

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Anyagtudomány

Felsőoktatás

Hírmondó

148. évfolyam

2015/2. szám



Jó szerencsét!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

TARTALOM

Vaskohászat

- 1 Godzsák M. – Pekker P. – Cora I. – Veres Zs.:** Ausztenites karbonitridálás során keletkező köztes rétegek vizsgálata
- 7 Tardy P.:** A Szén- és Acél Kutató Alap 10 éve
- 10 Tardy P.:** A Közép-európai Vaskultúra Egyesület Magyar Tagozatának 2014. évi tevékenysége
- 12 Tardy P.:** Tájékoztató a Magyar Vas- és Acélpipari Egyesülés 2015. március 5-i taggyűléséről

Öntészet

- 13 Kovács T. – Szende Gy. – Tokár I. – Vörösfné F. E.:** Öntészeti kutatás-fejlesztés a Gépipari Technológiai Intézetben. 2. rész
- 16 Dobóczy I. – Iby Á.:** Öntészeti szimuláció alkalmazása a sárgaréz-kokillaöntés területén
- 20** Vaskutasok találkozója régi intézetükben

Fémkohászat

- 22 Horváth J.:** Az inert anódok vizsgálata elektrokémiai módszerrel az olvadékot elektrometallurgiájában
- 27 Bánki S.:** Vésnök. Az érmészet mesterei – egy ősi hivatás nyomában

Anyagtudomány

- 30 Katona B. – Szebényi G. – Orbulov I. N.:** Fémmátrixú szintaktikus fémhabok fáradási tulajdonságai
- 34 Somlyai-Sipos L. – Baumli P. – Kaptay G. – Bálint P. – Dezső A. – Simon A. – Gácsi Z. – A. Lekatou – T. Sfikas – A. Karantzalis:** Volfrám-karbid szemcsékkel erősített alumínium mátrixú kompozit fejlesztése

Felsőoktatás

- 40** 50 éves az Öntészeti Tanszék
- 41 Károly Gy.:** A hazai metallurgus kohómérnöképzés története
- 49** A Műszaki Anyagtudományi Kar rövid hírei 2015. március

Hírmondó

- 50** Beszélgetés a 90 éves, vasdiplomás dr. Pílissey Lajossal
- 55** Dr. Hajtó Nándor (1914–1978) élete és munkássága
- 56** A XV. Képlékenyalakító Konferenciáról
- 58** Emlékeztető az OMBKE 2015. március 11-i választmányi üléséről
- 59** 10. Bányász–Kohász–Erdész Találkozó (tájékoztató)
- 60** Zempléni technikatörténeti tanulmányút
- 61** Egyesületi hírek
- 63** Köszöntések
- 64** Nekrológok

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

FROM THE CONTENT

Godzsák M. – Pekker P. – Cora I. – Veres Zs: Investigation of the intermediate layers formed by austenitic nitrocarburizing 1
When nitriding is realised above the eutectoid temperature of the Fe-N system (592 °C), an intermediate layer of nitroaustenite may be formed under the compound (white) layer. In case of slow cooling, this phase decomposes into braunite, which is the eutectoid microstructure of the binary Fe-N system, consisting of body centered cubic α -solid solution and Fe₄N iron-nitride (γ). In our experiments two types of steel grades (100Cr6 and C105U) were nitrocarburised at 550 °C and 640 °C. Investigations for analysing the conditions and properties of the developed intermediate layers were performed, applying several testing methods: thickness and microstructure of the surface layers were examined by light optical microscopy (LOM), scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM), phases of the layers were identified by X-ray diffraction method (XRD), while glow discharge optical emission spectrometry (GD-OES) was used to determine the carbon and nitrogen-distribution of the surface layers of the specimens, moreover microhardness measurements were used to analyse the properties and thickness of the layers.

Dobóczy I. – Iby Á: Field of application of simulation modeling casting brass chill ... 16
The authors would like to present in this article that the casting simulation how could help the development process of the body of the new concealed bath-shower mixer during the modelling of brass chill casting technology to design the optimal chill mould at TEKA Magyarország Zrt. (Formerly MOFÉM Zrt.). The modelling was carried out in two stages. In the first step we compared the simulation results with the practical experience and after the evaluation we modified the mould and reperformed the simulation. In the Article we do not wish write about the theoretical basics of casting simulation, rather to demonstrate the use of it in the industrial practice.

Horváth J: Study of inert anodes using electrochemical method in the electro-metallurgy of molten salts 22
Electrometallurgy, especially the production of metal through the electrolysis process, plays a significant role in the field of extractive metallurgy. Aluminum, magnesium, alkali and alkali-earth metals (reactive metals) as well as high-melting metals (refractory metals) are all produced using the electrolysis of melts. Increasing social pressure has led to the tightening of environmental regulations for the electrometallurgy industry.
Production of metals using the electrolysis process of melts with oxide content offers great perspectives. These procedures provide numerous advantages from a technological as well as an energy-efficiency point of view, however a number of operational issues are still to be fully addressed and resolved. One of the critical elements of future research and development efforts has to address how inert anodes will reduce the CO₂ emissions during the production. The successful tests of inert anodes under laboratory conditions could pave the way for metal production in from metals with oxide content especially the case of iron, titanium and

aluminum. In the case of aluminum production, even limited operational successes during pilot plant programs may lead to a breakthrough of inert anode-based technologies.

The inert anode-based technologies could have the most significant operational impact. Inert anodes have been developed to conduct tests in a laboratory condition and a electrochemical method has been designed to determine their operation and service life-time.

The present study reviews the major metal production processes using the electrolysis of molten metaloxides, and where inert anodes can be used. The method uses voltage and energy balance calculations to assess the potential reduction of CO₂ emissions in case of a transition to inert anode-based technology.

Bánki S: Engraver. The masters of medalart – an ancient profession footsteps 27
Engraver work. Gemmaengraver. Mints Hungary. Illustrious engravers

Katona B. – Szebényi G. – Orbulov I. N.: Fatigue properties of metal matrix syntactic foams 30
Our paper deals with the fatigue properties of metal matrix syntactic foams (MMSFs). The investigated materials were produced by experimental route from the combination of Al99.5 or AlSi12 matrix and mixed-oxid ceramic hollow spheres. The investigations were carried out on cylindrical specimens with 1.5 aspect ratio, which were machined out from the produced composite blocks. The fatigue tests were performed in cyclic compression mode at different load ratios ($k = \sigma_{max} / \sigma_t$ where σ_{max} is the maximal load of the cycle and σ_t is the compressive strength of the investigated MMSFs). The recorded deformation-number of cycles curves can be divided into three sections, in which rapid, long stable and again rapid deformation increment periods follows each other subsequently, that leads to the fracture of the specimen. The results reveal the strong influence of the matrix material on the expected lifetime of the specimens. Moreover, the gap between the number of cycles until fracture increases in the case of lower load ratios. The matrix material has important rule on the fracture modes of MMSFs also; the fracture mode depends mainly on the ratio between the yield strength of the matrix and the crush strength of the ceramic hollow spheres.

Somlyai-Sipos L. – Baumli P. – Kaptay G. – Bálint P. – Dezső A. – Simon A. – Gácsi Z. – A. Lekatou – T. Sfikas – A. Karantzalis: Development of the Tungsten carbide particle reinforced aluminum matrix composites ... 34
Metal matrix composites can be produced in several ways. In each method it is important that the adhesion energy between the reinforcing-phase and the matrix should be as high as possible. This requires that the surface of the molten metal should not be covered by an oxide film and that the molten metal wets the reinforcing-phase as well as possible.
This paper reviews the currently used composite production technologies through the liquid route and reports on new experimental results on preparing carbide particles reinforced Al-matrix composites, when the WC particles are pre-treated by aqueous solutions containing dissolved K₂TiF₆ of different concentrations.

• 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. Klug Ottó, dr. Kórodi István, Lengyelne Kiss Katalin, Schudich Anna, Szabados Ottó, Szende György, dr. Tardy Pál, dr. Török Tamás •

• Kiadó: Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület • Felelős kiadó: dr. Nagy Lajos •

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

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

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

GODZSÁK MELINDA – PEKKER PÉTER – CORA ILDIKÓ – VERES ZSOLT

Auszténites karbonitridálás során keletkező köztes rétegek vizsgálata

Az Fe-N rendszer eutektoidos hőmérséklete (592 °C) felett végzett nitridáláskor a vegyületi réteg alatt egy köztes réteg, nitroauszténit alakulhat ki, amely lassú hűtés közben, az eutektoidos hőmérsékleten braunittá alakulhat át. Az így képződő kétfázisú szövetelem – a braunit – térben középpontos kockarácsú α -vasból és Fe_4N vas-nitrid vegyületből ($\alpha + \gamma'$) álló eutektoid. Kísérleteink során 100Cr6 és C105U anyagminőségű acélokat karbonitridáltunk az eutektoidos hőmérséklet felett. Vizsgáltuk a keletkező köztes rétegek kialakulásának feltételeit és tulajdonságait, szövetszerkezetüket, valamint a nitrogén és karbon eloszlását a mintákban. Ezeket fénymikroszkópos (LOM)-felvételek, mikrokeménység-mérés, röntgendiffrakció (XRD)-, pásztázó elektronmikroszkópos (SEM)- és transzmissziós elektronmikroszkópos (TEM)-vizsgálatok és ködfénykísüléssel optikai emissziós spektrometriás (GD-OES)-mérések segítségével végeztük.

Bevezetés

Az acélok termokémiai kezelésén belül, az Fe-N rendszer eutektoidos hőmérséklete felett zajló karbonitridálás és az azt követő lassú hűtés eredményeként, a vegyületi réteg alatt kialakuló braunitréteg keveset kutatott terület. Ez többek közt annak tulajdonítható, hogy ezt az emelt hőmérsékletű, ún. auszténites karbonitridálást az iparban ritkán alkalmazzák. Ha a nitridálást az eutektoidos hőmérséklet felett végezzük, akkor a kezelés utáni hűtés módjától függően nitroauszténit vagy braunit köztes

réteg alakulhat ki a vegyületi réteg és a diffúziós zóna között. Megfelelően gyors hűtésnél a hőkezelés során keletkezett nitroauszténit auszténit marad, lassú hűtés esetében pedig braunitréteg alakul ki a vegyületi réteg alatt. Elvégzett kísérleteinkkel célunk volt a köztes réteg kialakítása és tulajdonságainak vizsgálata.

A nitroauszténit köztes réteg képződése

Az auszténit alakulás hőmérséklete alatt történő karbonitridálás esetén ferrites karbonitridálásról, felette

auszténites karbonitridálásról beszélünk. Az átalakulás határhőmérséklete a kezelendő alapanyag összetételétől jelentősen függ. *Du* termodinamikai számításai [1] szerint ötvözetlen acél esetében a legalacsonyabb hőmérséklet, amely változást okoz, 586 °C. *Isabella Flodström* eredményeiből [2] megfigyelhető, hogy az 592 °C fölé növelt karbonitridálási hőmérsékletnek és a nitrogénnek a mátrixban történő dúsulása következtében a mátrix egy része átalakul auszténitté. Az auszténites gázközegű karbonitridálást követően a mikroszerkezet négy régióból fog állni. A vegyületi réteg ε - és γ' -fázist (Fe_4N) tartalmaz, amely a felületen alakul ki. A vegyületi réteg alatt egy nitrogénben és karbonban gazdag auszténitréteg képződik, ez alatt van a diffúziós zóna, és a nem módosult alapanyag. *Kristian Vinter Dahl* kísérleteiben [3] többek között azt is megállapította, hogy a nitridképző ötvözők mennyiségének növekedésével nő az átalakulás hőmérséklete. 8,5 tömegszázalék nitridképző elemet (Cr, Mo, V) tartalmazó acélnál nem figyelhető meg auszténitréteg 640 °C-os nitridálást követően sem. 15 tömegszázalék nitridképző elemet tartalmazó acélnál pedig még 700 °C-os nitridálás esetén sem alakul ki köztes réteg. Megjegyezte, hogy néhány esetben, amikor nem sikerült kellően gyorsan hűtenie a mintákat a nitridálást követően braunit ($\gamma' + \alpha$) kétfázisú szövetelem alakult ki.

A braunit köztes réteg képződése

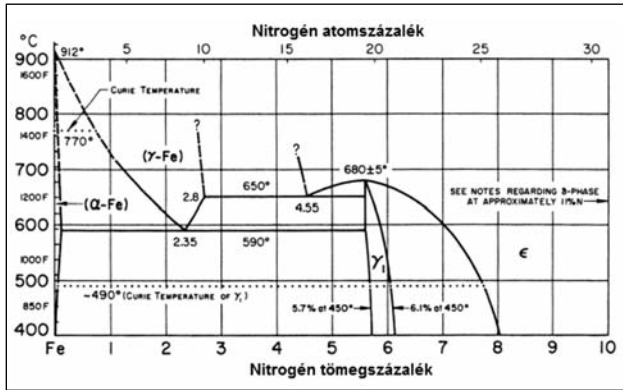
Ha az emelt hőmérsékletű karbonitridálást követően kellően lassan hűlnék le a hőkezelt darabok, akkor a vegyületi réteg és a diffúziós zóna

Godzsák Melinda 2007-ben diplomázott okleveles közgazdászként az osztatlan ötéves képzésben a Miskolci Egyetem Gazdaságtudományi Karán. 2011 decemberében BSc, majd 2012 decemberében MSc anyagmérnök diplomát szerzett öntész-hőkezelő, illetve hőkezelő-anyagvizsgáló szakirányon a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. 2013 őszétől a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola doktorandusz hallgatója, kutatási területe acélok gázközegű karbonitridálása a Fe-N rendszer eutektoidos hőmérséklete felett.

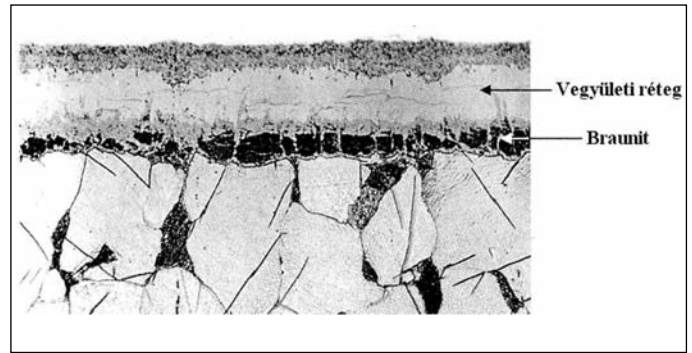
Pekker Péter szakmai életrajzát 2012/5. számunkban közöltük.

Cora Ildikó 2009-ben diplomázott okleveles geológusként az ELTE TTK-n, geológus szakon. 2014-ben szerzett PhD doktori fokozatot az ELTE Földtudományi Doktori Iskolában, mineralógia szakterületen, *summa cum laude* minősítéssel. Jelenleg az MTA EK MFA Vékonyréteg Fizikai Osztályán dolgozik tudományos munkatársként.

Veres Zsolt szakmai életrajzát 2012/5. számunkban közöltük.



■ 1. ábra. Fe-N fázisdiagram [4]



■ 2. ábra. C15-ös acél 650 °C-os gázközegű karbonitridálás, valamint lassú hűtés után kialakult felületi kéregszerkezete, braunnittal a vegyületi réteg alatt, Nitál-ban maratva, N = 1000x [6]

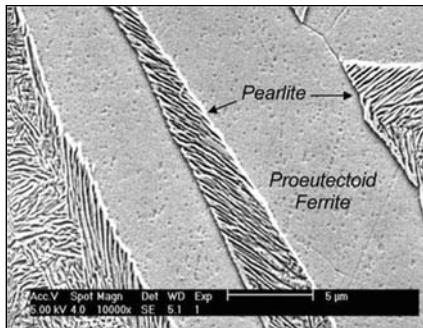
között kialakul a braunit szövet. Ahogyan az 1. ábra Fe-N fázisdiagramján [4] látható, a braunit az Fe_4N -és az α -fázis eutektoidja, amely az Fe-N rendszer eutektoidos hőmérséklete felett (592 °C) elvégzett (karbo)nitridálást követő lassú hűtés eredményeként képződik 2,35 tömegszázalék nitrogéntartalomnál, amely irodalmi adatok alapján akár 50-60 μm vastagságú is lehet [5]. A 2. ábrán braunit köztes réteg látható [6].

Celik és társai [5] kutatásaikból megállapították, hogy azonos hőkezelési hőmérsékleten, de növekvő hőkezelési időnél csökken a kialakult braunitréteg vastagsága (600 °C –

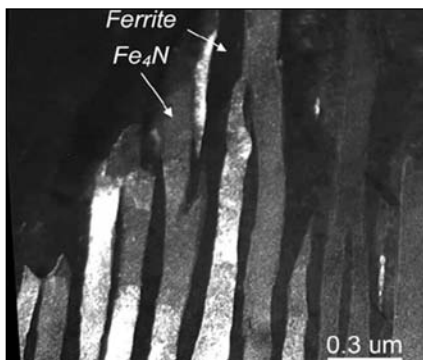
1 óra: 50-60 μm , 600 °C – 8 óra: 20-30 μm). Fattah és Mahboubi [7] a mikroszerkezeti és röntgendiffrakciós vizsgálati eredményeikből megállapították, hogy 592 °C felett végzett karbonitridálást követő lassú hűtés esetén braunit köztes réteg alakul ki. Speciális, rétegenkénti röntgendiffrakciós (XRD) mérést is készítettek. Előbb a felszint, majd 15, 25 és 29 μm -re a felülettől vizsgálták a mintát, 29 μm mélyen $Fe_4(N,C)$ - és α -Fe-fázist detektáltak a 620 °C-on hőkezelt próbán, mely braunit jelenlétére utal. Xiong kutatásaiban [8] az Fe-N rendszer eutektoidját, a braunitot vizsgálta elektronmikroszkópia segítségével, melyet δ az Fe-C rendszerhez hasonlítva nitrogén perlitnek nevez. Megállapította, hogy a ferritben szigetenként alakul ki a lemezes perlit (3. ábra), amely nem más, mint a $\gamma' + \alpha$. Ezt TEM-vizsgálattal támasztotta alá, amelyben sötét látóterű felvételen egyértelműen meg tudta különböztetni a ferrit mátrixot és a lemezes Fe_4N vas nitridet (4. ábra), amelyek váltakozva helyezkedtek el. A vas-nitrogén állapotábra alapján kimondta, hogy ez a $\gamma' + \alpha$ szövetelem, tehát a braunit.

a 100Cr6 és C105U jelű acélokkal végzett kísérleteket és a mérések eredményeit mutatjuk be. A két anyagminőség szabvány szerinti összetétele az 1. táblázatban látható.

A karbonitridálási kísérleteket a Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet SLR-150 típusú aknás gáznitridáló kemencéjében végeztük. A 3,5 órás karbonitridálás során az üzemi nitrogént 200 l/h, az ammóniát 200 l/h, a szén-dioxidot pedig 10 l/h térfogatárammal juttattuk a kemencéjébe. Az ausztenites karbonitridálási kísérletek utolsó fázisát, a mintadarabok hűtését különféle hűtőközegekben hajtottuk végre. A darabok egyik részét gyorsan, olajban, egy másik részét lassan, levegőn, egy harmadik részét még lassabban, a kemencével együtt hűtöttük le. Célunk volt a különböző hűtési erélyesség hatására kialakuló köztes réteg vizsgálata. Azonban az eltérő hűtési sebességek nem voltak megfelelően mérve és kontrollálva, ezért a hűtési sebesség hatását a kialakult szerkezetre jelen cikk nem tárgyalja.



■ 3. ábra. Lemezes szerkezetű nitrogén perlit, körülötte ferrit (α -vas), N=10000x [8]



■ 4. ábra. Sötét látóterű TEM-felvétel Fe_4N -kiválásról, valamint ferritről [8]

Vizsgálati eredményeink

Karbonitridálás során kialakuló rétegrend

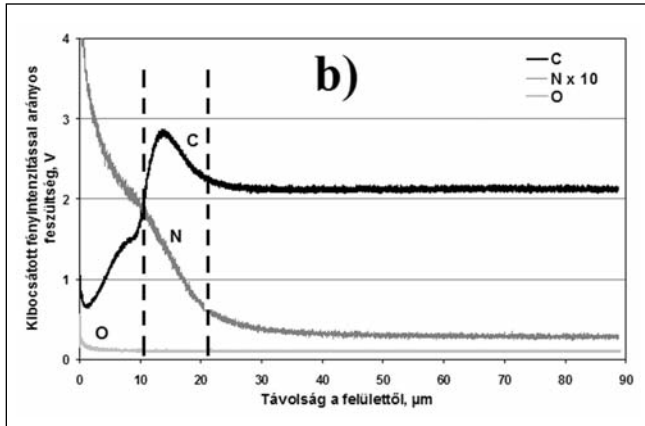
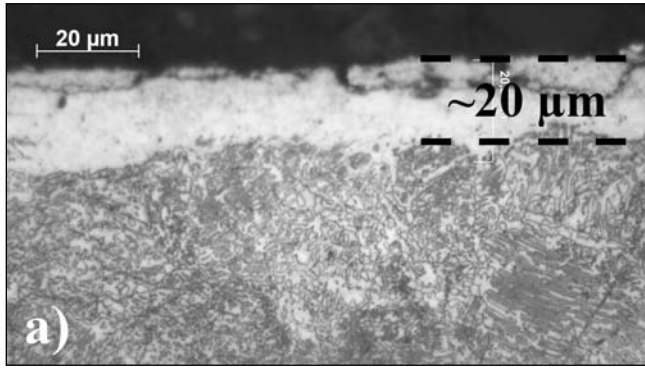
Kísérleteink elsődleges célja volt olyan emelt hőmérsékletű karbonitridálás elvégzése, amely eredményeként köztes réteg alakul ki a vegyüle-

Gázközegű karbonitridálási kísérleteink paraméterei

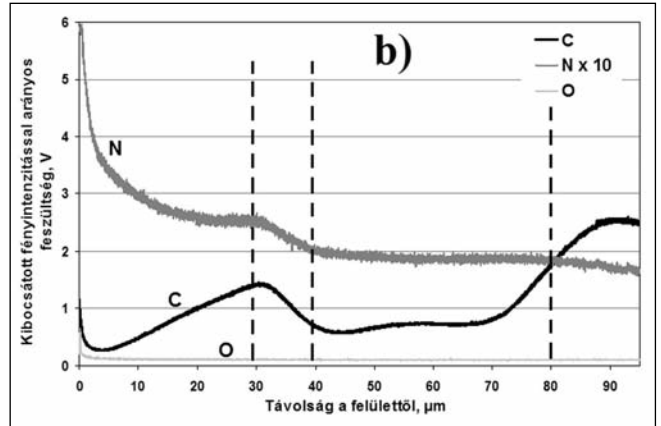
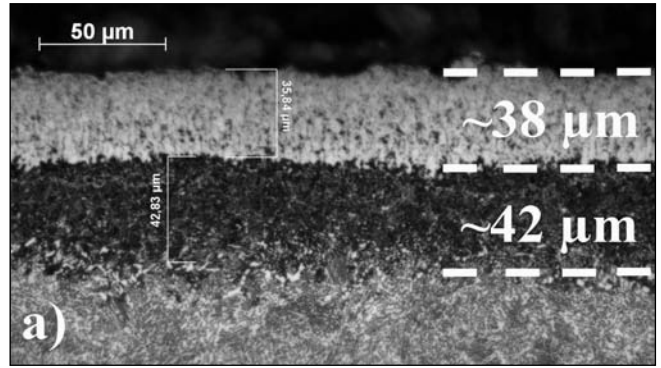
A köztes réteg vizsgálatához ausztenites karbonitridálással állítottuk elő a próbadarabjainkat. Jelen cikkünkben

1. táblázat. A kísérletekhez használt acélok szabvány szerinti összetétele m/m%-ban

Anyagminőség	C	Si	Mn	Cr	Fe
1.3505 (100Cr6)	1,00	0,3	0,3	1,5	96,9
1.1545 (C105U)	0,95-1,04	0,15-0,35	0,15-0,35	≤ 0,030	98,75-98,23



■ 5. ábra. C105U anyagminőségű 550 °C-on, 6 órán keresztül karbonitridált, kemencében hűlt mintadarab fénymikroszkópos felvétele, N = 1000x (a) és GD-OES mélységprofilja (b)



■ 6. ábra. C105U anyagminőségű 640 °C-on, 10 órán keresztül karbonitridált, kemencében hűlt mintadarab fénymikroszkópos felvétele, N = 500x (a) és GD-OES mélységprofilja (b)

ti réteg és a diffúziós zóna között. A megfelelő összehasonlítás érdekében végeztünk nem emelt hőmérsékletű karbonitridálást is. Az így kapott darabok fénymikroszkópos felvételein látható az eltérő rétegrend. Míg az 550 °C-on karbonitridált minta fénymikroszkópos felvételén (5a ábra) csak a vegyületi réteg és alatta a diffúziós zóna, addig a 640 °C-on karbonitridált mintánál (6a ábra) a két réteg között a kialakult köztes réteg is megfigyelhető. A ferritesen és ausztenitesen karbonitridált próbákon GD-OES mélységprofil elemzést végeztünk a nitrogén és a karbon darabon belüli eloszlásának vizsgálatára. A Metallurgiai és Öntészeti Intézet Horiba Jobin Yvon – GD Profiler2 típusú berendezésével, valamint a hozzá tartozó profilométer segítségével készített mélységprofilokon a vizsgált elemek százalékos mennyiségével arányos jel látható a darab felületétől mért távolság függvényében. A jobb szemléltetés érdekében a nitrogéngörbék értékeit tízszeresére nagyítottuk.

Az 5b ábrán egy ferritesen karbonitridált darabról készült GD-OES mélységprofil látható. Megfigyelhető,

hogy ~10 μm-es porlasztási mélységben, a porózus ε és a tömör γ'-fázisok határán mind a nitrogén, mind a karbon görbéjének lefutásában törés van. A felülettől ~20 μm-re a nitrogén és a karbon mennyisége közel az alap mátrixban található mértékűre csökken, amely megegyezik a fénymikroszkópos felvételen mért vegyületi réteg vastagságával (5a ábra). A diffúziós zóna végére a két elem mennyisége eléri a kezelés előtti értéket.

Ezzel szemben a 6b ábrán, ahol egy ausztenitesen karbonitridált darabról készült GD-OES mélységprofil látható, a görbék lefutása eltérő. A felülettől mért ~28 μm mélységig a profil hasonló jelleget mutat, mint az előző ferritesen karbonitridált próba felületi ~10 μm-es rétege. Ezután az előző darabhoz képest egy vékonyabb, ~10 μm vastag γ'-réteg következik. A vegyületi réteg alatt ~42 μm vastag köztes réteg helyezkedik el, melyet a mélységprofil szintén mutat (ezen a mintán a köztes réteg braunit). Ugyanis amikor a porlasztás másik rétegbe ér át, változik a kémiai összetétel, azzal együtt megváltozik a kibocsátott fény intenzitása is, így különíthetők el a rétegek.

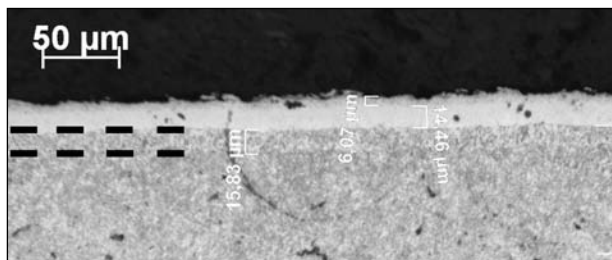
Mivel mind a nitrogén, mind a karbon interstíciósan oldódó elem, jól megfigyelhető, hogy a felülettől az anyag belseje felé haladva a nitrogén diffúziójával a karbon mennyisége folyamatosan nő (kvázi felhalmozza maga előtt a karbon a nitrogén), majd a nitrogén koncentrációjának csökkenésével (a diffúziós zóna végén) a karbon görbéje is beáll egy konstans értékre, melyet az acél eredetileg tartalmazott.

A kialakult köztes réteg

Az ausztenites karbonitridálás során, a vegyületi réteg alatt kialakuló nitroausztenit-réteg az eutektoidos hőmérsékleten braunit szövetté alakulhat át. Ha a hűtés sebessége megfelelően kicsi, elegendő idő áll rendelkezésére a diffúzióknak ahhoz, hogy braunit keletkezzen. Ha ez a sebesség egy határértéknél nagyobb, az ausztenit nem alakul át, szobahőmérsékleten is megmarad.

Kísérleteink során többféle köztes réteget állítottunk elő. Nagy hűtési érellyesség esetén a nitroausztenit nem alakult át, a fénymikroszkópos vizsgálatok során világos színű volt (7. ábra).

Kiseb hűtési erélyesség esetén közvetlenül a vegyületi réteg alatt még mindig megmaradt az ausztenit, de a köztes rétegnek a darab belseje felé eső része átalakult braunittá (8. ábra). A még kisebb hűtési sebesség esetén pedig a teljes köztes réteg homogén braunit lett (9. ábra).



■ 7. ábra. 100Cr6 anyagminőségű, 620 °C-on, 3,25 órán keresztül karbonitridált, olajban hűlt minta fénymikroszkópos felvétele (N = 200x)

oxidréteg (Fe_2O_3 , magnetit) és térben középpontos α -vas. Ezen vizsgálati eredményekből arra következtettünk, hogy a vegyületi réteg alatt lévő ferrit és γ' vas-nitrid braunit szövetet alkot ($\alpha + \text{Fe}_4\text{N}$).

Az XRD-mérések eredményeit megerősítendő végeztünk transzmissziós elektronmikroszkópos vizsgálatot is a Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet FEI

A braunit szerkezete

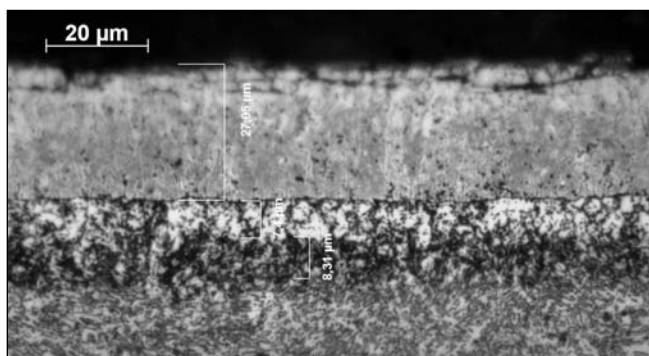
A keletkezett braunitot többféle módon vizsgáltuk. A 10a ábrán az 500x-os nagyításban elkészített pásztázó elektronmikroszkópos kép mutatja a kialakult köztes réteget. Az előzőtől lényegesen nagyobb nagyításban (N = 3500x) már jól láthatók a vegyületi réteg alatti, ferrit mátrixú köztes rétegben elhelyezkedő lemezszerű kiválások (10b ábra), amelyek az Fe_4N vas-nitrid (γ') jelenlétére utalnak, ahogyan arról Xiong is említést tesz kutatásában [8]. Ezek alapján pedig arra következtethetünk, hogy a magas hőmérsékletű és lassú

hűtésű karbonitridálásunk eredményeként braunit köztes réteget állítottunk elő.

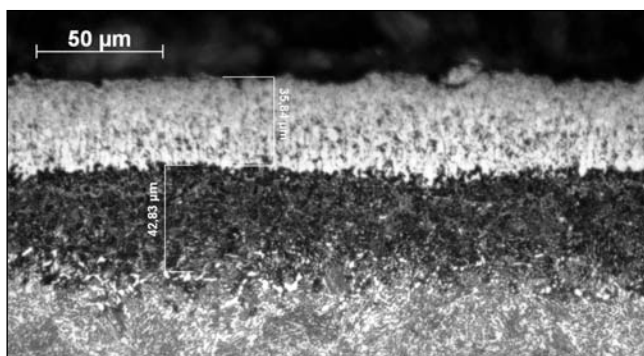
A kialakult köztes réteget alkotó fázisok azonosítása érdekében végeztünk XRD-méréseket is. A Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet Bruker D8 Advance típusú röntgenberendezése 40 kV gyorsítófeszültséggel, 40 mA csőárammal és kobalt csővel működött. A detektor az adatokat 0,05°-onként és 10 másodpercenként gyűjtötte.

A 11. ábra röntgendiffraktogramján látható csúcsok a következő fázisokhoz tartoztak: γ' vas-nitrid (Fe_4N), ϵ vas-nitrid ($\text{Fe}_{2,3}\text{N}$), a felületen vas-

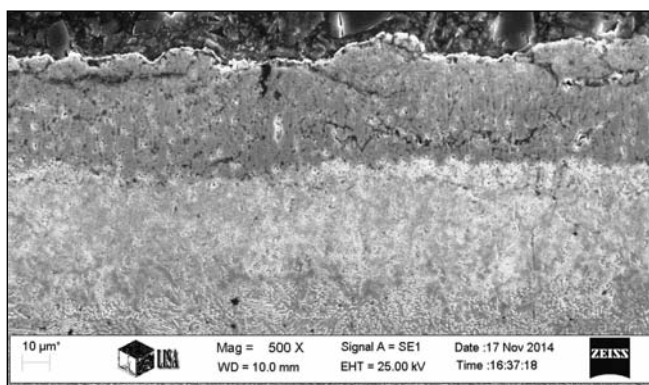
kítási és Nanotechnológiai Intézet FEI Tecnai G2 X-Twin 200 típusú, LaB6 katóddal és EDAX energiadisziperzív spektrométerrel működő berendezésével. A 12. ábrán látható felvételt a 100Cr6 acélminőség 620 °C-on, 2,5 óráig karbonitridált és olajban hűtött mintájáról készítettük, a mikroszkópon azonosított köztes rétegből. A 12a ábrán látható diffrakciós képről megállapítottuk, hogy α -vasról ($a_0=2,90(5)$ Å), míg a 12b ábrán egy F-centrált (felületen középpontos), köbös fázisról ($a_0=3,68(2)$ Å), Fe_4N -ről készült. Tehát az azonosított fázisok braunit szövetelem jelenlétét erősítik meg.



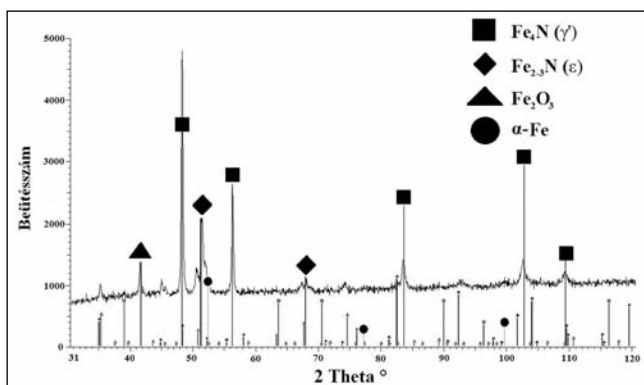
■ 8. ábra. C105U anyagminőségű, 640 °C-on, 2 órán keresztül karbonitridált, levegőn hűlt minta fénymikroszkópos felvétele (N = 1000x)



■ 9. ábra. C105U anyagminőségű, 640 °C-on, 10 órán keresztül karbonitridált, kemencében hűlt mintadarab fénymikroszkópos felvétele, N = 500x



■ 10a ábra. C105U anyagminőségű, 640 °C-on, 10 órán keresztül karbonitridált, kemencében hűlt minta SEM-felvétele (N=500x)

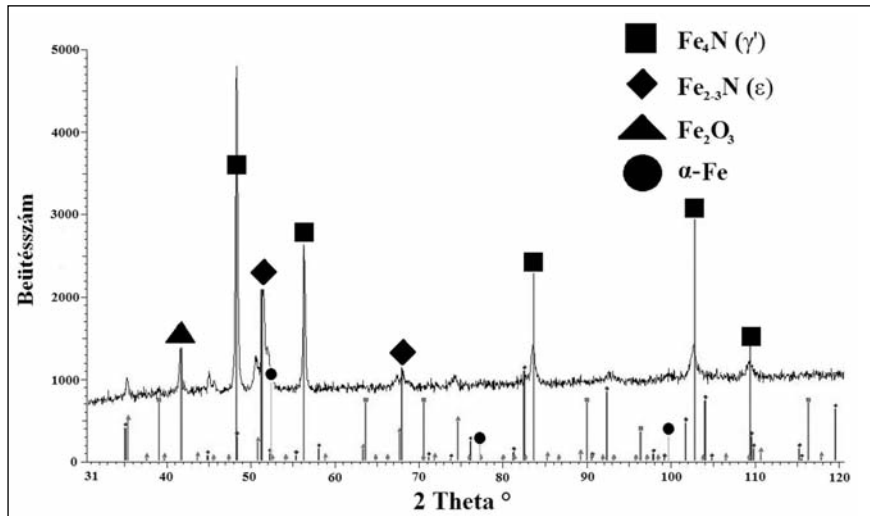


■ 10b ábra. A 10a ábrán látható minta köztes rétegének SEM-felvétele (N=3500x)

A vegyületi és a köztes réteg vastagsága, keménysége

Az előkészített karbonitridált darabokon fénymikroszkópos méréseket végeztünk, mely során Axio Vision képelemző szoftver segítségével megmértük a vegyületi és köztes rétegek vastagságát. A 13. ábrán a 100Cr6 mintadarabokon mért vegyületi és köztes réteg vastagságát mutatjuk be. A vegyületi és köztes rétegek vastagsága maximumos görbe szerint alakul, 2,5 órás karbonitridálás után elkezd csökkenni a rétegvastagság. A ferrites alapanyagban a diffúzió gyorsabb, mint a vegyületi rétegben és a köztes ausztenitrétegben. Egy bizonyos vegyületi réteg- és köztes rétegvastagság elérése után a nitrogén a légkörből, és a vas a darab magja felől nem tud kellően gyorsan pótlódni. Ezért ezek a rétegek részben leépülnek. *Fattah és Mahboubi* vizsgálataikban [7] hasonlólt állapítottak meg, miszerint az ugyanolyan hőmérsékleten karbonitridált, de növekvő időtartamú kezeléseknél a köztes réteg vastagsága csökken.

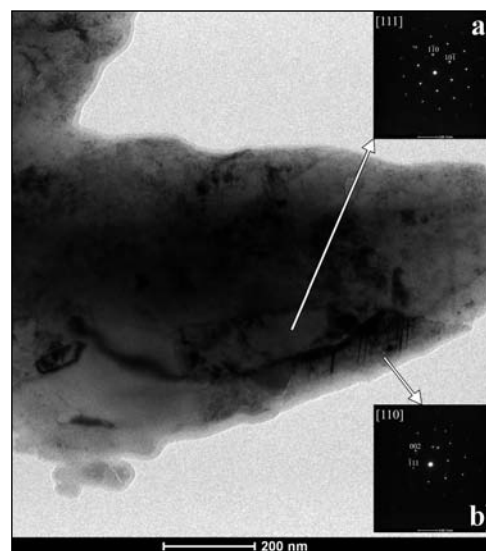
A fénymikroszkópos rétegvastagság-vizsgálatot kiegészítettük a vegyületi és (köztes) braunitrétegek mikrokeménységének mérésével is. A vegyületi rétegek keménysége csökkenő tendenciát mutat a karbonitridálási idő növelésével, ami minden bizonnyal azzal állhat összefüggésben, hogy ez a réteg egyre porózusabbá vált. A köztes rétegek esetén a rétegvastagsághoz hasonlóan maximumos görbe szerint alakul a keménység (14. ábra).



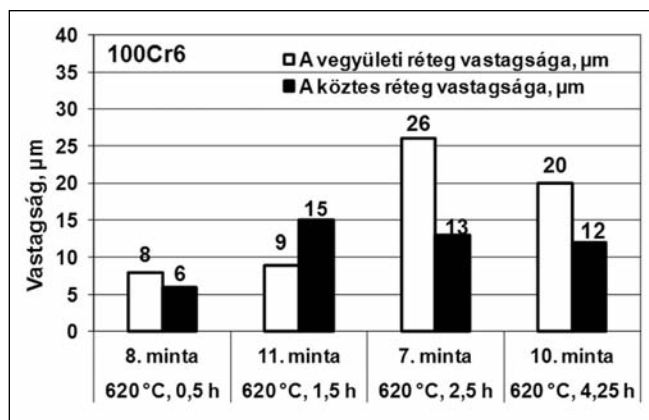
11. ábra. A 100Cr6 anyagminőségű, 620 °C-on 2,5 óráig karbonitridált, olajban hűtött minta diffraktogramja és az azonosított fázisok

A C105U acél mintákon mért vegyületi és (köztes) braunit rétegvastagságok (15. ábra) egy értéktől eltekintve folyamatos növekedést mutatnak. Ez azt igazolja, hogy nem csak a karbonitridálás idejének, de az anyagminőségnek is fontos szerepe van a kialakuló rétegek vastagságában, hiszen eltérő ötvöztéségeknél a diffúzió sebessége is különbözik.

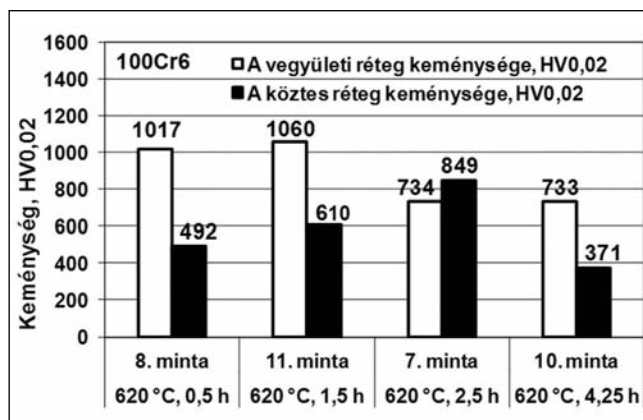
A 16. ábrán a vegyületi réteg keménységének csökkenése figyelhető meg, ezt a vegyületi réteg porozitásának növekvő mértéke okozhatja a karbonitridálási idő növekedésével. A köztes réteg keménysége a karbonitridálási idő növekedésével csökken, hasonlóan a 100Cr6 anyagminőség esetén mértékhez.



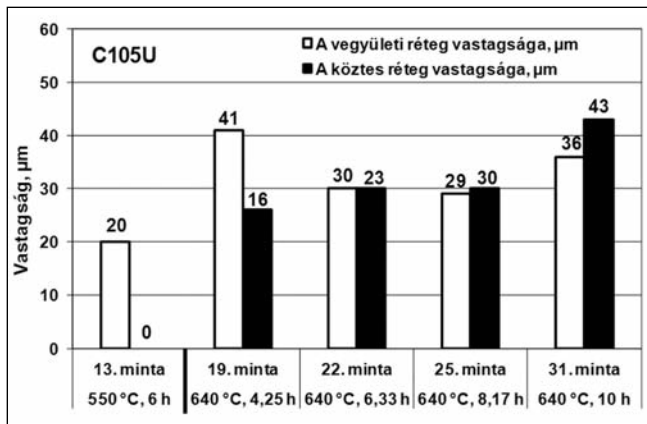
12a, b ábra. A 100Cr6 anyagminőségű, 620 °C-on 2,5 óráig karbonitridált, olajban hűtött minta világos látóterű transzmissziós elektronmikroszkópos képe és a két azonosított fázis indexelt (szelektált területű) diffrakciós képe



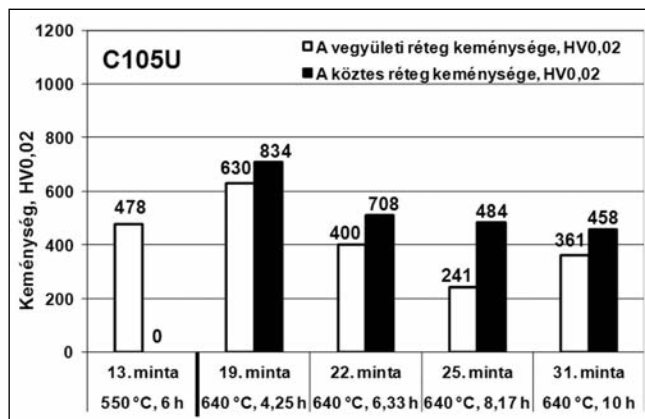
13. ábra. 100Cr6 anyagminőségű acél 620 °C-on, különböző ideig karbonitridált darabjain mért rétegvastagság-értékek



14. ábra. 100Cr6 anyagminőségű acél 620 °C-on, különböző ideig karbonitridált darabjainak vegyületi és köztes rétegén mért keménységértékek



■ 15. ábra. C105U anyagminőségű acél 620 °C-on, különböző ideig karbonitridált darabjainak mért rétegvastagság-értékek



■ 16. ábra. C105U anyagminőségű acél 620 °C-on, különböző ideig karbonitridált darabjainak vegyületi és köztes rétegen mért keménységértékek

Összefoglalás, következtetések

Kutatásaink során acélok ausztenites karbonitridálását végeztük. A kísérleteket két acélminőségen (100Cr6 és C105U) hajtottuk végre, majd vizsgáltuk az így kapott próbadarabokat. A 100Cr6 anyagminőségénél a gázkezelés idővel (0,5 – 1,5 – 2,5 – 3,25 óra) zajlott, a C105U esetében pedig 550 °C-on 6 óráig és 640 °C-on 2 – 4,25 – 6,33 – 8,17 és 10 óráig. A darabok melegbeágyazása és előkészítése után először fénymikroszkópos felvételeket készítettünk, melyeken rétegvastagságokat (vegyületi és köztes réteg), majd pedig a rétegek Vickers mikrokeménységét mértük. Végeztünk röntgendiffrakciós és transzmissziós elektronmikroszkópos méréseket a kialakult köztes réteget alkotó fázisok azonosítására. A keletkező braunitréteget GD-OES-analízissel és SEM-felvételek segítségével vizsgáltuk. Bár az iparban az emelt hőmérsékletű karbonitridálást ritkán alkalmazzák, viszont a vegyületi réteg és a diffúziós zóna közötti köztes réteg csak így alakítható ki. Mivel pedig elsődleges célunk volt a köztes réteg kialakítása és tulajdonságainak vizsgálata, ezért alkalmaztunk magasabb hőmérsékletű karbonitridálást is. Későbbi kutatásaink során ennek a köztes rétegnek a mechanikai tulajdonságokra, valamint a korrózió- és kopásállóságra való hatását is fogjuk vizsgálni.

Vizsgálataink alapján a következők állapíthatók meg:

1. Az Fe-N rendszer eutektoidos hőmérséklete felett zajló gázkezelés

karbonitridálás, majd az azt követő hűtés során a vegyületi réteg és a diffúziós zóna között köztes réteg alakult ki mindkét anyagminőség esetén.

2. A szakirodalom szerint ennek a rétegnek a típusa attól függ, hogy milyen hűtési módot alkalmazunk. Kísérleteinkkel a 100Cr6 típusú acélminőség esetén a karbonitridálás utáni lassú hűtés alkalmazásával braunit köztes réteget hoztunk létre, melyet az XRD- és TEM-vizsgálatokkal alátámasztottunk.
3. A fénymikroszkópos felvételek alapján a C105U anyagminőségéről elmondható, hogy levegőn történő hűtésekor nem alakult ki homogén braunitréteg, mert a köztes rétegben át nem alakult, vékony ausztenit-réteg is maradt.
4. A karbonitridálási idő növelésével a 100Cr6 acélnál mind a vegyületi, mind a köztes réteg vastagsága és keménysége maximumos görbe szerint alakul. A C105U acél esetében a vegyületi és köztes réteg vastagsága a karbonitridálási idő növelésével nő, a keménysége viszont csökken az általunk vizsgált tartományon belül.
5. A GD-OES mélységprofil-elemzéssel nyomon követhető a karbonitridálás során diffundált nitrogén és karbon eloszlása, a vegyületi réteg vastagsága, valamint a köztes réteg megléte és annak vastagsága. Továbbá láthatóvá vált az a szakirodalomból ismert tény is, miszerint a karbonitridálás során a nitrogénatomok kiszorítják az acél felületi rétegből a karbonatomokat, melyek csak a nitrogén koncentrációjának

lecsökkenése után állnak vissza konstans értékre.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, valamint a Metallurgiai és Öntészeti Intézet munkatársainak.

Irodalom

- [1] H. Du: A reevaluation of the Fe-N and Fe-C-N systems, Journal of Phase Equilibria, vol. 14, no. 6, pp. 682–693, 1993.
- [2] Isabella Flodström: Nitrocarburizing and High Temperature Nitriding of Steels in Bearing Applications, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2012.
- [3] Kristian Vinter Dahl: Austenitic Nitriding of Iron and Heat Treatable Steel, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark, 2002.
- [4] David Pye: Practical nitriding and ferritic nitrocarburizing, ASM International, USA, 2003.
- [5] Ayhan Celik, Ihsan Efeoglu, Gürkan Sakar: Microstructure and structural behavior of ion-nitrided AISI 8620 steel, Materials Characterization, 2001.
- [6] Dr.-Ing. Dieter Liedtke und 6 Mitautoren: Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen II.-Nitrieren und Nitrocarburieren, 5. Auflage 2010.
- [7] M. Fattah, F. Mahboubi: Comparison of ferritic and austenitic plasma nitriding and nitrocarburizing behavior of AISI 4140 low alloy steel, Materials and Design 31 – 2010.
- [8] X. C. Xiong, Č A. Redjaimia, Č M. Gouné: Pearlite in hypoeutectoid iron–nitrogen binary alloys, Material Science, 44:632–638, 2009.

A Szén és Acél Kutatási Alap 10 éve

1951-ben Párizsban írták alá az Európai Szén és Acél Közösség (ESZAK, más néven Montánunió) létrehozásáról szóló szerződést, amely az első csírája volt az Európai Uniónak. Ez volt az első olyan nemzetközi szervezet, amelynek választásokon alapuló saját parlamentje van, és így jóval erősebb integrációt jelent, mint a hagyományos nemzetközi együttműködési szerződések. Célja volt, hogy a versengés helyett a tagországok jólétét és teljesítményét erősítse hatékony gazdasági és politikai együttműködés révén.

A folyamatosan növekvő és átalakuló közösség mindvégig megtartotta kötődését a szén- és acéliparhoz; ennek egyik bizonyítéka, hogy a tagállamok befizetéseiből 2001-re 1600 M€-ra növekedett a szén- és acélipari kutatások támogatására létrehozott Szén- és Acélipari Kutatási Alap. Az ESZAK-szerződés 2002-ben lejárt, és a tagországok úgy döntöttek, hogy nem újítják meg. Az ezt megelőző években kemény viták voltak a Kutatási Alap jövőjéről; sokan azt javasolták, hogy olvassák be a nagy EU-s kutatási alapokba. A szén- és acélipar képviselői sikeresen védtek ki ezeket a támadásokat, elsősorban arra hivatkozva, hogy az Alapot a tagországok szén- és acéliparának befizetéseiből töltötték fel. Végül olyan döntés született, hogy az Alap meglévő vagyonának kamataiból tovább

folytatják a két szektor kutatásainak támogatását.

A tevékenység szervezésére létrehozták az új Szén és Acél Kutatási Alapot. A támogatást továbbra is pályázatok útján lehet elnyerni; a fő célkitűzések aktualizálására, a pályázatok értékelésére, a témák előrehaladásának és eredményeinek az értékelésére speciális csoportokat alakítottak ki. Az Alap létrehozásának 10. évfordulója alkalmából határozat született arról, hogy átfogó értékelés készüljön az elmúlt évtized eredményeiről. A tanulmány készítői együttműködtek az alap működését és a projektek eredményességét ellenőrző egységekkel [1].

A következőkben áttekintést adunk ennek a munkának az eredményeiről.

1. Az alap éves költségvetésének alakulása

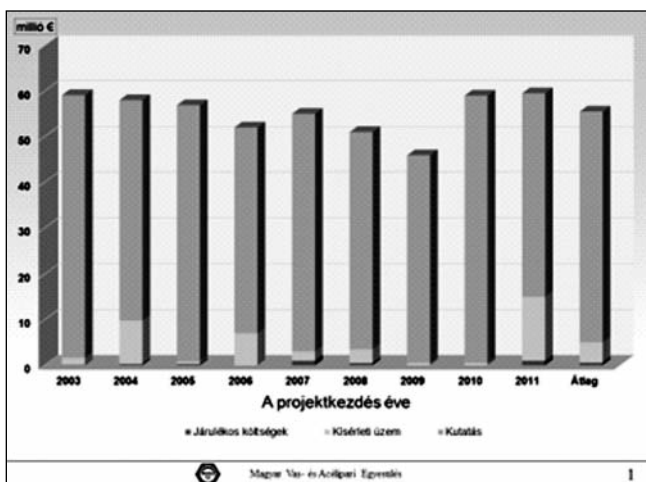
Az Alap által biztosított projektfinanszírozások alakulását 2003–2011 között az 1. ábra mutatja be. Ezalatt az időszak alatt összesen mintegy 500 M€ összegben támogatták a két ágazat kutatásait; ennek 27%-a jutott a széniparnak, 73%-a az acéliparnak. Hasonló arányt mutat a két területen támogatott projektek száma is (évente 44 az acélipar területén, 9 a szén területén). Az alap kezelésére és irányítására az összeg 4%-át fordították. A projektráfordítások ¾-e személyi

jellegűnek minősített kiadás volt (résztevőknek és szakértőknek kifizetett összegek, rezsiköltségek). Kb. 18% volt a működési költségek, 5% körüli a berendezésekre fordított összeg részaránya. Eszerint a kiadásokat elsősorban a munkában résztvevő kutatók támogatására fordították.

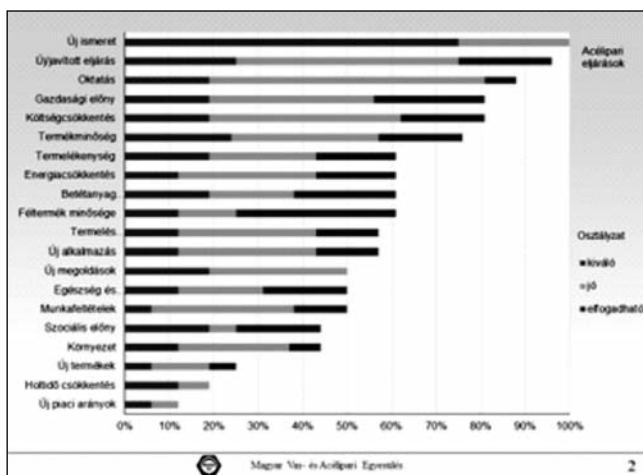
Az értékelő csoport tagjai felmérést készítettek a pályázatban résztvevő intézmények véleményéről az eredmények hasznosulását illetően. A 2. ábra az acélipari eljárások fejlesztésének területén, a 3. ábra az acéltermékek fejlesztése területén végzett kutatások eredményeiről kapott vélemények alapján készült. Mindkét területen az új ismeretek megszerzését tették az első helyre, és az elégedettség is itt volt a legnagyobb mértékű. Az acélipari eljárások esetében ezt a technológia fejlesztése és a termékminőség követte. Az acéltermékek fejlesztése esetében fontosnak tartották az ismeretek továbbadását, a termékminőséget és az acéltermékek újszerű alkalmazását.

2. Kiemelkedő eredmények az acéltechnológiai projektekben

Az értékelő csoport a projektek tartalmának és eredményességének vizsgálata során kiválasztotta azokat a témacsoportokat, amelyeket leghasznosabbnak ítélt. Az alábbiakban az



1. ábra. Az Alap által nyújtott projektfinanszírozások alakulása



2. ábra. Az acélipari eljárások területén elért eredmények megítélése

acélipari kutatások területén adunk ezekről rövid tájékoztatást.

2.1. Nyersvasgyártás

- A nagyolvasztó működésének és élettartamának javítása a medence és a nagyolvasztó monitorozásával és szabályozásával

Különböző folyamatellenőrzési és szabályozási rendszereket dolgoztak ki a nagyolvasztó kampányidejének növelésére és homogén működésének biztosítására. Feltételezve, hogy a berende-

zések felénél alkalmazzák a módszert, az élettartam növelése uniós szinten évi 15 M € megtakarítást eredményezhet. A nyersvaszint jobb szabályozásával 7 kg/t koksztakarítás érhető el, ami uniós szinten 100 M €/év költségcsökkentést hozhat.

- A CO₂-kibocsátás csökkentése

Az eljárással 20 kg/t-val csökkenthető a fajlagos kokszigény, azaz 180 kg/t-val a fajlagos CO₂-kibocsátás. Az eljárás teljesen új; 1 Mt/év kapacitású nagyolvasztónál javasolják kipróbálni, ami egy ilyen berendezésnél 6 M €/év megtakarítást hozhat.

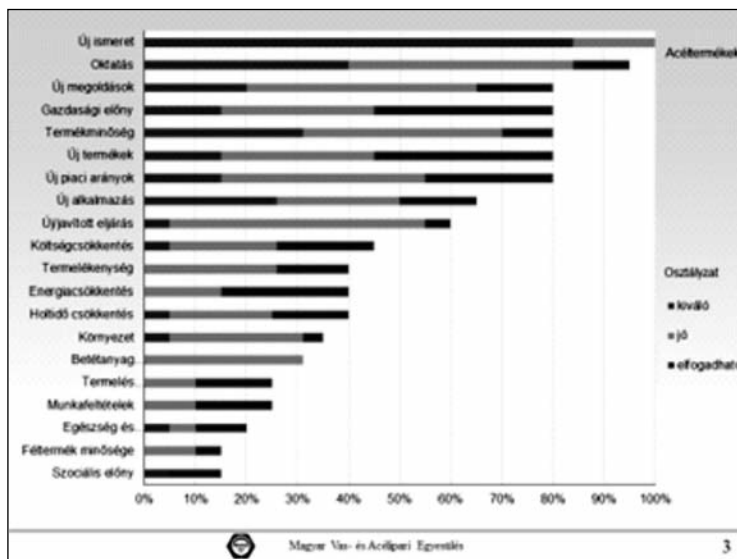
2.2. Acélgártás és -öntés

- Közvetlen optikai hőmérsékletmérés alkalmazása az acélgártás során

Az új fejlesztésű online hőmérsékletméréssel csökkenthető az utánfűvások száma; ennek eredményeként 1,8%-kal növekszik a konverter teljesítménye és nyersvas tonnánként 2,7 m³-rel az oxigén-felhasználás. A potenciális költségmegtakarítás 120 M €/t-ra tehető uniós szinten.

- A termékminőség és a termelékenység javítása folyamatos öntésnél az áramlási feltételek javításával a kokillában alkalmazott folyósítószer segítségével

Az öntőpor tulajdonságainak optimalizálásával csökkentik a folyósítószer besodródását az acélba, ily módon növelik a teljesítményt és a minőséget. Az eljárással 1%-kal növelhető az öntési sebesség és 3-4%-kal csökkenthető a termékbe jutó zárványok



■ 3. ábra. Az acéltermék-fejlesztések területén elért eredmények megítélése

mennyisége. A gazdasági eredményt EU szinten 16 M €/évre teszik.

- Új stratégia a termelékenység növelésére és a minőség javítására az öntőcső eltömődésének csökkentésével

Elektroacélművekben 1,5 €/t-val csökkenthető a költség.

2.3. Meleghengertés

- Valós idejű intelligens diagnosztika és a hevítőkemence teljesítményének növelése

A hevítőkemence valós idejű ellenőrző rendszerét négy vállalatnál vezették be, ahol 1-3% energiamegtakarítást és a revemennyiség 4%-os csökkentését érték el. A becsült gazdasági haszon kb. 50 M €/év EU-s szinten.

- Hengernyomok detektálása tandem soron

Az új ellenőrző rendszer segítségével növelhető a teljesítmény és csökkenthető a leértékelt tekercsek aránya. Az EU-ban üzemelő 30 tandem hengerson 6,5 M €/év takarítható meg.

- A munkahenger hatékony hűtése

Új hengerhűtési technológiákkal (köztük nagy turbulenciájú hűtés) 15%-kal növelhető a hengerek élettartama és csökkenthető a hengertörések száma. Az eredmény kb. 0,4 M €/év hengerművenként.

- Aszimmetrikus hengerlés alkalmazása a termelékenység növelésére és a tulajdonságok javítására

A projekt hasznos ismereteket adott az aszimmetrikus hengerlés alkalmazásának eredményeiről. Eszerint job-

ban szabályozható lesz a kifutó vég és csökkenthető a hossz menti kihajlás. Egy hengerműre vonatkoztatva 0,7 M €/év haszon érhető el.

2.4. Hideghengertés, kikészítés, bevonás

- A termelékenység optimalizálása és a pácolás minősége a pácolt felület online ellenőrzésével

Új szenzorokat fejlesztettek ki a pácolás szabályozásának javítására. Kétfajta eredmény van:

- az alulpácolás de-

tektálásával növekszik a teljesítmény, ami EU-szinten 30 M €/év eredményt hozhat;

- a hidrogén-detektor segítségével megelőzhető a tűz keletkezése (egy tűzeset becslések szerint 1 hónap leállást eredményez). A projekt haszna EU-szinten 55 M €/évre tehető.

- A hullámosság mérésének fejlesztése bevonatos termékeknél

Az új szenzor segítségével mérhető a szalagok hullámossága, ezáltal csökken a leértékelt termékek aránya és elkerülhető a kézzel vezérelt ellenőrzés. Bevonó soronként évente 0,1 M € költségcsökkenés érhető el.

- Új lágyító eljárások a nagy szilárdságú acélok bevonatolásának javítására

A nagy szilárdságú acélok bevonása problémákkal jár. Az új technológiákkal különböző típusú nagy szilárdságú acélokra csökkenthető a gyenge bevonatminőség miatt leértékelt termékek részaránya. Az eljárás dual-fázisú és TRIP-acélokra alkalmazható. EU-szinten 1,8 M €/év a várható eredmény.

3. Kiemelkedő eredmények az acéltermékek fejlesztésénél

3.1. Autóipari termékek

- Korszerű nagyszilárdságú acélok alakítási keményedése

A projekt utat nyitott új nagyszilárdságú, jól alakítható acéltípusok kidolgozásához (TWIP-, LIP-acélok), amelyek segítségével csökkenthető a járművek súlya. Ezek az acélok jól alkal-

mazhatók a komplex alkatrészek gyártásánál. A hasznot az jelenti, hogy ezek nélkül az acéltípusok nélkül gépkocsinként kb. 10 kg-mal csökkenne a beépített acél mennyisége a versenytárs anyagok (főleg az Al) alkalmazása következtében. Ez évente 60 M € veszteséget okozna az acéliparnak EU-szinten.

- **Növelt alakíthatóságú dual-fázisú acélok**

A dual-fázisú acélok fejlesztésének eredményeként felhasználásuk EU-szinten 1,5 M tonnára nőtt évenként. Ez 50 M €/év eredményt hozhat a szektornak.

- **Ultra nagy szilárdságú acélok helyi hőkezelése**

A kifejlesztett lokális hőkezelés segítségével a karosszéria bizonyos elemeinél 10-20% súlycsökkenés érhető el. Amennyiben az EU-ban készülő autók 20%-ánál alkalmazzák az eljárást, 7 M €/év lehet az eredmény.

tartókból. Az eljárással két gyártónál évi 1,2 M € eredményt értek el.

- **Humán forrásból származó rezgések acélszerkezetekben**

Nagy igény van a nagy szilárdságú acélok alkalmazására könnyűszerkezetes építményeknél (hidak, folyosók); ehhez szükség van a címben jelzett elemzésekre. A nagy szilárdságú acélok alkalmazásának kiterjesztése 3 év alatt 5,3 M €-t hozhat.

Eszerint a vizsgált 23 projekt kb. 100 M € eredményt hozott a résztvevő ipari vállalatoknak. A számításoknál nem vették figyelembe a bevezetés során felmerülő további kiadásokat (beruházás, működési költségek stb.). Ha az összes ráfordítást összevetjük az összköltséggel, vagy az Alap által nyújtott támogatással, az eredmény kétszer, ill. háromszor nagyobb.

Nem hagyható azonban figyelmen

		Szénipar	Acélipar	Összesen
A részletesen vizsgált projektek	Projektek száma	4	19	23
	Projektek költségei (M €)	11,0	41,8	52,8
	RFCS-finanszírozás (M €)	6,1	24,8	30,9
A felhasználók becsült haszna	(M €/év)	16,2	86,5	102,7
Az összes projekt	Száma	32	166	198
	Költségek (M €)	78,0	230,1	308,1
	RFCS-finanszírozás	45,7	136,9	182,6
Lehetséges haszon a szén- és acéliparban	(M €/év)	103	581	684

3.2. Építőipari acéltermékek

- **Acélszerkezetek tűzbiztonságának növelése**

Hat projektből álló téma keretében az illetékes tűzbiztonsági szervezettel együttműködve 3 év alatt összesen 100.000 t acélt építettek be, ami 10 M € eredményt hozott. A tűzbiztonsági koncepció olyan szerkezetekben is engedélyezte az acél alkalmazását, ahol korábban nem volt erre lehetőség.

- **Melegen hengerelt H-tartókra alapozott új termékek**

Nagyméretű hálós tartókat (acélszerkezetek, pl. folyosók hordozó elemei) gyártottak melegen hengerelt H-

- **Acélszelvények alkalmazásának terjesztése ipari csarnokoknál**

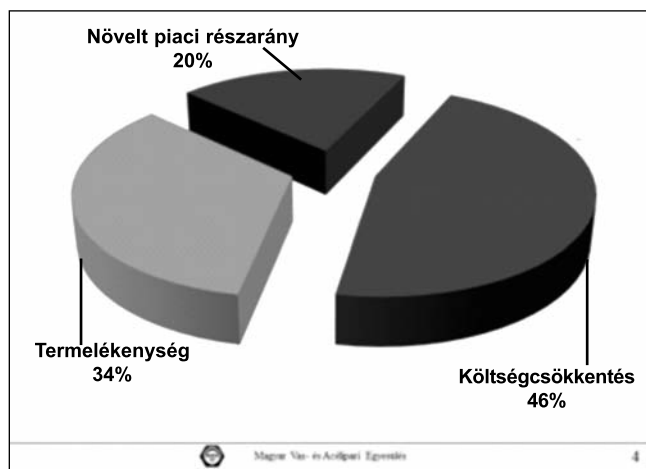
A projekt során kidolgozták a melegen hengerelt szelvények alkalmazásával kapcsolatos legjobb gyakorlati tervezési irányelveket. Ezzel évi 3 M € haszon érhető el az acéliparban.

4. Az eredmények hasznosulásának átfogó értékelése

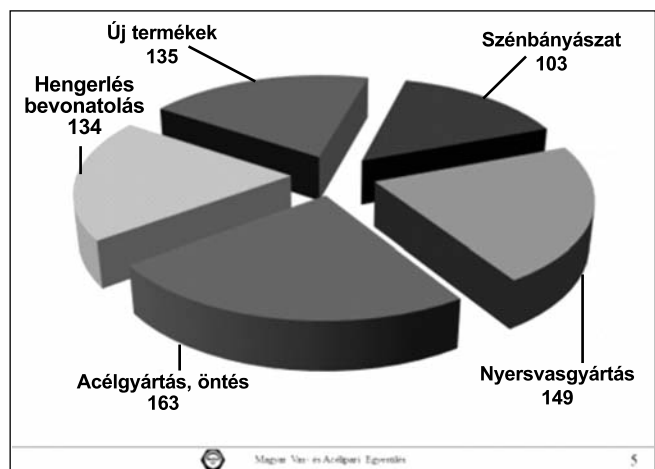
Az alaposabb vizsgálatoknak alávetett 23 szén- és acélipari projekt elemzése alapján megbecsülték az eredmények alkalmazásával elérhető nyereséget. A becslések eredményeit a táblázat tartalmazza.

kívül, hogy a K+F költségeket a projekt kidolgozása során kell kifizetni, a teljes hasznosulás azonban csak évekkel később realizálódik. Az is igaz viszont, hogy a bevezetett eljárást/terméket még hosszabb időn keresztül alkalmazzák, azaz a haszon hosszabb távon akkumulálódik.

Az összes projektre becsülve az elérhető eredmény közel 700 M €. Ez azonban csak lehetőség, realizálódása számos tényezőtől függ, pl. a hasznosító vállalatok számától (amelyek képesek a szükséges további költségek fedezésére), a piaci helyzettől stb. Az Alap csak lehetőséget biztosít az eredmények hasznosítására.



■ 4. ábra. Az alap által támogatott projektek eredményeinek hasznosulása



■ 5. ábra. A támogatott projektek hasznosulásának téma szerinti megoszlása

Ezt a lehetséges eredményt itt is össze lehet hasonlítani a ráfordításokkal. Eszerint minden ráfordított euró évente kb. 2,2 € hasznot hozhat a két szektor számára.

Az eredmények jellegét a 4. ábrával szemléltetjük. Mint látható, a költségcsökkentés részaránya a legnagyobb, ezt a termelékenység növelése, majd az új piaci szegmensek megszerzése követi.

A fő tématerületek szerinti megoszlás az 5. ábrán látható. Az acéltipar területén a metallurgiai fázisok súlya a legnagyobb, ami érthető, hiszen itt a legnagyobbak a fajlagos költségek.

Összefoglalás

Az Európai Bizottság az Európai Szén és Acél Közösség megszűnésekor (2002) az előző évtizedekben felhalmozott kutatási alapból létrehozta az új európai Szén és Acél Kutatási Alapot. Első 10 évi működésének értékelésére tanulmány készült; az acéltiparra vonatkozó legfontosabb megállapításait az alábbiakban foglalhatjuk össze:

– az említett időszakban az Alap mintegy 137 M €-val támogatta az acéltipari kutatásokat; a projektek tagjai ehhez további 90 M €-val járultak hozzá;

– fenti összeget 166 kutatási projektben használták fel;

– a K+F munka a tanulmány készítői szerint az eredmények bevezetése után évi 581 M € eredményt hozhat EU-szinten;

– az eredmények leginkább a metallurgia (nyersvasgyártás, acélgártás, folyamatos öntés) területén hasznosulhatnak.

Irodalom

[1] Research Fund for Coal and Steel – Monitoring & Assessment report European Commission Directorate-General for Research and Innovation, Brussels, 2013

A Közép-európai Vaskultúra Egyesület Magyar Tagozatának 2014. évi tevékenysége

1. Bevezetés

A Tagozat tagjai a hagyományos kohászati tevékenységhez kapcsolódó, Diósgyőrben, Ózdon és Salgótarjánban működő szakmatörténeti csoportosulások tagjai, továbbá az illetékes múzeumok, egyetemi tanszékek és a témában érdekelt budapesti szakemberek.

A szakmatörténeti szervezetek közül a következőket kell kiemelni:

- Ózdi Ipari Örökségvédők Baráti Köre
- Északkelet-Magyarország Ipartörténetének Ápolásáért Alapítvány
- MTA VEAB Iparrégészeti Munkabizottság
- Közép-európai Ipari Örökség Útja Egyesület
- Miskolci Egyetem Metallurgiai és Öntészeti Intézet
- OMBKE Történeti Bizottság

Bár az anyagi lehetőségek 2014-ben is rendkívül korlátozottak voltak, a Tagozat tagjai eredményes munkát végeztek. Ez az alábbiakban foglalható össze.

2. A tagozat közreműködésével szervezett rendezvények

– Archeometria, kognitív- és szociálarcheológia konferencia (Miskolc, április)

– VI. Ipari Örökségvédelmi Konferencia (Ózd, május)

– VI. Óskohász Tábor (Somogyfajsz, július)

– VIII. Fazola Fesztivál (Miskolc, szeptember)

– A vaskohászat és a fémművesség régészeti emlékei (Szeged, szeptember)

– 7. Salgótarjáni Ipartörténeti Emléknapp (Salgótarján, október)

Ezeknek a rendezvényeknek összességében több ezer résztvevője, ill. látogatója volt.

3. Tagjaink előadásai, publikációi

• *Thiele Ádám, Jiří Hošek, Haramza Márk*: Középkori damaszkolt pengékben felhasznált vasötövetek – kilenc közép-európai damaszkolt kard- és késpenge archeometriai vizsgálata. 2014. április 3–4. Archeometria, kognitív- és szociálarcheológia konferencia, Miskolc (előadás és konferenciakötet, lektorálás alatt).

• *Török B., Kovács Á., Barkóczy P., Gallina Zs.*: Homokméggy-Székes 10–11. századi temetőjéből származó fémleletek komplex archeometriai vizsgálata. 2014. április 3–4. Archeometria, kognitív- és szociálarcheológia konferencia, Miskolc

• *Thiele Ádám, Kercksmár Zsolt*: The

genetic and the archaeometallurgical significance of bog iron ore deposits in Inner Somogy (Hungary) / A somogyi gyepvasérctelepek eredete és archeometallurgiai jelentősége. 2014. május 21–23. Iron Smelting and Processing Workshop, Csehország, Adamov (előadás, kiadvány nélkül).

• *Török B., Kovács Á., Gallina Zs.*: Iron metallurgy of the Pannonian Avars of the 7–9th century based on excavations and material examinations / A pannóniai avarok vaskohászata a 7–9. században ásatások és anyagvizsgálatok alapján. 2014. május 21–23. Iron Smelting and Processing Workshop, Csehország, Adamov.

• *Thiele Ádám*: A középkori buca-vaskohászat 2014. július 7–10. Magyar Örökség Tábor, Erdély, Barót (előadás, kiadvány nélkül).

• *Thiele Á., Kercksmár Zs.*: The genetic and the archaeometallurgical significance of bog iron ore deposits in Inner Somogy (Hungary) / A somogyi gyepvasérctelepek eredete és archeometallurgiai jelentősége. 2014. július 7–10. Magyar Örökség Tábor (Erdély, Barót).

• *Haramza Márk, Thiele Ádám*: A középkori damaszkolt pengék történeti háttere, archaeometallurgiája és mechanikai tulajdonságai. Hadtörténeti közlemények (lektorálás alatt).

- *Kercsmár Zsolt, Thiele Ádám: A belső-somogyi gyevasérccek genetikája, geokémiai jellemzői és archeometallurgiai jelentősége / Genetic types, geochemistry and archaeometallurgical importance of bog iron ore deposits from Inner Somogy. Földtani Közlöny (elfogadva, megjelenés alatt).*

- *Thiele, Á.; Hošek, J.; Haramza, M.; Török, B.: Revealing the surface pattern of medieval pattern-welded iron objects – etching tests conducted on reconstructed composites / Középkori kovácsolt vastárgyak mintázatának jellege – maratási próbák rekonstruált kompozitokon. Archeologica Technica (elfogadva, megjelenés alatt).*

- *Thiele, Á.: From the soil to the iron product, EXARC journal, vol. 2014-2.*

- *Török B.: Passage of technologies – an archaeometric case study of iron artifacts of a Scythian Age grave from the Carpathian Basin / Technológiák átjárása – archeometriai esettanulmány szkíta korabeli sírból származó vastárgyakon a Kárpát-medencében. 2014. szeptember 1–7. UISPP XVII. Nemzetközi Konferenciája, Burgos (Spanyolország).*

- *Török B.: Csanádpalota II. homokbánya lelőhelyen talált vas és nemesfém tárgyak anyagvizsgálata és készítés-technológiai jellemzői. 2014. november 4–6. Hadak útján. XXIV. Régészeti konferencia, PPKE BTK Régészeti Tanszék, Esztergom.*

Gallina Zsoltnak, Török Bélának 4-4 cikke jelent meg társszerzőkkel komplex fémvizsgálati témákról is. A Miskolci Egyetemen a fémtechnológiákhoz kapcsolódó felsőfokú műszaki képzéshez „ARCHEOMETALLURGIA” című alapvetően műszaki felsőoktatási digitális tananyag készült (Török Béla). Régészeti fém-anyagvizsgálatok végzése a Miskolci Egyetemen c. anyag is megjelent.

Török Béla a A Miskolci Egyetem TÁ-MOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0071 számú, „Kompetencia alapú, korszerű, digitális komplex tananyagmodulok létrehozása és online hozzáférésük megvalósítása fémtechnológiákhoz kapcsolódó felsőfokú műszaki képzési területeken” című, 2014. február 28-án befejeződött projektje keretében

elkészítette az „ARCHEOMETALLURGIA” című, alapvetően műszaki felsőoktatási digitális tananyagot, amely az első ilyen jellegű oktatási irodalom Közép-Európában.

4. Archeometallurgia

Thiele Ádám szervezésében Eger mellett egy 70 nm-es kovácsműhely hoztak létre, ahol rendszeres munka folyik.

Török Béla irányításával Csanádpalota II. homokbánya és Apátfalva homokbánya lelőhelyekről előkerült Árpád-kori és újkori vas- és fémtárgyak anyagvizsgálata és archeometallurgiai kiértékelése – 2013–2014.

A szíriai Margat (Qal’at al-Marqab) középkori erődjének ásatásán előkerült nyílhegyek és lánccing-részletek archeometriai anyagvizsgálata – 2013–2014.

Pályázatok (benyújtva)

– Avar kori vasművesség az interdiszciplináris kutatások tükrében. (vezető kutató) 2015. 09. 01.–2018. 08. 31.

– Magyarország iparrégészeti lelőhelykatasztere I. rész (kapcsolódó kutató) 2015. 09. 01.–2019. 08. 31.

– Innováció és kulturális kölcsönhatások a középkorban Európa és a Közel-Kelet között. (Al-Marqab erődvárosa a középkori civilizációk metszéspontjában) (kapcsolódó kutató) 2015. 09. 01.–2018. 08. 31.

5. Ipari emlékek megőrzése

Diósgyőr (Északkelet-Magyarország Ipartörténetének Ápolásáért Alapítvány)

– A korábban egy helyiségből és galériából álló Emlékház hat helyiséggel kibővült, amelynek átalakítási munkálatai az elmúlt évben befejeződtek. 2014-ben 14 országból több mint 1000 fő látogatta meg az Emlékházat.

– A Kohászati Múzeum megmentése érdekében több előkészítő anyagot dolgoztak ki.

– A Vasgyár 1. sz. Hivatalház megmentésére és hasznosítására az illetékes civil szervezetekkel együtt előterjesztést adtunk be az illetékes alpolgármester és főépítész részére.

– A Vasgyár területének hasznosítására vonatkozó tárgyalásokban

Alapítványunk is részt vett, szakértői segítséget adtunk a Polgármesteri Hivatalnak.

– A Borsodi Ércelőkészítő Mű (BÉM) bontása miatt ki kellett menteni a rajzokat, tanulmányokat, képeket, gyármakettet, anyag- és termékmin-tákat, üzemeleési dokumentumokat.

– A Vasgyárban a DAM 2004 Kft.-től pusztuló rajzokat, könyveket, képeket, szelvénytablókat, üzemi eszközöket, termékminta-darabokat, üzemi naplókat sikerült begyűjteni.

– A Vasgyárban az Acélöntöde lebontása miatt intézkedni kellett az Öntvénykiállítás (harang, atomerőműi, energetikai öntvények stb.) megmentésére és biztos tárolására.

Ózdi Ipari Örökségvédők Baráti Körének szervezésében

– A Baráti Kör meghívást kapott a törzsgyár egyes, ipari műemléknek számító épületeinek hasznosítását célzó, pályázati forrásokból megvalósítandó beruházás ünnepélyes alapkövetételére. Az alapkövet a volt acélműi csarnokrendszer maradványában a miniszterelnök helyezte el a város vezetőivel együtt. A meghívást tevékenységünk elismeréseként értékelhetjük. A beruházás a Magyar Nemzeti Digitális Archívum ózdi filmarchívuma létrehozását, a múzeum és térsége rekonstrukcióját és egy kulturális központ megvalósítását tartalmazza.

– 2014-ben folytatták a törzsgyárban lévő egykori finomhengermű még megmaradt, megőrzésre és bemutatásra érdemes eszközeinek „mentését”. A helyszínen tett látogatásaik alkalmával felmérték a későbbiekben a szabadtéri skanzenben kiállítható eszközöket. A Városi Múzeum részére folytatták az érdeklődésre számot tartó eszközök, dokumentumok gyűjtését.

– Az Ózdról készült írásos emlékek múzeumban folyó digitalizációs feldolgozása kapcsán rendszeresen közreműködtek a dokumentumok, fényképek azonosításában.

– Az év vége felé megkezdődött a múzeum már régen esedékes felújítása, valamint a jövőbeni szabadtéri ipari skanzen kialakításának előkészítési munkálatai.

Összefoglalva elmondhatják, hogy tevékenységükkel 2014-ben is sike-

rült munkájukra felhívni a város lakóinak és vezetésének figyelmét és elismerését is. Az elért eredményeket munkájuk mellett a pályázati úton elnyert pénzügyi források, a rendezvények helyszínének és lebonyolításának térítésmentes lehetősége, gazdasági társaságok és a város vezetésének és intézményeinek támogatása tette lehetővé.

6. Problémák, nehézségek

A legnagyobb gondot az jelenti, hogy aktív munkatársaink életkora nő. A tevékenységhez, a dokumentumok feldolgozásához, az Emlékház és a múzeumok folyamatos nyitva tartásának bővítéséhez több önkéntesre, elsősorban fiatal munkatársra lenne szükség.

A térségi üzemek bezárása miatt csökkennek az adományok, új támogatókra lenne szükség a működőképesség fenntartásához.

Sajnálatos, hogy az országos és nemzetközi pályázatok nem támogatják az ipartörténeti munkát, ezért elsősorban helyi pályázatokon célszerű részt venni.

Sajnálatos, hogy az új gazdasági társaságok és azok szervezetei alig segítik az ipartörténeti munkát, ezért célszerűbb a társadalom és az egyé-

nek (szimpatizánsok) irányában az aktivitást fokozni.

A gazdaság átalakulása következtében feleslegessé váló kultúrtörténeti értékű emlékek, berendezések, dokumentumok, ingatlanok őrzését, fenntartását nem tartják szükségesnek az új (döntően külföldi) tulajdonosok. Hagyományos kohászati területeinken (Diósgyőr, Ózd, Salgótarján) erejükhez képest ezt próbálják ellensúlyozni tagtársaink.

7. A Magyar Tagozat tervei 2015-re

- A periodikusan ismétlődő rendezvényeket megszervezzük;
- Archeometallurgus tagtársaink több hazai és külföldi rendezvényen tervezik a részvételt és a szereplést;
- Az ipari emlékek megőrzése területén tovább folytatjuk a munkát, és erőfeszítéseket teszünk a pénzügyi támogatás megszerzésére, ill. növelésére (pályázatok, önkormányzati együttműködés).

8. A Közép-európai Vaskultúra Egyesület elnökségének munkája

Elnökségi munkaülés Budapesten (2014. február 15–16.)

- Visszatekintés a 2013-ban Bázakerettyén tartott közgyűlésre, és az

ahhoz kapcsolt olajipari emlékek megtekintésére;

- Megemlékezés a 2013. évi Kassán tartott európai Knappentag kulturális programjain való részvételről;
- Az elnök javasolja, hogy június 6–8-án Ybbsitzben (Ausztria) tartsunk elnökségi és közgyűlést.

Közgyűlés Ybbsitzben (2014. június 6–8.)

A közgyűlésen Kunhalmi Gábor a szlovák Vaskultúra egyesületről, Karla Oder a szlovén egyesület rendezvényeiről, Tardy Pál a magyar tagozatról tartott ismertetőt.

Munkaülés Zalaegerszegen (2014. szeptember 1.)

A munkaülés elfogadta Kunhalmi Gábor javaslatát (Szlovákia), hogy az alapszabály szerinti közgyűlést október 26-án tartsuk meg Hronecen (Kisgaram, Szlovákia).

Közgyűlés Hronecen (2014. október 25–26.)

A közgyűlést fogadta és köszöntötte a város polgármestere. A közgyűlés megerősítette tisztségükben az eddigi tisztségviselőket, az elnököt és alelnököket.

Szakmai programként Kunhalmi Gábor a Coburg hercegi családról és vasipari vonatkozásairól tartott előadást.

Dr. Tardy Pál
a Tagozat elnöke

Tájékoztató a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés 2015. március 5-i taggyűléséről

Az ülésre az MVAE székházában került sor, az ülés elnöke *dr. Sevcsik Mónika* MVAE-elnök volt.

Az 1. napirendi pont a hagyományoknak megfelelően a világ- és a magyar gazdaság, valamint az acélfelhasználás helyzetével és várható alakulásával foglalkozott. Az előterjesztés legfontosabb megállapításai a következők voltak:

- A világ gazdaság 2014-ben megindult 3-4%-os növekedése 2015–2016-ban is folytatódik; Kínában a növekedési ütem némileg (7%-ra) csökken, az EU-ban szerény (1,5%) növekedés várható.
- Az ukrán–orosz konfliktus és az ezzel kapcsolatos kereskedelmi korlátozások csökkentik az EU

exportképességét.

- Az EU gazdasága is lassú növekedésnek indult, és ez a tendencia várhatólag folytatódik.
- A globális acélfelhasználás 2015-ben ~ 2%-kal nőhet; az EU acélfelhasználása a 3%-os növekedés ellenére is kb. 75%-a lesz a 2007-es értéknek.
- A magyar gazdaság növekedése 2014-ben meghaladta az EU-átlagot (~3,5%) és bár 2015-ben némileg csökken a növekedés üteme, még mindig az EU-átlag felett marad.
- 2014-ben a nagy acélfelhasználó ágazatok az átlagnál gyorsabban nőttek; a járműgyártásban és az építőiparban 15-20%-os volt a

növekedés. 2015-re a dinamika csökkenését jelzik.

- A hazai acélfelhasználás 2014-ben kb. 4,5%-kal volt nagyobb az előző évinél; ez 81%-a a 2007-es adatnak. Ezen belül továbbra is 80% feletti az import részaránya.
- 2015-ben 3,4–3,8%-ra becsülhető a hazai acélfelhasználás növekedése.

A következő napirendi pontok az MVAE belső ügyeivel foglalkoztak.

Az ülés végén a taggyűlés úgy döntött, hogy az előző évi teljesítmény alapján *Sztankievics László*, az OAM értékesítési vezetője kapja meg a Vaskohászatiért kitüntetést és érmet.

TP

KOVÁCS TIBOR – SZENDE GYÖRGY – TOKÁR ISTVÁN – VÖRÖSNÉ FARAGÓ ELZA

Öntészeti kutatás-fejlesztés a Gépipari Technológiai Intézetben. 2. rész

2.2. Vízüveges formázás és magkésztés (folytatás)

A GTI-ben az önkötő vízüveges homokkeverékek hazai alkalmazhatósága tekintetében a salakos eljárást találtuk megfelelőnek, annak ellenére, hogy nem rendelkezünk az eredeti megoldás által megkívánt ferrokrómsalak-örleménnyel. A kérdés megoldására a moszkvai VNIILITMAS intézettel fennálló együttműködésünk keretében ferrokrómsalak-mintát szereztünk be a kötési folyamat tanulmányozására. A légmentesen zárt térben tárolt homokkeverékek kötési folyamatának vizsgálata során azt tapasztaltuk, hogy a szilárdság növekedését a nedvességtartalom csökkenése kíséri. Arra jutottunk, hogy a ferrokrómsalak hatására a vízüveg ugyanúgy viselkedik, mint hő hatására bekövetkező szárításkor. Végső soron a vízüveg szilárdulását a ferrokrómsalak dehidratáló hatása váltja ki, miközben a vizet a kalciumszilikát újrakristályosodása révén megköti. Ebből viszont az következett, hogy az önkötő vízüveges homokkeverékekben a ferrokrómsalak más hidraulikus anyagokkal helyettesíthető. Ezt a következtetésünket mintegy tíz hazai gyártású hidraulikus tulajdonságú anyag laboratóriumi vizsgálata és az azt követő üzemi alkalmazások igazolták.

Az 1970-es évek második felében tovább gyarapodott a vízüveg szilárdítására szolgáló reagensek sora az önkötő homokkeverékekben [11], nevezetesen a nátrium-[hexafluoroszilikát(IV)]-tal, triviális nevén nátrium-sziliko-fluoriddal. A nátrium-sziliko-flu-

oridból és vízüvegből álló kötőanyagrendszer már régóta ismert a különféle saválló cementek és habarcsok gyártásában, így a kötésmechanizmus kémiáját illetően világosnak tűnő elképzelés létezett, amely szerint a nátrium-sziliko-fluorid vizes oldatban disszociál, és a keletkező hidrogénfluorid fokozatosan semlegesíti a kolloid vízüvegoldatban a nátriumszilikát hidrolízise révén keletkező nátrium-hidroxidot. Márpedig ez a nátrium-hidroxid stabilizálja a vízüvegoldatot, és mennyiségének csökkenése a kolloid oldat stabilitásának csökkenését, végeredményben a kovasav molekulák kiválását eredményezi. A kicsapódó kovasav-molekulák adszorbeálódnak a homokszemcsék felületén, és kötést hoznak létre közöttük. Az eljárás reprodukálása céljából végzett vizsgálataink azt mutatták, hogy azonos feltételek mellett a nátrium-sziliko-fluorid a 2,8-nél kisebb modulusú vízüveget nem képes szilárdulásra bírni, gyakorlatilag hasznosítható kötés csak hármassal modulusú vízüveggel érhető el. Közismert, hogy a vízüveg hígításának mértéke erősen befolyásolja az önkötő vízüveges homokkeverékek szilárdulását. Vizsgálataink erre az összefüggésre nézve azt mutatták, hogy egyéb azonos feltételek mellett a vízüveg hígításakor a kezdeti szilárdság, következésképpen a kötés sebessége fokozatosan nő, mintegy aktiválódik a kötési folyamat. Ugyanakkor csökken a homokkeverék végszilárdsága, ami határt szab a vízüveg hígításának. Adott esetben azt találtuk, hogy a hígítás optimuma 25,9-29,6% szárazanyag-tartalomra tehető. Az eljárásban alkalmazható vízüveg nagy modulusa alapján az üríthetőség kedvező alakulását feltételeztük, amit a

laboratóriumi vizsgálataink ugyan igazoltak, de üzemi ellenőrzésre már nem került sor.

1974-ben *Nicholas, K.E.L.* közleményéből értesültünk arról, hogy a vízüveg szilárdítására szerves adalékot, mint pl. glicerindi- vagy triacetátot, glikol-acetátot, glikol-propionátot vagy glioxált alkalmaznak a homokkeverékben. Reprodukciós kísérleteinket [12] a kor hazai piacán beszerezhető glioxállal és etilglikol-acetáttal végeztük. Azt találtuk, hogy mind a két anyag alkalmas a vízüveg szilárdítására és, hogy a glioxál gyorsabb szilárdulást vált ki, mint az etilglikol-acetát. Figyelemre méltónak találtuk a két anyag egyenlő arányú keverékét, amellyel viszonylag gyorsan szilárduló, jelentős végszilárdságú formázókeverékeket állítottunk elő. Az üríthetőséggel kapcsolatos vizsgálataink nem igazolták azokat a szakirodalmi közléseket, hogy az észter szilárdítású vízüveges homokkeverékek üríthetősége jobb, mint az egyéb vízüveges keverékeké.

2.3. Alaphomokok vizsgálatai

Munkánk során, egybevégezően néhány öntőde tapasztalataival, azt találtuk, hogy a legelterjedtebben használatos K jelű (kisörsi) mosott, osztályozott homokokból azonos kötőanyag-felhasználással gyengébb keverékek állíthatók elő, mint más eredetű hazai vagy import homokokból. A jelenség tisztázására végzett vizsgálataink során [13] az alábbi következtetésre jutottunk:

a. A KGSZ 36.5023-71 által előírt vizsgálati módszerek nem elégségesek a korszerű formázó és magkésztő eljárásokhoz alkalmas homokok minőségének egyértelmű

A szerzők szakmai életrajza a cikk 1. részénél, a 2015/1. számban található.

jellemzésére. Szükséges olyan vizsgálati módszer előírása, amely lehetővé teszi a szemcsefelület állapotának, korrodáltsága mértékének jellemzését. Első megközelítésben alkalmasnak találtuk a fajlagos felület B.E.T. vagy metilénké-adszorpciós módszerrel történő vizsgálatának, illetve a nedvesedési hő mérésének előírását.

- b. A hazai K jelű (kisőrsi eredetű) homokok alkalmazása során tapasztalt anomáliák döntően a szemcsefelület intenzív korrodáltságára vezethetők vissza, aminek a negatív hatását fokozza a finom frakciók nagy aránya, illetve a viszonylag kis közepes szemcseátmérő.
- c. Az öntészeti homokok szemcseösszetétele önmagában nem, csak a szemcsefelület minőségének számbavételével együtt értékelhető. A szemcsefelület korróziója formázástechnológiai szempontból a közepes szemcseátmérő növelésével bizonyos határok között ellensúlyozható.
- d. Az „Öntödei elvárásokat kielégítő homokok” (Öntészeti Zsebkönyv, 1983) általában nincsenek. A homokokkal szemben támasztott követelmények csak a technológiai feltételek és a kötőanyagrendszer ismeretében fogalmazhatók meg.

2.4. Műgyantás homokkeverékek [10, 14]

A GTI-ben 1967 óta foglalkoztunk a műgyanta kötésű öntödei homokkeverékek fejlesztésével. Ezt a munkát Szekeres János vezette, ami kezdetben a héjformázó anyagok fejlesztésére irányult, majd kiterjedt a szemcsés alapanyagok vizsgálatára, a bevonatolás tökéletesítésére és végül új, módosított fenol-formaldehid gyanták kidolgozására. A tűzálló szemcse granulometriai összetétele, a bevonatolás technológiai folyamata és végül a homokkeverék-receptura optimalizálása révén biztosítottuk az import bevont homokok kiváltását a Csepeli Vas- és Acélöntödékben, a Magyar Vagon- és Gépgyárban, valamint a Kismotor- és Gépgyárban. Ez végül oda vezetett,

hogy a Csepeli Vas- és Acélöntödékben közös üzemeltetésű homokbevonó üzemet létesítettünk a helyi igények maradéktalan kielégítésére [15].

Az Egyesült Vegyiművek megkezdte a mind szélesebb körben terjedő melegmagszekrényes eljárás céljára a furfúril-alkohol-fenol-karbamid bázisú, 4% nitrogéntartalmú gyantaféleség gyártását FFK néven. Ez a nagy nitrogéntartalma miatt csak vasöntvények gyártására volt alkalmazható. Együttműködésben a GTI-vel, 1973-ban piacra kerültek a már acélöntödei felhasználásra is alkalmas Fenofén és Furfén M kereskedelmi megnevezésű nitrogénmentes gyanták is a hazai igények kielégítésére.

2.5. Öntödei forma- és magbevonó anyagok (fekecskek) [16, 17, 18, 19, 20, 21]

Az 1960-as évek derekára világossá vált sokunk számára, hogy az a gyakorlat, amely szerint a szükséges segédanyagokat az öntödék alkalmilag maguk állítják elő, nem teszi lehetővé az új formázó és magkészítő eljárások fogadását, ezért a GTI számos öntöde támogatásával szorgalmazta az iparági vezetéknél az öntödei segédanyagok ipari gyártásának megszervezését. Végül 1974-ben az OMFB támogatásával rendszeres kutató-fejlesztő munkához láttunk a hazai fekecskgyártás műszaki alapjainak kidolgozására. A legnagyobb nehézséget vizes alapú fekecskeknél a hazai bentonitok minőségének közismerten erős ingadozása, alkoholos fekecskek esetén pedig az organofil bentonit hiánya okozta. Vizes fekecskeknél a problémát bizonyos cellulózszármazékkal módosított bentonit, illetve egyes fekecsminőségeknél xantomonos kolloidok alkalmazásával oldottuk meg. Az alkoholos fekecskek reológiai tulajdonságainak szabályozására a szegedi József Attila Tudományegyetem Kolloidkémiai Tanszékével közösen kerestünk megoldást. A megoldás lényege az volt, hogy 20-40% hexadecil-piridinium-bentonitot 35-75% apoláros oldószerrel és 5-25% etanollal kezeltük. A GTI-ben kidolgozott fekecskek végül is „Termotix” fantázia megnevezéssel kerültek ipari gyártásra a szegedi Műszaki Kerámiaipari Kiszövetkezetben.

3. Vasöntészet

A nyolcvanas évek elejére világméretben jelentős változás ment végbe az öntöttvas olvasztásában a villamos kemencék megjelenésével és elterjedésével, ami gyökeresen megváltoztatta az addigi technológiát, és szinte korlátlan metallurgiai lehetőségeket kínált.¹ A vasöntödék addig egyeduralkodónak tekinthető olvasztó berendezésében, a kupulókemencében történő olvasztás ugyanis megkötötte a szakemberek kezét a betétanyag összeállításakor, az egyes öntöttvas minőségek elérésekor. Szinte semmi lehetőséget sem nyújtott túlhevítésre, hön tartásra. A kupoló korszerűsítésére irányuló törekvések (meleg levegő, földgáz/olaj póttüzelés, oxigénnel dúsított levegő befúvása, forrószelas kupulókemence) lehetővé tették bizonyos mértékű túlhevítést, de az igazi áttörést a villamos olvasztás jelentette. Lehetővé vált az addig szokásos betétanyagok helyettesítése, azonos betétanyagból szinte tetszőleges öntöttvas minőség előállítása, a kívánt túlhevítés, hön tartás biztosítása stb. A lehetőségek azonban feladatok elé is állították a szakembereket. Tisztázni kellett ugyanis az új lehetőségek hatását az öntvény minőségére, a gyártás biztonságára, ki kellett alakítani a megfelelő technológiát, és be kellett vezetni az öntödékben is. Szükségessé váltak bizonyos vizsgálatok is az olvasztás folyamán, pl. az olvadék hőmérsékletének mérése. Korábban, különösen hidegszeles kupulóban történő olvasztáskor, erre a korlátozott lehetőségek miatt nem volt nagy szükség. Villamos olvasztás esetén azonban szükségessé vált nemcsak az olvadék hőmérsékletének, összetételének, sőt az öntvény várható minőségének gyors meghatározása az olvasztás folyamán, hanem azok esetleges korrekciója, beállítása az előírásoknak, kívánalmaknak megfelelően még az olvadék leöntése előtt.

A vasöntészeti kutatások ezekre a területekre irányultak. Az OMFB által támogatott célprogramok keretében az öntödékkel együttműködve a nyolcvanas évek közepére sikerült tisztázni a betétanyagok szerepét, a nyomelemek hatását, a szintetikus öntöttvas gyártásának alapjait, az

¹ A KÖVAC indukciós kemencében gyártott ötvözött öntöttvasakat, és e téren jelentős tapasztalatai voltak.

olvadékkezelés feltételeit, a túlhevítés és hőn tartás hatását, a mikroötvözés, ötvözés feltételeit az olvasztási módtól függően [22, 23].

Öntődékkal kötött K+F szerződések keretében, vállalati szakemberekkel együttműködve a GTI-ben végzett kutatások:

3.1. Növelt és nagyszilárdságú vasöntvényanyagok kifejlesztése és bevezetése

Az öntöttvas szilárdsága egyrészt a fémek alapszövetétől, másrészt a grafit mennyiségétől, alakjától, méretétől és eloszlásától függ. Ezeket az összetétel és a kristályosodást befolyásoló tényezők: az olvadékkezelés és a lehűlési körülmények határozzák meg.

Lemezgrafitos öntöttvasokban az alapszövet szilárdsága kismértékben ugyan, de növelhető a perlit mennyiségét és finomságát növelő mikroötvözéssel, a grafit méretét és kedvezőbb eloszlását elősegítő módosítással, szűréssel, gáztalanítással. Ezzel összefüggésben foglalkoztunk különböző olvadékkezelő anyagok, esetenként ritkaföldfémekkel kiegészített változataik gyártásának és használatának feltételeivel is [24, 25, 26].

A mechanikai tulajdonságokban lényeges javulás azonban csak a grafit alakjának megváltoztatásával érhető el. A gömbgrafitos öntöttvas mechanikai tulajdonságait az alapszövet határozza meg, és mivel a szövet ötvözéssel, hőkezeléssel széles határok között változtatható, széles határok között változtathatók a mechanikai tulajdonságok is.

Az átmeneti és a gömbgrafitos öntöttvas előállítás, valamint a kezelés eredményének összehasonlító műszeres vizsgálata [27, 28, 29, 30, 31, 32] üstben és formában történő olvadékkezeléskor kimutatta a kezelési módok előnyeit és hátrányait, valamint az átmeneti grafitos öntöttvas előnyös tulajdonságait és a gyártás gazdaságosságát.

Az a felismerés a nyolcvanas évek elején, hogy a gömbgrafitos öntöttvasban az ausztenit karbon tartalma az acélokban szokásos 0,8% helyett 2,0% körüli és az ilyen nagy karbon tartalmú ausztenit hőkezelése érdekes tulajdonságokat eredményez, egy új anyag

megjelenéséhez (a nemzetközi irodalomban angol nevének kezdőbetűi után, röviden ADI-öntöttvasnak nevezett anyagminőség megjelenéséhez ADI – Austempered Ductile Iron) vezetett. Az intézetben folytatott kutatási eredmények alapján a Ferrodiszperzit fantázianevű ötvözetcsaládhoz tartozó ausztemperált gömbgrafitos öntöttvas gyártásának technológiáját dolgoztuk ki, és megkezdtük a CSMVA-ban az üzemi gyártás kísérleteit a jó szilárdságot, szívósságot és kopásállóságot igénylő vezérműtengely előállítására [33, 34, 35, 36].

3.2. Minőségbiztosítás

A korszerű olvasztó berendezések terjedése, az öntődékben végbement jelentős termékszerkezet-váltás és az öntvények minőségével szembeni növekvő követelmények hazánkban is sürgetővé tették a rendszerszerű minőségbiztosítás bevezetését az öntődékben. Ennek elősegítésére az intézet részt vett a CIATF nemzetközi munkabizottságában az öntvény várható szilárdságának meghatározási munkájában az olvadék karbon egyenértéke és a vett próba keménysége alapján. A munkát személyi számítógép (Commodore 64) segítette, amely sok számítási feladatot tudott már kiváltani, betétoptimalizálásban, statisztikai adatok értékelésében lehetett használni.

4. A történet vége

A rendszerváltást követően olyan folyamatok indultak meg, amelyek egyebek között az ipari kutatóintézetek megszűnéséhez vezettek. Megszűnt a GTI is, (amelyet az utolsó években Ipari Technológiai Intézetnek, végül Ipari Technológiai Centrumnak neveztek). Az öntödei osztály állományának maradékai mérnöki irodaként és öntödei kft.-ként még néhány évig működtek, de aztán megszűntek. Az osztálynak az öntészetünknek egykor rendelkezésére álló szellemi kapacitása és anyagi bázisa megsemmisült.

Irodalom

[11] Tokár István – Vrabély Ervin: Az önkötő vízűveges homokkeverékek kifejlesztése. BKL Öntöde,

1979. 5. sz. 109–110. old.

- [12] Tokár István – Vrabély Ervin: Önkötő vízűveges formázókeverékek szerves szilárdító adalékokkal. BKL Öntöde, 1978. 3. sz. 53–55. old.
- [13] Tokár István – Lathwesenné Szántó Katalin – Bokor Ferenc – Vrabély Ervin: A hazai öntészeti homokok technológiai sajátosságai. BKL Öntöde, 1986. 7–8. sz. 161–164. old.
- [14] Bokor Ferenc – Rékasi Kálmán: Műgyantás formázóanyagok kötési jellegzetességei. BKL Öntöde, 1987. 8–9. sz. 182–187. old.
- [15] Balogh András: Héjformázó homok előállítása a Csepel Művek Vas- és Acélöntödéjében. BKL Öntöde, 1978. 2. sz. 31–32. old.
- [16] Lathwesenné Szántó Katalin – Tokár István – Vrabély Ervin: Eredmények a forma- és magbevonó anyagok hazai fejlesztése és gyártása terén. BKL Öntöde, 1979. 10. sz. 224–227. old.
- [17] Bokor Ferenc – Lathwesenné Szántó Katalin – Tokár István – Vrabély Ervin: Forma- és magbevonó anyagok folyási viselkedése. BKL Öntöde, 1977. 12. sz. 261–266. old.
- [18] Lathwesenné Szántó Katalin – Tokár István – Vrabély Ervin: A forma- és magbevonó anyagok reológiai modellezése. BKL Öntöde, 1978. 9. sz. 193–200. old.
- [19] Tokár István – Vrabély Ervin – Dénes Lajosné – Gáspár Péter: Eredmények az öntödei segédanyagok hazai gyártása terén. BKL Öntöde, 1985. 7. sz. 148–152. old.
- [20] Tokár István – Vrabély Ervin – Gáspár Péter: Az alumínium-oxid alapú fekecskek sajátosságai. BKL Öntöde, 1985. 2. sz. 32–36. old.
- [21] Tokár István – Vrabély Ervin – Valyuch Jánosné: Fekcskek szénalapú töltőanyagainak termikus vizsgálata. BKL Öntöde, 1982. 4. sz. 86–90. old.
- [22] Faragó Elza – Vörös Árpád: Az öntöttvas olvasztása villamos kemencében. Műszaki Könyvkiadó, 1986.
- [23] Faragó Elza: Nagy szilárdságú öntöttvasok. Műszaki Könyvkiadó, 1985.
- [24] Vörösné Faragó Elza: A növelt és

- nagyszilárdságú öntöttvasak gyártásához kifejlesztett korszerű modifikátorok. BKL Öntöde 37. évfolyam, 1986. 1. sz. 1–5. old.
- [25] *Nyírfai József*: Az olvadékkezelés találati biztonságának a kezelőanyag gyártási körülményeire visszavezethető problémái gömbgrafitos öntöttvas gyártásakor. BKL Öntöde 41. évfolyam, 1990. 1. sz. 1–7. old.
- [26] *Lengyel Károly – Nándori Gyula – Ládai Balázs – Sasgáti János*: A temperöntvények hőkezelési idejének csökkentése ritkaföldfém ötvözetekkel és tellúrral. BKL Öntöde 39. évfolyam, 1988. 2. sz. 31–37. old.
- [27] *Vörösné Faragó Elza – Szabó Zsolt – Ládai Balázs*: Nagy szilárdságú öntöttvas előállítás korszerű technológiával. BKL Öntöde 35. évfolyam, 1984. 6. sz. 131–134. old.
- [28] *Vörösné Faragó Elza*: A gömbgrafitos öntöttvas kezelő eljárásainak összehasonlítása. BKL Öntöde 36. évfolyam, 1985. 12. sz.
- [29] *Vörösné Faragó Elza – Ládai Balázs*: Öntött állapotban ferrites gömbgrafitos öntöttvas előállítása inmolddal. BKL Öntöde 35. évfolyam, 1984. 8. sz. 169–174. old.
- [30] *Ládai Balázs – Lengyel Károly – Takács Nándor*: A különféle grafit-típusokkal dermedő és eltérő csíraállapotú öntöttvasak összehasonlító vizsgálata. BKL Öntöde 38. évfolyam, 1987. 11. sz. 241–246. old.
- [31] *Vörösné Faragó Elza – Tranta Ferencné – Szabó Zsolt*: Az átmeneti grafitos öntöttvas folyamatos lehűlés közben végbemenő átalakulásának diagramjai. BKL Öntöde 35. évfolyam, 1984. 1. sz. 1–6. old.
- [32] *Vörösné Faragó Elza – Szabó Zsolt – Vigh László*: Az átmeneti grafitos öntöttvas ciklikus hőigénybevétellel szembeni ellenálló képességének összehasonlító vizsgálata. BKL Öntöde 36. évfolyam, 1985. 6. sz. 121–125. old.
- [33] *Szabó Zsolt – Vörösné Faragó Elza*: Az öntészettről, mint háttérparról. BKL Öntöde 39. évfolyam, 1988. 5. sz. 97–100. old.
- [34] *Vörösné Faragó Elza*: Korszerű öntöttvasak és tulajdonságaik. BKL Öntöde 39. évfolyam, 1988. 5. szám 101–105. old.
- [35] *Havasi László*: Az öntészeti kutatás helyzete a Magyar Öntészeti Egyesülés tagvállalatainál. BKL Öntöde 42. évfolyam, 1991. 9. sz. 181–183. old.
- [36] *Ládai Balázs*: Ausztemperált gömbgrafitos öntöttvasak melegszilárdságának vizsgálata. BKL Öntöde 42. évfolyam, 1991. 11–12. sz. 241–244. old.

DOBÓCZKY ISTVÁN – IBY ÁGNES

Öntészeti szimuláció alkalmazása a sárgaréz-kokillaöntés területén

A szerzők bemutatják, hogy a TEKA Magyarország Zrt. (korábban MOFÉM Zrt.) egy új, falsík (csempe) mögötti kád-zuhany csaptelepközéptest fejlesztése során a sárgaréz-kokillaöntési technológia tervezésekor, a kokilla optimális kialakításában milyen segítséget nyújtott az öntészeti szimuláció. A modellezést két lépcsőben végezték el. Első lépcsőben összevetették a gyakorlati tapasztalatokat a szimuláció eredményeivel, majd a kiértékelés után módosították a kokillán, és újra elvégezték a szimulációt. Dolgozatukban az öntészeti szimuláció ipari gyakorlatban való alkalmazását mutatják be.

Bevezetés

A Mosonmagyaróvári Fémszerelvény Zrt. 1992 óta a nemzetközileg elismert TEKA csoport tagja, mely 90 leányvállalatot, 34 gyárat üzemeltet világszerte.

A MOFÉM jogelődjét 1900. június 30-án alapították Hirtenbergi Töltény Gyutacs és Fémárugár néven, az ausztriai vállalat fiókvüzeteként, osztrák részvényesek érdekeltségével. A kohászati technológiák (vas- és színesfémönté-

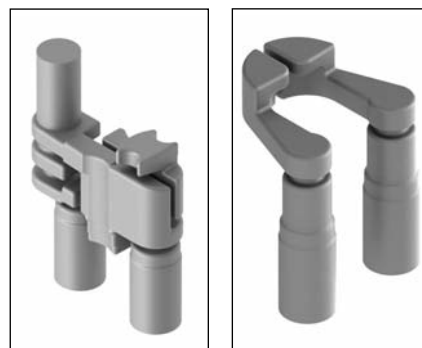
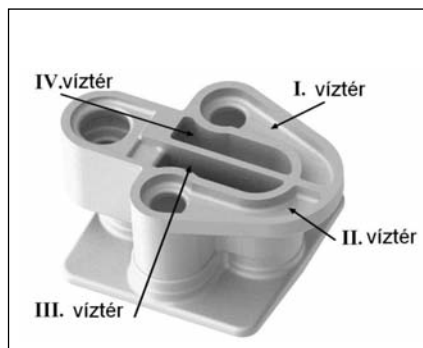
szet, képlékenyalakítás) a vállalat megalakulásától kezdve fontos ágazatai voltak a termelésnek. 1962-ig az öntészetben döntően homok öntőformákat használtak. 1962-től a vasöntészet háttérbe szorult, majd meg is szűnt, s a profiltisztítás után erőteljes fejlődésnek indult a sárgaréz alapanyagból sajtolt és öntött épület- és egészségügyi szerelvények gyártása. A MOFÉM 1962-től a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen együttműködve Magyarországon elsőként bevezette a sárgaréz szerelvények kokillába való öntését. A kokillaöntés napjainkban is az egyik legfontosabb gyártási technológia a cég öntödéiben, mert ez a módszer teszi lehetővé a bonyolult belső üregek, vízterek kialakítását, pl. a csaptelepházakban is. A cikkben tárgyalt falsík mögötti csaptelep fejlesztése Mosonmagyaróváron a vevői igények és a szerelvénypiac elemzésének eredményeként kezdődött el 2013-ban. A teljesen új konstrukció 2014-ben

Dobóczy István 1982-ben a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán szerzett oklevelet képlékenyalakító szakon. 1986-tól 1994-ig a Mofém-ben üzemi mérnök, művezető, üzemvezető-helyettes, majd üzemvezető. Közben elvégezte a Budapesti Műszaki Egyetemen a minőség szabályozási szakot. 1994-től 2002-ig minőségbiztosítási főosztályvezető, majd 2002–2007 között termelési főmérnök, 2007-től műszaki főmérnök.

Iby Ágnes a győri Széchenyi István Egyetem Gépészmérnöki Karán gyártástechnológia BSc szakirányon végzett 2011-ben. Két éve dolgozik a TEKA Magyarország Zrt.-nél. Szakdolgozata óta foglalkozik a melegüzemi feladatokkal. Jelenleg technológusként öntészeti és kovácsoló szerszámokat tervez, és részt vesz modellezési feladatokban.



■ 1. ábra. A csaptelepház-öntvény és belső víztéréinek bemutatása



■ 2. ábra. A középmag és az oldalmagok

elnyerte a Magyar Termék Nagydíjat.

A falsík mögötti kád-zuhany csaptelep középtestének konstrukciója, kialakítása is kizárólag kokillaöntési technológiával valósítható meg. Az 1. ábra mutatja a csaptelepház öntvényét és a belső üregeket, víztereit. Az öntvényel szemben támasztott követelmények közül a külső és a belső tömörség a legfontosabb, és ezzel összefüggésben a minimális gyártási selejt. Az öntvény bonyolultsága, kialakítása nem teszi lehetővé, hogy ezeket a paramétereket közvetlenül az öntés után vizsgáljuk, így csak a forgácsolás után lehet ellenőrizni a belső tömörséget, a vízterek egymás közötti szivárgásmentességét. Ez jelentős többletmunka- és költségáfordítást jelentene, hiszen az öntvényekről csak megmunkált állapotban derül ki, hogy nem teljesítik a minőségileg előírt paramétereket.

A mintasorozatot az első, kísérleti kokillával öntöttük, és forgácsoláskor azt tapasztaltuk, hogy az öntvények kb. 50%-a a belső szivárgás miatt nem felelt meg a követelményeknek. Ezért döntöttünk úgy, hogy az öntészeti szimuláció adta lehetőséget kihasználva, a kokilla módosítása, áttervezése előtt elvégeztetjük a modellezést.

Az öntési technológia megtervezése, a szerszámok kialakítása nagy szakértelmet és tapasztalatot kíván meg a tervezőmérnöktől. A tervezésben napjainkban már jelentős segítséget, támogatást ad az öntészeti szimuláció. A TEKA Magyarország Zrt. a Miskolci Egyetem Metallurgiai és Öntészeti Intézet Öntészeti Tanszékét kérte fel a modellezésben való részvételre, mivel cégünk nem rendelkezik a szimulációs programmal. Az együttműködésben dr. Dúl Jenő címzetes

egyetemi tanár és dr. Molnár Dániel egyetemi docens, intézeti tanszékvezető, az Öntészeti szimulációs laboratórium vezetője vett részt. Cikkünkben nem kívánunk a modellezés elméleti és matematikai alapjaival foglalkozni, inkább a gyakorlati felhasználás szempontjait, eredményeit mutatjuk be.

A modellezés előkészítése

A konstrukció megtervezése után az első lépés az öntvény és a homokmagok rajzainak elkészítése, melyet Solid Edge 3D tervezőprogram segítségével végeztünk el. Ebben a fázisban nagyon fontos az öntő szakemberek elméleti ismereteinek és gyakorlati tapasztalatainak figyelembe vétele, mivel ebben a tervezési szakaszban már nagyon sok, az öntvény minőségét befolyásoló paramétert meg kell határozni, így pl. falvastagságok, lekerítések, anyaghalmozódási helyek, gázbezáródási lehetőségek stb.

Az öntvénymodell elkészítése után következik a magok szerszámainak megtervezése. Cégünk hot-box-eljárással készített fenolgyantás homokmagokat használ. Öntvényünk esetében három homokmagot kell használni, egy középmagot és két egyforma oldalmagot. Ehhez két magszekrényt kellett tervezni. A homokmagokat a 2. ábra mutatja.

Ezek után az öntőkokilla kialakításának, anyagának a meghatározása a következő fontos lépés. A kokilla adja meg az öntvény alakját, és nagymértékben befolyásolja annak minőségét. Az 1. és a 2. ábrából jól látszik, hogy több olyan víztér is van, mely az öntés során zárt teret, ezzel gázbezáródást, belső repedést, a falvastagságtól függő anyagritkulást (porózusság, belső szivódási üreg) eredményezhet.

A kísérleti kokillát belső gyártással sárgaréz tömbből készítettük gépi megmunkálással, ezen könnyű volt a szükséges módosításokat elvégezni. Az anyagköltsége is kisebb, mint a cirkóniummal ötvözött bronz öntőkokilláé. Tapasztalataink alapján a hűlési, dermedési viszonyokban nincs számottevő eltérés a két kokillaanyag között, de a kopásállóság, mérettartás szempontjából a cirkóniumbronz lényegesen jobb tulajdonsággal rendelkezik. A tervezési folyamat következő lépése az öntőszerszám, vagyis a kokilla és a magszekrények terveinek előkészítése a szimulációs program követelményeinek megfelelően, a tényleges magelhelyezés a kokillában, az öntési paraméterek meghatározása (kilevegőzés, tápfejek, öntési hőmérséklet, öntési sebesség, alapanyag, kokilla-hőmérséklet stb.) A 3. ábra a két szimmetrikus részből álló modellezésre előkészített kísérleti kokilla egyik felét mutatja be. Az ábrán jól látszik, hogy a tervezés során már az I. és a II. víztér kilevegőzését beterveztük a kokillába, mivel a régebbi tapasztalatok azt mutatták, hogy a két vízteret elválasztó gátnál volt jellemző a porozitás, a belső szivódás és a



■ 3. ábra. A kísérleti kokilla egyik fele

szöglethólyagosodás, mely belső áteresztést okozott a hideg- és melegoldali víztér között. Ezt a kísérleti próbakokillát el is készítettük sárgarézből, hogy a modellezés folyamata alatt, egyedi gyártásban, már működőképes prototípust tudjunk készíteni a vizsgálatok elvégzéséhez (átfolyási mennyiség, zajszint, belső tömörség, külső formatervezés stb.) A sárgaréz kokilla elkészítésével és az öntési technológia kipróbálásával össze tudtuk hasonlítani a modellezés eredményeit, és a tényleges öntési paramétereket, eredményeket elemezni tudtuk.

A modellezés lépései

Az első lépésként a 3D-s próbakokilla-modellbe be kell illeszteni a homokmagok modelljét, meg kell határozni a felöntések és a kilevegőzések helyét, méretét. Ezeket az öntészeti szimulációs programba kell importálni a megfelelő fájlformátumba, ezután az öntési paramétereket, a szerszám és az öntött anyag minőségét, az öntési hőmérsékletet stb. kell megadni, melyet a 4. ábra mutat.

A modellek és az öntési paraméterek bevitele után a program futtatása, majd a kapott eredmények elemzése következik. Az eredményeket 3D és 2D formátumban videófájl, illetve kép formájában is lehet vizsgálni. A videólejátszást az öntő szakember bármikor megállíthatja, így az őt érdeklő részt lépésről lépésre is tudja elemezni. Vizsgálni tudja az öntési folyamatban az öntvény dermedésének, a forma töltésének, a mag hőmérsékletének, a

Anyagtulajdonságok definiálása

Öntött ötvözet	CuZn39Pb1AlB-B
Öntési hőmérséklet	988 °C
Kokilla anyaga	Cirkóniumbronz
Kokilla hőmérséklete	225 °C
Mag anyaga	Fenolgyantás homokkeverék
Mag hőmérséklete	26 °C
Kokillában lévő közeg	levegő
Közeg hőmérséklete	220 °C

■ 4. ábra. A szimulációhoz szükséges anyagparaméterek

bezáródó levegő, gáz mennyiségének, a kokilla hőmérsékletének változását.

Az első modellezés elemzése, összevetése az öntési tapasztalattal

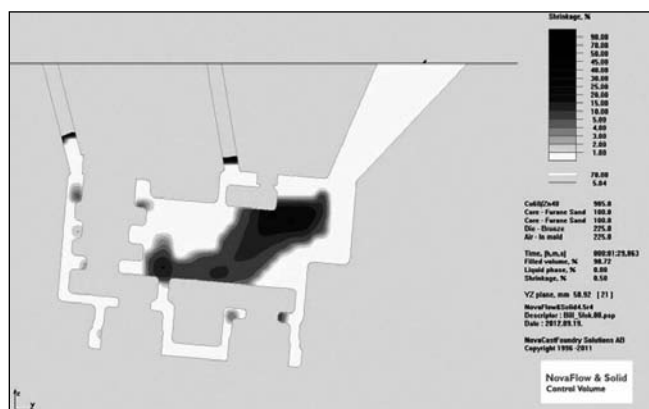
A rendelkezésre álló öntészeti modellezési program jelenleg nem alkalmas teljes mértékben a TEKA Magyarország Zrt. által alkalmazott öntési technológia lekövetésére. Az általunk használt gép az öntési folyamat közben a kokillát billenti, a modellező program pedig csak az álló szerszám-ba történő öntés szimulációjának elvégzésére képes. Ez az elemzést nem befolyásolta jelentősen, de mindenképpen figyelembe kellett venni. Ezért a próbaöntések alkalmával kipróbáltuk az öntészeti modellezésnek megfelelő öntési helyzetet, azaz a kokillát nem mozgattuk. A vizsgálatok azt mutatták, hogy eb-ben az esetben nincs jelentősége a kokilla billetésének, így a kísérleti gyártást már az öntészeti szimulációs program feltételeivel azonosan végeztük.

A próbakokilla modellezésének elemzése során megállapítottuk, hogy

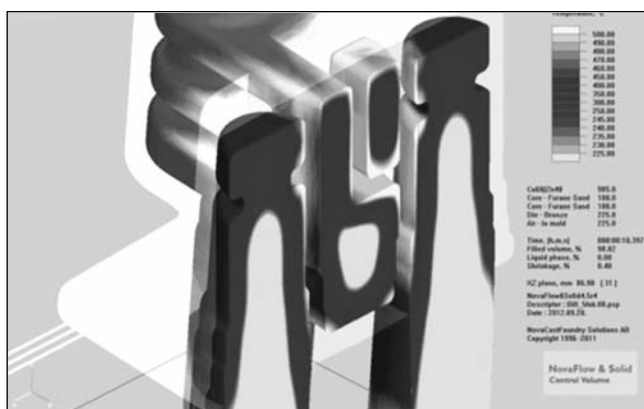
a középmező elválasztó falánál dermed meg utójára a fém, ott a porozitás, a repedés és a sarokhólyagosodás kialakulásának valószínűsége a legnagyobb. Itt a legmagasabb a mag hőmérséklete, mely a fém gyors dermedését is befolyásolja, valamint a nagy hőmérséklet következtében a gázfejlődés is jelentősen gyorsabb. Ez egy zárt térben, főleg az oldalfalak közelében, ahol a fém is lassabban dermed, a

gázból, ill. a bezárt levegőből keletkező sarokhólyag anyagfolytonossági hiány kialakulását eredményezheti. Az 5a ábrán az elválasztó fal dermedése, az 5b ábrán a maghőmérsékleti eloszlása látható.

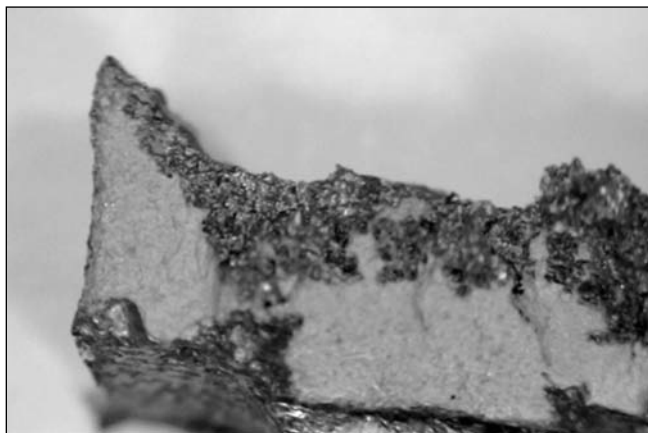
A modellezés eredményeit összevetettük az öntési kísérlet eredményeivel, tapasztalataival. A forgácsolás utáni nyomáspróba eredményei nem voltak kedvezőek, a belső szivárgás megközelítette az 50%-ot. A belső szivárgások elemzése azt mutatta, hogy a belső elválasztó fal mellett, a III. és a IV. víztér között van a hiba. A szivárgás jellegéből arra következtettünk, hogy belső porozitás, minimális repedés, illetve sarokhólyag miatti falvékonyodás lehet a hiba oka. Ezt az impregnálással elvégzett javítások eredménye is igazolta, a szivárgó öntvények 95%-át javítani lehetett. A szivárgó öntvények közül többet roncsolásos vizsgálatnak is alávetettünk. Az öntvényeket eldaraboltuk, megkerestük a porozitást, a minimális repedést, ill. a sarokhólyag helyét a válaszfalon, és ezen a helyen eltörtük az öntvényt. A vizsgálat eredménye igazolta a modellezés eredményét és az abból levont követ-



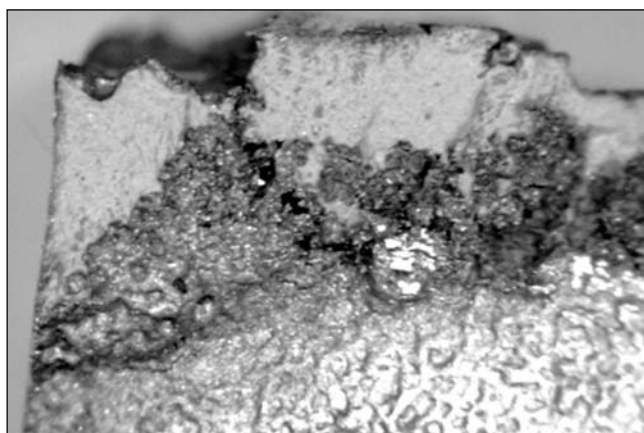
■ 5a ábra. Az elválasztó fal dermedése



■ 5b ábra. A maghőmérséklet eloszlása



■ 6a ábra. Porozitás (N = 20x)



■ 6b ábra. Sarokhólyagból induló repedés (N = 20x)

keztetéseket. A 6a ábra és a 6b ábra az elválasztó fal kritikus helyeiről vett minta töretprobáit mutatja. Jól látható a sötét rész, mely a porozitás helyét és mélységét mutatja az elválasztó fal keresztmetszetében, illetve a sarokhólyagból induló repedést és porozitást.

A modellezés eredményeiből levont következtetések és az öntvények gyakorlati vizsgálatának elemzése ugyanazt az eredményt hozta. Így elindulhatott a sárgaréz próbakokilla és a magasztó szerszámok felülvizsgálata, a szükséges változtatások megtervezése és a tényleges gyártás megindítása előtti megismételt öntészeti modellezés elvégzése.

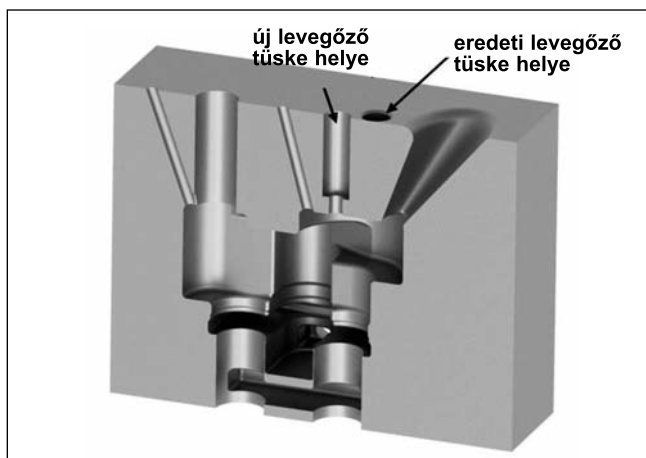
Módosítások a magszekrényen és a kokillán

Az öntvény III. és IV. vízterét elválasztó falának méretét vizsgálva megállapítottuk, hogy az a szokásos tervezési méretnek, azaz a 3-3,5 mm-es falvastagságnak megfelel. Az öntészeti szimulációból kiderült, hogy a fém az

öntés során itt a legmelegebb, itt dermed meg utoljára. A 3-3,5 mm-es falvastagság lehetőséget ad a falvastagság csökkentésére. A sárgaréz gravitációs kokillaöntés gyakorlati tapasztalatai a 2,5 mm-es falvastagságnál nem javasolnak vékonyabbat. Mi úgy döntöttünk, az öntészeti szimuláció eredményeit figyelembe véve, hogy 2 mm-es falvastagságot alakítunk ki a kritikus helyen, ezzel elősegítve a gyorsabb dermedést, meggátolva a porozitás kialakulását.

Az öntészeti szimuláció eredményeként az is kiderült, hogy a III. és a IV. víztérből a beszorult levegőt és a homokmagból származó gázokat valamilyen technológiai megoldással el kell vezetni. Ez csökkentené a gázhólyagok kialakulásának lehetőségét (belső gáznyomás csökkenése), kevésbé melegedne fel a homokmag (az eltávozó meleg gázok miatt), ezzel a középmező mellett lévő válaszfal dermedése is gyorsulna. A csaptelepház technológiai műveleti tervét megvizsgálva találtunk egy olyan furatot,

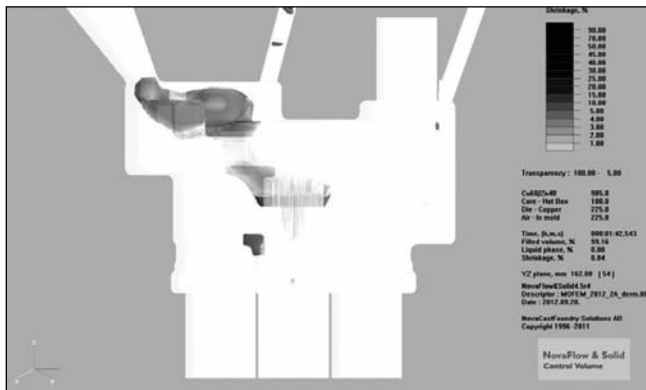
melyet az öntött kád-zuhany középmezőhöz utólag forgácsolással alakítanak ki, vagyis öntéskor még nem került az öntvénybe. Ez a furat pontosan a középmező által kialakított üregbe csatlakozik, és az öntvény osztósíkjában található. Az öntőkokillában így lehetőség nyílt még egy kilevegőző túske behelyezésére, mely már a harmadik volt a szerszámban. A kilevegőzőknek rá kellett ülni a homokmagokra, kettő nem az osztósíkjában volt, így a kokilla szétnyitása előtt azokat el kell távolítani. Ennek ellenére úgy döntöttünk, hogy az öntészeti szimulációhoz megrajzoljuk a kokillát a kilevegőzéssel, a módosított magokkal, és elvégezzük a modellezést. Ennek eredményétől tettük függővé a levegőzők végleges kialakítását a kokillában. A módosított modellezéshez előkészített kokilla kialakítását az egyik kokillafélben a 7. ábra mutatja. Jól látható az osztósíkjában függőlegesen elhelyezkedő, harmadik kilevegőző túske helye, valamint az egyik kokillafélben lévő eredeti kilevegőző túske furata. A



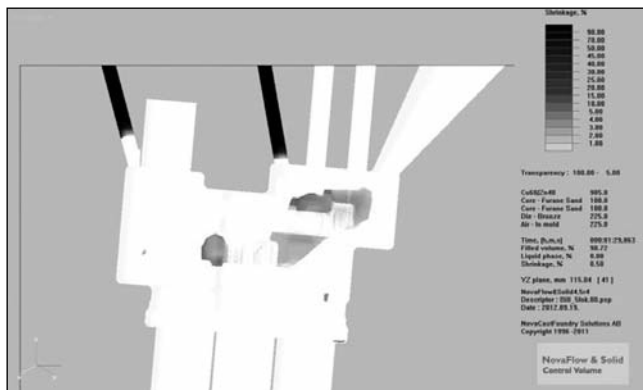
■ 7. ábra. Levegőkivezető túskek a kokillafélben



■ 8. ábra. A módosított kokilla öntés közben



■ 9a ábra. Az első kokilla víztérelválasztó fala



■ 9b ábra. A módosított kokilla víztérelválasztó fala

8. ábrán az elkészült, módosított kokilla látható öntés közben.

Az öntészeti szimuláció eredményei a módosítások után

Az előző pontban felsorolt módosításokat az öntőkokilla, az öntvény és a homokmag 3D és 2D modelljein végrehajtottuk, és az öntészeti modellezést újra elvégeztettük a Miskolci Egyetemen. A kokilla módosítását a modellezés eredményétől tettük függővé. A módosított modellezés eredményeit összevetve az előző modellezés eredményeivel megállapítottuk, hogy a III. és a IV. vízteret elválasztó fal a falvastagság csökkentése ellenére is biztosan kifolyik, dermedése gyorsabban megy végbe. A dermedési viszonyok összehasonlítását a 9a ábra és a 9b ábra mutatja.

Jól látható, hogy a kritikus helyen a módosított kokillában a dermedés gyorsabb a falvastagságcsökkentés és a felhevült gázok elvezetésének következtében. A modellezés eredményeinek figyelembevételével a kísérleti öntőkokillát és a magkészítő szerszámot is módosítottuk a szimulációhoz tervezett modellek szerint. Az öntési tapasztalatok visszaigazolták az öntészeti szimuláció eredményeit, a belső szivárgás minimálisra, 1%-ra csökkent, így a cirkóniumbronz alapanyagú, végleges kokillát is elkészítettük. A levegő és a gáz zárt térből való kivezetésének következtében a belső sarokhólyagok is megszűntek. A módosítás következményeként a modellezés egy nem várt eredményt is hozott, a belső üregek átfolyási keresztmetszetei növekedtek, ezáltal a csaptelep vízáteresztő képessége is növekedett.

Összefoglalás

Cikkünkben bemutattuk, hogy a szimulációs öntészeti modellezés a sárgaréz öntésére használt gravitációs öntőkokillák tervezésében milyen gyakorlati eredményeket hoz. Lehetővé teszi, hogy mielőtt fizikailag is elkészítenénk a szerszámokat, még a tervezés időszakában le tudjuk vonni a következtetéseket a lehetséges hibák keletkezési helyeiről, megoldásokat találjunk azok megelőzésére. Így jelentős időt és sok költséget lehet megtakarítani a fejlesztési, tervezési folyamatban. Nem törekedtünk a modellezés elméleti és matematikai összefüggéseinek bemutatására, inkább a gyakorlati felhasználás szempontjait helyeztük előtérbe.

Vaskutasok találkozója régi intézetünkben

2014. november 14-én, pénteken délután a ma már innovációs parkként működő, egykori munkahelyünk épületében (XI. ker. Fehérvári út 130.) tartottuk meg az 5. „Volt egyszer egy VASKUT” találkozót. Az első két találkozó 2006-ban és 2008-ban a MVAE-ben, a második kettő 2010-ben és 2013-ban az Öntödei Múzeumban volt. Most a jelenlegi vagyonkezelő, a BAY INNO jóvoltából tarthattuk meg a találkozót régi intézetünkben, amit ezúton is köszönünk *Kozma Ibolya* létesítményvezetőnek.

Az egykori Vegyészeti Osztály laboratóriuma helyén kialakított ta-

nácsteremben gyülekeztünk, végül mintegy 70-en jöttünk össze. Mindannyian több-kevesebb ideig dolgoztunk az intézetben. Nagy örömünkre



■ Dr. Tardy Pál köszönti a megjelenteket

néhány szép kort megélt kollégánk is megjelent.

Először azokra a kollégákra emlékeztünk egy perces néma felállással, akik már nem lehettek velünk. Ezután *dr. Tardy Pál* volt igazgató-helyettes köszöntötte a megjelenteket, majd felkérésére *dr. Szőke László*, első igazgatónk, *dr. Verő József* akadémikus helyettese tartott rövid visszaemlékezést az 1949-ben alapított Vasipari Kutató Intézetéről, amely 1985-től Vasipari Kutató és Fejlesztő Vállalatként működött a rendszerváltásig. Az állami és vállalati megrendelések elhalásával kisebb részlegei ezt

követően is működtek még, főként magánvállalkozásokként. Ma már csak a vaskohászati csarnokban folyik „meleg” tevékenység, vasalapú fogászati ötvözeteket gyárt egy, a volt dolgozókból álló kisvállalkozás.

Szöke László túl a 90. életévén is aktívan él, interneten követi szakmája újdonságait, s a mai napig dolgozik (az emlékezéseit írja számítógépen), példát mutatva a fiatalabb nemzedékeknek. De ugyanígy más, idősebb kollégáink, mint pl. *dr. Szombatfalvy Árpád*, *dr. Bacskay Antal*, *dr. Tardy Pál*, *dr. Verő Balázs*, *dr. Kisfaludy Antal*, *dr. Bakó Károly*, *dr. Takács Sándor*, *dr. Szunyogh László* vagy a betegeskedése miatt kimentését kérő *dr. Pilissy Lajos* is művelik szakmájukat, ill. oktatják szakterületük fiatalabbjait, vagy éppen technikátörténeti, egyesülettörténeti kutatásokat folytatnak.

A piknik alapon szervezett találkozón kellemes hangulat alakult ki, volt olyan régi osztály vagy részleg, mint például az AVI (Anyagvizsgáló Osztály), amelyik szinte teljes létszámban megjelent. Bár előre csak 50 főre készítettük elő a termet, egy óra múlva már a harmadik pótasztalt és a husza-



■ Dr. Szöke László visszaemlékezik a kezdetekre

dik pótszéket hoztuk be, mert visszajelzés nélkül ennyivel többen jöttek el. Természetesen nemcsak a tudományos beosztásúak, hanem az őket mindenben segítő laborok, műhelyek, kísérleti csarnokok, a könyvtár és az adminisztrációs részlegek munkatársai is szép számban jelen voltak. Tardy Pál felidézte a VASKUT volt vezetőit, és ő fogalmazta meg a mindannyiunk által érzett gondolatot, hogy a VASKUT többet jelentett mint egy munkahely, mert itt alkotó és családi-as légkörben, kedves kollégákkal, jó körülmények között dolgoztunk. Nagyon sok itt kezdő mérnök vagy technikus – s ezt már *dr. Darvas Zoltán*, a Képlékenyalakítási Osztály egykori kutatója fogalmazta meg hozzászólá-

sában –, minden szakmai eredményét, későbbi szakmai sikerét a VASKUT-nak köszönheti. Bár innen akartunk nyugdíjba menni, sajnos, nem rajtunk múltott, hogy nem így alakult. Aki itt megtanulta az igényes, szakirodalmak és nemzetközi eredmények alapján folytatott kutatást, aki itt nyugodtan támaszkodhatott a kollégái segítségére és az ipari kapcsolatokat szinte észrevétlenül építhette ki, az a '90-es években is képes volt új formában, más

munkahelyen is megállni a helyét. Az is igaz, hogy sokan vannak, akik végül is nem a kohászat-gépészet-anyagvizsgálat háromszögében találtak folytatást, de teljesen elkallódott kollégáról alig van tudomásunk.

A férfi kollégák által biztosított kedvcsináló nedűk és a hölgyek által saját kezűleg sütött finomságok is hozzájárultak, hogy hosszú ideig nézegettük a régi időkben készült fotókat és a családi képeket. A közös emlékek felidézésére a jövőben is sort kerítünk. Akik pedig az interneten szeretnének kapcsolódni a „Volt egyszer egy VASKUT”-csoporthoz, azok a facebookon keresztül meglehetik.

✍ **Lengyelne Kiss Katalin**

■ IPARI HÍR 2015. MÁRCIUS 24.

Új üzemcsarnokot épített a Prec-Cast Sátoraljaújhelyen

Immár nemcsak Budapesten és környékén, vagy a Nyugat-Dunántúlon van gazdasági pezsgés, hanem Magyarország más régióiban is – mondta *Magyar Levente*, a Külgazdasági és Külügyminisztérium gazdaságdiplomáciáért felelős államtitkára Sátoraljaújhelyen, a német Wolf cégcsoport tulajdonában lévő Prec-Cast Öntödei Kft. új üzemcsarnokának átadásán 2015. március 24-én.

A társaság alumínium- és cinkötvözetekből nagy pontosságú öntvények gyártására, megmunkálására, szerszámok, öntőformák előállítására

specializálódott. Az új, 12 ezer négyzetméter alapterületű csarnok kétmilliárd forintba került, a beruházásokhoz egymilliárd forintot nyert pályázaton a több mint 25 éve Magyarországon megtelepedett cég.

Az itt gyártott termékek túlnyomó hányadát, 90 százalékát Nyugat-Európába exportálják, fele-fele arányban az autópárnák és az elektromos iparnak.

Jelenleg 1030 embert foglalkoztatnak. *Wilhelm Rambold*, a kft. tulajdonosa arról szólt, hogy a sátoraljaújhelyi gyárat egy csaknem 30 milliárd forintos beruházás keretében bővíteni kívánja, aminek köszönhetően

mintegy 300 új munkahely jön majd létre. Ennek a beruházásnak az első állomásaként egy 5600 négyzetméteres új logisztikai csarnokkal és irodaépülettel bővült az üzem 2013-ban, most pedig elkészült a 12 ezer négyzetméteres csarnok.

A 2013-as üzleti évben a cég árbevétele meghaladta a 14,4 milliárd forintot.

A tulajdonos szólt arról is, hogy a fejlesztést egyfelől a megnövekedett piaci kereslet indokolta, másrészt pedig a német anyacégtől további gyártókapacitásokat kívánnak idetelepíteni, és új termékek gyártását is tervezik.

(<http://www.hirado.hu>)

HORVÁTH JÁNOS

Az inert anódok vizsgálata elektrokémiai módszerrel az olvadékok elektrometallurgiájában

Az extraktív metallurgiában jelentős szerepe van az elektrometallurgiának, azon belül is olvadékok elektrolízisével történő fémelőállításnak. Az alumínium, magnézium, alkáli és alkáli földfémek (reaktív fémek), valamint a nagy olvadáspontú fémek (refractory metals) előállítása olvadékok elektrolízisével történik. Az elektrometallurgiai iparokra is egyre nagyobb társadalmi nyomás nehezedik a környezetvédelmi előírások szigorításával. Az oxidtartalmú olvadékok elektrolízisével történő fém-előállítási eljárások technológiai és energetikai szempontból is számos előnyt biztosítanak, de ehhez még fontos fejlesztési feladatokat kell sikeresen megoldani. A fejlesztési feladatok egyik lényeges eleme a folyamatokat kísérő CO₂-kibocsátás csökkentése az inert anódok kifejlesztésével.

A fémoxidokból elektrolízissel történő fémelőállítást tekintve, a vas, a titán és az alumínium esetén jelenthetnek majd áttörést az inert anóddal kapcsolatos jelenlegi laboratóriumi vizsgálatok. Az alumínium-előállítás esetében már a félüzemi sikeres eredmények mutatnak esélyt az inert anódos technológia kidolgozására.

Jelen közlemény áttekinti az oxidtartalmú olvadékokból elektrolízissel történő fémelőállítás iparilag legfontosabb azon alkalmazásait, amely technológiáknál fontos szerepe lehet az inert anódok bevezetésének. Inert anódokat már állítottak elő laboratóriumi vizsgálatokhoz, és elektrokémiai mérési módszerrel vizsgálták azok élettartamát. Vizsgálták az inert anódok alkalmazásával elérhető CO₂-kibocsátás csökkentési lehetőségeit is, összefüggésben a villamos energia előállítása során kibocsátott CO₂-dal. Feszültség- és energiamérleg-számítással vizsgálták az alumínium-előállításakor a CO₂-csökkentés lehetőségét az inert anódos technológiára történő átállás esetén.

Bevezetés

Az utóbbi évtizedben az oxidtartalmú fémek olvadékból elektrolízissel történő előállítási technológiájának hatékonysága, versenyképessége sokat javult, és környezetvédelmi szempontból is figyelemre méltó eredményeket értek el [1]. A fémelőállítás túlmenően az olvadékok elektrometallurgiája is új irányokban fejlődött. Az olvadékok elektrokémiaja, mint interdiszciplináris tudomány biztosítja

a kapcsolatot az elektrometallurgia és az anyagtudomány között. A tradicionális fém-előállítási eljárásokon túlmenően, olvadékban elektroszintézissel új vegyületeket is elő lehet állítani [2], fémeket lehet tisztítani (raffinálás) [3], felületi bevonatokat lehet készíteni [4], és szén nanocsövek előállítására is kínál perspektívát [5]. Annak érdekében, hogy az olvadékelektrolízissel történő fém-előállítási technológiák versenyképessége növekedjen, elsősorban környezetvédelmi szempontból kell fejlesztéseket megvalósítani. Az oxidtartalmú fémek elektrolízise során a CO₂ képződését és a szénanódok cseréjét inert anó-

dokkal kell megoldani. Az inert anód egy olyan dimenzionálisan stabil elektródot jelent, amely nem lép reakcióba az olvadék-elektrolittal, és az elektrokémiai folyamatban az elektródatlépést biztosítja.

Az alkalmazott elektrolit olvadékok – kloridok, fluoridok – kémiaiag agresszívak a magas hőmérséklet miatt. Nagyon tudatos anyagtudományi kutatómunka eredményétől várható az ipari bevezetésre alkalmas inert anódok kifejlesztése.

Bár az inert anódok fejlesztése több mint 30 éves múltra tekint vissza, de az utóbbi évek környezetvédelmi nyomása továbbra is napirenden tartja a CO₂-kibocsátása csökkentésének igényét. Az olvadékok elektrometallurgiája pedig az inert anódok kifejlesztésével igyekszik a meglévő technológiákat módosítani.

A tágabb értelemben vett fém-előállítási technológiák mintegy 8%-ban járulnak hozzá és felelősek a világ teljes CO₂-emissziójához. Ez a tény érthetővé teszi a törekvést a CO₂-kibocsátás csökkentésére az inert elektródok alkalmazásával is.

Jelenleg még a hagyományos nagy CO₂-emisszióval járó technológiáknak nem alternatívája az inert anódok alkalmazása. A vonatkozó kutatások még laboratóriumi körülmények között folynak. Az ipari bevezetésre alkalmas inert anódok felhasználásához az elektrometallurgiai eljárásokban még ki kell alakítani az inert anódok technológiai alkalmazását, és ezt követően lesz szükség az új helyzetnek megfelelő technológiai módosításokra.

A fémoxidból olvadék-elektrolízissel történő fémelőállítást (MOE: molten oxide electrolysis) tekintve, hangsúlyozottan a Fe, Ti, és Al fém-

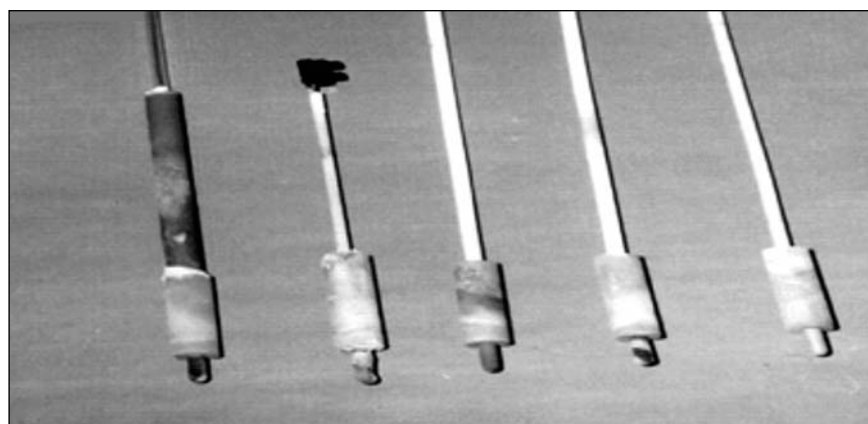
Dr. Horváth János szakmai életrajza megtalálható a BKL Kohászat 2013/3. számában.

ket kell kiemelni. Mindhárom fém környezetbarát, szénmentes, CO₂-emisszió nélküli előállítására igényli és feltételezi az inert anódok kifejlesztését és azok alkalmazását az előállítási technológiákban.

Az 1. táblázat foglalja össze az oxidtartalmú olvadékból történő fém-előállítás során a laboratóriumi kísérletekben felhasznált inert anódokat.

1. táblázat. Kísérleti körülmények

Laboratóriumi kísérlet	Alkalmazott inert anódok
Fe ₂ O ₃ -ból történő Fe-előállítás	Iridium [6]
TiO ₂ -ból történő Ti-előállítás	Fémötvezet [7]
Al ₂ O ₃ -ból történő Al-előállítás	oxidok: CeO ₂ [8], Cr ₂ O ₃ -NiO-CuO [9], NiFe ₂ O ₄ -CoFe ₂ O ₄ [10], Ni ₂ O ₃ -Li ₂ O [11], SnO ₂ [12], ZnO [13], ZnFe ₂ O ₄ [14], cermetek: NiFe ₂ O ₄ +NiO,Cu [15], NiFe ₂ O ₄ +NiO+Cu+Ag [16] fémek: Al-Cu, Ni-Al-Fe-Cu [17], Ni-Fe [18], ionvezető oxid membránok



1. ábra. Inert anódok

Az 1. táblázatban látható összetételű, alumínium előállításához használt inert anódokkal kapott eredmények az élettartam tekintetében nagy szórást mutattak, a néhány órától több napos élettartamig terjednek. 100 órás félüzemi kísérleteket sikerült lefolytatni és üzemviteli tapasztalatokat szerezni. A cermet típusú anódok bizonyultak a leghosszabb élettartamú inert anódokként. A leghosszabb élettartamú inert anód 12,4 napig volt működőképes, még meszsze elmaradva az elvárásoktól.

További gondokat mutattak a laboratóriumi vizsgálatok azzal, hogy a fém-szennyezés az olvadt alumíniumban elfogadhatatlan szintre emelkedett. Az inert anódból kioldódott és a fémbe kerülő fémszennyezők eltávolítására

ma még nincs alkalmas technológia.

Nincs tudományos közlés arra vonatkozóan sem, miként határozható meg az anódok élettartama. Tekintettel arra, hogy az élettartamcsökkenés oka lehet mechanikai ok (repedés, kontaktusok meghibásodása), és az is lehetséges, hogy az elektrolittal történő kölcsönhatás során az anódok elveszítik az „inert

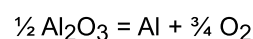
oxidok keverékéből. Az irodalomban megismertekből kiindulva, a cermet típusú anódok tűntek a perspektivikusnak, ezért referenciának ezt választották. Ezen típusú inert anódok két fém felhasználásával (Cu, Ni), valamint NiO és Fe₂O₃ keverékéből készültek. A fém-fémoxidokat tartalmazó keveréket homogenizálás, majd kismennyiségű vízűveg adagolása után ismét homogenizálták. Ezt követően került sor a formázásra, izosztikus préseléssel 175 MPa nyomáson, majd inert atmoszférában 1350 °C-on a kiégetésre. A NiO és a Fe₂O₃ aránya állandó volt, a fém Ni- és Cu-tartalma változott 10-40% között.

Néhány használt inert anód az 1. ábrán látható.

Az elektromotoros erő (EME) meghatározása az inert anódokra az idő függvényében

Az elektrokémiai vizsgálatok abból a feltételezésből indultak ki, hogy ideális inert anódnak kriolit-timföld olvadékban a Pt-anód tekinthető. A Pt-anód elektromotoros erő értékét a korábbi vizsgálataink során már meghatároztuk túltelített timföld koncentrációnál.

A Pt-anódon mért elektromotoros erő érték 2,23 V-os feszültsége az alábbi cella reakcióra, 975 °C-on:



A Pt-anód ideális inert anódnak tekinthető, mert nem lép kölcsönhatásba az elektrolittal, dimenzionálisan stabil, és nem vesz részt kémiai reakcióval az anódfolyamatban. A teljes elektrokémiai folyamatban az elektroncserét biztosítja. Az elektrokémiai folyamatot döntően a diffúziós folyamat (koncentrációs polarizáció) sebessége határozza meg.

Az elvárás és a követelmény az, hogy az elkészített inert anódoknak hasonló elektrokémiai tulajdonságot kell mutatni, mint a Pt-anódnak. Az inert anódoknak dimenzionálisan stabilnak kell maradni, nem szabad kölcsönhatásba lépniük az elektrolittal, a képződött oxigénnel. Fő funkciójuk az elektronátlépés biztosítása az anódfolyamatban. Abban az esetben, ha ezek a feltételek teljesülnek, akkor az azokon mért elektromotoros erő érték

anód"-ra jellemző elektrokémiai potenciál értéket. A két hatás szétválasztása és az inert anódok élettartamának objektív kimutatása fontos lépés, és hozzájárulást jelenthet a további fejlesztésekhez.

Kísérleti munka

A kísérletekhez használt inert anódok előállítása

A kísérleti munka célkitűzése volt a különböző összetételű inert anódok élettartamának meghatározása elektrokémiai módszerrel, különös tekintettel az alumíniumelektrolízis céljaihoz alkalmazható inert anódokra.

Különböző összetételű inert anódok készültek fémek és különböző

2. táblázat. Kísérleti körülmények

Alkalmazott inert anódok		
A kísérleti paraméterek	Anódáram-sűrűség	0,5 A/cm ²
	Katódáram-sűrűség	0,053 A/cm ²
Elektrolit-összetétel	Mólarány	2,8
	Al ₂ O ₃	10%
	Hőmérséklet	975 °C

Az alkalmazott elektródok kezdetben az inert anód tulajdonságait mutatták, stabilan tartották az inert Pt-anódra jellemző potenciál értéket, az elektromotoros erő EME értékét. Majd később az idő függvényében az elektromotoros erő lecsökkent, kölcsönhatást mutatva az elektrolittal.

keknek közelítőleg meg kell egyeznie az ideálisnak tekinthető Pt-elektrodon mért elektromotoros erő értékkel. Ezt a feltételezést kihasználva az elkészült inert anódokon mért elektromotoros erő értékeket összehasonlítottuk az azonos paraméterek mellett, a Pt-elektrodon mért értékekkel.

Az elkészült anódok felhasználásával konstans áramsűrűségen 1,5 A-es áram folyt keresztül a 2. ábrán látható kísérleti elektrolizáló cellában. Az elektrolit hőmérsékletének beállítása szuper kanthál fűtésű kemencében történt. Meghatározott időpontokban (60 perc) került sor az elektrolizáló áram megszakítására és az I = 0 időpontban a cellafeszültség meghatározására a fenti paraméterek mellett. A megszakítás pillanatában a cellafeszültséget mérés adatgyűjtővel rögzítettük.

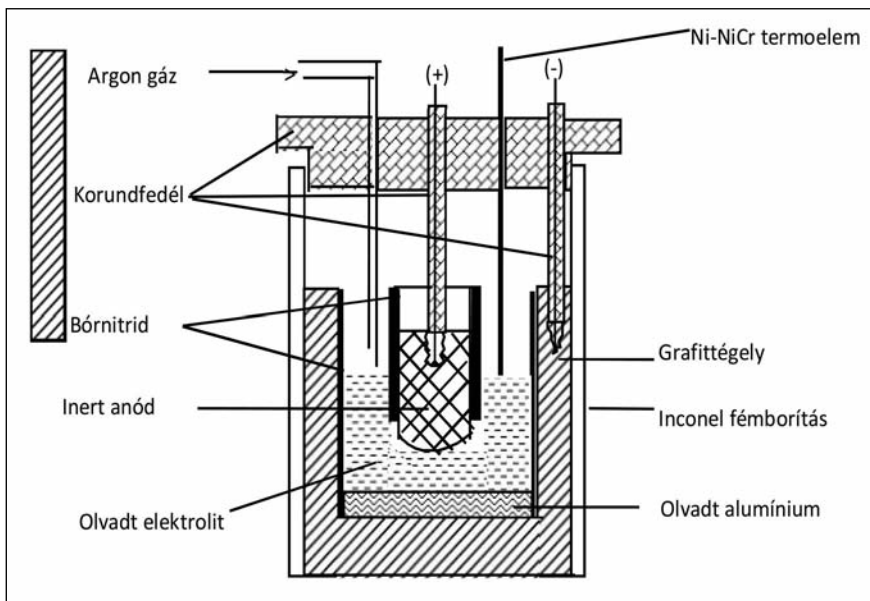
Adott konstans anód áramsűrűségen 0,5 A/cm² elektrolízis kísérletek történtek. A kísérleti elektrolizáló cella feszültsége az alábbi:

$$V_{cella} = E_0 + \eta_{\alpha} + \eta_{\kappa} + I * [R_a + (1/x) * (L/AB) + R_c + R_{ex}]$$

$$EME = E_0 + \eta_{\alpha} + \eta_{\kappa}$$

ahol:		Mértékegység
V _{cella}	cellafeszültség	V
E ₀	egyensúlyi potenciál	V
η _a	anódos túlfeszültség	V
η _k	katódos túlfeszültség	V
I	áramerősség	A
R _a	anód ellenállása	μΩ
κ	az elektrolit vezetőképessége	Ω ⁻¹ cm ⁻¹
L	anód-katód távolság	cm
AB	az elektrolit felülete	cm ²
R _c	katód ellenállása	μΩ
R _{ex}	a vezetékek ellenállása	μΩ
EME	elektromotoros erő	V

Az árammegszakítás után az I=0 időpontban az ohmikus feszültségkomponensek eltűnnek, a maradék feszültség az elektromotoros erő (EME) érték. Az így mért feszültség, az elektromotoros erő (EME) tartal-



■ 2. ábra. Kísérleti elektrokémiai cella az inert anódok vizsgálatára

mazza az egyensúlyi potenciál, az anódtúlfeszültség és a katódtúlfeszültség összegét. A kísérleti cellát úgy alakították ki, hogy a katód áramsűrűsége igen alacsony legyen, melyet a nagy olvadt alumíniumfelület biztosított. Ilyen módon a kis áramsűrűség miatt a katódtúlfeszültség elhanyagolható és állandó potenciálúnak, nem polarizálódó elektródnak tekinthető.

NiO-Fe₂O₃-Ni-tartalmú inert anódokon mért elektromotoros erő értékeket az idő függvényében a 3. táblázat mutatja.

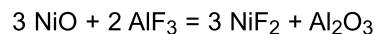
NiO-Fe₂O₃-Cu-tartalmú inert anódokon mért elektromotoros erő értékeket az idő függvényében a 4. táblázat mutatja.

Ezt követően az inert anódok teljes tönkremenetelét mutatták az elektromotoros erő (EME) hirtelen növekedésével.

A Ni-fémes vezetésű inert anódok hosszabb élettartamot mutattak, mint a Cu fémes vezetésű. Mind a nikkel, mind a réz fémtartalmú inert anódok élettartama csökkent a fémtartalom csökkenésével.

Megállapítható, hogy az elkészített inert anódok élettartama igen csekély, messze elmaradt az elvárttól, de a vizsgálatokra alkalmazott elektrokémiai módszer kidolgozására alkalmasnak bizonyultak, és lehetővé tették az inert anódok élettartamának objektív meghatározását.

A rövid élettartam oka a NiO képződése az anódtérben. Első lépésben a NiO oldódása során az elektrolitba kerül, az alábbi reakció szerint:



Korábbi vizsgálataink során megállapítottuk, hogy az elektrolitba kerülő fémek azonnal redukálódnak az olvadt alumíniummal, és az olvadt alu-

3. táblázat. NiO-Fe₂O₃-Ni-tartalmú inert anódokon mért elektromotoros erő

Idő (perc)	Elektromotoros erő (V)			
	Ni fémtartalom 40%	Ni fémtartalom 30%	Ni fémtartalom 20%	Ni fémtartalom 10%
Fém Ni-tartalom az inert elektródban (%)				
0,0	2,25	2,35	2,23	2,25
60	2,23	2,20	2,15	2,12
120	2,18	2,10	2,05	2,00
180	2,15	2,18	2,15	1,78
240	2,05	2,05	1,92	2,56
300	2,00	1,79	2,48	2,63
360	1,78	2,55	2,67	-----
420	2,48	2,65	-----	-----
Élettartam (óra)	5-6	4-5	3-4	2-3

4. táblázat. NiO-Fe₂O₃-Cu-tartalmú inert anódokon mért elektromotoros erő

Idő (perc)	Elektromotoros erő (V)			
	Cu fémtartalom 40%	Cu fémtartalom 30%	Cu fémtartalom 20%	Cu fémtartalom 10%
Fém Cu-tartalom az inert elektródban (%)				
0,0	2,28	2,27	2,29	2,25
60	2,25	2,24	2,25	2,24
120	2,18	2,12	2,15	2,05
180	2,02	2,00	1,75	1,71
240	1,75	1,66	2,32	2,23
300	1,60	2,27	2,45	2,31
360	2,38	2,30	2,56	2,32
420	2,38	2,37	2,75	2,28
Élettartam (óra)	3-4	3-4	2-3	2-3

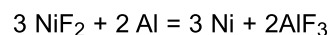
5. táblázat. CO₂-kibocsátás alumínium-előállítás során

CO ₂ kg/t Al	Vízi-/Atomerómű	Gázturbinás erőmű	Széntüzelésű erőmű
CO ₂ -kibocsátás az elektrolízisből	3,7	3,7	3,7
CO ₂ -kibocsátás az energia előállításakor	0,0	6,0	13,5
Inert anód bevezetése utáni CO ₂ -kibocsátás	0,0	6,0	13,5
A teljes CO ₂ -emisszió csökkenés (%)	100	38	21,5

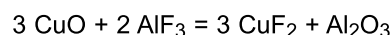
6. táblázat. A Hall–Heroult-eljárás és az inert anódos eljárás feszültségkomponensei

Feszültségkomponensek (V)	Hall–Heroult-eljárás (V)	Inert anódos eljárás (V)
reverzibilis egyensúlyi potenciál	1,22	2,247
anódtúlfeszültség	0,582	0,100
katódtúlfeszültség	0,108	0,030
elektroliton eső feszültség	1,528	1,528
buborék ellenálláson eső feszültség	0,153	0,153
anód feszültségesezés	0,557	0,557
katód feszültségesezés	0,348	0,348
sínezésen eső feszültség	0,354	0,354
teljes cellafeszültség	4,850	5,317
energia-felhasználás 92,4%-os áramhatásfok esetén (kWh/kg)	15,642	17,148
Hővesztesség (kW)	382,2	455,98

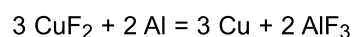
míniumba kerülnek szennyező elemként [19]. Valószínűsíthető, hogy az alábbi kémiai redukció során kerül a Ni szennyezés az olvadt alumíniumba:



Hasonló mechanizmus szerint lehet végbe a réz oldódása is. Az olvadékban CuO képződik, és a fluorid-tartalmú olvadékban oldódik az alábbi reakció szerint:



Az elektrolitba kerülő Cu-tartalmat az olvadt alumínium azonnal redukálja, megnövelve az inert anód réztartalma által okozott szennyezettséget az olvadt alumíniumban.



A kapott mérési eredmények igazolódtak a közölt kísérleti munkában is [20]. Az inert anódok oldódási sebessége és azok az elektrolitban, illetve a fémekben jelentkező koncentrációváltozások azonos összefüggést mutatnak, amely a jelen munkában is megállapítást nyert.

Az inert anódok ipari bevezetésének energetikai vizsgálata

Az inert anódok bevezetésének értékeléséhez hozzá kell rendelni azt a CO₂-emissziót is, mely a szükséges villamos energia előállítása során képződik. Az 5. táblázat összefoglalja a különböző anódok, valamint a különböző forrásból előállított villamos energia hatását a CO₂-emisszió értékekre.

A Hall–Heroult-eljárás meghatározó elektrokémiai reakciója

$\frac{1}{2} \text{ Al}_2\text{O}_3 + \frac{3}{4} \text{ C} = \text{Al} + \frac{3}{4} \text{ CO}_2$; a reverzibilis cellapotenciál értéke $E_0 = 1,22 \text{ V}$. Inert anód alkalmazása esetén a meghatározó elektrokémiai reakcióra $\frac{1}{2} \text{ Al}_2\text{O}_3 = \text{Al} + \frac{3}{4} \text{ O}_2$; a reverzibilis cellapotenciál értéke $E_0 = 2,248 \text{ V}$.

A timföld bontásának energiaigényét a timföld képződési entalpiája határozza meg mindkét eljárásban.

A nyersanyagok felmelegítésének energiaigényétől eltekintve, a 100%-os áramhatásfok esetén a folyamat energiaigénye mindkét eljárásnál azonos, 6,69 kWh/kg Al. Hall–Heroult-eljárás

7. táblázat. 158 kA-es blokkanódos kád fő paraméterei

Paraméter	Érték
Anódáram-sűrűség	0,884 A/cm ²
Pólustávolság	40 mm
Áramhatásfok	92,4%
Elektrolit-összetétel	2,8 molarány CaF ₂ : 5,2%, timföld: 6,5%
Elektrolit-hőmérséklet	980 °C

esetén 1,03 V-tal kisebb a feszültség a reverzibilis potenciál értékében. Ezen feszültségkülönbséghez tartozó energiát pótolni kell az eljárás során. Az elektrolízis folyamatban a bontáshoz szükséges energia pótlása az anód-katód túlfeszültségből és az elektrolitból elvont energiából történik. A Hall–Heroult-eljárásnál a karbon égéshője a rendszerben marad és energetikailag hasznosul a folyamatban.

Az inert anódok esetében a teljes bontás energiaigénye elektromos energia bevitelével valósítható meg. A 6. táblázatban a Hall–Heroult-eljárás és az inert anódos eljárás feszültségkomponenseit és a várható energiafelhasználást mutatjuk be.

A Hall–Heroult-eljárás feszültségkomponenseinek számítása valós adatok felhasználásával történt, a korábban kidolgozott számítási módszer felhasználásával [21]. Egy 158 kA-es blokkanódos kád fő paramétereit a 7. táblázat foglalja össze.

Az energia bevitelének alakulását a fenti paraméterek alapján a Hall–Heroult-eljárás és az inert anódok alkalmazása esetén a 8. táblázat mutatja be.

A számítások azt kívánják bemutatni, hogy ha egy 158 kA-es blokkanódos technológia szén anódjait inert anódokra cserélnénk, hogyan alakulnának a termelési paraméterek. Az inert anódok alkalmazása 1500 kWh/t Al többlet-energiafogyasztást jelentene. Ezt a többlet-energiafogyasztást az anód-katód távolság csökkentésével lehetne megszüntetni. Ehhez az adott elektrolit-összetétel és hőmérséklet esetén, a 40 mm-es anód-katód távolságot a 0,467 V-nak megfelelő mértékben kellene csökkenteni. Ehhez az elektrolit vezetőképességének és hőmérsékletének figyelembevételével a pólustávolságot le kellene csökkenteni 28,8 mm-re,

8. táblázat. Az energia bevitelének alakulása a Hall–Heroult-eljárás és az inert anódok alkalmazása esetén

Energia komponens (kWh)	Hall–Heroult-eljárás (kWh)	Inert anódos eljárás (kWh)
Elektromosenergia-bevitel	695,2	784
Energiabevitel az anód-effektus miatt	7,2	-----
Reoxidációs exoterm reakció	19,5	-----
A szén elégetés energiája	53,9	-----
Teljes energiabevitel	774,8	784

hogy az energiafelhasználás a két eljárásnál megegyezzen. A számítások jó egyezést mutattak, és igazolták az irodalomban közölt számítások eredményeit [22].

Ezen kis anód-katód távolság az üzemi megvalósítás során nehezen tartható. Az oxidtartalmú inert anódok oldódási sebességének csökkentése miatt az alumínium-oxidra túltelített elektrolit-összetételt és nagy AlF₃ felesleget jelentő elektrolit-összetételt is tartani kell. További követelmény a minél kisebb elektrolit-hőmérséklet beállítása a szennyezők oldódási sebességének csökkentése érdekében. Ezeket a szigorú technológiai követelményeket kell fenntartani az üzemvitelben, hogy minimalizálni lehessen az inert anódok oldódási sebességét, és csökkenteni lehessen a fémszennyezők koncentrációját az olvadt alumíniumban.

A timföldre túltelített elektrolit olvadás hajlamos üledék képzésére, melynek elkerülése alapvető fontosságú az inert anódos technológiában is. Ennek szabályozása nem megoldott, és ez a hatás komoly zavarokat okozhat az üzemvitelben, mely az áramhatásfok csökkenéséhez vezet. A timföldre túltelített elektrolitban képződött üledék átrendezi az elektrolizáló cellák árameloszlását is, melynek következtében az üzemvitel kezelhetetlenné válhat [23].

Következtetések

Az elektrometallurgiai iparokra nehezedő környezetvédelmi nyomásra megfelelő technológiai választ jelenthet az inert anódok bevezetése. Az inert anódok fejlesztése jelenleg még a laboratóriumi szakaszban van. A megoldás az anyagtudomány tudatos fejlesztési eredményeitől várható.

Inert anódokat állítottunk elő, hogy elektrokémiai vizsgálati módszerrel

minősíteni lehessen azokat, és élettartamukat meghatározni. Annak ellenére, hogy a kísérleti inert anódok rövid élettartamot mutattak, biztosítani tudták a megbízható vizsgálati módszer kifejlesztését. Az elektrokémiai úton meghatározott minősítés eredményeit megerősítették és igazolták az inert elektród komponensek koncentrációjának az elektrolitban és az olvadt alumíniumban történt meghatározásával kapott eredmények. A kidolgozott mérési módszer könnyen adaptálható, és várhatóan alkalmas lesz más oxidrendszerek elektrolízisében felhasznált inert anódok minősítésére is.

Az elektrometallurgiai iparok nagy villamosenergia-felhasználással járnak, és a technológia során is jelentős a CO₂-emisszió. Ehhez a kibocsátáshoz még hozzájárul a villamos energia előállítása során keletkezett CO₂ is. Megállapítást nyert, ha sikerülne is az inert anódok ipari bevezetése, üzemi megvalósítása, abban az esetben is csak 20-40%-os CO₂-kibocsátás-csökkentés lenne elérhető. A sikeres inert anód technológia bevezetése és a vízi- vagy atomerőműben előállított villamosenergia-felhasználás együttesen adná az áttörő megoldást a CO₂-emisszió csökkentésében. Azt is meg kell állapítani, hogy az utóbbi évtizedekben a nagy energiafelhasználást igénylő elektrometallurgiai technológiák döntően gáz- és szénbázisú erőművekben előállított villamos energiára épültek. Ezen ok miatt nem lehet lemondani az inert anódok fejlesztéséről, mint lehetőségéről, a CO₂-kibocsátás csökkentésére.

Irodalom

- [1] G. Z. Chen, D. J. Fray: Understanding the Electroreduction of Metal Oxides in Molten Salts,

- Light Metals, Proceedings of the technical session presented by TMS at the 133rd TMS Annual Meeting March, 2004
- [2] S. V. Deviatkin, G. Kaptay, E. Berecz: High Temperature Electrochemical Synthesis of TiB₂ from Cryolite-Alumina Melts Containing Oxides of Boron and Titanium, Proceedings of the Ninth International Symposium on Molten Salts, Edited by Ch.L., Mamantov, G., The Electrochemical Society Inc., 1994 Vol. 94 (13) 548–557.
- [3] T. Kékesi, M. Isshiki: Principle of Metal Purification and Purity Evaluation and Purification of Base Transition Metals, Ed.: Y. Waseda and M. Isshiki, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2002, 39–100.
- [4] P. Matiasovsky, M. Fellner, Z. Chrenková-Paucirová, Z. Lubyová, A. Silny: Electrolytic metal coating in molten salts, Chem. Papers 41(4) 527–565 (1987)
- [5] G. Kaptay, I. Sychev, J. Miklósi, P. Nagy, P. Póczik, K. Papp, E. Kálmán: In Progress in Molten Salts Chemistry, vol.1 ed. by R.W. Berg and H. A. Hjulen, Elsevier, Paris, 2000, 257–262.
- [6] H. Kim, J. Paramare, D. Sadoway, J. Electrochemical Soc. 158 (10) 101–105.
- [7] K. Dring: Direct Electrochemical Reduction of Titanium Dioxide in Molten Salts, Key Engineering Materials, Vol. 27, 436, May 2010, 27–34.
- [8] E. W. Dewing et al.: The chemistry of solutions of CeO₂ in cryolite melts, Metallurgical and Materials Transactions B, 26B (1) (1995) 81–86.
- [9] S. Pietrzyk, R. Oblakowsky, Concentration of impurities from inert anodes in the bath and metal during aluminium electrolysis, X. Al Symposium, Slovak-Norwegian Symposium on Aluminium Smelting Technology, Stara Lesna-Ziar nad Hronom, 21–23 Sept.1999, 31–34.
- [10] C. O. Augustin, L. K. Srinivasan, K. S. Srinivasan: Inert anodes for environmentally clean production of aluminium, Part-I, Bull. Electrochem. 9 (8–10) 1993, 502–503.
- [11] Yu. P. Zaikov et al.: Ceramic properties of electrodes based on NiO-Li₂O and their solubility in cryolitealumina melts, VIII. Al Symposium, 25–27 Sept. 1995, Slovakia Ziar nad Hronom, Donovaly, 239–241.
- [12] Galasiu et al.: Results of 100 hours electrolysis of inertanodes in a pilot cell, Proc. 9th Int. Symp. on Light Metals Production, Trondheim, Norway, 18–21 August 1997
- [13] R. Galasiu: ZnO-based inert anodes for aluminium electrolysis, VIII. Al Symposium, 25–27 Sept. 1995, Slovakia Ziar nad Hronom, Donovaly, 51–54.
- [14] X. Yu, Z. Qiu, S. Jin: Corrosion of zincferrite in NaF-AlF₃-Al₂O₃ molten salts, Zhongguo Fushi Yu Fanghu Xuebao, 20 (5) 2000 p. 275–280.
- [15] E. Olsen, J. Thonstad: The behaviour of nickel ferrite cermet materials as inert anodes, Light Metals (TMS, Warrendale, PA) 1996 p. 249–257.
- [16] S. P. Ray et al.: Electrolysis with an inert electrode containing ferrite, copper and silver, US patent 5 865980 26 June 1997.
- [17] D. R. Sadoway: Inert anodes for the Hall-Heroult cell: ultimate materials challenges JOM 53 (5) 2001 p. 34–35.
- [18] R. A. Rapp: Method and apparatus featuring a nonconsumable anode for the electrowinning of aluminium, US patent, 5942097, 5 Dec. 1997.
- [19] N. Sillinger, J. Horváth: Iron and Silicon Impurities in Aluminium Electrolysis, Light Metals, 1990. p. 369. Proceedings of Sessions 119th Annual Meeting, Anaheim, USA
- [20] S. Pietrzyk, R. Oblakowski: Investigation of the Concentration of the Inert Anodes in the Bath and Metal during Aluminium Electrolysis, Light Metals, Proceedings of the technical session presented by the TMS Aluminum Committee at the 128th TMS Annual Meeting, 1999.
- [21] J. Horváth: Voltage-Energy Balance and Current Efficiency of Aluminium Electrolysis Cells, Measuring and Calculating Method, United Nation Industrial Development Organization (UNIDO) Vienna, No. 15-1-0260K (1991)
- [22] H. Kvande, W. E. Haupin: Inert Anodes for Al Smelters: Energy Balance and Environmental Impact, JOM, 53 (8) May 2001 p. 29.
- [23] J. Thonstad, E. Olsen: Cell Operation and Metal Purity Challenges for the Use of Inert Anodes, JOM, 53 (8) May 2001 p. 36.

BÁNKI SÁNDOR

Vésnök

Az érmészet mesterei – egy ősi hivatás nyomában

Végy egy lány acélrudat, készíts belőle egy hengeres tőkét, csiszold fel az alapsíkját, és máris kézbe veheted

a verőtöke nyers formáját. Hogyan lesz érem- és pénzverésre alkalmas verőtöke belőle? Mesterek értő kezei

által, akik a sík felületre mintázatot rajzolnak, hegyes tűvel rögzítik a felrajzolt formát, és akárhogy acsarkodik az acél, hegyes, lapos, gömbölyű végű vésőkkel belevésik a kívánt formákat. Legyen az épület, portré, címer, szöveg, felirat vagy egyéb ornamentum-

Bánki Sándor szakközgazdász, üzemmérnök, a Metal-Art Nemesfémipari Zrt., korábban Állami Pénzverő nyugalmazott műszaki igazgatója. Kutatási területe a metallurgia, numizmatika és falerisztika.

Későbbi nemzedék képviselője Gerl Károly (1857–1907), akinek munkássága Kőrmöcbányához kötődik.

A kőrmöcbányai pénzverde működését 1328-tól számíthatjuk: Károly Róbert ekkor adta ki azt a kiváltságlevelet, mely szabadságjogokat biztosított. A város ennek értelmében szabad királyi városi rangra emelkedett és pénzverdét állíthatott fel. 1469-ben Kőrmöcbányán már négy kohó és huszonkilenc érczúzó malom működött. A pénzverdét a XV. században költöztették a városfalakon belülre. A Habsburg Birodalomban a kőrmöcbányai jelentette a mintát a többi pénzverde számára, itt tervezték és építették meg az új konstrukciójú pénzverőgépeket, és ezekkel látták el a többi pénzverdét. A kőrmöcbányai gépeket 1918. október 25–30. között leszerelték, a felszereléssel és a nemesfémekkel együtt Budapestre szállították.

A „Meine erste Kopf Gravur” feliratú vésete 1877-ből, 20 éves korában készült, megjeleníti a kor jellegzetes ábrázolási módját (3. kép). Vésetében egy klasszikus portré idealisztikus formában jelenik meg, feltehető célja az eszményi szépség ábrázolása. A plasztika mélysége 3,0 mm. Az előbb említett kiadvány több mint 110 ér-



■ 3. kép. Gerl Károly „MEINE ERSTE KOPF GRAVUR” feliratú vésete

méjét és plakettjét sorolja fel. Rövid, 30 éves pályafutása alatt szinte elképzelhetetlen mennyiségű, szebbnél szebb éremmel gazdagította a magyar éremművészetet.

A következő (a XX.) század is dúskál a remekművekben; feldolgozni terjedelme miatt egy cikkbe zsúfoltan szinte lehetetlen. Három nevet azonban szeretnék megemlíteni, olyanokat, akik nem acélba, hanem a tervezési technika változásával gipszbe mintázták meg éremterveiket. Beck Ö. Fülöp, Berán Lajos és Madarassy



■ 4. kép. Az OMBKE pécsi közgyűlési emlékérmének verőtöve

Walter a század különböző stílusú éremművész óriásai.

Végezetül egy érem, amely bepillantást enged a múlt eseményeibe (4. kép).

A teljes felirat: AZ ORSZ • MAGY • BÁNY • ÉS KOH • EGYESÜLET 1898 SEPT • 9 • PÉCSETT TART: KÖZGYŰLÉSÉNEK EMLÉKÉÜL •

Bízhatunk-e abban, hogy napjainkban is, egy ilyen jeles eseményt éremkiadással fogunk még emelkedettebbé tenni? Remélem, hogy nem kell sokat várni rá.

■ EGYESÜLETI HÍR

Március 15-re emlékeztek...

A Fémkohászati Szakosztály a hagyományos ünnepi vezetőségi ülését – amelyen 28-an vettek részt – 2015. március 13-án, az OMBKE központjában tartotta. A rendezvény levezető elnöke Csurgó Lajos szakosztályi elnök volt. Első napirendi pontként Sándor István szakosztályi titkár a közelmúlt központi és szakosztályi eseményeiről számolt be.

Az 1848–49-es forradalomra és szabadságharcra emlékezve Dánfy László felelevenítette Kiss Ernő honvéd tábornok életútját, sok érdekességgel, színvonalas előadásban. Ezt követően Laár Tibor tiszteleti tag a 75 éve alapított tatabányai alumíniumkohóban eltöltött éveiről és ottani szakmai pályájáról számolt be. Majd

Hajnal János szakosztályi alelnök a nemrégiben kilencvenedik évét betöltött Harrach Waltert köszöntötte, és bemutatta a köszöntésére készült emlékkupát. A rendezvényen egészségügyi okokból az ünnepelt nem

tudott részt venni, ezért a jelenlévők gyors felépülést és jó egészséget kívántak neki.

A rendezvény jó hangulatú vacsorával és beszélgetéssel zárult.

BT



■ Laár Tibor tiszteleti tag tatabányai emlékeiről beszél

KATONA BÁLINT – SZEBÉNYI GÁBOR – ORBULOV IMRE NORBERT

Fématrixú szintaktikus fémhabok fáradási tulajdonságai

Cikkünkben a szintaktikus fémhabok fáradási tulajdonságaival foglalkozunk. A kísérleti úton előállított Al99,5 vagy AISi12 mátrixú, vegyesoxid kerámia összetételű gömbhéjakkal erősített szintaktikus fémhabokból kimunkált hengeres próbatesteken végeztünk fárasztóvizsgálatokat különböző terhelési tényezőjű ($k = \sigma_{max} / \sigma_t$, ahol σ_{max} a terhelési ciklus maximuma, σ_t pedig a szintaktikus fémhab törési szilárdsága) lüktető nyomó igénybevétellel. A vizsgálatok során rögzített, három részre bontható deformáció-ciklusszám görbék szakaszai sorrendben gyors deformációnövekedést, majd hosszú stagnálást és ismét gyors deformációnövekedést mutatnak, ami megfelelő terhelési szint esetén a próbatest töréséhez vezet. A vizsgálati eredményekből megállapítható, hogy a mátrixanyagnak döntő hatása van a szintaktikus fémhabok adott terhelési szint mellett várható törési ciklusszámára. A különböző mátrixanyagú próbatestek esetében a törési ciklusszámban jelentkező különbség a terhelési szint csökkenésével nő. A mátrixanyag a szintaktikus fémhabok tönkremeneteli módját is jelentősen befolyásolja, ami függ a mátrixanyag folyáshatára és a kerámia gömbhéjak törésszilárdsága közötti kapcsolattól.

1. Bevezetés

A zártcellás, nagy szilárdságú fémhabok, mint például a kerámia gömbhéjakkal erősített szintaktikus fémhabok ígéretes anyagok kis öntömegű alkatrészek gyártásához. Az ilyen típusú kompozitok többek között kisterhelésű, mozgó gépelemként, vagy teherhordó szerkezetek rezgéscsillapító elemeiként (pl.: gépágyak) alkalmazhatók. Az ismétlődő igénybevételnek kitett alkatrészek esetén már a tervezési fázisban szükséges az ilyen kompozit anyagok fáradási tulajdonságainak ismerete a megfelelő számítások elvégzéséhez.

A szintaktikus fémhabok főbb

mechanikai tulajdonságairól számos publikáció jelent meg. A szakirodalom középpontjában a habok nyomóterhelés esetén mutatott tulajdonságai állnak, mivel ez a fémhabok leggyakoribb igénybevételi formája. Ezen felül a húzó és koptató igénybevételekre adott válaszról [1, 2], illetve a habok felépítésének digitális rekonstrukciójáról [3, 4] is találunk publikációkat. Több kutatás is összefüggést állapított meg a kvázistatikus, illetve a nagy alakváltozási sebességű tulajdonságok, valamint a mátrixanyag és gömbhéj átmérő között Al-Al₂O₃ szintaktikus fémhabok esetében [5–7]. Peroni, Lehmus, Weise és társai [8–11] üveg mikrogömbökkel erősített vasalapú

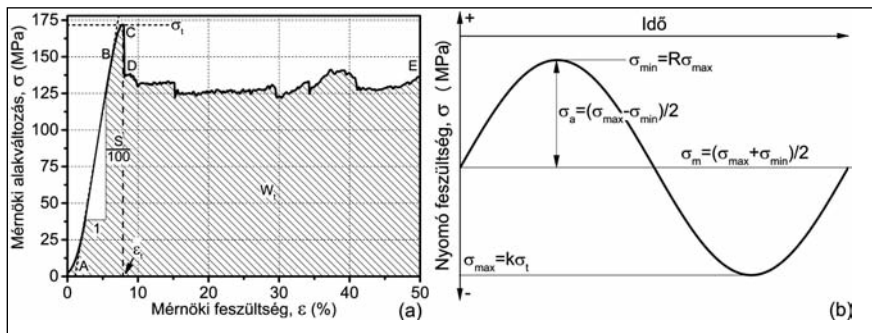
szintaktikus fémhabot vizsgáltak. A gyártás mellett a kvázistatikus húzó/nyomó tulajdonságok alakváltozási sebességtől való függését vizsgálták (a 10⁻³...10³ 1/s tartományban). Az eredmények alapján megállapították, hogy az alakváltozási sebesség hatása elsősorban a mátrixanyaggal hozható összefüggésbe. Taherishargh és társai [12, 13] a gyártási költségek csökkentése érdekében kis sűrűségű, építőipari perlitel töltött fémhabokat állítottak elő, és vizsgálták lehetséges alkalmazási területeiket. A töltőanyag nagy porozitásának (~95%) köszönhetően a fémhab teljes porozitása elérte a ~60%-ot. Nyomó igénybevétel hatására a vizsgált szintaktikus fémhabok az általános feszültség-alakváltozás görbét mutatták a rugalmas, a plató és a tömörödési szakasszal. Az egyenletes platófeszültség (~30 MPa), a nagy tömörödési alakváltozás (60%) és a nagy energiaelnyelő képesség (~90%) miatt az előállított szintaktikus fémhabok jól alkalmazhatóak energiaelnyelő elemekként. A fent említett és hasonló munkák csak kis mértékben térnek ki a tárgyalt anyagok fáradási tulajdonságaira.

Vendra és társai acélgömbhéjakkal erősített alumínium mátrixú (gravitációs öntéssel előállított) vagy acél mátrixú (porkohászati úton előállított) szintaktikus fémhabok fáradási tulajdonságait vizsgálták. Az alkalmazott ciklikus nyomóterhelés mellett a szintaktikus fémhabok nagy ciklikus stabilitást mutattak, a deformáció pedig három részre tagolódott: (i) az alakváltozás ciklusonkénti lineáris növekedése, (ii) minimális alakváltozás-akkumuláció nagy ciklusszámnál és (iii) gyors alakváltozás-akkumuláció néhány ciklus alatt a teljes tönkremenetelig. Megfigyeléseik szerint a szintaktikus fém-

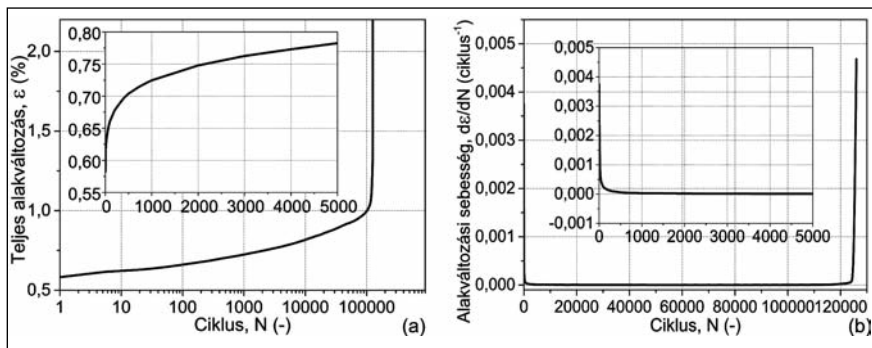
Katona Bálint 2014-ben szerezte meg MSc-diplomáját a BME Gépészmérnöki Karán. Jelenleg az Anyagtudomány és Technológia Tanszék doktorandusz hallgatója. Kutatásaiban szintaktikus fémhabok fáradási tulajdonságaival foglalkozik.

Szebényi Gábor 2011-ben szerzett PhD-fokozatot a BME Gépészmérnöki Karán. Jelenleg a Polimertechnika Tanszék adjunktusa. Kutatási területe a nanokompozitok és hibrid nanokompozitok fejlesztése, vizsgálata, valamint a biomechanikai vizsgálatok.

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



1. ábra. Egy AlSi12-SL300-as fémmátrixú szintaktikus fémhab kvázistatikus nyomógörbéje (a) és a fárasztóvizsgálatok során alkalmazott ciklikus terhelés paramétereit (b)



2. ábra. Egy AlSi12-SL300-as szintaktikus fémhab alakváltozás–ciklus (a) és alakváltozási sebesség–ciklus (b) görbéi $k = 0,7$ -es terhelési szint mellett

habok deformációját a leggyengébb keresztmetszetben létrejövő deformációs zónák okozzák, hasonlóan az általános fémhabokhoz [14].

Caty és társai az itt tárgyalt fémhabokhoz némileg hasonló, de nem teljesen azonos úgynevezett gömbhéj struktúrákat (HSS) vizsgáltak, amely összerendezett gömbhéjakkól áll, befoglaló mátrix nélkül. A szerkezet integritását a gömbhéjak pontbeli érintkezéseinek létrehozott fémes kötések biztosítják. Munkájuk során acél próbatesteket terheltek ciklikus nyomó és húzó igénybevétellel. Az eredmények azt mutatták, hogy az anyag, de legfőképpen a gyártási módszer van hatással a fáradási tulajdonságokra, mivel döntően ez befo-

lyásolja a két gömbhéj közötti kötés szilárdságát és az anyag végső homogenitását. A gömbhéjak átmérőjének csekély hatása volt a fáradási tulajdonságokra, viszont annál kifejezettebb volt a szerepe az S-N (feszültség–törési ciklusszám) görbe meredekségében. Ezen felül azt tapasztalták, hogy a húzó igénybevétel mellett meghatározott fáradási határ a fele a nyomó igénybevétel esetében kapottaknak [15].

2. Anyagok és vizsgálati módszerek

A vizsgált szintaktikus fémhabok inert gázneműs (Ar-gáz), folyadék fázisú infiltrálás segítségével készültek.

1. táblázat. Az alkalmazott mátrixanyagok mért kémiai összetétele

Mátrix	Összetétel (t%)						
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Al
Al99,5	0,123	0,328	0,003	0,003	0,002	0,005	Maradék
AlSi12	12,830	0,127	0,002	0,005	0,010	0,007	

2. táblázat. A kerámiagömbhéjak jellemző tulajdonságai

Külső átmérő (μm)	Falvastagság (μm)	Szilárdság (MPa)	Sűrűség (kgm ⁻³)
150	6,75	~45	691

Az alkalmazott mátrixanyagok kémiai összetételét az 1. táblázat mutatja.

Töltőanyagként az Envirospheres Pty. Ltd. SL300-as (2. táblázat) típusú kerámia gömbhéjakat használtuk. A vizsgált habok térkitöltése minden esetben ~65% volt. A gömbhéjak 33 t% Al₂O₃-ból, 48 t% amorf SiO₂-ből és 19 t% mullitból (Al₂O₃·SiO₂) álltak.

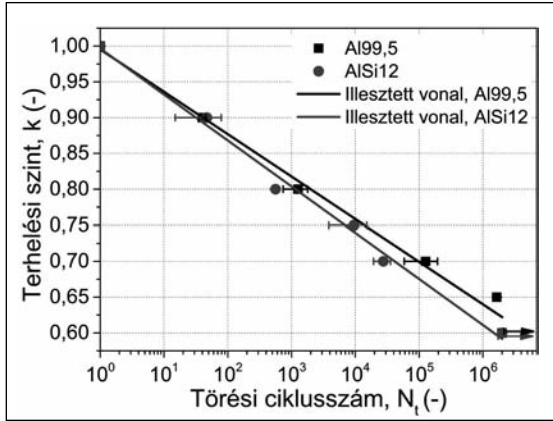
A fárasztóvizsgálatokat Instron 8872-es típusú szervohidraulikus univerzális szakítógépen végeztük el egy négyoszlopos zömítő szerszám segítségével. A szerszám nyomófelületeinek keménysége 45 HRC volt. Hengeres próbatesteket vizsgáltunk (D=8,50 mm, H=12,75 mm, H/D=1,5). A terhelés szinuszosan változó nyomás volt R=0,1 aszimmetria tényezővel 0,6 és 0,9 közötti terhelési szinteken ($k = \sigma_{\max} / \sigma_t$, ahol a σ_{\max} terhelési ciklus maximuma, σ_t pedig a szintaktikus fémhab törési szilárdsága). A terhelés frekvenciája $f = 10$ Hz volt.

Minden terhelési szinten öt próbatestet vizsgáltunk, az eredményeket pedig statisztikai úton értékeltük ki. Tönkremeneteli kritériumnak alakváltozási limitet alkalmaztunk: a próbatest töröttnek minősült, ha a mérnöki alakváltozás elérte az $\epsilon = 2\%$ -ot. Abban az esetben, ha ez nem következett be a $2 \cdot 10^6$ ciklusig, akkor az adott próbatest törés nélkül túlélte a tesztet.

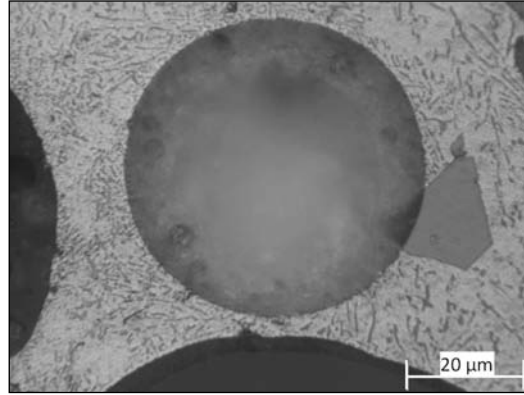
3. Eredmények és kiértékelésük

Egy AlSi12-SL300 szintaktikus fémhab tipikus kvázistatikus nyomóvizsgálatának mérnöki feszültség–mérnöki alakváltozás diagramja látható az 1a ábrán. A görbe három főrésze és több alrészre osztható [16–18].

A cellás anyagok nyomóvizsgálatáról szóló szabvány alapján [19] a görbéről több jellegzetes érték határozható meg. A mérhető tulajdonságok többek között a nyomószilárdság (σ_t), a törési alakváltozás (ϵ_t), a szerkezeti merevség (S) és az elnyelt mechanikai energia (W_t). A továbbiakban számunkra csak a törési szilárdságnak (σ_t , MPa) van jelentősége, mivel a terhelési szintet (k) ez alapján tudjuk meghatározni. Az 1b ábrán egy terhelési ciklus paramétereit és a köztük lévő összefüggéseket láthatóak. Mivel a szintaktikus fémhabok fizikai és mechanikai tulajdonságai rendszerint



■ 3. ábra. A vizsgált szintaktikus fémhabok terhelési szint-törési ciklusszám görbéi



■ 4. ábra. Egy AlSi12 mátrixú szintaktikus fémhab mikroszerkezete az eutektikus mikrostruktúrával és egy tömbszerű primer poligonális Si-kiválással

szerkezetfüggők [20], a nyomószilárdságban jelentős szórások tapasztalhatóak, így azok átlaga nem használható további számításokhoz (főleg nagy terhelési szintek esetében, közel a nyomószilárdsághoz). Ennek megoldásképpen próbatestpárokat munkáltunk ki egymás közvetlen közeléből. Ez a módszer azonos nyomószilárdságú próbatestpárokat eredményez. Az egyik munkadarabot kvázi-statisztikus nyomóvizsgálatnak, a másikat pedig fárasztóvizsgálatnak vetettük alá. A fárasztóvizsgálat paramétereit az első próbatest nyomóvizsgálata során kapott értékek alapján tudtuk meghatározni.

A fárasztóvizsgálat során a ciklusokat és a hozzájuk tartozó maximális alakváltozást rögzítettük. Amikor a deformáció elérte a 2%-ot, a mérés leállt, a próbatestet pedig töröttnek tekintettük. A 2a ábra egy jellemző deformáció-ciklusszám görbét mutat.

Amint az a 2a ábrán látható, a deformáció egy gyors növekedéssel indul, ami ~1000 ciklusig tart. Ezzel együtt az alakváltozási sebesség gyorsan csökken ezen a szakaszon (2b ábra), majd fokozatosan állandósul. Nagyobb ciklusszámnál az alakváltozási sebesség (ciklusonkénti deformáció növekmény) értéke minimális, gyakorlatilag 0 ciklus⁻¹. Ezt a legtöbb cikluson át tartó állandósult részt az alakváltozási sebesség és a deformáció drasztikus növekedése követi, amely során a próbatest

eltörik. A mérési eredmények alapján a különböző terhelési szinteken a várható élettartamot statisztikai módszerrel (Weibull-eloszlás segítségével) határoztuk meg. A túlélés valószínűségét $P=80\%$ -ra vettük fel, a kapott terhelési szint-törési ciklusszám pontpárokat egyenest illesztettük. A 3. ábra a vizsgált fémhátrixú szintaktikus fémhabok terhelési szint-törési ciklusszám görbéit ábrázolja a jellemző hibásávok feltüntetésével.

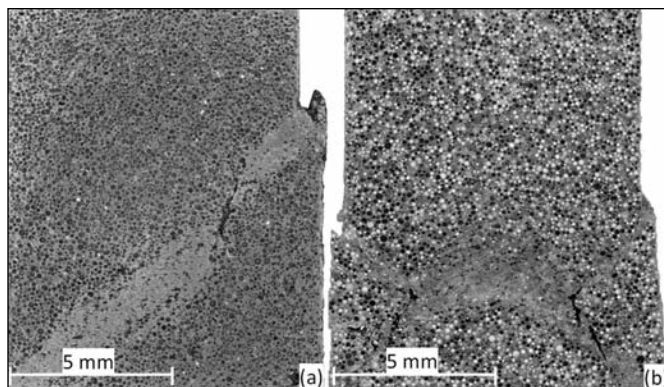
A 3. ábrán látható, hogy az illesztett vonalak ugyanabból a pontból indulnak, összhangban az anyag kvázi-statisztikus körülmények között mért nyomószilárdságával ($k=1$). A terhelési szint növelése a törési ciklusszám folyamatos csökkenését eredményezi. A különböző anyagok esetére ábrázolt vonalak közötti különbség a terhelési szint csökkenésével növekszik, mivel az Al99,5 és AlSi12 mátrixanyagú fémhabokban különböző törési mechanizmusok dominálnak. A lágyabb, ötvözetlen mátrixanyagú fémhab esetében nagyobb a várható törési ciklusszám a mátrix nagy deformá-

ciós képessége miatt. A közel eutektikus, Si-ötvöztetésű mátrixanyaggal rendelkező szintaktikus fémhab esetében a várható törési ciklusszám kisebb a tiszta mátrixú anyaghoz képest, köszönhetően az Al- és Si-lemezeknek, valamint az esetleges primer Si-kiválásoknak (az eutektikus összetétel 12,6 t% szilíciumot tartalmaz [21]).

A 4. ábrán egy AlSi12 szintaktikus fémhab fémmikroszkópi felvétele látható, amelyen az eutektikus mikrostruktúra és egy nagy, tömbszerű, a mikrogömbhéj felületén elhelyezkedő primer Si-kiválás is megfigyelhető. A Si-lemezek és a kiválások élei feszültséggyűjtő helyekként viselkednek, amik jó kiindulópontokként szolgálhatnak a mikrorepedéseknek.

A számításokhoz felhasznált összefüggések mellett foglalkozni kell a tönkremeneteli módokkal is. Kvázi-statisztikus nyomóvizsgálat esetében $H/D=1,5$ viszony mellett két tipikus tönkremeneteli mechanizmus különböztethető meg. Az Al99,5 mátrix esetében a lágy alapanyag képlékenyen alakváltozik, emiatt a tönkremenetelt ebben az esetben tipikusan a terhelés irányával ~30-40°-os szögben kialakuló zónában bekövetkező nyíródás okozza. A nyírási zóna kialakulását a gömbhéjak törőszilárdsága befolyásolja. A nagyobb szilárdságú, Si-ötvöztetésű mátrix esetében a tönkremeneteli zóna leggyakrabban lencse formájú, amelyből két kúp alakú nyíró felület halad a próbatest kerülete felé. Ez a tönkremeneteli mód a mátrixanyag folyáshatárától függ [16-18].

Ciklikus terhelés esetében a tönkremeneteli mód (5. ábra) a mátrixanyag és a kerámiagömbhéjak szilárdságától függ. Amennyiben a mátrix képlékenyen alakváltozik mielőtt a nyomófeszültség elérné a gömbhé-



■ 5. ábra. Makrofotók a törött Al99,5 (a) és AlSi12 (b) szintaktikus fémhabok hosszcsiszolatáról

Cikkek szerzők szerinti csoportosítása

Vaskohászat

- Jian Bian – Wang Li – Hardy Mohrbacher:** Nióbiummal mikroötvözött növelt ütközési energiaelnyelő press hardening acél fejlesztése3/1
- Móger Róbert – Farkas Ottó:** A nagyolvasztó aknarészében elhelyezkedő tapadványok hatása a gázkihasználásra.....3/11
- P. Dahlmann – R. Fandrich – H. B. Lüngen:** Acélgártás Európában – innovatív, hatékony, versenyképes.....1/1
- Vasas Viktor – Somogyi János – Veres Zsolt:** A hosszú idejű nitridálás és a gyors nitridálási technológia összehasonlító vizsgálata1/6

Öntészet

- Deffend Enikő:** Szuperduplex acél bevezetése a Magyarmet Bt.-nél1/11
- Dúl Róbert – Fegyverneki György:** Könnyűfém-öntvények hűtési technológiájának tervezése áramlás- és hőtani szimulációval3/25
- Ralf Boehm – Jürgen Asal – Bernhard Münker:** Út a gazdaságos és károsanyag-kibocsátástól mentes öntészet felé3/17
- Sélei Anett:** Vékonyfalú, ferrites alapszövetű gömbrgrafitos öntöttvas gyártása hőkezelés nélkül.....3/20

Fémkohászat

- Bánki Sándor:** Nemesfémkohászat Magyarországon, Körömöcbányától a Metal-Art-ig1/25
- Dobóczy István – Iby Ágnes:** Kovácsolási technológia komplex fejlesztése a Teka Magyarország Zrt.-nél (MOFÉM)3/31
- Károly Zoltán – Balázi Csaba – Balázi Katalin – Gergely Gréta – Petrik Attila – Lábár János:** Alumínium mátrixú kompozitok előállítás szikrakisüléses szinterelési technikával1/20
- Németh Tamás:** Új PROPERZI alumínium durvahuzal gyártósort épített az INOTAL Zrt.3/34
- Vitányi Márton:** Újra fényezve, avagy a fémöntvény kálváriája1/27

Anyagtudomány

- Bálint Attila – Májlinger Kornél – Szlancsik Attila:** Fém gömbhéj erősítésű szintaktikus fémhabok mechanikai tulajdonságai3/39
- Budai István:** Fémemulziók előállítása1/35
- Koncz-Horváth Dániel – Gácsi Zoltán:** Az energiadiszperzív röntgenfluoreszcens spektrometria alkalmazhatósága elem-analitikai feladatokra1/37
- Májlinger Kornél – Orbulov Imre Norbert:** Hibrid szintaktikus fémhabok szilárdsági jellemzői1/29

- Radányi Ádám – Sycheva Anna – Gácsi Zoltán:** Ön tükrisztályképződés az elektronikai iparban. Kutatási lehetőségek korrelatív mikroszkópia segítségével.....1/43
- Svéda Mária – Sycheva Anna – Kovács Jenő – Rónaföldi Arnold – Roósz András:** Forgó mágneses mező hatása a Sn-Cd peritektikus ötvözet kristályosodására3/45

Miskolci Egyetem FORR-ÁSZ projekt TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0019

- Baumli Péter – Vaskó Gergely – Laczkó Sebastian – Sycheva Anna – Svéda Mária:** Ólommentes forrasztóanyagok nedvesítésvizsgálata: Sn-Ag/Cu rendszer2/21
- Csik Attila – Takáts Viktor – Haki József – Vad Kálmán – Tóth József – Kövér László – Török Tamás – Kaptay György – Lévai Gábor – Kun Éva – Sós Dániel – Glodán Györgyi – Szabó Máté:** Ipari minták felületközelési összetételének vizsgálata tömegspektrometriával2/33
- Dezső András – Kaptay György:** Rézforrasztásra használt ón-ezüst-réz rendszer egyensúlyi vizsgálata2/2
- Gyenes Anett – Lanszki Péter – Nagy Erzsébet – Gácsi Zoltán:** Nikkellel mikroötvözött Sn-0,7Cu ólommentes forrasztóanyagok vizsgálata2/12
- Harangi Zoltán – Kékesi Tamás:** Forrasztási ónhulladék olvasztásából származó ón-dioxidos felzék átalakítása karbotermikus redukcióval és marónátronos ömlesztéssel2/57
- Kulcsár Tibor – Kékesi Tamás:** Az elektrolitós ónraffinálás kísérleti vizsgálata és az elektródfolyamatok értékelése....2/47
- Lassú Gábor – Svéda Mária – Török Tamás:** Az acél-tűzománc kötése erősség és az átmeneti réteg vizsgálata változó égetési idő függvényében.....2/41
- Molnár Alíz – Kardos Ibolya – Molnár István – Gácsi Zoltán:** Az ezüsttartalom hatása ólommentes forrasztóanyagok tulajdonságaira2/17
- Rontó Viktória – Tranta Ferenc – Svéda Mária – Baumli Péter – Czagány Máté:** Ólommentes forrasztóanyagok vizsgálata: Sn-Bi ötvözetek2/7
- Szirmai Georgina – Tóth József – Török Tamás:** Alumínium felületállapotának módosítása és XPS-vizsgálata hipofoszfites előkezelés és kémiai nikkel-foszfor bevonatképzés után ..2/37
- Tóth Gergely Bálint – Masahito Uchikoshi – Kékesi Tamás:** Az ön katódos leválását befolyásoló polarizációs jellemzők potenciodynamikus vizsgálata sósavas ón-klorid oldatokban2/52
- Török Tamás – Batta Beatrix:** Ólommentes forrasztóanyagok fejlesztése a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán2/1
- Török Tamás – Sós Dániel – Kun Éva – Szabó Máté – Haki József – Csik Attila – Kövér László – Glodán Györgyi – Vad Kálmán:** Vékonybevonatos felület-előkezelések ólommentes előforrasztáshoz2/29
- Urbán Péter – Kun Éva – Ferenczi Tibor – Sós Dániel – Török Tamás:** Fémfelületek finomtisztítása levegő-plazmasugaras kezeléssel2/25



Dunaújvárosi Főiskola
TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0027

Árki Péter – Pázmány Judit – Verő Balázs: Könyöksajtolt rézminták újrakristályosítása5-6/11
Bereczki Péter – Krállics György: Ciklikus folyási feszültség meghatározása alumínium többletengelyű kovácsolásakor5-6/6
Csepeli Zsolt – Bereczki Péter – Verő Balázs – Szabó Péter János – Kardos Ibolya: Az átalakulási hőmérséklet és a megelőző képlékeny alakváltozás kapcsolata5-6/15
Fekete Balázs – Trampus Péter – Radnóczy György: Az anyagszerkezetben végbemenő változás kinetikájának vizsgálata a reaktortartály anyagának termomechanikus fáradása során.....5-6/25
Janó Viktória – Trampus Péter – Verő Balázs: Nagy teljesítőképességű szerkezeti anyagok kutatása a Dunaújvárosi Főiskola Műszaki Intézetében5-6/1
Palotás Béla – Zemankó István – Rózsahegyi Richárd: Ferrites-martenzites DP-acélok ellenállás-ponthegesztése5-6/39
Péter László – Sánta Orsolya – Koós Gáborné – Földi József: Acéllemezek laboratóriumi pácolása a technológia szolgálatában5-6/21
Pór Gábor – Agócs Mihály – Kocsó Endre – Palotás Béla –

Trampus Péter: Háromdimenziós ultrahangos képalkotó rendszer kifejlesztése5-6/43
Pór Gábor – Csicsó Gábor – Danka Zsolt – Gárdonyi Gábor – Manhertz Gábor – Bereczki Péter – Szombathelyi Viktor – Trampus Péter – Verő Balázs: Akusztikus események detektálása TWIP-acélok szakítása közben5-6/30
Szabó Péter János – Csóré András – Berecz Tibor – Jenei Péter: Diszlokációsúrság mérése visszaszórtelektron-diffrakcióval5-6/18
Szalai Szabolcs: Nagy szilárdságú karosszérialemezek alakíthatósági vizsgálatai5-6/34
Szombathelyi Viktor – Bereczki Péter – Kardos Ibolya: TWIP-acélok alakváltozási mechanizmusának vizsgálata5-6/2

Hírmondó

Livo László: Életünk az energia 8 – Az éghető gáz: kényelmünk egyik forrása4/36
Lukácsi István: 60 éves az acélgyártás Dunaújvárosban5-6/60
Réthy Károly: Az erdélyi és máramarosi mosott arany tisztasága4/34
Tardy Pál: Beszámoló a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés 2014. március 13-i taggyűléséről2/65

Közlemények

Vaskohászat

A MVAE 2013. december 12-i évzáró ülése1/9

Öntészet

A magyar öntészet 2013. évi termelési adatai3/28
A Magyar Öntészeti Szövetség 2014. évi díjazottjai..3/29
A Magyar Öntészeti Szövetség tisztújító közgyűlése 3/27
A világ öntvénytermelése 2012-ben2/76
Beszámoló a 71. Öntészeti Világkongresszusról3/29
Dinamikus fejlődés a Magyarmet Bt.-nél1/14
Elnökségi ülés és szakmai nap.....1/16
Emlékezés a 150 éve létesült Oetl-öntödére1/17
Figyel a média az öntészetre3/30
Színes hírek1/19

Fémkohászat

Kohászati életpályák1/28
Szakmai Nap a HILTI Szerszám Kft. kecskeméti gyárában3/37

Anyagtudomány

Merre tovább járműipar.....1/48

Dunaújvárosi Főiskola
TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0027

Szemcseméret-kategóriák5-6/47

Hírmondó

120 éves a „Jó szerencsét!” köszöntés4/48
25 éves a FÉMALK Zrt.5-6/55
6. ipari emléknep Salgótarjánban1/55
60 éves az acélgyártás Dunaújvárosban.....5-6/60
A Fémkohászati Szakosztály ünnepi vezetőségi ülése2/67
A Közép-európai Vaskultúra Egyesület Magyar Tagozatának tevékenysége, célkitűzése3/51
A lengyel és magyar kohászok egyesületi együttműködésének 50 éve.....3/53
A Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés június 11-i taggyűlése3/55
A Műszaki Anyagtudományi Kar hírei 2014. május–június3/61
A Műszaki Anyagtudományi Kar hírei1/58
Az OMBKE 104. Küldöttgyűlése4/2
Az OMBKE szakosztályainak beszámolója a 2010–2014 közötti munkáról3/57
Beszámoló az MTA Metallurgiai Tudományos Bizottságának 2013. évi munkájáról1/61
Beszélgetés dr. Verő Balázssal, az MTA doktorával5-6/51
Borbála-napi megemlékezések.....1/49
Egy életpálya a fém jegyében (Beszélgetés Roósz András akadémikussal)3/49
Egy tudományos folyóirat metamorfózisa1/61
Egyesületi hírek1/54, 2/66, 3/53, 4/12, 4/41, 5-6/68
Együttműködési megállapodás a Földtudományi Civil Szervezetek Közösségének létrehozásáról és működteséről4/56



Együttműködési megállapodás a Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeummal	2/68	Luca-napi szakestély a budapesti vaskohászoknál ..	1/57
Emlékeztető az OMBKE 2014. április 23-i választmányi üléséről	3/56	Moravitz Péter 85 éves	2/69
Emlékeztető az OMBKE választmányi üléséről	1/57	Múzeumi hírek	2/68, 4/53
Emlékeztető az OMBKE választmányi üléséről.....	5-6/69	Múzeumok Éjszakája Ganz Ábrahám egykori öntödéjében	5-6/71
EMT konferencia Erdélyben	4/46	Nekrológok	
Fazola Fesztivál (VII. Fazola-napok) Miskolc – 2013	1/54	Dr. Czeke Arisztid (1929–2013)	2/72
Fémszövetségi hírek	5-6/71	Dr. Esztó Péter (1943–2014)	5-6/70
Hagyományaink az UNESCO szellemi kulturális örökségek nemzeti jegyzékén	5-6/70	Gáspár Jenő (1932–2013)	1/65
Hatvan éves az OMBKE Dunaújvárosi Szervezete	5-6/66	Dr. Herendi Rezső (1933–2014)	2/72
Hazai hírek	4/48	Dr. Horváth Dezső (1928–2014)	1/68
Interjú dr. Gács Zoltán egyetemi tanárral	2/63	Horváth István (1942–2014).....	3/64
KAN – A ma tudománya – a holnap gyakorlata	1/59	Dr. Kálmán Sándor (1928–2014)	2/75
Kitüntetések a március 15-i nemzeti ünnep alkalmából ..	2/66	Lorge György (1935–2014)	1/65
Köszöntések:.....	1/63	Dr. Nagy Zoltán (1923–2014).....	2/74
Dobó Ottó Ferenc.....	2/71	Németh József (1938–2014)	1/68
Faragó Péter	3/62	Dr. Oláh Zoltán (1945–2014)	3/63
Dr. Fehér András	2/70	Dr. Rittinger János (1939–2013)	1/67
Gorondi István	2/71	Szabylár Péter (1948–2013)	1/66
Hantó Kálmán.....	2/71	Szomolányi Tibor (1911–2013).....	1/65
Ináncsi István	2/70	Várhelyi Rezső (1924–2014)	2/73
Kálmán József	1/64	Dr. Wopera László (1938–2013)	1/65
Lakner József	3/62	OMBKE-előadás a Dunaújvárosi Főiskolán.....	5-6/67
Liptay Péter	1/64	Selmeci Szalamander 2014.....	5-6/68
Sipos István	2/70	Szakmai Nap Kecskeméten	1/55
Szentesi István.....	3/63	Szemelvények kohászatunk múltjából	
Dr. Tóth Levente.....	1/64	A munkácsi vasgyár	1/B4
Verbó Géza	2/69	Bodvaj (Magyarhermány, románul Herculian), Füle (románul Filia)	3/B4
Külföldi hírek	4/35, 4/40, 4/47, 4/55	Tartalom és tárgymutató – 2013	3/I–IV
		Új öntészeti kiállítások Sárospatakon	4/50
		VI. Őzdi Ipari Örökségvédelmi Konferencia	3/54
		XXI. Szigetközi Szakmai Napok és Baráti Találkozó	5-6/68

Betűrendes névmutató

Vaskohászat

Dahlmann, P	1/1
Fandrich, R.....	1/1
Farkas Ottó	3/11
Jian Bian	3/1
Lüngen, H. B.	1/1
Móger Róbert	3/11
Mohrbacher, Hardy	3/1
Somogyi János	1/6
Vasas Viktor	1/6
Veres Zsolt	1/6
Wang Li	3/1

Öntészet

Asal, Jürgen	3/17
Boehm, Ralf	3/17
Deffend Enikő	1/11
Dúl Róbert.....	3/25
Fegyverneki György	3/25

Münker, Bernhard	3/17
Sélei Anett.....	3/20

Fémkohászat

Balázsi Csaba	1/20
Balázsi Katalin.....	1/20
Bánki Sándor.....	1/25
Dobóczky István	3/31
Gergely Gréta	1/20
Iby Ágnes	3/31
Károly Zoltán	1/20
Lábár János	1/20
Németh Tamás	3/34
Petrik Attila	1/20
Vitányi Márton	1/27

Anyagtudomány

Bálint Attila	3/39
Budai István	1/35



Gácsi Zoltán.....	1/37, 1/43
Koncz-Horváth Dániel.....	1/37
Kovács Jenő.....	3/45
Májlínger Kornél.....	1/29, 3/39
Orbulov Imre Norbert.....	1/29
Radányi Ádám.....	1/43
Rónaföldi Arnold.....	3/45
Roósz András.....	3/45
Svéda Mária.....	3/45
Sycheva Anna.....	1/43, 3/45
Szlanicsik Attila.....	3/39

**Miskolci Egyetem FORR-ÁSZ projekt
TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0019**

Batta Beatrix.....	2/1
Baumli Péter.....	2/7, 2/21
Czagány Máté.....	2/7
Csik Attila.....	2/29, 2/33
Dezső András.....	2/2
Ferenczi Tibor.....	2/25
Gácsi Zoltán.....	2/12, 2/17
Glodán Györgyi.....	2/29, 2/33
Gyenes Anett.....	2/12
Hakl József.....	2/29, 2/33
Harangi Zoltán.....	2/57
Kaptay György.....	2/2, 2/33
Kardos Ibolya.....	2/17
Kékesi Tamás.....	2/47, 2/52, 2/57
Kövér László.....	2/29, 2/33
Kulcsár Tibor.....	2/47
Kun Éva.....	2/25, 2/29, 2/33
Laczkó Sebastian.....	2/21
Lanszki Péter.....	2/12
Lassú Gábor.....	2/41
Lévai Gábor.....	2/33
Masahito Uchikoshi.....	2/52
Molnár Alíz.....	2/17
Molnár István.....	2/17
Nagy Erzsébet.....	2/12
Rontó Viktória.....	2/7
Sós Dániel.....	2/25, 2/29, 2/33
Svéda Mária.....	2/7, 2/21, 2/41
Sycheva Anna.....	2/21
Szabó Máté.....	2/29, 2/33
Szirmai Georgina.....	2/37
Takáts Viktor.....	2/33
Tóth Gergely Bálint.....	2/52

Tóth József.....	2/33, 2/37
Török Tamás.....	2/1, 2/25, 2/29, 2/33, 2/37, 2/41
Tranta Ferenc.....	2/7
Urbán Péter.....	2/25
Vad Kálmán.....	2/29, 2/33
Vaskó Gergely.....	2/21

**Dunaújvárosi Főiskola
TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0027**

Agócs Mihály.....	5-6/43
Árki Péter.....	5-6/11
Berecz Tibor.....	5-6/18
Bereczki Péter.....	5-6/2, 5-6/6, 5-6/15, 5-6/30,
Csepeli Zsolt.....	5-6/15
Csicsó Gábor.....	5-6/30
Csóré András.....	5-6/18
Danka Zsolt.....	5-6/30
Fekete Balázs.....	5-6/25
Földi József.....	5-6/21
Gárdonyi Gábor.....	5-6/30
Janó Viktória.....	5-6/1
Jenei Péter.....	5-6/18
Kardos Ibolya.....	5-6/2, 5-6/15
Kocsó Endre.....	5-6/43
Koós Gáborné.....	5-6/21
Krállics György.....	5-6/6
Manhertz Gábor.....	5-6/30
Palotás Béla.....	5-6/39, 5-6/43
Pázmány Judit.....	5-6/11
Péter László.....	5-6/21
Pór Gábor.....	5-6/30, 5-6/43
Radnóczi György.....	5-6/25
Rózsahegyi Richárd.....	5-6/39
Sánta Orsolya.....	5-6/21
Szabó Péter János.....	5-6/15, 5-6/18
Szalai Szabolcs.....	5-6/34
Szombathelyi Viktor.....	5-6/2, 5-6/30
Trampus Péter.....	5-6/1, 5-6/25, 5-6/30, 5-6/43
Verő Balázs.....	5-6/1, 5-6/11, 5-6/15, 5-6/30
Zemankó István.....	5-6/39

Hírmondó

Livo László.....	4/36
Lukácsi István.....	5-6/60
Réthy Károly.....	4/34
Tardy Pál.....	2/65

jak törőszilárdságát, akkor a mátrixanyag képlékeny deformációja addig fog nőni, amíg a leggyengébb régióban ki nem alakul a nyírási sík (5a ábra Al99,5 mátrixanyagnál). Ez létrejöhet a mátrix kritikus helyein (falak, gömbhéjak közötti rések), mivel itt többtengelyű feszültségállapot van jelen a habszerű szerkezet felépítése és a mátrixanyag mikropoláros viselkedése miatt. Később a deformálódott zóna kiterjed, vastagszik, ezzel felgyorsítva a tönkremeneteli folyamatot. A másik esetben (AlSi12 mátrixanyagnál), amikor a gömbhéjak eltörnek, mielőtt a mátrixanyag képlékenyen deformálódna, lencse alakú tönkremeneteli zónák alakulnak ki a próbatest középvonalában (5b ábra). Az összetört gömbhéjak környezetében a mátrixanyag képlékenyen deformálódik (a gömbhéjak által nyújtott merevség jelentős csökkenése miatt), és kitölti a törött gömbhéjak helyén keletkezett üregeket. Ennek köszönhetően a teljes alakváltozás gyorsan növekszik.

Megjegyezzük, hogy a tönkremeneteli módok részletesebb vizsgálatához további mérésekre és a mikroszkópikus léptékben végbemenő tönkremeneteli folyamatok elemzésére, vizsgálatára van szükség.

4. Következtetések

A szintaktikus fémhabok deformáció – ciklusszám görbét három részre lehet bontani. Az első szakaszban a deformáció gyorsan növekszik, majd beáll; a második, és egyben leghosszabb szakaszban a deformációnövekmény gyakorlatilag zérus; az utolsó, harmadik szakaszban gyors deformációnövekedés tapasztalható, amely a próbatest töréséhez vezet.

A mátrixanyagnak döntő hatása van a szintaktikus fémhabok adott terhelési szint mellett várható törési ciklusszámára. A lágyabb mátrixanyag nagyobb élettartamot eredményez. A különböző mátrixanyagú próbatestek esetében a törési ciklusszámban jelentkező különbség a terhelési szint csökkenésével nő.

A szintaktikus fémhabok tönkremeneteli módja függ a mátrixanyag folyáshatára és a kerámiagömbhéjak törőszilárdsága közötti kapcsolattól.

5. Köszönetnyilvánítás

A kutatómunkát és a cikk létrejöttét a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatta (Szebényi Gábor és Orbulov Imre Norbert).

Irodalom

- [1] Májlinger K. – Orbulov I. N.: Hibrid szintaktikus fémhabok szilárdsági jellemzői, BKL Kohászat 2014, 1, 29–34.
- [2] Bozóki B. – Májlinger K.: Alumínium mátrixú hibrid kompozitok kopási tulajdonságainak vizsgálata, Proceedings of XXII. Nemzetközi Gépészeti Találkozó, Nagyszében, Románia, 2014, 62–65.
- [3] Kozma I. – Zsoldos, I. – Dorogi, G. et al.: Computer tomography based reconstruction of metal matrix syntactic foams, Period. Polytech. Mech. Eng. 2014, 58, 87–91.
- [4] Kozma I. – Dorogi G. – Papp Sz.: Kerámia gömbhéjakkal erősített fémhab kompozitok szerkezetének CT alapú rekonstrukciója, Anyagok Világa, 2014, 1, 60–72.
- [5] Santa Maria, J. A. – Schultz, B. F. – Ferguson, J. B. et al.: Al–Al₂O₃ syntactic foams – Part I: Effect of matrix strength and hollow sphere size on the quasi-static properties of Al–A206/Al₂O₃ syntactic foams, Mater. Sci. Eng. A. 2013, 582, 415–422.
- [6] Ferguson, J. B. – Santa Maria, J. A. – Schultz, B. F. et al.: Al–Al₂O₃ syntactic foams–Part II: Predicting mechanical properties of metal matrix syntactic foams reinforced with ceramic spheres, Mater. Sci. Eng. A. 2013, 582, 423–432.
- [7] Ferguson, J. B. – Santa Maria, J. A. – Schultz, B. F. et al.: Effect of hollow sphere size and size distribution on the quasi-static and high strain rate compressive properties of Al–A380–Al₂O₃ syntactic foams, J. Mater. Sci. 2014, 49, 1267–1278.
- [8] Weise, J. – Lehmhus, D. – Baumeister, J. et al.: Production and properties of 316L stainless steel cellular materials and syntactic foams, Steel. Res. Int. 2014, 85, 486–497.
- [9] Peroni, L. – Scapin, M. – Avalor, M. et al.: Syntactic Iron Foams – On Deformation Mechanisms

and Strain-Rate Dependence of Compressive Properties, Adv. Eng. Mater. 2012, 14, 909–918.

- [10] Peroni, L. – Scapin, M. – Avalor, M. et al.: Dynamic mechanical behavior of syntactic iron foams with glass microspheres, Mater. Sci. Eng. A. 2012, 552, 364–375.
- [11] Peroni, L. – Scapin, M. – Fichera, C. et al.: Investigation of the mechanical behaviour of AISI 316L stainless steel syntactic foams at different strain-rates, Compos. Part B. 2014, 66, 430–442.
- [12] Taherishargh, M. – Belova, I. V. – Murch, G. E. et al.: Low-density expanded perlite–aluminium syntactic foam, Mater. Sci. Eng. A. 2014, 604, 127–134.
- [13] Taherishargh, M. – Belova, I. V. – Murch, G. E. et al.: On the mechanical properties of heat-treated expanded perlite–aluminium syntactic foam, Mater. Des. 2014, 63, 375–383.
- [14] Venda, L. – Neville, B. – Rabiei, A.: Fatigue in aluminum–steel and steel–steel composite foams, Mater. Sci. Eng. A. 2009, 517, 146–153.
- [15] Caty, O. – Maire, E. – Douillard, T. et al.: Experimental determination of the macroscopic fatigue properties of metal hollow sphere structures, Mater. Lett. 2009, 63, 1131–1134.
- [16] Orbulov, I. N. – Ginzler, J.: Compressive characteristics of metal matrix syntactic foams, Compos. Part A. 2012, 43, 553–561.
- [17] Orbulov, I. N.: Compressive properties of aluminium matrix syntactic foams, Mater. Sci. Eng. A. 2012, 555, 52–56.
- [18] Orbulov, I. N. – Ginzler, J.: Compressive behaviour of metal matrix syntactic foams, Acta Polytech. Hungarica. 2012, 9, 43–56.
- [19] DIN 50134 Testing of metallic materials – Compression test of metallic cellular materials (2008). DIN 50134 Testing of metallic materials – Compression test of metallic cellular materials (2008).
- [20] Májlinger, K. – Orbulov, I. N.: Characteristic compressive properties of hybrid metal matrix syntactic foams, Mater. Sci. Eng. A. 2014, 606, 248–256.
- [21] Binary alloys phase diagrams, 2nd ed., ASM International, 1990, p. 211.

Volfrám-karbid szemcsékkel erősített alumínium mátrixú kompozit fejlesztése

Fém mátrixú kompozitok különböző módokon készíthetők. A kompozitok készítésénél fontos, hogy az erősítő fázis és a mátrix között megfelelő tapadás, adhézió alakuljon ki. Ehhez szükséges, hogy az olvadt fém felületét ne fedje oxidhártya, valamint a fémolvadék az erősítő fázist a lehető legjobban nedvesítse.

Jelen munkánkban alumínium mátrixú volfrám-karbid szemcsékkel erősített kompozit fejlesztésével foglalkozunk. Az erősítő fázisnak szánt szemcséket K_2TiF_6 -só segítségével juttattuk az alumíniumolvadékba.

1. Bevezetés

A kompozit anyagok olyan többfázisú anyagok, melyekben megkülönböztünk erősítő fázist és befoglaló fázist, a mátrixot. Fém mátrixú kompozitok esetében mátrixként a könnyűfémek közül főleg alumíniumot használnak. Az erősítő fázisok között nagy mennyiségben valamilyen karbonformát, szén nanocsövet, grafit-szálat használnak. Erősítő fázisként alkalmazhatóak kerámia fázisok is, például karbidok, (SiC, TiC, WC) oxidok, (Al_2O_3), illetve nitrdek, így pl. alumínium-nitrid is. Minden erősítő fázis esetén elmondhatjuk, hogy a kompozitok szilárdsági tulajdonságait az erősítő fázis és a mátrix között kialakuló adhéziós energia határozza meg.

Fém mátrixú kompozitok előállíthatók olvadék fázisú, valamint szilárd fázisú módszerekkel. Az olvadék fázisú módszerek közé tartozik a kompozit öntés, a nyomásos öntés, illetve a nagy nyomású gázzal történő fém-infiltráció. Szilárd fázisú eljárás például a porkohászati technológia. Jelen összefoglalónkban az olvadék fázisú kompozit készítését fogjuk áttekinteni.

2. Kompozitok előállítása öntészeti módszerekkel

A kompozitok előállításának lehetőségei attól függően változnak, hogy milyen módon szeretnénk az erősítő fázist a mátrixba juttatni. Az ex situ esetben, amikor az erősítő fázis ren-

delkezésre áll, azaz a mátrixba kívülről visszük be, az öntészeti módszerek, valamint a porkohászati eljárások jönnek szóba. Emellett természetesen beszélhetünk in situ kompozitokról is, amikor az erősítő fázis a mátrixban valamilyen kémiai reakció, kiválás során jön létre. Munkánk során öntészeti módszerrel, ex situ módon kívánjuk előállítani kompozitjainkat, így a következő alfejezetekben az öntészeti eljárásokat részletezzük.

2.1. Kompozit öntés

A kompozit öntés során a kerámia-szemcséket folyamatos keveréssel juttatják az olvadékba. A szuszpenzió előállítása során ahhoz, hogy az olvadék felületéről az oxidréteget el tudják távolítani és a valós fémolvadék/erősítőfázis határfelület létrejön, védőgázt alkalmaznak. Ilyen oxidbontó védőgáz az argon és kénhexafluorid ($Ar-SF_6$) gáz keveréke. A szuszpenzió keverése közben a legfontosabb, hogy a szemcsék egyenletes eloszlása biztosított legyen [1]. A kompozit olvadékot hagyományos

Somlyai-Sipos László közgazdász BSc (2009), jelenleg BSc-hallgató a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. Kutatási területe: fém mátrixú kompozitok, forrasztások nedvesítés vizsgálata.

Baumli Péter anyagmérnök (2002), PhD (2009). Jelenleg a Miskolci Egyetem Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai intézetében docens, valamint a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. Mérműi Divíziójánál kutató. Kutatási területe: fém mátrixú kompozitok fejlesztése, határfelületi jelenségek vizsgálata, nanotechnológiák.

Kaptay György kohómérnök (1984), a műszaki tudomány kandidátusa (1988), habilitált doktor (1998), egyetemi tanár (1999), az MTA doktora (2005). Jelenleg a Miskolci Egyetem Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai intézetében tanszékvezető egyetemi tanár, valamint a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. Mérműi Divíziójánál cso-

portvezető. Kutatási területe tudományterületek szerint: kémiai termodinamika, határfelületi jelenségek, elektrokémia, transzportfolyamatok, nanotechnológia.

Bálint Péter anyagmérnök BSc (2011). Kutatási terület: fém mátrixú kompozitok előállítása.

Dezső András anyagmérnök MSc (2012), PhD-hallgató a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola képzésében. Kutatási témája: fémolvadék-rendszerek térfogati és határfelületi termodinamikája.

Simon Andrea anyagmérnök (2005), PhD (2010). Jelenleg a Miskolci Egyetem Kerámia- és Szilikátmérnöki Intézeti Tanszékén adjunktus. Kutatási területe a porkohászati technológiák, fémkompozitok vizsgálata.

Gácsi Zoltán kohómérnök (1974) műszaki egyetemi doktor (1979); a műszaki tudomány kandidátusa (1993); PhD (2003), habilitált doktor (2004); az MTA doktora

(2004). 2004-től a Miskolci Egyetem Anyagtudományi Intézetének egyetemi tanára. Kutatási területe: fémkompozitok előállítása, szerkezetvizsgálat, számítógépes képfeldolgozás és képelemzés.

Angeliki Lekatou kohómérnök, PhD, egyetemi docens, University of Ioannina, Department of Materials Science and Engineering. Kutatási területe: fémkompozitok előállítása, korróziós vizsgálatok, szerkezetvizsgálat.

Athanasios Sfikas anyagmérnök MSc (2012) PhD-hallgató, University of Ioannina, Department of Materials Science and Engineering. Kutatási területe: fémkompozitok előállítása, korróziós vizsgálatok, szerkezetvizsgálat.

Alexander Karantzalis kohómérnök (1993), PhD (1997), egyetemi adjunktus, University of Ioannina, Department of Materials Science and Engineering. Kutatási területe: fémkompozitok előállítása, szerkezetvizsgálat.

módon öntik az előkészített öntőmin-tába [2].

Az öntészeti kompozitok esetében, amikor az erősítő fázist, pl. a szemcséket az olvadékba keverjük öntés előtt, csak egy bizonyos százalékig tudjuk a szemcsék mennyiségét növelni az olvadékban. A szemcsék adagolása az olvadék viszkozitását növeli [3], majd egy bizonyos erősítő-fázis-mennyiség mellett (felett) elérjük az ún. „perkolációs küszöböt”, azaz az erősítő fázisok a mátrixban hálót alakítanak ki, emiatt a fémolvadék/szemcse kétfázisú rendszer lát-szólagos viszkozitása olyan mértékben nő meg, hogy a kompozitunk önt-hetetlenné válik. A kompozitok ilyen előállításánál az olvadékban lévő szemcsék koagulálódhatnak [4], amit el kell kerülni. A koagulációt úgy lehet elkerülni, ha az erősítő fázist a mátrix olvadéka tökéletesen nedvesíti.

2.2. Kompozitok előállítása nagy-nyomású gázzal történő féminfiltrációval

Ha a kompozitba a perkolációs küszöb értékétől nagyobb mennyiségben szeretnénk alkalmazni erősítő fázist, akkor jöhet szóba a féminfiltrációs eljárás. Ha a fémolvadék az erősítő fázis felületét jól nedvesíti, akkor az erősítő fázisból készült preformába a fémolvadék külső nyomás alkalmazása nélkül behatol. Ha a fémolvadék az erősítő fázist nem nedvesíti, akkor a fémolvadékat külső nyomás alkalmazásával tudjuk a preformába kényszeríteni [2, 5].

SiC előforma alkalmazása esetén [6] problémaként jelentkezik, hogy a mátrix anyagául szolgáló fémolvadék az erősítő fázisként alkalmazott kerámiákat nem nedvesíti. Hogy a fémolvadékat mégis az előformába kényszerítsék, a kompozitok készítésénél az infiltráció után az alkalmazott nyomást növelik (> 70 MPa), és ezen a nyomáson tartják a kompozitot a fém megszilárdulásának végéig [2]. *Aghajanian* [7] kutatásai során az előforma pórusainak kitöltéséhez 10–100 MPa nyomást alkalmazott.

Rodriguez-Guerrero és mun-

katársai [8] is nyomásos infiltrációval állítottak elő Al/C kompozitot. A mátrix anyagául választott alumíniumot különböző elemekkel ötvözték. Azt tapasztalták, hogy a Ti és Cu nem, míg a Mg valamelyest csökkentette az infiltrációhoz szükséges küszöbnyomást, azaz javította az erősítő fázis/fémolvadék rendszer nedvesítési viszonyait. Az oxidhártya csökkentésére K_2ZrF_6 -tal vonták be a grafit felületét, mint ahogy *Magyar* és munkatársai is [9]. A kezelés a küszöbnyomást körülbelül a felére csökkentette.

Nagynyomású gáz alkalmazásával folyamatos féminfiltrációs módszerrel is lehet kompozitot előállítani. Ennek módja, hogy SiC-, Al_2O_3 -, illetve karbonszálakat húznak át nagy nyomás alatt lévő alumíniumolvadékon [11, 12]. Folyamatos féminfiltrációs módszerrel a nedvesítést elősegítő Mg-öt-vözéssel sikerült alumínium mátrixú, szénszál-erősítésű kompozit huzalokat gyártani [27].

A nedvesítési tulajdonságok javítása és a nem kívánt alumínium-karbid képződés elkerülése érdekében az erősítő fázis felületét fémmel vagy fémes jellegű kerámiával kell bevonni [10]. A folyamatos féminfiltrációs módszer esetén a gyártás szempontjából megfelelő a CVD-módszerrel létrehozott Al_2O_3 -, SiO_2 -, TiN-, illetve TiB_2 -bevonat, valamint a Cu- és Ni-bevonat is [13].

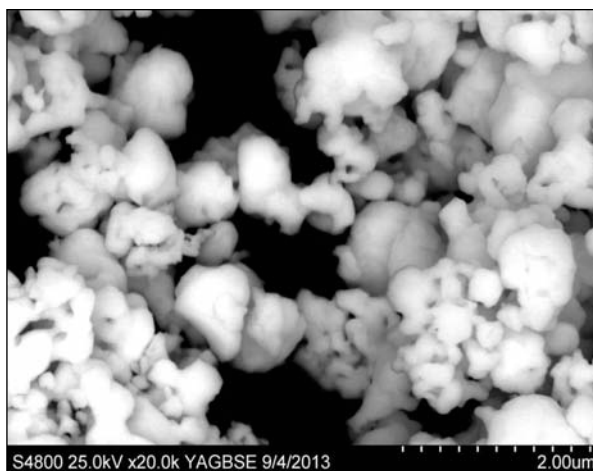
Nagy külső nyomás nélkül is lehetséges kompozitok előállítása infiltrációval. Ebben az esetben meghatározható egy kritikus peremszög érték. Ha a fémolvadék az erősítő fázist a kritikus peremszögtől nagyobb perem-

szöggel nedvesíti, akkor külső nyomás alkalmazása szükséges, ha kisebb, akkor a fémolvadék a pórusokba spontán behatol. Elméleti levezetések alapján, ha az infiltrációhoz használt porózus anyagot szorosan illeszkedő gömbök alkotják, a közöttük lévő pórusokba a penetrációhoz szükséges kritikus peremszög $50,7^\circ$ [14, 15].

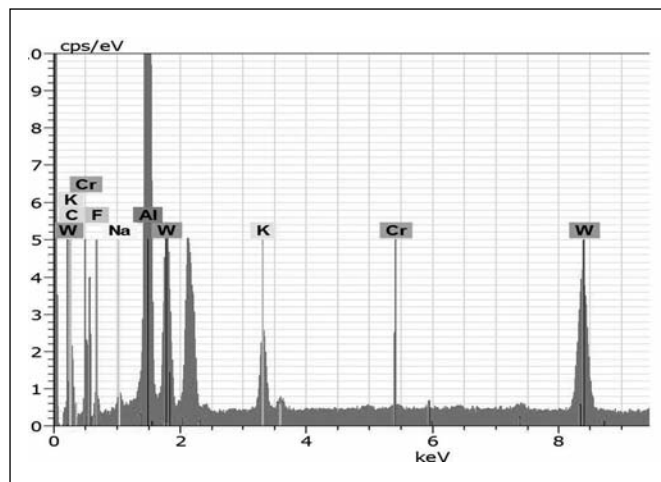
2.3. Kompozit előállítása sókeverékek alkalmazásával

Sóolvadékokat elsősorban azért használnak, hogy az alumíniumon lévő oxidhárttyát megszüntessék. A NaCl-KCl-KF típusú ún. fedősók vagy tisztítósók közismertek az Al-alapú ötvözetek olvasztása és tisztítása során. Az alkalmazott sóolvadékoknak több szerepe is van. A fluorid-tartalmú sóolvadékok alkalmasak arra, hogy a fémolvadék felületén lévő oxidhárttyát feloldják, megbontsák. Abban az esetben, ha a sóolvadék a zárványt jobban nedvesíti, mint a fémolvadék, akkor a sóolvadék a fémet képes a zárványoktól is megtisztítani [20]. Ehhez hasonlóan NaCl-KCl-NaF sókeverékkel az alumíniumolvadékban lévő SiC-szemcsék is eltávolíthatóak [21].

Roy és Sahai [22] azt vizsgálta, hogy az alapnak számítató NaCl-KCl ekvimoláris összetételű sóolvadékokhoz adagolt különböző klorid- és fluorid adalékok milyen mértékben képesek elősegíteni a kisméretű Al-olvadék cseppek koaleszcenciáját, ami akkor lesz sikeres, ha a cseppeket fedő oxidhárttyát a sóolvadék sikeresen feloldja. Megállapították, hogy a fluoridsók alkalmasak arra, hogy az oxidhárttyát feloldják. Ezen sók közül a legalkalmasabb a KF, illetve a NaF, LiF, Na_3AlF_6 . Az adalékok hatékonysága annál jobb, minél kisebb az Al/só határfelületi energia. Ez arra utal, hogy az Al-olvadék felületének oxidmentesítése nem azért történik meg, mert az Al_2O_3 feloldódik a sóolvadékban, hanem azért, mert a sóolvadék penetrál az Al 7 tf% tágulással járó olvadása miatt az oxidhárttyán megjelenő repedésekbe, majd azokon keresztül határfelületi okokból



1. ábra. A kísérletekhez használt WC-szemcsékről készített SEM-felvétel



■ 2. ábra. A mintáról készített SEM-felvétel, benne a W-tartalmú szemcsékkel, illetve a szemcséről készített EDS-felvétel

lefejt az olvadt Al-csepről az oxidhártyát.

Korábbi kutatómunkánk során sóolvadékok segítségével alumínium mátrixú kompozitokat állítottunk elő. Kompozitkészítésre először NaCl-KCl-K₂TiF₆ sóolvadékot használtunk, előbb Al₂O₃-szemcsékkel erősített alumínium mátrixú kompozitok készítése céljából [16], majd karbonszállal erősített Al kompozitok készítésére [17, 18]. Megállapítottuk, hogy sóolvadékok segítségével tökéletes nedvesítés érhető el alumínium/karbon, Al/SiC illetve Al/Al₂O₃ rendszerekben. A NaCl-KCl alapsó lecserélésével KCl-K₂TiF₆ összetételű sóolvadékokat alkalmaztunk segédfázisként, amelynek az alkalmazásával porozitásmentes Al/C kompozitot hoztunk létre [19].

Az Al/C, Al/SiC rendszerekben a nedvesítés javulásáért felelős K₂TiF₆-sót nemcsak olvadék formában alkalmazhatjuk, hanem úgy is, hogy tisztán csak a K₂TiF₆-sóból telített vizes oldatot készítünk, majd ezt az oldatot kristályosítjuk rá az erősítő fázis felületére [9, 23]. Az így kezelt erősítő fázist előmelegítjük, majd a megolvasztott alumíniumot ráöntjük. Ebben az esetben a fémolvadék/erősítő fázis határán a só eltávolítja az oxidhártyát, és biztosítja a valós fémolvadék/erősítőfázis határfelület létrejöttét.

Lekatou és munkatársai [24] K₂TiF₆-só alkalmazásával állítottak elő TiC- és WC-szemcsékkel erősített alumínium mátrixú kompozitot. Kísérleteik során a sót és a karbid szemcséket összekeverték, majd intenzív keverés mellett juttatták az alumíni-

umolvadékba. A keveréssel biztosították az erősítő fázis homogén eloszlását. A WC-szemcsék alkalmazása során az alumínium mátrixú kompozitban Al₃Ti és Al₅W intermetallikus fázisokat is azonosítottak.

3. Kísérleti körülmények

3.1. WC-szemcsék Al-olvadékba juttatása sóolvadék segítségével

Irodalmi adatok alapján a WC fémes jellegű karbid, ami azt jelenti, hogy az alumíniumolvadék jól nedvesíti, azaz kompozit készítésénél elégséges az olvadék felületéről eltávolítani az oxidhártyát. Ezért első kísérletsorozatunkban NaCl-KCl-NaF sókeveréket használtunk, kísérletenként eltérő mennyiségben alkalmazva a NaF-ot. A felhasznált alumíniumdarabok felületét 10 t%-os NaOH-oldat segítségével tisztítottuk meg a szennyeződésektől, ezt követően desztillált vízzel mostuk le a NaOH-ot, majd alkohollal mostuk át az alumíniumminta felületét. A megtisztított alumíniumdarabokat alumíniumoxid-tégelybe tettük, és ráhelyeztük a sókeverékkel összekevert WC-szemcséket. Az Al/WC-szemcsék tömegaránya 10, a só/Al arány 1 volt. Az alumíniumot a sóval és a tégellyel egy korrózióálló cellában 850 °C-ra fűtöttük fel, argongáz alatt. A kívánt hőmérséklet elérése után a só/WC/Al olvadékot 10 percen keresztül kevertük (800 fordulat/perc), végül 20 percig hűn tartottuk ezen a hőmérsékleten. A kísérlethez használt WC-szemcsék SEM-felvételét az 1. ábra mutatja. Az egyedi

volfrám-karbid szemcsék átmérője 1 μm alattinak bizonyult (1. ábra).

3.2. WC-szemcsék Al-olvadékba juttatása K₂TiF₆-só alkalmazásával

A második kísérletsorozatban K₂TiF₆-ból 100 °C-os, 3 g/10 ml koncentrációjú vizes oldatot készítettünk. A só vizes oldatát 5 g WC-porra öntöttük, majd az így kapott keveréket megszáritottuk. Az így elkészített WC-mintákon a vegyszer fajlagos mennyisége 0,135 mg/cm² lett, a WC-szemcsék felületegységére vonatkoztatva. Az így előkészített WC-szemcséket acél kokillába helyeztük. A kísérlet során a kokillát a WC-szemcsékkel előmelegítettük öntés előtt. Az előmelegítést 5 percig 750 °C-os kemencében végeztük. Az így előkészített WC-mintára öntöttük az alumíniumolvadékot. Ezt követően a kihűlt minták keresztmetszeti csiszolatát pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatnak vetettük alá.

4. Az eredmények bemutatása

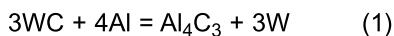
A következő alfejezetekben kutatásaink eredményeit ismertetjük, bemutatva a SEM-EDS-vizsgálat eredményeit.

4.1. WC-szemcsék Al-olvadékba juttatása keveréssel

A WC-szemcsék Al-olvadékba juttatását a 3.1. alfejezetben leírtaknak megfelelően végeztük el. Ebben a kísérletben a kívánt kísérleti hőmérséklet elérése után a mintát 10 percen keresztül kevertük. A mintáról

készített pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) felvételeket a 2. ábrán mutatjuk be. A SEM-felvételen látható, hogy az alumínium mátrixban (a felvételeken sötétebb szürke rész) nagyméretű világos fázisok találhatóak. Az EDS-vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy ezek a 100-500 µm nagyságú kiválások nagy volfrámtartalmú szemcsék, melyek a mintában szétszórtan helyezkednek el, illetve nemcsak annak felületén, hanem mélyebb rétegekben is (2. ábra).

A SEM-felvételen a W-tartalmú szemcse a bevitt WC-szemcséhez képest nagyon nagy, így biztos, hogy ezek nem azonosak az eredeti WC-szemcséinkkel. Ezt erősíti meg az EDS spektrum is. Az eredmények alapján azt állapíthatjuk meg, hogy az alumíniumolvadék és a WC-szemcsék a kísérlet hőmérsékletén kémiai reakcióba lépnek egymással, az alábbi reakcióegyenlet szerint.



Az 1. egyenlet szerinti reakciót kísérő standard szabadentalpia-változás értéke -38 kJ az előállítás hőmérsékletén [25], tehát a reakció nagy valószínűséggel végbemegy. Mivel az előállítás hőmérsékletén az (1) reakcióban keletkező volfrámatomok feloldódnak az Al-olvadékban, az (1) reakció még inkább jobbra tolódik, amit még inkább elősegít az Al-W intermetallidok kialakulása. Ráadásul a kiindulási elegyben 9 t% WC és 91 t% Al volt (azaz abszolút többségben vannak az Al-atomok), joggal feltételezhetjük, hogy az összes bevitt WC-szemcse Al_4C_3 -szemcsévé alakult át.

Ha 100 g rendszerből indulunk ki, amiben a kiindulási Al tömege 91 g, míg a WC tömege 9 g, akkor az Al-ban oldott W tömege 8,45 g, az (1) reakció szerint pedig a 0,55 g karbonnal 1,65 g Al fog 2,2 g Al_4C_3 szilárd karbid szemcsét alkotni. A maradék 89,35 g Al képez fémes ötvözetet a 8,45 g W-mal, aminek W-tartalma így 8,6 t% lesz. Az Al-W fázisdiagram szerint az ilyen összetételű ötvözet 850 °C-on (a gyártás során) kétfázisú lesz, nagyobb részt Al-W olvadékot, kisebb részt Al_5W intermetallikus vegyületet tartalmaz [26].

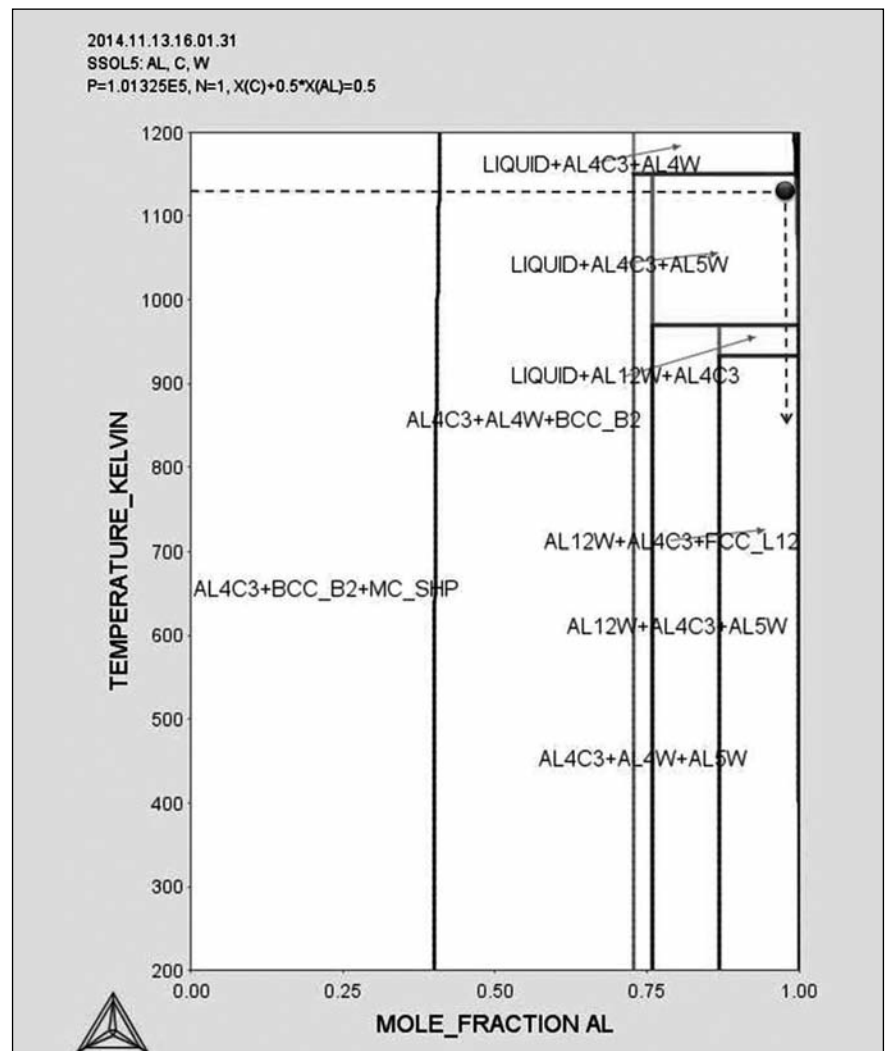
A hűtés során 697 °C hőmérséklet

környékén az Al_5W intermetallid és az Al-ban gazdag olvadék $Al_{12}W$ intermetallidot hoz létre [26], ami a további hűtés hatására már nem alakul át. Az olvadék kristályosítása után tehát végeredményben egy Al-ban gazdag mátrixot kapunk, amelyben Al_4C_3 és $Al_{12}W$ részecskék vannak diszpergálva. Egyensúlyban kb. 74,5 t%-ban közel színtiszta Al-mátrix fázist kapunk, benne 2,2 t% Al_4C_3 - és 23,3 t% $Al_{12}W$ -szemcsékkel (3. ábra).

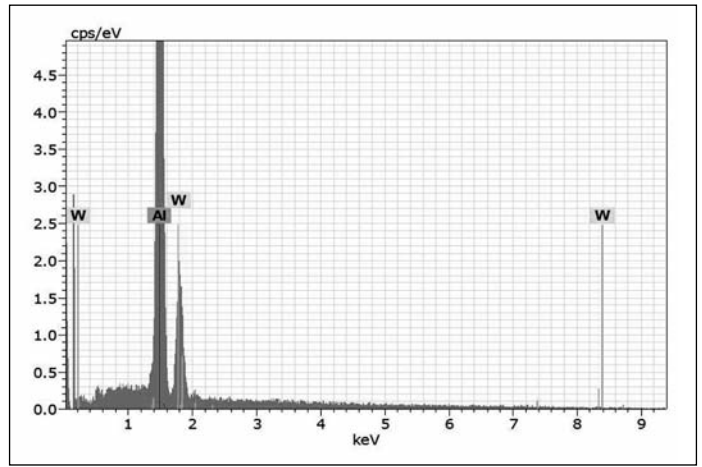
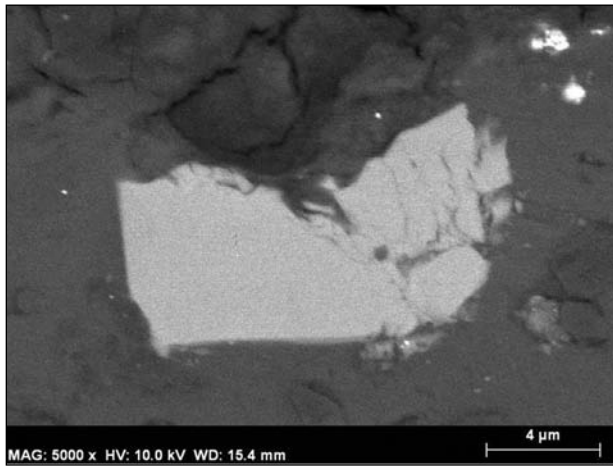
Végeredményben megállapíthatjuk, hogy a WC/Al rendszer termodinamikailag nem stabil, a WC-szemcsék a nagy többségben jelenlévő alumíniumatomok hatására részben Al_4C_3 -részben $Al_{12}W$ -szemcsékké alakulnak át. Amikor a WC-szemcséket sóolvadék fázis alkalmazása mellett visszük be az Al-olvadékba, ezt a reakciót semmi sem fogja megakadályozni.

4.2. WC-szemcsék Al-olvadékba juttatása K_2TiF_6 -só alkalmazásával

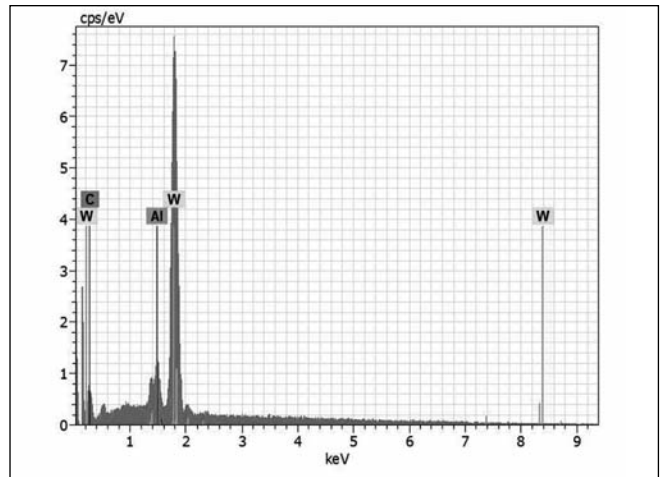
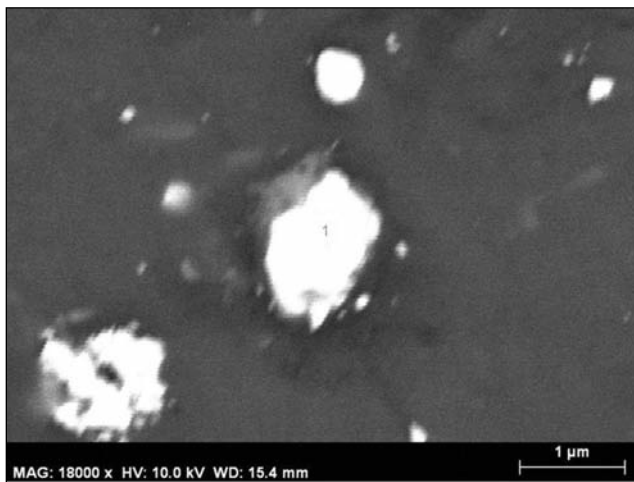
A 3.2 alfejezetben leírtak szerint a WC-szemcsék felületét K_2TiF_6 -sóval vontuk be. Az így kezelt WC-szemcsékkel készített alumínium mátrixú kompozit keresztmetszeti csiszolatának SEM-felvételét mutatja a 4a és 4b ábra. A 4a ábrán látható az előzőekben ismertetetthez hasonló volfrámtartalmú kiválás, amely az EDS spektrum tanúsága alapján intermetallikus fázis. A 4b ábrán látható szemcse viszont 1 µm körüli nagyságú, és az EDS spektrum szerint a W és a C együtt jelentkezik. Feltételezhető, hogy a 4b ábrán látható szemcse az eredeti WC-szemcsével azonos. Ebben a kísérletsorozatban az alumíniumolvadék és a WC-szemcse csak rövid ideig van kontaktusban, a kokillában gyorsan hűl a kompozit, és így a WC-



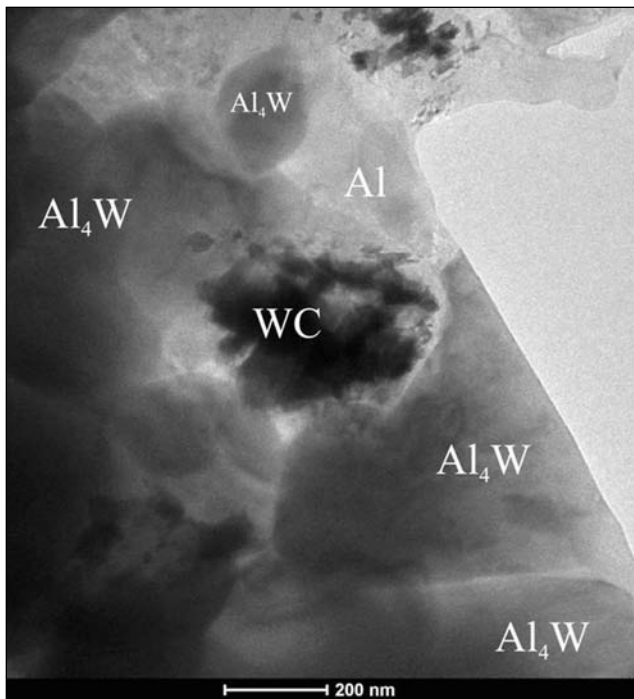
■ 3. ábra. ThermoCalc szoftverrel számolt Al-W-C fázisdiagram Al-WC metszete



■ **4a ábra.** A K_2TiF_6 -sóval felületkezelt WC-szemcsékkel készített kompozit SEM-felvétele és EDS spektruma



■ **4b ábra.** A K_2TiF_6 -sóval felületkezelt WC-szemcsékkel készített kompozit SEM-felvétele és EDS spektruma



■ **5. ábra.** K_2TiF_6 -sóval kezelt WC-szemcsékkel készített kompozit TEM-felvétele

szemcsék egy része nem tud reakcióba lépni az alumíniummal az (1) reakció szerint.

A volfrám és az alumínium között több intermetallikus fázis is kialakulhat. Ezek elkülönítése végett a K_2TiF_6 -sóval felületkezelt WC-szemcsével készített kompoziton TEM-vizsgálatokat végeztünk, melynek eredményét az 5. ábra mutatja. A TEM-felvételen látható WC-szemcse, amely nem lépett reakcióba

az alumíniummal. Emellett a mintában a nem-egyensúlyi viszonyok miatt Al_4W intermetallikus fázis is keletkezett.

5. Összefoglalás

Bemutattuk, hogy az Al/WC rendszer termodinamikailag nem stabil. E két fázis 850 °C -on való összeolvasztása, majd hűtése során az Al és a WC kölcsönhatásából Al_4C_3 és $Al_{12}W$ szemcsék keletkeznek (utóbbiak akkor, ha a fémes fázisba kevesebb mint 38 t% W kerül).

Ez a reakció szinte teljes mértékben végbemegy akkor, ha a WC-szemcséket nem vonjuk be semmivel, az Al-olvadékról pedig sóolvadék segítségével eltávolítjuk az oxidhártyát. Ha azonban a WC-szemcséket előzetesen K_2TiF_6 kristályokkal vonjuk be és rövid az Al-olvadék / WC reakcióidő, akkor a WC-szemcsék egy része eredeti formájában marad

meg az Al-mátrixban, és csak egy része bomlik el az egyensúlyi folyamatok szerint.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket fejezzük ki *Anna Sychevának* és *Cora Ildikónak* a SEM-, illetve a TEM-felvételek elkészítéséért. A kutatás a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 számú projekt támogatásával, az Európai Unió és az Európai Szociális Alap segítségével, és a TÉT_10-1-2011-0541 számú projekt társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- [1] *Davis, J. R. (Davis & Associates):* Aluminum-Matrix Composites, Aluminum and Aluminum Alloys, ASM Specialty Handbook, 1993, pp. 160–179.
- [2] *Toaz, M. W., J. P. Industries, Inc. Engine Products Group.:* Discontinuous Ceramic Fiber MMCs, Engineered Materials Handbook, Vol. 1. Composites ISBN: 087170-279-7; Copyright 1987.
- [3] *Jun Wang – Qixin Guo – Mitsuhiro Nishio – Hiroshi Ogawa – Da Shu – Ke Li – Shuxian He – Baode Sun:* The Apparent viscosity of fine particle reinforced composite melt, *Journal of Processing Technology* 136 (2003) 60–63.
- [4] *Janardan, P.:* Aluminum-Matrix high alumina slag particulate composites, *Scandinavian Journal of Metallurgy*, 22. k. 5. sz. 1993. okt. pp. 260–265.; Alumíniummátrixú kompozitok nagy alumínium-oxid-tartalmú salak-szemcsékkel, *Szerkezeti Anyagok és Korrózióvédelem*, 1994. 4. sz. 27–32. o.
- [5] *Cook, J. L. – Mohn, W. R., ARCO Chemical Company:* Whisker-Reinforced MMCs; *Engineered Materials Handbook*, Vol. 1. Composites ISBN: 0-87170-279-7; Copyright 1987.
- [6] *Yunsheng Xu – Chung, D. D. L.:* Low-volume-fraction particulate preforms for making metal-matrix composites by metal infiltration, *Journal of Materials Science* 33 (1998) 4707–4709.
- [7] *Aghajanian, M. K. – Macmilln, N. H. – Kennedy, C. R. – Luszcz, S. J. – Roy, R.:* Properties and microstructures of Lanxide Al₂O₃-Al ceramic composite materials, *Journal of Materials Science* 24 (1989) 658–670.
- [8] *Rodriguez-Guerrero, A. – Sanchez, S. A. – Narciso, J. – Louis, E. – Rodriguez-Reinoso, F.:* Pressure infiltration of Al- 12 w% Si-X (X + Cu, Ti, Mg) alloys into graphite particles preforms – *Acta mater.*, 2006, vol. 54, pp. 1821–1831.
- [9] *Magyar, A. – Gácsai, Z. – Kaptay, Gy. – Szalai, I.:* Development of hybride structures (in Hungarian) – *Proc. of Microcad '2000*, Section B: Materials Technology, University of Miskolc, pp. 121–126.
- [10] *Xia, Z. – Zhou, Y. – Mao, Z. – Shang, B.:* Fabrication of fiber – reinforced metal-matrix composites by variable pressure infiltration – *Metallurgical Transactions B*, 1992 June., v. 23B, pp. 295–302.
- [11] *Kientzl, I. – Orbulov, I. – Dobránszky, J. – Nemeth, A.:* The processing and testing of aluminium matrix composite wires, double composites and composite blocks, ECCM12, 12th European Conference on Composite Materials. Biarritz, 29th August – 1st September 2006, (CDROM) docs\192. pdf
- [12] *Orbulov, I. N. – Németh, Á. – Dobránszky, J.:* Composite production by pressure infiltration – *Mater Sci Forum*, 2008, vol. 589, pp. 137–142.
- [13] *Blücher J. – Dobránszky J.:* Kompozituzással erősített alumínium duplakompozit szerkezetek, *Kohászat*, 136. évf., 5. szám, 2003.
- [14] *Bárczy, T. – Kaptay, G.:* Modelling the infiltration of liquid metals into porous ceramics – *Materials Science Forum*, 2005, vols. 473–474., pp. 297–302.
- [15] *Kaptay, G. – Bárczy, T.:* On the asymmetrical dependence of the threshold pressure of infiltration on the wettability of the porous solid by the infiltrating liquid – *J. Mater. Sci.*, 2005, vol. 40, pp. 2531–2535.
- [16] *Baumli P. – Sychev J. – Kaptay Gy.:* SiC és Al₂O₃ kerámia szemcsék felületkezelése só olvadékban, kompozitok fejlesztése céljából – *BKL Kohászat*, 2006., 139. évf., 3. szám, 47–50.
- [17] *Baumli P.:* PhD-értekezés,
- [18] *Baumli, P. – Sychev, J. – Kaptay, G.:* Perfect wettability of carbon by liquid aluminum achieved by a multifunctional flux. *J. Mater Sci*, 2010, vol. 45, pp. 5177–5190.
- [19] *Juhasz, K. L. – Baumli, P. – Kaptay, G.:* Fabrication of carbon fibre reinforced, aluminium matrix composite by potassium iodide (KI) – potassium hexafluorotitanate (K₂TiF₆) flux, *Mater.-wiss. Werkstofftech.* 2012, vol. 43, No. 4, pp. 310–314.
- [20] *Masson, B. – Taghei, M. M.:* Interfacial reactions between aluminium alloys and salt flux during melting – *Mater Trans JIM*, 1989, vol. 30, pp. 411–422.
- [21] *Madarasz, D. – Budai, I. – Kaptay, G.:* Fabrication of SiC-particles shielded Al-spheres upon recycling Al/SiC composites – *Metal Mater Trans A*, 2011, vol. 42, pp. 1439–1443.
- [22] *Roy, R. R. – Sahai, Y.:* Coalescence behaviour of aluminum alloy drops in molten salts - *Mater Trans JIM*, 1997, vol. 38, pp. 995–1003.
- [23] *Rocher, J. P. – Quenisset, J. M. – Naslan, R.:* Wetting improvement of carbon or silicon carbide by aluminium alloys based on K₂ZrF₆ surface treatment: application to composite material casting – *J. of Mater. Sci.*, 1989, vol. 24, pp. 2697–2703.
- [24] *Lekatou, A. – Karantzalis, A. E. – Evangelou, A. – Gousia, V. – Kaptay, G. – Gácsai, Z. – Baumli, P. – Simon, A.:* Aluminium reinforced by WC and TiC nanoparticles (ex-situ) and aluminide particles (in-situ): Microstructure, wear and corrosion behaviour; *Materials and Design* 65 (2015) 1121–1135.
- [25] *Barin, I. (1993):* Thermochemical Data of Pure Substances
- [26] *Massalski, T. B. (ed) (1990):* Binary Alloy Phase Diagrams, second ed., 3 volumes, ASM International
- [27] *Tihanyi K. – Törzsök P. – Dobránszky J. – Bitay E.:* Alumínium-szénszál kompozituzal mikroszerkezetének vizsgálata, *Műszaki Tudományos Közlemények* 2. szám, EME Kiadó, 2015 (megjelenés alatt)

50 éves az Öntészeti Tanszék

2015. február 4-én mintegy száz vendég, a Műszaki Anyagtudományi Kar számos oktatója, a társszakmák képviselői, egykori és jelenlegi hallgatók jelentek meg azon az ünnepségen, amelyen az önálló Öntészeti Tanszék megalakulásának fél évszázados jubileumát ünnepeltük (1. kép).

Fél évszázad nem csak az ember életében nagy idő, legalább olyan nagy idő egy intézmény életében is. Igen, a tanszék átvitt értelemben és a valóságban is intézmény volt, életünk része, felnőtté válásunk terepe, ahol nemcsak a tudást szívhattuk magunkba, de számtalan példán tapasztalhattuk meg az emberséget, a segíteni akarást, s azt az erőt, amelyet a közösséghez tartozás élménye ad. Mert egy közösség volt – talán mondhatjuk, hogy most is az – az öntők nagy családja, melybe beletartozott a professzortól kezdve a gyárigazgatón keresztül az a diák is, aki csak éppen hogy ismerkedni kezdett a szakmával. De beletartozott a tanszék személyzete is a titkárnóktól a laboránsokon keresztül az öntőkhöz.

Az Egészségügyi Kar épületében rendezett ünnepség elnökségében dr. Palotás Árpád Bence professzor, a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánja, Kovács Sándor, a Magyar Öntészeti Szövetség elnöke és Katkó Károly, az OMBKE Öntészeti Szakosztályának elnöke foglalt helyet. Az ünnepség moderátora dr. Fegyvernek György c. egyetemi docens, tanszékvezető volt.

Az elnökség tagjai köszöntőkben méltatták azt az áldozatos oktatói, nevelői tevékenységet, amelynek eredményeként idáig több mint 550 öntőszakos mérnök kapott diplomát. Többségük a szakmában találta meg boldogulását, munkájuk nélkül elképzelhetetlen lett volna az a fejlődés, ami ezen a reményeink szerint ma már népgazdasági szinten is jelentősnek számító területen – főként a járműipari beszállító öntődéknek



1. kép. A jubileumi ünnepség résztvevői

köszönhetően – bekövetkezett.

A köszöntések után elsőként dr. Bakó Károly egyetemi magántanár kapott szót, aki dr. Nándori Gyula tanszékvezető professzor iskolateremtő tevékenységét méltatta. A humort sem nélkülöző előadása felvilágosította a tanszékalapító professzor egyéniségének jellemző momentumait, és azokat a tudományos eredményeket is, amelyek őt szakmája elismert, nemzetközi hírű tudósává avatták. Előadása végén továbbadta dr. Varga László mb. intézetigazgatónak azt a műves kupát, amit Nándori professzortól 60. születésnapjára kapott. Dr. Jónás Pál, dr. Tóth Levente és dr. Dúl Jenő három, önálló blokkot alkotó előadásukban az öntészet szakmai oktatásának régmúltját és személyeiket is bemutatva a tanszéken folyó öntészeti oktatás és kutatás első ötven évének eredményeit, sikereit foglalták össze. Mindhárman meghatározó személyiségek voltak a tanszék elmúlt időszakának, oktatói, kutatói munkájuk, oktatásszervező, a tanszék eszköz- és műszerállományát gyarapító tevékenységük nélkülözhetetlen volt az eredményes működéshez, többek között ahhoz, hogy irányításukkal, segítő közreműködésükkel 290 TDK-dolgozat született a tanszéken. Előadásukból sok olyan, sokunknak is újdonságnak ható információt és adatot ismerhettünk meg,

mint pl. az Öntész nóta keletkezését, a tanszéken tervezett és öntött dísztányérok történetét s azt, hogy az öntészet tudományát 1872-től oktatják önálló tantárgyként hazánkban. Utánuk dr. Varga László mutatta be előadásában az öntészeti felsőoktatás jelenét és jövőbeni feladatait, lehetőségeit.

A jubileumi rendezvényen adta át David Toth, a Nemak Győr Kft. ügyvezető igazgatója a 2013-ban alapított Nemak-díjat Boros Viktória öntészet szakirányos hallgatónak a



2. kép. Mende-Tokár Monika, David Toth és Boros Viktória

2014-ben végzett kiváló TDK-munkájáért. Konzulense *Mende-Tokár Monika* tanársegéd és *Czeglédi Miklós* (NEMAK Győr Kft.) volt (2. kép).

A program a műhelycsarnokban folytatódott, ahol ki-ki elmondhatta véleményét az öntészeti oktatás múltjával, jelenével és jövőjével kapcsolatban. A beszélgetés moderátora *dr. Molnár Dániel* egyetemi docens, intézeti tanszékvezető volt. Lehetőség nyílt az Öntészeti Oktató-Kutató Labor megtekintésére is Mende-Tokár Monika kalauzolásával. A rendezvényt fogadás zárta, melynek érdekes és látványos színpontja volt dékán úr fizikai jelenségeket bemutató előadása.

Az elmúlt évek során számos, szenvedélyes vitákat sem nélkülöző, az öntészeti vállalkozásokat képviselő vezetők, egyetemi vezetők és oktatók, szakmabeli PhD-sek és a MÖSZ képviselőinek találkozási során körvonalazódott, alakult ki az az elképzelés, amely az öntészeti felsőoktatás területén megvalósulni látszik. Ennek az a lényege, hogy a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagmérnöki Karán Öntészeti Intézetet hoztak létre, melynek keretein belül Járműipari Öntészeti Intézetet Tanszéket és a NEMAK Győr Kft.-vel aláírt együttműködési megállapodás alapján, a társaság székhelyén, Győrben Könnyűfémöntészeti „Nemak” Kihelyezett Intézetet Tanszéket hoztak létre. Ezzel



■ 3. kép. Az aláírási ünnepség résztvevői

megteremtődött annak intézményes lehetősége, hogy az egyetem akkreditált járműipari öntészeti szakirányos anyagmérnök BSc-képzését be lehessen indítani.

A duális képzés alapvetően az öntvénygyártó társaságok összefogásával valósul meg. Az Öntészeti Tanszék jubileumához is kapcsolódóan 2015. február 5-én a programban részt vevő 22 vállalkozás közül annak a nyolc vállalatnak a vezetője írta alá a Miskolci Egyetemen az együttműködési megállapodást, amelyek a képzést és az intézményi működtetést közhasznú adományozási szerződés keretében, jelentős hozzájárulással is támogatják. Ezek a következők: FÉMALK Fémöntészeti Alkatrészgyártó Zrt., PRECAST Öntödei Kft., CSABA METÁL Zrt., BUSCH-HUNGÁRIA Kft., CSABACast Könnyűfémöntöde Kft.,

ECSERI Kft., CERTA Zárgyártó, Présöntő és Szerszámkészítő Kft. és a Magyarmet Bt.

Az aláírási ünnepségen (3. kép) *dr. Deák Csaba*, a Miskolci Egyetem kancellárja kiemelte, hogy a duális járműipari öntészeti képzéshez csatlakozott 22 öntvénygyártó vállalkozás 2013. évi árbevétele meghaladta a 200 milliárd forintot, növekedésük az előző évhez képest megközelíti a 10%-ot. Nagy volumenű termelésfejlesztési beruházások valósultak és valósulnak meg náluk, melyek az ágazat további fejlődését biztosítják. Ebből következik, hogy esetükben jelentős az igény az öntészeti szakmai ismeretekkel rendelkező mérnökök iránt, amelynek kielégítésére országosan egyedül a Miskolci Egyetemen adottak az akkreditált, szakirányú képzés feltételei.

KÁROLY GYULA

A hazai metallurgus kohómérnökképzés története

Hazánkban a kohómérnökképzésben – 1872-ben történő megindulása óta és 143 éven keresztül – az öntészeti szakterületre irányuló képzés szerves részét képezte a fémeket előállító (extractive vagy chemical metallurgy) és a fémeket fel is dolgozó (process metallurgy) kohómérnökök egységes felsőfokú képzésének. 2015-ben ugyanakkor a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán olyan szervezeti átalakulás történt, ami a jövőt illetően sok kohász szakembert, így engem is elgondolkoztatott. A Metallurgiai és

Öntészeti Intézetből kivált öntész-
oktatók ugyanis egy új intézet keretében – duális képzési formában – „önálló” öntész-
képzés indítását kezdeményezték. A mérnökképzés gyakorlatiasabbá tétele és az anyagi ellátottság javítása szempontjából feltétlenül támogatandó ez a háttér-
ipar részéről is pozitívan fogadott kezdeményezés, viszont az évek óta sorvadó hallgatói létszám, véleményem szerint, akár oda is vezethet, hogy a túlspecializálódott oktatási struktúra kereteiben a fémeket előállító, ún. metallurgusképzés sorvadá-

sa folytatódik, s talán a vég kezdete-ként, a BSc II. évfolyamán metallurgus szakirányra jelentkezők hiányában nem is indul el ez a szakirányos képzés.

Ébresztő! Javaslom, hogy a jobb tisztánlátás érdekében, ezzel a történeti visszatekintéssel egyben a jövőre is figyeljünk!

A kohómérnökképzés kezdetei hazánkban

Az emberiség története során a fémek – hasznos tulajdonságaik miatt –

mindmáig kiemelkedő szerepet játszottak: erre utal a rézkor, a bronzkor elnevezés. Történészek definíciója szerint jelenleg az ún. vaskorszakban élünk, s hitünk szerint ebben élnek még gyermekeink, unokáink évszázadokon át annak ellenére, hogy a korszerű kerámiák, kompozitok, polimerek egyre jelentősebb konkurenciát jelentenek, jelenthetnek a fémek, fémötvözetek, az acélok és a vasalapú ötvözetek használatában, helyettesíthetőségükben.

A XVIII. század elejére Európában, így hazánkban is az egykor dúsgazdag – főleg arany, ezüst, réz – érclőhelyek hagyományos módon hozzáférhető és könnyen kinyerhető készletei gyakorlatilag kimerültek. A bányászatnak, ill. a bányászoknak meg kellett küzdeni az egyre fokozódó mélységekkel, a kohászatnak, ill. a kohászoknak az egyre nehezebben feldolgozható ércek kohósításával. Tekintettel arra, hogy ez idő tájt a bánya-, ill. kohóiparon kívül a világon sehol sem létezett másféle nagyipar, a bányász-kohász szakemberekre hárult a gépészet, az építészet, a vízszabályozás, az erdőgazdálkodás és a fafeldolgozás feladatainak ellátása is, ezért az akkori időkből származó bergbauwesen, montanwissenschaft kifejezések lényegesen szélesebb tudományterületeket foglaltak magukban, mint amit ma a bányászati, ill. kohászati tudományterület alatt értünk.

Az egyre gyarapodó bányász-kohász ismeretanyag előbb apáról-fiúra szállva öröklődött át a fiatalokra, majd céhszerű képzés alakult ki, azaz tapasztaltabb szakemberek, ún. bányatisztek mellett lehetett a tapasztalatokat, ismereteket rövidebb-hosszabb idő alatt megszerezni. A XVIII. század elején azután a Habsburg Birodalom állami-kincstári apparátusa bányászati-kohászati iskolák megteremtésével kívánta az utánpótlást biztosítani. Az ez idő tájt Európában létrehozott iskolák közül egyedül az 1735-ben alapított selmecebányai Berg-Schola vált életképesé, ennek az iskolának a tananyagát, tanrendjét, követelményrendszerét az ún. Instrukció [1–4] tartalmazza, melyből világosan kiderül, hogy hazai kohómérnök-képzésünk – s egyben bányamérnök-képzésünk – kezdete egyértelműen 1735!

A Berg-Schola megalapításával egyetemünk alapjai ugyan megteremtődtek, de az ekkori kétéves képzési forma még együttesen adott bányász-kohász képzettséget a Selmecebányán tanuló diákoknak, a bányászat és a kohászat oktatásának szétválása – önállósodása – csak az 1867-es kiegyezés után, 1872-ben következett be az akkori történelmi határainkon belüli Selmecebányán, immáron magyar nyelven. Egyetemünk alapításának dátuma tehát 1735, az önálló kohómérnök-képzés megindulásának dátuma viszont 1872! E két időpont között többször is átalakult az oktatás Selmecebányán, ennek határköiként említhető időpontok:

1762: Mária Terézia rendeletével a bányászati iskola (a Berg-Schola) még magasabb szintű intézménnyé (Academica Montanistica) alakult át.

Az eleddig kétéves képzés három évfolyamos képzésként folytatódott, 7 éven belül három tanszék létesült, melyből az elsőként létrejött Ásványtan, Kémia, Kohászat tanszék vezetésére Jacquin Vilmos bányatanácsos kapott megbízást, s őt követte ezen a poszton a tanszék 1866-os átalakulásáig

Scopoli János	(1769–1779),
Ruprecht Antal	(1779–1791),
Patzier Mihály	(1792–1811),
Höring Mihály	(1811–1820),
Wehrle Lajos	(1820–1835),
Ertl József	(1835–1837),
Bachmann József	(1837–1851),
Hauch Antal	(1851–1857),
Curter Ignác	(1857–1866).

1807: A selmeci akadémia keretein belül az erdészeti tanintézet létesítésével megindult az önálló erdész-képzés, és 1838-tól ennek tükröződéseképp az akadémia neve is Bányászati és Erdészeti Akadémiává változott.

1846: A tananyag reformjaként az eleddig három évfolyamos oktatás négy évfolyamosá alakult át, a tan-szabadság fokozatosan szűkült, egyre több előírással növekedtek a hallgatók kötelezettségei.

1868: 1866-ban a Kémia, Kohászat tanszéktől a kémia oktatását egy új tanszék, a Vegytan és Természetan tanszék vette át, a Kohászat és Kémiászet néven maradó kohászati szaktanszékre került Kerpely

Antal, s belekezdett a kohászat oktatásának átszervezésébe.

Első évfolyamtól indulóan évfolyamról-évfolyamra beindult a magyar nyelven történő képzés, mely 1872-ig teljesen kiszorította és felváltotta a korábbi német nyelvű képzést.

Azt, hogy az 1735-ben alapított Berg-Scholának kik voltak hallgatói, nem tudjuk. Írásos utalások vannak arra, hogy évente, évfolyamonként 8-8 tanuló vett részt az iskolászerű képzésben, s ez az iskolászerű képzés 1770-ig tartott, tehát mintegy 250 bányatiszt, tiszthelyettes kiképzése történt meg.

Faller Gusztáv m. kir. bányatanácsos és akadémiai tanárnak a selmeci bánya- és erdész akadémia évszázados fennállásának alkalmából összeállított emlékkönyvéből tudjuk [5], ki volt az a 4463 diák, aki bányász-kohász hallgatóként 1872 előtt az akadémiát elvégezte.

Kohómérnök-képzés a mai Metal-lurgiai Intézet jogelőd tanszékein 1872-től napjainkig

Kerpely professzor reformtörekvései alapján a Ferenc József által 1872. augusztus 15-én szentesített rendelet értelmében „a bányászati és erdészeti akadémian az 1871/72-es tanév végéig alkalmazott kötelező tanrend az új szervezettel megszüntetett, s a tanszabadság összekötve államvizsgákkal vagy szigorlatokkal léptetett életbe” [6–7]. Ekkor szétvált a bányászat oktatása a kohászattól, 1872-től a kohászat oktatása a bányászati akadémian belül kialakult

- bányászati
- fémkohászati
- vaskohászati
- gépészeti és építészeti

szakiskolák közül az önálló fém-, ill. vaskohászati szakiskola keretében, háromévfolyamos képzésként folytatódott tovább. Az első évfolyam tárgyai mind a négy szakiskolában azonosak voltak, a második, ill. harmadik évfolyam tematikái tértek el a szakirányok sajátosságai szerint. Az ekkor kialakított, majd 1876-ban finomított tanrend szerint rendszeresítették az abszolutórium megszerzése és üzemi-szakmai gyakorlat teljesítése utáni államvizsgákat. (Az államvizsgákról készült jegyzőkönyveket alapul

véve egy minikönyvben jelent meg az 1872–1997 között hazai diplomát szerzett kohómérnökeink listája [8]).

Az önálló hazai kohómérnök-képzés 1872. évi megindulása óta eltelt időszak alatt három helyszínen folyt a képzés: Selmecbányán 1919-ig, Sopronban 1919–1952 között, majd azóta Miskolcon. A selmeci, a soproni, ill. a miskolci időszak számos mozzanata közül az alábbiak emelhetők ki:

- Gyakori volt a névváltoztatás, s az

oktatás időtartamának változása.

- 1872-ben az alábbi szaktanszékkel indult meg a hazai kohómérnök-képzés:

Általános és elemző vegytan
(Schenek István)

Fémkohászat és fémkohótelepek tervezése

(Schréder Rezső)

Fémkohászati enciklopédia és vasöntészet

(Kubacska Hugó)

Vaskohászat és vasgyártás

(Kerpely Antal)

Általános és vasgyári gépek

(Farbaky István)

- A hazai kohómérnök-képzés során az oktatási egységek (tanszékek, intézetek) jelentős változásokon mentek át, ezt mutatja a mai Metallurgiai Intézet jogelődjeire vonatkoztatottan az 1. táblázat [9–17].

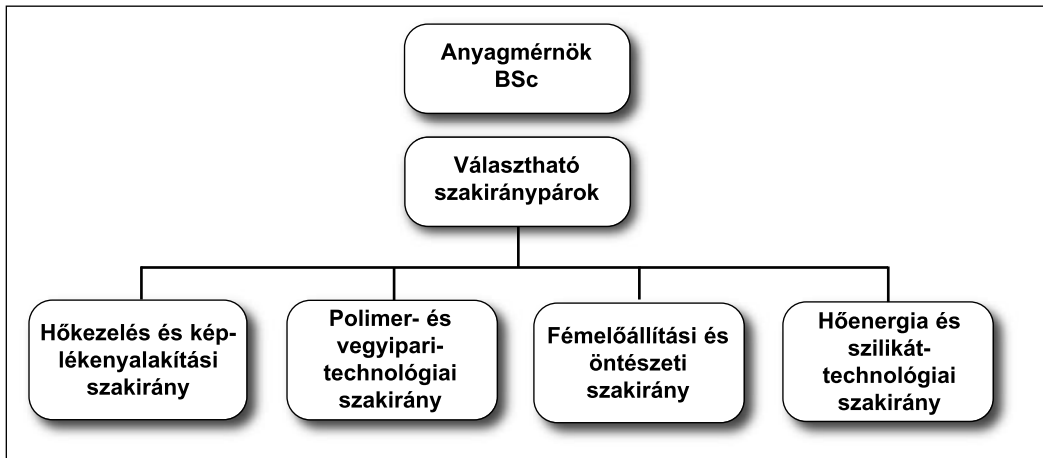
- A hazai kohómérnök-képzés során Selmecen, Sopronban és Miskolcon egyaránt az egyetemet végzetek elnevezése is – az aktuális tan-

1. táblázat

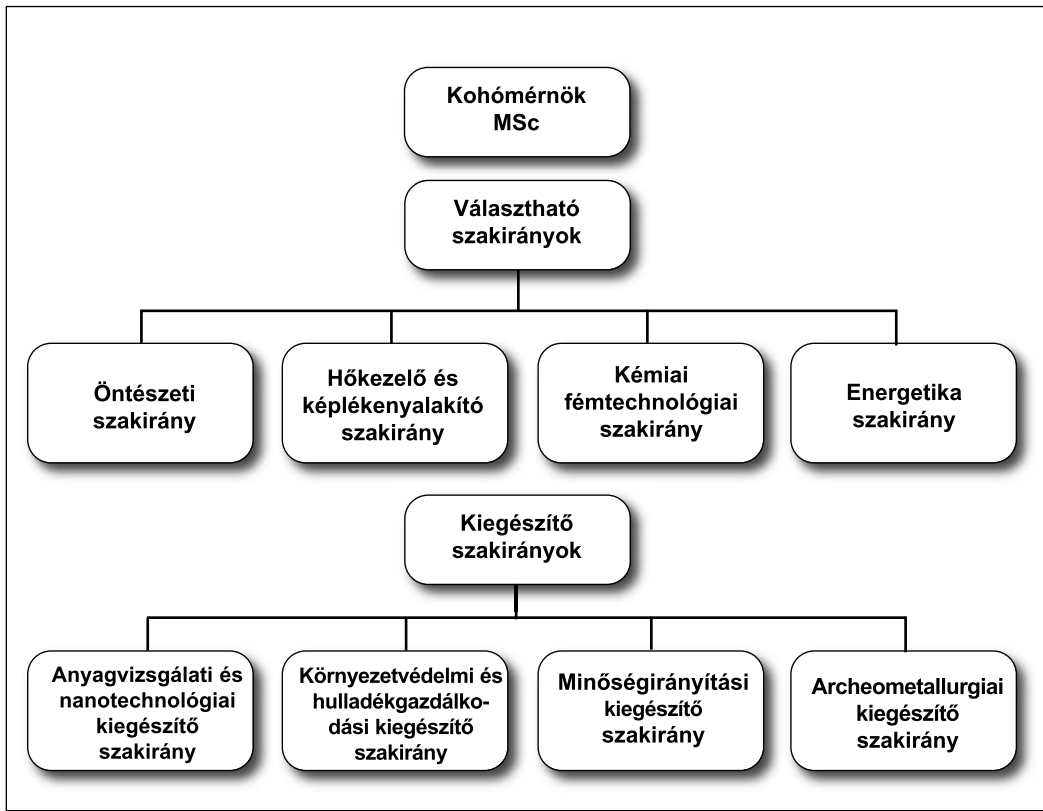
Időpont	A mai Metallurgiai Intézet jogelőd oktatási szervezeti egységeinek elnevezése, vezetője		
1763–1840	Ásványtan, Kémia, Kohászat Tanszék Jacquin Miklós 1763–1769 Scopoli János 1769–1779 Ruprecht Antal 1779–1791 Patzier Mihály 1792–1811 Höring Mihály 1811–1820 Wehrle Lajos 1820–1835 Ertl József 1835–1837 Bachmann József 1837–1840		
1840–1866	Kémia, Kohászat Tanszék Bachmann József 1840–1851 Hauch Antal 1851–1857 Curter Ignác 1857–1866		
1866–1872	Kohászat és Kémlészet Tanszék Curter Ignác 1866–1867 Richter Róbert 1867–1868 Kerpely Antal 1868–1872		
1870–1887	Fémkohászat és Fémkohótelepek Tervezése Tanszék 1870–1904 Fémkohászattani Tanszék 1904–1987 Schréder Rezső 1870–1888 Schelle Róbert 1888–1892 Mály Sándor 1892–1894 Faller Károly 1894–1913 Széki János 1913–1952 Horváth Zoltán 1952–1986 Pásztor Gedeon 1986–1987	Vaskohászat és Vasgyártás Tanszék 1872–1904 Vaskohászattani Tanszék 1904–1987 Kerpely Antal 1872–1881 Sóltz Vilmos 1881–1901 Barlai Béla 1901–1901 Balázs István 1919–1923 Cotel Ernő 1923–1944 Diószeghy Dániel 1944–1946 Zsák Viktor 1946–1955 Simon Sándor 1955–1956 Szele Mihály 1956–1960 Simon Sándor 1960–1986 Farkas Ottó 1987	Fémkohászati Enciklopédia és Vasöntészet Tanszék 1872–1876 Kubacska Hugó 1872–1876 Öntészeti Tanszék 1965–1987 Nándori Gyula 1965–1987
1987–2004	Metallurgiai Intézet Farkas Ottó 1987–1995 Károly Gyula 1995–2004		
	<i>Fémkohászattani Tanszék*</i> (Pásztor Gedeon 1987–1990) (Czeglédi Béla 1990–1995) (Kékesi Tamás 1995–1998) (Török Tamás 1998–2004)	<i>Vaskohászattani Tanszék*</i> (Farkas Ottó 1987–1995) (Tóth L. Attila 1995–2003) (Grega Oszkár 2003–2004)	<i>Öntészeti Tanszék*</i> (Nándori Gyula 1987–1991) (Szalay Gyula 1991–2000) (Tóth Levente 2000–2004)
2004–2011	Metallurgiai és Öntészeti Tanszék Károly Gyula 2004–2006 Dül Jenő 2006–2010 Török Tamás 2010–2011		
	<i>Fémkohászattani Szakcsoport*</i> (Török Tamás 2004–2006)	<i>Vaskohászattani Szakcsoport*</i> (Grega Oszkár 2004–2006)	<i>Öntészeti Szakcsoport*</i> (Dül Jenő 2004–2006)
2011–2014	Metallurgiai és Öntészeti Intézet Török Tamás 2011–2013 Kékesi Tamás 2013–2014		
	<i>Kémiai Metallurgiai és Felülettechnikai Tanszék*</i> (Kékesi Tamás 2011–)	<i>Öntészeti Tanszék*</i> (Dül Jenő 2011–2014)	<i>Metallurgiai (ISD Dunaferr) Kihelyezett Tanszék*</i> (Kardos Ibolya 2011–)

*Nem önállóan gazdálkodó szervezeti egységek

2. táblázat. Választható szakiránypárok a Miskolci Egyetemen az anyagmérnök BSc-képzésben 2014-ig



3. táblázat. Választható szakirányok a Miskolci Egyetemen a kohómérnök MSc-képzésben 2014-ig



rendeknek megfelelően – jelentősen változott. Amíg kezdetben Selmecen államvizsgázott vas- ill. fémkohász, majd vas- ill. fémkohómérnöki okleveleket adtak ki, addig Sopronban, ill. a miskolci évek elején előbb egységes kohómérnöki, később metallurgus-technológus végzettséget lehetett szerezni. A '60-as évek végétől negyedszázadon át az ágazati képzés volt az uralkodó, majd az egyfajta kísérletként bevezetett modulszerű képzés egy év utáni beszüntetését követően a szakirányú képzés terjedt el, a 2005/2006-ban elindított kétfélsős BSc-MSc képzés óta ennek egy speciális változata a gyakorlat.

2014-ig a hét féléves BSc-képzés során a hallgatók a harmadik szemeszter végén szakiránypárokat választottak (2. táblázat), adott esetben a metallurgus, a fémelőállítás és öntészeti szakirányt. Miután az

4. táblázat. A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán (ill. jogelődjein) metallurgusként végzett diplomások száma és aránya az összes végzetthez képest

	Selmec 1872–1919	Sopron 1919–1952	Miskolc			
			1953–1995	1995–2008	2009–2014	2015–
Összes diplomás fő	324	361	2096	739	236	?
Összes diplomás fő/év	5–10	9–12	~50	~50	~50	?
Metallurgusként diplomázott fő/év	3–4	4–5	16–20	4–5	2–4	?
Metallurgusként diplomázottak aránya %	~50	45–50	~33	~10	4–8	?

öntészeti szakirány 2015-től önálló képzést nyer, átmenetileg – jelentkező hallgató híján – a fémelőállítási szakirányon való képzés szünetel (→ kérdés a jövő!).

A korábbi okleveles mérnöknek megfelelő MSc-képzés során (BSc-képzés után még négy szemeszter) ugyancsak szakirányt választanak a hallgatók egy kiegészítő szakiránnyal együtt, a metallurgusnak megfelelő képzésben ma az ún. kémiai fémtechnológiai szakirányt kell választani.

A Kohómérnökeink 1872–2007 c. minikönyv [8] bemutatja az adott időszakban végzett kohómérnökeinket végzettségük szerint, ha ezt kiegészítjük az azóta eltelt időszak hasonló adataival (ami nem könnyű, mert az utóbbi években erőteljesen komplikálódott a végzettség szerinti elnevezés, aminek bemutatásával most nem is célszerű az olvasókat nehézségek elé állítani), akkor a 4. táblázatban látható igen szemléletes helyzetet kapjuk.

A Selmecen, ill. Sopronban végzeteknél még csupán vas-, ill. fémkohómérnök szerinti végzettség volt, így fele-fele alapon becsült a metallurgusok száma, Sopronban már megjelentek a kifejezetten technológus végzettségűek, ezért csökken némiképp a metallurgusok aránya.

Miskolcon 1995-ig személyenként jól azonosíthatóak a végzettségek, 1995–2008 között rendkívül szóródóak a végzettségek a modulrendszer, a szakirányos-ágazatos rendszer bevezetési és annak időszakonkénti változtatásai miatt.

2009-ben jelentek meg először a BSc-MSc végzettségek, e táblázatban a diplomásokkal összevethető MSc-végzettségűek szerepelnek az állami vizsga besorolás szerint. A BSc-végzettek száma ezen időszakban 333 fő volt, ennek kb. fele szerzett diplomát MSc-képzésben, a többi más egyetemről érkező BSc-s hallgató.

A 4. táblázat utolsó sora jól mutatja: 1995-ig a specializálódás mértékének megfelelően még jelentős a metallurgusképzés (itt az öntész nincs már metallurgusként számításba véve), a modulrendszer, a szakirányos-ágazatos rendszer erőteljesen felborította a korábbi időszak tendenciáit, a BSc-MSc-rendszerben pedig a klasszikus kohászati képzés rend-

kívül visszaszorult. Kérdés: a duális öntészképzés – noha elvileg ez egy támogatandó gyakorlatias képzési forma – véglegesen meg nem szüneteti-e a metallurgus képzést?

A Metallurgiai Intézet jogelőd intézményeinek vezető oktatói

A Metallurgiai Intézet ma a Miskolci Egyetemen a vas- és fémkohászat metallurgiai aspektusait, elméleti-gyakorlati vonatkozásait hivatott a leendő BSc-s, ill. MSc-s hallgatóknak oktatni elsősorban a fémelőállítási (és hulladékfeldolgozási) szakirányon tanulók, továbbá a felülettechnikai kiegészítő szakirányban tanulók számára. Ma az intézeten belül – a korábbi Öntészeti Tanszék kiválása után két különböző tanszék (Kémiai Metallurgiai és Felülettechnikai Tanszék, Metallurgiai – ISD Dunaferri – Kihelyezett Tanszék) működik, de ezek az intézeten belüli tanszékek nem önállóan gazdálkodó tanszékek, vezetőik kifelé – az egyetemen kívülre – semmiféle jogosítvánnyal nem rendelkeznek.

A mai Metallurgiai Intézet – mint egyetemünk minden más kohászati oktatási egysége – az Ásványtan, Kémia, Kohászat tanszékből eredeztethető. Kerpely Antal professzor 1868-ban Selmecen kerülése adott lökést, hogy a kiegyezést követően az önálló magyar kohómérnökképzés 1872. évi megindulásához a Kohászat és Kémlesztés Tanszék átszervezésével oktatói oldalról a feltételek adottak lehessenek. Előbb 1870-ben a Kohászat és Kémlesztés Tanszékből kiválva jött létre a Fémkohászat és Fémkohótelepek Tervezése Tanszék, melynek vezetésére Schröder Rezső főbányatanácsos kapott megbízást, majd 1872-ben a Kohászati és Kémlesztési Tanszék maradék része is kettévált, a Fémkohászati Enciklopédia és Vasöntészet névvel megalakult tanszék vezetésére Kubacska Hugó kapott megbízást, míg a Vaskohászat és Vasgyártás Tanszék megalapítását Kerpely professzor vállalta. A kiegyezést követő öt éven belül tehát a Kohászat és Kémlesztés Tanszékből három tanszék alakult, e három tanszék tekinthető a hazai kohómérnök-képzésünk szempontjából mai intézetünk őseinek, e három tanszék sok változással, de önállóságát meg-

tartva 1987-ig egymás mellett dolgozott, majd 1987-től intézetté egyesülve – egyben a korábbi tanszékek önállóságukat elveszítve – dolgozik ma is a táblázatban szerepeltetett oktatási egység elnevezésekkel.

Fémkohászat és Fémkohótelepek Tervezése (Fémkohászattani) Tanszék 1870–1987 [7, 10, 17]

Schröder Rezső (1870–1888)

Schröder Rezső (1826–1888) 1850-ben fejezte be tanulmányait a selmeci bányai Bányászati és Erdészeti Akadémián, majd néhány éves üzemi gyakorlatot szerzett réz-, ezüst-, ill. ólomkohászatban különböző felvidéki üzemekben. 1870-ben került vissza a selmeci bányai akadémiára a frissen alakult Fémkohászat és Fémkohótelepek Tervezése Tanszék élére, ahol jól kamatoztathatta üzemi beosztásában szerzett tapasztalatait, hiszen a fémkohászattani, fémkohótelepek tervezése, ill. a fémkémlesztés c. tárgyak előadásait adta elő magyar nyelven egy évtizeden keresztül, időnként változtatva a tantárgyak neveit és időtartamát, s gyakorta kiegészítve gyakorlati oktatással.

Schelle Róbert (1888–1892)

Schelle Róbert (1851–1925) kiváló selmeci bányai hallgatóként már részt vett az oktatásban, főleg kémiai elemzésekben Schenek István kémiai professzor támogatását élvezve. Schröder Rezső professzor halálát követve 1888-tól kinevezett professzorként erősen javította a tanszék köztudását az analitikai vizsgálatokhoz, e téren érte el sikereinek nagyobb részét, így érthetően Schenek professzor nyugállományba vonulását követően fémkohászati állását a Kémiai Tanszékkel cserélte fel, az így megüresedő helyre 1892-ben Mály Sándort nevezték ki.

Mály Sándor (1892–1894)

Mály Sándor (1848–1929) is selmeci diák volt, előbb erdész, majd bányász. Néhány éves fémkohászati gyakorlatot szerzve került 1892-ben a Fémkohászat és Fémkohótelepek Tervezése Tanszék élére. Vezetése alatt a kissármási földgázmező felfedezése is tanszéki érdemmé vált, de két év után a Pénzügy-

minisztériumba rendelték, a Bányászati Főosztály vezetését bízták rá, ahonnan sok-sok segítséget tudott adni alma materének (vaskohászati kísérleti laboratórium, ércelőkészítési laboratórium stb.).

Faller Károly (1894–1913)

Faller Károly (1857–1913) nevéhez fűződik az oktatási anyag rendszerezése és továbbfejlesztése. Négykötetes műve a Fémkohászat Kézikönyve máig is értékes szakértőanyag a tanszéki könyvtárban, hosszú időszakon keresztül ez a könyv volt fémkohászaink legfontosabb segédeszköze. Ebben az időszakban készítette el a tanszék az erdélyi járdvölgyi bauxitok kohósítására vonatkozó tanulmányt, amely alapja lett a magyar alumíniumkohászat kibontakozásának. Vezetése közben, 1904-ben változott a tanszék neve Fémkohásztani Tanszékre.

Széki János (1913–1952)

Széki János professzor (1879–1952) negyven évig vezette a tanszékot, és a rohamosan fejlődő tudományt és technikát a szakma szolgálatába állítva tudott élen járni tudományszakának fejlesztésében. Ebben az időszakban elsősorban a recski, nagybányai és a csúcsomi ércek, valamint a vasdús bauxitok hasznosítása jelentette a legfontosabb ipari kutatási feladatokat. A két világháború következményeként 1919-ben Sopronba, majd 1952-ben Miskolcra költözött a tanszék.

Horváth Zoltán (1952–1986)

Horváth Zoltán (1921–2004) vezetésével a jelenlegi székhelyen az egység kutatási és oktatási tevékenysége a hazai adottságoknak megfelelő irányokban erősödött. Alapvető területekké fejlődött a timföldgyártás és alumíniumkohászat, valamint a rézkiyerés, finomítás és ötvözés. Emellett nagy jelentőséget kaptak az egyéb színes- és ritkafémek kinyerési és tisztítási technológiái. A folyamatosan fejlesztett tananyag egyre inkább a korszerű termodinamikai és reakciókinetikai, valamint technológiai ismeretek alapjain épült fel.

Pásztor Gedeon (1986–1987)

Pásztor Gedeon (1941–2010) a

Csepeli Fémműből érkezett a tanszékre, érthetően ezért vezetése alatt nagy súlyt fektetett az ipari kapcsolatok erősítésére s új tankönyvek kiadására.

Vaskohászat és Vasgyártás (Vaskohásztani) Tanszék 1872–1987 [18–26]

Kerpely Antal (1872–1881)

Kerpely Antal (1837–1907) kohászatunk mindmáig legnagyobb hazai kiválósága, a magyar kohómérnök-képzésben, a vaskohászat megreformálásában, a szaknyelv magyarrá tételezésében, a selmeci akadémia nemzetközi hírnevének megteremtésében kiemelkedő érdemei vannak. Utcák, szobrok, festmények, tantermek, alapítványok, emlékérmek őrzik emlékét, a Műszaki Anyagtudományi Karon működő anyagtudományi doktori iskola is az ő nevét viseli. Halálának 100 éves évfordulója alkalmából 2007-et az OMBKE Kerpely-évként nyilvánította, kiállítás anyaga örökítette meg igen gazdag életútját [20–24, 25–27].

Tanszékalapítóként – a hazai kohómérnök-képzés alapítójaként – tekintünk Kerpely professzorra. Kerpely professzor 1881-től az akkori kormány felkérésére a kincstári vasgyárak központi tisztségét töltötte be, megvált a tanszéktől, így a tanszék a magyar kohászat külföldön is elismert és megbecsült kiváló vezéregyéniségét veszítette el, azt, aki egész életében tanult, tanított, kutatott és alkotott.

Sóltz Vilmos (1881–1901)

Sóltz Vilmos (1833–1901) követte Kerpely professzort a Vaskohászat és Vasgyártás Tanszék élén 1881-ben. Sóltz tudományos és irodalmi tekintetben csak részben követte előde nyomdokait, benne a tanári ambíció sokkal nagyobb volt, mint a tudományos munka iránti hajlam. A tanszéki gyakorlatok fejlesztése céljából igen nagy erőfeszítéseket tett a tanszéki gyűjtemény bővítésére. 1892-ben megalapította az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületet, melynek majd haláláig első elnöke volt. 1892-től négy éven át az Akadémia igazgatója is, ő avatta az új akadémiai épületet.

Barlai Béla (1901–1919)

Barlai (Neuherz) Béla (1870–1921)

vezetése alatt változott 1904-ben a tanszék neve Vaskohásztani Tanszékre. Fő törekvése részben a fizikai-kémia és a metallográfia magasabb szintre emelése, részben a kor követelményeinek megfelelő, új kísérleti laboratórium megépítése. 1909-ben megjelentette Kerpely könyve után a második magyar nyelvű vaskohászati könyvét két kötetben, s 1906–08 között megépítette a Főiskola – akkor Európa legmodernebb – vaskohászati kísérleti laboratóriumát. 1912–14 között a Főiskola rektora volt.

Balázs István (1919–1923)

Balázs István (1881–1962) vaskohómérnöki oklevelének megszerzését követően a tanszékre került, Barlai professzor súlyos betegsége idején, a selmeci Bányászati és Erdészeti Főiskolának Sopronba való áthelyezésekor vette át a tanszék vezetését. Sopronban üres, hideg, a katonaságtól elhagyott laktanyában, mindennemű felszerelés nélkül kezdte meg az oktatást, a laboratórium hiányát képekkel, rajzokkal igyekezett pótolni. Amikor Sopronban 1923-ban a tanszék új helyére költözött, kivált a Vaskohásztani Tanszék kötelékéből, s az általa szervezett Tüzeléstani és Anyagvizsgálati Tanszék vezetését vállalta el, s innen ment nyugdíjba 1938-ban.

Cotel Ernő (1923–1944)

Cotel Ernő (1879–1954) oklevelének megszerzését követően közel 20 évet hengerművekben töltött el. Hengerlési szakcikkei már ekkor érdeklődésre tartottak számot belföldön és külföldön egyaránt. 1923-ban a tanszékre kerülve átírta a tankönyvek nagy részét, új jegyzeteket készített a Nyersvasgyártás alapelvei, a Martinacélgyártás ill. a Hengerlés alapelvei címmel. Megteremtette Sopronban a laboratóriumi kísérleti lehetőséget is azzal, hogy 1929-ben létrehozta a Vaskohászati Kísérleti Intézetet. 1930-ban két évre rektornak választották, az Országgyűlésben felsőházi képviselő volt. A háború után – már mint nyugdíjast – az Akadémia levelező tagjává választotta.

Diószeghy Dániel (1944–1946)

Diószeghy Dániel (1900–1969) Balázs István nyugállományba vonu-

lásakor előbb a Tüzeléstan és Anyagvizsgálat Tanszék vezetésére kapott megbízást 1938-ban, de közben 1927-től a Vaskohászattani Tanszéken is tevékenykedett, előadásokat tartott. 1944-ben megbízást kapott a Vaskohászattani Tanszék vezetésére is, kettős tanszékvezető lett, amit csupán két évig vállalt, s 1946-tól maradt a Tüzeléstan Tanszéken. 1957-től félállásban a Tüzeléstan Kutató Intézet igazgatója is volt.

Zsák Viktor (1946–1955)

Zsák Viktor (1889–1967) vaskohómérnöki oklevelének megszerzését követően közel 20 éven keresztül különböző külföldi (ausztriai, tiroli, spanyolországi, norvégiai, romániai, bulgáriai) üzemekben dolgozott, főleg villamos kemencéket üzembe helyező és öntő szakemberként. A Vaskohászattani Tanszékre kerülve előbb a Tanszék háború utáni igen szegényes gyűjteményét igyekezett kiegészíteni, majd a tanszék Miskolcra költözködését követően az új laboratórium felállításában tevékeny részt vállalt. Jegyzetet készített a Nyersvasgyártás, az Acélgártás, a Vas-, acél és fémöntés, valamint a Vaskohászati enciklopédia c. tárgyakból, s ugyanezen tárgyak előadója is volt. Egészségi állapotának megromlása miatt 1955-ben nyugállományba vonult.

Szele Mihály (1956–1960)

Szele Mihályt (1896–1972) megelőzően Zsák Viktort rövid időre Simon Sándor váltotta a tanszék vezetésében, 1956 februárjától kérték fel erre a tisztségre Szele Mihályt, aki a Vasipari Kutató Intézet igazgatóhelyettesi státusza mellett félállásban vállalta a tanszékvezetést. Szele professzor a szakágazati vállalatok és felügyeleti hatóságok, valamint az OMBKE együttműködésének eredményes szószólója volt, a hagyományokat tisztelő kollegiális szellem hivatott ápolója. A tanszéken 1965-ig ő adta elő a Nyersvasgyártás, ill. az Általános kohászati ismeretek c. tárgyakat, 1965-ben nyugállományba vonult, ez azonban csak csökkentett munkatempót jelentett, haláláig tovább dolgozott a Vasipari Kutató Intézetben, s az Egyesületben.

Simon Sándor (1955–1956, 1960–1986)

Simon Sándor (1923–1989) szé-

leskörű szakmai-társadalmi tevékenységet végző oktatóként végigjárta a ranglétra minden fokát, aspiránstól a rektorságig. Az MTA levelező tagja volt. Éveken át vezette a kohászati tanszéki kutatócsoportot, kiemelkedően javította a tanszék ipari kapcsolatait. Egészségi állapotának megromlása miatt 1986-ban nyugállományba vonult.

Farkas Ottó (1986–1987)

Farkas Ottó (1930–) volt éveken át a Vaskohászattani Tanszék vezetőjének helyettese, 1986 év végén, amikor Simon professzor egészségi állapota olyannyira megromlott, hogy feladatait ellátni nem tudta, ő váltotta fel a tanszékvezetői tisztségben. Rövid időre, mert 1987 júniusában az önálló Vaskohászattani Tanszék megszűnt, a Vaskohászattani Tanszék, a Fémkohászattani Tanszék, ill. az Öntészeti Tanszék integrációjával megalakult a Metallurgiai Intézet, Farkas professzor vezetésével.

Fémkohászati enciklopédia és vasöntészet (Öntészet) Tanszék 1872–1876 [7, 13]

Kubacska Hugó (1872–1876)

Kubacska Hugó (1841–1890) m. kir. bányatanácsos 1872-ben került a selmeci akadémián zajló reform eredményeképpen akkor alakult Fémkohászati enciklopédia és vasöntészet tanszék élére. Kerpely Antal oktatta 1872-ig a Vasöntészet c. tárgyat, de óraterhelése e nélkül is heti 7-8 óra volt, így a reform során keresni kellett olyan személyt, aki tehermentesíteni tudja őt. Kubacska Hugó vállalta a Vasöntészet tárgy előadásait, amikor azonban e tárgy szigorlati tárgy lett, visszaadta a megbízást, s elkerült a helyi pénzverőbe, ahol később annak igazgatójává választották. Így 1876-tól újra Kerpely tartotta ezen tárgy előadásait, viszont úgy, hogy azt beépítette a Vaskohászattanba, így az óraterhelése hetente csupán 1 órával nőtt.

Kubacska Hugó eltávozásával a Fémkohászati Enciklopédia és vasöntészet Tanszék is megszűnt. Kerpelynek a selmeci akadémiáról 1881-ben történő távozása után az öntészet oktatása maradt a Vaskohászati és Vasgyártás (Vaskohászati) tan-

szék feladata. Zsák professzor kiváló öntész szakember is volt, vezetése alatt a tanszék jelentősen megnövelte az öntészet oktatására fordított időtartamot, s első ízben rendezett be formázóanyag-laboratóriumot. Zsák professzor nyugdíjba menetele után több kiváló öntész szakember (Budinszky Tibor, Varga Ferenc, Vereskői János) kapott megbízást az öntészeti jellegű tárgyak oktatására. 1959-től Nándori Gyula, a Vasipari Kutató Intézet tudományos munkatársa kapott felkérést a Vaskohászattani Tanszékre, előbb megbízással, majd 1963-tól egész állású docensként.

Nándori Gyula (1965–1987)

Nándori Gyula (1927–2005) az Öntészeti Tanszék 1965-ben történő megalakulásától kezdve – amely a Vaskohászattani Tanszékéből történő leválással alakult meg – az öntészeti oktatás kiteljesedésén, a gyakorlatias képzés színvonalának javításán fáradozott. Két-három fiatal tanársegéddel, néhány idősebb üzemi öntész szakemberrel rövid időn belül megteremtődtek a lehetőségei az önálló öntészképzésnek, ennek az iskolának volt Nándori professzor évtizedeken keresztül a mozgatórugója.

A Metallurgiai Intézet a művelődésügyi miniszter 32.068/1997. XI. számú leiratában rögzített határozata alapján 1987. július 1-jével jött létre azzal a célkitűzéssel, hogy az akkori Kohómérnöki Kar három legrégebben alakult szaktanszéke (a Fémkohászattani, az Öntészeti és a Vaskohászattani Tanszék) a klasszikus metallurgia oktatása terén jelentkező újabb feladatoknak egyfajta belső integráció adta előnyök kihasználásával az eddigieknél jobban meg tudjon felelni. A megalakulástól 1995. november 1-jéig az intézetigazgatói funkciót Farkas Ottó professzor látta el, 1995. november 1-jétől 2004. június 30-ig Károly Gyula professzor volt az intézet vezetője.

A Metallurgiai Intézetben belül a Fémkohászattani Intézeti Tanszékét három éven keresztül még Pásztor Gedeon vezette, majd az 1990-et követő négy évben Czeglédi Béla irányítása mellett megújultak és kifejlődtek a pormetallurgia, valamint a nemes- és ritkafém-metallurgia tantár-

gyak. A tanszék személyi állománya az 1980-as évektől kezdve fokozatosan fiatalodott, és 1995-ben a Japánból hazatért Kékesi Tamás vette át a vezetést 1999-ig, amikor újra külföldön folytatta az ultranagy tisztaságú fémekkel kapcsolatos kutatómunkát. Ez egyben a tanszék egyre erősödő nemzetközi együttműködését is fémjelzi, amely elsősorban a metallurgia legmodernebb területein bontakozik ki. Az intézeti tanszék vezetését a 2004-es racionalizálásig Török Tamás látta el.

A Metallurgiai Intézetben belül a Vaskohászattani Intézeti Tanszék vezetését is ellátta 1995-ig Farkas professzor, majd ezután 2003-ig Tóth Lajos Attila, a 2003/2004-es tanévben Grega Oszkár kapott vezetői megbízást. Tevékenységük során igyekeztek a tanszék az ipari kapcsolatait erősíteni, hogy az anyagi nehézségek áthidalhatók lehessenek.

A Metallurgiai Intézetben belül az Öntészeti Intézeti Tanszék vezetését 1990-ig Nándori professzor látta el, őt Szalay Gyula követte a tanszékvezetői beosztásban, majd 2000–2004-ig Tóth Levente. Szalay Gyula, ill. Tóth Levente vezetése alatt elsősorban a nyomásos öntés oktató-fejlesztő munkája területén történt előrelépés, s a nemzetközi kapcsolatok ápolása is – főleg németországi társegységekkel – példás volt.

A Metallurgiai Intézet létrejöttét egyfajta gazdálkodási kényszer is vezérelte, az előbbi felsorolás szerint intézetben belül 1987–2004 között is megmaradtak a tanszékek, mint tanszékcsoporthoz, viszont kifelé mindenféle jogosultság nélkül, jelentősebb költséggazdálkodási keretek nélkül. Fokozatosan sorvadott az intézet létszáma, 2004-ben az a döntés született, hogy az intézet tanszékké alakuljon vissza, csökkenő költséggazdálkodási keret mellett. Ekkor jött létre a Metallurgiai és Öntészeti Tanszék Károly Gyula professzor vezetésével, jelezvén egyrészt, hogy a tanszékcsoporthoz alapján rendkívül széleskörű továbbra is az oktatási egység oktatási-kutatási feladatköre, s egyre nagyobb hangsúllyal kell kezelni az öntészeti oktatás iránti kiemelt igényt.

A Metallurgiai és Öntészeti Tan-

szék vezetését Károly professzortól 2006-ban Dúl Jenő, az öntészeti szakcsoporthoz vezetője vette át, majd 2009-től Dúl Jenőt Török Tamás professzor, a fémkohászattani szakcsoporthoz vezetője váltotta. Dúl Jenő idejében érezhetően javult az öntészeti iparral a tanszék kapcsolata, Török Tamás vezetése alatt egyetemünk és a háttérparipar megújult körülményei között új diszciplínaként jelent meg a felülettechnikai szakterület gondozása, valamint a fém- és fémtartalmú másodnyersanyagok hasznosítása.

A 21. század számos új kihívás elé állította a fémes anyagtudománnyal foglalkozó szakembereket, főleg a képzés gyakorlatiasabbá tétele érdekében. Törekvés lett a Műszaki Anyagtudományi Karon a háttérparipar erőteljesebb bevonása az oktatásba, amely elsősorban kihelyezett oktatási helyek létesítésére irányult. Így jött létre egyetemi kezdeményezésre a Dunaferr vezetőinek támogatásával és egyetértésével egy kihelyezett dunaujvárosi tanszék – a Metallurgiai Kihelyezett Dunaferr Tanszék – 2010 végén, s 2011-től így a Metallurgiai és Öntészeti Tanszék ismét intézettel alakult Metallurgiai és Öntészeti Intézet elnevezéssel. Vezetőjéül Török Tamás kapott megbízást 2013-ig, majd 2013-tól Kékesi Tamás. Az intézethez tartoztak – nem önálló – intézeti tanszékek: a Kémiai Metallurgiai és Felülettechnikai Tanszék vezetője megalakulása óta Kékesi Tamás, az Öntészeti Tanszék vezetője Dúl Jenő, a Metallurgiai Kihelyezett Dunaferr Tanszék vezetője Kardos Ibolya dunaujvárosi anyagmérnök.

Publikációk

- [1] *Gyulay Zoltán*: Megemlékezés a selmecbányai Akadémia alapításáról. BKL Kohászat 1970. p. 433–440.
- [2] *Zsámboki László*: A Miskolci Egyetem történeti fejlődésének vázlatja (1735–1999). 50 éve Miskolcon. Fejezetek a Miskolci Egyetem történetéből. Miskolci Egyetem, 1999. p. 8–16.
- [3] *Zsámboki László*: 275 éve kezdődött Selmecbányán a bányászati-kohászati felsőoktatás. BKL Kohászat 2010. p. 27–33.
- [4] *Pauer József*: A selmecbányai magy. kir. Bányászati és Erdészeti Akadémia története. Selmecbánya, 1896.
- [5] *Faller Gusztáv*: A Selmeczi m. kir.

Bányászati és Erdészeti Akadémia évszázados fennállásának emlékkönyve. Selmec, 1871.

- [6] *Gyulay Zoltán*: A magyarországi bányászati és kohómérnök-képzés kezdetei. BKL Kohászat 1964. p. 1–7.
- [7] *Horváth Zoltán – Nagy Miklós*: A magyar kohómérnök-képzés története. BKL Kohászat 1960. p. 235–240.
- [8] *Károly Gyula*: Kohómérnökeink 1872–2007. Minikönyv, 2007.
- [9] *Farkas Ottó*: A tanszékalapító Kerpely. BKL Kohászat, 1968. p. 245–248.
- [10] *Horváth Zoltán*: A fémkohászattani oktatásának és a Fémkohászattani Tanszéknek története. BKL Kohászat, 1959. p. 556–561.
- [11] *Nándori Gyula*: 100 éves a hazai kohómérnök-képzés. BKL Kohászat, 1972. p. 386–390.
- [12] *Simon Sándor*: 100 éves a Vaskohászattani Tanszék. BKL Kohászat, 1972. p. 290–397.
- [13] *Nándori Gyula*: Öntészeti Tanszék létesült a Nehézipari Műszaki Egyetemen. BKL Öntöde, 1968. p. 1–4.
- [14] Rövid ismertetők a kohászati szaktanszékekről. BKL Kohászat, 1968. p. 7–16, 36–39.
- [15] *Farkas Ottó*: A Vaskohászattani Tanszék története. BKL Kohászat, 1959. p. 562–569.
- [16] *Károly Gyula*: 100 éves a Vaskohászattani Tanszék. OMBKE pályázat, 1971.
- [17] Az alma mater rövid története. ME tabló, 2010.
- [18] *Gulyás József*: A Miskolci Egyetem Kohómérnöki Karának története (1949–1998). 50 éve Miskolcon. Fejezetek a Miskolci Egyetem történetéből. ME, 1999. p. 125–151.
- [19] *Károly Gyula*: Jubileumi tanszéktörténeti kiállítás a Vaskohászattani Tanszéken. BKL Kohászat, 1972. p. 397–399.
- [20] *Farkas Ottó*: Kerpely Antal, a tanszékalapító. BKL Kohászat, 2008. p. 7–8.
- [21] *Barlai Béla*: Krassai lovag Kerpely Antal önéletrajza. BKL 1916. p. 197–206, 227–239.
- [22] *Sobó Jenő*: Id. Kerpely Antal. BKL 1907. p. 193–200.
- [23] *Staudner Jenő – Návay Gyula*: A Kerpely jubileum. BKL 1892. p. 241–245, 245–250.
- [24] *Károly Gyula*: Kerpely-emlékévké dokumentumai. ME 2007. CD.
- [25] *Kozma Erzsébet*: Kerpely-kiállítás anyagai. Dunaujvárosi Főiskola, 2007.
- [26] *Zsámboki László*: Kerpely Antal (1837–2007). BKL Kohászat, 2000.

A Szerző utóirata

Az önálló öntészképzés térhódítása szükségszerűen vezet az ún. metallurgusképzés elsorvadásához?

2015 újabb mérföldkő. Az országos reformokat követve az öntészeti képzés keretében a duális képzés beindulásra vár, ezt segítendő a Metallurgiai és Öntészeti Intézetből az Öntészeti Tanszék kivált, önálló Öntészeti Intézet alakult Varga László vezetésével. Az új Öntészeti Intézetben belül két – nem önálló – intézeti tanszék működik: a duális képzésnek megfelelően egy az alma mater keretein belül Járműipari Öntészeti Intézet Tanszék elnevezéssel (vezetője Molnár Dániel), ill. a NEMAK-ban a Könnyűfémöntészeti Nemak Kihelyezett Intézet Tanszék (vezetője Fegyverneki György).

Az Öntészeti Intézet megalakulásával a korábbi Metallurgiai és Öntészeti Intézet neve ismét Metallurgiai

Intézetre változott, vezetője továbbra is Kékesi Tamás professzor, s marad a két intézeti tanszék.

A jelenlegi gond abból ered, hogy az Öntészeti Intézet megalakulásával a hallgatók nagy része – sok-sok hatás és ellenhatás eredményeképp – az öntészképzést választja, s a folyamatosan csökkenő évfolyami létszámból nincs, akikkel a klasszikus metallurgusképzés indulhatna. Sajnos féltő, hogy az évfolyami létszám a soron következő időszakban sem lesz emelkedő (hiszen a beiskolázási lobbitevékenység ellen dolgozik pl. a felvételi pontminimum folyamatos növelése), így a túlzott specializálódás miatt a metallurgusképzés sorvadásra nem átmenetinek mondható. Ha nem történik valami a specializá-

lódás ésszerű visszaszorítása vonalán, akkor a Miskolci Egyetemen a klasszikus metallurgus kohómérnök-képzés végleg megszűnik. Kár lenne, mert metallurgiai ismeretek nélkül nincs alapanyag- (nyersvas-, acél-, fémolvadék-) gyártás, s az alapanyag minősége elengedhetetlen mind az alakítás, az öntés, a kikészítés tekintetében. Ébresztő!

A szerkesztőség megjegyzése:

A kohómérnök-képzés további szakterületein a cikkben említetthez hasonló helyzet alakulhat ki, például a technológus kohómérnök-képzésben. Ezzel kapcsolatban is várunk Olvasóinktól véleményt, hozzászólást és javaslatot.

A Műszaki Anyagtudományi Kar rövid hírei 2015. március

• Áder János, Magyarország köztársasági elnöke Orbán Viktor miniszterelnök javaslatára március 15-i nemzeti ünnepünk alkalmából *dr. Kékesi Tamás* kémiai metallurgusnak, a Magyar Tudományos Akadémia doktorának, a Miskolci Egyetem rektorhelyettesének, a Műszaki Anyagtudományi Kar Metallurgiai Intézet igazgatójának, tanszékvezető egyetemi tanárnak a kémiai metallurgiai tudományterületen évtizedek óta kivételesen magas színvonalon végzett oktatási-kutatási, valamint példamutató vezetői tevékenysége elismeréseként a Magyar Érdemrend Tiszti Keresztje, polgári tagozat kitüntetését adományozta. A kitüntetéshez gratulálunk, és további sikereket kívánunk!

• 2014 novemberében rendezték meg a Borsod-Abaúj-Zemplén megyei Prima Díj átadó ünnepi gálaműsort a Miskolci Nemzeti Színházban. A Vállalkozók és Munkáltatók Országos Szövetségének megyei szervezete ezúttal is három Prima Díjat adott át, és egy jelölt kapott közönségdíjat. A magyar tudomány kategóriában *dr. Gácsai Zoltán*, a Fémtechnológiai Intézet igazgatója, karunk korábbi dékánja az anyagtudományban, azon belül is a szerkezetvizsgálati, képelemzési tudományterületen végzett több évtize-

des kimagasló munkásságáért kapott Prima kitüntetését. A kitüntetéshez gratulálunk, és további sikereket kívánunk!

• 2015 februárjában 13 hallgató részvételével elindult a „járműipari öntészeti” szakirányos anyagmérnök BSc-képzés a Műszaki Anyagtudományi Karon. A Kari Tanács jóváhagyásával létrejött új felszakirányt („járműipari öntészet”) a szakirányt választó 3. féléves hallgatók az „öntészet” fél-szakiránnyal párban választhatták, így ezen diákok a szakirányos tanulmányaikat teljes mértékben a megújuló Öntészeti Intézet gondozásában, az ipar hathatós támogatásával együtt végezhetik. Az új felszakirány a 2015 szeptemberétől induló duális képzés létrehozásával együtt, a duális képzés tantervének részeként született meg, azonban – a másodéves, szakirányt választó hallgatók kezdeményezésére – már ez évben is elérhető volt a diákok számára. Az új fél-szakirány keretében az öntészethez kapcsolódóan célzott és alaposabb fémtechnológiai, hőkezelési, CAD-tervezési ismeretek elsajátítására nyílik mód a hallgatók számára.

• A Kari Tanács március 15-i ünnepi ülése keretében adták át a Műszaki Anyagtudományi Kar Tanulmányi Emlékérméit. A Tanulmányi Emlékérem

különböző fokozatainak odaítéléséhez az utolsó két tanulmányi félév során elért átlageredmények (öszöndíj átlag), oktatáson kívüli szakmai és nyelvi eredmény, valamint az emberi magatartás veendő figyelembe. A kitüntetésre pályázatot csak azon hallgató nyújthat be, aki a tanulmányi eredménye alapján mindkét félévben az évfolyam legjobb 10%-ában (Arany fokozat) vagy 25%-ában (Ezüst és Bronz fokozat) szerepel.

Arany fokozatú Tanulmányi Emlékérmét vehetett át (az utolsó két lezárt félév tanulmányi átlaga minimum 4,8): *Iván Kornél, László Noémi, Molnár István, Zattler Máté.*

Ezüst fokozatú Tanulmányi Emlékérmét kapott (az utolsó két lezárt félév tanulmányi átlaga minimum 4,5): *Babus Lilla, Gál Alexandra, Hamzók Tivadar, Kiss Adrienn, Kóródi Zoltán, Kovács Erika, Markó Árpád, Parragh Dávid Máté, Szamák Tünde.*

Bronz fokozatú Tanulmányi Emlékérem kitüntetésben részesült (az utolsó két lezárt félév tanulmányi átlaga minimum 4,2): *Bak Miklós, Béres András, Béres Gábor József, Böszörményi Szabaszián, Gyökér Zoltán Dávid, Jancsurák Judit, Kovács Kinga, Marcalek Péter, Szoboczi Ákos.*

Mende Tamás

Beszélgetés a 90 éves, vasdiplomás dr. Pilissy Lajossal

2015. január 11-én töltötte be 90. évét dr. Pilissy Lajos, a műszaki tudományok kandidátusa, egyesületünk tiszteleti tagja, aki a múlt ősszel vette át vasdiplomáját a Miskolci Egyetemen. A mai napig aktív tagja egyesületünknek, s meghatározó személyisége szakosztályunknak. Ez alkalmából beszélgetett vele Lengyelné Kiss Katalin rovatvezető.

LKK: Tisztelt Pilissy Lajos, kedves Lajos bátyánk! Mint az életben is, most is folytassuk a beszélgetést tegező viszonyban. Mivel szakmai életed előttünk nyitott könyv, s arról nemcsak lapunk hasábjain, hanem a 2003-as, évfolyamotok életútját bemutató, „Mint oldott kéve...”, valamint a 2013-ban megjelent, *Horn János* szerkesztette *Életpályák Kohászat* című kötetben is sok érdekes dolgot leírtál, most soproni diákkori élményeidről és a kandidátusi cím megszerzéséről kérdeznék.

PL: Bizony, már nem sokan vagyunk, akik a háború alatt kezdtük el kohómérnöki tanulmányainkat. Rajtam kívül Egyesületünk legidősebb kohászai, pl. *dr. Szőke László*, *dr. Rempert Zoltán*, *dr. Sziklavári János*, *Szalay János* és *Bánky Gyula* mesélhetnek még azokról az időkről, amikor Sopronban a selmeci gyökerekből táplálkozva folyt a bányászati, a kohászati és az erdészeti tudományok felsőszintű oktatása.

LKK: Miért és hogyan választottad ezt a szakmát?

PL: Érekszanádon születtem, édesapám ott volt kántortanító. A bajai ciszterci III. Béla Gimnáziumban érettségiztem 1943-ban. Nem voltam emi-nens tanuló, jó rendű, vagy még az sem. Viszont rettentő sokat olvastam, faltam a könyveket, válogatás nélkül,

a filozófiától kezdve mindent. Gimnazistaként már rendszeresen foglalkoztam a kémiával, betéve tudtam *Gróh* professzor háromkötetes *Kémiáját*, ami egyetemi tankönyv volt. Magyar és latin órák alatt a pad alatt ezeket olvastam, több esetben rekvirálták tőlem a köteteket.

A kollégiumot nehezen viseltem, ezért édesapámék bentlakásos diákszállást szereztek nekem. Ott viszont nagyon jó dolgom volt. Kosztosdiák társam édesapja patikus volt, így vegyszerekkel és edényzettel bőségesen el voltunk látva, rengeteg kísérletet végeztünk otthon, amit a háziak meg is engedtek.

Sokoldalú érdeklődésem miatt a továbbtanulásról nehezen tudtam dönteni. Akartam én minden lenni, földrajztanár, történelemtanár, régész, karmester, basszista operaénekes, de leginkább vegyész. Édesapám azt ajánlotta, hogy a (csak) jó rendű érettségimmal ajánlatos több helyre is jelentkezni. Abban az időben ez nem volt korlátozva. Nem volt fölvételi, szinte mindenkit felvettek, és az első szemeszterekben jött a rostálás. Azzal tisztában voltam, hogy a vegyész-mérnöki karra való bejutás a laboratóriumi férőhelyek függvénye. A pesti

műegyetemen csak harmincegy-néhány hallgatónak volt hely, így inkább a Pázmány Péter Tudományegyetem (a mai ELTE) bölcsész karának oklevelés vegyész szakára jelentkeztem.

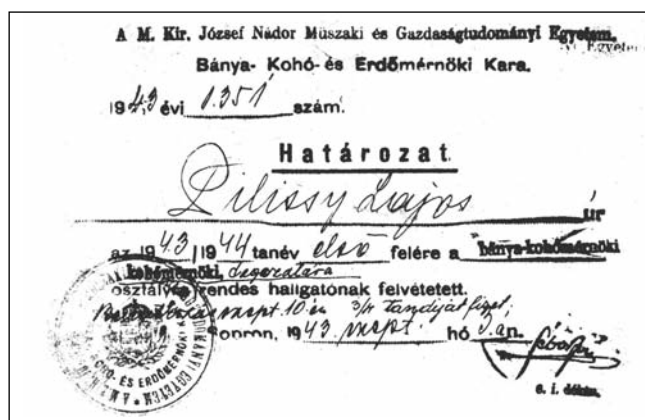
Három évvel előttem érettségizett *Cserta Péter*, ő többször aján-

lotta nekem: Lajoskám, ha te annyira szereted a kémiát, meglátod, a könyködön fog kijönni, ha Sopronba jössz a kohómérnöki karra! Sokat mesélt az ottani diák hagyományokról is, ami számomra ugyancsak vonzó volt. Ide is jelentkeztem hát, de tartalékképpen még a szegedi és a pécsi egyetemek jogtudományi karára is.

Mit tesz isten, az értesítés elsőre a Pázmányról jött meg, hogy felvettek. Kikerekedtem a hajóállomásunkra, s megvettem a Mohács–Budapest között közlekedő hajóra az 50%-os jegyemet (erre a néptanító családtagjai is jogosultak voltak). Mire hazaértem, édesapám már lobogtatta a másik értesítést, hogy Sopronból is kedvező válasz jött. Ő rám bízta a döntést. Egyik rokonunk pedig, aki sokáig a Ganz-MÁVAG-ban volt jogtanácsos, felhívta a figyelmünket, hogy ott esetleg ösztöndíjat is megpályázhatok. Így aztán visszaváltva a hajójegyemet, egy nappal később Sopronba igyekeztem a tanévkezdésre.

LKK: Máig őrzöd az értesítést?

PL: Igen. Ez ma már unikum (1. kép). Egy válasz-levelezőlapot saját kezűleg meg kellett címezni, ők aztán kitöltve, lepecsételve visszaküldték az eredményt: igen vagy nem.



■ 1. kép. Az egyetemi felvételt igazoló értesítés

LKK: Az egyetemi beiratkozáshoz mi kellett még?

PL: Orvosi vizsgálat, amely igazolja, hogy a delikvens alkalmas a műszaki pályára. Ezt Pesten, a MÁVAG nagy rendelőintézetében szereztem be. Kellott még az érettségi bizonyítvány másolata, s ha arra valaki jogosult volt, a községházáról szegénységi bizonyítványt is kellett vinni. Ezt én is megkaptam, hiszen néptanító édesapám a maga hat kat. hold földjével nem számított vagyonos embernek.

LKK: Hogyan fogadtak Sopronban?

PL: Mivel a soproni értesítőm pár nap késéssel érkezett meg, kb. egy héttel később kezdtem az első szemeszteremet mint az évfolyamtársaim, így a szokásos balekfogadásban nem volt részem. A dékáni hivatalban a tündéri kedves *Kriszta Valika* azzal fogadott, hogy: Pilissy úr! Nagyon siessen, mert matematikából el fog maradni, hiszen már egy hete folyik az oktatás! Szállásom se volt még, ezért elkezdtem böngészni a Rákóczi utcai Ifjúsági Kör hirdetéseit. Szerencsémre két bányász elsőéves éppen egy társat keresett a kamarájukba, így befogadtak engem. Abban az időben sok soproni házban laktak főiskolások fő- vagy albérletben. Ezeket nevezték kamarának. Mi is jól kijöttünk egymással, később aztán laktam másokkal is.

Néhány nap múlva megjelent a dékáni hivatalban a hirdetés, hogy a MÁVAG két ösztöndíjat ajánl fel kohómérnök-hallgatóknak. Ketten pályáztunk, *Répási Gellért*, egy szegénysorból származó, nagyon tehetséges és szorgalmas borsodi fiú, a későbbi nagydoktor és a dunajvárosi vasmű műszaki vezérigazgató-helyettese, és jómagam. Meg is kaptuk a havi 100 pengős ösztöndíjat, ami egy diáknak 1943-ban jó pénz volt, s ami a nyári hónapokra is járt. Szóval, így indultam én el ezen a pályán.

LKK: Az indexedet nézve, első évben még nem voltál eminens tanuló (2. kép).

PL: Az igaz, hogy elsőéves koromban nem erőltettem meg magamat, akkor még a diákélet szabadsága ragadott el inkább. Ez már háborús időszak volt, megtartottuk ugyan a szakestélyeket, volt valétabál is, de nem volt annyira felszabadult a légkör, nyo-



■ 2. kép. Pilissy Lajos arcképe a soproni indexében, 1943

masztott bennünket a háború tudata.

A tantárgyak közül nekem legtöbb nehézségem az ábrázoló geometriával volt, mert azt a gimnáziumban nem tanultam. Úgyhogy mikor *Stasney* prof körbejárt a rajzainkat megnézni, én inkább kimenekültem a mellékhelyiségbe.

II. félévünk egy VKM-i (Vallás- és Közoktatásügyi Minisztérium) rendelet értelmében 1944. ápr. 17-én félbeszakadt, mert az országot keleten elérte a háború. Az I. és II. éves hallgatóknak bezárult az egyetem, csak a III.-IV. évesek hallgathattak tovább rövidített félévekkel. Mi ekkor kéthetes nemzetőr-képzést kaptunk, ami az egyetemi leveleoktatásnak volt a folytatása. Ezt követően SAS-behívóval kötelező, meghosszabbított üzemi gyakorlatra kellett mennünk, 1944 májusától szeptemberig a diósgyőri MÁVAG-ban dolgoztam művezetőként. Az oktatás csak 1945. május 10-e körül folytatódott az oroszok által megszállt egyetemen, az elvesztegetett idő behozatalára rövidített félévekkel. Vizsgahónap nem létezett!

A II. évfolyamtól kezdve már komolyabban vettem a dolgokat, szinte a szakma megszállottja lettem.

Jó emlékeim vannak a kamarákról, mert több helyen is laktam. Volt olyan ugyan, ahonnan az első hónap után továbbálltunk, mert a poloskainváziót nem lehetett kibírni. Már '46-ban történt, hogy *Sejteri Vjekoszláv*, horvát nemzetiségű barátunk szerzett egy olyan szobát, ahol fizetni sem kellett. Még vacsorát is kaptunk, igaz, az nem volt valami fényes, mert rendszeresen

száritott kelkáposzta volt mindenféle változatban feltálalva. Az volt a feladatunk, hogy a házi kisasszonyokat védjük meg az esetleges atrocitásoktól, ekkor ugyanis még jelentős létszámban voltak Sopronban szovjet katonák. Szerencsére nem akadt semmi gondunk, *Balázs Fülöp* (a két kohómérnök, *Balázs Tamás* és *Laci* édesapja), valamint a házinéni zongorajátéka mellett kellemes estéink is voltak itt.

LKK: Az indexedből sok minden kiderül. Mik voltak az alapozó tárgyak és kik oktatták ezeket?

PL: Nekünk az alapozó tárgyakat még Selmecről jött professzorok oktatták. Így *dr. Walek Károly* bányamérnök oktatta a matematikát, *Boleman Géza* gépészmérnök a fizikát és elektrotechnikát, *Kövesi Antal* gépészmérnök a mechanikát, sztatikát és hidraulikát, *Stasney Albert* fémkohómérnök az ábrázoló geometriát. A kémiát a már Sopronban kinevezett *dr. Prosz János* vegyész, az elemző kémiát pedig *dr. Romwalter Alfréd* kémia- és fizikatanár oktatta.

A második év végén kellett letenni az első szigorlatot összesen 12 félévnyi anyagból úgy, hogy közben minden félévben vizsgáztunk „Ismétlés a tudás anyja” alapon. Két félév matematikát kellett tudni *Walek* profnál. *Kövesi Antal*nál szigorlatoztunk a két féléves Mechanika és az egy-egy féléves Tartók sztatikája és Hidraulika tárgyakból. Ő zsidó emberként nem volt hajlandó sárga csillaggal az utcára kimeni, így mi mentünk a lakására vizsgázni. Szerencsére, a holokauszt rémségtől családjával együtt megmenekült.

A szigorlat előtt kellett még letenni a Kémia I.-II.-t, a Fizikai kémia I.-et, a Szenek kémiáját és az egy-egy féléves Kvalitatív és Kvantitatív kémiai elemzések vizsgákat, melyek szintén szigorlati tárgyak voltak.

A szigorlatokon szakmai bizottság – az előadó professzorok és egy külsős elnök – előtt vizsgáztunk egymás után a tárgyakból, szóban. Sokszor kaptunk írásbeli feladatot is. Nem volt tételhúzás, egy-egy delikvens egy-másfél óráig is vizsgázott, alkalmasint a táblánál is. Évközi zárhelyiket nekünk nem kellett írni.

LKK: Ehhez képest mi a '60-as évek végén már csak négy félévnyi matematika és két félévnyi fizikai kémia anyagából szigorlatoztunk má-

sodév végén, de ekkor volt fizikából és mechanikából is nehéz vizsgánk. Több szigorlat nem volt, csak diplomavédés előtt az öntészet, a fémtan és az automatika végszigorlat. Talán a mai napig is a másodév vége az igazi rosta a miskolci kohómérnöki, ill. ma már anyagmérnöki karon. Viszont mi rengeteg zárhelyit írtunk év közben.

PL: A harmadik évben jöttek a szaktárgyak. A Fémkohászat I. és II.-t Széki János fémkohómérnök prof mellett Horváth Zoltán tanársegéd, a későbbi miskolci tanszékvezető adta elő. Fémkémlelést egy félévig tanulunk, ez a nemesfémek és az ércek tűzi vizsgálatát jelentette. Tüzeléstant dr. Diószeghy Dániel vaskohómérnök professzor előadásában két félévig hallgattunk. A hat félévnyi anyagból a IV. év végén volt a szigorlat, amit jelesen tettem le.

Az V. év első féléve után kellett még egyszer szigorlatozni összesen 13 félév anyagából, mégpedig

– Zsák Viktor vaskohómérnök professzornál két féléves Vaskohászat, egy-egy féléves Vas- és acélöntészet és Hengerlés, kovácsolás, sajtolás tárgykból;

– dr. Geleji Sándor vaskohómérnök professzornál két félév Kohógéptan és egy-egy félév Gépelemek, valamint Kalorikus és hidrogépek tárgykból;

– dr. Verő József professzornál két félév Metallográfia, egy-egy félév Vasötvözetek részletes metallográfiája és Mechanikai anyagvizsgálat, illetve Fémek (nemvasfémek, köztük a könnyűfémek is) technológiája tárgyakból.

Ezt is jeles eredménnyel tettem le.

LKK: Mi lett azokkal, akik szigorlaton elbuktak?

PL: Azok listáztak, vagyis csak egy bizonyos türelmi idő után jelentkezhetek pótszigorlatra, de komplett félévet nem vehettek fel, így évet veszítettek. A mi létszámunk is a beiratkozott 31 főről másodévben már 7 főre csökkent, és ez meg is maradt.

Harmadévben Diószeghy prof kiadott szigorlati feladatot is. Ehhez kénytelen voltam Simonyi Károly prof, a híres fizikus segítségét kérni. Ő a nemrég nyugdíjba ment Boleman prof helyét vette át. Egy áthúzó rendszerű, késpenge lemezek hőkezelésére alkalmas, ellenállás-fűtésű kemencét kellett terveznem, miközben az előadásokon

addig egy kukkot sem hallottunk az elektromos kemencékről. Simonyi meghallgatott, s az mondta, kapásból ő sem tudja, jöjjenek vissza egy hét múlva. Ekkor legnagyobb meglepetésemre, a feladat 10-15 oldalas, komplett kidolgozását adta át. Beírtam a dolgozatomba, hogy Simonyi professzor instrukciói alapján dolgoztam ki, meg is kaptam rá a kitűnő osztályzatot. Ilyen segítőkész volt Simonyi prof.

Ki kell emelnem, hogy a selmeci Akadémia Európa-szerte mintául szolgált a sok laborgyakorlatot tartalmazó oktatásával a soproni időkben is. A 10 vizsgaköteles kémiai tárgyunkhoz 41 óra laborgyakorlat tartozott, ez átlagban napi 7 órát jelentett.

A tanszékek minimális létszámmal működtek. A professzoron kívül általában egy nem diplomás demonstrátorból vagy egy tanársegédből, ill. egy adjunktusból, valamint a fizikai és küldönci feladatok ellátására egy altisztből állt a személyzet. A miskolci Dudjúkára való költözéssel nagy fejlődés köszöntött be, jóval nagyobb létszámúak lettek a tanszékek, mert az akadémiai státuszú kutatók is részt vettek az oktatásban. Ez főként az ország erőltetett ütemű iparosításának volt köszönhető.

Miskolcra egyébként csak Diószeghy professzor költözött át a tanszékeivel együtt, Verő, Geleji és Zsák professzorok évekig utazgattak lakóhelyükről, Pestről, ill. Győrből Miskolcra.

LKK: Hogyan szereztetek üzemi gyakorlatot, népszerű nevén „praxit”?

PL: Akkor még a nyári üzemi gyakorlat inkább csak ajánlott volt, de a többség igyekezett teljesíteni. Nekem az első év után – mávagos ösztöndíjasként, a szerződéseim szerint –, másfél hónapot Diósgyőrben kellett dolgoznom. 1944 áprilisától négy hónapig SAS behívóval évfolyamtársaimmal együtt Diósgyőrben hadimunkát végeztünk. Így a vizsgákat is halasztanunk kellett. '46 őszétől, rövidített félévekkel, vizsgahónap nélkül zökkenünk vissza a normális kerékvágásba.

LKK: Mikor lehetett diplomát védeni, és mi volt a diplomaterved témája?

PL: Az V. év második, ún. üres félévében kellett volna a diplomatervet kidolgozni és a már említett végszigorlatot letenni, de én édesapám halála miatt szigorló mérnökként a budapesti MÁVAG-ban kénytelen voltam munkát

vállalni. A szigorlatra aztán tanulmányi szabadságot kértem, s így egy évvel később, '49 októberében védtem.

Mint fémöntödei üzemvezető-helyettes, a NIM (Nehézipari Minisztérium) segítségével kaptam nagy nehezen egy hónap fizetéses szabadságot. Végszigorlatos professzor adhatott témát, én ezt Verő proftól kértem, és kaptam meg. Színrez, színvas és szín-alumínium hő hatására történő dilatációját kellett meghatároznom egy általa és Hajtó Nándor által kidolgozott készülékkel. Sok gondom volt a kísérletekkel, mert a Martens-tükör kitérései igen érzékenyek voltak a mozgásokra. No, azért sikerült összehoznom, és jeles oklevelet szereztem.

LKK: Hány kohómérnököt képzett azokban az időkben a soproni egyetem?

PL: A Selmecről elmenekült Akadémia Sopronban 1934-ig főiskolaként működött, bár a doktorrá avatás jogát előbb, 1933-ban megkapta, és jogosult lett magántanári kinevezésre is. 1934-ben a Hóman Bálint-féle reform alapján a budapesti M. Kir. József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Bánya-, Kohó- és Erdőmérnöki Kara néven egyetemi rangot kapott. Megszűnt a szakosodás (fém- vagy vaskohómérnök), univerzális mérnökképzés folyt, okl. kohómérnök, okl. bányamérnök, ill. okl. erdőmérnök diplomát lehetett szerezni.

A kohómérnökök adatait tartalmazó minikönyvből is kiderül, hogy kis létszámú hallgatóságot vettek fel. Ezért is alakulhatott ki az évfolyamtársakkal, a tanári gárdával, de a testvérkarok hallgatóival is a selmeci szellemű, valóban családias légkör. 1930–39 között még nagyon kevés, 1–8 fő végzett vas- vagy fémkohómérnökként, de 1940-től már a háborús konjunktúra érezte a hatását. 1940 és 49 között 10 és 23 fő között mozgott ez a szám. Különösen a visszacsatolt, hegyvidékekben gazdag Erdély és Felvidék igényelt több műszaki szakembert. Mint mondtam, mi 31-en iratkozhattunk be a kohómérnöki tagozatra, a bányászok is 31-en, az erdészek 133-an kezdtek.

A mi életünkbe is beleszólt a háború. Itt most nincs módom elmondani, hogyan éltem át Sopronban rekedve, másodéves hallgatóként a háború veszedelmeit, erről a Horn-könyvben részletesen mesélek.

Az együtt indult kohász évfolyamtársaim közül a három hazánkba menekült lengyel fiatal csak a németek bejöveteleig maradt velünk, akkor továbbálltak Jugoszlávia felé. Kettő a háborúban veszték oda, 9 fő lemorzsolódott, a megmaradt 17-ből 12 fő évvesztéssel végzett. Időben, 1948-ban a 31-ből csak öten végeztek. Amint említettem, én is később, 1949 októberében védtem, így nekem már a kohómérnöki kar időközbeni Miskolcra való áttelepítése miatt a Nehézipari Műszaki Egyetemen állították ki az okleveletemet.

LKK: Említetted, hogy a MÁVAG-ban kezdted dolgozni, majd a *Gillemot László* által vezetett Fémipari Kutató Intézetbe kerültél 1950 végén. Ekkor még ő volt a közös igazgatója a Fémipari és a Vasipari Kutató Intézetnek. 1952-ben nevezték ki Verő József akadémikust a Vaskut élére. Ezekről az évekről tavaly írtál visszaemlékezést lapunkban. Te a Fémkutatásban szereztél meg a kandidátusi címedet. Hogyan folyt akkor a tudósképzés?

PL: 1952-ig csak egyetlen tudományos fokozat volt hazánkban, az egyetemi doktorátus. Ilyen címet védett meg pl. Verő József (1933), Geleji Sándor és Diószeghy Dániel (1940). 1951-ben szovjet mintára, egy kormányrendelet az MTA hatáskörébe tette át a tudományos fokozatok adományozási jogát, létrehozva a Tudományos Minősítő Bizottságot. Ugyanekkor az egyetemi oktatók és a kutatóintézeti vezetők korábbi tudományos munkásságuk alapján, külön védelem nélkül megpályázhatták a tudományos címeiket, de ehhez a TMB jóváhagyása kellett.

Ezek közül a tekintélyes személyiségek közül kerültek ki a kandidátúrára jelentkező aspiránsok vezetői, akik irányították és segítették a jelöltek kutatómunkáját.

A felvételt nyert aspiránsok három év teljes fizetés mellett a munkahelyükön dolgozhatták ki a témájukat, közben számos szakmai vizsgát kellett letenniük.

A két kohászati kutatóintézetben tudósképzés (iskola) működött. A közös igazgató, Gillemot prof javaslatára az alábbi szemináriumokon vettünk részt: Gillemot: A műszaki kutatás problémái, *Millner Tivadar*: Fémek fizi-

kája, Verő: Válogatott fejezetek a vas-ötvözetek metallográfiájából, *Lovas-Nagy (BME)*: Válogatott fejezetek a differenciálegyenletek köréből. Ezt ma úgy neveznék: Gillemot–Verő Tudományos Iskola.

A legsúlyosabb penzum a tudományos szocializmus és a politikai gazdaságtan volt a maga pár ezer oldalával. Ezeknek az előadásaira, konzultációira és vizsgáira az egész országból közel 120 fő gyűlt össze. A legtöbben ezeken a vizsgákon véreztek el.

Én 1951 elején jelentkeztem az Országos Aspirantúra Bizottságnál (akkor még így nevezték, később lett TMB). Itt megkérdezték, milyen területen szeretnék kutatni? Alumínium-formaöntészet – feleltem –, mert ezen a területen van üzemi gyakorlatom. Ők: Ez nincs benn a listában. Jelentkezzen vasöntészetre! Én: E területtel nem foglalkoztam, de jelentkeznék Mg-formaöntészetre. Ők: Ez sincs a listában, de van szilikotermikus Mg-kohászat. Erre jelentkeztem. Év végén hívtak be felvételi vizsgára. A bizottság elnöke dr. Geleji Sándor volt. Kérdése: Apuskám! Milyen területen kíván ténykedni? Én: Mg-kohászat. Geleji: No, akkor milyen ötvözetből készítették a francia „sohase hallott” vadászgép futóművét? (Én mindent tudtam a hazánkban is repkedő amerikai, angol, orosz, német, olasz és magyar gépekről, de ezt nem ismertem.) Én: Fogalmam sincs! Geleji: Akkor kimehet! No, gondoltam magamban: Piliassy, téged még így sohasem rúgtak ki! Én voltam a legmeglepettebb, amikor mégis felvettek. Elsősorban a Szovjetunióba akarták kiküldeni a jelölteket, de én itt-hon szerettem volna maradni.

1951 végén kezdtem az aspirantúrát. *Jakóby László*, a Fémkutatás Osztályának vezetője lett az aspirantúravezetőm. A két intézetben az '50-es években 14–16 aspiráns dolgozott: *Boczor István, Pálvölgyi Árpád, Lichtenberger Endréné, Prohászka János, Wellesz Rudolf, Balogh Imre, Martin Imre, Csepiga Zoltán, Varga Ferenc, Nándori Gyula, Karsai István, Kálmán Sándor, Fuchs Erik, Szakács György*, ill. jómagam. Előadásokra és vizsgázni a Budapesti Műszaki Egyetemre jártunk be. Egy év elteltével vizsgáztam egy bizottság előtt (dr. Verő József, mint elnök, dr. Horváth Zoltán, dr. Lányi Béla) Kémiai

termodinamika és Mg-kohászat és Fémek, ércek és salakok (főleg szilikátok) kémiai analitikája tárgykörből. Újabb év múlva dr. Geleji Sándor, mint elnök, dr. Verő József és dr. Horváth Zoltán előtt vizsgáztam Mg és ötvözteinek formaöntése és képlékenyalakítása, Cu-, Pb-, Zn-, Al- és Mg-hulladékok kohósítása és ezen ötvözetek metallográfiája témaköréből.

Nyelvórákra (orosz, német, angol) a híres *Lomb Kató* járt be az intézetbe, tanításának a szakirodalom feldolgozásánál nagy hasznát vettem.

Elvileg három év alatt kellett volna beadni a disszertációm, de a kísérleti berendezések foglaltsága, meg az '56-os események miatt munkámat nem tudtam időben befejezni. Ráadásul 1957-ben a Fémkutatás újonnan kinevezett igazgatóhelyettese bekérte a csaknem kész, teljes kutatási anyagomat, s ezt azóta sem láttam viszont.

Aspiránsvezetőm, tisztelt és szeretett főnököm, *Jakóby László* 1957-ben hirtelen meghalt. Közben megszületett egy olyan akadémiai állásfoglalás, hogy nem lehet olyan témában védegni, amelynek nincs ipari háttere. Mivel az apci kísérleti Mg-kohót a KGM (Kohó- és Gépipari Minisztérium) lebontatta, kénytelen voltam új témát választani.

Ekkor én már ólomkohászati kutatással foglalkoztam a Fémkutatásban, s ezen kísérleteim alapján a „Szintetikus keményítő akkumulátor hulladékok raffinálása kénklórúrral” című kandidátusi disszertációm 1962-ben az Akadémián sikerrel védtem meg, dr. Horváth Zoltán MTA doktor és dr. *Várhegyi Győző* kandidátus pozitív opponensi véleménye alapján. Ez alapján avattak még ez évben a Nehézipari Műszaki Egyetem doktorává.

Mint ismeretes, a rendszerváltozás-kor a szovjet típusú tudósképzést megszüntették, helyette az angolszász rendszert vezették be, és a PhD-fokozat elnyerését az Akadémiáról az egyetemek hatáskörébe tették át.

LKK: Tudom, hogy sok érdekes sztori van még a tarsolyodban, sajnos azonban mindet nincs lehetőségünk közölni. Azt is tudjuk rólad, hogy 1965-ben dr. Varga Ferenc hívására átkerültél a Vasipari Kutató Intézetbe, s ott az Öntödei Osztályon létrehozta a nemvasfémek területére specializálódott Fémöntő Csoportot, s ennek ve-

zetője, majd nyugdíjba vonulásodig az Acélméteallurgiai és Öntödei Osztály tudományos osztályvezetője voltál. Végezetül megkérdezem, mit tartasz életed nagy eredményeinek?

PL: Eredmények vagy a sors ajándékai? Sorolnám:

– pályám elején Gillemot László mellett irányítója lehettem a két kohászati kutatóintézet felépítésének, berendezései elhelyezésének;

– itt ismerkedtem meg életem párjával, *Bajmóczy*

Máriával, akivel 63 éve élünk boldog házasságban, két gyermekünknek, 6 unokánknak és 8 dédunokánknak örülve;

– a Na-poliszulfidos akkumulátorólm (keményólm) raffinálása módszeremet a nemzetközi szakma Pilissy-eljárásnak ismeri;

– fiatal szakemberként oroszánrészt vállaltam a négykötetes Műszaki lexikon fémkohászati és fémöntészeti műszavainak megírásában, és ezzel rengeteget tanultam is. Az Öntészeti kézikönyv két kiadásában és az Öntészeti szakszótár összeállításakor a fémöntészeti részt dolgoztam ki;

– a Vaskutban a nyomásos öntészet terén úttörő munkásságot végeztem. Sikerült beszerezni egy korszerű, svájci gyártmányú nyomásos öntőgépet, és ezen munkatársaimmal a nyo-



■ **3. kép.** Az ünnepelt és élete párja a 90. születésnapját köszöntő vaskutas kollégák összejövetelén

másos öntészeti technológia ellenőrzésére alkalmas mérési technikákat dolgoztunk ki;

– egész pályám során hivatásomnak tekintetem ismereteim továbbadását. Előadásokat tartottam, rengeteget publikáltam. Munkám mellett 40 évig oktattam tanfolyamokon, mérnöki továbbképzőkben, az OMBKE keretében, 12 évig a BME korróziós szakmérnöki szakán is. A középfokú szakmestergárda kinevelésére megszerveztem a veszprémi színesfémipari technikumot. Nem kevesen kerültek be közülük a miskolci kohómérnöki karra, s jól megállták helyüket szakmájukban, s az OMBKE-ben is vezetőkké váltak;

– munkatársaimnak és tanítványaimnak – sokszor talán túl részletesen – kifejtett ismereteim, útmutatásaim termékeny talajra hullottak. A teljesség

igénye nélkül kiemelném *dr. Sándor József* és *Lengyelné Kiss Katalin* vaskutas fiataljaim nevét, vagy a veszprémi gárdából egyesületi vonalon is fontos megbízatásokat ellátó *dr. Lengyel Károlyt*, *Szombatfalvy Rudolfot* és *Katkó Károlyt*, ill. *dr. Dévényi Lászlót*, a BME Mechanikai Technológia tanszékének egyetemi tanárát, valamint az Állami Díjas *dr. Bókony Gizella* kandidátust.

– Az egyesületi munka

elválaszthatatlanul az életemhez tartozott. Büszke vagyok arra, hogy 1989-ben az OMBKE tiszteleti tagja lettem. Szakmatörténetünk kutatását, iparágunk, egyesületünk és soproni nagyjaink életének bemutatását, szakosztályunk életének segítését a mai napig is szívemen viselem, s míg erőm engedi, folytatom is.

Hál' istennek, bár fizikailag kicsit gyengülve, de szellemi erőim birtokában, feleségemmel együtt, ma is tudunk örülni az élet szépségeinek, s még mindig vannak feladataim, amelyek munkára serkentenek (*3. kép*).

LKK: Köszönöm a beszélgetést, s kívánom, hogy még sokáig járjál közénk, sokáig hallhassuk visszaemlékezéseidet. További éveidet éljed erőben-egészségben családdal és mindannyiunk örömére!

Luca-napi szakestély a budapesti vaskohászoknál



■ A Cotel Ernő emlékére készült kupa

A vaskohászok Budapesti Helyi Szervezete december 13-án tartotta hagyományos Luca-napi szakestélyét az Óbudai Egyetem Bánki Donát Kollégiumának közösségi termében. A 16. alkalommal megrendezett szakestély egyrészt azt ünnepelte, hogy a Selmecei Hagományok a Szellemi Kulturális Örökség Nemzeti Jegyzékére felkerültek, az UNESCO Magyar Nemzeti Bizottság Szellemi Kulturális Örökség Szakbizottsága javaslata alapján. Ugyanakkor a szakestély egy új megemlékezési sorozatot indított útjára, mellyel kiemelkedő kohász professzorainknak kívánunk

tiszteletet adni az elkövetkezendő évek szakestélyein.

Elsőként *Cotel Ernő* vaskohómérnök, akadémikus személyiségét, munkásságát elevenítettük fel. *Mezei József* kupavató beszédében *Cotel Ernő* iskolateremtő tevékenységét ismertette, *Verő Balázs* pedig személyes emlékeket osztott meg vele kapcsolatban (*1. kép*). A szakestély számos komoly és vidám felszólalás után a szokásos jó hangulatban zárult az 1894-ben *Pécs Antal* javaslatára bevezetett – 120 éves – Jó szerencsét! köszöntéssel.

Nagyne Halász Erzsébet

Dr. Hajtó Nándor (1914–1978) élete és munkássága

Dr. Hajtó Nándor munkásságának áttekintésével egy olyan kutató egyéniségre emlékezünk, aki az anyagtudomány számos ágát elméletben és gyakorlatban jól ismerte, alkalmazta. Emlékezünk egy olyan tudású kollégára, aki a kohásban előállított legtöbb ötvözetet, az ötvözetlen és ötvözött öntöttvasakat, acélokat, színes- és nemesfém ötvözeteket ismerte, kutatta és vizsgálta. A Magyar Tudományos Akadémia ezt jutalmazta életműve elismerésével.

Hajtó Nándor 1914. február 2-án született Sopronban. A bencés gimnáziumi érettségi után a József Nádor Műegyetem Bánya-, Kohó- és Erdőmérnöki Karán 1936-ban vaskohómérnöki oklevelet szerzett Sopronban. 1939-ben házasságot kötött *Boór Edittel*, házasságuk haláláig tartott, egyetlen fiuk 1949-ben született.

Rimamurányi Művek Salgótarjáni Acélgyárában került alkalmazásba 1937-ben, ahol segédmérnökként, majd üzemmérnökként dolgozott. 1944 végétől ideiglenesen a GYSEV műhelymérnöke volt Sopronban.

A soproni egyetem Tüzeléstechnikai Tanszékén 1946-ban tudományos kutató, majd a Fémtechnológiai Tanszéken tanársegéd, 1949-ben adjunktus, később intézeti tanár volt. Az 1950-ben a megalakult miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen meghívott előadó volt, később docens lett. Sikeres doktori szigorlatot tett 1948-ban „Az acélok austenit-szemnagyságát láthatóvá tevő eljárások összehasonlító vizsgálata” tárgy köréből.

Addigi tudományos munkája elismerésül 1952-ben a műszaki tudományok kandidátusa fokozatot kapta meg. 1952 őszén a VASKUT Acélméttallurgiai Osztályának vezetője lett, amit több éven át nagy szakértelemmel teljesített.

Az újjászervezett MTA munkájába is bekapcsolódott, évekig a Vaskohászati Bizottság titkára, élete végéig tagja volt az Anyagszerkezeti és Öntészeti Bizottságnak. Aspiránsvezetőként irányította több fiatal kutatómérnök munkáját, számos kandidátusi ér-



tekezés opponense volt. Oktatói munkája mellett tevékenyen részt vett az NME Fémtechnológiai, majd a Metallográfiai Tanszék kutatómunkájában is. Később, az 1960-70-es években az NME Kohómérnöki Karán a hőkezelőszakmérnök-képzésben vett részt.

Időközben egészségi állapota erősen megromlott, ezért kényszerűen megvált a Nehézipari Műszaki Egyetemtől. A Forgácsoló Szerszámok Gyárában 1958-tól a metallográfiai laboratórium vezetője, majd 1960-tól a Kőbányai Vas- és Acélöntöde kísérleti osztályának vezetője volt nyugdíjba vonulásáig, 1974-ig. Jelentős munkái voltak az erősen ötvözött acélok, Fe-Ni-Cr ötvözetek vákuumolvasztási kísérletei, híg folyóssági vizsgálatai. A korrózió-, sav- és hőálló acélok, különböző erősen ötvözött acélok, szerszámacélok, a nagy tartóssághatárú acélok, kazánlemez anyagok hőkezelését, mechanikai és kémiai tulajdonságaiknak vizsgálatait, a gyártási kísérleteket tervezte és vezette. Foglalkozott a saválló csövek hegesztésével, hőkezelésével, a varratok kovácsolásával és újrakristályosító hőkezelésével, valamint a saválló csövek belső felületének oxálsavas elektropolírozásával. E munka eredménye volt az élelmiszeripari gépsero-
k gyártása. A sokrétű üzemi feladatok megoldása mellett foglalkozott a saválló acélok kristályközi korróziós hajlamával is. Az ötvözött minőségi acélok és az ötvözött nemesacélok (gépszerkezeti acélok, golyóscsapágy acélok, gyorsacélok, korrózióálló, saválló, hőálló acélok, szerszámacélok stb.) vizsgálataival kapcsolatos munkái, kísérletei révén az új szabványok elkészítésében, megírásában vett részt egészen haláláig.

Foglalkozott az emberi szervezetbe ültethető csontpótló- és más protézisanyagok fejlesztésével is. Munkájának része volt a keménymágnesek hőkezelési kísérletei, a MAN-motorperselyek ötvözött öntöttvasból való centrifugálöntésének megoldása.

Az éppen szorongató gazdasági helyzet és a termelési feladatok függvényében mindig igyekezett részt venni a takaré-öntöttvasak és a takaré-acélok fejlesztésében, gyártásba vitelében. Az Öntödei Vállalat és egyéb kohászati üzemek kutatóival volt rendszeres kapcsolata, ezzel a színesfém, nemesfém és más vaskohászati termékek fejlesztési munkáiban vett részt. A hőkezelésben és ezzel együtt a fémtanban való jártassága révén számos gyártási probléma megoldásához járult hozzá. Kiemelhető a színes metallográfiai vizsgálatok bevezetése és kiértékelése. A nagyszámú mechanikai vizsgálati eredmények feldolgozásához a műszaki statisztikai és matematikai módszerek alkalmazását igényelte munkatársaitól. Bevezette a vizsgálati eredmények térhálós (3D) ábrázolását.

Több szabadalomban is feltalálóként, vezető kutatóként dolgozott, részt vett „a nikkel-kobalt-szinteroxid kéntartalmának csökkentésére és redukciójára” szolgáló eljárások, és a kubai alapanyagból ívfenyes olvasztókemencében gyártott nikkel- és kobaltgranulátum előállítását eredményező szabadalom kidolgozásában. Az Öntödei Vállalatnál végzett munkája elismeréseként 1965-ben kiváló újító, 1971-ben és 1973-ban kiváló dolgozó kitüntetést kapott.

Az OMBKE-nek mindvégig tagja volt, 40 éves tagságának elismeréseként 1977-ben z. Zorkóczy Samu-emlékérmét kapott. A BKL szerkesztő bizottságának 1976-ig volt tagja.

Irodalmi munkásságát fémjelzik szakcikkei, ebből 36 a BKL-ben, 8 az Akadémia Közleményeiben, 5 az NME Közleményeiben, 8 a Korróziós Figyelőben és 10 egyéb folyóiratban jelent meg. Tizenöt könyv, illetve könyvrészlet jelent meg a neve alatt.

Dr. Hajtó Nándort közvetlen munkatársai tisztelték, becsülték, szerették. Kollégáit a tanulásban, továbbképzésben messzemenően támogatta, személyesen segítette. Szorgalmas, dolgozó életének hosszan tartó betegsége vetett véget. Rokonai, tisztelői, barátai 1978. május 16-án mondtak utolsó Jó szerencsét a Farkasréti temetőben.

Meglátogattuk Moravitz Pétert

Egyesületünk Selmecebányán élő, immár a 87. életévében járó tiszteleti tagját látogattuk meg 2015. március 18-án.

A tagtársaink körében méltán népszerű és szeretett Péter bátyánk, egyesületünk kiemelkedően aktív tagjaként, hosszú évtizedeken keresztül segítette az anyaországi magyar kollégák

szakmai és hagyományörző munkáját, nemcsak Selmecebányán, de itthon is, szűkebb régióink más országaiban is.

Az igazán szép, tavaszias-verőnyes napon találkoztunk 11.30-ra beszélgettünk meg Péter bátyánkkal. Mi pontosan érkeztünk Selmecebányára, a Kachelman Fogadóba, de ő már természetesen csaknem egy órája várt ránk. A kölcsönösen örömteli viszontlátás és „váll-lapogatás” után együtt költöttünk el egy kiváló ebédet, és egymás szavába vágva idéztük fel hajdani közös, együtt töltött időnk emlékezetesebb eseményeit, Péter



bátyánk közismerten meghökkentő, humoros „akcióit”, azt a felbecsülhetetlenül értékes, önzetlen munkáját, amivel ő egyesületünk selmecebányai „újkori visszakapaszkodását” nagykövetünként segítette.

Ebéd után együtt mentünk Péter bátyánk jelenlegi lakásába, ami egy lakótelepi hatemeletes házban van, és hozzá hasonló idősök otthonaként szolgál. Ő egy kis apartmanban él, nyugdíjáért cserébe teljes ellátást élvezve. Házi lekvárok, kompót, sütemény, csokoládé stb. ajándékaink és az összegyűlt szerény anyagi támogatás átadása után megcsodáltuk vit-

rines szekrénye „múlt-idéző” relikviáit, kiténtéseit, valamint egész felnőtt életében őt elkísérő túramotorozási (másik) örök szerelmének bizonyítékait. A sok érem, kehely, oklevél, országos bajnoki címet bizonyító fényképek közül azonban a legbüszkébben mégis a 82 éves korában megnyert nemzetközi, korosztályos, 350 km hosszú, Szlovákián, Ausztrián és Magyarországon keresztül szervezett kétfős túramotoros versenyre. A versenyen az általunk is ismert barátónje, Szonja ült a motor hátsó ülésén!

Nagy meghatódottsággal búcsúztunk egymástól, ígérve, hogy minden lehetséges alkalommal meglátogatjuk majd őt, és ezt kérjük többi tagtársunktól is.

Kedves Péter bátyánk, fogadd e cikk alkalmából is köszönetünket, jókívánságainkat, és vigyázz magadra! Jó szerencsét!

 /HP-PA/

A XV. Képlékenyalakító Konferenciáról

A XV. Képlékenyalakító Konferenciát 2015. február 4–6. között Miskolcon tartották a ME-MAK, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, a ME-GÉK Anyagszerkezet-tani és Anyagtechnológiai Intézet, az MTA Miskolci Területi Bizottság, az OMBKE Vaskohászati Szakosztály, a GTE Központi Képlékenyalakító Szakosztály közös szervezésében. A konferencia fórumot kívánt biztosítani az iparban, a kutatásban és az oktatásban tevékenykedő hazai szakemberek számára. Fő célja, hogy a kohászati és gépészeti alakító eljárásokhoz kapcsolódó anyagtudományi és technológiai kutatások új irányait és eredményeit bemutassa. Magyarországon korábban több képlékenyalakítással kapcsolatos hazai és nemzetközi rendezvény volt, de az utóbbi évtizedben megszakadt ez a

folyamat. A 2012-ben megrendezett konferenciával sikerült ezt a hagyományt újraéleszteni, akkor a szerve-

zők elhatározták, hogy a szakmai fórumot háromévente fogják megrendezni.



■ 1. kép. Dr. Gácsi Zoltán megnyitója

A XV. Képlékenyalakító Konferencia fő támogatói között szerepeltek a képlékenyalakítással foglalkozó hazai nagy- és középvállalatok, mint az Alcoa-Kőfém Kft., az ISD-Dunaferr Zrt., az ÓAM Kft., az INOTAL Zrt., az ALCOA – Firth Rixson Hungária Kft. és a Fux Zrt. Az előbb felsorolt támogatók mellett természetesen számos hazai cég képviseltette magát, ezek között mindenképp meg kell említeni a Mercedes-Benz Manufacturing Hungary Kft.-t és a RÁBA Járműipari Holding Nyrt.-t, akik részvételükkel tovább emelték a konferencia színvonalát. Természetesen a képlékenyalakítás kutatásával és oktatásával foglalkozó egyetemek, főiskolák és kutatóintézetek is szép számmal képviseltették magukat kivétel nélkül, így a Miskolci Egyetem, a Budapesti Műszaki Egyetem, az Óbudai Egyetem, a Debreceni Egyetem, a Széchenyi István Egyetem, a Dunaújvárosi Főiskola, a Kecskeméti Főiskola és a Bay Zoltán Nonprofit Kft.

A konferenciát február 5-én délelőtt *dr. Gácsai Zoltán*, a ME-MAK Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet vezetője, a konferencia szervezőbizottságának elnöke nyitotta meg (1. kép).

Nyitó beszédében kihangsúlyozta a fórum szakmai és tudományos jelentőségét, valamint reményét fejezte ki, hogy az ipari és a kutatási területről érkező szakemberek számára egyaránt hasznos lesz a rendezvény. A megnyitót követően tíz plenáris előadás hangzott el, amelyek témái igen szerteágazóak voltak. Ezekben többek között szó esett a nagy szilárdságú acélok autóiipari alkalmazásáról, a hengerlési folyamatok modellezési kérdéseiről, a technológiai és termékfejlesztésről. De helyet kaptak a Miskolc város fejlesztési terveit, a duális képzés helyzetét és a Horizon 2020-hoz kapcsolódó kutatási lehetőségeket bemutató előadások is (2. kép).

Ezután párhuzamos szekciókban folytatódott a szakmai előadások egészen a konferencia zárásáig. Az



■ 2. kép. A konferencia résztvevői

egyek szekciók elnevezései egyben összefoglalják a konferencia főbb témaköreit is, ezek sorban az Alakítási folyamatok modellezése, a Képlékenyalakító üzemek partnerei, a Különleges alakító technológiák, az Anyagtudomány és technológia I. - II. - III., az Alakítási technológiák, a Lemezalkatás és járműipari technológiák. A konferencián összesen harminchat magas színvonalú szakmai előadás hangzott el, amelyek átölelték a képlékenyalakítási ismeretek és technológiák szinte teljes vertikumát. A kohászati és gépészeti alakító eljárások kérdései egyformán napirendre kerültek. A konferencián nagy hangsúlyt kapott az alakítási folyamatok modellezése, amin belül mindenképpen meg kell említeni a végeselemes módszer alkalmazásának fontosságát. A technológia-, a termék- és az anyagfejlesztéssel kapcsolatos feladatok is szép számmal akadtak, ezen belül az autóiipar által nagy mennyiségben felhasznált nagy szilárdságú, ugyanakkor képlékenyen jól alakítható lemezek megmunkálásához, kötéstehnológiához, a mechanikai és technológiai paraméterek vizsgálatához kapcsolódó kutatási és fejlesztési munkák. Mindezek mellett több előadás foglalkozott a tömbi és

lemez anyagok mikroszerkezetének és anyagtulajdonságainak vizsgálatával, továbbá az alakított anyagban kialakuló maradó feszültségek mérési és vizsgálati módszereivel. A hagyományos alakító technológiákon túl több előadás tárgyát képezték a különleges alakító eljárások, a nagy energiasebességű alakítás, a fémek intenzív képlékenyalakítása, valamint ezen eljárások anyagszerkezetre gyakorolt hatásainak vizsgálata. A konferencián szóhoz jutottak a képlékenyalakító üzemek partnerei is, akik termékeikkel és szolgáltatásaikkal hozzájárulnak a kiváló minőségű termékek előállításához. Az előadók között sok fiatal kutatónak, oktatónak és doktorandusznak nyílt lehetősége arra, hogy beszámoljon legfrissebb kutatási eredményeiről.

A 2012-ben megrendezett konferenciához hasonlóan a résztvevők száma idén is meghaladta a száz főt, ami a hazai viszonyokat figyelembe véve igen jó számnak mondható, és bizonyítja az ilyen témájú konferencia fontosságát és létjogosultságát. A konferencia sikereként könyvelhető el továbbá az is, hogy újabb hazai vállalatok és partnercégek is csatlakoztak a résztvevők köréhez.

Szűcs Máté

Emlékeztető az OMBKE 2015. március 11-i választmányi üléséről (kivonat)

Az OMBKE központjában tartott ülésen részt vett 20 fő választmányi tag és 7 fő tanácskozási joggal megbízott.

Az első napirendi pontban *dr. Nagy Lajos* elnök az előző választmányi ülés óta eltelt időszak fontosabb eseményeit ismertette. Tájékoztatót arról, hogy megbeszélést folytatott az Országgyűlés Energia Albizottságának vezetőjével, *Bencsik Jánossal*. Ismertette, hogy a Kereskedelmi és Iparkamara egy bányász szekciót kíván létrehozni, melynek elnökéül kérték fel. Elmondta, hogy a bányakapitányságok 2015. április 1-jétől beolvadnak a területileg illetékes megyei kormányhivatalokba, ezáltal megszűnik az a több mint 100 éves, országos szakmai ellenőrző szervezet, amely a bányászat ügyeivel foglalkozott.

Következő napirendi pontban *dr. Gagyai Pálffy András* ügyvezető igazgató a 2014-es gazdálkodási eredményeket ismertette. A pozitív eredményhez nagymértékben hozzájárult év végén a tagdíjbefizetések terv szerinti alakulása és a pártoló tagok mozgósítása. Külön kiemelte a *dr. Sándor József* által vezetett Fémalk Zrt. anyagi támogatását a BKL Kohászat megjelenéséhez. *Szombatfalvy Rudolf*, az ellenőrző bizottság vezetője néhány negatív jelenségre hívta fel a figyelmet, többek között az szja 1%-ából befolyó összeg folyamatos csökkenésére.

Ezután *Gagyai Pálffy András* a 2015. évi gazdálkodási tervet ismertette. Ennek kapcsán tájékoztatást adott a Múzeum körüli ingatlan esetleges értékesítésének következményeiről, amelyek a jelenlegi adózási szabályok mellett jelentős hátrányt okoznának – ezért a Választmány úgy döntött, hogy az eladást leveszi a napirendről.

Döntés született az egyesületi kitüntetésekre vonatkozó módosítási javaslatokról is:

- a 40 éves egyesületi tagság elismeréséül szolgáló Sóltz Vilmos-emlékérem kitüntetését továbbra is a küldöttgyűlésen kell átadni;
- az 50 és 60 éves tagság elismerésére az egyesületi egyenruhán

viselhető kitűző jellegű kitüntetést kell kialakítani;

- felül kell vizsgálni az egyesületi kitüntetések adományozási indoklásait és ezeket szükség szerint aktualizálni kell;

- az „Egyesületi Plakett” kitüntetést a jövőben „OMBKE-emlékérem”-nek hívjuk és lehetőség szerint országos szakmai ünnepeken kívánjuk átadni.

Napirendre került az OMBKE aktuális rendezvényterve (az egyesület honlapján megtalálható és a jelen számban is közöljük).

Kialakult a Bányász–Kohász–Er-

dész Találkozó végleges programja. A rendezvényen részt vevők szállásfoglalása egyénileg történik, de a szervezésben az egyesület közreműködik. Egy- és kétnapos részvételi díj is lehetséges.

A fiatal egyesületi tagok bevonása és megtartása érdekében készült intézkedési terv helyzetéről *dr. Mende Tamás* számolt be (szándékaink szerint az intézkedési tervről lapunkban is adunk tájékoztatást).

Dr. Gagyai Pálffy András emlékeztetője alapján összeállította

Balázs Tamás

Az OMBKE 2015. évi rendezvényterve 2015. március 30-i állapot

február 21.	OMBKE-bál, Lillafüred
március 11.	Választmányi ülés, Budapest
március 13.	Fémkohászati Szakosztály ünnepi ülés
március 19–20.	Országos Bányászati Konferencia, Egerszalók
március 26–29.	EMT Bányász–Kohász–Földtani Konferencia, Déva
április 10.	Jó szerencsét! ünnepség, Várpalota
május 18–20.	Bányamérő Konferencia és tapasztalatcsere, Zalaszentiván
április 28.	Választmányi ülés
május 29–30.	X. Bányász–Kohász–Erdész Találkozó, Eger
május 30.	105. Küldöttgyűlés
június 12.	Egyetemi Baráti Találkozó, Miskolc
augusztus 7–8.	XXII. Tudományos (Szigetközi) Szakmai Napok, Mosonmagyaróvár
szeptember 4–6.	Bányásznapi ünnepségek, Központi Bányásznapi, Dorog: kőbányászati emlékmű avatása
szeptember 8–9.	Clean Steel Nemzetközi Vaskohászati Konferencia, Budapest
szept. 11–12.	Szalamander ünnepség, Selmecbánya
szept. 18–19.	Fazola Napok, tudományos konferencia, Miskolc
szept. 23–25.	48. Bányagépész Konferencia, Balatongyörök
szept. 24–28.	34. Geofizikai Vándorgyűlés, Budapest
október 9–11.	XXIII. Öntő Napok, Herceghalom
október 12–16.	Beregdaróc 40 éves, Óvár 15 éves jubileumi szakmai nap, Mosonmagyaróvár
október 16.	60 éves az Egyetemi Osztály, Miskolc
november	Koszorúzás, Kálóz
november 6. vagy 13.	Lovászi 75 éves, Babócsa 45 éves, Sávoly 35 éves jubileumi szakmai nap, Nagykanizsa
november 13.	Fémkohászati Napok, Miskolc
december 4.	Szent Borbála-ünnepség
december 11.	Luca-napi szakestély, Budapest

10. Bányász–Kohász–Erdész Találkozó

EGER, 2015. május 29–30.



Szakmaszeretet! Hazaszeretet! Barátság!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület és az Országos Erdészeti Egyesület
2015. május 29–30-án Egerben
országos Bányász–Kohász–Erdész Találkozót szervez, melyre a szakmák képviselőit szeretettel várjuk.
A találkozóra a Dr. Kemény Ferenc Városi Sportcsarnokban (Érsekkert) kerül sor.

TERVEZETT PROGRAM:

május 29. péntek

14:00-től Regisztráció, kultúrműsor a sportcsarnokban
Bányász fúvószenekarok fellépése
19:00 Ünnepélyes megnyitó
19:30–24:00 Vacsora és kultúrműsor
Fellépnek: az Egri Gárdonyi Géza Színház művészei
Tutti Frutti tánczenekar

május 30. szombat

9:30–14:00 Ismerkedés Eger városával és környékével
Fúvószenekarok térzenéje
10:30–14:00 Az OMBKE 105. küldöttgyűlése az Eger Hotelben
13:00–15:00 Ebéd a Sportcsarnokban
16:00-tól Díszfelvonulás az Érsekkerttől a Dobó térig
Ünnepélyes zászlószalag-felkötés a Dobó téren
A díszfelvonulás vége a sportcsarnoknál
17:30–20:00 Kultúrműsor
Fellépnek: bányász fúvószenekarok
Vacsora
20:00–24:00 Bányász-kohász-erdész bál
Fellépnek: Kovács Kati
Királyhelmecei OMIKRON tánczenekar

A találkozó részvételi díja:

2 napra: 20 000 Ft + 27% ÁFA, 1 napra: 14 000 Ft + 27% ÁFA (a részvételi díjban a részvételi lehetőségen felül benne foglaltatik a sportcsarnokban három, ill. két étkezés, 6, ill. 4 italjegy, emlékkorsó, kitűző, diákok támogatása). A Hotel Park Eger és a Hotel Flóra szállodákban április 30-ig az OMBKE-nél lehet szobát foglalni, a fizetés a szállodában egyénileg történik.

További információ:

OMBKE, 1051 Budapest, Október 6. u. 7.
Tel./Fax: 06-1-201-7337; ombke@ombkenet.hu

az OMBKE Választmánya

Zempléni technikatörténeti tanulmányút

A tanulmányutat *dr. Lengyelné Kiss Katalin*, nyugdíjas múzeumigazgató szervezte. A tanulmányúton 39-en vettünk részt, többnyire kohómérnökök, de voltak a résztvevők között régi múzeumi dolgozók, környezetvédők és pedagógusok is.

Szállásunk Sárospatakon, a Tanítóképző Főiskola kollégiumában volt, aminek elfoglalása után az első kultúrprogram I. Rákóczi György ágyúöntő műhelyének megtekintése volt.

Az MNM Rákóczi Múzeuma 2006 és 2011 között végezte el a sárospataki vár területén lévő ágyúöntő műhely régészeti feltárását. 2014. júliusában *Balog Zoltán*, az emberi erőforrások minisztere avatta fel az egykori dokumentumok alapján teljesen hitelesen felújított középkori ágyúöntő műhelyt. Mindnyájunkra nagy hatással volt az, hogy a kezdetleges eszközökkel, veszélyes munkakörülmények között, mai szemmel nézve is kiváló minőségű öntvényeket gyártottak. Valószínűleg ösztönző erő lehetett az is, hogy az öntömester csak akkor kapta meg bérét, ha az ágyú tesztelése, azaz a próbálövés sikeresen megtörtént.

A vár berendezett termeiben megtekintettük a gazdag Rákóczi-kiállítást, ezután elértük látogatásunk fő célját, a „Vasba öntött múlt” című Korompay-gyűjteményt. A kiállítás létrejöttében nagy szerepe volt *Sándor József* mecénási tevékenységének, aki megvásárolta a mintegy 400 művészi vasöntvényből álló gyűj-

teményt, és azt az MNM sárospataki Rákóczi Múzeumának ajándékozta. A nemrég elhunyt *Korompay László* tudatosan gyűjtötte és rendezte gyűjteményét, amelyet a kontinens több országából és természetesen Magyarországról származó díszöntvények, kecses finomságú öntöttvas díszek és használati tárgyak, kisebb szobrocskák, finoman öntött domborművek, fali díszek, íróasztali kellékek stb. alkotnak. *Dr. Tamás Edit* múzeumigazgató Kiss Katalinnal együtt részt vett a kiállítás ismertetésében. A bemutatott művészi öntvények jól reprezentálják a magyar öntvénygyártás színvonalát és sokszínűségét. A látogatáson csoportunkkal együtt részt vett *Korompay László* özvegye is, aki jelenlétével és hozzászólásával gazdagította a gyűjtemény meglátogatásának élményét.

Este a vacsorát követően a kollégium ebédlőjében a selmeci diákahagyományoknak megfelelő szakestélyt tartottunk.

Október 18-án kora reggel indulunk Kőkapura, ahonnan az erdei kisvasúttal Pálházára mentünk, majd onnan tovább Telkibányára (1. kép).

Telkibányán *Benke István* okl. bányamérnök, nyugalmazott múzeumigazgató, a múzeum alapítója fogadta a csoportot, és bemutatta a Telkibányai Ipartörténeti Gyűjteményt (2. kép).

Telkibánya nemesfém-, Tokaj-Hegyalja ásványbányászati és a Zempléni-hegység erdészeti emlékei, valamint általában a paraszti ottho-

nokban használt porcelán- és kőedénytárgyak is láthatók itt.

A kiállítás egyik része a Zempléni-hegység ásványbányászatának emlékanyagát, a bányászat és az erdőgazdálkodás kapcsolatának dokumentumait mutatja be. Makettek, szerszámok, leírások elevenítik fel a középkori bányászat munkafolyamatait. Gazdag gyűjteménye látható itt Zemplén, illetve Tokaj-Hegyalja ásványainak. Az erdőt és az erdészetet pedig nem csak a munka eszközei, de az erdő életét bemutató jelenetek is megidéznek.

A múzeum épületében működött 1825 és 1906 között az első magyarországi porcelán- és kőedénygyár. A múzeumnak az épületet a Kádár-család adományozta, akik lelkesként, pedagógusként szolgálták a falu közösségét. A kiállítás egyik helyiségében róluk is megemlékeznek.

Megtekintettük az eredetileg 1367-ben épült és néhány éve újjáépített Szent Katalin-kápolnát, valamint az ispotály feltárt romjait. Végül megtekintettük a híres kopjafás temetőt is.

Délután érkezünk Hercegkútra. A település 1750-ben jött létre, amikor *Trautson* herceg, a terület földbirtokosa német telepeseket hozatott ide, akik főleg szőlőtermesztéssel és bortermeléssel foglalkoztak. Napjainkban is ez itt a fő tevékenység. A falu pincésora a világörökség része.

19-én reggel érkezünk Borsiba (Borša, Szlovákia) Rákóczi Ferenc szülőhelyének megtekintésére. Közvetlenül a magyar határ mentén elhelyezkedő, a Bodrog partján fekvő Borsi Sátoraljaújhegytől 3 km-re található. A falu nevezetessége a reneszánsz stílusban épült Rákóczi-kastély, ahol II. Rákóczi Ferenc 1676. március 27-én látta meg a napvilágot. A vár négyszögletű, vastag falú, erődített, lőréses épület, a XVII. század elején emelték. Az épület még jelenlegi, romos állapotában is monumentális, s torokszorító érzés belépni abba az emeleti szobába, ahol Zrínyi Ilona világra hozta kisfiát. A Fejedelem emlékét szobor és emléktábla örökíti meg.



■ 1. kép. A csoport a kisvasút kőkapui megállójánál



■ 2. kép. Benke István bemutatja a telkibányai lpartörténeti Gyűjteményt



■ 3. kép. Koszorúzás Kazinczy Ferenc sírjánál

A múzeumot élvezetes stílusban mutatta be *Kázmér István* múzeumvezető. Kifelé jövet megkoszorúztuk II. Rákóczi Ferenc vár előtt álló mellszobrát és elénekeltük a Szózatot.

A következő állomás Széphalom, a Kazinczy Emlékcsarnok megtekintése volt, amely 1873-ban Ybl Miklós tervei alapján neoklasszicista stílusban épült. Az emlékcarnok megtekintése után megkoszorúztuk Kazinczy Ferenc sírját és elénekeltük a Himnuszt (3. kép).

Széphalmon nagy élményt jelen-

tett számunkra a Magyar Nyelv Múzeuma is, amelyet 2008-ban alapítottak, a kor követelményeinek megfelelően kivitelezve, interaktív jelleggel. A múzeum részletesen mutatja be a magyar nyelv szerkezetét, fejlődését, nyelvtörténeti emlékeinket, nyelvjárásainkat, híres költőinket, íróinkat. Ez is azon múzeumok közé tartozik, amelyeket lehetetlenség egyetlen látogatás alkalmával még csak felületesen is megismerni.

Tanulmányutunk utolsó állomása Sáradsadány volt. A 230 lakosú kis

községben a Néprajzi Kiállítást tekintettünk meg, amelynek felavatása az ágyúöntő műhely avatásával egy időben történt, mivel ez a két létesítmény egy projekt keretében valósult meg. A kiállítás a tárgyi emlékeken kívül rövidfilmekben mutatja be a már kihalt vagy ahhoz közelálló falusi mesterségeket (halász, kovács stb.).

Köszönet a tartalmas, szakmailag is érdekes, jó hangulatú tanulmányút szervezőinek!

☞ **Lathwesen László –
Mikus Károlyné**

Az Északerdő Zrt. LÁEV különvonatával a lillafüredi OMBKE Bálra

Igy a farsang farkán is túl a KEFAG Zrt. által is szponzorált kecskeméti Erdészbál néhány résztvevője, bányász-kohász baráti körének meghívását elfogadva idén is részt vett a hagyományos lillafüredi Palota szállóbeli OMBKE Bálon. Voltak olyan évek, amikor ezt a bált megelőző estén, az Északerdő Zrt. szervezésében, itt is erdészbál öregbítette a farsangi bálók hírnevét. Kollégáink, partnereikkel együtt már február 21-én korán reggel indultak Kecskemétre, hogy az erre a napra a Lillafüredi Állami Erdei Vasút munkatársai által szervezett Lilla-napi vonatkozás eseményeiről se maradjanak le.

Találkozóhelyünk az ómassai Vadász Kocsma különterme volt, amely a miskolci egyetemi diákságnak és a helyi erdészeknek és a csipkésűti lótenyésztőknek is kedvenc találkozóhelye, valamint a bánkúti síterepeket a

nap végén elhagyó lesiklóknak is. Ezt követően Garadnára mentünk, és közben a tavaly decemberi jégkárt szenvedett erdőket figyeltük meg, és testközelből láttuk a kárenyhítő munkák mostani állását, és a még hátralévő, több évre is munkát adó feladatokat. Garadnán *Mátrai Imre*, a LÁEV igazgatója az állomásépületen lévő szemléltető táblákkal is segítve adott tájékoztatást a több éve tartó fejlesztőmunkájukról, majd a programjukhoz kapcsolódóan mi is részt vettünk a farsangi disznóvágás ünnepi ceremóniájában. Ezt követően vonatra szállva jó hangulatban zakatoltunk lefelé Lillafüredre, ahol a vasútállomáson meglepetésünkre ismét *Mátrai Imre* igazgató úr várt, aki felfigyelve kecskeméti létünkre, bemutatta az egyébként akkor éppen zárva tartó, az egykori állomásépületből kialakított múzeumot, melyben, a gyűjtemény részeként, a Kec-

keméti Gazdasági Vasút egyik selejtezésre ítélt dieselmotordonyának szépen felújított vezetőfülkéje volt található. A látottak és hallottak alapján csak gratulálni tudunk az Északerdő Zrt. és a LÁEV vezetésének a tematikus kiállításához és ahhoz a kitartó, a nehézségeket mindezülig leküzdő munkához, mely során egy országosan is kiemelkedő szakmai-turisztikai egységet hoztak létre, beleértve az első hazai tervezésű és gyártású „hibrid üzemi” vonatmotordonyt is. Az OMBKE bál hívogató fényeire és a társaságunkban lévő hölgyek gyengéd unszolására léptünk be hazánk talán egyik legszebb szállodájának feldíszített báltermeibe, és asztalunkat elfoglalva, barátainkat lépten-nyomon felkeresve és üdvözölve töltöttük el a hajnalig rendelkezésünkre álló kevés időt.

☞ **Dánfy László Andor**

OMBKE Szakmai Nap a Phoenix Mecano Kecskemét Kft.-nél

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztály Kecskeméti Helyi Szervezet és a Szakosztály LEAN Szakcsoportja közös szervezésében 2015. március 9-én a Mercedes-Benz Manufacturing Hungary Kft. kecskeméti autógyárában szervezett látogatást követően a résztvevők a Phoenix Mecano Kecskemét Kft. gyárába érkeztek, ahol rövid, kölcsönös és általános bemutatkozás után, dr. Nagy Zoltán ügyvezető igazgató bevezető előadásában teljes körűen bemutatta a svájci tulajdonú, 1993-ban Kecskemétre települt gyár mai napig tartó folyamatos fejlődését. A cégcsoport jelmondata „A siker felé vezető út mindig építés alatt áll”. A kezdetben 44 fővel és egy műanyag fröccsöntő üzemmel rendelkező 4-5, majd 20 M euró forgalmú egység 2014-re már több mint ezer alkalmazottal, 130 M euró árbevételt ért el. Évente 2,3 M euró beruházást valósítottak meg. Eleinte bér munkamegbízásokat teljesítettek, de 2013 óta saját K+F Centrummal is rendelkeznek. Legújabb fejlesztésük a 2013-ban befejeződött 5000 m²-es Logisztikai Központjuk. Kiss Zoltán okl. kohómérnök, Profit Centrum vezető és Kondacs Csaba technológus előadásai a fémfeldolgozási és a műanyag fröccsöntési technológiákat ismertették. Alumínium profilokat és öntvényeket

Németországból és a szlovákiai Körmöcbányáról vásárolnak. A szerelő üzemrészekben elektromotoros ágy- és asztalemelő oszlopokat, munkavédelmi rácsokat és kereteket, csővázas állványkötő elemeket, szerelő asztalokat és műanyag alkatrészeket gyártanak. Minden méretet saját tervezés mellett legyártanak, és ezért tudnak a katalógus szerint gyártó BOSCH mellett a piacon maradni. A LEAN-rendszerüket Baráth Mihály termelésvezető ismertette, amelyet a svájci központ kezdeményezésére, 2011-ben saját maguk alakítottak ki a Németországban képzett és folyamatosan továbbképzett LEAN-mestereik segítségével. A szakember-utánpótlásról Bajúsznács Andor tanműhelyvezető számolt be, aki a helyi szakképzési felelős is. A szakmunkásképzésben 15 éve a helyi Kandó Kálmán Szak



■ 1. kép. A szakmai nap résztvevői

főiskolai duális mérnökképzésben 2011 óta a Kecskeméti Főiskolával vannak kapcsolatban a gépészmérnök és logisztikai műszakimenedzser-képzésben.

A helyi előadások után Dánfy László, a Kecskeméti Helyi Szervezet elnöke ismertette az idén 40 éves szakmai szervezet működését, majd Csonka László, az OMBKE LEAN Szakcsoport elnöke szólt.

A szakmai nap szakszerű vezetés mellett, az üzemek, a szerszámkarbantartó és a tanműhely meglátogatásával fejeződött be.

Dánfy László

SZAKMASZERETET, BARÁTSÁG, HAZASZERETET!

A magyarországi bányász–kohász–erdész találkozók története



Az OMBKE Kőolaj-, Földgáz- és Vízbányászati Szakosztály a 2015. májusi egeri 10. Bányász–Kohász–Erdész Találkozóra könyvet jelentet meg. A könyv az OMBKE és az OEE helyi csoportjai által kezdeményezett – kezdetben kisebb létszámmal megtartott, majd jelentős rendezvényekké nőtt – hagyományápoló és szakmai összejövetelek 20., 40. és 45. évfordulója előtt tiszteleg. Az események áttekintése mellett számos színes fotót közöl a találkozók relikviáiról (kitűzők, emlékkorsók), a felvonultatott zászlókról és az azokra felkötött zászlószalagokról, a díszegyenruhákról. Gazdag irodalomjegyzék segíti a téma iránt érdeklődőket.

A könyv A5-ös méretben, színes kivitelben, csaknem 200 oldal terjedelemben jelenik meg. A könyv ára: 2000 Ft/db (+postaköltség).

Könyvvvel kapcsolatos információ: Dallos Ferencné (dallosferencne@gmail.com)

Megrendelés: MONTAN-PRESS Kft. 1027 Budapest, Csalogány u. 3/B

Tel.: (1) 201-8083

www.montanpress.hu

montanpress@montanpress.hu

70. születésnapját ünnepelte

Dr. Kovács Károly 1945. február 13-án született Diósgyőrben. 1963-ban Miskolcon, a Gépipari Technikumban érettségizett, 1968-ban szerzett gépészmérnöki oklevelet az NME gépgyártás-technológiai szakán.



1968-tól 1989-ig a Diósgyőri Gépgyárban dolgozott különböző beosztásokban. Az első gyakorló év után – amit üzemben töltött – különböző innovációs témákhoz dolgozott, mint a gyorsacél forgácsoló-szerszámok élettartamnővelése, a kovácsolt autóalkatrészek hibafeltárása és megelőzése, a szikraforgácsolás bevezetése a süllyesztékgyártásban. 1975–1989-ig a kezdetben Metallográfainak nevezett, majd Fémtechnológiaiira változtatott osztály vezetője volt. Közben 1979–1982-ig ösztöndíjas aspiráns volt az NME Fémtechnológiai Tanszékén Káldor professzor úrnál. 1986-ban védte meg kandidátusi disszertációját „Az acél törésének anyagszerkezeti vonatkozásai” címmel.

1989. március 1-jétől az LKM Vaskohászati Minőségellenőrző Központ kialakításával, a fejlesztés tervezésével és megvalósításával bízták meg. 1990. január 1-jétől a METALCONTROL Kft. (MC Kft.) ügyvezetője. Vezetése alatt 1991-től az MC Kft. folyamatosan rendelkezik magyar, 1996–2004-ig angol (NAMAS, UKAS) akkreditálással is.

1969–1979-ig az NME Mechanikai Technológiai tanszékén, 1979–1982-ig a Fémtechnológiai tanszékén oktatott különböző tantárgyakat. 1991-ben megbízták a Miskolci Egyetem és a MC Kft. közötti szerződés alapján a Minőségbiztosítási Kihelyezett Tanszék megszervezésével, a tematika kialakításával, a képzés beindításával. 1992-től egyetemi docens, 1994–2010-ig nyugdíjba vonulásáig tanszékvezető volt.

Kreischer Károly Felsőgallán született 1945. február 15-én. Középkorai tanulmányait Tatabányán, az Árpád Gimnáziumban végezte. A gimnáziumi érettségit követően egy évig a Mecseki Szénbányászati Tröszt Pécs VI. bányáüzemében dolgozott csillésként. 1964-

ben a Nehézipari Műszaki Egyetem Bányamérnöki Karára nyert felvételt, ahol ötévi tanulás után, 1969-ben bányamérnöki diplomát szerzett.

Mérnöki tevékenységét az Országos Érc- és Ásványbányák Kutató és Termelő Művei Pátkai Bányáüzeménél kezdte, majd 1974-ig Felnémeten és Egerben dolgozott különböző beosztásokban.

1974-ben a bauxitbányászat fejlődésének legszebb korszakában, a Fejér megyei Bauxitbányák újonnan induló üzemeiben üzemvezető-helyettesi, majd üzemvezetői beosztásban a termelésirányítás mellett aktívan közreműködött az intenzív műszaki-fejlesztési kísérletek (fejlesztési technológiák fejlesztése, dízel hidraulikus rakodó és szállítógépek alkalmazása, alumíniumsüvegek elterjesztése, LHD technika kiterjesztése) megvalósításában.



AZ OMBKE-nek 1968-tól tagja, aktívan közreműködik a bányász hagyományok és emlékek (Kunoss Endre sírjának helyreállítása, a kincsesbányai Bányász Emlékpark kialakítása, fejlesztése) megőrzésében.

Munkásságát számos kitüntetés is fémjelzi: Kiváló Dolgozó (1978, 1981), Bauxitbányászatért emlékplakett (1995), Szent Borbála-emlékérem (1996), OMBKE Egyesületi Munkáért Oklevél (1998), Köztársasági elnöki ezüstérem (1999), Sóltz Vilmos-emlékérem (2008), Bányászati Szolgálati Érdemérem bronz, ezüst és arany fokozatai.

Schmidt György 1945. április 29-én született Sopronban. A „Selmec, Sopron, Miskolc” dinasztia utolsó tagja. Ózdon, a József Attila Gimnáziumban érettségizett. Ezután felvételt nyert a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemre, ahol 1968-ban kohómérnöki diplomát szerzett a metallurgus szak vas-és fémkohász ágazatán. Ezt követően az Ózdi Kohászati Üzemek ösztöndíjasaként



az Acélmű gyárrészlegnél főenergetikusként dolgozott. 1971-ben Budapesten a Magyar Vas- és Acélipari Egyesüléshez kerülésekor a fejlesztési főosztályon acélműi szakértőként alkalmazták, és később műszaki-gazdasági szaktanácsadóként dolgozott. 1979-től az Országos Tervhivatal ipari főcsoport kohászati osztályának főelőadója. Munkaterülete a vaskohászat termelésének, elosztásának népgazdasági tervezése, beleértve az ércbányászatot és kokszyártást is. 1983-tól a Kohó- és Gépipari Tervező Vállalathoz helyezték, ahol az átalakult KGT Mérnökiroda Rt. kohászati főmérnökségének szakági igazgatójaként vezette az iparág korszerűsítésével kapcsolatos műszaki tervezési tevékenységet. Ebben az időszakban vezették be Magyarországon a konverteres acélgyártást.

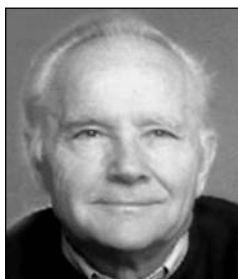
1966-tól tagja az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületnek. Az egyetemen nagy részt vállalt a diákhagyományok újraélesztésében. A vaskohászati szakosztály ifjúságfelelőse, végül alelnöke volt. 1991-ben pályázat útján került az OMBKE ügyvezető igazgatói pozíciójába, s így az egyesület vezetőjeként több mint tíz éven keresztül képviselte a bányász, kohász társadalmat. Sokat tett az egyesület fennmaradásáért és megújulásáért, a szakmaink megbecsüléséért.

Pályafutását motiválta jó szervező-készsége. Sok tudományos konferenciát rendezett a kohászat szakágában. A tematikai bizottságban és a konferencia főszervezőjeként tevékenykedett. Kiemelkedő nemzetközi rendezvények szervezése fűződik nevéhez, mint a Clean Steel, az EUROMAT. Az 1995-ben rendezett, az egyesület történetében legnagyobb, közel 4000 fős bala-tonfüredi Knappentagnak (európai bányász-kohász találkozó) szintén főszervezője volt. Az ICOTECH történetés konferencia 35 ország részvételével szintén a legnagyobbak közé tartozott.

Több szakdolgozatot és cikket publikált, illetve előadást tartott hazai és külföldi konferenciákon. Munkáját több állami és egyesületi kitüntetéssel ismerték el. Ma legfontosabb számára a család, amelyet felesége, két gyermeke és négy unokája szerető környezetben tölt. Napjainkban erőre és egészségre van szüksége.

Dr. Zámbó János

1932–2015



Életének 83. évében, 2015. február 23-án elhunyt Zámbó János okl. vegyész-méternök, a műszaki tudományok doktora, az alumíniumipar nemzetközi hírű ÁLLAMI DÍJAS kutatója. A timföldgyártás hazai és nemzetközi hírű, kiemelkedő alakja volt. Eredményeit elsősorban a nátrium-aluminát oldatok szerkezetének vizsgálata, valamint a különböző bauxitok feldolgozása terén érte el.

Zámbó János 1932. március 28-án született Csurgón. A Veszprémi Vegyipari Egyetem elektrokémia szakán tanult, diplomáját 1954-ben vette át.

Tudományos pályáját a gyakorlati évek után, szovjet aspiránsként folytatta a moszkvai Insztitút Sztali i Szplavov egyetemen, ahol munkája a bauxitok feltárási körülményeinek reakciókinetikai vizsgálatára irányult. Kandidátusi értekezését 1958-ban védte meg. A sikeres védelem után az Almásfüzitői Timföldgyárban helyezkedett el, majd a Fémipari Kutató Intézetben a timföldipari kutatásokat irányította. Néhány év külföldi munka után vette át a kutatóintézet vezetését dr. Gillemot László akadémikus egyetemi tanártól 1968-ban.

1976-ban védte meg akadémiai doktori értekezését a bauxitok feldolgozása terén elért eredményeivel, és még abban az évben az Alumíniumipari Tervező Vállalat és a Fémipari Kutató Intézet összevonásából létrejött Alumí-

niumipari Tervező és Kutató Intézet vezetésére kapott megbízást.

Több alkalommal megválasztották a Comité International pour L'Etude des Bauxites, de L'Alumine et de L'Aluminium (ICSOBA) nemzetközi szervezet főtitkárává. Az amerikai Light Metals világkonferencián 1981-ben, a nátrium-aluminát oldatok szerkezetét bemutató összegző munkáját a szakmai közvélemény a konferencia legnívósabb közleményének minősítette. A Veszprémi Vegyipari Egyetem a kémiai technológia terén elért eredményeit címzetes egyetemi tanári címmel ismerte el. A kutatás-fejlesztést az alumíniumipari vállalatokkal történő szoros együttműködésben tudta csak elképzelni, és azt mindig fontosnak tartotta. Az elért kutatás-fejlesztési eredményeivel nagymértékben hozzájárult a hazai timföldgyártásra alapozott sikeres szellemi exporthoz.

1986 után az ENSZ Iparfejlesztési Szervezetének (UNIDO) műszaki-tudományos tanácsadójaként sikeres alumíniumipari fejlesztéseket irányított a világ számos országában. A timföldgyártás terén elért eredményeit Állami Díj kitüntetéssel is elismerték.

Zámbó János aktív, szavazati jogú tagja volt az MTA Műszaki Tudományok Osztálya Metallurgiai Tudományos Bizottságának.

Dr. Nándori Gyuláné

sz. Mühl Margit

1933–2015



Az öntészek körében olyan jól ismert és kedvelt Mancika, Nándori professzor úr felesége, életének 82. évében, 2015. február 9-én, Miskolcon elhunyt.

1933. szeptember 5-én született Sopronban. A budapesti Pedagógiai Főiskola elvégzése után 1952–54 között általános iskolai tanár volt Soroksáron és Pesterzsébeten. Férjével 1952-ben házasodtak össze. Az Öntészeti Tanszék megalakításakor ő is a Nehézipari Műszaki Egyetemen, az Egyetemi Könyvtárban kapott állást. Dr. Zsámboki László igazgató mellett feladata a Selmeci Gyűjtemény gondozása lett. Jó soproni kapcsolatai révén egyengette az útját, hogy a Selmecről elhozott értékes könyvtári anyag bányászati és kohászati vonatkozású anyaga Miskolcra kerüljön, s így az egyetemen Selmeci Műemlékkönyvtár jöhetett létre.

2015. február 27-én, a soproni evangélikus temetőben két gyermekének

családjá, hét unokája és három dédunokája, számos ismerőse, tisztelője vett tőle búcsút. Hamvait férje, dr. Nándori Gyula mellé helyezték el. Utolsó útjára szakosztályunk és az Öntészeti Tanszék képviselői is elkísérték, sírjára helyezték a ME Könyvtárának koszorúját is.

Tíz évvel élte túl férjét. Nagyon örült családjával együtt, amikor élete párjáról az egyetem emlékkiállításával emlékezett meg, és hogy a szakma társadalma az Öntödei Múzeum panteonjában és az Öntészeti Tanszéken szobrot állíttatott a tanszékalapító és 300 öntőmérnök képzését irányító professzornak. Élete végéig kiegyensúlyozott, derűs természetével lánya családja körében élt, őket segítette, s csak az utolsó néhány hónapban küszködött a betegségekkel. Mosolygós arcát, kedves habitusát mindannyian megőrizzük.

✍️ Lengyelne Kiss Katalin

GIFA**METEC****THERM
PROCESS****NEWCAST****NI**
worldwide**DÜSSELDORF/GERMANY
16-20 JUNE 2015**

The Bright World of Metals

TECHNOLOGIES PROCESSES APPLICATIONS PRODUCTS

A nemzetközi vásárnégyes - az Ön kapuja a világpiacra

Ismerjen meg egyszerre négy innovatív koncepciót: az Európa szívében sorra kerülő világvásárok összhangja tökéletes kölcsönhatást biztosít az öntészeti, fémkohászati és hőkezelési technológiáknak.

Egymást erősítő élmények

A „Bright World of Metals” minden témaköréhez kapcsolódnak technológiai szemináriumok, amelyek az ismeretek átadását biztosítják.

Várjuk Önt is Düsseldorfban!

**eco Metals**
EFFICIENT PROCESS SOLUTIONSwww.tbwom.com

BD-EXPO Kft.

Maros u. 12/b_1122 Budapest

Tel. +36(1)346 02 73 _ Fax +36(1)346 02 74

office@bdexpo.hu

www.bdexpo.hu

Utazási és szállásinformációk: Tours For You Kft.

Tel. +36(1)250-8132 _ Fax +36(1)367-6695

info@toursforyou.hu

M[®]
Messe
Düsseldorf



2015. | február | 27.
DUNAÚJVÁROSI FŐISKOLA

SAJTÓKÖZLEMÉNY

EREDMÉNYESEN ZÁRULT A DUNAÚJVÁROSI FŐISKOLA NAGY TELJESÍTŐKÉPESSÉGŰ SZERKEZETI ANYAGOK KUTATÁSA ELNEVEZÉSŰ PROJEKTJE

A Dunaújvárosi Főiskola és konzorciumi partnerei a Széchenyi István Egyetem (Győr) és a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. (Miskolc) kutatási projektet valósítottak meg 2012. október 1. és 2015. február 28. között.

A TÁMOP-4.2.2A-11/1/KONV-2012-0027 azonosító számú „Nagy teljesítőképességű szerkezeti anyagok kutatása” című, 700 718 421 Ft-os támogatási értékű pályázatot a hármass konzorcium sikeresen zárta le.

TOVÁBBI INFORMÁCIÓ A PÁLYÁZATRÓL:

A kutatási projekt két fő téma köré csoportosul, amelyek szervesen kapcsolódnak egymáshoz. Közös céljuk, hogy az anyagtudomány legújabb eredményeire támaszkodva egyre mélyebb ismereteket nyújtsanak az anyagok szerkezete és azok tulajdonságai közötti kapcsolatokról, és amelyek birtokában ma még sokszor elképzelhetetlen tulajdonság együttesű szerkezeti anyagok kifejlesztése és üzemeltetése váljon lehetővé. A kutató munkába számos fiatal kapcsolódik be azzal a céllal, hogy a megszerzett tudás minél szélesebb körben hasznosuljon. A projekt tapasztalt külföldi résztvevői segítik a kutatási téma célkitűzéseinek megvalósulását.

A projekt mindkét területén kiemelt hangsúlyt kap a fizikai szimuláció. Ennek meghatározó eszköze a már említett Gleeble 3800 termomechanikai szimulátor, illetve ide tartozik a pácoló szimulátor is. A matematikai vagy számítógépes szimuláció területén három, jellegét tekintve eltérő alkalmazást emelhetünk ki. A COMSOL programot az intenzív képlékeny alakítási folyamatok szimulációjához, valamint a termomechanikus fásztató kísérleteink modellezéséhez használjuk. A JMatPro szoftvert a szerkezeti és a saválló acélok átalakulási folyamatainak elemzésekor vetjük be. Hazánkban teljesen újszerű alkalmazási lehetőséget rejt a CIVA roncsolásmentes vizsgálati szakértői rendszer alkalmazása, ami az ultrahang és a folytonossági hiány kölcsönhatását modellezi.

A célzott alapkutatással jellemzett munkaprogram jó példája napjaink meghatározó cselekvéstípusa – a hálózatépítés (networking) – megtestesítésének. A kutató munka társadalmi megújulásban (vö. TÁM) betöltött szerepét és hatását a projekt „elemel” közötti kapcsolatrendszeren keresztül, annak koherenciája alapján lehet megítélni. Az elemeket különböző megközelítésből és különböző szinteken definiálhatjuk. Ha az anyagtudomány, mint önálló diszciplína alkotóelemeit vizsgáljuk (anyagösszetétel és anyagszerkezet, gyártástechnológia, tulajdonságok és az anyagok viselkedése üzemi körülmények hatására), akkor megállapíthatjuk, hogy a projekt kutatási területei érintik az anyagtudomány szinte minden egyes területét. Nem hagyományos gyártástechnológiákat kutatunk annak érdekében, hogy azokból ipari technológia legyen kifejlesztendő.

Meggyőződésünk, hogy a projektben résztvevő kutatók a munkaterv feladatainak teljesítése során olyan kompetenciák birtokába jutnak, amelyek képessé teszik őket a 21. század technikai és technológiai kihívásaira meggyőző választ adni. Ezt a víziót fogalmazza meg a „Nagy teljesítőképességű szerkezeti anyagok kutatása” tárgyú projekt mottója: **A JELEN TUDOMÁNYA A JÖVŐ GYAKORLATA.**

Bővebb információ: <http://www.duf-tamop422.hu>