

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Anyagtudomány

Felsőoktatás

Hírmondó

153. évfolyam

2020/1. szám



Jó szerencsét!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

TARTALOM

Vaskohászat

- 1 Farkas Ottó – Cseh Ferenc – Harcsik Béla:** A hidrogén redukáló szerepe és mértéke a nagyolvastói nyersvasgyártásban
- 7 Kondás Béla:** Autóipari hatások a hengerelt acéltermékek európai kínálatára
- 11** Az acélipar fiatal, innovatív mérnökeit díjazták

Öntészet

- 12 Nyeste Viktor:** Klímakompresszor nyomásos öntvények gyártásának fejlesztése
- 16 Kovács Sándor Endre – Szentes Zsolt – Varga László:** 3D fémnyomatással előállított, nagy hővezető képességű nyomásos öntészeti szerszámanyag tulajdonságainak vizsgálata

Fémkohászat

- 22 Illés István Balázs – Kékesi Tamás:** A sóadagolás szerepe és fejlesztési lehetősége az alumíniumolvasztási salakok termomechanikai feldolgozásánál
- 28** Új szakkönyvek is segítik a kohász képzést a Miskolci Egyetemen

Anyagtudomány

- 30 Bárczy Pál:** Anyagtechnológiától anyagtudományig és vissza
- 34 Szlancsik Attila – Kemény Alexandra – Katona Bálint – Orbulov Imre Norbert:** Alumíniummátrixú szintaktikus habok bemetszésérzékenysége
- 40 Nagy Márton – Bán Krisztián – Fogarassy Zsolt – Berényi Richárd:** Amorf és nanokristályos lágymágneses anyagok bevezethetőségének vizsgálata gépjármű elektromotorok gyártásában

Felsőoktatás

- 44 Palotás Árpád Bence – Mende Tamás – Stumpf Éva:** A kohómérnökképzés Magyarországon
- 50** Interjú dr. Farkas Ottó professor emeritussal
- 54** A Műszaki Anyagtudományi Kar hírei 2020. február

Hírmondó

- 56** Szent Borbála-napi országos központi ünnepség
- 57** A Szent Borbála megemlékezések elindításának hiteles története
- 58** Emlékeztető az OMBKE 2019. december 12-i választmányi üléséről; Dr. Hatala Pál elnök serlegbeszède
- 60** Emlékeztető az OMBKE 2020. január 23-i rendkívüli választmányi üléséről
- 61** Beszámoló az OMBKE kohász szakosztályainak 2019. évi munkájáról
- 65** Harangtörténeti Konferencia Egerben
- 66** A XX. Fémkohászati Szakmai Napról...
- 67** 175 éve halt meg a Bányászminusz költője
- 68** Felhívás
- 69** Köszöntések
- 71** Hirdetések
- 72** Nekrológ

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

FROM THE CONTENT

Farkas Ottó – Cseh Ferenc – Harcsik Béla: Function and extent of hydrogen in the reduction process in blast furnace 1
One of the options for reducing the specific C consumption in conventional, hot metal production is the partial replacement of coke with a high proportion of H₂-containing fuels or reducing agents in the blast furnace. Such materials include natural gas, oil and coke oven gas. The optimization of the blast furnace operation by utilizing high H₂-containing fuels and reducing materials obviously necessitates the increase of the existing knowledge on the mode and share of hydrogen in the reduction processes of iron oxides.

Kondás Béla: Effect of automotive industry on the assortment of rolled steel products on the European market 7
Based on the available professional literature on the subject and the experience in the automotive supply of the author, the article provides an overview of how the market for rolled steel products has been expanded on the impact of the most important changes in the automotive industry in recent years. This analysis introduces the new products in groups, which are illustrated by examples from the author.

Nyeste Viktor: Product and process development of air conditioning compressor 12
Introduction of Hanon Systems Plant at Székesfehérvár, short history of this plant and types of produced Air Conditioning compressors at Hanon Systems. Definition of specification of compressors from leak tightness point of view for better understanding of requirement of castings what are produced with High Pressure die casting process. Development of casting design and die casting process starting with prototype building and process development at serial casting supplier. Introduction of typical inhomogeneity and impregnation process of casting made by High Pressure Die Casting process.

Kovács Sándor Endre – Szentes Zsolt – Varga László: Analysis of a special, 3D metal-printed HPDC tool material 16
High Pressure Die Casting (HPDC) is still the most productive metal-casting method of our time, however the more demanding are the industrial expectations, the more challenging it becomes to ensure the creation of the difficult cavity geometries and the thermal balance of the die-cast tool. New perspective is required, thus we can utilize high heat-conductivity tool steels and additive manufacturing technology.

Illés István Balázs – Kékesi Tamás: The role and the development of salt adding to the thermo-mechanical processing of aluminium melting dross 22
The application of a considerable amount of salt at the hot (thermo-mechanical) processing of primary dross arising from the melting of alloyed aluminium scrap increases the metal recovery. The salt, generally consisting of NaCl and KCl main components and some other compounds gets concentrated after tapping the recovered

metal as compared to the value in the charge of the usually applied gas fired rotary furnace. Due to its solubility, it qualifies as hazardous and causes a real burden to the environment. According to the laboratory experiments aimed at an economical technology, the productivity can be increased while maintaining a high metal recovery rate and reducing the energy consumption by the modifying – in a cost efficient way – the composition of the usually applied salt and the processing technology. The useful metal recovery rate – calculated from the physically recoverable amount of the tapped and the coarse grained fractions – and the required heating time indicated that by adding a component that produces heat in situ and by optimizing the heating time, the hot dross processing can be made more efficient.

Bárczy Pál: From materials technology toward materials science and back 30
This is an analysis on the ways and motivations to select and develop new artificial materials. The innovation efficiency is tested in relation of material technology and materials science. Summarizing and evaluating own research experience the author emphasises the priority of technology based developments of multicomponent aimed modern materials.

Szlancsik Attila – Kemény Alexandra – Katona Bálint – Orbulov Imre Norbert: Notch sensitivity of aluminium matrix syntactic foams ... 34
Al alloy (Al99.5 and AlSi12) matrix syntactic foams (AMSFs) were produced by pressure infiltration. Globocer ceramic hollow spheres were applied as filler material. Different notches were produced on the machined three-point bending samples by milling and during the tests the force was recorded in the function of cross-head displacement and notch opening. The fracture energies and the fracture toughness values were monitored to describe the notch sensitivity of AMSFs. Considering the results, both properties are necessary to describe the behaviour of the AMSFs. The fracture energies were dependent on the notch geometry, while the fracture toughness values were independent on them.

Nagy Márton – Bán Krisztián – Fogarassy Zsolt – Berényi Richárd: Investigation of the introduction of amorphous and nanocrystalline soft magnetic materials into the production of electromotors 40
Nowadays due to the increasingly stringent requirements it is important to improve the efficiency of electric motors. A nanocrystalline soft magnetic material, called METGLAS offers a potential alternative to iron core materials for asynchronous motors. Manufacturing technology can be a big issue for this material thanks to the high initial hardness and abrasive properties. The choice fell for laser beam cutting. The heat input has a great impact on mechanical and magnetic properties in the heat affected zone. After different laser beam cutting, this heat affected zone was investigated by indirect and direct structural analysis methods.

• **Szerkesztőség:** 1051 Budapest, Október 6. utca 7., III. em. • **Telefon:** 06-1-201-7337 •

• **E-mail:** bkl.kohaszat@gmail.com •

• **Felelős szerkesztő:** Balázs Tamás •

• **A szerkesztőség tagjai:** dr. Buzáné dr. Dénes Margit, dr. Dévényi László, dr. Dúl Jenő, dr. Harcsik Béla, dr. Kóródi István, Schudich Anna, dr. Szombatfalvy Anna, dr. Tardy Pál, dr. Török Tamás •

• **Kiadó:** Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület • **Felelős kiadó:** dr. Hatala Pál •

• **Nyomja:** Press+Print Kft. 2340 Kiskunlacháza, Gábor Áron u. 2/a • **HU ISSN 0005-5670** •

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

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

FARKAS OTTÓ – CSEH FERENC – HARCSIK BÉLA

A hidrogén redukáló szerepe és mértéke a nagyolvasztói nyersvasgyártásban

A CO₂-emisszió csökkentésére irányuló világméretű törekvéseknek a nyersvasgyártás technológiai fejlesztése, és így az ISD Dunafer Zrt. nagyolvasztóinak ezirányú korszerűsítése is természetesen részét képezi. A fajlagos C-forrású tüzelőanyag-fogyasztás csökkentésének a hagyományos, uralkodó nyersvasgyártásban egyik nyilvánvalóan feltételezhető lehetősége a kokszt meghatározott mértékű helyettesítése, nagy H₂-tartalmú tüzelő-, illetve redukálóanyagok minél nagyobb részesedéssel felhasználásával a nagyolvasztóban. A nagy H₂-tartalmú tüzelő-, illetve redukálóanyagok nagyolvasztói felhasználásának optimalizálása nyilvánvalóan szükségessé teszi a hidrogén – vas-oxidok redukációs folyamataiban mutató – tevékenységének módozataira és részesedésére vonatkozó eddigi ismeretek bővítését, gazdagítását.

1. A hidrogén vas-oxid-redukációs folyamat lehetséges kapcsolatrendszerének kérdései

A napjainkban főleg földgázbefűvéssel és a fűvósztél nedvességtartalmával nagyolvasztóba vezetett különböző fajlagos hidrogén (H₂)-mennyiség hasznosulásának és főleg a hasznosulás módjainak ismerete szakmai és szakirodalmi bizonytalanságokat és hiányosságokat mutat. A jelen publikáció ezek enyhítésére és csökkentésére törekedve igyekszik megmutatni, hogy a H₂ kémiai kihasználása, illetve részvétele a vas-oxidok redukációs folyamataiban milyen mértékű, s hogy a CO-os és C-os redukció mértékét csökkenti, növeli vagy csak egyszerűen, járulékosan hozzájárul a gázzal lejátszódó indirekt vas-oxid-redukáció részesedésének növeléséhez, és ezáltal a többlet C-t és hőigénylő direkt vas-oxid-redukáció mérséklődéséhez vezet.

A redukációs folyamatok (r_{CO}, r_{H₂}, r_d) nagyságának, részesedésének mértékei a nagyolvasztóba vezetett fajlagos H₂-mennyiségnek is nyilvánvaló függvényei. Ezért a vonatkozó konkrét vizsgálatok adott nagyolvasztó bázisértékeire épülnek, s a kapott eredmények alapvetően az azokat képviselő nagyolvasztó(k)ra érvényesek.

A jelen publikáció bázisadatait az ISD Dunafer Zrt. nagyolvasztói 2012. 09. 01. – 2012. 12. 31. és 2016. 09. 01. – 2019. 04. 15. közötti időszakának a viszonylagosan egyenletes járatra utaló, összesen 23 csoportra osztott 342 napjára vonatkozó működési paraméterértékei, valamint a felhasznált anyagok jellemző adatai képezik. Ezeknek az információknak a birtokában volt lehetőség olyan további alapadatok meghatározására, mint például a redukálendő fajlagos O₂-mennyiség, a földgázzal vagy fűvósztéllal behihető fajlagos H₂-mennyiség, a parciális oxidációban résztvevő fajlagos C-mennyiség, a fajlagos medencegáz-, illetve torokgáz mennyiség stb.

2. A H₂ kémiai kihasználása és annak értékei

2.1. A H₂ kémiai kihasználásának pontos meghatározási módszere

A hidrogén – vas-oxid-redukációs folyamatokban betöltött – szerepének és jelentőségének megítélését a kémiai kihasználásának és a redukációs részesedésének, illetve a CO-os és C-os redukcióhoz kapcsolódó magatartásának milyensége határozza meg.

A η_{H_2} reális és pontos kiszámítása – a torokgáz H₂O-tartalmának származási bizonytalansága miatt – csak a H₂-mérleg alapján lehetséges. Ebben a megoldásban a részletes, előzetes számítások eredményét felhasználó egyenlet:

$$\eta_{H_2} = \frac{\Sigma V_{H_2} - V_{H_2}^{tg}}{\Sigma V_{H_2}} \cdot 100 \quad \% \quad (1)$$

melyben

η_{H_2} = a H₂ kémiai kihasználása, %

ΣV_{H_2} = a nagyolvasztóba vitt fajlagos H₂-mennyiség, m³/t nyv

$V_{H_2}^{tg}$ = a torokgázzal távozó fajlagos H₂-mennyiség, m³/t nyv

$\Sigma V_{H_2} V_{H_2}^{tg}$ = a vas-oxid-redukációs folyamatokban részt vett fajlagos H₂-mennyiség, m³/t nyv

A nagyolvasztóba jutó fajlagos H₂-mennyiség a H₂-hordozó póttüzelőanyagokból – az ISD Dunafermél a földgázból – és a fűvósztél nedvességtartalmából származik.

Dr. Farkas Ottó és dr. Harcsik Béla szakmai életrajzát a 2018/5-6. számban, Cseh Ferenc életrajzát a 2017/6. számban közzétük.

2.1.1. A földgázból és a fűvósél nedvességtartalmából származó H₂-mennyiség

Az ISD Dunafernnél használatos földgázban CH₄ = 93,5% és C₂H₆ = 2,6%, amiből következően 1 m³ földgáz 1,87 + 0,08 = 1,95 m³ H₂-t visz a nagyolvasztóba, ami a befűjt földgázmennyiséggel (V_{fg}; m³/t nyv):

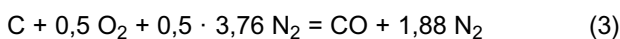
$$V_{H_2}^{fg} = V_{fg} \cdot 1,95 \text{ m}^3/\text{t nyv}$$

A fűvósélnedvesség 1 g-ja 0,00124 m³ H₂-t képvisel, így az 1 t nyersvasához tartozó 1 g/m³ nedvességtartalmú fűvóséllal bevitt H₂-mennyiség

$$V_{H_2}^l = V_l \cdot 0,00124 \text{ m}^3/\text{t nyv} \quad (2)$$

ahol V_l a fajlagos fűvósélmennyiség m³/t nyv-ban.

A fajlagos fűvósélmennyiség a fűvósíkban parciálisan oxidálódó C-mennyiségnek a



reakció szerinti igénye, azaz 4,44 m³/kg C.

2.1.2. A parciális oxidációban résztvevő C-mennyiség

A nagyolvasztóba koksszal (G_k · 10⁻² · C_k) és földgázzal (V_{fg} · 0,514) bevitt C-mennyiségnek a nyersvas C-tartalmával és a direkt redukcióban felhasznált C-mennyiséggel csökkentett része (C_{pox}) parciálisan oxidálódik. A direkt redukció (r_d) részesedése a redukciós folyamatokban az

$$r_d = \frac{0,5 \cdot (CO_2 + CO) - d \cdot N_2}{CO_2 + 0,5 \cdot CO - d \cdot N_2} \cdot 100 \quad \% \quad (4)$$

összefüggéssel [1] határozható meg, melyben

- CO₂, CO, N₂ a torokgáz %-os alkotói
- d a nedves fűvósélben lévő O₂/N₂ hányados, mely 1% nedvességtartalomnál 0,272.

Mint hogy a redukcióval eltávolítandó fajlagos O₂-mennyiség az ISD Dunaferri Zrt. nagyolvasztóiban (zsugorítványban: Fe₂O₃ = 62,71%; FeO = 9,5%, pelletben: Fe₂O₃ = 82,79%; FeO = 2,57%; zsugorítvány: 50%, pellet: 50% a betétben) 392, 45 kg/t nyv., a direkt redukciós során a C + 0,5 O₂ = CO reakció szerint elfogyasztott fajlagos C-mennyiség:

$$C_d = \frac{12}{16} \cdot r_d \cdot 10^{-2} \cdot 392,45 = 2,94 \cdot r_d \text{ kg/t nyv} \quad (5)$$

A parciális oxidációban részt nem vevő másik C-tétel a nyersvas C-tartalma (C_{nyv}), melynek elfogadható általános értéke 4,5%, vagyis 45 kg/t nyersvas.

Mindezek alapján a nagyolvasztóban parciális oxidációban résztvevő fajlagos karbonmennyiséget (C_{pox}) az alábbi egyenlet adja:

$$C_{pox} = G_k \cdot 0,87 + V_{fg} \cdot 0,514 - 2,94 \cdot r_d - 45 \text{ kg/t nyv} \quad (6)$$

melyben:

C_{pox} – parciális oxidációban résztvevő C-mennyiség, kg/t nyv

G_k – a fajlagos koksmennyiség, kg/t nyv

V_{fg} – a fajlagos földgázmennyiség, m³/t nyv

r_d – a direkt redukció részesedése (4), %

2.1.3. A fajlagos fűvósél-, valamint medence- és torokgáz-mennyiség

A fajlagos fűvósél-mennyiség a (3) összefüggés szerint:

$$V_l = 4,44 \cdot C_{pox} \text{ m}^3/\text{t nyv} \quad (7)$$

melynek birtokában a fűvóséllal a nagyolvasztóba vitt fajlagos H₂-mennyiség a (2) képlettel meghatározható. Az összes fajlagos H₂-mennyiséget pedig az alábbi egyenlet adja:

$$\Sigma V_{H_2} = V_{H_2}^{fg} + V_{H_2}^l = 1,95 \cdot V_{fg} + 0,00124 \cdot V_l \text{ m}^3/\text{tnyv} \quad (8)$$

A η_{H₂} számítása – az (1) egyenlet szerint – már csak a torokgázzal távozó H₂-mennyiség ismeretét igényli. Mint hogy a torokgáz H₂-koncentrációja ismert, így a torokgáz fajlagos mennyiségi adatára van szükség, ami a medencegáz-mennyiségének felhasználásával, a N₂-mérleg alapján számítható.

A parciális oxidációt leíró (3) reakció értelmében a medencegáz:

$$V_{mg} = \frac{2,88 \cdot 22,41}{12} = 5,38 \text{ m}^3/\text{kg C}$$

illetve

$$V_{mg} = 5,38 \cdot C_{pox} \text{ m}^3/\text{t nyv}$$

A medencegáz N₂-tartalma a (3) reakció alapján 1,88 · 100/288 = 65,28%, a torokgáz

$$N_2^{tg} = 100 - CO_2^{tg} - CO^{tg} - H_2^{tg} \quad \%$$

A vonatkozó N₂-mérleg szerint

$$V_{mg} \cdot N_2^{mg} \cdot 10^{-2} = V_{tg} \cdot N_2^{tg} \cdot 10^{-2}$$

amiből

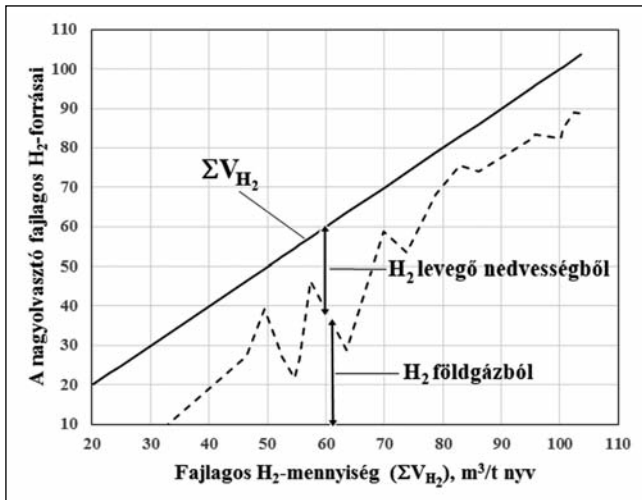
$$V_{tg} = \frac{V_{mg} \cdot N_2^{mg}}{N_2^{tg}} \text{ m}^3/\text{t ny} \quad (9)$$

a torokgázzal elvitt kihasználatlan fajlagos H₂-mennyiség pedig:

$$V_{H_2}^{tg} = V_{tg} \cdot H_2^{tg} \cdot 10^2 \text{ m}^3/\text{t ny} \quad (10)$$

ahol a H₂^{tg} a torokgáz H₂-tartalma térfogat%-ban.

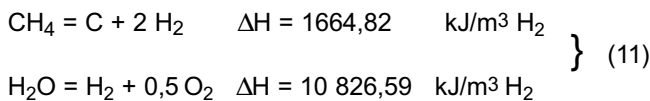
A levezetések eredményeiként rendelkezésre állnak azok az összefüggések, melyekkel a H₂ kémiai kihasználását meghatározó (1) kifejezésben szereplő ΣV_{H₂} (8) és V_{H₂}^{tg} (10) tételek kiszámíthatók és felhasználásukkal a H₂-mérleg alapján a η_{H₂} konkrét értéke megállapítható.



■ 1. ábra. A nagyolvasztó H₂-forrásainak mennyiségi tartományai földgázbefúvással

2.2. A H₂-források teljesítőképessége

A H₂-mérleg hitelességének és pontosságának biztosítása különösen a folyamatosan változó fúvószélnedvesség értékeinek gondos figyelembevételét is igényli. Az 1. ábra szemlélteti, hogy a bevitt H₂-mennyiség forrás szerinti ingadozása – különösen kisebb fajlagos $V_{H_2}^{fúv}$ esetén, amikor a fúvószélnedvesség adja a nagyobb H₂-mennyiséget – sokkal intenzívebb. Ez a hőtani egyensúly szempontjából is elhanyagolatlan lehet, minthogy a két H₂-forrás termikus disszociációjában a



szerint a vízgőzből származó H₂ képződése 6,5-szer annyi hőigényel, mint a metánból kivált H₂.

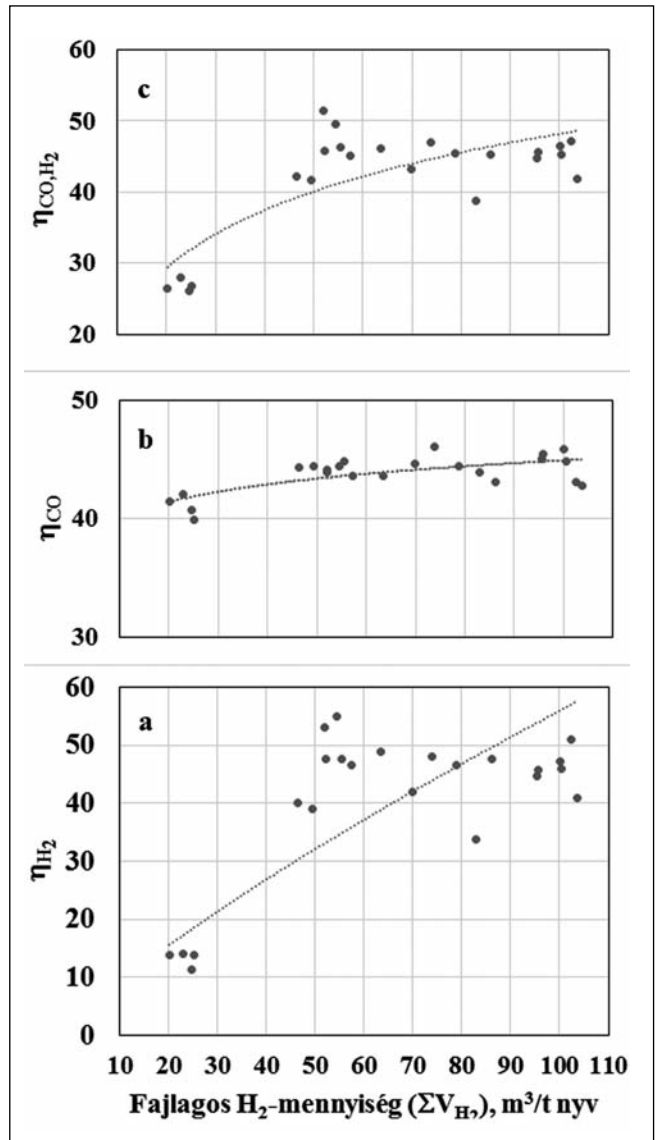
2.3. A H₂ kémiai kihasználásának alakulása a fajlagos H₂-mennyiség függvényében

A H₂-kihasználás alakulását a ΣV_{H_2} függvényében a 2a ábra szemlélteti. Látható, hogy az átlagosan elfogadható (45,85%-os, illetve összességében 40,18%-os) hasznosulás a $\Sigma V_{H_2} = 45 \text{ m}^3/\text{t nyv}$ érték fölötti tartományokban is számottevően ingadozik. Ezt feltehetően a H₂-források mennyiségi arányainak – 1. ábrán bemutatott – jelentős mértékű változásai okozzák. Átlagos értékeiben – a földgázbefúvást követően – nem mutat függőségi viszonyt a ΣV_{H_2} -vel.

A H₂-kihasználás alakulását – több szempontból – célszerű a CO-kihasználás változásával összevetni, esetleges összefüggések létének megerősítése vagy kétségbe vonása érdekében.

2.4. A H₂ és a CO kémiai kihasználásainak feltételezett kapcsolata

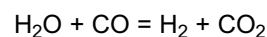
A CO kémiai kihasználása, a

$$\eta_{CO} = \frac{CO_2}{CO + CO_2} \cdot 100 \%$$


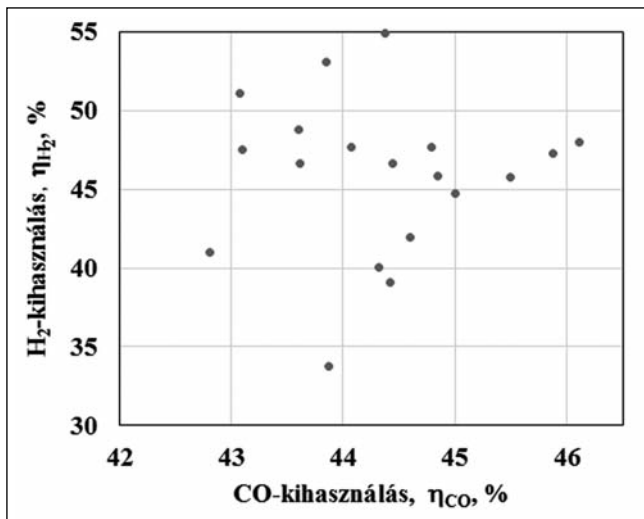
■ 2. ábra. A redukáló gázok (H₂, CO) kémiai kihasználása a nagyolvasztóban lévő fajlagos H₂-mennyiség függvényében

egyenlet szerint – különösen önjáró zsugorítványok kohósításakor – a torokgáz megjelölt alkotóinak %-os részesezését felhasználva egyszerűen meghatározható. A 2b ábra nyújt tájékoztatást a vizsgált időszakra vonatkozó, átlagosan 44,8%-os η_{CO} -ról. A $\Sigma V_{H_2} = 45 \text{ m}^3/\text{t nyv}$ H₂-mennyiséget meghaladó tartományokban – ellentétben az η_{H_2} módosulásaival – gyakorlatilag egyenletes metallurgiai tevékenységről ad tanúságot a különben is elfogadható η_{CO} -értéksor.

H₂-nel és a CO-dal lejátszódó vas-oxid-redukációs folyamatok közötti kapcsolat feltételezése egyrészt azon alapul, hogy mindkét redukációs folyamat legkedvezőbb hőmérséklete 800-1000 °C között van, tehát térben és időben azonos tartományban játszódhatnak le. Másrészt pedig azon nyugszik, hogy a



vízgázreakció feltételezett és kellő mértékű lejátszódása hatást gyakorolhat a H₂-es redukció H₂O-es és a CO-os redukció CO₂-termékeinek mennyiségi viszonyaira.



■ 3. ábra. Az η_{CO} és az η_{H_2} közvetlen összefüggésének hiánya

A vonatkozó 3. ábra egyértelműen jelzi, hogy a CO és a H_2 kémiai kihasználása között nem lehet egyértelmű közvetlen összefüggés. Az $\eta_{CO} = 43-46\%$ közötti tartományban ugyanis az $\eta_{H_2} = 33,8-54,9\%$ -os, sokkal kiterjedtebb értékei megférnek. Így a $H_2O + CO = H_2 + CO_2$ vízgázreakció (csak $900\text{ }^\circ\text{C}$ -nál kisebb hőmérsékleteken van csekély termodinamikai támogatása) minden bizonnyal nem működik olyan mértékben, hogy jelentős hatástényezője legyen egy esetleges $\eta_{H_2} = f(\eta_{CO})$ összefüggésnek. A két redukálógáz kémiai kihasználása közötti összefüggés, és így a vízgázreakció számottevő lejátszódásának hiányát a 3. ábra jól szemlélteti.

Az η_{CO,H_2} nyilvánvalóan – a 2c ábrán láthatóan – közel hozza és egységben kezeli a két gáz kémiai kihasználását, kiküszöbölve az esetlegesen fennálló értékbeli viszonylagos bizonytalanságokat.

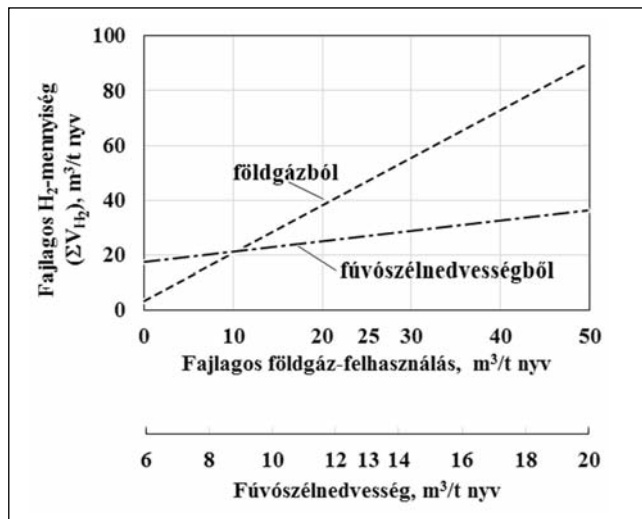
A gázkihasználások mértékének pontos ismertetésére a redukciós alternatívák részesedésének meghatározásához is szükség van.

A 2a és 2b ábra együttesen érzékelteti, hogy az adott szilárd betétanyagok, elsősorban a vasérc-agglomerátumok szükséges gázpermeabilitásának és ezzel a gázkihasználás, illetve az indirekt vas-oxid-redukció lehetséges mértékének biztosításához a nagyolvasztónak minimálisan $50\text{ m}^3/\text{t}$ nyv H_2 -nel kell rendelkeznie. Ez például $12,5\text{ g/m}^3$ nedvességtartalmú fúvósziel esetén – a 4. ábra szerint – minimálisan $12\text{ m}^3/\text{t}$ nyv földgáz befúvását igényli az ISD Dunafer Zrt. adottságai esetén. A nagyolvasztó fajlagos H_2 -tartalmának további növelése esetén már nem áll fenn a szükséges gázpermeabilitás hiánya, így az már láthatóan nem növeli a gázok kémiai kihasználását, de állandó, s a H_2 -re vonatkozóan kissé ingadozó értéken tartja.

3. A vas-oxid-redukciós folyamatok mértékei és részesedései a rendszerben

3.1. A H_2 -es redukció mértéke a nagyon hiányos szakirodalmi közlemények alapján

A vas-oxid-redukciós folyamatokban részt vevő H_2 -részesedés meghatározására utaló [1] szakirodalmi hivatkozás



■ 4. ábra. A H_2 -források fajlagos H_2 -fejlesztése

két ezirányú vizsgálat eredményeit is közli. Az egyik kutatás során földgázzal, koksszal, levegő-nedvességgel nagyolvasztóba vitt $135 + 32,7 + 26,3 = 194\text{ m}^3/\text{t}$ nyv H_2 -mennyiségből $61,0\text{ m}^3/\text{t}$ nyv, azaz $30,5\%$ végzett redukciós munkát.

A H_2 -beviteli források némi módosításával egy következő vizsgálat során földgázzal $118,1\text{ m}^3$, koksszal $32,4\text{ m}^3$, szénporral $24,8\text{ m}^3$, fúvósziel-nedvességgel pedig $28,0\text{ m}^3$, vagyis összesen $203,3\text{ m}^3/\text{t}$ nyv H_2 -t vezettek a nagyolvasztóba, melyből $67,5\text{ m}^3/\text{t}$ nyv, azaz $33,20\%$ vett részt a redukciós folyamatokban.

Ezeknél sokkal nagyobb mértékű redukciós részvételt mutatott egy, ugyanabban az [1] hivatkozási számú szakirodalomban közölt vizsgálat, melyben a földgázzal $8,92\text{ kg/t}$ nyv, a levegő nedvességtartalmával pedig $3,54\text{ kg/t}$ nyv, vagyis együttesen $12,46\text{ kg/t}$ nyv H_2 jutott a nagyolvasztóba. Itt $8,7\text{ kg/t}$ nyv, azaz a bevitt H_2 $69,82\%$ -a redukálta a vas-oxidokat.

Ez utóbbival gyakorlatilag egyező eredményhez jutott a [2] szakirodalmi forrásban közölt vizsgálat, amelyben a torokgáz $H_2O = 4,95\%$ (remélhetőleg csak a redukcióban képződött) és $H_2 = 2,72\%$ adatai alapján $68,75\%$ -os redukciós részvételt állapítottak meg, a bevezetett H_2 -mennyiség javára.

A nagyon eltérő ($30,5-69,82\%$) redukciós részesedési, illetve H_2 -kihasználási eredmények realitását (nem meggyőzően) csak az ottani feltételekre érvényesen elfogadva az állapítható meg, hogy a H_2 részvételi aránya a redukciós folyamatokban – a fajlagos H_2 -mennyiség mellett – nehezen pontosítható, és számos sajátos tényező (zsugorítvány-részesedés, a $900\text{ }^\circ\text{C}$ -os adattartomány kiterjedése, a vízgázreakció mértéke, a diffúziós áram sebessége stb.) is függvénye. Minthogy a jelen vizsgálatok az ISD Dunafer Zrt. nagyolvasztóinak munkájára jellemző alapadatokra épülnek, az eredmények elsősorban ott használhatók.

3.2. A H_2 -es vas-oxid-redukció mértéke, illetve részesedése a teljes vas-oxid-redukcióban a jelen vizsgálatok alapján

A H_2 redukciós teljesítményének meghatározása a nagy-

olvasztóban nem merül ki a redukció mértékének és részese-
sedésének megállapításával, minthogy a fajlagos energia-
fogyasztás szempontjából nagyon fontos, hogy a H₂-re-
dukciós folyamat a CO-os vagy a C-os redukciós részese-
dését csökkenti, s ha mind a kettőt, akkor azokat milyen
arányban.

Ebből következően a H₂-redukció (r_{H_2}) mértékeinek
meghatározása a CO-os és C-os redukciós folyamatok
részese-
sedéseinek megállapításait is szükségessé teszi.

Egy korábban kialakított szakirodalmi [1] közlés szerint a
H₂-es redukció részese-
sedése, (r_{H_2}) az

$$r_{H_2} = \frac{\Sigma V_{H_2} \cdot 0,5 \eta_{H_2}}{\frac{22,41}{32} \cdot O_r}$$

melyben az O_r = az eltávolítandó O₂, ami az ISD Duna-
ferriben 392,45 kg/t nyv. A vonatkozó egyszerűsítések révén:

$$r_{H_2} = \frac{\Sigma V_{H_2} \cdot \eta_{H_2}}{549,43} \cdot 100 \quad \% \quad (12)$$

A vizsgálatokban felvett $\Sigma V_{H_2} = 20,15 - 103,68$ m³/t nyv
fajlagos H₂-mennyiségű tartományban a H₂-es redukció ré-
szese-
sedése 0,50-9,13% volt, melynek részleteit az 5. ábra
tartalmazza, megközelítően egyenletesen növekvő mérték-
ben a (ΣV_{H_2}) függvényében, arányosan a bevitt fajlagos H₂-
mennyiséggel. Az összevetésre sor kerül az r_{CO} és az r_d
tárgyalása után.

3.3. A CO-os vas-oxid-redukció mértéke, illetve részese- sedése a teljes vas-oxid-redukcióban

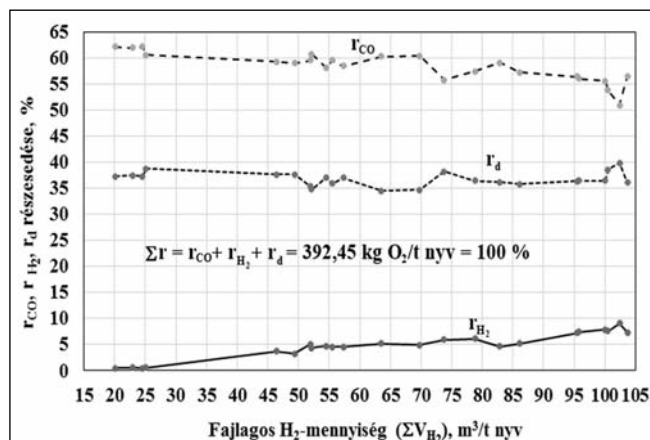
A CO-os redukció mértékének, illetve részese-
sedésének (r_{CO}) számítására a (13) számú képlettel elvileg azonos
összefüggés szolgál, azaz

$$r_{CO} = \frac{\Sigma V_{CO} \cdot \eta_{CO}}{549,43} \cdot 100 \quad \% \quad (13)$$

melyben (ΣV_{CO}) = a rendelkezésre álló összes, fajlagos
CO-mennyiség, m³/t nyv-ban.

3.3.1. A CO-os redukció C-szükségletének forrásai

Az indirekt (CO-os) redukcióhoz szükséges CO-mennyi-

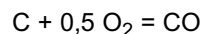


■ 5. ábra. A redukciós módozatok részese-
sedése a nagyolvasztó
fajlagos H₂-mennyiségének függvényében

ségnek (hasonlóan a H₂-hez) két forrása van, éspedig:

- a parciális oxidációs folyamatban képződő CO,
- a direkt (C-os) redukcióban képződő CO.

A karbon parciális oxidációjában a



reakcióegyenlet szerint a képződő CO-mennyiség
22,41/12 = 1,87 m³/kg C.

A parciális oxidációban résztvevő C-mennyiség a (6)
képlettel számítható, s így a medencegázban megjelenő
CO-mennyiség:

$$V_{CO}^{mg} = c_{pox} \cdot 1,87 \quad m^3/t \text{ nyv} \quad (14)$$

ahol

V_{CO}^{mg} = a parciális oxidáció fajlagos CO-terméke, m³/t nyv

C_{pox} = a parciális oxidáció fajlagos C-fogyasztása, kg/t nyv

A direkt redukció során képződő CO-mennyiség az elő-
zőek szerinti 1,87 m³/kg C figyelembevételével, a nyugvó-
ban a kohéziós zóna alatt:

$$V_{CO}^{ny} = c_d \cdot 1,87 \quad m^3/t \text{ nyv} \quad (15)$$

az (5) egyenlet felhasználásával pedig

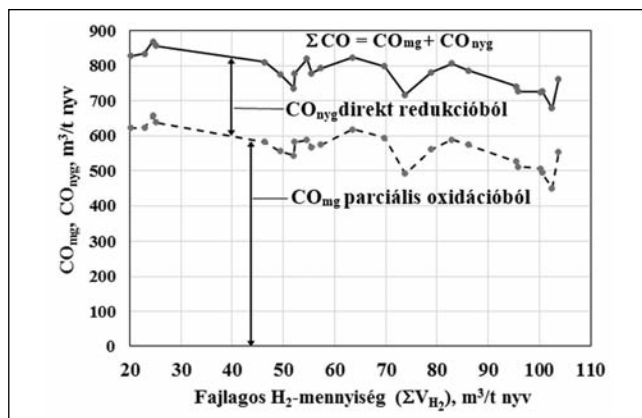
$$V_{CO}^{ny} = 2,94 \cdot r_d \cdot 1,87 \quad m^3/t \text{ nyv}$$

A két forrásból származó CO-mennyiség összege (ΣV_{CO})
tehát a következő:

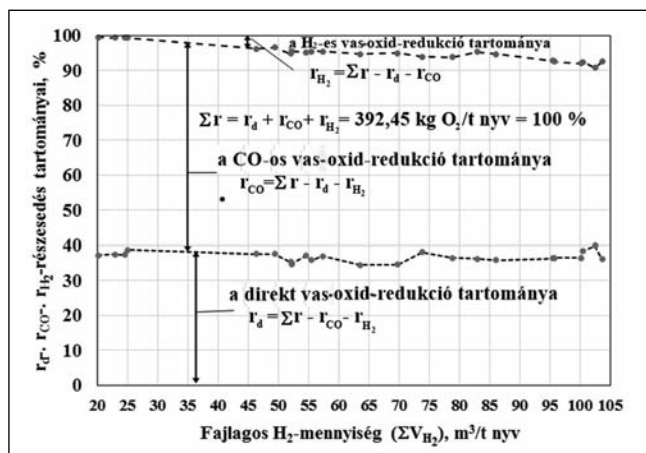
$$\Sigma V_{CO} = V_{CO}^{mg} + V_{CO}^{ny} = (C_{pox} + r_d \cdot 2,94) \cdot 1,87 m^3/t \text{ nyv} \quad (16)$$

A medence és a nyugvó elkülönítése itt azért indokolt,
mert a két CO-forrás a két elkülönített tartományban
működik.

A két különböző forrásból származó CO-mennyiségek-
ről a 6. ábra ad részletes tájékoztatást, kifejezve egyben,
hogy a parciális oxidáció a C_{pox}/C_d arányában több CO-t
termel, mint a direkt redukció. A CO összmennyisége a
vizsgált ΣH_2 -tartományban 680–870 m³/t nyv között válto-
zott, nyilvánvalóan csökkenő tendenciát mutatva a növekvő
 ΣV_{H_2} -vel.



■ 6. ábra. A fajlagos CO-mennyiség forrástartományai a meden-
cegázból (mg., parciális oxidációból) és a nyugvógázból (nyg.,
direkt redukcióból) a fajlagos H₂-mennyiség függvényében



■ 7. ábra. A vas-oxid-redukciós folyamatok (C-os, CO-os és H₂-es) részesedésének mennyiségi tartományai

3.3.2. A CO-os redukció mértéke és változása a ΣV_{H2} függvényében

A CO-dal lejátszódó indirekt vas-oxid-redukció mértéke a vizsgált tartományában 50,98–62,19%, melynek megoszlásáról az 5. ábra szintén nyújt tájékoztatást. Megfigyelhető az r_{CO} kismértékű csökkenése és az r_{H_2} azonos mértékű növekedése a ΣV_{H2} növekedésének függvényében, amit az ábrán a vonatkozó két görbe, szinte tükörképű megjelenése is szemléltet. Mindez egyértelműen jelzi a H₂O + CO = H₂ + CO₂ vízgázreakció közreműködésének elhanyagolható mértékét, mely a H₂-es redukció rovására növelné a CO-os redukció részesedését.

3.3.3. A direkt redukció mértéke és stabilitása a ΣV_{H2} függvényében

A vas-oxidok C-os, azaz direkt redukciójának (r_d) részesedése a redukciós módozatokban az előzőekben már szükségszerűen megadott (4) egyenlet szerint meghatározható. Elvileg – minthogy a $\Sigma r = r_d + r_{CO} + r_{H_2} = 100\%$ – a direkt redukció mértéke az $r_d = 100 - r_{CO} - r_{H_2}$ egyenlettel is kiszámítható, az r_{CO} és a r_{H_2} eredményeinek birtokában. A feldolgozott üzemi adathalmaz esetenkénti elkerülhetetlen csekély pontatlansága természetesen nem engedi meg a (4) egyenlet mellőzését. A Σr pontosan 100%-os beállítása így is igényel minimális, elkerülhetetlen korrekciót.

Az r_d -részesedés számított eredményeit szintén az 5. számú ábra szemlélteti. Látható, hogy az r_d értékek a ΣV_{H2} függvényében, 34,49–39,89% között, gyakorlatilag kis ingadozással, stabil, átlagosan változatlan, vagyis – kedvezőtlenül – nem csökkenő tendenciát mutatnak.

A ΣV_{H2} növekedésével az r_{H_2} és az r_{CO} mutat kis és azonos mértékű, ellenkező irányú távolodást, jelezve az $r_{H_2} + r_{CO} = \text{konstans}$ voltát a gyakorlatilag szintén konstans, de kedvezőtlenül r_d mellett.

3.4. A redukciós alternatívák (r_{H_2} , r_{CO} , r_d) teljesítményeinek összehasonlítása és kapcsolatainak értelmezése

A redukciós alternatívák részesedésének összehasonlítását segíti a 7. ábra is, mely a részesedések mértékeinek

területnagyságát foglalja magában. Az ábra egyértelműen mutatja, hogy az r_d által birtokolt részesedési tartomány a ΣV_{H2} függvényében, gyakorlatilag és sajnálatos módon nem mutat csökkenő tendenciát. A H₂-es redukció a korábbi termodinamikai vizsgálatok [2] eredményei szerint sem alkalmas a direkt vas-oxid-redukció közvetlen, részleges kiváltására, de a gázokkal történő redukció részesedésének remélt növekedése révén megjelenő közvetett hatás következtében, a direkt redukció mértékének csökkenése látszott valószínűnek.

Látható, hogy az r_{CO} -részesedés tartománya a ΣV_{H2}-növekedés közvetett hatásaként annak következtében csökken károsan, hogy az ugyanazon hőmérsékletű és térbeli tartományban lejátszódó H₂-es redukció nem a CO-os redukció mellett, nem az indirekt (gázzal lejátszódó) redukció részesedésének növelésével, hanem a CO-os reakció adott mértékű kiváltásával játszódik le.

Ha a növekvő ΣV_{H2} mennyiség redukciós kinetikai képességei teljes mértékben érvényre jutnának és a termodinamikai lehetőség teljes kihasználásával végbe menő H₂-es vas-oxid-redukció H₂O képződményének számottevő része a H₂O + CO = H₂ + CO₂ reakció közreműködésével nagyobb mértékben növelhetné a r_{CO} nagyságát, és ezáltal a r_{H_2} összegét, közvetve hozzájárulna ezzel az r_d részesedés csökkenéséhez. A jobb kinetikai értékekkel rendelkező H₂ támogató közreműködése a CO-os redukcióban, csak a kisebb fajlagos ΣV_{H2}-tartományban jelenik meg. Ebben feltételezhetően a gázkeverékben áramló különböző sebességű CO-, H₂-, CO₂-, és N₂-molekulák gyakori ütközéseinek, valamint az eltérő diffúziós képességek, koncentráció-kiegyenlítését szolgáló hatása jut érvényre.

Összefoglalás

A vizsgálatok eredményei alapján megfogalmazható kiemelkedő megállapítások a következők:

- Az ISD Dunafer Zrt. nagyolvasztóinak vasérclevegőből redukálható fajlagos oxigénmennyisége 392,45 kg/t nrv (5);
- A vizsgálatok során a földgázból származó H₂-mennyiség 21,66–88,96 m³/t nrv (11,11–45,82 m³ földgáz/t nrv), a fúvósél nedvességéből eredő pedig 10,14–32,87 m³/t nrv volt (8). A földgázból származó H₂, 6,5-szer kevesebb disszociációs hő igényel, mint a fúvósélnedvességéből származó (17). A számítások ΣH₂ = 0–103,68 m³ H₂/t nrv. tartományban folytak;
- Elkészült a H₂ kémiai kihasználását meghatározó módszer, amely a nagyolvasztóba vezetett fajlagos H₂-mennyiség függvényében a H₂-mérleg alapján működik, elkerülve a torokgáz nedvességtartalmának származási bizonytalanságát (1);
- A H₂ kémiai kihasználása 33,8–54,9% között változva, de ~ 45 m³/t nrv mennyiséget meghaladó ΣH₂/t nrv. értékeknél már nem növekedett, hanem kis ingadozással, átlagosan (~ 45,85%) konstans maradt (2. ábra);
- A CO kémiai kihasználása – hasonlóan az η_{H2}-höz – 45 m³ H₂/t nrv-nál nagyobb értékeknél már szintén nem növekedett, hanem határozott, konstans (44%) értéket mutatott (2. ábra);
- Az η_{H2} és az η_{CO} között fennálló közvetlen összefüggést a vizsgálatok nem mutattak, arra utalva, hogy a termodi-

namikailag is csekély valószínűségű $\text{H}_2\text{O} + \text{CO} = \text{H}_2 + \text{CO}_2$ reakció nem játszik jelentős szerepet a két redukálógáz hasznosulási mértékének kialakításában (3. ábra);

- Az indirekt redukciós folyamatok kellő mértékű érvényre jutása érdekében szükséges gázpermeabilitás biztosításához a nagyolvasztónak minimálisan $50 \text{ m}^3/\text{t}$ nyv H_2 -nel kellett rendelkeznie (pl. 15 m^3 földgázra volt szükség, $12 \text{ g}/\text{m}^3$ nedvességtartalmú fúvósél esetén). Ennél több H_2 már nem eredményezett a gázkihasználást tovább növelő nagyobb gázpermeabilitást (2. ábra);
- A parciálisan oxidálódó fajlagos C-mennyiség a direkt redukcióban és a nyersvasban szereplő mennyiségek levonása után $240,35\text{--}351,30 \text{ kg}/\text{t}$ nyv között változott (6), a kapcsolódó fúvósél-szükséglettel ($1067,15\text{--}1559,8 \text{ m}^3/\text{t}$ nyv) együtt (7);
- A H_2 részesedésének mértéke a redukciós folyamatban a fajlagos H_2 -mennyiség függvényében és vizsgálati tartományában ($0\text{--}103,68 \text{ m}^3/\text{t}$ nyv), azzal arányos összefüggésben növekedve, $0,5\text{--}9,13\%$ volt (12);
- A CO-os redukcióhoz szükséges redukálógáz forrásai közül a parciális oxidáció $449,8\text{--}656,9 \text{ m}^3/\text{t}$ nyv (13), azaz több CO származik, mint a direkt redukcióból ($228,8\text{--}212,9 \text{ m}^3 \text{ CO}/\text{t}$ nyv) (15), ami összesen $678,6\text{--}869,8 \text{ m}^3/\text{t}$ nyv CO-ot jelentett (16) (4. ábra, 6. ábra);
- A CO-os vas-oxid-redukció részesedése a ΣH_2 függvényében, a H_2 -es redukció növekedését ellenirányban követve, kismértékben $62,19\text{--}50,98\%$ között csökkent (13);
- A C-os, azaz direkt redukció a ΣH_2 növekedésének függvényében – bár észrevehető ingadozással, de – konstans, $34,49\text{--}39,89\%$ -os közreműködésben részesült (4) meghatározott fajlagos C-fogyasztással (5);
- A H_2 -es, ill. a CO-os redukció gyakorlatilag azonos mértékű növekedése, illetve csökkenése – a gyakorlatilag

konstans mértékű direkt redukció mellett az $r_{\text{H}_2} + r_{\text{CO}} =$ konstans érték eredményez (5. ábra). Ebből következik, hogy a H_2 -es redukció sem közvetlenül, sem közvetve nem csökkenti az energetikailag és a közvetlen C-fogyasztás szerint is káros direkt redukció részesedését, hanem az energetikailag kedvező CO-redukció gyakorlatilag azonos mértékét váltja ki, változatlanul hagyva a C-os és a (H_2+CO)-os redukciós teljesítményeket (7. ábra);

- Mindez arra utal, hogy a lejátszódásának csekély termodinamikai esélyével rendelkező $\text{H}_2\text{O} + \text{CO} = \text{H}_2 + \text{CO}_2$ reakciónak nincs számottevő szerepe a H_2 -es vagy a CO-os redukció hatékonyságainak módosításában;
- A H_2 -nek $\sim 50 \text{ m}^3/\text{t}$ nyv mennyiség (pl. 12 m^3 földgáz/ t nyv és $12,5 \text{ g}$ H_2O a fúvósélben) felett már nincs redukcióintenzitás szempontból a CO-nál kedvezőbb hatása. Előnye a kiváltott CO-dal csökkenő fajlagos C-hoz tartozó CO_2 -emissziójának elmaradásából fakad.

Irodalom

- [1] Farkas Ottó: Nyersvasmetallurgia. Tankönyvkiadó, Budapest, 1989.
- [2] Farkas Ottó, Farkasné Mayr Klára: A nyersvasmetallurgia energetikai és ökológiai vonatkozásai, Digitális jegyzet, Miskolci Egyetem, 2013.
- [3] Farkas Ottó, Farkasné Mayr Klára, Harcsik Béla: A kokszkemencegáz nagyolvasztókoksztot részlegesen helyettesítő képessége. Bányászati és Kohászati Lapok, Kohászat, 2018. 5–6. pp. 1–6.
- [4] Farkas Ottó, Farkasné Mayr Klára, Harcsik Béla: A koksztot részben helyettesítő gázok hatása a nagyolvasztók konkrét CO_2 -emissziójára, Bányászati és Kohászati Lapok, Kohászat, 2019. 3. pp. 1–5.

KONDÁS BÉLA

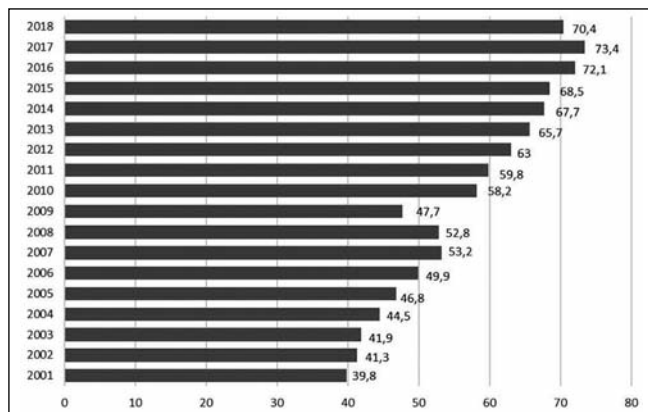
Autóipari hatások a hengerelt acéltermékek európai kínálatára

A cikk az elérhető szakirodalmi források, valamint a szerző autóipari beszállításban szerzett szűk másfél évtizedes tapasztalata alapján kíván áttekintést nyújtani arról, hogy az elmúlt években hogyan bővült az európai hengerelt acélok termékínálata az autóiparban végbement változások hatására. Az elemzés csoportokba foglalva ismerteti az új terméktípusokat, melyeket a szerző példákkal illusztrál.

1. Bevezetés

A gépjármű- és gépjárműalkatrész-gyártást az uniós gazdaság húzóágazataként szokás emlegetni, amely közvetlen hatást gyakorol számos további iparágra. Az elmúlt években sokat lehetett hallani az autóipar robbanásszerű fejlődéséről, amit a magas vevői igények, valamint az egyre szigorodó törvényi előírások kielégítésére irányuló nagyszámú innovatív technológiai megoldás alkalmazásának köszönhetünk. A 2020. évben sokak szerint végérvénye-

Kondás Béla 1999-ben szerzett gépész-, majd 2002-ben kohómérnöki oklevelet a Miskolci Egyetemen. 2009-től a thyssenkrupp Materials Hungary Zrt. (ex-Ferroglobus) minőségügyi vezetője. Kutatási területé az autóiparba beszállítást végző magyarországi kis- és középvállalatok kohászati kész- és félkész termék felhasználásának problémái és azok megoldásai.



■ 1. kép. Személygépjárművek világtermelési adatai millióban kifejezve. [18] alapján saját szerkesztés

sen egy új korszak köszöntött be az európai autógyártásba az elektromos- és önvezető autók előretörésével. A robbanómotorok piacán tapasztalható visszaesés miatt sokan már a vészharangot kongatják, többek között az acéiparban is. Az európai autógyártásban hagyományosan erős kutató-fejlesztő munka fókuszába minden eddigiektől intenzívebb módon az elektromobilitás, valamint az alternatív üzemanyag hajtású motorok fejlesztése került. Azt, hogy a jelenlegi projektek milyen eredményt hoznak, most még nem lehet megjósolni. E válaszütként kikiáltott ponton azonban érdemes visszatekinteni arra, hogy az autóiparban az elmúlt évtizedekben végbemenő fejlesztések hogyan bővítették a hengerelt acéltermékek kínálatát.

2. Új termékek bemutatása

Az európai kínálatban az elmúlt évtizedekben újonnan megjelent hengereltacél-termékeket három csoportban kívánom bemutatni.

2.1. A feldolgozóipar folyamatoptimalizálása által indukált új termékek

A személygépjárművek gyártásának világadatai a 2008-

ban bekövetkező pénzügyi válság hatásától eltekintve egészen 2017. évig folyamatos emelkedést mutattak (1. kép).

Az egyre növekvő darabszámok miatt az előállítási láncban résztvevő cégekre hallatlan nyomás nehezedett. Az alkatrészszállítók rendkívül feszített tempójú gyártást valósítottak meg ráadásul a végterméket Just in Time (éppen időben, éppen a szükséges mennyiséget) esetenként Just in Sequence (éppen szükséges mennyiséget, meghatározott sorrendben) rendszerben szállították vevőiknek. E miatt az autóiparban tevékenykedő cégek mindig is érzékenyen reagáltak a vásárolt termékek beszállításában mutatkozó fennakadásokra. A megrendelők célja tehát, a megállapodott mennyiségű terméket (esetenként többet is), határidőre, megfelelő minőségben megkapni. A megfelelő minőség azonban ma már nem csak azt jelenti, hogy a konstruktor által előírt acél anyagminősége a megállapodott előírásoknak (pl.: szabvány) megfeleljen. Már a beszállítói lánc legelején helyet foglaló fémmezmunkáló cégek is olyan hengerelt termékeket igényelnek, amelyeket a legkisebb ciklusidővel, a legkisebb mértékű szerszámkopással, a lehető legkisebb selejtképződéssel tudnak feldolgozni. Fontos elvárás részükről, hogy az alkatrészgyártás az alapanyag által okozott fennakadásoktól közel mentesen, az automata mezmunkáló gépek paramétereinek gyakori korrekciója nélkül történhessen. Ezen igények kielégítése egyszerű szabványos féltermékből gyakran nem lehetséges, hiszen a szabványalkotók a gazdaságos gyártást szem előtt tartva széles felhasználhatósági spektrumú anyagok szállítási feltételeit határozzák meg a nemzeti/nemzetközi szabványokban. Ennek megfelelően a termékjellemzők megengedett határértékei viszonylag széles mezőbe esnek. Ezt a problematikát felismerve több európai acélgyártó kísérletekbe kezdett, melyek eredményeképpen a különböző feldolgozási eljárásokra különösen alkalmas acélminőségeket fejlesztettek ki, saját márkás termékként forgalomba hozva őket. E termékek majdnem mindig már ismert szabványos acélminőségek tovább fejlesztett változatai, ahol a gyártó a hengerelt acéltermék jellemzőinek finomhangolásával éri el azt, hogy a féltermék költséghatékony módon feldolgozható legyen egy adott eljárással. A

Márkanév	Gyártó	Előnye a hasonló felhasználású szabványos anyaggal szemben	Specialitás
FREEFORM® 1500 H2	ArcelorMittal	Könnyű zömíthetőség	Sajátos kémiai összetétel
BAINIDUR® 1300	Deutsche Edelstahl Werke	Kiváló kovácsolhatóság, elhanyagolható vetemedés	Különleges kémiai összetétel által elért tökéletesebb bainit struktúra
M-STEEL®	Ovako	Jó forgácsolhatóság, csökkentett átfutási idő a mezmunkálás során	Csökkentett nem fémes zárvány-tartalom
PRETEX®	Salzgitter	Kiváló lemezalakíthatóság és lakkozhatóság	Speciális felületi textúra
DOMEX®	SSAB	Könnyebb hidegalakíthatóság és hegeszthetőség	A szabványos rokon anyagminőségénél szűkebb kémiai összetétel, szigorított vastagság és síklapúsági tűrés
ISOCEM®	Sidenor	Kiváló edzhetőség és pontos alaktartósság hőkezelés után	Egyenletes, homogén szövetszerkezet
SharpCut®	US Steel	Kiváló lézervághatóság	Optimalizált kémiai összetétel, csökkentett belső feszültség és szigorított síklapúság

■ 2. kép. Néhány, az európai piacon elérhető márkaneves termék a legjellemzőbb feldolgozási formákra. [11]–[17] alapján saját szerkesztés

finomhangolás lehet a nemzeti vagy nemzetközi szabványban is megkövetelt termékjellemző tűrésének csökkentése, de éppúgy lehet olyan új specifikáció megfogalmazása is, amely a megcélzott eljárási móddal optimálisabb feldolgozhatóságot segít elő. Az így keletkező új termék szállítási feltételeit (köztük terméktulajdonságokat, csomagolási módokat, esetenként a feldolgozhatóság körülményeit) a gyártók legtöbbször saját készítésű termékkatalógusokban, illetve terméklapokon rögzítik. A márkanéves termékek kínálata a mai acélpiacon hatalmas, ezért teljes bemutatásuk messze meghaladja e cikk lehetőségeit. A téma szemléltetésére azonban készítettem egy rövid összefoglaló táblázatot az európai piacon elérhető márkanéves termékekből, melyet a 2. kép mutat. A gyártók és azok termékeinek szűrőpróbaszerű kiválasztását [1] alapján végeztem.

2.2. A növekvő komplexitású alkatrészfunkciók által generált új termékek

Az autókba beépülő modulok manapság rendkívül bonyolult funkciókat látnak el. Ezek gyakran sok-sok kisebb előszerelt egységből, azok pedig számos egyszerű alkatrész-ből állnak. Ma már az autóiari felhasználású hengerelt-acél-termékeknek is rendkívül összetett követelményeknek kell megfelelniük. Egyre ritkábban fordul elő, hogy ezen követelményeket a járatos, szabványos acéltermékek kielégítik. A konstruktor anyagválasztását rendkívül sok tényező befolyásolja, amelyek közül a legfontosabbak az alábbiak:

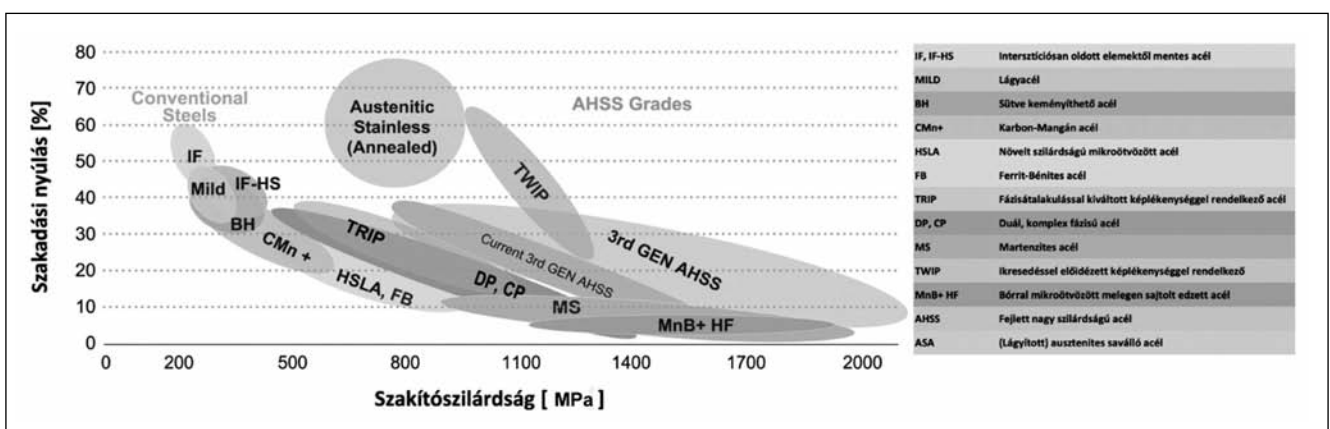
- az érvényben lévő jogszabályok;
- a tervezett alkatrész költséghatárai;
- a tervezett alkatrész funkciója;
- a tervezett alkatrész gyárthatósága [2].

A fenti tényezők figyelembevételével mellett határozza meg az alkatrészt tervező mérnök az alapanyaggal szemben támasztott követelményeket. Amennyiben azt az alkatrész funkció és/vagy annak gyárthatósága megkívánja, a hengerelt termék szabványában foglalt követelmények rendszerét tovább bővítik, vagy úgy, hogy a termékjellemzőikére vonatkozóan szűkebb határértékeket fogalmazzanak meg (pl. szűkített mérettűrés vagy kémiai összetétel), vagy úgy, hogy további követelmény(ek) teljesítését írják elő. Amennyiben az így megfogalmazott előírások száma meghalad egy kezelhető mennyiséget, úgy a megrendelők kö-

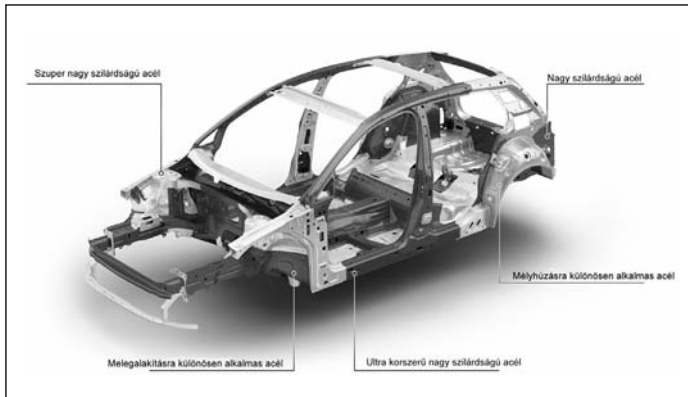
vetelményfüzetet vagy vállalati szabványt fogalmazzanak meg. Szélsőséges esetben az is előfordulhat, hogy egy teljesen új anyagminőség jön létre így, de nem ez a jellemző. Általában itt is igaz az első csoportnál tett megállapítás, miszerint e termékek majdnem mindig ismert szabványos acélminőségek, amelyekre a követelményfüzetben vagy a vállalati szabványban hivatkoznak is. Ha az alkatrész funkciója alapján meghatározott féltermék jellemzőinek kialakítása szoros összefüggésben van a hengerelt termék egy adott gyártástechnológiájával vagy annak gyártó vertikumával, akkor az is előfordul, hogy a megrendelők követelményeikben előírják a gyártás útvonalát vagy a termékátvitel módját (pl. elsőmintázás). A fent leírt eljárások nem újak a piacon, hiszen az említett eszközöket évtizedekkel ezelőtt is alkalmazták, nem csak az autóiari megrendelők. A mai piacon, elsősorban az autóiari megrendelések esetében, a vállalati szabványok által körülírt termékek részaránya extrém módon megnövekedett. Ennek hátterében az áll, hogy az alkatrésztervezés során az alapanyagokat a tervezőmérnökök sokkal célirányosabban, funkcióspecifikusabban választják ki, mint korábban. Ezt a megállapítást az is alátámasztja, hogy az autóiari által egy adott alkatrész előállítására jóváhagyott és a szériagyártásban alkalmazott anyagminőségek, pl. hirtelen fellépő készlethiány vagy minőségi hiba esetén szükségessé váló, helyettesíthetőségének lehetősége az utóbbi években nagyon lecsökkent.

2.3. A gépjárművek tömegének csökkentési szándéka által gerjesztett új termékek

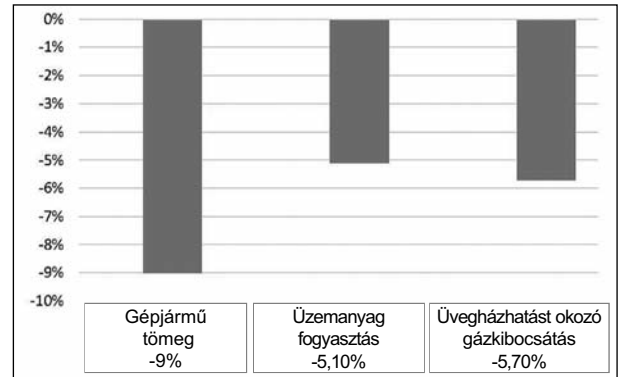
Az elmúlt évtizedekben létrejött technológiai fejlesztéseknek hála az emberek egyre hosszabb utakat, egyre kényelmesebb, gyorsabb és biztonságosabb autókkal tudnak megtenni. A beépített kényelmi eszközök exponenciális növekedésének szükségszerű velejárója volt a gépjárművek önsúlyának emelkedése is. Ennek az emelkedő tendenciának az egyre szigorodó károsanyag-kibocsátási előírások vetettek véget. Az európai autógyárak a követő modellek önsúlyát igyekeztek a kifutó modelleké alá szorítani. Az 1990-es és 2010-es időszak alatt a járművek átlagos tömege 10%-kal csökkent [3]. A kényelmi és biztonsági eszközök csökkentésére természetesen nem volt mód (sőt!), ezért a teljes gépjármű önsúlyát csak úgy volt lehet-



3. kép. Nagy szilárdságú acélok egyes típusainak ábrázolása a nyúlás és a szakítószilárdság függvényében. (Forrás: Magyar Acél [6])



■ 4. kép. A VW Golf VIII karosszériánál alkalmazott acéltípusok. (Forrás: VW Newsroom [19])



■ 5. kép. Az AHSS acélok alkalmazásának előnyei a konvencionális acélokkal szemben. (Forrás: World Steel Association [21] alapján saját szerkesztés)

séges redukálni, ha az egyes alkatrészeket fogják diétára. Ezt három dolog tette lehetővé:

- Új, korábban az autógyártásban nem, vagy csak csekély mértékben használt anyagok alkalmazása, pl: alumínium, szálerősítéssel kompozitok stb. [4].
- Teljesen új acéltípusok/acélminőségek kifejlesztése, elsősorban a karosszériaelemek gyártásához [5].
- Egyre fejlődő számítástechnikai eszközök alkalmazása, amelyek segítségével a korábbiaknál sokkal pontosabb alapanyag-feldolgozási és alkatrészfunkció szimulációkat tudtak végezni, ezáltal pedig az alkatrészméretezések is precízebbé váltak [4].

E három pillérré támaszkodva kezdett el terjedni az ún. könnyített konstrukció vagy kis tömegű tervezés elve (németül: Leichtbaukonzept, angolul: Light weight construction) [4]. A kilencvenes években a nagy autógyárak a legjelentősebb acélipari cégekkel az addigiaknál sokkal szorosabb együttműködésbe kezdtek. 35 acélipari vállalat részvételével megalakult az Ultra Light Steel Auto Body konzorcium [6]. Az autógyártókkal végzett közös munkájuk eredményeképpen születtek meg az ún. fejlett nagy szilárdságú AHSS (Advanced High Strength Steel) acélok. Ezek közé tartoznak a ferrit-bainites (FB), a kettős fázisú (DP), a komplex fázisú (CP), a martenzites (MS), a melegen sajtolt (HF) és a fázis átalakulással (TRIP), valamint ikerképződéssel (TWIP) indukált képlékenységgel acélok [7], (3. kép).

A kifejlesztett anyagok jelentős része mára már szabványos (pl: VDA 239-100) acélminőségeknek számítanak, és felhasználásuk a járműgyártás területén folyamatosan nő [6]. A nagy szilárdságú acélok legújabb generációihoz az extra korszerű nagy szilárdságú (X-AHSS), az ultra korszerű nagy szilárdságú (U-AHSS) és a szuper nagy szilárdságú (SHSS) acélok tartoznak. Az elmúlt évtizedekben kifejlesztett AHSS acélminőségek közös tulajdonsága, hogy az egyre növekvő szakítószilárdsági értékek mellett is jól alakíthatók maradnak, így ezen anyagok alkalmazásának köszönhetően lehetővé vált a gépjármű karosszériaelemek tömegének folyamatos csökkentése az évek folyamán [5] (4. kép).

A nagy szilárdságú acélok folyamatos

fejlesztésével az acélipar aktívan hozzájárul környezetünk megóvásához is, mivel e termékek előállítása és felhasználása során a teljes életciklusra vetített üvegházhatást okozó gázok kibocsátása is csökkenő tendenciát mutat (5. kép).

A karosszériaelemek alapanyagainak kutatásai során nemcsak új acélminőségek, de ismert terméktípusok fejlesztései is új lendületet vettek. A platírozott termékek lényege, hogy egy alapfémre egyik vagy mindkét oldaláról borítóréteget hengerelnek hegedési hőmérsékleten. Ezen termékek alkalmazását akkor választják a konstruktőrök, ha egy anyag egyedül nem képes kielégíteni a vele szemben támasztott komplex követelményrendszert. Ekkor több anyag előnyös tulajdonságát kísérik meg egyesíteni [8]. A platírozással kombinálható rétegek tárháza elég széles abból a szempontból, hogy fémet fémmel, esetleg fémet műanyaggal egyesítenek. Jelenleg a piacon legnagyobb számban a vegyi, olajipari és élelmiszeripari felhasználású szénacél–rozsdamentes acél kombinációk vannak jelen különféle gyártmányok formájában, úgy mint lemez, vagy éppen hegesztett cső. De az autóiparban is már régóta nagy népszerűségnek örvendenek a platírozott termékek, melyeket különféle takarólemezek (acél–alumínium), vagy éppen olajhűtő (acél–réz) alkatrészek alapanyagaként állítanak elő [9]. A thyssenkrupp Steel Europe egyik legújabb fejlesztése nyomán most a karosszériaelemek gyártásában kaphatnak egyre hangsúlyosabb szerepet az acél–acél kombinációk.

A cég TriBond márkanévre keresztelt terméke esetében három réteget helyeznek egymásra a bramma előkészítés során. A meleghegerlés alkalmával a rétegek között diffúzióra kerül sor, így az egymás felett elhelyezkedő anyagokból egy egységes termék keletkezik. Az összehengerléssel keletkező „szendvics” szerkezet magját egy nagy szilárdságú acéllemez adja, míg az alsó és felső borítóréteg jól alakítható acél, ezáltal a termék a hasonló alkalmazású szabványos acélokkal nagyságrendileg megegyező szilárdsági mutatókkal bír, azonban jóval nagyobb alakváltozást tud elviselni a feldolgozás során (6. kép) [8].



■ 6. kép. A thyssenkrupp által kifejlesztett TriBond anyag keresztmetszete. (Forrás: thyssenkrupp [20])

Összefoglalás

Amint az a leírtakból kitűnik, az autóipar mellett az acéliparban is komoly kutatómunka folyt az elmúlt évtizedekben. Ennek eredményeképpen a ma használt autóiipari acélminőségek mintegy fele az elmúlt tíz éven belül jelent meg a piacon [10]. A fejlesztőmunka napjainkban is nagy intenzitással zajlik, azzal a céllal, hogy a jövő autóinak is a legfontosabb alkotóeleme az acél legyen!

Irodalom

- [1] *Mark Owen*: 2019, Iron & Steel Works of the World. 26th Edition, Fastmarkets, ISBN 978-1-910681-50-3
- [2] *Martin Reuter*: 2014: Methodik der Werkstoffauswahl. Carl Hanser Fachbuchverlag, Leipzig 16–73.
- [3] *G. Tyler Miller, Scott E. Spoolma*: 2011 Living in the Environmental. Cengage Learning, pp 396.
- [4] *Waldemar Michel*: 2018, Leichtbaukonzepte im Automobilbau. Habilitationsschrift, ISBN 396116326X, 9783961163267 29–38.
- [5] *Prof. dr Tisza M.*: Järműipari acélfejlesztések. GÉP, LXIII. évf. 2012.
- [6] *Portás Attila*, (2019): Acél (R)evolúció II. rész. Magyar acél, III. évf. 1. szám
- [7] World Auto Steel homepage. Contact: <https://www.worldautosteel.org/steel-basics/automotive-steel-definitions/>

- <https://www.worldautosteel.org/steel-basics/automotive-steel-definitions/> Letöltés:2020.01.09.
- [8] *Christiane Hoch-Baumann*, (2014): Aller guten Dinge sind drei. Compact Steel, 2014 [3]
- [9] *Dr. rer. nat. Matthias Köhler* (2006): Merkblatt 383 Plattiertes Stahlblech [Brosúra]. Stahl-Informations-Zentrum, Düsseldorf. 7.
- [10] *Szilágyi Irén* (2018): 10 érdekesség az acélról. Magyar acél, II. évf. 2. szám
- [11] Deutsche Edelstahlwerke: Bainidur 1300 [Brosúra] 2018-001
- [12] *Ovako*: Machine less, Manufacture more, M-Steel [Brosúra] 2019, CO-80GB 19-09
- [13] *Arcelor Mittal*: Bars and rods [Brosúra] 2018
- [14] *Salzgitter Flachstahl*: Pretex Oberflächenstruktur [Brosúra], SZFG 0529 D/E/F 09.02
- [15] SSAB: DOMEX Optimized for you and structures [Brosúra] 2019, 886 EN V2 2019
- [16] Sidenor: ISOCEM [Brosúra]
- [17] US Steel: SharpCut, Steel for laser cutting [Brosúra]
- [18] Statista homepage, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/151749/umfrage/entwicklung-der-weltweitenautomobilproduktion/> Letöltés: 2020.01.12
- [19] VW media center, Contact: <https://www.volkswagennewsroom.com/en/images/albums/the-new-golf-2751> Letöltés: 2020.01.08
- [20] thyssenkrupp homepage, Contact: <https://picturepool.thyssenkrupp.info/?c=34194> Letöltés: 2020.01.08.
- [21] World steel homepage, <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:f21f1434-7ae3-4f75-97608f3bd7716c36/LCA+poster>, Letöltés: 2020.01.21.

Az acélipar fiatal, innovatív mérnökeit díjazták Tehetség, szaktudás, kreativitás

A Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés a tavalyi évben – hagyományteremtő szándékkal – pályázatot hirdetett az Acélipar Fial Innovatív Mérnöke Díj elnyerésére „Fajlagos energiafelhasználás-csökkentés az acélkohászat metallurgiai és továbbfeldolgozó fázisaiban, a fenntarthatóság szolgálatában” címmel.

A pályázat fő célja az volt, hogy a tagvállalatoknál dolgozó fiatal mérnököket innovatív műszaki megoldások kidolgozására ösztönözze. A beérkezett, értékes pályaműveket az MVAE szakmai bizottsága előre meghatározott szempontrendszer szerint értékelte. A díjak átadására 2019. december 18-án, az MVAE évzáró rendezvényén került sor.

Első helyezést ért el a pályázaton *dr. Mucsi András*, az ISD DUNAFERR Zrt. K+F szakértője „A mesterséges intelligencia alkalmazási lehetősége a leégési veszteség csökkentése és a revésség szempontjából optimális előmelegítés biztosítása érdekében az ISD DUNAFERR Zrt. Meleghengerművében” című dolgozatával. A díj II. fokozatában részesült *Angeli Tamás*, az ISD DUNAFERR Zrt. Lemezalakítóművének művezetője „A Kagerer (LT 1250/100 típusú) hasítótermelékenységének és energiahatékonyságának növelése” című pályamunkájával. A díj III. fokozatát megosztva ítélte oda a szakmai zsűri. A III. helyezettek egyike lett *Fóty Nikolett*, az ISD Koksoló Kft. környezetirányítási munkatársa, „Folyamatszimulátorok

alkalmazása az acéliparban” című pályamunkájával. Szintén a díj III. fokozatában részesült *Nagy Balázs*, az ISD DUNAFERR Zrt. Hideghengermű villamos üzemének üzemviteli mérnöke „Világítási rendszer korszerűsítése PV rendszer kiépítésével” című pályamunkájáért.

Szilágyi Irén



■ Nagy Balázs, Fóty Nikolett, Portás Attila, az MVAE technológiai és kutatási igazgatóhelyettese, Angeli Tamás és dr. Mucsi András a díjátadón

NYESTE VIKTOR

Klímakompresszor nyomásos öntvények gyártásának fejlesztése*

A Hanon Systems történetének és tevékenységének bemutatása. A székesfehérvári üzemben történő öntvény- és folyamatfejlesztések ismertetése. Gyártásban lévő kompresszorok bemutatása, azok követelményeinek meghatározása a kompresszor öntvényházak nyomástömörégi követelményeinek pontosabb megértése érdekében. Az alkalmazott nyomásos öntvény fejlesztési folyamatainak feldolgozása, kezdve a prototípus építésétől az öntvény beszállítóinál történő folyamatfejlesztésekig. A nyomásos öntvényekben kialakuló inhomogenitások és az impregnálás bemutatása.

Bevezetés

A Hanon Systems Hungary története 1991-ben kezdődik, mint Ford üzem. Azóta jelentős átalakulások, változások után a gyár a mai tevékenysége személyautók hűtőrendszereinek tervezése és gyártása szerte a világban. A székesfehérvári üzemben a légkondicionáló kompresszorok mellett egyéb, a rendszerhez kapcsolódó termékek gyártása is folyik. A területekhez tartozó tervezőcsapat egyik feladata a légkondicionáló kompresszorok alumínium öntvényházaiknak a tervezése. A kompresszoröntvényház funkcionális tervezése és autógyárakkal történő egyeztetése mellett a beszállítókkal való egyeztetés is beletartozik a feladatkörükbe. Az elkészült öntvények megmunkálása, összeszerelése és tesztelése a székesfehérvári üzemben történik.

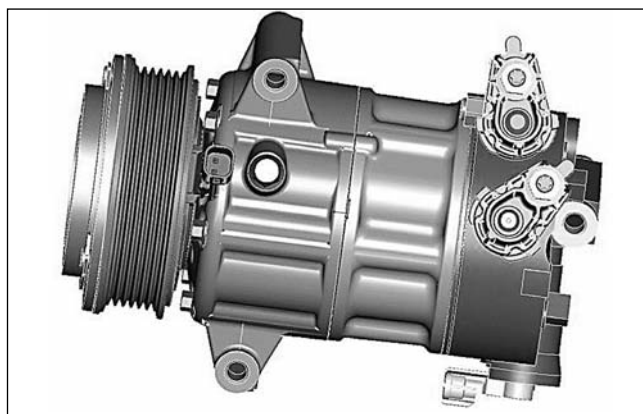
A Hanon Systems által gyártott klímakompresszor-típusok, hűtőközegek

A klímarendszer egyik meghatározó eleme a kompresszor. A különböző igényeknek megfelelően, a teljesség igénye nélkül a kompresszor lehet állandó vagy változtatható szállítású, elektromos vagy mechanikus meghajtású.

A székesfehérvári üzemben jellemzően a mechanikus, változtatható szállítású kompresszorok gyártása történik belső égésű motorokhoz. A felhasznált hűtőközegek szem-

Nyeste Viktor 1999-ben szerzett gépészmérnöki – gyártási rendszerek – diplomát a Széchenyi István Főiskolán, majd 2010-ben öntészet szakirányos MSc kohómérnök oklevelet a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. 2001 őszétől a Hanon Systems Hungary székesfehérvári üzemében dolgozik, 2004-ben került a klímakompresszor termékfejlesztő csapatába, ahol a kompresszorok nyomásos öntvényei tartoznak hozzá. 2015 őszétől mint nyomásos öntészeti szakértő segíti az öntvények fejlesztését és minőségi problémáinak megoldását a Hanon Systems európai üzemében.

* A 25. Magyar Öntőnapokon legjobb előadói díjat kapott előadás szerkesztett változata.



1. ábra. Székesfehérváron gyártott változtatható szállítású kompresszor 3D modellje

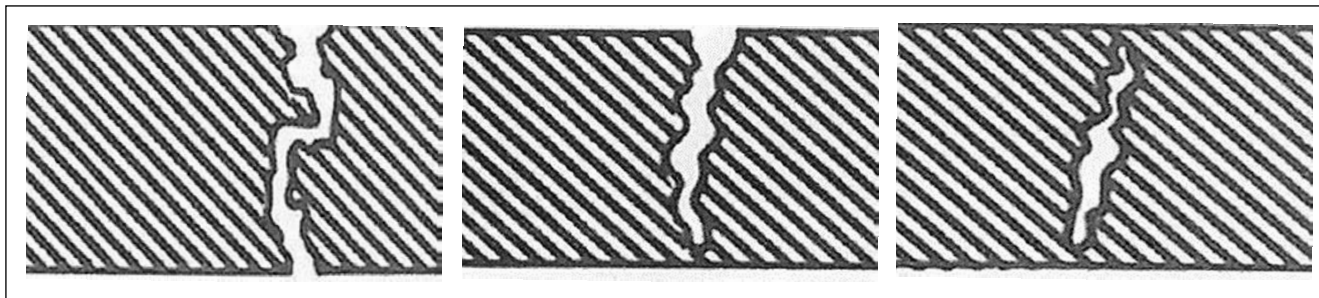
pontjából is tudunk különbséget tenni, az YF1234 típusú gázt pár éve az R134a típusú hűtőközeg váltotta le, ugyanis ennek kisebb az üvegházhatása. Az alternatív hűtőközeg lehet az R744, azaz szén-dioxiddal működtetett klímarendszer.

Az elektromos autózás térhódítása mellett továbbra is megvan a normál belső égésű motorokhoz használt kompresszorokra az igény, a magyarországi üzem teljes kapacitását az ilyen kompresszorok gyártása teszi ki.

Változtatható szállítású kompresszor gyártása belső égésű motorokhoz

A kompresszor három, nyomásos öntéssel előállított alumínium alkatrészből áll (1. ábra). Az öntvények megmunkálása a Hanon üzemében történik Európában.

A megmunkálás után impregnálással javítjuk a nyomástömörséget. Az öntvény minőségétől függően az impregnálás történhet egyszer vagy kétszer. A mosás és vákuumos szárítás után a nedvességmentes, tiszta öntvényeket vákuumkamrába helyezünk, ahol az elvárt vákuumérték (10-20 mbar) elérése után a kamrát folyékony gyantával árasztjuk



■ 2. ábra. Impregnálás szempontjából eltérő porozitástípusok: átmenő, nyitott és zárt

el. A kialakuló nyomáskülönbségek hatására a gyanta bekerül a nyitott porozitásokba (2. ábra). Ezt követően az öntvények hideg mosása következik, az öntvény felületéről a gyantát el kell távolítani. Ezt egy forró vízzel történő mosás követi, ahol a gyanta azonnal elkezd térhálósodni a nagyobb hőmérséklet következtében, és eléri végső térhálósodott formáját (3. ábra).

A beszállítóknál történt jelentős fejlesztési munkálatoknak köszönhetően, az impregnálást bizonyos termék esetén sikerült teljes mértékben elhagynunk.

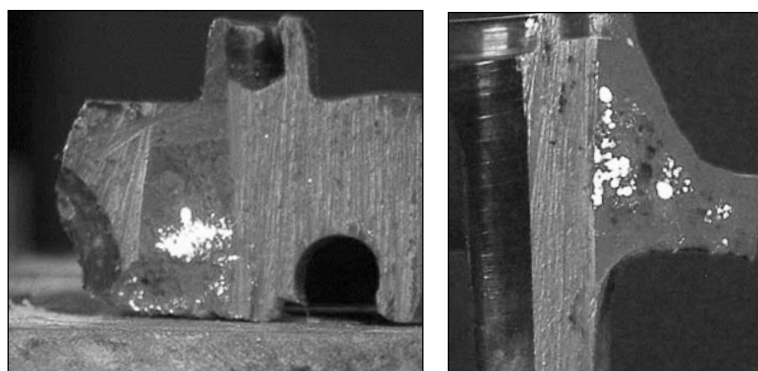
Összeszerelés után 100%-ban teszteljük a kompresszorok szivárgását. A szivárgásteszt jellemzően héliummal történik 16-18 bar töltőnyomással. Nem hagyhatja el az üzemeltető, hogy nem felelt volna meg szivárgási előírásoknak.

Az öntvény végleges minősítése a Hanon üzemében történik, ezért az öntvény geometriája, a gyártási módja, a gyártási folyamat adott termékhez a legjobban a felhasználó által optimalizálható.

Belső eljárásaként különböző vizsgálati módszereket dolgoztunk ki, ilyenek a röntgenes minősítés, vagy manapság egyre gyakrabban elérhető ipari CT (Computer Tomography) használata. A roncsolásmentes minősítés mellett próbamegmunkálás, szivárgástesztelés és a kritikus keresztmetszetek darabolással történő ellenőrzése is előírás-ként szerepel az öntvény specifikációjában.

Jellemző öntvényhibák a klímakompresszorok öntvényeiben

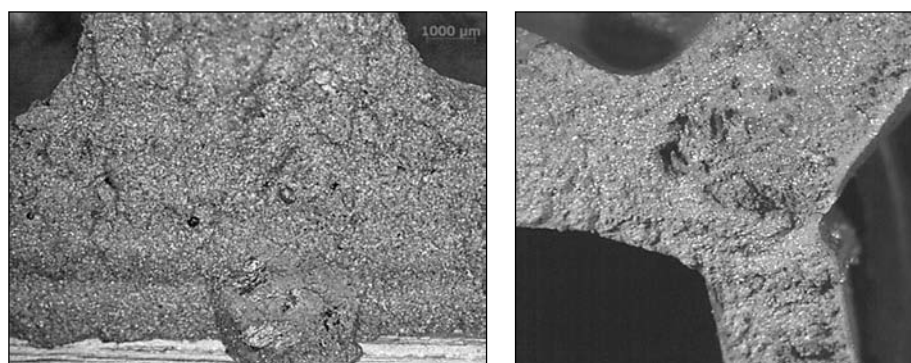
Legnagyobb gondot a különböző falvastagságú részek eltérő dermedési idejéből származó zsugorodási porozitá-



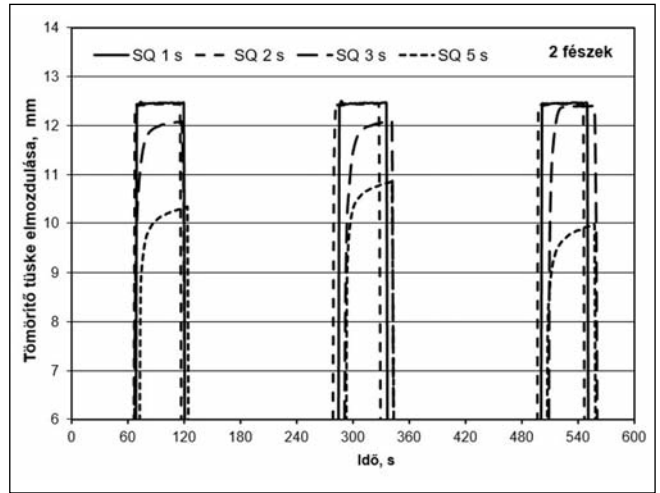
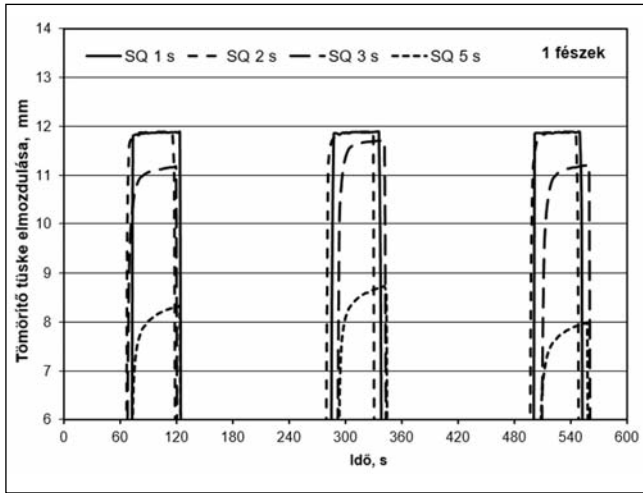
■ 3. ábra. Öntvény UV fényel megvilágított törete, a gyanta fehéren világít

sok, lunkerek okozzák. A lunkerekkel együtt a levegőbezáródás okozta gázporozitások is megjelennek. Mivel a gázporozitás üregei többnyire gömb alakúak és nem képeznek kapcsolatot egymással, a jelenlétük a szivárgásra nincs negatív hatással. A gondot a barlangszerűen összekapcsolódó zsugorodási porozitási üregek okozzák (4. ábra).

Az átlagosnál nagyobb falvastagság és az adott helyen jelentős megmunkálás esetén tömörítő tűske (squeeze pin) alkalmazásával próbáljuk a megfelelő nyomástömörtséget elérni. Fontos paraméter a tömörítő tűske működtetésénél, hogy mikor és milyen úthosszon működtetjük a csapot. A zsugorodás a helyi szilárfázis-arányhoz igazodik, ezért a formatöltés után se a korán, se a későn indított tömörítés nem jó. Mivel az adott öntvényrész hőmérséklet-viszonyainak a mérése nem, vagy csak nagyon nehezen kivitelezhető, ezért a tömörítő tűske elmozdulása és a tömörítés közben fellépő erők arányából tudunk következtetni a megfelelő időben történő működtetéséről. Az utántömörítés hatásossága a hőmérséklet-viszonyok mellett a szerszám állapotától függően is változik, ezért előfordulhat, hogy a tömörítő tűske nem tér vissza a kiindulási pozíciójába, megszorul. A tömörítő tűske működésének valós idejű mérési módszerét dr. Lukács Sándorral együtt valósítottuk meg egy átalakított hidraulikus munkahengerrel [1]. A különböző késleltetési idővel (különböző szilárfázis-aránynál) indított tömörítő-tűske-elmozdulás mérési eredményei és az utántömörített öntvényrészek törési felülete az 5–6. ábrákon látható. Megfigyelhető a tűske eltérő elmozdulása az 1 s,



■ 4. ábra. Klímakompresszorokban jellemzően előforduló inhomogenitások



■ 5. ábra. A tömörítő túske elmozdulása különböző késleltetések esetében [2]

illetve 5 s késleltetési idő esetén. A szerszámban lévő két fészek között is látunk eltérést, ami az eltérő hőmérsékletviszonyokra enged következtetni.

Öntvénygeometria optimalizálási fejlesztések

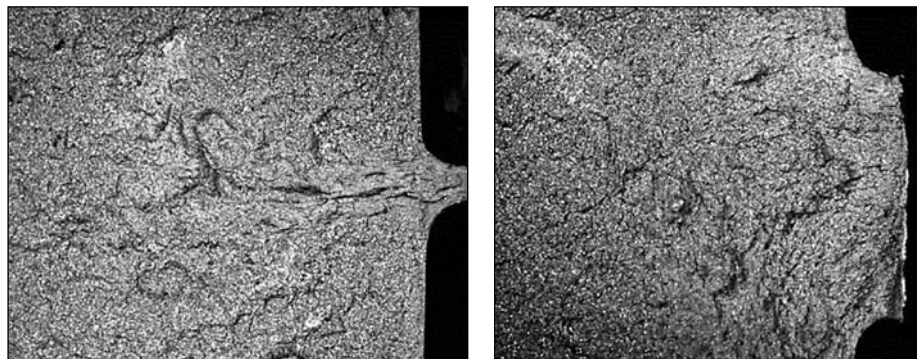
Prototípus építés

2008-ban kezdődhetett meg a valódi öntvényfejlesztési folyamat a székesfehérvári üzemben. Az új programok esetén prototípusokat is elő kell állítanunk. Ezek történhetnek különböző kézi formázási eljárásokkal, illetve kokilla szerszámmal vagy nyomásos öntéssel.

A 3D nyomtatás fejlődésével igény esetén az elérhető technológiák alkalmazása is megvalósul (7. ábra).

Technológia-, szerszám- és folyamatfejlesztés

A beszállítóinkkal, mint partnereinkkel történő folyamatos és szoros együttműködés eredménye például, hogy 2014-ben beépítésre került egy meglévő gyártóeszközbe egy SLS (Selective Laser Sintering) fémnyomtatással előállí-

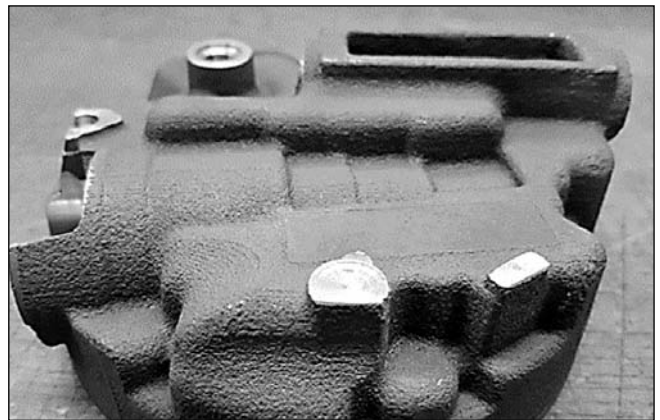
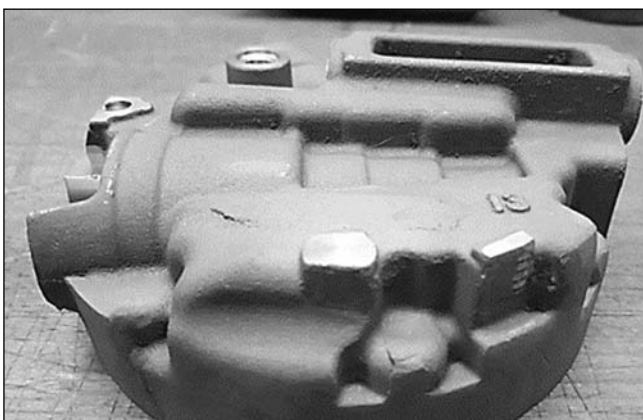


■ 6. ábra. A tömörített térfogat törési felülete 1 s és 5 s késleltetési idő esetén

tott, kontúrközeli hűtőcsatornával kialakított csap. Célunk volt az öntvény minőségének javítása (8. ábra).

Az elvárt selejtszázalék (szivárgásmentesség) teljesítése érdekében nagyon fontos, hogy az öntvény kialakítása támogassa a nyomástömörtség eléréséhez szükséges, elvárt geometriát a gazdaságossági kihívások (fészekszám) figyelembevételével.

Az egyik ilyen fontos fejlesztési folyamat a kompresszorok felfogató füleinek az optimalizálása volt. A kiinduló hibát minden esetben a zsugorodási porozitások okozták. Optimális esetben a megmunkálás minimalizálásával különböző geometriai módosítások nélkül megoldható lett volna



■ 7. ábra. Kézi homokformázással és 3D nyomtatással készített, homokformába öntött klímakompresszor öntvényház

a szivárgási hiba megszüntetése, valamint előöntött furatokat alkalmazunk a kritikus területeken, és nem munkálunk bele a kialakult hibahelybe. Az elvart fészekszám miatt nem mindenütt tudunk furatképző csapokat elhelyezni a szerszámban, ami indokolta a geometria alapos felülvizsgálatát. A változtatás célja az anyaghalmozódási helyek elkerülése, zsugorodási porozitási üregek kialakulásának csökkentése. A tervezett módosítások ebbe az irányba indultak el (9. ábra).

A legfontosabb kihívás az volt, hogy a geometria megfeleljen az elvart egyenletes falvastagság alapszabályának, miközben a kompresszor funkciójának a teljesítését (mechanikai terhelések, zaj és vibráció) tekintve nem lehetett rosszabb. Pontos vevői előírások, specifikációk hiányában magunknak kellett kidolgozni és minősíteni az egyes változatokat.

Az első és legfontosabb, hogy a módosított geometria okoz-e bármilyen beszerelési gondot a motortérben, ugyanis „ütközés” vagy az előírt távolságok lecsökkenése nem engedhető meg.

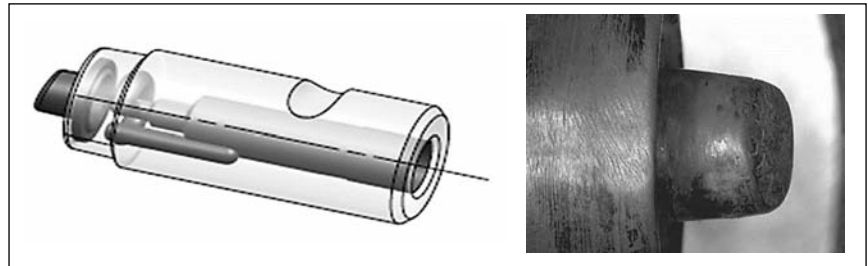
Miután a CAD geometria ellenőrzés alapján megbizonyosodtunk arról, hogy a beépítés szempontjából a kialakítás rendben lesz, kezdődhetek a további vizsgálatok. Ezek minden esetben végeeselemes feszültség-szimulációk voltak. Erre a Creo/Catia 3D tervező programok beépített FEA modulját használtuk, mely számunkra elfogadható közelítést adott. Előnyös volt, hogy a módosítások FEA számítását nagyon rövid idő alatt le tudtuk futtatni, és nem kellett hosszú időt várnunk arra, hogy a geometria egy másik szimulációs programban átmodellezésre kerüljön.

A megfelelőnek tartott öntvénygeometria 3D modelljének elkészítése után következtek az általunk definiált egyszerű és gyorsan kivitelezhető összehasonlító terhelési tesztek (10. ábra). A teszteléshez kézi formázással készült homoköntvényeket használtunk. Az eredeti geometria (termelésben lévő nyomásos öntvény) esetében is készültek prototípus öntvények, hogy az eltérő anyagminőségéből, gyártási módszerből eredő hibákat ki tudjuk zárni.

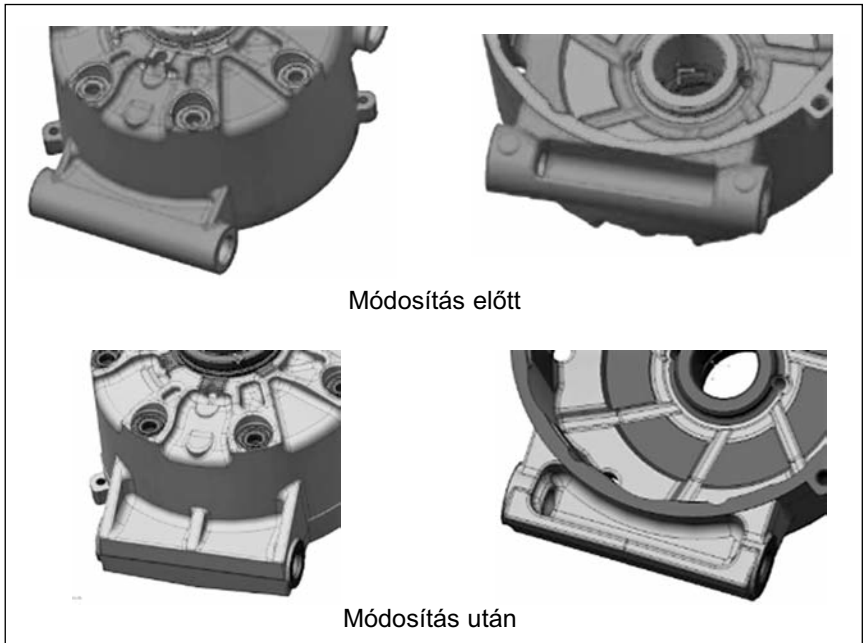
A statikus terheléseket szimuláló vizsgálatok után a vibrációra, zajra és rezonanciára gyakorolt hatást a kiválasztott geometria kompresszorszerű vizsgálatait követték.

Az új geometriák esetében nem volt változás a felfogató fül funkcióját illetően, sőt egyes esetekben javulást is megfigyeltünk. Ezen eredmények birtokában tudtuk a vevői jóváhagyás folyamatát elindítani minden egyes termék esetében, és a jóváhagyások után a meglévő öntőszerszámok módosítását is el tudtuk végezni.

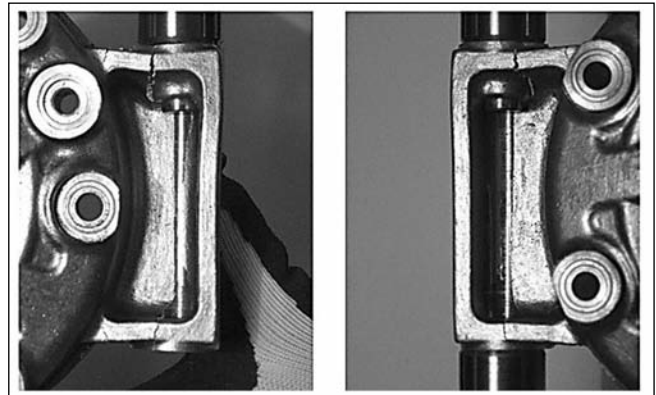
Megállapítható, hogy az öntvény geometria optimalizálása teljesíti a tőle elvart minőségi javulást, mert a felfogató fül



■ 8. ábra. SLS csap 3D geometriája, és a csap 100 000 lövés után



■ 9. ábra. Kompresszoröntvényház fülgeometriája módosítás előtt és után



■ 10. ábra. Prototípusöntvények terheléses vizsgálat közben

esetében jelentős szivárgáscsökkenést tapasztaltunk az összeszerelő sorokon. Az így kialakított geometria tovább öröklődik az új klímakompresszor-öntvényházak esetében is.

Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Lukács Sándor: Measurement of the movement parameters and process temperature of the FRONT-HEAD die casting mold. Jelentés 2017.
- [2] Dr. Dúl Jenő: Kísérleti FRONT HEAD nyomásos öntvények szerkezetvizsgálata. Jelentés, 2016.

3D fémnyomtatással előállított, nagy hővezető képességű nyomásos öntészeti szerszámanyag tulajdonságainak vizsgálata*

Napjainkban a nyomásos öntés továbbra is a legtermelékenyebb öntészeti eljárás, azonban az ipar egyre növekvő igényei mellett egyre nagyobb kihívást jelent a szerszámok bonyolult geometriájának, illetve a hőegyensúlyának kialakítása. Új szemléletet és új technológiákat szükséges alkalmazni, és ennek megvalósulási formái lehetnek a speciális összetételű szerszámacélok, illetve az additív gyártási technológiák.

1. Bevezetés

A nyomásos öntészeti szerszámoknál alkalmazott kontúrkövető hűtés olyan alternatív hűtési megoldás, amely lehetővé teszi, hogy a hűtőcsatorna és az öntvény fala közötti távolság minden esetben állandó legyen. A hagyományos hűtőcsatorna-kialakítással ellentétben, ahol az üregeket fúrással alakítják ki, nemcsak egyenes részekből állhat, hanem tartalmazhat görbületeket, akár spirális részeket is. Az egyenes vonalú furatok nem tudnak minden esetben megfelelő hőmennyiséget elvonni az öntvény felületétől, így a szerszám felületi hőmérséklet-eloszlása egyenetlenné válhat. Ezen segít nagymértékben egy kontúrkövető hűtőrendszer kialakítása [1], mivel ebben az esetben a szerszám hűtött részéről egyenesen lehet a hőt elvonni, így lényegesen kisebb belső feszültségeket okoz, illetve kisebb vetemedési hajlamot idéz elő a termékben [2].

A szerszámok hőmérséklet-viszonyait azonban nem csak a hűtőkör befolyásolja. A megfelelő szerszámanyag szintén nagy szerepet játszik ezeknek a folyamatoknak az alakulásában. Mind a jól megválasztott szerszámanyag, mind az optimálisan méretezett hűtőcsatorna növeli a szerszám élettartamát, és egy konzisztensebb, stabilabb gyártási folyamatot eredményez [3].

Munkánk során öntészeti szimulációval modelleztük azt, hogy a kontúrkövető hűtőgeometria és a hagyományos melegszilárd szerszámötetanyagnál nagyobb hővezető képességű szerszámacél milyen hatással van a nyomásos öntőszerszám hőmérsékleti viszonyaira. Megvizsgáltuk azt is, hogy a 3D fémnyomtatással előállított nagyobb hővezető képességű szerszámacél próbatestek mechanikai és

Kovács Sándor Endre kohómérnök, tanszéki mérnök a Miskolci Egyetem Öntészeti Intézetében.

Szentes Zsolt ügyvezető igazgató a Foundry Solid Kft.-nél.

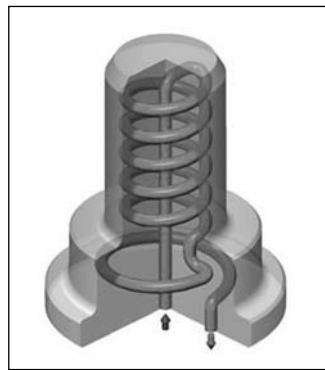
Dr. Varga László kohómérnök, egyetemi docens, a Miskolci Egyetem Öntészeti Intézetének igazgatója.

* A cikk a XXV. Magyar Öntőnapok doktorandusz-diák szekciójában Kovács Sándor Endre által tartott előadás alapján készült.

anyagszerkezeti tulajdonságai mennyiben térnek el a hagyományos módon előállított azonos anyagú szerszámacélétől.

2. 3D nyomtatott, kontúrkövető hűtőcsatorna

3D nyomtatással egyre nagyobb mennyiségben gyártanak szerszámöteteket mind műanyag, mind fémtermékek előállítására. Ennek bevezetése főleg arra irányul, hogy csökkenteni lehessen a gyártástól a beépítésig eltelt időt (rapid tooling). Ezeknek az alkatrészeknek a felhasználása során azonban az is kiderült, hogy számos szempontból képesek javítani mind a folyamat teljesítményét, mind pedig a végtermék minőségét [4].



■ 1. ábra. Gyakorlati környezetben alkalmazott kontúrkövető hűtés [5]

A hűtési idő lényegesen csökkenhet, így akár 25%-os ciklusidő-javulás mutatható ki. Ez a hatás annál jobban szembetűnő, minél bonyolultabb termékgeometriát állítunk elő, mivel a termék komplexitásának növekedésével növekszik a nagyobb és egyenletesebb hőelvonás igénye is [1]. Egy ilyen kontúrkövető hűtőcsatorna-kialakítást mutat be az 1. ábra [5].

3. Az öntészeti szimulációval elvégzett vizsgálatok

A következő szimulációs vizsgálatok egyediek, kísérleti jelleggel készültek. Kétféle szerszámacél minőséget használtunk, melyek egymástól lényegesen eltérő hővezetési tulajdonsággal rendelkeztek. A viszonyítási alapként használt Dievar típusú, króm-molibdén-vanádium szerszámacél egy általánosan használt ötvözet, a vizsgált anyag pedig egy Rovalma által szabadalmaztatott HTCS130 jelölésű [6], nagyobb hővezető képességű wolfram-molibdén acélötvözet volt. A munkánk során NovaFlow 6.4-es verziójú öntészeti szimulációs szoftvert alkalmaztunk.

A szimuláció során a két különböző anyagminőséget két különböző hűtőcsatorna-kialakítással kombináltuk, melyeket az I. táblázat szemléltet.

A szimulációkhoz alkalmazott acélötvözetek hővezetési tényező értékeit a II. táblázat tartalmazza.

A szimuláció során használt egyszerűsített szerszámgeometriákat és a kialakított hűtőcsatornákat a 2. ábra szemlélteti. A vizsgált alkatrész egy egyszerű bütykös önt-

I. táblázat. Dievar és HTCS130 szimulációhoz alkalmazott különböző hűtőkörök kialakítása

Vizsgálati széria	A szerszám anyaga	A kialakított hűtőcsatorna típusa
A	Dievar	egyenes vonalú
B	Dievar	kontúrkövető
A	HTCS130	egyenes vonalú
B	HTCS130	kontúrkövető

II. táblázat. A Dievar és HTCS130 szimulációhoz alkalmazott hővezetési tényezője

Hőmérséklet, °C	Hővezetési tényező, W/mK	
	Dievar	HTCS130
20	29,00	60,00
400	31,00	60,00
600	32,00	60,00

III. táblázat. A modellszimuláció ciklusidő

Részműveletek	Vizsgálati részidők, s
Zárva tartás	8
Levegőn állás	2
Vizes lefújás	5
Levegőn állás	2
Teljes ciklusidő	17

vény volt, melyet Solid Edge 2019 tervező szoftverben alkottunk meg.

A bütykös öntvény azért alkalmas erre a feladatra, mert azonos falvastagsága mellett a kiszögellések eltérő mértékben emelkednek ki a geometria alapsíkjából, így lehetővé téve olyan hűtés kialakításokat, melyek a szélsőséges körülményeket jól jellemzik. A vizsgálatokhoz használt hőelemek mindkét esetben ugyanott helyezkedtek el, a modellöntvény középvonalában.

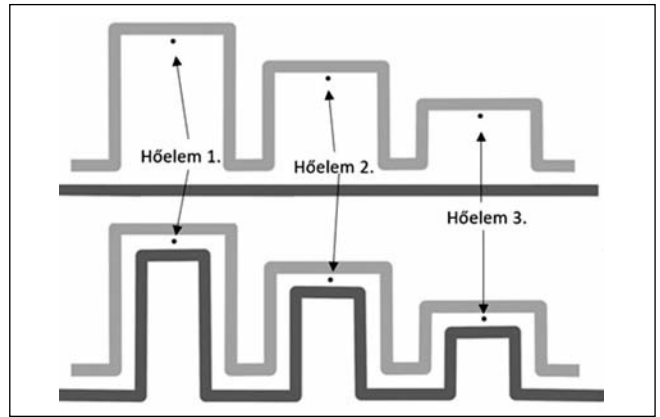
A modellszimuláció paraméterei: az öntvény EN AC 46000 AISi9Cu3 ötvözet, az olvadék hőmérséklete 690 °C, a forma hőmérséklete 180 °C, a hűtőcsatorna minimális távolsága az öntvénytől 5 mm. A hűtőközeg 1 bar nyomású, 80 °C hőmérsékletű víz volt. A két modell közötti különbség a hűtőcsatorna változó távolsága az öntvénytől, melynek maximum értéke 60 mm volt. A szimulációban beállított ciklusidőket a III. táblázat tartalmazza.

3.1. Az öntészeti szimulációs vizsgálat eredményei

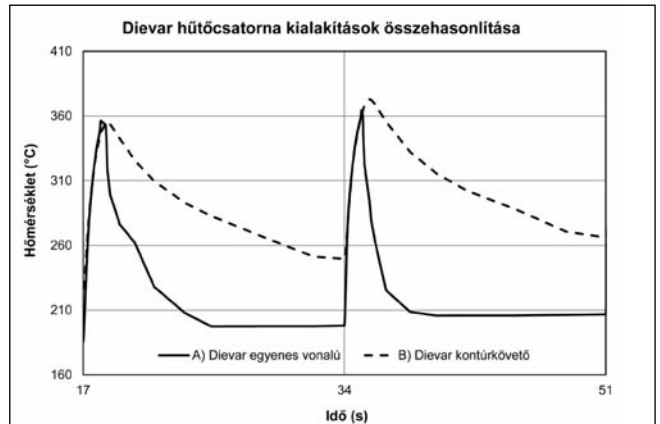
A szimulációs vizsgálatok célja a különböző anyagtulajdonosságok és hűtési viszonyok közötti különbségek bemutatása. Az összehasonlítás referenciabeállításának a Dievar egyenes vonalú hűtőcsatorna kialakítást vettük alapul, és a 2. ábrán látható 1. hőelem adatain keresztül mutatjuk be a hőegyensúly beállítását követő 2. és 3. ciklusban. A Dievar ötvözet hőmérsékletének a változását a 3. ábra, a HTCS130 ötvözetét a 4. ábra szemlélteti.

A Dievar ötvözet esetén jelentős a hőmérséklet-különbség a ciklus megszilárdulás utáni szakaszában, így a kontúrkövető hűtőcsatorna-kialakítással nagyobb hőmennyiséget lehet kivenni a szerszámból.

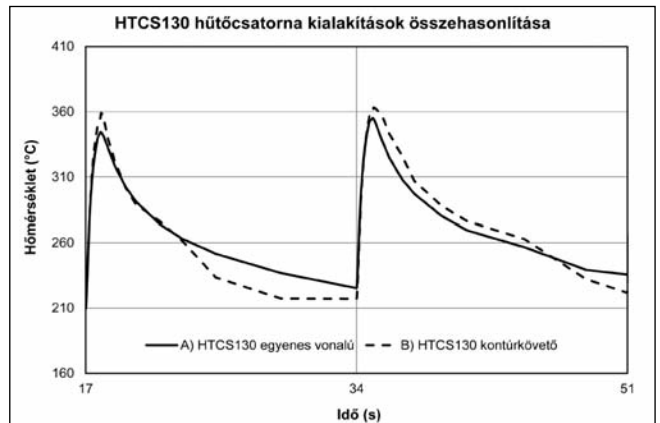
A HTCS130 ötvözet esetén nincs lényeges hőmérséklet-különbség a ciklus megszilárdulás utáni szakaszában,



2. ábra. Modellszimuláció egyenes vonalú hűtőcsatornával (felső kép), illetve kontúrkövető hűtőcsatornával (alsó kép)



3. ábra. A Dievar anyagú szerszám hőmérsékletének változása egyenes vonalú (A) és kontúrkövető (B) kialakításnál

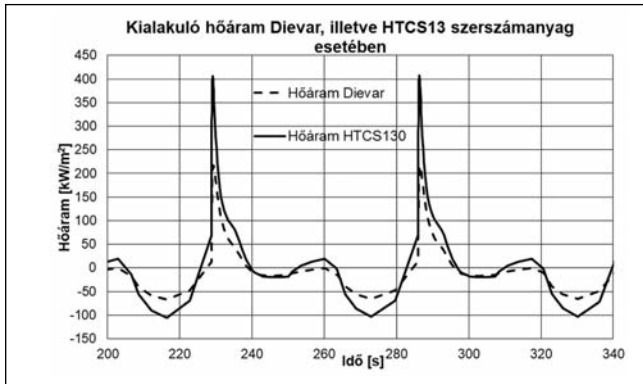


4. ábra. A HTCS130 anyagú szerszám hőmérsékletének változása egyenes vonalú (A) és kontúrkövető (B) kialakításnál

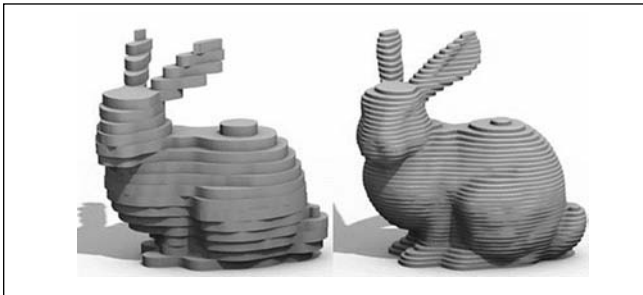
ami a Dievar ötvözethez képest nagyobb (kétszeres) hővezető képessége miatt alakul ki. Fontos vizsgálati eredmény a HTCS130 A és B értékek közötti hasonlóság, mely megmutatja, hogy hasonló eredmények érhetők el mind speciális hűtőcsatorna kialakítással, mind a szerszám anyagának megváltoztatásával.

3.2. Kontúrkövető hűtőcsatorna ipari alkalmazásának szimulációja

A kontúrkövető hűtőcsatornával a szerszámrészből elve-



■ 5. ábra. A hőáram változása Dievar és a HTCS130 anyagú szerszámelem ipari alkalmazásának szimulációjánál



■ 6. ábra. Vastagabb (bal oldal), illetve vékonyabb (jobb oldal) rétegvastagsággal kinyomtatott modell [7]

zethető hőmennyiség modellezésére ipari ötvény szimulációját végeztük el. A vizsgált környezetben elhelyeztünk öt hőelemet az ötvénnyel érintkező szerszámfelületről egészen a hűtőkörig, egymástól 8 mm távolságra.

A kiértékelést a hőelemekhez tartozó hőáram meghatározása alapján végeztük el.

Az öntés közben a szerszámban kialakuló hőáramokat az 5. ábra szemlélteti. A kontúrfelületen lévő és a hűtőcsatornához legközelebbi hőelem adataival készítettük el a hőáram számítását, melyek közötti távolság 32 mm volt.

A Dievar anyagénál közel kétszer nagyobb hővezető képességű HTCS130 szerszámacél használata esetén a formatöltést követő szakaszban lényegesen nagyobb a hőáram, ami elősegíti az egyenletesebb hőmérsékleti viszonyok kialakulását.

A hatékonyabb hőelvonás kedvező a vízbázisú leválasztó anyag alkalmazása esetén, mert csökkenti a kontúrfelület alatti részen a hőmérsékleti gradiens mértékét, ezáltal kisebb a felületi repedéseket kiváltó húzófeszültség is.

4. A 3D nyomtatás, mint additív gyártási technológia

Az additív gyártástechnológia, az ASTM F42 bizottság által választott név arra utal, hogy teljesen elhatárolják ezt az alakadási technikát a hagyományos eljárásoktól. Ebben az esetben a termék kizárólag anyag hozzáadással készül el, és szembeutó tulajdonsága a rétegekből való felépítés. A gyártott testek különböző rétegvastagsággal készíthetők el a 6. ábrán látható módon.

A különböző rétegvastagságok használata különböző felületi minőséget eredményez. A gyártott termék vékony, 20-100 μm vastagságú rétegekből épül fel, így a felhasz-

náló állíthatja be, hogy milyen részletességgel, és ebből kifolyólag milyen sebességgel nyomtatja ki a végterméket [8]. A bonyolultabb alakú testeknél a vékonyabb rétegek használata ad kedvező eredményeket.

Ezzel a technológiával olyan komplex geometriákat lehet gyártani, amelyek nem, vagy csak csekély mértékű utómunkálást igényelnek, ezzel is időt és költségeket lehet megtakarítani. Alapvetően egy időigényes gyártásról van szó, ezért minden utólagos úgymond „felesleges” megmunkálás az eljárás alkalmazásának hátrányára válik. Ahhoz, hogy észszerű időn belül megfelelő minőségű, méretpontos alkatrészt lehessen gyártani, a bonyolultsághoz kell optimalizálni a nyomtatási paramétereket.

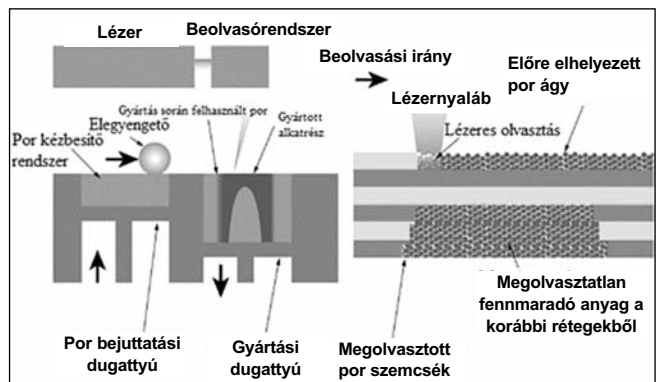
4.1. Nyomtathatóság

A fémnyomtatás paraméterei befolyásolják az alkatrészben kialakuló maradó feszültségeket, melyek nyomtatás közben deformációt, ami az esetleges utómunkálás vagy felhasználás közben akár repedést is okozhatnak.

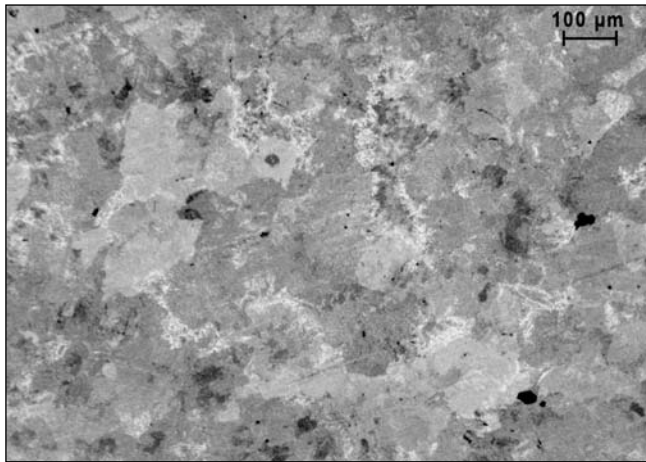
Bizonyos ötvözetek kevésbé érzékenyek a különböző nyomtatók beállítási paramétereire, így univerzálisan felhasználhatók, míg más ötvözetek felhasználása egyedi beállításokat igényel [3]. A HTCS130 anyaggal történő 3D nyomtatás egy fejlesztési folyamat első lépése volt. A referenciaötvözetként használt Dievar ötvözet nyomtatása azonban nem kivitelezhető, így nem történtek ennek irányában nyomtatási kísérletek, mindössze összehasonlítási alapként szerepel. Azok a fémek és fémötvözetek alkalmasak Direct Metal Laser Sintering (DMLS) eljárással való 3D nyomtatásra, melyek hegeszthetők. A DMLS eljárás elvi ábráját a 7. ábra mutatja be.

Nyomtatás közben a lézer teljesítményének hatására az anyag összetétele változhat, a kialakuló helyi túlmelegedés hatására kiegészéket lehet tapasztalni. A fémmel történő nyomtatás esetén fontos, hogy a nyomtatott termék kémiai összetétele megegyezzen a kívánt ötvözzel, valamint geometriája és térkitöltöttsége megfeleljen a gyártani kívánt CAD geometriának. Mivel a gyártott test a nyomtatás során folyamatosan felmelegszik, olvad, hűl és megszilárdul, a nem megfelelő beállítások könnyen vezethetnek geometriai deformációkhoz. A térkitöltöttségi viszonyok is változhatnak abban az esetben, ha a nyomtató lézer egy rétegnél többet olvaszt meg egyszerre [3].

A kísérleti szerszámelemek HTCS130 fémporból a győ-



■ 7. ábra. Porágyas DMLS rendszerek elvi ábrája [9]



■ 8. ábra. A HTCS130 tömb szövete képe

ri Széchenyi István Egyetemen, DMLS technológiával, EOSINT M270 típusú 3D nyomtatóval, Yb szálal lézerrel, 175 W teljesítménnyel és 20 μm rétegvastagsággal, 7 m/s-os pásztázási sebességgel, valamint nitrogén védőgáz alatt készültek. Ezek a gyártási paraméterek fontos szerepet játszanak a test megfelelő fizikai és mechanikai tulajdonságainak elérésében.

5. Laboratóriumi vizsgálatok

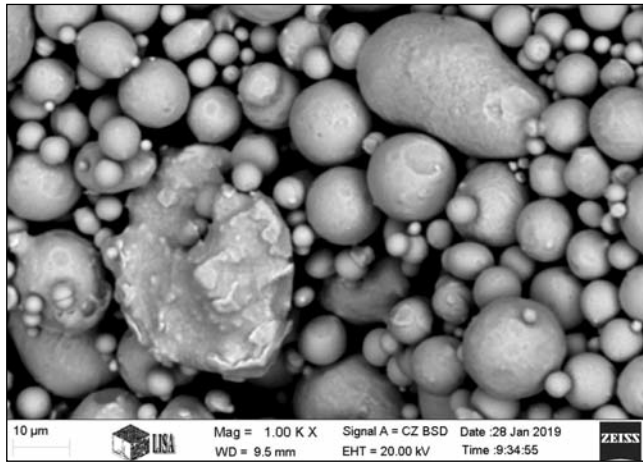
A 3D fémnyomtatással előállított alkatrészek fizikai, illetve mechanikai tulajdonságainak vizsgálata céljából különböző technológiai próbatesteket készítettünk, és pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgáltuk meg az alapanyagként felhasznált HTCS130 fémpor ötvözetet. Az elvégzett vizsgálatok kísérleti jellegűek voltak, egy alapkutatás részeként meghatározott számú próbatest készült el, így több vizsgálatot is elvégeztünk egy próbatestenen, melyek a következők voltak:

- Hagyományos eljárással gyártott HTCS130 ötvözet:
 - szövetszerkezet vizsgálat,
 - normalizáló hőkezelés utáni szövetszerkezet vizsgálat.
- Fémpor vizsgálata:
 - granulometriai elemzés.
- A 3D nyomtatott technológiai próbatest:
 - szövetszerkezet vizsgálat,
 - roncsolásmentes maradó feszültség vizsgálata,
 - ütőmunka vizsgálat,
 - keménységmérés,
 - szakítószilárdság vizsgálat,
 - a hőkezelt darab szövetszerkezet vizsgálata.

5.1. HTCS130 rúdanyag

Vizsgálatainkhoz rendelkezésre állt egy a HTCS130 ötvözetből, képlékeny alakítási eljárással előállított rúdanyag, melynek tulajdonságait a későbbiekben referenciaértéknek tekintettük. A rúdanyag szövetszerkezetét a 8. ábra szemlélteti.

A gyártói tanúsítvány szerint ez az ötvözet rendkívül finom homogén mikroszerkezetű, valamint más melegszilárd szerszámanyagokhoz képest nagyobb hővezető képessége mellett biztosítja a nyomásos öntési folyamat-



■ 9. ábra. A HTCS130 fémpor szemcseszerkezete 1000×-es nagyításban

nál szükséges mechanikai tulajdonságokat [6]. A HTCS130 ötvözet gyártói adatlapján szereplő mechanikai tulajdonságait a IV. táblázat tartalmazza.

IV. táblázat. HTCS130 mechanikai tulajdonságai [6]

	Gyártói érték
HRC	34–52
Charpy ütőmunka (szobahőmérsékleten), J	28,5
R _{p0,2} , MPa	1328
R _m , MPa	1343

5.2. A fémpor pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálata

A pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálataink célja, hogy megismerjük a por szemcseszerkezetét, a méreti és alakú minőségét. Ahogyan azt a 9. ábra mutatja, nem minden szemcse tökéletesen gömb alakú, valamint meglehetősen durva felületű szemcsék is láthatók.

A mikroszondás összetétel elemzés alapján megállapítottuk, hogy a gömbölyűtől eltérő alakú szemcsék összetétele ugyanaz, mint a szabályos gömböké. A vizsgált por megfelelt az általunk alkalmazott nyomtatási paramétereknek, az átlagos szemcseméret 19 μm volt, a fajlagos felület 913 cm²/g.



■ 10. ábra. Charpy próbatestenen feltüntetett maradófeszültségmérés pontjai

5.3. A 3D nyomtatott próbatetek roncsolásmentes maradó feszültség mérése

Az eltérő hőmérsékletviszonyokból eredő maradó feszültség, mely minden kristályos szerkezetű anyagban kialakuló belső mechanikai feszültségi állapot, a 3D nyomtatás során kiemelten fontos tényező. A vizsgált próbatetek feltüntetett mérési pontokat mutatja a 10. ábra. Vizsgálatainkhoz optikai feszültségvizsgáló eljárást alkalmaztunk.

A maradó feszültség befolyásolhatja az egyes geometriák nyomtathatóságát, mértéke általában a nyomtatási eljárásra vezethető vissza. A testek rétegekből való felépülése miatt egy tömb-geometria gyártása esetén rendkívül nagy belső feszültség fel tud halmozódni a térfogatban.

A Charpy próbatetekon a törés előtt elvégeztük a roncsolásmentes maradófeszültség-mérést, melynek eredményeit az V. táblázat tartalmazza.

V. táblázat. A Charpy próbatetekon mért maradó feszültség értékek

Próbatest jele, mérési pont	Feszültség, (MPa)
1 – „A”	-115,6 ± 9,1
1 – „B”	237,5 ± 60,3
1 – „C”	398,4 ± 21,7
2 – „A”	81,2 ± 36,8
2 – „B”	64,1 ± 45,1
2 – „C”	233,8 ± 54,4

A két nyomtatott próbatest eredményei teljesen eltérő értékeket mutatnak. Ez azért következhetett be, mert a 2-es számú próbatest gyártás közben a kialakuló belső feszültségek hatására eltörte az építési alapul szolgáló támaszt, ennek hatására deformálódott. Megfigyelhető az is, hogy a 10. ábrán látható 1-es számú próbatest „A” pontján egy 115,6 MPa értékű húzófeszültség alakult ki, míg a test többi részén az ellentétes irányba haladva egyre nagyobb nyomófeszültség, mely a test középpontján túlhaladva nagyobb mértékben növekedett.

5.4. A 3D nyomtatott technológiai próbatetek mechanikai tulajdonságai

A fajlagos ütőmunka vizsgálatot az MSZ EN 10045-1-es szabvány szerint végeztük el egy Charpy-féle ingás ütőgépen, 30 kg-os kalapáccsal, szobahőmérsékleten. A Charpy próbatetekon lévő bemetszés nyomtatás útján készült, mely 90°-os szöget zár be a nyomtatási iránnyal.

Az ütőmunka vizsgálat eredményei:

- 1-es próbatest: 2,8 kpm (27,46 J)
- 2-es próbatest: 2,9 kpm (28,44 J)

Ezek az eredmények meghaladják a Dievar szerszámacél szobahőmérsékleten mérhető értékeit (17-19 J), vala-

mint eléri a gyártó által megadott paramétereket (28,5 J).

A Rockwell keménységmérés eredményei:

- 1-es próbatest:
 - HRC: 45
 - HRC: 44
 - HRC: 38
- 2-es próbatest:
 - HRC: 41
 - HRC: 44
 - HRC: 40

A HTCS130 katalógusban szereplő Rockwell keménységi tartomány 34-52 HRC, tehát a 3D nyomtatással elkészített darabok megfelelnek a gyártó által megadott értékeknek, valamint szobahőmérsékleten eléri a Dievar keménység értékeit (44 HRC).

A 3D nyomtatott próbatetek szakítószilárdság-vizsgálatának eredményeit a VI. táblázat szemlélteti. A gyártói adat-

VI. táblázat. A HTCS130 anyagból 3D nyomtatással előállított próbatetek szakítószilárdsága

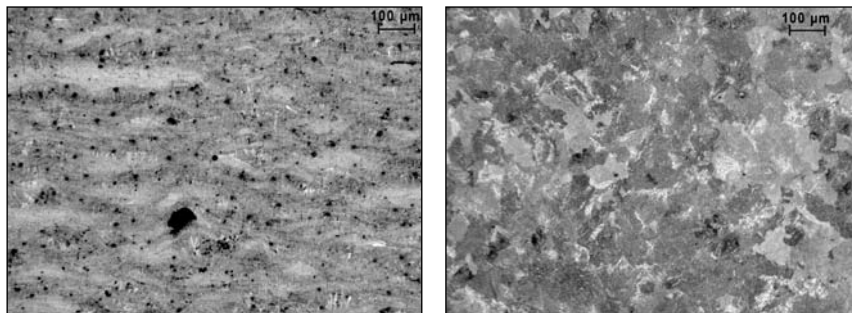
Próba sorszám	R _{p0,2} MPa	R _m MPa
1	1214	1422
2	1201	1412
3	1204	1418

lapban megadott átlagos szakítószilárdsági érték 1343 MPa, illetve a 0,2%-os maradó fajlagos nyúláshoz tartozó feszültség 1328 MPa. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy az adott 3D nyomtatási eljárással nagyobb átlagos szakítószilárdsá-

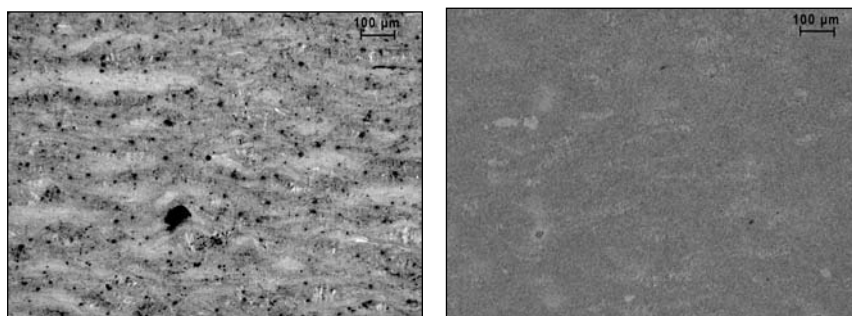
got lehet elérni nagyobb nyúlási tartománnyal, mint a hagyományos eljárással gyártott ötvözet esetében.

5.5. A HTCS130 tömb és a 3D nyomtatott anyag szövetszerkezete

A szövetszerkezet vizsgálathoz a próbateteket a csiszolás



11. ábra. 3D nyomtatott próbatest (bal oldal) és tömbanyag próbatest (jobb oldal) szövetszerkezete



12. ábra. A 3D nyomtatott próbatest (bal oldal) és a hőkezelt próbatest (jobb oldal) szövetszerkezete

és polírozás után 5 másodpercig Nitálban marattuk. A HTCS130-as tömbanyag és a 3D nyomtatott próbatest szövetszerkezetét a 11. ábra szemlélteti.

A 3D nyomtatott próbatest szövete jelentősen eltér a tömbanyag kristályos szövetszerkezetétől. Láthatók a DMLS technológiával történő nyomtatás során kialakuló réteges felépülésre utaló vonalak, valamint egyenletesen elosztott porozítások is fekete pontok formájában.

5.6. A 3D nyomtatott próbatest hőkezelése

Kísérleteink utolsó szakaszában az egyik 3D nyomtatott próbatesten normalizáló hőkezelést végeztünk. A 3D nyomtatott próbatest és a hőkezelt próbatest szövetszerkezetét a 12. ábra szemlélteti.

A hőkezelt próbatest felvételén látható, hogy a porozítás nem fellelhető a szövetszerkezetben, mely párhuzamba állítható Md. R. U. Ahsan és társai hőkezelési eredményeivel [10]. A hőkezelés eredményének kiértékelése további kísérleti munkát igényel.

Összefoglalás

A vizsgálatok eredménye alapján megállapítható, hogy a kontúrkövető hűtés és a hagyományos melegsziárd szerzőszámacél anyagnál nagyobb hővezető képességű szerzőszámacél alkalmazása kedvezőbbé teszi a helyi hőmérséklet-viszonyokat. A modellszimulációs eredmények igazolták, hogy a kontúrkövető hűtőkört és a nagyobb hővezető képességű szerzőszámacélt alkalmazva a ciklikus hőterhelés lényegesen csökkenthető.

Az elvégzett vizsgálatok szerinti változatok sorrendje a legjobbtól a legrosszabbig a következő:

1. Kontúrkövető hűtőcsatorna + nagyobb hővezető képességű szerzőszámanyag
2. Egyenes vonalú hűtőcsatorna + nagyobb hővezető képességű szerzőszámanyag
3. Kontúrkövető hűtőcsatorna + kisebb hővezető képességű szerzőszámanyag
4. Egyenes vonalú hűtőcsatorna + kisebb hővezető képességű szerzőszámanyag

Ugyanakkor nem feltétlenül a legjobb a leggazdaságosabb. A modellkísérlet eredményei szerint nem eredményez jelentősebb javulást a nagyobb hővezető képességű anyag és kontúrkövető hűtés együttes alkalmazása. Külön megemlítendő, hogy a 2. és 3. változat közötti különbség csekély, így felhasználásuk a gyártási paraméterek igényétől függően változhat.

A további vizsgálatok a 3D nyomtatott HTCS130 anyag mechanikai és hőfizikai paramétereire vonatkoztak. A mechanikai tulajdonságok összehasonlító eredményeit a VII. táblázat tartalmazza.

A vizsgálat sorozat eredményei alapján a következő megállapítások tehetők:

- A hőáramszámítás bebizonyította, hogy a HTCS130 szerzőszámacélban a Dievar hőáramának kétszerese alakulhat ki.

VII. táblázat. A 3D nyomtatott HTCS130 próbatestek mechanikai tulajdonságainak összehasonlítása a gyártói értékekkel

	Mért érték	Műszaki adatlap értékei
Próbanyomtatás HRC	45 / 46 / 44	34–52
HRC – 1	45 / 44 / 38	34–52
HRC – 2	41 / 44 / 40	34–52
Charpy teszt – 1 (20 °C)	27,46 J	28,5 J
Charpy teszt – 2 (20 °C)	28,44 J	28,5 J
R _{p0,2}	1214 / 1201 / 1204 (MPa)	1328 MPa
R _m	1422 / 1412 / 1418 (MPa)	1343 MPa

- Az alapanyagként használt fémpor granulometriai szempontból tökéletesen alkalmas volt a nyomtatás kivitelezésére.
- A kiugróan nagy maradó feszültség eltérései a próbatestek különböző részei között visszavezethetők a nyomtatási orientációra és a támaszszerkezet kialakítására.
- A 3D nyomtatott HTCS130 keménységértékei, ütőmunkája, szakítószilárdsága megfelelt az összehasonlítási alapként használt hagyományos eljárással készített Dievar-értékeinek, valamint a megadott gyártói értékeknek.
- A 3D nyomtatott próbatestek szakítószilárdság értékei kedvezőbbek, mint a gyártó által meghatározott értékek.
- A hőkezelést követően a porozítás nem található a szövetszerkezetben.

Irodalom

- [1] <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5008200?journalCode=apc>
- [2] Zink Béla, Szabó Ferenc, Hatos István, Hargitai Hajnalka, Kovács József Gábor: (2014) DMLS szerzőszám- betétek szimulációs vizsgálata. Műanyag- és Gumi- ipari Évkönyv, 12 (1). pp. 80-87. ISSN 1589-6269
- [3] T. Mukherjee, J. S. Zuback, A. De & T. DebRoy: Printability of alloys for additive manufacturing
- [4] A. Armillotta, R. Baraggi: SLM tooling for die casting with conformal cooling channels
- [5] <http://additivemanufacturing.com/2014/05/13/spritzguss-formenbau-bergmann-purchases-first-metal-additive-manufacturing-system-from-eos-to-become-eos-service-provider/>
- [6] http://rovalma.com/wpcontent/uploads/2018/10/HTCS-130DC_datasheet.pdf
- [7] <https://www.fabbaloo.com/blog/2016/11/16/variable-layer-slicing-for-the-ember-3d-printer-good-idea-or-not>
- [8] Wei Gao et al.: The status, challenges, and future of additive manufacturing engineering. 2015
- [9] <https://www.totalmateria.com/page.aspx?ID=CheckArticle&site=kts&LN=ES&NM=488>
- [10] Md. R. U. Ahsan, Md. R. U. Ahsan et al.: Heat-treatment effects on a bimetallic additively manufactured structure (BAMS) of the low-carbon steel and austenitic-stainless steel

ILLÉS ISTVÁN BALÁZS – KÉKESI TAMÁS

A sóadagolás szerepe és fejlesztési lehetősége az alumíniumolvasztási salakok termomechanikai feldolgozásánál

Az alumíniumötvözet-hulladékok olvasztásánál keletkező primer salak közvetlen nagyüzemi meleg (termomechanikai) feldolgozásánál a fémkinyerés hatásfokát növeli a jelentős mennyiségű só adagolása. Az általában alkalmazott gáztüzelésű forgó dobkemencében visszamaradó szekunder salakban a kinyert fém csapó-lása után a betétben kialakított koncentrációjához viszonyítva erősen dúsulva jelentkezhet az általában NaCl és KCl alapalkotókat és egyéb vegyületeket is tartalmazó só, ami az oldhatósága miatt környezetvédelmi terhet jelent. A gazdaságos technológiát célzó laboratóriumi kísérletek szerint a fémkihozatal és a termelékeny-ség növelhető, az energiafogyasztás pedig csökkenthető a szokásos sóadalék összetételének és az adag-időnek a költségkímélő módosításával. A csapó és a durva szemcsékben fizikailag kinyerhető fémfrak-ciók mennyiségéből számított hasznos fémkihozatal és a szükséges adagidő együtt jelezte, hogy a lokális hőfejlesztést elősegítő aktív összetevőt adagolva, valamint optimalizálva az adagidőt a meleg salakfeldolgo-zás hatékonyabbá tehető.

1. Bevezetés

A világ alumíniumtermelésének több mint egyharmada a másodlagos forrásokból, vagyis az alumínium- és alumíniumötvözet-hulladékok metallurgiai feldolgozásából származik [1]. Az alumínium és ötvözei egyre szélesebb körű és növekvő mértékű felhasználása egyre nagyobb mértékű hulladékképződéssel jár. A fémhulladék gyűjtése és típus szerinti osztályozása, visszajáratása jelentős iparággá fejlődött az utóbbi évtizedek során, és ma már ez jelenti a „magyar ezüst” előállításának a fő nyersanyagforrását. A hulladék alapú szekunder alumínium-előállítás folyamatosan növekvő részarányát nemcsak a hulladékok növekvő tömege, hanem a szekunder fémelőállítási technológiának az energiafelhasználás és a környezetvédelem terén megmutató igen hangsúlyos előnyei is indokolják. A bauxit-kitermelésen, timföldgyártáson és elektrolízisen keresztül történő alumíniumkinyerés energiafelhasználása ~ 180 MJ/kg, amiből az elektrolitikus redukció elektromos energiafelhasználása ~ 50 MJ/kg. A primer technológia teljes energiaigénynek csak 5-6%-át jelenti a hulladék alapú alumíniumelőállítás. Azonban a hulladékok beolvasztásának elkerülhetetlen velejárója a nagy fémtartalmú olvasztási salakok keletkezése. Ezt a szilárd-folyékony fázisokat tartalmazó, az olvadákfürdő felszínén elhelyezkedő anyagot az

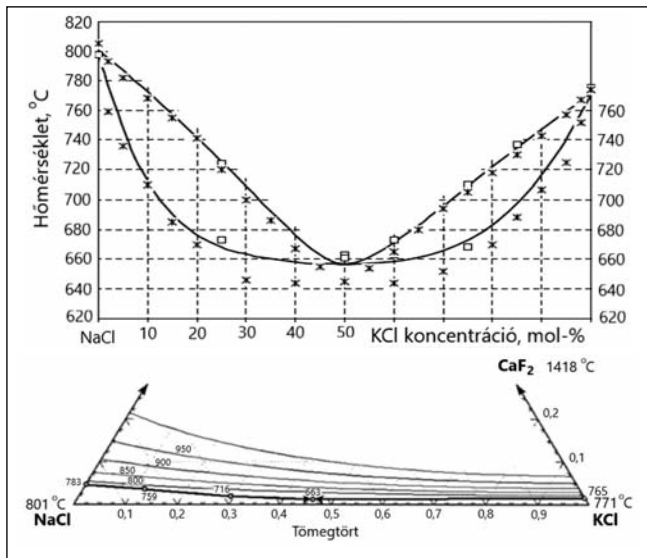
angol szakirodalom „dross”, azaz felzéknek nevezi. A szivacsos szerkezet miatt a felzék sok olvadt fémet is képes megkötni. Továbbá, a fürdő felületéről történő salaklehúzás során is jelentős mennyiségű fémolvadék kerül a salaküstökbe. Az alumíniumhulladékok olvasztásánál keletkező heterogén fizikai állapotú felzék salak legnagyobb arányú alkotója a fémes fázis, ami az olvasztásnál kialakuló szilárd oxidos vázhoz tapad [2]. Viszonylag kis mennyiségben jelen lehetnek még kloridos alkotók is, ha a beolvasztásnál kezelősót is alkalmaznak. A keletkező salakos felzék mennyisége és összetétele nagymértékben függ az olvasztott hulladékok minőségétől és az olvasztási eljárástól is. Nagy Mg-tartalmú ötvözetek gyártásakor több salak képződik, amiben a fémes fázis arányát nagymértékben befolyásolja az olvasztár gépi erővel végzett „salakhúzási” technikája. Ezért a „fehér” vagy „nedves” megjelenésű salakok fémes Al-tartalma [3] elérheti akár a 80-85%-ot is. A primer alumíniumelőállítás kb. 1%, a szekunder technológia azonban akár 3-5% salak képződésével is jár a termelt fémmre vonatkoztatva [4]. Ez Magyarországon is 10⁴ tonna nagyságrendű alumíniumsalak képződését jelenti évente.

2. Az alumíniumolvasztási salakok feldolgozási módszerei

A hulladékolvasztásnál eltávolított „primer salak” olvadt fémfázisának egy része közvetlenül is eltávolítható speciális edényekben csurogtatással, illetve préssel, ami viszont még jelentős mennyiségű fémes fázist hagy hátra az oxidos mátrixhoz ragadva. További kézenfekvő fizikai

Illés István Balázs a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán kémiai metallurgia szakirányos kutató/hallgató. Jelenlegi kutatási témája az alumíniumhulladékok és olvasztási salakok termomechanikai feldolgozásának teljes körű fejlesztése és a maradványsalakok komplex hidrometallurgiai kezelése.

Dr. Kékési Tamás szakmai életrajzát 2018/1. számunkban közzétettük.



■ 1. ábra. A NaCl-KCl binér rendszer fázisdiagramja (a), valamint a likvidusz hőmérséklet módosulása a CaF₂ adagolás hatására (b) [8]

módszer a hidegfeldolgozás, ami a lehűlt salakban megszilárdult nagy mennyiségű fém mechanikai úton történő elkülönítését jelenti [1]. Ez megköveteli a leszedett forró salak előzetes lehűtését, ami által csökkenthető az olvadt cseppekben jelenlévő fémes fázisnak – a hőszigetelést is okozó – salaküstben önmagát gerjesztő utóoxidációját. Ez a káros jelenség különösen a nagy magnéziumtartalmú ötvözetek gyártásakor keletkező primer salakok jellemzője, amely során nemcsak a magnéziumtartalom „ég ki”, hanem az intenzív hőfejlődés miatt felgyorsul a finoman elszórt fémes fázis általános oxidációja is.

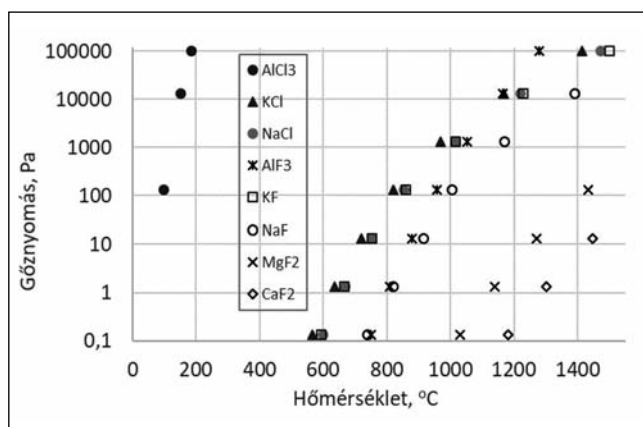
A nagyobb olvasztóművek elterjedtebben alkalmazzák a heterogén olvasztási salak oxidos mátrixában ragadt fémet nagy hőmérsékleten „kiolvastató” melegfeldolgozó módszert. Ennek során a fémtartalom kiolvastása a még forró primer olvasztási salak további hevítésével hatékonyan kivitelezhető. Utóbbi művelet hatékonyságát növeli [5] az oxidrétegek törését és eltávolítását elősegítő mechanikus agitáció és a fémcseppek koaleszcenciáját gyorsító sóadalék alkalmazása. A gyakorlatban elterjedt olvasztási sók alapvetően NaCl-ból és kb. fele mennyiségű KCl-ből állnak, de a fő alkotókhoz még néhány százalék fluoridsót (NaF, Na₃AlF₆, AlF₃, KF, LiF és CaF₂) is kevernek. Az alumínium felületi feszültségénél kisebb a sóolvadék és az alumínium közötti határfelületi feszültség, így a sóolvadék az alumínium felületét bevonni próbálja. Mivel a fluoridok csökkentik az alumínium és a sóolvadék közötti határfelületi feszültséget (energiát), így a „nedvesítés” még fokozódik. Ez fizikai okokból segíti az alumínium és a felületi oxidréteg elválását és így az apró alumíniumcseppek egyesülését. A fluorid adalékokat tartalmazó ekvimoláris NaCl-KCl sóelegyeiben mért határfelületi feszültségek ~ 710 mN/m értékétől a fluorid alkotó 1%-os aránya mellett a leggyengébb csökkenés az AlF₃, a legerősebb (630-650 mN/m értéket adó) pedig a KF és NaF adagolásával érhető el [6]. Az Európában használt só általában 65-75% NaCl, 25-30% KCl és 2-5% CaF₂ alkotókból áll. Amerikában a klóridos alapalkotókhöz ~ 5% kriolit (vagy alkáli-fluorid) adagolása a gyakoribb [7], azonban az alumínium-fluorid

illékonyága környezeti szempontból is kedvezőtlen. Az 1. ábrán látható NaCl-KCl rendszert a tökéletes elegyedés és széles tartományban már viszonylag kis hőmérsékleten folyékony állapot jellemzi.

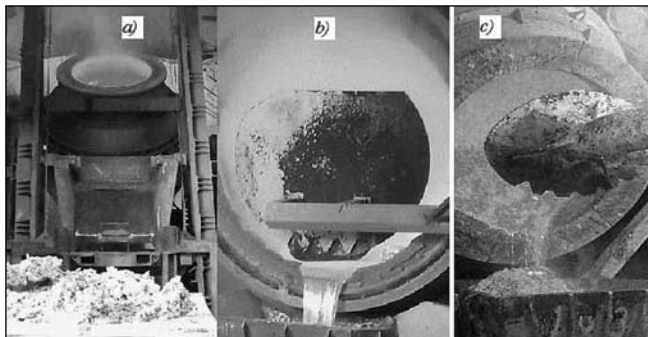
Az Európában elterjedt szilárd oldatot képező klóridos sóelegyben a CaF₂ adalék koncentrációja a 750 °C-on érvényes ~ 3% oldhatósági határa alatt van. A fluoridtartalmat az erősebben felületaktív NaF adagolással is lehet biztosítani, ami kevésbé növelné a likvidusz hőmérsékletet. Azonban a NaF vegyületnek kisebb a kémiai stabilitása és párolgásra hajlamosabb. A tiszta állapotú fő és adalék só alkotók gőznyomását az elérhető adatok [9] alapján szerkesztett 2. ábra mutatja a hőmérséklet függvényében.

A CaF₂ gőznyomása a 2. ábra szerint nagyságrendekkel kisebb, mint a két alapvető klóridos alkotóé. Így a nagy hőmérsékletű olvasztáskor az alapalkotók párolgása miatt a fluoridtartalom növekedhet. Az oldhatósági határt átlépve, az idegen fázisba lépő alkotó erősen megnövelheti a viszkozitást, rontva az oxid-fém határreteg közé behatolás képességét. Ugyanakkor a hőmérséklet mérsékelt és rövid időtartamú emelése kedvező is, hiszen a NaCl-KCl alapalkotókból álló sóolvadék viszkozitása [10] a 720–800 °C tartományban 2-ről 1,4 Pa · s értékre csökken. Az erősen oxidos betét esetében a leválasztott alumínium-oxid filmből a só olvadékba kerülő sok Al₂O₃ részecske viszont erősen megnöveli a sóolvadék viszkozitását.

A fluoridadalékoknak a sóolvadék fizikai jellemzőire gyakorolt hatása mellett a vékony oxidrétegek kémiai roncsolása is kedvező hatás lehet. Erre utal az is, hogy a klóridos sóolvadékban elsősorban az alkáli-fluorid vegyületek jelenléte biztosítja az alumíniumcseppek hatékony koaleszcenciáját, miközben a só olvadék valamennyi alumíniumot is felvesz, ugyanakkor a fluoridfogyás is kimutatható [8]. Ezek a jelenségek igazolják a fém és a só alkotók között valamilyen mértékben lehetséges kémiai reakciók fellépését is. Továbbá, a fém szemcsét, illetve cseppet burkoló és a kémiai hatások következtében egyenetlenné váló felületi oxid réteg felrepedezhet a fém nagyobb mértékű hőtágulása miatt is. Ezt követően a sóolvadék már könnyebben behatolhat a fém és az oxidburok közé. Így a fentebbi fizikai hatások a fém és a só között fellépő kémiai reakciókkal együtt segíthetik az oxidréteg leválását és a cseppek egyesülését. Természetesen az oxidrétegek leválasztását külső mechanikai behatásokkal is elő lehet segíteni. Éppen erre



■ 2. ábra. Kezelősó alkotóinak egyensúlyi gőznyomása



■ 3. ábra. A meleg salakfeldolgozási folyamatok (a – primersalak-adagolás, b – a kinyert fém csapolása, c – a maradvány eltávolítása)

a legalkalmasabbak a salakkonverternek is nevezett forgó dobkemencék. A mechanikai hatások még keverő-nyomó eszközök használatával is kiegészíthetők. Működő üzemi salakkonverter-kemencét és a beadott nyers („primer”), valamint a maradvány „szekunder” salakokat mutatja a 3. ábra.

Az alumíniumolvasztási primer salakok nagy hőmérsékletű és kezelősókat is alkalmazó „termomechanikus” feldolgozásával nagy mennyiségű értékes fém nyerhető vissza, de emellett nehézséget jelent a „száraz” (fémes fázist már alig tartalmazó) „szekunder” salak. A primer salak tömegének kb. 60–65%-át kitevő mennyiségben kiolvasztott fémes fázis eltávolítása nyomán a visszamaradó szekunder salakban a „konverterezéshez” beadott kezelősó feldúsul. A teljes betétre vonatkozó koncentrációjának a duplájára emelkedik a fenti fémkihozatali arány mellett. A maradvány salak a vízben oldható sók és a vízzel reagáló egyéb alkotók miatt jelenleg értéktelen, sőt az Európai Unióban is veszélyesként van számon tartva, és általában nem engedélyezett a közönséges deponálás. A kloridos alapalkotók vízben jól oldhatók, miközben a kevés fluoridos adaléka vizes közeggel szemben inert. Így a szekunder salak vizes kezelése a nagy mennyiségű kloridos alapsó eltávolítását, illetve további lépésként a vizes oldatból bepárlással történő visszanyerését is lehetővé teszi [11]. Az alapvetően oxidos maradvány fémes fázisa csupán 5-10%-ot tesz ki, valamint erős oxidréteggel burkolt finom szemcsékben oszlik el. Így nem zavarja például az aszfalt, az üveg és kerámiahabok, a különleges cementek és betonok gyártásában [12], illetve az acélméttallurgiában [13] történő hasznosítását. Utóbbi esetben a néhány százalék maradék fémes alumíniumtartalom éppen hasznos is az üstmetallurgiai salakok redukciójánál. Az oldható kloridos sók eltávolítása nemcsak az alternatív hasznosítás, hanem az anyag veszélytelen deponálási lehetőségét is megnyitja. A konverterezési végmaradvány jól őrlhető, ami a még fizikailag (szitálással) kinyerhető maradék fémtartalom eltávolításához mindenképpen szükséges. A keletkező porfrakcióból a kloridos sók már szobahőmérsékleten is igen jól kioldhatók vízzel [14]. A finom porból történő vizes kioldás ugyan könnyen kivitelezhetőnek hangzik, azonban fontos a sótartalom minél teljesebb eltávolítását minimális oldó-

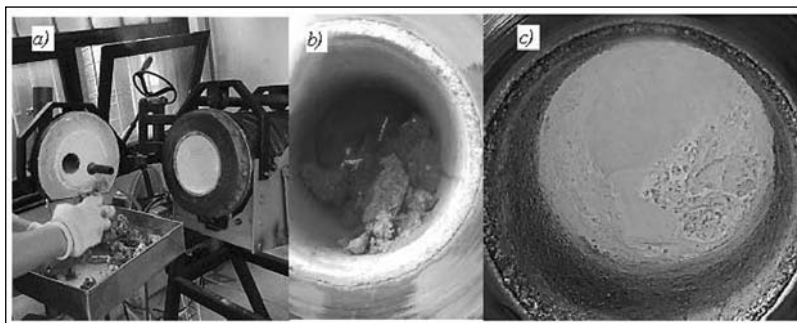
szerigény, minimális öblítési lépésszám, és műveleti idő mellett elérni [14], hiszen a kristályos só kinyeréséhez szükséges bepárlás energiaigénye a gazdaságosságot jelentősen befolyásolja.

Az alumíniumsalakok melegfeldolgozásánál elérhető gazdaságosság, hatékonyság és a végmaradvány sorsa szempontjaiból tehát alapvetően fontos kérdés az alkalmazott sókeverék típusa, mennyisége és visszajáráthatósága. Ezért láttuk érdemesnek egyéb „aktiváló adalék” összetevővel a só hatásmechanizmusát módosítva egy hatékonyabb melegfeldolgozási módszert keresni, miközben figyelemmel voltunk a sókeverék összetevőinek a beszerzési költségeire is. Továbbá szükséges lehet a primer salak hatékony melegfeldolgozásához kapcsolni a korábban már alapjaiban kifejlesztett vizes sókioldó módszert [11], a minimális víz felhasználását és a legrövidebb időt igénylő megoldást megtalálva.

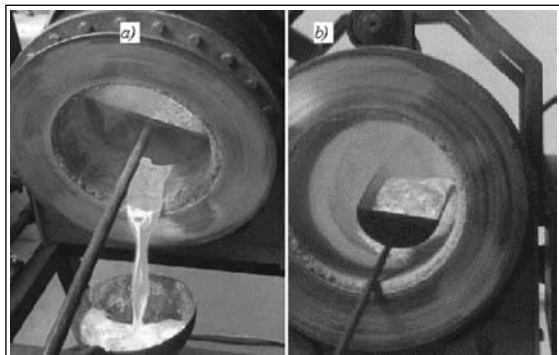
3. Kísérleti eljárás

A kis Mg-tartalmú (0,8 ~ 1,1%) ötvözetcsoporthoz tartozó alumíniumhulladékok üzemi olvasztásából származó darabos, fémes részeket láthatóan tartalmazó salakmintákat törés után hasonló darabokból álló, kb. 2 kg tömegű kísérleti adagokra bontottuk és a 4a, b ábrákon látható kb. 800 °C-ra előzetesen felfűtött kísérleti forgó dobkemencébe adagoltuk. A kemence 500 mm hosszú és 200 mm átmérőjű belső terét a homlokfelületi nyílást záró ajtóba szerelt 7 kW teljesítményű levegő-földgáz égő adta. A forgási sebesség 0–4 fordulat/perc tartományban volt szabályozható. A salakbetétnek a megfelelő hőmérsékletét biztosító előhevítés után számítottuk a termomechanikai kezelés „effektív adagidejét”, és juttattuk a kemencetérbe az előre kimért sóadagot. Míg az üzemi referenciát – az elterjedten alkalmazott só – a gyártó által zsákban kiszerelt és előre homogenizált állapot jellemezte, a saját sókeverékeinket a komponensekből – egyszerűen – mozsárban porítva és összekeverve igyekeztünk megfelelő állapotba hozni. Közben a betét fémes fázisából létrejött az olvadt fémfürdő (4c ábra) a hevítésből adódó termikus és a forgatásból eredő mechanikai hatások eredményeként.

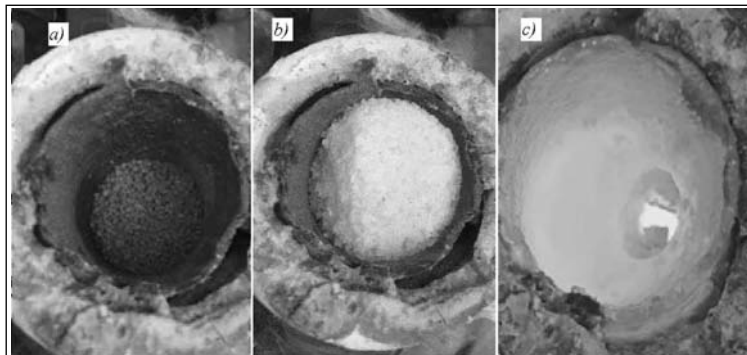
A megfelelő idejű kezelés végén a leállított kemencéből a fürdő felett felhalmozva maradt alapvetően oxidos salaktömeg csökkentése érdekében egy speciális kanállal „elősalakolást” végeztünk. Ezt követően az álló kemencetestet kis szögben előre billentve lecsapoltuk az összegyűlt fémolvadékot (5a ábra). Végül a csapolás után eltávolított-



■ 4. ábra. A nyers salakminta beadása (a, b), és a termomechanikus kezelése (c)



■ 5. ábra. A képződött fémfürdő csapolása (a) és a maradvány egy részének eltávolítása (b)



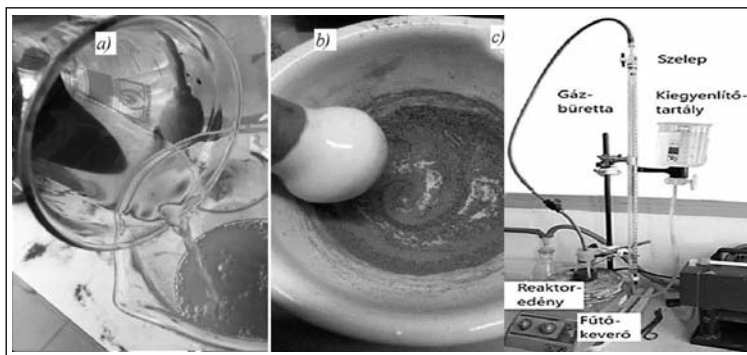
■ 6. ábra. A fémtartalom meghatározása a maradvány durva frakcióiban indukciós kiolvasztással, a – a frakció szemcséi, b – a szilárd kezelősóréteg, c – indukciós olvasztás

tuk a salakos maradványt a kemencéből egy erre készített speciális eszközzel (5b ábra).

A kinyert fém nagy része a kemence előrebilintésével volt csapolható, azonban a szekunder salakban visszamaradó különböző méretű fémszemcsék eloszlása is fontos információt hordoz. A kinyert fémnek a durvább szemcséi az üzemben alkalmazott nagy átmérőjű kemencetestben érvényesülő erősebb mechanikai törő hatások mellett jelentős részben a csapolt fémfürdőbe kerülhetnek volna. Ezért a szekunder salak fémtartalmát őrlés és ötfokozatú szitálás után a különböző szemcseméret-frakciókban (< 0,25 mm, 0,25–0,5 mm, 0,5–1 mm, 1–2,5 mm, 2,5–5 mm és > 5 mm) meghatároztuk. Erre két módszert fejlesztettünk ki, illetve tökéletesítettünk. A durvább frakciók esetében a fémes fázist nagy mennyiségű só olvadékában olvasztottuk ki egy nyitott fűtőterű, a betétet grafit-kerámia kettős falú tégelyben gyorsan hevíteni képes indukciós kemencében kb. 900 °C hőmérsékletre hevítve. Rövid hőn tartás után az olvadt keveréket fémlapra kiöntve és lehűtve, töréssel elkülöníthető volt az összeállt „fémregulusz”. Ennek a tömege mutatta az adott frakció fémkoncentrációját. Ezt a módszert szemlélteti a 6. ábra képsorozata.

A sóolvadékban történő kiolvasztási módszer a legkisebb szemcseméret (< 0,25 mm) esetében azonban nem volt járható út. A finom frakció jelentős oxidtartalma a sóolvadékot nagymértékben besűríti, valamint az egyes kis fémcseppek csupán kis koncentrációban és nagymértékben diszpergáltak jelen. Ezért a legfinomabb frakciókban található fémes fázis mennyiségének a meghatározására egy korábban kifejlesztett [2] módszernek a 7. ábrán szemléltetett pontosabb és továbbfejlesztett változatát alkalmaztuk. Ez a minta sótartalmának a vizes eltávolításából, a gázfejlesztést okozó AIN vegyület elbontását biztosító előkezelésből, szárításból, majd felületaktiváló mechanikus kezelésből, valamint a tömény (12 M) NaOH oldattal végzett reakcióban fejlődő hidrogéngáz (nyomás- és hőmérsékletkompenzációt is biztosító) továbbfejlesztett gázbürettás rendszeren alapuló mérésből állt.

A finom szemcséjű maradványanyag sótartalma desztillált vízzel közönséges körülmények között (7a ábra) is zömében eltávolítható. Azonban a nagy hőmérsékletű termomechanikai kezelés során a levegő-gáz égő haszná-

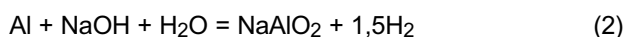


■ 7. ábra. A fémtartalom meghatározása a maradványsalak őrlött finom frakcióiban hidrogénfejlesztéses közvetett módszerrel, a – a sótartalom kioldása és az AIN-tartalom elbontása, b – mechanikus aktiválás, c – a fémtartalom reagáltatása

latakor elkerülhetetlenül képződő AIN vegyület

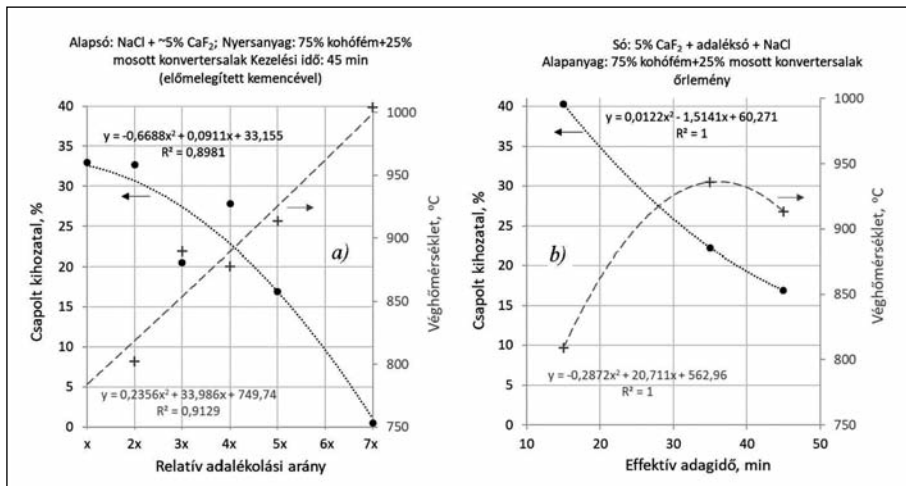


reakció szerint ammóniagázt fejleszt, ami zavaró a fémes Al forró NaOH oldattal történő



reakciójában keletkező hidrogén térfogatmérését. Ezért a fémtartalom meghatározása előtt közel 40 órán keresztül ~ 95 °C hőmérsékleten bontottuk el az (1) reakció szerint. Az ekkor alkalmazott nagy víztérfogat mellett a pH nem emelkedett a fémtartalommal reakcióra is képes szintre. A zavaró vegyületektől megtisztított porfrakciót ezután 150 °C hőmérsékleten szárazra pároltuk, majd a szemcsék felületét a 7b ábrán látható mozsárban dörzsölve aktiváltuk. Az így előkészített anyagból vett mintát a 7c ábrán látható kiegyenlített nyomású zárt reaktorban kevertük be a forró 12 M NaOH oldatba, ahol a keletkezett H₂ térfogatát gázbürettával mértük.

Mivel a kísérleti kemence kis átmérője mellett nem érvényesülhetett a forgatásból eredő mechanikai hatás olyan mértékben, mint az ipari konverterben, az oxidos mátrixból kiszabadult fémcseppekből az összefüggő fémfürdő kevésbé alakulhatott ki. Azonban, az adott minőségű primer salakkal elért átlagos üzemi fémkiszakozatokkal összevetve, meghatároztuk a csapolt fém mellett kapott maradvány azon szemcsefrakcióit, amelyek fémtartalma a hasznosnak



■ **8. ábra.** Az aktiváló sóadalék relatív mennyiségének a hatása a csapolt fém kihozatalára és a 45 perces effektív adagidő alatt elért betéthőmérsékletre (a), valamint adott mértékű adagolás mellett különböző effektív adagidőkkel kapott csapolt kihozatalok és hőmérsékletek (b)

tekinthető fémkihazatalhoz sorolandó. Ennek megfelelően, a csapolt tömb, az 1–2,5 mm, a 2,5–5, valamint a > 5 mm örlött és osztályozott szemcseméret frakciók külön meghatározott fémtartalmainak az összege jelentette az indikáció adó „hasznos fémkihazatalt”.

4. Kísérleti eredmények és értékelés

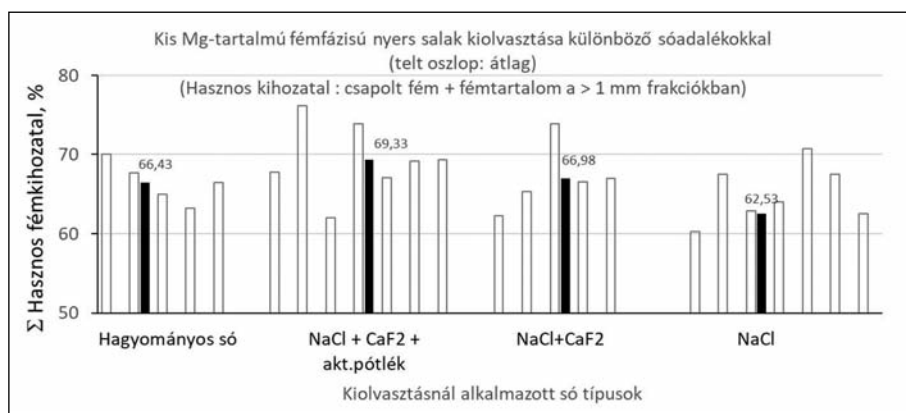
Elsősorban az üzemekben elterjedten alkalmazott NaCl-KCl + 3 ~ 5% CaF₂ alkotókból álló kezelősónak, valamint egy NaCl alapú, ~ 5% CaF₂-ot és a reakcióképes aktiváló alkotót tartalmazó sókeveréknek a hatását kívántuk összehasonlítani. Üzemi technológiából gyűjtött nyers alumínium-olvasztási salakminták kimért adagjaiban a fémes fázis arányát nem lehet rögzíteni. A minták fizikai összetételében jelentkező eltérések a kapott fémkihazatalokban – egy véletlenszerű zavaró hatásként – jelentős szórást okozva mutatkoztak meg. Ugyanakkor, több ismételt kísérleti beállítást is megvalósítva, a párhuzamos eredmények átlaga már alkalmas lehet a vizsgált hatások jellemzésére. Alternatív módszerként, azonos fémtartalmú „szintetikus” nyers salakot állítottunk elő a kísérlethez. Ekkor előzetesen örlött és sómentesített üzemi melegfeldolgozási maradványsalakot és adott mennyiségű kohóalumíniumot hevítettünk a fémfázist megolvastva, majd kevertünk össze lágyult állapotban.

Az utóbbi módszer szerint végeztünk előkísérleteket a reaktív sóadalék mennyiségének és az alkalmazott effektív adagidőnek a hatásvizsgálatára. Az eredményeket a 8. ábra szemlélteti.

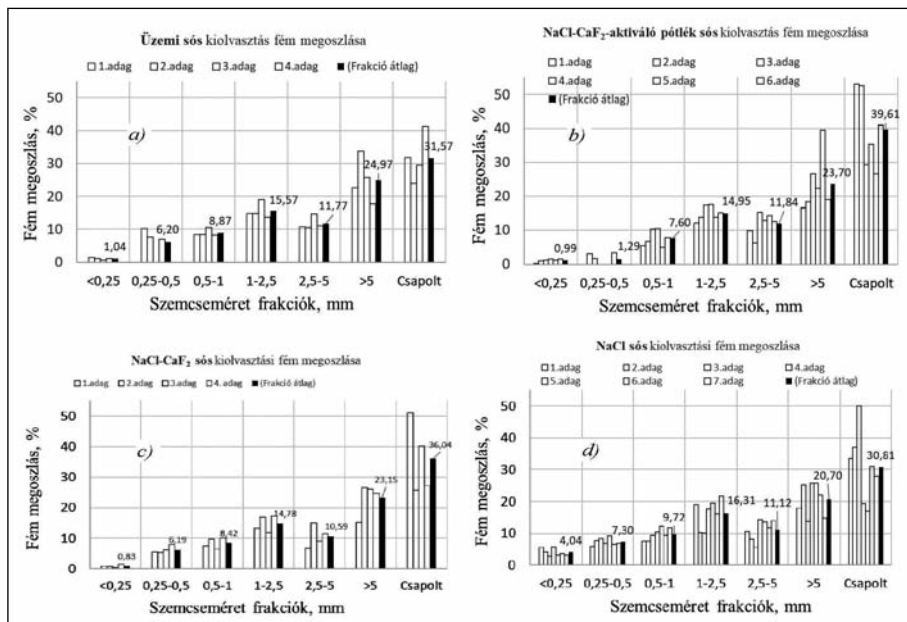
Az aktiváló sóadalék arányát növelve emelkedett a 45 perces effektív adagidő során elért betéthőmérséklet, de erőteljesen csökkent a csapolt fém kihozatali aránya a beadott szintetikus salakbetét tömegére vonatkozóan. Az összefüggés érthető, amennyiben az erős hőmérséklet-emelkedés éppen a fémfázis egy részének az

oxidációjával (leégésével) léphetett fel. A só hatásmechanizmusa azonban közvetlenül nem alapulhat egy vegyületfázisok közötti exoterm reakción, hiszen az alkalmazott mennyiség és a lehetséges komplex oxidképződés nem indokolná a tapasztalt hőfejlődés mértékét. Az aktiváló adaléksó azonban a szabad alumíniumfelületekkel reagálva jelentős hőt fejleszt. A fémcseppeket burkoló alumínium-oxid rétegben így nagyobb mértékben léphet fel a fajlagos térfogatcsökkenéssel járó $\gamma \geq \alpha$ fázisátalakulás, ami segíthette az alumíniumcseppeket burkoló vékony oxidréteg felszakadását. A szabadabbá váló diszpergált fémcseppek felü-

letéhez a CO₂ és H₂O alkotókból álló forró füstgáz is jobban hozzáférhet, és az így elősegített heterogén oxidáció már ~ 15–20 kJ/g Al in situ hőtermelést is okozhat. Az okozott további „fémleégést” túlkompenzálhatja a fém/oxidfázisok elválásának a lokális hőfejlődésből eredő kedvezőbb feltétele, valamint a szabadabbá váló apró cseppek koaleszcenciája. Azonban az eredményesség feltétele a feldolgozott nyers salak megfelelően darabos, nagyobb fémes agglomerációval is rendelkező állapota, valamint az adagidőnek legalább a hevítés gyorsulásának az arányában történő csökkentése. Ugyanakkor a kemence forgatását is célszerű mérsékelni, amivel a szabad cseppek egyesüléséhez megfelelő körülmények biztosíthatók. A 8b ábra szerint megfelelő adagolási arány esetén akár harmadára is csökkenthető az effektív adagidő, ami mellett a kihozatal még az adalékmentes referenciaérték feletti is lehet. A megfelelő technológia a betét hőmérsékletének a követését feltételezi, ami azonban a forgó kemencében nehezen kivitelezhető. Ennek ellenére a fenti eredmények jelzik, hogy a hagyományos „kezelősó” módosításával a fémkihazatal megtartása, illetve optimális beállítások mellett, akár emelése mellett, energiamegtakarításra és a termelékenység fokozására is van mód. A nagyobb mennyiségben rendelkezésre álló üzemi nyers alumíniumsalakból készített azonos tömegű és közel azonos méretű és jellegű dara-



■ **9. ábra.** A beadott só típusának a hatása a meleg salakfeldolgozás hasznos fémkihazatalára

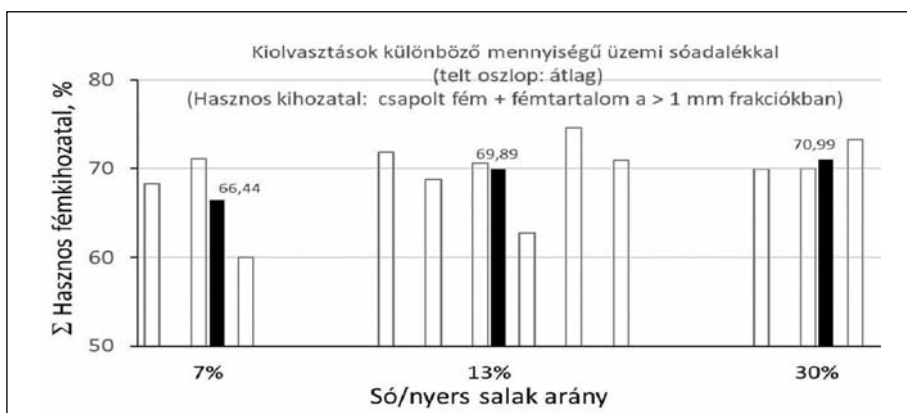


■ 10. ábra. A meleg salakfeldolgozásból kapott fémnek a termék frakciói közötti megoszlása különböző (a–d) sóadalekok alkalmazásakor

bokból álló betéteket többször ismételt kísérleti kioltásokkal vizsgáltuk. Ebben az esetben már nemcsak a csapolt fém, hanem a maradványsalak – őrlés és osztályozás után kapott – 1 mm-nél durvább szemcsefrakcióiban talált fémtartalmakat is figyelembe vettük, ami az üzemi berendezésben érvényes viszonyok között a csapolt fémbe kerülhet, így a kísérleti rendszerben a hasznos fémkhozatalhoz tartozik.

Az alapanyag változó fizikai összetétele jelentős szórást okozott, de a viszonylag nagyszámú párhuzamos eredmények átlagai összevethetők. Az aktíváló sóadalek alkalmazása mellett a hasznos fémkhozatal még nagyobbak adódott, mint amit az üzemben használt kereskedelmi beszerzésű sókeverék tudott biztosítani. Ugyanakkor, a fluoridos adalék jelentősége is látszik, hiszen csupán az alapalkotó NaCl adagolása esetében jelentősen kisebb fémkhozatal volt elérhető, mint a NaCl+CaF₂ keverékkel. Az eredményeket érdemes a 10. ábrán látható őrlött maradványfrakciók és a csapolt tömb közötti fémmegoszlás szempontjából is megvizsgálni.

A megfelelő sókeverékek a kioltás során a legfino-



■ 11. ábra. A só mennyiségének hatása a meleg salakfeldolgozás hasznos fémkhozatalára

mabb fémcseppek koaleszcenciáját segíti elő, így nagyobb önálló fémcseppek keletkeznek, amelyek az őrlött maradvány durvább szemcséit képezik. Ez a hatás mutatkozik az aktíváló pótlékkal adalékolt NaCl-CaF₂ alapú sókeverék 10b ábrán látható esetében, hiszen a betét fémtartalmának szignifikánsan kisebb hányada került a maradványsalak-örlemény legfinomabb frakciójába.

A kísérleti eljárással megvizsgáltuk a beadott üzemi só mennyiségének hatását is. Ebben az esetben az üzemből gyűjtött nyers salakok mintáiból és az elterjedten alkalmazott üzemi sóból képeztük a betéteket. A sóadagolási arányt egy általában jellemző értéket közelítően a felére, illetve duplájára emelve is végrehajtottuk a nyers salakminták melegfeldolgozását. Az

eredményeket a 11. ábra mutatja.

Az eredmények szerint a sóadagolás arányát érdemes a költségek és az elért hatások szempontjai szerint optimalizálni. Ekkor figyelembe kell venni, hogy a szokásos üzemi só mennyisége a nyers salak tömegére vonatkozó kb. 15%-os arány felett már nem okoz jelentős változást a fémkhozatalban. Ezt összevetve a 8. ábrán bemutatott eredményekkel, igazolja az aktíváló reagens adalék által bevezetett – eltérő mechanizmuson alapuló – további hatást.

5. Összefoglalás

Az alumíniumsalakok üzemi melegfeldolgozásánál adagolt só hatásmechanizmusának és a fémkinyerési hatékonysági, valamint az energiafelhasználási mutatók javítására alkalmas lehetőségek vizsgálatára kialakítottuk a nagylaboratóriumi méretű forgó dobkemencés kísérleti rendszert. Noha a kis méretek miatt a forgatásnak a betét törésében és keverésében megnyilvánuló mechanikus hatásai itt jelentősen gyengébbek, a vizsgált hatások kimutatása mégis lehetséges, amennyiben a csapolt formában kapott fém

mellett figyelembe vesszük a maradványban található durva fémszemcsék tömegét és eloszlását. Az elterjedten alkalmazott „üzemi só” adagolási arányát, valamint a szokásos üzemi paramétereket változtatva nem várható jelentős gazdasági előny. Azonban a diszpergált fémcseppek koaleszcenciáját a sóadalek alapvető hatása in túl, újabb hatások előidézésével is lehet fokozni. A betét finom fémcseppeinek a felületét kémiai reakciókkal tisztító, ezáltal a részleges oxidációból eredő lokális hőfejlésben megnyilvánuló me-

chanizmust elősegítő aktiváló adalék hatása előnyös lehet az alumíniumhulladék üzemi olvasztásából származó – erősen fémes – nyers salakok termomechanikai feldolgozásánál. Ugyanis a megfelelően optimalizált technológia melletti adagolásával jelentősen képes megváltoztatni a termomechanikai salakfeldolgozás körülményeit és jellemzőit. Az előmelegítést követő effektív adagidő lerövidítése mellett a hasznos fémkihozatal a szokásos üzemi só alkalmazásához viszonyítva megtartható, sőt még emelhető is. Ugyanakkor az aktivált só viszonylag kedvező áron beszerezhető alkotókból összeállítható, és a kapott eredményeket előzetes homogenizáló olvasztás nélkül, egyszerű keverékképzéssel is el lehetett érni. A kísérletek alapján sikerült kimutatni a hatásokat és alátámasztani a feltételezett mechanizmust, azonban a technológia alkalmazása az üzemi méretű berendezéssel végzett további optimalizálást is igényli. A melléktermékként kapott szekunder maradványsalak sótartalmának a vizes eljárással történő eltávolítása az elterjedten alkalmazott üzemi só esetéhez hasonlóan megvalósítható.

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott kutatás témáját és feltételeit részben a GINOP 2.2.1.-15-2016-00018 projekt támogatása segítette kialakítani, a munkát pedig az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-2 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programja átfogóan támogatta.

Irodalom

[1] *M. E. Schlesinger*: Aluminium recycling, 2nd. ed. ed., Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2014.

- [2] *T. Kékesi, T. Kulcsár*: Ötvözött alumíniumhulladékok olvasztása során keletkező salakok jellemzői. BKL Kohászat, vol. 150, no. 1, pp. 23–29, 2017.
- [3] *T. Kulcsár, T. Kékesi*: Thermo-mechanical extraction of aluminium from the dross of melting AlMg scrap. In MultiScienceXXXIst microCAD Int. Multidisciplinary Scientific Conference, Miskolc, Hungary, 20–21. April 2017, Section D, p.9..
- [4] *T. Smith*: Alumox and Reox: The treatment of dross and salt cake. Aluminium International Today, vol. 20, no. 2, pp. 18–22, 2008.
- [5] *T. Kékesi, T. Kulcsár*: Ötvözött alumíniumhulladékok olvasztása. BKL Kohászat, vol. 150, no. 1, pp. 23–29, 2017.
- [6] *F. K. Ho, Y. Sahai*: Interfacial tension between aluminium and molten salt flux. Materials transactions, JIM, vol. 38, no. 6, pp. 546–552, 1997.
- [7] *K. Krone*: Aluminium Recycling, Düsseldorf: VDS, 2000.
- [8] *E. Milke, B. Friedrich és A. Sydykov*: Solubility of CaF₂ in NaCl-KCl salt flux for Al-recycling and its effect on Al-loss. Proceedings – European Metallurgical Conference, EMC-4, 2005.
- [9] Luxel, 2013. [Online]. Available: <https://luxel.com/wp-content/uploads/2013/04/Luxel-Vapor-Pressure-Chart.pdf>.
- [10] *A. I. Beljajev, E. A. Semcsusina, L. A. Firsanova*: Physikalische Chemie geschmolzene Salze, Leipzig: VEB-Verlag der Grundstoffindustrie, 1964.
- [11] *B. Hegedüs, T. Kékesi*: Lehetőség az alumínium olvasztási salakok megfeldolgozási maradványainak hidrometallurgiai kezelésére. Kohászat, vol. 151, no. 1, 2018, pp. 29–35.
- [12] *Z. Soós, R. Géber, C. Tóth, Z. Igazvölgyi, B. Udvardi*: Utilization of aluminium dross. J. Silicate Based and Composite Mater., vol. 152, no. 2, pp. 89–93, 2017.
- [13] *B. Harcsik, T. Kékesi*: Az alumíniumolvasztási salak sótalánított megfeldolgozási maradványának acélipari felhasználása. BKL Kohászat, vol. 152, no. 2, pp. 3–8, 2019.
- [14] *I. Illés, M. Sassi, H. Zakiyya, T. Kékesi*: The fundamental kinetic characteristics of aqueous dissolution of chloride and fluoride salts from secondary aluminium dross. In Miskolci Egyetem, Miskolc-Egyetemváros, Magyarország, 2019.

Új szakkönyvek is segítik a kohásképzést a Miskolci Egyetemen

A Miskolci Egyetemen több évtizedes hagyománya és nemzetközileg is elismert tudományos iskolája van a fémek, fémes anyagok előállítását és feldolgozását oktató és kutató szakterületeknek. A fémkinyeréssel és a fémek kémiai jellegű kezelésével foglalkozó kémiai metallurgiai szakterületek széles spektrumából *dr. Kékesi Tamás* professzor a közelmúltban vállalkozott arra, hogy nagy elődök nyomdokában néhány új, és mindenki számára könnyen elérhető szakkönyvben foglalja össze a legfrissebb mérnöki alapozó kémiai metallurgiai ismereteket, továbbá elsősorban az alumínium előállítása és tisztítása folyamatainak, illetve technológiájának a jellemzőit.

Kékesi Tamás professzor a fő művek kiegészítő fejezeteinek kialakításába fiatal kollégákat is bevont, amivel a szakma és a tudomány iránti elkötelezettséget és a metallurgiai oktatás és kutatás jövőbeli művelését és gazdagítását is segíteni kívánta. A közelmúltban, illetve napjainkban megjelent kémiai metallurgiai, illetve könnyűfém-metallurgiai tárgyú könyvek a következők:

1. Kékesi Tamás: **Kémiai metallurgia alapjai** [PDF], (javított kiadás: 2018) 152 oldal
ISBN 978-963-358-066-0
<http://193.6.1.94:9080/?docId=33179>
2. Tamás Kékesi: **Fundamentals of Chemical Metallurgy** [PDF], (megjelenés: 2018) 153 oldal
ISBN 978-963-358-198-8
<http://193.6.1.94:9080/?docId=33180>
3. Kékesi Tamás: **Primer és szekunder alumíniummetallurgia** [PDF], (megjelenés: 2019) 279 oldal
ISBN 978-963-358-199-5
<http://193.6.1.94:9080/?docId=33176>
4. Kékesi Tamás, Szabó Gábor: **Alumíniumötvözetek típusai és feldolgozásuk félfolyamatos öntést követő hengerléssel** [PDF], (megjelenés: 2019) 50 oldal
ISBN 978-963-358-200-8
<http://193.6.1.94:9080/?docId=33177>
5. Kékesi Tamás, Illés István Balázs: **A magnézium és a titán előállítása** [PDF], (megjelenés: 2019) 70 oldal.

A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán folyó anyagmérnök és kohómérnök képzésekben részt vevő hallgatók és minden, e szakterületek iránt érdeklődő olvasó e szakkönyveket nagyon könnyen elérheti, sőt ingyenesen letöltheti a MIDRA (Miskolci Egyetem Raktár és Adattár) nyílt digitális adatbázisából az interneten keresztül.

Az először magyar nyelven megjelent Kémiai metallurgia alapjai c. digitális tananyag (kiadás éve: 2014, 144 oldal, lektorálta: *Dr. Bartha László*, a kémiai tudományok doktora) bevezető fejezeteiben mindenki számára érdeklődést keltően foglalkozik a fémek természeti előfordulásával és a kinyerésének több aspektusával (ilyenek például: előfordulási gyakoriság, az ásványi nyersanyagok típusai, a termelési és a piaci statisztikák). Ezt követően ismerteti a legfontosabb ércelőkészítési műveleteket, és kitér a hulladékok, mint a fémkinyerés alternatív nyersanyagai jelentőségére. A hangsúlyt a tiszta fémek vegyületekből történő fémkinyerésére, vagyis a kémiai metallurgiai eljárások folyamataira és reakcióira helyezi. A Metallurgiai termodinamika c. és a Metallurgiai reakciók kinetikája c. fejezetekben számos és nagy gonddal kivitelezett magyarázó ábra mellett, több gyakorlati számítási példán keresztül is igyekszik a szerző eme kiemelten fontos területek tudásanyagát közel hozni az olvasókhhoz. A könyv angol nyelvű változata *Fundamentals of Chemical Metallurgy* címen 2018-ban jelent meg, s ezzel a szerző azon külföldi, illetve angol nyelven tanuló egyetemi hallgatóknak is kívánt kedvezni, akik ezen a szakterületen a Miskolci Egyetemen folytatják a tanulmányaikat. Az angol nyelvű változat elkészítésénél a szerző igyekezett a korábbi magyar kiadás hibáit korrigálni, valamint a két nyelvi változatot szinte egymás tükörképeként megalkotni.

Kékesi Tamás tollából megjelent legújabb nagy terjedelmű és átfogó szakmai kiadvány már konkrétan a legfontosabb könnyűfémmel, az alumíniummal foglalkozik. A *Primer és szekunder alumíniummetallurgia* c. tan/szakkönyvben a korábban az egyetemi képzésben még meghatározó jelentőségű bauxitalapú primer alumíniumelőállítás az anyagnak már csupán csak a harmadát képviseli. Ez tükrözi a fejlett ipari régiókban tapasztalt, és Magyarországon is megélt technológiai változásokat és tendenciákat. Így jelentősen nagyobb hangsúlyt kapott az alumínium és alumíniumötvözet hulladékok, az alumíniumtartalmú salakok feldolgozása, valamint az olvadékezelés és -tisztítás folyamatai és technológiája. Ezt a témát a metallurgusok számára kiegészítő mellékletnek szánt, de végül önálló rövid kiadványként megjelent „Alumíniumötvözetek típusai és feldolgozásuk félfolyamatos öntést követő hengerléssel” c. anyag egészíti ki a féltermékek jellemző ötvözeteinek, valamint az alakadó eljárások alapvető technológiai bemutatásával. Utóbbi anyag összeállítását az alumíniumhengerlésben szakértő *Szabó Gábor* társszerzői közreműködése segítette. A hengerlésre kerülő anyagok félfolyamatos öntésének és a hengerlésnek az ilyen anyagokra vonatkozó sajátosságai az alakítástechnológiai szakterület korábbi jeles miskolci oktatóinak/kutatóinak megjelent, illetve összegyűjtött műveire történő hivatkozásokra épül.

A fentieket előrebocsátva érdemes a tartalmat részletesebben is jellemezni. A legfrissebb fő mű, a „Primer és szekunder alumíniummetallurgia” könyv első egyharmadában

(~ 100 oldalon) a bauxitok timföldre történő feldolgozásáról és a kohóalumíniumnak a kriolitos olvadékelektrolízissel történő előállításáról olvashatunk nagyon sok izgalmas technológiai részletre kiterjedően és a meglehetősen összetett rész-folyamatok fizikai-kémiai hátterét is megvilágítani törekvő egyértelmű szándékával. Ez utóbbi különösen értékessé teszi a mű teljes egészét. A továbbiakban az egyre jelentősebbé váló másodlagos (szekundér) alumínium előállítási technológiák újabb kori kihívásairól szól a mű maradék mintegy kétharmada (~ 200 oldalon). Ezekben a fejezetekben a szerző az alumíniumolvadékok kezelésének, tisztításának legkorszerűbb módszereit és ellenőrzési vizsgáló technikáit is részletesen ismerteti, és különös figyelmet szentel a hulladékok átolvasztása és a szükséges segédanyagok (kezelősók) és az átolvasztáskor képződő melléktermékek (salakok) kérdéskörének. Ez utóbbiak újrafelhasználása technikai lehetőségeinek tárgyalásával zárul az utolsó fejezet. Az olvasó olyan friss szakmai-tudományos ismereteket is talál, melyek összeállításában a szerző több évtizedes kutatási-fejlesztési munkáinak az eredményei is megjelennek. Ezek jó része szorosan kapcsolódik a magyarországi alumínium-előállítási és továbbfeldolgozási technológiákat alkalmazó kohászati vállalatok tevékenységéhez. Ez egyben a szóban forgó mű szakmai tartalma hitelességének és korszerűségének is az egyik záloga. Az irodalomjegyzékben 154 tétel szerepel betűrendbe szedve. Ezek közül egy tucat magától a szerzőtől és munkatársaiktól származik, ami önmagában is jelzi a szerzőnek a tárgykörben évtizedek alatt szerzett rendkívüli tudományos jártaságát és értékes gyakorlati tapasztaltságát.

A „Primer és szekunder alumíniummetallurgia” könyv további mellékleteként, de szintén önálló kiegészítéseként jelent meg „A magnézium és a titán előállítása” c. összeállítás (~70 oldal), amihez a legfrissebb szakirodalmi források összegyűjtése és feldolgozása tekintetében Kékesi Tamás társszerzőként bevont egy fiatal és tehetséges kutató kollégát, *Illés István Balázst*. Ez a közös erőfeszítés végül egy folyamatorientált összefoglalását adja a másik két fontos könnyűfém legmodernebb előállítási lehetőségeinek. Az összeállítás éppen 100, többségében igen friss irodalmi forrást is feldolgozva és sok színes illusztrációval gazdagítva tárgyalja a magnézium és a titán metallurgiáját.

A két fő mű, a Kémiai metallurgia és a Primer és szekunder alumíniummetallurgia, valamint a kisebb lélegzetű, de szintén fontos tartalmú kiegészítései hiánypótló művek. Nagyon szemléletesen és szemléletformálóan adnak képet a fémek, továbbá a modern kor egyre fontosabb ipari alapanyaga, az alumínium, és általában a könnyűfémek előállítási eljárásait megalapozó folyamatokról és technológiákról. E témakörben magyar nyelven utoljára közel 30 éve jelent meg egyetemi tankönyv/szakkönyv. (Könnnyűfémek metallurgiája címmel; szerzők: *Siklósi Péter, Pásztor Gedeon, Szepessy Andrásné*), melyből ma már nincs megvásárolható példány. Ezek az új tan/szakkönyvek a modern kor igényeinek megfelelő elektronikus formában, sőt ingyenesen elérhetőek, letölthetők a Miskolci Egyetem könyvtári repozitóriumából. Az angol nyelvű *Fundamentals of Chemical Metallurgy* könyv pedig kifejezetten a Miskolci Egyetem kohómérnöki (illetve anyagmérnöki) mesterképzésében megindult angol nyelvű nemzetközi oktatás segítségét szolgálhatja eredményesen.

Török Tamás

BÁRCZY PÁL

Anyagtechnológiától anyagtudományig és vissza

A cikk a mesterséges anyagok kitalálásának és elkészítésének a módjairól szól. A szerző az anyagtechnológia és az anyagtudomány viszonyrendszerét elemzi az innovációs teljesítőképesség szempontjából. Saját tapasztalatai alapján foglal állást a korszerű, sokalkotós anyagok célorientált és technológialapú fejlesztése mellett.

Mottó: A tudományok mécsék az éjben, de gyakorlat nélkül csak koporsói mécsék (Berzsenyi Dániel)

Bevezetés

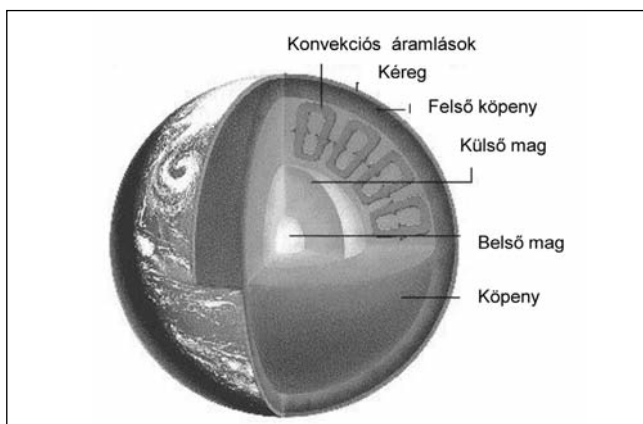
Az ember ritkán gondol rá, de ténykérdés, hogy környezetünk is és saját magunk is atomokból vagyunk összerakva. Világunkat 92 atom alkotja. Ezek kapcsolódása és szétválása adja a szilárd anyagot, ami az egész emberiség történetében meghatározó szerepet játszik. Köztudott, hogy a kőkorszak, a bronzkor, majd az acél kora után jelenleg a félvezető anyagok korát éljük. Egyesek szerint az űranyagokét.

Természetes anyagok

Az atomok összekapcsolódását környezeti paraméterek befolyásolják, ennek számtalan természetes anyag az eredménye. A természettudományok ezekkel a törvényszerűségekkel foglalkoznak. A legtöbb természetes anyag keletkezési történetét, előállítási módját még ma sem ismerjük. Ezek ugyanis rendkívül sok természettörvény térben és időben változatos módon bekövetkező működésének az eredményei. Élőhelyünk, a Föld olyan rejtélyes erők hatására összegyűlt gáz-, majd folyadékállapotú atomgyülekezet, ahol lassú hűlés során évmilliók alatt keletkeztek szilárd anyagok, ezek alkotják a földkérget (1. ábra). Legyen a természetes anyagra egy példa a badacsonyi bazalt (2. ábra). 17-féle atom alkotja. Miért nem 10, vagy miért nem 50? Ki tudja? Annyi biztos, hogy a természetes anyagokban mindig sok-sok atomfajta keveredett össze. A keveredés során egyedi anyagok keletkeztek, amelyeket pontosan



2. ábra. Bazaltoszlopok Badacsonyan



1. ábra. A Föld folyékony-szilárd szerkezete: az emberiség szülőhelye és atomraktára

san identifikálni lehetetlen. Nincs két egyforma természetes anyag, pont ez adja egyediségüket. Természetes anyagoknál a keletkezéskor aktív környezeti paraméterek hiányos ismerete és szórása miatt csak erősen limitált homogenitás elvárások fogalmazhatók meg.

Mesterséges anyagok

Ez a helyzet motiválta az anyaggyártó eljárások kidolgozását, mert itt a környezeti paramétereket mesterségesen állították be, s ezek megismételhetősége lehetővé tette a pontosabb tulajdonságokkal rendelkező mesterséges anyagok előállítását. Az anyaggyártó eljárások egyre szakszerűbbé váltak, ma ezt értjük anyagtechnológia alatt. Sokáig úgy gondolták, hogy ahány anyag, annyi anyagtechnológia, s ezeknek semmi közük egymáshoz. Szaporodtak a mesterségek, az üveges, fazekas, kovács,

Bárczy Pál okl. kohómérnök, 46 év oktatói pálya a Miskolci Egyetemen, a Fémteni Tanszék, a Nemfémek Anyagok Tanszéke és a Polimermérnöki Tanszék vezetése. Az anyagmérnöki szak alapító professzora. Űripari vállalkozás (Admatis) alapítója és ügyvezetője.

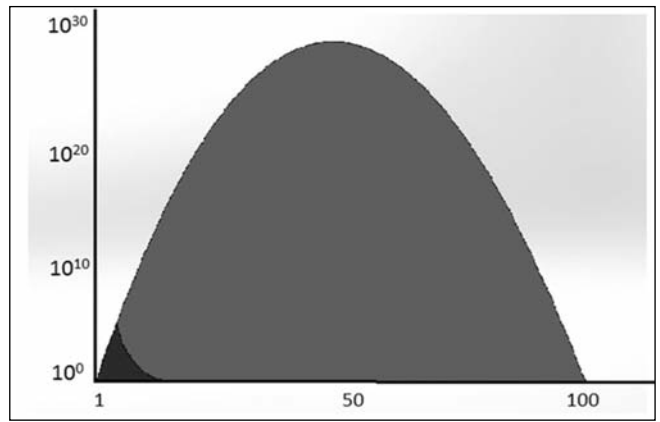
A cikk témájával kapcsolatban Olvasóink véleményét, észrevételeit szívesen látja a lap szerkesztősége.

építő, pék stb. [1], később az egyes anyagokra specializálódott mérnökségek (szilikátmérnök, kohómérnök, építőmérnök, élelmiszermérnök stb.). Még később ezek szintetizálásával – de főképp az új mesterséges anyagok iránti szükségletek által hajtva – létrejött az anyagmérnöki szakma, ahol az anyagtechnológiai műveletek közös nyelve is kialakulhatott. Végül a mai felsőoktatás szereplői és műhelyei fokozatosan tudománnyá avanszáltak. Cikkem témája az anyagtechnológia és az anyagtudomány kapcsolatrendszere, elsősorban az innovációs teljesítőképesség szempontjából nézve.

Amikor az ember igyekezett az atomok természetes környezetét megbontani, alapvetően két irányban indult el. Az egyik irány az atomfajták szeparálása, s egyetlen atomfajtából álló tiszta, majd szupertiszta anyagok előállítása. Ez a kutató-fejlesztő tevékenység ma is aktuális, a 4N, 6N, 9N tisztaságú anyagok előállítási technológiái a high-tech kategóriába tartoznak. Ezen az úton az egyetlen atomfajtából építhető számos struktúra tulajdonságai tárulnak fel, s az atomok térbeli elhelyezkedésének a jelentősége domborodik ki. A másik irány az atomfajták összekeverése. Az ötvözés, dópolás, adalékolás, adagösszeállítás, beoltás stb. útjain végelethetetlen számú új anyag állítható elő. Ez az út az empirikus kutatás-fejlesztés legfontosabb módszere. Az új anyaghoz új gyártástechnológia tartozik. A tulajdonságok és az új anyag szerkezete és tudományos igényű leírása többnyire hiányzik, elsősorban azért, mert a technológia mindig titkos (soha nem publikus).

Az anyagtudomány születése és első sikerei a fémekhez kötődnek [2]. A fémek mikroszerkezete és az összetétel közötti kapcsolatok leírása és termodinamikai értelmezése fontos előrelépés volt. A kétalkotós anyagok egyensúlyi viszonyainak leírása után a három-, négy-, ötalkotós rendszerek megismerése következett, de itt már a megismerésnek súlyos határaival kellett találkozni. A 3. ábrán megmutatom, hogy az anyagi rendszer alkotóinak a számától hogyan függ az ide tartozó anyagi rendszerek száma. Az ábra bal alsó sarkában jelzett kicsi tartomány mutatja a tudományosan leírt rendszerek számát (legfeljebb hatalkotós és legfeljebb tízezer darab). Jól látható, hogy a sokalkotós anyagi rendszerek többségének az egyensúlyi állapotát egyáltalán nem ismerjük. Nem csoda, hisz pl. ha ötvenféle atom által alkotott rendszerek egyensúlyi állapotait szeretnénk megismerni, 1028 rendszert kellene kikutatni és leírni. Ehhez azonban sokszáz évnyi megfeszített tudományos munkára lenne szükség [4].

A tudományos háttér hiányossága azonban nem jelent akadályt a technológiai fejlesztések számára. A fokozódó igényeket egyre több komponensű, egyre drágább anya-



3. ábra. A fázisdiagramok száma a komponensek számának függvényében

gok elégítik ki. Az 1–4. táblázatokban az acél, az üveg és a műanyag esetében mutatom be a komponensek gyarapodásával kifejlesztett mai korszerű anyagokat. A 11 komponensű turbinalapát-ötvözet (In738), a 11 komponensű optikai üveg (EAM140), vagy a 230 komponensű Forma1-es gumi jól példázza, hogy ezek az anyagok messze túl esnek a teoretikusan kezelhető atomelrendeződéseken.

1. táblázat. Néhány közismert vasötvözet

	C	Cr	Ni	Mo	V	Si	Mn	Al	Ti	Co	W	Zr	Ta	Nb	K
	%														
E460	0,2					0,6	1								4
CrMoV	0,3	1	0,5	1,2	0,2										6
A286	0,1	15	25	1,2	0,2			0,3	2						8
Udimet	0,03	15	55	3				2,5	5	14	1				9
In738	0,1	16	61	1,7				4,3	3,5	8,5	2	0,1	2	1	11

K = Komponensek száma (a vas komponens a táblázatban nem szerepel)

2. táblázat. Néhány gyártott üveg komponensei

Kód	S	A	N	K	P	Ce	M	B	C	Z	T	Komponensek száma
	%											
Kvarc	100											1
S glass	65	25					10					3
E glass	54	14	1			20	0,5	8				6
EAM140	54	14	8	10	3	1	0,2	0,3	5	1	0,3	11

3. táblázat. A 2. táblázatban szereplő komponenskódok magyarázata

Komponens	Kód	Komponens	Kód	Komponens	Kód
SiO ₂	S	P ₂ O ₅	P	CaO	C
Al ₂ O ₃	A	CeO ₂	Ce	ZrO ₂	Z
Na ₂ O	N	MgO	M	TiO ₂	T
K ₂ O	K	B ₂ O ₃	B		

4. táblázat. Néhány műanyag

Műanyag neve	Komponensek száma
Csomagolófólia	1
Befőttesgumi	9
Matrac	14
Márkás sportcipő	25
Forma1 kerékgumi	230

Jól látható, hogy az új anyagok kikísérletezésének a komponensek számának gyarapítása s az ehhez kapcsolódó technológiafejlesztés a fő eszköze. Az acélnál az elmúlt évtizedekben átértékeltük a tulajdonságfejlesztést mikro-ötözéses (V, Ti, Nb, B) technológiafejlesztéssel. Az AlMgSi anyagnál belépett a vas, a polietilénnél az antioxidáns és az UV rezisztens adagolás. Szinte valamennyi anyagnál próbálkoztak nanoadalekok (nanokarboncső, nano-szilícium-karbid stb.) bekeverésével. A tulajdonságjavító fejlesztések mindenütt a komponensek számának a növekedését hozták, és ez a tendencia nagyon is tartósan ígérkezik.

Eközben az anyagtudomány is nagyot lépett előre [3]. A tudományos megfigyelés vizsgálóeszközei szaporodtak, és az anyagszerkezetnek egyre több része vált megfigyelhetővé. Elektronmikroszkóppal ma már atomi felbontás is megvalósítható. Komputeres módszerekkel az atomok közvetlen környéke is modellezhető. Ilyen módon anyagstruktúrák viselkedése a virtuális térben követhetővé vált. Egyre több a remény, hogy ezek a modellek segíthetnek a technológia tervezésében. Egy-egy atomi szerkezet leírása és a változások megjósolása ma már hozhat sikereket. A tulajdonságok tervezésében azonban jelentős a lemaradás. Ma még nincs olyan eszköz, amivel egy térbeli atomszerkezet mechanikai, elektromos, mágneses, termikus, transzport tulajdonságai kiszámíthatóak lennének. A helyzet paradox. Ugyanis a tudomány művelésének lényeges eleme a publikálás. Ma igazán csak az számít tudománynak, amit publikálnak, s ezt követően nagy az idézettsége – azaz széles körben kellő figyelmet keltett a kortárs tudósokban. Az egyetemeken – köztük a Miskolci Egyetemen is – a rangot a publikációs teljesítményt mutató h-index jelenti. Az új anyagok keletkezésének és sikerének azonban nem ez a módszere, hanem egy valahol működő titkos technológia, s eredményképpen egy valóságos, kézbe vehető anyag, aminek versenyképes tulajdonságai vannak. Az új anyag tudományos igényű publikus leírása többnyire csak évek, évtizedek múlva születik meg, amikor már az anyag nem számít újnak, mert a piacon már megjelent a még újabb anyag [5].

Innováció [6]

A legtöbb ország, és természetesen az Európai Unió is felismerte, hogy a progresszió legfőbb alkotóeleme az innováció. Az új anyagokat célzó innovációnak elvben két módja van, aszerint, hogy honnan indul a kutatás (K), a fejlesztés (F), az ipari méretű gyártás (I) és a piac (P) állomásai közül. A kutatás helye rendszerint egyetem vagy kutatóintézet, a fejlesztés helye kisvállalkozás, a gyártás az ipar, az értékesítést a kereskedelem végzi.

A. Tudományos modell. Ideális modellben az innováció a kutatással kezdődik: $K \rightarrow F \rightarrow I \rightarrow P$. Legfőbb jellemzők: tudományos háttér, hosszú idő, erős verseny, nagy kockázat, nagy forrásigény. Megjegyzés: Magyarországon nem jellemző.

B. Technológiai modell. Ipari modell: $K \dots ? \dots F \leftarrow I \leftarrow P$. Fő jellemzők: piac diktálta kihívás, rövid idő, empirikus módszerek, biztató pénzügyi környezet, bizalmas tartalmak. Megjegyzés: Tipikus technológiafejlesztési feladat kisvállalkozásoknak.

A modell

Az Európai Unió komoly erőfeszítéseket tesz Európa technológiai pozíciójának a javítása érdekében. Egy jó példa erre a FET OPEN pályázati keret a HORIZON2020-on belül, ami egy A típusú innovációs kezdeményezés, kifejezetten a radikálisan új tudományos felismeréseken alapuló innováció támogatására. Egy ilyen felismerés az, hogy a nanoszemcsés színanyag termikus stabilitását fokozhatja egy-egy ötözötatom-fajta, ha a nanoszemcsehatárral kölcsönhatásba lép. Az elméleti modellek (ilyen több is van) megadják a stabilitási koncentráció és hőmérséklet határokat, ami nagyon is reménykeltő. Sajnos az elméleti modellek semmit nem tudnak arról mondani, hogy az ötözötatomokat hogyan kellene eljuttatni a nanoszemcsehatárra. Ez technológiailag vagy megoldható, vagy nem. Más szóval az elmélet helyességének az ellenőrzésére nincs módszer, ahhoz jelentős mértékű technológiafejlesztésre lenne szükség. A dolog ellentmondásossága (újszerűsége??) úgy is fogalmazható, hogy míg az elmúlt évszázad sikeres anyagfejlesztéseit az alkotók szaporítása irányába tolta a technológiai szükségszerűség (ami teoretikusan nem modellezhető, azaz tudománydeficit), miközben a modern tudomány a jól modellezhető kétalkotós anyagok világában aktív és technológiadeficitről beszél (az illető anyagstruktúrára nem állítható elő). Ez a példa jól mutatja az anyagtudomány és az anyagtechnológia kapcsolatrendszerét. Mindkettő kitűnően működik a saját diszciplinarendszerében, de az együttműködés nagyon nehéz. Az MTA kutatóintézetek sokat publikálnak, de nem csinálnak technológiát, a technológiafejlesztő iparközei műhelyek meg nem publikálnak.

B modell

Az európai űrügynökség, az ESA sokkal inkább a B típusú innovációs módot preferálja. Pályázati kiírásaiban konkrét teljesítményt produkáló anyag előállítását finanszírozza, tekintet nélkül annak háttérében meglapuló tudományos tartalmakra. Jó példa erre a műholdak élettartamát befolyásoló égéskamra, vagy a terabyte-nyi infótovábbításra képes üvegkábel anyagának, vagy a műholdalkatrész felületkezelésének a napjainkban aktuális fejlesztése. Az ESA a számára szükséges technológiák kifejlesztését támogatja (ESA HIS). Ilyen feladatoknál a felhasználó vagy a gyártó ad feladatokat a kutatóknak, nem fordítva, mint az A típusú innovációnál.

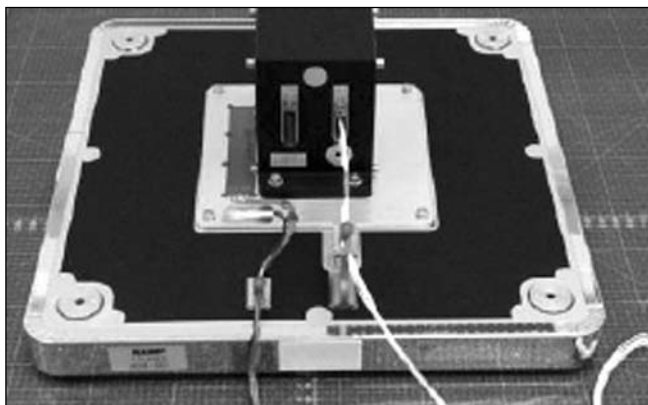
Saját tapasztalatok

Ötvennégy éves pályám során találkoztam mindenféle innovációval, új anyag létrehozását célzó projekttel. Sok témának voltam innovátora, projektvezetője. Az 5. táblázat régi-új projekteimből mutat egy válogatást, a fent bemutatott innovációfajták eredményességének a szemléltetésére. Nullát kapott az a fejlesztés, ami iránt nem sikerült piaci érdeklődőt találni. 1, ill. 2 az osztályzat, ha prototípus készült. 3-4 jelenti, hogy kísérleti gyártásra került sor. Végül az 5 szám azt jelenti, hogy a termék szériagyártásra került, és a piac befogadta.

A táblázatban siker alatt a létrejött gyártmányt érttem. Amint azt a táblázat is mutatja, az A típusú innovációs törekvések rendre elbuktak (0, ill. 2). Pedig azok mögött sokéves kutatómunka búj meg, sok-sok publikáció és tudományos dolgozat jelezte a befektetett munka nagyságát és minőségét. A B típusú innovációk hasznosság szempontjából mindig sokkal eredményesebbek voltak (3–5). Az A típusúak pedig tudományos eredményekhez vezettek (cikkek, PhD-oklevelek). Úgy is fogalmazhatunk, hogy nálam a tevékenységem anyagmérnöki (ME) része jobban működött. Ténykérdés az

is, hogy a bukott projektek 2–4 alkotós anyagokról szóltak, míg a sikeresek 7–10 komponensből álltak. Talán ezzel függ össze az is, hogy azok a kihívások vonzottak erősebben, ahol egy-egy probléma megoldása volt a feladat, s fokozottan eltávolodtam a publikációgyártó egyetemi világtól. Az anyagmérnöki szak kialakításában nagy lelkesedéssel vettem részt, s ez a lelkesedés a műszaki anyagtudománnyá válás során egyre apadt. Nem lelkesít az sem, hogy egyetemi karrier manapság kifejezetten a cikkgyártástól függ. Elkötelezett híve lettem a B típusú innovációnak. Így lettem kisvállalkozó, aki az ESA megrendeléseire igazodik, s megpróbál ezen a nem könnyű piacon anyagmérnökként helytállni.

A mérnök tudóssá válása ma Magyarországon presztizskérdés. Ez egy olyan tendencia, ami a tudomány helyének a félreismerésén alapszik. A tudós az egész emberiség tudásgyarapításában vesz részt permanens publikálási kényszer rabszolgájaként. A mérnök meg lokálisan izolálva technológiát fejleszt, gyártási titkokat őriz és értéket teremt. Ugyanakkor ma Magyarországon az egyetemek közül csak a tudománytermelésben szélsőségesen elkötelezettek érezhetik magukat biztonságban.



■ 4. ábra. Felületkezelt műhold panel

5. táblázat. A fejlesztések sikeressége az innovációjuktól szerint

Termék	Új anyag	Innovációs mód	Siker 0-5 skálán	Finanszírozó
Hosszú élettartamú csiszolószalag	Amorf fémszalag bennszülött kerámiaszemcsékkel	A	0	OTKA
Présszerszám tetőcserépgyártáshoz	Vízáteresztő SiC	B	4	Burton Apta Kft.
Olcso fogaskerék kézifúrógéphez	Kopásálló ferromangán porkohászati technológiával	B	5	EU Copernicus CIPA CT94-0108
Féktárcsa hosszú élettartammal	C/SiC kompozit	B	3	Széchenyi NKFP
Energiaelnyelő ütköző	Fémhab kompozit	A	2	GINOP
Műhold teleszkóp EU-alkatrész (4. ábra)	Nagyszilárdságú alumínium kromát bevonattal	B	5	ESA HIS ECD
Könnyű, erős autóbusz alváz	Vékonyfalú zárt profil mikroötvözött acélból	B	5	Dunai Vasmű
Új anyagmodell	Nanokristályos binér ötvözet	A	0	EU FET OPEN

A Miskolci Egyetem jó hírű gépgyártástechnológia tanszékből mára gyártástudományi tanszék lett, a régi kohómérnöki kart ma Műszaki Anyagtudományi Karnak hívják, az Anyagtechnológiai Intézet megszűnt. Ez riasztó. A mesterséges anyagok világa ugyanis olyan, hogy kb. 500 ezer anyag van világszerte forgalomban, s évente kb. 5 ezer új anyag kerül be a rendszerbe. (Nagyjából ugyanannyi anyag pedig kikerül a rendszerből, eladhatatlanná válik, elavul.) Ezek az új anyagok néhány tulajdonságukkal vannak definiálva (és persze az árukkal, jó esetben a gyártó, forgalmazó megnevezésével). Az új anyagokat cégek és az ott dolgozó mérnökök állítják elő, legtöbbször a B innovációs séma szerint. Többnyire a komponensek számának a növelésével (teszünk bele valamit...). Lényegében technológiai beavatkozással változtatnak tulajdonságokat. Ha jól sikerül, évtizedeken át kapható lesz ez az új (újszerű) anyag. Az iparban többnyire így történik az új anyagok létrehozása. Sokszor nem is szándékos az újszerűség, csupán új gyártóberendezésről, új minőségkontrollról, új beszállítókról van szó, az eredmény mégis egy új minőség, ami hasonlít a korábbihoz, de mégsem ugyanaz. Az új anyagoknak az összetétele, szerkezete és előállítási technológiája pedig szigorúan őrzött ipari titok.

A tudományos módszerek jól működnek az 1-2-3-4 komponensű rendszerekben, az anyagmérnök azonban mindig 8-10-? komponensű rendszerekben dolgozik. Ennélfogva beavatkozásai nem is lehetnek tudományos jellegűek, hanem sokkal inkább technológiai, tapasztalati, empirikus természetűek. Vagyis ide leleményes, képzett anyagmérnök kell, nem alaptudományokkal foglalkozó anyagtudós.

A különbség leginkább a módszerekben van. A tudományos vizsgálat mindig a jelenséget törekszik leírni, s emiatt a változók számát csökkenteni próbálja, hogy leírhatóvá és modellezhetővé tegye. A technológiafejlesztés során viszont csak az eredmény számít, s a változók száma, a kontrollparaméterek száma egyre nő, a jelenség egyre

komplexebb, a kémiai-fizikai törvények egyre inkább összekeverednek. A technológiafejlesztés vége egy új anyag, amihez egy titkos technológia és egy tulajdonságcsomag tartozik. Az anyag szerkezete és az eljárás során lejátszódó jelenségek, folyamatok többnyire felderíthetetlenek maradnak.

Összefoglalás

Gazdag országokban van pénz a tudományra és az A típusú innovációra, szegény országokban csak a B típusú innovációra futja. Ahol a műszaki egyetemre publikációs követelményeket szabnak (anyagtudomány), a B típusú tevékenység (anyagtechnológia) elsorvad. Ezért az eredménycentrikus mérnökök, technológusok jobban boldogulnak a termelőszférában, ahol titkos technológiák működnek, újak keletkeznek, és mindig a piac diktál. Erről szól az én életem is: 35 év egyetemi anyagtudományos működés után úripari technológiafejlesztés lett a főfoglalkozásom. Nálam az A módszert legyőzte a B. Az EU FET OPEN-t felülmúlta az ESA HIS.

A szakemberképzés szempontjából nyilván az lehet a legjobb, amikor az anyagtudomány és az anyagtechnológia összeépül és közös intézménybe tömörülve megfelelő kompromisszumokat talál. Így működnek szerte a világban a Materials Science and Engineering, (MSE) intézetek, és

ebbe a csoportba tartozik a miskolci Műszaki Anyagtudományi Kar (MAK) is. Nagy hiba lenne, ha a kar anyagtudományos törekvései visszaszorítanák hagyományosan magas színvonalon művelt ipari-technológiai irányultságát.

Irodalom

- [1] *J. Möller, B. Mokri: Az Európai Manufaktúrák és Fabrikák Mesterség Míveik*, J. T. Trattner kiadó, Pest, 1818.
- [2] *M. Ashby, H. Shercliff, D. Cebon: 2010. Materials engineering, science, processing and design (2nd ed.)*, Cambridge, UK, Butterworth-Heinemann imprint of Elsevier. ISBN: 978-1-85617-895-2.
- [3] *W. D. Callister: 2007. Materials Science and Engineering: An Introduction*, New York, USA, John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-0-471-73696-7.
- [4] *P. Barczy: Material development for space application*, International Spring School for Advanced Materials, Sardinia, Italy, 15–17 May, 2017.
- [5] *P. Barczy: Materials Science or Material Design*, MicroCAD2002, Nemzetközi Tudományos Konferencia Miskolc, 2002. 03. 07–08.
- [6] *P. Barczy: Innovation in MS&E sector*, FLAME workshop, ATOMKI, Debrecen, 2011. július 13.

SZLANCSIK ATTILA – KEMÉNY ALEXANDRA – KATONA BÁLINT – ORBULOV IMRE NORBERT

Alumíniummátrixú szintaktikus habok bemetszés-érzékenysége

Alumíniumötvözet alapú (Al99,5 és AlSi12) szintaktikus fémhabokat állítottunk elő nyomásos infiltrálással. A töltőanyag Globocer kerámiagömbhéj volt ~ 65 tf% térkitöltéssel. Az infiltrált tömbökből bemetszett próbatesteket munkáltunk ki különböző geometriájú szerszámokkal, majd hárompontos hajlítás során a terhelőerőt rögzítettük a keresztfej-elmozdulás és a repedéskinyílás függvényében. A szintaktikus fémhabok bemetszés-érzékenységének és szívósságának értékelésére a törési munka és a törési szívósság értékeket határoztuk meg. Az eredmények alapján mindkét mutató értékének ismerete szükséges a szintaktikus fémhabok viselkedésének leírásához. Kimutattuk, hogy a törési munka érzékeny a bemetszésre, míg a törési szívósság értékek csak a mátrixanyagtól függenek, és nem érzékenyek a bemetszés geometriájára.

1. Bevezetés

A szintaktikus fémhabok vagy kompozit fémhabok nagy fajlagos szilárdságú habanyagok. A szintaktikus fémhabokban a habjelleghez szükséges porozitást kis falvas-

tagságú gömbhéjak biztosítják. Ez a nagyobb relatív sűrűségű (~ 0,5) szerkezet kiemelkedő nyomószilárdsággal rendelkezik a „hagyományos” fémhabokhoz képest. Szerkezeti anyagokként történő alkalmazásuk esetén a fémhabok mechanikai és törési tulajdonságai, szívóssága

Szlancsik Attila 2017-ben, Kemény Alexandra 2019-ben szerezte meg MSc-diplomáját a BME Gépészmérnöki Karán, jelenleg mindkettő az Anyagtudomány és Technológia Tanszék doktorandusz hallgatói és az MTA-BME Lendület Kompozit Fémhabok Kutatócsoport kutatói.

Katona Bálint 2018-ban szerezte meg PhD-fokozatát a BME Gépészmérnöki Karán. Jelenleg az MTA-BME Lendület Kompozit Fémhabok Kutatócsoport kutatója, szintaktikus fémhabok fáradási tulajdonságaival foglalkozik.

Orbulov Imre Norbert 2009-ben szerzett PhD-fokozatot a BME Gépészmérnöki Karán, majd 2018-ban szerezte meg az MTA doktora címét. Jelenleg az Anyagtudomány és Technológia Tanszék docense és az MTA-BME Lendület Kompozit Fémhabok Kutatócsoport vezetője. Kutatási területe a fémmátrixú kompozitok és fémhabok előállítása és tulajdonságaik vizsgálata.

és bemetszésérzékenysége fontosak.

A legegyszerűbb módon *Chemusov* és *Chan* határozták meg a szívósságot mint elnyelt mechanikai munka az első repedés megjelenéséig történő zömítés alapján [1]. A cellás anyagok mechanikai vizsgálatára vonatkozó szabvány (ISO13314-2011 [2]) nem tartalmaz előírást a szívósság meghatározására, csak az energiaelnyelést és az energiaelnyelés hatékonyságát definiálja. A *Chemusov* és *Chan*-féle megközelítést érdemes figyelembe venni, hiszen a habanyagok fő terhelési típusa a nyomóterhelés, és a törési energia értelmezhető egyfajta szívóssági értéként is.

McCullough és munkatársai törésmechanikai megközelítésből vizsgálták az AlMgSi0,6 és AlMgSi10 alapanyagú, 0,1-0,4 relatív sűrűségű zártcellás habok szívósságát. A szerzők megállapították, hogy a vonatkozó szabványokban található előfárasztás habok esetén elhagyható, mivel az előfárasztott és a bemetszett próbatetek vizsgálata során kapott eredmények közötti különbség nem volt kimutatható [3].

Olurin és kutatócsoportja zártcellás fémhabok bemetszésérzékenységét vizsgálta két oldalról bemetszett mintákon és CT-próbatetekken. Megállapították, hogy a vizsgált habok nem érzékenyek a bemetszésre, a szívóssági vizsgálatok során pedig egy jellegzetes R-görbe viselkedést figyeltek meg [4]. Kutatásukat folytatva a fáradásos repedésterjedést vizsgálták. Az eredmények értékelésére a Paris–Erdogan-összefüggést alkalmazva, az m kitevő viszonylag nagy értékre adódott ($m = 20-25$) [5].

Motz és munkatársai zártcellás fémhabok törési tulajdonságaival és törési szívósságával foglalkoztak [6], majd a cellás anyagok fáradásos repedésterjedését tárgyalták [7]. A vizsgált zártcellás fémhabok sűrűsége 0,2-0,4 gcm⁻³ intervallumban változott. A méréseket különböző méretű CT-próbatetekken ($W = 50-300$ mm) végezték. A J_{IC} -mérések értékelhető eredményeket hoztak, azonban a kezdeti szívósság nagy szórást mutatott [6]. Később repedésterjedési vizsgálatokat végeztek a korábban vizsgált anyagokon. A mérések alapján ismételen nagy kitevő értékek adódtak ($m = 6-12$) a Paris–Erdogan-összefüggésben [7].

Combaz és *Mortensen* 0,10-0,24 relatív sűrűségű replikált (sózsemcsék tömör halmazára öntött, majd megszilárdulás után a só kioldásával létrehozott) alumíniumhabokat vizsgáltak. A méréseket DCT (disk shape CT) mintákon végezték. A minták tönkremenetele során a repedéscsúcs mögött bizonyos repedésáthidalási jelenséget figyeltek meg [8]. A későbbiekben a replikált alumíniumhabok furat és bemetszésérzékenység-vizsgálatára fókuszáltak, amely során a bemetszésen túl erős feszültség többtengegyűség jelent meg [9].

Kashef és munkatársai orvostechnikai alkalmazású titánötvözet alapú habok törési szívósságát [10] és fáradásos repedésterjedését [11] vizsgálták. A habokat porkohászati úton állították elő 0,3 és 0,4 relatív sűrűséggel. A szerzők később a

1. táblázat. Az alkalmazott mátrixanyagok kémiai összetétele (t%-ban)

Anyag	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	V	Ti
Al99,5	99,070	0,250	0,400	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,030
AlSi12	87,019	12,83	0,127	0,002	0,005	0,010	0,007	0,000	0,000

nagyobb relatív sűrűségű mintákon fáradásos repedésterjedést vizsgáltak, amely során a Paris–Erdogan-összefüggést alkalmazva a kitevő viszonylag nagy értékre adódott ($m \approx 17$) [11].

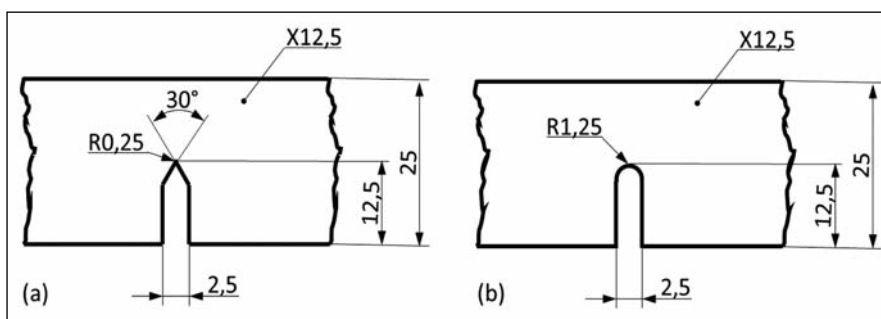
Ahogy a fentiekből látszik, a szintaktikus fémhabok bemetszésérzékenységi és szívóssági tulajdonságairól a szakirodalomban nincsenek eredmények, de még kísérletek sem. Jelen kutatásunk fő célja az alumíniummátrixú, kerámiagömbhéjjal töltött szintaktikus fémhabok bemetszésérzékenységének leírása.

2. Eszközök és módszerek

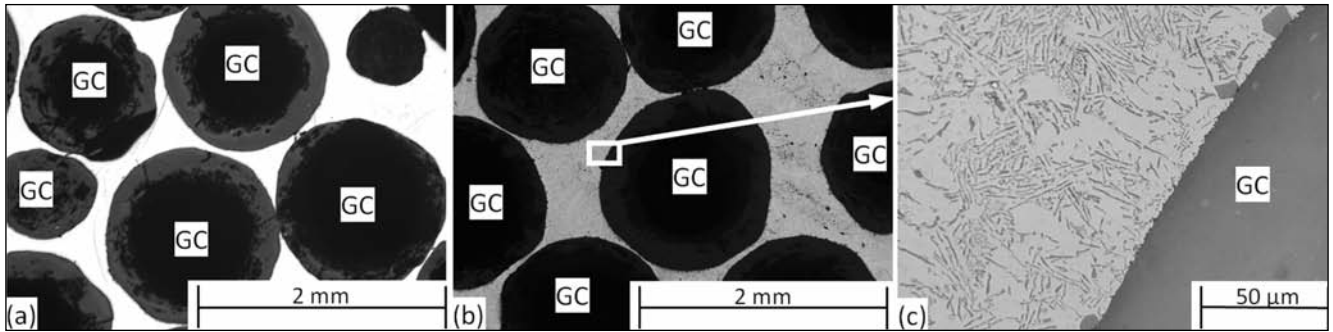
Al99,5 és AlSi12 mátrixú szintaktikus fémhabokat gyártunk inert gáznomások infiltrálással [12]. A mátrixok kémiai összetételét az 1. táblázat mutatja. A vegyesoxid kerámiagömbhéj töltőanyag (kereskedelmi nevén Globocer (GC), gyártja a Hollomet GmbH, Drezda, Németország) térkitöltése ~ 65 tf% [13,14]. A gömbhéjak kémiai összetétele 33 t% Al₂O₃, 48 t% SiO₂ és 19 t% Al₂O₃·SiO₂. Az infiltrálási hőmérséklet $T_{olv} + 50$ °C (710 °C Al99,5 és 625 °C AlSi12 mátrix esetén). Az infiltrálási nyomás 400 kPa, az idő pedig 30 s volt.

A hárompontos hajlítás próbatestjeit az infiltrált tömbökből munkáltuk ki (1. ábra). A minták szélessége $W = 25$ mm, vastagsága $B = 12,5$ mm és hossza $L = 105$ mm volt. A hajlítás alátámasztási távolsága $S = 100$ mm, az alátámasztó görgők átmérője pedig 10 mm. Az előállított fémhabok bemetszésérzékenység-vizsgálata érdekében a mintákat különböző bemetszésekkel gyártottuk (1. ábra): (i) éles, 12,5 mm hosszú bemetszéssel, amely törésmechanikai hárompontos hajlítópróbatestnél (TPB) elő van írva (repedéscsúcs $R = 0,25$ mm lekerekítéssel) és (ii) tompa, 12,5 mm hosszú bemetszéssel (repedéscsúcs $R = 1,25$ mm lekerekítéssel). Minden bemetszés egyenes, és a próbatetek teljes vastagságán átmenő. A minták elnevezése a mátrixanyag és bemetszéstípus alapján történt. Például az Al99,5-U-1 jelenti az első Al99,5 mátrixú, GC töltetű szintaktikus fémhabot U bemetszéssel.

McCullough és munkatársai kutatása alapján előfárasztás nem történt, hiszen az előfárasztott és az egyszerűen



1. ábra. A vizsgált bemetszésgeometriák: (a) éles bemetszés; (b) tompa bemetszés



■ **2. ábra.** Mikroszkópos felvételek az Al99,5 mátrixú (a) és AlSi12 mátrixú (b) szintaktikus fémhabokról, illetve az eutektikus szövetszerkezet kinagyítva (c)

bemetszett minták közötti eredmény nem mutat különbséget [3]. Minden anyag és bemetszésekombináció esetén legalább 3-3 mintát vizsgáltunk (összesen 12 minta). A mérések során a bemetszés kinyílását extenzométerrel követtük nyomon. A méréseket Instron 5965 univerzális anyagvizsgáló berendezésen végeztük, 1 mm/min keresztfejsébséggel. A mérések során a fellépő erőt rögzítettük a bemetszés kinyílásának függvényében.

3. Eredmények és következtetések

Egy rövid szerkezeti betekintés alapján (az anyagok makro- és mikroszkopikus jellemzőinek feltárására), az eredményeket ebben a részben összefoglaljuk és két megközelítés szerint tárgyaljuk, nevezetesen az (i) szívósság és (ii) fraktográfiai jellemzők tekintetében. A 2. ábra mikroszkópos felvételeket mutat az Al99,5 és AlSi12 alapú fémhabokról, amelyeken közel tökéletes infiltrálás figyelhető meg. Gyártás során az olvadt fém (világosabb fázis) betölti még a legszűkebb réseket is a kerámiagömbhéjak között („GC” felirattal jelölve). Az AlSi12 mátrixnál megfigyelhető az eutektikus szövetszerkezet (2c ábra).

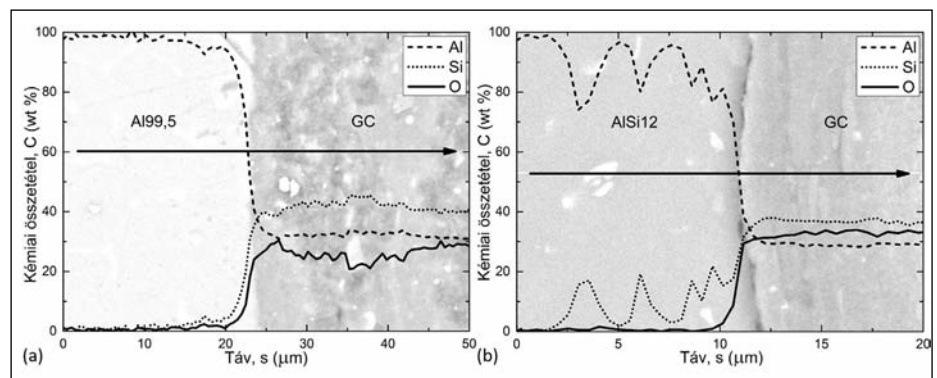
A szintaktikus fémhabok további szerkezetvizsgálata SEM-mel történt. A mérések célja a gömbhéjak és a fém-mátrix közötti kapcsolat vizsgálata, amely kritikus a szerkezeti integritás kérdésében. A kapcsolat lehet adhéziós és kohéziós. Adhéziós kapcsolat esetén a kötés csak a kerámiagömbhéjak felületének geometriai tulajdonságaitól függ. Kohéziós kapcsolat esetén egy vékony határréteg alakul ki a fémhab gyártása közben az olvadt fém és a kerámiagömbhéjak között kémiai reakciók hatására (az olvadt alumínium csökkenti a gömbhéjak SiO₂ mennyiségét, hogy Al₂O₃-ot képezzen és Si oldódjon ki a következő módon: $4Al + 3SiO_2 = 2Al_2O_3 + 3Si$). Valójában a két jelenség gyakran átfedésben van, amely egy komplex kapcsolatot eredményez. A határréteg vizsgálatára vonalmenti EDS-mérést alkalmaztunk merőlegesen a gömbhéj és a mátrixanyag közötti átmeneten (3. ábra).

A vonalmenti EDS-profilok megmutatják az egyes pontokban

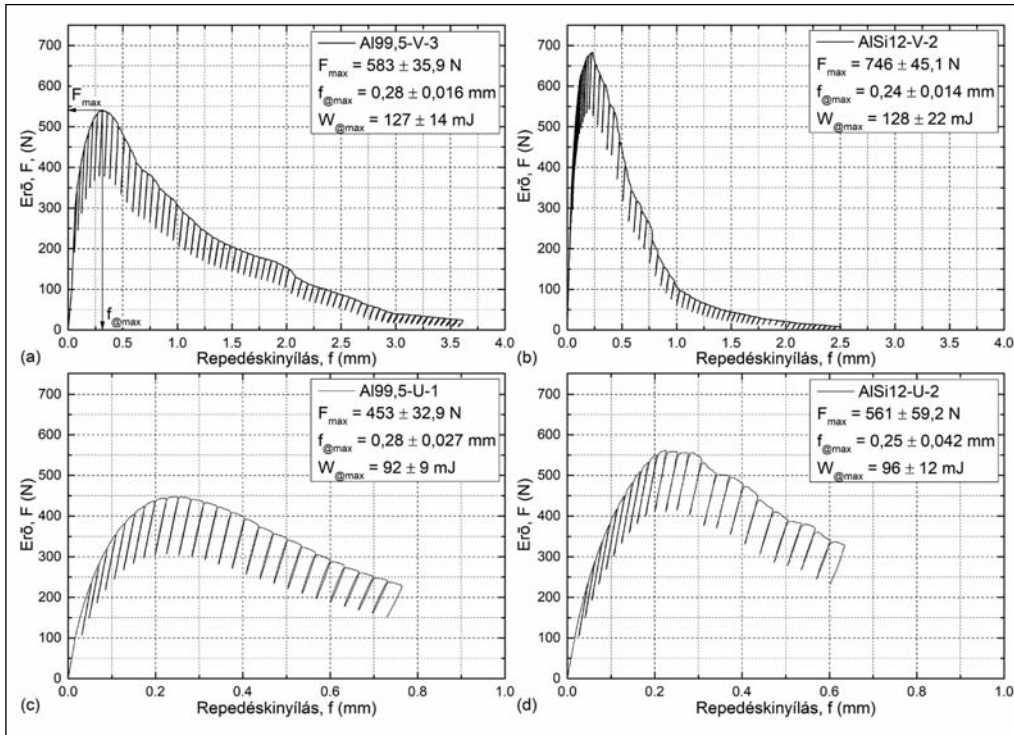
aktuális kémiai összetételt (t%-ban). A vonalak közötti átmenet meghatározza a határréteg vastagságát, amely az Al99,5 mátrixú fémhabnál ~ 5,0 μm, az AlSi12 mátrixúnál pedig ~ 2,5 μm (3. ábra). Ezek a határréteg-vastagságok kicsik (különösen az AlSi12 anyagnál, ahol az elektronnyaláb méretéből fakadó mérési bizonytalanság ~ 0,3 μm), tehát a mátrix és a kerámiagömbhéj között létrejövő kémiai reakciók egy ideálisan vékony határréteg létrejöttére korlátozódnak az Al99,5 mátrixnál. A 3b ábra görbéin a nagy ingadozásokat az eutektikus AlSi12 mátrixban megjelenő Si-lemezek okozzák, amelyek a felvételen is láthatóak (világos terület a vizsgálati vonalon). Bár ezek a kiválások esetenként „rejtve” maradnak a felület alatt, az EDS-vizsgálat kimutatja azokat, mivel nagyobb térfogatban történik az anyag vizsgálata, nem csak a felületi rétegben. A számszerű különbséget a két anyag határrétege között az AlSi12 relatív nagy Si-tartalma okozza, amely akadályozza a diffúziós reakciókat, így gyengébb kötés lép fel a gömbhéjak és az eutektikus mátrixanyag között.

3.1. Szívósság

A vizsgált anyagokra és bemetszésekombinációkra jellemző terhelés–repedéskinyílás görbéket a leterhelési ciklusokkal az 4. ábra mutatja be. Általában a lineárisan rugalmas szakasz után rövid képlékeny deformáció lépett fel, amely egy maximális erőértékben végződött. Eddig a pontig nem voltak ugrások a görbékben. A maximális terhelésnél a repedés megindult a bemetszés csúcspól, majd tovább terjedt az erő folyamatos csökkenése mellett. Az erőcsökkenés az AlSi12 mátrixú fémhabnál meredekebb volt az eltérő repe-



■ **3. ábra.** Vonalmenti EDS elemanalízis Al99,5 (a) és AlSi12 (b) mátrixú szintaktikus fémhabokon

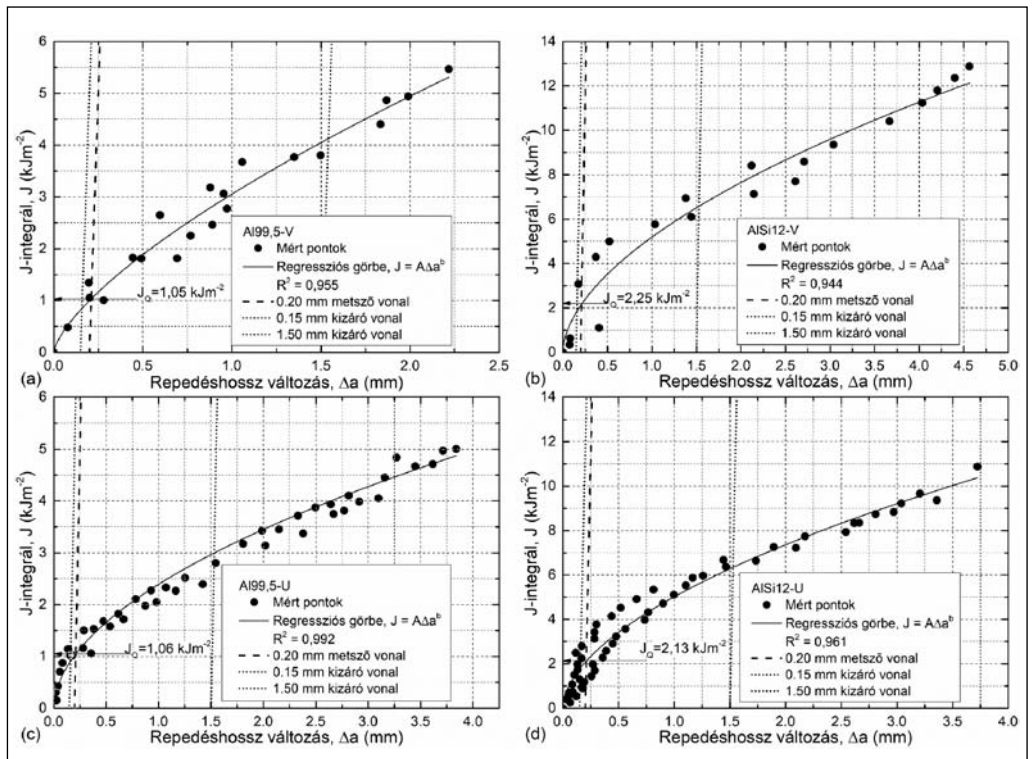


■ 4. ábra. Jellemző erő–repedéskinyílás diagramok AI99,5-V (a), AISi12-V (b), AI99,5-U (c) és AISi12-U (d) fémhabokra

désterjedési mód hatására, amelyet a 3.2. fejezet részletez. A maximális erőértékek, a hozzátartozó repedéskinyílások és a maximális erőig elnyelt energiák (az első repedés megjelenéséig), a vizsgált szintaktikus fémhabok karakterisztikus tulajdonságai a 4. ábrán láthatók.

Az AISi12 mátrixú fémhabok nagyobb (~ +25%) F_{max} értékekkel rendelkeztek az AI99,5 mátrixú habokhoz viszonyítva. Az AISi12 ridegebb tulajdonságának hatására a maximum erőértékekben nagyobb szórást mutatott. Hasonlóan, a nagyobb maximális erők kisebb (~ -15%) repedéskinyíláshoz tartoztak. A bemetszés-csúcs geometriáját tekintve a tompább végű bemetszések kisebb maximális erőt eredményeztek, míg a hozzájuk tartozó repedéskinyílás-értékek geometriától függetlenül azonosak maradtak. Az elnyelt mechanikai energia a kezdeti repedés megjelenéséig (törési energia, $W_{@max}$), vagyis az F_{max} pontig numerikusan lett integrálva az erő-keresztfej elmozdulás görbék mentén (nagyon hasonló az F-f gör-

A bemetszések geometriáját vizsgálva, nem várt módon a tompább bemetszések hoztak kisebb törési energiát, amely magyarázható azzal, hogy a bemetszés csúcsának közelében nagyobb valószínűséggel jelennek meg kritikus helyek (3.2. fejezet, repedésterjedés), és ennek hatására nagyobb valószínűséggel indul meg repedés már kisebb erő (és energia) értékeknél.



■ 5. ábra. J-R görbék a AI99,5-V (a), AISi12-V (b), AI99,5-U (c) és AISi12-U (d) fémhabokra

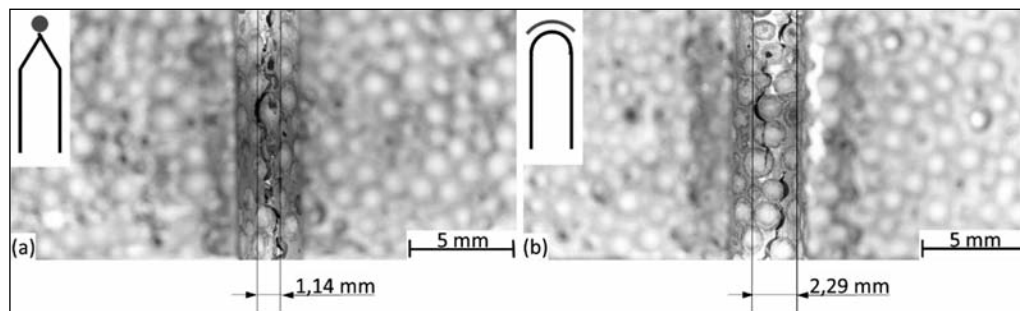
békhez, számértékeik a 2. táblázatban található). Ezek az energiák definiálhatók szívóssági mérőszámként, hiszen megmutatják az energiát, amely a minta töréséhez szükséges. A törésienergia-értékek csak a bemetszés geometriájától függenek, tehát ezzel a módszerrel a mátrixanyag tulajdonságai nem vizsgálhatók, csak bemetszés-érzékeny eredmények kaphatók. A különböző mátrixú minták közel azonos $W_{@max}$ értékeket adtak. Az erőnövekedés és az elmozdulás csökkenése kompenzálták egymást; mindazonáltal az AISi12 anyag nagyobb erőszórása befolyásolta a törésienergia-értékeket is.

Törésmechanikai megközelítésből minden kombináció rugalmas-képlékeny viselkedést mutat, és a K_{IC} értékeket nem lehet meghatározni a 95%-os metsző módszerrel, mivel az $F_{max}/F_Q < 1,1$ kritérium egyértelműen nem teljesül. Éppen ezért az R-görbe megközelítéssel kell kiértékelni a méréseket. Ez a módszer az erő-repedéskinyílás görbéket J-integrál repedéshossz-változás (J-R görbe) görbévé alakítja. A J-R görbék kiértékelhetők a J-integrál kérdéses értékére (J_Q), amely ellenőrizhető, hogy anyagtulajdonság-e (J_{IC}), vagy csak az adott geometriájú próbatestre érvényes. Jelen esetben a J_Q csak a vizsgált vastagságra érvényes. A vizsgált minták J-R görbéit az 5. ábra mutatja.

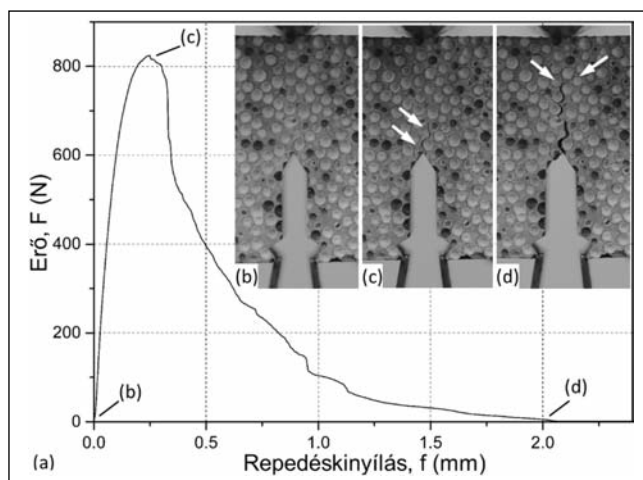
A J-R görbék az azonos típusú szintaktikus fémhabok mért adatainak összességét mutatják. A pontokra illesztett regressziós görbék egyenlete: $J = A \cdot \Delta a^b$, ahol az illesztés korrelációja: $R^2 > 0,944$, tehát az illesztés jó. A szabvány alapján 0,15 és 1,50 mm-nél kizárási vonalakat vettünk fel (5. ábra pontvonalai), valamint 0,20 mm-nél metsző vonalat (5. ábra szaggatott vonalait), amely szerkesztési vonalként szolgál; az illesztett görbe metszésénél kiadja a J_Q értéket (5. ábra nyilait). A metsző vonal meredeksége $2\sigma_Y$, ahol σ_Y az úgynevezett tényleges folyáshatár (50 MPa az Al99,5 mátrixú és 115 MPa az AISi12 mátrixú szintaktikus fémhabokra). A meghatározott J_Q értékek akkor értelmezhetőek törési szívósság (J_{IC}) értékeknek, ha mind az eredeti bemetszésen túli b_0 vastagság ($b_0 = W - a_0$, ahol a_0 a bemetszés eredeti hossza), mind a B vastagság nagyobb, mint $25 J_Q/\sigma_Y$. Ezek a kritériumok minden esetben teljesültek, így minden mért J_Q érték, törési szívósság érték (J_{IC}) is egyben. Az így kapott törési szívósság értékek egy nagyságrenddel nagyobbak, mint a „hagyományos” haboknál mértek [3, 8]. Figyelembe véve a mátrixanyag és a bemetszés geometriájának hatását, a kapott törésimunka-vizsgálatokkal ellentétes eredményeket kaptunk, vagyis a törési szívósság csak a mátrix anyagától függ, így ebből a szempontból a vizsgált fémhabok a bemetszésre nem érzékenyek (2. táblázat).

2. táblázat. A szívóssági vizsgálatok eredményei

Fémhab típusa	Törési munka, $W_{@max}$ (mJ)	Törési szívósság, J_{IC} (kJm ⁻²)
	Bemetszésérzékeny	Bemetszésre nem érzékeny
Al99,5-V	127 ± 14	1,05
AISi12-V	128 ± 22	2,25
Al99,5-U	92 ± 9	1,06
AISi12-U	96 ± 12	2,13



7. ábra. Kezdődő repedés az AISi12-V-3 (a) és Al99,5-U-3 (b) próbatesteken



6. ábra. A bemetszett fémhabok tönkremenetele: erő-repedéskinyílás diagram (a) és a repedés terjedése az AISi12-V-1 minta felületén bemutatva (b–d)

Ennek a jelenségnek a hatására a szintaktikus fémhab-szerkezetek szívósságának meghatározása egy komplex feladat, és függ a bemetszés geometriájától ($W_{@max}$ alapján) és a mátrix anyagától is (J_{IC} alapján). A vizsgált anyag és bemetszésgeometria-kombinációk közül az AISi12-V típusú fémhabok teljesítettek a legjobban, hiszen nagy törési munka mellett a törési szívósságuk is nagy.

3.2. Repedésterjedés

Először a minták tönkremeneteli folyamatát vizsgáltuk a terhelés során. A 6. ábra mutatja az AISi12-V próbatest erő-repedéskinyílás diagramját, valamint a hozzátartozó felületi fényképeket három különböző terhelésnél. Nulla terhelési szintnél, a vizsgálat megkezdése előtt a próbatest ép (6b ábra). A terhelőerő maximumánál repedés keletkezik a bemetszés végénél (6c ábra), majd a gömbhéjak és mátrixanyag közötti határretegen tovább terjed (6c és 6d ábrák). Az AISi12 mátrixnál az Al99,5 mátrixanyaghoz képesti relatív ridegsége miatt a maximális terhelés után kismértékű erőingadozás lépett fel a diagramon. A repedés növekedésével a terhelés folyamatosan csökken, majd egy bizonyos pontnál az erő nagymértékben leesik, ahogy a repedésből több kisebb repedés szerteágazik (6d ábra, nyilakkal jelölve), majd a minta két részre törik.

Ahogy a 3.1. fejezetben is említettük, a különböző bemetszésgeometriák különböző repedéskiindulást eredményeztek, ami magyarázattal szolgál a nem várt módon kisebb törésimunka-értékekre tompább bemetszéseknél.

A repedés létrejöttéhez szükséges felület nagyobb a tompa U bemetszéseknél, hiszen a feszültségkoncentráció kisebb, és a 7b ábra bal felső sematikus rajzaihoz hasonló feszültségeloszlás tapasztalható a bemetszés csúcsánál. A 7. ábrán továbbá makroképek láthatók a bemet-

széscsúcsokról a bemetszések irányából (az 1. ábrára vonatkoztatva alulnézetből).

A V bemetszésű próbatesteknél a teljes feszültség a bemetszés csúcsában koncentrálódik, amely hatására a repedés kis térfogaton indul meg (az érintett zóna szélessége $1,12 \pm 0,11$ mm). Ezzel szemben az U bemetszésű próbatesteknél a bemetszés csúcsánál nagyobb felület érintett ($2,25 \pm 0,24$ mm), tehát a kritikus repedéskeindulási hely lehetősége nagyobb ezen a nagyobb felületen. Ennek hatására a repedés kisebb törésmunka-értékeknél megindul. A törött próbatesteken megfigyelhetők a repedésterjedési síkok, valamint információval szolgálnak a kerámiagömbhéjak és mátrixanyag közötti kapcsolatáról. Erre egy egyszerű módszer, ha megszámloljuk a törött és ép gömbhéjakat a felvételeken. A törött gömbhéjak erős kapcsolatot feltételeznek a mátrixanyaggal, hiszen a gömbhéjak a helyükön maradtak, és a repedés rajtuk keresztül tudott csak tovább terjedni. Az ép gömbhéjak ugyanezen elv mentén pedig gyengébb kötésre engednek következtetni, hiszen a mátrixanyagtól elváltak a repedés terjedésekor. Az így kapott értékeket mutatja a 3. táblázat.

3. táblázat. A töretfelületen lévő törött és ép gömbhéjak aránya

Fémhab típusa	Törött gömbhéjak	Összes gömbhéj	Arány (%)
Al99,5-V	52	87	59,8
AlSi12-V	15	98	15,3
Al99,5-U	49	89	55,1
AlSi12-U	14	96	14,6

Az Al99,5 mátrixanyag esetén a törött gömbhéjak aránya az összes gömbhéjhoz képest 55-60%, míg az AlSi12 mátrixanyagnál ez az érték ~15%, amely gyengébb kapcsolatot bizonyít. Mindazonáltal a repedésterjedéshez szükséges hossz nagyobb az AlSi12 mátrixnál, amely nagyobb J_{IC} értéket és gyorsabban növekvő R-görbét (lásd 6. ábra) eredményez.

4. Következtetések

A kísérletek és eredmények alapján a szintaktikus fémhabok törési tulajdonságai és bemetszésérzékenysége kapcsán az alábbi következtetések vonhatók le:

- A szintaktikus fémhabok rugalmas-képlékeny törési tulajdonságot mutattak, így a törési munka mérésén túl az R-görbe mérése is információval szolgál a szívósság vizsgálatában.
- A maximális erőig mért törési munka és a J-integrál kritikus értéke is szükséges a fémhabok szívósságának megítéléséhez. A $W_{@max}$ értékek érzékenyek a bemetszés geometriájára, míg a J_{IC} értékek csak a mátrix anyagtól függenek.
- Az U bemetszésnél a bemetszés végénél nagyobb eséllyel jelenik meg egy kritikus hely, tehát kisebb $W_{@max}$ értéknél mentek tönkre, mint a V bemetszésű próbatestek.
- A repedéscsúcsból kiinduló repedések a különböző mátrixú fémhabokban eltérő módon terjedtek tovább, ezzel eltérő tönkremeneteli módokat eredményezve. Az Al99,5 mátrixú szintaktikus fémhabban a repedés a gömbhéja-

kon keresztül terjedt, amely erős kapcsolatra enged következtetni a mátrixanyag és a gömbhéjak között. Az AlSi12 mátrixnál majdnem minden gömbhéjat kikerült a repedés, tehát gyengébb kapcsolat állt csak fenn a mátrix és a gömbhéjak között, amely viszont hosszabb repedéshosszt és így nagyobb R-görbét eredményez.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberi Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Nanotechnológia (BME FIKP-NANO) tématerületi programja keretében. A kutatás az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

Irodalom

- [1] Chernousov, A. A., Chan, B. Y. B.: Optimising in-situ nitridation in piled aluminium flakes for novel closed cell composites with high fracture stress and toughness. *Mater. Des.* 2018, 150, 113–123.
- [2] ISO13314:2011–Mechanical Testing of Metals–Ductility Testing–Compression Test for Porous and Cellular Metals; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2011.
- [3] McCullough, K. Y. G., Fleck, N. A., Ashby, M. F.: Toughness of aluminium alloy foams. *Acta Mater.* 1999, 47, 2331–2343.
- [4] Olurin, O. B., Fleck, N. A., Ashby, M. F.: Deformation and fracture of aluminium foams. *Mater. Sci. Eng. A* 2000, 291, 136–146.
- [5] Olurin, O. B., McCullough, K. Y. G., Fleck, N. A., Ashby, M. F.: Fatigue crack propagation in aluminium alloy foams. *Int. J. Fatigue* 2001, 23, 375–382.
- [6] Motz, C., Pippin, R.: Fracture behaviour and fracture toughness of ductile closed-cell metallic foams. *Acta Mater.* 2002, 50, 2013–2033.
- [7] Motz, C., Friedl, O., Pippin, R.: Fatigue crack propagation in cellular metals. *Int. J. Fatigue* 2005, 27, 1571–1581.
- [8] Combaz, E., Mortensen, A.: Fracture toughness of Al replicated foam. *Acta Mater.* 2010, 58, 4590–4603.
- [9] Combaz, E., Rossoli, A., Mortensen, A.: Hole and notch sensitivity of aluminium replicated foam. *Acta Mater.* 2011, 59, 572–581.
- [10] Kashef, S., Asgari, A., Hilditch, T. B., Yan, W., Goel, V. K., Hodgson, P. D.: Fracture toughness of titanium foams for medical applications. *Mater. Sci. Eng. A* 2010, 527, 7689–7693.
- [11] Kashef, S., Asgari, A., Hilditch, T. B., Yan, W., Goel, V. K., Hodgson, P. D.: Fatigue crack growth behavior of titanium foams for medical applications. *Mater. Sci. Eng. A* 2011, 528, 1602–1607.
- [12] Orbulov, I. N.: Metal matrix syntactic foams produced by pressure infiltration – The effect of infiltration parameters. *Mater. Sci. Eng. A* 2013, 583, 11–19.
- [13] Jaeger, H. M., Nagel, S. R.: Physics of the Granular State. *Science* 1992, 255, 1523–1531.
- [14] Torquato, S., Truskett, T. M., Debenedetti, P. G.: Is Random Close Packing of Spheres Well Defined? *Phys. Rev. Lett.* 2000, 84, 2064–2067

Amorf és nanokristályos lágymágneses anyagok bevezethetőségének vizsgálata gépjármű elektromotorok gyártásába

Napjainkban az elektromos motorok hatékonyságával szemben is egyre szigorodó előírások lépnek életbe. A lágymágneses anyagok körébe tartozó amorf és nanokristályos szalagok kedvező mágneses tulajdonságaikkal vonzó alternatívát jelentenek jobb hatásfokú elektromos motorok gyártásában is a hagyományos vas-mag alapanyagok helyett. A motorállórész pakettált szegmenseinek kialakításánál a fő technológiai problémát a kivágás jelenti, mivel nehézkes egy nagy alapkeménységű, koptató tulajdonságú vékony szalaganyag feldolgozásához megfelelő technológiát találni. Választásunk a pakettálandó szegmenslemezek, lamellák lézersugaras vágására esett, de ebben az esetben számolnunk kell a hőhatásövezet mechanikai és mágneses tulajdonságokra gyakorolt hatásával is. Különböző lézersugaras vágási eljárások után ezt a hőhatásövezet vizsgáltuk indirekt és direkt szerkezetvizsgálati módszerekkel.

Bevezetés

A járműiparban jelenleg az új kibocsátási előírások következtében folyamatosan csökken a belső égésű motorral gyártott autók piaci részesedése. A hibrid és a tisztán elektromos hajtások fokozatosan nyernek teret a piacon, aminek legnagyobb előnye a lokális emissziócsökkentés vagy akár -mentesség. Ezen cél elérése végett igény lett az elektromos járművek (EV electric vehicle) nagyobb volumenű gyártására. A nagy ipari gyártók folyamatosan keresik a megoldásokat az egyszerű konstrukciójú és nagyobb hatásfokú elektromotor minél termelékenyebb és olcsóbb gyártásához [1]. Az elektromotorokban található állórész (sztator) és forgórész (rotor) testek hagyományosan, túlnyomóan FeSi ötvözetű elektrotechnikai acélszalagokból kisajtott lemezcsomagok (pakettek). A különösen járműipari felhasználásra szánt elektromotorok hatásfokára vonatkozó elvárásokat még nehezebb teljesíteni a hagyományos elektrotechnikai szalagokkal.

Amorf szalagok a kedvezőbb tulajdonságaik (nagy permeabilitás, kis koercitív erő és a lényegesen nagyobb fajlagos ellenállás) által kiterjedt alkalmazásra leltek az elektronikában, híradástechnikában és az elektrotechnikában is kisebb-nagyobb transzformátorvasmagok gyártásában az 1970-es évekbeli megjelenésüktől kezdve. Mostanra már a legnagyobb AMT – amorf vasmaggal épített kb. 30 t súlyú leválasztó transzformátorok a 12 MVA teljesítményt is elérik (99,31%-os hatásfokkal/hatékonysággal) [2].

Amorf szalagok tömeggyártásra alkalmas technológiájának az alapja a fémolvadék nagyon nagy (1000 °C/sec)

hűlési sebesség mellett történő megszilárdulása nagy hővezető-képességű, gyorsan forgó fémhenger palástja mentén. A hőelvezetésnek, a lehűlés sebességének és a megszilárdulásnak az atomrendeződésnél gyorsabbnak kell lennie, hogy teljesen véletlenszerű maradjon az atomok elhelyezkedése egymáshoz képest, épp úgy, mint az olvadékokban [3].

Magyarországon a KFKI-ban kezdődtek kutatások a 70-es évek közepén, amorf lágymágneses anyagok előállítására és az amorf szerkezet tulajdonságainak megismerésére. A kísérletek hamarosan a Csepel Művek Fémműben folytatódtak, ahol alkalmazástechnikai kísérletek is folytak saját tervezésű és építésű félüzemi berendezéssel, amellyel max. kb. 50 mm széles szalagokat lehetett gyártani egy gyorsan forgó henger palástja mentén megszilárduló max. kb. 10 kg súlyú olvadékból, amit kerámiatégelyből kerámiafúvókán keresztül juttattak ki. Akkoriban a Fémműben gyártott nagy permeabilitású permalloy szalagok mágneses tulajdonságainak a reprodukálása volt az elsődleges cél ezzel a potenciálisan gazdaságosabb módszerrel [3].

Két nagy gyártó uralja mára az amorf és nanokristályos szalagok gyártását a lágymágneses anyagok kiváltására. A Metglas (mint a Hitachi Metals egy részlege) Conway-ben és Tokióban [4], az Advanced Technology and Materials Co. Ltd. Kínában [5]. Több százezer t amorf vasat gyártanak évente az igények nagy részének a kielégítésére a transzformátorgyártásban. A nanokristályos lágymágneses szalagok gyártástechnológiája formálisan ugyanaz, mint az amorf szalag esetében. Az alapösszetétel célszerű megválasztása mellett itt egy pótlólagos kristallizációs hőkezelés is kell, hogy kialakuljon a kívánt mágneses tulajdonságokat hordozó nanokristályos szerkezet.

Az EV-elektromos járművek motorjainál is nagy előnyökkel jár az amorf anyagok alkalmazása. Az amorf vas-mag kisebb vesztesége nagyobb hatásfokot (hatásfokot) eredményez. Mivel a veszteség kisebb, a tekercselés ohmikus vesztesége és a vas-mag tekercsét gerjesztő áram ennyivel nagyobbak tervezhető, ami a motor teljesítményét növeli. Mivel a veszteség alacsony marad magasabb működési frekvenciáknál, ezért nagy fordulatszámoknál is

Nagy Márton MSc-hallgató, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépjárműtechnológia Tanszék.

Dr. Bán Krisztián egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépjárműtechnológia Tanszék.

Dr. Fogarassy Zsolt tudományos főmunkatárs, Magyar Tudományos Akadémia Műszaki, Fizikai és Anyagtudományi Kutató Intézet.

Dr. Berényi Richárd egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Elektronika Technológia Tanszék.

hatékonyabbak a motorok az amorf vasmaggal. Az amorf gyártási technológiák fejlődésével szinte párhuzamosan a keménymágneses anyagok családjában is új anyagok jelentek meg. Ezek maradék (remanens) mágnesezettsége magas marad szinte bármilyen alak mellett, mert a koercitív erő, ami megakadályozza a vasmag saját mágnestere általi lemágneseződést, szinte eléri a fizikailag lehetséges maximumot. Ezek a FeCoSm, majd a FeNd összetételű mágnesek (a vas, a kobalt és a ritkaföldfémek ötvözetei). Ez nagyobb szabadságot ad az EV-motor geometriai felépítésének tervezésében az amorf szalagból felépítendő állórésznel is, miközben teljesítménynövelő hatása is van a forgórészgerjesztés feleslegessé válásával [3].

A Hitachi és más motorgyártók már fejlesztettek is ki gazdaságosan gyártható prototípusokat amorf szalagok felhasználásával [5][6][7]. A technológiai részletek azonban általában nem publikusak, ezekkel minden újonnan belépő fejlesztőnek meg kell küzdeni.

A kísérletek leírása

Kísérleteink célja annak megállapítása, hogy lamellák ki-munkálása eszközeinkkel amorf szalagból milyen megoldással lehetséges állórész/forgórész pakettek számára.

Hagyományos szerkezetű lemezelte vasmagok amorf szalagból nem készíthetők a hagyományos technológiával. A kivágó prés szerszámát hamar elkoptatná a kemény üvegfém, ráadásul több mint 10-szer annyi kivágás kell egy azonos méretű csomaghoz, mint egy 0,35 mm vastag hagyományos elektrotechnikai acélszalag kivágásához. A megfelelő szerszám kialakítása is költségesebb lehet, mivel 20-25 mikrométer körüli vastagságúak a szalagok. Ennélfogva ez esetben más kivágási technológia bevezethetőségét kellett megvizsgálni.

A jelen kísérletekben a lehetséges vágástechnológiák közül a lézersugaras vágást választottuk, aminek hátránya a hőhatás, ami az amorf anyagok jelentős szerkezetváltozását okozhatja a hőhatásövezetben. Ezzel kedvezőtlen irányba módosulhatnak a legyártott lemezszegek mágneses és mechanikai tulajdonságai a vágott szél kis környezetében. A kivágott lemez méretével összevetve, jelentéktelen lehet a mágneses tulajdonságok megváltozása okozta fluxuseloszlás-változás a légrésben.

Meghatározott méretű lágymágneses próbatestek lézeres vágás utáni hőhatásövezetének mikrokeménységi, metallográfiai, illetve nagy felbontású, pásztázó és transzmissziós elektronmikroszkópos vizsgálatát hajtottuk végre a lehetséges szerkezetváltozások kimutatására a vágási élek mentén.

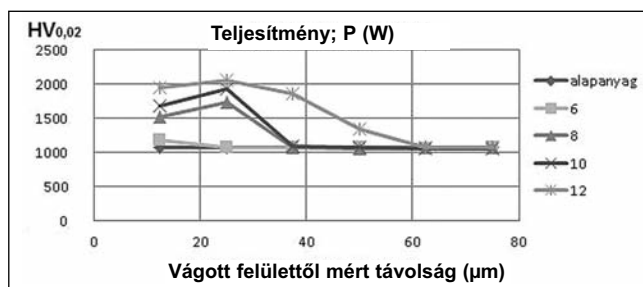
A METGLAS 2605SA1 jelzésű amorf szalagokból és a szintén Hitachi-METGLAS termék FINEMET nanokristályos szerkezetű szalagokból kivágott mintákon végeztük a kísérleteket.

Kísérleti ötvözetek néhány fizikai és mágneses tulajdonsága látható az 1. táblázatban.

A leglényegesebb tulajdonságuk, hogy a fajlagos veszteségeik nagyságrenddel alacsonyabbak, mint egy hagyományos 0,23 mm vastag M3 minőségű elektrotechnikai

1. táblázat. A vizsgált ötvözetek néhány fontosabb fizikai és mágneses tulajdonsága [2][4]

	METGLAS 2605SA1	FINEMET
Összetétel	Fe-Si-B	Fe73,5Nb3Cu1Si13,5B9
Méret (vágás után) (mm)	10 × 50	10 × 100
Vastagság (µm)	23	20
Telítési indukció (T)	1,5	1,23
Permeabilitás hőkezelés után (-)	600000	100000
Curie-hőmérséklet (°C)	395	570

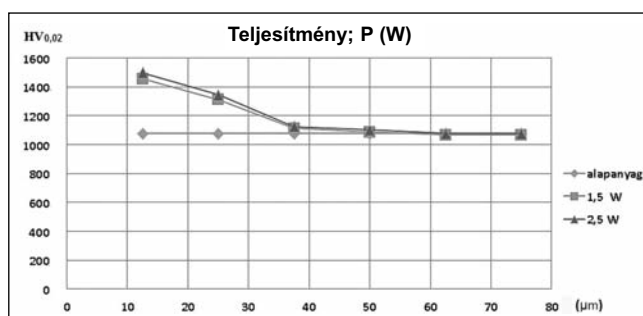


■ 1. ábra. Nd:YAG-lézervágás utáni METGLAS szalag mikrokeménység-értékei a vágott széltől való távolság függvényében [8]

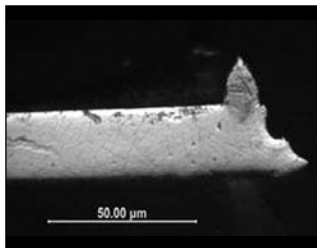
acél esetében (melynek vesztesége 1,7 T-nál, 50 Hz gerjesztésnél 0,9 W/kg).

Amorfszalagok hőhatásövezetében hő hatására a következő fázisátalakulások mennek végbe. A szalag közepétől a sorja felé haladva először szerkezeti relaxáció megy végbe, ahol az anyag marad amorf állapotú. Aztán elindul a kristályosodás az amorf szerkezet felbomlásával. Hő bevitelére a szerkezetben boridok jelennek meg, amik tovább bomlanak. Ezt érdemes elkerülni, hiszen ezzel a mágneses és mechanikai tulajdonságok is nagyot változnak az érintett környezetben.

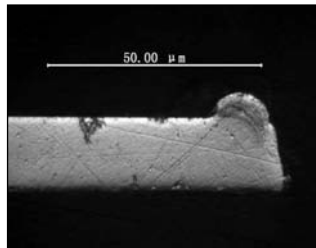
Eleinte folyamatos üzemű CO₂-lézerral vágtuk el a mintákat, de hamar kiderült, hogy túl nagy hőhatásövezetet és rideg szalagszél eredményezett. Kiseb teljesítményű, impulzusüzemű lézer alkalmazása kisebb hőhatásövezetet jelentett. Nd:YAG-szállézer különböző teljesítményszinttel vágott hőhatásövezetének keménységeloszlása látható az 1. ábrán. A vágott éltől 12,5 µm-re készült az első lenyomat-sor, majd innen ugyanekkora távolságra a többi, így 3 × 4-es lenyomatmátrix keletkezett. A legkisebb hőhatás a 6 W-os vágási teljesítmény mellett alakult ki, aminek további paraméterei a 2500 kHz frekvencia, 160 mm/s vágási sebesség



■ 2. ábra. Gravírlézerrel vágott METGLAS lemezek mikrokeménység-értékei a vágott széltől való távolság függvényében [8]



■ 3. ábra. 2,5 W teljesítménnyel vágott METGLAS sorja maratott képe [9]



■ 4. ábra. 1,5 W teljesítménnyel vágott METGLAS sorja maratott képe [9]



■ 5. ábra. FINEMET minta olvadéksorja alakja (2500 x-os nagyítás) [8]

és – 1,3 mm fókuszponteltolás. Rendkívül kedvező a csak 1200 HV_{0,02} maximum keménységérték, illetve a 25 μm körüli hőhatásövezet.

Az eredményeket látva elgondolkodtunk egy olyan vágáson, aminél amennyire lehetséges, csökkentjük a teljesítményt úgy, hogy kisebb energiasűrűséget többször végigpásztázunk egyazon felületen (többszöri kontúrvágás). A 200–400 nanométeres hullámhossz (UV) tartományon működő, Nd:YAG-típusú, impulzusüzemű gravirlézer segítségével sikerült a METGLAS mintákat 2,5 W (30x85 μJ) és 1,5 W (50x50 μJ) teljesítménnyel elvágni. A vágások 30 kHz impulzus ismétlési frekvenciával és 100 mm/s vágási sebességgel mentek végbe.

A 2. ábrán látható, hogy a vágórészhez legközelebb a legnagyobbak a mikrokeménység-értékek. Ezután csökkent a keménység, míg 37,5 μm-nál már az alapkeménységhez közeli az érték (hőhatásövezet széle). A különbség a két teljesítményű vágás között az első lenyomatsor, aminek értékei alapján (1450 HV_{0,02}) keményebb a 2,5 W-tal vágott lemez.

A különböző lézervágások során keletkezett sorja nagyságának, alakjának megállapításához metallográfiai vizsgálatot végeztünk. Folyamatos üzemű lézer esetén 60–80 μm átmérőjű sorját mértünk. Ekkora sorjaméret a gyártástechnológiában elfogadhatatlan. A 2,5 W teljesítményű vágás alkalmával 13 μm magasságú sorja jött létre (3. ábra), aminek alakja nem kör keresztmetszetű, hanem dárda alakú. Ennek oka maga a vágási technológia. A nagy energia impulzusonként részben párologást, részben olvadást, fröcskölést idézett elő az alapanyagban. Minden egyes pásztázáskor ugyanabban a kontúrban részben az olvadékból, részben a gőzfázisból történő lecsapódás sorját épített (maratott ábrák: 3. és 4. ábra). Az 1,5 W-os esetén sikerült az eddigi legkisebb, és így legkedvezőbb sorjaméretet (4. ábra) létrehozni, 6,6 μm nagysággal.

A következőkben a fémüveg szerkezetének direkt vizsgálatát (SEM) hajtottuk végre CO₂-Ar-védőgázzal vágott mintára a nagyobb hőhatásövezet karakteresebb részeinek kimutathatósága miatt. Gravirlézervágás utáni direkt szerkezetvizsgálata jelenleg zajlik, a vizsgálat eredményére még várunk.

A korábbi röntgendiffrakciós felvételeken azonosított [9], a hőhatásövezetben feltételezhetően nanokristályos méretű, kristályos fázisokat szerettük volna nagyobb felbontású mikroszkóp alatt vizsgálni. Ezenkívül azért hasznos a direkt szerkezetvizsgálás, mert a SEM-vizsgálat lehetővé tette az indirekt szerkezetvizsgálat (mikrokeménység-mérés) ellenőrzését. Rátérve a SEM-mérésre, a METGLAS és

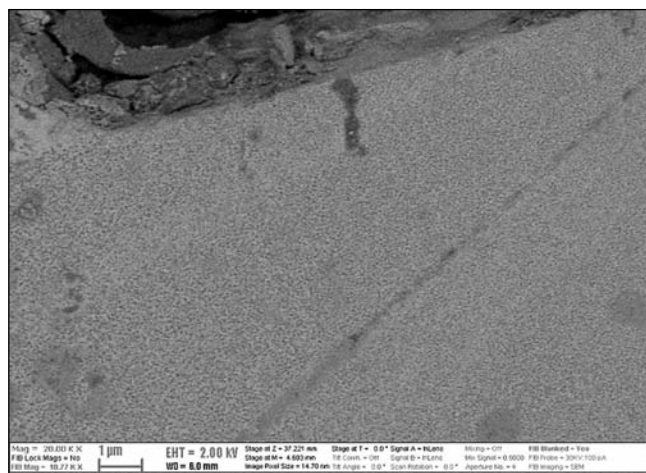
FINEMET olvadéksorja alakjában hasonlóság figyelhető meg. A kristályos részek (5. ábra), karakteres zónák látszódnása miatt a FINEMET-nél mutatjuk be a SEM-vizsgálatot.

FINEMET és METGLAS mintán a lézervágás után megjelenő szemcsék nagysága az alapanyag felé csökken. Az olvadéksorja

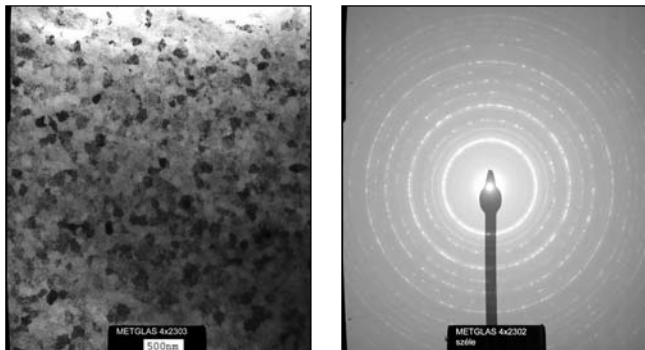
alsó szalag felőli része egy hőkezelt szerkezet (nanokristályos szerkezet), míg a felső az olvadékból kristályosodott sorjaszerkezet (mikrokristályos szerkezet) figyelhető meg. Vizsgálatunk célja annak megállapítása volt, hogy az olvadéksorjától távolodva mikor tűnnek el a kristallitok. Eleinte az olvadéksorjától 26 μm, majd 82 μm, végül 106 μm távolságra néztük meg a kristallitok méretét (6. ábra).

Kerestük azt a távolságot, ahol a szemcsék kivehetetlenek voltak. Ez 130 μm távolság volt. Utóbbi azt jelenti, hogy ha a sorjafaj méretét, azaz 80 μm-t hozzáadunk, akkor 210 μm adódik. Vagyis a vágott éltől ekkora távolságra a kristályosodásból származó szemcsék eltűnnek, így onnantól teljesen amorf lesz az anyag. Körülbelül ekkora hőhatásövezetet becsültünk mikrokeménység-mérésnél FINEMET anyagra folyamatos üzemű lézervágás után. Ezzel sikerült validálni az indirekt szerkezetvizsgálatot direkt szerkezetvizsgálattal.

A transzmissziós elektronmikroszkópos vizsgálatot (TEM) is a folyamatos üzemű, CO₂-lézerral vágott fémüvegeken végeztük el. Itt is várjuk a gravirlézervágás utáni direkt szerkezetvizsgálat (TEM) eredményét. A keresztmetszeti vékonyítású minták transzmissziós elektronmikroszkópos vizsgálatai nagyobb felbontásban mutatták meg a lézeres vágás okozta hőhatásövezet szerkezetét, sőt a háttárolt területű elektrondiffrakciós felvételek lehetővé teszik a kristályos fázisok meghatározását is. A vágott szél mellett a minta teljesen átkristályosodott. A szerkezet kétfázisú, 100–150 nm-es nagyobb kristallitokból áll (7. ábra bal oldala), de köztük a felvételeken jól megfigyelhető, jóval apróbb, 10 nm körüli kristallitok találhatóak. A kétféle fázis jelenlétét a



■ 6. ábra. Nanoméretű kristallitok a FINEMET mintában az olvadéksorjához közel (20000 x-es nagyítás) [8]



■ **7. ábra.** A minta széléről, a vágott élénél készített elektronmikroszkópos és diffrakciós felvétel [9][10]

diffrakciós gyűrűk szerkezete is tükrözi (7. ábra jobb oldala). Az intenzívebb pöttyökből álló vonalak a nagyobb méretű kristallitoktól származnak, míg a halványabb folytonos vonalak az apróbb finomeloszlású fázistól. A 8. ábrán látható a vonalak helyének és intenzitásának a meghatározása. A vonalak elemzéséből kiderült, hogy a nagyobb méretű kristallitok $\text{Fe}_3(\text{B},\text{Si})$, míg a kisebbek Fe_2B fázisok.

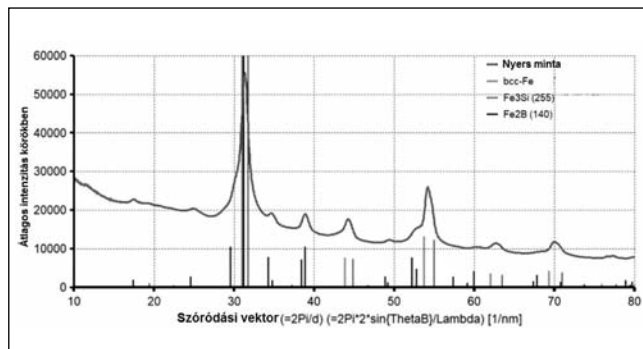
Eltávolodva a minta szélétől, 50 μm -rel beljebb a hőhatásövezetben a minta még kristályos, de a kristallitok mérete egy nagyságrenddel kisebb, 10 nm körüli. 150 μm távolságban méretük csupán 2-3 nm, az amorf maximumok mellett alig kivehetően még mindig látszik a néhány nm-es kristallitoktól származó halvány vonal a diffrakciós képen. Tehát a direkt szerkezetvizsgálat (SEM és TEM) jól visszaadja az indirekt szerkezetvizsgálatnál (mikrokeménységmérés) mért hőhatásövezet-távolságokat.

Nanokristályos lágymágneses anyagok ipari gyártásba való bevezetése a vágás által létrejött sorjanagyságtól és hőhatásövezettől függ, amit elkerülni vagy minimalizálni kell. Lézervágások közül az 1,5 W teljesítményű impulzusüzemű, gravírlézervágás adta a legkisebb sorját. Gazdaságosság szempontjából is feltehetően a gravírlézerrel történő vágás lenne költséghatékony a gyártó cégeknek. Célszerű tovább vizsgálni a jelenleg optimálisnak vélt vágást más szerkezetvizsgálati módszerekkel. Jelenleg a gravírlézervágásra vonatkozó SEM-, TEM-mérések és a globális mágneses vizsgálat folyamatban van.

Következtetések

Vizsgálataink visszaigazolták azt a várakozást, hogy a lézeres kivágás hőhatása szerkezeti átalakulást, a lemez belseje felé fokozatosan csökkenő részleges kristályosodást fog okozni a vágási él mentén a mechanikai és mágneses tulajdonságok helyi megváltozásával együtt. Ezek a változások azonban a teljes anyagtömeg elenyésző részét érintik.

A YAG-lézervágásnál egy max. 40 mikronos körzetben duplájára nőhet a keménység (lásd 1. ábra). Mivel a H_c koercitív erő jól összefüggésbe hozható a szerkezeti inhomogenitások által okozott HV-változással (sajnos a H_c -re az 1. táblázatban nincs adat), a H_c pedig a hiszterézisvesztéssel, ezért a kivágott lamella egészét tekintve, nem jelenthet mérhető változást a mágneses tulajdonságokban, így az állórész + légrész + forgórész mágneses ellenállásában.



■ **8. ábra.** A minta vágott szélénél készített elektrondiffrakciós felvétel intenzitáseloszlása [9]

A sorjaképződés azonban problémás! Emiatt a lamellák nem pakettálhatók hézagmentesen, töltőanyag alkalmazásával a 6 μm -es sorja 33%-kal csökkentené a térkitöltést, ez nem elfogadható.

A továbbiakban vagy ki kell dolgozni valamilyen sorjátlanítást (a sorjátlanítás viszont akár bonyolultabb is lehet, mint a kivágás), vagy a lézeres kivágást kell úgy alakítani, hogy ne képződjön sorja. Más kivágási módszereket is megvizsgálunk.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az Új Széchenyi Terv keretében az EFOP-3.6.2-16-2017-00016 számú projekt támogatta, melynek címe Autonóm járművek dinamikája és irányítása az automatizált közlekedési rendszerek követelményeinek szinergiájában. A projekt befejezését az Európai Unió finanszírozza és az Európai Szociális Alap társfinanszírozza.

Megköszönöm *dr. Németh Sándor* fizikus professzor lektori munkáját, ami a jelen cikk elkészítéséhez elengedhetetlen volt.

Irodalom

- [1] <https://www.villanylap.hu/lapszamok/2015/junius/3683-villanymotorok-hatekonysaga-es-az-eu-direktivak>
- [2] <https://metglas.com/magnetic-material>
- [3] *Dr. Németh Sándor* fizikus közlése
- [4] <https://www.hitachi-metals.co.jp/products/elec/tel/pdf/hl-fm9-h.pdf>
- [5] <https://metglas.com/motors-amorphous-stators/>
- [6] <https://www.hitachi-metals.co.jp/e/press/pdf/2018/20181024en.pdf>
- [7] <https://metglas.com/wp-content/uploads/2017/07/Metglas-Efficiency-Improvement-of-Tapered-Pole-Amorphous-Magnetic-Material-Machine.pdf>
- [8] *Nagy Márton*: Nanokristályos lágymágneses anyagok bevezethetőségének vizsgálata gépjármű elektromotorok gyártásába. Országos Tudományos Diákköri Konferencia, BME, 2019.
- [9] *Nagy Márton*: Hőhatásövezet direkt és indirekt szerkezetvizsgálata amorf lágymágneses anyagok lézeres vágása után – Tudományos Diákköri Konferencia, BME, 2019.
- [10] *K. Bán, M. Nagy, Zs. Fogarassy, A. Szabó*: Acta Physica Polonica A. (2019 publikálás alatt)

PALOTÁS ÁRPÁD BENCE – MENDE TAMÁS – STUMPF ÉVA

A kohómérnök képzés Magyarországon

1. Bevezetés

Az alábbiakban áttekintést igyekszünk adni a kohómérnök képzés jelenéről Magyarországon. Ennek az áttekintésnek nem célja a képzés történelmének vizsgálata, bár ez a kérdés sem kerülhető meg teljesen. Emiatt a műlra csak annyiban térünk ki, amennyiben az a mondandó megértéséhez feltétlen szükséges. Az alábbiakban csak a felsőoktatás helyzetének ismertetésére szorítunk, bár egyértelmű, hogy a középfokú szakmunkás- és technikusképzés legalább akkora problémákkal küzd, mint a főiskolai/egyetemi szintű képzés.

A kohómérnök-társadalom jelentős részét foglalkoztatja szakmánk jelenlegi és jövőbeni helyzete, kilátásai. Ennek megfelelően a szakma hazai folyóiratai rendszeresen foglalkoztak már a képzés hazai aktualitásaival [1–10] és külföldi helyzetével [11, 12]. Az áttekintést a hazai helyzet bemutatásával kezdjük. Terveink szerint a külföldi képzési lehetőségekről külön cikkben számolunk be. Mivel Magyarországon csak Miskolcon folyik jelenleg kohómérnökök képzése, összehasonlításokat is csak nemzetközi példák ismeretében teszünk majd.

2. Hazai helyzet

A bolognai képzési rendszer bevezetésekor alapszinten (BSc) megszűnt a kohómérnök képzés (BSc), de megmaradt a képzés mesterképzés (MSc) szinten. Megjelent ugyanakkor az anyagmérnöki alapképzés, amin belül jelenleg is vannak olyan specializációk, melyek megfeleltethetők a korábbi kohómérnöki főiskolai képzésnek. Anyagmérnöki BSc-képzést jelenleg négy helyen hirdetnek az országban. Amennyiben egy képzésre nincs elegendő jelentkező, a képzés az adott évben nem indul. Ilyen helyzet állt elő néhány éve Dunaújvárosban.

Anyagmérnöki BSc-képzés elvileg a következő intézményekben indulhat:

- Miskolci Egyetem (Műszaki Anyagtudományi Kar)
- Dunaújvárosi Egyetem (Műszaki Intézet)

Prof. Dr. Palotás Árpád Bence, dékán, Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar

Dr. Mende Tamás dékánhelyettes, Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar

Stumpf Éva mérnök-tanár, Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar

A cikkhez kapcsolódó további információ a hátsó borítón található.

A cikk témájával kapcsolatban Olvasóink véleményét, észrevételeit szívesen látja a lap szerkesztősége.

- Pannon Egyetem (Műszaki Kar)
- Szegedi Tudományegyetem (Természettudományi és Informatikai Kar)

További intézmények is tervezik e képzés indítását, ami nem valószínű, hogy növelné a kibocsátott, felkészült mérnökök számát (a jelenlegi képzések is fel tudnának venni lényegesen több jelentkezőt), ugyanakkor az újabb eszkimó megjelenése a kevés foka újraelosztása révén egy vagy több jelenlegi képzőhely helyzetét nehezítené, miközben, az újonnan belépőnél sem várható hosszú távon is életképes hallgatói létszám, elsősorban a 18 éves korosztály folyamatosan csökkenő létszáma okán. Egy-egy képzés kialakítása és bejáratása (vö. „felkészült mérnök”) új helyen évtizedes léptékben mérhető, részben az infrastruktúra hiánya, részben a tapasztalatokkal rendelkező oktatógárda hiánya miatt. Előbbi sok pénzzel még csak megoldható, utóbbit viszont kinevelni 10-20 évbe kerül, minimum. Tekintettel arra, hogy a meglévő, nagy hagyományokkal rendelkező képzőhelyeknél általában mind az alapinfrastruktúra, mind az oktatói gárda rendelkezésre áll, ezért nem kell talán jobban indokolni, hogy az esetlegesen rendelkezésre álló „sok pénz” hasznosulását jobban szolgálná a meglévő képzőhely fejlesztése, mint egy új kialakítása. Ahol legalább az első képzési ciklus alatt (tapasztalatunk szerint sokkal tovább) a jelenlegi képzőhely oktatógárdája nevelhetné ki a saját „konkurenciáját”. A mérnökihiány enyhítésére a politika időnként mégis támogat ilyen képzési portfólió növeléseket. Például a szombathelyi „ELTE” gépészmérnök képzés kialakítása, valamint az ott végzett mérnökök képzésének minősége felvet néhány kételyt, miközben bejáratott képzés volt/van/lesz Miskolcon, Budapesten, Győrben is, hogy csak a legnyilvánvalóbbakat említsük. A többi hasonló példa elemzésétől eltekintünk.

A fentiek miatt nincs ma öntész (felsőfokú) képzés a Dél-Dunántúlon.

A korábbi kohómérnöki képzésnek megfelelő specializáció vagy szakirány sem Szegeden, sem Veszprémben nincs a képzési kínálatban, ezért a továbbiakban a Miskolci Egyetem és a Dunaújvárosi Egyetem képzéseinek ismertetésére szorítunk.

2.1. Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar

A bolognai rendszer bevezetése (2005) előtt kizárólag Miskolcon folyt 5 éves (okleveles) kohómérnök képzés. A korábbi Kohómérnöki Kar több névváltoztatás után kapta a jelenlegi nevét, és jelenleg hat intézetre tagozódik:

- Energia- és Minőségügyi Intézet (EMI), vezetője: Dr. Palotás Árpád Bence egyetemi tanár

- Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet (FKNI), vezetője: Dr. Mertinger Valéria egyetemi tanár
- Kémiai Intézet (KI), vezetője: Dr. Viskolcz Béla egyetemi tanár
- Kerámia és Polimermérnöki Intézet (KPI), vezetője: Dr. Kocserha István egyetemi docens
- Metallurgiai Intézet (MI), vezetője: Dr. Török Béla egyetemi docens
- Öntészeti Intézet (ÖI), vezetője: Dr. Varga László egyetemi docens

2.1.1. Alapképzés (BSc)

A hét féléves BSc-képzés keretében hallgatóink előképzettségi szintjüktől függetlenül törzsanyagot (150 kredit) és specializációs ismereteket (60 kredit) sajátítanak el. A képzéshez kapcsolódó tárgyakat az óraszámokkal, a teljesítés követelményével és kreditértékével az 1. táblázat foglalja össze. A képzés mintatantervét alkotó tantárgyak részletes tantárgyleírásai a kari honlapokon olvashatóak (www.mak.uni-miskolc.hu).

A képzéshez a Miskolci Egyetem hallgatói követelményrendszere szerint kritériumtárgyak hallgatása kötelező. Ezek a 0 kredit értékű tantárgyak a testnevelés és az idegen nyelv. A testnevelés tárgy követelményeinek sikeres teljesítése BSc-képzés esetén három féléven át kötelező. A nyelvvizsgálóval nem rendelkező hallgatóknak a nyelvvizsga megszerzéséhez négy féléven keresztül kötelezően választandó idegennyelv-oktatást biztosítunk. Az idegen nyelv-tárgy hallgatása alól felmentést az kaphat, aki középfokú C típusú állami nyelvvizsgálóval rendelkezik, vagy az aktuális félév első hetében részvételi díjat igazoló csekk-szelvény fénymásolatának bemutatásával igazolja, hogy egy nyelvvizsgálóban idegen nyelvi képzésben legalább 45 óras tanfolyamon vesz részt.

A hallgatók a képzés során kétszer legalább 4-4 hetes nyári szakmai gyakorlaton vesznek részt. Először a negyedik félév, majd a hatodik félév után. Ezen nyári gyakorlatokat az ötödik, illetve hetedik félévben kell felvenni.

Jelenleg (2019. szeptemberben beiratkozott hallgatók számára) anyagmérnöki alapképzés keretében a következő specializációk választhatók:

- AM: Anyagvizsgálat, minőség-ellenőrzés, vezetője: Dr. Mertinger Valéria, FKNI
 - EH: Energia- és hulladékhasznosítás, vezetője: Dr. Póliska Csaba, EMI
 - JA: Járműipari anyagmérnök, vezetője: Dr. Deák Csaba, EMI
 - JF: Járműipari fémtechnológia, vezetője: Dr. Móger Róbert, MI
 - JÖ: Járműipari öntészet, vezetője: Dr. Molnár Dániel, ÖI
 - PT: Polimertechnológia, vezetője: Dr. Szabó Tamás József, KPI
 - SzT: Szilikástechnológia, vezetője: Dr. Kocserha István, KPI
 - VT: Vegyipari technológia, vezetője: Dr. Viskolcz Béla, KI
- A felsorolt nyolc specializációból az első öt közvetlenül megfeleltethető a korábbi kohómérnök-képzés egy vagy több szakirányának. Megjegyzendő, hogy a három „jármű-

1. táblázat. Az ME-MAK anyagmérnöki alapképzés törzstantárgyai (zárójelben a kredit szám)

Félév	Tantárgyak (kredit)
1.	Matematika I. (6), Fizika alapjai (2), Általános és szerves kémia (5), Ábrázoló geometria (4), Anyagszerkezetan (5), Anyagvizsgálat (4), Számítástechnika (2), Szabadon választott (2), Idegen nyelv.
2.	Matematika II. (6), Fizika I. (4), Fizikai kémia (5), Géprajz, gépelemek (4), Szerves kémia (4), Fázisdiagramok (3), Mérnöki jog (2), Különleges anyagok (2), Szabadon választott II. (2), Testnevelés, Idegen nyelv
3.	Fizika II. (4), Mechanika (4), Fémten (4), Analitikai kémia (4), Energiafelszabadítás és -átalakítás (2), Kerámiatan (4), Polimertan (4), CAD alapjai (3), Elektrotechnika-ipari mérés technika alapjai (4), Testnevelés, Idegen nyelv
4.	Kemencék és tüzelőberendezéseik (2), Hőtani számítások (2), Fémek alakadása (3), Anyagszerkezeti vizsgálat (2), Mérnöki számítások (3), Nanojelenések (3), Szabadon választott III. (2), Testnevelés, Idegen nyelv
5.	Mérnöki kommunikáció (2), Nanotechnológiák (3), Vezetélmélet (2), Hulladékhasznosítás (2), Szabadon választott IV. (2)
6.	Minőségügy (2), Környezetvédelem (3), Termelés-kontrolling (3), Műszaki idegennyelv (2), Szabadon választott V. (2)

ipari” kezdetű specializáció kifejezetten marketing okokból kifolyólag vette fel ezt a ma népszerűnek gondolt jelzöt. Új specializáció a „Járműipari fémtechnológia”, mely három szakterületet fed le: a metallurgiát, a képlékenyalakítást és a hőkezelést. Bár történelmileg a metallurgus és a technológus képzés mindig külön szakterület volt, ipari partnereink (elsősorban az ISD-DUNAFERR és az ÓAM) határozott igénye volt olyan mérnökök kibocsátása, akik mindkét területen képeztek.

Az egyes specializációk tantárgyi lehetőségeit a 2. táblázat foglalja össze.

A „specializáció” megszerzésének feltétele, hogy

- a hallgató a képzése során legalább 40 kreditet teljesítsen a specializáció vezetője által előírt tantárgycsoportból (a tanulmányi tájékoztatóban ez megtalálható),
- a hallgató teljesítse a képzése során a specializáció vezetője által előírt ún. záróvizsga tantárgyakat,
- a hallgató a specializáció tématerületén készítse el a szakdolgozatát, melyet a specializáció záróvizsga bizottsága előtt sikeresen védjen meg,
- a hallgató a specializáció záróvizsga bizottsága előtt sikeresen tegye le a záróvizsgát.

2.1.1.1. Kreditek, tanórák

A bolognai képzés rendszerét kreditrendszerű oktatásnak is nevezik, mert ekkor vezették be a kredit fogalmát a felsőoktatásba. Definíciója a következő:

A kredit a hallgatói tanulmányi munka mértékegysége, amely a tantárgy, illetve a tantervi egység vonatkozásában

2. táblázat. Az anyagmérnök alapképzés specializációs tárgyai – csak a kohómérnöki szakterület (zárójelben a kreditszám)

Spec.	Tantárgyak (kredit)
AM	Metallográfia (4), Ronszolásgátlás (6), Műszeres analitika (6), Mérések megfelelősége (4), Elektronmikroszkópia (6), Fémteni mérések (6), Járműipari minőségbiztosítás (4), Diffrakciós módszerek (6), Reklamációkezelés (3), Fém szerkezeti anyagok (3), Esettanulmányok (3)
EH	Energiahordozók (6), Hőtechnikai berendezések és szárítók (4), Energiaracionalizálás (6), Akkumulátorok és korszerű energiatárolás (3), Tüzeléstechnikai mérések (6), Tűzálló anyagok (4), Energetikai környezetvédelem (4), Ipari hőátadási számítások (4), A jövő energiatermelése (3), Elgázosítás, pirolízis (4), Energetikai audit (3), Korszerű épületenergetika (4), Fémkinyerés hulladékból (4), Hulladékból energia (4), Szilikástechnológiák (4), Műszaki kerámiák (6), Műszeres analitika (6), Petrolkémiai technológiák (4), Szénhidrogén-ipari technológiák (5)
JA	Műanyag-feldolgozás (9), Polimer-kompozitok (3), Elastomerek (4), Funkcionális kerámiák (4), Akkumulátorok és korszerű energiatárolás (3), Öntött ötvözetek fémtena és hőkezelése (6), Vas- és fémötvözetek hőkezelése (4), Fém szerkezeti anyagok (3), Képlékeny alakítás alapjai (3), Járműipari minőségbiztosítás (4), Járműipari lemezgyártás, lapos és profiltermék hengerlés (4), Esettanulmányok (3)
JF	Képlékenyalakítás alapjai (3), Alapanyagok előkészítési technológiái (4), Járműipari alpanyaggyártási technológiák (3), Acélmetallurgia I. (4), Könnyű és színesfém-technológiák (3), Járműipari lemezgyártás, lapos és profiltermék hengerlés (4), Járműipari fémtechnológia gyakorlati alkalmazásai I. (6), Acélmetallurgia II. (3), Térfogalakító eljárások (4), Vas- és fémötvözetek hőkezelése (4), Járműipari fémtechnológia gyakorlati alkalmazásai II. (6), Fém szerkezeti anyagok (3), Technológiai folyamatok szimulációja (4), Felületkezelés és bevonatechnológiák (6), Járműipari minőségbiztosítás (4)
JÖ	Öntészet alapjai (3), Öntészet alapozó gyakorlat (3), Öntött ötvözetek fémtena és hőkezelése (6), vas- és acélötvözetek metallurgiája (3), Öntészeti technológiák I. (3), Forma és magkésztés (4), Könnyűfémötvözetek metallurgiája (3), Öntvényyszerkesztés (3), Öntészeti technológiák II. (4), Nyomásos és kokillaöntés (4), Öntödei gépek üzemtena (3), Öntészeti automatizálási ismeretek (4), Öntvénytervezés és szimuláció (4), Járműipari minőségbiztosítás (4)

kifejezi azt a becsült időt, amely meghatározott ismeretek elsajátításához, a követelmények teljesítéséhez szükséges; egy kredit átlagosan harminc tanulmányi munkaórát jelent, a kredit értéke – feltéve, hogy a hallgató teljesítményét elfogadták – nem függ attól, hogy a hallgató a tudására milyen értékelést kapott [13].

Tanórának minősül a tantervben meghatározott tanulmányi követelmények teljesítéséhez az oktató személyes közreműködését igénylő foglalkozás (előadás, szeminári-

um, gyakorlat, konzultáció), amelynek időtartama legalább negyvenöt, legfeljebb hatvan perc [13].

A bolognai képzés bevezetésekor a magyar felsőoktatási intézményekben a kreditszám és a tanórák aránya általában 1:1 volt, ami 15 hetes szorgalmi időszakra vetítve minden tanóra mellé 1 óra plusz időbefektetést feltételez (féléves feladat, házi feladat, vizsgára való készülés stb.).

Az anyagmérnöki alapképzés miskolci törzsanyagában a kreditszám megegyezik a tanórák számával. Specializációk esetében az átlagos érték: 1,4 kredit/tanóra. Ennek oka az az egyetemi szenátus által szentesített egyetemi felsővezetői elvárás, hogy kövessük a felsőoktatásban terjedő trendet, miszerint a képzések tanóraszámja folyamatosan csökken.

Néhány példát mutat erre a 3. táblázat.

2.1.1.2. Duális képzés

A Műszaki Anyagtudományi Kar az országban az első között indított duális képzést. A 2015–16. tanévben az anyagmérnöki BSc-képzés járműipari öntészeti specializációjára felvételt nyert hallgatók kezdhették meg ilyen formában a tanulmányaikat, a 2016–17. tanévben további három specializáció keretében (hőkezelés-képlékenyalakítás, polimer- és vegyipari technológia, valamint fémelőállítás) vehettek részt hallgatóink a vállalatokkal közös, nagyobb gyakorlati tapasztalatot biztosító duális képzésben, míg a 2017–18. tanévtől már minden specializáció elérhető volt ebben a formában. 2019 szeptemberétől már nem specializációkhoz, hanem az anyagmérnöki alapszakhoz van kötve a duális képzés, azaz a duális képzéshez való csatlakozás nem jelenti automatikusan az adott specializációs oklevél megszerzését.

Folyamatosan növeljük a duális képzésbe bevont vállalati partnereink számát, 2015-ben 22 vállalattal indult a duális képzés, míg mára (szinte teljes országos lefedettséggel) már több mint 60 céggel van szerződésünk. Egyetlen alapszakra vonatkoztatva ez országosan is kimagaslóan magas szám.

Az egyetemi tanév szorgalmi időszakból (tanórák), valamint vizsgaidőszakból (vizsgák) áll. A duális képzésben résztvevő hallgatók a Műszaki Anyagtudományi Karon a szorgalmi időszakot az egyetemen töltik, míg a vizsgaidőszakban a vállalatnál, azaz a duális képzőhelyen történik a gyakorlati képzés, és a vizsgák napjaira szabadnapokat engedélyezve az egyetemre jönnek vizsgázni. Az egyetemi tanórákon, gyakorlatokon a duális és a hagyományos képzésben tanuló hallgatók együtt vesznek részt. 2019. szeptember 1-től mind a hagyományos, mind a duális BSc-képzésben résztvevő hallgatók számára 12 hetes (bizonyos tanévekben 13 hetes) a szorgalmi időszak.

Két évfolyamon végeztek eddig hallgatóink duális képzésben, és több mint 90%-uk a szakmában (vagy a duális vállalatánál, vagy más vállalatnál) el is helyezkedett. Többen közülük Karunkon folytatják tanulmányaikat anyag- vagy kohómérnöki mesterképzésben, levelező munkarendben.

2.1.1.3. Ózdi kihelyezett képzés

A Műszaki Anyagtudományi Kar a 2017–2018. tanévtől hét

3. táblázat. A kreditszámok és a min. tanóraszámok alakulása a magyar felső-
oktatásban néhány példa alapján

Intézmény	Szak	Tanóra*	Kredit
Budapesti Műszaki és Gazd.tud. Egyetem, Budapest	Gépészmérnöki BSc	168	210
Budapesti Műszaki és Gazd.tud. Egyetem, Budapest	Villamosmérnöki BSc	167	210
Debreceni Egyetem, Debrecen	Gépészmérnöki BSc	167	210
Debreceni Egyetem, Debrecen	Villamosmérnöki BSc	160	210
Dunaújvárosi Egyetem, Dunaújváros	Anyagmérnöki BSc	166	210
Miskolci Egyetem, Miskolc	Gépészmérnöki BSc	183	210
Miskolci Egyetem, Miskolc	Anyagmérnöki BSc	179	210
Széchenyi István Egyetem, Győr	Járműmérnöki BSc	127	210
Széchenyi István Egyetem, Győr	Gépészmérnöki BSc	128	210

*Diplomaterv/Szakdolgozat (15 kr), nyelv (0 kr) és testnevelés (0 kr) nélkül

féléves anyagmérnök alapképzést indított el Ózd telepelyen, kihelyezett képzés formában, kizárólag nappali munkarendben. A kihelyezett képzésben a miskolci tantervhez képest csökkentett óraszámú, blokkosított órarenddel (egy napon egy tárgynak az órái kerülnek megtartásra) folyik az oktatás. Az eszkiigényes gyakorlati órákat az egyetem laboratóriumaiban tartják meg. A képzés helyszíne az ózdi Tiszti Kaszinó épülete.

A 2017–18-as tanévre hat jelentkező nyert felvételt, a képzést négyen kezdték meg, de egy félév után már csak két hallgató maradt. Ez a két diák azóta is folytatja Ózdon a tanulmányait, jelenleg az 5. félévben tartanak. A 2018–19-es tanévre a jelentkezők közül a felvételi követelményeket teljesítők száma nem érte el a szükséges minimumot. A 2019–2020 tanévben a Kar egy fővel is elindította volna a képzést, azonban a felvételt nyert hallgató nem iratkozott be, így ebben a tanévben nem indult a képzés.

2.1.2. Mesterképzés (MSc)

Kohómérnök mesterképzés jelenleg csak Miskolcon folyik.

A Műszaki Anyagtudományi Karon indított kohómérnöki mesterképzés az anyagmérnöki alapképzésre épül. Annak érdekében, hogy a hét féléves (tehát januárban végző) évfolyam ne veszítsen időt, a mesterképzést rendszeresen indítjuk a szokásos szeptemberi indítás mellett februárban is, ún. keresztféléves képzésként.

A képzésbe szinte bármilyen műszaki alapképzettséggel be lehet jutni, ezért a leendő hallgatók előképzettségi szintjének megfelelően a kohómérnök MSc-ben a hiányzó ismereteket az adott hallgatók egyeztetés után a BSc-s tárgyak (ún. kompenzációs tárgyak) közül pótolják.

A mesterképzésben az első félév elején a hallgatók specializációt és kiegészítő specializációt választanak. Ez a választás meghatározza a tanulmányaik vezérfonalát. Azon hallgatók, akiknek előtanulmányaik miatt specializációs tárgyakat kell pótolniuk (specializáció alapozáson kell részt venniük), kiegészítő specializációt nem kötelező felvenniük, de a lehetőség számukra is biztosított.

Választható specializációk:

- ÖNT: Öntészeti specializáció, vezetője: Dr. Molnár Dániel egyetemi docens

- HŐK: Hőkezelő és Képlékenyalakító specializáció, vezetője: Dr. Gácsi Zoltán egyetemi tanár
- KFT: Kémiai fémtechnológiai specializáció, vezetője: Dr. Török Tamás egyetemi tanár
- ENE: Energetika specializáció, vezetője: Dr. Palotás Árpád Bence egyetemi tanár

A képzéshez – mint ahogy az anyagmérnök MSc-képzéshez is – az alábbi kiegészítő specializációk kapcsolódnak:

- Anyagvizsgálati és nanotechnológiai kiegészítő spec., vezető: Dr. Kaptay György egyetemi tanár
- Környezetvédelmi és hulladékgazdálkodási kiegészítő spec., vezető: Dr. Bánhidi Olivér c. egyetemi tanár
- Minőségirányítási kiegészítő spec., mb. vezetője: Dr. Palotás Árpád Bence egyetemi tanár

- Archeometallurgiai kiegészítő spec., vezetője: Dr. Török Béla egyetemi docens

Az MSc-képzés hallgatói legalább négyhetes kötelező nyári szakmai gyakorlaton vesznek részt, a normál féléves hallgatók a második félévben, a keresztféléves hallgatók a harmadik félévben.

A képzés törzstantárgyait a 4. táblázat, a specializációs tantervet az 5. táblázat foglalja össze.

4. táblázat. A kohómérnöki mesterképzés törzstantárgyai (zárójelben a kreditszám)

Félév	Tantárgyak (kredit)
1.	Differenciálegyenletek (4), Alkalmazott kémia és transzportfolyamatok (6), Anyagegyensúlyok (4), Projekt menedzsment (4), Szabadon választott I. (2)
2.	Szilárdságtani számítások (6), Fémtechnológiák (6), Kristályosodás (6), Szabadon választott II. (2)
3.	MSc kutató-, diplomamunka (10), Szellemi tulajdon védelme (4), Menedzsment rendszerek (4)
4.	MSc kutató-, diplomamunka (10), Határfelületi jelenségek (4), Szabadon választott III. (2)

5. táblázat. A kohómérnök mesterképzés specializációs tárgyai (zárójelben a kreditszám)

Spec.	Tantárgyak (kredit)
ÖNT	Járműipari ötvözetek és öntvények szerkesztése (7), Öntészet elmélete és korszerű technológiai (7), Öntészeti technológia tervezés és szimuláció (7), Fémöntészeti technikák és vizsgálatok (7)
HŐK	Hőkezelési folyamatok szimulációja (7), Hőkezelés fémteni alapjai (6), Képlékenyalakítási folyamatok szimulációja (7), Komplex tervezés v. projekt feladat (3), Képlékenyalakítás elmélete (5)
KFT	Hidro-elektrometallurgia (7), Vas- és acélmémetallurgia (7), Bevonó technológiák (7), Fémtartalmú hulladékok feldolgozása (7)
ENE	Energetikai tervezés (7), Hőtranszport (7), Energetikai rendszerek (7), Energetikai modellezés (7)

2.1.3. Doktori (PhD) képzés

A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán működő Kerpely Antal Anyagtudományok és -technológiák Doktori Iskola (vezetője: Dr. Gácsi Zoltán egyetemi tanár) a következő területeken nyújt doktori tanulmányokra lehetőséget:

- Kémiai metallurgia
- Öntészet
- Határfelületi és nanotechnológiák
- Fémek képlékenyalakítása
- Fémtan, hőkezelés
- Anyaginformatika
- Űranyagtudomány és -technológia
- Nagyhőmérsékletű berendezések és hőenergia-gazdálkodás
- Kerámiák és technológiák
- Polimertechnológia
- Kémiai folyamatok és technológiák

A tématerületek lefedik a miskolci anyagmérnöki és kohómérnöki képzés teljes területét.

2.1.4. Infrastrukturális feltételek

A Kar intézetei rendelkeznek tanszéki laboratóriumokkal és műhely, illetve kemencecsarnoki infrastruktúrával.

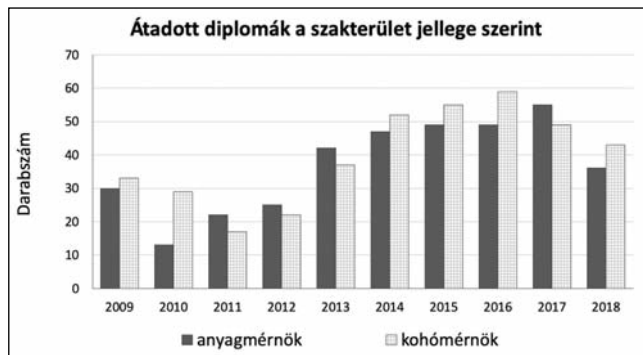
A kohómérnök-képzés szempontjából kiemelt laboratóriumok a következők:

- 3D Lab – finomszerkezetvizsgálat, maradó feszültség analízis, CT, LA-FIB SEM
- Felülettechnikai és hidrometallurgiai labor
- Képlékenyalakítási laboratórium és műhely: kísérleti hengerállvány, dróthúzó berendezés, sajtók, forgácsoló gépek
- Metallurgiai műhely: vákuum, indukciós és elektromos kemencék, félfolyamatos öntőmű, GD OS,
- Komplex öntészeti laboratórium: homoklabor, nyomásos öntőgép, 3D nyomtató labor stb.
- Tüzeléstechnikai kemencecsarnok
- Kémiai laboratóriumok

Mindez, kiegészítve a tanszékeken üzemelő laboratóriumokkal és a folyamatban lévő fejlesztésekkel, elegendő hátteret biztosít a színvonalas, gyakorlatorientált képzéshez.

2.1.5. Létszámok

Az alábbiakban a legfontosabbnak ítélt létszámadatokat ismertetjük a 2009–2018 közötti 10 éves időtartam során diplomát szerettek adatai alapján. Minthogy ez az anyag a kohómérnök-képzés helyzetét mutatja be, a korábbiakhoz hasonlóan az anyagmérnöki alapképzésben (BSc) kiadott okleveleket anyagmérnöki jellegűnek tekintjük a nem fémes (polimertechnológiai, szilikástechnológiai, vegyipari technológiai) szakirányok vagy specializációk esetében, és kohómérnöki jellegűnek minden egyéb esetben. Ez a felosztás természetesen nem hibátlan (hiszen születtek „kémias” diplomatervek a korábbi kohómérnöki képzés során is), de a megkülönböztetésre szükség van, ha a trendeket látni akarjuk. Mesterképzés (MSc) esetén nincs ilyen probléma, hiszen itt eleve külön szakon tanulnak a leendő kohómérnökök.



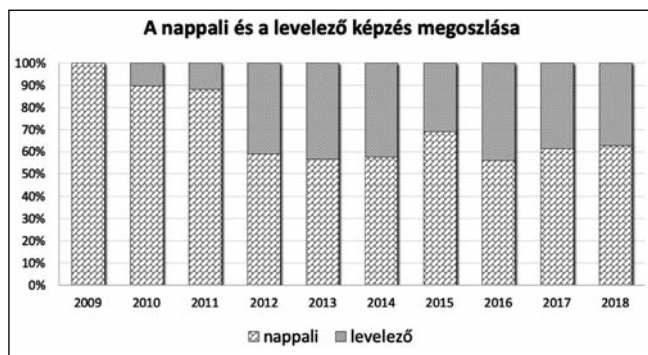
1. ábra. A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán (ME-MAK) 2019-et megelőző 10 évben átadott diplomák száma a végzett szakterületének „jellege” szerint

Megjegyzendő, hogy a mesterképzésben diplomát szerettek jelentős része (de messze nem mindenki) az alapképzését is a Műszaki Anyagtudományi Karon szerezte, azaz a kiadott diplomák száma nagyobb, mint az iparban potenciálisan megjelenő mérnökök száma.

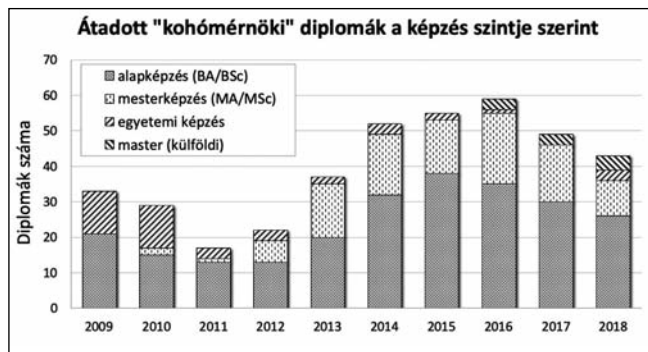
Az 1. ábra mutatja a 2009–2018 között kiadott diplomák szakterület szerinti megoszlását. A BSc-diplomák jellegét a fentiek szerint a specializáció alapján soroltuk be anyagmérnöki, illetve kohómérnöki jellegűbe, az MSc-diplomák minden esetben eleve kohómérnökiek. A vizsgált 10 éves időtartam során 764 oklevelet adtunk át, ennek kicsit több mint a fele (396 oklevél, 52%) volt a kohómérnöki jellegű képzéshez köthető. A diplomák között szerepelnek olyanok is, melyeket a vizsgált periódusban adtunk át, de a képzés évekkorábban lezárult. A késlekedés többnyire az oklevél feltételül szabott középfokú államilag elismert nyelvvizsga hiányára, illetve késve megszerzésére vezethető vissza. A beiratkozás naptári évétől a diplomaszerezés évéig alapképzés esetében átlagosan 4,48 évre, mesterképzés esetében 2,25 évre volt szükség. A leghosszabb idő 17 év volt: egy 2001 szeptemberében beiratkozott hallgató 2018 júliusában vehette át oklevelét. A „megtisztelő” *Student Emeritus* címért csak azért nem indult, mert a képzést 11 évvel korábban, 2007 májusában abszolutóriummal lezárta. Nyelvvizsga hiánya miatt legalább 1 év késéssel vehette át oklevelét hallgatóink közel ötöde (148 fő), legalább 5 éves késéssel minden 20. hallgató (36 fő), míg 10 vagy több évre a hallgatók kevesebb mint 0,5%-ának (4 fő) van szüksége.

A kohómérnöki jellegű képzésben részt vett hallgatók munkarend szerinti eloszlása átlagosan kb. azonos az anyagmérnöki képzést választókéval: átlagban 66% vett részt a nappali képzésben (2. ábra).

A 3. ábra a képzési szint szerint mutatja az átadott diplomák darabszámát. A fentiekkel összhangban az alapképzésben csak a kohómérnöki képzésnek megfelelően végzettségű szakirányokon/specializációkon végzettségű diplomái szerepelnek (243 fő). A 10 év alatt összesen 102 kohómérnöki MSc-oklevelet bocsátott ki a Kar. A 3. ábrán látható, hogy az összesen 398 diplomából 2009-ben és 2010-ben még jelentős számú hagyományos egyetemi képzésben tanuló mérnökjelölt vett át diplomát (12-12 fő), mára ez a szám néhány főre csökkent. 2010-től fokozatosan nőtt a mesterképzésben diplomát szerettek száma kb. 2016-ig, az elmúlt évtizedben ekkor adtuk át a legtöbb diplomát. A vizs-



■ 2. ábra. A ME-MAK kohómérnöki jellegű képzésében diplomát szerettek munkarend szerinti arányai



■ 3. ábra. A ME-MAK kohómérnöki jellegű képzésében kiadott diplomák képzési szintenként

gált időszak utolsó éveiben jelentős csökkenés mutatható ki a kibocsátott oklevelek tekintetében. Ennek oka sokrétű, és a demográfiai trendek sem elhanyagolhatóak.

2.2. Dunaújvárosi Egyetem

Természetesen a Dunaújvárosi Egyetemen is a bolognai képzési rendszer szerint történik az oktatás, ezért itt is megszűnt a kohó(üzem)mérnöki képzés, de helyette meghirdették az anyagmérnök képzést BSc-szinten, mely a miskolci képzéshez hasonlóan részben megfeleltethető a korábbi képzésnek.

Az anyagmérnöki alapképzési szak tanterve letölthető az intézmény honlapjáról [14]. A legfrissebb tanterv 2018. májusi keltű. Eszerint a képzésért a Műszaki Intézet a felelős, a szakvezető: Dr. Pázmán Judit főiskolai docens (Anyagtudományi Tanszék). Tájékoztatója szerint 2015 és 2018 között nappali munkarendben nem folyt anyagmérnöki képzés az intézményben, de jelenleg vannak első és másodéves hallgatóik is. A levelező képzés minden évben elindult.

A képzés tanrendjét a 6. táblázat foglalja össze. Említésre érdemes, hogy a tantárgyak kredit szempontjából egyenrangúak, azaz ugyanúgy 5 kredittel ismerik el az egyébként 6 tanórában tanított Fizikai kémia II., mint a 3 órás Menedzsment tantárgy sikeres teljesítését.

A végzett anyagmérnökök a Miskolci Egyetem mesterképzésében szerezhetnek kohómérnöki (MSc) diplomát.

2.2.1. Infrastrukturális feltételek

A képzés infrastrukturális háttérét biztosító laboratóriumok

6. táblázat. A DUE anyagmérnöki alapképzés tanrendje (minden tantárgy 5 kredit értékű)

Félév	Tantárgyak (kredit)
1.	Vállalkozástan, Informatika, Mérnöki fizika, Mérnöki matematika 1., Mechanika I., Közgazdaságtan I.
2.	CAD, Gépszerkezettan I., Kémia és anyagismeret, Mechanika II., Mérnöki matematika 2., Hő- és áramlás
3.	Fizikai kémia I., Gépszerkezettan II., Szerkezeti anyagok technológiája, Menedzsment, Matematika 3., Szabadon választható
4.	Mechanikai anyagvizsgálat, Villamosság, Műszaki anyagtudomány I., Szilikatkémia, Fizikai kémia II., Műanyag fizika
5.	Hőkezelés, Polimerek technológiája, Kerámia technológia, Analitikai kémia, Fémtechnológia, Műszaki anyagtudomány II.
6.	Fémek képlékenyalakítása, Roncsolásmentes anyagvizsgálat, Választható szakmai ismeretek (Bevonatolási technológiák vagy Szerszámtervezés), Hegesztés, Öntészet, Kompozitok, különleges anyagok (porkohászat)
7.	Környezetvédelem és energiagazdálkodás, Minőségirányítás, Szabadon választható

széleskörűek [15]. A kohómérnök képzéshez közvetlenül kapcsolható laboratóriumok listája a következő:

- Alacsony és közepes hőmérsékletű anyagvizsgáló labor
- CAD/CAM labor
- Felületfizikai és felületkémiai labor
- Gépipari és szerkezetmérés labor
- Gleeble laboratórium
- Környezetvédelmi, kémiai, hő- és áramlás-tani laboratórium
- Metallográfiai laborok
- SEM labor

A hiányzó képlékenyalakítási és metallurgiai vagy öntészeti laborokat pótolhatja az ISD-DUNAFERR közelsége és az egyetemmel meglévő szoros szakmai együttműködése.

2.2.2. Létszámok

A Dunaújvárosi Egyetemen drasztikusan lecsökkent a vizsgált szakterületen végzők száma. A 2009–2018 közötti 10 éves periódus alatt összesen 144 anyagmérnök hallgató vett át oklevelet.

Az egyszerűség kedvéért – a miskolci képzés analógiája alapján – valószínűleg nem tévedünk nagyot, ha úgy tekintjük, hogy az anyagmérnöki oklevelek kb. fele megfelel a korábbi kohómérnöki képzésnek, míg a képzés másik fele (szerszámtervezés, hegesztés stb.) gépészmérnöki jellegű.

3. Összegzés

Jelenleg nincs kohómérnöki alapképzés az országban. A korábbi kohómérnöki képzésben megszerezhető ismereteket ma a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán és a Dunaújvárosi Egyetemen indított anyagmérnöki



■ 4. ábra. A Miskolci Egyetemen és a Dunaújvárosi Egyetemen a 2019-et megelőző 10 évben átadott összes anyagmérnöki és kohómérnöki diploma száma. Az MSc-diplomák között szerepelnek a hagyományos egyetemi képzésben megszerzett diplomák is

alapképzés (BSc) keretében lehet elsajátítani. Mesterképzésre csak Miskolcon van lehetőség a kohómérnöki mesterszakon (MSc). A képzések tantárgyi tematikáját és a kibocsátott oklevelek számát részletesen ismertettük.

Bár anyagmérnöki alapképzést indít még a Pannon Egyetem és a Szegedi Tudomány Egyetem is, a képzés jellegében eltér a korábbi kohómérnök-képzéstől (pl. nincs, vagy csak mutatóban van metallurgia, képlékeny alakítás, fémtan stb.). A miskolci képzés esetén a választott specializáció alapján alapvetően elkülöníthető a kohómérnöki „jellegű” képzés (és oklevél) az anyagmérnökötől. Ugyanez már nem ennyire egyértelmű Dunaújvárosban.

A ME és a DUE által kiadott összes anyagmérnöki diploma számának alakulását a 4. ábra foglalja össze. Megjegyzendő, hogy ezen a diagrammon minden diploma szerepel, nem csak a kohómérnöki „jellegűek”. A mesterdiplomák száma tartalmazza az áthúzódó hagyományos egyetemi képzésben megszerzett okleveleket is.

Irodalom

[1] *Biró Attila*: A kohászati felsőoktatás helyzete, kohómérnök-képzés és szakmai továbbképzés Magyarországon. BKL Öntöde 41. (123.) évf. 9. szám, 1990, pp. 193–201.

[2] *Kaptay György, Z. Benkő Mária, Tóth Levente, Roósz András*: A Kohómérnöki Kar átalakítása. BKL Kohászat 132. évf. 6-7. szám, 1999, pp. 222–227.

[3] *Kaptay György, Z. Benkő Mária, Tóth Levente, Roósz András*: A Kohómérnöki Kar oktatási stratégiája. BKL Kohászat 132. évf. 6-7. szám, 1999, pp. 228–234.

[4] *Kaptay György, Z. Benkő Mária, Tóth Levente, Károly Gyula*: Beszámoló az Anyag- és Kohómérnöki Karon történekről a 2000. július 1. és 2003. október 15. közötti időszakban, avagy konszolidáció és válságmenedzselés. BKL Kohászat 136. évf. 3. szám, 2004, pp. 113–120.

[5] *Kaptay György*: Átalakulások az Anyag- és Kohómérnöki Karon, BKL Kohászat, 137. évf. 4. szám, 2004, pp. 37–38.

[6] *Kaptay György, Z. Benkő Mária*: A történelmi Kohómérnöki Kar szervezeti átalakítása és új képzési struktúrája. DUNAFERR Műszaki Gazdasági Közlemények, 2004. no. 4. pp. 281–287.

[7] *Kaptay György, Z. Benkő Mária*: A kohászati és anyagmérnöki felsőoktatás jövője a bolognai folyamatra való áttérés után. BKL Kohászat, 139. évf. 1. szám, 2006, pp. 6–11.

[8] *Gácsi Zoltán*: A többciklusú képzés tapasztalatai a Műszaki Anyagtudományi Karon. BKL Kohászat, 142. évf. 3. szám, 2009, pp. 1–4.

[9] *Kaptay György*: Nanotechnológiai képzés a Miskolci Egyetemen. BKL Kohászat, 143. évf. 1. szám, 2010, p. 54.

[10] A szakmai képzés-oktatás 2002–2012 között. BKL Kohászat, 145. évf. Különszám az OMBKE Öntészeti Szakosztály megalakulásának 60. évfordulójára, 2012. pp. 31–38.

[11] Felsőbb technikai tanintézetek az európai kontinentális kultúrállamokban. Bányászati és Kohászati Lapok, 12. évf. 7. szám, 1879, pp. 58–60

[12] A magasabb bányászati és kohászati tanítás éjszakai Amerikának egyesült államaiban. Bányászati és kohászati Lapok, 7. évf. 6. szám. 1874, pp. 48–50.

[13] 2011. évi CCIV. Törvény a Nemzeti Felsőoktatásról. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1100204.tv>

[14] http://www.uniduna.hu/images/dokumentumok/minta_tantervek2018_2/BSC_BA/ANYAGMRNK-BSC.pdf

[15] <http://www.uniduna.hu/labor-infrastruktura>

Interjú dr. Farkas Ottó professor emeritussal



Interjú készült *dr. Farkas Ottó* (továbbiakban FO) professor emeritussal, a Miskolci Egyetem volt oktatójával, aki tanszékvezetőként, intézetigazgatóként, dékánként, rektorhelyettesként, rektorként a hallgatók, a Műszaki Anyagtudományi – korábban Kohómérnöki – Kar, az egyetem és a szakmája fejlesztése érdekében példát mutatva az oktató- és kutatómunka iránti elhivatottsággal tevékenykedett – részben most is ezt teszi – első és egyetlen munkahelyén.

Az interjút volt hallgatója, 35 éven át volt közvetlen munkatársa, a Vaskohászati Tanszék vezetésében utódja, *dr. Tóth Lajos Attila* (a továbbiakban TLA) nyugalmazott egyetemi docens készítette.

TLA: *Jelen interjú apropója 90. születésnapod, így a már eddig is nagyívű életutad, munkásságod áttekintésül is szolgál. Noha tevékenységedet szakirodalmi közleményekből az Életutak sorozat rólad szóló kötetéből sokan ismerjük, induljunk a kezdetektől. Hogyan lettél kohómérnök, a kohómérnöki pálya megválasztásának mik voltak a főbb indokai?*

FO: Ungváron, az akkori Cseh-Szlovákiában születtem 1930. január 31-én. Negyedik életévem végén édesapám munkahelyi baleset következtében meghalt. Félárván voltam óvodás és elemi iskolás Ungváron, 1940-ig. Édesanyám akkor bekövetkezett második házasságkötése révén, hivatalosan nevelő-, de a valóságban édesapát kaptam, akinek a munkahelye a diósgyőri vasgyár acélöntődéje volt. Ebből fakadóan 1940-ben Miskolcra (az akkor még önálló Diósgyőr Újdiósgyőr részébe) költöztünk, és gimnáziumi tanulmányaimat 1944–1948 között a miskolci Lévy József Református Gimnáziumban teljesítettem. 14 éves koromtól kezdve (a II. világháború már zajlott) minden nyáron 1,5-2 hónapot diákmunkásként dolgoztam a diósgyőri vasgyárban (DIMÁVAG III), részben anyagi, részben pedig érdeklődési indokok következtében. Így – az apám munkakörnyezetének megismerése mellett – lehetőségem volt annak a számomra csodálatos technikai-technológiai rendszer közelségének az élvezetére, mely a földkéreg vasban dús részeiből a folyékony nyersvas és acél megjelenítésére képes. A látvány gyakorisága a vaskohászat megtetszéséhez és vonzáskörzetébe helyezéséhez vezetett. A kohómérnöki pályához vezető utam kialakulása számomra teljesen egyértelmű volt.

TLA: *Pályaválasztásod azt is jelentette, hogy a továbbtanulás ideje alatt el kellett hagynod a családi házat. Milyen jellemzők tették a soproni egyetemi életet kellemessé?*

FO: A kohómérnökképzés akkor a budapesti József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Sopronban működő Bánya-, Kohó- és Erdőmérnöki Karának Kohászati Osztályához tartozott. Én, bár a Sopronban végzett utolsó kohász évfolyam tagjaként szereztem kohómérnöki diplomát 1952-ben, a soproni képzés kihalásának folyamatában töltöttem négy évet Sopronban, mégis nagy örömmre szolgál, hogy Sopronban válhattam kohómérnöké.

A soproni baráti szellem és életvitel alapvető forrását egyrészt a tartózkodási, lakhatási lehetőségek formái, másrészt pedig az egyetemi környezet és közösség kedvező volta képezte. A viszonylag csekély kollégiumi lehetőségek mellett, a nem Sopronban vagy szűkebb környezetében élő hallgatók, az egyetem közvetlen környezetében elhelyezkedő családi házak és villaépületek csaknem mindegyikében kiadott szobákban laktak, többnyire egyetemi alkalmazottakkal, esetenként oktatókkal egy fedél alatt, szinte családi egységben, az otthon érzelmével. Én négy éven át laktam egy családnál, fájó búcsúval a végén. Sétálgatva a városban lépten-nyomon találkoztunk és szót váltottunk oktatóinkkal is. A zárt terű és kapusszolgálatlalt ellátott egyetemi terület a maga komplexitásával (tornacsarnok, uszoda, park, tanerdő, megjelölt sok élőfával) varázslatos környezetet képviselt.

TLA: *Váltak-e példaképeddé a soproni professzorok közül, és ha igen, kit és mi alapján emelnél ki?*

FO: A soproni kohómérnökképzés nagyszerű, rangos és

elismert professzorait a szakmai és tudományos felkészültség mellett a jó előadóképesség jellemezte. Közülük első számú példaképedként Romwalter Alfréd professzort emelem ki. Ő volt az, aki az elmélyült, gazdag tudás és a kitűnő, élvezetes előadói képesség mellett, azokkal összefonódva rendelkezett egy olyan jellemzővel, melynek léte vagy hiánya hatással van az emberek szoros kapcsolata és együttműködése révén elért eredmények milyenségére és mennyiségére. Ez a tulajdonság az emberbaráti szeretet.

Romwalter professzor úr példaképed maradt egész egyetemi pályafutásom alatt. A tanszéki szobámban kialakított soproni emléksarok, az általam Sopronból Miskolcra szállított könyvszekrény és a vonatkozó történelmi irodalom mellett Romwalter Alfréd professzor fényképe látszik a falon, a professzori testület és a soproni egyetemi főépület képe fölött. Ajtót nyitva és a szobámba érkezve, az ő fényképével találkozva üdvözölöm Őt.

TLA: *A Nehézipari Műszaki Egyetem 1949. évi megalapításával a kohómérnökképzés Miskolcon folytatódott. A Sopronból Miskolcra költözött kohómérnökképzés és fejlesztése érdekében milyen alapvető feladatok ellátásában vettél részt?*

FO: A soproni kohómérnökképzés 1952-ben bekövetkező megszűnésével egyidejűleg a szaktanszék is átköltöztek Miskolcra. Sopronból az Alma Materrel Miskolcra költözés (melyben megbízott tanársegédként a Vaskohászati Tanszék áttelepítésében voltam tevékeny résztvevő) számomra az otthonról a hazaköltözés érzelmvilágát keltette. A Lenin Kohászati Művek és az Ózdi Kohászati Üzemek közelsége nagy lehetőséget és segítséget nyújtott abban, hogy az oktató, a szakmai és a tudományos kutatómunka, új gyökereket eresztve, a Vaskohászati Tanszék – különösen a Vasipari Kutató Intézet megszűnését követően – a hazai vas- és acélmetallurgiának ne csak egyetemi oktató, hanem kutató és konzultatív központja is legyen.

A nyersvasgyártás oktatásához szükséges gyakorlati ismeretek megszerzése érdekében 1954–1957-ben két-éves félállású munkát kértem a Lenin Kohászati Művek nagyolvasztóinál, melynek keretében üzemmérnöki beosztásban dolgoztam a hat munkanapos hetek utolsó három napjában. Ehhez járultak a gyakorlatilag állandó üzemi kutatómunkák, főleg az ÓKÜ-ben. Sok gyakorlati ismeretet szereztem több külföldi nagyolvasztómű személyes tanulmányozása során is.

Az eredményes oktatás feltétele az ipari fejlődéssel együtt jár, vagy azt részben megelőző szakirodalom, ebben az esetben egyetemi tankönyv, illetve jegyzet rendelkezésre állása. Ennek szem előtt tartásával a 67 éves oktatómunkám során a nyersvasgyártás témakörben egy könyvet, egy társszerzős könyvet és nyolc egyetemi jegyzetet írtam. Ezek közül négy jegyzet a professor emeritusi tevékenységem során készült a legkorszerűbb, sőt a jövő várható technológiáit is feltáró tartalmakkal. A könyvek és jegyzetek természetesen nemcsak a hallgatók, hanem az iparban működő mérnökök részére is rendelkezésre állnak.

Munkatársak segítő közreműködésével nyersvasgyártási laboratóriumot hoztam létre, mely a különböző termikus disszociációs, a vas-oxid-redukciós, a salakreakciós és nagyolvasztói gázáramlási folyamatok, valamint salakviszkózitások függőségeinek tanulmányozására nyújtott lehető-

ségeket. Az anyagi helyzet hiányosságait jellemzi, hogy általam tervezett és készített széndarás ellenállás-fűtésű kemencék üzembe helyezésére volt szükség.

A gyakorlati képzéshez a közeli, már említett vas- és acélművek nagyolvasztóinak és mérnökeinek a segítségét is igénybe vettük. Ez az együttműködés – a borsodi térség nyersvaskohászatának megszűnése után – a Dunai Vasművel fejlődött tovább, mind nagyobb hangsúlyt fektetve a szakmai tanulmányutak jelentőségére. A külföldi egyetemekkel (freibergi, duisburgi, kanadai stb.) való kapcsolatfelvétel is segítette az oktató- és kutatómunkát. A külföldi tanulmányutakon való részvételt a MVAE, az OKÜ és a DV támogatta.

TLA: *Oktatói, kutatói, szakmai munkásságod mellett kiemelkedő a vezetői tevékenységed. Melyek voltak azok az intézményi vezetői pályák, amelyek keretében egyetemi pályafutásod során dolgoztál?*

FO: Az egyetemi oktatói és vezetői pálya valamennyi lépcsőfokát végigjárva örömmre szolgált és megtiszteltetésnek tekintem, hogy nemcsak oktatói tevékenységemmel, hanem kapcsolódó vezetői munkásságommal is szolgálhattam a kohómérnök-képzés, majd az egyetemi oktatás és kutatás ügyét.

1952-ben lettem tanársegéd, majd 1957–1966 között adjunktusként, 1966–1975 között docensként, 1975–2000 között egyetemi tanári minőségben, azóta pedig mint professor emeritus látom el – korábban részben munkatársaimmal – a vasmetallurgia szakterületének oktatását.

Tanszékvezető-helyettesi feladatokat láttam el 1952–1987 között, majd *dr. Simon Sándor* professzor utódjaként a Vaskohászattani Tanszék vezetője és egyidejűleg a Metallurgiai Intézet alapítója és vezetője lettem (1987–1995). A Kohómérnöki Kar dékánja voltam 1984–1986-ban, az egyetem oktatási, majd általános rektorhelyettesi feladatait láttam el 1986–1994 között, és az egyetem rektora voltam a 1994–1997-es időközben. Ezt követően rektor emeritus lettem.

Kuriózum és egyben megtiszteltetés, hogy a Kohómérnöki Kar eddigi történetében én vagyok az egyetlen oktató, aki az egyetemünk rektora, rektorhelyettese és karunk dékánja is volt. Az egyes vezetői pozícióban végzett munkáimat és azok eredményességét jelentősen segítette, hogy valamennyi pozíció elfoglalását megelőzte, hogy az ahhoz vezető út minden szakaszát előzetesen bejártam, és értékes, a továbbhaladást megalapozó ismeretek birtokába jutottam. A kapcsolódó közvetlen munkatársak segítő közreműködése természetesen nélkülözhetetlen volt, ezért elismerésének elmulasztása méltatlan lenne.

TLA: *Dékáni tevékenységedet főleg mely munkáid jellemzik?*

FO: Dékáni tevékenységem alatt kiemelkedő jelentőséget tulajdonítottam annak, hogy megerősítsem a Kohómérnöki Kar elismertségét, rangját, jelentőségét az egyetemi, hivatalos életben. Ennek érdekében az egyetem és a karok vezető testületének részvételével az Ózdi Kohászati Üzemekben, a Lenin Kohászati Művekben, a Dunai Vasműben és a Kohászati Gyárépítő Vállalatnál 1-1 napos látogatást szerveztem, a gyártási folyamatok megtekintése és a kapcsolatok további erősítése céljából. Az egyetem és a testvérkarok vezetői nagy elismeréssel értékelték az üzemláto-

gatások eredményességét. Többen kifejezték meglepetésüket a vállalatok és a karunk között fennálló szoros kapcsolatok láttán.

Bevezettem továbbá, hogy a Kari Tanácsüléseken – előírt sorrendben – 1-1 tanszéki köteles beszámolni az előző év tanszéki kutatómunkájáról, eredményeiről és terveiről. Az elhangzottakat kari szinten vitattuk meg. Nagy gondot fordítottam a jegyzetellátottság biztosítására, illetve a folyamatosan megújított jegyzetírási terv teljesítésére. Örömmel szolgált, hogy a kar tudományos diákköri teljesítménye egyetemi szinten élenjáró lett, és országos megjelenésünk is hozott kiemelkedő egyedi eredményeket. Az üzemek segítőkészsége ebben is megnyilvánult.

TLA: *Mint oktatásüggyel foglalkozó rektorhelyettesnek milyen előrelépést tudtál elképzelni az oktatási folyamat hatékonyságának növelésére?*

FO: Különösen dékáni, majd rektorhelyettesi funkcióm időszakában, amikor a hallgatók a matematika-előadások túlzott tartalmi zsúfoltságára, s ezáltal követhetlenségére és érthetlenségére hivatkozva tettek kifogásokat, érlelődött meg bennem, nagyobb gondot kell fordítani arra, hogy az egyetemi előadások tartalma és sebessége reális összhangban legyen az átlagos előképzettségű és a tananyagot tudni akaró hallgató teljesítő-képességével. A rektorhelyettesi feladatkörömbé tartozó oktatásügyi tevékenységem során a vázolt gondolat leegyszerűsítve a következő megfogalmazásban jelent meg: „a tananyagot nem leadni, hanem átadni kell”.

Nyilvánvaló, hogy ez az oktatási módozat nagy hallgatói létszám esetén nem, vagy csak minimális hatásvnövekedés kíséretében valósítható meg. A kislétszámú kohómérnök-képzés szinte felkínálja magát a megfogalmazott oktatási módozat alkalmazására. Az én oktatómunkámat a leírt variáció jellemzi. A hallgatók szeretik, sőt hasznosnak tartják az előadás közbeni kérdések, kérések, kiegészítések, vélemények, felismerések, egyéb megnyilatkozások, kérés utáni megjelenítését.

TLA: *Rektorként milyen javaslataid voltak egyetemünk univerzitás jellegének növelésére, és melyek valósultak meg vezetésed alatt?*

FO: Rektori megbízatásom arra az időszakra esett, amikor országszerte, s így egyetemünkön is, az univerzitás jelleg egyre fokozottabb kialakítása volt az uralkodó fejlesztési törekvés. Ekkor – a három műszaki kar (bányász, kohász, gépész) mellett – létrejött az Állam- és Jogtudományi Kar és a Gazdaságtudományi Kar is. Részben az én javaslatomra már folyamatban volt a Bölcsész tudományi Kar létrehozásának munkálata (a célt szolgáló bizottság vezetője én voltam), melynek eredményeként, már rektorságom idején én avattam fel a Bölcsész tudományi Kart és első dékánját 1997-ben.

Miután az egyetemi tanács jóváhagyta javaslatomat, tárgyalásokat kezdeményeztem és folytattam annak érdekében, hogy a Liszt Ferenc Zeneművészeti Főiskola Miskolci Tanárképző Intézete egyetemünkbe integrálódjon. Az ügyintézés eredményeként egyetemünk a Bartók Béla Zeneművészeti Intézettel gazdagodott 1997-ben. A régió vegyiparának nagyütemű fejlődése előtérbe helyezte a vegyész-képzés, illetve az annak bázisát képező kémiaoktatás kiterjesztését. Ennek révén született meg az a javaslatom, hogy

az MTA tulajdonában, az egyetemváros területén működő Bányászati Kémiai Kutató Laboratórium egyetemünkhöz kapcsolódva fokozatosan fejlessze és bővítse a kémiaoktatás szakterületét. Az integráció megvalósult 1997-ben és pár éve folyik a vegyészképzés.

Kezdeményeztem a Miskolcon működött főiskolai egészségügyi képzés újraindítását. Egyetemünk elkészítette és benyújtotta az akkreditációs anyagot 1997-ben. Ma már Egészségügyi Kar működik egyetemünkön.

Rektori működésemként, a város anyagi támogatásával, sikerült a Továbbképző Intézetet a tapolcai bérleményből az egyetem területére telepíteni. Tevékenységemet kitűnő rektorhelyettesek, úgymint *dr. Czabán János*, *dr. Patkó Gyula*, *dr. Szabó Miklós*, *dr. Kocziszky György* professzorok segítették.

TLA: *Váltunk új területre. Kutatási tevékenységednek mik voltak a főbb jellemzői, eredményei, hatásai?*

FO: Nagy öröm és megtiszteltetés számomra, hogy egész egyetemi pályafutásom alatt mindvégig szoros szakmai és baráti kapcsolatban volt módomban kiterjedni és a technológiai kultúra fejlesztését szolgáló kutatómunkákat végezni, vagy azokban részt venni. A nyersvasgyártási folyamatok behatóbb tanulmányozására többnyire csak a rendkívül bonyolult és sok vonatkozásban összetett nagyolvasztó belső metallurgiai és hőtechnikai viszonyainak nyomon követése ad megbízható lehetőséget, s csak kis részfolyamatok szimplifikált vizsgálata végezhető el laboratóriumi körülmények között. Ezért az adott nagyolvasztó mérés-kultúrája, az eredményhalom feldolgozása és azok rendelkezésre bocsátása, valamint a technológiai folyamat célirányos, csekély mértékű módosíthatósága feltétele a kutatómunkának. A korábban még működő mindhárom vasmű összesen kilenc nagyolvasztója szinte megszakítás nélkül látta el a tanszéket, és ezáltal engem is, kutatási feladatokkal. A feladatok teljesítésében közvetlen oktatótársaim, mindenekelőtt Te, aki közvetlen munkatársként, ezen kívül tanszékvezető-helyettesként, majd mint tanszékvezető, valamint *dr. Csutor Tivadar* segítettek.

A kiemelésre érdemes kutatómunkák egyikében a hőmérsékleteket mérő, a gáz- és szilárdanyag-mintákat vevő 18 méter hosszú, vertikálisan süllyedő szondával – világviszonylatban negyedikként – végzett nagyolvasztói kutatómunka (ÓKÜ III. számú nagyolvasztó) az adagolási szinten való folyamatos ott-tartózkodást igényelte (gázmérgezés miatt két alkalommal vittek le a kohó tetejéről). A kapott eredmények jelentősen gazdagították az indirekt vas-oxid-redukciós folyamatok ismeretanyagát, és járultak hozzá a CO jobb kémiai kihasználásához és a fajlagos kokszfogyasztás csökkenéséhez. Ez volt akadémiai doktori értekezésem bázisa. Hasonlóan értékes eredmények születtek az összesen 50 nagyolvasztói kutatómunka révén is. A kapott eredmények a nyersvasgyártás szakmai-tudományos ismeretei és az ipari hasznosítás mellett, tudományos fokozatok megszerzésére nyújtottak lehetőséget. Én 1963-ban műszaki doktor, 1969-ben a műszaki tudományok kandidátusa. 1979-ben a műszaki tudomány doktora, 1996-ban pedig az Orosz Természettudományi Akadémia külföldi tagja lettem. Mindezekhez számos elismerés társult, pl. Gábor Dénes-díj, a Miskolci Egyetem Tiszteletbeli Doktora, Akadémiai Díj, az ISD DUNAFERR Zrt. Főtaná-

csosa, az ISD DUNAFERR Zrt. díj, a Dunafer kiváló dolgozója. A legrangosabb kitüntetésem a Magyar Köztársasági Érdemrend Középkeresztje. A kutatási eredményeket részemről két szakkönyv, nyolc egyetemi jegyzet és 120 publikáció rögzíti.

TLA: *Jelenleg is vannak kutatási terveid és munkáid?*

FO: Az elmúlt években egy nemzetközi összefogásban végzett kutatómunkában vettem részt az ISD DUNAFERR Zrt. keretében, a nagyolvasztó fúvóformája erózióját okozó, eddig ismeretlen hatás meghatározására és ezáltal az erózió gyakoriságának csökkentése érdekében. A munka során egy általam felvetett és elméletileg alátámasztott hibaközpont feltételezése és ennek a DV laboratóriumában végzett többirányú és alapos vizsgálata bizonyítása révén jelentős, a külföldi folyóiratokban is közölt, eddig ismeretlen eredmény született az eróziót okozó folyamatról és az eróziócsökkentés lehetőségéről.

A jelenlegi kutatási tevékenységem azt igyekszik feltárni, hogy a CO₂-emissziót csökkentő, azaz nagyobb fajlagos H₂-mennyiséget felhasználó nagyolvasztóban hogyan és miként módosulnak a hőképződési és a vas-oxid-redukciós folyamatok, mekkora a hidrogén kémiai kihasználása és összefügg-e a CO kémiai kihasználásával; a H₂ a CO-os vagy a C-os vas-oxid-redukció részeseződését módosítja; a CO exoterm és a H₂ endoterm folyamatának eredője milyen következménnyel jár. A 2000-ben bekövetkezett nyugdíjba vonulásomig közalkalmazotti viszonyban dolgoztam 47 éven át, mindenkor élvezhettem a korábban már említett kitűnő közvetlen segítőtársaim szorgalmas közreműködését. Az azóta eltelt 19 évben csaknem ugyanazt az oktató- és kutatómunkát végeztem professor emeritusként, de most már csak kivételesen és ritka esetenként, barátsággal kapok segítő közreműködést, a nagymértékben lecsökkent tanszéki létszám következtében.

A kiterjedt, több évtizedes ipari kutatómunka és oktatási közreműködés során nagyon gazdag szakmai és baráti kapcsolatok alakultak ki, melyek a szakmai-tudományos konferenciák, konzultációk, közös publikálások, tudományos fokozatok ipari kutatásaimnak támogatása révén fokozatosan gazdagodtak és erősödtek. A folyamat fejlődését – reményeim szerint – nagyban segíti a duális képzés bevezetése, valamint az a tény, hogy a Vaskohászattani Tanszék jelenlegi vezetője (*dr. Móger Róbert*) egyben az ISD DUNAFERR Zrt. főosztályvezetője.

TLA: *Tudomásom szerint az Alma Mater, s azon belül a Vaskohászattani Tanszék történelmi eseményeit is igyekszik nyomon követni. Ezt milyen tevékenységed tanúsítja?*

FO: Alma Materünk, s ezen belül Karunk és Tanszékünk történelmének tiszteletben tartásához igyekeztem hozzájárulni publikációs és szervező munkával. Ennek keretében a tanszéktörténeti folyamatok valamennyi jubileumi eseményei (alakulás, fennállásának 100. évfordulója, a selmecebányai tanszék európai rangra emelkedése, Sopronba költözés az I. világháború után, emlékezés Kerpely Antalra, Miskolcra költözés a NME megalakulásával, szerepünk a vaskohászat hazai korszakváltásakor) hét publikációm és négy konferencia-előadásom témáját képezte. A Vaskohászattani Tanszék megalakulásának 100. évfordulójára – kezdeményezésemre és közreműködésemmel – a MVAE, a LKM, az ÓKÜ elkészítette a tanszéki emléktérmet, bebüto-

rozta és elhelyezte benne az ugyancsak általuk elkészített, akkor még csak kilenc volt tanszékvezetői olajfestmény-portrét, és elkészítették az emléktábla felállításához kapcsolódó korszerű, új előadótermet is.

TLA: Szeretném, ha szólnál a munkádat támogató családi háttéréről, mint a kohászat kicsiny otthonáról. Hogy is van ez?

FO: A kohászat – valóban – a családi környezetben is körülvesz. Apám, Farkas Sándor a diósgyőri vasgyár acélöntödéjének tisztítóüzeméből helyettes üzemvezetőként ment nyugdíjba. Öcsém, Gábor ma már nyugdíjas üzemmérnök. Fiam, Kornél képlékenyalakító kohómérnöki végzettséggel – jogász feleségével és két egyetemista lányával – Kanadában él, egyetemi tanár, korábban egyetemünk Kohógéptani és Képlékenyalakítástani Tanszékén docensként tevékenykedett. És végül, de minden vonatkozásban kiemelten, feleségem, dr. Mayr Klára, Klárika szintén kohómérnök, aki 1954-ben fejezve be egyetemi tanulmányait, a Tüzeléstani Tanszéken dolgozott 36 éven át. A kandidátusi tudományos fokozat megszerzése után egyetemi docensként, majd 13 éven át tanszékvezetőként is dolgozott, oktatott, kutatott. Pályafutásom során Klárika állandó segítőtársam volt, és még ma is az, hiszen a nyersvasgyártás nemcsak egy metallurgiai, hanem elválaszthatatlan hőenergetikai rendszer is. A szakmai problémák otthoni megbeszélése így igen gyakori napjainkban is, amikor közös publikációkat készítünk. Gazdag szakirodalmi, terjedelmes lexikoni tevékenysége és különösen négy szakkönyve nélkülözhetetlen forrása és bázisa minden szakmai, tudományos tevékenységünknek is. Több, nyersvasgyártással foglalkozó publikációnk és egy egyetemi jegyzet is közös munkával készült, a szerzők feltüntetésével.

Az alkotómunka nélkülözhetetlen háttérét képező, kiegyensúlyozott, békés, jó hangulatú családi otthon létrehozásában és fenntartásában Klárikáé a fő érdem. Mindezek alapján nyilvánvaló, hogy életpályám szakmai-tudományos eredményei Klárika munkáját és közreműködését is értékelve dicsérik, én pedig hálás köszönet kíséretében, jó szívvel tekintem azokat közös munkánk eredményeinek.

TLA: Több kollégával beszélve elismeréssel szólnak arról, hogy milyen fiatalos lendülettel, szellemi frissességgel jelensz meg és nyilvánulsz meg az egyetemi, szakmai rendezvényeken. Van-e ennek valami titka?

FO: Nem gondolom, hogy a hosszú életnek titkos feltételei lennének. Legfeljebb úgy látom, hogy az orvostudomány által meghatározott és gyakorta hangoztatott, alapvetően fontos hatástényezők mellett, nem adunk kellő hangsúlyt más, hatóerővel rendelkező folyamatoknak. Szerin-

tem ide tartozik a felfrissülést, pihenést és megújulást szolgáló rendszeres, elmélyült és kellő időtartamú alvás is. Ezt könnyű kimondani, de tudnunk kell, hogy az ilyen alváshoz olyan lelkiismeretes életvitelre van szükség, melyben tetteinket és gondolatainkat olyan erkölcsi felelősségérzet hatja át, melynek következménye nem gerjeszt bennünk elmélyült alvást gátló, bánkódó, sajnálkozó, szegyenkező, lelki-ekben fájdalmas gondolatokat és érzelmeket. Bár elértem volna, hogy pályafutásom során minden esetben ennek szellemében cselekedjek!

Egyetemi, még közalkalmazotti jogviszonyban dolgozó oktatótársaim közül esetenként megkérdezik, hogy ilyen késői nyugdíjas éveimet miért munkával és miért nem pihenéssel töltöm. A válaszom egyszerűen az, hogy én ezzel e cselekedetemmel a pihenésemet, a kiegyensúlyozott életviteltem támogatom mindaddig, amíg egészségi állapotom ezt megengedi, s az ügy szolgálata ezt megkívánja. Nagy megkönnyebbülés és megnyugvás, és ezáltal pihenés számomra minden olyan helyzet, melyben a kutatómunka eredményeként kiderül vagy világossá válik egy olyan metallurgiai felismerés, melynek birtokában megalapozottabb, realisabb és kedvezőbb innovációs javaslatot vagy döntést lehet hozni. Az ilyen felismerések természetesen gazdagítják a nagyolvasztó működésére vonatkozó – még mindig hiányos – ismereteinket, gazdagítva és pontosítva az oktatási anyagot. S ha valóban szeretjük a szakmánkat, akkor minden gazdagító felismerés, amely csökkenti a „szeretett” rendszer ismeretlen részének nagyságát, egyben fokozza a nyersvasgyártók – általam megfogalmazott – alábbi hitvallásának erejét:

„Aki érti, szereti és alázattal tiszteli a nyersvasgyártást, annak a nagyolvasztóból áramló moraj sohasem zaj, hanem mindenkor az ott működő természettudományi törvények harcának és győzelmének olyan diadal-szimfóniája, melynek konszonáns akkordja a földkéreg vasban dús részeiből előállított folyékony nyersvas megjelenésével harmonizál.”

TLA: Tisztelt Professzor Úr, kedves Ottó! Megköszönve eredményekben gazdag életutad sok területét bemutató interjúban mindannyiunk, de főként a fiatalok számára irányt mutató gondolataidat, engeddd meg, hogy kiemelkedő munkásságodhoz gratuláljak és 90. születésnapod alkalmából szívből kívánjak az elkövetkező évekhez jó egészséget, eredményes szakmai munkásságot, amely például szolgálhat mindazoknak, akiket oktattál, akik veled együtt tevékenykedtek, munkálkodtak. Valamennyiük nevében kívánok boldog születésnapot, Isten éltesse sokáig családod, egyetemi kollégáid, szakmai társaid körében!

A Műszaki Anyagtudományi Kar hírei 2020. február

– A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Kari Tanácsa a 2019 szeptemberében induló tanévétől új, módosított tantervet fogadott el. A változtatás során a törzsanyagban is történtek jelentősebb módosítások (vállalati partnerekkel egyeztetett kompetenciák erősítése érdekében), azonban a specializációkat, illetve a specializációválasztást érintette jelentősebben az átalakítás. Megszűntek

az eddig párba állított specializációmodulok, minden egyes terület önállóan működik tovább, bizonyos specializációkat összevontak (így jött létre a járműipari fémtechnológia), illetve két új specializáció is felkerült a képzési repertoárba: „anyagvizsgálat, minőségellenőrzés”, valamint a „járműipari anyagmérnök”. A kar vezetése megszüntette a specializációválasztást a 3. félévben, és ezentúl minden félév előtt



■ Az új diplomások egy csoportja

egy előregisztrációs időszakban kell a hallgatóknak specializációs tárgyra jelentkezni, egyszerre több specializáció tárgyai közül is választhatnak, így személyre szabhatják a tudásukat. Azon tárgyak indulnak csak el, amelyekre legalább öt fő jelentkezik. Ha valaki olyan tárgyra regisztrál, ami nem indul, az induló tárgyak közül választhat. Fontos változás, hogy a Kar ezentúl nem garantálja, hogy mindenki specializációs megnevezést tartalmazó oklevéllel fog végezni, lesznek vagy lehetnek hallgatók, akik „sima” anyagmérnöki BSc-oklevelet vehetnek majd át. A specializációs oklevél megszerzésének négy feltétele van, ennek rendszerre részletesen a jelen lapszámban közölt, kohászati felsőoktatással foglalkozó cikkben megtekinthető (44-50. oldal).

– 2019. december 16–20. között tartották meg a Műszaki Anyagtudományi Kar záróvizsgáit. Hat záróvizsga bizottság előtt összesen 52 hallgató adott számot a tudásáról, közülük oklevelet szerzett 30 BSc- és 15 MSc-hallgató.

– A 2020. február 6-i Diplomaosztó Ünnepi Szenátusülésen adta át az okleveleket *prof. dr. Torma András*, az egyetem rektora a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán végzett hallgatóknak. A diplomaosztó ünnepségen 40 végzett mérnök vehette kézhez diplomáját, 28-an alapképzésben, 12-en mesterképzésben végeztek. Az ünnepségen habilitációs oklevelet *dr. Mucsi Zoltán* és *dr. Varbanov Sabev Petar* részére, PhD-oklevelet pedig *Garami Attila* részére adott át az egyetem vezetése.

Domján Tamás, *Máté Miriam* és *Sipos László Áron* duális képzésben végzett hallgatók részére a NEMAK Győr Alumíniumöntöde Kft. elismerő oklevelet adományozott. Az okleveleket *Szilasi Péter Tamás*, a Nemak Győr Alumíniumöntöde Kft. társadalmi kapcsolatok osztályának vezetője, valamint *Virágh Dóra* referens, a duális képzés kapcsolat-tartója adta át.

(RJ)



MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNYI KAR

FELHÍVÁS

A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kara felhívást intéz az Alma Mater egykori hallgatóihoz, akik 1950-ben, 1955-ben, 1960-ban, illetve 1970-ben (70, 65, 60, 50 éve) vették át diplomájukat a Kohómérnöki Karon Miskolcon vagy Sopronban.

Várjuk jelentkezésüket, hogy részükre, jogosultságuk alapján, a rubin-, a vas-, a gyémánt- vagy aranyoklevél kiállítására érdekében szükséges intézkedéseket meg tudjuk kezdeni.

Jelentkezési határidő: 2020. április 15.

A jelentkezéshez szükséges dokumentumok:

- kérelem nyomtatvány hiánytalanul kitöltve
- oklevél fénymásolata
- rövid szakmai önéletrajz (maximum egy A/4 oldal egyes szám harmadik személyben fogalmazva)
- egy darab igazolványkép.

A teljes lista és a kérelem nyomtatvány elérhető a kari honlapon: www.mak.uni-miskolc.hu és az egyetem főportálján.

Kérjük, hogy a dokumentumokat lehetőleg elektronikus formában, az írott szöveget formázatlan word dokumentumként, a fényképet önálló fájlként szíveskedjenek megküldeni.

Dr. Palotás Árpád Bence
dékán

Elérhetőségek:

E-mail: roneczne.judit@uni-miskolc.hu
Cím: Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Dékáni Hivatal
3515 Miskolc-Egyetemváros C/1. I. emelet 109. szoba
Telefon: +36/46/565-090



Szent Borbála-napi országos központi ünnepség

A Szent Borbála-napi ünnepséget 2019. december 4-én a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat dísztermében rendezték meg az Innovációs és Technológiai Minisztérium, a Magyar Bányászati Szövetség, a Bánya-, Energia- és Ipari Dolgozók Szakszervezete, valamint az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület közös szervezésében.

Az elnöki asztalnál helyet foglalt: *Kádár Andrea Beatrix*, az Innovációs és Technológiai Minisztérium helyettes államtitkára; *prof. dr. Szűcs Péter*, az ME Földtudományi Karának dékánja; *Kovács Pál*, a Paksi Atomerőmű kapacitásának fenntartásáért felelős államtitkár; *dr. Nyikos Attila*, a MEKH nemzetközi elnökhelyettese; *dr. Fancsik Tamás*, a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat elnöke; *Szakál Tamás*, a Magyar Bányászati Szövetség elnöke; *Rabi Ferenc*, a Bánya-, Energia- és Ipari Dolgozók Szakszervezete elnöke; *dr. Hatala Pál*, az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület elnöke; valamint *dr. Zoltay Ákos*, a Magyar Bányászati Szövetség főtitkára, az ünnepség levezetője.

A parlament december 3-i ülésén napirend előtti felszólalásában *dr. Latorcai János*, az országgyűlés alelnöke (a Szt. Borbála-érem alapító korábbi ágazati miniszter) köszönetét fejezte ki az ünnepségről készült képek a hátsó borítón láthatók.

szöntötte védőszentünk ünnepét. Ennek videofelvételét az ünnepségen levetítették.

Ünnepi beszédet mondott Kádár Andrea Beatrix helyettes államtitkár. A szervezetek részéről az MBSZ és az OMBKE elnökei mondtak köszöntőt.

Az ünnepi beszédek elhangzása után *Mészáros János Elek* magánénekes előadása következett, majd Szent Borbála-érem, továbbá Miniszteri Elismerő Oklevél kitüntetését adott át Kádár Andrea Beatrix helyettes államtitkár.

A kitüntetések átadását követően Szt. Martin előadóművész műsora hangzott el. Ezután köszönetnyilvánító elismerésként Szakál Tamás, Rabi Ferenc és dr. Hatala Pál Szt. Borbála, a bányászok és kohászok védőszentje ezüst emlékérmét adott át Kádár Andrea Beatrix helyettes államtitkár asszonynak és Kovács Pál államtitkárnak.

Átadtak továbbá életmű díjat és Magyar Bányászatért szakmai elismeréseket, jubileumi plaketteket, valamint pótlólag a 2019. évi Bányásznapi alkalmából esedékes Bányász Szolgálati Okleveleket.

Az ünnepséget követő állófogadáson a helyszínt adó házigazdaként dr. Fancsik Tamás, a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat elnöke mondott pohárköszöntőt. (PT)

Szent Borbála-érem kitüntetésben részesült lelkiismeretes kohászattal kapcsolatos tevékenységért:

Kovács Sándor tanulmányait a moszkvai Acél- és Ötvözetipari Egyetemen végezte vas-, acél- és színesfémöntés szakon, ahol 1983-ban kohómérnöki diplomát kapott. Végzését követően a Szegedi Öntőműben helyezkedett el üzemmérnökként. Különböző munkaköröket betöltve azóta is ennél a vállalatnál dolgozik, jelenleg ügyvezetőként.

A MÖSZ elnökségének tagja 2008-tól, elnöke 2014 óta. 1984-ben lépett be az OMBKE Öntészeti Szakosztályának szegedi szervezetébe, ami a rendszerváltáskor feloszlott. 2014-ben az Öntészeti Szakosztály elnökének segítségével a Szegedi Szervezetet újra megalakították, ettől kezdve ennek elnökeként aktívan részt vesz az egyesületi munkában.

Cseh László Ferenc 2009-től irányítja az ISD DUNAFERR Zrt. Nagylvasztóművét, mint a vállalat egyik legfontosabb gyártóművét. Munkája során elsődleges célja a nyersvas-termelés hatékonyságának növelése és az energiafelhasználás csökkentése. Kiemelt feladata továbbá a nyersvas-gyártás fejlesztési lehetőségeinek kutatása, a hosszú távú stratégia kidolgozása és komplex beruházások, kohó és léghevítő átépítések irányítása. Szakcikkkel osztja meg gondolatait a DUNAFERR Műszaki, Gazdasági Közlemé-

nyekben és a BKL Kohászatban. Az OMBKE Vaskohászati Szakosztály dunaújvárosi helyi szervezetének elnöke.

Németh Tamás mérnöki pályafutását 1986-ban kezdte a győri RÁBA gyárban kovácsolt acél járműalkatrészek technológiájának kidolgozásával.

Az aaleni főiskolai ösztöndíj és a BMW müncheni hengerfejöntődjében eltöltött két év után 1992-ben az apci AMAG-QUALITAL vegyesvállalatnál helyezkedett el. Később az alumínium salakból való visszanyerésének eljárásaival foglalkozott, és az apci SALKER cég vezetője lett. A kétezres évek elején külsős projektvezetőként a jobbágyi REGY-METAL cég alumínium shredder és nehézsuszpenziós flotálósor beruházását irányította.

A várpalotai INOTAL Zrt. műszaki igazgatói tisztségét 2007-ben vállalta el. Jelenleg a cég igazgatója. Az alumíniumipar mellett a kilencvenes évek végétől minőség- és környezetirányítási rendszerek (ISO 9000 és ISO 14000 szabvány) tanúsításával foglalkozott külsős vezető auditorként, illetve ügyvezetője a SYS-CERT rendszertanúsító cégnek.

Jelenleg az OMBKE Fémkohászati Szakosztályának alelnöke.

A Szent Borbála megemlékezések elindításának hiteles története

1988 nyarán az OMBKE elnökségéhez meghívó érkezett Eisenerzből a „Montanhistorische Verein”-től az 1988. október 19–20. között megrendezendő „4. Erzbergsymposium”-mal kapcsolatban. Az egyesület vezetősége úgy döntött, hogy a kiutazó bizottság vezetőjéül *Böszörményi Bélát* jelöli, tagok lettek *Csath Béla*, *Benke István*, valamint *dr. Csaba József*.

A program szerint 20-án hangzott el *Anton Manfred* okl. bányamérnök, az Eisenerzi Bányászati Múzeum igazgatójának előadása, melynek keretében megemlékezett a bányászat védőszentjéről, Szent Borbáláról is. Az előadás hatására felmerült az a gondolat, hogy Budapesten is meg kellene szervezni egy Szent Borbála-napi megemlékezést.

Csath Béla és Benke István segítőtársul *Bányai Bálint* bányamérnököt hívta, aki helyesnek találta az ötletet. *Bányai Bálint* tudomása szerint az ötvenes években az idősebb bányászok még Borbála-misést hallgattak, és a 80-as években Pécs környékén a lengyel bányászok megtartották vallásos hagyományukat, így a Borbála-misést is.

1989-ben a két alapítóra várt a feladat, hogy budapesti helyszínt keressenek Szent Borbála-mise megtartására. A nyár folyamán felmerült a Városmajori Jézus szíve plébániatemplom neve. Az alapítók felkeresték a templom vezetőjét, *Lampert Zoltán* plébánost, és felkérték őt a december 4-i Szent Borbála-kultusz újraélesztése tiszteletére rendezendő mise celebrálására. A plébános úr vállalta a feladatot.

Az egyesületben *Csicsay Albin* főtktár *dr. Csaba József* főtktárhelyettést bízta meg, hogy foglalkozzon a Történelmi Bizottság által kezdeményezett ünnepség kézben tartásával. Ezen tevékenységgel kapcsolatban sok nehézséggel és a vezetőség részéről érdektelenséggel kellett szembesülni a szervezőknek.

Közben a vezetőség úgy döntött, hogy a misét követően egy műsoros szakmai emlékülést kell tartani. *Szűcs Imre*, a Bányászati Szakosztály titkárának javaslatára a Budapesti Helyi Szervezet titkára, *dr. Ebinger József* intézte a szervezési teendőket. Az egyesület vezetősége felkérte *dr. Petrássy Miklóst*, a Budapesti Bányászati Fejlesztési Intézet (KBFI) igazgatóját, segítse ennek az ülésnek az intézetben történő megrendezését, aki felajánlotta erre a célra az intézet tanácstermét. A szakosztály a szentmise színesebbé tételéhez meghívta a Salgótarjáni Liszt Ferenc Kamarakórust, a Bakonyi Bauxitbánya Vállalat Ifjúsági Fúvószenekarát és a Ceredi Asszonykórust.

Ezek után *Szűcs Imre* a kettős rendezvényt meghirdette szakosztályi rendezvényként. A programot a négytagú szervezőcsoport közölte *Lampert Zoltán* plébános úrral is.

A meghirdetett program szerint 1989. december 4-én délután 4 órakor tartották az ünnepség első részeként a Városmajori templomban a katolikus szentmisét. A zsúfolásig megtelt templomban a szentmise kezdete előtt az ifjúsági fúvószenekar, *Téni Béla* vezetésével eljátszotta a bányászhimnuszt. A Szent Borbálát ábrázoló zászlóval leta-

kart oltárnál két egyenruhás lengyel bányász, valamint *Bányai Bálint* és *dr. Csaba József* állt díszőrséget. A plébános úr szentbeszédében megemlékezett arról, hogy Szent Borbála tisztelete ma is időszerű. *A Gutí Éva* által vezetett kamarakórus latin gregorián dalokat énekelt, az ifjúsági fúvószenekar az áldás után *Händel* Messias c. oratóriumából a *Halleluját* játszotta.

Az ünnepség a szentmise után a KBFI székházában folytatódott műsoros esttel. Először a *Szabó Géza* vezette ceredi asszonykórus szerepelt, akik gyönyörű nógrádi népviseletben a bányászattal kapcsolatos szövegű népdalokat adtak elő.

A tudományos ülés első előadását a soproni Központi Bányászati Múzeum főmunkatársa, *Bircher Erzsébet* tartotta „E Szent Borbála napján kívánom magának” címmel. Ezt követően *Molnár László* bányamérnök, a múzeum igazgatója tartotta meg vetített képes előadását „Szent Borbála kultusz az európai művészettörténetben” címmel. A tudományos ülést az ifjúsági fúvószenekar koncertje zárta.

1990-ben a Budavári Nagyboldogasszony-templom (Mátyás-templom), 1991-ben az Esztergomi Bazilika, majd ezt követően napjainkig a budapesti Szent Gellért-hegyi Sziklatemplom volt a Borbála-napi ünnepi rendezvények helyszíne.

Nem sokkal később a kohászok és az olajbányászok is csatlakoztak a hagyományos ünnepséghez.

1993-ban megalapították a „Szent Borbála-emlékérem” miniszteri kitüntetést. (BKL Bányászat 2002/4. sz. 292. old.). A két „pionír”: *Benke István* és *Csath Béla* 1996-ban kapta meg ezt a kitüntetést.

A későbbi megemlékezések alkalmával már nem említették a kezdeményező „pionirokat”.

2004. december 4-én a Gellért-hegyi Sziklatemplomban volt az első ökumenikus istentisztelet keretében tartott Szent Borbála-napi megemlékezés.

Az OMBKE 1990. december 11-én tartott ülésén *dr. Tóth István* elnök javaslatára az elnökség úgy határozott, hogy ezentúl a Bányásznapi Szent Borbála-napi legyen (BKL Kőolaj és Földgáz 1991. 88. old.).

A Bányászati és Kohászati Lapok több alkalommal megemlékezett Szent Borbála-napi ünnepségekről: a Bányászat az 1990. évi 139–141. oldalon, a Kőolaj és Földgáz a 1993. évi 90. oldalon, a Bányászat az 1995/4–5. szám 174. oldalán, a Bányászat a 2002/7. szám 22. oldalán, a Kohászat az 1995/4–5. szám 175. oldalán. *Dallos Ferencné* szerkesztésében „Szent Borbála a bányászok és kohászok védőszentje” címen (2010, 11. oldal) írtak az ünnepségről. A Magyar Bányászat Évezredes Története c. kiadvány III. kötete (2001) 549. oldalán, V. kötete, (2014) 245. oldalán foglalkozott az eseménnyel.

Csath Béla vasokleveles bányamérnök visszaemlékezéséből összeállította a szerkesztőség

Emlékeztető az OMBKE 2019. december 12-i választmányi üléséről

Az ülést *dr. Hatala Pál* elnök vezette le, aki megállapította, hogy a Választmány határozatképes. A jegyzőkönyv vezetésére *Zelei Gábort*, hitelesítésére *dr. Tardy Pált* kérte fel.

Az ülés az előzetesen megküldött napirend szerint zajlott le. Az elnök először az előző választmányi ülés (szeptember 25.) óta tett intézkedésekről, eseményekről számolt be.

Szeptember 25. óta az Egyesület vezetői és tagjai 37 rendezvényen vettek részt. Ezek közül a jelentősebb, a kohászatot is érintő események a következők voltak:

- szept. 27.: 50 éves az Öntödei Múzeum ünnepség;
- okt. 13–15.: 25. Magyar Öntőnapok, Herceghalom;
- dec. 3.: ME TDK dolgozatok díjazottjainak az oklevelek és jutalmak átadása;
- dec. 4.: Szent Borbála központi ünnepség és ökumenikus istentisztelet a Sziklatemplomban.

Hozzászólásában *Pataki Attila* kifogásolta, hogy miért az MBSZ a kizárólagos szervezője a Borbála-napnak. Ez szerte a bányászat és a kohászat közös ünnepe.

Többen kifogásolták, hogy a minisztérium a Borbála-ünnepség előtti napon többek nevét nem hagyta jóvá. A hatályos jogszabály alapján a minisztériumnak erre nincs jogosultsága. Az MBSZ-nek, OMBKE-nek és a BDSZ-nek közösen kellene *Palkovics* miniszter úrnak levelet írni erről a helyzetről.

A Választmány a beszámolót egyhangúlag elfogadta.

A második napirendi pontban *dr. Szabados Gábor* ügyvezető igazgató elmondta, hogy a Választmány tagjai előzetesen megkapták az írásos anyagot. Ismertette, hogy október 1-i átállással megváltozott a könyvelési rend, a számlatükör és a nyilvántartás rendje a számviteli törvénnyel összhangban. A könyvelőprogram és a könyvelőiroda is megváltozott. Sajnos nem sikerült minden régi adatot az új könyvelési rendszerbe átvezetni. Az új rendszer egyszerűbb és átláthatóbb lesz.

Felhívta a figyelmet, hogy a kimutatás a november 30-i állapot szerint tükrözi a tényadatokat, és így hasonlítható össze a tervvel. Továbbá figyelembe kell venni, hogy a Clean Steel Konferencia 2018-ban kiugró pénzforgalmat eredményezett, ezért a 2019-es számokat a 2017-essel érdemes összehasonlítani. A jogi személyiségünkkel és a szakmai működésünkkel kapcsolatos költségeket szétválasztottuk. A pártoló tagok tagdíját, a támogatásokat és az adományokat nem kezelte megfelelően a korábbi kimutatás, ezeket összeszámolta. Az új rendszer ezt a hibát is korrigálja.

Tájékoztatott arról, hogy november 30-i fordulónappal 2446 bejegyzett tagja van az Egyesületnek, több mint 100 fővel csökkent a létszám 2019. január 1. óta. A 25 év alatti diákság 95 fő, a 26–30 év közötti pályakezdő 96 fő, a 31–65 év közötti aktív tagság 997 fő, ez a teljes tagság 48,6%-a. A 66–75 év közöttiek létszáma 678 fő, míg a 75 év feletti 580 fő. A jogilag nem aktív keresők létszáma 1258

Az ülésről hangfelvétel és jegyzőkönyv készült, ezek az Egyesület központjában bárki részére elérhetők.

fő, ami az összes tagunk 51,4%-a. Az Egyesület tagjainak átlagkora 61,86 év. A tagság összetétele alapján – a jelenlegi tagdíjrendszer figyelembevételével – néhány éven belül drasztikusan csökkenni fog a tagdíjbevétel. Ennek az elensúlyozásáról majd gondoskodni kell. A tagdíjbefizetés aránya 94%-os, ami kiugróan jónak számít. 2019-ben jelentősen nőtt a bevétel az 1%-ból.

Az ingatlanértékesítéssel kapcsolatban közölte, hogy két adathiba volt a tulajdoni lapon, ezeket rendezték, így nincs akadálya az értékesítésnek. Két ingatlanirodát kért fel az Egyesület az értébecslésre.

Szabados Gábor az októberi választmányi ülés döntésének megfelelően kérte a szakosztályok tervadatait a 2020-as évre, november 30-i határidővel, beleértve, hogy milyen támogatásra tartanak igényt a központból. Kéri, hogy személyesen keressék meg ebben az ügyben.

A Választmány a tájékoztatást egyhangúlag elfogadta.

Ezután *Kőrösi Tamás* főtitkár az OMBKE 2020. évre tervezett rendezvényeit ismertette. Ezek közül a kiemelt nagyrendezvények:

- február 22.: OMBKE Bál, Lillafüred Palotaszálló;
- április 2–4.: az Erdélyi Műszaki Tudományos Egyesület XX. Bányász-Kohász-Földtani Konferenciája, Dés;
- április 7.: a Jó Szerencsét köszöntés ünnepe, Várpalota;
- május 22–24.: Bányász-Kohász-Erdész Találkozó Tata-bányán. Az OMBKE Küldöttgyűlését is erre az időpontra tervezzük;
- május 21–22.: Nemzetközi Olaj- és Gázipari Konferencia, Eger;
- júniusban: 60 éves az OKGT rendezvény;
- augusztus első hétvégéjén: Pivarcsi László Szigetközi Tudományos Szakmai Napok, Dunakiliti;
- szeptember első hétvégéje: Központi Bányásznapi (várhatóan MOL szervezés);
- szeptember 11.: Szalamander, Selmecebánya;
- szeptember 18–19.: Fazola Napok, Miskolc (250 éves lesz a diósgyőri kohászat 2020-ban, ennek szellemében szervezik a Fazola Napokat);
- november 18–20.: Országos Bányászati Konferencia, Egerszalók;
- november: fáklyás szalamander, Dorog;
- december 4.: országos Szent Borbála-ünnepség és ökumenikus istentisztelet a Sziklatemplomban;
- december 13.: Luca-napi Szakestély a Vaskohászati Szakosztály rendezésében.

Szökött arról, hogy közzétesznek majd egy okostelefonalkalmazást, ahol ezek a programok megtalálhatók.

A Választmány az előterjesztést egyhangúlag elfogadta.

A negyedik napirendi pontban *dr. Hatala Pál* számolt be a Megújulási Munkabizottság 2019. november 15–17-i, kihelyezett munkaértekezletéről és az abból következő, folyamatban lévő feladatokról. Az ózdi küldöttgyűlésen jelentette be, hogy az egyesület a megújulás érdekében szekciókat hoz létre. Júniusban öt szekció alakult, melyek vezetésére öt tagnak adott megbízást. A szekciók munkájába

minden szakosztály delegálható tagokat. Október végéig végezték a szekciók munkájukat. A novemberi munkaértekezleten pedig az összes elnökségi tag és a szekcióvezetők megtárgyalták az egyes bizottságok írásos és szóbeli jelentését. Felhívta a figyelmet, hogy a májusi közgyűlésen alapszabálmódosításra és esetleg tisztújításra is lehet számítani.

A Választmány tudomásul vette a beszámolót.

Ezután *Kőrösi Tamás* főtitkár tájékoztatta a Választmányt a 2020. év első félévi munkaprogramjáról, tervezett üléseinek időpontjáról és előzetes tartalmáról, valamint az OMBKE soron következő 110. küldöttgyűlésének előkészítéséről, előre látható feladatairól.

A viták és egyeztetések alapján a szekcióvezetők javított jelentést készítettek el, amit megküldtek az elnökségnek. Ebből Szabados Gábor egy összeállítást készített, amit a

Választmány tagjainak és a Szeniorok Tanácsának megküld. A szakosztályok véleménye alapján január 23-ra rendkívüli választmányi ülést hív össze, amikor lehetőség lesz a megújítási feladatokat megtárgyalni. Ehhez kapcsolódóan *dr. Lengyel Károly* kérte, hogy mindenki konzultáljon az Alapszabály Bizottsággal.

Az eyebeekben a lapok felelős szerkesztői kérték, hogy a szakosztályok január 15-ig készítsék el éves tevékenységükről a rövid beszámolójukat. Az előző lapszámban felhívást tettek közzé, hogy jelentkezzenek azok, akik nem kérik nyomtatott formában a lapokat.

Az utolsó napirendi pont *dr. Hatala Pál* elnök *Pécs Antal* serlegbeszéde volt. A serlegbeszéd teljes szövegét a következő cikkben változtatás nélkül közöljük.

*Zelei Gábor emlékeztetője alapján
összeállította BT – SA*

Dr. Hatala Pál elnök serlegbeszéde az OMBKE 2019. december 12-i választmányi ülésén

1938. december 18-án Egyesületünk a 46. közgyűlését tartotta Budapesten. A közgyűlést követően hangzott el először a *Pécs Antal*-emlékbeszéd. *Róth Flóris* bányászati főtanácsos, az Egyesület akkor újraválasztott elnöke tartotta a közgyűlést követő ebéd alkalmából, akkor még serleg nélkül. A serleget 1939. január 15-én ajánlotta fel az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületnek azzal, hogy „...minden esztendőben ünnepi lakomát rendezve, egyesületünknek valamely illusztris tagja az egyesület érdekét előmozdító ünnepi beszéd kíséretében e serleggel a kezében emelje és őrítse ennek tartalmát a mi eszményképünk, a Bányászati és Kohászati Lapok megalkotójának, *Pécs Antal*nak emlékezetére.”

Dr. Hatala Pál elnök serlegbeszéde az OMBKE 2019. december 12-i választmányi ülésén:

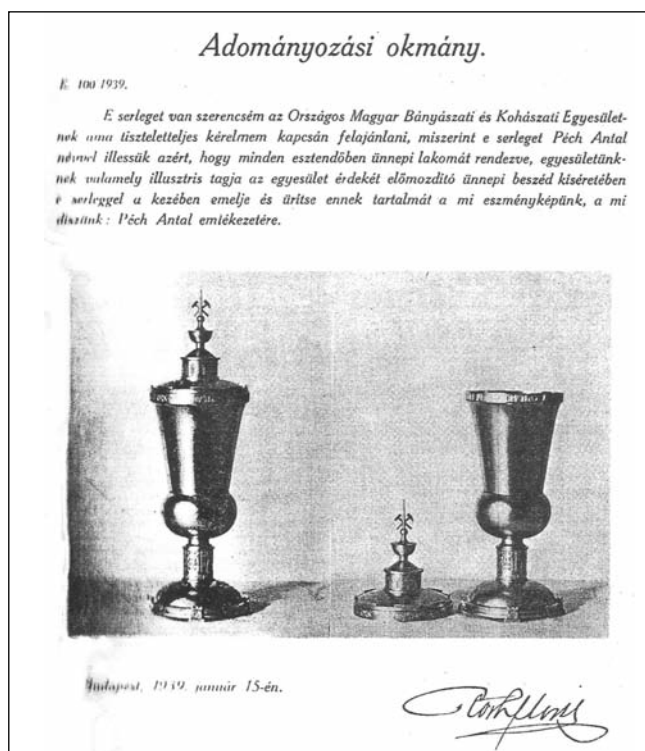
„A *Pécs Antal* tiszteletére készített serleg az elmúlt félévben elvégzett „rendrakás” során előkerült, így nincs akadálya, hogy tartsak egy serlegbeszédet.

Másfél éve vagyok az Egyesület elnöke, sok minden történt, de a 128 év ismeretében ez szinte nem is látszik. Csak benyomásaim vannak, vélelmeim, feltételezéseim.

Az alábbi felsorolást gondoltam most és itt helyén valónak. 128 év – elképesztően hosszú idő, belefért két világégés, egy akadémiai exodus, egy forradalom, 45 évnyi orosz befolyás, egy rendszerváltozás, némi demokreténia, ráadásul az én életemnek is eltelt a java... Persze, remélem, még van hátra valamennyi...

Bár semmit nem jelent, de én lettem, én vagyok a 25. egyesületi elnök, mert – gyaníthatóan – nem találtak jobbat.

Az elmúlt években 12 alapítványt csináltak a tagtársaink azért, hogy ne az Egyesületi központba jöjjenek be az elérhető támogatások (ez vajon az összetartozás vagy a barátság jelszó jegyében történt? – a hazaszeretethez elég kevés köze lehet...), hanem a helyi/regionális szervezetekbe. Ennek megfelelően nem javult az elmúlt másfél évtized



■ Az 1939. január 15-i adományozási okmány

alatt az Egyesület gazdálkodási helyzete, sorvadtt az Egyesületbe befizethető adó, az 1% összege is.

Érlelődik bennem, hogy az Egyesülettel elégedetlen szaktársaink hozták létre a Magyar Bányászati Szövetséget, a Magyar Öntészeti Szövetséget, de lehet, hogy más szervezet is van rajtuk kívül.

30 év alatt a taglétszámunk csaknem a negyedére csökkent, fogyása folyamatos. Ennek oka nemcsak tagjaink egyre magasabb átlagéletkora, de érzékelhető az új, fiatal tagok számának folyamatos csökkenése is.

Az egyetemen a bányász-kohász hallgatók (MFK és MAK) fele, egyharmada vesz részt a balek-oktatáson, a selmeczi hagyományok felvételén. Szóval nemcsak az öregek, hanem a fiatalok is foglalkoznak Egyesületünkben.

Az ország három másik egyetemén vették fel/át, „vették magukra” a Selmeci Diákhagyományokat, de őket nem engedik az utód egyetemek a „körön belülré”, bár sokan vannak (tán ezért, és mert még nő is a létszámuk) és fegyelmezett hagyományápolók. Viszont jogszerűnek tekinthetően vették fel ezeket a hagyományokat. Mint ahogy jogszerűnek tekinthetően vették fel ezeket a hagyományokat ápolónók, zene tagozatúak, bölcsészek, lassan vegyészek is – igaz, a Miskolci Egyetemen – bár ők még nem mindig értik, hogy mit is és miért? Ennek ellenére nem jelentenek Egyesületünknek „fiatal” utánpótlást. Nem biztos, hogy a selmeczi hagyomány továbbélésének jót tesz a bezárkózás – az Egyesületnek ez biztosan nem jó, az Egyesületnek inkább a nyitás lenne a kívánatos...

Úgy néz ki, hogy bár az akadályok ellenére megünnepeztük az évfordulót, még egy csodaszép könyvet is kiadtunk ebből az alkalomból, de úgy tűnik, 50 év után elveszítjük az európai szinten is egyedülálló, kiemelt műemlék státuszú, Ganz Ábrahám egykori öntödéjében működő Öntödei Múzeumot, öntödei gyűjteményt.

Az Egyesület ma már inkább hagyományápoló, mint szakmai értéke alapján jegyzett szervezet, nincsenek, vagy csökkentek élő kapcsolataink a kormányzati döntéshozókhoz, döntés-előkészítőkhöz. „Jó tanács”, hogy tessék próbálkozni.

Megéltem, hogy szakestélyen csak a bányászhimnuszt énekeltette el az elnök, a kohászhimnuszt csak a felszólalásomat követően. Ennél rosszabb az az élményem, hogy a 150. Erdészeti Egyesület Vándorgyűlésen, ahol a meghívó szerint díszvendégként voltam ott, csak az erdészhimnuszt énekelték el, se a kohászt, se a bányászt. Bár ezért az OEE elnöke később levélben kért elnézést... Aztán furcsa mód, a Sziklakápolnában a Szent Borbála – a bányászok, kohászok védőszentje – tiszteletére celebrált szentmise után csak a bányászhimnuszt éneklük el, a kohászt nem, és ez az egyesületi szervezőinket láthatóan nem zavarja... Tavaly szavá tettem, de idén sem énekelték el.

Javaslom, jövőre a jelenlévők – egyszerűen – közös akarrattal énekeljék el a bányászhimnuszt után a kohászhimnuszt is. Ennyit a kohászok minimum megérdemelnek. De egyébként is...

Én a szakmaimra kudarcnak élem meg a bolognai oktatási rend bevezetését, nem a BSc, MSc az ami zavar, hanem az, hogy már 3 év tanulás után mérnök az is, aki még töredékét sem tanulta meg a szakmának, mint az 5 éves képzésű elődeik.

Hogy némi reményt keltő megjegyzésem is legyen: örömmel tölt el az a tény, hogy eladtunk egy olyan bútor-együttest, aminek az árbevétele kb. 1/4-e volt a 7 év alatt ráköltött helyiségbérleti díjnak. Miért nem zavart ez eddig mást is?

Nem romlottak az eltelt másfél év alatt az Egyesület működési-gazdálkodási feltételei, hála az új szemléletű vezetés fegyelmezett magatartásának.

Meg kell találnunk az Egyesület új helyét, saját székelyünket – és erre talán még pénzünk is lesz, ha eladjuk a Múzeum körüli ingatlant. Ez pozitív, új erőt adó esemény lehet.

Sok fennkölt, sőt felemelő megemlékezésen, ünnepségen vettem részt a másfél év alatt, többször a meghatódottságtól a könnyem is kijött. Köszönet érte!

Felújítottuk *Kunoss Endre*, a bányászhimnuszt költője Kálozban található sírját halálának 175. évfordulóján. Köszönet érte!

Őt témakörben megkezdjük Egyesületünk megújítását: többek azt javasolták, legyenek radikálisabb, agilisebb, sokan azt, hogy lassabban, megfontoltabban haladjunk; keresem a megoldást a „szüzen teherbe esni” lehetőség megtalálására.

Több jövedelmet hozó rendezvényünk is van már, és új elvek alapján tervezzük az Egyesület anyagi biztonságát hosszú távon megteremteni. E mellé költségcsökkentési elképzelésekkel is jól állunk. Köszönet érte!

Hosszasan sorolhatnám még, de azt hiszem egy serlegbeszédhez ennyi elég. Remélve azt, hogy ha dolgozunk az Egyesület megújításán, legközelebb talán az én beszédem is szívet melengetőbb lesz.

Boldog karácsony! Jó szerencsét!”

Emlékeztető az OMBKE 2020. január 23-i rendkívüli választmányi üléséről

Az ülést *dr. Hatala Pál* elnök vezette le, aki megállapította, hogy Választmány határozatképes (23 főből 19 volt jelen). A jegyzőkönyv vezetésére *Zelei Gábort*, hitelesítésére *Huszár Lászlót* kérte fel.

Az elnök mindenképp előtt köszöntötte a 80. születésnapját ünneplő *dr. Tardy Pál* exelnököt, ezt követően az előző választmányi ülés (december 12.) óta tett intézkedésekről, eseményekről számolt be. Ezután felhívta a figyelmet, hogy Tatabányán május 22–24. között lesz a Bányász-

Kohász-Erdész találkozó, melynek keretében május 23-án lesz az Egyesület közgyűlése.

A rendkívüli választmányi ülés fő napirendi pontja az OMBKE megújításával kapcsolatos feladatok megvitatása és egyeztetése volt. A kijelölt munkabizottságok jelentéseit előzetesen a jelenlévőknek megküldték. *Hatala Pál* ismertette, hogy a májusi közgyűlésen az új Polgári Törvénykönyvnek való megfelelés érdekében új Alapszabályt kell elfogadni. Ezért javasolta, hogy a megújítási feladatok közül jelenleg csak a működéssel és a szervezettel kapcsolatos feladatokat vitassák meg a jelenlévők. Széleskörű vita zajlott le, amely nem nélkülözött néhány ellentmondásos

Az ülésről hangfelvétel és jegyzőkönyv készült, ezek az Egyesület központjában bárki részére elérhetők

és extrém javaslatot sem. A vitában részt vett Zelei Gábor, Sándor István, Huszár László, Németh László, Lengyel Károly, Törő György, Csurgó Lajos, Debreczeni Ákos, Bocz András, Podányi Tibor, Dencs László és természetesen az OMBKE elnöke és ügyvezető igazgatója is.

Bevezetesként Zelei Gábor elmondta, hogy a szekció 9 fős elnökséget javasol, melynek összetétele: elnök, 2 alelnök és a szakosztályi elnökök lehetne. Ez biztosítani tudná a hatékony döntéshozatalt. Az elnökség mellett, új elvek alapján tanácsadó célú szervezetet, akár választmányt javasol. Szervezeti felépítésben javasolható változtatás, hogy a jelenlegi szakosztályok megmaradása mellett az Egyetemi Osztály szakosztállyá és a Salgótarjáni Osztály helyi szervezetté váljon.

Szabados Gábor ehhez hozzáfűzte, hogy a törvény szerint egy civil szervezet 1 elnökkel, vagy legalább 3 fős elnökséggel (egyetemes joggal és felelősséggel) kell hogy rendelkezzen. A tagoknak összeférhetetlenségi nyilatkozatot is kell tenniük. Felhívta a figyelmet, hogy amennyiben a cégbíróság az új alapszabály-tervezetet elfogadja, akkor az Egyesületnek tisztújító közgyűlést kell tartania.

A vitában megerősítésre került, hogy a egyesület tagjai nem a szakosztályok és nem a szakmai érdekeit képviselik, hanem az egyesület érdekeit. A résztvevők alapvetően egyetértettek abban is, hogy az új alapszabály csak a leglényegesebb alapelveket tartalmazza, és a részletesebb szabályozást egy új SZMSZ-ben kell lefektetni. Az ellenőrző bizottságot az új PTK szerint felügyelő bizottsággá kell átalakítani. Alapvetően egyetértés mutatkozott egy új, 9 fős elnökség létrehozásában és abban is, hogy egy választmányhoz hasonló, tanácsadó testület támogassa az elnökséget. A vita lezárásaként a választmány az OMBKE ügyvezetése által benyújtott határozati javaslatról szavazott.

1.) A módosított Alapszabály hosszabb távra érvényes, általános megfogalmazású elveket tartalmazzon. Minden, a napi feladatokkal kapcsolatos vagy gyakoribb változtatást követelő, egyébként ma is meglévő, és az Alapszabály mellékletét képező szabályzat, ügyrend korszerűsítve és aktualizálva az SZMSZ-be kerüljön.

2.) A jelenlegi szakosztályok megtartása mellett az Egyetemi Osztály is Szakosztályi megnevezést használjon.

3.) A jelenlegi, szakmai alapon szervezett tagolást meg kell tartani, a módosított Alapszabályban az Egyesület Ügyvezetése kilenc tagú Elnökség legyen.

4.) Az Egyesület szervezeti felépítését az Alapszabályba, a személyekhez és szervezeti egységekhez tartozó hatásköröket, feladatokat és felelősségi viszonyokat – amennyiben jogszabály erről másként nem rendelkezik – az SZMSZ-be kell beépíteni.

5.) Az Alapszabályban kell kimondani, hogy az Egyesület megjelenti a BKL-t, minden ezzel kapcsolatos további szabályozást az SZMSZ-ben kell rendezni.

A határozatokat a Választmány egyenként, egyhangúlag, ellenszavazat nélkül elfogadta.

A Választmány ezek után az alábbi ajánlásokat fogadta el:

1.) Az elkövetkezendő időszakban a Megújulási Szekcióknak a tevékenységet folytatniuk kell. Az Egyesület tagságának megkérdezése után ki kell dolgozni az egyesület stratégiáját, valamint rövidtávú cselekvési tervét, ezen belül átfogóan vizsgálni kell a Lapok kiadásának feltételrendszerét.

2.) Az Informatikai szekció által javasoltak bevezetését az OMBKE anyagi lehetőségeit figyelembe vevő ütemterv szerint meg kell valósítani.

3.) A Tiszteleti tagság elismerésének jelenlegi rendszerén ne változtassunk.

Felmerült még az elektronikus úton összehívható küldöttgyűlés és szavazás témaköre is, amelyre a későbbiekben kell visszatérni.

Ezt követően Szabados Gábor ügyvezető a Múzeum körüli ingatlan értékesítéséről tartott beszámolót. Az ingatlanbecsléssel kapcsolatos anyagokat a választmány tagjai megkapták, a Választmány az ingatlan értékesítésével kapcsolatos tárgyalásokra felhatalmazza Szabados Gábort, aki folyamatos tájékoztatási kötelezettséggel tartozik a felügyelő bizottság és az elnökség felé. Ezenkívül felmerült, hogy nem szabad elfelejteni egy új székház és központ keresésének ügyét sem.

Végezetül megállapodás született, hogy a következő Választmányi ülés április 17-én lesz.

*Zelei Gábor emlékeztetője alapján
összeállította BT*

Beszámoló az OMBKE kohász szakosztályainak 2019. évi munkájáról

Vaskohászati Szakosztály

Örömteli létszámgyarapodással kezdte a 2019-es évet a Vaskohászati Szakosztály. A 2018 októberében újjáalakult Ózdi Helyi Szervezet 39 taggal kapcsolódott be az egyesületi munkába. A szerény mértékű dunaújvárosi létszámnövekedés és a jelentős budapesti csökkenés mellett, így létszámunk az elmúlt évek csökkenő tendenciáját megtörve, közel 300-ra emelkedett.

Az évet összevont vezetőségi üléssel indítottuk Dunaújvárosban. Itt a helyi szervezetek képviselői ismertették az

előző évben végzett munkájukat, majd ezután az aktuális év programtervezetei kerültek napirendre. A Vaskohászati Szakosztálynál az egyesületi munka a régi hagyományokra épülve az erős helyi szervezeteknél folyik, a szakosztályvezetés koordinációs tevékenysége mellett. A szakosztály minden helyi szervezete képviseltette magát Ózdon, az egyesület 109. Küldöttgyűlésén. A Selmeci Szalamander minden évben jó alkalom a helyi szervezetek találkozájára.

2019-ben is a dunaújvárosiak bizonyultak legaktívabbnak, több mint 30 rendezvényen képviseltették magukat, amelyből 15 helyi szervezésű volt. A budapestiekkel és a diósgyőriekkel karöltve ott voltak Nagybányán az EMT

tudományos konferencián, Lillafüreden, a XVII. Bányász-Kohász Szakmai Napon. Rendszeres résztvevői a Jó szerencsét köszöntés tiszteletére Várpalotán megrendezett emlékünnepeknél.

Dunaújváros négy éve rendszeres résztvevője a Komlói Bányásztalálkozónak. Komlói barátokkal tavaly szorosabban fűzték a kapcsolatot. Egy alkalommal kétnapos kirándulást tettek Komlón, tartalmas programmal. Viszonzásképpen a komlóiak részt vettek a Szent Borbála-szakestélyen.

A dunaújvárosi egyesületi élet talán legértékesebb momentuma az évi hat alkalommal megtartott szakmai délután, amelyeken egy-egy szakterület újdonságairól, eredményeiről számolnak be az előadók. Az elmúlt évben a nyersvasgyártás és az acélgártás évfordulóiról hallgathattak előadásokat. 2019-ben is rendbe rakták az ipari skanzen kiállított gépeinek környezetét. Kórusuk fellépett a vállalati vasas és kohász napon. A Dunaújvárosi Egyetem balekoltatásán ismertették az OMBKE tevékenységét, és hathatós segítséget nyújtottak a diákság „Tolás 2019” akciójában, amelynek keretében egy kis kohászszobrot töltek el dunaújvárosi diákok a Miskolci Egyetemre. Jelen voltak az egyetem előtti téren elhelyezett kopjafa avatásán, amely a dunaújvárosi kohászok 50. évfordulójának és dr. Molnár László főigazgatónak állít emléket. Novemberben a székesfehérvári fémkohászokkal és a dunaújvárosi egyetemistákkal közösen koszorúztak Kálozon Kunoss Endre sírjánál. Leglátogatottabb rendezvényük tavaly is a Szent Borbála-szakestély volt mintegy 120 résztvevővel. Ezen együtt igyekeztek a selmeci hagyományok adta kereteken belül az évet humorosan zárni a bányász, öntész, fémkohász, budapesti vaskohász és helyi egyetemista barátokkal.

A Budapesti Helyi Szervezet tagjai 19 rendezvényen vettek részt, saját rendezvényeiknek az ÓE Bánki kara adott otthont. Nagy figyelmet szentelnek az egyesületi utánpótlás nevelésének, aminek eredménye, hogy az ÓE hagyományápoló diáksága elsajátítva a selmeci hagyományok elemeit, évek óta rendszeres résztvevője az egyesület rendezvényeinek. Részt vettek és egy plenáris előadást tartottak a Fiala Műszaki Tudományos Ülésszaka című kolozsvári konferencián. Szakmai kirándulásuk keretében ezúttal a Szemlőhegyi- és a Pálvölgyi-barlangot nézték meg, majd a napot közös bográcsozással zárták. Ott voltak a Miskolci Egyetem Geleji Sándor termében rendezett kohász valétakupa kiállítás megnyitóján. A tavalyi Luca-napi szakestélyükön megemlékeztek dr. Simon Sándor egyetemi rektorról, valamint az NME és a Dunaújvárosi Főiskola alapításának 70., illetve 50. évfordulójáról. Aktívan dolgoztak az OMBKE Megújulási Munkabizottság Kötöttes szekciójában.

A Diósgyőri Vaskohász és Öntész Helyi Szervezet a tőlük megszokott színvonalas munkát végezte 2019-ben is. Tevékenységük fő helyszíne a felsőháromi Kohászati Múzeum, ahol minden hónap első hétfőjén tartották összejöveteleiket. Nagyon jó kapcsolatot ápolnak a Borsodi Bányász Helyi Szervezettel, az Egyetemi Osztállyal és számos, a térség szakmai múltját és jelenét támogató szervezettel. Márciusban megemlékeztek a februárban elhunyt Séllei István korábbi múzeumigazgatóról. Májusban szakmai kirándulás keretében a Drótáru Zrt. termelési tevékenységé-

vel ismerkedtek. Júliusban a szakosztályelnököt fogadták egy konzultációra, ahol a magyar vaskohászat jelenlegi helyzete volt a fő téma. Igényként fogalmazódott meg az OMBKE szervezeti korszerűsítése. A nyáron a Fazola-kohónál több alkalommal tartottak közös bográcsozást. Novemberben Kondás Béla előadását hallgatták meg. Ebben az évben is a legsikerültebb rendezvényük a szeptemberi Fazola-napok kétnapos programsorozata volt. Az első nap szakmai konferenciája ezúttal az Egyetem Miskolcra költözésének 70. évfordulójára emlékezett, több neves előadó prezentációjával. Az egyetemi kupakiállítás, a szakestély és a következő napi újmassai programkavalkád az egyik legszínvonalasabb egyesületi rendezvényt avatta a programot. A régió bányász nyugdíjas szervezetével több közös rendezvényen vettek részt. Számos érdekes előadás mellett közös kirándulást szerveztek Egerbe és Telkibányára. Bekapcsolódtak az Önkormányzat nyugdíjasoknak szervezett salkaházi programjába és a június 22-én országosan megtartott „Múzeumok éjszakája” helyi rendezvényeibe.

Az újjáalakult Ózdi Helyi Szervezet is erős múzeumi háttérrel végezte munkáját. Tevékenységük egyik iránya az ipari örökség védelme, ennek kapcsán jó kapcsolatot alakítottak ki az Ipari Örökségvédők Baráti Körével. Másik kiemelt területük a kohászati beiskolázás segítése volt. A leendő egyetemistáknak előadás keretében mutatták be az ózdi acélgártás történetét. Júniusban dr. Grega Oszkár előadását hallgatták meg a magyar acélipar jelenlegi helyzetéről. Az egyesületi küldöttgyűlés megrendezése visszahozta Ózdot az egyesületi élet tevékeny térségei közé. A decemberi XV. Hagományápoló Szakestélyükön közel 150 fő vett részt.

Összességében a Vaskohászati Szakosztály eredményes évet zárt 2019-ben. Helyi szervezetei bekapcsolódtak az OMBKE megújítását előkészítő bizottságokba, és véleményüket a társszakosztályokkal egyeztetve juttatták el az egyesület vezetéséhez. Bízunk benne, hogy ezek a javaslatok segítenek az egyesület korszerű arculatának megtalálásában, javíthatják a szervezetek közötti kommunikációt és segítséget nyújtanak a vezetésnek egy reális jövőképpel az egyesületi működés kialakításában.

Józsa Róbert

Öntészeti Szakosztály

Bevezető

Egyesületünk vezetése elindította az OMBKE megújítási programját. A megújításra azért van rendkívül nagy szükség, mert tagságunk fogy és korosodik, egyre kevesebb az aktív tag. A megújítással kapcsolatos javaslatokat a kohász szakosztályok megvitatták, és közös véleményt adtak át a választmányoknak.

Szakosztályunk jövője az erős ipari háttérünk és elkötelezett tagtársaink támogatásainak köszönhetően pénzügyileg egyelőre biztosított.

Jelenlegi támogató cégeink: ABM Kuprál Kft., ALBA METALL 1991 Kft., Alu-Block Kft., BUSCH-HUNGÁRIA Kft., Csefém Kft., Csepel Metall Vasöntöde Kft., FÉMALK Zrt., K+K Vas Kft., Kaszimpex Kft., Magyar Öntészeti Szövetség, M+M Mintakészítő és Műanyagfeldolgozó Kft., Nema Győr Kft., Patina Öntöde Kft., P-Metal Kft., PREC-

CAST Öntödei Kft., PYROVEN Kft., RDX-REDEX Kft., Salker Kft., TP Technoplus Kft. Itt jegyezzük meg, hogy a Fémalk Zrt. hosszú évek óta évi 4,8 millió Ft-tal támogatja a lap megjelenését.

Az OMBKE pártolói tagdíj, adomány és támogatás 51%-a származik az Öntészeti Szakosztályt támogató cégektől. Köszönjük segítségüket!

A 2019-es szakosztályi beszámolóinkat az előző évekhez hasonlóan, az év során megtartott vezetőségi ülések, választmányi ülések témái és döntései alapján, valamint a helyi szervezetek és szakcsoportok beszámolója alapján készítettük el.

A szakosztály tevékenysége

Taglétszám és tagdíjfizetés

Az egyesületi nyilvántartás alapján, a 2019. november 30-i állapot szerint 249 fő a taglétszámunk. Hét tiszteleti tagunk van. A tagok 1.615.000 Ft tagdíjat fizettek be, a teljesítés 94,38%-os volt.

Helyi szervezetek, szakcsoportok

Jelenleg tagságunk hét helyi szervezetben és két szakcsoportban tevékenykedik.

A Budapesti Helyi Szervezet sajátossága, hogy a tagság nagy része idős, és emiatt sajnos nehezen mozgósítható. Tervünk, hogy egyesítjük az Öntészettörténeti és Múzeumi Szakcsoporttal.

A Csepeli Helyi Szervezet döntően a Csepel Metall Vasöntöde Kft.-ben és a Csepeli Szerszámedző Kft.-ben dolgozó tagokból áll. Egész évben rendszeresen szerveznek találkozót.

A Ferenc István Észak-dunántúli Regionális Kohászati Szervezet az egyik legnagyobb és legaktívabb helyi szervezetünk. Saját rendezvényeik is vannak. Évek óta kiemelkedő és közkedvelt rendezvényük a Pivarcsi László Szigetközi Szakmai Napok és Baráti Találkozó. A tagok – közösen az Öntészeti Szakosztály és az OMBKE vezetőivel – minden évben meglátogatják professzoraik (*dr. Nándori Gyula, dr. Bakó Károly és dr. Zsák Viktor*), valamint *Pivarcsi László* sírját.

A Diósgyőri Helyi Szervezet a vaskohászokkal történt összefogás után klubrendszerben működik. A klub szoros kapcsolatot ápol a Borsodi Bányász Helyi Szervezet nyugdíjasklubjával. Aktívan részt vesznek a Fazola Fesztivál szervezésében, és rendszeresen tartanak helyi rendezvényeket.

A Szegedi Helyi Szervezet túl azon, hogy tagjai látogatják a közös rendezvényeket, kéthavonta „beszélgetős este- ket” tart.

Az Apci Helyi Szervezet és a Sátoraljaújhelyi Helyi Szervezet tagsága kevésbé aktív.

Az Öntészettörténeti és Múzeumi Szakcsoport tagsága ez évben is rendszeres és tartalmas munkát végzett. Havonta tartottak gyártörténeti, technikatörténeti és egyéb szakmai előadásokat felkért előadókkal, 10-25 hallgató részvételével. Az előadások fő szervezője *Káplánné Juhász Márta*, a szakcsoport titkára volt. Néhány előadás témája: *Zsigmondy Vilmos* bányamérnök élete, *Kiszely Gyula* munkássága, a Schlick-féle Vasöntöde és Gépgyár Rt., a Kőbányai Vas- és Acélöntöde története, Az egri harangöntés, Öntöttvas hidak a Kárpát-medencében stb.

A Mintakészítő Szakcsoport tagjai rendszeresen találkoztak, látogatást szerveztek a Rath Hungária és a Bősz-Metál Kft. telephelyén, részt vettek az egyesületi szervezésű rendezvényeken. Sajnos a tagságuk fogy.

Kiemelt rendezvények

2019. szeptember 27-én az Öntödei Múzeum 50 éves fennállásának emlékére az Öntészeti Szakosztály és a MÖSZ rendezvényt szervezett, melyet a múzeum kertjében tartottak meg, mivel az épület műszaki okok miatt zárva volt. (Beszámoló a Kohászat 2019/5-6. számában.) A rendezvény idejére készült el egy nívós, szép könyv 50 éves az Öntödei Múzeum 1969–2019 címmel, *Lengyelné Kiss Katalin* szerkesztésében, adakozásból finanszírozva.

2019. október 11–13-án tartották meg a 25. Magyar Öntőnapokat a herceghalmi Abacus hotelben, a MÖSZ és az OMBKE szervezésében. A 210 résztvevő – köztük több külföldi is – mintegy 40 szakmai előadást hallgathatott meg. A rendezvényről a Kohászat 2019/5-6. számában részletes beszámoló olvasható.

A szakosztályvezetés tevékenysége

Dr. Szombatfalvy Annát az ózdi küldöttgyűlésen főtítkárhelyettesnek választották meg.

Dr. Lukács Sándor megváltozott gazdasági munkája miatt lemondott szakosztálytitkári tisztségéről, ezért 2019-ben *Fodor Krisztinát*, a korábbi titkárhelyetteset bízták meg a titkári munkával.

A szakosztályvezetés létszáma továbbra is 14 fő választott, és 22 fő szervezeteket, szakcsoportokat képviselő elnökökből, titkárokból áll. Ketten a BKL Kohászat szerkesztői, valamint alapszabályunk szerint heten tiszteleti tagjaink.

Szakosztályunk vezetése 2019 márciusában és novemberében tartott vezetőségi ülést. Kiemelt téma volt a „Merre tovább OMBKE?” szakosztályi vélemény kialakítása, a megújítási munka szekciók előterjesztéseinek véleményezése, melyet később egyeztettek a többi kohász szakosztállyal, és közös véleményüket elküldték az egyesület vezetésének.

Kapcsolataink

Kapcsolatunk az OMBKE ügyvezetéssel tényszerű. Kölcsonösen tájékoztatjuk egymást feladatainkról, rendezvényeinkről. A szakosztályvezetés a helyi szervezetek, szakcsoportok felmerülő kéréseit teljesíti. Köszönjük az ügyvezetés munkáját, és kérjük, hogy a továbbiakban is segítsék a szakosztály vezetésének és a helyi szervezetek, szakcsoportok egyesületi munkáját.

A Magyar Öntészeti Szövetséggel kapcsolatunk az 1999. december 16-án aláírt együttműködési szerződésen alapul. Ezen túl szinte napi, kollegiális a kapcsolat. Immár több éve a szakosztály meghatározó pártolói tagja a MÖSZ is. Jelentős anyagi segítséget nyújt az egyesületnek, és így természetesen a szakosztálynak is.

Az MMKM Ganz Ábrahám Múzeumi Gyűjteménnyel szoros volt a kapcsolat. A szakosztály vezetősége, de szinte minden tagunk szívügyének tekintette a múzeum munkájának segítését, támogatását, rendezvényein való részvételt. Társszakosztályok közül kohász szakosztályokkal a legszorosabb a kapcsolat. Tudunk egymás rendezvényeiről, ha lehetséges, azokon részt veszünk. Sokat segít a kapcsolattartásban a meglévő OMBKE levelezői lista,

melyet *Morvai Tibor* bányász barátunk működtet.

A választmány ülésén két fő (a szakosztályi elnök és titkár) képvisel bennünket. Az egyesületi, választmányi és bizottsági funkciókból adódóan, szakosztályunk tagjai közül további három tagtársunk vesz részt, ill. vett részt az év folyamán a választmány ülésén.

Fiatalokkal való kapcsolatok építéséért helyi szervezetünk a múlt évben is sokat tettek és tesznek is. Megítélésünk szerint ez a tevékenység, ennek a munkának a komolyan vétele és segítése lehet az egyik meghatározó záloga a fiatal szakemberek egyesületbe történő bevonásának, megtartásának és így végső soron az egyesület megmaradásának.

Az Öntészeti Szakosztály kitüntetettjei: OMBKE emlék-érem: Dr. Szombatfalvy Anna, OMBKE emlékplakett: *Somogyi János*, Szent Borbála-érem: *Kovács Sándor*, OMBKE Öntészeti Szakosztályért érem: *David Toth*, OMBKE oklevél: *Székács Zoltán*.

Fodor Krisztina

Fémkohászati Szakosztály

A Szakosztály a korábbi években kialakult munkatervét követve, a szokásos rendben élte az életét. Március 15-e tiszteletére ezúttal 25. alkalommal tartotta a szakosztály ünnepi kibővített vezetőségi ülését: Hagyomány az 1948-as történelmi visszaemlékezés – és már évek óta – a fémkohászat területén kiemelkedő munkásságukra való visszaemlékező tiszteletadás. A szakosztálytitkár előző évről szóló beszámolóját követően a történelmi megemlékezést ezúttal is *Dánfy Lászlótól* hallottuk. Elődeinket megidézve *dr. Imre József* elevenítette fel *Voith Márton* és *Gulyás József* professzorok életpályáját, mint volt tanszéki kollégájuk, saját személyes élményeivel is gazdagítva előadását. Majd megkezdődött az év fő programja, az OMBKE megújulás körüli eszmecsere, amely végül a szokásos ünnepi vacsorában oldódott.

Júniusban a fémhulladék-feldolgozás irányába fordult a figyelem: sikeres szakmai napot tartottunk a MÜ-GU Kft.-nél. Az osztrák tulajdonú cégcsoport bemutatását követően kiváló szakmai vezetés mellett ismerhettük meg a soroksári üzemben működő technológiákat.

Októberben vezetőségi üléssel egybekötött újabb szakmai nap következett. *Vlaszák Mihály* régi meghívására Kőbányán a Metalloglobus Fémöntő Kft.-t látogattuk meg. Ez egyben a Fémkohászati Szakmai Nap végső előkészítő fázisa is volt, ahol a házigazda vállalta a főszponzor szerepét is.

Hosszú előkészítő munka után a szakosztályvezetés kapcsolatba tudott lépni a Szikszón kiépült, nemzetközileg is jelentős HELL cégcsoporttal, melynek eredményeként novemberben egy 24 fős csoport meglátogathatta az ország első alumínium italosdoboz-gyártó cégét, a Quality Pack Zrt.-t. Egyben sikerült megnyerni a társaságot a Fémkohászati Napon történő aktív részvételre. Ezt követően jött az év fő eseménye, a XX. Fémkohászati Szakmai Nap. A szokásos rendben és koreográfiával hét szakmai előadás hangzott el. A további programot kicsit felülírta a hagyományokhoz oly nagyon „ragaszkodó” hallgatók hiányos létszáma, melynek következtében a tervezett szak-

télyt baráti találkozóra sikerült szelidíteni. Koncert, vacsora, baráti eszmecserek végül is a szokásos jó hangulatot hozták.

Végül az OMBKE központban tartottuk immár hagyományosan a szakosztályvezetőség és a budapesti helyi szervezet Borbálára emlékező, egyben évbúcsúztató estjét. A kibővített vezetőségi ülésünk is formabontó keretek között zajlott: *dr. Hatala Pál* és *dr. Tolnay Lajos* kezdeményezésére többünk régi barátját, *dr. Komlóssy György* világgjárta geológust (minden bauxitok tudorát) tiszteletbeli kohásszá avattuk. Új fémkohásznak saját kohász egyenruhájában tartotta meg „Bauxitföldtani kalandozások a világ körül” c. visszaemlékezését.

Az év közben több alkalommal megtartott ügyvezetői értekezletek az operatív munkát szolgálták, és rendszeresen foglalkoztak az OMBKE megújításával kapcsolatos ügyekkel. Szólni kell a helyi szervezetek gazdag programjairól is: A budapesti helyi szervezet szokásosan a közgyűlés előtt sírkoszorúzással emlékezett meg *Sóltz Vilmosról*. Ugyanígy a székesfehérváriak szervezésében novemberben a kálózi temetőben emlékeztek *Kunoss Endrére*. Kiemelt rendezvényük volt továbbá a Múzeumok Éjszakája az Alumíniumipari Múzeumban. Kiemelkedően aktív élet folyik a budapesti helyi szervezetnél. A Lean szakcsoporttal közösen több üzemlátogatással egybekötött szakmai napot rendeztek, elsősorban a gépjárműgyártással kapcsolatos cégeknél. Mindemellett unikumnak számított a Miskolcon megrendezett „Úripari Szakmai Nap”. Ugyancsak aktív élet jellemzi a kecskemétiakat. Jelentősebb rendezvényeik: Kecskeméti és Ceglédi Szakmai Napok, somogyi-baranyai emléktúra és a Szent Borbála, Szent Hubertus közös megemlékezés. Visszafogodtabb programok jellemezték az ajkai, csepeli és inotai helyi szervezeteket. A tatabányai tagságunk pedig beintegrálódva a helyi bányász szervezetbe éli aktív egyesületi életét.

Mindezek mellett a Szakosztály természetesen képviselte magát valamennyi központi rendezvényen is. Így a közgyűlésen, a „Jó Szerencsét” köszöntés hagyományos inotai ünnepén, a selmeci Szalamanderen, az egyetemen szervezett „Hogyan tovább OMBKE?” rendezvényen és a központi Borbála-ünnepségeken.

Végül hadd álljon itt a 2019-ben kitüntetett szakosztályi tagok névsora: *Németh Tamás* (Inota – Szent Borbála), *Szűcs Zoltán* (Inota – Kerpely Antal-emlékérem), *Kis Renáta* (Budapest – OMBKE Emlékérem), *Paulusz Ferenc* (Székesfehérvár – OMBKE Emlékérem), továbbá elismerő oklevélben részesültek: *Balogh Ildikó Erzsébet* (Kecskemét), *Barabás András* (Ajka), *Barten Péter* (Inota), *Selmeczi Kovács Gábor* (Székesfehérvár). Utólag is gratulálunk Mindnyájuknak!

Hajnal J. – Sándor I.

Salgótarjáni Osztály

Működésünk összefogó eseménye a hóvégi utolsó csütörtökön immár szokásossá vált klubnapunk, amelyet a Dornyay Béla Múzeum Bányászati Kiállítóhelyen (hagyományos elnevezésével Bányamúzeumban) tudunk megoldani köszönhetően előre gondoskodó bányamérnök társainknak. Ezeken tájékoztatjuk a számunkra érdekesebb

eseményekről társaságunkat, esetenként kisebb szakmai előadást hallgatunk meg, és összejeveteleink állandó témája az egyes hónapokban születésnapot ünneplők felköszöntése.

A Salgótarjáni Osztály tagsága nagy örömmel vette, hogy a májusi ózdi küldöttgyűlésen az osztályunk elnökét, *Liptay Pétert* a küldöttek tiszteleti taggá választották. Ugyanakkor *Széky Miklós* 60 éves és *Kerekes László* 40 éves tagságáért Soltz Vilmos-émlékérmet kapott.

Szakmatörténeti megemlékezésünk ezen évben tele volt fúvószenével, mivel központi szereplője a szénbányászok és a tarjáni kohászok fúvószenekarából 140 éve alakult egyesült Bányász-Kohász Fúvószenekar volt. A megemlékezésre egy juniális találkozón került sor június 22-én, amelyre eljött több hasonló zenekar: Alföldi Olajbányász Fúvószenekar Szolnokról, Ifjúsági Fúvószenekar Óradnárról (erdélyi testvérvárosunk), Bányász Kultúráért Fúvószenekar Gyöngyösről, Bányász Koncert Fúvószenekar Perceréről és városunk Ifjúsági Fúvószenekara. E rendezvény városunk önkormányzatának támogatásával valósulhatott meg és a szervezésből és lefolyásából több tagtársunk is kivette részét – akik maguk is hosszú ideje tagjai a tarjáni fúvósoknak: *Diósi János*, *Patakfalvi Zoltán* és *Kovács István*.

Őszi programjainkat – igazodva a közeli bányásznap

megemlékezésekhez – augusztus végén indítottuk, a jelen évben ez augusztus 26-án történt, kihelyezve Szuha községbe. Egy lelkes tagtársunk hívta oda teljes csapatunkat az ott sorra kerülő bányásznap megemlékezésére. Sokan voltunk ott a környékbeli volt bányászokkal együtt, kiemelhető, hogy megemlékező beszédet *Szilveszter Tibor* tagtársunk tartott.

Őszre terveztünk egy kirándulást néhány emlékhely megismerésére. Egy kisebb, egynapos út valósult meg, mindössze nyolc fővel. Kirándulásunk megállóhelyei a következők voltak: Bátorterenyre, a Fáy András Szakiskolában elhelyezett bányászati emlékgyűjtemény, Mátra-szentimre – Ásványmúzeum – következett egy kis ebéd-szünet Parádfürdőn – szakmai program tovább: Recsk Bányászati Kiállítás – és végül Mátranovákon szintén a szénbányászati emlékgyűjtemény. Itt meg kell jegyeznünk, hogy tagságunk kirándulókedve az évek, évtizedek múlásával egyre mérséklődik.

2019. november 28-án volt ez évi utolsó klubnapunk, kívánva egymásnak jó egészséget és

Jó szerencsét!

Befejezésül álljon itt azok neve, aiktől az év során végső búcsút kellett vennünk: *Kozma Miklós* bányamérnök, *Fáklya Károly* bányamérnök, *Nagy Gyula* bányamérnök.

Józsa Sándor – Liptay Péter

Harangtörténeti Konferencia Egerben

2018 decemberében *dr. Patay Pál* harangkutató 104. születésnapján a Magyar Nemzeti Múzeumban tartott ünnepségen *Kerékgyártó József Károly* egri harangkutató bejelentette, hogy az utoljára 2010-ben megrendezett Harangtörténeti Anketók újraélesztése céljából 2019-ben harangtörténeti konferenciát szeretne tartani Egerben.

Kerékgyártó József Károly *dr. Verók Attila* könyvtörténésszel, az Eszterházy Károly Egyetem Kulturális Örökség és Művelődéstörténet Tanszék tanszékvezető egyetemi docensével közösen 2019. szeptember 20-ára megszervezte az I. Harangtörténeti Konferenciát, amelyet *Kovács Mihály* jászfelsőszentgyörgyi plébános tiszteletére, „A harang” című műve megjelenésének 100. évfordulója alkalmára ajánlottak.

2019. szeptember 20-án a konferenciára közel 70 vendég érkezett. A megjelentek kétharmada az OMBKE tagja volt, két érdeklődő Romániából jött.

Az Eszterházy Károly Egyetem Líceum épületének Kápolnája adott otthont az egész napos rendezvénynek. Az érkezőket a Kápolna előtti folyosón a Kerékgyártó József Károly által készített kiállítás fogadta. A kiállított paravánokon Debrecen református Nagytemplomának harangjairól, a feldebrői róm. kat. plébániatemplom harangjairól és Eger települési értéktárba került hat harangjáról készült tablókat tekinthették meg. A Kápolnában elhelyezett vitrinben *Kovács Mihály* „A harang” c. művének kefelenyomata, az 1919-ben kiadott mű volt látható.

A konferencia résztvevőit elsőként a házigazda *dr. Liptay Kálmán*, az Eszterházy Károly Egyetem rektora köszöntötte, majd főtisztelendő *dr. Dolhai Lajos* pápai prelátus, c.

prépost kanonok, az Egri Hittudományi Főiskola rektora tartott ünnepi beszédet, kiemelve a harangok egyházban és az emberek életében betöltött szerepét. *Dr. Hatala Pál*, az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület elnöke köszöntőjében a harang kohászatban betöltött különlegességét méltatta, majd ünnepélyesen megnyitotta a konferenciát.

A konferencián nyolc előadás hangzott el. Az első szekció levezető elnöke *dr. Löffler Erzsébet* történész volt.

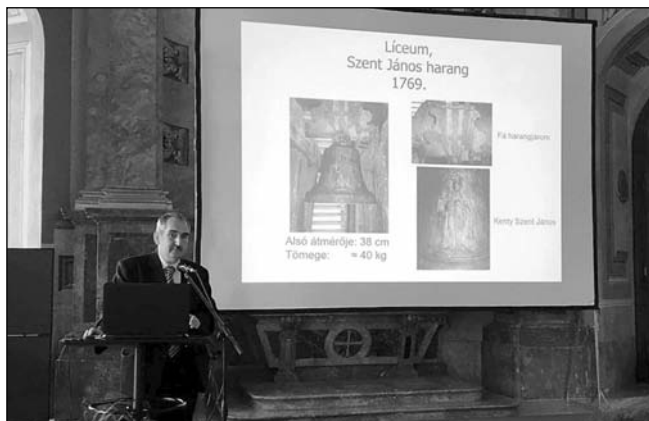
Az első előadásban *Ördög János*, az ELTE hallgatója, aki jászfelsőszentgyörgyi származású, bemutatta *Kovács Mihály* kanonok plébános papi életútját, munkásságát. A plébánost a mai napig nagy tisztelet övezi, szeretettel emlékeznek rá.

A második előadás *Kovács Mihály* tudományos fő művének, „A harang” c. könyvnek a bemutatásáról szólt. *Kerékgyártó József Károly* előadásában ismertette az 1919-ben egy kiadást megért mű megjelenésének előzményeit, az adatok gyűjtését, az elkészült kézirat kiadásának nehézségeit.

Harmadikként *dr. Verók Attila* könyvtörténész Kikért szólnak a harangok Egerben? Könyvtörténeti érdekességek a „harangirodalomból” című előadása hangzott el.

Rövid kávészünet után a második szekció levezető elnöke *dr. Pap József*, az Eszterházy Károly Egyetem Történettudományi Intézetének igazgatója, tanszékvezető főiskolai tanár volt.

Elsőként *Gombos Ferenc* harangöntő, diplomás közgazdász Órbottyánból „Gombos Ferenc Magyarország ifjú harangöntője” címmel mutatkozott be. A családi tradíció



■ 1. kép. Kerékgyártó József Károly előadása



■ 2. kép. A résztvevők egy csoportja a Harangöntő házban

keresztül bemutatta elődeinek munkásságát. Nagypjától, *Gombos Lajostól* és édesapjától, *Gombos Miklós* harangöntőktől elleste, majd megtanulta a harangöntés műveleteit, a harangöntés mesterségét.

A szekció második előadását *Lengyelné Kiss Katalin* okl. kohómérnök, az Öntödei Múzeum nyug. igazgatója és *Schudich Anna* okl. kohómérnök, az Öntödei Múzeum nyug. adattárosa tartotta „A harangkutatás felélesztése Patay Pál és az Öntödei Múzeum összefogásával” címmel. Lengyelné Kiss Katalin előadása előtt tolmácsolta dr. Patay Pál köszöntőjét.

Az ebéd után folytatódott a konferencia. A résztvevők még három előadást hallgathattak meg. A harmadik szekciót *Bujdosné dr. Pap Györgyi*, a Dobó István Vármúzeum történész muzeológusa vezette.

Az első előadásban Kerékgyártó József Károly „Eger Települési Értéktár Harangjai: Egri harangok” címmel bemutatta Eger értéktárának harangjait (1. kép). Az előadó ismertette a Magyar Nemzeti Értéktár jogi alapját, felépítését a Helyi értéktől a Hungarikumig. Az előadásban a harangok készítése évének sorrendjében hat harangot részletesen bemutatott.

Második előadóként *Bajkó Ferenc* budapesti harangkutató a harangokhoz fűződő kapcsolatáról beszélt, majd ismertette a Magyar Harangok Honlapja létrejöttének körülményeit. Bemutatta a honlap felépítését, szerkezetét.

A konferencia utolsó előadását *Szemán László*, a MNL

Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Levéltár levéltárosa „Szabolcs megye tervezett harangregisztere” címmel tartotta meg. Beszélt a harangok adatait tartalmazó különböző forrásokról, az adatgyűjtés nehézségeiről.

Délutáni programként a résztvevők az egri Szeplőtelen fogantatás Nagyboldogasszony Ferences Plébániatemplomban *Valuch István* kanonok, pápai prelátus, harangkutató emléktáblájánál Kerékgyártó József Károly ismertette az elhunyt plébános életét, munkásságát, majd *dr. Lengyel Károly* okl. kohómérnök az emléktáblán elhelyezte a Harangtörténeti Konferencia résztvevőinek emlékkoszorúját.

Ezután a résztvevők átsétáltak a Tinódi Sebestyén téren levő Valide Szultána fürdő épületének romjaihoz. A kiállítóhelyen *Bujdosné dr. Pap Györgyi* igen érdekes, élvezetes előadásában a fürdőzők szemszögéből bemutatta az egykori török fürdőt, ill. ismertette a török kor utáni egri harangöntés első ismert helyszínét, az ott élt harangöntőket.

Végül a Harangöntő utca 4-ben lévő Harangöntő házban Kerékgyártó József Károly bemutatta az itt élt harangöntő dinasztiát és a harangöntők emlékére 2012-ben létrehozott interaktív emlékszobában berendezett kiállítást.

A konferencia zárásaként itt közös fotó készült a résztvevőkről (2. kép), majd *dr. Lengyel Károly* a résztvevők nevében megköszönte a szervezőknek a konferencia megszervezését és sikeres lebonyolítását.

Kerékgyártó József Károly

A XX. Fémkohászati Szakmai Napról...

20 éves évfordulójához érkezett az OMBKE Fémkohászati Szakosztályának nagyrendezvénye, a Miskolci Egyetemen évente tartott Fémkohászati Szakmai Nap. Az évfordulóra különös gonddal készült a szakosztály, hagyományok szerint az Egyetemi Osztályt is bevonva a szervezésbe. Egyesületünkben még mindig formabontónak számít a rendezvény, ahol a tudomány és a jövő helyett a napi valóság: a hazai ipar, cégek, üzemek, új technológiák bemutatása a cél.

Az idei rendezvény a szokásoktól eltérően egy fakultatív üzemlátogatással kezdődött. A HELL cégcsoport 24 fő számára lehetővé tette az egy évvel korábban átadott, hazánk első alumínium italosdoboz-gyárának, a szikszói

Quality Pack Zrt.-nek a megtekintését. A délutáni konferenciát csakúgy, mint a 15 éves jubileumnál az Anyagtudományi Kar dékánja, *prof. Palotás Árpád Bence* nyitotta meg. A konferenciát elnökként az OMBKE tiszteleti elnöke, *dr. Tolnay Lajos* moderálta.

Egy pillantást vetve az elmúlt 20 évre: néhai *Petrusz Béla* szakosztályelnök volt a rendezvény ötletgazdája. Az 1999. évi selmeci Szalamander eseményeiről szóló beszámolók egyetemistáink, főiskolásaink lelkes, de gyakran túlkapó viselkedésének kritikáit hozták. Ekkor fogalmazódott meg a gondolat, hogy a Szalamanderhez közeli időpontban a fiataloknak szervezzünk lelkesedésüket és fiatalos hevületüket „levezető” szakmai programot, amely

vonzó is, hasznos is, és amelyen vegyének részt az oktatók és az iparág képviselői is. Így a Fémkohászati Szakosztály 2000-ben kezdeményezte, hogy évente Fémkohászati Szakmai Nap címmel egynapos baráti találkozót és hagyomány-ápoló szakestélyt rendez a Miskolci Egyetemen. Mindezt erősítette a rendszerváltással, az iparszerkezet átrendeződésével megszűnt korábbi szakmai fórumok hiánya.

Az első rendezvények még konferencia nélkül, ipariak és egyetemiek szakmai, baráti beszélgetésében és az azt követő szakestélyben merültek ki. Később megérett a konferencia igénye. 2002-ben az OMBKE történetének és tevékenységének részletes ismertetése mellett a hazai alumíniumipar és színesfémkohászat átfogó bemutatása volt napirenden. A következő konferenciákat már 6-8 előadással rendeztük. A fémkohászati témák mellett helyt kapott egy-egy fémöntészeti, fémhulladékos és egyetemi előadás is. A rendezvényt sorozat három alkalommal mozdult ki az Egyetemről. 2006-ban a Dunaújvárosi Főiskolán, a közelmúltban két alkalommal is az ARCONIC-Kőfémnél rendeztük a konferenciát, utóbbi alkalmakkal autóbuzsnyhi hallgatónak biztosítva a világszínvonalú alumíniumüzem megtekintését.

Visszatérve napjainkhoz, a 20. konferencia előadásai:

Minőség és Innováció – Bemutatkozik a Hell cégcsoport
(Novák Norbert – vállalati márka nagykövet, HELL Energy Hungary Kft.)

Az első folyamatos körforgó sajtoló az INOTAL Zrt.-nél
(Friedrich Zoltán – technológus, INOTAL Zrt.)

Bemutatkozik a Mátrametál Kft.

(Kovács Tibor – projektigazgató, Mátrametál Kft.)

Öntödei szerszámgyártás teljes vertikuma egy helyben, a CSEFÉM Kft.-nél

(Ifj. Takács Nándor – ügyvezető igazgató, CSEFÉM Kft.)

Színesfémhulladék = Másodnyersanyag

(Balika István – üzletigazgató, METALEX 2001 Kft.)

Öntészeti ötvözetek olvadékezelése és hatásának vizsgálata

(Dr. Kulcsár Tibor – adjunktus, Miskolci Egyetem Öntészeti Intézet)

Az alumínium olvasztási salakok melegfeldolgozása – a sóadalékok hatása és a maradvány kezelése

(Illés István Balázs – anyagmérnök hallgató, Miskolci Egyetem)

A konferencia zárását követően, immár hagyományosan az egyetem Bartók Béla Zeneművészeti Intézetének rézfúvósai adtak több műfajt átölelő, rövid koncertet. Majd a szervezők nevében *Csurgó Lajos* szakosztályelnök mondott pohárköszöntőt, visszapillantva az elmúlt 20 évre. A hagyományőrzést illetően kifejtette, hogy nem csak Selmec létezik. Ez a rendezvény is hagyomány, ahonnan pontosan a jubileum alkalmával azok hiányoznak akiknek érdekében ezt megteremtettük és megszerveztük. Az elmúlt két évtized érdeklődése után meglepően kis létszámmal voltak jelen a hallgatók. Így a tervezett jubileumi szakestély helyett maradt a baráti találkozó, melyen így a jólétet illetően nem volt hiány. A szakmai beszélgetések baráti beszélgetésekké oldódásával zárult a jubileumi rendezvény.

A Szakmai Nap fő támogatója ezúttal a Metalloglobus Fémöntő Kft. volt (az ő logójukat hordja az emlékkorsó), de jelentős anyagi hozzájárulással segítettek be az előadó cégek: INOTAL, Mátrametál, CSEFÉM, Metalex 2001, és nem utolsósorban akikre mindig számíthatunk, a Glob-Metal, a REGY-Metal és a Qualiflexpack Kft.

Hajnal J.

175 éve halt meg a Bányászhimnusz költője

Kunoss Endre Egyházashetyén, 1811. április 9-én született. Filozófiai és jogi tanulmányainak elvégzése után Vas vármegye tiszti alügyésze lett, majd Pesten újságíró. 1836–37-ben a Jelenkor segédszerkesztője, majd a Világ munkatársa. 1838-ban *Vajda Péterrel* megindította, és kiadta a Természet című első népszerű természettudományos folyóiratot és Lombok c. irodalmi melléklapját. Előfizetők hiányában lapjai fél év alatt megszűntek. Ezután nevelői állást vállalt a *Zichy*, majd a *Batthyány* családnál. Ezalatt sok verset írt a lapokba, melyek az Athenaeum korának jelesebb ifjúkori lírikusai közé emelték. Versei, elbeszélései, cikkei 1831-től jelentek meg a folyóiratokban. Kezdetben az úgynevezett almanach-líra követője volt, később a népdalíráshatott rá. Néhány népies dala közismertté vált. Kunoss Endre alkotása a „Műegyetem” kifejezés, amelyet először 1835-ben ajánlott a Polytechnicum helyett, javaslata 1871-ben valósult meg *Eötvös József* jóvoltából.

Egész élete során sokat betegeskedett és rossz anyagi viszonyok közt élt. 1844. május 22-én *Zichy Ödön* gróf meghívására a Fejér megyei Kálozra utazott, ahol június 22-én meghalt. Barátja, *Ney Ferenc* emlékezett meg róla az Életképekben. Kálozi sírján közadakozásból 1846-ban

piramis alakú emléket állítottak fel, melyet *Zichy Jenő* gróf 1877-ben vasráccsal kerítettett körül.

1944-ben, halálának centenáriumán utcát neveztek el róla. Ugyan csak 33 évet élt, de sikerült maradandót alkotnia több területen is.

Mi, OMBKE tagok elsősorban a Bányászhimnusz szövegének írójaként ismerjük. Mint ismeretes, a Bányászhimnusz két dalból szerkesztették, mai formájában először 1905-ben jelent meg *Tassonyi Emő*, Aki a párját keresi című selmeci diákregényében. Első részének szövege Kunoss Endre verse (1838), második része pedig a Felső-Sziléziában a 19. század eleje óta ismert ún. Tarnowitzi Bányászdal: „Schon wieder tönt von Thurme/Schachte/ her...” (Selmec, 1837). Ma elfogadott formája 1880 körül alakulhatott ki.

Az eltelt 175 év alatt Kunoss Endre sírkövét többször felújította a hálás utókor, legutóbb 1995-ben, de az utóbbi 25 év alatt ismét ellepte a piszok, a moha, a korom keveréke, ezért szükséges volt a sírkő nagyobb léptékű tisztítása, rendbe tétele. Először egy kis táblát helyezett el az OMBKE a sírkövön a költő nevével, születésének és halálának évszámával. Ezt követően a sírkő teljes felületét megtisztít-



■ A megemlékezők a temetőben

tották, majd *Petrov Péter* (81) OMBKE-támogató művész-történész, ikonfestő mester kitakarította az eddig alig olvasható feliratvéseteket, kiegészítette a hiányos díszítéseket és újra festette, majd lakkozta a sírkő díszeit, feliratát.

Kálozon megbecsülik Kunoss Endre emlékét. Tanulják, ismerik a költő verseit és a bányász-kohász hagyományrendszerét. A könyvtár fölvette a nevét, a helyi általános iskola tanulói és az Őszikék Nyugdíjas Klub tagjai évről évre kis műsort adnak a megemlékező koszorúzás alkalmával.

2019. november 6-án lelkes helyi iskolások és a nyugdíjas klub tagjai tartottak egyesületi tagjainkkal közös megemlékezést. A sírnál koszorút helyeztek el a Bányászati, a Fémkohászati, a Vaskohászati Szakosztály, a Dunaújvárosi Egyetem, a Polgármesteri Hivatal, a Református Egyház képviselői és más tisztelők.

Első ízben jelent meg *ifjabb Kunoss Endre* a családjával, aki a költő testvérének leszármazottja, és köszöntötte az emlékek ápolásával foglalkozókat. A megemlékezés, immár hagyományosan, a Faluházban zárult kötetlen beszélgetéssel.

SZA

Felhívás

Tisztelt Tagtársunk!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE) Választmánya nevében megköszönöm, hogy hűséges tagdíjfizető tagként segítette immár 128 éves Egyesületünk eredményes működését és személyes közreműködésével, továbbá adója 1%-ának felajánlásával hozzájárult és támogatta közös céljaink megvalósulását. Kérem, hogy álljon ki továbbra is Egyesületünk és szakmáink mellett, tagdíjának megfizetésével, és személyi jövedelemadójának felajánlható 1%-ával támogassa Egyesületünket.

Adószámunk: 19815912-2-41

A befolyó összeget elsősorban hagyományaink ápolására, és arra kívánjuk fordítani, hogy továbbra is meg tudjuk jelentetni közös értékünket, a Bányászati és Kohászati Lapokat.

Tagdíjának megfizetéséhez, kérem, hogy a következőket vegye figyelembe.

A 2020. évi alaptagdíj mértéke: 12 000 Ft

Kedvezményes tagdíjat fizet

- 1) a diák, 25. életéve betöltése december 31-ig, amikor a tagdíj mértéke 3 000 Ft/év;
- 2) a pályakezdő, 30. életéve betöltése december 31-ig, amikor a tagdíj mértéke 6 000 Ft/év;
- 3) az OMBKE tag házastársak (amennyiben nem esnek más, nagyobb kedvezmény alá): 6 000 Ft/fő/év;
- 4) a nyugdíjas, 75. életéve betöltése december 31-ig, amikor a tagdíj mértéke 6 000 Ft/év;
- 5) a nyugdíjas, 75. életéve betöltését követő év január 1-től, amikor a tagdíj mértéke 3 000 Ft/év.

Tiszteleti tagjaink tagdíja önkéntes mértékű.

A tagdíjat csekken, vagy banki átutalással kérjük teljesíteni 2020. március 31-ig.

Számlaszámunk: K&H Bank:10200830-32310119-00000000

A levélhez mellékelünk egy tagsági kártyát is, amelyen az Ön egyesületi nyilvántartásban lévő adatai szerepelnek. Ha pontatlanságot, vagy adathiányt talál, kérjük, hogy azt Egyesületünk titkárságán (**H-1051 Budapest, Október 6. u. 7.;** Tel./fax: **06-1-201 7337;** e-mail: **ombke@ombkenet.hu**) jelezze.

Minden kedves tagtársunknak kívánok egészségben eltöltött, eredményes évet. Kérem, hogy minél nagyobb számban vegyenek részt rendezvényeinken, kísérik figyelemmel a Bányászati és Kohászati Lapokban és internetes honlapunkon egyesületi életünk, szakmáink híreit és segítsék kitűzött céljaink teljesítését.

Budapest, 2020. január 15.

Jó szerencsét!

Dr. Hatala Pál elnök

95 éves dr. Pilissy Lajos



2020. január 11-én volt 95 éves dr. Pilissy Lajos vasdiplomás kohómérnök, az öntészek doyenje, az öntésszakma meghatározó egyénisége, kohászgenerációk tanítója. Tanított technikumban és egyetemen is, számtalan tudományos publikáció, előadás fűződik nevéhez.

Egyesületünknek 72 éve tagja, az évek során több funkciót betöltött, tiszteleti tag. Szerkesztője, illetve főszerkesztője volt a BKL Öntészetnek, majd a Kohászatnak.

Számos egyesületi és állami kitüntetés birtokosa.

Az életéről hosszabb interjú készült 2015-ben, mely a 2. számban olvasható.

Sok szeretettel gratulál és jó egészséget kíván

a szerkesztőség

A 80 éves dr. Jónás Pál köszöntése

2019. december 18-án a Miskolci Egyetem Öntészeti Intézetének műhelycsarnokában bensőséges ünnepség keretében volt kollégái, barátai, tanítványai köszöntötték 80. születésnapja alkalmából dr. Jónás Pál főiskolai docenst.

Jónás Pál 1939. november 19-én Balassagyarmaton született. 1958-ban Csepelen, a Kossuth Lajos Gép- és Öntőipari Technikumban öntőipari technikus, 1963-ban pedig az NME Kohómérnöki Karán vas- és fémkohómérnöki oklevelet szerzett. 1970-ben megnősült, két gyermeke és négy unokája van.

Tanulmányainak befejezése után az LKM-ben dolgozott, majd az NME Vaskohásztani Tanszékére került, ahol a kohómérnök hallgatók öntészeti gyakorlatait vezette.

1965. január 1-jétől az akkor induló Öntészeti Tanszék munkájába kapcsolódott be, ahol tanársegédként, adjunktusként, végül főiskolai docensként dolgozott 2001-ig főállásban, ezt követően részfoglalkoztatásban 2004-es nyugdíjazásáig. 2004-től megbízás alapján oktatta a Fémöntészeti technológiák és a Formázóanyagok tárgyat az öntész hallgatóknak. 1978–2001 között tanszékvezető-helyettesi beosztást töltött be.

Az Öntészeti Tanszéken a hallgatók gyakorlatainak vezetése mellett irányította a formázóanyag, a metallurgiai és az anyagvizsgáló laboratórium kialakítását amellelt, hogy elkészítette az öntőágazatos tanterv gyakorlatainak leírásait is.

Kezdetben a tanszéken minden gyakorlati óra megtartásában közreműködött, a tantárgyak előadójának elfoglaltsága esetén az előadásokat is ő tartotta. 1978-tól a technológus hallgatóknak Öntészeti technológiák címmel előadásokat és gyakorlatokat tartott, 1989-től a Fémöntészet, 1994–2001 között a Járműipari öntvények gyártása című tárgy előadója volt. Pályafutása alatt négy tantárgyhoz készített egyetemi jegyzetet, és számos gyakorlati útmutatót írt.

Hitvallása volt, hogy ne csak oktató legyen, hanem a hallgatókkal való kapcsolatát a tananyag megtanítása és a nevelés jellemezze. Erre lehetőségét biztosított a tudomá-



nyos diákköri tevékenység irányítása és a diplomaterv-feladatok konzultálása. Kevés oktató mondhatja magáról, hogy tudományos diákköri dolgozatának készítésekor 323 hallgató választotta konzulensének, és 413 szigorló mérnök diplomatervének elkészítését segítette témavezetőként.

Oktató-nevelő munkáját több alkalommal Kiváló Dolgozó kitüntetéssel és

Miniszeri Dicsérettel ismerték el. Mestertanár kitüntetést kapott, amikor az általa konzultált hallgatók két egymást követő Országos Tudományos Diákköri Konferencián teljesítményükkel kiérdemelték a „Pro Scientia” érdemermet.

Az oktatás mellett számos ipari kutatómunka kidolgozásában vett részt. Ezek témái aktuális ipari problémákhoz, fejlesztésekhez kapcsolódtak. Munkatársaival éveken keresztül vizsgálták az ötvözetlen és ötvözött lemezgrafitos, a nagy szilárdságú gömbgrafitos és átmenetigrafitos öntöttvasak dermedési, és a nedves formázókeverékek tömörödési tulajdonságait. Egyetemi doktori disszertációját is ebben a témakörben készítette.

A kutatási eredményekről hazai és nemzetközi konferenciákon, többek között öt alkalommal az Öntészeti Világkongresszuson számolt be szerzőként, ill. társszerzőként. Hazai és nemzetközi szakfolyóiratokban megjelent mintegy száz publikáció szerzője, társszerzője.

1996-ban a VOLVO felkérte egy kiterjedt kutatómunka vezetésére. A fejlesztőmérnökökkel azon dolgoztak, hogy a dermedési és szilárdsági tulajdonságok alapján meghatározzák egy nagy sorozatban gyártott járműipari öntvény optimális anyagminőségét, és optimalizálják hűtési viszonyait. A kutatómunka eredménye alapján jelentős módosításokat hajtottak végre a tervezett öntőde technológiájában.

Pályafutása alatt aktív szerepet töltött be az OMBKE Öntészeti szakosztályában és az Egyetemi osztályban. Tevékenységéért több alkalommal kapott kitüntetést.

Méltán büszke arra, hogy keze munkájának eredményeként öt földrész társintézményeibe jutottak el azok a Miskolci Egyetem aktuális címerével ellátott öntöttvas dísztányérok, amelynek terveit és gipszmintáit, majd a mester-

mintákat is ő készítette. Egyéb öntöttvas díszöntvények mellett a Georgius Agricola: „Tizenkét Könyv a Bányászatról és Kohászatról” című könyv kohászatról szóló fejezeteinek 71 metszetéből eddig 17 ábrát faragott ki gipszből és készítette el azok mestermintáit. Ezek az alkotások az Öntődei Múzeum állandó kiállításának részét képezik.

Dr. Jónás Pálnak a magyar öntőipar érdekében évtizedeken keresztül kifejtett tevékenységét, oktató-nevelő munkáját a Magyar Öntészeti Szövetség 2005-ben Életműdíjjal ismerte el.

Volt tanítványai, a magyar öntőtársadalom tagjai nevében kívánunk nyugodt, békés éveket, jó egészséget!

LK

Tardy Pál exelnökünk 80 éves...

egy el nem hangzó komoly pohár*



■ Tardy Pál évfolyamtársai körében

Dr. Tardy Pál 1940. január 23-án született. Önéletrajza részleteiben 2012-ben Horn János: *Életpályák – Kohászat* című kiadvány 369-404. oldalán jelent meg, innen is tudjuk meg a közelmúltban vele készített mélyinterjú kapcsán (BKL Kohászat, 2018/3. szám 36–38. oldal), hogy 1964-ben kitüntetéssel szerezte meg vas- és fémkohómérnöki oklevelét Miskolcon. Ezt követően közel 30 éven keresztül a Vasipari Kutató Intézetben dolgozott. Itt tudományos tevékenysége elsősorban az anyagtudomány és a metallurgia területére terjedt ki: az anyagszerkezetet, a gyártástechnológia és az acélok hasznos tulajdonságai közötti összefüggéseket vizsgálta és elemezte. Kutatómunkája során elsősorban a diósgyőri és a dunaújvárosi acélipari vállalatokkal alakított ki szoros együttműködést, ahol egyebek között a golyóscsapágyak minőségének fejlesztésével, ill. az üstmetallurgiai kezelések bevezetésével kapcsolatos kutatások köthetők a nevéhez. Intézeti pályafutását 1993-ban tudományos igazgatóként fejezte be, de ezt megelőzően 1973–74-ben a londoni Imperial College-ban ösztöndíjas, UNIDO-szakértő volt Nigériában és New Yorkban, 1975-ben kandidátusi oklevelet szerzett, 1990-ben akadémiai doktori fokozatot. Tudományos eredményeit számos – több mint 200 – közleményben, előadásban tette közzé, jelentős részük külföldön jelent meg, ill. hangzott el. Nevéhez fűződik a hazánkban mindmáig legszínvonalasabb nemzetközi acélgártó konferenciasorozat, a Clean Steel első rendezvényének megszervezése 1970-ben

Balatonfüreden, amit azóta rendezésében mindmáig további kilenc követett.

A Vasipari Kutató Intézet megszűnése után, 1994–2008 között a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés műszaki igazgatójaként dolgozott. Hozzá tartozott a hazai acélipari vállalatok energetikájának, környezetvédelmének, műszaki fejlesztéseinek áttekintése és értékelése, összevetése a nemzetközi trendekkel és gyakorlattal. A világszerte aktualitást mutató klímavédelem terén ez ma is kiválóan hasznosítható tapasztalat. Az MVAE nemzetközi kapcsolatainak alakításában is jelentős szerepe volt: az Európai Bizottság, az EUROFER, a Nemzetközi Vas- és Acélintézet, az OECD, az ENSZ Európai Gazdasági Bizottsága különböző rendezvényein, testületeiben képviselte és képviseli a hazai acélipart. A Közép-Európai Vaskultúra Útja Egyesület magyar tagozatának ma is a vezetője. A 90-es évek közepén a Brüsszel által irányított Global Study on Steel in Europe projektet irányította.

Közéleti munkája helyéül a hatvanas évek végén az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületet választotta. 1970–82 között több ciklusban a vaskohászati szakosztály titkára volt, aztán 1990–97 között az egyesület főtitkára, majd 1997–2000 között az egyesület elnöke, jelenleg exelnöke, a Tiszteleti Tagok és Szeniorok Tanácsának elnökeként tagja a választmányának, a BKL Kohászat szerkesztőbizottságának ma is aktív tagja.

1998–2006 között két ciklusban volt a MTESZ alelnöke, éveken át az MTA keretein belül doktori képviselő, majd két cikluson keresztül a Metallurgiai Bizottság elnöke.

Az Alma Materral kapcsolatai hosszú idő óta erősek és szorosak, éveken át volt a miskolci egyetemi tanács tagja, 2000-ben ott habilitált, majd egyetemi magántanári címet szerzett.

Pali!

Tankörtársadként 60 éve ismerlek. Tudom, hogy büszke vagy arra, hogy hasznos tagja vagy a nagy múltú magyar kohász társadalomnak, mi pedig – tankörtársak, egyesületi tagok – büszkék vagyunk arra, hogy erőben-egészségben köszönhetünk 80. születésnapodon, további életedhez kívánva

Jó szerencsét!

Károly Gyula
tankörtárs, professor emeritus

MEGHÍVÓ

az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület
2020. május 23-án, (szombaton) 11 órakor,
a Bányász-Kohász-Erdész Találkozó keretein belül rendezendő

110. KÜLDÖTTGYŰLÉSÉRE

Helyszín: Tatabánya, Tiszti Kaszinó, akadályozás esetén a Népház



TÁJÉKOZTATÓ

Az OMBKE és az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság
Désen, 2020. április 2–5. között rendezi meg a

XXII. BÁNYÁSZATI, KOHÁSZATI ÉS FÖLDTANI KONFERENCIÁT

A konferencia programja:

- április 2. csütörtök: indulás Győrből, majd megállás Budapesten.
Regisztráció Désen a hotelben (SunGarden Therme 405200 Dej, str. Libertății, nr.1, jud. Cluj <https://sungardentherme.ro>)
- április 3. péntek: A Bányászati-Kohászati Szekció egész napos szakmai kirándulása.
Útvonal: Dés – Szentbenedek – Somkerék – Beszterce – Királynémeti – Sajómagyarós – Árokalja – Sajókeresztúr
- április 4. szombat: Délelőtt a konferencia megnyitója, plenáris előadások
Délután szekció-előadások az Egyetemen
- április 5. vasárnap: Hazautazás

A Désen rendezendő konferenciáról a www.emt.ro honlap ad részletes információt.

A konferenciára az OMBKE Budapestről autóbust indít.

Az úttal kapcsolatos kérdésekre az OMBKE titkárságon **Csányi Judit** ad felvilágosítást
(Tel.: 201-7337; e-mail: ombke@ombkenet.hu).

Budapest, 2020. január 13.

Jó szerencsét!

Dr. Szabados Gábor

FELHÍVÁS

Tisztelt Tagtársak, kedves Olvasóink!

Már évekkel korábban felmerült az igény, hogy a Bányászati és Kohászati Lapok elektronikus formában is elérhető legyen. Ennek megfelelően a BKL lapok újabb évfolyamai pdf-formátumban folyamatosan felkerülnek a lapok kiadója, az OMBKE honlapjára az alábbiak szerint:

BKL Bányászat 2003-tól,

BKL Kohászat 2003-tól,

BKL Kőolaj és Földgáz 2005-től.

Az OMBKE tagjai az egyesület megalapítása (1892) óta ingyenesen kapják a lapot. A jelenlegi Alapszabály szerint „a tag az egyesület valamelyik szaklapját szakosztályi tagsága, ill. egyéni igénye alapján külön előfizetési díj nélkül megkapja, de erről a jogáról írásban le is mondhat.” Jelenleg a tagság 5%-a – többnyire családtagok – nem kéri a lapot. Felmerült viszont, hogy a mai információs és elektronikus környezetben többen csak a lap elektronikus változatára tartanának igényt, ami a nyomtatott lapok postázási költségeiben megtakarítást jelenthetne.

Felkérjük ezért tisztelt tagtársainkat, hogy aki nem tart igényt a lap nyomtatott változatára, hanem az elektronikusra, az szíveskedjen ezt e-mailben jelezni:

- a Bányászat – Kőolaj és Földgáz esetében a bkl.banyaszat@t-online.hu,
- a Kohászat esetében a bkl.kohaszat@gmail.com címen.

Az aktuális lapszám a nyomdai megjelenésével egyidejűleg felkerül az OMBKE honlapjára (www.ombkenet.hu), és a nyomtatott lapról lemondók a fenti lemondáskor megadott e-mail címükre értesítést kapnak, hogy a lapszám megjelent, és a honlapon elérhető, letölthető.

A nyomtatott lapról való lemondás az illető egyesületi tagdíját nem befolyásolja.

Akik továbbra is a nyomtatott lapot igénylik, azoknak nincs semmi teendőjük.

Tisztelt tagtársaink együttműködését ezúton is köszönjük!

Budapest, 2019. november

Jó szerencsét!

Az OMBKE Kiadói Bizottsága

Szalay Géza

1929–2019



Az utolsó Sopronban végzett évfolyamon diplomát szerzett kohómérnökök kiemelkedően eredményes tagja, Géza bátyánk életének 90. évében, 2019 júniusában itt hagyott bennünket. Kollégánk 40 éves mérnöki tevékenysége során változó szakterületen, közép- majd felsővezetőként hasznosíthatta képességeit és tudását.

Szalay Géza 1929. november 10-én született Sopronban. Családjából a tanulás szeretetét, fontosságát hozta magával, és ezt adta tovább saját gyermekeinek is.

Üzemmérnökként a Kőbányai Alumínium Hengerműben kezdett dolgozni, ahonnan öt év elteltével a szalag- és fóliahengermű üzemvezetőjeként a Vaskohászati Kemenceépítő vállalat-hoz került. Ez időtől a magyar vaskohászatot – azon belül 30 éven át a Dunai Vasművet – szolgálta.

A VKV-nál 1957–1961 között az OKÜ és a DV több berendezésének építését, rekonstrukcióját létesítményfelelős, majd építésvezető beosztásban irányította sikeresen, melyet az 1960-ban, a fiatalon kapott Munka Érdemrend bronz fokozata kitüntetés is tanúsít. Ilyen szakmai előélet után nem véletlen, hogy 1961-ben a Dunai Vasműbe invitálták.

Az épülő hideghengermű indításának majd termelés-felfuttatásának irányítása megtisztelő feladat volt számára. Az 1965-ös üzemindulás után a gyáregység vezetője, a hideg- és meleghengermű összevonása után a részleg főmérnöke volt. Eredményes hideghengerműi tevékenységét a Kohászat Kiváló Dolgozója (1965) és a Kiváló Kohász (1968) rangos kitüntetések is jelzik.

1971-től a nagyvállalat termelési és exporttevékenységét irányította. Az MTA SZTAKI és a DV közös fejlesztési társaságát általa igazgatva dolgozták ki a 80-as években a nagyvállalat

első számítógépes termelésirányítási és programozási rendszerét. Kimgasló vállalatvezetői munkáját is számos kitüntetéssel ismerték el. Megkapta a Külkereskedelem Kiváló Dolgozója, a KGM Miniszteri Külön Díját és az OMFB Műszaki Fejlesztésért II. Díjat is.

A vállalati Kiváló Dolgozó, Kiváló Újító címetek és a Dunaferri Alkotói Nívódíjat sem méltánytalanul ítelték neki.

A munkában igényes volt, de beosztottaitól is szigorúan megkövetelte a komolyságot, a rendet és az alaposágot. Nemcsak szakmai területét ismerte kiválóan, hanem humán műveltsége, német nyelvtudása is kiemelkedő volt. Két lányát is értelmiségi pályára szánta, egyikük jogász, másikuk pedagógus lett.

Egyesületünknek 1950 óta tagja, a dunaújvárosi helyi szervezetnek 6 évig a titkára volt. A METESZ városi IB titkáraként 1974–1980 között a szervezet Fejér megyei elnökségében is halathatta szavát.

Termelési főmérnöki beosztásából 1992-ben vonult nyugdíjba, de volt kollégái még évekig igényt tartottak tanácsaira, így sokszor láthattuk ezután még sikereinek színhelyén, a Vasműben.

Idős napjaiban is aktív életet élt, de halálával véget ért ez az egyszeri megismételhetetlen csoda, az ő földi élete. A dunaújvárosi temetőben katolikus szertartás szerint történt a temetése. Szakmai életútját volt munkatársa, a Dunai Vasmű egykori vezérigazgatója, Tóth László méltatta. Hamvait a közelmúltban elhunyt felesége hamvai mellé helyezték.

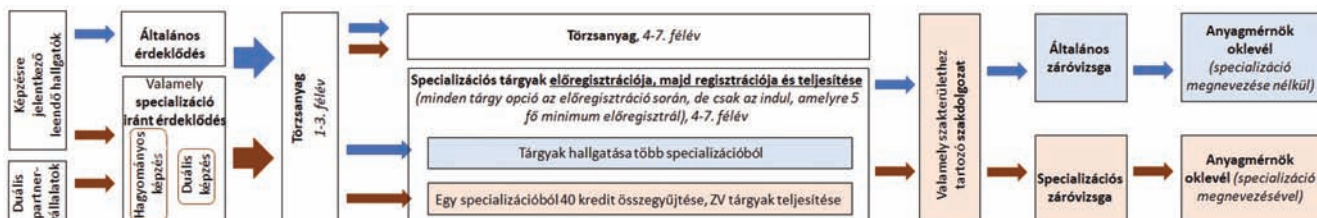
Nyugodjon békében, emlékét megőrizve mondunk utolsó

Jó szerencsét

Dr. Takács István

Palotás Árpád Bence: Kohómérnökképzés Magyarországon

A jelenlegi tanterv folyamatábrája, kiegészítés a 44. oldalon kezdődő cikkhez



Anyagmérnöki BSc – végzés specializációs oklevéllel

	1. félév	2. félév	3. félév	4. félév	5. félév	6. félév	7. félév	KREDIT	Záróvizsga	Specializáció
T Ö R Z S A N Y A G								= 150		
-SPECIALIZÁCIÓS TÁRGYCSOMAGOK-										
„A” specializáció								... < 40		
„B” specializáció								... < 40		
„C” specializáció								... < 40		
„D” specializáció								... < 40		
„E” specializáció								... < 40		
„F” specializáció								40 < ...	IGEN	IGEN
„G” specializáció								... < 40		
„H” specializáció								... < 40		

Jelmagyarázat:
Teljesített kredittel arányos terület

Anyagmérnöki BSc – végzés általános anyagmérnökként specializációs oklevél nélkül

	1. félév	2. félév	3. félév	4. félév	5. félév	6. félév	7. félév	KREDIT	Záróvizsga	Specializáció
T Ö R Z S A N Y A G								= 150	IGEN	
-SPECIALIZÁCIÓS TÁRGYCSOMAGOK-										
„A” specializáció								... < 40		Választható
„B” specializáció								... < 40		Választható
„C” specializáció								... < 40		Választható
„D” specializáció								... < 40		Választható
„E” specializáció								... < 40		Választható
„F” specializáció								... < 40		Választható
„G” specializáció								... < 40		Választható
„H” specializáció								... < 40		Választható

Jelmagyarázat:
Teljesített kredittel arányos terület

Képek a 2019. évi Szent Borbála-napi központi ünnepségről

