C/óra hevítés mellett és 700±20 °C-os hőmérsékleten tartottuk. Az olvadék kezelése során gáztalanító

tablettát és kezelő sőt használtunk. A kísérlet során vákuumozó berendezésünket egykörös rendszerként használtuk, ahol a formaüreg egylépcsős kilevegőzőn (Waschbrett-en) keresztül közvetlen összeköttetésben volt a vákuumozó berendezéssel. Vákuumszelepet a formaüreg kis térfogata, az öntőszerzám megfelelő tömítettsége és

az öntvény geometriai „egyszerűsége” miatt nem alkalmaztunk. A vákuumozási folyamat során a berendezésnél mérhető legkisebb nyomás 50-80 mbar volt. A szerzámtemperáló készülékek (hűtő-fűtőkészülékek) egyrészt a szerzám felmelegítésére szolgálnak, másrészt öntés közben hűtik a szerzámot, ezáltal megvalósul a szerzám hőmérsékletének állandó, szűk határon belüli tartása [10, 11].

Kísérletünkönél hőelemeket építettünk be a temperáló egység kimenő és visszatérő vezetékébe, melyekkel az olajhőmérsékletek regisztrálása vált lehetővé.

Az öntőszerzám hőmérsékletének méréséhez három furatot alakítottunk ki az álló szerzámfélben a kontúrtól 3 mm-re, melyekbe 1 mm átmérőjű koppenyhőelemeket helyeztünk. A szerzám betét hőmérsékletét az elosztócsatorna, a formaüreg alja és a formaüreg teteje környezetében mértük. A hőelemekkel rögzített adatokat mutatja be a 6. ábra. Megfigyelhető, hogy a 190 °C-ra beállított szerzámbe lépő olaj hőmérséklete a visszatérő ágban 160 °C, tehát az öntés közben folyamatosan melegítjük a szerzámot. Az is látható, hogy az átlagos üzemi szerzámhőmérséklet 240-260 °C az öntés pillanatában. Ennek megfelelően, a hőegyensúly megvalósítására törekedve, az első három öntés a szerzám üzemi hőmérsékletre történő felmelegítését szolgálja, a kísérletekhez csak az ezek után gyártott öntvényeket használtuk fel.

A próbatetek gyártása során alkalmazott fontosabb gépbeállítási paramétereket az 1. táblázat tartalmazza.

A vizsgálatok során szabványos nyomásos öntészeti ötvözeteket, valamint azok stronciummal

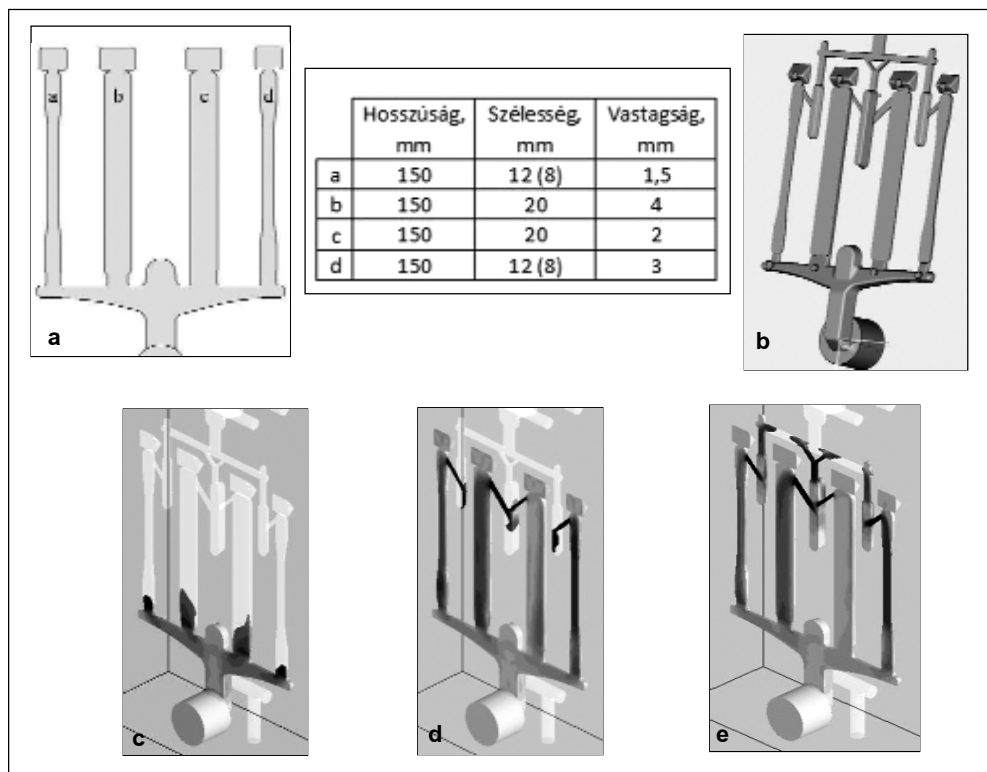
módosított változatait használtuk. DIN230 jelű, AlSi12(Fe) ötvözet két különböző beszállítótól származó változatával végeztük a kísérleti olvasztásokat, ezek kémiai összetételét a 2. táblázat mutatja.

5. Elvégzett vizsgálatok

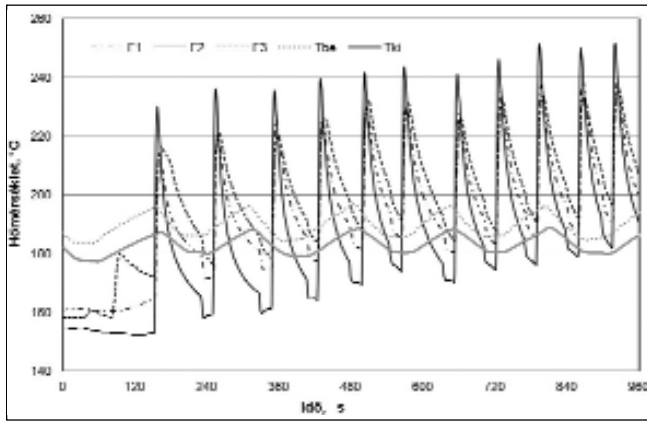
Termikus elemzés

A termikus elemzéssel az olvadék megszilárdulása közben felvett lehülési görbe kiértékelése alapján következtetünk az olvadéknemiségre.

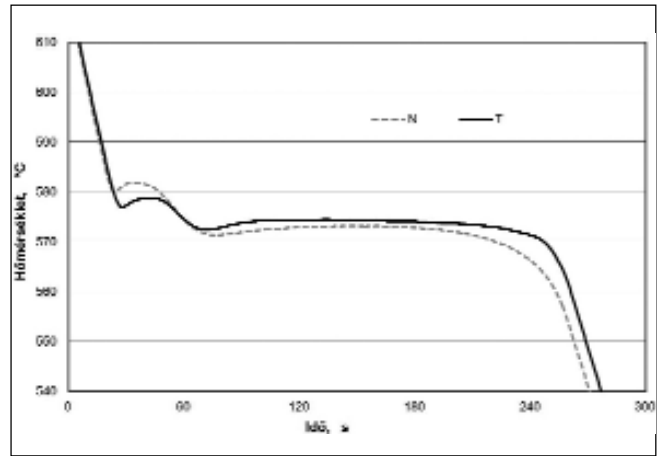
A hipoeutektikus Al-Si ötvözetek esetén a lehülési görbe likvidusz-hőmérsékletének környezete alapján a primér fázis szemcsefinomságára, eutektikus hőmérsékletének környezete



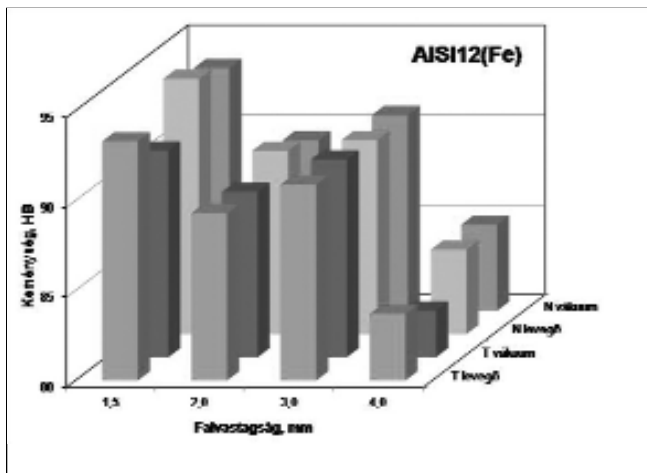
■ 5. ábra. 3D kísérleti geometria (a, b) és képek a számítógépes szimuláció eredményeiről (c, d, e)



■ 6. ábra. Az öntőszerszám és a hőcserélő olaj hőmérsékletváltozása F1 – formaüreg teteje, F2 – formaüreg alja, F3 – elosztó, Tbe 0 olaj a temperáló egységből, Tki – visszatérő olaj



■ 7. ábra. A vizsgált ötvözetek lehülési görbéi



■ 8. ábra. A falvastagság és az öntési körülmények hatása a vizsgált próbatetek keménységére

alapján pedig az eutektikum szilíciumának a finomságára lehet következtetni. Az eutektikus szilícium finomítása esetén csökken az eutektikus hőmérséklet, ezáltal a termikus elem-

is végeztünk. Az ötvözetek lehülési görbéit és azok kiértékelését a 3. táblázat és a 7. ábra szemlélteti.

A lehülési görbéken a vizsgált ötvözetek összetételének megfelelő sza-

2. táblázat. A kísérletekhez használt AISi12(Fe) ötvözetek kémiai összetétele

Jelölés	Si%	Fe%	Cu%	Mn%	Mg%	Zn%	Ti%	Sr%
DIN230 legalább	10,70	0,600	0,000	0,250	0,000	0,000	0,080	0,008
DIN230 legfeljebb	12,00	0,900	0,080	0,400	0,050	0,080	0,150	0,015
Vizsgált ötvözet (N)	11,56	0,710	0,022	0,319	0,028	0,023	0,098	0,009
Vizsgált ötvözet (T)	11,70	0,810	0,032	0,339	0,026	0,048	0,102	0,012

3. táblázat. A lehülési görbék kiértékelésének eredménye

Jelölés	N	T	Jelölés	N	T
T_{max} °C	609,45	617,40	$TE_{elméleti}$ °C	574,359	574,176
TL_{min} °C	578,77	576,98	TE_{min} °C	571,32	569,81
TL_{max} °C	580,49	578,73	TE_{max} °C	574,71	573,46
ΔTL , °C	1,72	1,75	$\Delta TE1$ °C	3,39	3,65
			$\Delta TE2$ °C	3,04	4,37

$$TE_{elméleti} = 577 - 1,8 \cdot Fe\% - 11,0 \cdot Mg\% - 2,5 \cdot Cu\%$$

$$\Delta TE1 = TE_{elméleti} - TE_{min}$$

$$\Delta TE2 = TE_{max} - TE_{min}$$

1. táblázat. Öntési paraméterek

Első fázis sebessége, v1, m/s	2–2,2
Második fázis sebessége v2, m/s	0,12–0,15
Fémre ható nyomás, bar	800
Olvadék mennyisége, g	350–400
Olvadék hőmérséklete a kemencében, °C	700±20 °C

zésnél a túlhűlés mértéke lehetőségét ad a szilícium nemesítésének a meghatározására [12].

Az öntési folyamat során termikus elemzést

bályos alakot láthatunk, ahol az eutektikus hőmérsékletköz a Sr-tartalomnak megfelelően alakult: nagyobb mennyiségű Sr-tartalom esetén nagyobb az eutektikus túlhűlés.

Keménységmérés

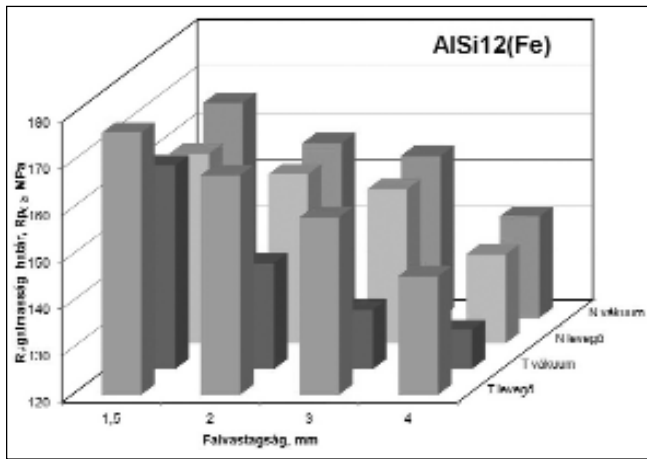
A vizsgálat során a próbatetek közepén, három pontban mértünk Brinellkeménységet. Az eredményt a 8. ábra mutatja.

A vákuumos kilevegőzéssel és a vákuum nélkül öntött próbatetek keménységértékei között lényeges különbség nem mutatkozik. Megállapítható, hogy a legkisebb falvastagsághoz (keresztmetszethez) a legnagyobb, míg a legnagyobb falvastagsághoz a legkisebb érték tartozik; a falvastagság növelésével csökken a keménység.

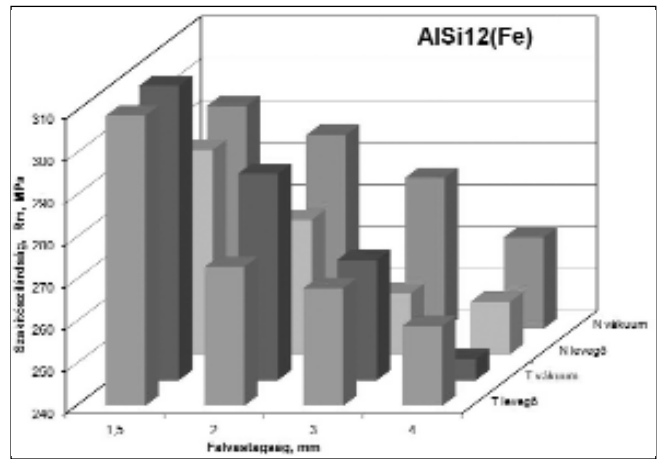
A szakítószilárdsági vizsgálatok eredménye

A próbatesteket öntött állapotban szakítóvizsgálatnak vetettük alá. Az egyezményes folyáshatár ($R_{p0,2}$), a szakítószilárdság (R_m) és a nyúlás (A) értékeit a 9–11. ábra mutatja.

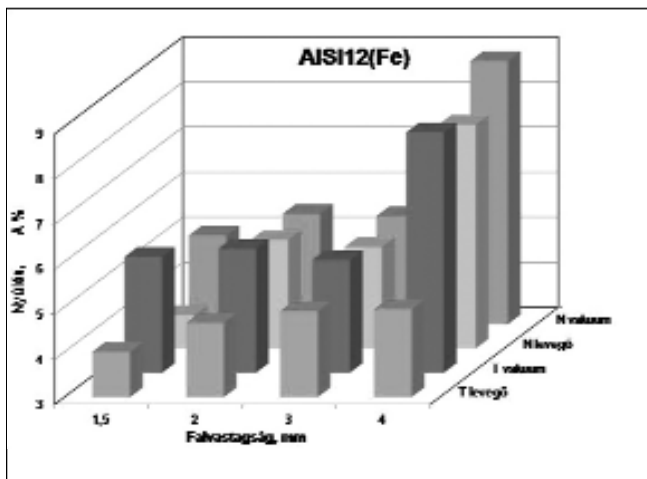
A szakítóvizsgálatok eredménye alapján megállapítható, hogy az



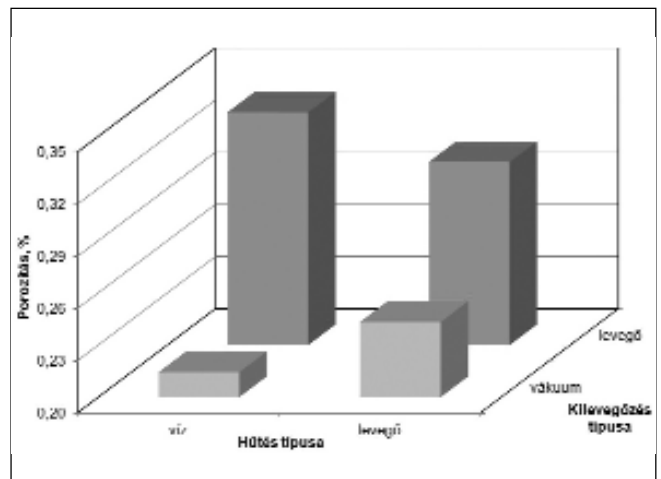
■ 9. ábra. A falvastagság és az öntési körülmények hatása a vizsgált próbatetek rugalmassági határára



■ 10. ábra. A falvastagság és az öntési körülmények hatása a vizsgált próbatetek szakítószilárdságára



■ 11. ábra. A falvastagság és az öntési körülmények hatása a vizsgált próbatetek nyúlására



■ 12. ábra. A vákuumozás és az öntvény hűtésének hatása a porozításra

egyezményes folyáshatár és a szakítószilárdság a falvastagság növelésével csökken, a vákuumozás kedvező hatása pedig egyértelműen kimutatható.

A 11. ábra szerinti eredmények alapján megállapítható, hogy a falvastagság növelésével növekszik a nyúlás értéke. Megfigyelhető, hogy az ún. egykörös vákuumrendszer alkalmazásával öntött darabok értékei nagyobbak a hagyományos kilevegőzések eljárásával öntöttekéknél.

Az öntött állapotú próbatetek porozitásának átlagértékeit a 12. ábra mutatja szabad kilevegőzés és egykörös vákuumrendszer alkalmazása, valamint eltérő öntvényhűtés esetén.

Jól megfigyelhető, hogy egykörös vákuumrendszer alkalmazása mellett az öntvények átlagos porozitása legalább 20%-kal csökkenthető.

Összefoglalás

Vizsgálataink elvégzéséhez olyan szakítópálca-csokrot alakítottunk ki, amely képes a szabad kilevegőzéses és a vákuumozással kombinált nyomásos öntéssel készült próbatetek tulajdonságai vizsgálatára. A beömlő- és a túlfolyórendszer geometriájának megtervezésében nyújtott segítséget a számítógépes szimuláció.

Az új szerszámgeometria lehetőséget nyújt a mechanikai tulajdonságok változásának vizsgálatára eltérő falvastagságú próbatetek és eltérő kémiai összetételű ötvözetek esetén.

A kapott eredmények igazolják azt az üzemi gyártási tapasztalatot, mely szerint megfelelően tervezett és méretezett öntőszerszám alkalmazása esetén vákuumos kilevegőzés nélkül is közel olyan jó mechanikai tulajdonságokkal rendelkező öntvényeket

lehet gyártani, mint vákuumozó berendezés alkalmazásával.

Az elvégzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy:

- a nyomásos öntvények falvastagságának közvetlen hatása van a szilárdsági tulajdonságokra;
- a falvastagság (keresztmetszet) növelésével csökken a keménység;
- a falvastagság növelésével csökken az egyezményes folyáshatár és a szakítószilárdság, a nyúlás értéke pedig nő;
- vákuumrendszerek alkalmazásával legalább 20%-kal csökkenthető a belső porozitás.

A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgált, különböző alapanyaggyártóktól származó DIN230 ötvözetből öntött próbatetek szilárdsági tulajdonságaiban lényeges eltérés nincs.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A kísérletek megvalósításában nyújtott segítségért köszönetet mondunk a Fémalk Zrt.-nek, az Öntőgépszerviz Kft.-nek, valamint a Certa Kft.-nek. A kísérletek elvégzésénél köszönjük *Bana B. Tamás, Erdőhegyi Csongor, Éliás Attila és Dobszai István* hallgatók segítségét.

Irodalom

[1] X. P. Niu, B. H. Hu, I. Pinwill, H. Li: Vacuum assisted high pressure die casting of aluminium alloys, *Journal of Materials Processing Technology*

105, 2000. pp. 119–127.

[2] Vacu2 Multi-Step Vacuum Process Revolutionizes Die Casting, Lowest vacuum makes for highest performance of AlSiCu alloys, 2010. www.pfeiffer-vacuum.net

[3] Leskó Zs., Dúl J.: Vákuumos kilevegőzés hatása a nyomásos öntvény tulajdonságaira, *Doktoranduszok Fóruma Konferencia 2011, Miskolci Egyetem*. Kiadvány pp.12–24.

[4] G. Beck, F. Klein: Temperaturverteilung in Druckgiessformen, *Aalener Giessereisymposium 1992*. pp. 30-70.

[5] Zugproben für Druckguss aus Nicht-eisenmetallen, *Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1975*.

[6] J. Emmenegger.: Foundarex Vakuum-Technologie, *Druckguss Praxis, 2009/5–6*, pp.181–187.

[7] M. Avalle, G. Belingardi, M. P. Cavatorta, R. Doglione: Casting defects and fatigue strength of a de cast aluminium alloy: a comparison between standard specimens and production component, *International Journal of Fatigue* 24, 2002. pp.1–9.

[8] J. Asensio-Lozano, B. Suárez-Pena: Microstructure-properties correlation of pressure die cast eutectic aluminium-silicon alloys for escalator

steps, *Materials Characterization* 56, 2006. pp. 178–184.

[9] H. Sevik, S. C. Kkumaz: Properties of alumina particulate reinforced aluminium alloy produced by pressure die casting, *Materials and Design* 27, 2005. pp. 676–683.

[10] Sándor J., Dúl J.: A nyomásos öntéstechnológia fejlesztése. A Miskolci Egyetem közleményei. *Mechatronika, Anyagtudomány, Miskolc, 2005*. 1. köt. 2. sz. 69–82. old. [http://www.matarka.hu/koz/ISSN_1589-827X_2005_069-082_png.pdf](http://www.matarka.hu/koz/ISSN_1589-827X/2005/ISSN_1589-827X_2005_069-082_png.pdf)

[11] Juhász B., Dúl J., Szabó R.: Nyomásos öntőszerszám hűtéstechnikai viszonyainak vizsgálata, - *BKL Kohászat 2009*. (142. évf.) 5. sz. 16–21. old. http://www.ombkenet.hu/bkl/kohaszat/2009/bklkohaszat2009_5_04.pdf

[12] A. Szombafalvy, Gy. Fegyvermeki, J. Dúl: Optimierung der Schmelzebehandlung von AlSi-Gusslegierungen für Automotive-Anwendungen, *Gießerei-Praxis 2011/11*, pp. 526–533. ISSN 0016-9781

http://giesserei-praxis.schieleschoen.de/zeitschrift/allgemein/archiv/preview.asp?s=16944&f=GP21111_5

TÓTH NORBERT

Temperöntvénygyártás a KÜHNE Vasöntöde Kft.-ben

A KÜHNE Vasöntöde Kft., melyet a KÜHNE Mezőgazdasági Gépgyár öntödéjeként hoztak létre, nagy tradíciókkal rendelkezik a vasöntvények gyártásában. Hazánkban egyedülállóan csak itt foglalkoznak a fekete töretű temperöntvények előállításával. A cikk a mosonmagyaróvári öntöde történetének áttekintése mellett a temperöntvénygyártás technológiai sajátosságaival foglalkozik.

A mai KÜHNE Mezőgazdasági Gépgyár Zrt. vas- és fémöntödéjét 1879-ben alapították. Az ország akkoriban vezető mezőgazdasági gépgyártó cége az 1890-es években körültekintő fejlesztés részeként a kor legkorszerűbb öntödéjét hozta létre. Az öntödei szakmunkásokat Cseh-Morva-

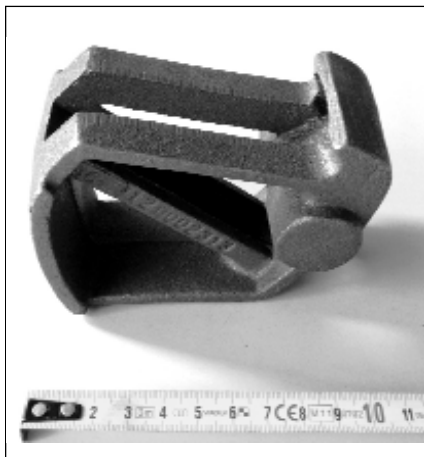
országból és Ausztriából telepítették Mosonba. 1911-ben a gyár vezetői nagy volumenű fejlesztésről döntöttek, melynek eredményeként egy új öntöde építését és a meglévő berendezéseinek korszerűsítését is tervbe vették. A megvalósítást akadályozta a balkáni háború miatt jelentkező hitel-

válság, így csak 1917-től kezdtek dolgozni az új öntödében, a mai napig is használatos üzemsarnokban.

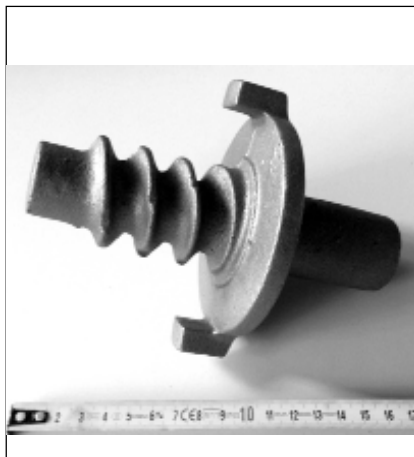
1937-ben az öntöde alapterülete 3540 m², ebből 2400 m² formázóterület kézi és gépi formázásra volt berendezve. Az olvasztáshoz egy 4500 kg/óra és egy 1000 kg/óra teljesítményű kupolókemencét használtak. Az évi termelés mintegy 180 vagon szürke- és lágyöntvényt tett ki.

Az 1960-as években nagy ugrást jelentett a fekete töretű temperöntvények gyártásának bevezetése. Ez lehetővé tette elsősorban a mezőgazdasági gépek gyártása során használt

Tóth Norbert 2011-ben szerzett gépészmérnöki diplomát a Széchenyi István Egyetemen. A BSc-diploma megszerzése után gyártástechnológusként dolgozott egy autópári beszállító cégnél, jelenleg a KÜHNE Vasöntöde Kft.-ben üzemmérökként tevékenykedik, valamint a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán kohómérnök MSc-képzésben vesz részt.



■ 1. ábra. Csoroszlyakapocs (1,5 kg)



■ 2. ábra. Csigatengely (1,8 kg)

acélöntvény alkatrészek helyettesítését (1. ábra). Ezt a gyártástechnológiát hazánkban először itt valósították meg úgy, hogy a gyártási eljárás bevezetése beruházást nem igényelt.

Az öntöde 1976-tól a RÁBA Magyar Vagon- és Gépgyár részegységévé vált, ettől kezdve motor- és futóműöntvények előállításával foglalkozott. 1994-ben az öntödei üzemegység önállósodott, KÜHNE Vasöntöde Kft. néven folytatja ma is a tevékenységét. Az öntöde felelősséggel próbál élni a megszerzett önállósággal, alkalmazkodik a változó körülményekhez és mindent megtesz annak érdekében, hogy megszerzett piaci helyzetét és működőképességét megtartsa.

1. A temperöntvénygyártás múltja és jelene

Mosonmagyaróváron (a két város 1939-ben egyesült) a fekete temperöntvény-gyártásban két nagy korszakot különíthetünk el. Az első korszak két évtizedig, 1960-tól 1980. május 28-ig tart. Felidézésére viszonylag kevés információ áll rendelkezésre, hiányos az öntöde-re vonatkozó írásos dokumentáció, így ennek a korszaknak az ismertetéséhez leginkább a Bányászati és Kohászati Lapok Öntöde rovatában kutakodva bukkanhatunk információkra [1]. Ebben az időszakban a Kühne öntödéje mellett Sopronban is jelentős, főleg fehér temperöntvénygyártás folyt [2]. A soproni öntöde bezárása után, a piaci igények kielégítésére, öntödénkben 1994-ben újraindult a feketetöretű temperöntvények gyártása, ami –

ugyan folyamatosan csökkenő mennyiségben – jelenleg is tart.

A Kühnében a korábbi években tempervasból előállított öntvények jellegzetes típusai a tehergépkocsi fék- és kormányserelvényei (féktartók, porsapkák), valamint a mezőgazdasági gépek alkatrészei (kerékagy, védőujj, csapágybak stb.), illetve kisebb megrendelőknek gyártott vegyes alkatrészek voltak (2. ábra). Az öntvények jellegzetes falvastagsága 3–10 mm közötti volt. Mára a tehergépkocsi-öntvények legtöbbször eltűnt a megrendelések közül, helyüket pedig alig vették át új alkatrészek. Ez nagy részben a gömbgrafitos vasöntvények térhódításának köszönhető. Ma a Kühne Vasöntöde Kft.-n kívül Magyarországon fekete töretű temperöntvény gyártással nem foglalkozik senki.

Mivel minden öntödének megvan a helyi adottságai, magán visel bizonyos sajátosságokat, ezért a rendelkezésre álló dokumentumok, üzemi feljegyzések és tapasztalatok alapján talán érdekes lehet összegezni a temperöntvények gyártástechnológiáját.

A temperöntvények, gyártási eljárásuk szerint, alapvetően három csoportra oszthatóak:

- fehér töretű temperöntvények: dekarbonizáló (oxidáló) légtérben hőkezelt, szövete kis falvastagságban főként ferritből, nagy falvastagságban pedig a felületen ferritből, a magban perlitből és temperszénből áll;
- fekete töretű temperöntvények: semleges légtérben, dekarbonizálás nélkül hőkezelt. Szövete főként ferritből és temperszénből áll;
- perlités temperöntvények: semle-

ges légtérben hőkezelt ötvözet, melyet vagy másodlagos hőkezeléssel, vagy az alapanyag ötvözésével kapnak.

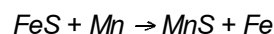
2. A tempervas összetétele, az ötvözők hatása

A temperöntvény gyártásához készített öntöttvas, az ún. tempervas kémiai összetételére vonatkozóan a hazai és külföldi szakirodalom, illetve az öntödék gyakorlata rendkívül változatos képet mutat [3]. A Kühnében jelenleg gyártott fekete töretű temperöntvények összetétele a következő:

- C = 2,4–2,8%
- Si = 1,0–1,6%
- Mn = 0,45–0,55%
- P = 0,08–0,14%
- S = 0,07–0,1%

A kémiai összetétel pontos beállításának célja természetesen a megkívánt mechanikai tulajdonságok biztosítása. Öntödénkben az MSZ EN 1562 szerinti EN-GJMB-300-6 és EN-GJMB-350-10 jelű anyagminőségeket gyártjuk. Ennek megfelelően az összetételt alkotó elemek mennyiségét úgy kell meghatározni, hogy a szabványban rögzített követelményeket biztonsággal teljesíteni tudjuk. A szimplex (csak kupolókemence használatán alapuló) olvasztási technológia adottságaiból kiindulva a szakítószilárdság növelése érdekében a karbontartalmat a lehető legalacsonyabb szinten tartjuk. A szilíciumtartalmat úgy kell megválasztanunk, hogy a kristályosodás során primer grafit kiválása ne történjen meg. A mangán és a kén hatását együtt kell említeni, ugyanis a mangán mangánszulfid (MnS) formában leköti a kén. Az MnS kisebb sűrűsége miatt a salakba kerül, a folyékony vas pedig karbidstabilizáló elemekben szegényebb lesz, ezáltal hőkezeléskor a karbidok elbontása könnyebb. A grafitosodás folyamatát részletesebben tárgyalja Fuchs Erik, Gergely Márton és Verő Balázs cikke [4].

Ahhoz, hogy az



reakció kellő biztonsággal végbemenjen, a mangánt a sztöchiometriailag szükségesnél nagyobb mennyiségben kell adagolni [5]. Nem általáno-

san elfogadott tapasztalati képlet szerint:

$$Mn\% = 1,72\%S + 0,15...0,20$$

A foszfortartalmat a lehető legkisebb értéken kell tartani, mivel rontja a szilárdságot. A bizmut jellegzetesen karbidstabilizáló elem. Előnyösen használható a primer grafit kiválásának megakadályozására. Tapasztalataink szerint 0,005%-os mennyiségben adagolva a legelőnyösebb. Az alumínium dezoxidáló és grafitképző hatása közismert, alkalmazásának körülményeit bővebben taglalja *Fülöp Elemér* írása is [6]. 0,01%-os mennyiségben történő adagolása a fekete temperöntvény alapanyagába azért előnyös, mert dezoxidációs hatásánál fogva csökkenti az oldott oxigéntartalmat, ezáltal az üstben való beoltás során a beoltóanyag leégése minimális. A hőkezelés során grafitosító hatása következtében a karbidok elbontása könnyebb.

3. Gyártástechnológia

Öntődénkben a vasat kupolókemenékben olvasztjuk, a formákat nyers bentonitos és vízűveges homokkeverékből készítjük, a magok pedig vízűveges- és műgyantakötésűek. Mivel öntvényeink túlnyomó többsége lemezgrafitos vasöntvény, így célszerűnek tartom a temperöntvények és a lemezgrafitos vasöntvények gyártástechnológiáját összehasonlítani, illetve leginkább a temperöntvénygyártás sajátosságait kihangsúlyozni.

A gyártástechnológia kialakítása során a szürkevas öntvényekhez képest növelni kell a tápfejek méretét és esetenként, az öntvény konstrukciójából adódóan, a darabszámát is. Ugyanis a temperöntvények szívódási hajlama nagyobb, mint a szürkeöntvényeké. A szakirodalmi ajánlásokat követve sokszor irreálisan nagy tápfejek adódnak, így a kísérleti gyártások során, tapasztalati úton választjuk meg a tápfej helyes kialakítását és méretét. Hasonló a helyzet a rávágások keresztmetszeteit illetően is. A szakirodalmi ajánlások itt sem fogadhatóak el teljes mértékben, bár már sokkal jobban közelítenek a jól bevált gyakorlathoz. A rávágások keresztmetszetei a szürkeöntvények rávágá-

saihoz képest 10–15%-kal nagyobbak.

A homok-előkészítés során ügyelni kell a frissítés mértékére, mivel a homok igénybevétele a folyékony fém mintegy 50–80 °C-kal nagyobb öntési hőmérsékletének köszönhetően a temperöntés során nagyobb. A frissítés mértékét 10%-ról 15%-ra célszerű növelni, illetve fokozott figyelmet kell fordítani a homok tűzállóságára is. Mindezek mellett az adalékanyagok kiegészése is intenzívebb, ezeket is megfelelő mennyiségben kell pótolni. Bevált gyakorlat, hogy a keverési időt is 2–3 perccel megnöveljük. A hosszabb keverési idő alatt a homokkeverékbe kerülő, megnövelt mennyiségű adalékanyagokat jobban tudjuk homogenizálni, és a homokkeverék hűtése is intenzívebb.

Különös hangsúlyt kell fektetni a magok visszamaradó szilárdságára. A temperöntvény, szövetszerkezetéből adódóan, a kristályosodás után rendkívül rideg, törékeny. Ha a magok visszamaradó szilárdsága nagy, a zsugorodó öntvény nem tudja össze-roppantani, ezáltal a darab fog elrepedni. A temperöntvények gyártásához szükséges magokat többnyire vízűveges maghomokkeverékből, gépi magkészítéssel állítjuk elő.

A formák döntő többségben gépi formázással készülnek nyers bentonitos homokkeverékből. Tapasztalataink szerint szárított formák alkalmazása nem indokolt.

A tempervas olvasztása 600 mm átmérőjű hidegszeles kupolókemenékben történik, melyhez előgyújtó csatlakozik. Az adagot az alábbi betétanyagokból állítjuk össze:

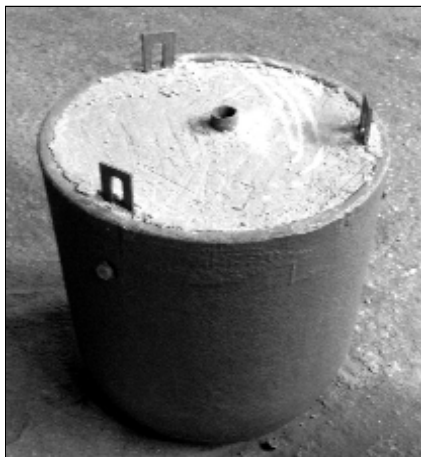
- saját visszatérő temperhulladék: 54%;
- acélhulladék: ~ 45%;
- FeSi: 1,0–1,4%;
- FeMn: 0,1–0,15%;
- koks (a fémes betét %-ában): 12–14%;
- mészkő (a koks %-ában): 30–33%.

A tempervas olvasztása minden esetben a szürkevas olvasztása után történik, tehát frissen falazott kupolóban tempervasat nem olvasztunk. A két öntöttvasminőséget el kell választani egymástól az olvasztás során. Ezt folyamatos csapolású kupolókemenékénél a következők szerint tesszük: a szürkevas leolvasztása után 250–300 kg választókokszt adagolunk, majd

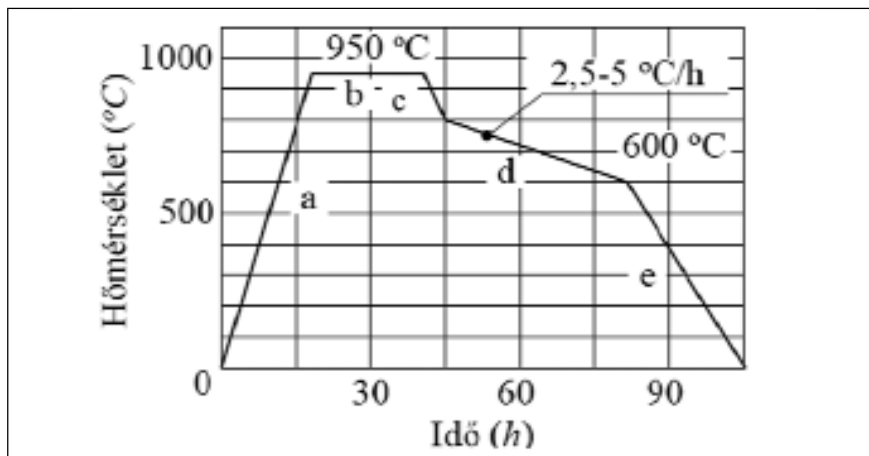
ezt követően kezdjük el a tempervas betétanyag adagolását és olvasztását. Fontos kihangsúlyozni, hogy a szürkevas teljes leolvasztásával és az előgyújtóból való lecsapolásával még nem tisztult le a rendszer, ugyanis a szifonban 100–120 kg vas marad. Ezt a vasat csak a tempervas betétanyagból olvadó vas tudja átmosni. Ez az ún. átmeneti vas, melyet, ha nincs más lehetőség, ki kell önteni. A gyakorlatban 200 kg vas lecsapolása után kezdjük el a tempervas öntését. Ahhoz, hogy teljesen biztosak legyünk a szürkevas, az átmeneti vas és a tempervas elválasztásában, ékpróbatkat öntünk, és ez alapján minősítjük a vasat. Ehhez 30x30 mm keresztmetszetű, 200 mm magas, és 3°-os pozitív formázási ferdeséggel készült fa ékmintát alkalmazunk, melyet homokba formázunk. Az ebbe öntött fémet dermedés után vízben lehűtjük és eltörjük. A töretnek fehérnek kell lenni. Az ékpróba öntését félóránként megismételjük.

Az előgyújtóból a kihordó kocsiba történő csapolása közben a tempervasat be kell oltani. Ezt az erre a célra előre csomagolt bizmuttal és tabletákba öntött alumíniummal tesszük. Az öntvények szabvány szerinti minősítéséhez természetesen próbapálcákat is önteni kell. A próbapálcák öntése is félóránként történik. A kupoló adagezetése és az öntés lényegében nem tér el a szürkeöntvény gyártása során alkalmazottól. A formaszekrények üritésénél csak a beömlőrendszert szabad megütni, mivel az öntvény öntés után szövetszerkezetéből adódóan rendkívül rideg, így könnyen törik. A nyers, hőkezeletlen öntvények szállítása, rakodása is nagyobb gondosságot igényel a törésveszély miatt.

A beömlő- és táplálórendszer eltávolítása után következik a hőkezelés. Az öntvényeket temperáló tégelyekbe vagy temperáló ládába helyezük. A tégelyeket és a ládákat kvarchomokkal töltjük ki, és a tetejüket tűzálló anyaggal fedjük le. Az így előkészített tégelyeket és ládákat helyezük a hőkezelő kemencébe (3. ábra). A fekete temperöntvények hőkezelése semleges közegben történik [7]. A hőkezelés (4. ábra) első szakasza a 960 °C-ra történő felfűtés 35–40 °C/óra felfűtési sebességgel (a). Ezt



■ 3. ábra. Temperáló tégely



■ 4. ábra. A fekete temperálás hőmérséklet-idő diagramja [2]

követi a hőkezelés második szakasza, a hűtési idő (b). A hűtési idő 20–25 óra, a kemencében lévő öntvények alakjától, falvastagságától, tömegétől függően. A harmadik szakasz a szabályozott hűtés (c és d). Ez 3–5 °C/óra hűtési sebességgel történik, majd kb. 400 °C tégelyhőmérsékletnél (e) a kemencét kinyitjuk, és először nyitott kemencében, majd a hőkezelési ciklusidő rövidítése miatt szabad levegőn hűtjük tovább az öntvényekkel teli tégelyeket és ládákat.

A temperöntvénygyártás legfontosabb szakasza a hőkezelés. Ugyanis megfelelő hőkezelési technológia megválasztásával és annak szigorú betartásával még a viszonylag kedvezőtlen alapfémből is mechanikailag megfelelő tulajdonságú öntvények gyárthatók. Ugyanakkor a kedvező tulajdonságú alapfém hőkezelésekor is találkozhatunk selejtelenségekkel [8].

Az öntvények kikészítése, a tisztítás és köszörülés hasonló módon történik, mint a lemezgrafitos öntvényeknél. A kikészítés további művelete lehet még az egyengetés, mely történhet kézi vagy gépi úton, megfelelő szerszámok segítségével.

Az öntvények minősítése a vonatkozó szabványok szerint történik, és a következőkre terjed ki:

- geometriai méretek ellenőrzése;
- anyagminőség vizsgálata;
- felületi minőség vizsgálata;
- egyéb vevői előírások teljesülésének vizsgálata.

A vonatkozó szabványok előírásai

részletesen tartalmazzák a minősítésre vonatkozó vizsgálatokat. Érdemes megemlíteni azt az üzemi gyakorlatot, mely az anyagminőség ellenőrzésére alakult ki. A legyártott öntvényekből vett mintákat és a próbapálcákat is napi dátummal és adagjellel látjuk el. Egy adag a fél óra alatt olvasztott vas mennyisége. A temperáló kemencébe történő összekészítéskor az azonos adagjelű öntvényeket és próbapálcákat együtt rakjuk be. Hőkezelés után a próbapálcákat elszakítjuk, a szakítóvizsgálat eredménye minősíti az adott fél óra alatt öntött öntvényeket.

A temperöntvények lemezgrafitos öntvényekkel szembeni előnyös tulajdonsága a szívósság és a nagyobb szakítószilárdság. Az acélokkal összehasonlítva előnyként említhető, hogy vékony falvastagságok esetén jobban önthetőek és a gyártási költségük is kisebb. Összességében tehát elmondható, hogy a temperöntvények gyártása során kihasználjuk az öntöttvasak jó öntészeti tulajdonságait, majd hőkezeléssel közelítjük az acélöntvények mechanikai tulajdonságait.

Irodalom

- [1] Kíss J.: A temperöntvény-gyártás helyzete a Mosonmagyaróvári Mezőgazdasági Gépgyárban. Bányászati és Kohászati Lapok Öntöde, 20. évf. 3. sz. (1969), 51–61. old.
- [2] Nagyzsadányi E.: A temperöntvény-gyártás múltja és jelene

Sopronban. Bányászati és Kohászati Lapok Öntöde, 20. évf. 3. sz. (1969), 49–51. old.

- [3] *Konstruieren und Gießen*: Temperguss, ein duktiler Gusseisenwerkstoff
<http://www.kug.bdguss.de/fileadmin/content/Publikationen-Normen-Richtlinien/Temperguss.pdf>
- [4] Fuchs E. – Gergely M. – Verő B.: Egyszerű tárgyalásmód fehéren dermedt vasöntvények grafitosodásának leírására, Bányászati és Kohászati Lapok. Öntöde, 21. évf. 8. sz. / 1970, 165–170. old
- [5] Öntészeti kézikönyv. (Főszerkesztő: dr. Varga F.), Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985. 60. old.
- [6] Fülöp E.: Az alumínium dezoxidáló, kéntelenítő és grafitosító hatása és e hatások befolyása a temperöntvény szilárdsági tulajdonságaira. Bányászati és Kohászati Lapok Öntöde, 11. évf. 9. sz. (1960), 209–213. old.
- [7] Enyingi K. – Szij Z.: Ferrites, fekete temperöntvények energiatakarékos, kis hőmérsékletű temperálása. Bányászati és Kohászati Lapok Öntöde 37. (119.) évf. 9. sz. (1986), 200–204. old.
- [8] Macher F.: Ritka selejt fekete temperöntvény hőkezelésekor. Bányászati és Kohászati Lapok Kohászat, 128. évf. 6. sz. (1995), 211–212. old.

A szakmánk él és fejlődik! Beszámoló a 22. magyar öntőnapokról

A 22. magyar öntőnapokat, a magyar öntő szakemberek két évente megtartott nagyrendezvényét az OMBKE Öntészeti Szakosztálya és a Magyar Öntészeti Szövetség (MÖSZ) szervezte és bonyolította le – ezúttal is kiállítással, üzemlátogatásokkal, kerekasztal-megbeszéléssel, diákrendezvényekkel és konferenciával összekötve –, 2013. október 18–20. között Herceghalmon, az Abacus szállodában.

Az öntőnapok október 18-ai, délutáni hivatalos megnyitóját két előzetes program is zajlott. A Nemak Győr Kft. két évvel ezelőtti kezdeményezését a Magyarmet Cégcsoport, mint a rendezvény fő támogatója felkarolta, és regionális szakmai találkozót szervezett a középfokú öntészeti szakirányú képzés jövőjének biztosításáért, az öntészet társadalmi elfogadottságának javításáért. A megjelent mintegy 70 középiskolai diák (a győri Lukács Sándor Mechatronikai és Gépészeti Szakképző Iskola és Kollégium, valamint a tatabányai Kandó Kálmán Szakképző Iskola 35-35 tanulója) a következő három összefoglaló jellegű előadást hallgathatta meg:

Sován Krisztián (Lukács Sándor Mechatronikai és Gépészeti Szakképző Iskola és Kollégium): Tájékoztatás a hazai középfokú öntészképzés helyzetéről

Pintér Róbert (Nemak Győr Alumíniumöntöde Kft.): 4D-szimuláció alkalmazása az autóiipari öntészet szolgáltatásban

Győri Imre (Magyarmet Cégcsoport): Nincsen jövő öntészet nélkül!

Az előadásokat követően a Miskolci Egyetem Metallurgiai és Öntészeti Intézetének munkatársai formázási és öntési bemutatót tartottak a diákoknak a szálloda bejárata előtt felállított sátor alatt és körül, természetesen a diákok közreműködésével.

A nagyszerű délelőtti „diákrendezvény” során elhangzott, hogy 2012 szeptemberében a Lukács Sándor Szakiskolában járműipari fémalkatész-gyártó szakmunkásképzés kere-

tében öntész irányultságú oktatás kezdődött, melynek második, új osztálya – ismét 20 fővel – 2013 szeptemberében kezdte meg a tanulmányait. Ismertté vált az is, hogy az iskola akkreditált tanmenete szerint, a Fémalk Zrt. hathatós támogatásával, 2014 szeptemberétől a csepeli Weiss Manfréd Szakközépiskola, Szakiskola és Kollégiumban is megkezdődik a középfokú, alapvetően öntészeti tárgykörű, duális rendszerű szakképzés.

A fiatal érdeklődőknek tartott szakmai délelőttel egy időben a konferencia résztvevői gyárlátogatáson vehettek részt a Csepel Metall Vasöntöde Kft.-ben, az Ecseri Kft. szolnoki új, nyomásos alumíniumöntödejében, valamint a Magyarmet Finomöntöde Bt. bicskei gyárában. A szakmai látogatás lehetőségét a konferencia több mint 70 résztvevője vette igénybe.

Az október 18-án délelőtt érkezőket a szálloda halljában elrendezett szakmai kiállítás standjai fogadták, ahol az Aluinvent Zrt., az Antamik Kft., az EBA Metallurgie Kft., a Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH, az Inductotherm Europe Ltd., a Morgan Advanced Materials plc és a TEN Slovakia s.r.o. (ESI Group) mutatták be termékeiket és legújabb fejlesztéseiket. A kiállítást *dr. Lengyel Károly*, az OMBKE főtitkára nyitotta meg.

A délután kezdődött, hivatalosan is magyar és angol nyelven folyó konferencia résztvevőit és vendégeit *dr. Sohajda József*, a MÖSZ elnöke

üdvözölte. Kiemelte, hogy sikeres rendezvénynek bizonyul ez a találkozó is, mert a hazai öntödék a 2007–2009-es évek válságát követően egyre biztatóbb helyzetben vannak a gazdálkodási feltételek és az általános körülmények értékelése alapján. Többek között bizonyítékul szolgálnak erre a számok is, a 205 résztvevő, a bejelentett 35 előadás, a diákszekció kilenc előadása, a hét cégismertető előadás, a hét kiállító, valamint a 15 támogató. A konferencián összesen 93, köztük számos külföldi cég képviselője jelent meg. A 22. magyar öntőnapokat nemzetközivé teszi, hogy a résztvevők között 17 külföldi van, akik öt országból érkeztek.

Szavai után *dr. Nagy Lajos*, az OMBKE elnöke, *Erdősi László*, Herceghalom polgármestere és *Radetzky Jenő*, a Magyar Ipari és Kereskedelmi Kamara alelnöke, egyben a Fejér megyei Kereskedelmi és Iparkamara elnöke köszöntötte a megjelenteket. A megnyitó és plenáris ülés levezető elnöke *dr. Hatala Pál*, a MÖSZ ügyvezetője volt (1. kép).

Az üdvözlések után a népes hallgatóság előtt az alábbi plenáris előadások hangzottak el:

Braun Zsolt (Nemak Győr Kft.): Trendek és kihívások az alumínium hengerfejek gyártásában

Stephen, Barnett (Magyarmet Cégcsoport): A technológia formázza a piacot, vagy a piac formázza a technológiát?



■ 1. kép. A megnyitó elnöksége (dr. Sohajda József, dr. Hatala Pál, dr. Nagy Lajos)

Stefan, Toth Rakoczi–Johann, Johansson–Peter, Toth (Sucaba Ltd., Svédország): Cégirányítás az OEP Management igénybevételével

Dr. Gácsi Zoltán (Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar): A Miskolci Egyetem rövid és hosszú távú terve a felsőfokú öntészképzés megtartására.

A plenáris ülésen adták át az Öntészeti Szakosztály által 2002-ben alapított, az „OMBKE Öntészeti Szakosztályért” érmet, amelyet 2013-ban dr. Bakó Károly, dr. Ládai Balázs és dr. Sándor József kapott meg.

Október 19-én, szombaton délelőtt két szekcióban, délután egy szekcióban zajlottak a tudományos és információs előadások dr. Lukács Sándor, dr. Pintér Richárd és dr. Vigh László elnökletével. Az október 20-i, vasárnap-i szekció elnöke dr. Takács Nándor volt.

A korábbi öntőnapok programjaként doktorandusz- és diákszekciót is rendeztek a szervezők. Idén – a jelenleg kisebb létszámú doktoranduszi gárda ismeretében – egy diákszekcióban biztosítottunk lehetőséget a BSc- és MSc-hallgatóknak a kutatási témáikkal kapcsolatos előadásaik megtartására. Dr. Bakó Károly elnökle mellett a szekció kilenc előadását sokan, folyamatosan mintegy 40 fő kíséerte figyelemmel. A vállalati vezető szakemberek jelenléte a szekcióban azt jelentette, hogy örvendetesen magas jelenleg is a fiatal szakemberek foglalkoztatása iránti igény.

A későbbi kapcsolatfelvétel megkönnyítésére a szakmai és információs előadások, valamint a diákszekció előadásainak szerzői és az előadások címei a MÖSZ honlapján (www.foundry.mata.vu.hu) megtalálhatók.

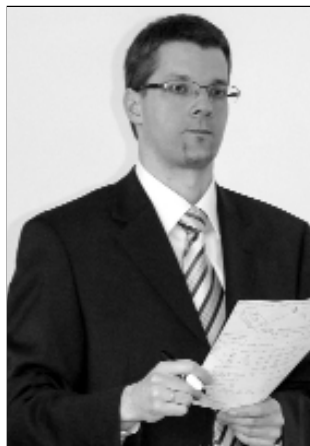
Szombaton délelőtt élénk érdeklődés, olykor szenvedélyes vita kísérette a hazai felsőfokú öntészeti oktatás helyzetéről és jövőjéről szóló kerekasztal-megbeszélést, melynek levezető elnöke dr. Lengyel Károly volt, felkért hozzászólói pedig dr. Gácsi Zoltán és dr. Dévényi László, a Budapesti Műszaki Egyetem tanszékvezető egyetemi docense. A szervezők a vita során kikristályosodott álláspontot belefoglalták a konferencia állásfoglalásába.

A rendezvény részeként első este Majsai Gábor és a Fortissimo együttes

nagyszerű koncertje biztosította a kiváló hangulatú, önfeledt kapcsolódást, míg a második napon jó hangulatú, a selmeci diákhangományokat felidéző tradicionális öntész szakestélyt tartottak a konferencia résztvevői, kiemelkedően jól szervezett, fegyelmezett módon.

Dr. Sohajda József, a MÖSZ elnöke, a rendezvény vasárnap déli záróülésének vezetőjeként kiemelte, hogy a 22. magyar öntőnapok a várakozásnak megfelelően sikeresnek mondható, az előadók témaválasztása és témafeldolgozásának szakszerűsége magas színvonalú, a megjelent szakemberek és érdeklődők aktivitása és szakmaszeretete kiemelkedő volt. Külön kiemelte, hogy az előadásoknak ez alkalommal is több mint felét a termelő társaságoknál dolgozó, 40 évnél fiatalabb szakemberek tartották nagy hozzáértéssel, szakmabiztonsággal, a konferencia résztvevőinek általános meglepésére.

Hagyománnyá vált, hogy az előadások közül a legjobbaknak „A Magyar öntőnapok kiváló előadása” címet ítélik oda a konferencia szekcióelnökei. Idén a fő szponzor, a Magyar Cégcsoport egy-egy díjat ajánlott fel a „felöltött vagy szenior” és a diákszekcióban elhangzó legjobb előadásokért. A 22. magyar öntőnapok kiváló szakmai előadása „szenior” díját a dr. Dúl Róbert (CFD Engineering Hungary Kft. (előadó) – Török Róbert – dr. Fegyverneki György – Braun Zolt (Nemak Győr Kft.) szerzői közösség „Hengerfejöntvény hűtotechnológiájának fejlesztése áramlástani szimulációval” című előadásának, míg a diákszekcióban Molnár Zolt (ME MAK, MSc I. évfolyam): „A vákuumos kezelés hatása a nyomásos öntvények tulajdonságaira” című előadásának ítélték oda a szekcióelnökök. A díjazott előadások előadói egy-egy díszfokost vehettek át a cégvezető



■ 2. kép. Dr. Dúl Róbert, CFD Engineering Hungary Kft.



■ 3. kép. Molnár Zolt, ME MAK, I. éves MSc-hallgató

tulajdonos Győri Imrétől, rajtuk a fenti megnevezések gravírozott réztáblácskájával (2–3. kép).

Az elnök zárszavának részeként a szekcióelnökök által összeállított alábbi ajánlások hangzottak el:

1. A Magyar Öntészeti Szövetség által kezdeményezett, az öntészeti felsőfokú képzés jövője tárgyú kerekasztal-megbeszélés résztvevői megállapították, hogy a szakirányú felsőoktatás körülményei és lehetőségei jelentősen megváltoztak, tárgyi feltételei javultak, viszont az oktatók változatlan száma mellett az oktatók száma jelentősen csökkent. Míg a szakirányú oktatás és kutatás bázisa változatlanul a Miskolci Egyetem, számos más műszaki egyetem enciklopédikus jellegű, kiegészítő, alapfokú öntészeti ismeretbővítést végez. Javaslatok:

– a beiskolázás javítása érdekében növelni kell a vállalatok és a szakmai szervezetek propagandáját, a média eszközeinek nagyobb mértékű igénybevételét;

– a MÖSZ sürgősséggel végezzen a szakmában PhD-fokozattal és üzemi szakmai tapasztalattal rendelkező kollégák, mint potenciális oktatójelöltek (országosan figyelembe vehető 12–15 fő) bevonásával egy összeívetelt, hogy a szakmai felsőfokú oktatás jövőjével kapcsolatos álláspontjuk megismerhető legyen, ismertté váljon az oktatásban hasznosítható részvételi hajlandóságuk és a részvételükhöz szükséges társági támogatások lehetséges módjai;

– az ME MAK vezetői mutassák be a fenti szakemberek bevonásának feltételeit. A kar vezetői az előtérbe került duális oktatás feltételeit dol-

gozzák ki és hozzák nyilvánosságra, beleértve a strukturális megoszthatóság (szakterületi és területi elosztás, vállalatnagyság és egyéb szempontok szerinti) feltételrendszerét;

- az ME-MÖSZ vegyesvállalat, a Foundry–Solid Kft. személyi- és eszközállománya a megvalósításban érdemi szerepet kapjon;
- az ME MAK Öntészeti Tanszékének irányító szerepe méltó módon megőrzésre és fejlesztésre kerüljön, a Nándori-iskola bázisán az öntészeti kutatásoknak, fejlesztéseknek és átfogó jellegű innovációs tevékenységeknek a Miskolci Egyetem megőrizhetően bázisa maradjon.

2. A konferencia részeként megrendezett diákszekció a rendezők reményeit maradéktalanul beváltotta. A diákok a vetített fóliákat angol nyelvű feliratokkal már valamennyien kiegészítették. Javaslat:

- a jövőbeni diákszekciók előkészítése során az egyetemen egy, a TDK menetével és követelményeivel megegyező, ún. felkészülést elősegítő „házi” konferencián, esetleg magán a TDK-fórumokon a még letisztultabb öntőnap megjelenéséhez történjen meg a diákok előadásainak tökéletesítése (előszűrése).

3. Gyarapodott a magyar és angol nyelven egyaránt feliratozott magyar ppt előadások száma. Bár még nem

mindenki tett eleget a szervezők felhívásának, ezért a jövőben ezt, mint alapkövetelményt kell a hazai előadókkal szemben érvényesíteni.

4. A győri Lukács Sándor Szakiskolában már második éve folyó középszintű szakképzés mellett 2014 szeptembertől megkezdődik a csepeli Weiss Manfréd Szakiskolában is a középfokú, alapvetően öntészeti tárgy körű, duális rendszerű szakképzés. A rendező szervezetek sajátos eszközeikkel kiemelt feladatként kezelik a fenti képzések támogatását, a sikeres meginduláshoz, ill. a folytatáshoz széles körben folytassanak marketingtevékenységet.

Dr. Sohajda József megköszönte a támogatásokat. A rendezvény fő támogatója a Magyarmet Cégcsoport volt. Kiemelt támogatói az Ecseri Kft., a Fémalk Zrt., az Inductotherm Europe Ltd. és a Nematik Győr Kft. voltak, míg további támogatást nyújtott az Antamik Kft., a Csepel Metall Kft., a Ten Slovakia s.r.o. (ESI Group), a Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH, a K+K-Vas Kft., az L-Duplex Pivo Öntöde Kft., a Miskolci Egyetem MAK Öntészeti Tanszék és a Szegedi Öntöde Kft. (4. kép).

A 22. magyar öntőnapok sikeres lebonyolításában sok munkát végző munkatársaknak a heteken át tartó, nagy odafigyeléssel végzett tevékeny-



■ 4. kép. A résztvevőket fogadó reklámtábla a támogatók neveivel

ségét is megköszönte az elnök. Kiemelt köszönet mondott dr. Hatala Pál és Katkó Károly főszervezőknek, dr. Dúl Jenőnek, aki az előadások rendjét és tematikáját állította össze, valamint a bemutató öntést vezényelte, Fifek Gabriellának, a segítő miskolci egyetemistáknak, Újszászi Nórának, az Abacus Hotel munkatársának és mindazoknak, akik valamilyen módon részt vettek a rendezvény sikeres lebonyolításában. Az Abacus Hotel kiváló adottságaival, kifogástalan hozzáállással, udvarias és segítőkész személyzetével nagy mértékben hozzájárult a rendezvény sikeréhez.

Végül tájékoztatta a jelenlévőket, hogy a szervezőbizottság javaslata alapján a 23. magyar öntőnapokat 2015 októberében tervezi megrendezni a két társszervezet.

H. P.

Lektorált lappá minősítették a Bányászati és Kohászati Lapokat

A Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT) létrehozásának és működésének célja, hogy legyen egy sok célra hasznosítható nemzeti bibliográfiai adatbázis Magyarországon. A MTMT-be olyan tudományos-szakmai cikkek, alkotások kerülhetnek be, melyek színvonala ellenőrzött.

Mivel a Bányászati és Kohászati Lapok mindhárom szaklapjánál – BKL Bányászat, BKL Kohászat, BKL Kőolaj és Földgáz – a minősítés feltételei már eddig is teljesültek, dr. Nagy Lajos, az OMBKE elnöke felelős kiadóként úgy nyilatkozott, hogy a megjelentetésre szánt szakmai, ill. tudományos tárgyú cikkeket független bíráló lektorálja és szakmai szerkesztőség szerkeszti, és kérte a kiadványok lektorálttá minősítését.

Az MTMT a kérelmet elfogadta, és közölte, hogy „a Bányászati és Kohászati Lapok jelzett három testvérlapja a csatolt nyilatkozat alapján az MTMT-ben lektoráltként van nyilvántartva.”

Örömmel hozzuk hát tisztelt Olvasóink és Cikkíróink tudomására, hogy nagy múltú lapunk presztízse ezen hivatalos elismerés révén tovább nőtt. A gyakorlatban ez azt is jelenti, hogy a megjelent lektorált szakcikkekkel a szerzők kreditpontokat szerezhetnek tudományos előmenetelükhöz.

Büszkék vagyunk lapunk ezen megnövekedett elismertségére, és reméljük, hogy ezáltal nagyobb vonzerőt is jelentünk cikkíróinknak. Tudjuk, hogy a szerkesztőség felelőssége is nőtt, és még fokozottabb gondossággal kell szolgálnunk szakmánkat, lapunkat.

A BKL Bányászat 2013/2. számában megjelent közlemény alapján

SZARKA JÁNOS

Alumínium hideghengerlési hűtő-kenőolajok tulajdonságai

Az alumínium hideghengerlési hűtő-kenőanyagok főleg ásványi eredetű alapolajok, melyekbe a nyomásállóság és kenőképesség fokozása, a sűrűlódás, kopás, habzás, fertőzés, oxidáció stb. csökkentése végett adalékanyagokat elegyítenek. Használat közben a hűtő-kenőanyagba kerülő szennyezők (szállópor, acél- és alumínium kopástermék, hidraulika- és kenőolaj, kenőzsír, víz stb.) és a lejátszódó fizikai-kémiai folyamatok fokozatosan változtatják a hűtő-kenőanyag tulajdonságait (párolgás, viszkozitás, sűrűlódás, hőátadás, tűzveszélyváltozás stb.).

koordinátáit a (2) képlet differenciálása után kapott

$$Y' = (T - T_0)^B \cdot e^{-A(T-T_0)^B} \quad (5)$$

formulából iterációval az

$$Y'_{\max} = Y_i = (T_i - T_0)^B \cdot e^{-A(T_i - T_0)^B} \quad (6)$$

(5) maximum értékével határozzuk meg.

Példaként – az [1] forrás alapján – az 1. táblázatba foglaltuk a volt Kőbányai Könnyűfémű (KÖBAL) T-1; T-2 Tokai és R-2; R-3 Robertson fólia hengerállványainak hűtő-kenőolajából 1983-ban az ALUTERV-FKI által vett olajminták mért T_0 , T_1 és D adataiból a (3)-(6) képletekkel számított értékeket (G-22A az adalékmentes tiszta GENREX-22A olaj rövid jelölése).

A 3. ábrán látható, hogy az eredetileg tiszta GENREX 22A alapolaj párolgási görbéje – az adalékok és üzemi használat közbeni szennyeződés és fáradás miatt – széles sávban változott. Csökkent a forrás kezdő-, inflexiós- és végpontja, valamint a B állandó, de növekedett a D desztillációs maradék és az A állandó.

1. Hengerhűtő-kenőolajok párolgása

Az alumíniumszalag- és fóliahengerművekben használt – új, és adalékanyagokat tartalmazó, illetve bizonyos mértékben szennyezett – hengerhűtő-kenőolajok tipikus párolgási görbéje az 1. és 2. ábrán látható.

A jelölések értelmezése:

$P_0\{T_0;0\}$ = forráskezdőpont

$P_1\{T_1;1-D\}$ = forrásvégpont (D desztillációs maradéknál)

$P_k\{T_k;Y_k\}$ = forrásközéppont

$P_i\{T_i;Y_i\}$ = forráscsúcspont (inflexiós pont)

D = desztillációs maradék (T_1 hőmérsékleten)

A forrásközéppont a forráskezdő- és végpont számtani átlaga:

$$T_k = \frac{T_0 + T_1}{2} \quad ^\circ\text{C} \quad (1)$$

$$Y = 1 - e^{-A(T - T_0)^B} \quad ^\circ\text{C} \quad (2)$$

Az 1. ábrán látható idealizált párolgási görbe a $P_0\{T_0;0\}$ forráskezdőpontból indul, átmegegy a $P_k\{T_k;(1-D)/2\}$ forrásközépponton és a $P_1\{T_1;(1-D)\}$ forrásvégponton.

A P_k és P_1 pont koordinátáinak a (2) képletbe helyettesítése után B és A értéke kiszámítható:

$$B = \frac{\ln\left(\frac{\ln(D)}{\ln((1-D)/2)}\right)}{\ln(2)} \quad (3)$$

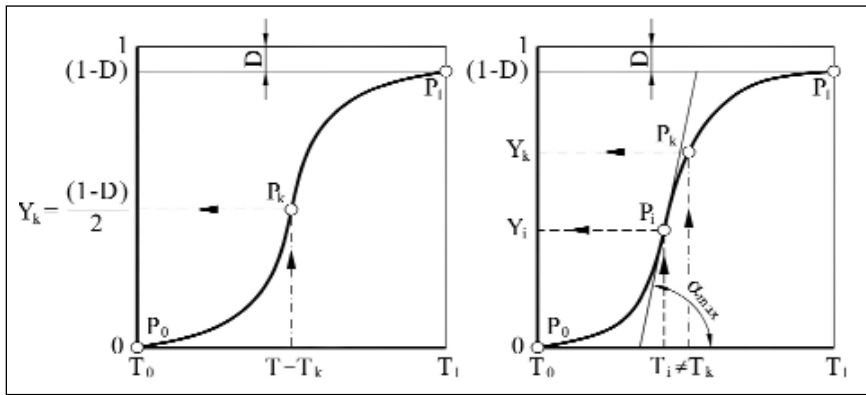
$$A = \ln(1/D) \cdot (T_1 - T_0)^{-B} \quad (4)$$

A görbe inflexiós pontjában a párolgás sebessége maximális, $\{T_i; Y_i\}$

1.1. Kvázi ideális párolgás

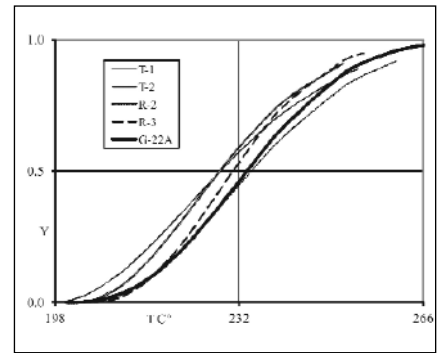
Elméletileg $T > 0$ K hőmérsékleten minden szilárd és folyékony halmazállapotú anyag párolog. A szilárd anyag párolgása azonban olyan kis mértékű, hogy gyakorlatilag elhanyagolható. Ezért csak az elpárolgó folyadék részarányát számítjuk ki a $T_0 \times T \times T_1$ forrásponttartományban értelmezett Avrami-képlettel:

Szarka János 1959-ben a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen technológus kohómérnök oklevelet szerzett. 1962-ig az Alumíniumipari Tervező Intézetben (ALUTERV) a Kőbányai Könnyűfémű (KÖBAL) fóliahengermű bővítésének technológus tervezője, 1962-től a Székesfehérvári Könnyűfémű (KÖFÉM) táblalemez és szélesszalag hengermű, valamint szalagfeldolgozó üzemének irányító tervezője volt. 1996-ban történt nyugállományba vonulásáig számos szakvélemény, tanulmány, újítási és beruházási javaslat és szinte valamennyi hazai alumínium félgyártmány termelőüzem fejlesztési tervének kidolgozásában vett részt. 1996-ban megalapította a NEOPLAN Mérnöki Tervező Betéti Társaságot, melynek keretében az ALCOA-KÖFÉM, a KÖBAL, a MAL, az EURO METALL, az EURAL, a GLOB METAL, az Öntödei Múzeum és a Miskolci Egyetem számára (VON ROLL kísérleti hengerállvány telepítése) végzett tervezési munkát.



■ 1. ábra. Idealizált párolgás

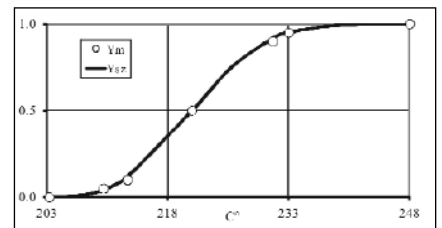
■ 2. ábra. Valóságos párolgás



■ 3. ábra. KÖBAL hengerhűtő-kenőolajok forráskezdő és végpontjából meghatározott párolgási görbéi

1. táblázat. KÖBAL hűtő-kenőolajok mért és számított párolgási adatai

Olaj	T ₀	T ₁	D	B	A	T _i	Y _i	T _k	(1-D)/2
T-1	198	254	0,11	1,906	1,026E-03	235,00	0,6322	226,0	0,445
T-2	202	251	0,09	1,988	1,050E-03	233,51	0,6321	226,5	0,455
R-2	204	261	0,08	2,035	6,741E-04	240,20	0,6327	232,5	0,460
R-3	205	255	0,05	2,217	5,128E-04	235,00	0,6192	230,0	0,475
G-22A	200	266	0,02	2,538	9,408E-05	238,60	0,6323	233,0	0,490



■ 4. ábra. S-33 olaj mért és számított párolgási görbéje

1.2. Valóságos párolgás

Ha a párolgási görbe négy vagy több pontja ismert, akkor a (2) képletben szereplő B és A paraméter értékét a legkisebb négyzetek módszerével számítjuk ki. Evégett a (2) képletet lineáris formára kell hozni:

$$\text{Ln} \left[\text{Ln} \left(\frac{1}{1-Y} \right) \right] - \text{Ln}(A) + B \cdot \text{Ln}(T - T_0) \quad (7)$$

E képletet az alábbi helyettesítésekkel rövidítjük:

$$y = \text{Ln} \left[\text{Ln} \left(\frac{1}{1-Y} \right) \right] \quad (8)$$

$$a = \text{Ln}(A) \quad (9)$$

$$x = \text{Ln}(T - T_0) \quad (10)$$

A rövidített (7) képlet:

$$y = a + B \cdot x \quad (11)$$

B és a, illetve A értékét a mért adatokból képzett átlagértékekből számítjuk ki:

$$B = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x} \cdot \bar{x}} \quad (12)$$

$$a = \bar{y} - B \cdot \bar{x} \quad (13)$$

$$A = e^a \quad (14)$$

A mért és a (2) képlettel számított értékek közötti kapcsolatot szorosságát az Excel KORREL(Y_m;Y_{sz}) függvényvel állapítjuk meg és értékét COR-ral jelöljük). A helyes eredmények érdekében – mint a 2. táblázatban is látható – előírjuk, hogy a T₀ forráskezdőpontban Y_{m0} = 0, D > 0 és a T₁ forrásvégpontban Y_{m1} = (1-D) legyen. Az ismertett módszert a [2] forrásban lévő ESSO SOMENTOR-33 olaj esetében a 2. táblázatban, a mért és számított párolgási görbét pedig a 4. ábrán mutatjuk be.

Az ESSO cég a desztillációs maradékot úgy adta meg, hogy D <

0,003%, ezért induló értéként a 2. táblázat jobb felső cellájába D = 3,0E-05 értéket helyettesítettünk és COR_{ind} = 0,99979492 szorosságot kaptunk. Ezután D-t 3,70E-05-re, majd T₀-t 203-ról 203,28 °C-ra változtattuk, és elértük a COR_{max} = 0,9998 értéket. A görbét leíró végleges függvény:

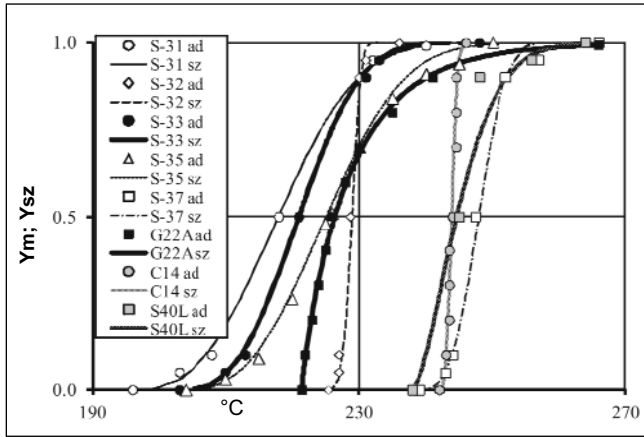
$$\text{COR}_{\text{max}} = 0,9998 \quad - \quad (15)$$

$$Y = 1 - e^{-1,99E-04 \cdot (T - 203,28)^{2,835}}$$

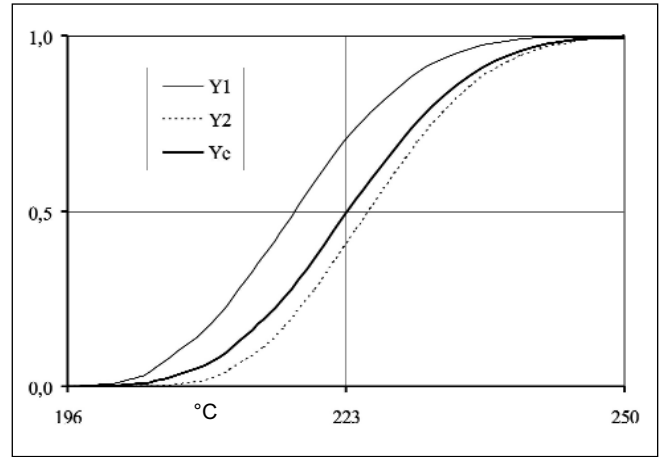
Ügyeljünk arra, hogy a T₀ forrás-

2. táblázat. S-33 olaj párolgási paramétereinek számítása

D, majd T ₀ induló értékét COR _{max} -ig változtatjuk							➤	3,70E-05
▼	T	Y _m	X=Ln(T-T ₀)	X ²	Y=Ln(Ln(1/(1-Y _m)))	X·Y	Y _{sz}	
T ₀ =	203,28	0,00	–	–	–	–	0,000	
	207,0		–	–	–	–	0,008	
	210,0	0,05	1,91	3,63	-2,97	-5,66	0,043	
	213,0	0,10	2,27	5,17	-2,25	-5,12	0,118	
	221,0	0,50	2,87	8,26	-0,37	-1,05	0,498	
	226,0		–	–	–	–	0,752	
	231,0	0,90	3,32	11,04	0,83	2,77	0,913	
	233,0	0,95	3,39	11,50	1,10	3,72	0,949	
	240,0		–	–	–	–	0,996	
T ₁ =	248,0	0,99996	3,80	14,44	2,32	8,83	0,99992	
Átl.	223,2	0,500	2,93	9,01	-0,22	0,58	0,528	
A = 1,990E-04					COR =		0,9998	
B = 2,835								



5. ábra. Hengerhűtő-kenőolajok adott pontokhoz számított párolgási görbéje



6. ábra. Kétkomponensű olajelegypárolgási görbéje

kezdőpont, valamint a görbe folytonossága végett önkényesen beiktatott 207, 226 és 240 °C sorában csak az Y_{sz} értékét számítsuk ki, mert ezekhez nem tartozik mért Y_m adat.

Az ismertetett módszerrel határoztuk meg az 5. ábrán bemutatott ESSO SOMENTOR-31-32-33-35-37, a MOBIL OIL GENREX-22A, a PETREPAR® n-C₁₄ és a LUBRILAM S 40 L alapolajok párolgási görbéit.

Látható, hogy [3] szerint a CH₃-(CH₂)₁₂-CH₃ képlettel leírható nagytisztaságú C₁₄ alapolaj forrásponttartománya a biztonsági adatlap szerint 6 °C – a legkisebb –, a többi ennél nagyobb, 9–46 °C között helyezkedik el. A [4] forrás szerint a MOBIL OIL G-24 olaj forrásponttartománya 64 °C, a G-404D olajé 73 °C, lényegesen szélesebb az előbbieknél.

1.3. Olajelegyek párolgása

Ha két eltérő forráspont-tartományú folyadékot elegyítünk, akkor az eredő párolgási görbe a közös forráspont-tartományban a folyadékok párolgásának részarányos összegével, alatta és felette pedig az eredetivel egyenlő:

$$Y_c = r_1 \cdot Y_1 + r_2 \cdot Y_2 \quad (16)$$

ahol: r_1 és r_2 az 1. és 2. komponens részaránya ($r_1 + r_2 = 1$)

az 1 jelű SOMENTOR-31 és a 2 jelű SOMENTOR-35 olaj párolgási görbéje

$$Y_c = r_1 \cdot Y_1 + r_2 \cdot Y_2 \quad (17)$$

$$Y_2 = 1 - e^{-1,82E-04(T-204)^{2,699}} \quad (18)$$

A többkomponensű olajelegypárolgását is a keverési szabállyal számíthatjuk ki.

Csak az elegyítés erőteljesebb érzékelte végett választottuk a 70 + 30% arányt (a 3. táblázatból kiolvasható, hogy 196–204 °C között csak az S-31, 204–240 °C között mindkét olaj és 240–250 °C között csak az S-35 olaj párolg).

A közös tartománybeli eredő párolgási görbét leíró függvény:

$$Y_{sz} = 1 - c^{-9,6E-05 \cdot (T-196)^{2,777}}$$

$$R^2 = 0,99992 \quad (19)$$

A két komponens és a köztük lévő olajelegypárolgási görbéje a 6. ábrán látható.

Az olajelegypárolgási görbéje a nagyobb részarányúéhoz van közelebb. Ha üzemi használat közben semmilyen idegen anyag nem szennyezné a hűtő-kenőolajat, akkor is változna a párolgási görbe, mert a kisebb mol tömegű komponensek

3. táblázat. Kétkomponensű folyadékelegypárolgási görbéjének számítása

	S-31	S-35	Elegy	Az elegy paramétereinek számítása					
A =	1,44E-04	1,82E-04	2,11E-05	Az 1.2 fejezetben leírt módszerrel számíthatjuk					
B =	2,743	2,699	3,143	Az 1.2 fejezetben leírt módszerrel számíthatjuk					
D =	8,56E-03	1,00E-05	2,58E-03	A részarányos összegként számíthatjuk					
T ₀ =	196	204	196	A kisebb az eredő forráskézdőpont					
T ₁ =	240	250	250	A nagyobb az eredő forrásvégpont					
r =	0,3	0,7	1,0	A részarányok összege = 1,0					
T	Y1	Y2	Yc	Ysz	X=Ln(T-T ₀)	X ²	Y=Ln(Ln(1/(1-Y _m)))	X.Y	
196	0,000	0,000	0,000	0,000	-	-	-	-	
200	0,006	0,000	0,002	0,002	1,39	1,92	-6,25	-8,66	
201	0,012	0,000	0,004	0,003	1,61	2,59	-5,64	-9,07	
202	0,019	0,000	0,006	0,006	1,79	3,21	-5,14	-9,21	
203	0,030	0,000	0,009	0,009	1,95	3,79	-4,72	-9,19	
204	0,042	0,000	0,013	0,014	2,08	4,32	-4,36	-9,07	
210	0,182	0,023	0,070	0,081	2,64	6,96	-2,62	-6,91	
215	0,371	0,111	0,189	0,197	2,94	8,67	-1,56	-4,60	
217	0,457	0,169	0,255	0,260	3,04	9,27	-1,22	-3,72	
220	0,585	0,277	0,369	0,368	3,18	10,10	-0,77	-2,46	
224	0,739	0,446	0,534	0,525	3,33	11,10	-0,27	-0,90	
230	0,899	0,699	0,759	0,746	3,53	12,44	0,35	1,24	
235	0,964	0,855	0,888	0,878	3,66	13,42	0,78	2,87	
240	0,990	0,944	0,958	0,954	3,78	14,32	1,16	4,37	
245	0,998	0,983	0,988	0,987	3,89	15,15	1,48	5,78	
250	0,991	1,000	0,997	0,997	3,99	15,91	1,79	7,12	
	Átlag			0,378	0,377	2,85	8,88	-1,80	-2,83

gyorsabban párolognak, a nagyobb mol tömegűek pedig erősebben tapadnak a hengerelt anyagra, és emiatt az így előálló veszteség mértéke különböző.

1.4. Olajpárolgás hideghengerléskor

Az alumíniumszalagot irányváltó és egyirányú, az alumíniumfóliát kizárólag egyirányú hengerállványokon hengerlik. Irányváltó hengerléskor a szalag hőmérséklete szűrésről szűrésre nő. Egyirányú sorozat-hengerléskor a szűrés-közidőben lehűlhetnek a tekercsek [5]. A hengerléskor tapasztalható olajpárolgás a be- és kifutó szalag hőmérsékletétől és sebességétől függ. Egyirányú hengerléskor a szűrésenkénti fogyások nagyobbak, ezért az olajpárolgás is nagyobb.

Az egyirányú hideghenger állványokon elpárolgó olaj mennyiségéről a [7] forrásban találunk adatokat. A hengerek mérete Ø1350/Ø510×1860 mm, a sorvonó motor teljesítménye 2×2300 kW, a hengerlési sebesség max.1650 m/min, a szalagok mérete 0,15–1,5×max.1650 mm, a hűtő-kenőolaj áram 360 m³/h, az olajgőz elszívó teljesítménye 120000 m³/h. Ennél a hengerállványnál mérték az elszívott levegő karbon- és olajtartalmát.

A hengerléskor elszívott levegő mért C karbontartalmából a szénhidrogének C_nH_{2n+2} képlete alapján levezetett alábbi formulával számítjuk ki az olajtartalmat:

$$C_o - \frac{C}{6} \cdot \left(7 + \frac{1}{n}\right) \quad \text{mg/m}^3 \quad (20)$$

ahol: C = elszívott levegő mért karbontartalma mg/m³
n = 10–16, a szénatomok száma a hengerlési olajokban

Az átlag 13 atomszám (20) képletbe helyettesítésével számított olajtartalom:

$$C_o = 1,179 C \quad \text{mg/m}^3 \quad (21)$$

A (20), illetve (21) képlet átrendezésével a mért C_o olajtartalomról számítható a C karbontartalom.

A mérések szerint az elszívott levegőben lévő olaj 94,75%-a gázfázisú, és mindössze 5,25%-a volt cseppfázisú (aeroszol).

4. táblázat. Egyirányú hengersonon mért és számított karbon- és olajtartalom [7]

Elszívott levegőben		mért karbon mg/m ³	számított olaj mg/m ³
gázfázis	min.	422,4	498,0
	max.	555,9	655,4
	átl.	497,3	586,3
Elszívott levegőben		számított karbon mg/m ³	mért olaj mg/m ³
cseppfázis	min.	24,7	29,1
	max.	33,3	39,3
	átl.	27,6	32,5
gáz és cseppfázis összesen	min.	447,1	527,1
	max.	589,2	694,7
	átl.	524,9	618,8

A gázfázis hő, az aeroszol erő (ütközés) hatására képződik.

Köztudott, hogy a 10 µm-nél nagyobb részecskék gyorsan, a 10–1 µm méretűek lassan, az 1 µm-nél kisebbek pedig egyáltalán nem ülepednek (gázként viselkednek).

Az is köztudott, hogy a hideghengersonok olajgőzelszívóinak hatófelülete mindig nagyobb, mint a párolgó szalag felülete, ezért az elszívott levegő olajtartalmának csak bizonyos hányada származik a szalag felületéről.

Goromba becslés szerint a 4. táblázatban szereplő max. és min. mg/m³ közötti különbség tekinthető a szalagról történő párolgásnak, ha a minimális olajkoncentrációt a szűrés-közidőhöz, a maximális pedig a szűrésidőhöz rendeljük. Ez a különbség a 4. táblázat szerint 318,8–527,1 = 167,7 mg/m³, amely 24,1%-arányának felel meg (működő hengersonokon mérésrel pontosítható a különbség).

Eszerint valószínű, hogy az egyirányú hengerállványokon elszívott összes olaj mindössze 20–25%-a származik a szalagról, 75–80%-a a párolgó szalagot övező elszívási hatófelületről. Szűrés-közidőben a párolgás intenzitása az időben exponenciálisan csökken.

Az elszívott olaj tömege a hengerekre fűjt hengerhűtő-kenőolaj tömegáramának mindössze 0,0258%-a. Ha AIRPURE berendezéssel az elszívott olaj 91%-át leválasztották, akkor 9%-a, azaz 6,5 kg/h ≈ 46,8 t/év olaj távozott a szabadba.

A fenti adatok az utóbbi 20 évben bekövetkezett műszaki-technológiai fejlődésnek köszönhetően nagyon kedvezően alakultak:

1. A hengerhűtő-kenőolajok és adalékok olyan széles választékát fejlesztették ki, hogy lehetővé vált a hengerállványok munkaterületének jobban megfelelő és kevésbé párolgó olajok és adalékanyagok használata.

2. A hengerállványokon tökéletesítették a támhengerek és terelőgörgők törlését, a kifutó szalagról az olaj lefújását, a szalagszélekről az olaj elszívását és csökkentették a hengerekre fűjt olaj szétfröccsenését, az aeroszolképződést és -párolgást.

3. Az elszívott olaj leválasztásának hatásfokát 0,91-ről 0,95-re növelték, és ez által az olajemissziót 9-ről 8,621%-ra csökkentették.

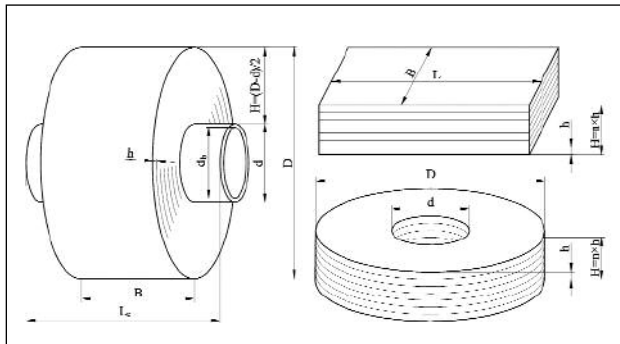
1.5. Olajpárolgás és elfolyás tekercsszállítás és tárolás közben

A hengerelt tekercsek párolgása szállításkor és tároláskor is folytatódik, ezért a tekercstároló légtérben is kialakulhat az 5 mg/m³ egészségügyi határkoncentrációt meghaladó gázfázisú olajkoncentráció.

Sőt, ha hengerléskor rossz hatásfokú az olajlefújás, vagy a szalag szélei repedezettek, akkor a felcsévált tekercs szállítása és tárolása közben kiszoruló olaj a tekercs homlokfelületére sajtolódik, illetve a szállítás útvonalán az úttestre folyik, csúszás- és tűzveszélyt okoz.

1.6. Olajpárolgás hőkezeléskor

Az olajos termékek hőkezelése előtt – legalább közelítőleg – ismerni kell az adag olajtartalmát, illetve az elpárolgotatandó olaj mennyiségét, amely az adag felületéről elpárolg (ha nem



■ 7. ábra. Tekerccs, lemez- és tárcsaköteg

választják le, akkor a környezetet szennyezi).

A hidegen hengerelt vékony szalag és fólia felületét [8] szerint 50–150 mg/m² összefüggő olajfilm borította, mert a támhenger törés és a hengerrésből kifutó fólia felületéről az olajlefújás hatékonysága elégtelen volt. Ma már a szélelészívással kombinált olajlefújással és tökéletes támhengertöréssel elérhető, hogy a szalagon csak 1–3 mg/m² olajfilm maradjon. Ez azonban huzamosan nehezen tartható fenn.

A ρ sűrűségű olajfilm vastagsága a termék egységnyi felületére tapadt olaj tömegéből számítható ki:

$$h_0 = \frac{q_0}{\rho_0} \quad \mu\text{m} \quad (22)$$

ahol: q_0 = a termék egységnyi felületére tapadt olaj tömege mg/m²

ρ_0 = az olaj sűrűsége kg/m³

Pl. a $\rho_0 = 800 \text{ kg/m}^3$ sűrűségű olajfilm (22) képlettel számított vastagsága 100 mg/m² olajborítás esetén $h_0 = 0,125 \text{ }\mu\text{m}$.

Az olajfilm annál vastagabb, mennél érdekesebb a termék felülete és mennél viszkózusabb a hengerhűtőkenőolaj és fordítva.

Egy tekerccs, lemez- és tárcsaköteg fajlagos olajtartalmát úgy számítjuk ki, hogy először kiszámítjuk az olajjal borított felületet és beszorozzuk az egységnyi felületet borító olaj tömegével, majd elosztjuk a termék tömegével.

A számítási képletek meghatározásához készítettük a 7. ábrát, amelyen láthatók a tekerccs, lemezköteg és tárcsaköteg jellemző méretei.

A hideghengerlés közben lágyítandó széleletlen szalag- és fóliateker-

csek teljes felülete olajos – beleértve a csévetését is –, de a készre vágott tekerccseknek, lemezkötegeknek, valamint a tömör és lyukas tárcsakötegeknek csak a lapfelületei olajosak, mert a vágószerszám kenőanyagából a vágott felületekre kerülő kenőanyag

mennyisége elhanyagolható.

Az egyes termékek teljes olajos felületét a 7. ábra jelöléseivel a következőképpen számítjuk ki:

1. A széleletlen szalag- és fóliatekerccs teljes olajos felülete:

$$A_1 = \frac{\pi}{2} (D^2 - d^2) \left(\frac{B}{h} + 1 \right) + \frac{\pi}{2} (d + d_b) (d - d_b + L_c) \quad \text{m}^2 \quad (23)$$

Megj. A (23) kifejezés 2. tagja az acélcső teljes olajos felülete (amely nagyméretű és vékony szalag- és fóliatekerccs esetén elhanyagolható, és így a képlet egyszerűsíthető).

2. A széleztett, cséve nélküli tekerccs teljes olajos felülete:

$$A_2 = \frac{\pi}{2} (D^2 - d^2) \frac{B}{h} \quad \text{m}^2 \quad (24)$$

3. A H magasságú lemezköteg teljes olajos felülete:

$$A_3 = 2B \cdot L \cdot \frac{H}{h} \quad \text{m}^2 \quad (25)$$

4. A H magasságú tömör ($d = 0$) és lyukas ($0 < d < D$) tárcsaköteg teljes olajos felülete:

$$A_4 = \frac{\pi}{2} (D^2 - d^2) \frac{H}{h} \quad \text{m}^2 \quad (26)$$

Az egyes termékek teljes olajtartalma:

$$M_0 = A_i \cdot q_0 \quad \text{mg} \quad (27)$$

ahol:

A_i = a (23)...(26) képlettel számítható teljes olajos felület

Az egyes termékek nettó (tartószerkezet nélküli) tömege:

1, 2. A széleletlen és széleztett szalag- és fóliatekerccs tömege:

$$M_{1,2} = \rho \frac{\pi}{4} B (D^2 - d^2) \quad \text{kg} \quad (28)$$

3. A lemezköteg tömege:

$$M_3 = \rho \cdot H \cdot B \cdot L \quad \text{kg} \quad (29)$$

4. A tárcsaköteg tömege:

$$M_4 = \rho \frac{\pi}{4} H (D^2 - d^2) \quad \text{kg} \quad (30)$$

Az egyes termékek fajlagos olajtartalmát úgy számítjuk ki, hogy az M_0 (27) teljes olajtartalmat elosztjuk a termék M_i (28)...(30) tömegével:

$$m_0 = \frac{M_0}{M_i} \quad \text{kg/t} \quad (31)$$

A levezetéseket elvégezve vég eredményül azt kapjuk, hogy az egyes termékek fajlagos olajtartalmát a következőképpen számíthatjuk ki:

1) A széleletlen tekerccsek fajlagos olajtartalma:

$$m_0 = 2 \frac{q_0}{\rho} \left(\frac{1}{h} + \frac{1}{B} \right) \quad \text{kg/t} \quad (32)$$

2) A széleztett tekerccsek, valamint a vágott lemez- és tárcsakötegek fajlagos olajtartalma:

$$m_0 = 2 \frac{q_0}{\rho \cdot h} \quad \text{kg/t} \quad (33)$$

Ha figyelembe vesszük, hogy a (32) képletben szereplő $h \ll B$, ezért nem követünk el nagy hibát, ha minden termék fajlagos olajtartalmát a (33) képlettel számítjuk ki. Az $1/B$ elhanyagolhatóságának bizonyítására közöljük az alábbi példát:

$h = 1 \text{ mm}$, $B = 1000 \text{ mm}$ esetén

$$\frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1000} = 0,001, \quad \text{a hiba } 0,1\%$$

Megállapíthatjuk, hogy a fajlagos olajtartalom független a termék geometriai alakjától, mert azt csak az egységnyi felületet borító olaj tömege, valamint a termék sűrűsége és vastagsága határozza meg. Célszerű kidolgozni a termékek felületét borító olaj tömegének egyszerű mérési módszerét (a sűrűség mérése megoldott). Így a (33) képlet gyakorlati alkalmazása is megoldódna.

Tekintettel arra, hogy a hidegen hengerelt termékek olajtartalma a termékvastagsággal fordítottan arányos, ezért pl. a 0,05 mm (50 μm) vastag fólia tonnánként 10-szer annyi olajat tartalmaz, mint a 0,5 mm vastag szalag. Tehát a fóliahengerművek lágyító kemencéiben terméktonnánként 1–2 nagyságrenddel több olajat

kell elpárolgatni, mint a lemez- és szalaglágyító kemencékben.

Ha egy lágyító kemence adag n db m kg/db tömegű tekercs-, lemez- vagy tárcsakötegből áll, akkor az elpárolgatandó olaj mennyisége:

$$M_o = n \cdot m \cdot m_o \quad \text{kg/adag} \quad (34)$$

A védőgázos hőkezelést úgy végzik, hogy adagolás után bezárják a kemenceajtót, elkezdik a fűtést és a kemence légterének intenzív öblítését – a távozó füstgázzal előmelegített – nagy tisztaságú N_2 vagy Ar védőgázzal. Miután az oxigéntartalom az előírt érték alá csökkent, a védőgázáramot a fals levegő beáramlását megakadályozó túlnyomás fenntartásához szükséges értékre csökkentik. A védőgázáram intenzitását és a munkatér hőmérsékletét úgy kell összehangolni, hogy semmiképpen nem következhet be az olajgőz gyulladása, pláne robbanása! Evégett azt kell biztosítani, hogy az égés három feltétele – az égést tápláló oxigén, az éghető anyag és a gyulladási hőmérséklet – egyidejűleg egy pillanatra se forduljon elő:

1. Mindenekelőtt az égést tápláló oxigén koncentrációját annyira le kell csökkenteni, hogy oxigénhiány miatt lehetetlenné váljon mind a folyékony, mind a gáz halmazállapotú olaj égése. Normális légköri nyomáson 8% oxigéntartalom alatt már lehetetlen az égés. Vagyonvédelmi és biztonsági szempontok miatt, mielőtt az adag hőmérséklete elérné az olaj gyulladáspontját, az oxigénkoncentrációt 1,0 ~ 0,1% alá csökkentik. Ezáltal kiküszöbölhető az olaj és az adag magasabb hőmérsékleten bekövetkező oxidációja is. Az alacsony oxigéntartalom fenntartásához a fals levegő beáramlását meggátáló túlnyomás szükséges, de a védőgázvesztés csökkentése megköveteli, hogy a kemence gáztere tömített legyen (a tömítettség üzemi használat közben csökken, ezért időnként javítani kell).

2. A lágyító kemencében az éghető anyag mindaddig folyékony és gáz állapotban van jelen, amíg teljes egészében el nem párolog, ezért azt kell biztosítani, hogy koncentrációja mindvégig az alsó robbanási határérték alatt maradjon. Ez a követelmény a kemence munkaterében a hevítés-

kor folyamatosan keletkező olajgőz védőgázzal történő folyamatos eltávolításával biztosítható. A [3] és [12] forrás szerint a Petrepar n-C₁₄ és Somentor-36 olaj alsó robbanási határa 0,5–0,6 V/V%, felső robbanási határa 2,4–7,0 V/V%, ezért amíg az olajgőz koncentráció 0,25–0,30 V/V% alatt marad, addig lehetetlen a robbanás.

3. Végül azt is biztosítani kell, hogy az 1. pont teljesítése előtt az adag hőmérséklete ne haladja meg az olajok 100–250 °C közötti gyulladáspontját.

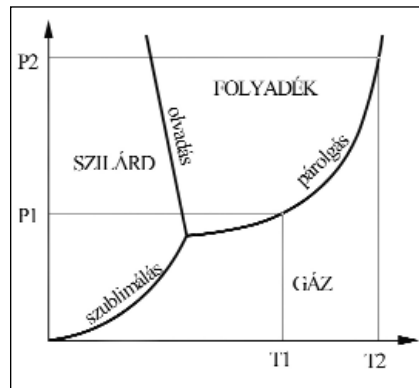
A hőkezelő kemencében az olajpárolgás lényegesen eltér a normál légköri nyomáson és hőmérsékleten történő olajpárolgástól – ebből következően a párolgási görbe is megváltozik. Ez a 8. ábra alapján magyarázható.

A fázisdiagramról leolvasható, hogy ha a kemence térfománya P1-ről P2-re nő, akkor az olaj forráspontja a párolgási görbe mentén T1-ről T2-re nő (ez a forráspont-emelkedés törvénye). Minthogy a hengerhűtő-kenőolajok határozott hőmérséklet-tartományban párolognak, ezért a védőgázárammal biztosított túlnyomáson a forrás kezdő- és végpontja – ezáltal a párolgás hőmérséklettartománya és a párolgás időtartama is – emelkedni fog a normális légköri nyomáson történő párolgáshoz képest. Az egyes kemencékben történő párolgás időtartamának számítási módszerét üzemi kísérletek alapján lehet kidolgozni.

2. Olajviszkózitás a hőmérséklet függvényében

Az alumíniumszalag- és fóliahengerlélkor alkalmazott hengerhűtő-kenőolajokkal szemben támasztott követelmények – a hűtőképesség, kenőképesség, hő- és nyomásállóság – a viszkózitástól is függenek. A szállítócégek általában a 20 és 40 °C-on, jó esetben a magasabb hőmérsékleten mért viszkózitást is megadják. Ha kettőnél több mérésadat ismert, akkor a viszkózitás görbét nem exponenciális, hanem szorosabban illeszkedő – pl. hiperbolikus – formulával írjuk le.

Példaként a 9. ábrán hatféle hengerhűtő-kenőolaj [4] forrásban mért



■ 8. ábra. Olajok fázisdiagramja (elvi ábra)

viszkózitását mutatjuk be a hőmérséklet függvényében.

A rövidített jelölések értelme a következő:

S = SOMENTOR,
W = WYROL,
G = GENREX,
BL-3A (Gerove, NDK)

A SOMENTOR-35 alapolaj 7% W12 nyomásállóság fokozó adalékolajat tartalmazott, amelyet a nehezebben alakítható ötvözetek hengerléséhez 12%-ra növeltek, ezért az elegy sűrűsége, viszkózitása, a kenőfilm teherbírása és kenőképessége is nagyobb lett [4].

Az S-35 olaj viszkózitása (9. ábra két alsó görbéje) a WYROL adalék részarányától függően a következőképpen változik:

S35+7%W12 esetén

$$v = \frac{145,35}{T + 32,21} - 0,279 \quad \text{mm}^2/\text{s} \quad (35)$$

S35+12%W12 esetén

$$v = \frac{113,97}{(T + 16,45)} - 0,098 \quad \text{mm}^2/\text{s} \quad (36)$$

Az alumínium hideghengerművekben használt, de még tiszta hengerhűtő-kenőolajok viszkózitása üzemi hőmérsékleten $v \leq 4$ mm²/s.

3. Sűrűlódási tényező az olajviszkózitás függvényében

A tervezők számára fontos az olajviszkózitás és a hengerrésben érvényesülő sűrűlódási tényező kapcsolatának ismerete, amely szalag- és fóliahengerlélkor a [9] forrás szerint a

következő képlettel számítható ki:

$$\mu = 0,16 - 0,00017K - 0,0314E^\circ \quad (37)$$

ahol:

K = az előző szűrást végző munkahenger csiszolására használt kő szemcseszáma [db/coll]

E = a hengerhűtő-kenőolaj 20 °C-on mért Engler-féle viszkozitása [E°]

Mivel újabban nem az Engler-féle, hanem a kinematikai viszkozitást használják, ezért e két mérőszám összefüggését a [10] forrásban található adatok alapján határoztuk meg:

$$E^\circ = 3,336 - \frac{45,42}{\nu + 18,463} \quad E^\circ \quad (38)$$

ahol:

ν = kinematikai viszkozitás
1 cSt \equiv 1 mm²/s

Ha a (37) képletbe E helyére a (38) függvényt beírjuk, akkor a ν kinematikai viszkozitást közvetlenül [mm²/s \equiv cSt] mértékegységben helyettesíthetjük be:

$$\mu = 0,0552 - 0,00017 \cdot K + \frac{14,262}{\nu + 18,463} \quad (39)$$

A tiszta hűtő-kenőolajok viszkozitása használat közben folyamatosan nő. Pl. a [11] forrás 3. táblázatában közölt adatok szerint az új GENREX-22A olaj 20 °C-on mért viszkozitása 4,1-ről 7,9 mm²/s-ra nőtt. Ennek döntő oka az, hogy az alacsonyabb forráspontú frakciók jobban párolognak, ezért az olaj viszkozusabbá válik.

4. A hengerhűtő-kenőolajok hőátadási tényezője

Üzemi használat közben a hengerhűtő-kenőolajok viszkozitása folyamatosan nő, és emiatt romlik a hűtőképességük. Ezért a [11] forrásban leírt kísérletek ennek vizsgálatára is kiterjedtek. A 10. ábrán a hűtő-kenőolaj átlagos hőátadási tényezőjét mutatjuk be a 20 °C-on mért viszkozitás függvényében.

A hőátadási tényezőt az alábbi regressziós formulával írjuk le:

$$\alpha = 984,21 \cdot e^{-0,067 \cdot \nu}$$

$$R^2 = 0,8178 \quad W/m^2K \quad (40)$$

ahol: ν = kinematikai viszkozitás 20 °C hőmérsékleten mm²/s

A 10. ábrán látható, hogy használat közben az olaj hengerhűtő képessége akár 280 W/m²K értékkel, illetve 30–45%-kal is csökkenhet! Gazdasági szempontból ez káros, mert a hűtőképesség csökkenése kapacitáscsökkenéssel jár. A kapacitáscsökkenés irányváltó hideghengerléskor nagyobb, mint egyirányú hengerléskor.

5. A hengerhűtő-kenőolajok tűzveszélyessége

Az ásványolaj alapú hengerhűtő-kenőanyagok sűrűsége annál nagyobb, mennél több szénatomot tartalmazó komponensek elegyei (a hengerhűtő-kenőolajokban a C atomok száma 10–16 közötti). Ezért célszerű meghatározni a sűrűség és a tűzveszély közötti összefüggéseket.

Evégett a 11. ábrán bemutatjuk az alumíniumszalag- és fóliahengerművekben használt 18 féle (Genrex, Somentor, Wyrol, Lubrilam) hengerhűtő kenőolaj lobbanás-, gyulladás-, forrás kezdő- és végpontját az olaj sűrűsége függvényében.

Jól látható, hogy mennél sűrűbb az olaj, trend szerint annál nagyobb a lobbanáspont, a gyulladáspont és a forrás kezdő- és végpontja.

A vizsgált olajok nyílttéri lobbanáspontja TLo = 70–135 °C, gyulladáspontja Tgy = 100–250 °C, forráskezdpontja Tfk = 192–270 °C, forrásvégpontja TFv = 240–340 °C közötti.

Általános szabály, hogy a lobbanáspont a legalacsonyabb, azonban ez még nem jelent közvetlen tűzveszélyt.

Ezért arra törekednek, hogy a hengerrésből kifutó szalag vagy fólia hőmérséklete lehetőleg ne haladja meg a gyulladáspontot, amely már határozott tűzveszélyt jelent. A gyulladáspont 1 kivételével alacsonyabb, mint a forráskezdpont és 1 kivételével

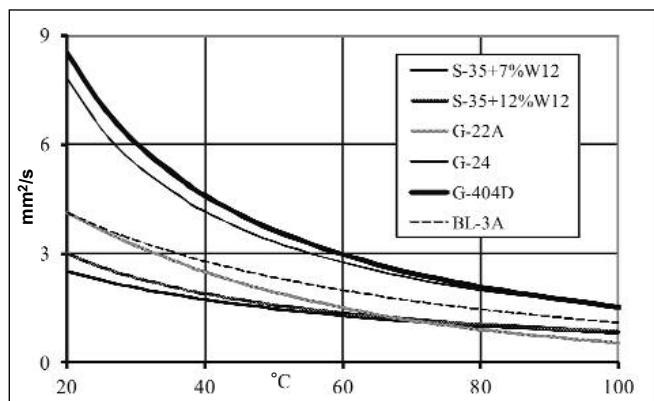
magasabb, mint a forrásvégpont, tehát a gyulladáspont általában a forráspont tartományon belül helyezkedik el.

Alumíniumszalag hideghengerléskor a hengerrésből kifutó szalag hőmérséklete elérheti a 120 °C-ot [5], fóliahengerléskor pedig a hengerrésben a fólia hőmérséklete elérheti a 250 °C-ot [6].

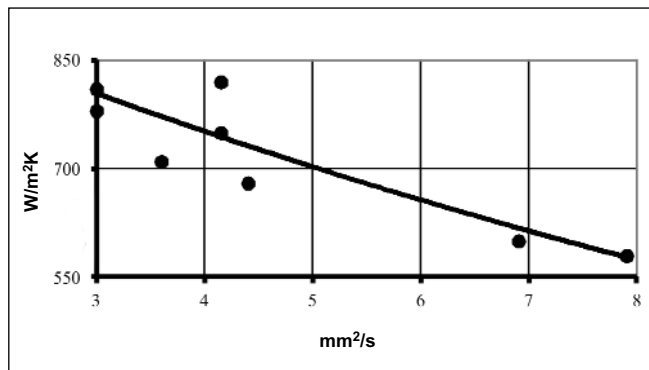
A hengerhűtő-kenőolajok gőzeinek alsó robbanási határa 0,5–0,6, felső robbanási határa 2,4–7,0 V/V% [3], [13], [14].

6. A hengerhűtő-kenőolajok egyéb tulajdonságai

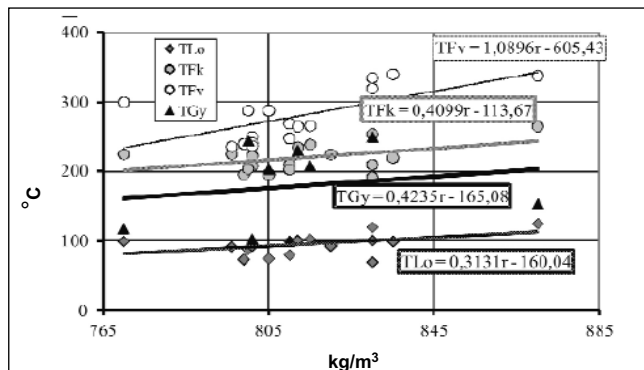
A hengerművek olajvizsgáló laboratóriumi rendszeres időközönként vett olajminták naprakész elemzésével figyelik az egyes paraméterek változását, és ha valamely paraméter a megengedett határhoz közelít, akkor időben megteszik a szükséges intézkedéseket. Általában naponta ellenőrzik a kinézetet, a savszámot, a 40 °C-on mért viszkozitást, a membrán-szűrő csapadékát, hetente a hamutartalmat, zsírtartalmat, havonta az antioxidáns-tartalmat, a lobbanáspontot és a forráspont tartományt. Esetenként mérik a sűrűséget, valamint az olaj okozta foltosodást. Ha a foltosodás hideghengerlés közbeni lágyításkor csak a szalag szélein következik be, akkor ez általában azért nem okoz problémát, mert továbbhengerléskor a szalag és henger közötti súrlódás és a szalagnyúlás hatására a foltosodás megreped, és a hűtő-kenőolaj lemossa a szalag felületéről, illetve készre vágáskor a szélhulladékkal távozik.



■ 9. ábra. Hengerhűtő-kenőolajok viszkozitása a hőmérséklet függvényében



■ 10. ábra. Hengerhűtés átlagos hőátadási tényezője a 20 °C-on mért olajviszkózitás függvényében



■ 11. ábra. Hengerolajok lobbanás-, gyulladási-, forrás kezdő- és végpontja az olaj sűrűsége függvényében

Összefoglalás

Az 1. fejezetben ismertettük az alumíniumszalag és fóliahengerművekben használt technológiai hűtő-kenőolajok párolgásának – a rendelkezésre álló mérési pontok számától is függő – Excel táblázatban végezhető számítási módszereit.

Ezután elemeztük a hideghengerlés, tekeresszállítás és tárolás közbeni, valamint a hőkezelő kemencében történő olajpárolgást.

A további fejezetekben az olaj viszkózitását, a hengerrésbeli súrlódási tényezőt, az olaj és munkahenger közötti hőátadási tényezőt, a hűtő-kenőolajok tűzveszélyességét és az egyéb tulajdonságokat tekintettük át röviden.

Irodalomjegyzék

[1] Kőbányai Könnyűfémű (KÖBAL)

- fóliahengersonain használt hengerhűtő-kenőolajok tulajdonságainak vizsgálata. ALUTERV-FKI 1983.
- [2] Charakteristische Daten der ESSO Aluminium Walzöle. 1984.
- [3] PETREPAR n-C₁₄ Safety Data Sheet, PETRESA, 1998. 04. 30.
- [4] Szabó Lajos – dr. Vass Imréné: Hideghengerlési technológiai kenőanyagok vizsgálata és értékelése. Inotai Alumíniumkohó, 1972. szept. 12. p. 1–16.
- [5] Gimesi Elemér – Szarka János: Új hideghengerlési kapacitás létesítése a Székesfehérvári Könnyűféműben. BKL Kohászat 115. évf. 1982. 1–2. sz. p. 82–85.
- [6] Grauer, H. P.: Grundlagen des Folienwalzens. Metallkunde 1966/45. 10. sz.
- [7] Abluftreinigung und Betriebsmittel-Rückgewinnung durch AIRPURE® Filteranlage. Achenbach Buschhütten GmbH. 1984.
- [8] Sándor István: Az alumíniumfólia hengerlése a Kőbányai Könnyűféműben. BKL Kohászat 120. évfolyam,

1987. 10. sz. p. 461–462, p. 633–645.

- [9] Amann, E. – Benz, E. – Langen, H.: Ergänzung der Untersuchungen zur Walztheorie dünner Bänder aus Aluminium und Aluminiumlegierungen. Z. Metallkunde. 1968. p. 145–154.
- [10] Viszkózitás fogalmak, egységek, jelölések. MNOSZ 3254-55
- [11] Szabó Lajos: A szalag hideghengerlés termelékenységeinek emelése az elárasztásos technológiai hűtés intenzifikálásával. Egyetemi doktori értekezés 1983.
- [12] Blautech Kft.: Vizsgálati jelentés az ALCOA-KÖFÉM hengerműben mért olajköd szennyezésről. Veszprém, 1994.
- [13] ExxonMobil Hungária Ker. Kft.: SO-MENTOR N 36 hengerlő olaj Biztonsági adatlap. 2002. nov. 4.
- [14] ExxonMobil Hungária Ker. Kft.: WYROL 2, 4, 8 hengerlő olaj-adalék koncentrátum Biztonsági adatlap. 2002. nov. 27.
- [15] LUBRILAM S 40 L Safety Data Sheet, TOTAL, 2009. 09. 03.

Látogatás az ALUKO Kft.-nél

A Fémkohász Szakosztály Budapesti Helyi Szervezete 2013. április 26-án látogatást tett az alumínium kokillaöntéssel foglalkozó ALUKO Kft.-nél Inárcson, Köves Kristóf elnök szervezésében.

A 30 dolgozót foglalkoztató ALUKO elsősorban ipari felhasználásra gyárt alkatrészeket, gépipari, elektromos, elektronikai és autóiipari megrendelők részére. Közvetlen fogyasztásra szolgáló termékeik közül a kéziszerszámok és dobozok jelentősebbek, de kokillák tervezésére és gyártására is vállalkoznak. Kiemelkedő a Németországba történő exportjuk aránya. Idén

újították meg az ISO 9001-es tanúsítványukat.

Fazekas Vera ügyvezető igazgató a cég alapítói között van. Külkereskedői tapasztalatainak és ismeretsegeinek felhasználásával telepített át Franciaországból öntészeti technológiát 2001-ben. Miután bemutatta a céget, üzemlátogatásra indultunk Winkler Tamás és Czinke István vezetésével.

Az alapanyagokat gázkemencékben olvasztják. Az olvadék hőntartása elektromos, ellenállás-fűtésű kemencékben történik. Az öntvényeket tisztítás után forgácsolóberendezéseken megmunkálják és összeszerelik.

Az üzembejárás után Meichl Ferenc műszaki és gazdasági kérdésekről beszélt, miközben elfogyasztottuk a friss pogácsákat és az üdítőket, amelyekkel megvendégelt bennünket. A látogatás végén Csonka László titkár ismertette a gyár vezetőivel az OMBKE Lean Szakcsoportjának tevékenységét, ami iránt élénk érdeklődést mutattak.

A helyi szervezetünk mindig szívesen lát nyílt programjain olyan résztvevőket is, akik más helyi szervezetek tagjai, vagy azok munkatársai, ismerősei.

☞ Csonka László

Adalékok az INOTA és az alumínium 60 éve című cikkhez

(BKL Kohászat 2012/2. sz.)

A lap címben idézett cikke részletes, tartalmas összefoglalását adja az Inotán dolgozó alumíniumipari vállalat (Alumíniumkohó, MAL Rt. Alumínium Kft., majd INOTAL Kft., INOTAL Zrt.) tevékenységéről, elsősorban műszaki, technológiai eredmények felsorolásával, néhány személyes érdem és szerep említésével. Adalékaimat az idézett cikk [1] kiegészítéseként, a jobbítás szándékával teszem meg, a szubjektivitás elkerülésére név nélkül, hogy senkit ne sértsek meg a róla megjelentekkel, ill. a név szerint említés esetleges elmaradásával. Az első idők (1950-től a hatvanas évek második

feléig) leírásában – mivel személyes tapasztalataim nem lehetnek – főleg az azt megélő idősebb kollégák, ismerősök elbeszélésére hivatkozhatok, az irodalmi hivatkozásokat az irodalomjegyzékben jelzem.

A kohóalapítás utáni 16 évben (1952-től 1967-ig) történetekben az alapcikket csak olyan részletekkel egészítem ki, melyek – szubjektív megítélésem szerint – hozzájárulhatnak a tevékenység és fejlődés jobb megértéséhez.

Könnyebb a dolgom a harmadik rész (1967-től 2005-ig) leírásával, mert ezen éveket Inotán személyesen megéltem.

A gyáralapítás és építés

Az Országgyűlés 1948. évi XIII. sz. (1948. febr. 6.) törvénye alapján az Inotai Alumíniumkohót 1949-ben létesítették, a MT 93/1950. sz. határozatával kijelölték a kivitelezésben közreműködőket [2], és az építés még abban az évben megkezdődött a következő fő lépésekben [2]:

- 1950–51 tereprendezés, mélyépítés, vasbeton elemek gyártása;
- 1951–52 egyenirányító épület és a kohócsarnok felének építése;
- 1952–53 a kohócsarnok befejezése, az öntödeépület felépítése;
- 1952–54 raktárak, műhelyek, irodaépület megépítése;
- 1950–51 laboratórium, kultúrház, orvosi rendelő, étterem felépítése;
- 1956 készenléti lakótelep bővítése;
- 1958 timföldsiló építése

Az építést a kor műszaki színvonalának megfelelően sok emberi erő igénybevételével, kezdetleges technikával végezték. Az óriási földmunka – hiszen az ország egyik legnagyobb csarnoképületének helyét kellett kialakítani – lovak által vontatott kocsik (ún. kordék) tömegével, nagy létszám igénybevételével folyt. A munkástömeg és a lovak ellátására állattartó telepet (sertéshizlalda, lóistálló) léte-

sítettek a gyártelep északi oldalán, a vasúti vágány mellett.

Az építési munkákban nagy számban elítélteket is foglalkoztattak 1953 közepéig [2]. Az elítéltek őrzését – külön a nőket és a férfiakét – elkülönített barakképületekben oldották meg. A férfiakat a 8-as út déli oldalán, a nyugati telekhatáron, az Erőmű főbejárat magasságában épített barakkokban helyezték el, a női elítéltek barakkja a keleti telekhatáron (a jelenlegi Huzalüzem területén) még 1964-ben is állt, bútortárolt benne.

Az építésben dolgozók elhelyezésére barakkok szolgáltak a 8-as út déli oldalán. Néhányat az egyedül élő munkások elhelyezésére 1980-ig használatban hagytak, végleges felszámolásukra a tervezett 100 kt-ás kohóberuházás első intézkedéseként épített várpalotai bérházak (Szabolcska utca) egy részének igénybevételével került sor a '80-as évek elején. Néhány barakkot a már üzemelő November 7. Hőerőműnél felszabaduló épületekből is átvettek.

Mindezek arra mutatnak, hogy az építés és a kohóindítás időszakában jelentős foglalkoztatás szállásgondjai megoldására a két inotai vállalat területén valóságos barakkváros épült – ez a lakóterület később a közösen használatba vett Készenléti lakótelep elfogadottságához vezetett, mindkét vállalat kollektívája számára természetes közösségként.

A szállások között a szükséges

élelmiszer- (benne hús és zöldség) és ruházati bolt, étterem és italmérés is helyet kapott. Későbbiekben ezeket a funkciókat a Készenléti lakótelep boltjai, vendéglátó egységei vették át, a lakótelep felépítése és kibővítése után. Érdekes színfoltja volt az ellátásnak a kezdeti időszak portájának közelében épült szabadtéri piacszerű standok felépítése, ahová a vonzáskörzetből érkező gazdák a kertjeikben termelt mezőgazdasági terményeket, gyümölcsöket hozták és kínálták az akkori színvonalnál sokkal jobban kereső építőmunkásoknak.

Az új vállalat – már az építés időszakától – az egész ország területéről csábította ide a munkaerőt [2]. Munkaerő-toborzás folyt főleg Veszprém, Zala, Vas, Somogy megyében, az ide érkezett első dolgozók információi további munkaerő ideérkezéséhez vezettek. Így egész családok Inotára telepedéséhez vezettek a toborzó akciók, a 60 évvel ezelőtt érkezők leszármazottai nagy számban élnek még Inotán és vonzáskörzetében, Várpalotán vagy Székesfehérváron.

A vonzáskörzetből bejáró dolgozókat az indulástól még 30 évig szerződéses buszjáratok szállították gyárainkba. A buszok szervezése bonyolódott az 1956-ban bevezetett 36 órás munkarend miatt, ezt követően a 6 órás és 8 órás váltásokhoz is járatokat kellett biztosítani. (A kohóban 6 óránként, más területeken 8 óránként volt műszakváltás.) A bejárókat szállítók

az évek során váltottak a korai (ún. fakaruszos) beszállításról a kényelmesebb munkásbuszokra.

A kohászat kezdete

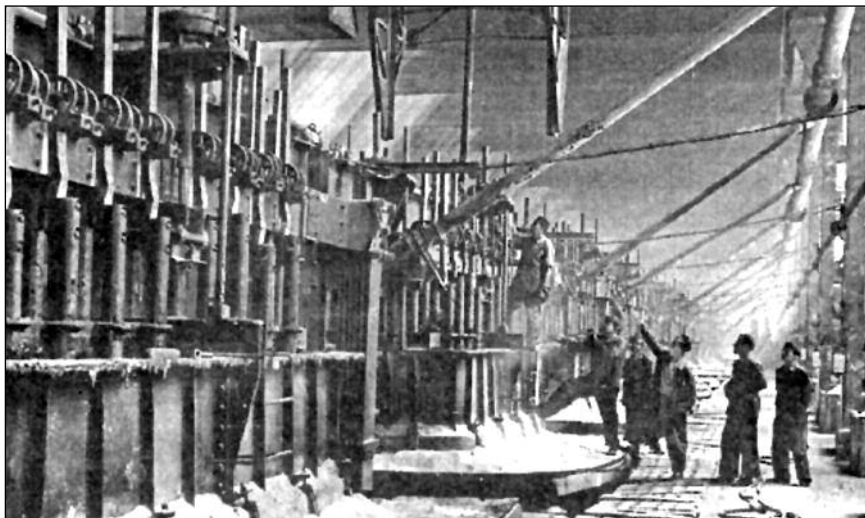
A kohócsarnok felének felépülésével egy időben telepíteni kezdtek a norvég Elektrokemisk licence alapján egy modern, felsőtűskés elektrolizáló (prototípus) kádakból álló 40 kádas csarnokrészt.

A norvég cég tervei alapján már 1951 októberében Tatabányán dolgozni kezdett egy „inotai típusú” kísérleti kád [3], majd 1952 márciusában egy második kísérleti kád [4], melyeken az inotai dolgozók betanítását végezték.

Inotán négy sorban 10-10 kád augusztusi felfűtését követően augusztus 20-án csapoltak fémet először (a D1 jelű kádból), ünnepélyes külsőségek között. Az első csapolás kézzel, szűrőkanálból kimeregetés útján történt, a vákuumos csapolási technológiát csak 1953-ban vették át az Ajkai Alumíniumkohó ismereteiből. Kezdetben csak a túskehúzás és szerelési műveletek voltak daruval végezhetőek. A kohó indulásakor a tuskéket is kézi csiszolással tisztították.

Az energiaellátást biztosító egyenirányító berendezés üzembe helyezését és a kezdeti energiaellátási problémákból adódó üzemzavarokat szakembereink sikerrel oldották meg [5], de a kohó villamos teljesítményének növelését csak az egyenirányítók cseréjével tudták megvalósítani. Ezért a kohót 1953. márciustól augusztusig le kellett állítani. Az országos energiaszolgáltatás zavarai miatt 1956. október végétől 1957. februárig a kohót újra leállították.

Energetikai problémáink elhárítása mellett az elektrolízis fejlesztése és teljesítménynövekedés megvalósítása kívánt emberfeletti erőfeszítéseket. Abból következően, hogy a kohó intenzifikálására már 1953 elejétől addíciós kísérletek kezdődtek, s a kádakon beépítésük után szinte azonnal katodikus méretek változtatásával és anódméret-növeléssel folyamatos fejlesztő munkát végeztek, a tervezett változások folyamatos kontrolljára volt szükség. Erre a helyi szakembertől kiemelkedő elméleti felkészültségű tagjaiból kutatási csoportot szervez-



■ 1. ábra. Túskehúzás a kezdetek elektrolizáló kádtípusán az '50-es évek első felében [5]

tek. A csoport feladata volt a csarnok teljességében mérni, ellenőrizni, követni a – sokszor többféle méretű anóddal rendelkező, más és más típusú és eredetű anódmasszák használatával dolgozó – kádak üzemelését, a tapasztalatok alapján javaslatokat tenni a technológia, masszatípus megváltoztatására, a bekövetkezett változások alapján a legjobbnak vélt lépések megtételére.

A kohászati változások feltételeinek megteremtésére szükségesnek ítélték egy új szervezet létrehozását, a fejlesztések előkészítése, tervezése, lebonyolítása munkáira. A fejlesztési szervezet egyik első munkája a kádszerkezet vezérsíneinek öntése a helyi öntőde vízszintes öntő berendezésének alkalmazásával.

A fejlesztési szervezet érdemei leginkább az öntvehengerlési technológiák bevezetésének előkészítésében, tervezésében, végrehajtásában csúcsosodtak ki – erről a témák részletezésében szólok.

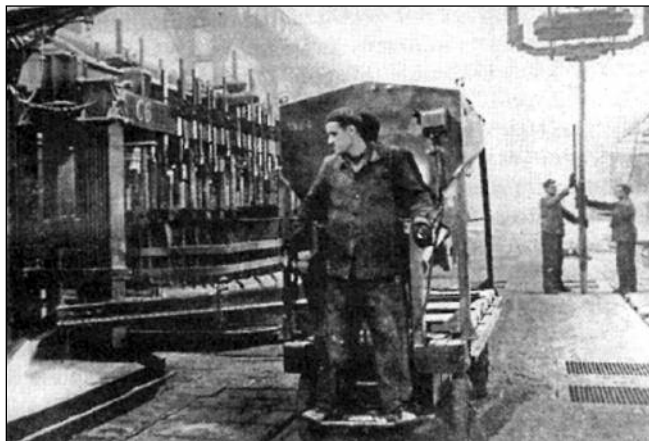
Nagy jelentőségű a fejlesztési szervezet azon tevékenysége, melyet a félgyártmány- és készáru gyártási technológiák előkészítésében a partner vállalatok – termékeink későbbi vevői, felhasználói – szakembereivel közösen végeztek a termékkör minőségének magas szintű, vevőink számára elfogadott szintjének elérésére.

A kezdetek lépései:

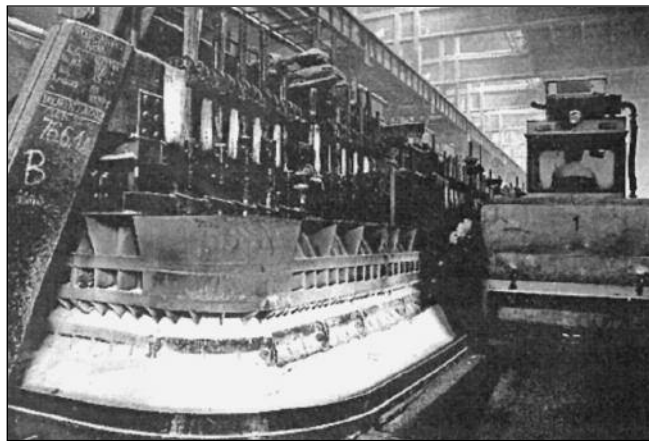
- Az elektrolízis intenzifikálása szinte az induláskor, 1953-ban addíciós intézkedésekkel megkezdődött. A kádakon az áramerősséget folyamatosan növelték, a kezdeti 50,48-ról

1975-ig 72,35 kA-re, majd még tovább.

- Feltétele volt fentieknek a kádkonstrukció, a kádméretek növelése, hogy áramsűrűségben hasonló legyen a növekedés üteme. A katód-szekrény méretnövekedésének objektív korlátja volt az adott hely, ezért konstrukciós változásokat hajtottak végre a kádfelújítások idejére tervezett szekrény- és sínezés növelésével [2].
- Az anódok méretnövekedése elvileg könnyebben kivitelezhető volt, de egy jelentős növekedés kb. 10 év után az áramvezető tuskék számának és keresztmetszetének növelése útján volt csak megvalósítható. A kezdeti 7,56 m²-es anód 1958-ban 8,6 m²-es, 1962-ben már 10,0 m²-es, 1977-től a bezárásig 12,42 m²-es volt [2, 5].
- Fentiek eredményeként a kádak napi termelése a kezdeti 312 kg/napról 1967-re 471 kg/nap értékre nőtt, a legmagasabb 1999-ben volt, 571,35 kg/nap értékkel [2].
- A kádak fejlesztésével párhuzamosan jelentős lépések történtek a munkafeltételekben. A vákuumos csapolás bevezetését a timföld- és anódmassza-szállítás, a túske szállítás gépesítése követte. Megvalósították a kádsínezés öntését a helyi öntődeben, a tuskék keresztmetszet-növelését újonnan létesített túskehegészítő berendezéssel, tisztítását a kézi csiszolás helyett homokfúvásos tisztító létesítése útján oldották meg [4–7].
- Az elektrolízis technológiai fejleszté-



■ **2. ábra.** Gépésített timföldadagolás fejlesztett sínezésű kádon az '50-es évek végén [5]



■ **3. ábra.** Kerekcséregtörés a megvalósított fejlesztések utáni kádon (1980 körül) [5]

sében a norvég anódmassza helyett – az útkeresés jegyében – orosz, szlovák és ajkai gyártók petrolkokszos és szurokkokszos anódmaszszáit vették kísérleti használatba [4].

- A salak értékes összetevőinek újrahasznosítása érdekében átvették a kohósalak-regenerálás Ajkán már működő flotálásos, majd pörkölési technológiáját [4].
- Az alaptervekenység háttérének biztosítására – bár ideiglenes elhelyezéssel – elkezdte működését a gépészeti, villamos javító és laboratóriumi szervezet (utóbbi a minőség biztosításában fontos szerepet játszó öntödében).
- A kisegítő műveletek (üst-, ill. túskeletisztítás, katódblokkszerelés), valamint az általános és kriolitraktározás a kohócsarnok északi oldalán épített csarnokban kapott helyet [4].
- Kialakították a szállítónkénti és minőségenkénti tárolás rendjének megfelelő „anódmassza-placcot”.
- Felépítették az Öntöde üzemét, billenhető egalizáló kemencékkel, tömb-tuskóöntő állásokkal és fűrésszel.

Az inotai kohászat szakemberellátása

Sajátos rendben történt az inotai szakemberbázis biztosítása az üzem működésének egész történetében. A kezdeti időszakra (a kohó és öntöde létrehozásának, beüzemelésének idejére) jellemző tendenciák:

- Az indulás legkritikusabb időszakában a közvetlen termelők kiválasztása és betanítása az alumíniumkohászati múlttal rendelkező társvál-

latok segítőkész hozzáállása révén valóban egészen könnyen történt(het)et. Toborzott dolgozóinkat Tatabányán, az ott épített kísérleti kádak segítségével tanították be. Az ő közvetlen vezetőiket (művezetők, brigádvezetők) a társvállalatoktól – áttételesen Csepelről, Tatabányáról, Ajkáról átkért/átcsábított szakemberek adták, így tapasztalt irányítók mellett tették meg az első lépéseket.

- Üzemek, üzemszervezetek vezetői a kezdetekben szinte kizárólag a veszprémi egyetemen végzett fiatal vegyészmérnökök voltak, ahogy a legfelső vezetők is rendre vegyészmérnökök voltak. A kezdetekben külső szakértők is Veszprémből származtak, ebben a kor szemlélete tükröződött, hogy itt vegyészmunka folyik.
- Érdekes azonban az a tény, hogy a műszaki igazgatók (főmérnökök) mindig kohómérnökök voltak.
- Az energetikai szakemberek budapesti diplomával rendelkező elektromérnökök, a gépészeti szakemberek eredete ennyire nem azonos irányú, végzettségükben jelentős szóródás mutatkozik.
- A középfokú gépész- és villamos szakemberek főleg székesfehérvári középiskolákból származtak.
- A kohász középvezetők a kor adottságaként a diósgyőri és dunaujvárosi kohászati technikumból kerültek ki.
- Szakmunkásainkat Várpalotán, Székesfehérváron, Veszprémben oktatták a szakmájuk ismereteire.

A későbbiekben – az öntödei és félgyártmánygyártási tevékenység kiszélesedésével – a szakemberellátás

szerkezete jelentős változásokon ment keresztül. A kezdeti kohászati munkáktól gyökereiben eltérő szakemberigény szükségességének felismerése az 1960-as évek után arra készítette a műszaki vezetést új garnitúráját, a műszaki igazgatót, termelési és kutatási vezetőket, hogy a jövő technológiai irányítóit a korábbiaktól eltérően keressék. Ennek lépéseiként az iskolákkal a kapcsolatokat és az ösztöndíjlehetőségeket átalakítsák:

- A fejlesztési-beruházási szervezetet megerősítő szándékkal Csepelről és Ajkáról hívtak két szakembert. Egyikük a beruházások koncepcióit, előkészítését és tervezését volt hivatva kidolgozni és irányítani, míg másikuknak általános technológiai irányító tevékenysége mellett a vízszintes sínöntés ajkai tapasztalatait kellett Inotán elfogadtatni, megvalósítani, ill. fejleszteni.

Vezetésükkel kialakult a helyi műszaki szakemberek olyan erős tervezői-szerkesztői csapata, akikkel sikeresen megvalósították a szalagöntvehengerlési technológia és az erre létesítendő inotai szalagöntő és hengerlő berendezés üzembe állítását. A Rotary típusú öntőberendezést a műszaki irodalomban fellelhető ismeretanyag és a csapat műszaki fantáziája alapján tervezték, majd valósították meg, a hengerállványt egy használt berendezés sorba illesztésével, a csévéltőt teljesen önálló munkával tervezték e gépek vonalába. Fejlesztési tevékenységre gépész, kohász és energetikai szakemberek csoportját hozták létre, akik a másik öntvehengerlési folyamat, a durvahuzal

öntveherlő berendezés (Properzi 7B + OTT csévéző) beruházását és fejlesztését, valamint az öntveherlő termékek félgymánnyá feldolgozását sikerrel oldották meg.

- Az öntveherlő és félgymánnyá gyártási technológiák fejlesztésében dolgozó szakemberek – technológusok – biztosítására 1963–1970. években végzett gépészmérnökök és kohómérnökök szerződésével kezdett szakemberek biztosításába a műszaki vezetés. Ebben az időszakban 13 fiatal mérnök érkezett a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemről.
- Közvetlen termelésirányítók érkeztek a Dunaújvárosi Főiskoláról és a veszprémi Vegyipari Technikumból (különösen annak alumíniumipari tagozatáról) elsősorban az öntődei és kohócsarnoki középvezetők kiegészítésére, pótlására. (Nyugdíjasok lettek a kezdeti időszak más kohókból érkezett „nagy öregjei”, és további területek igényeltek újabb szakembereket.)

A számítástechnika és folyamat-szabályozás előtérbe kerülésével új-szerű igények jelentkeztek a szakemberellátásban, s a minőségbiztosítás rendszerének kialakítása, megfelelése érdekében.

- Új, irányítási és folyamatszabályozási területekre az ennek megfelelő speciális végzettségű szakembereket hívott a vezetés a szervezési-számítástechnikai folyamatok végzésére.
- A minőségbiztosítási rendszer kialakítására is képzettségben megfelelő szakembert hívtak a vezetők.

Munkahelyi és lakóhelyi kollektívák kialakulása

A kohócsarnok folyamatos üzembe helyezésével párhuzamosan épültek a Készletláti lakótelep házai, ahol a kohó és öntőde dolgozói a későbbiekben lakáshoz jutottak.

A lakótelep első épületeiben helyezték el a gyár felső vezetőinek családait, a később épült ún. „kohós körben” épült hat épületben és a Baglyas hegy felé vezető északi út mentén épült három házban helyezték el az üzemmenetben fontos munkahelyeken dolgozó irányító és fizikai vezető munkatársak családait. Utóbbiak egyikében – egy háromszobás lakás területét igénybe véve – alakították ki a lakótelep élelmiszerboltját. A gyermektelen házasságok és egyedülálló részére ebben az időben épült a garzonlakásokat tartalmazó két CS-jelű épület is. (A lakótelepi házakat az elítéltek építették, a házakon jelentkező későbbi repedéseket a közhiedelem nekik tulajdonította, mondván: keserves munkájuk átka miatt jelentkeztek a házakon a repedések.)

A lakótelep kohós és erőművi házait jól elkülönülve, „erőműs ill. kohós kör”-ként telepítették, s pl. a gyerekek játszótereit mindkét vállalat külön építette a saját területén, de a bölcsődébe, óvodába és iskolába együtt járó gyerekek az elkülönítésen hamar túltették magukat, a felnövekvő generációk nem ismertek vállalati határokat.

Az építésben dolgozók barakkvárosának kiürülésével indokolatlan volt a bolthálózat gyártelepen maradása, a lakótelepi bolt létesítését a többi kereskedelmi egység (húsbolt, zöld-

séges üzlet, vendéglátó egységek) áthelyezése követte. A közös jövő felé jelentős lépés volt a lakótelepiek nyelvén „Gecsemáni kert”-nek nevezett büfé, italbolt létesítése, melyhez hangulatos kerthelyiség tartozott – a később épített fürdő területén.

A lakótelepen felépült a bölcsőde (kohós épületben), óvoda (erőműs területen), majd az általános iskola a Baglyas hegy alatt, amelyhez évekkel később tornatermet építtetett az Alumíniumkohó.

A vállalatok területéhez csatolt épületekben kultúrotthonok épültek, mindkét építmény színpaddal, táncteremmel, színházteremmel és könyvtárral szolgálta a dolgozók igényeit. A kohós kultúrház rövid időn belül elvesztette funkcióit (messzebb volt a lakóteleptől, mint az Erőmű kultúrháza) s utóbbi jobb felépítettsége a rendezvényeket jobban szolgálta – így az Erőmű Kultúrház évekkel tovább tudta ellátni eredeti funkcióit.

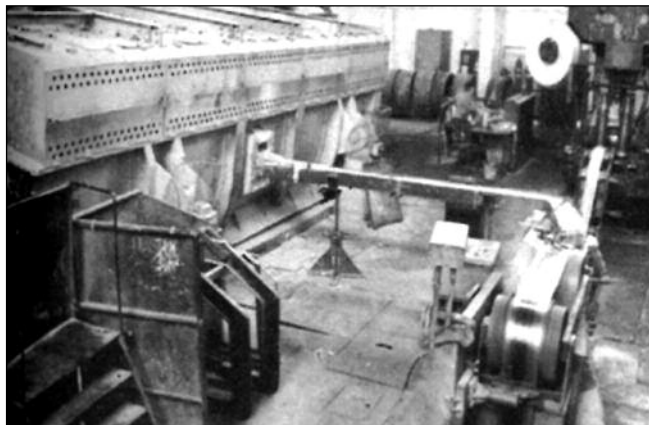
A kultúrházakban a kezdetekben a fiatalok amatőr együtteseinek színpadja rendszeres bemutatásokat tartott, s rendszeresek voltak a bál rendezvények, főleg téli időszakban és farsang idején, a hatvanas évekig.

Mindkét kultúrház rendeltetése volt a vállalati étkezde üzemeltetése, a kohós kultúrház étkezdéjét a '70-es években áthelyezték a vállalati főépületbe, s később adagoló konyhás üzemi étkezdéként üzemelt. Az Erőmű étkezdéje hosszabb ideig üzemelt, később még vendéglátóipari étteremként is használták.

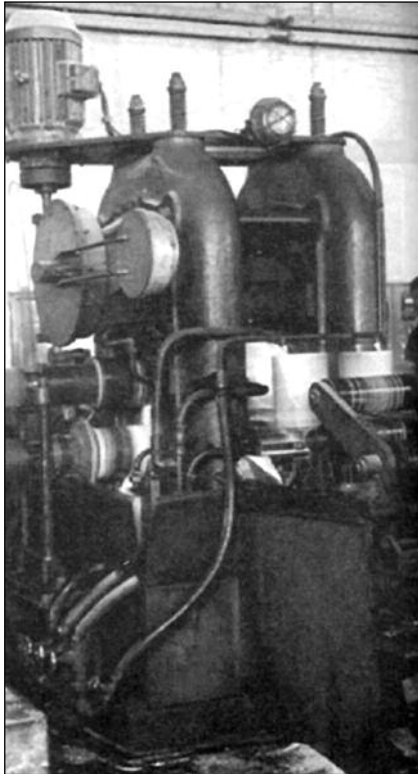
A büfék mindkét kultúrházban üzemeltek a gyárkapuktól a távolra helyezést előíró országos rendelkezésekig. A már említett „Gecsemáni” mellett



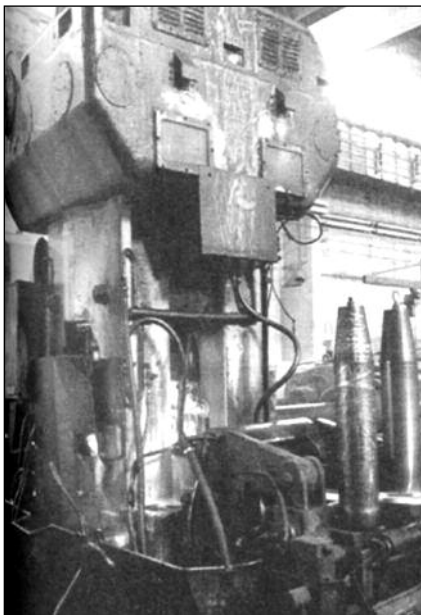
4. ábra. Az I. sz. szalagöntő gépsor kezelőpultja



5. ábra. A II. sz. szalagöntő gépsor látképe 1974-ből



■ 6. ábra. Az I. sz. szalagöntő gépsor, duó hengerállványa



■ 7. ábra. A II. sz. szalagöntő gépsor Kogépterv duó hengerállványa

volt még egy büfé az egykori férfi-elítéltek barakkja közelében, a szabadtéri színpaddal is rendelkező ún. „Szünyög” – aminek nevében a vérszívók színpadkörnyéki előfordulására utaltak.

A lakótelepen sportpálya épült a két vállalat fiataljait megmozgató Inota Gyártelepi Sport Club futballszakosztálya részére, s tekepálya a sportkör

tekeszakosztályának. A futballpálya felavatására az '50-es évek „Aranycsapata”, a magyar válogatott utazott le Inotára – a kor akkori elvárásai szerint.

Szép sikerekkel büszkélkedett az '50-es években országosan is elismert kerékpárszakosztály, de tíz év után feloszlott az ifjúság érdektelensége és támogatás hiánya miatt. Hasonló nehéz sorsra jutott a salakos pályán szárnyait bontogató teniszezés, mely húsz év múlva a műanyag borítású pályán sem tudott életben maradni.

Legszébb sikereket a sportkör tekeszakosztálya érte el, a '80-as évek végén bejutott az NB I.-be, de a helyi pálya alkalmatlansága miatt (kétsávos pályánk kicsi volt az első osztályhoz) Péten kellett szerepelnie, edzenie, ami rövid időn belül a szakosztály elsorvadásához vezetett.

Tömegsport-tevékenységben a két vállalat külön indított teke- és (kispályás) futball bajnoksága rövid idő után közös versenyekké alakult, majd a tekeverseny kibővült városi szintű bajnoksággá.

Egy időben még asztalitenisz versenyeket is rendeztek üzemi bajnokságok keretében.

Az '50-es évektől a nyári időszakban üdülésre volt lehetőség a káptalanfüredi vállalati üdülőben, rendszeres buszjáratokkal szállítva a beutalt családokat és az egynapos fürdőzésre leutazókat.

A vidéki élethez szokott betelepülők a lakótelep mentén a cserfaerdő fái között kis területeket határoltak le és kezdtek ezeken kisállat (baromfi, disznó, kecske) tenyésztésbe, ezeket a helyi köznyelv „farm”-oknak nevezte.

Hasonló indíttatású – elfoglaltság és vidéki hangulat kereső – lépések voltak a már régen, inotai gazdák által művelt szőlők és gyümölcsösök megvásárlása és új szőlőtelkek létesítése, telepítése a Baglyas hegy déli lankáin. Ezek a hobbikertek a mai napig kellemes kikapcsolódást jelentenek egykori kohászainknak – bár az eredeti cél, a munkahelyi hő- és gázterhelés kiszellőzésére fordított igyekezet a kohó bezárásával értelmét veszítette.

Fentiek alapján elmondható, hogy a kollektíva a háromszorosán lehetséges szomszédtságok (lakás, kiskert és farmszomszédtság) révén néhány év alatt kialakult, Inotán mindenki ismert mindenkit.

A közeli ismeretség a vonzaskörzetből bejárók esetén buszos ismeretségek formájában volt lehetséges.

A félgyártmányok gyártásának időszaka (1967 után)

A korábbi – kohász és öntödei – tevékenység mellé a két (1973 után már három) öntvehengerlő berendezés telepítése újszerű ismereteket igénylő szakembergárdát és velük másféle szemléletet hozott.

Az öntvehengerlő technológiák három évig önmagukban jelentettek újdonságot, de indulásuktól magukban hordozták a feldolgozott félgyártmányok (hidegen hengerelt szalag, hidegfolytatási tárcsa, húzott, húzal és rúd) gyártásának lehetőségeit. Ezek technológiai fejlesztése folyamatos volt az üzem életének minden területén.

Ami különösen sajátos inotai, hogy az öntvehengerlés termékeinek felhasználóival (Állami Pénzverő, Magyar Kábel Művek) szorosan együttműködve érte el a fejlesztő szervezet, hogy a vevőkörnek minél inkább megfelelő termékminőséget tudjuk biztosítani vevőink számára.

Ugyanez az igyekezet hatotta át a további fejlesztések indításának időszakát, amikor a legnagyobb tárcsagyártó partner (MF Sirok) telephelyén és mezőkövesdi kisüzemében kísérleti üzem méretben tanulmányozhatták szakembereink a különösen újszerű felhasználás elvárásait a tárcsák felhasználása közben.

A húzalgyártás bevezetésénél kétirányú kapcsolatrendszert alakítottunk ki:

- egyrészt gépészeti finomítások, technológiai kenőrendszerek kialakítása terén dolgoztunk együtt a gyűjtve húzó gépsorainkat szállító DIGÉP szakembereivel. (A gépi finomítások azért voltak szükségesek, mert a gépsorokat alapvetően vas-huzalok gyártására fejlesztették ki, a sokkal lágyabb alumíniumhuzalok felületén a húzódobok hibái sérüléseket okoztak. A gyártó szívesen vette a közös fejlesztő munkák révén előállított finom felületű húzódobok kedvező fogadtatását más vevők vásárlásainál.);
- másrészt a legnagyobb termékfelhasználó (D4D Miskolc) minőségbiztosítási szakemberei segítségével tudtuk elérni azt a felületi minő-

seget, ami a szabadvezeték-sodratok nemzetközi elvárásait hozták be az inotai gyakorlatba. (Ez abban kapcsolódik a DIGÉP együttműködéshez, hogy a már jelzett, dobiháb okozta sérüléseket közös igyekezettel sikerült kiküszöbölni.)

A jó együttműködés elismerésére példa, hogy a D4D szerződésben vállalta, hogy az általa rendelt minden új huzalmérezet teljes húzókösozokat biztosított a termelés indításának első évében. Ugyancsak példa az együttműködés értékeléséhez, hogy szakemberünk az első hónapokban részletesen tanulmányozhatta Miskolcon a húzóköcsiszolás technológiáját, így azt költségmentesen is vehettük.

Az alapcikk apró kiegészítéseként jelzem, hogy a tárcsagyártás már 1968-ban termékeket produkált a kriolitároló menti üzemszobában a PED 63 (köznyelven „Trabant”) és a svájci ESSA prés gép működése révén, s 1969-től a Tárcsaüzemben már termelt az első kilencdobos gyűjtve húzó gépsor, folyamatos háromműszakos műszaki felügyelet mellett.

A hidegalakítási technológiák fejlesztését a huzalgyártás terén fokozottan kikészített huzaltermékek (rudak, sodratok) gyártásával folytattuk, ezekben az első gépeket használt gépként vettük át (rúdegyengetőt a Rézhen-gerművektől és Csepelről, sodrógépet az UNITECHNIKA-tól, rúdhúzó padot a Kecskeméti Gépgyártól). Ezeket pl. a hegesztőpálcáknál megkívánt minőség érdekében keletnémet piacról vásárolt új egyengető gépek beszerzése követte.

A huzaltermékekből végső fázisban késztermékeket is gyártottunk (orosz gépeken alumínium anyát, szlovák szegverő gépeken szegeket, szegecseket és félautomata menetmángorlón építőipari lefogó csavarokat) 1971-től 1986-ig.

Az Alutrösztt profiltisztító szándékú intézkedése alapján e tevékenységet átadtuk a Balassagyarmati Fémipari Vállalatnak, ahol rövid próbálkozás utáni kudarcokat követően a gyártást beszüntették, a gépeket értékesítették.

Ebben az időszakban két, 36 lakásos, a korábbiaknál modernebb bérház átadásával bővültek a lakáslehetőségek.

A '70-es években 20 dolgozó csa-

ládja a vállalat segítségével – bérlőki-jelölési jogok megvásárlása révén – Székesfehérváron lakáshoz jutott. A '80-as években a tervezett 100 kt-ás kohóberuházás szakemberellátása érdekében Várpalotán két lakótelepen (Árpád utca, Szabolcska utca) kaphattak lakást a dolgozók.

A félgymártmánygyártással kapcsolatos fejlesztési lépések technológus szakembereket igényeltek, ebben a fejlődési időszakban főleg kohásztechnológusokat szerződtetett a vállalat Miskolcra és Dunaújvárosból.

Ebben az időben teljesedett ki a fiatal mérnökök elhelyezésének az a módja, hogy családostól szállóként a vállalat kezelésében lévő bölcsőde épület leválasztott épületrészében egy-egy szobát kaptak az érkező házaspárok, az épületrészben lévő vizesblokk (fürdő, WC) közös használatával. Innen belátható időn belül módjuk volt a lakótelep megüresedő lakásainak valamelyikét megkapni.

Erre az időszakra jellemző szlovák partnerek közelében ill. kezelésében lévő pályákra síturák rendszeressé válása, melynek eredményeként gyermekek nagy számban megtanulhattak síelni. A túrakra a sportkör (IGYSC) buszaival utaztak a sportköri tag családok.

Üdülési, pihenési, turisztikai lehetőségek

A vállalat indulásakor – mint a többi iparváros – államosított vagyon részeként üdülőt kapott. A káptalanfüredi, három épületből álló üdülőkomplexum (családostól és gyermek-üdülő, étterem) lehetőséget adott a dolgozók üdültetésére. Az étterem és konyha épületét néhány éven belül eladták a vendéglátóiparnak, az étkeztetést ezután étkezési jegyekkel, ill. helyszínre szállított ebédek biztosításával oldották meg. A gyermek-üdülő telkén a '80-as években konténerszállás létesítésével bővítették a gyermek-üdültetés lehetőségeit.

Az üdültetésben új színfolt lett a külföldi üdülések lehetősége (a társvállalatok dolgozói számára vonzó volt a Balaton-parti üdülés), cserelehetőségként a keletnémet partner Schobsemühle ill. Totenrode melletti, szlovák partnerünk Donovaly közelében lévő üdülőit kapták az inotaiak.

Erdei, hegyi találkozók és vállalati rendezvények helyszínét adta a kisgyóni Szociálturisztikai Központ, de a megközelítési nehézségek (mindkét megközelítési irányban kb. 40 km-re volt a vállalattól) miatt inkább csak reprezentációs célokra használták.

OMBKE élet az Inotai Alumíniumkohóban

A vállalati OMBKE csoport 1954 szeptemberében alakult, tagsága szűken vett szakmai kötődésű, főleg kohász és vegyész szakemberekből állt.

Az első években 2-4 szakmai rendezvényük után a lendület elfogyott, rendezvényről tudósítás 1959-ig nincs, ezután tíz évig a kezdeti évekhez hasonló aktivitásról vannak írásos dokumentumok.

A félgymártmánygyártással egy időben a szakmai munka mellett a tagtörzsis is eredményesebbé vált. Az 1972-es 31 fős létszám 90 fölé nőtt 1995-re. (Vonzóvá vált OMBKE tagnak lenni, ez lehetőséget adott bel- és külföldi társvállalatok évenkénti rendszeres látogatására.) A taglétszám növekedése együtt járt a szélesebb szakmai merítéssel, sok gépész, építész, vegyész és adminisztratív dolgozó – elsősorban tagtársaink családtagja – vált egyesületi taggá.

Az egyesületi élet a hazai OMBKE szervezetekkel szakmai és szakestélyi kapcsolatokkal erősödött, de rendszeressé vált a selmecebányai Szalamander ünnepségeken a szervezett részvétel is. Ebben az időszakban tettünk szert szakestélyi kupáinkra, szintén nem volt rendezvény szakestély és kupa nélkül – többen tartunk nagy becsben 50-100 darabos feliratos kupagyűjteményt ezekről a rendezvényekről. Ma ez már sajnos nem jellemző a rendezvényekre.

Különös gondot fordítottunk a kohász felsőfokú oktatás intézményeivel való kapcsolattartásra (Miskolc, Dunaújváros), s eredményesebb szervezéssel rendszeressé tettük az országos szervezésű Bányász – Kohász – Erdész Találkozón részvételünket.

Mindezeket a kiegészítéseket az emlékezés szándékával tettem, tartva, hogy aki a múltnak nincs birtokában, a jövőben sem tud helyes irányt tartani.

Gál János

Irodalom

- [1] *Szűcs Zoltán*: INOTA és az alumínium 60 éve, BKL Kohászat 145. évf. 2. sz.
- [2] 50 éves az inotai alumíniumkohászat 1952–2002, Jubileumi kiadvány (OMBKE inotai helyi szervezete)
- [3] *Láng József*: Az Inotai Alumíniumkohó 40 éves története, kézirat 1992. augusztus
- [4] A magyar ezüst története HUNGALU Magyar Alumínium Rt. kiadványa 1997
- [5] *Pálovits Pál*: Magyarország alumíniumkohászata, Magyar Alumíniumipari Múzeum kiadványa, 2002
- [6] *Ferling György*: Nevezetes dátumok és történések az inotai elektrolízis indulásainak éveiben, előadás az OMBKE inotai szervezete szakmai napján, 1992
- [7] *Molnár Imre*: Az Inotai Alumíniumkohó műszaki fejlődése. ICSOBA, Bp. 1969

Emléktábla-avatás a volt Csepeli Fémműben

Ebben az évben a második emléktáblát avatta fel a Fémkohászati Szakosztály Csepelen. 2013 júniusában öntött alumíniumtáblát helyeztek el az első hazai alumíniumkohó épületének falán a négy magyar alumíniumkohó működésének emlékére.

2013. szeptember 20-án a hazai színesfémkohászatra emlékezve a Fémkohászati Szakosztály és a Csepeli Fémmű Baráti Kör tartott táblaavató ünnepséget.

A rendezvényre a résztvevők az egykori Csepeli Fémmű egyetlen még működő üzemében – a régi Kísérleti üzemben – a jelenlegi Schmelzmetall Hungária Kft.-nél találkoztak. A gyülekezés idején a Csepeli Fémműről készült videofilmeket vetítettek. A megjelenteket a házigazda *Varga Ferenc*, a Schmelzmetall Kft. ügyvezetője köszöntötte. Külön üdvözölte az OMBKE vezetése részéről megjelent *dr. Tolnay Lajos* tiszteleti elnököt, és *dr. Kékesi Tamás* egyetemi tanárt, a Miskolci Egyetem új rektorhelyettesét.

Ez után *Balázs László* tartott előadást „A Csepeli Fémmű története” címmel, ami a lap 40. oldalán olvasható.

Az előadást követően a mintegy 40 résztvevő a volt igazgatóság épületéhez vonult.

A rézből készült gravírozott táblánál a szervezők képviseletében *Balázs Tamás*, a Fémkohászati Szakosztály alelnöke röviden ismertette az emléktábla történetét.

„Alig több mint három hónappal ezelőtt, itt a gyártelepen avattuk fel az első magyar alumíniumkohó, és a későbbi négy magyar alumíniumelektrolízis-üzem emlékére elhelyezett emléktáblát.

Természetesen akkor már az érintett fémkohász tagtársakkal tudtuk, hogy a Csepeli Fémmű emléke is megköveteli a hasonló megemlékezést. Bár a kerületben található Fémmű utca, a közös véleményünk az volt, hogy a gyárról itt, ahol a tevékenység döntően folyt, kell emléket állítani.”

Ismertette, hogy az avatás létrejöt-

tében *dr. Albert Béla*, a KME Hungária Színesfém Kft. ügyvezetője *Róna Gáborral*, a Martin Metal Product Kft. ügyvezetőjével közösen biztosította a rézlemezt. A gravírozási munkák költségeit *Májér Péter*, a Májér Kft. tulajdonosa vállalta. A rendezvény vendéglátási költségeit *Varga Ferenc*, a Schmelzmetall Kft. ügyvezetője állta.

Az emléktábla avatóbeszédét *Horváth Csaba*, a volt Csepeli Fémmű műszaki vezérigazgatója tartotta. Beszéde a lap 42. oldalán található.

Ezt követően a helyszínen csoportképek készültek, majd az egybegyűltek az elektrolízis üzem falán elhelyezett alumíniumos emléktáblát is megtekintették.

A Schmelzmetallhoz visszaérkezésén pohárköszöntőt mondott *dr. Tolnay Lajos* és *dr. Kékesi Tamás*. A koccintás után a vendéglátó jóvoltából kulináris öröme mellett barátságos beszélgetések folytak a „kertkapcsolatos” üzemenrészben.

 BT

A Csepeli Fémmű története

Tisztelt Hölgyeim és Uraim, Tagtársak és Vendégeink!

A *Weiss Manfréd* által 1892-ben alapított gyár részeként 1896-ban indult meg a Fémmű üzemének működése. Elsőként a fémöntés és hengerlés, amelyek ekkor elsősorban a lőszergyártást szolgálták. Az 1900-as évek elején ezt követte a huzalhengerlés és a húzás elindítása. 1907-ben már megkezdődött a nikkelolvasztás is. Ekkor már termelt a tűzi rézfinomító-üzem, amely 1915-ben kiegészült az elektrolízises finomítással. Az 1910-es években épült ki a cső- és rúdgyártás

a hozzátartozó présekkel, valamint a szalaghengerde is. A Fémmű egyik legnagyobb műszaki teljesítménye az első világháború alatt a tengeralattjáró-periszkópcső gyártása volt.

Az 1920-as évektől kezdődően beindult a nehézfém formaöntészet, az ónfólia-, a horganylemez- és az ólomlemez-gyártás. Az 1930-as évek legfontosabb beruházásai az alumínium jegyében zajlottak, az alumíniumelektrolízis bevezetését követően kiépült a kapcsolódó tuskóöntési, sajtolási, hengerlési és huzalgyártási kapacitás, a hozzátartozó hőkezeléssel együttesen. Ezzel párhuzamosan

létesült a könnyűfém formaöntészet az autó és a repülőgépipar részére. A Fémmű termelése 1940-ben elérte az éves 30 000 tonnát, amelynek több mint felét a színesfém tette ki.

A második világháború folyamán a Fémmű jelentős károkat szenvedett, de az 1950-es évek elejére a termelés már meghaladta az 1940. évi kiemelkedő szintet. A Fémmű életében az 1960-as évektől komoly fejlesztések indultak. Ezek célja a híradástechnika, műszer- és villamosipar által igényelt különleges tulajdonságokkal bíró félgyártmányok, az ún. finomkohászati anyagok termelésére való felkészülés,

valamint az ehhez kapcsolódó kutatási és anyagvizsgálati feltételek megteremtése volt. Az évtized végére megvalósult a cső-, rúd- és huzalgyártás korszerűsítése, az OFHC-réz és a sárgaréz tuskógyártást beleértve, valamint az acélszalag-hengerde fejlesztésének első lépcsője. Ebben az időszakban került a gyár profiljába a hegesztőelektróda- és fedőporgyártás is. Az 1960-as évek végére az éves termelés meghaladta a 90 000 tonnát.

A következő nagyobb fejlesztés az 1970-es évek második felében valósult meg. Az új fémszalag-hengerde létesítése, a vízszintes szalagöntőgépekkel felszerelt fémöntőde, a Mórton létesült ESAB licencre alapuló hegesztőelektróda-gyár, az acélszalag-hengerde fejlesztésének második lépcsője, az új General Electric licen szerinti hengerhuzalgyártó üzem, a vákuumöntőde fejlesztése a Fémműt európai, de talán világszínvonalú gyárrá tette. A vállalat termelése az évtized végére meghaladta az évi 110 ezer tonnát úgy, hogy az alumínium termékkör jelentős része átkerült az erre specializálódott új gyárakhoz.

Az 1980-as években a központi fejlesztési lehetőségek erősen visszaestek. Ennek ellenére sikerült megvalósítani a tűzi rézfinomítás és elektrolízis korszerűsítését, a hidegplattírozás megteremtését és több kiegészítő minőségjavító és környezetvédelmi fejlesztést. Az évtized végére érte el a korábbi korszerűsítések eredményeként a gyár a legnagyobb éves értékesítést, amelyet az alábbi számok is jellemeznek: elektrotechnikai és normál acélszalag 22 000 t, DFMC réz hengerhuzal 28 000 t, színesfém rúd 9 000 t, színesfém cső 5 000 t, színesfém és egyéb huzal 2 500 t, fémszalag 10 000 t, hegesztő anyagok 30 000 t.

Az ismertett számok nagyságrendjét mutatja, hogy jelenlegi áron a termelési érték meghaladná a 120 milliárd forintot, azaz a 400 millió eurót.

Az előzőek a technikai fejlesztésekről szóltak, de a teljesség igénye nélkül meg kell említeni az 1960-as évektől intenzívvé vált gyártmány- és technológiafejlesztés néhány eredményét is.

1960-as évek: FeNi36 kis hőtágulású (invar) ötvözet, üvegbe forrasztható ötvözetek (Vd 50, Vd90 stb.), rúd és tárcsa kiválóan keményíthető ötvözetekből (CuCr, CuCoBe,

CuCoBeTi, CuTi, CuNiBe), alpakka csövek, fűtőellenállás huzalok (NiCr60, NiCr80), speciális mágneses tulajdonságú acélszalagok (dinamó, fermax, permalloy stb.), sárgaréz lapos huzalok hűzőzár céljára, nagy korrózióállóságú sárgaréz csövek (KSr70, KSr77), mikrohullámú sárgaréz tápvonal csövek, sárgaréz zárprofil rudak, speciális hegesztőelektródák (saválló, hőálló, kopásálló anyagokhoz), homokmagos nehézfém kokillaöntvények, a Germanischer Lloyd előírásainak megfelelő ötvözetű hajócsavar.

1970-es évek: kiválóan keményíthető ötvözetű rúd és tárcsa (CuCrZr, CuCoSi), vízszintes folyamatos kristályosítással előállított, hidegen továbbhengerelt színesfém szalagok (CuSn, CuZn, CuZnNi stb.), koaxiális kábelekhez alkalmazható rézszalag, lakkozott dinamószalag, nagy tisztaságú oxigénmentes, nagy vezetőképességű DFMC réz hengerhuzal, PAN-ELEKTRODE kézi ívhegesztő elektróda gyártmánycsalád.

1980-as évek: CuNi25 pénzérmeszalag, speciális hegesztő és felrakó hegesztőelektródák, biometal biológiai felhasználású szuperötvözetek, DFMC-Ag rézhuzal, bevonatos installációs részcsövek, nagy falvastagságú ún. lyukas ólmos sárgarézrudak, fémüvegek.

Biztos, hogy ez a felsorolás hiányos, de talán reprezentálja a Fémműben elvégzett igen széles körű műszaki, termékfejlesztői tevékenységet, amelyet a legtöbb esetben gyártás és piaci elismertség követett.

Az 1990-es években a rendszerváltás és a jelentős gazdasági változások ellenére a Fémmű a csepeli nagyvállalatok közül a legtovább maradt talpon. Természetesen jelentős változásokon ment keresztül, de a 2003-ban bekövetkezett felszámolásig az alapvető félgyártmány profilt megtartotta. Bár a felszámoló a fémszalaggyártást újraindította, de megfelelő befektető hiányában ez is véglegesen megszűnt. Így a gyár múltjára csak a korábbi kivált móri ESAB hegesztőanyaggyár, valamint a vendéglátó, a korábbi kísérleti üzem és vákuumöntőde utódja, a Schmelzmetall Hungária Kft. emlékeztet.

Úgy gondolom, a történet nem lenne teljes, ha nem szólnék a gyár műszaki fejlődéséhez alapvetően

szükséges szakembergárda kiemelkedő képviselőiről. A következőkben bemutatott szakemberek kiválasztásához *Horváth Csaba* tagtársunk 2011-ben elhangzott előadása adott segítséget.

– *Dr. Becker Ervin:* az alumíniumkohászat megalapítója, az alumíniumkohó tervezője, megépítője, 1945-ig vezetője.

– *Deniflée Sándor:* az alumínium féltermék és fóliagyártás megteremtője, 1945-ig főmérnök, majd igazgató, 1950–1957 között műszaki igazgató a Fémműben.

– *Jakóby László:* 1927–1931 között a fémöntőde vezetője, az első nyomásos öntőgép telepítője, a korszerű alumíniumöntészet alapjainak megteremtője.

– *Solti Márton:* 1932–1945 között a fémöntőde vezetője, Európa egyik legkorszerűbb alumíniumöntődjének megteremtője.

– *Dr. Geleji Sándor:* a tűzi rézfinomítás egyik világszabadalmának kidolgozója, 1945–1950 között műszaki igazgatóként, majd igazgatóként az újjáépítés vezetője.

– *Balázs Fülöp:* Az 1950-es évek végén meginduló intenzív fejlesztés irányítója, a színesfémkohászati kutatóbázis egyik megalapítója, a híradástechnikai anyagok fejlesztésének és gyártásának megteremtője.

– *Dr. Stefán Mihály:* 1962–1972 között műszaki igazgatóként, majd 1975-ig igazgatóként a Fémmű fejlesztésének és korszerűsítésének meghatározó egyénisége. 1975–1983 között a Csepel Művek műszaki vezérigazgató-helyettese.

Emlékezzünk rájuk, valamint arra a sok-sok ezer munkavállalóra, szellemi és fizikai dolgozóra, akik részt vettek a magyar színesfémkohászat működésében. Természetesen ennek a múltnak – és sajnos csak a múltnak – az itt résztvevők jelentős része is aktív szereplője volt. Úgy gondolom, hogy az emléktábla a Fémmű történetének méltó lezárását jelenti. Az emlékek megmaradnak, és a szakmai tapasztalatok sem mennek veszendőbe.

Végezetül Hérakleitosz egy gondolatával zárom mondandómat:

„Minden nap megszűnik valami, amiért az ember szomorkodik, de minden nap születik valami, amiért érdemes élni és küzdeni.”

Balázs László

Emléktábla-avató

Tisztelt Hölgyeim és Uraim, kedves Kollégák, volt Munkatársak!

Köszönöm a szervezők felkérését a Fémű emléktáblájának a felavatására.

Egyúttal szeretném megköszönni a szervezőknek és kivitelezőknek, hogy a magyar színesfémkohászat legnagyobb vállalata emlékének megőrzésére kezdeményezték emléktábla elhelyezését és megalkották azt.

Az előttem szóló Balázs László részletesen ismertette a Fémű történetét. Az általa felsorolt tények indokolják, hogy emléket állítsunk a vállalatnak és azoknak a szakembereknek, akik alapvetően hozzájárultak a fejlődéséhez, sikereihez.

A Csepeli Fémű sikereinek titka az az innovatív alkalmazkodás volt, ahogy a működése során a gazdasági környezethez és a technikai fejlődéshez igazodott, és biztosította a hazai feldolgozóipar igényeinek kielégítését.

Erre néhány példát szeretnék megemlíteni. Ismert, hogy az első világháborút követően Magyarország elvesztette rézbányáit. Az így jelentkező alapanyag-ellátási problémák hozzájárultak ahhoz, hogy a Weiss Manfréd gyár is az egyre fontosabb szerepet játszó fém, az alumínium felé forduljon. Létrehozta az alumínium féltermékgyártó vertikumot, majd az ország első alumíniumkohóját. A repülőgépgyártás magas fokú igényeit kielégítő korszerű alumínium formaöntődt is létesített. A Féműben a 30-as, 40-es években az alumíniumgyártás technikai színvonala magasabb volt, mint a rézkohászaté.

A második világháború óriási pusztítást végzett a Féműben is. Az ostrom után a gyár vezetői minden lehetőséget megragadtak a munka beindítására még úgy is, hogy termék nem esett a gyár profiljába. A háborút követően a budapesti házak nagyrészt ablak nélkül álltak. 1945-ben két fiatal mérnök: a gépgyár egyik tervezőmérnöke, Baritz Árpád és a féműs Rösner Béla megbízást kapott arra, hogy a Féműben a romos formaöntőde északi részén egy síkúveggyárat létesítsen. Ez 1946-ban üzembe is állt és 1949-ig jelentősen hozzájárult a budapesti ablakok és kirakatok beüvegezéséhez. 1949-ben

Ezen a területen működött a Weiss Manfréd alapította Fémű, a hazai színesfémkohászat legnagyobb vállalata. A gyár több mint 110 éves működése során sok tízezer embernek adott munkát. Az itt dolgozó szakembereknek köszönhetően az alkalmazott technológiák a kor legmodernebbjei közé tartoztak, és sok esetben világhírességek számítottak. A réz-, nikkell-, alumínium- és acélötvözetekből készült öntvények, szalagok, lemezek, rudak, csövek, valamint huzalok a világ minden részére eljutottak, és kiemelt jelentőségük volt a hazai ipar fejlődése szempontjából is.

A magyarországi színesfémkohászat és az itt dolgozó szakemberek emlékének állította 2013-ban az:

***Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület
Fémkohászati Szakosztály
és a
Csepeli Fémű Baráti Kör***

aztán átadta helyét az újjáépülő formaöntődének.

Azt követően, hogy a szovjet csapatok visszaadták a magyar állam kezébe a gyárat, megindult a kohászati vertikum intenzív újjáépítése is. Ebben ismét prioritást élvezett az alumíniumgyártás, miután 1946-ra sikerült az alumíniumkohó egy részét beindítani. A rézhiány miatt a réztermékek gyártása csak lassabban állt helyre. Előnyt biztosítottak az alumínium féltermékgyártás fejlesztésének a rézfelhasználást korlátozó kormányzati rendelkezések is.

1948-ban létrejött a Steyr–Puch gyárral a licencmegállapodás és a szigetcsentmiklósi egykori repülőgépgyár helyén megépült a Csepel Autógyár, amelynek alumíniumöntvény-ellátását a Fémű formaöntődeje biztosította. Ez jelentős előrelépés volt, mert a licencben előírt öntvényminőséghez egy korszerű öntőde kellett. Így született újjá az alumínium formaöntés, ahol a metallurgia, a formázás, magkésztés, hőkezelés az akkori legkorszerűbb technikával és technológiával történt. Minden forgattyúház öntvényt röntgenvizsgálattal is ellenőriztek. Az alumínium öntvénygyártás fejlődését hosszú évekig az ún. dízelesítési program határozta meg. Majd – miután a motorgyártás áttért az öntöttvas karterek használatára, fokozatosan megszűnt.

A réz alapanyag-ellátás javításához nagy mértékben hozzájárult, hogy a Fémű szakembereinek – itt elsősor-

ban Nagy Tibor nevét kell megemlíteni – sikerült megoldaniuk a háború során az országban felhalmozódott, „tombakkal” plattírozott acélhulladék feldolgozását ammóniás elektrolízis segítségével. Akkoriban a Féműben a jelenlegi étterem és MEO épület helyén három emelet magasságú ún. tombakhegy volt, amelynek a feldolgozása egészen 1957-ig tartott. Az ilyen módon visszanyert réz mennyisége több mint 6000 tonnát tett ki. E mellett mintegy 60 000 tonna acélhulladékot is feldolgozhatóvá tett.

Az 1957-et követő időszak döntő változásokat hozott a Fémű számára. Akkor születtek meg azok a határozatok, amelyek a magyar műszer és híradástechnikai ipar fejlesztését tűzték ki célul, és a Féműt jelölték ki az alapanyagok termelésére. Ez nemcsak a hagyományos színesfém félgyártmány-előállítási technológiák korszerűsítését tette szükségessé (színesfém-, szalag-, cső-, rúd-, huzalgyártás), hanem egy sor speciális, többnyire csak vákuumos és védőgázas technológiával előállítható ötvözet, az ún. finomkohászati termék gyártásához szükséges berendezések üzembeállítását is.

Az új gyártmányok és gyártástechnológiájuk kikísérletezéséhez létre kellett hozni egy jól képzett szakemberekből álló kutatási-kísérleti bázist. Ez 1957-ben Garai László vezetésével Balázs Fülöp főtechnológus irányítása mellett meg is született. Az első labo-

ratórium annak az épületnek a pincéjében volt, ahol most az emléktábla áll. A kutatócsoport három mérnökből állt: *Kiss Tiborból, Katona Évából és Mucsi Endréről.* Ebből fejlődött ki az a kísérlet-kutatási központ és kísérleti üzem, ami most is – igaz más név alatt – mint termelő üzem eredményesen működik.

Közben egymás után nőttek ki a hajdani „tombakhegy” és a homokdűnék helyén az új üzemek: a folyamatos öntőmű, az új cső- és rúd húzó, a fémöntőde, a Fémű közepső részén az új acélhengermű a vákuumöntőde, a pácoló, majd a dip-forming üzem. Mivel Csepelen már több hely nem volt, a móri gyáregységben megépült egy magas fokozatú automatizált berendezésekkel működő hegesztőelektróda-gyár is.

A fejlesztés eredményeként a

Fémű gyártási profilja teljesen megváltozott. Az alumínium féltermékgyártás fokozatosan megszűnt, és egy technikailag korszerű, széles skálájú színesfémkohászat jött létre.

Elmondható, hogy a Fémű fejlődésében két kiemelkedően sikeres időszak volt: az első a harmincas években, ami az alumíniumhoz, a második a '70-es–80-as években, ami a színesfém féltermékgyártáshoz kötődött.

A fejlesztés eredményeként 1975 és 85 között a termelés megháromszorozódott, a termelékenység évi 15 t/fő-ről 50 t/fő-re emelkedett. Olyan új technológiák honosodtak meg, mint a vákuumolvasztás, a vízszintes folyamatos szalagöntés, a dip-forming rendszerű rézhuzalgártás, és a védőgázos fényes hőkezelés.

Volt olyan időszak, amikor ez a gyár 4500 főnek adott munkát, nyúj-

tott biztos megélhetést. Sok olyan család volt, ahol generációkon keresztül ebben a gyárban dolgoztak a család tagjai. Sok dolgozó a gyár támogatásával szerzett magasabb iskolai végzettséget, lett mérnök, közgazdász vagy szerzett tudományos fokozatot.

A múlt évszázad végén bekövetkező világpolitikai és az azt követő gazdasági változások hatására a Fémű helyzete megrendült. Nem sikerült alkalmazkodnia azokhoz a kihívásokhoz és gazdasági feltételekhez, amelyek az új piaci környezetben és gazdasági rendben jelentkeztek. Szomorúan, de tudomásul kellett venni, hogy a több mint száz éves sikertörténet fordulatot vett és véget ért.

Ez az emléktábla is őrizze emlékét e gyárnak és dolgozóinak!

Horváth Csaba

XIV. Fémkohászati Nap Miskolc, 2013. november 15.

A Miskolci Egyetemen rendezték meg a soron következő XIV. Fémkohászati Napot, amit az OMBKE Fémkohászati Szakosztály és az Egyetemi Osztály szervezett.

A konferenciát *dr. Török Tamás* egyetemi tanár házigazdaként nyitotta meg, majd *dr. Gács Zoltán* dékán a miskolci egyetemi aktualitásokról számolt be.

Az alumíniumiparból az Alcoa szakemberei (*dr. Kórodi István, Horváth Csaba*) „A legjobb öntődei praktikákról” tartottak előadást. Ezt követte egy nemesfém-kohászati, történelmi visszatekintés a Metal-Art-ból, *Bánki Sándor* részéről. A sárgaréz kovácsolás és öntés-modellezés témájában *Dobóczy István* (Teka Magyarország, volt

MOFÉM) tartott prezentációt. A Miskolci Egyetemről a többalkotós alumíniumrendszerek likvidusz-hőmérsékletének számításáról (*dr. Mende Tamás*), valamint az elektronikai felhasználású önbevonatos rétegek vizsgálatáról (*Radányi Ádám, Lassú Gábor*) szolt előadás. Végezetül az Auren cég képviseletében többek között különleges olvasztó berendezéseit mutatta be *Tóth Péter*.

Az esti programban a mini rézfúvós-hangverseny előtt pohárköszöntőt mondott *dr. Török Tamás*. A szakmai nap zárásaként új ötlettel álltak elő a szervezők: jóízű vacsora mellett szakmai beszélgetések zajlottak tematikus asztalok mellett. A szakmai „kerekasztalok” témakörei a következők voltak:

„Alumínium félgyártmányok”, „Alumínium formaöntészet”, „Nehézfémkohászat”, „Fémhulladék előkészítés és feldolgozás – másodlagos alumíniumipar”, „Anyagvizsgálat, minőségbiztosítás”. A beszélgetések résztvevői ipari szakemberek, egyetemi oktatók és hallgatók voltak.

A rendezvényen – amit a következő cégek támogattak: FÉMALK, MÜGU, GLOB METAL, TEKA, GREENMETAL, SCHMELZMETALL, METALEX 2001, ALCOA, DENSO, EBA – mintegy 80 fő vett részt.

A konferencián résztvevők megállapodtak, hogy jövőre meg fogják rendezni a jubileumi XV. FÉMKOHÁSZATI NAPOT Miskolcon.

bt



■ A konferencia résztvevőinek egy-egy csoportja



■ Az ME Zeneművészeti Intézetének növendékei

DOBRÁNSZKY JÁNOS

Az értágítóbetétek anyagainak fejlődése

A precíziós megmunkálások egyik szép példáját képviseli a sztentek gyártása. Ebben az aprócska eszközben komoly mérnöki és orvosi tapasztalat és kutatási erőfeszítés összpontosul az alapanyag metallurgiai és gyártási tulajdonságaitól, az implantátum használatra kész állapotának kialakításáig. A szerző összefoglalja az alig egy emberöltővel ezelőtt megszületett sztentek anyagainak és gyártásának – benne a hazai vonatkozásoknak – a legfontosabb elemeit.

Bevezetés

A verőerek szűkülete a jóléti államokban az egyik leggyakoribb népbetegség. A koszorúér-szűkület azt jelenti, hogy az érfal belső részén lerakódások, ún. plakkok jönnek létre; ez a betegség közvetlen megjelenési formája. A lerakódások idővel elhalnak, elmeszesednek, csökkentve az erek keresztmetszetét és rugalmasságát. Az érszűkületek főleg a szív és az agy verőerein, de a perifériás ereken is egyaránt jelentkezhetnek. Amikor az érszűkület a szív oxigénellátását biztosító koszorúerek valamelyikében jelentkezik, az a szívizmok elhalását, vagyis szívinfarktust okoz.

A koszorúér-szűkületek gyógyításának hagyományos módszere a gyógyszeres kezelés és az elzáródott érnek az áthidalása nagy szív műtéttel. Az 1980-as években születtek meg azok a forradalmian új módszerek, amelyek célja a keringés helyreállítása olyan egyszerű eljárásokkal, amelyek csak egészen apró beavatkozások a nagyműtétekhez képest. E módszerek a különleges eszközöknek és anyagoknak köszönhetően terjedhettek el.

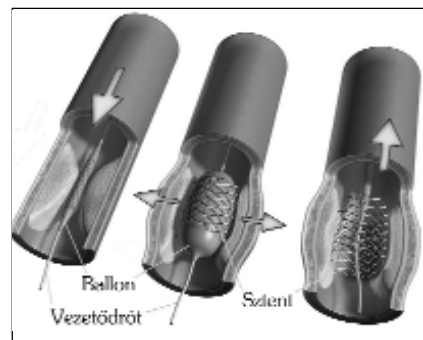
A kisműtétes értágítás – másként:

Dobránszky János 1986-ban szerzett gépészmérnöki oklevelet a BME-n. Jelenleg az MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoportban dolgozik, egyik kutatási témája a biokompozitok.

minimálinvázív angioplasztika – első lépéseként felfújható ballonban végződő katétert vezetnek az érszűkülethez, majd felfújva a ballont, előtágítják az eret. A jelenleg legfontosabb értágítási módszer a sztent beültetése, amelyet az előtágítás után egy másik ballonkatéterrel juttatnak el a tágítandó érszakaszba. A ballontra krimpelt, hengerpalástot formázó, fémháló szerkezetű értágítóbetétet (elterjedtebb nevén: a sztentet) betolják az érszűkületbe, majd a sztentet hordozó ballonkatéter felfújásával kitágítják azt az 1. ábrán vázolt módon. A fémes anyagú értágítóbetétek véglegesen bennmaradnak az érben, nem engedik visszarugózni az érfalat, a felszívódó anyagból készült sztentek pedig fokozatosan felszívódnak. A nagy szilárdságú anyagból készített, nagyrugalmasságú hálós szerkezeteket öntáguló sztentek céljára alkalmazzák, főleg a nyaki fővérőében.

Az értágítóbetétek anyagai

A világon az első sztentek az 1980-as évek végén kerültek forgalomba. A Schneider cég *Wallstent* néven hozta forgalomba nagyszilárdságú Co-Cr-Ni-Fe-Mo-Mn ötvözet alapanyagú huzalból készült termékét. Ezt az ötvözetet – amelynek a legismertebb márkanevei az Elgiloy, a Phynox, a Conichrome – még ma is alkalmazzák az öntáguló sztentek anyaga-



1. ábra. A sztentbeültetéssel végzett értágítás jellegzetes szakaszai

ként. A műszaki jellemzőket meghatározó szabványokban a jelölésük: ASTM F 1058, illetve ISO 5832-7. Az Elgiloy szilárdságára jellemző adat a folyáshatár, amely 20%-os hidegalakítás után eléri a 960 MPa-t, 85%-os hidegalakítás után akár ennek a kétszeresét is meghaladja; igaz, a nyúlása ekkor már csak 1%.

A legutóbbi évekre a Co-ötvözetek váltak a ballonos tágítású sztentek elsősorú alapanyagává is, de nem az Elgiloy, hanem két másik ötvözet: az L-605 (másként Haynes-25, Stellite 25 vagy ASTM F90), valamint az MP35-N (másként Biophase, Protasul-1 vagy ASTM F 562). A ballonos tágítású értágítóbetétek képlekenyen jól alakítható alapanyagokat igényelnek, hiszen a hálós hengerpalást jellegű szerkezetet 1 mm-es átmérőről 2–4 mm átmérőre tágítják fel. Ennek megfelelően a lágyított állapotú L-605 ötvözet folyáshatára 470 MPa, nyúlása meghaladja az 50%-ot.

Az 1990-es évek elejétől a 2000-es évek közepéig az elsődleges sztent alapanyaggá a kereskedelmi néven leginkább 316LVM-ként ismert auszteni korrózióálló acél vált. Jó néhány más anyag is megelőzte vagy kísérte a ballonos tágítású sztentek eme, még ma is nagy jelentőségű alapanyagának a korszakát [1]. Ilyen



■ 2. ábra. Az korszerű sztentekkel kapcsolatos elvárások

sztentanyag volt az arany (pl. a magyar K&M cég Tentaur sztentje), a tantál (Medtronic: Wiktor Stent), a 90Pt–10Ir ötvözet (Angiodynamics: AngioStent) és a nióbbium (Inflow Dynamics: Star-flex).

Az 1990-es években világszerte felgyorsult a sztentek beültetése, és a klinikai tapasztalatok alapján újabb elvárások fogalmazódtak meg az orvosok részéről a sztentekre és azok alapanyagára vonatkozóan. A véredényekbe implantált eszközök esetében kialakult a *haemokompatibilitás* fogalmköre és a korszerű sztentekkel kapcsolatos elvárások együttese, amelyeket a 2. ábra szemléltet. E követelményeket egyszerre még elméletileg sem lehet kielégíteni semmilyen anyaggal, ráadásul a klinikai tapasztalatok alapján folyamatosan újrafogalmazódnak maguk a követelmények is.

Az elmúlt 20 év tendenciáit elemezve a következő anyagválasztási mérőföldkövet lehet meghatározni az értágítóbetétek alapanyagainak fejlődésében.

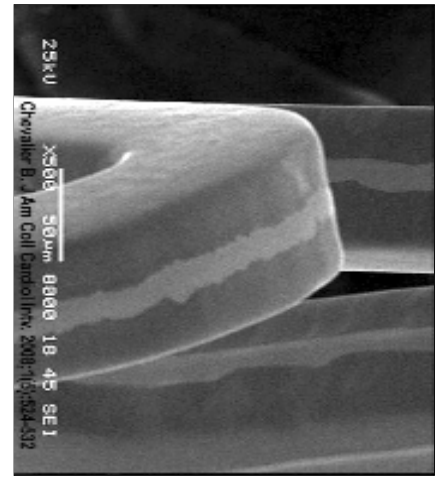
- a) Az 1990-es évek közepére eltűntek a kis szilárdságú fémek, a tantál, a nióbbium és az arany; ez utóbbi még bevonatként is.
- b) Az 1990-es évek közepére meghatározó lett az ausztenites acél. Ennek C-tartalma 0,02%, fő ötvözői: 18% Cr, 14% Ni, 3% Mo. Szabványai és különféle szabványos jelölései: MSZ EN ISO 5832-1, ASTM F 138, 316L, 316LVM, UNS S31673, DIN 1.4441, X2CrNiMo 18-14-3, X2CrNiMo18-15-3.

c) A tömeggyártásból néhány kivétellel (Driver, Tentaur, Horus) eltűntek a huzalból készült sztentek, általánossá vált a csőből lézersugaras vágással végzett gyártás.

d) Az ezredfordulótól egyre terjedtek a Co-ötvözetek: főként az L605 (51Co-20Cr-15W-10Ni-1,5Mn) és kisebb mértékben az MP35-N (35Co-35Ni-20Cr-10Mo).

e) Az öntáguló sztentek céljára a szuperrugalmas állapotú, ezért öntáguló sztentnek nagyon alkalmas Nitinol (55,8% Ni és 44% Ti ötvözet, amely ún. alakemlékező ötvözet) egyre nagyobb teret kapott a 2000-es évek közepétől. Az öntáguló sztentekhez a Nitinol nagy pontosságú cső előgyártmány formában rendelkezésre áll, lézersugaras vágása és az ezt követő polírozása hosszú kutatófejlesztő munka után megoldódott.

f) Ugyancsak az ezredfordulótól kezdődően intenzív kutatások indultak alternatív anyagokért. Ezek fő céljai: a nikkeltrombogás és allergén hatásának elkerülése, szemcsefinomítás a tágulási jellemzők és a flexibilitás növelésére, végül a röntgensugaras láthatóság növelése. A Ni-mentes acélok első jelöltje, a Biodur 108 rozsdamentes acél (Fe-21Cr-23Mn-1N-0,7Mo-0,3Ni) nem vált be, mivel nem sikerült megoldani a nagy pontosságú cső gyártását belőle. A 6% platint tartalmazó PERSS[®], más néven IVT 78 ötvözet (az egykori: IVT Stent anyaga) a sztenttel együtt ugyancsak eltűnt a palettáról.

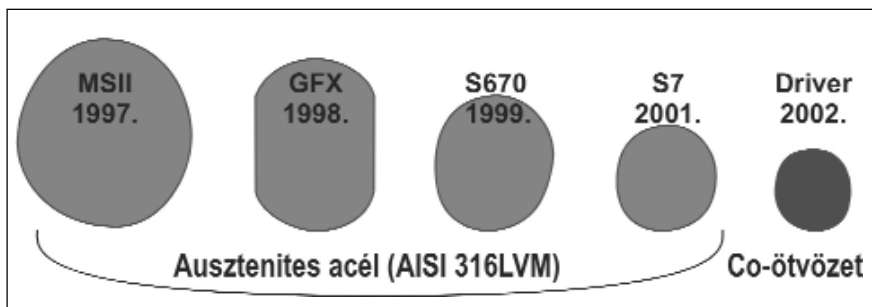


■ 3. ábra. A ZoMaxx sztent bordája oldalról nézve: a középső réteg nagy röntgensugár-elnyelésű tantál [4]

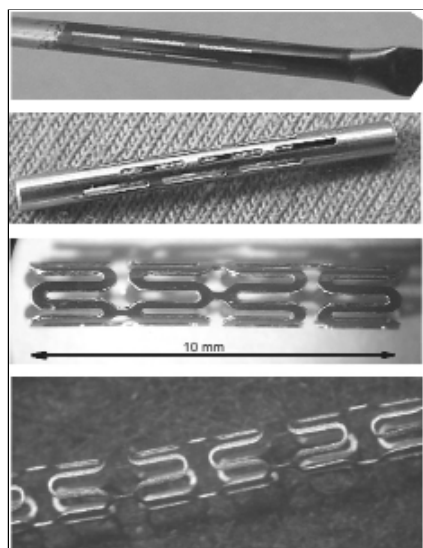
g) Sokéves fejlesztés után 2009-ben megjelent – és azóta sikeresen terjed – a 9% Ni mellett 33% (!) Pt-t és 18% Cr-ot tartalmazó Fe-ötvözet, a Boston Scientific által gyártott Promus Element sztent alapanyaga [2]. Az ötvözet is, a csőgyártás is szigorúan védett a konkurenséktől.

h) Teljesen új fejezetet nyitottak a sztentek anyagai terén a felszívódó, másként biodegradálható alapanyagból készített sztentek. A főként politejsavakkal folyó kutatásokban már több nagy bejelentés történt a 2000-es évek közepe óta, de valódi áttörésről még nem lehet beszélni. Ugyanez a koncepció jellemezte a Mg-ötvözetek alkalmazását is. A Biotronic az AMS Stent anyagaként Mg-ötvözetet választott, amely nagymértékben feloldódott – lényegében elkorrodálódott – hat hónap alatt a klinikai kísérletek eredményei szerint. A vizsgált ötvözetek közül többet is alkalmasnak találtak ugyan – az Mg-1Ca, az Mg-Zn-Ca fémüveg, a Li-Al-Zr ötvözetű LAE442 és AZ91 ötvözet [3] –, de ez a 2003-ban indult kutatás végül máig sem tudott áttörést hozni.

Óriási figyelem irányult a bevonatok fejlesztésére az 1990-es évek végétől kezdve. Ezt az a felismerés motiválta, hogy a sztent fémes anyaga az alapfunkció – az érfal megtámasztása, a keringés helyreállítása és az érfal regenerálódása – után rövid idő múlva feleslegessé, sőt, olykor ártalmassá válik: a sztenten belül érvisszaszűrű-



■ 4. ábra. A Driver sztent bordakeresztmetszetének változása, balról jobbra: 200-tól 90 μm -ig



■ 6. ábra. Lézeres-litográfias, maratásos sztentek prototípusai; egy műgyegetemista, villamosmérnöki diplomázó magyar diák, Nyitrai Zsolt alkotása (BME Elektronikai Technológia Tanszék, 2002)

lés alakulhat ki. A fémionok kibocsátásának gátlására alkalmas volt a sztent bevonata, de az eredményessége ennek a koncepciónak nagyon kicsi volt. A passzív, csak gátló szerepű arany, SiC, gyémántszerű szén, foszforilkolin stb. bevonatok többnyire rövid kísérleti korszak után hamar és gyakorlatilag végleg eltűntek.

Teljesen más koncepciót képviselnek a hatóanyag-kibocsátó sztentek, az ún. DES-ek. Alkalmazásuk a sztenten belüli érvisszaszűkülés csökkentése érdekében került előtérbe. Az érfal kedvezőtlen élettani folyamatait gátló gyógyszer bejuttatására és adagolására szolgál a bevonat. A polimer bevonatok kötőrétege jellemzően PVP, PVA vagy PET. Ez a réteg hordozza a hatóanyagot, amely valamilyen véráldagsgátló vagy/és citosztatikum. A talán legnagyobb tömegben felhasznált DES-ek (a Boston Scientific Taxus sztentje) kötőrétegét, a poliizobutilén-polisztirol

(SIBS) alapú kopolimert az amerikai University of Akron kiváló magyar kutatója, Puskás Judit által vezetett kutatócsoport dolgozta ki [8].

Jól érzékelteti a kutatási erőfeszítések nagyságát az, hogy a gyógyszerkibocsátó sztentek ára a megjelenésük kezdetén (~2005) darabonként kb. 3000 USD volt, szemben az egyszerű, bevonat nélküli fémsztentek 400–1000 dolláros árával. A hatóanyagot a polimer rétegekkel együtt viszik fel, amelyek tapadása a fémhez kellően erős, ugyanakkor képes a hatóanyag tartós megkötésére és fokozatos adagolására.

Az alapanyagok mellett a sztentek gyártási módszerei is nagy fejlődésen mentek keresztül. A gyártástechnológia fejlődését – csakúgy, mint az alapanyagokét és a bevonatokét – igen erősen meghatározták a klinikai tapasztalatok. 20–25 évvel ezelőtt nagyon kezdetleges sztentek készültek: sok fém került az érbe, ami gyakran szövődeményeket okozott, ezért elkezdtek csökkenteni a sztentek anyagmennyiségét, a felület nagyságát és a vastagságát.

A röntgensugár alatti láthatóság

A sztent beültetésekor annak helyzetét az orvos a röntgenképen tudja kontrollálni, ezért nagy jelentőséggel bír a sztent röntgensugár-elnyelő képessége. Minél nagyobb a sztent anyagának átlagos rendszáma, sűrűsége és vastagsága, annál nagyobb mértékben nyeli el a röntgensugarakat, tehát jobban látható [9]. Kezdetben úgy tűnt, hogy az aranybevonat diadalut jár be a sztentek felületkezelésében: 5–10 mikron vastagságban galvanizálással hordták fel, viszont az ezredfordulóra gyakorlatilag megbukott, mivel az érvisszaszűkülések aránya megugrott.



■ 5. ábra. A fotolitográfias kémiai maratással 2004-ig gyártott IVT-szent, amely a vágóballont is feltaláló magyar orvos, Baráth Péter találmánya

A hálós szerkezetű implantátum bordavastagságának – ma ez átlagosan 70 mikrométer – folyamatosan igényelt csökkenése lerontotta a röntgensugár alatti láthatóságot. Ezt a vastagságcsökkenés okozta kedvezőtlen mellékhatást eleinte azzal védték ki, hogy Au-, Ta- és Pt-markereket hegesztettek a sztent végeire (Wilson-Cook: Zilver, illetve Medtronic: Aurora). Ennél nagyobb horderejű megoldás egyfelől a már említett, platinával való ötvözés – ugyanis a Pt rendszáma 78, így nagyon jó az elnyelőképessége –, másfelől pedig a réteges hibrid anyagok alkalmazása, amelyre példaként az Abbott 3. ábrán látható, 2006-ban kifejlesztett ZoMaxx sztentje szolgál [4].

A sztent bordavastagsága

A ballonos tágítású sztentek előgyártmánya az esetek döntő többségében cső. A cső falvastagsága szabja meg a bordavastagságot, amely jelentősen kihat a szerkezeti szilárdságra, a hajlékonyságra, a visszarugózásra és a röntgensugár alatti láthatóságra. A bordavastagság csökkentése leginkább a fémmel fedett felületet csökkenti. A bordavastagság csökkentése kedvezően járul hozzá a sztenten belüli érvisszaszűkülés megelőzéséhez. A 4. ábra a Driver sztent példáján mutatja a bordakeresztmetszet csökkenését.

A sztentek gyártási módszerei

Kezdetben, a sztentek megjelenésekor a gyártók huzalból szőtt, sodrott vagy egyszerűen csak tekercselt típusokat készítettek, de amint már szó esett róla, a ballonos tágítású sztenteknél a huzalt gyakorlatilag már teljesen felváltotta a cső előgyártmány,

amelyet lézersugaras vágással dolgoznak fel.

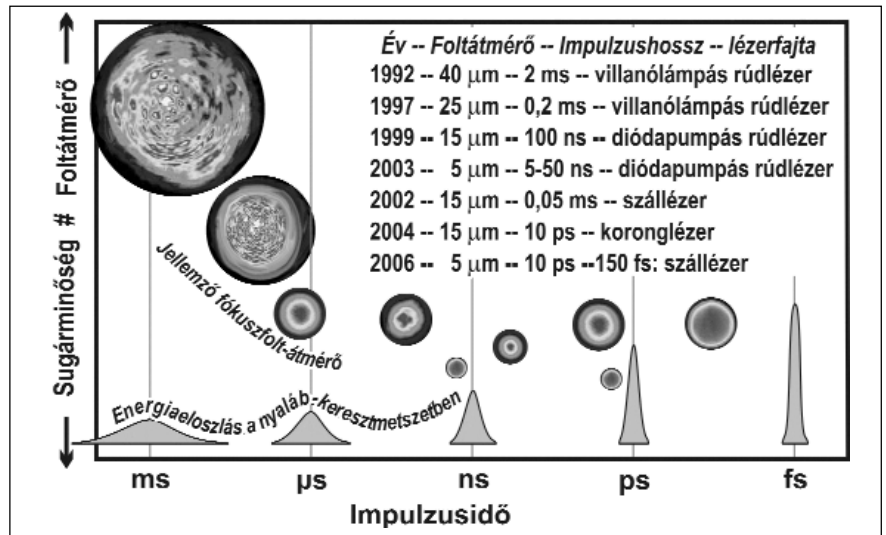
Az 1990-es évek végén az említett módszerek mellett kivételesnek számított az IVT Stent, amelyet fotolitográfiás és kémiai maratásos technológiával hoztak létre; az 5. ábrán látható, közvetlenül a ballonos tágítás utáni állapotában. Az e téren végzett hazai fejlesztőmunkának fontos szakasza volt a lézersugaras litográfiára alapozó fejlesztés, amely 2002-ben a 6. ábrán látható prototípusokig vezetett.

A sztentgyártási lézertechnológia néhány jellemzője

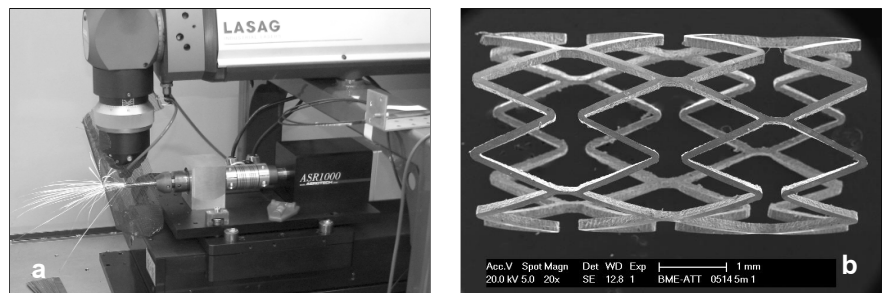
A lézersugaras vágás hosszú ideig nem tudott megfelelő felületi minőséget adni: a vágott felület erősen sorjás volt, és a túlhevülés is károsan befolyásolta a szövetszerkezetet. A felületminőségi problémákon felületkezeléssel részben lehetett segíteni, pl. elektropolírozással, de az igazi megoldást a lézertechnológia fejlődése hozta magával. A lézertechnológia fejlődését szemlélteti a 7. ábra: a lézernyaláb fókuszálhatósága, energiaeloszlása és az impulzusidő jelentős rövidülése ma már kiváló vágási felületeket biztosít annak köszönhetően, hogy az olvasztásos-kifűvésos vágást felváltotta az ultrarövid-impulzusú párologtatásos vágás. Igaz, a felületkezelés itt sem hagyható el, és a korszerű berendezések költségei is jóval nagyobbak. Vágógázként a nitrogént egyik alapanyaghoz sem használják; az oxigén annak ellenére nagyon elterjedt, hogy erős a sorjakepzési hatása, de a vágási sebességet oly mértékben megnöveli, hogy így is megéri. A Nitinolt viszont argon munkagázzal kell vágni (8. ábra).

Sztentek és sztentanyagok fejlesztése Magyarországon

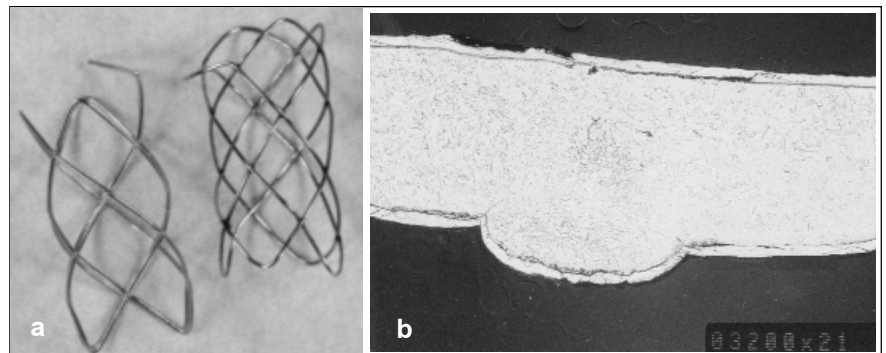
A világon ma is csak néhány nagy és néhány tucat közepes gyártó állít elő sztenteket. A világ fejlett országaiban a felhasználás beállt kb. 3000 db sztent / 1 millió lakos értékre. Magyarországon az 1995-től 2006-ig fejlesztett, gyártott és forgalmazott Tentaur sztent éveken át az akkori világszínvonalú minőséget képviselte; ez a gyártmány egy kiváló magyar



7. ábra. A sztentvágásra alkalmazott berendezéseken létrehozható lézernyaláb jellemzőinek változása



8. ábra. Nitinolsztentek lézersugaras vágása (a) és a lézervágott sztent (b)



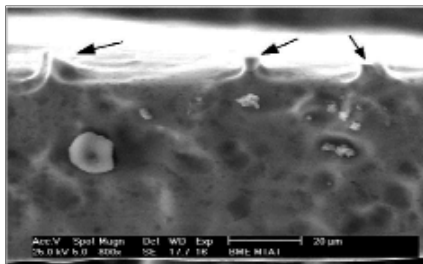
9. ábra. Aranybevonatos, 8 mm hosszú Tentaur sztent (a) és egy dudorhegesztési varratának metszete 1998-ból (b); a huzal átmérője 145 mikrométer

radiológus szakorvos, Major László találmánya.

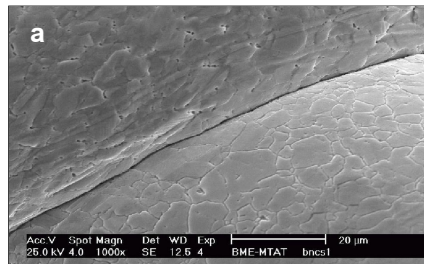
Az első Tentaur sztent 1995-ben aranyhuzalból készült. Négy „koronája” volt a hengeres szerkezetnek, és a huzalkeresztmetszeteiben lévő 17 db csomópont gázhegesztéssel volt rögzítve. Az aranyhuzalt 1997-ben felváltotta a 316LVM anyagú, 0,145 mm átmérőjű ausztenites acélhuzal, amelyre aranybevonat került; ez látható a 9. ábrán. Az aranyról szóló nemzetközi viták fellángolásával a

Tentaur sztentről is lemaradt az aranybevonat, noha egyáltalán nem mutatott kedvezőtlen hatást. 1998-tól 2006-ig a Tentaur sztent bevonat nélkül készült, de sok bevonatolási kutatás alanya volt.

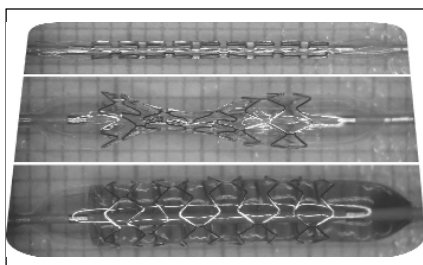
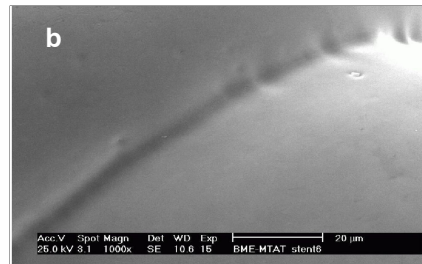
A kör keresztmetszetű borda kedvező, de a hegesztett szerkezet nem kellően hajlékony a csomópontok merevítő hatása következtében. A flexibilitás hiánya különösen a hosszú sztenteknél okozhat könnyen elakadást az erek görbületeiben. A



■ 10. ábra. Visszamaradt felületi hibák első generációs, lézersugaras vágással gyártott sztenten, 1998-ból



■ 11. ábra. A Tentaur sztent dudorhegesztett kötéseinek összeolvadási határa polírozás előtt (a) és az után (b)



■ 12. ábra. A 2006-ban kifejlesztett, lézersugaras vágású Sanocor sztent feltágitásának három fázisa; sorrend fentről lefelé

Tentaur sztent legfőbb hátránya az lett, hogy nem alakult ki a gyárilag a ballonkatéterre szerelt változata.

Az ér visszaszűkülési arány terén a Tentaur sztentek sokáig lényegesen jobb eredményeket mutattak, mint a lézersugaras vágású sztentek. Ennek a magyarázata a kör keresztmetszetben és a sima felületben volt kereshető, mivel a lézersugaras vágású sztentek durva vágási hibáit nem tudták eltüntetni (10. ábra).

Tovább javította a klinikai eredményeket a Tentaur sztent gyártási folyamatába 2000-ben bevezetett elektropolírozás. A 11. ábra mutatja a sztent ugyanazon hegesztési varratát az elektropolírozás előtt és az után. A kutató-fejlesztő munkának ebben a szakaszában sokféle bevonatot dolgoztunk ki, amelyeket ténylegesen létre is hoztunk a sztenteken, és Oroszországban állatkísérletekkel tesztelték azokat. A bevonatok mindegyike passzív bevonat volt: a galvanikusan felvitt fémrétegektől a PVD-, a CVD-eljárásokkal felvitt kerámia-bevonatokon át a teflon-, az amorf-szén- és a gyémánszerű szén (DLC-) bevonatokig terjedt [5].

A dinamikus bővülő sztentfelhasználás megkövetelte fejlesztésekből a lézersugaras vágási technológiára való váltást sikerült megvalósítani. Ennek eredménye lett a BME ATT-n

felépített Szentfejlesztő Laboratórium és a 2006-ban kifejlesztett Sanocor Stent (12. ábra) [6]. Mivel azonban a ballonra szerelt változat létrehozása nem járt eredménnyel, 2007-ben leállt a hazai gyártású sztentek humán célú felhasználása. A kutató-fejlesztő munka sok vonalon folyt, és szép, doktori értekezésekben is testet öltő eredmények születtek a polimer bevonatok, a mechanikai és funkcionális tulajdonságok vizsgálata és a láthatóság növelése terén. A mérnöki sztentkutatások több helyen is folytak [7], de a fő bázisa a BME gépészeti anyagtechnológia tanszéke volt, a háttérét a sztentforgalmazó cégekkel, de különösen a Minvasive Kft.-vel 15 éven át közösen végzett munka és a 2004-ben közösen felépített laboratórium képezte.

Epilógus

Az itt áttekintett témakörbe tartozó kutatásokban az elmúlt 15 évben nagyon sok diák és fiatal kutató végzett szép és eredményes munkát. Ennek a kutatómunkának az igazi nagy korszaka 2000-ben kezdődött, és 2013. június végén zárult. Ekkor a már említett tanszék vezetője bezárta a közösen felépített és üzemeltetett Szentfejlesztő Laboratóriumot, és eladta a sztentgyártó lézerberendezést; biztosan jó oka volt rá. Reménykedjünk, hogy e szakasz lezárása valami értékes útnak nyit utat.

Irodalom

[1] Puskás Zs. – Major L.: Auszteni acélból készült sztent érprotézisek felületi jellemzőinek és bevonatainak vizsgálata. Bányászati és Kohászati Lapok. Kohászat, 134. (2001:5) 191–196.

- [2] O'Brien, B. J. – Stinson, J. S. – Larsen, S. R. – Eppihimer, M. J. – Carroll, W. M.: A platinum-chromium steel for cardiovascular stents. *Biomaterials*, 31 (2010:14) 3755–3761. doi:10.1016/j.biomaterials.2010.01.146.
- [3] Xue-Nan Gu – Yu-Feng Zheng: A review on magnesium alloys as biodegradable materials. *Front. Mater. Sci. China*, 4 (2010:2) 111–115.
- [4] Chevalier, B. – Di Mario, C. – Neumann, F. J.: A randomized, controlled, multicenter trial to evaluate the safety and efficacy of zotarolimus-versus paclitaxel-eluting stents in de novo occlusive lesions in coronary arteries. *The ZoMaxx I trial. J Am Coll Cardiol Intv.* 1 (2008) 524–532.
- [5] Veres, M. – Füle, M. – Toth, S. – Koos, M. – Pocsik, I.: Surface enhanced Raman scattering (SERS) investigation of amorphous carbon. *Diamond and related materials*, 13 (2004:4) 1412–1415.
- [6] Ginsztler, J. – Major, L. – Puskás, Zs. – Koos, M. – Dobránszky, J. – Giese, M. – Szabó, B. – Albrecht, K.: Development and manufacturing of coronary stents in Hungary. *Materials Science Forum*. 537–538 (2007) 631–638.
- [7] Szikra P. – Vörös E. – Sztrihá L. – Szólics A. – Csikász T.: A stent-felvi-vős rendszerek distalis végének erő-kifejtése. *Magyar radiológia*, 2005. (79. évf.) 5. sz. 228–233.
- [8] Puskas, J. E.: Arborescent Polyisobutylene-Polystyrene Copolymers, Method of Producing and Purifying Same. *US Patent Application #592*, 2006; *US Patent Application 60/801,032*, May 17, 2006; *International WO2007/136700 A2*, May 17, 2007.
- [9] Dobránszky, J. – Ring, Gy. – Bognár, E. – Kovács, R. – Bitay, E.: New method for evaluating the visibility of coronary stents. *Acta Polytechnica Hungarica*; közlésre benyújtva.

Fémtermékek felületkezelése atmoszférikus nyomású plazmatechnikával

A funkcionális bevonatok és a speciális kezelésekkel módosított felületű termékek elterjedésével a felülettisztítás szerepe is egyre fontosabbá válik, miközben az egyes európai környezetvédelmi normák szigorodása minden területen előtérbe helyezi a vegyianyagmentes technológiák, mint pl. a plazmakezelések alkalmazását. Megállapítható, hogy a plazmatudomány számos plazmatechnológiai eljárás kifejlesztéséhez vezetett, melyek közül a jelen tanulmány az atmoszférikus plazmatechnikákat, és azok fémek felületkezelésére vonatkozó alkalmazásait mutatja be néhány konkrét példán keresztül.

1. Bevezetés

Már az 1950-es években felvetették a plazmafáklya (*plasma torch*) fémfelületek kezelésére való alkalmazását. Az 1960-as években plazmalánggal kezelt vezérműtengelyek és motorburkolatok keményedését vizsgálták, de ezek a termékek kereskedelmi forgalomban akkor még nem voltak elérhetőek [1]. A kohászati gyakorlatban a plazmavágás (*plasma cutting*) hamar elterjedt, amelyhez forróplazmás eszközöket használnak. A plazmatechnika azonban nem maradt tisztán a gyártástechnológus eszköze, hanem tudományos anyagvizsgálati, például elemanalitikai célokra is kezdték használni [2], amely utóbbi területen elsődlegesen a hidegplazmás eljárások továbbfejlesztése volt megfigyelhető.

A funkcionális anyagok elterjedé-

sével a felülettisztítás egyre fontosabb feldolgozási lépéssé vált. Az egyes európai környezetvédelmi normák szigorodása előtérbe helyezte a vegyianyagmentes technológiákat, mint pl. a plazmakezelés, amely a vegyi technológiákkal ellentétben száraz, azaz vegyszerek felhasználása nélküli folyamat. Az értéknövelési láncban jelentős lehet a plazmakezelés hozzáadott értéke, mivel alkalmazásával a selejthányad csökken. Manapság már akár néhány hibás alkatrész is komoly gondot jelent a cégeknek és a márkaimázás megkívánja, hogy minél kevesebb hibás termék kerüljön piacra, ezért komoly összegeket fektetnek a gyártási technológiákba.

Az atmoszférikus plazmakezelő eljárásokról több áttekintő cikk is született [3, 4, 5, 6] és öröndetes, hogy magyar nyelven is egyre több közle-

mény jelenik meg ezen a területen [7, 8, 9]. Ez idáig hiányzott azonban egy olyan áttekintő tanulmány, amely a hidegplazmák fémek és fémtövezetek felületkezelését tárgyalná, ezért itt megkíséreljük ezeket bemutatni. Példáinkban kutatási esetek, ipari felhasználások és olyan kötéstechológiai – forrasztási és ultrahangos hegesztési – kitekintések találhatók, amelyeknél a plazmakezelés komoly lehetőségeket rejt magában.

2. Plazmák osztályozása

A plazma az anyag negyedik halmazállapota, egy kvázisemleges gáz, amelyben pozitív és negatív ionok, elektronok és töltésmentes gázatomok és gázmolekulák, szabad gyökök és egyéb részecskék vannak. Ezek a részecskék gerjesztett állapotban vannak, amely állapot többféle módon érhető el, pl. hőközléssel, elektromos áramnak vagy elektromágneses sugárzásnak gázba történő becsatolásával [3].

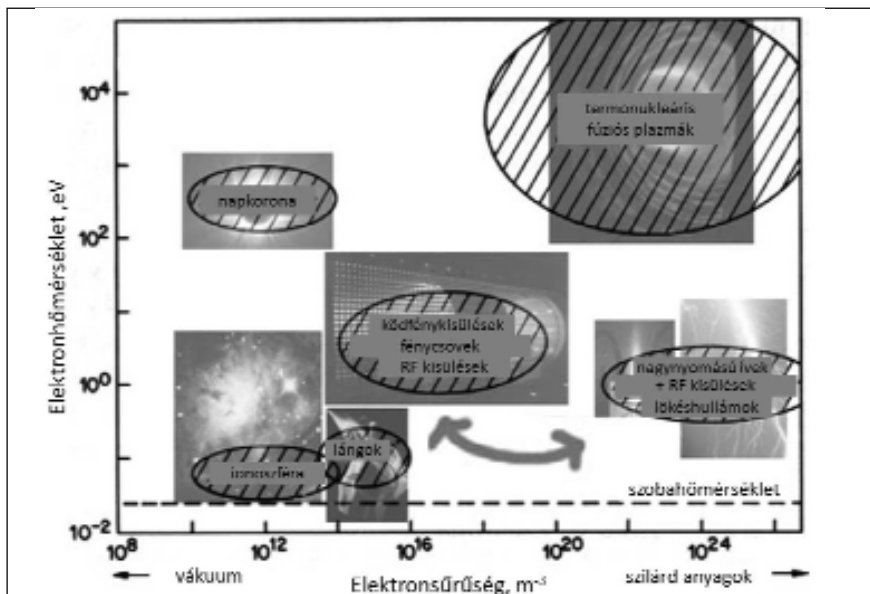
Az energiabetáplálás módjával és a plazmába becsatolt energia fajlagos mennyiségével a plazma tulajdonságai is változnak, amely plazmaállapotok jellemezhetőek az anyag adott típusú plazmaállapotára érvényes elektronsűrűséggel és elektron-

Pataki Tibor tanulmányait 2000-ben fejezte be a Miskolci Egyetem Anyag- és Kohómérnöki Karán okleveles anyagmérnökként. Ezután a belgiumi Agfa-Gevaert N.V.-nél képalakítási anyagok optikai jellemzésével, mikrospektrofotometriával és képelemzéssel foglalkozott három évig. A továbbiakban informatikai és mérnöki kiegészítő, többek között projektvezetői munkakörökben tevékenykedett több európai országban. 2013-tól dolgozik a Miskolci Egyetemen, a Metallurgiai és Öntészeti Intézet Kémiai Metallurgiai és Felülettechnikai Tanszékén, ahol plazmatechnológiával, azon belül felülettisztítással és felületaktíválással foglalkozik.

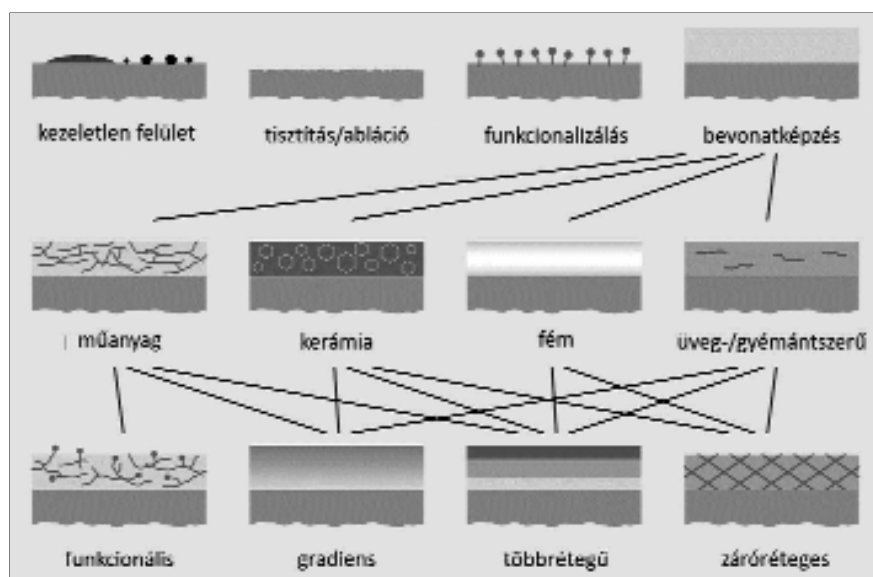
Lassú Gábor a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán (ME-MAK) 2011-ben kohómérnök MSc-diplomát szerzett. Ezt követően a miskolci Robert Bosch Power Tools Kft.-nél dolgozott. 2012 szeptemberétől az ME-MAK-on működő Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola nappali tagozatos doktorandusz hallgatója. Jelenlegi kutatási témája a tűzö-

mánc-acél kötés vizsgálata, de emellett az intézetben folyó K+F tevékenységben is részt vesz, valamint a 2013-ban indult FORR-ÁSZ projektben résztvett tudományos segédmunkatársként dolgozik az ME-MAK Metallurgiai és Öntészeti Intézet Kémiai Metallurgiai és Felülettechnikai Intézet Tanszékén.

Dr. Török Tamás egyetemi tanár a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. Szakmai tevékenységét a Kémiai Metallurgiai és Felülettechnikai Intézet Tanszékén belül végzi. Korábban tizenhét évig dolgozott az egyetem Fizikai-Kémiai Tanszékén, ill. időközben ösztöndíjas kutatóként a Kiotói Egyetem Kémia Tanszékén. Emellett főtitkára a HUNKOR korróziós szövetségnek; nemzetközi (ASM, TMS) és hazai mérnökegyesületekben (MKE, GTE, OMBKE) is aktív, és több külföldi egyetemi kutatócsoporttal tart fenn szakmai kapcsolatot. Egyetemi oktatóként elsősorban a kémiai metallurgia, a fémes és fémtartalmú másodnyersanyagok (hulladékok) hasznosítása és a felületkezelés áll szakmai működésének homlokterében.



■ 1. ábra. Néhány, a természetben is megfigyelhető, illetve mesterségesen keltett plazma szemléltetése a különféle plazmák elektronsűrűségének és -hőmérsékletének függvényében [4]. (A plazmafizikában elterjedten használják az eV-ot, mint a hőmérséklet egységét; és a részecske elektronvoltban mért mozgási energiájából 11604-gyel szorozva kapjuk meg a hőmérsékletet Kelvinben.)



■ 2. ábra. Plazmakezelések köre és plazmabevonatok [11]

hőmérséklettel (1. ábra) [4]. A tanulmányunkban bemutatott plazmák az 1. ábrán a ködfénykisülés és ívplazmák környékén (l. a nyilat) helyezkednek el.

A hidegplazmáknál az elektromos gerjesztés becsatolása úgy történik, hogy elsődlegesen a plazma elektronjaira irányuljon az energiabevitel, így energiadús, vagyis növelt kinetikus energiával rendelkező elektronokat kapunk. A plazmagáz ionos és semleges összetevői szoba- ill. kis hőmérsékleten maradnak, kinetikus

energiájuk alig változik. Így a hidegplazmákkal műanyagok vagy akár biológiai szövetek is kezelhetők. Szilárd felülettel érintkezve, a plazmagáz többféle felületi átalakulást és kémiai reakciót is kiválthat, így beszélhetünk felületi plazmamaratásról, plazmával aktivált adszorpcióról, plazmaaktivált rétegleválasztásról, plazmapolimerizációról, továbbá felületi anyaglehordásról; és mindezen felületi kölcsönhatások közben a plazmagerjesztéssel töltést nyert részecskék rekombinálnának, és

metastabilis állapotukból ismét alapállapotba jutnak [3].

3. A plazmás felületkezelő technikák jelenlegi állapota

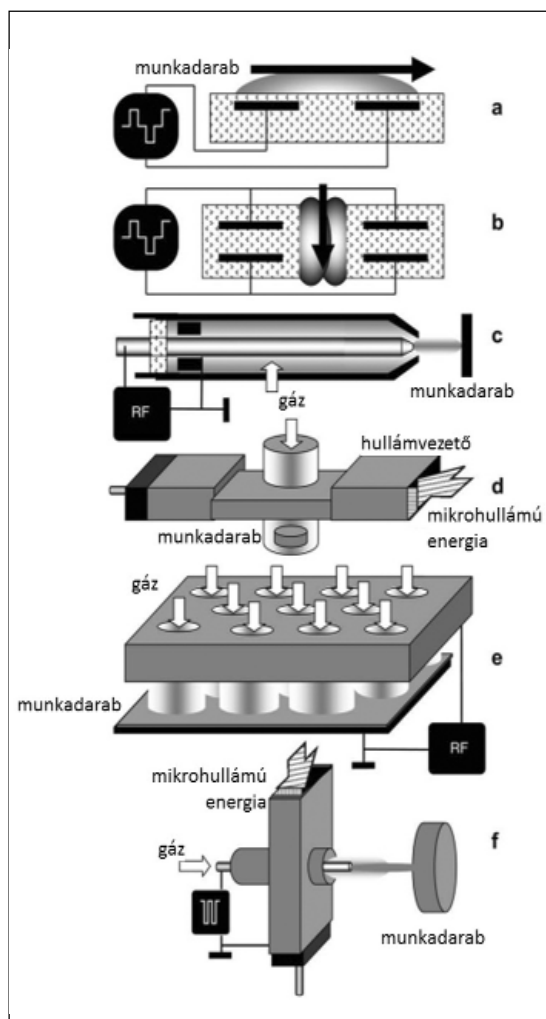
Az egyik legátfogóbb csoportosítás szerint megkülönböztetünk forró (egyensúlyi) és hideg (nemegyensúlyi) plazmás eljárásokat. A felhasznált gáznyomás alapján beszélhetünk kis nyomású, atmoszférikus nyomású és nagy nyomású plazmakezelésekről.

Jelenleg a kisnyomású berendezések uralják a piacot az atmoszférikus nyomásúakkal szemben, de a nemzetközi trendek azt mutatják, hogy ez utóbbi egyre nagyobb teret nyer az előbbivel szemben [10], környezetvédelmi és gazdaságossági okokból is. Például egy atmoszférikus nyomású berendezés egy adott pontot 0,25 s alatt tisztít meg, ugyanez a technológiai lépés több percet is igénybe vesz a kis nyomású technikával. Az atmoszférikus plazmatechnológiának azonban vannak korlátai is, így teljesen nem fogja kiváltani a vákuumtechnológiát, de jobban integrálható folyamatos gyártósorokba (*in-line*) vagy tekercsről tekercsre (*roll-to-roll*) elrendezésben.

A plazmatudomány által átfogott felületkezelések köre az évek során kiszélesedett, számos gyártástechnológiában alkalmazzák ma már a plazmakezeléseket, a plazmavágást, a plazmával aktivált kémiai gázfázisú bevonó eljárásokat (*plasma assisted chemical vapor deposition, PACVD*), a plazmamaratást, a plazma és lézer kombinációját, csak hogy néhányat említsünk. Ezek a plazmák más és más formáját használják.

Ha a plazmakezelés által kezelendő szubsztrátum anyagainak körét tekintjük, szinte minden anyagcsoport fellelhető, üvegek és műanyagok ragasztás előtt, az adhézió javítása céljából, fémek tisztítás céljából, kerámiák, sőt az aszfalt is. A plazmagázok leggyakrabban a hidrogén, oxigén, levegő, argon, hélium, vagy egyéb gázelegyek, hatásukat tekintve lehetnek semleges (inert), oxidáló vagy redukáló hatásúak. A 2. ábra a plazmakezelések területéről mutat be néhány példát.

A fémek sajátossága az, hogy a



■ **3. ábra.** Példák hideg, atmoszférikus nyomású plazmaforrásokra: a: dielektromos akadálykisülés (Dielectric Barrier Discharge-DBD) elektromosan szigetelő anyagba (dielektrikumba) ágyazott elektródákkal, b: DBD párhuzamos elektródapárossal, c: RF plazmasugár (plasma jet), d: mikrohullám-gerjesztésű plazmaforrás (microwave waveguide plasma source), e: olvasztott üregkátódos plazmaforrás (Fused Hollow Cathode Plasma Source-FHC), f: hibrid üregkátódos aktivált kisülő plazmaforrás (Hybrid Hollow Electrode Activated Discharge-H-HEAD plasma source) [5]

tiszta, szennyezés- és oxidmentes felületük hátfelületi energiája rendkívül nagy, akár több ezer mN/m lehet, ugyanakkor ez a levegőn rövid idő alatt kialakuló felületi szennyeződések (oxidfilmek, szerves szennyeződések stb.) következtében gyorsan lecsökken. Az atmoszférikus plazmakezeléseknél erre is figyelemmel kell lenni akkor is, ha csak „egyszerű” felülettisztítás a cél és akkor is, ha valamilyen plazmatechnikai vagy egyéb bevonatképzési művelet követi a fémből készült munkadarab plazmás tisztítását, illetve plazmás felület (elő)kezelését/-módosítását. A fémtermékek iránti kereslet élénkítésére egy megoldás lehet az, ha azokon funkcionális felületeket alakítanak ki vagy különleges bevonatokat kapnak.

A 3. ábrán a hidegplazmás, atmoszférikus nyomáson működő plazmaforrások néhány fontosabb típusát mutatjuk be. A legegyszerűbb és legelterjedtebb plazmaforrások a 3a és 3b ábrán láthatók, dielektromos akadálykisülés elvén működő megoldások. Ezeknél az egyik vagy mindkét elektródára helyezett dielektrikum akadályozza meg a csatorna

típusú (iv)kisülések kialakulását. Ezek a berendezések jól alkalmazhatók sík felületű munkadarabok folyamatos kezelésére. A mozgatott munkadarab felületén felhalmozódott töltések semlegesíthetők kétirányú szaggatott egyenáram használatával. A 3c ábra egy jellegzetes plazma sugárforrást ábrázol, amelyet rádiófrekvenciás (RF) áramforrás hajt meg. A plazmasugaras készülékek elektródáinak egyikét vagy mindkettőt szintén be lehet vonni dielektrikummal. Az alkalmazott gerjesztés frekvenciájának a mikrohullámú (GHz) tartomány felé történő eltolása jelentősen csökkenti a csatorna típusú kisülés létrejöttét, és gyakorlatilag bármilyen molekuláris gázban képes ködfénykisülést előállítani. A 3d ábrán hidegplazma előállítására alkalmas egyszerű mikrohullámú forrás látható. Nagyméretű felületeket kezelni képes plazma előállítására alkalmas rendszereknél több üregkátódot egyesítenek egyetlen olvasztott üregkátódos plazmaforrásban (FHC). A 3e ábrán látható FHC-reaktorban olyan közel helyezkednek el egymáshoz a katódok, hogy az egyes plazmák kölcsönösen hatnak egymásra, és így kis RF-teljesítmény csatolható az egész elektróda felületére, kis átütési feszültség mellett. A 3f ábra az idézett szerzők [5] saját fejlesztésű plazmaforrást mutatja, amelyben egy mikrohullámú antennát kombináltak üregkátóddal, egy szaggatott egyenáramú vagy RF működtetésű generátor meghajtásával. Ez a H-HEAD-típusú (hibrid üregkátódos aktivált kisüléssel plazma-forrás) készülék rendkívül hosszú (akár 18 cm) plaz-

1. táblázat. Atmoszférikus plazmatechnikák plazmáinak tulajdonságai [3]

Típus	Koronakisülés	Dielektromos akadálykisülés (DBD)	Atmoszférikus nyomású plazmasugár (APPJ)	Atm. ködfény mikroüreges katódelektrodával (MHCD)
Műszaki jellemzők	tűelektróda	dielektromos bevonat az elektródákon	kapacitív csatolású RF	egyenáramú ködfény mikroüreges katódelektrodával
Gerjesztés	szaggatott egyenáram	váltakozóáram vagy RF	RF 13,5 MHz	egyenáram
Nyomás (bar)	1	1	~ 1	1
Elektron energia (eV)	5, ill. változó	1–10	1–2	n.a.
Elektronsűrűség (cm ⁻³)	10 ⁹ –10 ¹³ , változó	~ 10 ¹² –10 ¹⁵	10 ¹¹ –10 ¹²	n.a.
Átütési feszültség (kV)	10–50	5–25	0,05–0,2	n.a.
Max. hőm. (K)	szobahőmérséklet	átlagos gázhőm. (300)	400	2000
Gáztípus	n.a.	N ₂ ⁺ , O ₂ ⁺ , NO ⁺ nemesgáz/ nemesgáz-halogenidek	hélium, argon	nemesgáz/ nemesgáz-halogenidek

2. táblázat. Fémek atmoszférikus nyomású plazmával végzett felülettisztítása [5]

Gerjesztés módja	Plazmaforrás típusa	Kezelt fémfelületek	Felületi szennyező	Plazmagáz	Kezelés időtartama	Megfigyelések
Alacsony frekvenciájú	DBD	Ag	Ag ₂ S	Ar	180 s	Az Ag ₂ S réteg eltűnt
		Al, Si	olaj	levegő, O ₂	néhány s	A plazmagáz kis (1-5 slm) áramlási sebessége mellett a kenőanyag teljesen eltávolítható. Nagyobb sebességnél az olaj polimerizálódik. A levegős plazmatisztítás hatékonyabb, mint az oxigénes (N ₂ metastabilis részecskék szerepe)
		Fe	Fe ₂ O ₂	Ar/N ₂	60 s	A teljes tisztítási mechanizmus még nincs feltérképezve, de különbözik az egyszerű, nitrogén általi maratási mechanizmustól
Szaggatott, alacsony frekvenciájú	kisülékes DBD	Fe	olaj	O ₂	10 min	Az olaj eltűnt. A DBD olyan hatékony, mint az ultrahangos acetonos tisztítás
RF	plazmaceruza	archeológiai fémtárgyak	korróziós termék	Ar	30 s	A régi fémtárgyakon levő korróziós termékek redukálódnak. A terméket egy vegyileg reaktív folyadékba mártják a plazmakezelés előtt, hogy annak hatását és vegyi folyamatok szelektivitását kombinálják
Mikrohullámú fáklya	mikrohullámú plazmafáklya (MPT)	Fe	Fe ₂ O ₃	He, Ne, Ar	120 s	A felület megtisztul: az FeOOH-csoportok teljesen eltűnnek. A kötések felszakításában a metastabilis részecskéknek fontos szerepe van
		Fe	vas-oxid	Ar, H ₂	15 s	Az oxidréteg eltűnik, de a felület enyhén károsodik

maoszlopot állít elő, kis gázáram mellett (< 250 sccm), és akár atomos, akár molekuláris gázokkal használható.

A plazmakezelés eredményét szemlélteti a 4. ábra, amelyen megfigyelhető, hogy alumíniumfelületen a plazmakezelés hatására a folyadék-csepp jobban szétterül, a kontaktszög kisebb (4b ábra), azaz a nedvesíthetőség javul.

4. Tisztítás különféle plazmákkal

Tendero és társai [4] atmoszférikus nyomású plazmákkal tisztítottak felületeket, amelyekből mi a fémes felületeknél nyert eredményeiket foglaltuk össze a 2. táblázatban.

A határfelületi energia szerepe számos felülettechnológiai folyamatnál fontos paraméter [10], a 3. táblázat azt szemlélteti, hogy egyes felülettechnikai eljárásoknál általában milyen határfelületi energiatarományok kedvezők, illetve irányadók.

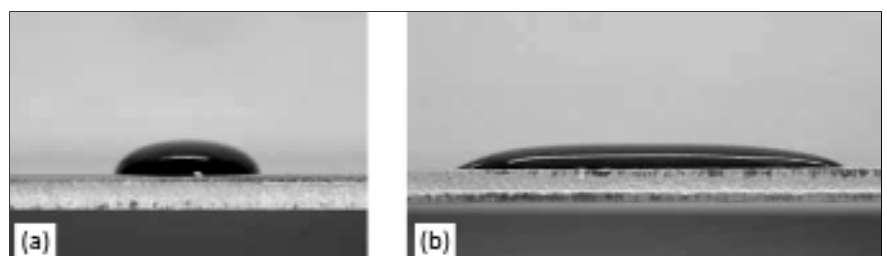
Az 5. ábrán azt kívánjuk bemutatni, hogy plazmakezeléssel a felületek milyen mértékű finom- és ultrafinom

tisztasági fokozatai érhetőek el [13]. Elektronikai gyártócégek elektromos panelek forrasztás előtti finomtisztításként kis nyomású plazmakezelést, ill. helyenkénti kezelésként atmoszférikus nyomású berendezést használnak ragasztás előtt.

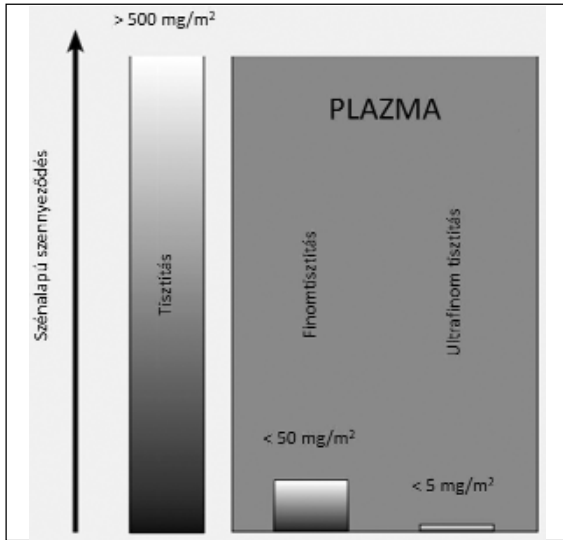
4.1. Rézfelületek plazmatisztítása különféle gázokkal

A 6. ábra Kesten-Kühne által, a Diener cég atmoszférikus, Plasma-Beam típusú és kis nyomású, Pico típusú berendezése között végzett összehasonlítását [10] mutatja, réz és műanyagok (poliamid 6, polietilén

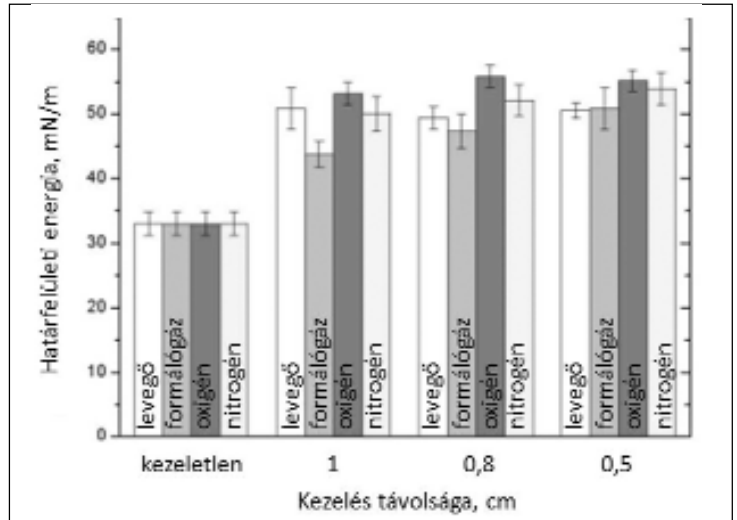
és polipropilén) felületének plazmakezelésénél argon, formálógáz (95% N₂ és 5% H₂), levegő, oxigén és nitrogén plazmagáz felhasználásával. A szerző a különféle plazmagázokkal végzett kezeléseket után mindig megmérte a módosult felületállapotú minták nedvesíthetőségére jellemző felületi energia értékeket. Levegővel, oxigénnel és nitrogénnel 50 mN/m értékeket ért el, míg formálógázzal 45 mN/m értéket mért 1 cm-es távolságból kezelve a felületet. Oxigén plazmagázzal valamivel nagyobb határfelületi energia volt elérhető, mint formálógázzal és levegővel. Az atmoszférikus plazmakezeléses techni-



4. ábra. (a) Kezeletlen és (b) plazmával kezelt alumíniumfelületen levő folyadék-csepp [12]



■ 5. ábra. Plazmakezeléssel biztosítható tisztasági fokozatok a maradék felületi szennyezettséggel jellemezve [13]



■ 6. ábra. Réz mintalemezek felületi feszültsége kezelés előtt, illetve atmoszférikus nyomású plazmakezelések után, különböző plazmagázokat és kezelési távolságokat alkalmazva azonos, 0,25 s-os kezelési idővel [10]

kát alkalmazva valamivel hosszabb ideig megmaradt a kezelt felületek módosult, azaz aktivált (nagyobb felületi energiával jellemezhető) állapota, mint a kis nyomású berendezéssel kezelt felületeké.

4.2. Rozsdamentes acél, alumínium és réz tisztítása

Kim és társai [14] rozsdamentes acélt, alumíniumot és rézet tisztítottak Agrodyn™ típusú atmoszférikus nyomású berendezéssel, amelynél nagytisztaságú (99,999%) O₂ és N₂ gáz kétféle keverékét, 1:4 és 4:1 arányban fújták a felületre. A plazma előállítási feszültsége csúcstól-csúsig 10 kV volt, impulzusüzemben 16-20 kHz frekvenciával. A kezelés előtt és azt követően 8 napig mérték a kezelt felületeken a nedvesíthetőségre jellemző kontaktszöveget szobahőmérsékleten, 64% relatív páratartalom mellett. A plazmakezelés hatására módosult felületállapotok elemösszetételei, kémiai szerkezeti és morfológiai jellemzésére röntgengerjesztéses fotoelektron-spektroszkópia (XPS) méréseket, optikai szinképelemzést (OES), téremissziós pásztázó elektronmikroszkópos (FE-SEM) és atomerő mikroszkópiás (AFM) méréseket is végeztek. A plazmafúvóka paraméterei közül a fúvóka mozgási sebességét és a fúvókamunkadarab távolságot változtatták, amivel fontos adatokat nyertek. A kontaktszög-értékek a kezelés előtt:

alumíniumnál: 66,1°, rozsdamentes acélnál: 49,9°, réznél: 64,7° voltak, ezután a felületeket N₂/O₂ 4:1 arányú (levegőhöz hasonló) gázkeverékkel kezelték, miután a kontaktszög-mérések eredményei a következők voltak: Al: 19,6°, rozsdamentes acél: 10,9°, Cu: 23,2°. A 7. ábrán a mért kontaktszögeknek a változását szemléltetjük a plazma-fúvóka mozgási sebességének és a fúvóka-munkadarab távolság beállításának függvényében is, amely paraméterek a plazmakezelő műveletek optimalizálásához szükségesek. A plazmasugár 30 mm hosszúságú és 10 mm átmérőjű volt. Az optimális paraméterek meghatározása nem csak az elérhető legjobb hatás meghatározásához fontos, mert helytelen paraméter-beállításokkal inkább kár, mint haszon keletkezhet.

4.3. Alumíniumötvözetek felületkezelése

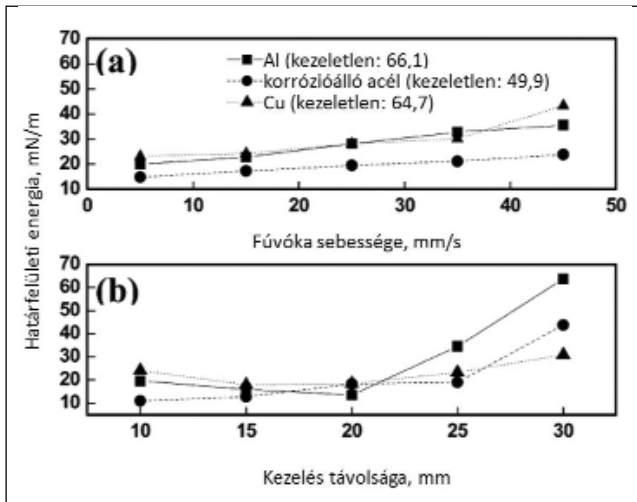
Jariyaboon és társai [15] AA1050 anyagminőségű alumíniumötvözetet kezeltek atmoszférikus koronakisülésű plazmával, 1, 5, valamint 15 percen keresztül, és mérték a kezelt darabok felületi tulajdonságainak, a nedvesíthetőségnek, ill. a határfelüle-

ti energiának és az adhéziónak a változását. Megfigyelték, hogy már 1 perces plazmakezelés után is jelentősen csökkent a minták anódos és katódos elektrokémiai reakcióképessége. Kimutatták, hogy atmoszférikus nyomású koronakisülésű plazmával az alumíniumon 20 perces kezelés után 150-300 nm-es vastag, konverziós réteghez hasonló vékony és tömör felületi réteg keletkezett, ami a fentebb említett reakcióképesség csökkenését eredményezte.

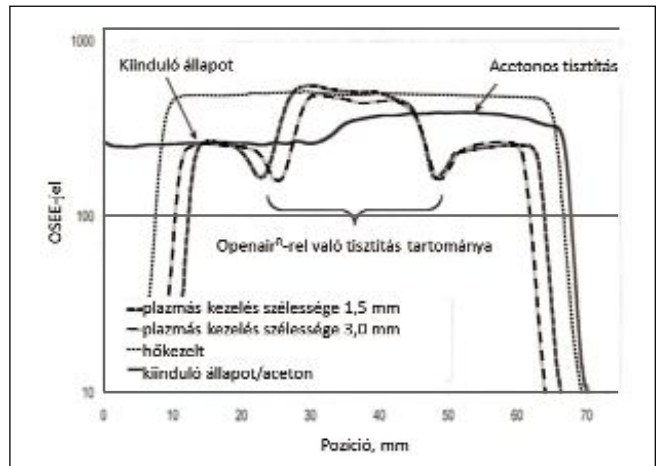
Prysiazhnyi [16] szintén üveghorodóra porlasztott alumínium felületét vizsgálta diffúz koplanáris felületkorlátozott plazmakisülési módszerrel (DCSBD [17]) történt kezelés után. Plazmagázként (kb. 40% relatív nedvességtartalmú) levegőt és nitrogént alkalmazott. A plazmakezelés előtt vegyi tisztítást végeztek, amely egy 5 perces ultrahangos izopropanol és ciklohexán keverékből álló fürdőben történt. Csillapított teljes reflexiós Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópiával (ATR-FTIR) és AFM-mel vizsgálták a plazmagáznak a bevonat nélküli alumíniumra gyakorolt hatását. Az ATR-FTIR-technikát addig főleg polimerrel bevont felüle-

3. táblázat. Adott eljárásokhoz megkívánt határfelületi energiatartományok [10]

Bevonótechnika	Hatórfelületi energia
Nyomatás	38-40 mN/m
Ragasztás és festés	40-44 mN/m
Vizes diszperziók	52-73 mN/m



■ 7. ábra. 4:1 arányú N_2/O_2 gázelegyes plazmasugaras kezelések hatása három fémes anyag felületi energiájára a fúvóka mozgató sebességek (a), illetve fúvóka-munkadarab távolságok függvényében (b) [14]



■ 8. ábra. Hengerlési kenőolaj-maradvánnyal szennyezett felületű alumíniumfólia felületi tisztulásának követése OSEE-méréssel, a kézi acetonos lemosás, a levegőn hevítéssel tisztítás és az Openair plazmakezeléssel (4 mm-es fúvóka-munkadarab távolság, 250 m/min sebesség) tisztítás hatékonyságának összehasonlítása céljából [19]

tek jellemzésére használták, de ebben az esetben megmutatták, hogy bevonat nélküli alumínium felületi jellemzésére is alkalmas. Azt találták, hogy a levegővel történt kezelés után a felületi morfológia szemcsemérete 700-ról 100 nm-re csökkent, ami viszont nem volt megfigyelhető a nitrogénnél. Ennek vélhetőleg a vízgőz jelenléte volt az oka, ez a plazmában OH-gyökök képződéséhez vezetett, amelyek a felületi morfológia változását okozták. A nitrogén esetében megfigyelték, hogy részleges maratás lépett fel.

Bónová és társai [18] organoszilános bevonatolás előtt kezelték 99,5%-os tisztaságú alumínium eloxált felületét, és azt tapasztalták (kontaktszög-mérés segítségével), hogy az gyorsan, 3-5 s alatt már erősen hidrofíllé vált. A DCSBD-plazmaforrás segítségével rendkívül nagy teljesítményű ($100 W/cm^3$), bár igen vékony ($\sim 0,5$ mm) diffúz nemegyensúlyi plazmaretegeket állítottak elő, amelyekben a tisztítás idejét megközelítőleg 1 s-ra lehetett csökkenteni. A szerzők ezzel igazolták, hogy ez a textil-, fa- és üveg gyártósorba illesztett – plazma aktiválására és modifikálására használt – új berendezés alumíniumfelületek tisztítására és aktiválására is sikeresen alkalmazható.

A 8. ábrán látható alumíniumfólia gyártási folyamata [19] során a felületi kenőolaj szennyeződések égetési eljárással szokták eltávolítani, amely

azonban költséges és időigényes. A Plasmatrete cég egy olyan – gyártósorba illeszthető – berendezést fejlesztett ki, amely akár 250 m/min sebességgel is meg tudja tisztítani a fólia mindkét oldalát. Optikai stimulációs elektronemissziós (OSEE) spektroszkópiával kimutatták, hogy a plazmatisztítás felér az égetési eljárás hatékonyságával.

A svájci Griesser AG cégnél, ahol alumíniumlemezekből álló relaxát gyártanak irodai és lakáscélú felhasználásra, egy 21 m-es vegyi tisztítósort cseréltek le egy mindössze 2 m széles plazmás berendezésre [19]. Ez a cég használta elsőként a Plasmatrete cég Openair® plazmatechnológiáját azon alumínium tekercsek előkezelésére, amelyekből később a relaxa lemezek készülnek. A hagyományos nedves vegyi felületkezeléssel 48–52°-os kontaktszögöt értek el, az Openair® plazmatechnológiával viszont 18–28°-ot, így az azt követő konverziós réteg jobban terült és erősebben megtapadt a plazmakezelt felületen. Ugyanezt az Openair® plazmatechnológiát a TRW cég is sikeresen használta a szivattyúházainak finomtisztítására [20], a plazma-polimerizációs technikával kialakított speciális korrózióvédő bevonatképzési művelet előtt.

4.4. Réz plazmatisztítása

A réz és a rézötvezetek felületén levegőn néhány nanométeres vastag-

ságú oxidhártya gyorsan kialakul, amelynek képződési kinetikáját és egyéb tulajdonságait már többen vizsgálták. A közelmúltban Ramirez és társai [21] vákuumtechnikai módszerrel polikristályos és homogén 3,5 μ m-es réteget növesztettek rézből szilíciumlapkára, majd ezt a nagyon sima rézfelületet különböző hőmérsékleten (100 °C, 155 °C, 200 °C, 230 °C és 260 °C) kemencében oxidálták. Az oxidossá vált felületeket XPS-sel, pásztázó elektronmikroszkóppal és szekvenciális elektro-kémiai redukciós analízissel (Sequential Electrochemical Reduction Analysis-SERA) vizsgálták. Az újraömléses (reflow) forrasztás hőmérséklet-lefutásának megfelelő hőmérsékleten (max. 260 °C) és mintegy 10 perc alatt levegőn képződött oxidfilmet zömében Cu_2O -nak, vastagságát ~ 37 nm-esnek mérték, amelyen legkívül kevesebb mint 2 nm vastag CuO jelenlétét is kimutatták. A szerzők korrelációs analízist is végeztek az oxidvastagság és nedvesítési szög között, és igazolták, hogy a tiszta réz óloldadékkal nedvesíthetősége akkor még kielégítő lehet, ha az oxid vékonyabb, mint ~ 16 nm. Vizsgálataikból fontos tanulság, hogy a forrasztástechnikai gyakorlat számára mennyire fontos a felületi fázisok pontos ismerete.

Alakított réztermékek, pl. rézhuza- lok esetében a felületi oxidokra tapadt szerves szennyeződések (pl. húzási segédanyagok maradéka)

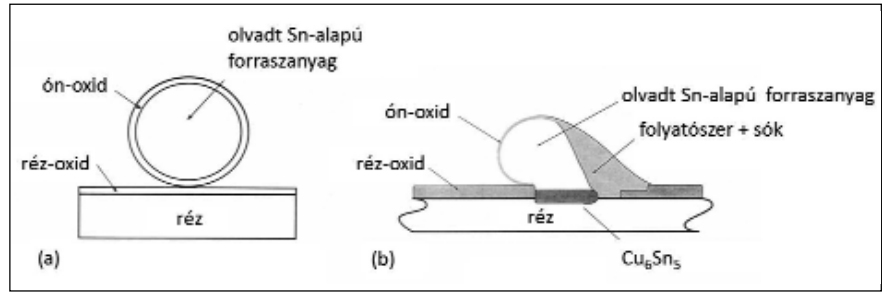
eltávolítása is feladat, hasonlóan a hengerléssel gyártott alumínium lemezekhez, fóliákhoz. Huzaloknál ugyanakkor hengerpalást felületről kell letakarítani a felületi szennyezőket, és ehhez az atmoszférikus plazmakezelés kevésbé tűnhet alkalmasnak. Mégis, Nakamura és társai [22] hélium- és argonplazmás, saját építésű DBD-típusú készülékkel (10 kV, 40 kHz, alumínium-oxid dielektrikummal) ennek lehetőségét is vizsgálták 0,2 mm átmérőjű rézhuzaloknál. A húzóolaj maradék eltávolítására a plazmakezelést 5 s-os behatással már eredményesnek találták, de a felületi oxidok mennyiségének növekedése számukra is gondot okozott.

5. Kötéstechnikai kitekintés

Közismert, hogy a mikroelektronikai iparban a forrasztásra, ill. hegesztésre kerülő fémfelületeket nem elég csak gondosan megtisztítani az esetlegesen feltapadt szennyeződésektől (por, szerves szennyeződések), amely feladathoz, mint fentebb bemutatottuk, egyes plazmasugaras kezelések is alkalmasak, hanem az erős kötés kialakulásához lehetőleg oxidmentes, fémtiszta felületet is biztosítani kell.

Nyomatott áramkörtől lapokon rézfelületekhez ónalapú forrasztanyagokkal rögzítenek mikroelektronikai alkatrészeket, amelynél a rézfelületen kialakult réz-oxid, ill. a forrasztanyag olvadásgömbjén levő szilárd ón-oxid-hártya az adhéziót és a kötés kialakulását akadályozza (9a ábra). A hagyományos forrasztástechnikai gyakorlatban az oxidrétegek eltávolításához a folyasztószer (flux) alkalmazása a legelterjedtebb megoldás, amelynek mechanizmusa a 9b ábrán látható.

A kémiai aktív rézfelületek plazmakezeléssel történő módosítására (plasma assisted soldering; fluxless soldering) is végeztek már laboratóriumi kísérleteket [21], amelyekkel a réz legkülső, nanométeres vastagságú tartományát igyekeztek olyan módon átalakítani, hogy csökkenjen annak oxigénnel szembeni vegyületi hajlama és emellett a forrasztóanyag ömledékével jól nedvesíthető is legyen, lehetőleg folyasztószer alkalmazása nélkül. Ez a kutatási



■ 9. ábra. (a) Olvadt forrasztanyag rézfelületen és (b) folyasztószeres forrasztásmechanizmus [24]

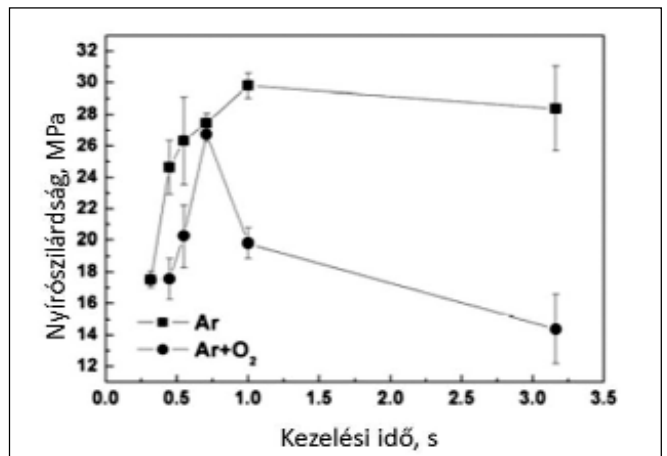
koncepció némileg hasonló ahhoz, amivel a műanyag felületek funkcionálására [7] vagy a plazmapolimerizációval megvalósított vékonyréteggézésre [22] már eredményesen alkalmazzák a különféle hidegplazmás kezeléseket, akár csökkentett nyomású zárt terű plazmakezelő berendezésekben, akár atmoszférikus nyomáson is üzemeltethető plazmasugaras készülékekben.

5.1. Aranyfelületek tisztítása plazmakezeléssel ultrahangos hegesztéshez

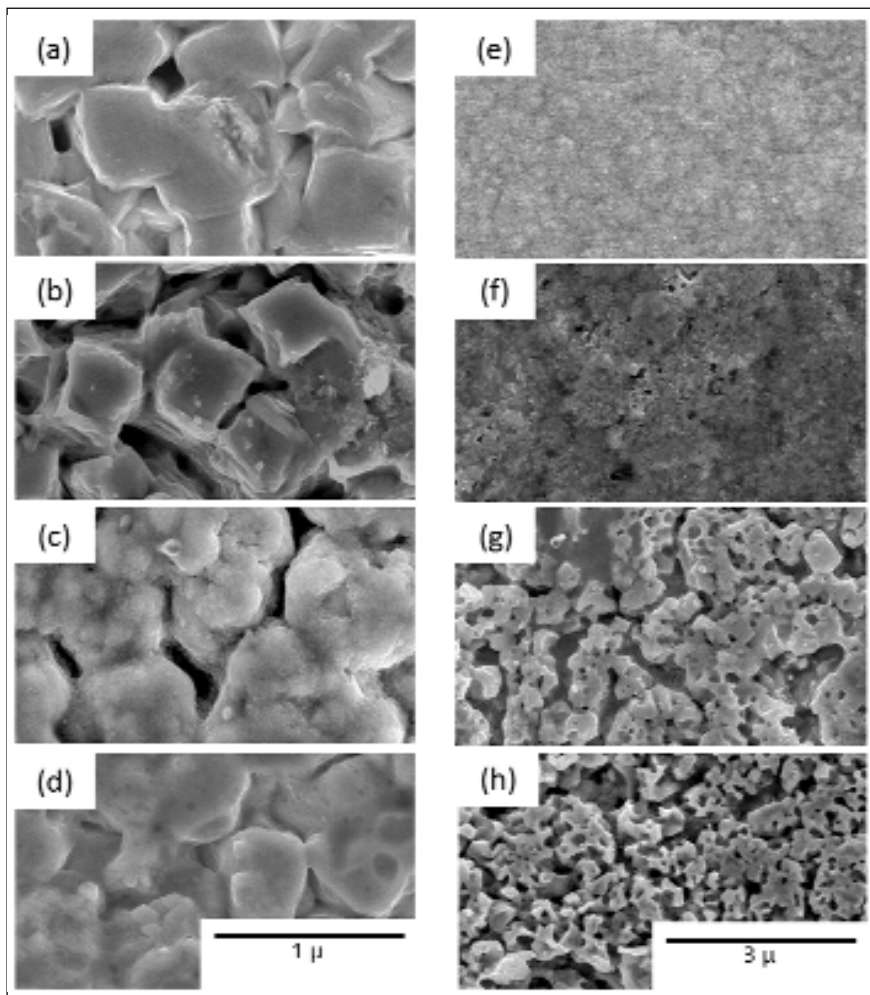
Az arany bevált kontaktozási anyag ultrahangos hegesztéshez, amelynek tisztasága kulcsfontosságú a kötés létrejötténél.

Koo és társai [23] atmoszférikus nyomású plazmatisztítás munkagázait és folyamatidejét optimalizálták. A vizsgált anyag tokozatlan IC-k galvanotechnikával aranyozott kontaktozási féme volt, Si lapkán. Ennek felülete rendkívül sima. A vizsgálatra plazmagázként Ar-t és Ar+O₂-t használtak, kezelési idejük 0,1-től 10 s-ig terjedt. A felületet ultrahangos kötéshez készítették elő, amelynek kötőszilárdságát vizsgálták. Vizsgálatuk szerint már 1 s-os Ar-gázzal elvégzett kezelés megszabadítja a kötés felületét a szennyeződésektől, anélkül, hogy azt oxidálna, így jelentősen hozzájárult a kötés szilárdság növeléséhez. A plazma-

tisztítás után a levegőben levő kARBONT és oxigént az aktivált felület emelt reaktivitása révén megkötötte, ami karbidok és oxidok képződéséhez vezetett, így a plazmával kezelt felület tisztasága az idővel fokozatosan csökkent. Auger-elektron-spektroszkópiával (AES) megvizsgálva az arany felületét, a mindkét gázzal történt plazmakezelés után azt találták, hogy a karbon és oxigén mennyisége lecsökkent, így mindkét plazmagáz hatásos tisztításhoz vezetett. 1 s időnél az arany koncentrációja maximumot ért el, míg a karbon és az oxigén minimumon volt, 10 s-nál valószínűleg ezek az elemek karbidként és oxidként újra lerakódtak a felületre, köszönhetően az aktív gyököknek. Kevert (Ar+O₂) gáznál megfigyelték, hogy a felületi réteg oxigénkoncentrációja még növekedett is a plazmakezelés után. XPS-technikával elemezték a felületeket és kiderült, hogy O₂-vel kevert gáz használatánál egy új, instabil vegyület, Au₂O₃ jelent meg, ami a fentebb említett oxigénkoncentráció-növekedést okozhatta. Ezután a kontakt kötőszilárdságát vizsgálták különbö-



■ 10. ábra. Különböző idejű plazmatisztító kezeléseket követően készült kötések szilárdsága kétféle plazmagázzal végzett tisztítás után [23]



■ 11. ábra. Sn- és Ag-felületek plazmafluorozás előtt és után: (a) kezeletlen és (b)–(d) plazmakezelt Sn. Kezelési idő: (b) 5 min (c) 10 min és (d) 15 min (e) kezeletlen és (f)–(h) plazmakezelt Ag. Kezelési idő: (f) 5 min (g) 10 min és (h) 15 min [24]

ző paraméterek mellett, amelyből kiderült, hogy a tiszta Ar hatékonyabb a szilárdság növelése terén, mint a kevert $\text{Ar}+\text{O}_2$ gáz. Korábban a szakirodalom leírta, hogy az oxigén nemesgázokhoz, pl. Ar-hoz és He-hoz való hozzáadása javíthatja a tapadást fém/polimer és polimer/polimer esetében, de itt az aranykontakt esetében az aranyfelület oxigén plazmától eredő oxidációja a kötést nem segíti. A 10. ábra azt mutatja, hogy a különböző idejű kezeléseket követően alakult a felületeken létrehozott kötések szilárdsága.

5.2. Kísérletek folyasztszer nélküli ónforrasztásra

Ueshima és társai [24] $\text{Ar}+\text{CF}_4+\text{O}_2$ keverékgázt használó, 2,45 GHz-es mikrohullámú generátorral előállított plazmával kezelték Sn és Ag felüle-

tét. A plazmakezelés előtt a $10 \times 10 \times 1$ mm méretű Sn és Ag lapkákat egyenként acetonnal, 0,1 M HCl-vel és ionmentesített vízzel mosták 3 percig, majd szárítás után a plazmakezelés következett, amelynek hatására azok felületén SnF_2 és AgF_2 képződött. Ezután már mindkét, plazmával fluorozott fém forrasztható volt ólommentes, ónalapú Sn-3,5Ag forrasztóanyaggal folyasztszer (*flux*) nélkül is. A forraszthatóság CF_4/O_2 1:9 áramlási sebességek arányánál volt optimális. SEM- és XPS-vizsgálatokkal a felületi morfológiát és a fázisok időbeni változását is feltérképezték. Az Sn felülete 5 perc múlva érdesebb volt, majd ezután kisimult, míg az Ag felülete a kezelési idővel egyre porózusabb lett, ahogy azt a 11. ábra mutatja. Igazolták, hogy ezzel a módszerrel ugyanolyan nedvesíthetőség érhető el, mint a folyasztszeres forrasztásnál, így ez az ólommentes folyasz-

tószeres forrasztás alternatívájaként kínálkozik.

Réz kontaktfelületek ónalapú ötvözetekkel és folyasztszer alkalmazása nélkül történő forrasztására vonatkozóan viszont egyelőre nincs ismeretünk az iparban szélesebb körben bevezetett és elfogadott folyasztszer nélküli (*fluxless*) típusú eljárásról. Ennek az egyik és legfőbb oka az, ahogy már korábban is említettük, hogy a frissen, többnyire galvanotechnikai úton leválasztott réz a levegőn gyorsan oxidálódik és meglehetősen nehéz és költséges felületmódosítási technikákkal látszik csak megoldás a rézfelületek olyan értelmű, például megfelelő adalékos plazmatechnikai módosítására, amellyel hosszabb idő után, és akár folyasztszer nélkül is, jól forrasztható marad a réz felülete.

6. Összefoglalás

Tanulmányunk bemutatja, hogy komoly kutatási erőfeszítések irányulnak világszerte az atmoszférikus nyomású plazmakezelésekre, azon belül is a fémtermékekre és ezek már folyamatos üzemű gyártósorokban is felhasználást nyertek. A jövőben további tényeresük várható, köszönhetően a költségcsökkentés, környezetvédelem és technológiai fejlesztések nyomásának. A felhasználást illetően interdiszciplináris megközelítést kell alkalmazni a felületek kezelésénél, mivel olyan komplex folyamatokról van szó, ahol többek között a fizikai, kémiai, gépészeti, elektronikai ismeretek alapján a paraméterek finomhangolásával különböző hatások érhetők el.

Áttekintést nyújtottunk réz-, ón-, ezüst-, arany-, acél- és alumíniumfelületek nemes- és egyéb gázok plazmájával történt kezelésekre hatásairól, és néhány sorozatgyártásba bevezetett technológiáról is. Betekintést nyerhettünk a rendkívül érzékeny anyagjellemzési technikák körébe, amelyek szükségesek lehetnek a jövőbeni plazmakezelésekhez kapcsolódó kutatási feladatokhoz. Az atmoszférikus nyomású plazmakezelésekre irányuló kutatások és fejlesztések a forrasztástechnikai területeken hozhatnak jelentős előrelépést a közeljövőben a Miskolci Egyetemen

is a „FORR-ÁSZ” projekt keretén belül [25]. A Miskolci Egyetem tanzékein és partnerszervezeteinél megtalálhatók mindazok az anyagjellemzési technikák (kontaktusz-mérő berendezés nyugvócseppes módszerrel, profilmérő berendezés, fény- és pásztázó elektronmikroszkópok, ködfénykisüléses optikai emissziós spektroszkópia, XPS és AFM), amelyekkel az atmoszférikus plazmakezelt felületek állapota vizsgálható és minősíthető. Ezen túlmenően, egy laboratóriumi atmoszférikus plazmasugaras felületkezelő berendezés is hamarosan rendelkezésre fog állni a kutatásokhoz a Metallurgiai és Öntészeti Intézet Felülettechnikai Laboratóriumában.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0019 jelű projekt részeként – az Új Széchenyi Terv keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg. Köszönetünket fejezzük ki továbbá Nagy Tamás, az Infineon Technologies Cegléd Kft. munkatársa részére szakmai észrevételeiért.

Irodalom

[1] *Feinman, J.*: Plasma Technology in Metallurgical Processing. Iron and Steel Society. 1987

[2] *Payling, R.*: History of RF vs DC. http://www.glow-discharge.com/?Instrumentation:Power_supply:History_of_RF_vs_DC

[3] *Nehra, V. – Kumar, A. – Dwivedi, H. K.*: Atmospheric Non-Thermal Plasma Sources. International Journal of Engineering, Vol 2. Iss. 1. 53–68.

[4] *Tendero, C. – Tixier, Ch. – Tristant, P. – Desmaison, J. – Leprince, P.*: Atmospheric pressure plasmas: A review. Spectrochimica Acta Part B 61. 2006. 2–30.

[5] *Bárdos, L. – Baránková, H.*: Plasma processes at atmospheric and low pressures. Vacuum 83. 2009. 522–527.

[6] *Schütze, A. – Jeong, J. Y. – Babayan, S. E. – Park, J. – Selwyn, S. – Hicks, F.*: The Atmospheric-Pressure Plasma Jet. A Review and Comparison to Other Plasma Sources. IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 26, No. 6, 1998/12.

[7] *Tóth A. – Csiszár E.*: Az atmoszférikus plazma és alkalmazási lehetőségei a textiliparban. Magyar Textiltechnika LXIV. 2011/4.

[8] *Pál K.*: Műanyagfelületek kezelése plazmával vagy fluorgázzal. Műanyagipari Szemle 2008/01.

[9] *Bánhegyi Gy.*: Műanyagok felületének kezelése plazmával. Műanyagipari Szemle 2011/03.

[10] *Kesten-Kühne, L.*: Vergleichende Untersuchungen der Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Niederdruckplasma und Atmosphärendruckplasma. Diplomamunka 2006. HAWK/Göttingen

[11] Design of plasma polymerized thin films. EMPA Activities 2003.

[12] Plasma Technology. Diener electronic GmbH+Co. KG. 2007.

[13] Plasma-finish. Niederdruck-Plasma-Technologie. A PINK GmbH termékprojektusa <http://www.pink.de/pdf/plasma-finish.pdf>

[14] *Kim, M. C. – Yang, S. H. – Boo, J. H. – Han, J. G.*: Surface treatment of metals using an atmospheric pressure plasma jet and their surface characteristics. Surface and Coatings Technology 174–175. 2003. 839–844.

[15] *Jariyaboon, M. – Møller, P. – Dunin-Borkowski, R. E. – Inc, S. I. – Chorkendorff, I. – Ambat, R.*: The effect of atmospheric corona treatment on AA1050 aluminium. Corrosion Science 52. 2010. 2155–2163.

[16] *Prysiashnyi, V.*: Aluminium Surface Atmospheric Pressure DCSBD Plasma Treatment in Air and Nitrogen Atmospheres. Publ. Astron. Obs. Belgrade No. 89. 2010. 151–154.

[17] *Čermák, M. – Kováčik, D. – Ráhel, J. – Stáhel, P. – Zahoranová, A. –*

Kubincová, J. – Tóth, A. – Čermák, L.: Generation of high-density highly non-equilibrium air plasma for high-speed large-area flat surface processing. Plasma Phys. Control. Fusion 53. 2011. 8.

[18] *Bónová, L. – Zahoranová, A. – Zahoran, M. – Čermák, M.*: Influence of Atmospheric-Pressure Plasma Treatment of Aluminium Surface on the Different Organosilane Coatings. 20th ESCAMPIG, 2010/07/13–17.

[19] *Knospe, A.*: Pre-treatment of aluminium with plasma in air. Aluminium International Today 2007/07–08.

[20] *Melamies, I. A.*: Selective plasma coating of metal surfaces. Chemical Technology, 2011/05.

[21] *Ramirez, M. – Henneken, L. – Virtanen, S.*: Oxidation kinetics of thin copper films and wetting behaviour of copper and Organic Solderability Preservatives (OSP) with lead-free solder. Applied Surface Science 257. 2011. 6481–6488.

[22] *Nakamura, T. – Buttapeng, C. – Furuyac, S. – Harada, N.*: Surface cleaning of metal wire by atmospheric pressure plasma. Applied Surface Science 256. 2009. 1096–1100.

[23] *Koo, J. M. – Lee, J. B. – Moon, Y. J. – Moon, W. C. – Jung, S. B.*: Atmospheric Pressure Plasma Cleaning of Gold Flip Chip Bump for Ultrasonic Flip Chip Bonding. Journal of Physics: Conference Series 100. 2008. 1–4.

[24] *Ueshima, M. – Nakamura, Y. – Horii, S. – Sugiyama, K.*: Improvement of flux-less, lead-free solder wettability on CF4-plasma-fluorinated Sn and Ag substrates using 'atmospheric pressure non-equilibrium plasma'. Surface & Coatings Technology 205. 2010. 426–430.

[25] *Batta B. – Kékesi T. – Bencsik B. – Mende T. – Gácsi Z.*: „A FORR-ÁSZ” projekt előzményei, fontosabb adatai. BKL Kohászat 2013/2. 51–53.

Golyósmalomban őrlött CuZr alapú ötvözetek szerkezetváltozásának vizsgálata

A cikk kristályos CuZr alapú ötvözetek mechanikai őrlésével foglalkozik. Háromalkotós CuZrAl ötvözeteket állítottunk elő. Megvizsgáltuk a kiinduló és az őrlés hatására kialakult szövetszerkezetet és azonosítottuk a különböző ideig őrlött porokban lévő fázisokat. A kiinduló kristályos ötvözetekben lévő fázisok közül az őrlési kísérlet végén csak a τ_3 - ($Al_{21}Cu_{28}Zr_{51}$) fázis maradt kristályos. Végeredményként amorf/nanokristályos kompozit porokat hoztunk létre.

Bevezetés

A Magyar Tudományos Akadémia által támogatott és a Miskolci Egyetemen lévő MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport többek között amorf ötvözetek előállításával és vizsgálatával foglalkozik. Elsősorban öntéssel és őrléssel állítunk elő amorf, ill. amorf/kristályos szerkezetű ötvözeteket. Öntéssel tömbi amorf ötvözeteket gyártunk, az őrléssel előállított porokat porkohászati technológiával dolgozzuk fel, hogy szintén tömbi amorf ötvözetet állítsunk elő.

Az amorf ötvözetek előállítása és vizsgálata nemzetközi szinten is kiemelkedő kutatási terület, amellyel számos jeles kutató foglalkozik [1–3]. Ennek oka, hogy jobb tulajdonságokkal (pl.: mechanikai, mágneses tulajdonságok, korrózióállóság) rendelkeznek, mint az ugyanolyan összetételű kristályos szerkezetű társaik. Az első publikációk magnézium- és lantanalapú tömbi amorf ötvözetekről jelentek meg a '80-as évek végén. Később folyamatosan közzéttek cirkónium-, titán-, vas- és kobaltalapú ötvözetekről is. A 2000-es évek elején pedig már a rézalapú ötvözetekre is fókuszáltak a kutatók [4]. A legtöbb amorf ötvözet alapanyaga, mint például a cirkónium, platina, magnézium, kobalt, nikkel, viszonylag drága, így nagy tömegű felhasználásuk még kor-

látozott. Az amorf anyagok egyik legnagyobb felhasználója az elektronikai ipar. Már léteznek olyan elektronikai termékek (laptop, telefon), amelyeknek a burkolóanyaga amorf fém, de óratokokat is készítenek amorf ötvözetekből. Az olajfúrók fúrófejeit szintén amorf ötvözetrel vonják be, kiváló kopásállóságuk miatt. A sporteszközök közül a tenisz- és a golfütőt érdemes ebből az anyagból gyártani, mivel rezgéscsillapító képessége védi a sportoló ízületeit.

Ahhoz, hogy amorf ötvözetet tudjunk létrehozni, az alapfémhez amorfképző elemet (ilyen például a cirkónium vagy a hafnium) kell adagolni. A legtöbb amorf ötvözet általában rideg, elsősorban az atomok kis-mértékű mozgékonyasága miatt, de ez a tulajdonságuk javítható ötvözéssel (pl.: CuZr ötvözethez alumíniumot adva) vagy részbeni kristályosítással (amorf/kristályos kompozit). Az összetétel megválasztása az amorf ötvözet készítésének egyik lényeges mozzanata, bizonyos tekintetben stratégiai kérdés. Az eutektikus összetételhez közeli ötvözetek például könnyebben amorfizálhatók.

Amorf ötvözetek előállításának egyik kritikus kérdése a szennyezők (pl.: oxigén) teljes mértékű kizárása, mert a jelenlévő szennyező elemek csíráképzőként hatnak, a cél pedig a csíráképződés elkerülése. Tömbi

amorf vagy amorf/kristályos fémötvözeteket többnyire öntéssel vagy porkohászati úton (őrlés, sajtolás, szinterelés) állítanak elő. Az öntészeti úton történő gyártást korlátozza, hogy az elérhető vastagságot befolyásolja a kritikus hűtési sebesség. Az ötvözet összetételétől függően is változik az önthető amorf darab vastagsága. Így például CuZrAgAl esetben maximum 25 mm átmérőjű darabot tudtak eddig önteni [5]. A porkohászati technológia ezzel szemben vastagabb darabok előállítására is alkalmas lehet, ennek első lépése az amorf vagy amorf/kristályos por gyártása. Az öntött anyagok porrá őrlésével számos szakirodalom foglalkozik [6–8], míg a porokból történő tömbi darabok létrehozásával azonban kevesebb [9,10]. Őrlés során a golyók által közölt mechanikai energia egy része az amorf szerkezet kialakulására fordítódik, miközben a szemcsék aprózódása és összehegedése egyaránt zajlik. Olyan folyamatok ismétlődnek, mint a mechanikai keveredés, a hideghegedés, a szemcsék töredezése. Végül egy megváltozott anyagszerkezetű, viszonylag finom szemcseméretű port (átlagos szemcseméret <50 μm) kapunk. A folyamat során kristályhibákat viszünk be a szerkezetbe, ilyenek a diszlokációk, rétegződési hibák, ikerhatárok [11]. A kristályos fázis ezeknek a folyamatoknak, a hibák halmozódásának (hibakoncentráció-növekedés) köszönhetően amorf szerkezetűvé válik [7].

Közleményünk bemutatja az alapanyaggyártást és az amorf por készítésének technikáját, valamint különböző vizsgálótechnikákkal nyert eredményeket, a mesterötvözet és az őrlött porok szerkezetét. A kutatómunka célja, hogy olyan amorf vagy amorf/kristályos kompozitporokat hozzunk létre, melyek a továbbiakban meleg sajtolással porkohászati úton feldolgozhatók.

Mizser-Tomolya Kinga okleveles anyagmérnök, a Magyar Tudományos Akadémia Miskolci Egyetemen lévő Anyagtudományi Kutatócsoportjában dolgozik, mint tudományos munkatárs. 2007-ben PhD-fokozatot szerzett alumínium mátrix szemcsékkel erősített kompozitok témakörben. Jelenleg fő kutatási területe ötvözetek amorfizálása őrléssel és a kapott porok pormetallurgiai feldolgozása.

1. Alapanyaggyártás

A kísérletek első lépése a nagy tisztaságú, kristályos mesterötvözetek készítése. Az előállítás a Debreceni Egyetem Szilárdtest Fizikai Tanszékén lévő ívfényes olvasztó berendezésben (1a ábra) történt.

Az ívfényes olvasztó berendezés közepén egy vízzel hűtött réztégely van, amelybe az olvasztandó tiszta fémek kerülnek. Lényeges, hogy nagy tisztaságú fémeket használjunk, mivel az alapanyagban oldott szennyezők ronthatják az amorfizálhatóságot. Legalább 99,9%, de jellemzően nagyobb tisztaságú fémeket alkalmazunk. A lezárt berendezésben vákuumot (10^{-7} – 10^{-8} bar) hozunk létre. Ezt követően kis mennyiségű, nagy tisztaságú argon beengedésével a tér alkalmassá válik az ívfény kialakítására. Az ívfény megolvasztja a jelen lévő elemi fémeket, amelyek néhány másodperc alatt – az intenzív olvadáskáramlás következtében – homogén ötvözetet képeznek. Az ötvözet a felületi feszültség miatt közel gömb alakot vesz fel. Az ötvözet forgatását követően az olvasztást négyezer-öttször megismételjük, hogy a homogenitást tovább javítsuk. A végeredmény egy átlagosan 15 g tömegű, kb. 2 cm átmérőjű ötvözet darab (1b ábra). Az alkalmazott berendezés előnye, hogy az ötvözetet meg tudjuk védeni az oxigén hatásától és a salak képződésétől, ugyanis az olvasztás terében folyamatosan olvadt állapotban tartunk egy titán-darabkát (titán gettert), aminek feladata az olvasztás során felszabaduló oxigén megkötése. Mivel a cirkóniumnak nagy az affinitása az oxigénhez, így szükség van a gáztérben a szabad oxigén megkötésére, ill. koncentrációjának minimálisra csökkentésére, ugyanis az ötvözetben keletkező fém-oxidok rontják az amorfizálhatóságot, mert csíráképzőként hatnak. A titán getter alkalmazása esetén 150 ppm alatti oxigéntartalmú ötvözetet lehet készíteni. Az így kapott mesterötvözet kiválóan alkalmazható további őrlési kísérletekhez.

2. Őrlés

A kristályos anyagot megőrölve amorf vagy amorf/kristályos szerke-

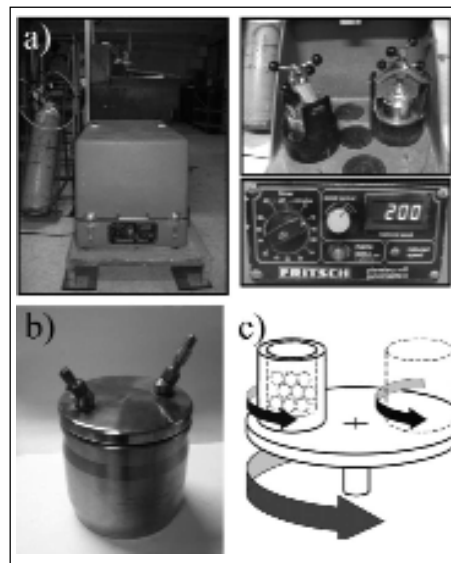
zetű por állítható elő. Az őrlés előtt különböző műveletek elvégzése szükséges, ilyen a mesterötvözet aprítása és az aprított szemcsék méret szerinti szétválasztása fém-szita segítségével. Így a kiinduló por szemcsemérete <300 mikrométer. Az őrléshez „Fritsch Pulverisette 5” golyósmalmot (2a ábra) használtunk, amelybe egyidejűleg két tégely (2b ábra) helyezhető el. A saválló acéltégelyekbe 30-30 gramm mennyiségű kristályos port mértünk be, ehhez hozzáadtuk az 5, 7 és 10 mm átmérőjű acélgolyókat 20:1 golyó/őrleendő anyag arányt alkalmazva. Ezt követően a tégelyeket lezártuk és argonnal feltöltöttük, majd az őrlést 200 fordulatszám/perc sebességgel 25 órán keresztül végeztük és 5 óránként mintát vettünk [12]. Egy óra őrlés után két órán keresztül hűlt a berendezés, hogy az őrlés során ugyanolyan körülményeket biztosítsunk. A bolygóműves őrleskor a tégelyek egy forgó tárcsán is és a saját tengelyük körül is forognak, ahogyan a 2c ábra szemlélteti. Az őrlés során a bevitt mechanikai energia hatására alakul ki az amorf szerkezet. A tégelyek és a tárcsa forgásából származó centrifugális erők hatással vannak a tégelyek tartalmára, azaz az őrleő golyókra és az őrleendő porra is. Őrlés során a golyók egymással és a fallal is ütköznek, miközben köztük állandóan jelen van az őrleendő por, ami ezáltal ismétlődően nyíró és nyomó igénybevételnek van kitéve. A folyamatos ütközések hatására deformáció jön létre, majd alakítási keményedés és törés játszódik le [13].

3. CuZr alapú mesterötvözetek

A kísérletekhez olyan ötvözeteket választottunk, amelyek a Cu-Zr-Al ternér rendszerben az eutektikus összetételt megközelítik. Ennek oka, hogy az amorf szerkezet ezeknél az ötvözeteknél alakítható ki legkönnyebben. Háromalkotós rendszerben csak irodalmi adatokra alapozva lehetséges a jellegzetes összetételek megadása. Bo és társainak munkáját felhasználva [14] jelöltük ki azokat az összetételeket, amelyekből nagy valószínűség-



■ 1. ábra. a) Ívfényes olvasztó berendezés; b) a mesterötvözet képe



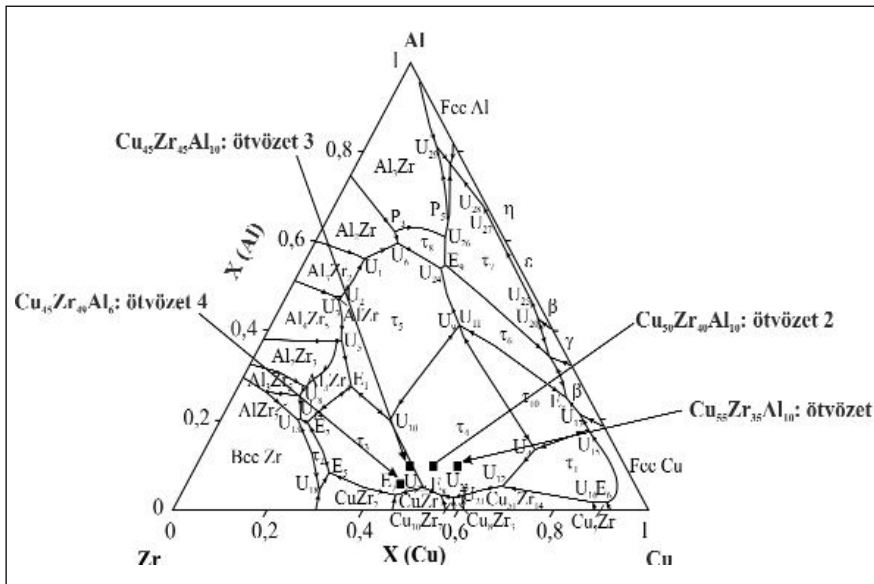
■ 2. ábra. a) Őrlőberendezés, b) őrleő tégely képe, c) az őrlés elvi ábrája

gel amorf vagy részben amorf szerkezetű ötvözetpor készíthető. Az 1. táblázat tartalmazza a kiválasztott összetételeket és elnevezéseiket.

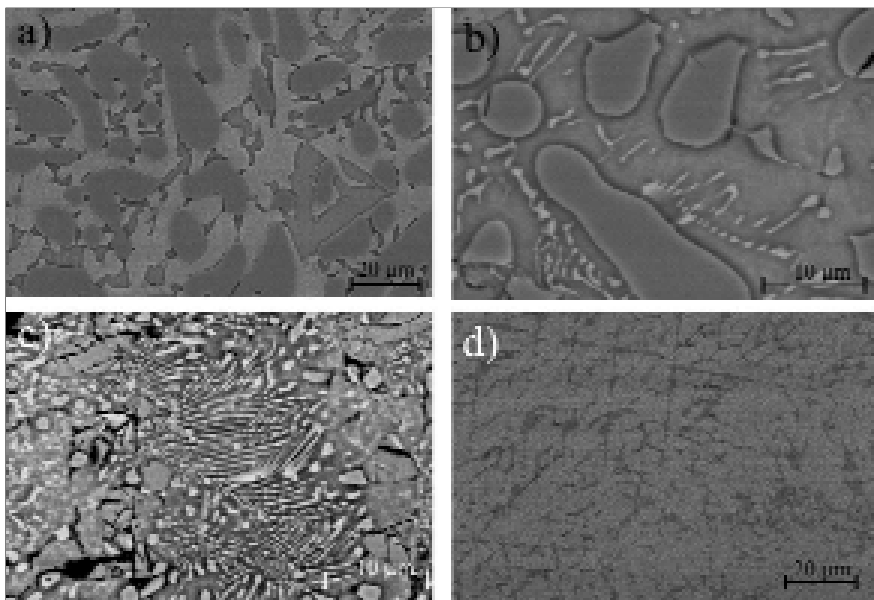
1. táblázat. A kísérleti ötvözetek elnevezése és összetétele

Ötvözet neve	Összetétel, atom%		
	Cu	Zr	Al
1. ötvözet	55	35	10
2. ötvözet	50	40	10
3. ötvözet	45	45	10
4. ötvözet	45	49	6

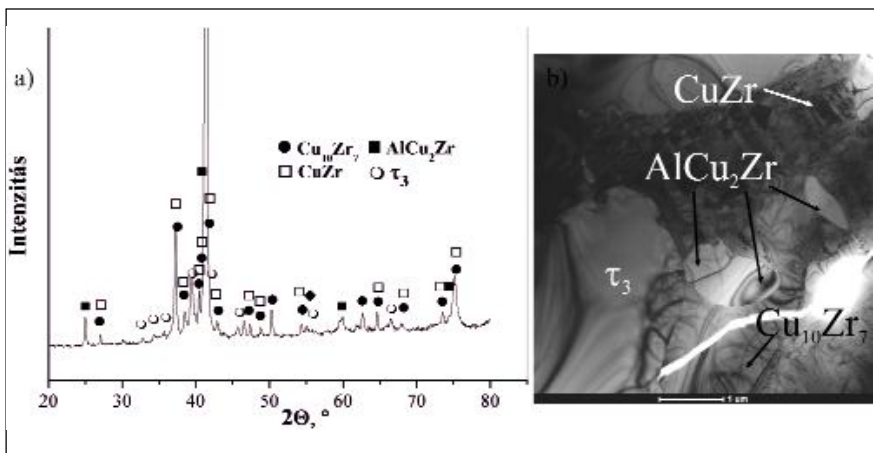
A 3. ábra a CuZrAl ötvözetrendszer likviduszfelületét mutatja, megjelölve a kísérleti összetételeket. Az egyensúlyi fázisdiagram alapján kettő azon a felületen található, ahol a τ_4 (AlCu_2Zr) a primér fázis, kettő pedig ahhoz a felülethez tartozik, ahol a τ_3 ($\text{Al}_{21}\text{Cu}_{28}\text{Zr}_{51}$) kristályosodik elsőként. Ez a diagram kiindulópontot jelent a további vizsgálatokhoz és információt ad arról, hogy milyen fázisok lehetnek jelen az ötvözetekben. Azonban meg kell jegyezni, hogy az



■ 3. ábra. A CuZrAl ötvözetrendszer likvidusz felülete [13]



■ 4. ábra. A mesterötívözetek szerkezete a) 1. ötvözet, b) 2. ötvözet, c) 3. ötvözet, d) 4. ötvözet



■ 5. ábra. 1. ötvözet a) röntgendiffrakciós felvétele, b) HRTEM képe

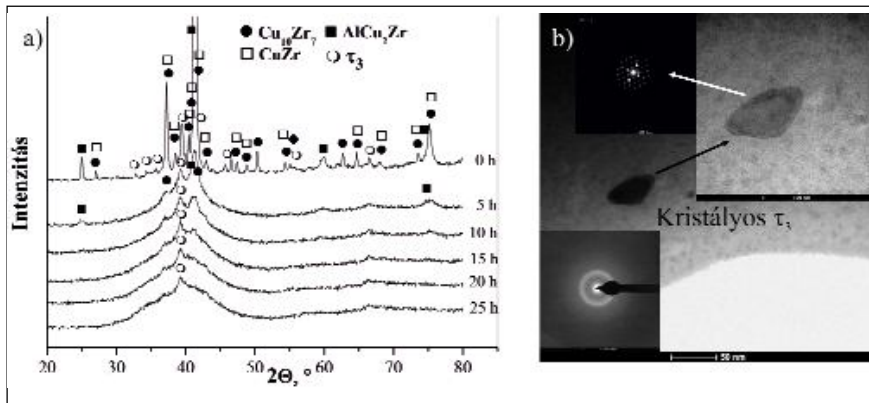
ívfényes olvasztásnál ~100 K/s-mal hűltek az ötvözetek, ami azt jelenti, hogy nem egyensúlyi körülmények között kristályosodott a szerkezet.

A 4. ábra a különböző összetételű kristályos ötvözetek szerkezetét mutatja be. A pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM) készült felvételek és a hozzá kapcsolt energiadiszperzív mikroszkop (EDS) segítségével előzetes képet kaptunk a darabok szövetszerkezetéről.

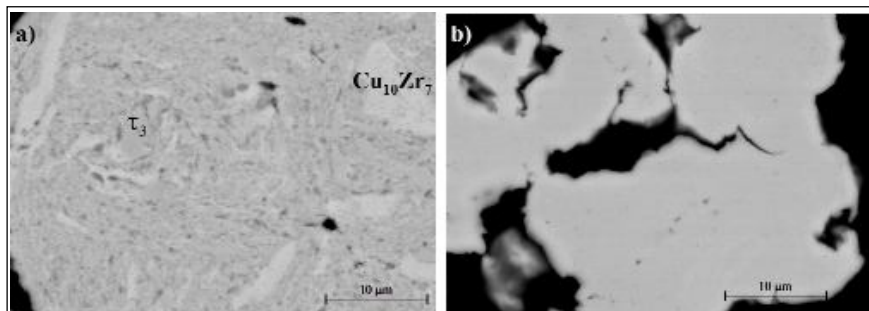
Röntgendiffrakciós elemzéssel, illetve transzmissziós elektronmikroszkóppal is vizsgáltuk az előforduló fázisokat. A röntgendiffrakciós elemzést nehezítette, hogy a kristályos fázisok csúcsai átfedtek egymást, de az elektrondiffrakciós elemzés alátámasztotta a pásztázó elektronmikroszkópos és a röntgenes eredményeket. A szerkezetvizsgálat eredményeit az 1. ötvözetten keresztül mutatjuk be, kitérve a többi ötvözet eredményeire is. Az 5. ábrán az 1. ötvözet röntgendiffraktogramja és nagy felbontású transzmissziós elektronmikroszkópos (HRTEM) képe látható. Az első két összetétel (1. és 2. ötvözet) T_3 ($Al_{21}Cu_{28}Zr_{51}$), T_4 ($AlCu_2Zr$) és CuZr fázisokat tartalmaz, illetve nyomokban $Cu_{10}Zr_7$ fázis is található. Növelve a Zr mennyiségét az ötvözetekben (2. ötvözet), a T_4 mennyisége nem változik jelentősen, a CuZr mennyisége növekszik, a T_3 mennyisége pedig csökken. A további összetételek (3. és 4. ötvözet) ugyanazokat a fázisokat tartalmazzák, azonban más szerkezettel rendelkeznek, eutektikum található bennük. A 3. ötvözetben két eutektikum van jelen a T_4 - és T_3 -fázisok mellett. Az eutektikumokat $T_3 + CuZr$ és $T_4 + T_3$ fázisok alkotják. A 4. ötvözetben T_3 -t és CuZr-t sikerült azonosítani.

4. Kristályos ötvözetporok őrlése

Valamennyi ötvözet hasonlóan viselkedik az őrlés során. A 6a ábra a különböző ideig őrlött porok (1. ötvözet) röntgendiffrakciós felvételeit mutatja. A kristályos fázisokhoz tartozó csúcsok magassága és a csúcsok alatti terület az őrlési idő növekedésével csökken. A diffrakciós csúcsokat felváltja az amorf szerkezetre jellemző ún. amorf domb a $2\theta = 27-51^\circ$ közötti tartományban, ezzel is bizo-



■ **6. ábra.** Az 1. ötvözet a) röntgendiffrakciós felvételei az őrlési idő függvényében, b) a 25 órát őrlött por HRTEM képe



■ **7. ábra.** Az 1. ötvözet összetételű por SEM képe a) 5 órás őrlés után, b) 25 órás őrlés után

nyítva, hogy őrlés során a szerkezet amorfizálódik. Megfigyelhető, hogy az amorfizálás folyamata az első 15 órában végbemegy, ezt követően nincs további szignifikáns változás. Az első 5 órában a szerkezet jelentős része átalakul, ~60% amorf hányadot mértünk, amely 15 órás őrlést követően már 80-90 térfogatszázalékra növekedett.

Az első ötórás őrlést követően CuZr és τ_3 azonosítható az ötvözetben, míg a 25 órás kísérlet végén τ_3 -fázis maradt az amorf mátrixban. Ezáltal amorf mátrixú nanokristályos kompozit porokat állítottunk elő. A *6b ábrán* látható, hogy a kristályos fázis mérete néhány nanométertől néhány tíz nanométerig terjed. Az amorf mátrixot a diffrakciós gyűrű egyértelműen bizonyítja. A 25 óráig őrlött porokban már kis mennyiségben kimutathatók voltak olyan szennyezők, mint a vas, króm, szilícium és az oxigén. Ezek az őrlő golyókból és a tégelyből származtak.

A *7. ábrán* pásztázó elektronmikroszkóppal készült felvételek láthatók, amelyek az 1. ötvözet különböző ideig őrlött porainak szerkezetét mutatják. Az őrlés során lejátszódó folyamatok eredményeképpen a nagyobb szemcséket összehegedt, apró kis szem-

csék alkotják, és lyukak, üregek, pórusok láthatók a szemcséken belül. Nyitott és zárt pórusok találhatóak a szemcsékben, amelyek befolyásolják a későbbi porkohászati feldolgozását. Ötórás őrlést követően (*7a ábra*) megfigyelhető, hogy a kiinduló szerkezet fázisai elkenődtek, a mátrixban csak helyenként azonosítható a CuZr- és τ_3 -fázis, egyértelműen felfedezhető az alakváltozás nyomai. A kiinduló szerkezet 25 órás őrlés után (*7b ábra*) nem ismerhető fel, teljesen megváltozott, és a fázisok nem különíthetőek el egyértelműen a szemcsékben.

5. Összefoglalás

CuZr alapú ötvözetekből 15 órás őrlést követően amorf mátrixú nanokristályos kompozit porok állíthatók elő, amelyek amorf térfogathányada nagyobb, mint 80%. Őrlés hatására a kiinduló mesteroztó τ_3 ($\text{Al}_{21}\text{Cu}_{28}\text{Zr}_{51}$), τ_4 (AlCu_2Zr), CuZr és $\text{Cu}_{10}\text{Zr}_7$ fázisai közül előbb a τ_4 és a kis mennyiségű $\text{Cu}_{10}\text{Zr}_7$ tűnik el (5 órás őrlést követően), majd további őrlés hatására a CuZr. Végül a τ_3 marad kristályos fázisként a rendszerben a 25 órás őrlés végére. A kísérletsorozat bizonyítja, hogy ezek

a CuZr alapú ötvözetek alkalmasak amorf/nanokristályos szerkezetű porok készítésére. A porok szerkezetéről elmondható, hogy a nagyobb szemcséket összehegedt, apró kis szemcsék alkotják, és lyukak, üregek, pórusok láthatók a szemcséken belül.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával, a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt keretei között valósul meg.

Irodalom

- [1] Weibing, Liao – Yangyong, Zhao – Jianping, He – Yong Zhang: J. Alloys Compd. 555 (2013) 357–361
- [2] Wu, Y. – Wang, H. – Wu, H. H. – Zhang, Z. Y. et al.: Acta Mater. 59 (2011) 2928–2936
- [3] Sun, Y. F. – Shek, C. H. – Li, F. S. – Guan, S. K.: Mater. Sci. Eng. A 479 (2008) 31–36
- [4] Inoue, A. – Takeuchi, A.: Acta Mater. 59 (2011) 2243–2267
- [5] Kim, Y. C. – Lee, J. C. – Cha, P. R. – Ahn, J. P. – Fleury, E.: Mater. Sci. Eng. A 437 (2006) 248–253
- [6] Siegrist, M. E. – Siegfried, M. – Löffler, J. F.: Mater. Sci. Eng. A 418 (2006) 236–240
- [7] Bhatt, J. – Murty, B. S.: J. Alloys Compd. 459 (2008) 135–141
- [8] Turquier, F. – Cojocar, V. D. – Stir, M. – Nicula, R. – Burkel, E.: J. Non-Cryst. Solids 353 (2007) 3417–3420
- [9] Drozd, D. – Latuch, J. – Kulik, T.: J. Alloys Compd. 395 (2005) 59–62
- [10] Dutkiewicz, J. – Jaworska, L. – Maziarz, W. – Czeppe, T. et al.: J. Alloys Compd. 434–435 (2007) 333–335
- [11] Bian, Z. – Chen, G. L. – He, G. – Hui, X. D.: Mater. Sci. Eng. A 316 (2001) 135–144.
- [12] Tomolya, K. – Janovszky, D. – Janvari, T. – Sycheva, A. et al.: J. Alloys Compd. 536 (2012) S154–S158
- [13] Suryanarayana, C.: Prog. Mater. Sci. 46 (2001) 1–184
- [14] Bo, H. – Wang, J. – Jin, S. – Qi, H. Y. – Yuan, X. L. – Liu, L. B. – Jin, Z. P.: Intermetallics 18 (2010) 2322–2327

Jubileumi Technikus Találkozó

Hatvan éve kezdődött a kohásztechnikus-képzés Dunaújvárosban

Az ország különböző pontjairól érkeztek a Jubileumi Technikus Találkozó résztvevői, hogy megemlékezzenek a 24. számú Kohászati Technikum alapításának hatvanadik évfordulójáról. A Dunaújvárosi Főiskola előtti parkba 2013. augusztus 19-én a déli órától gyülekeztek a résztvevők, akiket térzenével fogadott a Dunaújvárosi Fúvószenekar. Őket váltva az Adai Mzsorettcsoport, valamint a Dunaújvárosi Vasas Táncegyüttes szórakoztatta a növekvő számú közönséget.

A megnyitó első szónoka *Andrási Miklós*, az ünnepséget szervező emlékbizottság elnöke volt, akitől *Gombos István*, Dunaújváros humán ügyekért felelős alpolgármestere vette át a szót, hogy a város vezetői nevében köszöntse az egybegyűlteket. Elmondta, hogy az idei augusztus 20-i városi ünnepségek sorába illeszkedett a kohász technikus képzés indulásának hatvanadik évfordulójára emlékezés.

Az összetartozás különös érzése lengte át a jubileumi találkozót, szoros értelemben „forró” hangulatát. A háromszáz ember részvételével zajló programok bevették magukat a város és a főiskola krónikájába. Miként kitörülhetlenné vált az iskola

alapító igazgatója, *Avas Mihály* neve, akinek emlékdomborművét, *Friedrich Ferenc* Munkácsy-díjas szobrászművész alkotását, ezen a napon avatták a főiskola aulájában. Mostantól az egykori technikumi tanárok nevét is olvashatja az erre járó, ugyanis a főépület első emeleti aulájában emléktáblák teszik feledhetlenné *Nagy János*, *Hajdú István*, *Akucs Attila*, *Szentirmai Béla*, *Gábeli József*, *Vágó János*, valamint *Ringbauer Zoltán* tanár urak személyét.

A nap további részében, a főiskola új szárnyának konferenciatermében emlékülésen idézték fel a technikumi diákeveket. A levezető elnöki teendőket *dr. Farkas Péter*, a Dunaújvárosi Főiskola nyugállományú intézetigazgatója látta el. Köszöntötte az ünnepségen megjelent volt diákokat és tanáraikat. Az egykori diákok között szerényen helyet foglalt *dr. Roósz András*, aki 1963-ban öntő technikusként végzett, jelenleg a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja, a magyar űryanag tudományi, technológiai programok irányítója.

„Üzenet egykori iskolámba” című Ady verset *Nyíri Miklós* szavalta el, akinek intonálásában a költemény utolsó sorait a megjelentek együtt

visszhangzották: „Bár zord a harc, megéri a világ, Ha az ember az marad, ami volt: Nemes, küzdő, szabadlelkű diák.” Harangjátékkal és néma főhajtással emlékeztek elhunyt diáktársaikra és tanáraikra. A Viadana Kamarakórus műsorát követően a technikum dicsőséges múltjába *dr. Hanák János* nyugállományú főtechnológus röpítette vissza hallgatóságát.

Az emlékülés második részében a Dunaújvárosi Főiskola nyugállományú rektorhelyettese, *dr. Szántó Jenő* a főiskola történetének főbb állomásait ismertette, elvezetve az egybegyűlteket a jelenbe, amikor is a felsőoktatási intézmény campusában 3500 magyar és külföldi diák tanulhat képzési területen: műszaki, informatikai, gazdaságtudományi, társadalomtudományi, bölcsészettudományi, valamint pedagógiai szakon. *Pintér Lajos* gépészmérnök a németországi Tholey-i bencés apátság barokk kapujának tervezési és kivitelezési munkáit fotókon és kisfilmen mutatta be. Az iskola egykori diákja felkérésre készítette el a barokk kapu tervét, hogy azt követően koordinálja a kivitelezési és felállítási munkákat.

A jubileum egyúttal számvetésre készítette a szervezőket: a Kerpely



■ A találkozó megnyitója



■ Az emlékülés résztvevői

Antal Kohó- és Gépipari Technikum 1953 és 1972 között 1600 technikust adott a hazai iparnak, nappali, esti és levelező tagozaton folyó kohász, gépész és öntő képzésben.

A találkozó ötlete Szabóné Sánta Annától származott: A főiskola rektorának írt felkérő levéllel vette kezdetét a szervezés. Létrejött az emlékbizottság, amely időközben további tagokkal bővült. Köszönettel tartozom azért, hogy a „szikrából”, amely a fejében bő egy esztendővel ezelőtt kipattant, ekkora nagyságrendű esemény lett.

Az emlékülést követően osztálytalálkozókon ültek újra iskolapadba az egykori diákok. Este terített asztal mellett folytak a visszaemlékezések, zenéről a szintén Kerpely-s Molnár

Ágoston, alias Potyó vezette zenekar gondoskodott.

A találkozót szervező emlékbizottság elnöke, *Andrási Miklós* sikeresnek ítélte a rendezvényt: – annak örülünk a legjobban, hogy ilyen sokan eljöttek. Amikor a szervezésbe kezdtünk, szinte lehetetlennek tűnt az itt végzők elérése. Egy részük már nem él, akik mozgósíthatók, azok 63 és 85 év között vannak. Bízunk benne, hogy a fiatalabbak kedvet kapnak az öt év múlva esedékes találkozó megszervezéséhez.

A találkozót szervező emlékbizottság titkára Nyíri Miklós volt. Az emlékbizottsági tagok: Szabóné Sánta Anna, dr. Hanák János, dr. Farkas Péter, *Szaksz Ferenc* és *Budai János*.

A jelenlévők nem távoztak üres

kézzel, a találkozó névre szóló emléklapja mellett megkapták az erre az alkalomra szerkesztett „60 éves a kohászati oktatás Dunaújvárosban” című két részből álló DVD-t.

A rendezvény fővédnöke *Cserna Gábor*, Dunaújváros Megyei Jogú Város polgármestere, valamint *dr. András István*, a Dunaújvárosi Főiskola rektora volt. Az iskola egykori diákjainak kezdeményezésére létrejött program nem valósulhatott volna meg a szép számú jelentkező és a sok támogató nélkül. Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület anyagilag támogatta a találkozót. AZ OMBKE Vaskohászati Szakosztály dunaújvárosi szervezete pedig a szervezésben segített.

 *Szenté Tünde*

KÁROLY GYULA – TÖRÖK BÉLA – HARCSIK BÉLA

Korszerű, új digitális jegyzetek készülnek a vaskohászati érdeklődésű kohómérnökök számára

A 2013/2014-es tanévben korszerű, új, digitális jegyzetek jelennek meg a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán a vaskohászati érdeklődésű anyag- és kohómérnökök számára.

Az új jegyzetek elkészítésének indokoltsága

Zsámboki Lászlónak, a Selmeci műemlékkönyvtár közelmúltban elhunyt igazgatójának ipartörténeti kutatásai igazolják [1], hogy a középkortól meginduló műszaki-technikai haladás évszázadokon keresztül a bányászat-kohászat haladásán keresztül jelentkezett. Nyilván ennek is tudható be, hogy világszerte a bányászat-kohászat alkotta meg az első műszaki felsőoktatási intézményeket, ahol először oktattak tudományos szinten és laboratóriumi gyakorlatokkal kiegészülve kémiát, fizikát, mechanikát, ásványtant, földtant. Mária Terézia 1762. október 22-én kelt rendeletével Selmecbányán létesült – alakult ki az 1735 óta már ott működő bányászati-kohászati tanintézetből (Berg-Scholá-

ból) – a világon elsőként egy bányászati-kohászati akadémia (az Academia Montanistica). Selmecbányán az elsőként megalakult tanszék az Ásványtan-kémia-kohászat nevet viselte (vezetésére 250 évvel ezelőtt, 1763. június 13-án kapta meg professzori és bányatanácsosi kinevezését *Nikolaus Jacquin*). Ez persze nem azt jelentette, hogy már akkor önálló lett volna a kohómérnök-képzés, hanem azt, hogy a hallgatók az első két évfolyamon a bányászat-kohászat elméleti-elvi alapjaival (matematika, mechanika, ásványtan, földtan-teleptan, kémia, elméleti kohászat) ismerkedtek. A harmadik évben ezek alkalmazásával a bánya- és kohóiparban (bányaművelés, bányamérés, ércelőkészítés, kémlelészet, kohászat, bányagazdaság, bányajog, erdészet stb.), s ezen tárgyak oktatása egyfajta szakosodást igényelt, tanszékek létesítését. Az Ásványtan-kémia-kohászat tanszék megalapítását másodikként a Bányagépészet, harmadikként a Bányaműveléstan követte, s évtizedeken keresztül e három tanszék végezte a bányász-kohász felsőfokú képzést,

míg az 1867-es kiegyezést követően az addigi latin (német) nyelvű képzést fokozatosan a magyar váltotta fel, s 1872-től önállóvá vált a kohómérnök-képzés.

Az első bányászati-kohászati szakkönyvek latin nyelven, a XVI. század elején íródtak [2], *Georgius Agricola DE RE METALLICA* c. 1556-ban Baselben kiadott könyvét az OMBKE 1985-ben magyarra fordítva kiadta. A könyv 12 fejezetben foglalja össze *Agricola* ismereteit a bányászatról és kohászatról, melyet elsősorban a szülőföldjének tekinthető Szászországban szerzett.

Selmecen a bányász-kohász képzés nyelve – az 1867-es kiegyezésig – a német volt (*Agricola* művét már 1557-ben lefordították németre). A kiegyezést követően *Kerpely* professzor volt az [3], aki magyar nyelven írt kétkötetes jegyzetét 1873/74-ben kiadta (ez volt az első magyar nyelvű kohászati szakkönyv), s ezt évtizedekig még az öt követő professzorok is előadásai anyagaként használták. Az 1872-től számított hazai kohómérnök-képzés azóta eltelt 140 éve során

– Selmecen–Sopronban–Miskolcon – a tematikában, az oktatásszervezésben, a jegyzetellátottságban számos változás következett be. Sajnos az utóbbi évtizedekben – elsősorban pénzügyi okokból – nem volt lehetőség arra, hogy a Miskolci Egyetem kohómérnökképzése céljaira nagy számban új jegyzetek készülhessenek, az acélgyártási jegyzetek például az 1980-as években íródtak.

Most, a XXI. század elején, a kor

követelményeinek megfelelő jegyzeteket érdemes csupán készíteni a kohómérnökképzésre jellemző kiscsoportos felsőfokú képzés céljaira, s ebben jelent segítséget a Metallurgiai és Öntészeti Intézet által beadott TÁMOP-4.1.2.A-1-11/1 sz. pályázat elnyerése, mely digitális jegyzetek készítését teszi lehetővé. A digitális jegyzet fontos előnye a nyomtatott jegyzettel szemben, hogy egyrészt nagy mennyiségben tartalmazhat

kitűnő minőségű fotókat, mozgóképeket és animációkat, másrészt könnyen elérhető bárki számára (pl. üzemi szakemberek), nem utolsósorban pedig bármikor javítható, frissíthető.

A jegyzeteket az Intézet, az ISD Dunafer Zrt., az OMBKE, az MVAE honlapján és a www.tankonyvtar.hu-n tervezzük elérhetővé tenni.

A megjelenő 15 új jegyzet az alábbi:

Szerzők	A jegyzet címe	Lektor
1. Török Béla	Archeometallurgia	Sziklavári János
2. Kékesi Tamás	Kémiai metallurgia	Bartha László
3. Farkas Ottó	Vasmetallurgia	Tóth L. Attila
4. Farkas Ottó–Móger Róbert	Vasmetallurgia fejlődési irányai	Grega Oszkár
5. Károly Gyula	Acélmémetallurgia alapjai	Szegedi József
6. Károly Gyula–Józsa Róbert	Konverteres acélgyártás	Szabó Zoltán
7. Károly Gyula–Kiss László–Harcsik Béla	Elektroacél-gyártás	Szöke László
8. Károly Gyula–Kiss László–Károly Zoltán	Acélok üstmetallurgiai kezelése	Szöke László
9. Károly Gyula–Réger Mihály–Harcsik Béla	Acélöntés, spec. acélgyártás	Sziklavári János
10. Tardy Pál–Kiss László–Károly Gyula	Speciális acélok gyártásának metallurgiai, energetikai, környezetvédelmi, minőségbiztosítási szempontjai	Szöke László
11. Gulyás József–Horváth Ákos–Illés Péter–Farkas Péter	Rúd- és laposacéltermékek hengerlésének elméleti és technológiai szempontjai	Marczis Gáborné
12. Török Tamás–Barta Emil	Fémes és szerves bevonattechnológiák	Lakatosné Varsányi Magdolna
13. Tardy Pál–Károly Gyula	Acélgyártásnál a technológiatervezés, technológiafejlesztés, adagvezetés elméleti megfontolásai, vertikális szempontjai	Szöke László
14. Kiss László–Józsa Róbert–Harcsik Béla	A primeracélgyártás technológiatervezésének, technológiafejlesztésének gyakorlati szempontjai	Károly Gyula
15. Kiss László–Józsa Róbert–Harcsik Béla	Az üstmetallurgia és a folyamatos öntés technológiatervezésének, technológiafejlesztésének gyakorlati szempontjai	Károly Gyula

A felsorolt digitális tananyagok a TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0071 számú, *Kompetencia alapú, korszerű, digitális komplex tananyagmodulok létrehozása és online hozzáférésük megvalósítása fémtechnológiákhoz kapcsolódó felsőfokú műszaki képzési területeken* című projekt keretében készülnek egyrészt – konzorciumi partnerként – a Dunafer A Magyarországi Kohómérnökképzésért Alapítvány támogatásával, a Dunaújvárosi Kihelyezett Tanszék szakembereinek bevonásával, másrészt a *World Steel Association* engedélyével a www.steeluniversity.org adaptálásával.

A jegyzetek – mozgóképekkel és animációkkal kiegészítve – SCORM-rendszerben készülnek, amelyeket előzetes regisztráció után lehet online használni. Lehetőség lesz a tananya-

gok kéziratának pdf formátumban való letöltésére is.

Néhány gondolat a steeluniversity tananyag adaptálásáról

A World Steel Association a Miskolci Egyetemmel 2012. év végén kötött együttműködésében hozzájárult ahhoz, hogy a www.steeluniversity.org honlapjáról hasznosítható tananyag egyes részei magyar nyelvre fordítva adaptálhatóak lehessenek. Szerzői jogukat természetesen tiszteletben kell tartanunk, ezért szöveghű fordításra van szükség a honlap részére, s immár az ott szereplő nyelvek között majd a magyar nyelvet is megtaláljuk.

Ha a www.steeluniversity.org honlapra lapozunk, akkor áttekintően láthatjuk, hogy mit is tartalmaz a steel-

university. Ez a tananyag az alábbi modulokból áll:

- Steel Processing
- Steel Applications
- Ferrous Metallurgy
- Sustainability
- Safety and Health

A tananyagok (tananyagmodulok) legértékesebb részei a szimulációk, ezek az alábbi területekre terjednek ki a steeluniversity.org honlapon:

- Virtual Steelworks
- Life of Iron Game
- Tour of a Cold Rolling Mill
- Blast Furnace
- Basic Oxygen Steelmaking
- Electric Arc Furnace
- Secondary Steelmaking
- Continuous Casting
- Plate Rolling
- Section Rolling (I-beam)

- Tensile Test
- Hardness Test
- Charpy Impact Toughness Test
- Sample and Test a Steel Plate
- Design and Make a High Strength Steel
- Recrystallization
- Nucleation & Growth

Nyilván egy adaptációs tevékenység során e rendkívül kiterjedt tananyagból rangsorolnunk kellett (a World Steel Association részéről nincs korlát, a rangsorolás, választás a mi részünkről merült fel, elsősorban anyagi okokból), úgy döntöttünk, hogy a TÁMOP-4.1.2.A-1-11/1 sz. pályázat kereteiben a Steel Processing (acélgyártás) modulból az alábbi fejezeteket adaptáljuk elsőként:

- Bázikus oxigénes acélgyártás (Basic oxygen steelmaking)
- Elektroacél-gyártás (Electric arc furnace steelmaking)
- Üstmetallurgia (Secondary steelmaking)
- Folyamatos öntés (Continuous casting)

A steeluniversity adaptálására épülő három (13., 14., 15-ös sorszámú) jegyzetben – tekintettel arra, hogy e jegyzet elsősorban az MSc-hallgatók képzését szolgálja, s az MSc-hallgatók között előfordulhatnak olyan más BSc-szakokon végzett hallgatók, akik felzárkózóként az acélgyártás történetét is meg kell ismerjék –, az adaptálás az acélgyártás történetének alapos áttekintésével kezdődik. Ezt követően a steeluniversity felsorolt fejezeteiből a virtuális technológiákat (szimulációkat) ismerteti *dr. Szőke László* c. egy. tanár fordítása, és a 14., ill. 15. jegyzetekben pedig a mérnök-képzés gyakorlatiasabbá tétele érdekében a gyakorlati leírások, számítási feladatok is teret kapnak.

Nyilván az adaptált fejezetek magyar nyelvű ismertetése a szerzői jogok tiszteletben tartása mellett történik, miután a World Steel Association-tól e célra csupán a szöveget kaptuk meg, az ábraanyag, ill. annak szimulációval történő böngészése a www.steeluniversity.org honlapra kat-

tintva történhet, egyidejűleg ott a későbbiekben majd a magyar nyelvű szöveg is megtalálható lesz. Amíg ez nem következik be, addig e jegyzet szövegével a www.steeluniversity.org linkre hivatkozással a steeluniversity ábraanyaga természetesen használható, egyelőre oktatás céljára költségmentesen (akadémiai verzió).

Irodalom

- [1] Vivat Academia. Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület és az Országos Erdészeti Egyesület Emlékkönyve. Budapest, 1985. p. 351.
- [2] *Molnár László*: Georgius Agricola DE RE METALLICA 1556-ban Baselen megjelenő művének magyar fordításában (OMBKE, Budapest, 1985). Bevezető a magyar kiadáshoz
- [3] *Kerpely Antal*: A vaskohászat gyakorlati s elméleti kézikönyve 1873–74. Selmecbánya

Interneten elérhető friss tananyagok készültek a Metallurgiai és Öntészeti Intézetben

A „Korszerű anyag-, nano- és gépészeti technológiákhoz kapcsolódó műszaki képzési területeken kompetencia alapú, komplex digitális tananyagmodulok létrehozása és online hozzáférésük megvalósítása” c. TÁMOP-projekt keretében kifejlesztett tananyagok az Educatio Kft. közreműködésével publikálásra kerültek a Tankönyvtár oldalain (www.tankonyvtar.hu).

A Miskolci Egyetem projektjének keretében öt öntészeti és egy porkohászati tárgyú tananyagot állítottunk össze. Ezek a Tankönyvtár internetes felületen könnyen és gyorsan elérhetők és teljes terjedelemben letölthetők.

Dr. Tóth Levente: Környezetvédelem az öntészetben, öntödei hulladékok
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0001_1A_A4_02_ebook_kornyezetvedelem_az_onteszetben_onto_dei_hulladekok/adatok.html

Dr. Molnár Dániel: Öntészeti szimuláció, elméleti alapok és megoldások
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0001_1A_A4_03_ebook_onteszeti_szimulacio_elmeleti_alapok_es_megoldasok/adatok.html

Dr. Molnár Dániel: Öntészeti szimuláció, adatbázis
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0001_1A_A4_AB_ebook_onteszeti_szimulacio_hofizikai_adatbazis/adatok.html

Dr. Jónás Pál: Könnyűfém-öntészeti ismeretek
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0001_1A_A4_04_ebook_konnyufem_onteszeti_ismeretek/adatok.html

Dr. Dúl Jenő: Nyomásos öntészeti ismeretek
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0001_1A_A4_05_ebook_nyomasos_onteszeti_ismeretek/adatok.html

Dr. Török Tamás – Ferenczi Tibor – Szirmai Georgina: Pormetallurgia – Poranyagok gyártása és feldolgozása
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0001_1A_A4_01_ebook_pormetallurgia_poranyagok_gyartasa_es_feldolgozasa/A4_01_pormetallurgia_poranyagok_gyartasa_es_feldolgozasa_1_1.html

 **Dr. Dúl Jenő**
projektvezető

A Műszaki Anyagtudományi Kar hírei 2013. szeptember

• 2013. augusztus 15-től *dr. Torma András* professzor, az Állam- és Jogtudományi Kar korábbi dékánja a Miskolci Egyetem frissen kinevezett rektora. Új rektor választására azért volt szükség, mert *dr. Patkó Gyula* professzor, az Egyetem leköszönő rektora korábban betöltötte 65. életévét, ezért a hatályos felsőoktatási törvény szerint 2013. június 30-án megszűnt az intézményvezetői megbízatása.

• 2013. augusztus 28-tól a Miskolci Egyetem vezetésében tudományos és nemzetközi rektorhelyettesi pozíciót tölt be *dr. Kékesi Tamás*, a Műszaki Anyagtudományi Kar professzora, aki 2013. július 1-jétől a Metallurgiai és Öntészeti Intézet intézet-igazgatójaként is dolgozik. További személyi változások is történtek a Műszaki Anyagtudományi Karon, szeptember 1-jétől. *Dr. Mertinger Valéria* professzor egyetemi tanárként, *dr. Veres Zolt*, *dr. Molnár Dániel* és *dr. Kocserha István* egyetemi docensként tevékenykedik tovább.

• Az OMBKE Egyetemi Osztály szervezésében 51 fő vett részt a 2013. szeptember 6-i szalamanderen, valamint az azt követő két napos kiránduláson, Selmecbányán. A Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának és Műszaki Anyagtudományi Karának hallgatóiból, oktatóiból álló csapat koszorúkat helyezett el a professzorok sírjainál, valamint az Akadémia falánál. Szeptember 7-én,

szombaton a bacsófalvai szálláshelyen ipari kollégákkal kiegészülve a hagyományoknak megfelelően nagy létszámú és jó hangulatú szakeket tartottak.

• A Műszaki Anyagtudományi Kar és a Műszaki Földtudományi Kar vezetősége 2013. augusztus 30-án, a Miskolci Egyetem Szenátusának nyilvános ünnepi ülésén köszöntötte az 50, 60 és 65 éve végzett mérnököket. A jubiláló évfolyamok tagjai Arany, Gyémánt és Vas Oklevelet vehettek át. A 70 éve végzett szakemberek 2013. szeptember 13-án korábbi tanulmányaik helyszínén, Sopronban, a Nyugat-magyarországi Egyetem évnyitó ünnepségén vehették át Rubin Oklevelüket. A kitüntetteknek további jó egészséget kívánunk!

• 2013. szeptember 16-án csaknem 20 millió forint értékű plazmasugaras felület tisztító berendezés érkezett a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karára – a korábban már a BKL Kohászat hasábjain is bemutatott – FORR-ÁSZ projekt keretében. Az Európai Unió támogatásával zajló kutatás az ólommentes, ón alapú forrasztóanyagok használatára való áttéréshez kíván tudományos alapot nyugvó és gazdaságos megoldást biztosítani. Az említett berendezés jelentősége abban áll, hogy napjainkban egyre inkább elterjed a felületek plazmával történő kezelése. A környezetvédelmi előírások szigorodásával a plazmakezelés egyre

komolyabb alternatívája a nedves vegyi kezeléseknél, mert nem hagy hátra maradványanyagot. Emellett paraméterei könnyebben szabályozhatók, a felhasznált vivőgáz többnyire ártalmatlan, és a keletkezett bomlástermékek is könnyebben eltávolíthatók. Az atmoszferikus, illetve kisnyomású plazmakezelések alkalmazási köre egyre bővül: műanyagok kezelése ragasztás előtt, fém felületek aktiválása, bevonati védőrétegek képzése. Ezek a szakmai területeken a Metallurgiai és Öntészeti Intézet felülettechnikai laboratóriumába telepített új plazmasugaras laboratóriumi berendezéssel változatos plazmakezelési kísérletek végzésére nyílik lehetőség.

• A Kutatók Éjszakája országos rendezvénysorozat egyik kiemelt házigazdája évek óta a Miskolci Egyetem, melyen belül a Műszaki Anyagtudományi Kar idén is az egyik legaktívabb vendéglátónak bizonyult. Az egyetemi központi szervezési munkálatokat *dr. Szabó Tamás* intézetigazgató (Kerámia- és Polimermérnöki Intézet), egyetemi docens fogta össze és irányította. Az interaktív tudományos fesztivál idén szeptember 27-én, pénteken várta az érdeklődőket számos érdekes és látványos bemutatóval, laborlátogatással, és nem utolsósorban nyere-ményekkel.

Mende Tamás

Helyreigazítás

Lapunk 2013/3. számának hátsó borítóján a soproni professzorokat ábrázoló kép aláírásában Széki János halálának éve sajnálatos módon tévesen jelent meg.

A helyes évszám:

Széki János (1879–1952)

A tévedésért olvasóink szíves elnézését kérjük.

A szerkesztőség



Interjú Skultéty Tamással, a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. ügyvezető igazgatójával



Húsz évvel ezelőtt, 1993-ban prof. dr. Pungor Ernő akadémikus kezdeményezésére alakult meg Magyarország egyetlen alkalmazott kutatási intézetihálózata, a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány, ezen belül a Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet (BAY-ATI), a Bay Zoltán Biotechnológiai Intézet (BAY-BIO) és a Bay Zoltán Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet (BAY-LOGI). Az Alapítvány és a létrehozott intézetei nonprofit szervezetként hosszú ideig eredményesen működtek a hazai kutatás-fejlesztés területén.

A gazdasági élet változásai szükségessé tették a közalapítványi forma megváltoztatását. Erről a változásról, az újjáalakított intézmény működéséről készítettünk interjút Skultéty Tamással, a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. 2011-ben kinevezett ügyvezető igazgatójával. Lapunkat Balázs Tamás felelős szerkesztő és dr. Tardy Pál rovatvezető képviselte.

BKL: Milyen tartalmú változásokat hozott a Bay Zoltán közalapítvány nonprofit kft.-vé történő átalakulása?

ST.: Fontos dátum a 2011. december 9., akkor szűnt meg a közalapítvány, akkor alakult meg a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., aminek ügyvezető igazgatója lettem. Amikor először beléptem ide, akkor sem jó hangulatot, sem csillogó szemeket, sem erőből duzzadó bankszámlát nem találtam. A kormányzat szerintem jó gondolatokkal más alapítványokkal történő összevonással is kívánta tovább finanszírozni, vagy további feladattal ellátni a Társaságot. Nehéz időszak volt, egyik héten azt mondták marad, másik héten azt, hogy nem marad a közalapítvány. Szétszedik az akadémia és az egyetemek irányába. Végül inkább egy integráló szervezet lett, és belénk olvasztottak más szervezeteket. Volt egy stratégiám, hogy hogyan kellene a 18-19 éves múltat kicsit „újrahúzni” ahhoz, hogy legyen értelme a cég további működésének.

2011-ben a közalapítványnak 1,1 Mrd árbevétele és több száz millió Ft vesztesége volt. Ehhez képest 2012-ben 2,6 Mrd árbevétellel, 50 M Ft nyereséggel zártunk úgy, hogy továbbra sem kaptunk állami támogatást. A

2011-es év vége és a 2012-es év arról szólt, hogy a teljes belső struktúrát, a teljes irányítási modellt újjáalakítottuk.

Az a közalapítványi modell, ami a '90-es években még modern technológiának számított, elavult volt, mivel a társadalmi funkciót ellátó kuratórium stratégiai kérdésekben nem tudott vagy nem akart dönteni, hiszen negyedévenként egyszer ülésezett, és egy csomó jogkörrel nem rendelkezett. Az új társasági forma és a nonprofit jelleg együtt közelebb viszi a gazdálkodást ahhoz a modellhez, amit véleményem szerint normálisan lehet csinálni.

2012-ben mind a fejekben, mind a struktúrában egy kemény rendteremtés történt, több mint 70 ember elment a 160-ból. A törzsgárda nagyon jó volt, de az osztályokat közösen átvilágítottuk, van-e elég műszerezettség, emberanyag, tudás, jövőkép, hogy szakmailag megfelelő színvonalon és hatékonyan tudjanak dolgozni. Voltak, akik elvéreztek, egész osztályokat szüntettünk meg, és egy teljes intézetet átadtunk az akadémiának: Szegeden a Kondorosi Éva akadémikus által vezetett BAY-GEN Intézetünket, amelyik annyira alaputatással foglalkozott, hogy nem itt volt a helyük, az alapvetően alkalmazott kutatás-fejlesztésre

létrehozott, és a piacorientált működési elvárások között. Az állami cégeknél szokatlan mennyiségű és minőségű belső változást csináltunk, aminek egyébként meglett az eredménye. Ma 230-an vagyunk összesen, a szegedi és a miskolci intézetekkel együtt.

BKL: A nonprofit kft.-ben milyen új intézetstruktúra alakult ki?

ST.: Ebben az évben nagyon tudatosan elindultunk három irányba. Az egyik a piac, tehát a nagyvállalati szféra, multinacionális cégek irányába, mert az alkalmazott kutatás ipari kapcsolatok nélkül semmit sem ér. Különböző új igazgatóságokat hoztunk létre. Az üzletfejlesztési igazgatóságnak fő feladata, hogy elsősorban a nagyvállalati ügyfélkörrel rendszeresen tartsa a kapcsolatot, az egy külön szakma. Az intézetekhez az innen delegált szakemberek abban segítik a vezető kutatókat, hogy a nagyvállalatokkal hosszútávú szakmai kapcsolatot tudjanak felépíteni. A kutatók megfelelő szaktudással rendelkeznek, de nem várom el tőlük, hogy menedzseri funkciót is ellássanak. Az üzletfejlesztési tevékenységet jelenleg heten látják el, és tele vannak munkával.

A másik irány a külföld. Nyitottunk Brüsszelben egy ügynökséget, mert

tudjuk, hogy a 2020-ig tervezett új uniós költségvetés egyértelműen de-terminálja azt, hogy minden nemzeti állam költségvetésében az innováció-ra fordított pénz csökkenni fog, viszont Brüsszel megduplázza az erre fordított pénzt. Ez 70 Mrd euró lesz, csak kutatásra-fejlesztésre.

Létrehoztunk egy külkapcsolati igazgatóságot, tizennégyen dolgoznak ott, akik tulajdonképpen külügyesek. Megfelelő szaktudással és nyelvtudással rendelkeznek. Ők fejlesztik tovább, építik, szervezik már több mint egy éve a nemzetközi kapcsolatháló. Brüsszelben van a mi területünkön 4-5 olyan erős „lobbi-szervezet”, ami befolyásolja, hogy milyen irányba viszik el a politikusok a pályázati kiírásokat. Ezek közül most már háromban tagok vagyunk. Az első fél évben több mint 1,5 Mrd forint értékű eurót nyertünk, közvetlenül Brüsszelből, ami nem Magyarországon kiosztott EU-s forrás volt. A Külkapcsolati Igazgatóságunk most ősszel indít is egy képzést, „Felkészülés a pályázásra a Horizont 2020 programban” címmel. A képzésen résztvevők megismerik az EU Horizont 2020 programjának pályázati lehetőségeit, valamint naprakész ismereteket szereznek a pályázati menetrendről és témákról, a pályázatírás módjáról, elsajátítják a sikeres pályázathoz szükséges készségeket.

A harmadik lényeges dolog a Bay Zoltán intézetek megismertetése a szélesebb, nem igazán szakmai grémiumokkal, mert a cégnek imidzset kell teremteni. Ez egy tudatos folyamat. A prospektusoktól már nem „ájulnak el”. Be kell vinni bizonyos helyekre a céget. Például nyár elején volt az Innotrends-kiállítás, nagyon szép standdal jelentünk meg, nem azért, hogy szeressenek minket, hanem pont az üzleti kapcsolatok miatt. Ezen a kiállításon nagyon sok külföldi volt, és onnan három szándéknyilatkozattal jöttünk el. Ősszel ugyanilyen szándékkal vettünk részt az Ökoindurián, amely Magyarország legnagyobb környezetipari szakkiallítása volt. Itt nemcsak standunk volt, hanem konferenciát is szerveztünk. A Jazzy Rádió Millás Reggeli műsorában elhangzott interjúink után csak én 3-4 megkeresést kaptam. Tehát nekünk az imidzs vagy PR azért kell, hogy tudják, kik vagyunk.

BKL: A Jazzy rádióban jó interjú volt, akik készítették, azok is jó fejek...

ST.: A Jazzy-t a döntéshozók hallgatják, nem véletlenül választottuk ki. Nemcsak én fogok szerepelni, hanem minden negyedévben egy-egy intézetigazgató. Egy éves megállapodást kötöttünk velük, októberben volt pl. az Országos Anyagtudományi Konferencia, ez már a kilencedik. Ezen esemény vonalára fűzve pl. a budapesti Anyagtudományi és Technológiai Intézetünk (BAY-ATI) adott interjút az esemény előtt a Jazzy-ben. Megterveztük, hogy melyik intézetünk mikor szerepel majd.

BKL: A mostani intézetstruktúra felépítése úgy van, hogy Budapest – Miskolc – Szeged, esetleg Győr egy teljesen zöldmezős indítással?

ST.: Igen, de van már Egerben egy telephelyünk, és hamarosan Tatabányán is nyitunk egyet. Nagyon keményen vizsgáljuk azt, hogy Győr ill. Pécs „bevétele” hogyan tudhat megtörténni. Újdonság, hogy nem egy új intézményt hoznánk létre, hanem a Bay Zoltán Nonprofit Kft.-t kicsiben szeretnénk ott megcsinálni, minden olyan releváns kompetenciával megjelenve, amire a helyi iparnak szüksége lehet. Természetesen az egyetemmel szoros együttműködésben, és nem konkurálva.

Amiben hiszek, amiben óriási piac van, az tényleg ez az integrált szaktudás. Például az anyagtudomány egy érdekes szakma, csak nagyon „vékony”. De az, hogy mechatronikával, egyéb más mérnöki tudományokkal, vagy a laborrendszerünkkel például Miskolcon integrálva legyen, sokkal jobb piaci lehetőségeket biztosít. Ugyanis nagyon kevés cég van ilyen széles infrastruktúrával, nagy és komplex tudásbázissal, mint mi.

BKL: A Széchenyi Egyetemen nemrég alakult egy kutatóközpont.

ST.: Így van, nemrég voltunk ott, a Műszaki Értelmiség Napján, ekkor adták át az Audi új gyárát. Az egyetem bizonyos területeken nagyon szeretné, ha ott lennénk a közelükben, mert az ő tudásbázisuk, lehetőségeik is szélesednének. Én azt gondolom, ez a jövő az alkalmazott kutatásban. Biztos, hogy lesznek a világban na-

gyon specializálódott, félelmetes szaktekintélyek, nagy gépparkkal, de ebből kevés van. Ahol mi nagyon jók tudunk lenni hosszú távon, az nem egy konkrét tudományterület, hanem összetett problémák megoldása, vagy egy összetett jövőkép megvalósítása. Ez jól látszik, főleg a nagyvállalatoknál, ahol a problémákat sokszor most még szét kell bontani tudományterületekre ahhoz, hogy azok megoldására alkalmas kutatóhelyeket találjanak.

BKL: Az anyagtudományhoz, a kohászathoz visszatérve. Mik a főbb területek, kapcsolódások a kohászathoz?

ST.: Itt is kicsit a paradigmaváltáson már túl vagyunk. A régi típusú kutatási modellben fel tudtak nőni egymás mellett olyan kutatócsoportok, amelyeknek együtt kellett volna működni, vagy a párhuzamosságoknak nem kellett volna kialakulnia. Ez a Bay Zoltán Nonprofit Kft.-re is igaz volt, például Miskolcon és Budapesten anyagtudományi témákkal foglalkozó kutatócsoportok működtek. Észleltük, hogy azok a szinergiák, amelyeknek a kutatóhálózatban ki kellett volna alakulni, nem jöttek létre, inkább a régi reflexek működtek: az én váram, én gépem és szaktudásom. Kevés volt az együttműködés.

Most pl. olyan közös pályázatokat, közös munkákat vállaltunk el, pont az anyagtudományi területen, ahol nem önmagában Budapest vagy Miskolc, hanem a kettő közösen tudja csak megoldani a feladatot. Az együttműködésre finoman szólva kényszerítem azokat a területeket, ahol a piac, a szakma megköveteli, hogy együtt dolgozzanak.

Személyi változások is történtek július 1-jétől. Buza Gábor elérte a nyugdíjkorhatárt, és szintén anyagtudománnyal foglalkozó szakember lett az igazgató, Balácsi Csaba, akit az akadémia „igazoltunk át”. Fialat, 40-41 éves, nemzetközileg is elismert kutató. Buza Gábor tovább viszi a lézeres kutatást. A miskolci Kaptay Györggyel együtt kiváló alkotó korszakukban lévő emberek. Ők ketten a nanovonalon és a fémes vonalon, Balácsi Csaba pedig a kerámia és egyéb más, műanyagokkal kapcsolatos kutatásokat vezet. Ezen túlmenően a miskolci intézetben az anyag-

technológiák és szerkezeti anyagok modellezése és vizsgálata területén működnek erős kutatócsoportok. A budapesti és a miskolci intézetek egészen széles portfóliót le tudnak fedni.

Észlelhető eredmények is vannak. Külföldi post-doc-okat tudtunk fogadni, a környező országokból már több kutatási és ipari megrendelésünk van. Több nemzetközi konzorciumban is nyertünk pályázatokat. Érzékelhető, hogy merre megy a tudomány, mit hajlandók a vállalatok finanszírozni, erre üzleti tervet lehet készíteni.

BKL: A felsőoktatás kapcsán Dunaújvárosban és Miskolcon is tárgyalunk, és határozottan az a benyomásunk, hogy műszerezettség szempontjából lényegesen jobban állnak, mint személyzettel.

ST.: Egyértelműen. Szerintem Magyarországon a kutatás informatikai ill. kutatási eszközzel való ellátottsága sokkal jobb, mint a személyzet mennyisége és minősége. Mérheteretlen duplikálás van, ennek rég meg kellett volna szűnnie.

BKL: Az oktatásban hogyan vesz részt az intézet?

ST.: Szerintem két réteg van, egyrészt vannak a nagy öregek, akik 30 évvel ezelőtt is már oktattak, és most is részt vesznek másodállásban az egyetemi oktatásban. Most pedig jön a 30-40-esek generációja, akik PhD-fokozattal is rendelkeznek, közülük is többen vesznek részt a felsőoktatásban. Van egy biztos állásuk, olyan gyakorlatokat, szemináriumokat tudnak vezetni, amelyek inkább az ipari gyakorlat oldaláról közelítenek, tehát nem az alaptantárgyak oktatása felől. Ezenkívül több vezető kutatónk részt vesz doktori iskolákban témavezetőként, és saját PhD-ösztöndíjat is adományozunk kutatási témákhoz kapcsolódva. Én ezt támogatom, 15-20 szakemberről van, aki rendszeres oktató, vendégoktató vagy félállású oktató. Amiben még gondolkozunk, hogy közreműködünk bizonyos speciális „kis” szakoknak az elindításában az egyetemeken.

BKL: Pont most akarják leépíteni a szakok számát.

ST.: Mi inkább a specializálódást szorgalmazzuk, pl. amit látunk, az informa-

tika és a biotechnológia összeérése, a bioinformatika. Döbbenetes, milyen igények vannak a világban. Már több hazai egyetemen elkezdtek ennek oktatását. Nálunk hetenként jön olyan megkeresés, ami mögé bioinformatikai tudás kellene, de még nincs ilyen emberünk.

Az összes egyetemmel, akivel közös projektjeink voltak, azokat újjáalakítottuk, „újrahúztuk”. Nyolc-kilenc nagy TÁMOP-ban benne vagyunk az egyetemekkel – Műegyetem, Miskolc, Szeged, Győr, Debrecen, Dunaújváros és Eger is. Amire nagy hangsúlyt fektetünk, az a fiatal doktoranduszok segítése és alkalmazása – jelenleg több mint harmincat foglalkoztatunk – ez is megduplázódott az utóbbi évben. Erősen fiatalítunk, a 70 új kollégából több mint 50 harmincöt év alatti.

BKL: Nagyon durván, mi a szakmai megoszlás az intézetben?

ST.: A szakmait nehéz megmondani, a határterületek miatt. A BAY-LOGI a legnagyobb intézet, alapvetően gépész és villamos mérnökök, informatikusok és anyagmérnökök dolgoznak, összesen kb. 60-an. A BAY-BIO csapat Szegeden és Budapesten 50 vegyészből és a biológia különböző területein végzetekből áll. A BAY-ATI-ban harminc-egynéhányan vannak, a két nagy csapat a lézerek és az anyagtechnológiával foglalkozók. A BAY-IKTI-t (Infokommunikációs Technológiai Intézet), teljesen „újrahúztuk”, először lementünk 5 főre a 45-ből, és most vannak 30-an, – matematikusok és informatikusok, új, Bécsben végzett igazgatóval.

BKL: A költségvetésről kérdezhettünk? Mi a 2013. évi terv?

ST.: 2013-ban szerintem átlépjük a 3 Mrd Ft forgalmat. Nekem a nonprofit azt jelenti, hogy nyereségesnek kell lenni, és a nyereséget magunknak visszafordíthatjuk, amint ez az 50 MFt-tal is történik majd. De én akkor vagyok biztos a cég jelenében és jövőjében, ha azért egy 3 Mrd-os forgalom mellett legalább 100-200 M Ft-os nyereséget realizálhatunk. Ha jól csináljuk az alkalmazott kutatást, akkor az piacépes lesz.

BKL: Mi az arány a pályázat és a megbízás között? Kik a megrendelők? Kohászati cég van-e?

ST.: 40% a megbízás és a K+F+I, és 60% a pályázat, ezen belül radikálisan emelkedik a külföldi részarány. Kohászati cégektől ma megbízás és pályázat kevésbé jellemző, de korábban több megbízásunk volt a Dunaferrtől, de anyagfejlesztésre, illetve anyagtechnológiával kapcsolatos problémamegoldásra több megbízásunk, illetve vállalattal közös pályázatunk is van. De a megbízásokban legalább 200 cég szerepel, és ebben a multik, az autóipari, a vegyipari és az energetikai cégek a jellemzőek, de van mezőgazdasági és hulladékhasznosítással foglalkozó vállalkozás is.

BKL: Szolgáltatást is végeznek? Vizsgálatokat, például.

ST.: Én nem tudtam eddig, hogy Magyarország világhatalom humán protézisgyártásban és fejlesztésben is. Magyarországon a legtöbb speciális biomechanikai vizsgálatra akkreditált anyagvizsgáló laboratórium nálunk van. A legközelebbi ilyen Münchenben működik. Ebben a miskolci laborban sokszor napokon keresztül 24 órában folyamatosan mennek a vizsgálatok. De ezenkívül más iparágak számára is jelentős anyagvizsgáló szolgáltatást nyújt a miskolci BAY-LOGI intézetünk.

Egy másik gondolat: a szolgáltatást terméké kell tenni. Nincs mit kutatni rajta, ki kell tenni a piacra. Működik, megveszik vagy nem veszik meg. Mindegy, hogy ez egy eljárás vagy szabadalom, egy prototípus vagy bármi. A világ összes nagy kutatóintézetén fűtőkben lógnak a spin-off cégek. Amikor vége a kutatásnak, kiteszik félipari környezetbe, vagy a szakmai befektető, vagy a kockázati tőke bejön.

Én nagyon keményen megnézem, amikor nekiindulunk egy kutatásnak, hogy van-e értelme. Megélhetési kutatás csak azért, hogy a rezsit és a béreket ki tudjuk gazdálkodni, itt nincs. Az első tapasztalatunk – komoly piacra tételünk – az volt, amikor egy teljes technológiát személyzettel együtt átadtunk egy start-up cégnek, és ez 170 M Ft árbevételt eredményezett. Ez nagyon komoly pénz volt. Az idén is lesz 2-3 olyan témánk, amelynek befeljük a kutatását, és vagy partnerekkel, vagy magunk, ki fogjuk tenni szolgáltatásba. Én azt vizionálok, hogy ha jól csináljuk, akkor 4-5 éven belül nekünk is lesz évente 2-3 spin-off

cégünk, amibe beletesszük a kutatási eredményeket. Tőkebefektetéssel előkészítünk pl. egy lehetséges sorozatgyártást.

BKL: Egész Európa kutatás-fejlesztési problémája az, hogy pont az utolsó lépésben gyengébb, mint például az Egyesült Államok.

ST.: Sokkal komolyabb problémák vannak. Láttam egy 50 éves statisztikát arról, hogy alakult az alkalmazott kutatásból a piacra kivitt termékek mennyisége és az ebből befolyó profit növekedése. Hosszú ideig Japán, az USA és az Unió versengett, de ma már az Unió az 5., mert India és Kína is megveri. Az alkalmazott kutatás a holnap pénze.

BKL: Az innovációs lánc „utolsó lépcsője” nálunk is gyenge.

ST.: Így van. Amerikában az ember egy ötlettel bemegy, és kap 20 ezer dollárt, és pontosan azért 20 ezer dollárt, mert tudják, hogy minden ötvenedik vagy ötszázadik bejön, és ez az üzleti modell. Az Unióban ez elképzelhetetlen, de az is egyébként, hogy valaki 1 Mrd dollárt befektessen valamibe, ami 6 év múlva eladható tizenvalahány milliárd dollárért.

BKL: Kockázati tőke van-e nálunk?

ST.: Most van, mi is fektettünk be kockázati tőkét. Ez óriási üzlet, állami és magáncégek számára is, ha egy centet vagy egy órát tudnak megtakarítani ipari termelési láncban, azt megveszik. Nem az érdekli őket, hogy magyar, spanyol vagy indiai, hanem mert működik, mert versenyelőny. Számmunkra ez a cél, nem az, hogy, hogy csináljunk 1 Mrd forintos profitot, az a forprofit világa. De ha a forprofit világot ki tudjuk szolgálni jó ötletekkel, technológiákkal, ő majd megcsinálja, abból nekem csak 2% kell. Az év végén csak egy számlát kapunk, az árbevétel 2%-a a miénk, és ebből el tudjuk indítani a következő saját projektet. Ez egy szakmai perpetuum mobile. Ezt piciben Magyarországon is megcsináltuk.

BKL: Versenyképes fizetéseket tudnak-e biztosítani?

ST.: A piacról is hozunk embereket. Az, hogy az egyetemekről elhozzunk embereket, nem gond. Tudtunk pl. svájci gyógyszercegtől matematikai

doktorival rendelkező „adatbányászt” hozni. Két dolog kell hozzá: olyan szakmai kihívás, ami érdekli, meg a fizetés, amiért hajlandó jönni.

Általában nem kiemelkedőek a fizetések, nem tudunk világraszóló megoldást. A mai magyar átlagfizetésekhez képest nagyon jó fizetéseket tudunk biztosítani. Viszont nagyon kemény követelmények is vannak. Nem csak be kell jáni dolgozni, az a világ itt megszűnt elég gyorsan.

BKL: A költségszerkezetben a bérköltség mekkora részt tesz ki?

ST.: Legalább 65%, tehát az első helyen van. Mi itt emberekkel dolgozunk. A sűrűkeállomány minősége, hadrafoghatósága nagyon fontos.

BKL: A kutatók azért kutatnak, mert a téma érdekli, és a tevékenység is vonzza őket, jobban, mintha csak pénzt keresnének.

ST.: Ezt kell egyensúlyba hozni. Azt gondolom, hogy egy ilyen cégnek a gazdasági állapota nem csak a profitabilitásban, hanem a biztonságban is van. Meg kell szerezni azt a pénzügyi, szakmai biztonságot, hogy merjünk 1-2-3 éves kutatási projekteket gondolkodni. Ha nincs pénz, nem lehet kutatni, ha önmagában csak a pénz számít, akkor nem kutatunk, hanem kereskedünk. Az alkalmazott kutatás olyan, hogyha az ipart nem érdekli, hogy mit csinálunk, akkor az kérészetű lesz.

BKL: Van ösztönző rendszerük a kutatóknak?

ST.: Van! Tényleg igaz, hogy mindent újragondoltunk. Ennek az évnek az első negyedében olyan külső tanácsadókat hoztunk be, akik sok nagyvállalatnak a bérstruktúráját tervezték már meg.

Behívtuk a középvezetőket, és a beosztottakat is. Kis csoportokban végigbeszéltük azt, hogy mi is a kutatói életpályamodell. Mi az, hogy alapbér. Mi az a pénz, amit meg kell kapni egy bizonyos szakmai kvalitással rendelkezőnek, különben nem fog tudni itt hosszú távon gyökeret eresztetni.

Megvan a fedezet arra, hogy tudatos bérrendezést indítsunk el, ami egy évig fog tartani. Öt csoportba osztottuk a kutatókat: kutató 1-től kutató 5-ig. Minden kategóriában meghatároztuk az elvárt szakmai, pénzügyi, csoport-

vezetési és más kvalitásokat, utána pedig besoroltuk az embereket. Pl. BSc-vel rendelkezik, MSc-vel rendelkezik, képes önálló feladatot végrehajtani, van külső szakmai kapcsolata, van nemzetközi kapcsolata, képes ipari projektet behozni, PhD-vel rendelkezik stb. Általában a 30-40 éves korosztály volt a gyenge pont. Aki alatta volt a besorolási bérek, azt felhúztuk. Aki föllette keresett, azzal közöltük, hogy a következő öt évben, ha ebben a csoportban marad, nem kap emelést, feljebb kell jutnia, tehát meg kell felelnie a magasabb követelményeknek.

Az ötös kategóriába azok az emberek kerültek, akik nagyvállalati kapcsolatokkal rendelkeznek, nemzetközi publikációik vannak, szakmai csapatokat irányítanak stb. Ez a szakma csúcsa. Ezt is kettéválasztottuk, ki az, aki a kutatások szakmai vezetője akar első sorban lenni, vagy ki akar inkább menedzser típusú vezető lenni. Mert egyszerre a kettő nem megy. Az első négyet lehet „egy sapkával” csinálni, az ötös kategóriában el kell döntenie, hogy én egy csapatnak a vezetője leszek mindenestül, vagy én egy vezető kutató leszek, aki nem akar adminisztrációval, menedzsmenttel foglalkozni.

Ennek a rendszernek az emberek azért örülnek, mert pl. pontosan tudja egy hármaskategóriába sorolt munkatárs, hogy mit kellene tennie ahhoz, hogy a négyesbe kerüljön, ami nemcsak szakmailag, hanem fizetés szempontjából is automatikusan előrelépést jelent neki. Ez kiszámítható. Teljesítménymenedzsment rendszer most a neve.

BKL: Régen minősítés volt a neve. Ösztönzés az, hogy pályát kínálnak, életpályát, előrehaladást. Részesednek-e a kutatók a nyereségből?

ST.: Igen! Már tavaly is így csináltuk. Azok a kutatócsoportok, akik az üzleti tervükben meghatározott árbevételt és nyereséget elérték, és azon felül teljesítettek, annak a nyereségnek bizonyos %-át a premizálási rendszerben megkapták.

BKL: Köszönjük a beszélgetést! Lapunk szívesen biztosít publikációs lehetőséget kohászattal, anyagtudománnyal kapcsolatos kutatásaik bemutatására.

További sikeres munkát kívánunk!

XX. szigetközi szakmai napok

2013. július 5–6-án immár huszadik alkalommal tartotta meg a Ferencz István észak-dunántúli kohászati regionális szervezet tudományos szakmai összeövetelét és baráti találkozóját, melynek helyszínéül tavalyhoz hasonlóan Dunakiliti szolgált. A jól előkészített rendezvényen nemcsak az öntészeti szakma szakemberei, hanem a fémkohászati és más egyesületi tagtársak is jelen voltak, s a kísérőkkel együtt több mint száz fő vett részt a jubileumi eseményen. Húsz év után kijelenthető, hogy a rendezvény nagy hagyományokkal rendelkezik. Igyekszik lépést tartani rohamosan fejlődő világunkkal, miközben tiszteleg a „Selmei örökség” előtt, és őrzi annak szellemiségét.

Az idei rendezvény egy remek üzemlátogatással kezdődött a KÜHNE Vasöntöde Kft. gyárban, ahol sikerült a vasöntöde mindennapjaiba betekintést nyerni. A látogatás során az öntés folyamatát lehetett tanulmányozni kezdve a csapolástól a vas formába öntésig. A magkésztés technológiájába is bepillantást nyerhettek a látogatók. Ez a munka napjainkban sem könnyebb, mint 100 évvel ezelőtt. Volt, akinek újdonságot jelentett, volt, akiben régi emlékeket ébresztett a gyárlátogatás, ami emlékezetes marad. A hagyományokhoz hűen a Mosonmagyaróvári Polgármesteri Hivatalban volt a rendezvény hivatalos köszöntése. A továbbiakban a szállások elfoglalása és az ebéd következett.

Délután tartották a rendezvény hivatalos megnyitóját. Itt *Pivarcsi László*, a Ferencz István észak-dunántúli kohászati regionális szervezet elnöke mondott köszöntőt. Ezután az alábbi előadások hangzottak el:

Dr. Dúl Róbert (CFD Engineering Hungary Kft.): A Tornádótól az FAB-ig azaz hengerfejöntvény hűtéstechnológiájának fejlesztése áramlástani szimuláció segítségével

Dobóczky István (TEKA Magyarország Zrt.): Multibox fő sárgaréz elemének szerszámtervezése öntésmo-dellezéssel

Luka János (TEKA Magyarország Zrt.): Termékfejlesztési folyamat a költséghatékonyságot szem előtt tartva

Kránitz Flórián (Calderys Magyarország Kft.): Száraz döngölő és gyorsan felfűthető tűzálló anyagok

Tóth Norbert (Kühne Vasöntöde Kft.): Minőség és tradíció a temper-öntvénygyártásban

Juhász Viktor (Nemak Győr Kft.): TSPP öntési eljárás fejlesztése a Nemak Győr Kft.-nél

Leskó Zsolt (Miskolci Egyetem): Az olvadék-összetétel és falvastagság hatása a nyomásos öntvény szilárdsági tulajdonságaira

Zubács Róbert: Bezárt a Lábatlani Cementgyár – filmvetítés

Az előadások komoly színvonalat képviselve az öntészeti és más szakmai területek széles spektrumát ölelték fel, és nagy érdeklődés mellett hangzottak el. A résztvevők hasznos információkkal gazdagodtak napjaink technikai – technológiai fejlődéséről, irányairól. Értésülhettek egy nagy múltú gyár utolsó óráiról is, ami szomorú esemény, de sajnos bárhol, bárkikor bekövetkezhet és utána csak az emlékek maradnak. Kiderült, a szimulációs technológia óriási potenciálokot rejt és napjainkban a korszerű fejlesztéshez szinte nélkülözhetetlen, ennek segítségével a gyakorlati fejlesztés hatékonyabb, gyorsabb, ami mindig rejt lehetőséget a fejlesztésre.

A program egy remek vacsorával folytatódott, a nap méltó befejezéseként pedig vidám hangulatú szakestéllyel zárult. A szakestélyen tiszteletbeli kohásszá avatták *Rendes Jánost*, a NEMAK Győr Kft. nyugdíjas minőségügyi vezetőjét.

S z o m b a t o n



■ A rendezvény hallgatósága

délelőtt a résztvevők kisebb csapata tiszteletét tette *Ferencz István* sírjánál és ott koszorút helyezett el. Megemlékeztek arról, hogy 2008-ban elhunyt tagtársunk, az OMBKE egykori tiszteleti tagjának személye, kiemelkedő munkássága volt az elindítója ennek a szép rendezvénysorozatnak, s nélküle talán ez a nap meg sem történhetett volna.

A XX. szigetközi tudományos szakmai napok jó hangulatban és sikerrel zárult. A rendezéshez támogatást nyújtó cégeket (Alba Metal 1991 Kft., Antamik Kft., K+K Vas Kft., L-Duplex PIVÓ Öntöde Enese, MOFÉM, Kühne Vasöntöde Kft., Mosonmagyaróvári Polgármesteri Hivatal, Nemak Győr Kft., TGV–Metal Kft.), valamint a szervezésben oroszlánrészt vállaló kollégákat és segítőköt (*Pivarcsi Judit*, *Pivarcsi László*, *Katkó Károly*, *Tóth Károly*) köszönet illeti. Reméljük, jövőre is találkozhatunk egy hasonlóan jól szervezett, színvonalas szakmai konferencián.

Farkas György



■ Ferencz István sírjánál a megemlékezők (*Katkó Károly*, *Ambrus Péter*, *Vida Zoltán*, *Pivarcsi László*, *Farkas György*, *Tóth Károly*, *dr. Fegyvermekei György*)

Kivonat az emlékeztető az OMBKE 2013. október 8-i választmányi üléséről

Dr. Nagy Lajos elnök megnyitójában megemlékezett az előző választmányi ülés óta elhunyt *dr. Tamássy István* gyémántokleveles bányamérnökről – tiszteleti tagról –, és a 102 éves korában elhunyt Szomolányi Tibor gépészmérnökről, az egyesület legidősebb tagjáról.

Majd *Marczisz Gáborné dr.,* okl. kohómérnök a tiszteleti tagsággal járó aranygyűrűt, és *dr. Horn János* okl. bányamérnök a Sóltz Vilmos-érmét vette át. Ők a 103. küldöttgyűlésen más elfoglaltságuk miatt nem tudtak részt venni. Ezután az elnök ismertette az előző választmányi ülés óta megtörtént jelentősebb eseményeket.

Ezt követően *dr. Lengyel Károly* főtitkár a 103. küldöttgyűlés határo-

zatainak végrehajtását illetően tájékoztatta a résztvevőket.

Csaszlava Jenő érembizottsági elnök ismertette a szakosztályok javaslatai alapján a 2013. évi Szent Borbála kitüntetésekre tett személyi javaslatokat.

A következő napirendi pont a 2014-es tisztújítás menetrendjére vonatkozó javaslat volt, amelyet a választmány tagjai korábban írásban megkaptak. A résztvevők egyhangúan elfogadták a tisztújítás menetrendjére vonatkozó előterjesztett ütemtervet.

Az utolsó napirendi pont az OMBKE pénzügyi helyzete volt, amit *dr. Gagyai Pálffy András* ismertetett. Az első három negyedévben a bevételek és a kiadások egyensúlyát

tapasztalták, azonban a negyedik negyedévre várható bevételek és kiadások között jelentős fedezetlenség mutatkozik. Ennek oka az egyéni tagdíjakból származó bevétel-elmaradás (713 fő, kb. 5 millió Ft) és a korábbi támogatók közül jelentős számú cég/intézmény befizetéseinek elmaradása.

A vita lezárásaként az a megállapodás született, hogy az egyes szakosztályok prominens képviselői az ügyvezetéssel együtt az elmaradt egyéni tagdíjak befizetésére intézkedéseket hoznak, és a hiányzó támogatások ügyében a vállalkozásokat és szervezeteket megkeresik.

Dr. Gagyai Pálffy András emlékeztetője alapján összeállította a felelős szerkesztő

■ KÖSZÖNTÉSEK

70. születésnapját ünnepelte

Bak János 1943. június 20-án született Szalkszentmártonon. A középiskolát Sztálinvárosban, a Kerpely Antal Kohó- és Gépipari Technikumban végezte öntő tagozaton 1961-ben. Egy évet a Dunai Vasmű öntödéjében dolgozott, mint gyakorló technikus, majd csoportvezető.



1962-ben felvételt nyert az NME Kohómérnöki Karára, ahol 1967-ben kohász technológus szakon végzett, vállalati ösztöndíjjal. Diplomaterve a Dunai Vasmű Meleghengerművéhez kapcsolódott, ennek ellenére a Tüzeléstechnikai Osztályra vették fel, gyakorló mérnöknek. Munkatársai és főnöke segítettek a gyakorlati ismeretek megszerzésében és a szakma megszeretésében.

1981–83 között elvégezte az Ipari Kemencék szakmérnöki szakot. A vasműben üzemmérnökként, megbízott osztályvezetőként, majd 1975-től 2005-ös nyugdíjba vonulásáig a Tüzeléstechnikai Osztály vezetőjeként dolgozott. Feladata volt a tüzelőberendezések energetikai és környezetvédelmi méréseinek irányítása, és javaslatok kidolgozása a tüzelőanyag-fogyasztás és szennyezőanyag-kibocsátás csökkentésére. Néhány fontosabb – munkatársaival közösen végzett – vizsgálata és javaslata: tolokemencéknél a rekuperátorok korszerűsítése, az NO_x-kibocsátás és az égési zaj csökkentése valamint a konverterkazánál az NO_x-kibocsátás csökkentése. A vizsgálatok eredményeit a Dunaferr Műszaki Gazdasági Közleményekben jelentette meg, valamint az ETE és a TÜKI által szervezett Ipari Szemináriumokon ismertette, melyeken rendszeresen részt vett.

Új eljárásokat és mérési módszere-

ket vezetett be ill. dolgozott ki, mint pl. a nedves gázok (kohógáz, kamragáz) mérőperemes mérése, falvesztésig számítás kritériumos egyenleteken alapuló módszere, bramma-átmelegedés vizsgálata, száraz koksoltónál a kokszelegés méréseken alapuló számítása.

Clement Andor egyenes ági felmenői közül a selmeczi akadémián végzett mindkét nagyapja (kohómérnök), két dédapja (bánya- és kohómérnök, ill. erdőmérnök), valamint három ükapja (két erdősz, egy bányász), akik a végzés időpontjának megfelelően oklevelet vagy végbizonnyítványt kaptak.



1943. október 26-án született Ózdton. A budapesti József Attila Gimnáziumban érettségizett 1962-ben. Miskolcon (NME) szer-

zett kohómérnöki oklevelet 1967-ben. Szakmai továbbképzésként okl. minőségügyi szakmérnök diplomát is szerzett Budapesten a BME Mérnöktoábbképző szakán 1994-ben.

1967-től 1993-ig a Vaskutban a Képlékenyalakítási, Technológiai és a Különleges Anyagok Osztályán dolgozott különböző tudományos kutatói beosztásokban, 1981-től tudományos csoportvezetőként.

Eddig 17 hazai és 2 külföldi szakcikket publikált önállóan vagy társszerzőként, valamint 8 hazai és 2 határainkon túli konferencián szerepelt előadással. Két, közös munkából eredő szolgálati találmánya kapott szabadalmi oltalmat. A Vaskutban végzett munkájáért három ízben részesült vállalati Kiváló Dolgozó kitüntetésben.

A szakma oktatásából is kivette részét, 1975-től kezdve öt évig tanított a Bánki Donát Műszaki Főiskolán.

A Vaskut halódását követően, 1993-tól 2003 végéig a Dunaferr Kereskedőház Kft. Marketing Osztályán, majd átszervezés után 2004 elejétől ugyanott, csak már Dunaferr Rt. cégérral főmunkatársként piacukatattással és árelemzéssel foglalkozott a 2005. októberi végleges nyugállományba vonulásáig.

Az OMBKE-ben a Vaskohászati Szakosztály vezetőségi tagja volt 1972–1986 között, a Hengerész Szakcsoport titkára 1980-tól kezdődő két cikluson keresztül. Az 1971-et követő 15 éven át a szakosztály által rendezett összes Hengerész és Hidegalakító Konferencia egyik fő szervezője volt. Egyesületi munkájáért 1976-ban a Kohászat Kiváló Dolgozója, 1986-ban az IpM Kiváló Munkáért kitüntetésben részesült.

Jelenleg az egyesület Történeti Bizottságában a Vaskohászati Szakosztályt képviseli.

Jakab Sándor 1943-ban Szegeden született. A gépipari technikus oklevél megszerzése után a Dunai Vasműben helyezkedett el, mint üzemtechnikus. Munka mellett tanult a Nehézipari Műszaki Egyetem Dunaújvárosi Főiskolai Karán, ahol okleveles gépész üzemmérnök végzettséget szerzett. 1994-ben a Pécsi Janus Pannonius Tudományegyetem Bölcsészettudományi Karán okleveles humánszerve-

ző diplomát kapott.

A főiskola illetve az egyetem elvégzése után karbantartási üzemmérnök, a Vállalati Tudománypolitikai Bizottság, majd a Dunaferr Alkotói



Alapítvány titkára volt. Tevékenyen közreműködött az alkotó tudományos tevékenységek fejlesztésében: a Dunaferr Alkotói Nívódíj, a Dunaferr Publikációért Nívódíj, a főtanácsosi és tanácsosi pályázati rendszerek kidolgozásában, pályázatok folyamatos kiírásában, működtetésében. Részt vett a Dunai Vasmű, majd a Dunaferr Dunai Vasmű Rt. és hozzá tartozó vállalatcsoportnál az emberi erőforrások biztosításával, és a szaktudás fejlesztésével kapcsolatos feladatok megvalósításában, különböző beosztásokban: főmunkatárs, szakértő, személyzeti és oktatási vezetőként, munkaerő-szerkezet-átalakítási projektvezetőként.

A Dunaferr a Magyarországi Kohómérnök Képzésért Alapítvány titkáráként sokat tett a főiskolai és a műszaki egyetemi képzés támogatásáért.

Az OMBKE Dunaújvárosi Szervezetének 1989-től tagja, 2000–2010-ig vezetőségi tagja volt. Kezdeményezésére az alapítványok és az OMBKE között szorosabb együttműködés jött létre. Az ISD Műszaki Gazdasági Közlemények Szerkesztőbizottságának munkájában mint felelős szerkesztő, jelenleg is közreműködik.

A minisztériumok, a Fejér megyei ill. Dunaújvárosi Kereskedelmi és Iparkamara felkérése alapján több mint 20 éve vizsgálónöki, szakértői és szakmai vizsgabizottsági tevékenységet végez.

Munkatársaival több újítást dolgozott ki, ezért Kiváló Újító Oklevél elismerésben részesült. Munkáját számos alkalommal Kiváló Dolgozó címmel ismerték el.

Nős, egy gyermeke és két unokája van.

Szekeres István 1943. augusztus 12-én született Mezőkövesden. 1962-ben végzett a dunaújvárosi Kohóipari Technikum öntő szakán, majd a Dunai Vasmű ösztöndíjasaként 1962–1967 között a miskolci Nehézipari Műszaki

Egyetem gépészmérnöki karát végezte el.

A végzés után a Dunai Vasmű Hideghengerműjébe került ahol lakatos, csoportvezető, művezető, üzemvezető beosztásokat töltött be, majd a Hideghengermű gyár részleg vezetője lett. Később a Meleg- és Hideghengermű Műszaki Osztályát vezette. Feladatai közé tartozott a hideg- és meleghengerek technológiájának kidolgozása, a gyártmány- és gyártásfejlesztés koordinálása, valamint a berendezések karbantartásához szükséges alkatrész-gazdálkodás.

1985-től a Dunai Vasmű minőségellenőrzési részleg vezetője lett.

1990-től a Dunaferr Qualitest Minőségügyi Kft. megalakulása után vállalkozási főmérnöki, majd műszaki és kereskedelmi igazgatóhelyettesi funkciót töltött be.

1992-ben elvégezte a Budapesti Közgazdaságtudományi Egyetem Marketing Menedzser Szakát.

Jelenleg a Ferrcert Tanúsító és Ellenőrző Kft. tulajdonosa és ügyvezető igazgatója. A kft. a Nemzeti Akkreditáló Testület által akkreditált, vállalatirányítási rendszereket (pl. ISO 9001, ISO 14001) tanúsító szervezet.

41 éve tagja az OMBKE-nek.

Részt vesz az EOQ MNB, a Magyar Minőség Társaság, valamint a Minőségügyi Tanácsadók Szövetségének munkájában. Utóbbiban két évig alelnöki, két évig elnöki funkciót töltött be.

Több kitüntetés birtokosa (Kiváló dolgozó, Kiváló újító, Alkotói nívódíj stb.).

Zámbó István 1943. augusztus 11-én született a Veszprém megyei Somlóvásárhelyen. A kohászat iránti érdeklődése a község híres szülöttének, Pilter Pálnak a példája alapján felerősödött, ezért a Csepeli Kossuth Lajos Gép- és Öntőipari Technikumba jelentkezett öntész szakra. Egy üzemi gyakorlat és Szécsi Károly barátja hatására a technikum



elvégzését követően a Csepeli Csőgyárral írt alá társadalmi ösztöndíj-szerződést. Sikeres felvételt követően az NME Kohómérnöki Karának technológus szakát választotta. Egyetemi évei alatt, 1965-ben lépett be az OMBKE tagjai sorába.

1966-ban jó eredménnyel védte meg diplomamunkáját.

Az üzemi ranglétra fokait végigjárva 1974-ben a Csepel Művek Tröszt legnagyobb hengersori üzemét bízták rá. Tíz évig volt a varrat nélküli csöveket előállító Közép-Nagypilgersor üzem vezetője. Ezt követően gyáregység-vezető-helyettes, termelési osztályvezető-helyettes, majd technológiai osztályvezető volt. A vállalat divíziókra történő átszervezését követően előbb a

Kisméretű varrat nélküli csőgyártó üzletágnál vezető, majd 1995-ben a teljes Varrat nélküli csőgyártás és a vele összevont Acélmetallurgia üzletág vezetője lett.

Újabb vállalati átszervezés után 1996-ban a vállalati minőségbiztosítási főmérnök tisztségét bízták rá, amelyet 1999 végéig, a felszámolás miatt munkaköre megszűnéséig töltött be. Ezen utóbbi tisztsége időszakára esik az ISO 9001 tanúsítvány megszerzése.

Utolsó csőgyári évei alatt több vezetőtársával együtt kísérletet tett a felszámolás alatt álló varrat nélküli csőgyártás legalább részbeni megmentésére, de próbálkozásaiak mind a politikai, mind a gazdasági, mind a szakmai szervezetek passzivitása,

meg nem értése; mind a szakszervezeti és társvállalati szolidaritás viszonylagos közömbössége miatt eleve bukásra voltak ítélve.

2000 februárjától a Dunaferri Lőrinci Hengermű Kft. dolgozója lett. A kezdeti időszakban technológus, majd 2000 májusától a Lemeztér, Hőkezelő műhely és a Logisztika üzem vezetője volt. 2002-ben megbízást kapott a teljes gyártási vertikum irányítására hengermű vezető főmérnöki beosztásban. Ezt a tisztségét 2003 augusztusában bekövetkezett nyugdíjazásáig betöltötte.

Az OMBKE tagja volt 1965–1985 között, valamint 1991-től jelenleg is egyesületi tag.

NEKROLÓGOK

Csehné Bozó Katalin

1948–2013



Egy évfolyamtárs elvesztése mindig megrázó, fájó esemény, hiszen öt évet – talán életünk legszebb öt évét – együtt töltöttünk viszonylagos gondtalanságban, együtt szurkoltunk a zh-k és vizsgák sikerességéért, együtt élveztük az egyetemi élet örömeit. Az egyetemi évek alatt születnek életre szóló barátságok és gyakran életre szóló házasságok is. Így történt, hogy nekem Kati nemcsak évfolyamtársam, hanem az egyetemi éveket követően közel 42 évig társam, házastársam lett. Együtt örültünk a munkahelyi vagy családi sikereknek, a gyerekek, unokák születésének, együtt aggódtunk a betegségek idején, és együtt szomorkodtunk valamilyen baj esetén.

Bozó Katit 1966 őszén ismertem meg. Mindketten a K 101-es tankörben kezdtünk, kapcsolatunk egyre szorosabbá vált, együtt készültünk a feladatokra, vizsgákra, szurkoltunk egymás sikereiért. A második évtől ő a vas- és fémkohászatot választotta. Kati az első hónapok, a beilleszkedés után szívesen vett részt a közösségi életben, vidám, társasági ember volt. A diploma megszerzése után összeházasodtunk, s azután munkába álltunk.

A KGYV Tervező Irodáján kezdte a

pályafutását, majd 1-2 év után átment a Magnezitipari Művekbe. Ott dolgozott különböző területeken (kutató, termelés, üzem) a leszállólékolásáig. 1978-ban környezetvédelmi diplomát szerzett, ettől az időtől kezdve a gyár környezetvédelmi felelőse lett.

A mindennapi munkája során az alapvetően vegyész kollégái között is és a különböző tárgyalásokon is jól tudta hasznosítani a kohászati ismereteit. A rendszerváltás utáni időben aztán alaposan megtapasztalta, hogy milyen kemény is a kohászok kenyeré. Végigszenvedte a csökkenő rendelésállományból, a kevesebb munkából, a létszámleépítésekkel adódó nehézségeket, feszültségeket.

Munkáját a kollégái, főnökei elismerték, többször Kiváló Dolgozó címmel jutalmazták.

Sajnos, elég korán egészségi problémái keletkeztek, amelyek a nemrég bekövetkező haláláig egyre fokozódtak. Betegségét mindig türelemmel viselte, a gyógyulásba, vagy legalább a javulásba vetett hitét, a reményét sohasem veszítette el. Június 14-én azonban minden reményünknek vége szakadt, amikor is a betegség végleg legyűrte.

Az egész család és az évfolyamtársak is mély fájdalommal, szomorúan búcsúznak, és kohász köszöntéssel kívánnak utolsó

Jó szerencsét!

 **Cseh Kálmán**

Bozó Katalintól az évfolyamtársak 2013. augusztus 8-án, a Lőrinci Hengerműben tartott gyászszakestélyen vettek végső búcsút.

Mézes Tibor 1946–2013



Amióta meghallottam a hírt, hogy elnökünk eltávozott az élők sorából, és olvastam az üzenetet, hogy „nincs már nekünk elnökünk”, tudom és érzem, hogy nagy veszteség ért bennünket. Ahányszor eszembe jut, mindig mosolyog, mindig segítő- és áldozatkész, mindig figyelmes volt. Így élt, és most mégis halott.

Aki tett valamit, nem magáért, hanem másokért, mindenkiért, az megmarad. Ő ilyen ember volt. Igazi közösségi ember, aki szerette a társait, ezért őt is szerették.

Mézes Tibor a Hajdúságban, Polgáron született és nevelkedett. Érettségi után bevonult a hadseregbe. Az egyetemet a Kohómérnöki Karon 1966-ban kezdte, és kohómérnöki diplomával 1971-ben fejezte be.

Tibor gyorsan az évfolyam egyik központi egyénisége lett. Minden közösségi megmozdulásban élenjárt, példamutatóan és eredményesen szervezett. Közösségi elkötelezettsége és személyes kvalitásai eredményeként az évfolyam a szakestélyek elnökévé választotta. Jó viszonyt ápolt tanárainkkal, képviselte társai érdekeit, és eredményesen egyeztetett diáktársai igényeit.

Tibor lett az ötödik, búcsúzó egyetemi évünkben a valétaelnökünk, és ezt a feladatát is eredményesen, mindannyiunk meglepődésére látta el.

Az egyetem elvégzése után első munkahelye a tapolcai Szigetelő Gár volt, ahol családjával évekig élt. Később pályaelhagyó lett – nem egyedül. Utolsó éveiben ingatlanügynökségi munkát végzett.

A családi élet területén nem volt problémamentes az élete. Első házasságából két fiú, második házassá-

gából egy fiú és egy kisleány született.

Az évfolyamhoz, az egyetemhez mindig hű maradt. Valamennyi szakestélyen aktívan részt vett és prezidentként szolgálta évfolyamtársait. Ez így volt még 2011-ben is, ahol súlyos betegségének jelei még nem látszódtak.

Tibor! Müller Péter szavaival élve: „A föld a küzdelem színtere. Mindig az volt, és az marad.” De Madách sem fogalmazott másképp, amikor azt írja, hogy „A cél halál, az élet küzdelem. S az ember célja a küzdelem maga.” Te is sokat dolgoztál és küzdöttél életed során. Az árn és a fény téged is végig kísért utadon. De nem eredménytelenül, mert a magot elvetted. És bízunk benne, hogy gyermekeid az ebből kinövő növényt eredményesen táplálják majd a jövőben.

A hozzád szóló gondolatokat Juhász Gyula versével zárom:

„Ne emlékezz rám búsan
Testvér, rokon, barát.
Add meg a könnyet
Élj és szeress tovább.
Addig vagyok, míg élek
szívetekben, bennetek.
Ember voltam mindig
Ezért szeressetek.”

Elnökünk! Isten Veled.
Nyugodj békében.

 **Varga Tibor**

Mézes Tibor 2013. július 23-án hunyt el, temetése augusztus 8-án a Rákoskeresztúri új köztemetőben volt. Az évfolyamtársak 2013. augusztus 8-án, a Lőrinci Hengerműben tartott gyászszakestélyen vettek végső búcsút tőle.

Gál Zoltán 1928–2013



Fájdalommal értesültünk arról, hogy Gál Zoltán gyémántdiplomás kohómérnököt 2013. augusztus 17-én, 85 éves korában elragadta a halál.

1952-ben szerzett oklevelet Sopronban, az akkor még ott működő miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán, technológus szakon. Szakmánk egyik kiváló, nagy egyéniségévé, közkedvelt, mosolygós, jóindulatú alakjává vált. Szorgalmasan, alaposan dolgozott üzemmérnökként, főmérnökként, nemzetközi szakértőként egyaránt.

A ma Öntödei Múzeumként működő, kéregöntésű kerekeket és hengereket gyártó Ganz-törzsgyárban kezdett dolgozni, majd 1959-től a Ganz-gyár összevont öntödéinek főmérnöke volt. Ez évben a Kohászat Kiváló Dolgozója kitüntetésben részesült. Egyebek között a nagy dízelmotorok hengereinek és forgattyús szerelvényeinek a gyártásával foglalkozott.

1967-től a Kohászati Gyárépítő Vállalat újonnan megalakult öntödei tervezési osztályának lett a vezetője.

1979–82-ben a görög–magyar Hellenic Alloyed Steel megbízott műszaki igazgatójaként egy öntöde tervezését és üzembe helyezését vezette Észak-Görögországban.

Hazatérése után a KGYV-nél műszaki tanácsadó volt, majd 1984-től 1986-ig a Ganz-MÁVAG főmetalurgusa. E tevékenységének sajnos, szívinfarktus vetett véget. Felgyógyulása után osztrák és német cégek, valamint az UNIDO szakértőjeként dolgozott.

A 2006-ban alapított Mars-Minta Kft. egyik alapítója, cégvezetője volt, súlyos betegsége azonban az utóbbi években már megakadályozta az aktív szakmai munkában.

Jelentős munkát végzett az OMBKE-ben. 1950-ben, még a soproni egyetemen lett az OMBKE tagja, az öntészeti szakosztálynak 1952-től, az alapítástól kezdve tagja volt. 1958–64-ig a szakosztály titkári tisztét töltötte be. Nagy szerepe volt abban, hogy ebben az időszakban lett a szakosztály a CIATF tagja. Egyesületi munkájáért z. Zorkóczy Samu- és kétszer Sóltz Vilmos-emlékéremben részesült. 2012-ben kapta meg gyémántdiplomáját a Miskolci Egyetemtől.

Sok energiát fektetett az azóta külföldön is ismertté vált öntödei múzeum létrehozásába és gazdagításába is. Élete utolsó évtizedében örömeire szolgált, hogy személyes közreműködésével sikerült a műemléki védeltséget élvező Ganz-törzsgyári kupolókemencés olvasztóművet felújítani és a látogatók számára az ott folyó munkálatokat szakszerűen bemutatni. Vállalkozása vitrinek és tárolószekrények adományozásával is segítette a múzeumot, s visszaemlékezése alapján sikerült a kéregkerék-formázás lépéseit a fiatalok számára szemléletessé tenni.

Életútján végigkísérte kedves felesége, Gyöngyi, aki mindig nagy szeretettel vette őt körül és segítette hosszadalmas betegsége legyőzésében. Az ő szeretete nélkül aligha őrizhette volna meg a rá jellemző, kedves mosolyát, derűs egyéniségét.

Gál Zoltánt 2013. szeptember 9-én sokan elkísérték utolsó útján. A kelenföldi Szent Gellért-plébániatemplom urnatemetőjében helyezték örök nyugalomra. A szakma nevében közeli munkatársa, dr. Kovács Tibor kívánt neki utolsó

Jó szerencsét

 Sz. Gy.

Szabylár Péter okl. kohómérnök életének 66 évében, 2013. december 9-én elhunyt. Temetése 2013. december 18-án volt Jósvafőn. Nekrológiát következő számunkban közöljük.

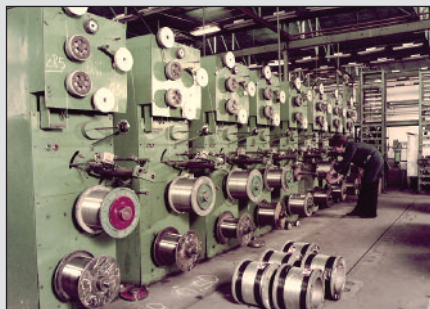
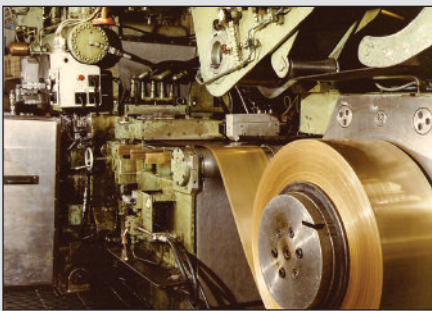
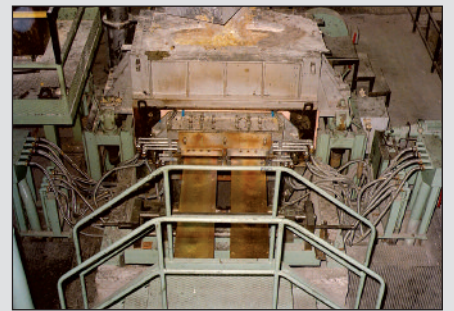
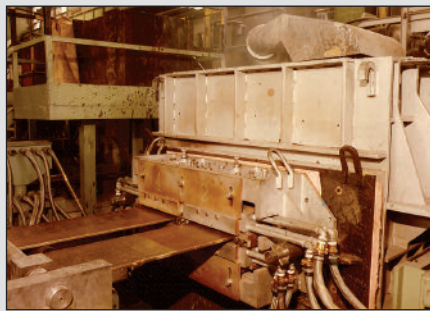
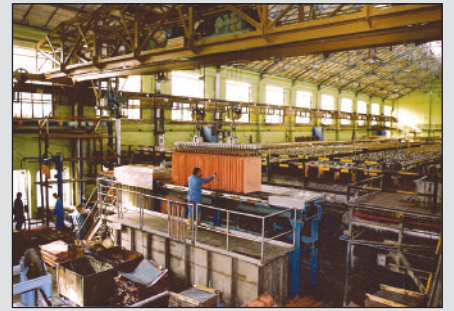
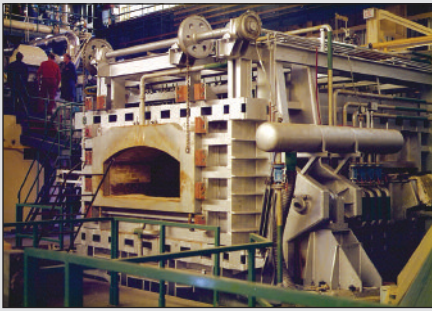
Tisztelt Olvasóink! Tisztelt Tagtársak!

Tájékoztatjuk Önöket, hogy mostani kiadványunk összevontan 2013/5-6. lapszám alatt jelenik meg.

Az ez évi Szent Borbála-nap eseményeiről szóló tudósításokat a következő, 2014/1. számunkban fogjuk közölni.

A szerkesztőség

Emlékek a Csepeli Fémműből



Emléktábla-avatás az egykori Csepeli Fémműben 2013. szeptember 20-án

