

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Anyagtudomány

Felsőoktatás

Hírmondó



2017/1. szám



Jó szerencsét!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

TARTALOM

Vaskohászat

- 1 **Móger Róbert – Felföldiné Kovács Ágnes – Cseh Ferenc – Titz Imre:** A léghevítők fűtése oxigénnel dúsított égés-
hevível segítségével
- 5 **Horváth Ákos – Illés Péter:** A melegen
hengerelt szélesszalag szelvény alakjának
hatása a melegen és hidegen hengerelt
késztermékek alaki tulajdonságaira
- 13 MVAE-hírek

Öntészet

- 15 **Laub Ádám Miklós:** Tradíció és innováció.
Hol is tartunk 35 év után?
- 18 **Portörő Balázs:** A 21. század kihívásai a
FÉMALK Zrt. szemszögéből

Fémkohászat

- 23 **Kékesi Tamás – Kulcsár Tibor:** Ötvözött
alumíniumhulladékok olvasztása során
keletkező salakok jellemzői
- 30 **Szűcs Máté – Krállics György – Benke
Márton:** Többosztú modellezés alkalmazása a
szimmetrikus és az aszimmetrikus
hengerelési folyamatok vizsgálatára
- 35 Üzemavató Inotán

Anyagtudomány

- 36 **Godzsák Melinda – Lévai Gábor – Kap-
tay György:** A színező tűzihorganyzás
szakirodalmának áttekintése
- 42 **Bortnyik Kornél – Nyekse László – Bar-
kóczy Péter:** Csoportosulások vizsgálata
eutektikus szövetszerkezetekben

Felsőoktatás

- 47 Interjú Réger Mihállyal
- 50 A Miskolci Egyetem hírei

Hírmondó

- 52 Szent Borbála-napi országos központi
ünnepség
- 53 **Török Tamás:** Nyersanyagforrások hasz-
nosítása a kelet-közép és délkelet-európai
országokban
- 54 30 éve összefoglaló a Fémkohászati Szótár-
szerkesztő Bizottság
- 55 Az Öntészet történeti és múzeumi szak-
csoport 2016. évi beszámolója
- 56 Emlékeztető az OMBKE 2016. október 6-i
választmányi üléséről
- 57 Dr. Verő Balázs kintetése
- 57 Könyvismertetés
- 58 A Tiszántúliak Társasága Szakmai Napja
- 59 XVII. Fémkohászati Szakmai Nap és 75
éves születésnap az Arconic-Köfémnél
- 60 Vaskutasok találkozója régi intézetükben
- 61 Szent Borbála Szakestély Dunaújvárosban
- 61 Köszöntések
- 63 Nekrológok

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

FROM THE CONTENT

Móger R. – Felföldiné Kovács Á. – Cseh F. – Titz I.: Hot Stoves heat with oxygen enriched combustion air1
Blast furnaces gas and some high calorific gas (i.e. natural gas, coke oven gas) is combusted in the hot stoves. In order to be reduced the energy cost at hot stoves novel proposal has been submitted. Only blast furnace gas could be combusted in hot stoves with oxygen enriched combustion air. The effect for the suggested proposal is detailed in the paper below.

Horváth Á. – Illés P.: Effect of Hot Rolled Strip Profile on the Shape of Hot- and Cold Rolled Products5
Why the hot rolled strip profile is important? The article would like to answer this question. The profile and the thickness variation of hot rolled strip are significant for next processing, determine the possibility of hot rolled strip levelling or flat cold rolled strip producing, determine the shape of strip, the inner stresses of sheets, causes the coilbreak.

Laub Á. M.: Tradition and innovation – Where are we after 35 years? 15
The main theme of this presentation is introducing the new technologies of rapid prototyping, which complete the conventional lost wax process for production of high value alloy steel products at Magyarmet Kft. It introduces the process, starting with the 3D model up to the printed sample, expounds the properties and functions of the used programs and machines. It introduces a unique quick-drying machine used for the ceramic shelling process, and the laser welding equipment. It mentions some products from different industries and applications, made with the rapid process.

Portörő B.: Challenges of the 21st century, from the perspective of the company FÉMALK18
In the past fifteen years, our aluminium automotive part manufacturing and developing company, together with their customers developed and optimized castings. This kind of relationship, especially on field of engineering, becomes deeper by the time worked together, and changes according to the new challenges. This article provides an insight into FÉMALK's research and development activities, which become quite various and now covers wide range of engineering disciplines. Out of them the following two areas were chosen to be presented in this article: Vibroacoustics and Topology optimization.

Kékesi T. – Kulcsár T.: Characteristics of drosses formed during the melting of alloyed aluminium scrap 23
We have examined the physico-chemical processes determining the properties of the dross formed during the melting of aluminium alloys. To determine the metal content, a complex method have been developed, including a thermo-mechanical first step. This may allow most of the metal content to be extracted in a bulk form. After the granulation of the hot residue in water, a further significant portion of the contained metal can be recovered by grinding and physical classification in a granular form. The hidden metal content of the fine residual powder could be determined by measuring the volume of the hydrogen gas evolved from the reaction of metallic aluminium with a sodium hydroxide solution. The metal content of drosses obtained from the melting of different aluminium alloys of various origin could reach 85%. The quantity and the metal content of the dross strongly depended on the Mg content of the alloy.

Szűcs M. – Krállics Gy. – Benke M.: Application of two-level modelling for the analysis of symmetrical and asymmetrical rolling30
Two-level modelling method was established to investigate the symmetrical- and asymmetrical flat rolling. The first level of modelling process is the finite element model (FE) of flat rolling and its applications for the varied boundary conditions of symmetrical and asymmetrical rolling. The results of FE simulations was linked to viscoplastic-plastic self-consistent model (VPSC) used for texture simulation of experimental, symmetrically and asymmetrically rolled EN AW 5754 aluminium alloy strip which means the second level of modelling. It allows to analyse the effects of different rolling methods on the microstructural properties of rolled sheet. The simulated results of FE model were integrated into texture simulation process to obtain the pole figures for symmetrically and asymmetrically rolled sheets and they were compared with the pole figures measured by x-ray diffraction.

Godzsák M. – Lévai G. – Kaptay Gy.: Overview of the literature of coloring hot dip galvanizing in zinc bath alloyed with manganese36
The hot dip galvanizing is one of the most important and the most effective methods of the corrosion protection of iron and steel products. However it can be mentioned among other disadvantageous properties the monotonous grey color of the final product, that makes the technology and its result less popular in many cases. On the other hand in the focus of the interesting of researchers is constantly the solution, how to reach with less environmental pollution the colored hot dip galvanized coating by one technological step. A kind of solution could be the coloring hot dip galvanization developed in the 1960s, during this process the hot dip galvanizing bath is alloyed by elements (first of all by titanium and manganese), which can form after the hot dip galvanizing a ten-some hundred nm thick colored oxide film on the surface of the coating. This procedure is still researched, but it is not applied in industry yet. Besides that the coloring hot-dip galvanized surfaces are corrosion resistant, would serve their purpose mostly as decorative function, for example as inside or outside architectural components. The purpose of my present research is to study the literature of the coloring hot dip galvanizing, that can be form the basis for a comprehensive theoretical analysis in the Fe / Zn-Mn / air system, and also for a detailed experimental schedule.

Bortnyik K. – Nyekse L. – Barkóczy P.: Examination of clustering in eutectic microstructures42
The eutectic microstructures are complex microstructures and a hard work to describe it with few numbers. The eutectics builds up eutectic cells. In the cells the phases are clustered. With the development of big databases the data mining also develops, and produces a lot of method to handling the large datasets, and earns information from the sets. One typical method is the clustering, which finds the groups in the datasets. In this article a partitioning and a hierarchical clustering is applied to eutectic structures to find the clusters. In the case of AlMn alloy the K-means algorithm work well, and find the eutectic cells. In the case of ductile cast iron the hierarchical clustering works better. With the combination of the partitioning and hierarchical clustering with the image transformation, an effective method is developed for clustering the objects in the microstructures.

• **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. Harcsik Béla, dr. Klug Ottó, dr. Kórodi István, Lengyelne Kiss Katalin, Schudich Anna, 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, utánnomása, sokszorosítása és adatrendszerekben való tárolása kizárólag a kiadó engedélyével történhet. •

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

MÓGER RÓBERT – FELFÖLDINÉ KOVÁCS ÁGNES – CSEH FERENC – TITZ IMRE

A léghevítők fűtése oxigénnel dúsított égéslevegő segítségével*

A léghevítők fűtése kohógáz és valamely nagy fűtőértékű dúsítógáz (földgáz, kamragáz) keverékével történik. Annak érdekében, hogy a léghevítőkben felhasznált energiahordozók költségét csökkentjük, újszerű megoldást javasolunk megvalósítani. A léghevítőket tisztán kohógáz tüzelésre állítanánk át, melyhez oxigénnel dúsított égéslevegőt vezetnénk. A cikkben a javasolt módosítások hatásait részletezzük.

Bevezetés

A nagyolvasztói léghevítők biztosítják a nyersvasgyártáshoz szükséges forró (>1000 °C) levegőt, kohógáz és kamragáz vagy földgáz keverékének elégetésével. A léghevítőknek fontos szerepe van a nyersvasgyártás ener-

Dr. Móger Róbert okleveles kohómérnök. A Miskolci Egyetem kohómérnöki karán 2014-ben PhD-fokozatot szerzett. Jelenleg az ISD Dunaferri Zrt. Technológiai Igazgatóság metallurgiafejlesztési főosztályvezetője.

Felföldiné Kovács Ágnes alakítástechnológus mérnök, minőségügyi és környezetvédelmi szakmérnök, EUREM energiazdász. Jelenleg az ISD Dunaferri Zrt. Technológiai Igazgatóság szakértője.

Cseh Ferenc kohómérnök. Jelenleg az ISD Dunaferri Zrt. Nagyolvasztóművének gyárvezetője.

Titz Imre kohómérnök. Jelenleg az ISD Dunaferri Zrt. Nagyolvasztóművének gyárvezetője.

* A cikk másodközlés, megjelent a Dunaferri Műszaki Gazdasági Közlemények 2014/4. számában.

getikai rendszerében, mivel a nagyolvasztóban felhasznált hőmennyiség több mint 10%-át a kohóba befűjt forró levegő adja.

A léghevítők az egyik legnagyobb energiafelhasználó berendezések az acélpipari vállalatoknál, ezért a tüzelőanyag fajtájának és költségének optimalizálása alapvető fontosságú a nyersvasgyártás önköltsége szempontjából.

Léghevítők felépítése, modernizálása

A léghevítők regeneratív kialakítású tüzelőberendezések, amelyek a nagyolvasztók forrószél-ellátását biztosítják. A felfűtési periódus során a tűzaknában történik meg a kohógáz-kamragáz (kohógáz-földgáz) keverék elégetése, a képződött füstgáz a kupolán keresztül áramolva a tűzálló rácsozatot felmelegíti. A léghevítő felfűtött állapotát a kupolahőmérséklet és a füstgáz hőmérséklet együttesen határozza meg. A felfűtést követően a léghevítőt fűvátási periódusba állít-

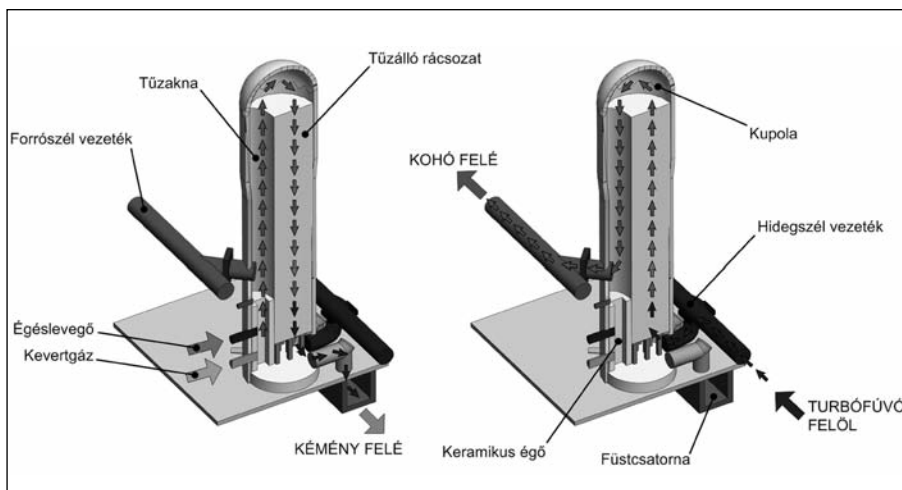
ják, mely során a turbófúvó felől érkező hideg (100 °C) levegőt a felhevített rácsozaton vezetik át. Az így felhevített forrószél (max. 1100 °C-os) biztosítja a nagyolvasztók levegőellátását. A léghevítők működési elvét az 1. ábra mutatja.

A léghevítők egyik legfontosabb része a gáz-levegő keverék előállítására szolgáló keramikuss égő. Megfelelő égővel érhető el a nagy hatásfok, és ezzel minimálisra csökkenthető a károsanyag-kibocsátás.

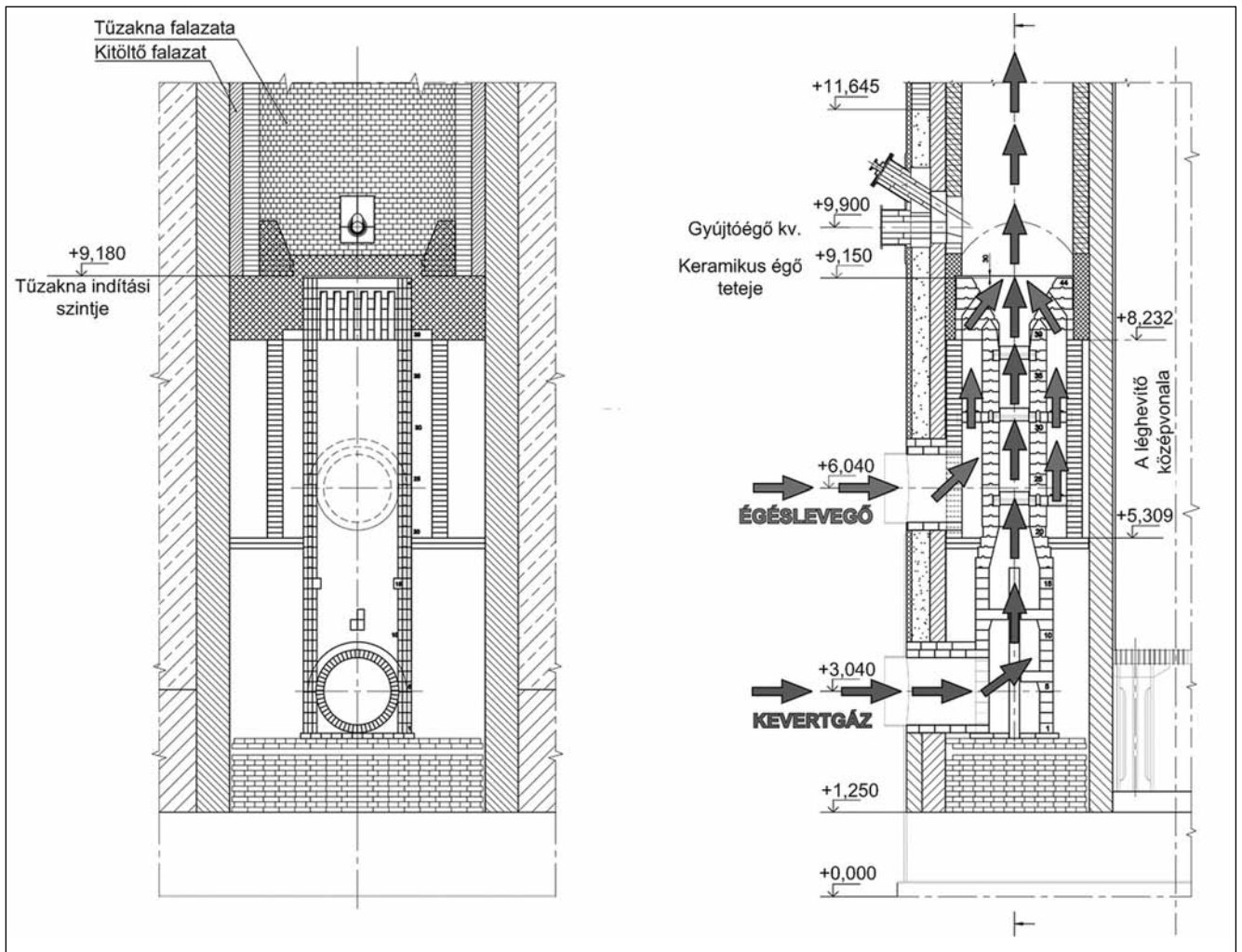
1996 és 2008 között mindkét nagyolvasztó léghevítőinek teljes tűzálló falazatát átépítették. A korábban alkalmazott Didier-típusú égőt a Hoogovens cég által tervezett keramikuss égő váltotta fel (2. ábra).

2007-ben megtörtént a léghevítők automatikus tüzelésszabályozásának kiépítése, melynek segítségével a léghevítők a szigorodó környezetvédelmi előírások szerint működnek.

Az elvégzett fejlesztéseknek köszönhetően a léghevítők biztosítani tudják a nagyolvasztók üzemeltetéséhez szükséges forrószél hőmérsékle-



1. ábra. A léghevítők felfűtési- és fűvátási periódusa



■ 2. ábra. A Hoogovens keramikus égő metszeti képe és működési vázlat

tet. Mivel a nyersvasgyártás önköltségében a léghevítőkben felhasznált tüzelőanyagok jelentős részarányt képviselnek, így azok felhasználási mértékének optimalizálása elengedhetetlen a nyersvasgyártás gazdaságos működtetéséhez.

A léghevítőkben felhasználható gázok szoros kapcsolatban vannak a vállalaton belül keletkező és felhasznált gázok arányával, mennyiségével, melynek összefüggéseit a 3. ábra mutatja. Az ábrán feltüntetett gázmennyiségek Nm³/h mértékegységben értendők.

A léghevítőkben felhasznált tüzelőanyag-típusok optimalizálása

Annak érdekében, hogy a léghevítőkben felhasznált gázok költségét csökkentsük, többféle lehetőség adódik, melyek a következők:

- a felhasznált gázok részarányának optimalizálása;

- az elégetés hatásfokának javítása (a léghevítő átépítése);
- a keletkezett füstgáz hőmérsékletének hasznosítása (füstgáz hőhasznosítás).

A fenti felsorolásból egyértelműen látható, hogy a léghevítők üzemeltetési költségét jelentős beruházás nélkül csak és kizárólag a felhasznált gázok részarányának optimalizálásával lehetséges csökkenteni.

Az 1. táblázatban a II. sz. nagyolvasztó léghevítőiben 2013. évben felhasznált gázok egymáshoz viszonyított, GJ-ra vetített költségaránya, fűtő-

értéke, felhasznált mennyisége és ezek részaránya látható.

A táblázatból látható, hogy a dúsítógázok GJ-ra vetített ára lényegesen magasabb, mint a kohógáz ára, amiből az a következtetés vonható le, hogy **minél nagyobb a kohógáz-felhasználás mértéke, annál kisebb lesz a léghevítők üzemeltetési költsége.**

A kohógáz fűtőértéke egy nagyságrenddel kisebb, mint a dúsítógázok (földgáz, kamragáz) fűtőértéke. Amennyiben a kohógázhoz a fenti dúsítógázokat hozzákeverjük, akkor a kevertgáz fűtőértéke nő.

1. táblázat. A II. sz. nagyolvasztó léghevítőiben felhasznált tüzelőanyagok fontosabb jellemzői

	Árarány	Fűtőérték (KJ/m ³)	Felhasznált mennyiségek (GJ)	Felhasználási arány (%)
Kohógáz	1,0	3 061,0	1 216 546,3	74,5
Kamragáz	14,2	18 099,0	396 948,4	24,3
Földgáz	17,2	34 540,0	19 386,5	1,2

Abban az esetben, ha a léghevítői tüzelőanyag-költségek csökkentése érdekében a dúsítógázokat nem használjuk fel a léghevítőkben, azaz tisztán kohógázzal tüzelünk, akkor a kisebb fűtőértékből adódóan az elméleti lánghőmérséklet csökken. Ez azt eredményezi, hogy a léghevítők kupolahőmérséklete és rácsozata kisebb hőmérsékletű lesz, így a forrószél-hőmérséklet csökken, ami növeli a nagyolvasztó fajlagos kocszfelhasználásának mértékét, és így a nyersvasgyártás önköltségét.

A nagyolvasztóba befűjt forrószél hőmérsékletének állandó értéken tartásához tehát az szükséges, hogy a léghevítőkben felhasznált gázok elégetésével bevitt hőmennyiség és a gázok égése során kialakuló elméleti lánghőmérséklet állandó értékű legyen.

Az ISD Dunafer Zrt. nagyolvasztóinál az előírt kupola-hőmérséklet 1250 °C, melyet az alábbi eszközök felhasználásával érhetünk el:

- a kohógáz mellett dúsítógázokat használunk fel (jelenlegi állapot),
- növeljük a tüzelőanyagok és az égéslevegő hőmérsékletét (füstgáz hőhasznosító berendezés szükséges, amely komoly beruházási költséget jelent),
- a kohógázt oxigénnel dúsított égéslevegőt felhasználva tüzeljük el.

Vizsgálataink szerint az ISD Dunafer Zrt.-ben a léghevítők tisztán kohógázzal történő tüzelése során a szükséges égéshőmérsékletet – jelentősebb beruházás nélkül – kizárólag az égéslevegő oxigénnel történő dúsításával is fenn tudjuk tartani.

Az nagyolvasztói léghevítők égéslevegőjének oxigénnel történő dúsítása során tehát a **léghevítőkben felhasznált kevertgázt teljes egészében kohógázzal váltjuk ki.** Az elméleti égéshőmérséklet fenntartásához meghatározott mértékű **oxigéngázt keverünk az égéslevegőbe. A léghevítőkbe bevitt hőmennyiség nem fog változni,** mivel a kohógáz mennyiségét arányaiban megnöveljük. Mindezen változtatásokkal biztosítha-

2. táblázat. A II. sz. nagyolvasztó léghevítőinek tüzelése kohógáz+dúsítógáz ill. kohógáz+levegő+oxigén felhasználása mellett

		Kohógáz+dúsítógáz	Kohógáz+levegő+oxigén
Bevitt hőmennyiség	GJ/h	193	193
Forrószél-hőmérséklet	°C	1 000	1 000
Kohógáz mennyisége	Nm ³ /h	47 100	63 200
Kamragáz mennyisége	Nm ³ /h	2 700	-
Földgáz mennyisége	Nm ³ /h	67,0	-
Égéslevegő mennyisége	Nm ³ /h	50 200	34 910
Oxigén mennyisége	Nm ³ /h	-	2 100
Égéslevegő oxigén részaránya	%	21,0	25,7
Fűtőérték	KJ/m ³	3 848	3 061
Elméleti lánghőmérséklet	°C	1 294	1 294
Füstgáz mennyisége	Nm ³ /h	90 770	87 970
Füstgázösszetétel			
H ₂ Ofg	%	4,9	1,5
CO ₂ fg	%	24,5	31,6
N ₂ fg	%	69,7	65,9
O ₂ fg	%	0,96	0,92

to a léghevítők változatlan teljesítménye és így az állandó forrószél-hőmérséklet.

A léghevítői égéslevegő oxigéndúsítása

Mivel a tüzelési periódus alatt a léghevítőkbe bevitt hőmennyiség nem csökkenhet, így a léghevítői dúsítógáz (kamragáz vagy földgáz) elhagyásával, a kieső hőmennyiséget a kohógáz mennyiség növelésével kell kompenzálni. Az elméleti égéshőmérséklet fenntartása érdekében pedig az égéslevegőbe tiszta oxigént kell bekeverni, melynek hatására az égéslevegő mennyisége jelentős mértékben csökken.

A 2. táblázatban a „kevertgáz+levegő” ill. a „kohógáz+levegő+oxigén” tüzelés legfontosabb paraméterei láthatók. A „kohógáz+levegő+oxigén” tüzelésre vonatkozó kalkulációkhoz kiindulási alapként a 2013-ban a II. sz. nagyolvasztó léghevítőiben felhasznált kevertgáztüzelés mért adatai szolgáltak. A táblázatban feltüntetett mennyiségek két léghevítő tüzelésére vonatkoznak.

A táblázat alapján megállapítható, hogy a felhasznált kohógáz mennyiség több mint 30%-kal növekedni fog

(a kevertgáz tüzeléssel történő üzemeléshez képest).

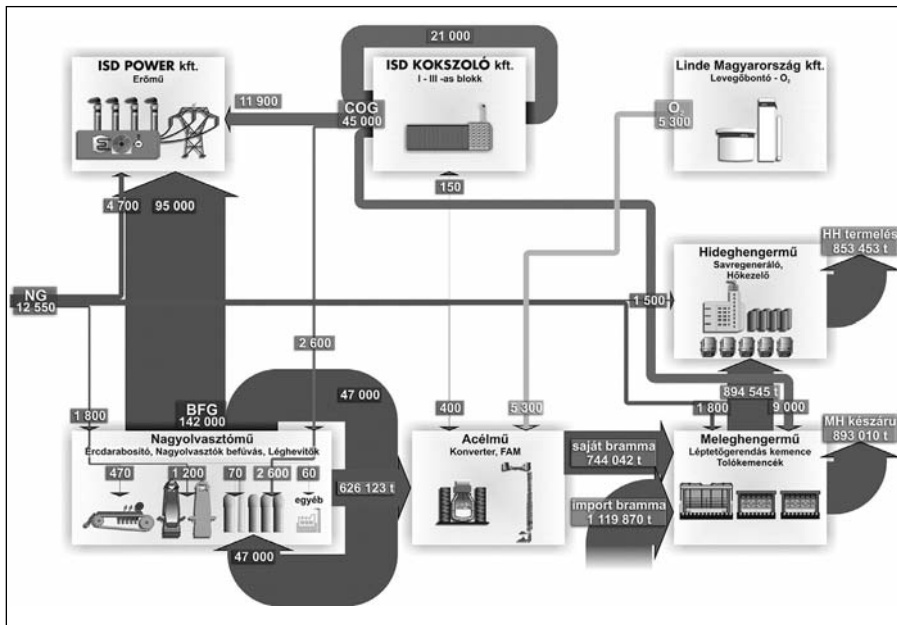
Az elméleti égéshőmérséklet fenntartása érdekében az égéslevegőt 4,7% oxigénnel kell dúsítani. A felhasznált oxigén mennyiségének növekedésével az égéslevegő jelentős mértékben (30%-kal) csökken.

A keletkezett füstgáz mennyisége kismértékben csökken a kohógáz összetételéből adódó kisebb oxigénigény és inertgáz (N₂)-tartalom miatt.

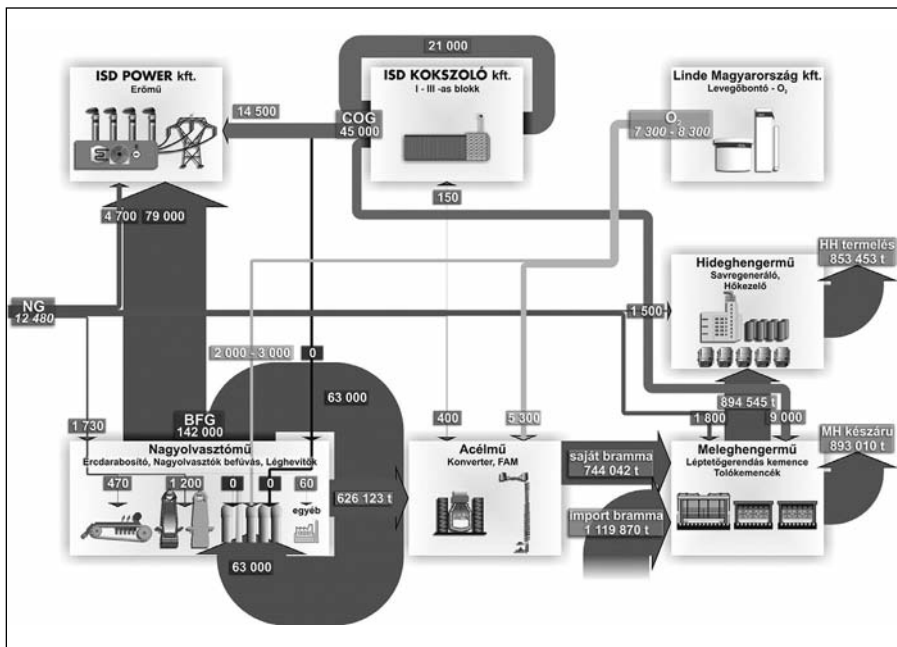
Az elégetett tüzelőanyag összetétele és az oxigéndúsítás miatt a füstgáz összetétele jelentősen változik. Annak vízgőz- és nitrogén-tartalma csökken, míg a CO₂-tartalma növekszik. Ez utóbbi hozzájárul a füstgáz sugárzással történő hőátadásának javulásához.

Elkészítettük az ISD Dunafer Zrt. 2013. évi adatainak felhasználásával a vállalati gázrendszer módosított változatát (4. ábra) arra az esetre, ha a léghevítői égéslevegő oxigénnel történő dúsítását megvalósítanánk a Nagyolvasztóműben. Az ábrán feltüntetett gáz mennyiségek Nm³/h mértékegységben értendők.

A 4. ábrát a 3. ábrával összehasonlítva megállapítható, hogy az ISD Power felé átadott kamragáz mennyiség annyival növekszik meg,



■ 3. ábra. Az ISD DUNAFERR 2013. éves vállalati gázmérlege, valamint főbb termelési mutatói



■ 4. ábra. Az ISD Dunafer 2013. évi adatai alapján a léghevítők oxigéndúsítással történő működése esetén a módosított gázmérleg

amennyivel a léghevítők felhasználás csökken. Ugyanakkor a Nagyolvasztómű az általa termelt kohógázból nagyobb mennyiségben használ fel, ami csökkenti az erőmű felé átadott kohógázmennyiséget.

Az oxigénfelhasználás a vállalatban belül növekedni fog a léghevítők oxigénfelhasználás mértékével. Mindez azt jelenti, hogy hozzávetőleg az Acélmű jelenlegi acéltermeléséhez szükséges oxigén felét használnánk

fel a léghevítők égéslevegőjének dúsításához.

Annak érdekében, hogy az égéslevegő oxigénnel történő dúsítása megvalósítható legyen, az alábbi átalakítások szükségesek:

- az oxigénellátó rendszer kiépítése az oxigén gerincvezetékől a léghevítők egyedi betáplálásáig (csővezeték, szerelvények, biztonsági berendezések);
- a léghevítők tüzeléstechnikai szabá-

lyozási rendszer átalakítása (mérőműszerek, folyamatirányítási rendszer módosítása).

A gazdaságossági számítás eredménye és a beruházás tervezett költsége alapján a léghevítők égéslevegőjének oxigénnel történő dúsítása kevesebb mint 1/3 év alatt megtérülő beruházás lehet!

Összefoglalás

A léghevítők égéslevegőjének oxigénnel történő dúsítása egy újszerű megoldás annak érdekében, hogy a vállalati energiaköltségeket csökkenteni lehessen. Ezt a megoldást ez idáig főként Kínában és az USA-ban alkalmazták.

A léghevítők égéslevegőjének oxigénnel történő dúsítása jelentős mértékben hozzájárulhat a metallurgiai fázis önköltségének csökkentéséhez. A legfontosabb előnyök az alábbiakban foglalhatók össze:

- a léghevítők fűtése az oxigénnel dúsított levegő és kohógáz felhasználásával gazdaságosabban oldható meg, mint kevertgáz esetén,
- a léghevítők oxigénnel dúsított levegővel történő üzemeltetése alatt is biztosítható a nagyolvasztó szükséges forrószerű-hőmérséklete,
- az ISD Dunafer Zrt. gázrendszerre rugalmasabbá válik,
- a Nagyolvasztómű gázellátás szempontjából önállóvá válik,
- az oxigénfelhasználás növekedése miatt az acélgártáshoz felhasznált oxigén ára is csökken, így az acél önköltsége közvetlenül csökken,
- a szükséges átalakítások beruházásigénye kicsi, a beruházás gyorsan megtérül.

Irodalom

- [1] Linde's presentation: Oxygen enrichment for blast furnace stoves at FN Steel in Finland-2012.03.
- [2] Summaries of RFCS Projects 2003-2014 TGS1: Ore agglomeration and Ironmaking

A melegen hengerelt szélesszalag szelvényalakjának hatása a melegen és hidegen hengerelt késztermékek alakjára

Miért fontos a melegen hengerelt szélesszalag szelvényeinek alakja? Erre a kérdésre szeretne a cikk az alábbiakban választ adni. A részletes kifejtés előtt azt kijelenthetjük, hogy a melegen hengerelt szélesszalag hosszmenti vastagságváltozásai és azok keresztirányú szelvényei döntő jelentőségűek a továbbfeldolgozásban, meghatározzák a melegen hengerelt szalag egyengethetőségét, síkeltérését, a táblalemezek rugalmas belső feszültségének nagyságát, előidézhetik a melegszalag lecsévélésekor keletkező törésvonalasságot, valamint alapfeltétele a síkfekvő szélesszalag hideghengerlésének. A feldolgozás alapvetően a digitális tankönyv [1] anyagának egyes részeire támaszkodik, amelyeket a cikk szerzői készítettek.

1. Melegen hengerelt szélesszalagok szelvényalakjának a szabályozása [1, 2, 3, 4, 5, 6]

1.1. A szelvényalak fogalma

Szelvényalak a szélesszalag kereszt-szelvénye bárhol a szalag hossza mentén. Ez a szelvényalak pozitív lencsés (konvex), lehet plánpáralel és lehet negatív lencsés (konkáv). Az 1. ábra szemlélteti a két alapvető szelvénytípust.

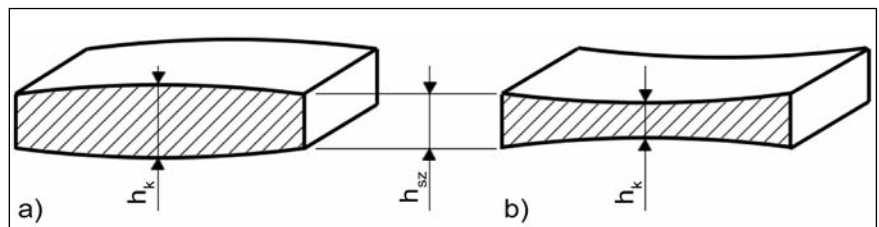
A melegen hengerelt szélesszalagok szelvényalakja a továbbfeldolgozási igények alapján kiemelt fontosságú.

A szabványelőírások a szelvényalakokra a lencsésesség és az ékesség megengedett értékhatárait közlik az anyagminőség csoportok és a szalagszélesség függvényében, de az egyes feldolgozó művek szigorúbb előírásokat alkalmaznak (1. táblázat).

A szabványok a 2. ábra szerinti két szelvényalak-tulajdonságot különböztetik meg:

Lencsésesség (L) az ugyanazon keresztmetszetben mért vastagság a szalagközépen és a két széltől 40-40 mm-re,

Ékesség (ÉK) az ugyanazon keresztmetszetben mindkét szalagszél-



1. ábra. a) Pozitív, b) negatív lencsés szalagkeresztmetszet

től 40-40 mm-re mért vastagságkülönbség.

A szelvényalakot folyamatosan ellenőrzik szelvénytérő berendezéssel, vagy rendszeres próbavétellel a szélesszalag meleghengerművekben és hideghhengerművekben egyaránt. A szelvénygörbét érintő egyenes a szelvénygörbén legördíthető a görbe met-

szése nélkül. A metszés a szelvényen sávot jelent.

1.2. Szelvényalak kialakítása

A megfelelő szelvényalak kialakítása, a szelvényalak változtatása meleghengernél csak egy bizonyos vastagsági méret fölött lehetséges. Ez

1. táblázat. Szelvényelőírások

Névleges szélesség (mm)	MSZ EN 10051	Hideghengerléshez*		Szalag tűzi horganyzáshoz*	
	L (mm)	L (mm)	ÉK (mm)	L (mm)	ÉK (mm)
<1200	0-0,10	0,02-0,05	≤ 0,03	0,04-0,10	≤ 0,03
≥1200 ≤ 1500	0-0,13	0,02-0,06	≤ 0,04	0,04-0,12	≤ 0,04
>1500	0-0,16	0,02-0,08	≤ 0,05	0,04-0,14	≤ 0,05

*Belső feldolgozói előírás

Dr. Horváth Ákos okleveles technológus kohómérnök 1967-ben diplomázott a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán, majd 1987-ben ugyanott doktorált. Mindvégig a Dunai Vasműben dolgozott, termelési osztályvezető, főtechnológus, majd minőségbiztosítási és technológiafejlesztési főmérnök munkakörben, végül műszaki technológiai főmérökként ment nyugdíjba. A Dunaújvárosi Főiskolán címzetes főiskolai docensként hosszú ideig mint óraadó a hengerlés tárgyat tanította. Nyugdíjas-

ként a Dunaferri Alkotó Alapítvány felügyelőbizottságának elnöke. **Illés Péter** 2001-ben végzett a Miskolci Egyetem Kohómérnöki Karán alakítástechnológusként. 2004-től az ISD Dunaferri Zrt. Meleghengerművének technológiai osztályvezetője. Munkaterülete a meleghengermű technológiájának, a termék minőségének folyamatos elemzése, fejlesztése, valamint a hengerforgalmazás felügyelete. Fő érdeklődési területe a melegen hengerelt szalagok szelvényalakja és síkfekvése, azok összefüggése.

alatt a szalagszelvény alakjának változtatása síkfekvési hiba keletkezéséhez vezethet. Ez azt jelenti, hogy a szelvény kialakítását a készsor elején, a síkfekvés biztosítását a készsor végén lehet elvégezni. Adott szelvény-nél a síkfekvés úgy biztosítható, hogy a síkfekvésért felelős állványokban a nyújtási tényezőnek (λ) a szalag szélessége mentén állandónak kell lenni (3. ábra).

$$\text{Szalagszélén: } \lambda_{sz} = \frac{h_{1sz}}{h_{2sz}};$$

$$\text{szalagközépen: } \lambda_k = \frac{h_{1k}}{h_{2k}};$$

$$\text{bármely keresztmetszetre } \lambda_j = \frac{h_{1j}}{h_{2j}};$$

általánosan $\frac{d\lambda_x}{dx} = 0$ ha a szalagszélesség futókoordinátája x . Ebben az esetben a szélesség mentén a hengerektől származó szalag elemi szálainak hossza nem változik: $l_n(x) = \text{konstans}$, ahol l_n a hengerrészből kifutó szalag hossza.

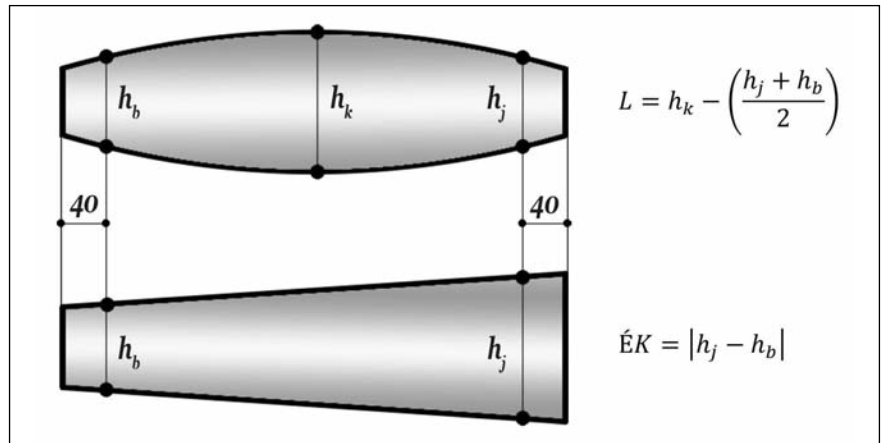
1.3. A szelvényalakot befolyásoló tényezők

A szelvényalak-szabályozás célja, hogy a szalagkeresztmetszet geometriája egy előre meghatározott alakot vegyen fel, lehetőleg azonos legyen a tekercs teljes hosszán, és szűk tűrésmezőben maradjon. A szalagprofil és a hengerrés összefüggést szemlélteti a 4. ábra.

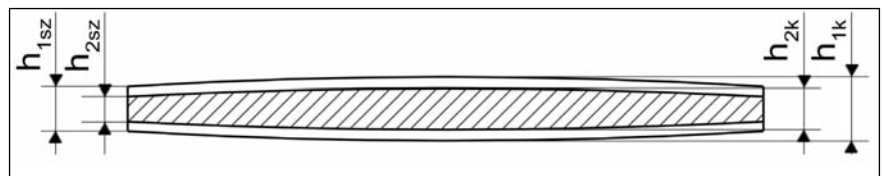
A szalagprofil szabályozásának hagyományos módja a munkahengerek körszűrűt alapdomborításának (bombirozásának) a kialakítása, a hengerek rugalmas deformációjának a kompenzálására. A munkahengerek domborítását az alkalmazott hengertési garnitúrában hengertelt méretek és minőségek igényei szerint kell meghatározni. Ez természetesen gazdaságos hengertési program esetén lehetetlen, ezért alkalmazzák a hengerrés külső erővel történő szabályozását.

A szelvényalakot befolyásolja:

– az öntött bugák keresztmetszeti profilja,



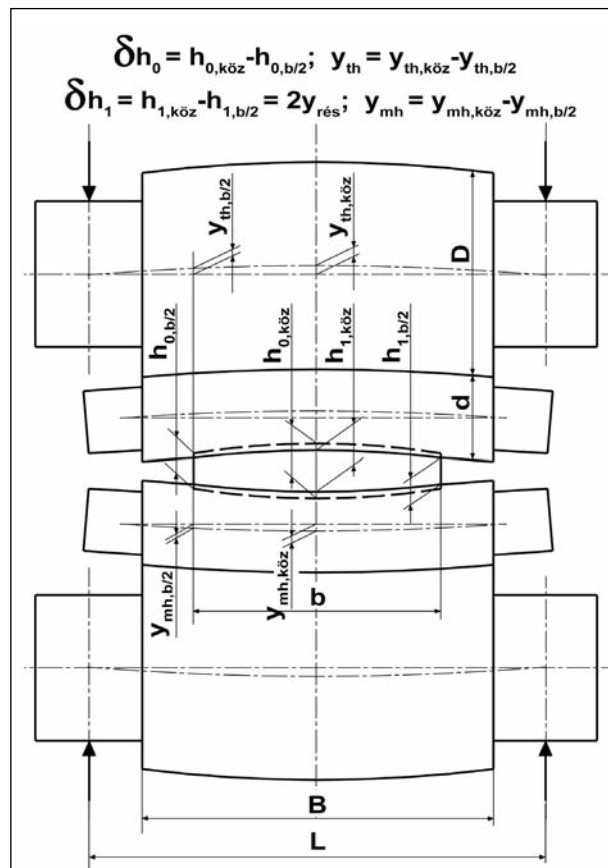
2. ábra. Lencses és ékes szelvény és mérése



3. ábra. Szelvényalak-változás egy szűrés alatt

- a hevítés egyenletessége, egyenlően eloszlása a buga tömegében,
- előlemez szelvénye és szelvényhibái,
- előlemez kereszt- és hosszirányú

- hőmérséklete,
- a körszűrűt alapdomborítás jósága és mértéke a munkahengereknél és a támhengereknél,
- a hengerek hődomborodása, mely függ



4. ábra. Hengerrés kialakulása

- a hengerhűtés milyenségétől,
- a hengerlés ütemétől, a követési időtől,
- a hengerlési sebesség változásától,
- a hengerek kopása, mely függ
 - kihengertelt szalagosszától, ezen belül az azonos szélességek mennyiségétől, minőségétől,
 - a hengerek anyagminőségétől,
- a hengerek alakváltozása (behajlás, belapulás), mely függ
 - a hengerlési erőtől,
 - a hengerátmérőtől, henger anyagának minőségétől,
 - a szalagszélesség/hengertalálathossz hányadostól,
 - a hengerrést szabályzó rendszertől.

A fent felsorolt tényezőkön kívül még sok kisebb hatású tényező is szerepet játszik a hengerrés kialakulásában, ráadásul ezek közül több tényező egymástól is függ.

Az alapdomborításokon kívül fontos tényező a hengerelt darab hőmérsékletváltozása, amely az alakítási szilárdságot és a hengerlési erőt befolyásolja. A sebességváltozás az alakváltozási sebességen keresztül befolyásolja az alakítási szilárdságot és a hengerlési erőt, a súrlódási hő hengerekbe áramló része a hőbombírt módosítja. A hengerek hőprofilját a hengerhűtés keresztirányú változtatásával lehet befolyásolni, amely lassúbb, mint a mechanikus alakszabályozók. A hengerek anyagminőségétől, a hengerlési garnitúra felépítésétől függő kopása a hengerresalakot módosítja. A hengerkopás mértékét a Cr-ötvözésű (HCr), illetve gyorsacél (HSS) hengereken kívül hengerkenéssel lehet csökkenteni.

A hengerrést szabályozó rendszerek célja, hogy gyorsan és hatásosan változtassa meg a hengerrés alakját. Ezeket a megoldásokat foglalja össze az [1] irodalom.

1.4. A hengerrés kialakulása folytatólagos kvartó hengerson

A hagyományos kvartó hengerállványoknál a munkahengerek mindkét irányú (pozitív és negatív irányú) hajlításával, a hengerek hűtésével (hőbombír), hengerlési garnitúránként a köszörült bombír meghatározásával lehet a szelvényalakot meghatározni, természetesen az anyagminőség, a hengerlési hőmérséklet és állványonként az alakítás mértékének a függvényében. Fejlettebb hengersorokon CVC hengereket használnak, valamint alkalmazzák a hengereltolás (HC) technológiáját.

1.4.1. Hengerdomborítás

A munkahengereknél a hengerdomborítás (bombír) nagyságát az alábbi összefüggések határozzák meg (4. ábra szerint):

$$\Delta d = 2y_{th} + 2y_{mh} + \Delta k - \Delta t - 2\Delta m - dh$$

ahol:

- Δd – köszörült bombír (mm),
- y_{th} – támhenger behajlás (mm, elhanyagolható),
- y_{mh} – munkahenger behajlása (mm),
- Δk – támhenger átlagos kopása (mm, elhanyagolható),
- Δt – támhenger hődomborodása (mm),

Δm – munkahenger hődomborodása (mm),

dh – a hengerelt szélesszalag kívánt lencsésége (mm).

Az egyes paraméterek részletes számításai az [1] irodalomban megtalálhatók.

Az összefüggésből a hengerelt szalag lencséségének a meghatározása:

$$dh = h_k - h_{b/2}$$

$$dh = 2 \left(y_{th,k} - y_{th,\frac{b}{2}} \right) + 2 \left(y_{mh,k} - y_{mh,\frac{b}{2}} \right) -$$

$$- \left(t_{th,k} - t_{th,\frac{b}{2}} \right) - 2 \left(m_{mh,k} - m_{mh,\frac{b}{2}} \right) -$$

$$- \left(d_{mh,k} - d_{mh,\frac{b}{2}} \right)$$

1.4.2. A munkahenger hődomborodása (Δm)

A munkahenger hődomborodását meghatározó paraméterek:

- a hengerelt szalag hőmérséklete az alakváltozási és súrlódási hővel megnövelten,
- a henger és a szalag érintkezési ideje (szalaghossz, szúrásidő),
- darabkövetési idő, hengerlési szünetek,
- hőátadási tényező a darab és a henger között,
- hőátadási tényező a henger és a hengerhűtő víz között,
- a henger anyaga,
- a hűtővíz hőmérséklete, mennyisége.

A hőszugárzás, a két munkahengerbe áramló hőmennyiség, az alakváltozási és súrlódási hő számítását az [1] irodalom tartalmazza.

A hő tengelyirányú áramlásának, a hőbombír legegyszerűbb számítása:

$$\delta d_{mh,sz} = \alpha \Delta T_{mh} d_{mh} \frac{(B-x)x}{B^2}$$

ahol:

- α – lineáris hőtágulási együttható,
- ΔT_{mh} – munkahenger hőmérsékletváltozása,
- d_{mh} – munkahenger sugara,
- B – munkahenger hossza,
- x – futókoordináta.

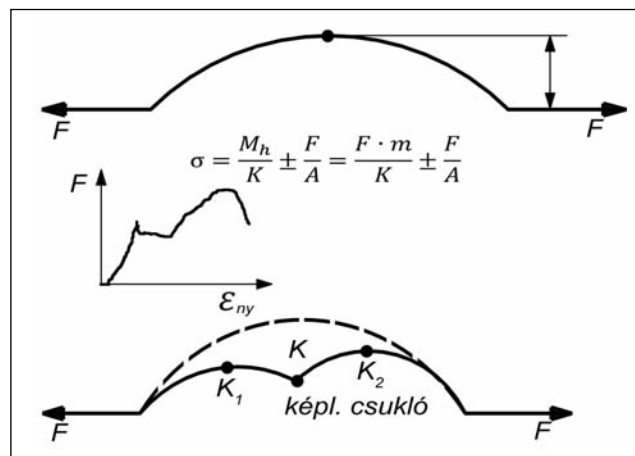
A meleg-szalagsor hengerdomborítási rendszerével és a szelvényalak javításával a [2] és [3] irodalom részletesen foglalkozik.

A hengerpalást hőmérséklete lassan növekvő exponenciális görbe szerint emelkedik. Mivel a tekercek hengerlése közötti szünetben nincs hőbevitel a munkahengerekbe, a hengerhűtés csökkenti a munkahengerek hőmérsékletét, ezért a hengerek középvasi hőtágulása (hődomborodása) az idő függvényében fűrészfog függvénygörbe formájában alakul [1]. Abban az esetben, ha a közidőt csökkentjük, a hengerek hűlési ideje csökken és a hengerek gyorsabban érik el az „üzemi hőmérsékletet”, a hőegyensúly állapotát. A hődomborodás változása a vastagsági méret mellett a szelvényalakot is befolyásolja.

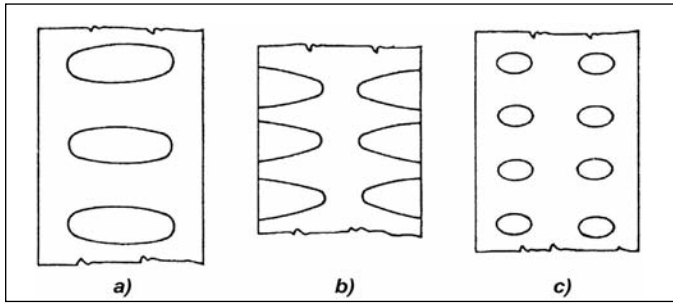
2. Melegen hengerelt szélestekercek kikészítése [1, 4, 5, 7]

A melegen hengerelt tekerceket daraboló sorokon a tekerccs lecsévélésekor a vékony (kb. 4-6 mm szalagvastagság) és kis folyáshatárú (< 355 MPa) anyagokon a lecsévélés geometriájától függően – amely nem biztosítja a szalag megfelelő törésmentes hajlítási sugarát – törésvonalak keletkezhetnek. Törésvonal csak a folyási nyúlás-

sal, a kifejezett folyáshatárral rendelkező anyagoknál keletkezik. A melegen hengerelt HSLA acélokban és a hidegen hengerelt dresszírozott acélokban lecsévélésekor törésvonal nem keletkezik. A törés a felületen látható keresztirányú, a teljes létrejövő képlékeny törésvonal, amely egyen-



■ 5. ábra. Törésvonal keletkezése



■ 6. ábra. A hullámosság fajtái

téssel, dresszírozással nem tüntethető el, csak jelentős alakváltozással, hideghengerléssel. A törésvonal keletkezési mechanizmusát az 5. ábra szemlélteti. Ha egy ívet a két végén F erővel akarunk kiegyenesíteni, az rugalmasan meghajlik, görbületi sugara nő. Az F-erő hatásvonalától legtávolabbi keresztmetszetben a legnagyobb az ébredő feszültség, és létrejön a törés. A K-pont után a K₁ és a K₂ pontokban jön létre a törésvonal.

A szelvényalaknak is jelentős szerepe van a törésvonalasság keletkezésénél lecsévéléskor. A lencsés szalagok lefejtésekor a lencsésesség nagyságával arányos járulékos feszültség keletkezik. Téglalap keresztmetszet esetén a járulékos feszültség zérus, törésvonal keletkezésének valószínűsége alacsonyabb.

A melegen hengerelt szalagok lecsévélési töréseinek a megszüntetésére a legelterjedtebb eljárás a processzorgörgő beépítése a lecsévéelőnél. A processzorgörgő a tekerccs lefejtésekor abban a vonalban érintkezik a tekerccsel, amelyben a szalag elválik a tekerccstől és folyamatos képlékeny alakítást végez.

Az alaki hibák keletkezésének okai lehetnek:

- hengerlésnél a szélesszalag szélessége mentén az egyes elemi sávokban a meghosszabbodások nem azonosak,
- a hengerlés utáni egyenlőtlen lehülés.

A melegen hengerelt szélesszalagok alaki hibái és az egyenlőtlen lehülés következményei rejtett síkfekvési hibaként belső feszültségben vagy hullámosságban jelennek meg.

A rejtett síkfekvési hiba következtében létrejövő rugalmas belső feszültség ha meghalad egy anyagminőségre és geometriára jellemző értéket, hullámosság keletkezik.

Egy szélesszalag, vagy táblalemez

akkor síkfekvő, ha minden elemi szála azonos hosszúságú és a semleges szálak képezte sík minden pontja azonos távolságra van egy ideális síktól, pl. a síkasztal-

tól, amelyen a táblalemez hullámosságát mérik, és mentes olyan belső feszültségektől is, amelyek a feldolgozás során a termék vetemedését okozzák.

A látható síkfekvési hibákat homogén és inhomogén hibákra oszthatjuk.

Homogén síkfekvési hiba, vagy hosszirányú hullámosság lecsévéléskor a szalagban maradó feszültség következménye. Jellemzője, hogy a szalag keresztirányú metszetének minden egyes pontja a síktól ugyanolyan távolságra van, hosszirányban viszont szinuszos függvény szerint változik. Egyengetéssel tökéletesen eltüntethető. Táblalemezek egyengetésekor ún. túlegyengetéssel is lehet hasonló hibát előállítani.

Inhomogén hullámosság a különféle szél és középhullámosság, sávosság egyengetésekor síkfekvő, de rugalmas feszültséggel terhelt lemezben keletkezik.

A lemezfeldolgozó üzemekben a lemezszabás kb. 25 mm vastagságig számítógéppel vezérelt lézer- és mikrop plazmavágással történik. A berendezések automatikus működésűek. A feszültséggel teli lemez vágáskor felhajolhat, ami tönkretelheti a lézerfejet. A kivágott, deformálódott alkatrészt ráadásul utánmunkálnak, egyengetésnek kell alávetni. Ezért fejlesztették ki a minimális belső feszültséggel rendelkező lemezgyártás technológiáját, amelynek egy jelentős tényezője a helyes egyengetés.

A gyártástechnológiánál a következőkre kell tekintettel lenni:

- Szalagszelvény
 - szűrőrásterv,
 - garnitúraszabály,
 - hengerdomborítás
- Hőmérséklet eltérés (hosszirányban, keresztirányban, alsó és felső felület között)
 - hűtésszabályozás,

- vízfűtítés,
- alsó-felső vízárny beállítás,
- léptetőgerendás kemence használata (egyenletes bugahőmérséklet)
- Kikészítés
 - egyengetés a szalagszelvény ismeretében.

3. A hullámképződés mechanizmusa hideghengerlésnél [1, 4, 6, 7, 8, 9,10, 11]

3.1. Hidegen hengerelt lemezek alaki tulajdonságai

A hidegen hengerelt és harangkemencében hőkezelt tekerccsek rugalmas belső feszültségtől mentesek. Feszültséget a következő technológiai fázisokban, a hullámos szalag dresszírozásával és egyengetésével teszünk a szalagba, ha javítani akarjuk a síkfekvését, már csak húzvaegyengetéssel csökkenthető a síkeltérés és a belső feszültségek mértéke. Ezért cél a síkfekvő szalag hideghengerlése.

A hullámmentes és belső feszültségtől mentes – síkfekvő – szalag, táblalemez a feldolgozóipar szempontjából fontos követelmény. A síkfekvő, azaz hullámmentes szalag hengerlésének feltétele, hogy a szalagszélesség mentén bármely pontban a szalag elemi szálai megnyúlásának ugyanakkorának kell lennie, ebben az esetben a szalag teljesen feszültségmentes és hullámmentes:

$$\frac{d\lambda_x}{d_x} = 0$$

Ezt a feltételt a gyakorlatban maradéktalanul kielégíteni nem lehet, ami azonban nem jelenti azt, hogy síkfekvő szalagot nem lehet hengerelni. A szalag a geometriai méreteitől függően azonban képes elviselni egy bizonyos mértékű egyenlőtlen alakváltozást anélkül, hogy a szalagban hullámok képződjenek. Az egyenlőtlen alakváltozás hatására a szalagban hosszirányú rugalmas húzó- nyomófeszültségek keletkeznek. A keletkezett feszültségek a szalagon belüli alakváltozások különbségével arányosak. Ha az alakváltozás egyenlőtlenége nem ér el egy kritikus értéket, a szalag síkfekvő lesz, de benne rugalmas feszültségek ébrednek. Az ilyen szalag hasításakor, lézervágáskor vetemedik, görbül. Hőkezeléssel ez a rugalmas feszült-

ség megszüntethető. Így a késztermék rugalmas feszültségei a további technológiai fázisok, a dresszírozás és a lemezegyengetés függvényei.

Ha az egyenlőtlen alakváltozásból származó rugalmas feszültség a kritikus értéket túllépi, hullámosság keletkezik. Ebben az esetben az elemi szálak hossza nem azonos egy adott távolságon belül, és a többlethossz hullámot vet. A hullámosság a jelentkezési helytől és hullámhosszától függően lehet (6. ábra):

- középhullámos (a),
- szélhullámos (b),
- helyi hullámos-sávós (c).

Hideghengerlésnél a hengerlésbe belépő és kilépő keresztmetszetekben a húzóerőből származó húzófeszültség szuperponálódik a szalagban keletkezett saját feszültségre (σ_s) (7. ábra). A szalag keresztmetszetében a maximális feszültségű helyeken az eredő feszültség σ_e .

A szalagban ébredő eredő feszültség sehol sem érheti el a szalag anyagának az alakítási szilárdságát, mert szalagszakadás lép fel.

$$k_{f0} > \sigma_f + \sigma_{smax}$$

$$k_{f1} > \sigma_h + \sigma_{smax}$$

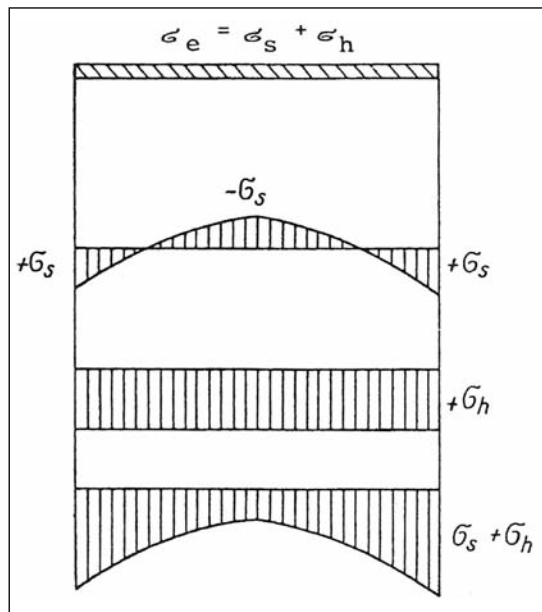
A szalagban ébredő σ_{smax} a szalag méreteinek és hengerlési viszonyainak a függvénye és szorosan összefügg a szalag síkfekvését befolyásoló alakváltozási viszonyokkal. Különösen középhullámos szalagok hideghengerlésekor keletkezhet a szalagszéleken olyan eredő feszültségcsúcs, hogy a szalag szakadását okozza.

Ezért lényeges a fékező- és a húzóerőknél a következő szabályt betartani:

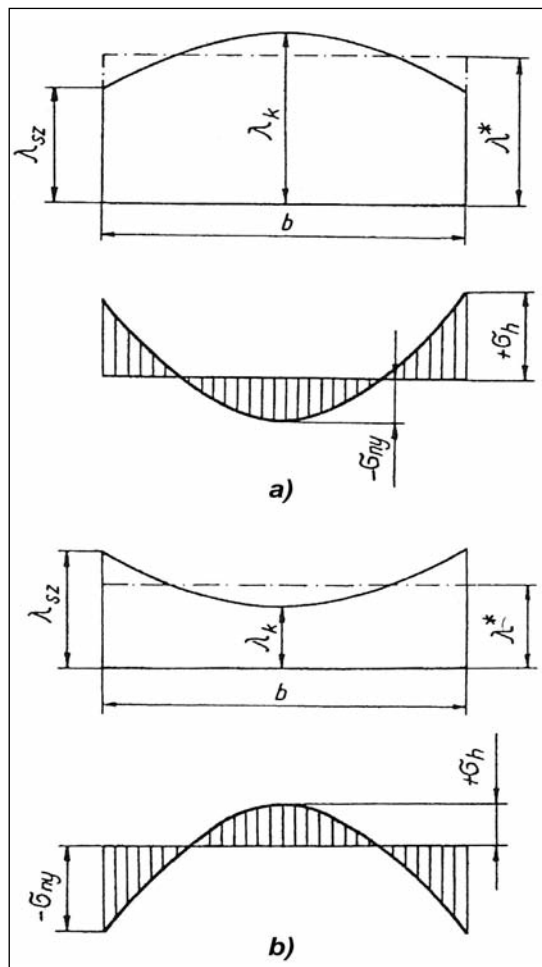
$$\sigma_f \leq 0,4 k_{f0}$$

$$\sigma_h \leq 0,4 k_{f1}$$

Az alakváltozás irányának jellege ellentétes a maradó feszültségek irányával. Ha a szalag közepén nagyobb az alakváltozás (középhullámos szalag esetében), akkor a szalag közepén nyomófeszültségek, a szalag szélén húzófeszültségek ébred-



7. ábra. Húzófeszültségek (σ_h – húzófeszültség, σ_f – fékezőfeszültség, σ_s – saját feszültség)



8. ábra. Középhullámos szalag (a), szélhullámos szalag (b) saját feszültségei a nyújtási tényező függvényében

lag közepén húzó, a szalag széleken nyomófeszültségek keletkeznek (8b ábra).

A hengerelt szalagon a hullámosság mindig ott alakul ki, ahol a maradó nyomófeszültségek egy – a lemez méreteire és anyagára jellemző – kritikus értéket meghaladnak. A kritikus nyomófeszültséghez tehát hozzárendelhetünk egy kritikus alakváltozási tényezőt.

A levezetettek alapján megfogalmazhatók a síkfekvés gyakorlati feltételei a 8. ábra szerinti jelölésekkel:

- a hengerelt szalag mindaddig síkfekvő marad, amíg a szalag szélessége mentén a fajlagos alakváltozási eltérés egy kritikus értéket nem ér el:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda^*} = \left| \frac{\Delta\lambda}{\lambda^*} \right|_{kritikus}$$

- A fajlagos alakváltozási eltérés a lemez vastagságának és szélességének a viszonyától függ.

Középhullám esetén:

$$\left| \frac{\Delta\lambda}{\lambda^*} \right|_{kritikus} = 4,386 \left(\frac{h}{B} \right)^{0,8}$$

Szélhullám esetén:

$$\left| \frac{\Delta\lambda}{\lambda^*} \right|_{kritikus} = 0,1968 \left| \frac{h}{B} \right|^{0,8}$$

Ahol:

h – szalagvastagság,

B – szalagszélesség.

A hideghengerlés számára nagyon fontos a melegszalag szelvényének az ismerete. A melegszalag szelvénye lehet lencsés, plánparalel és homorú. A hideghengerlésre a megfelelő szelvényalak a szabályos lencsealak – lencsés szelvény (2. ábra).

3.2. A síkfekvő szalag hengerlésének feltételei, a hengerrés szűrásonkénti meghatározása

A síkfekvő szalag hengerlésének alapvető feltétele a szalag szélessége menti egyenletes alakváltozás, az elemi szálak azonos hosszúságú megnyúlása a szélesség függvényében. Az egyenletes alakváltozás feltétele, hogy a mun-

kahengerek alapdomborítása egyenlítőse ki a hengerek rugalmas alakváltozását és a hőmérséklet hatására bekövetkező hődomborulatot a szalag lencsésége és az alkalmazott fogyások függvényében, azaz a szalag lencsésességét csak a fogyás (ε) arányában szabad csökkenteni:

$$\delta h_1 = \frac{h_1}{h_0} \delta h_0 = (1 - \varepsilon) \delta h_0$$

Az egyenletnek megfelelően a hengerrés alakja:

$$\delta h_1 = 2 \left(y_{rug, \frac{b}{2}} - 2y_{0, \frac{b}{2}} - y_{h_0, \frac{b}{2}} \right)$$

$$\delta h_1 = 2 \delta y_{rés, \frac{b}{2}}$$

ahol:

- h_0 – szalagvastagság szűrés előtt,
- h_1 – szalagvastagság szűrés után,
- ε – fajlagos alakváltozás mértéke,
- δh_0 – alapanyag (melegszalag) lencsésége,
- δh_1 – lencséség a szűrés után,
- $2y_0$ – köszörült alapbombír,
- y_{rug} – hengerrendszer rugalmas alakváltozása,
- y_{h_0} – hőbombír.

A hengerrés meghatározásánál szükséges még a hengerelt szalag képlékenységi jelleggörbéjének az ismerete, amely az alakítási szilárdság, a fogyás és a húzóerők ismeretében meghatározható.

A hidegen hengerelt szalag síkfekvésének a feltétele az eddig leírtak szerint:

$$f(\varepsilon, v_h, y_0, y_{rug}, \delta h_0, \delta f, \delta h) = 0$$

Reverzáló kvartó hideghengersorokon a hengerdomborítás meghatározása:

A reverzáló kvartó hideghengersorokon a felső, vagy mindkét munkahengerbe bombírt köszörülnek, hogy a hengerek rugalmas alakváltozását kiegyenesítsék. A köszörült bombírnak és a rugalmas részváltozást leíró függvénynek kompenzálnia kell egymást, hogy a hengerrés az egyenletes alakváltozást biztosítsa. Ha a két függvény minőségileg eltér egymástól, akkor a munkahengerek hajlításával sem lehet síkfekvő szalagot hengerelni. *Timosenkov* szerint a behajlott munkahenger semleges vonalának differenciál-egyenlete következő:

$$-qz(x) = EI \frac{d^4 z}{dx^4}$$

ahol

- $z(x)$ – a semleges vonalat leíró függvény,
- q – a mechanikai igénybevételt leíró függvény,
- EI – hengerek hajlási tényezője (E – rugalmassági modulus; I – inercia).

A differenciálegyenlet megoldása *Troost* és *Wilkening* szerint:

$$z_h(x) = H \operatorname{ch} nx \sin nx$$

ahol

- $z_h(x)$ a behajlásból eredő részváltozás az x függvényében,
- H és n a geometriai viszonyokat, mechanikai igénybevételt és a hengerek merevségét leíró tényező.

A korábbi években telepített hengerköszörűgépek domborítást előállító mechanizmusának működési elvéből következően a domborulatot a következő összefüggés írta le:

$$y(x) = A(1 - \cos kx) + B \sin^2 x$$

A k -tényező a görbe hullámhosszát befolyásolja. Az $y(x)$ és az y_{rug} függvény különbsége soha nem lesz zérus.

Vizsgálták a Dunaferri szélesszalag-sor átlagos szelvényalakjának a lencsésességét, amelyre egy negyedfokú parabola illeszthető. Vizsgálták a hagyományos és a negyedfokú parabola alapján módosított hengerköszörülés-sel hengerelt szalagok síkfekvését kikészítés után. A táblalemezkből lézerrel hosszirányú 50 mm-es csíkokat vágtak és vizsgálták a végfelhajlást, vetemedést. A részletes eredmények mellőzésével megállapítható, hogy a negyedfokú görbe szerinti köszörülés-sel a síkfekvés paraméterei javultak.

A korszerű hengerrésszámitási modellek a teljes hengerrendszer rugalmas alakváltozását vizsgálják a 4. ábra jelölései alapján.

A tám- és munkahengerek rugalmas vonalainak együttes elmozdulását leíró függvény a szalagközép (k) és a szalagszél ($b/2$) között:

$$\delta y_{rug} = \delta t_{th, k - \frac{b}{2}} + \delta t_{mh, k - \frac{b}{2}}$$

$$\delta y_{rug} = F \left\{ \frac{b^2}{2\pi ED^4} (2L - 1,166b) + \frac{b}{2\pi ED^2} + \left(1 - \frac{b}{B}\right) \left[\frac{b^2}{18,8ED^2} B \left(6 - 5\frac{b}{B}\right) + \frac{B}{2\pi Gd^2} \right] \right\}$$

A hengerrendszer együttes rugóállandója:

$$C_h = \frac{\delta y_{rug}}{F} \text{ [m/N]}$$

Ahol:

- d, D, B, b, L a 4. ábra jelölése szerint,
- G – a henger csúsztató rugalmassági modulusa [N/mm^2],
- E – a henger rugalmassági modulusa [N/mm^2],
- F – hengerlési erő [N].

A hengerdomborítás meghatározásánál a súrlódási és alakváltozási hőhengerekbe áramló részét is figyelembe kell venni, amelyek a munka- és támhengerek szalagszélesség menti hőtágulását eredményezik. A hengerrés egyenletébe helyettesítve:

$$\delta h_1 = 2 \left[C_{h, \frac{b}{2}} F - 2 \left(\frac{b}{B} \right) 2y_0 - K^* \mu F v_h \varepsilon \right]$$

ahol:

- μ – súrlódási tényező,
 - v_h – hengerlési sebesség.
- A hengerrés alakja $\delta h_1 = f(F, v_h)$

ahol:

- $C_{h, \frac{b}{2}}$ – a hengerrendszer rugóállandója a szalagszélre vonatkoztatva (m/N),
- K^* – a hengerrés hőokozta alakváltozásának jellemzője, amelyek 1200 mm-es és 1700 mm-es hengerpalásthosszokra kiszámítva megtalálhatók az [1] és [12] irodalomban.

A munkahengerek köszörült alapdomborítását a következő összefüggés határozza meg:

$$2y_0 = \left(\frac{B}{b} \right)^2 \left[F \left(C_{h, \frac{b}{2}} - K^* \mu v_h \varepsilon \right) - \frac{1 - \varepsilon}{2} \delta h_0 \right]$$

A melegszalagok hossz- és keresztirányú méreteltérései, a hideg hengerállvány vastagság-szabályozással járó hengerlési erőváltozása szükségessé teszi a munkahengerek a hengerrések külső erővel történő módosítását hengerhajlítással, hengereltolással (CVC, HC) a hengerlési munkapont körül. A munkapont a síkfekvés feltételeit biztosító hengerrés kialakítására való törekvés.

A δy_{rug} egyenlet szerint ha a szalagszélesség és a hengerpalást-hossz hányadosa $\left(\frac{b}{B} \right)$ közelít az 1-értékhez, annál kisebb a hengerlési

erő hatására a rugalmas alakváltozás.

Elvileg $\frac{b}{L} = 1$ esetén nem kell a munkahengereket domborítani.

A nyomáeloszlás geometriai feltételeit a hengerrésben a 9. ábra mutatja be Poluhin kutatása alapján. Az ábra jelöléseivel:

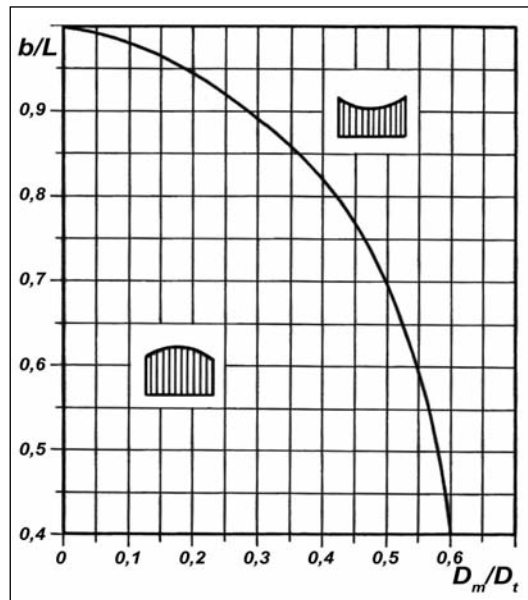
- b/L – szalagszélesség/hengerpalásthossz,
- d_m/D_t – munkahenger átmérő/támhenger átmérő.

Ezen az elven épül fel a rövidített palástú, a HC és CVC hengerállvány, amelyeknél a közbelső henger vagy a munkahengerek mozgatásával az ábra jelölésével (b/L)-hányadost állítják be. A munkahengert mint rugalmasan ágyazott tartót vizsgálják, ahol a hengerelt szalag oldaláról $p = \frac{F}{b}$, a támhenger oldaláról $\frac{F}{B_r}$ megoszló terhelés támad.

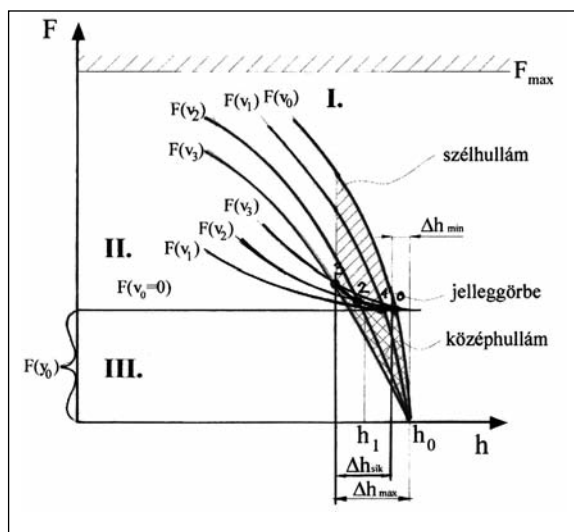
3.3. Hengerlési munkapont meghatározása

A hengerlési sebesség megválasztása a hengerlés összes paraméterére hatással van, és így a hengerelt termék minőségét, elsősorban a síkfekvést is befolyásolja. A sebesség növelésével nő a hengerekbe áramló hőmennyiség, mely végső soron erős középhullámot és szalagszakadást okozhat.

Egy szűrésben adott alapidomborítású hengerekkel adott lencsésű szalagot csak egymással összetartozó sebességgel és vastagságcsökkenéssel lehet hengerelni, ugyanis a vastagságcsökkenés növelésével a hengerlési erő és a hengerek rugalmas behajlása növekszik, a hengerlési sebesség növelésével a hengerek hőtágulása – hőbombír – nő. A sík kifekvésű szalag geometriai feltételeinek megfelelő hengerrés kialakításához szükséges hengerlési erő adott $2y_0$ és δh_0 – melegszalag lencsésű – esetén számítható. Adott szalagfeszítés esetén a hengerlési erő a hengerlési sebesség (v) és az alakváltozás mértékének (ε) függvénye, az általuk meghatározott hengerlési erő és a képlékenységi jelleggörbe közös pontja a munkapont.



■ 9. ábra. Nyomáeloszlás a hengerrésben



■ 10. ábra. Hengerlési munkapont meghatározása

A síkfekvő szalag geometriai feltételeinek megfelelő hengerrés kialakításához szükséges hengerlési erő:

$$F = \frac{2 \left(\frac{b}{B}\right)^2 y_0 + \frac{1}{2}(1 - \varepsilon)\delta h_0}{C_{heng, \frac{b}{2}} - K^* \mu v \varepsilon}$$

A 10. ábra mutatja egy szűrésben a hengerlési munkapont meghatározását.

Az ábra jelzéseivel:

- Alapidomborítás: plánparalel szelvénynél pozitív $2y_0$
- I. Képlékenységi jelleggörbék a sebesség függvényében.
- II. A hengerrés alakváltozásából meghatározott, a síkfekvéshez szükséges erők.

– III. Az y_0 alapidomborítás kiegyenlítéséhez szükséges erő.

A következő szűrésokban azonban az így kiszámított hengerdomborítás már nem optimális érték, ezért a munkapontot szűrésenként újra kell számolni.

A diagram az alapidomborítás kiegyenlítéséhez szükséges erőt [$F(v_0=0)$] és a hőbombír következtében létrejövő hengerrés alakváltozásból a síkfekvéshez szükséges erőt tartalmazza különböző sebességnél [$F(v_1)$; $F(v_2)$; $F(v_3)$], valamint a különböző sebességekhez tartozó képlékenységi jelleggörbét. Igen kis sebesség mellett minimális a hőfejlődés, ezért a közsűrűlt alapidomborítás kiegyenlítéséhez szükséges erő létrehozásához

egy minimális alakváltozásra van szükség [Δh_{min}], az ábra 0 jelű munkapontja. Ennél kisebb alakváltozás esetén a hengerrést plánparalellé tudná deformálni, és a szalag középhullámos lesz. Ezt a középhullámot esetleg el lehet tüntetni a húzóerőkkel, de az egyenlőtlen alakváltozásból eredő rugalmas belső feszültségek megmaradnak. Síkfekvő szalagot csak a $\Delta h_{sík}$ tartományban lehet hengerelni.

3.4. A hengerek hőtágulásból származó méretváltozásának a meghatározása, R_b és K^* paraméter meghatározása

A hengertestet egyrészt a súrlódási munkával, másrészt az alakváltozási munkával arányos hőmennyiség melegíti. Az időegységre vonatkozó felületi súrlódási munkával arányos hőmennyiség munkahengerbe áramló részaránya:

$$\dot{q}_{mh, \text{súrl}} = \xi_s \mu F \frac{v \varepsilon}{2bd\pi} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

ahol:

- v – hengerlési sebesség,
- b – szalagszélesség,
- d – munkahengerátmérő.

A ξ_s – felületi súrlódási hő munkahengerekbe áramló részaránya, a szalag és a hengerlési emulzió fizikai jellemzőinek és a fajlagos felületi nyomásnak a függvénye: $0,7 \leq \xi_s \leq 0,8$.

A munkahengerekbe az alakváltási hő egy része is beáramlik a b szélességű palástfelületen a munkahengerbe. Időegység alatt beáramló hőmennyiség:

$$\dot{q}_{mh,al} = \xi_{em} \xi_{al} \frac{c_{\gamma} v \Delta T_{al}}{2d\pi} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

ahol:

ξ_{em} – az emulzióval elvitt hőmennyiség részaránya,

ξ_{al} – az alakváltási munka hőegyenértékének a hengerek és a szalag közötti megoszlása.

A munkahenger felületegységén időegység alatt beáramló összes hőmennyiség:

$$\dot{q}_{mh} = \dot{q}_{mh,surl} + \dot{q}_{mh,al} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

A munkahengerpalást közepének hőmérsékletnövekedése az állandósult hőállapot eléréséig:

$$\Delta T_{mh,k} = \frac{\dot{q}_{mh}}{u_{mh \rightarrow em}} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$u_{(mh \rightarrow em)}$ a hengerek felülete és az emulzió hőátadási tényezője, 1400 [W/m² °C]

A munkahengerpalást közepének hőmérséklete az állandósult hőállapot elérésekor:

$$T_{mh}^{(k)} = T_{mh,0}^{(k)} + \Delta T_{mh}^{(k)}$$

ΔT – sugárirányú hőmérséklet-változás

δT – tengelyirányú hőmérséklet-változás. Hőmérséklet-különbség a munkahenger tengelyirányú hűtőhatása miatt a szalagszélek felé:

$$\delta T_{mh} = T_{mh,k} - T_{mh,\frac{b}{2}}$$

$$\Delta T_{mh,\frac{b}{2}} = \frac{\Delta T_{mh,\frac{b}{2}}}{ch \left(a_{mh} \Lambda_{mh} \frac{b}{2} \right)}$$

ahol:

Λ_{mh} – a munkahenger tengelyirányú hővezetési tényezője,

$$\Lambda_{mh} = 2 \sqrt{\frac{u_{mh \rightarrow em}}{\lambda_{h\delta} d}}$$

A támhengert a munkahenger felől áramló hő egy része melegíti:

$$\Delta T_{th,k} = \frac{d}{D} \Delta T_{mh,k}$$

A támhengerpalást közepének hő-

mérséklete, ha a kezdeti érték

$$T_{th,0,k} = T_{em},$$

$$T_{th,k} = T_{th,0,k} + \Delta T_{th,k},$$

$$\delta T_{th} = \Delta T_{th,k} \left[1 - \frac{1}{ch \left(a_{th} \Lambda_{th} \frac{b}{2} \right)} \right],$$

$$\Lambda_{th} = 2 \sqrt{\frac{u_{th \rightarrow em}}{\lambda_{h\delta} D}},$$

ahol:

$$a_{mh} = 0,30;$$

$$a_{th} = 0,62 \text{ a munka- és támhenger hűtési viszonyaitól függő tényezők,}$$

$$\lambda_{h\delta} = 45 \text{ [W/m}^2\text{C]}.$$

$$\delta_{h\delta,\frac{b}{2}} = y_{h\delta,\frac{b}{2}}$$

$$\delta_{h\delta,\frac{b}{2}} = 2\delta d_{\frac{b}{2}} + \delta D_{\frac{b}{2}} = 2\Psi_{h\delta} \alpha \left[d\delta T_{mh} + \frac{1}{2} D\delta T_{th} \right]$$

A támhenger hőtágulásának csak a felét kell figyelembe venni, mert csak a félerék befolyásolja a hengerrést.

$\Psi_{h\delta} = 0,8$ a hengertest egyenlőtlen hőmérsékleteloszlását figyelembe vevő állandó,

$$\alpha = 13 \times 10^{-6} \text{ [1}^\circ\text{C]} \text{ hőtágulási együttható.}$$

A behelyettesítések és összevonások után a hengerrendszer együttes hőbombírja:

$$y_{h\delta,\frac{b}{2}} = K^* \mu F v \varepsilon$$

$$K^* = \frac{1,05}{2\pi} \xi_s \Psi_{h\delta} \frac{R_b \alpha}{b u_{mh \rightarrow em}} \text{ [s/N]}$$

$R_b = f(b)$ hőátadási viszonzyszám, csak a szalagszélesség függvénye adott hengerson.

$$R_b = 1,5 - \frac{1}{ch \left(a_{mh} \Lambda_{mh} \frac{b}{2} \right)} - \frac{0,5}{ch \left(a_{th} \Lambda_{th} \frac{b}{2} \right)},$$

4. Az elmélet gyakorlati alkalmazása az ISD Dunaferri Zrt. hengerműveiben [11,12]

A nem szimmetrikus, sávós, ékes, negatív lencsésességű, szélkihegyesedéses, rossz szelvényalakok a meleghengerműi kikészítésnél és a hideghengerrésnél is minőséghibákat okoznak. A melegtekerics kikészítésnél és a hideghengerrésnél is a normál, szimmetrikus – a szabványokban és műszaki feltételekben előírt – szelvényalak a kívánatos.

Az ISD Dunaferri Zrt. Meleghengerművében a szelvényalak szabályozásának lehetőségeit jellemzően csak a köszörült alaplomborítás és a garnitúraszabályok jelentették. A tolóke-mencék jellegükből fakadóan egyenlőtlenül hevítik fel a hengerlés alapanyagát. Az új léptetőgerendás kemencénél ez az inhomogenitás jelentősen lecsökkent. Az előlemezek szelvényalakjára a duo rendszerű előnyújtó alkalmatlan, azon semmilyen részalakszabályozási rendszer nem működik. A szalag szelvényét egyedül az utolsó szűrés fogyasértékének változtatásával lehet módosítani, azonban szelvénymerés lehetőségének híján a beavatkozást nem lehet kontrollálni. Az előlemez-tekerceselő javítja

az előlemezek hőeloszlását, csökkenti a sínesség mértékét, azonban a szélességmenti hőmérséklet-eltérések kiegyenlítésére alkalmatlan. A készsoron a köszörült alaplomborítás, a lomborítási rendszer változtatása volt az egyetlen beavatkozási lehetőség. A köszörült alaplomborítást azonban nehéz minden esetben biztosítani, mivel csak egyetlen köszörűgép rendelkezik profilmérővel. A profilok ellenőrzésére jelenleg kézi mérőeszközök szolgálnak. Egy éven belül letelepítésre kerül egy új köszörűgép a megfelelő mérőeszközökkel. A készsor részalakszabályozó rendszere a hengerhajlítás. Korábban ez a rendszer alkalmatlan volt szelvény szabályozásra, ugyanis az F1 és F2 állványban nem volt aktív a rendszer, vagyis hengerlés közben nem volt változtatható. A többi állványban is alacsony hengerhajlító erővel kellett dolgozni.

A 2016-os beruházások alkalmával az F1-F3 állványok pozitív, negatív irányú aktív hengerhajlító egységet kaptak, és a többi állványon is megnőtt a beavatkozás lehetősége. Ezzel a rendszerrel már hatékonyan szabályozható a szelvényalak és a síkfekvés. Mivel még rövid idő telt el, így a konkrét eredményeket még nem lehet számszerűsíteni. A szelvényhibák azon részével, amelyek a garnitúra felépítésből, hengerkopásból erednek, ez a rendszer sem tud mit kezdeni, de az előírt lencsésesség értékének beállítása könnyebb lett. Ahhoz, hogy a

szelvényalak szabályozásának hatását le lehessen mérni, szükséges volt egy szelvénymérő berendezés telepítése is. Ez a műszer már két éve működik megfelelően. A két rendszert egy felsőbb szintű automatika fogja a jövőben összekapcsolni, és automata szelvény- és síkfekvésszabályozás elérése lesz a cél.

Síkfekvő szalag hideghegerlésére szabályos, szimmetrikus lencsésességű melegszalag alkalmas, a szelvényhibák egyoldali, kétoldali vagy helyi hullámosságot eredményeznek, melyek hőkezelés után dresszírozással és egyengetéssel megszüntethetők, vagy jelentősen csökkenthetők, de ilyenkor az anyag rugalmas belső feszültséggel terhelt, így lézervágásra nem megfelelő. A helyi alakváltozások megszüntetésére a legjobb megoldás a dresszírozás utáni húzva-egyengetés.

A reverzáló kvartó hengerállványok garnitúra programjának a munkahenger domborítása – bombírközel egységes anyagtulajdonságokkal rendelkező tekercsek hideghegerlésére állítható össze – meghatározott szélességi tartományban, közel azonos szűrasterve rendszerrel. A hideghengerműben a régi hengerállványok (1700-as rev. kvartó, 1200-as rev. kvartó állványok) csak pozitív munka-hengerhajlító berendezéssel rendelkeznek. A hengerész a munkahenger-hajlítással biztosítja a síkfekvő szalag hengerléséhez a megfelelő hengerrést. Az új 1760 mm-es rev.

kvartó állvány és a felújított dresszírozó sor már rendelkezik húzófeszültség-eloszlást mérő készülékkel, amely szabályozza a hengerrést a pozitív/negatív munkahengerhajlító berendezéssel és a hűtő-kenő folyadék (emulzió és dresszírozó folyadék) mennyiségén keresztül hőbombír-szabályozással, amelyek a síkfekvő szalag hideghengerrésének alapvető feltételei.

A cikkben szereplő összefüggések alapján a későbbiek során lehetőség nyílik a megfelelő hengerdomborítások számítógéppel támogatott meghatározására.

Irodalom

- [1] *Dr. Farkas Péter, dr. Gulyás József, Illés Péter, dr. Horváth Ákos*: 11. Rúd- és lapostermékek hengerlésének elméleti és technológiai szempontjai. Digitális egyetemi tankönyv 2014.
- [2] *Molnár József*: A meleg-szalag-sor hengerdomborítási rendszere. DMGK 2002/2.
- [3] *Molnár József, Illés Péter, Kovács Árpád*: Melegen hengerelt szalagok szelvényalakjainak javítása. DMGK 2005/1.
- [4] *Dr. Horváth Ákos, dr. Sebő Sándor, Kovács Mihály, Kemele István*: A meleg- és hideghengermű kapacitásnövelésének technológiai aspektusai és hatásuk a termék minőségére. DMGK 2003/4.

- [5] *Horváth Ákos, Sebő Sándor, Takács László, Mihaldinecz László, Illés Péter*: Melegen hengerelt szélesszalagok és táblalemezek lézervágthatóságának javítása. DMGK 2005/1.
- [6] *Mihaldinecz László*: Melegen hengerelt acélszalagok görgős egyengetése. Dunaferr tanfolyami jegyzet 2000.
- [7] *Dr. Farkas Péter*: A Dunai Vasmű Hideghengermű 1700-as hengersonorának szűrastervei. NME KFFK Alakítástechnológiai Tanácsék 1990.
- [8] *Kóhalmi Kálmán*: Szűrasterve-készítés gyakorlata reverzáló hideghengersonorokon. BKL Kohászati 103. évf. 1970/12. szám.
- [9] *Dr. Voith Márton*: A sík szalagkifekvést biztosító hidegszalag-hengerlési technológia optimalizálása. Kandidátusi értekezés 1977.
- [10] *Varga István, Markó Zsolt*: Hideghengerműi munkahengerek domborításának köszörülése az átlagos szelvényalakot leíró függvénygörbe alapján. DMGK 2007/1.
- [11] *Horváth Ákos*: Síkfekvő szélesszalag hideghengerrésének feltételei reverzáló hideghengersonorokon. DMGK 2007/4.
- [12] *Illés Péter, Dudás György*: Online szelvénymérés az ISD Dunaferr Zrt. meleghengerművében. DMGK 2015/4.

■ MVAE-hírek

A Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés 2016. szeptember 29-i ülése

A taggyűlés a tagvállalatok működését befolyásoló változásokról két előterjesztést vitatott meg.

Először *Zámbó József* igazgatóhelyettes foglalta össze „Az acélttermékek külföldi és belföldi átlagárainak, árszínvonalának alakulása” című írásos előterjesztését. Az előadás számos ábrát tartalmazott, amelyek jól jellemezték az utolsó évtized világpiaci árainak alakulását. Erről összességében azt lehet megállapítani, hogy a 2008–2009. évi válság okozta

árzuhanás után 2010–2011-ben egy ingadozásokkal tarkított árszintemelkedés történt, és a 2011-es árszint valamennyi termékcsoporthoz eljutott, és meghaladta a 2008. évi nagy kilengést megelőző árszintet. 2011 októberétől az EU-piacon ismét árcsökkenés kezdődött, és 2012 augusztusától 2013 közepéig az árak nagyrészt már csak a 2007. évi szinten voltak, majd 2014–15-ben tovább csökkentek. 2015. II. félévben a 2009. évi mélypont alá zuhantak az

árak az év végére, de 2016 áprilisában egy reményt keltő áremelkedés indult el. Ennek folytatódásában reménykednek a vállalatok.

A helyzetet az enyhíti, hogy a betétanyagárak (acélhulladék, vasérc, koks) hasonló módon változtak. Az anyagköltségek emiatt csökkentek, de nem olyan mértékben, mint az acélárak. Európában számos vállalat jutott emiatt nehéz pénzügyi helyzetbe.

A másik előterjesztés címe „A tagvállalatok energiafelhasználásának,

az energia árának és költségeinek alakulása, valamint az EU klíma- és energiapolitikája”, szerzője *dr. Tardy Pál* és *Stefán Mária* volt. Ennek első része az EUROFER által jelenleg legtöbbet vitatott, Brüsszelben évek óta a tárgyalások egyik leggyakoribb kérdését jelentő téma (az EU klíma- és energiapolitikája) volt.

A számos ábrával illusztrált anyag néhány fontos tézise:

1. A jelenleg folyamatban lévő (2012–2020) emissziókereskedelmi rendszer a módosítások ellenére is alacsony szinten stabilizálta a kvótaárakat. Ennek alapvető oka, hogy a 2008–2009-es válság miatt az EU acéliparának még mindig sokkal kisebb a termelése a korábnál. Az EU acélipara ennek következtében 2012 óta kvótafelesleggel rendelkezik, így vásárlásra nem szorult.

2. Az Európai Bizottság a Párizsi Klímacsúcs eredményeit is figyelem-

be véve kidolgozta javaslatait a 2021–2030-as kvótakereskedelmi fordulóra, amelynek fő célja a CO₂-kvóták piaci árának növelése. A háttástanulmányok szerint az új rendszerben jelentősen nőni fog a kvótaár, és az acélipar kvótavásárlásra fog kényszerülni, amely 25-30 €/t nyersacélra növelheti az acélipar fajlagos CO₂-költségeit. Ez súlyosan veszélyezteti az energiaintenzív ágazatok versenyképességét, ezért az EUROFER (és hozzá csatlakozva az MVAE) kemény lobbimunkát folytat a terv módosítására.

3. Az érintett két hazai nagyvállalat energiafelhasználása alapvetően a termeléssel összhangban változott. A fajlagos kibocsátások viszont a termelés növekedésével csökkentek.

4. A két hazai vállalat az elmúlt időszakban nem szorult kvótavásárlásra, de fennáll annak a veszélye, hogy ez a kedvező helyzet megváltozik.

A második részben *Stefán Mária* adott áttekintést az energiaárak alakulásáról.

5. A villamosenergia-árak a kiemelt nyolc EU-tagországban csökkenő tendenciát mutatnak, köztük Magyarországon is (ipari fogyasztók). A gázárak szintje is mérséklődik, de hazánkban ez a szint még mindig elég magas. A gáz átlagára ez évben tovább mérséklődik. Csökkenő tendenciát mutat a kocsz ára is, mind forintban, mind dollárban mérve.

6. Az anyag- és energiaárak részaránya az összköltségben fentiekkel összhangban csökkent a hazai acéliparban.

7. Az anyag- és energiaárak csökkenése sem hazánkban, sem a többi EU-tagállamban nem eredményezte az eredményesség javulását, mert a termékekárak ehhez képest jóval nagyobb mértékben csökkentek.

TP

Új vezető a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés élén

Az egyesülés 2017. október 20-án tartott rendkívüli közgyűlésén *dr. Móger Róbert*et választotta meg igazgatónak.

Dr. Móger Róbert 1998-ban szerzett kohómérnöki diplomát a Miskolci Egyetem Dunaújvárosi Főiskolai Karán. Ebben az évben helyezkedett el üzemmérnökként a



vasműben, ahol első munkahelye a Nagyolvasztómű volt. A gyártóműnél később technológus, majd technológiai osztályvezető, ezt követően termelésvezető-helyettes lett.

2010 óta az ISD Dunafer Zrt. metallurgiafejlesztési főosztályvezetője.

Tanulmányait folytatva metallurgus szakirányú ipari marketing egyetemi diplomát szerzett 2002-ben, majd 2014-ben PhD doktori fokozatát is megszerezte az anyagtudományok területén.

2010 óta az Európai Bizottság Szén- és Acél Kutatási Alapjának (RFCS) szakértője, 2014 óta a Magyar Tudományos Akadémia Miskolci Területi Bizottságának tagja. Nevéhez számos tudományos publikáció és előadás fűződik.

TP

Minden kedves Olvasónknak

sikeres, boldog új esztendőt és jó egészséget kíván

a BKL Kohászat szerkesztősége

LAUB ÁDÁM MIKLÓS

Tradíció és innováció. Hol is tartunk 35 év után?*

Az előadás témája a prototípusgyártás új eljárásainak bemutatása, melyek kiegészítik a Magyarmet Kft. hagyományos viaszkiolvasztásos precíziós öntési eljárását. Bemutatja, hogy miként lesz a beérkező 3D-s modellből nyomtatott mintadarab. Ismerteti az alkalmazott programok és gépek főbb paramétereit, használatukat. Bemutatja a kerámiaforma-készítésben alkalmazott egyedi gyorszáritó berendezést és a lézerhegesztő berendezést is. Rámutat a gyors prototípusgyártás ipari és művészeti öntvényeknél elért alkalmazási példáira.

illetve teljes vagy részleges beömlőrendszerek is. Számításba veszi az alapanyag tulajdonságait és az öntőforma anyagát is.

A 3D-s műveletekhez a Creo programcsomag 3.0-ás verzióját használjuk. Meglehetősen könnyen kezelhető program, kevésbé automatizált más CAD-rendszerekhez (pl. SolidWorks) képest, ugyanakkor könnyebben használható. Fő alkalmazása az import felületek teljes körű javításában van, mivel a más CAD-rendszerben készült vevői modellek a többszöri fájlkonvertáláskor adatokat veszítenek, ezáltal hibákat tartalmaznak. A prototípus nyomtatásához csak hibátlan, felületében folytonos modellt lehet felhasználni. Ezzel a programmal módosítható szükség esetén az öntvény geometriája, például öntési lekerekítéseket, feliratókat, megmunkálási ráhagyásokat, vagy éppen a felöntések helyeinek megjelölését lehet vele elvégezni. Ezzel készítjük el a beömlőrendszerek modelljeit is (2. ábra). A nyomtatáshoz szükséges fájl mindig egy háromszögekből álló felületpaplan, ún. stl-állomány (stereolitography, sztereolitográfia) [1]. A kész modellt ebben a formában kell menteni ahhoz, hogy ki lehessen nyomtatni. A

Előszó

Szerencsésnek mondhatom magam, hogy a sok évtizedes öntészeti tapasztalatáról, tradicionális vállalatvezetéséről és öntvényeinek világszínvonalú minőségéről ismert Magyarmet Finomöntőde Kft.-nél indult a mérnöki pályafutásom. A cégnél éppen egy forradalmian új technológia bevezetésének küszöbén kapcsolódhattam be az öntvénygyártási technológia fejlesztésébe, amikor elindították a 3D gyors prototípusgyártást, így folyamatfejlesztőként részese lehettem a tradíció és az innováció találkozásának.

Öntvénytervezés szimulációval és gyors prototípus segítségével

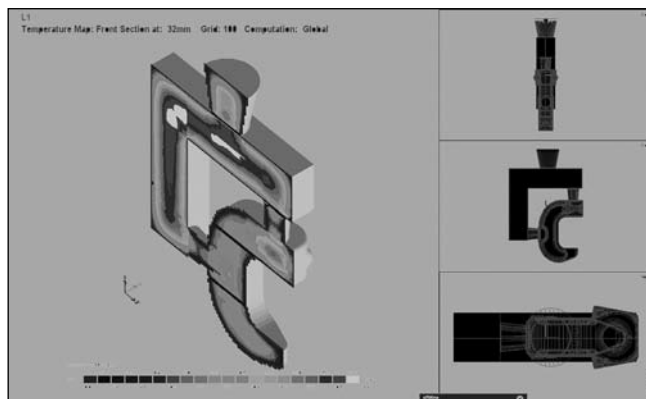
Az öntvény tervezése során elsőként mindig a CAD-modell munkáival indul

a folyamat. Az elkészült modellen dermedésszimulációt végzünk, majd szintén CAD-rendszer segítségével elkészítjük a beömlőrendszer tervét. A gyártás előkészítési folyamatába be kell illeszteni az öntvény és a beömlőrendszer rapid (igen rövid időn belül elkészített) prototípusának előzetes legyártását is. Ehhez előre meg kell tervezni a gyártás lépéseit. A prototípus elkészítéséhez a 3D-s nyomtatáshoz szükséges fájlokat meg kell szerkeszteni.

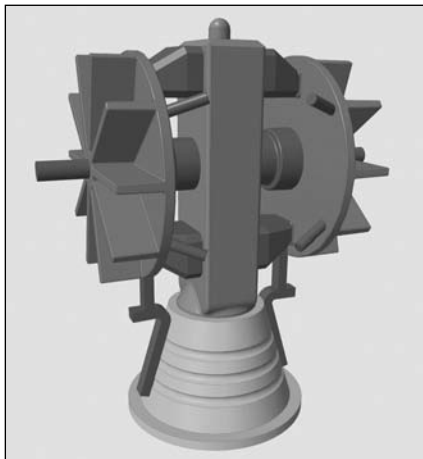
Az általunk használt szimulációs szoftver az indiai Bangalore-i egyetemmel közösen fejlesztett Soft-CAST, mely kifejezetten a dermedés vizsgálatára alkalmas. Számításainak alapja a melegpontok meghatározása, ezen felül lehet használni dermedési vektorok, gradienstérképek és hőterképek készítésére is (1. ábra). Vizsgálhatók vele öntvények,

Laub Ádám Miklós 2013-ban karbantartó szakirányú gépészmérnökként szerzett diplomát a Dunaújvárosi Főiskolán. Tanulmányai során több projektben is részt vett (léghajtású jármű építése, pneumatikus és hidraulikus berendezések tervezése), melynek során megismerkedett a CAD-technológiával. 2014-től a Magyarmet Finomöntőde Kft. gyártás-előkészítő, majd folyamatfejlesztő mérnöke, fő szakterülete a 3D-modellezés; rapid prototípusgyártással, dermedésszimulációval, precíziós öntvények beömlőrendszerének tervezésével foglalkozik.

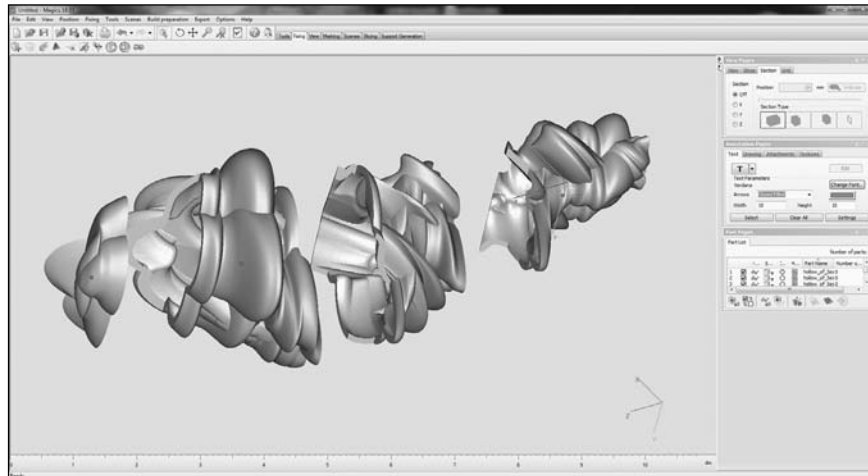
*A Magyar Öntészeti Szövetség által, a bicskei Magyarmet Kft.-ben, 2016. június 16-án „Öntészeti technológia- és gyártmányfejlesztés napjainkban a hazai öntődékben” rendezett konferencián elhangzott előadás szerkesztett változata.



1. ábra. Egy szorítóelem és a beömlőrendszer hőterképe



■ 2. ábra. Lapátkeréköntvény és beömlőrendszerének CAD-modellje



■ 3. ábra. Tony Cragg által tervezett szobor nyomtatáshoz előkészített darabjai

rajzokat is ezzel a programmal készítjük el, mert az egyes technológiai lépésekhez nem mindig elegendő a vevő által megadott dokumentum.

A Creo-val készített felületháló csak alap, nem nyomtatható ki közvetlenül, ezt még át kell alakítani a 3D-s nyomtató által olvasható formába. Ehhez a Magics-programot használjuk, mellyel a betáplált stl-fájlokat lehet szerkeszteni. Közvetlenül, egyszerűen javíthatjuk a konvertálás során keletkezett hibákat. Erre van lehetőség automatikus, illetve manuális úton is. A felületekkel különböző műveleteket hajthatunk végre: vastag testeket üregessé tehetünk, alkatrészeket egyesíthetünk, vagy éppen kivonhatunk egymásból, nagy alkatrészeket darabolhatunk fel (3. ábra), zsugort adhatunk meg. A program tartalmazza a nyomtatógépet, mint virtuális munkahelyet, így a kinyomtatandó munkadarabokat előre el tudjuk helyezni a nyomtatótérben (4. ábra). Kimenatként egy sli kiterjesztésű fájlt kapunk, ez a munkadarabot

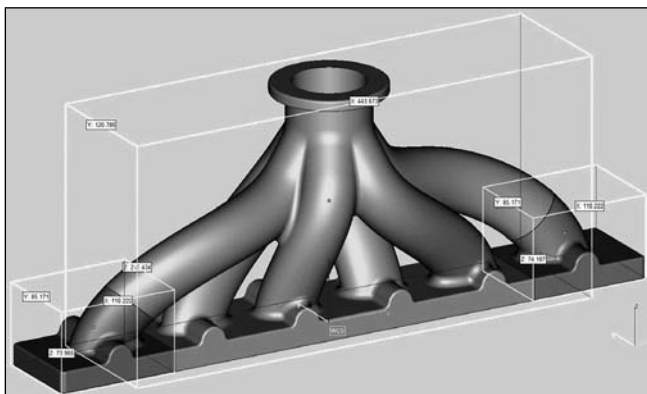
keresztmetszetekre bontja, melyek a nyomtatáskor a darabot felépítő rétegek lesznek.

Nyomtatáskor még egy program segíti a munkát, ez a PSW, a nyomtató berendezésen futó vezérlő szoftver. Segítségével lehet mozgatni a nyomtató különböző végrehajtó elemeit. Lehetőség van továbbá a darabok elhelyezésének korrigálására, korlátozott irányokban való forgatására és másolásra. Állíthatóak a szinterelési paraméterek (lézer teljesítménye és sebessége) és a felhasznált alapanyag adagolásának értékei is.

A 3D-s polisztirol minta nyomtatása egyrészt azért versenyképes alternatíva a prototípusgyártásban, mert ugyanazon anyagminőségek elérhetőek, mint a hagyományos precíziós öntésnél. Másrészt a rapid prototípusgyártás új ágazatánál, a fémmnyomtatásnál – amely csak kevés ötvözetel képes működni – jóval költséghatékonyabb. Az általunk használt eljárás az SLS (Selective Laser Sintering – selektív lézer szinterelés) [2]. A munka-

darabot rétegről rétegre építi össze a gép, a mintát képző keresztmetszeteket lézerrel égetik össze. A környező, nem szinterezett rétegek teljes egészében újra felhasználhatóak. A nyomtatható méret 360 × 360 × 620 mm, az alkalmazható rétegvastagság 0,1–0,18 mm-ig terjed. Az alapanyag egy speciálisan az öntészet céljára készített polisztirol por, amelynek megfelelően kicsi a formakiegyezés utáni hamutartalma.

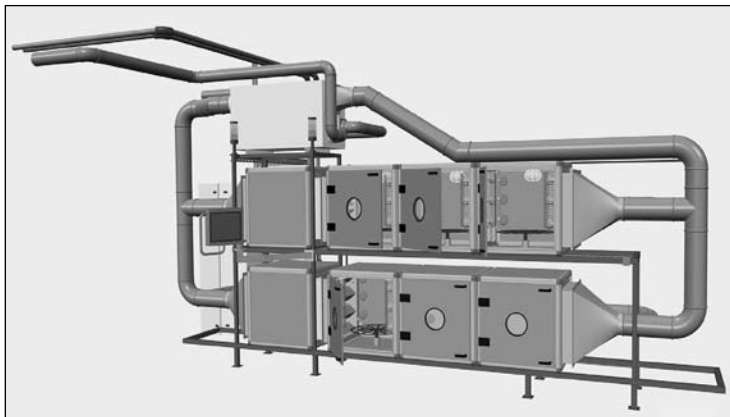
A nyomtatás – egy lefelé építkező additív eljárásról beszélünk – egy tartályban történik, amelyet a gépből kivéve egy újabb berendezésbe, a kicsomagoló gépbe helyezünk. Több tartály áll a rendelkezésünkre, ez biztosítja a folyamatos munkát. A nyomtatás befejezése után meg kell várni, míg a darab lehűl, hiszen az eljárás alatt a munkatér hőmérséklete 102 °C. A kivett tartályból a kicsomagoló gépben eltávolítjuk a formát. Ehhez megfelelő kéziszerszámokat, keféket, kaparókat használunk (5. ábra). A darabot körülvevő por alapanyagot



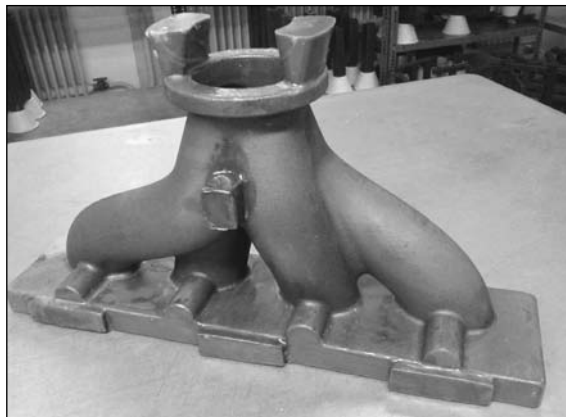
■ 4. ábra. Leömlődíom a virtuális nyomtatótérben



■ 5. ábra. Járókerék nyomtatás utáni tisztítása



■ 6. ábra. Gyorszáritógép CAD-modellje



■ 7. ábra. Nyomatott füstgázcsonk műanyag mintája DTM futamos autókhoz

egy szitarendszeren megtisztítva újra fel tudjuk használni. A kibontott mintát ezután sűrített levegővel lefúvatjuk. Így tudjuk eltávolítani azokat a bennmaradt támaszanyagokat, amelyeket az alámetszések vagy a geometria bonyolultsága miatt a kéziszerszámokkal lehetetlen lenne. A minta felületét a felületi minőség javítása, illetve a darab szilárdítása érdekében be tudjuk vonni különböző műanyagokkal és viaszokkal.

Formakészítés

A rapid gyártás következő művelete a kerámiaformák gyártása. Megfelelő technológia használatával a száradási idők radikálisan csökkenthetők. Ezért *iff. Győri Imrével*, a Magyarmet Kft. ügyvezető igazgatójával kifejlesztettünk egy gyorszáritó berendezést, amely napokkal megrövidíti a forma előállítását. A hat száritóegységből álló gép fő szabályozott paraméterei: a hőmérséklet, a páratartalom, a száritást intenzívvé tevő infralámpa-teljesítmény és a felületet érő fúvott levegő sebessége. Akár 24 kerámiaforma is elhelyezhető benne, és a száritási idő egy órára csökkenthető a szokásos 3-8 órához képest. A gép maga teljes egészében a Magyarmet Kft. gépészeti tervezése, a megvalósításában számos külső cég részt vett, amelyekkel végig szoros együttműködésben dolgoztunk. A gép (6. ábra) szerepel a 2016-os Creo naptáron is, ami a tervezőprogram forgalmazójának nagy elismerése.

A megmunkálás közben/után jelentkező hibák javítására egy saját, 100 W teljesítményű lézerhegesztő gép áll rendelkezésünkre. A különbö-

ző hibák (gázzárványok, salakhibák, mechanikai sérülések) felrakó hegesztéssel, minimális hőbevitellel, deformáció nélkül javíthatók [3]. A munka hozzáadott értéke nagy, az eljárással megmentett darabok jelentős költség-, idő- és kapacitás megtakarítást jelentenek.

Ipari és művészeti alkalmazások

A cégünk által rövid idő alatt gyártott prototípus öntvények alkalmazása az iparban széleskörű: Az egyik legjelentősebb csoportot a különböző leömlőidomok jelentik. Készítettünk 2, 3, 4 és 6 csöves füstgázleömlőket DTM versenyautókhoz 1.4848-as acélöntvözetből (7. ábra). A megrendelő folyamatos fejlesztéseinek hála, mindig újabb és újabb darabokat rendeltek meg, ezáltal az előállításukhoz szükséges technológiát is tökéletesíteni tudtuk. A Porsche Boxster, a Mercedes-AMG és a Ford FFA Series autóihoz is rendeltek tőlünk prototípusokat, több esetben megmunkált kivitelben. Sorozatgyártás előtti tesztek elvégzésére több alkalommal készül-

tek prototípusok petrokémiai katalizátorokhoz, minden esetben szériarendelés lett az eredmény. A Mini Cooper gyártásához a BMW folyamatos autóipari megrendelést ad a cégnek. Ez a folyamat is rapid mintával indult el: a darab öntészeti viselkedését 10 db PMMA (polimetil-metakrilát) műanyagból készült minta segítségével teszteltük. A magyarországi Grundfos vállalatokkal több projekten is dolgoztunk együtt (pl. propellerek, csatlakozók, fedelek), az eredmény a tapasztalatok alapján módosított sorozatgyártás, vagy éppen egy megvalósított szerszámmódosítás volt.

A rapid eljárás sok esetben művészeti alkotásokhoz is megfelel. Olyan világhírű művészeknek készítettünk már rozsdamentes acélszobrokat, mint *Tony Cragg* (8. ábra). Eleinte PMMA minta volt a gyártás alapja, később átálltunk a saját gyártású polisztirol mintákra. Szintén művészeknek gyártottunk bronzból kis koronát, angyalszobrot, rozsdamentes acélból pedig egy életnagyságú úszómestert, amint épp a vizet kémleli a távcsövével.



■ 8. ábra. A Magyarmet öntödéjében mintázott és öntött Tony Cragg-szobrok

Végül említésre méltó, hogy bár a polisztirol kis szilárdsága miatt nem alkalmas önálló műanyag teherviselő elemnek, a közelmúltban több mintát készítettünk pl. a FÉMALK Zrt.-nek. Így a darab geometriáját egyszerűbb szemrevételezni, ez tervezési segítséget ad.

Összefoglalás

A Magyarmet Finomöntöde Kft. fennállása óta folyamatosan alkalmazta

és továbbfejlesztette a legújabb technológiákat. A 3D-s nyomtatással kivitelezett gyors prototípus készítésének lehetősége egy újabb lépés ezen az irányvonalon. Az új eljárás jól kiegészíti a cégnél hagyományosan alkalmazott viaszmintás kerámiaformázással folyó öntészeti technológiát. Célunk, hogy folyamatos fejlesztésekkel az egyre növekvő vevői igényeknek a legjobban meg tudjunk felelni. Innovatív megoldásainkkal 35 év megalapozott hagyományait egé-

szítjük ki az öntészet csúcstechnológiájával.

Irodalom

- [1] <https://all3dp.com/what-is-stl-file-format-extension-3d-printing/>
- [2] http://www.eos.info/additive_manufacturing/for_technology_interested
- [3] https://www.ara.bme.hu/oktatas/tantargy/NEPTUN/BMEGEATMG19/2011-2012-II/ea/09-10_ea_BELLA_lezeres-hegesztes.pdf

PORTÖRŐ BALÁZS

A 21. század kihívásai a FÉMALK Zrt. szemszögéből*

Autóipari öntvénygyártással és fejlesztéssel foglalkozó cégünk közel másfél évtizede vevőivel közösen fejleszt, optimál alkatrészeket. Az ilyen típusú mérnöki kapcsolat évről évre gyarapodik, szorosabbá válik, közben nagymértékben változik, ill. átalakul. Cikkünk e fejlesztési és esetenként kutatási tevékenységbe is hajló munkákba nyújt betekintést. A FÉMALK-ban folyó K+F tevékenység rendkívül szerteágazó. Ezek közül két területet, nevezetesen az akusztikát és a topológiaoptimalást mutatjuk be.

Bevezetés

Autóipari öntvénygyártással és fejlesztéssel foglalkozó cégünk közel másfél évtizede vevőivel közösen fejleszt optimális paramétereket teljesítő alkatrészeket. Az ilyen típusú mérnöki kapcsolat a cég növekedésével párhuzamosan évről évre mélyül, növekszik, és közben nagymértékben változik, ill. átalakul (1. ábra). E fejlesztési

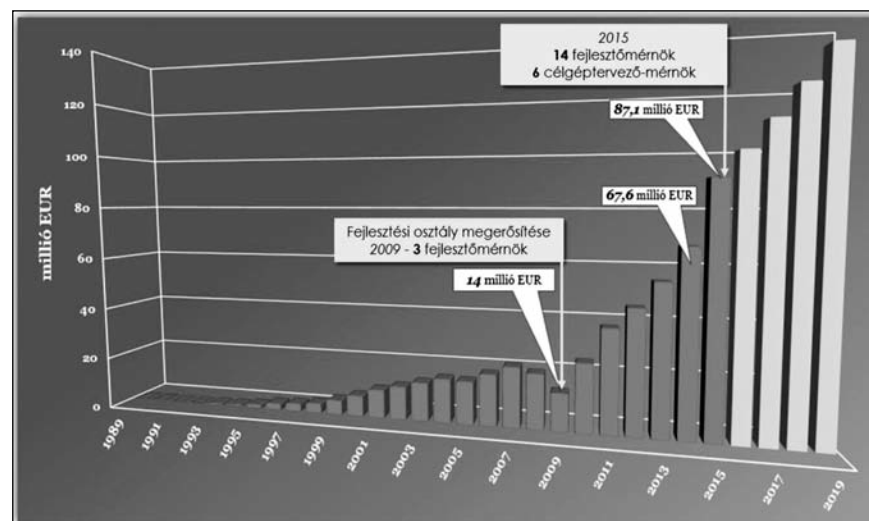
Portörő Balázs 2008-ban szerzett diplomát a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Karán, alkalmazott mechanika szakirányon. 2010 óta dolgozik a FÉMALK Zrt. kutatási és fejlesztési osztályán kezdetben fejlesztőmérnöki, 2013-tól senior fejlesztői, 2015-től előfejlesztési és kutatási csoportvezetői pozícióban.

*A Magyar Öntészeti Szövetség által, a bicskei Magyarmet Kft.-ben, 2016. június 16-án rendezett „Öntészeti technológia- és gyártmányfejlesztés napjainkban a hazai öntödékben” konferencián elhangzott előadás szerkesztett változata

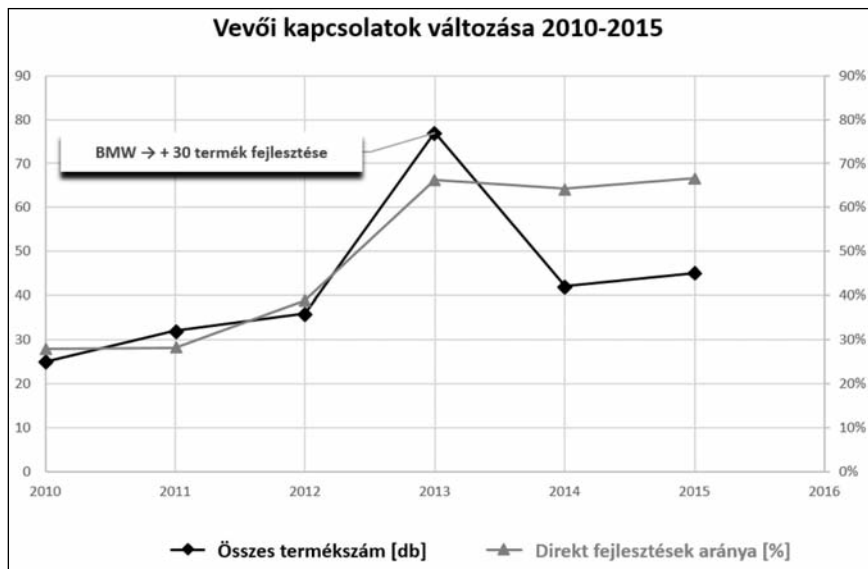
és esetenként kutatási tevékenységbe is hajló munkákba szeretnénk betekintést nyújtani.

Az utóbbi néhány évben a K+F tevékenység, amit a beszállító végez a vevő számára, már nemcsak extra szolgáltatás, amit a partnerek vagy

kihasználnak, vagy nem, hanem a komolyabb rendszer-beszállítók és az autógyártók részéről egyre inkább megkövetelt beszállítói belépőkártya, az újabb és újabb termékek megszerzéséhez vezető úthoz. Ezen elvárással kapcsolatos személyi és tárgyi felkészültséget, főleg Közép-, Kelet-Európában, még sok cég úgy pótolja, hogy külföldi, sokszor nagy német fejlesztő irodákkal szerződik, amelyek a szükséges fejlesztési és tesztelési munkát helyettük elvégzik. A FÉMALK nem ilyen cég. A 2008–2009-es gazdasági világválság közepette cégünk tulajdonosa, akkoriban még a mindennapi munkában is résztvevő vezér-



1. ábra. A FÉMALK árbevételének alakulása, 1989–2015



■ 2. ábra. Vevői kapcsolatok alakulása 2010–2015

igazgatója, dr. Sándor József stratégiai szempontból visszaigazoltan helyes döntést hozott. Az akkori néhányfős fejlesztési (azóta K+F) osztály megerősítését engedélyezte (1. ábra), és támogatta, hogy az osztály olyan mérnököket kezdjen alkalmazni, akik a vevőinkkel, köztük az autógyártókkal közvetlenül, szorosan együttműködve képesek a náluk folyó termékfejlesztési tevékenységben aktívan részt venni. Szakmai, mérnöki szempontból is képesek egy öntödét képviselve hozzátenni ahhoz a munkához (geometria, szerelhetőség, anyagválasztás, szilárdsági méretezés, gyárthatóság szempontjából), aminek az eredménye a nyomásos öntéssel hatékonyan gyártható alumínium-alkatrész.

A 2010–2015-ös időtartamot ábrázoló diagram (2. ábra) azt a tendenciát szemlélteti, hogy egy fél évtized alatt 28%-ról 67%-ra nőtt azon termékek aránya, amelyeket a cég által elnyert és gyártott alkatrészek közül mérnökeink a vevőkkel szorosan együttműködve fejlesztettek ki.

Megállapítható, hogy ha egy beszállító cégnél adottak a feltételek, vevői már nem „csak” azt várják el, hogy egy terméket legyártson, majd megfelelő minőségben kiszállítson, hanem adott esetben ő maga fejlessze is ki azt. Mi azt tapasztaljuk, hogy vevőink évről évre emelik a léceket, és termékeik fejlesztése során egyre nagyobb hozzáadottérték-hányadot, know-how-t várnak el beszállítóiktól. Egyre több, mélyebb mérnöki tudást megkövetelő

munkát, feladatot szerveznek ki az erre érdemes beszállítóiknak. Itt nagyon is érvényes a mondás: Aki lemarad, az kimarad. Ennek az elvárásnak megfelelően és mindezt meglovagolva építi, mélyíti fejlesztési kapcsolatait vevőivel a FÉMALK K+F osztályának mérnökcsoportja. Jelenleg közösen fejlesztünk a BMW-vel, a VW-vel, a PORSCHE-val, a BENTLEY-vel, a BASF-fel, a BogeElastmetall-lal.

A FÉMALK-ban folyó K+F tevékenység rendkívül szerteágazó. A teljeség igénye nélkül például, CAD és CAE programok támogatásával nap mint nap nyomásos öntvényeket optimalunk, fejlesztünk. Öntvényeinket mi magunk teszteljük (statikus, dinamikus, nagyfrekvenciás fárasztás), belső tudásbázisunk folyamatos építése és pontosítása céljából anyagvizsgálatokat végzünk (pl. kisciklusú fárasztás),

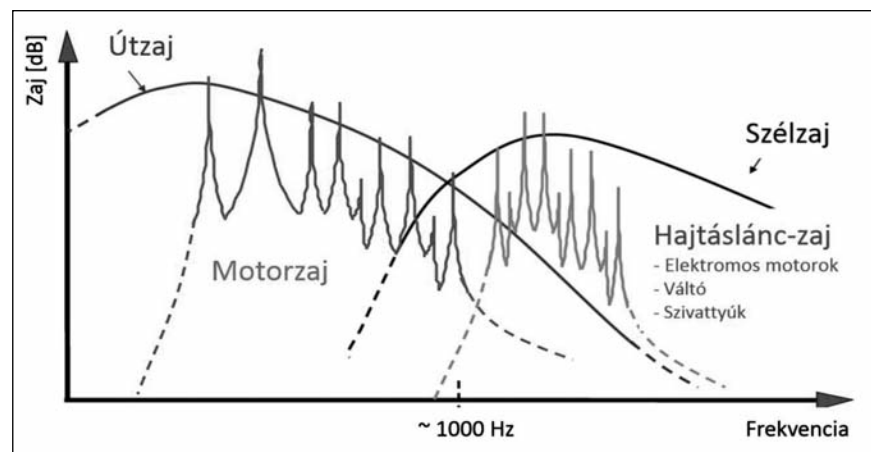
és a jövőre felkészülve olyan speciális területekre is elkalandozunk, mint a gépjármű-akusztika. Ezen tevékenységeink közül kettőt mutatunk be.

Gépjármű-akusztika egy öntöde szemszögéből

A környezeti hatásokba a gépjárművek fogyasztása és károsanyag-kibocsátása mellett ma már beletartozik környezeti terhelésként a működés közben kibocsátott zaj mértéke (zajszennyezés) is. Ez a zaj terhelheti a külső környezetet és magát a sofőrt is. Tanulmányok foglalkoznak azzal, hogy a sofőrt terhelő folyamatos, monoton zajhatások miként rontják le koncentrációs képességét és fárasztják el utazás közben, ezzel sokszor elkerülhető baleseteket okozva. Az autógyártók mérnökei számára nagy kihívást jelent a nemkívánatos zajok csökkentése, megszüntetése (3. ábra).

A zajforrásokat a FÉMALK-ban fejlesztett és gyártott motor-, váltó- és egyéb felfüggesztő elemek gerjeszthetik és csillapíthatják is. Nem feltétlenül gondolná az ember, de ezek az öntvények, mint megütött hangvillák, bizonyos frekvenciaszinteken (sajátfrekvenciák) magas zavaró hangokat bocsátanak ki magukból. Ha a 3. ábrán látható zajforrások bármelyike képes ezeket a frekvenciákat gerjeszteni és egy előírt zajszint fölé emelni a hangkibocsátás mértékét, a termékünk akusztikai szempontból nem lesz optimális. Ezért egyes esetekben hangolni, „elhangolni” kell az öntvényeinket.

Többször tapasztaljuk, hogy a fejlesztési fázis során egyre több problémát okoz vevőinknek a motortér



■ 3. ábra. Zajforrások alakulása egy gépjárműben

akusztikájának megfelelő beállítása. Mi ezekkel a problémákkal úgy szembesülünk, hogy öntvényeinkre sokszor utólagosan, például speciális csillapító anyaggal felületkezelést, esetleg plusz bordákkal merevítést vagy egy felcsavarozott, tömör lengő tömeget kell alkalmaznunk. 2015-ben úgy döntöttünk, hogy házon belül elkezdünk foglalkozni, mélyebb szinten az akusztikai vizsgálatokkal, s azt tűztük ki célul, hogy termékeink fejlesztése során például a szilárdsági méretezés mellé az öntvények, ill. alkatrészek akusztikai hangolását is, mint szolgáltatást ajánljuk majd vevőinknek.

A 2015-ös, most nem részletezett eredményeinket tovább gondolva, a projekt részeként 2016-ban a BME Áramlástan Tanszék és a Műszaki Mechanika Tanszék gondozásában zajló angol nyelvű specializáció keretében, egy diplomázó és mellette egy FÉMALK-os diákmunkás kollégát köszönthettünk csapatunkban, *Anka Márk* személyében. A témához szorosan kapcsolódóan, röviden összefoglalva az ő munkájáról és eredményeiről számolok be a következőkben.

Termékeink bizonyos gerjesztő frekvenciákon (sajátfrekvenciák) olyan nem kívánatos lengésalakkal képesek rezegni és ezzel hangnyomást generálni, amivel az elvárt szint fölé emelik az öntvény által lesugárzott hang nyomását, amit a fül zajként érzékel. Az akusztikában jellemzően a hangnyomás szintet (SPL – sound-pressure-level) használják, mint a hang erősségét jellemző viszonyszámot. Mértékegysége dB (decibel), és referenciaként gázokban a $20 \mu\text{Pa}$ -os emberi hallásküszöbértékhez viszonyítják.

Kollégám a diplomamunkája fontos részeként, a tanszéki konzulense segítségével egy süketszobában felépített egy akusztikai mérés-összeállítást. A mérés során a tér előre definiált pontjaiban – a FÉMALK egyik próbaöntvényét speciális módszerrel saját-frekvenciákon gerjesztve – az öntvény által lesugárzott hangnyomást mérte (4. ábra). Mindezt azért, hogy a mérési eredményeket felhasználva validálásként, egy erre alkalmas végelelemes szoftverben felépítse a vizsgálat virtuális mechanikai modelljét, mellyel a jövőben öntvényeinket már

nem utólag mérve és esetleg módosítva, hanem akusztikailag előre méretezve, hangolni tudjuk.

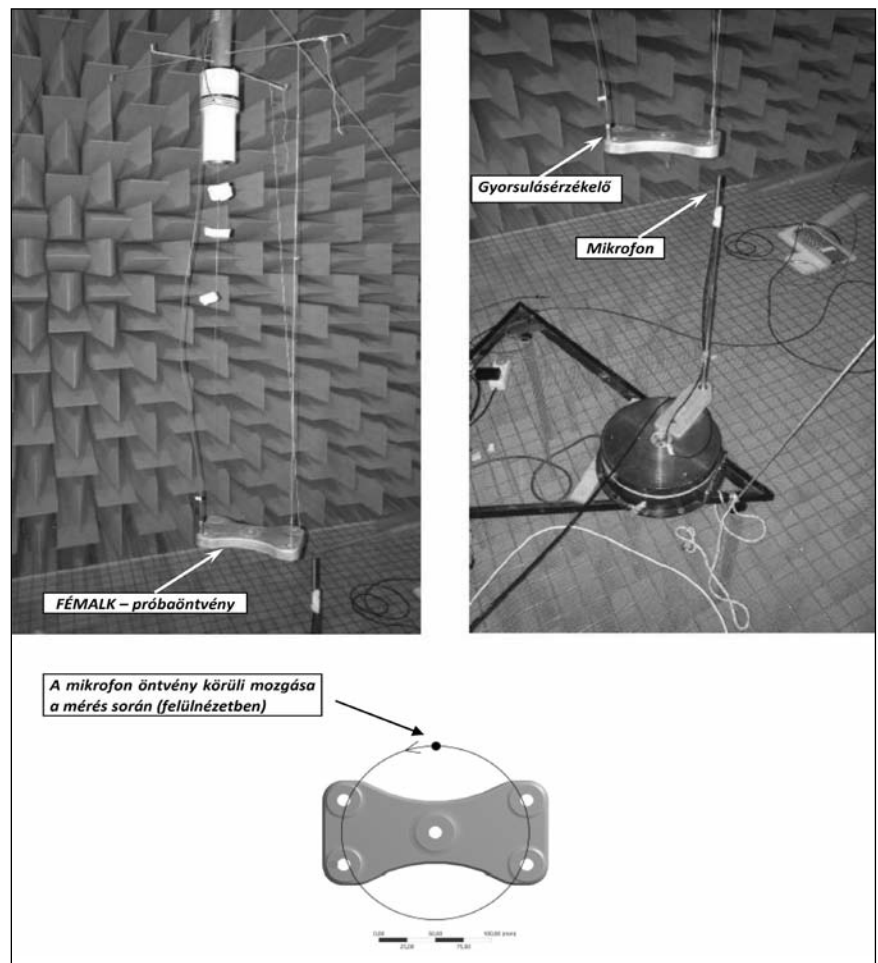
A mérési eredményekkel a végelelemes modell sikeres validálása megtörtént. A számításokhoz használt modell felépítése és ennek részletes bemutatása nem publikus. Az 5. ábra diagramján alul a körben mozgó mikrofon mérési eredményei és a felépített végelelemes akusztikai térmodell számításaiból kapott eredmények összehasonlítása, felül az öntvény második sajátfrekvenciájához tartozó lengésalak látható.

Az eddigi eredmények alapján kijelenthető, hogy a FÉMALK K+F csapata képes egy mérésekkel validált végelelemes akusztikai modellt alkalmazva, különböző akusztikai peremfeltételeknek megfelelően öntvényt méretezni vagy (el)hangolni, ezzel egy újabb, az öntvénygyártáshoz látszólag nem szorosan köthető területen, vevőivel együtt dolgozva, gondolkodva műszaki kapcsolatait szélesíteni, mélyíteni.

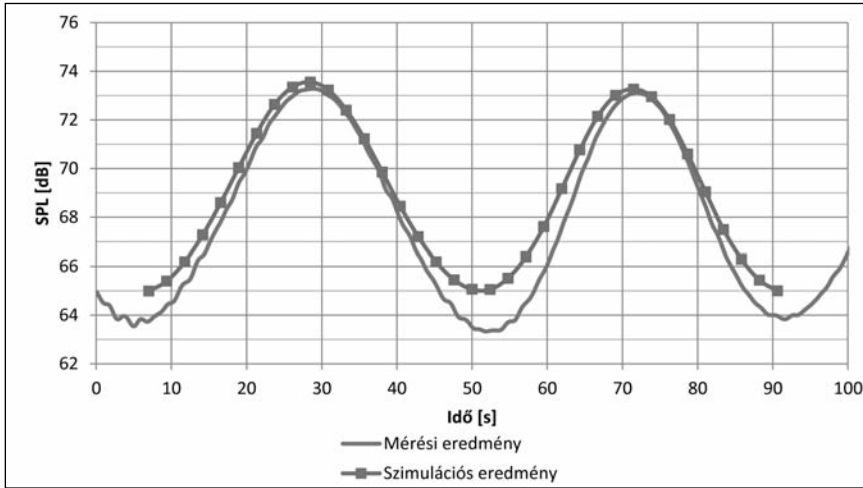
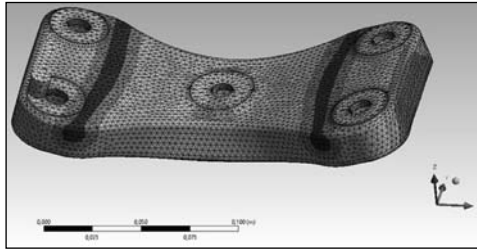
Topológiaoptimalás a tökéletes öntvénygeometria megalkotásához [1]

A másik kiemelt téma azért aktuális, mert egy-két hónapja, a tavalyi évhez hasonlóan, a BMW – fejlesztési szempontból a legjelentősebb partnerünk – ismét nevezte cégünket egy előfejlesztési projektre. Az „elő” szó a fejlesztés előtt azt jelenti, hogy egy koncepció nagyon korai fázisában kapcsolódunk be a projektbe. Ez nagyságrendileg négy évet jelent a sorozattermelés elindulása előtt. Vevőnk meglegedettségére ebben a projektben megvillanhattuk egy újonnan megszerzett képességünket is. Ahhoz, hogy ezt megtehesük, a háttérben másfél évig építettük belső tudásbázisunkat, hogy termékeink fejlesztésénél ezt a módszert, melyet topológiaoptimalásnak neveznek, gyakorlati szempontból hatékonyan alkalmazni tudjuk.

Az iparban már több évtizede használják a cikkben bemutatott végelelemes numerikus megoldásra épülő



■ 4. ábra. Akusztikai mérés egy süketszobában

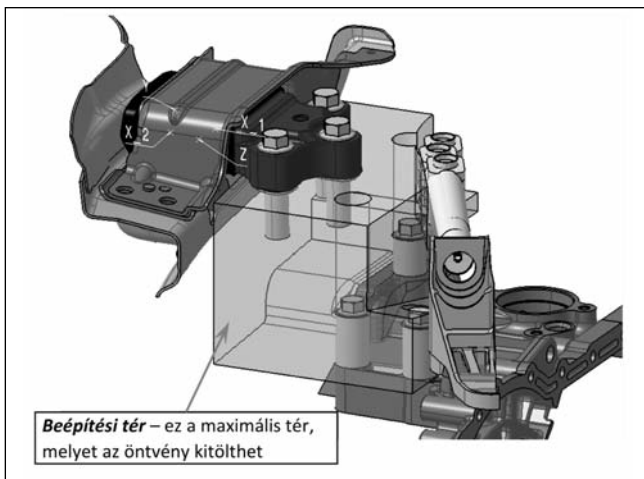


■ 5. ábra. 1517 Hz-es (második) sajátfrekvencián a mikrofonos mérésekből nyert és a végesselelemes modellel számolt SPL értékek összehasonlítása

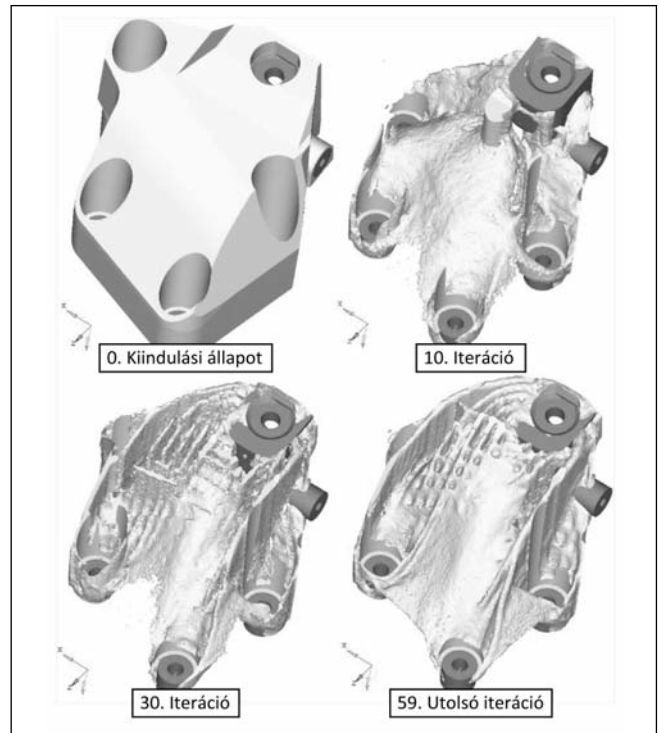
optimalizációs, vagy kicsit precízebben fogalmazva, különböző peremfeltételek kielégítése mellett, bizonyos célfüggvények szélsőérték-keresésének meghatározására használt módszert. Ez az optimalizációs módszer és szakmai alapokra épülő használata 2016-tól a FÉMALK-ban is elérhető és megbízhatóan alkalmazható nyomásos öntvényeink termékfejlesztéséhez.

Egy nyomásos öntvényvel kapcsolatban az elérendő cél és az optimalizálás tárgya lehet például a termék tömegének csökkentése úgy, hogy szilárdsági tulajdonságai ezzel párhuzamosan

megmaradjanak, vagy éppen fordítva, a terhelés hatására kialakuló és tönkremenetelt okozó mechanikai feszültségek csökkentése úgy, hogy a tömeg ne növekedjen. Egyre gyakoribb cél az akusztikai viselkedést befolyásoló kritikus sajátfrekvenciák növelése, módosítása, illetve a felsoroltak különböző kombinációja. A probléma legtöbbször az, hogy az egy alkatrészbe integrálni kívánt funk-



■ 6. ábra. A fejlesztendő öntvény beépítési környezete



■ 7. ábra. A topológiaoptimalizálás lépései

ciók számának folyamatos növelésével, a zsúfolt (kis helyen sok alkatrész) beépítési terekkel a fentebb említett célok (szilárdság, tömeg, sajátfrekvencia) elérése egyre bonyolultabb és ezzel körülményesebben, nehezebben gyártható terméket ad eredményül. Meg kell jegyezni azt is, hogy a nyomásos öntészeti technológia azért is élvez nagy figyelmet az autógyárak körében, mert ezzel a legkönnyebb a fent említett funkcióintegráció végrehajtása. Ezen a tendencián (egy termék sok funkcióval, kis helyigény) változtatni nem lehet, és ez nem is feladata egy beszállítónak. Viszont az feladata, s ez a FÉMALK-nál is így van, hogy egy adott öntvény fejlesztésénél a minél hatékonyabb gyárthatóság megőrzése ugyanolyan súllyal szerepeljen a termék megalkotása, optimalása során, mint az egyéb, vevők által előírt kritériumok betartása. Ahhoz hogy ezek a peremfeltételek mind teljesüljenek, a topológia optimalás mint módszer – helyes – használata mostanra elengedhetlenné vált egy gépjármű szerkezeti elem fejlesztése esetében.

Egy optimális geometriára mindig igaz, hogy valamilyen előre meghatározott szempontból optimális. Általában vannak ún. peremfeltételek, amit figyelembe kell vennünk. Ezek közé

tartoznak például a szilárdsági követelmények, a csavarozási, csatlakozási pontok helye és az önthetőség is. A FÉMALK esetében egy optimalizációs probléma a következőképpen fogalmazható meg. Keressük a beépítési térbe (6. ábra) illeszkedő, nyomásos öntéssel gyártható (nyitási irányok, falvastagságok...), szilárdságilag („elég erős”) és rezgéstani szempontból megfelelő öntvényt, amelynek a lehető legkisebb a tömege.

Optimalizálás során a leggyakoribb cél tehát a tömeg csökkentése, keressük a legkönnyebb alkatrészt. De előfordul az is, hogy a lehajlás minimalizálása vagy a merevség maximalizálása a feladat adott tömeg mellett, de megoldható az optimalizálás céljaként akár a sajátfrekvencia maximalizálása is. A topológiai optimalizálás során eleinte a teljes beépítési teret kitöltjük anyag-

gal. Ez az a tér, ahol az alkatrész elméletileg elhelyezkedhet, vagyis ezen a téren belül nem ütközik semmilyen más alkatrésszel (6. ábra). Egy, a vége-seleemes módszerre (numerikus módszer differenciálegyenletek közelítő megoldására) épülő program segítségével iteratív számolás során találjuk meg az optimális geometriát. Ez a folyamat nyomon követhető a 7. ábrán, ahol egy jelenleg fejlesztés alatt álló, új termék optimalizálása látható. A bal felső sarokban a tömör beépítési tér, majd az egyes képeken az iterációk során finomodó öntvényalak követhető.

A programmal kapható eredmények nagyon jó irányt mutatnak az öntvény fejlesztése során, lerövidítik a végleges, minden peremfeltételt kielégítő CAD-modell elkészüléséhez szükséges időt. A fentebb említett

projektben három különböző felfüggesztő elem esetében alkalmaztuk a módszert, és a vevőnk által javasolt geometriák helyett új, nyomásos öntéssel gyártható öntvényeket alkotunk meg. A kiinduló öntvénygeometriák 1600–2100 grammos tömegéből, melyekkel gyárthatósági problémák is voltak, öntvényenként 300–380 grammot csökkentettünk. Ezzel 1,15 kilogrammot nyertünk a három termék kezdeti össztömegéből úgy, hogy ezek akusztikai viselkedése és szilárdsága nem változott, vagy javult.

Irodalom

- [1] *Tanos András*: Az alakoptimalizálásról. FÉMALK magazin, Fémalk Zrt., Budapest, 2016. 3. sz. 10–11. oldal

Testvérlapjaink tartalmából

Litejnoje Proizvodstvo, 2016. szeptember
http://www.foundrymag.ru/lp_2016_09.html



Andreev V. V., Korotcsenko A. Ju., Nuraliev N. F.: Gömbgrafitos öntöttvas próbák lineáris zsugorodásának vizsgálata dermedésük során

Андреев В. В., Коротченко А. Ю., Нуралиев Н. Ф.: Исследование линейной усадки образцов ЧШГ в процессе их затвердевания

Gömbgrafitos öntöttvas (GÖV) lineáris

zsugorodása hőmérsékleti összefüggéseinek vizsgálata során megállapították, hogy a teljes érték főként a zsugorodás előtti tágulástól függ; minél nagyobb annak az értéke, annál kisebb a zsugorodás. Kutatási eredmények alapján kidolgozták jó minőségű, vastagfalú öntvények, köztük nagyolvasztók hűtőlapjai előállításának technológiáját kiegészítő, tápláló felöntések nélkül; a formázási technológiát és az öntés paramétereit, az öntöttvas zsugorodás előtti tágulása hatásának kihasználásával, és a felöntések nélküli gyártás technológiáját is.

Kidalov N. A., Oszipova N. A., Potasova I. E., Grigorjeva N. V.: Volgai folyami homokok öntészeti alkalmazásának lehetőségei

Кидалов Н.А., Осипова Н.А., Поташова И.Е., Григорьева Н.В.: Перспективы применения волжских речных песков в литейном производстве

A cikk ismerteti a volgai folyami homokok öntészeti alkalmazása lehetőségének tanulmányozására irányuló vizsgálat eredményeit. Vizsgálták ezek technológiai tulajdonságait. Elvégezték az osztályozásukat. Tanulmányozták a folyami homokból készült vízüveges és agyagos formázó- és maghomokkeverékek fizikai-mechanikai és technológiai tulajdonságait. Arra a következtetésre jutottak,

hogy a volgai folyami homok alkalmazható az öntvénygyártásban.

Batysev A. I., Ibragimov Kh. F., Iszacsenko P. D.: Fogaskerék-szivattyúk öntött perselyei

Батышев А. И., Ибрагимов Х. Ф., Исаченко П. Д.: Литые втулки шестеренных насосов

Ismertetik az NS32-U típusú fogaskerék-szivattyú konstrukcióját, felsorolják a főbb öntött alkatrészeket, amelyekből áll, és a gyártásban alkalmazott öntési módszereket. A fő figyelmet az öntött perselyekre fordítják. Ezek csúszó csapágyak, amelyek különböző öntési módszerekkel, Al-ötvözetekből készülnek.

Budanov E. N.: Robotok alkalmazása az öntvénygyártásban, a Laempe tapasztalatai szerint

Буданов Е. Н.: Применение роботов в литейном производстве, по опыту Laempe

A cikkben ismerteti az ipari robotok növekvő felhasználási trendjét; előnyeiket: termelékenység, pontosság, ismételtetés, az „emberi tényező” kizárása stb. Felhasználási példákat írnak le technológiai feladatok megoldására a korszerű öntvénygyártás körülményei között.

KÉKESI TAMÁS – KULCSÁR TIBOR

Ötvözött alumíniumhulladékok olvasztása során keletkező salakok jellemzői

Megvizsgáltuk az alumíniumötvözet olvasztása során keletkező oxidos salak (felzék) jellemzőit meghatározó fizikai-kémiai folyamatokat. A salakból kinyerhető fémtartalom meghatározására kidolgoztunk egy összetett módszert, amelynek első lépése a salakminta termomechanikus kezelése. Ennek során a fémtartalom jelentős része tömb formájában kinyerhető. A forró maradvány vizes granulálását követő őrlés és fizikai osztályozás során további jelentős fémtartalom különíthető el durva szemcsés állapotban. A finom porból álló végmaradvány rejtett fémtartalmát a fémes alumínium és a nátrium-hidroxid oldat reakciójából keletkező hidrogéngáz térfogatának a mérésével határoztuk meg. A különböző alumíniumötvözetek előállítására összeállított vegyes eredetű betét olvasztásakor kapott salakok így meghatározott teljes fémtartalma elérte a 85%-ot. A salak mennyisége és a fémtartalma erősen függött az ötvözet Mg-tartalmától.

Bevezetés

Az alumíniummetallurgia ipari háttere Magyarországon az utóbbi évtizedben átalakult. A primer előállítás megszűntével jelenleg alapvetően a másodlagos alumíniumiparra és öntészeti iparágra koncentrálódik. Noha ugyanilyen sarkalatos technológiai váltást ugyan Japán már két évtizeddel korábban megtett, a teljes átalakítás egyedülálló a bauxitvagyonnal és hosszú primer alumíniummetallurgiai hagyományokkal rendelkező országok között. Ugyanakkor a magyarországi folyamatok is részét képezték a

globális tendenciának, ugyanis, amíg 1990-ben a világ alumíniumtermelésének a 70%-át adta a bauxit alapú primer kohászat, 2010-ben már a hulladék alapú szekunder előállítás képviselte ugyanezt a domináns arányt [1]. Ez a tendencia alapvetően az elmúlt évtizedek energiaár-robbanásán, a járműipar nagyarányú fejlődése miatt gyorsan növekvő alumíniumigényen és a fémek sajátosan jó metallurgiai visszajárthatóságán, valamint a másodlagos eredetű fémekben és ötvözetekben is elérhető jó minőségen alapul. Az alapvetően mindig is újrahasznosított visszatérő

gyártásközi hulladékok mellett összességében egyre nagyobb az amortizációs alumíniumhulladék mennyisége az olvasztásra kerülő betétben. Ez nemcsak a kívánt összetételű ötvözet előállítása tekintetében jelent új kihívást a mérnökök számára, hanem az olvasztás során fellépő nagyobb fémvesztés és a megnövekedett mennyiségben képződő salakok hasznosítása is új metallurgiai feladatokat hozott előtérbe. Speciális terület a hazánkban az utóbbi évtizedben megerősödött járműipari öntészet. Itt nagy mennyiségű alumíniumötvözet kerül felhasználásra, és az öntést megelőző olvasztás, valamint a – viszonylag egyszerűbb – metallurgiai kezelés során szintén keletkezik oxidos felzék.

A szakembereket régóta foglalkoztatja a képződött salakok fémtartalma. A salak kialakulásának a folyamatai, a salak összetétele, a fémtartalom kinyerhetősége egyre égetőbb kérdések. Az alumínium és alumíniumötvözetek hatékony olvasztása nem könnyű metallurgiai feladat a fém sajátos fizikai-kémiai tulajdonságai miatt. A betétanyag melegítése és olvasztása a nagy fajlagos hőkapacitás miatt viszonylag sok hő igényel, a közben fellépő intenzív oxidációs folyamatok pedig jelentős fémvesztést, „leégést” is képesek okozni. A képződő oxid anyagát alkotó fémtartalmat veszteségnek kell tekinteni, mivel ez idegen fázisként elkülönül a fémolvadéktól. Emellett még több is lehet az oxidfázis által mechanikusan elragadt fémes állapotú alumínium mennyisége. Az oxidok és a fémes alkotó mennyisége és a felzék állapota függ az olvasztott anyag jellemzőitől. Az elragadt fém több módon és változó

Dr. Kékési Tamás okl. kohómérnök, az MTA doktora és a japán Dr. Eng. tudományos fokozat birtokosa. Korábban két évig dolgozott a Lenin Kohászati Művek Kombinált Acélművében, valamint öt évig volt ösztöndíjas kutató a Tohoku Egyetemen, Japánban. Fő területe a hidro-elektrometallurgiai fémkinyerés, a fémolvadék-kezelés és a nagy tisztaságú fémek előállítása. Jelenleg az ME Metallurgiai és Öntészeti Intézetének igazgatója, emellett ellátja az egyetem tudományos és nemzetközi rektorhelyettesi feladatait is.

Kulcsár Tibor anyagmérnök. Az ME MAK-on fémelőállítási szakirányon szerzett BSc-diplomát 2012-ben, MSc-diplomát 2014-ben. Jelenleg PhD-hallgató. Megbízott kutatóként közreműködik a FORR-ÁSZ kutatási projekt hulladékfeldolgozással foglalkozó tudományos műhelyében. A Metallurgiai és Öntészeti Intézetben demonstrátori feladatokat is ellát. Fő területe az elektrolitós raffinálás folyamatainak vizsgálata, vezérlése és optimalizálása.

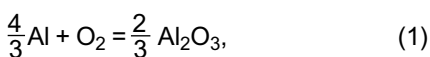
hatásfokkal nyerhető ki, így az eredő fémvesztés akár jelentős mértékben csökkenthető.

A gazdaságosság érdekében érdekes a különböző összetételű olvadékok esetében keletkező salakok jellemzőit laboratóriumi módszerekkel vizsgálni. Az olvasztás során oxidos alapfázisból és bezárt fémtartalomtól álló heterogén salak keletkezhet. Ezzel együtt a gazdaságosságot érzékenyen érintő fémvesztések léphetnek fel. Általában ismert, hogy ez különösen a nagy fajlagos felületű és szennyezett hulladékok arányának a növekedésekor válhat súlyossá. A jelenség értékeléséhez meg kell vizsgálni az alumínium és az ötvözőelemek oxidációját meghatározó termodinamikai sajátosságokat, a salak képződési mechanizmusát, valamint a különböző összetételű alumíniumolvadékok felszínéről gyűjthető salakminták jellemző alkotóit és fémtartalmát.

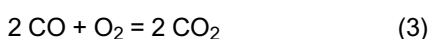
2. Az alumíniumötvözetek olvasztásánál fellépő oxidáció termodinamikai jellemzői

Az oxidációs szabadentalpia-változásokat a Gilchrist-féle [2] rendszerben mutató 1. ábra alapján látható, hogy az alumínium oxidációja erősen negatív szabadentalpia-változással jár együtt, ami a szokásos ötvözeteiben előforduló elemek közül csak a magnézium esetében negatívabb értékű. A többi gyakorlatilag számottevő elem jelentősen kisebb stabilitású oxidokat képez.

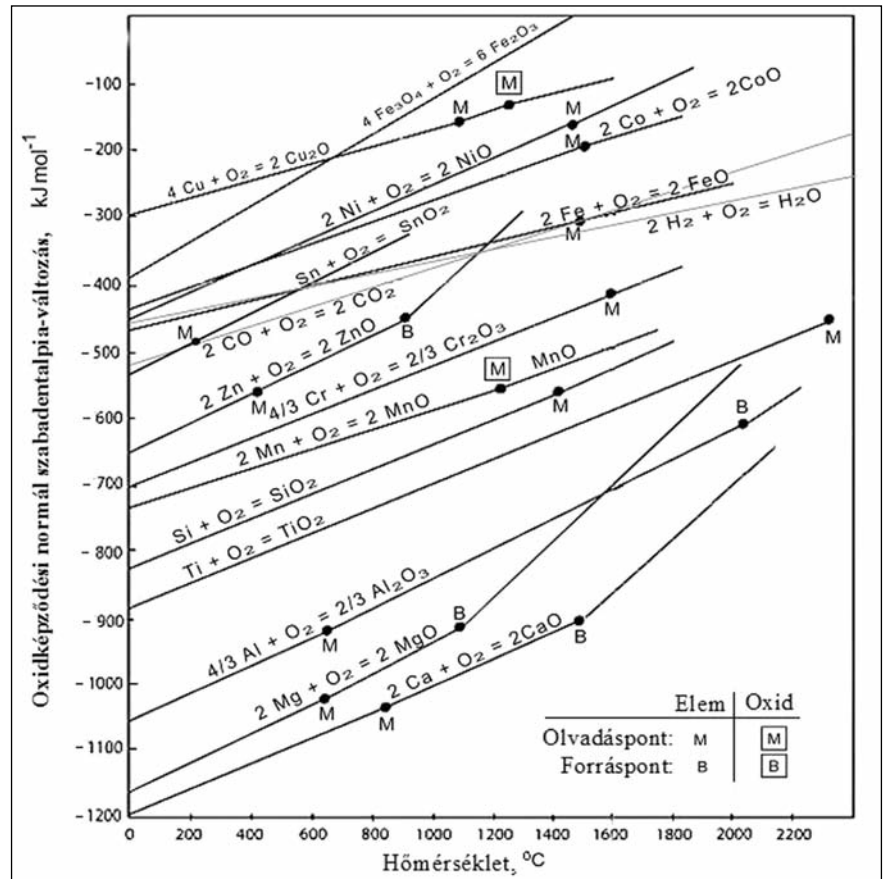
A felhevült alumíniumot nem csak az oxigén képes oxidálni:



hiszen ezzel a folyamattal összehasonlítva, az 1. ábra szerint, standard állapotban jelentősen kisebb szabadentalpia-változással jár a vízgőz és a szén-dioxid képződése az alábbi reakciók szerint:

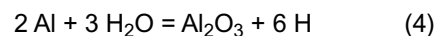


Ezért a vízgőznél és a szén-dioxidnál jelentősen stabilabb az alumínium-oxid, így a (2) és a (3) reakciók fordítva játszódhatnak le, amennyiben az alumíniummal érintkeznek a gázok,

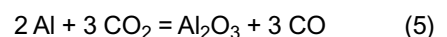


1. ábra. Szabadentalpia-változási függvények az elemek oxidációjára

és a stabilabb alumínium-oxid képződik a fordított (2) és (3) valamint az (1) reakciók eredőjeként. Így a vízgőz és a szén-dioxid normál körülmények között is erős oxidálószer lehet az alumíniumnak. Az alumínium oxidációjának a normál szabadentalpia-változási görbéje gyakorlatilag megfelel az erre vonatkozó egyensúlyi oxigénpotenciál-görbének is. Amennyiben a reakcióterben nem standard körülmények uralkodnak, vagyis a gyakorlati körülményeknek megfelelően jelentősen nagyobb a vízgőz és a szén-dioxid parciális nyomása, mint a hidrogéné, illetve a szén-monoxidé, akkor a hidrogén és a szén-monoxid oxidációjának az 1. ábrában szürkével jelölt függvény görbéi még meredekebben emelkednek, ezáltal a fenti következtetések és az alumínium oxidációját eredményező eredő folyamat még inkább valószínű. Egy gáztüzelésű lángkemencében a füstgáz vízgőztartalma akár 12-20%, illetve parciális nyomása 120-200 hPa lehet, miközben a hidrogén parciális nyomása ennél jelentősen kisebb. Tehát a lángkemencében olvasztott fém hevesen reagálhat a vízgőzzel:



ami jelentős mennyiségű alumínium-oxid képződését okozhatja, valamint a fém atomosan oldott hidrogéntartalmát 1-2 cm³/100 g szintig is megnövelheti. Ezt a folyamatot csak a valóságossal erősen ellentétes, kb. 10²⁰ nagyságrendű H₂/H₂O parciális nyomásviszony állíthatná meg. Minőségileg ugyanez igaz a szén-dioxidos oxidációra



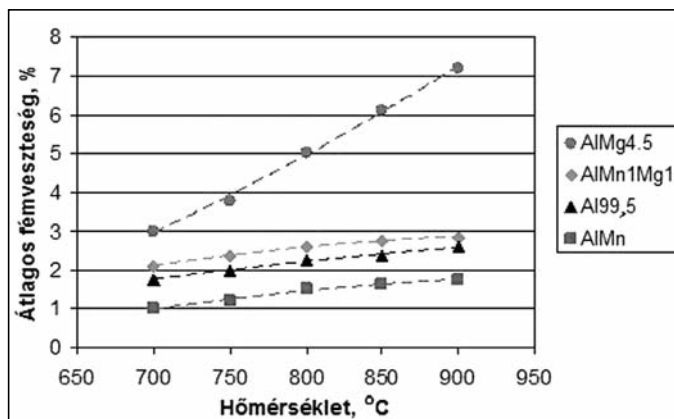
amit csak a valóságban aligha elérhető kb. 10¹⁰ nagyságrendig növelt CO/CO₂ parciális nyomásviszony lenne képes meggátolni az olvasztás jellemző hőmérsékletén. Mivel a lángkemencében a füstgázban a vízgőz és a szén-dioxid térfogati aránya – a metán alkotó dominanciáját feltételezve – közel kétszeres, a vízgőz alumíniumoxidáció jelenti a leglényegesebb forrását az Al₂O₃ és az egyéb reakcióképes fémek oxidjainak. Az alumínium az olvasztáskor a felszín közelében jelentősen túlhevülhet. Ilyenkor nem hanyagolható el az egyéb (elsősorban az AlN nitrid és az Al₄C₃ karbid)

vegyületeinek – a szintén exotherm – képződése sem. Nagy mennyiségű vízgőz és széndioxid a szénhidrogén tüzelőanyag elégetéséből származik, azonban az előbbi reagens a beadott szilárd anyagok felületi nedvességéből és az égési levegőből is származhat.

Az alumínium oxidációja az (1) reakció szerint igen nagy hőfelszabadulással jár együtt. Ennek az 1 mol oxigénre vonatkoztatott értéke (~ -1100 kJ/mol O₂) leolvasható az alumínium-oxid képződésére vonatkozó szabadentalpia-változási függvény 0 K-re vonatkozó extrapolált értékéből. A nagy reakcióképesség mellett az alapfém nagy mennyisége és a nagyon exotherm reakció jelentős túlhevülést okoz, és így az alumínium oxidációjának kedvező kinetikai feltételek alakulnak ki.

A szilárd fém hevítésekor is erősen vastagodó tömör felületi oxidrétegre nedves levegőn egy porózus, víztartalmú fedőréteg rakódik. Ennek a vastagsága – a hőmérséklettől függően – több tized μm-t is elérhet. Az alumínium olvadáspontját megközelítve az amorf réteg egyre inkább α-Al₂O₃ módosulattá alakul. Az alumíniumolvadék felületén rövid idő alatt kialakuló összefüggő γ-Al₂O₃ hártya 700 °C felett lassan α-Al₂O₃-dá – vagyis a kemény és inert korunddá – alakul át. A primeren kialakuló γ-Al₂O₃ nagy fajlagos felülettel (~ 400 m²/g) és ezért nagy gázadszorpciók képességgel rendelkezik. Gyakorlati sűrűsége 3,5-4 g/cm³. A korund fajlagos felületét már kb. 40-szer kisebb érték jellemzi. Gyakorlati sűrűsége viszonylag stabilan 4-4,1 g/cm³ értékkel jellemezhető. A kialakuló alumínium-oxid hártában a 700 °C felett lejátszódó szerkezeti változás igen fontos a további oxidáció vonatkozásában. A fokozatos átalakulással képződő α-Al₂O₃ sűrűsége nagyobb, ami érzékelhető terfogatcsökkenést eredményez. Ezért az oxidhártában szakadások lépnek fel, elősegítve az oxigén-fém érintkezést, vagyis a további oxidációt még nyugvó olvadékfelszín esetében is. Ilyenkor az oxidréteg átlagos vastagsága (v) az alábbi összefüggés [3] szerint alakul:

$$v = A \left\{ 1 - \exp(-0,33 t^{0,6}) \right\} \quad (6)$$



2. ábra. A különböző alumíniumötvözet-olvadékok relatív leégési jellemzői a hőtartási hőmérséklet függvényében [4]

Ahol t az idő percben és az A állandó μm-ben kifejezett értéke pedig 700 °C hőmérsékleten 0,4, viszont 800 °C-on már 2,4. Ez jól szemlélteti a túlhevüléssel járó káros következményeket. A felületi oxidációt nehéz gátolni a nyílt terű lángkemencékben. Az alumínium-oxid, Al₂O₃, határozott összetételű, igen stabil vegyület, a szokásos olvasztási körülmények mellett nem lehet redukálni.

A képződő oxidok nagyobb sűrűsége miatt „fenékszap” keletkezésével is számolni kell, de az oxidszemcsék mérete és felületi jellemzői általában lehetővé teszik egy viszonylag nagy mennyiségű és gyakran sok fémolvadékot magában tartó felzék kialakulását. Az olvadt fémet is magával ragadó oxidos salak mennyiségének és fémtartalmának vizsgálata fontos gazdaságossági célokat szolgálhat. A salakképződést növeli a külső forrásból származó hulladékfém egyre nagyobb arányú felhasználása az olvasztóművekben.

Az 1. ábrán látható oxidstabilitási viszonyokból következik, és a 2. ábrán látható ipari tapasztalatok [4] is igazolják, hogy a magnézium-koncentráció növelése a salak mennyiségét és a fémvesztést növeli. Ugyanígy hat a laza szerkezetű, vékony falú hulladékok arányának emelése, amit a felület nagyságától erősen függő intenzitású heterogén oxidációs reakció növekvő mértéke okoz.

A termodinamikai stabilitás mellett a reakciókinetikai feltételek is az alumínium oxidációját segítik elő. A nagy mennyisége miatt, minden olvasztási műveletben elsősorban az olvadékot képező alapfém tud oxidálódni. A

benne oldott fémek vagy a felületén, vagy pedig az olvadékban kialakuló diffúziós transzportfolyamatok révén reagálhatnak az oxigénnel. Ennek általában feltétele az alapfém oxidjának valamilyen mértékű oldhatósága az alapfém olvadékában. Az alumínium-oxid alapvetően zárvány, illetve felületi

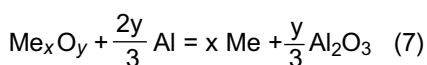
réteg formájú idegen fázisként fordulhat elő az alumíniumolvadékban, így a magnézium közvetett oxidációs mechanizmusának kicsi a jelentősége. Elsősorban a könnyű fém rossz bekeverésekor az olvadék felszínén kialakuló gyors olvadás és oxidáció jelentheti a szelektív reakció feltételét.

A kémiai metallurgiai jellemzők mellett, a szerves maradványok, szennyeződések is jelentős – közvetett – hatással lehetnek az alumíniumhulladék olvasztásakor fellépő fémvesztésre. Az oxidos és egyéb idegen fázisokból álló nemfémes felületi réteg, a nyersanyag szennyezettsége. Mindez különösen felerősítheti a salakképződést. A salak kialakulásában nagy szerepe van a beolvasztás előtt is jelen lévő oxidoknak. Azonban ennek az eredeti oxidrétegnek nem a mennyiségi aránya, hanem az összefüggő olvadék kialakulását gátló és így a további oxidációt elősegítő hatása jelentősebb. Az alumíniumolvasztásra a nemzetközi gyakorlatban kifejlesztett kemencék biztosítják a megfelelő hatékonyság műszaki feltételeit [5].

3. Az alumíniumötvözetek olvasztásánál keletkező salakok vizsgálati módszere

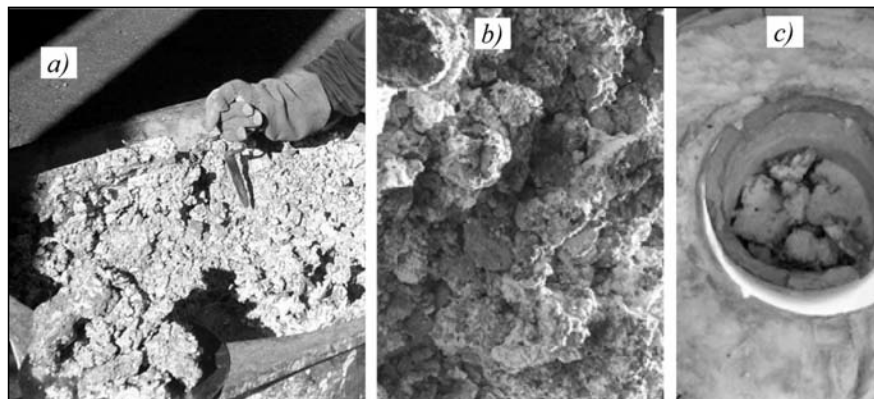
Noha a tárgyalt termodinamikai feltételek szerint a magnéziumon kívül semelyik egyéb alumíniumba ötvözött fém (Me) szelektív oxidációja nem valószínű, az ötvözőanyag beadásakor fennállnak a reakció kinetikai feltételei. A salakos felületen még önálló fázisban létező beadott anyag a gázokkal szabadon érintkezik, és a termodinamikai egyensúly nem alakulhat

ki a heterogén többfázisú rendszerben. Ekkor a fürdő felszínén elkülönülő felzékben képződő ötvözőoxidok (Me_xO_y) és az alumíniumolvadék érintkezése tökéletlen, így nem alakulhat ki a termodinamikailag megkövetelt, minimális összes szabadentalpia tartalmat jelentő oxigéneloszlás. Ennek megfelelően, az intenzív bekeverés előtt a felszínen ötvözőoxidban dús heterogén salak alakulhat ki. Mivel a felületi viszonyok miatt az oxidszemcsék a fürdő felszínén akumulálódnak, valamint a salakot nem is ajánlatos az alumíniumolvadékba juttatni, az ötvöző oxidok redukciója az alumínium által:



kinetikai okokból nem zajlik le. Így a salakok oxidos alkotóinak a típusai és mennyiségi arányai jelentősen függenek az olvasztott ötvözetek összetételétől. Ugyanakkor a fizikai jellemzők összefüggése miatt ez befolyásolja az egyes salakokkal fémes állapotban elragadt fém mennyiségét is. Ezért érdemes a salakok szerkezeti és összetételi jellemzőit a különböző módon kinyerhető fémtartalommal összefüggésben vizsgálni.

A reprezentatív eredmények érdekében a vizsgálandó mintákat először egyenként átlagosítottuk, majd mindegyikből 5 kg, három egyforma vizsgálati adagot készítettünk a fémkinyerés céljára, valamint kisebb mennyiségeket vettünk szkenningszkennelési elektronmikroszkópos (SEM) és röntgendiffrakciós (XRD) vizsgálati célokra a 3. ábrán szemléltetett kézi módszerekkel.

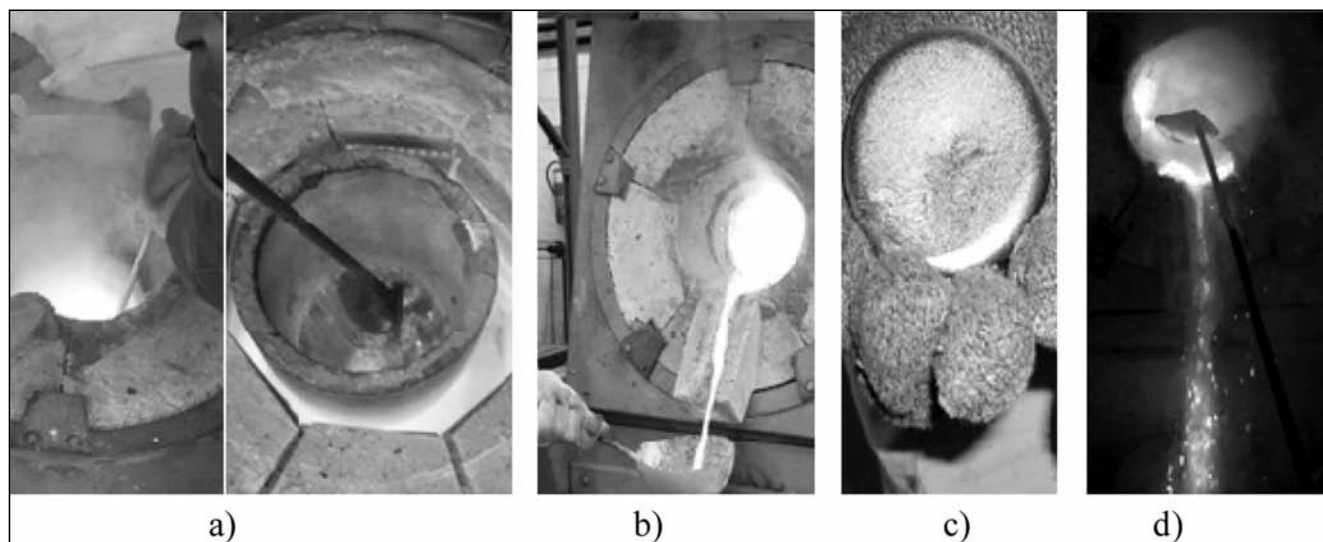


■ 3. ábra. A salakminták (a – üzemi gyűjtés, b – salakdarab, c – az előmelegített tégelybe adagolt vizsgálati minta)

A fémkinyerési mintákat első lépésben, egy tégelyes kemencében „termomechanikus” kezelésnek vetettük alá. A fémtartalom kiolvasztását segítő ~ 10% halidsó adagolásával és az oxidációt gátló Ar védőgáz alkalmazása mellett történt a ~ 1000 °C-ra hevítés, miközben ezt egy speciális szerkezettel történő nyomó és keverő mechanikus kezelés egészítette ki. Ennek során az oxidhátyák felszakadnak, megtörténik a nagyobb fémcseppek koagulációja, majd az összefolyó olvadt fém kicsapolható a kemencéből. A kloridos sóolvadékok felületi feszültsége (~ 10 mN m⁻¹) kb. tizede az alumíniumolvadékénak, sőt ez az érték fluoridok adagolásával még jelentős mértékben tovább is csökkenthető [6]. Mivel az olvadt alu-

mínium felületi feszültségénél kisebb a sóolvadék és az alumínium közötti határfelületi feszültség, az olvadt só az alumínium felületét bevonni próbálja. Ez segíti az alumínium és a felületi oxidréteg elválasztását. A fluoridok egy további lehetséges, noha még nem teljesen tisztázott kedvező hatása lehet az alumínium-oxidra gyakorolt kémiai oldó hatás. A két lehetséges mechanizmus valamilyen arányú összhatásként az alumínium olvasztása, illetve az oxidos fázistól elkülönítése lényegesen meggyorsítható [7]. A maradvány még tartalmaz fémet, egyrészt viszonylag nagyobb formában összeállt cseppeként, másrészt pedig az erősebb oxidhátyákkal körülzárt finom szemcsékként. Ennek a fémtartalomnak a kinyerését segíti a forró maradvány vízben granulálása. A nagy hőmérsékletű műveletsort az 4. ábra mutatja.

A granulált salakot a hűtővíz de-



■ 4. ábra. A termo-mechanikus kezelés, öntés és granulálás folyamata (a – kiolvasztás mechanikus behatással, b – öntés, c – kiolvasztott tömb, d – granulálás)

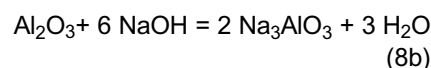
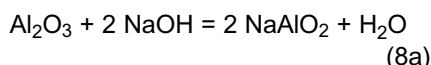


■ 5. ábra. A salakminták őrléssel és szitálással történő további feldolgozási folyamata (a – granulált salakmaradvány, b – dörzsmalom, c – szitálás, d – durva fémszemcsék)

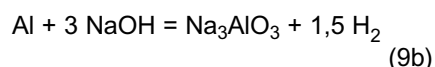
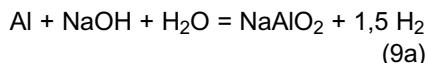
kantálását követően szárítókemencében tömegállandóságig szárítottuk, majd dörzsmalomban törtük. Ennek során az oxidos fázis morzsolódott, azonban a kisebb-nagyobb fémszemcsék egyben maradtak, legfeljebb képlekenyen alakultak. A nagy fémszemcséket egy 5 mm-es lyukbőségű durva szitával különítettük el, majd a vegyes maradékszemcséket tovább őrlöttük golyósmalomban. Ezt követően egy 1 mm-es lyukbőségű szitával különítettük el az oxidos fázistól a második őrlőlépés során kapott közepes mérettartományba eső fémszemcséket. Az erős mechanikai behatás után itt felfogott apró szemcsés frakció még fémesnek tekinthető. Az ezután következő harmadik őrlés célja már csak a finom (1 mm alatti átmérőjű), zömében oxidos maradványanyagban található, esetleg fémes magokat burkoló oxidréteg törése volt. Az 1 mm alatti finom maradvány tartalmazza gyakorlatilag az összes oxidos anyagot, valamint a részben töredezett oxidréteggel burkolt apró fémcseppeket. Az 5. ábra a kiolvasztási maradvány őrlő-osztályozó kezelésének néhány lépését szemlélteti.

A finom frakció rejtett fémtartalma is meghatározható kémiai módszerrel. Az oxidok vagy nem,

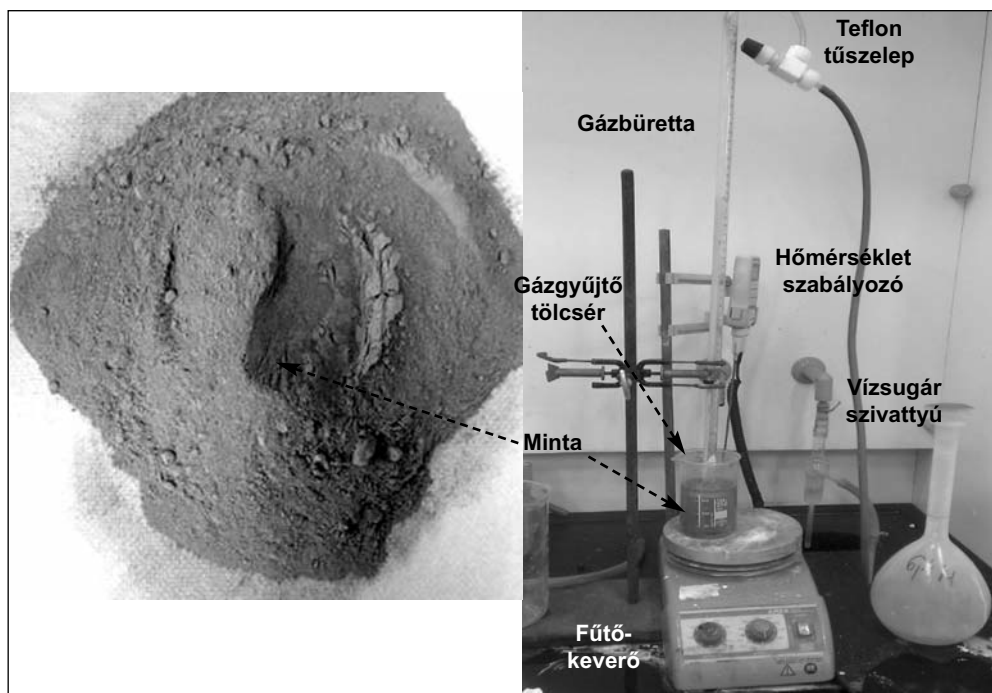
vagy pedig víz felszabadítása mellett oldódnak agresszív lúgos közegben:



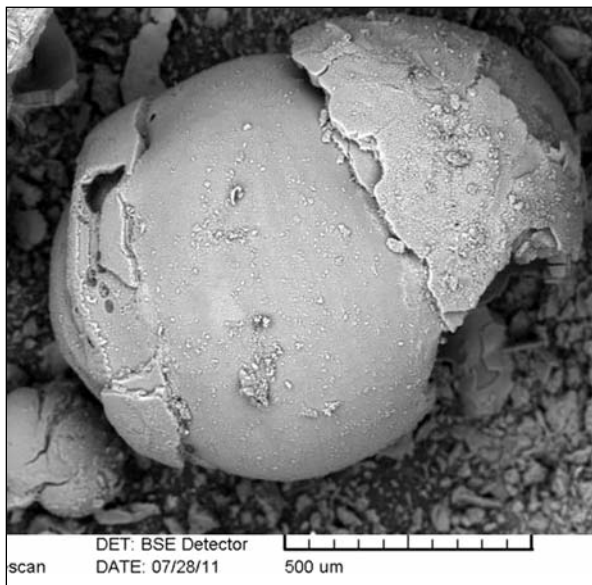
A fémes alumínium szintén oldódik lúgban, de ez a folyamat hidrogéngáz felszabadulásával jár:



Az 1 mm alatti finom porban található alumíniumszemcsék viszonylag nagy fajlagos felülete révén a reakció erős melegítés és keverés mellett 6M NaOH oldattal intenzíven megy végbe. Viszonylag lassabban képes a forró lúg a fémes magokat részben fedő alumínium-oxid réteget is oldani, így a fémes alkotó oldása csökkenő intenzitás mellett csak huzamosabb művelettel érheti el a gyakorlatilag teljes mértéket. A felszabaduló hidrogén-



■ 6. ábra. A kiolvasztási maradvány őrlésével és szeparálásával kapott finom porfrakció fémes alumíniumtartalmának meghatározására kiépített rendszer



7. ábra. Finom frakcióban található szemcsék SEM-felvétele

gáz a 6. ábrán látható módon gyűjthető.

Az 1 mm-es szitán is átment finom por alakú végmaradványból egy kisebb mennyiséget kivéve még achátmoszárban tovább dörzsölve a szemcséket igyekeztünk a felületet aktiválni. Ez után több pontosan mért (~ 0,5 g) tömegű mintát vettünk. Az oldásra vitt pormintát a hidrogénkiválást segítő platina katalizátorhálójával együtt egy finomszövésű szűrőzsákba tettük. A zsák felső élét beszorítottuk egy kúposra hajlított rézspirál felső menetébe. A mintatartó zsák alatt mágneses keverést is alkalmaztunk a reakció gyorsítására. A felszabaduló hidrogént a reaktoredény falához illeszkedő fordított tölcserrel gyűjtöttük össze, ami egy fordítottan felfogott 50 cm³-es bűretta szájába illeszkedett. A bűretta felső jeléhez vákuummal állí-

leolvasott részterfogatókat összegeztük, majd az erre a célra kifejlesztett Excel programmal kiszámítottuk a bemért porfrakció fémes alumíniumtartalmának a tömegét. Ennek során a keletkezett hidrogéngáz atmoszferikus parciális nyomását a folyadékoszlop magassága és az oldat gőznyomása szerint fejeztük ki. A 7. ábra SEM-felvétele mutat be egy szemcsét a finom frakcióban, ahol az őrlés hatására felszakadt a felületet burkoló oxidréteg.

Az erős lúg az oxidot is oldja, de a folyamat akkor intenzív, ha a gázfejlődéssel is járó (9) reakció szerint a fémes alumíniumtartalom oldódása folyik. Az oxidhártya eltávolítása ilyenkor már nemcsak a szemcse felületén, hanem a fázisok között kialakuló hézagokban is zajló reakcióval, valamint a

1. táblázat. A különböző típusú salakminták tömegeire vonatkozó fémkihozatalok

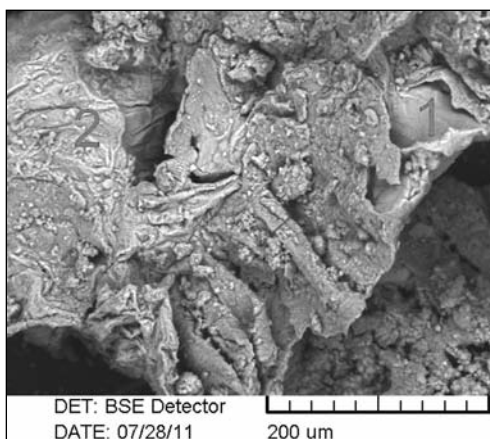
Beolvadási Mg-koncentráció, %	Fémkihozatal, %			Finom frakció, %
	Fizikai	Kémiai	Összes	
~2	62,2	9,5	71,7	43,6
~0	71,0	7,4	78,4	34,8

tottuk be a forró 6M NaOH oldat szintjét. Az elzárt bűrettában a keletkező gáz folyamatosan leszorította a folyadék meniszkuszát, és az 50 cm³-es alsó osztás elérésekor az oldatot ismét felszívattuk és folytattuk a mérést addig, ameddig észlelhető volt a hidrogénfejlődés. A bűrettában

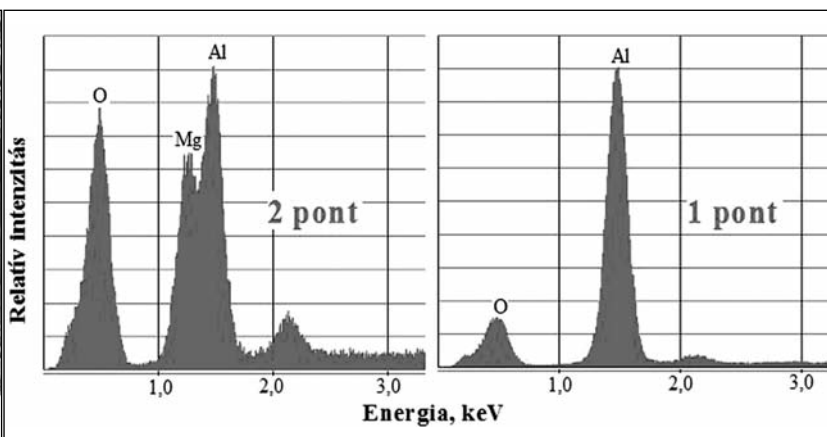
keletkező hidrogéngáz mechanikus hatása nyomán is erősödik.

4. Salakfeldolgozási eredmények

Az alumínium olvasztási salakok meghatározott fémtartalma a még azonos ötvözet típuson belül is viszonylag nagy szórást mutatott. Ez jelzi, hogy a keletkező salak jellemzői erősen függenek az olvasztás konkrét körülményeitől, a beadott hulladék mennyiségi arányától és minőségétől, az olvasztás idejétől és az elért hőmérséklettől, valamint a salakhúzás módjától. Ezekről a fontos üzemi jellemzőktől eltekintve, a kapott eredmények átlagértékei azonban ötvözet csoportonként is mutattak tendenciát. Elsősorban a salak mennyiségének a jelentős növekedésében mutatkozik meg az olvasztott ötvözet nagyobb magnéziumkoncentrációjának a hatása. A magnéziummal nem ötvözött alumínium olvasztásánál leszedett salak tömegéhez viszonyítva akár 3-5-szörös is lehet a ~ 2% Mg-tartalmú alumíniumolvadék mellett képződő salak mennyisége. Ugyanakkor, a salak kinyerhető fémtartalmában és annak a különböző frakciók közötti megoszlásában is kimutatható az alumíniumötvözet magnéziumtartalmának a hatása. Mindez igazolja a termo-



8. ábra. A magnéziummal közepesen ötvözött alumíniumolvadék salak termomechanikus feldolgozási maradványának szerkezete és jellemző összetétele



dinamikai alapokra épített várákosokat. Az 1. táblázat mutatja, hogy a közel 2% magnéziumtartalmú alumíniumolvadék felszínéről nyert salak tömb és durva szemcsék formájában, fizikai módon kinyerhető, valamint az összes relatív fémtartalma kb. 10%-kal kisebb, mint az alacsonyán ötvözött adagok esetében. Ugyanakkor, ennek a salaknak nagyobb a csak kémiai módszerrel kimutatható finoman elszórt fémkoncentrációja, valamint az őrlés után kapott finom szemcsés frakció hányada. Mindez az oxidos fázis viszonylag nagyobb mennyiségére utal. Az összességében jelentősen nagyobb salaktömeg azonban nagyobb elragadott fémtömeget is hordoz magában.

A kiolvasztott fém elemzése igazolta a magnézium nagyobb mértékű oxidációját, ami az olvasztott alumínium-ötvözet magnéziumkoncentrációjához viszonyított jelentős veszteséget mutat. A szilícium az agyag-grafit tégelyfallal történő reakció és a fémtömegcsökkenés miatt inkább dúsult, a mangán koncentrációja lényegében nem változott.

A fémtartalom termomechanikus eltávolítása után kapott oxidos végmaradvány összetételét SEM- és XRD-módszerekkel vizsgáltuk. A 8. ábra a magnéziummal ötvözött és sóadagolás nélkül kezelt salakmaradvány szerkezetét és a fő alkotóinak elemi összetételét szemlélteti az energiadiszperzív SEM-felvétel és a röntgen mikroszondás analízis alapján.

A szerkezeti kép és a jelölt pontokban felvett röntgenspektrumok a finom eloszlású fémszemcsék mellett a gyakorlatilag összefüggő $MgO \cdot Al_2O_3$ spinell-típusú mátrixanyagot mutatják. A komplex magnézium-aluminát spinellfázisnak a létezését igazolta a röntgendiffrakciós vizsgálat is. Az XRD-spektrumok igen nagy megbízhatósággal és nagy mennyiséggel jelzik a fémes Al, Al_2O_3 , a MgO, valamint a spinell $MgAlO_4$ jelenlétét. Kevésbé határozottan, de még mindig megbízhatóan állapítható meg az AlN és a Mn_2AlO_4 jelenléte is. Az alumínium-nitrid képződése a kiolvasztási kísérletnél alkalmazott viszonylag nagy (~ 900 °C) hőmérséklet és a mechanikus behatások során a levegő kizárásának a tökéletlensége miatt léphet

fel. A fémszemcsét körülvevő oxidfázisok erősen gátolhatják a fémcseppek egyesülését, ezért az ebből származó salak só adása nélküli termomechanikus kezelése viszonylag alacsonyabb fémkihozatalt tud biztosítani.

4. Következtetések

A termodinamikai és a reakciókinetikai jellemzők alapján az ötvözött alumíniumhulladék hagyományos lángkemencés olvasztása során nem kerülhető el az alumínium alapfém oxidációja. Emellett csak a magnézium ötvözőfém oxidációja léphet fel termodinamikailag viszonylag preferált módon. Az oxidáció mértéke nagymértékben függ a nyersanyag fajlagos felületétől, valamint a felület állapotától. A nagy olvadáspontú oxidokból, bezárt fémből és légüregekből álló heterogén felületi salakréteg összetétele és fizikai jellemzői nagymértékben meghatározzák a fémveszteséget és a salak további feldolgozásának a hatékonyságát. A felületi oxidréteg nemcsak közvetlen anyagveszteséget jelent, hanem gátolja az anyag belseje felé irányuló hőátadást is. Az így kialakuló felületi túlhevülés miatt fokozódó oxidáció gátolja a vékony, laza szerkezetű alumíniumhulladékok olvasztását, valamint a megolvadó cseppek egyesülését. A magnéziumos betétanyagok olvasztásakor képződő spinell ($MgO \cdot Al_2O_3$) vegyület növeli a képződött salak mennyiségét, valamint az intenzív hőfejlődés a salakszemcsék felületén tapadó olvadék további oxidációját is előidézi. Az oxidirétegek alatt bezáródó olvadt alumínium nagy része kiolvasztható megnövelt hőmérsékleten végzett mechanikai behatással védőgáz és halid só alkalmazása mellett, valamint további jelentős fémtartalom nyerhető ki granulálás utáni őrléssel és szitálással durva szemcsés alakban. A magnéziumtartalom csökkenti az ilyen fizikai módon kinyerhető fém relatív mennyiségét, ugyanakkor megnöveli a salak tömegét. A magnéziummal nem ötvözött, illetve kis fajlagos felületű, tömbös betét olvasztásakor keletkező kis tömegű salak relatív fémtartalma (közel 10%-kal) nagyobb is lehet, mivel a szokásos módon történő le-

szedés ebben az esetben több fémolvadék együttes eltávolításával is jár. Ez azonban az általában 3-4-szer kisebb salaktömeg miatt kisebb fémveszteséget jelent. A fizikai módszereknek ellenálló, oxidos rétegekkel bezárt finom szemcsés maradék fém kimutatására használt kémiai módszer további 8-10% rejtett fémtartalmat tárt fel a salakmintákban. Noha ennek a kinyerésére jelenleg az iparban nincs törekvés, a végmaradvány egyéb célú felhasználhatósága egy megfelelő hidrometallurgiai módszer kifejlesztését is szükségessé teheti a közeli jövőben.

Irodalom

- [1] Hajnal J.: Az elmúlt évtizedek sikerágazata a másodlagos alumíniumipar, XVII. Fémkohászati Szakmai Nap, 75 éves a KÖFÉM, Székesfehérvár, 2016.10.14.
- [2] Gilchrist, J. D.: Extraction Metallurgy, Elsevier; 2Rev Ed., 1979
- [3] Krone, K.: Aluminium Recycling, VDS, Düsseldorf, 2000.
- [4] Jancok, J.: Aluminium Dross in the SLOVALCO's Casthouse, Conference on Aluminium Technology, Bratislava, 2008.
- [5] Gripenberg, H., Johansson, A.: Low-temperature oxyfuel combustion technology for aluminium melting, Proc. EMC2007, June 11–14, 2007, Düsseldorf, Germany, 1295–1303; Mifchielsen, J.: New Generation of integrated ingot and scrap melting furnaces for aluminium extrusion and rolling mill plants. Proc. EMC2007, June 11–14, 2007, Düsseldorf, Germany, 1333–1345.
- [6] Sahai, Y., Ye, J., Ireland, D. T.: A Novel method to avoid the deleterious Effects of Sulfates in Industrial Salts on Aluminium Scrap Recycling Processes, Light Metals 1998 (ed. Welch, B.J.) TMS Warrendale 1998, 1233–1236.
- [7] Ho, F. K., Sahai, Y.: Interfacial Phenomena in Molten Aluminium and Salt System. 2nd. Int. Symp. Recycling of metals and Engineered Materials, eds. Van Linden, J. H. L., Stewart, D. L., Sahai, Y.: TMS, Warrendale, 1990, 85–103.

Többszintű modellezés alkalmazása a szimmetrikus és az aszimmetrikus hengerlési folyamatok vizsgálatára

A szimmetrikus és az aszimmetrikus hengerlés vizsgálatára többszintű modellezési folyamatot alkalmaztunk. A modellezés első szintjén elkészítettük a kísérleti hengerlés számítógépi szimulációjára alkalmas végeeselemes modellt, aminek segítségével az alakítási folyamat változó peremfeltételeit vettük figyelembe. Majd a végeeselemes szimulációs eredményeket hozzákapcsoltuk a kristály-képlékenységtan alapegyenleteit alkalmazó számítási modulhoz, a viszkoplasztikus önkonzisztens módszerhez (viscoplastic-plastic self-consistent model – VPSC) [1], ami a modellezés második szintjét jelenti. Ezen a szinten elvégeztük a szimmetrikusan és az aszimmetrikusan hengerelt EN AW 5754 alumíniumötvözetű szalag textúraszimulációját, aminek segítségével a hengerelt szalag mikroszerkezeti változásai vizsgálhatóvá váltak. Röntgendiffrakciós mérésekkel határoztuk meg a kísérleti hengerlés során alakított szalagok pólusábráit, amelyeket a textúraszimulációk eredményeivel, a számított pólusábrákkal hasonlítottunk össze.

1. Bevezetés

A hidegen hengerelt szalagtermékekkel szemben támasztott egyre növekvő elvárások olyan korszerű modellezési technikák alkalmazását igénylik, amelyek lehetővé teszik az alakított ötvözet anyagszerkezeti tulajdonságainak és az azokat befolyásoló alapvető hengerlési paraméterek közötti összefüggéseknek minél pontosabb vizsgálatát. A képlékenyalakítási feladatokon belül sok esetben elegendő a hagyományos analitikus vagy egyszerű numerikus módszerek (átlagfeszültségmódszer, energetikai módszer) alkalmazása, amelyek segítségével a hengerlés lokális és globális erőtan paramétereit egyaránt meghatározhatjuk. A nagyszámú fizikai geometriai változó, valamint a több paraméteres sűrűdési és anyagmodellek együttes kezeléséhez elterjedt a végeeselemes módszer alkalmazása. Ez az eljárás alkalmazható a hagyományos (szimmetrikus) hengerlések és az aszimmetrikus

hengerlések [2] szimulációjára is. Az aszimmetrikus hengerlés esetében a lemez két oldalán eltérő peremfeltételeket hozunk létre, aminek következtében nyíró alakváltozás jön létre a szalag teljes vastagsága mentén (az aszimmetria többféle módszerrel biztosítható: 1. ábra a.) b.) a munkahenger eltérő kerületi sebessége, c.) eltérő sűrűdési viszony a két érintkezési felületen). Az eljárás segítségével lehetőség nyílik nagyobb mennyiségű ultrafinom szemcseszerkezetű szalagtermék előállítására, ami a szilárdsági és szívóssági tulajdonságok javulásával is együtt járhat. A különböző módon hengerelt, majd hőkezelt szalagok alakíthatóságára *Utsunomiya*, *Ueno* és *Sakai* szerzők végeztek összehasonlító vizsgálatot [3], ahol megállapították, hogy az aszimmetrikus hengerléssel javítható a lemez alakíthatósága is. Habár a nemzetközi kutatások eredményei biztatóak, az aszimmetrikus hengerlés ipari alkalmazására eddig nem volt példa, vagy csak ipari ki-

sérletek formájában végeztek hengerléseket. A szimmetrikus és az aszimmetrikus hengerlési módszer peremfeltételei különböznek egymástól, s ez a technológiai eltérés a hengerelt termék anyagtulajdonságaira és belső szerkezetére is hatással van.

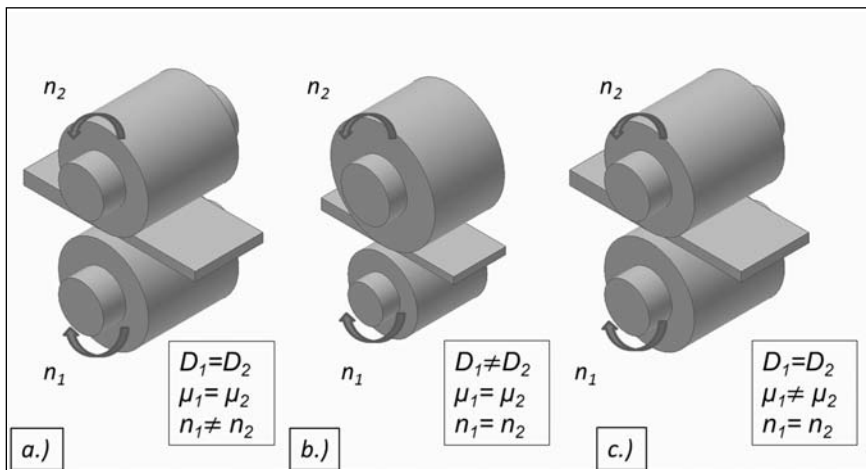
A nemzetközi szakirodalomban a legtöbb szalaghengerlési feladatnál az alakítandó anyagot izotróp keményedő tulajdonságúnak tételezik fel [4], és kitérnek az érintkezési felületen kialakuló lokális paraméterek meghatározására [6]. A folyamat vizsgálata szempontjából meghatározó jelentőségű a szalag és a henger érintkező felületén ébredő sűrűdő feszültség, amit sok esetben a hagyományos Coulomb- vagy a Kudó-féle összefüggéssel vesznek figyelembe [7, 8]. A szalag és a henger között fellépő relatív sebességtől függő sűrűdési tényezőt először *Li* és *Kobayashi* alkalmazta a hengerlési folyamat kétdimenziós analiziséhez [9].

Munkánk során figyelembe vettük a hengerlés változó peremfeltételeit az alakítási folyamat szimulációjához készített végeeselemes számításokkal, amin belül komplex sűrűdési modellt használtunk. A modellezés második szintjében a kontinuum-mechanikai számítások eredményeit összekapcsoltuk a kristály-képlékenységtan alapegyenleteit alkalmazó VPSC [1] módszerrel, amellyel az alakítás hatására létrejövő textúra meghatározására alkalmas számítások végezhetőek.

Szücs Máté 2009-ben szerzett diplomát hőkezelt és képlékenyalakító szakirányon az ME Műszaki Anyagtudományi Karán. Jelenleg a Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet tudományos segédmunkatársa. Kutatási területe a szimmetrikus és az aszimmetrikus hengerlés modellezése.

Dr. Krállics György a ME Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet egyetemi tanára. Szakmai területe a képlékenyalakítás technológiájának tervezése, modellezése, az ultrafinomszemcsés fémek anyagok intenzív képlékenyalakítással történő előállítása.

Dr. Benke Márton a ME Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet egyetemi docense. Főbb kutatási területei: alaklélekző ötvözetek, röntgendiffrakciós fázisazonosítás, maradó feszültség meghatározása röntgendiffrakciós módszerrel, TWIP acélok, textúra vizsgálatok.



■ 1. ábra. a.) eltérő sebességű, c.) eltérő súrlódású hengerlés

1. táblázat. EN AW 5754 alakított alumíniumötvözet összetétele, tömeg%

Mg	Si	Fe	Cu	Mn	Cr	Zn	Ti	Mn+Cr	Egyéb
2,6–3,6	0,0–0,4	0,0–0,4	0,0–0,1	0,0–0,5	0,0–0,3	0,0–0,2	0,0–0,15	0,1–0,6	Max 0,15

2. A hengerlési kísérletek és a textúramérések bemutatása

A hengerlés változó paramétereinek és a hengerelt szalag mikroszerkezeti változásainak vizsgálatához hengerlési kísérletek – EN AW 5754 (AlMg3) anyagminőségű szalag szimmetrikus és eltérő sebességű hengerlése – paramétereit vettük figyelembe.

A kísérleti hengerléseket ikermotors hajtású hengerállvány segítségével végeztük, ami lehetővé teszi, hogy a hengerek fordulatszámát egymástól függetlenül változtassuk meg. A fordulatszám tartománya 0...10 ford./perc között változtatható, a hengerátmérő: 140 mm. A kísérlethez használt EN AW 5754 (AlMg3) anyagminőségű

szalag kiinduló vastagsága 6,05 mm, szélessége 30 mm, hosszúsága 400 mm, vegyi összetételét az 1. táblázat mutatja. A hengerlési paraméterek vizsgálata érdekében három hengerlési sorozatban készültek szimmetrikusan és aszimmetrikusan hengerelt szalagminták, vagyis három különböző fordulatszám arányt (rr) állítottunk be: $rr_0 = 1,0$ (szimmetrikus hengerlés), $rr_1 = 1,5$; $rr_2 = 2,0$, miközben a felső henger fordulatszámát mindvégig állandó volt, 10 ford./perc, az alsó henger sebességét pedig több lépcsőben változtattuk meg.

A hengerlési kísérletben három szűrővel értük el a lemez kész vastagságát, a szűrásokban alkalmazott fogyások értékeiről a 2. táblázat ad információt.

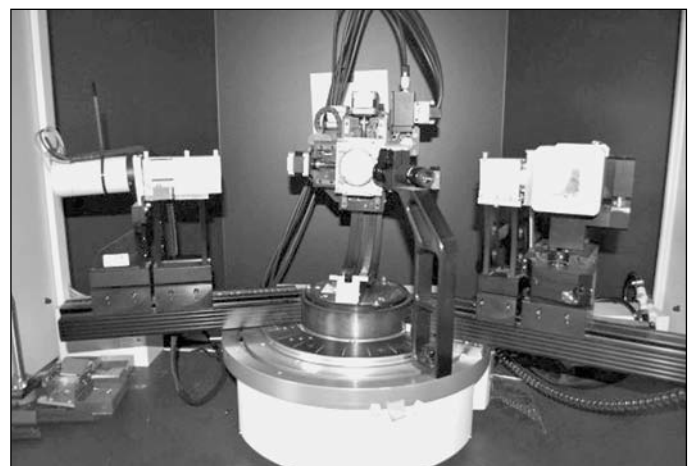
2.1. Textúramérés

A hengerelt szalagok textúravizsgálatait az ME-FKNI Röntgendiffrakciós Laboratóriumában végeztük el, Bruker D8 Discover diffraktométerrel (2. ábra). A mérések során alkalmazott röntgenszó Co $K\alpha$ típusú. A fűtőáram 40 mA, a csőfeszültség pedig 40 kV. A textúravizsgálatok előtt a reflexiókhoz tartozó Bragg-szögeket a szalag mindkét oldalán kimérték. A textúravizsgálatok után, a háttérkorrekció és a defokuszási korrekciók megtörténtek, ahol a korrekciós méréseket alumíniumporral végeztük.

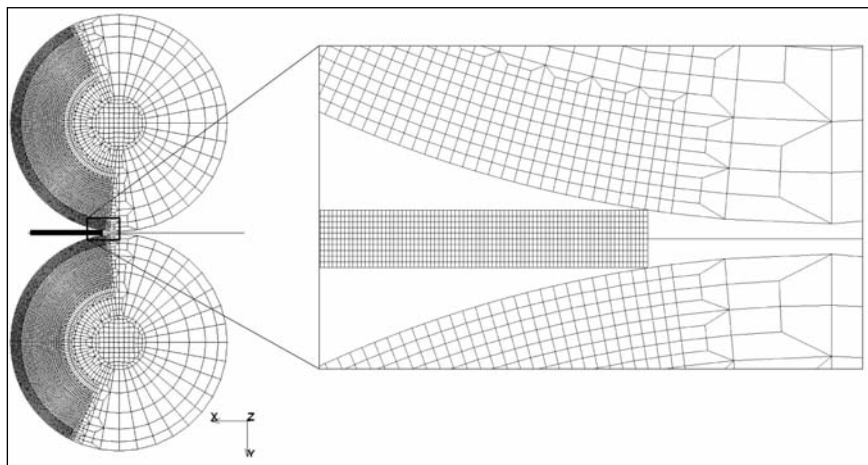
A mérés során a mintát ki kell dönteni a fókuszsíkból. A minta pozíciójának változtatása a szalag hengerlési irány körüli elforgatásával (PHI-szög) és a keresztirány körüli döntéssel (CHI-szög) történt. A CHI = 0° döntéshez tartozó vizsgálati sík minden esetben egybeesett a hengerlési síkkal. A szalag pólusábráján 12 óra irányába mutat a hengerlési irány, a döntés értéke a pólusábra középpont-

2. táblázat. A szűrásokonkénti vastagság és a fogyás mérték

	1. szűrás	2. szűrás	3. szűrás
kiinduló vastagság	6,05	3,5	2,1
kész vastagság	3,5	2,1	1,2
fogyás (%)	42	40	42



■ 2. ábra. Bruker D8 Discover diffraktométer Euler-bölcsovel



■ 3. ábra. A hengerlés végeleemes modellje

3. táblázat. Johnson–Cook-egyenlet paraméterei az EN AW 5754 alumíniumötvözetre

Ötvözet jel	A	B	n	C	m_T
EN AW 5754	225	132	0,75	0,01	1

jától sugárirányban kifelé haladva CHI = 0°-tól 75°-ig növekszik, az elforgatás értéke PHI = 0°-tól 360°-ig az óramutató járásával megegyező irányban növekszik. A kapott pólusábrákon ehhez a koordináta-rendszerhez képest lehet értelmezni az egyes {hkl} reflexiók intenzitásának térbeli eloszlását. A döntési pozíciót $\chi = 0 \dots 75^\circ$ között $\Delta\chi = 5^\circ$ lépésközzel változtattuk.

3. A szalaghengerlés modellezési folyamata

A hengerlési folyamat analizését MSC.Marc nemlineáris végeleemes szoftverrel készítettük el. A kétdimenziós végeleemes modell felépítését a 3. ábra mutatja be. A szalag és henger közötti érintkezési zónában alkalmazott hálósűrítést a nagyított kép illusztrálja. A végelelem háló síkbeli négy csomópontú, izoparametrikus síkbeli elemekből épül fel, 7401 darab a henger és 3600 darab a szalag esetében.

A hengerelt ötvözetek viselkedését minden esetben a rugalmas-képlékeny izotróp keményedő anyagmodell írja le, a hengereket pedig lineárisan rugalmas anyagként definiáltuk ($E_{Al} = 70 \text{ GPa}$, $E_{acél} = 210 \text{ GPa}$, $\nu = 0,34$). A homogén, izotróp anyag képlékeny viselkedését a Johnson–Cook-féle anyagmodell jellemzi [10], így az alakváltozási sebesség és hőmérséklet hatását egyaránt figyelembe vettük az anyag keményedésénél.

A Johnson–Cook egyenlet általános alakja a következő összefüggés szerint írható fel:

$$k_f = (A + B \cdot \bar{\epsilon}_p^n) \left(1 + C \ln \xi^* \right) \left(1 - \left[\frac{T - T_{körny}}{T_{olv} - T_{körny}} \right]^{m_T} \right) \quad (1)$$

ahol $\bar{\epsilon}_p$ jelöli a képlékeny alakváltozási mértéket, $\xi^* = \bar{\epsilon}_p / \bar{\epsilon}_{p0}$ a dimenzió nélküli alakváltozási sebességet, $\bar{\epsilon}_p$ – az egyenértékű képlékeny alakváltozási sebesség, $\bar{\epsilon}_{p0}$ – a referencia alakváltozási sebesség, a T_{olv} – az alakított fém olvadáspontja, $T_{körny}$ – a környezeti hőmérséklet, T – az alakított fém pillanatnyi hőmérséklete, A – az anyag folyáshatára, B – az alakváltozási együttható, n – a keményedési kitevő, C – az alakváltozási sebesség együttható, m_T – a hőmérséklet kitevő. A Johnson–Cook-egyenlet anyagparamétereit a 3. táblázat tartalmazza.

3.1. Levanov súrlódási modell

A henger és szalag között kialakuló súrlódás leírására a módosított Levanov-féle súrlódási modellt alkalmaztuk [11]. Az eredeti súrlódási modell a relatív sebesség függését leíró taggal bővült ki, ami a súrlódási feszültség folyamatos változását és az előjel vál-

tását is figyelembe veszi:

$$\tau = k_0 \frac{2}{\pi} \arctan \left(\frac{\Delta v}{C_{VE}} \right) \left(1 - \exp \left[-1,25 \frac{p}{k_f} \right] \right) \tau_f \quad (2)$$

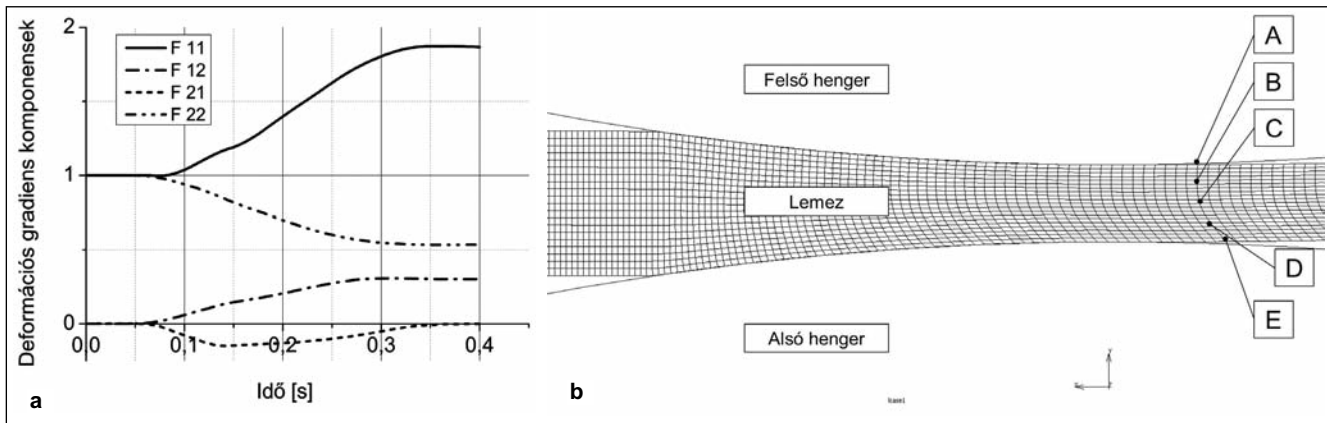
ahol τ – a súrlódási feszültség az érintkező felület egy adott pontjában, k_f – az alakított anyag alakítási szilárdsága, τ_f – az anyag nyíró folyáshatára az érintkezési felülethez közeli zónában, p – a nyomás, Δv – a relatív sebesség, C_{VE} – a relatív sebességgel arányos konstans és a k_0 paraméter a felület állapotát kifejező tényező, értéke 0–1 között változik. A súrlódási törvény modell szintű alkalmazásához a végeleemes szoftverben meghívható súrlódási szubrutint (UFRIC) alkalmaztunk.

3.2. A szalaghengerlés végeleemes modellezési folyamata

A hengerlési folyamat végeleemes analizését adott sebességi, hőmérsékleti peremfeltételek mellett végeztük el, a Levanov-féle súrlódási törvény felhasználásával $\tau = k_0(\Delta v, p, k_f)$, ahol a hengerelt szalag és a munkahenger anyagparaméterei szintén ismertek voltak. A súrlódási tényezőt inverz eljárással határoztuk meg, amihez rendelkezésre álltak mérési adatsorok a hengerlési erőre és a nyomatékra is. A számított és mért hengerlési paraméterek közötti eltérést több iterációs lépésben minimalizáltuk, amihez a Levanov-egyenletben szereplő k_0 paramétert módosítottuk. Ezt követően pontosan meghatároztuk a nyomott ívben kialakuló lokális paraméterek értékeit (a nyomás, a súrlódási feszültség, a hőmérséklet-növekedés, valamint a relatív sebesség).

3.3. A végeleemes modell és a vizkoplasztikus önkonzisztens módszer összekapcsolása

A hengerlés kétszintű modellezési folyamatához a korábban ismertetett kontinuum mechanikai modellt használtuk fel, ami a modellezés első szintje. A vizsgálat első lépéseként végeleemes szimulációval előállítottuk az alakítási zónában létrejövő deformációs gradiens (F) tenzor ele-



■ 4. ábra. a.) Deformációs gradiens komponensek változása az egy szűrásban hengerelt szalag felületén, b.) szalagmodell csomóponti helyei

meit 4. ábra a). Ezeket a lokális értékeket a szalag keresztmetszetének több csomópontjára (4. ábra b.) A–E csomóponti pozíciók) időlépésenként határoztuk meg.

A deformációs gradiens tenzort felhasználva numerikus deriválással határoztuk meg az L sebességgradiens-tenzort, az alábbi művelet szerint:

$$L = \dot{F}F^T \quad (3)$$

ahol az \dot{F} – az alakváltozási gradiens időbeli deriváltja, F^T – az alakváltozási gradiens tenzor transzponáltját jelöli.

A sebességtenzor idő szerint meghatározott elemei bemenő adatként szolgáltak a VPSC textúramodellezéshez, ahol az egyes kristályok alakváltozás és feszültség közötti összefüggése egy alakváltozási sebességre érzékeny konstitutív egyenlet segítségével határozható meg. A lemezben létrejövő sebességmező leírását pedig a végeeselemes modell eredményei szolgáltatták.

3.4. Textúraszimuláció

A modellezés második szintjében, egy több szűrásos hengerlési folyamat végeeselemes szimuláció eredményét felhasználva számítottuk ki a szalag alakítási textúráját jellemző pólusábrákat. A sebességgradiens-tenzor időlépésenként meghatározott elemei bemenő adatként szolgáltak a VPSC textúramodellezéshez, amin belül az egyes kristályok alakváltozás és feszültség közötti összefüggése egy alakváltozási sebességre érzékeny konstitutív egyenlet segítségével határozható meg. A VPSC számítás

peremfeltételét a végeeselemes modell eredményei szolgáltatták. A textúraszimulációhoz előzetesen szükséges megadni a szalagot alkotó szemcsék kiinduló helyzetét. Ennek a kezdeti feltételnek a megadásához a VPSC szoftveren belül egy 500 darab véletlenszerűen elhelyezkedő szemcse halmazát szükséges definiálni, amivel egy izotróp tulajdonságú anyagot jellemzünk. A szemcsék alakváltozása és az elfordulása követhető végig a szimulációs folyamat során. A textúraszámítás megoldásához az affin linearizációt alkalmaztuk. A második szűrásban hengerelt lemez szemcseszerkezetének kezdeti állapotát az előző szűrás számítási eredményei, az Euler-szögek határozzák meg. Mindezek ismeretében az önkonzisztens módszer segítségével számítható a textúra megváltozása is.

4. Modellezési eredmények

A sík hengerlésre végzett számításokkal a szimmetrikusan és az eltérő sebességgel hengerelt szalagok $\{111\}$, $\{200\}$, $\{220\}$ kristálytani síkjaira érvényes pólusábrákat hasonlítottuk össze. A mért és számított pólusábrákat a 4. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatban közölt mérési és számítási eredmények a 4. b.) ábrában megjelölt E pontra érvényesek.

A röntgendiffrakciós vizsgálat a szalagok szélesedését is kimutatta, kitüntetett intenzitáscsúcsok jelennek meg a pólusábrákon, ami nem a hagyományos síkhengerlési textúrára jellemző. Az eltérő sebességű hengerlés esetében a pólusábrákban megjelenő

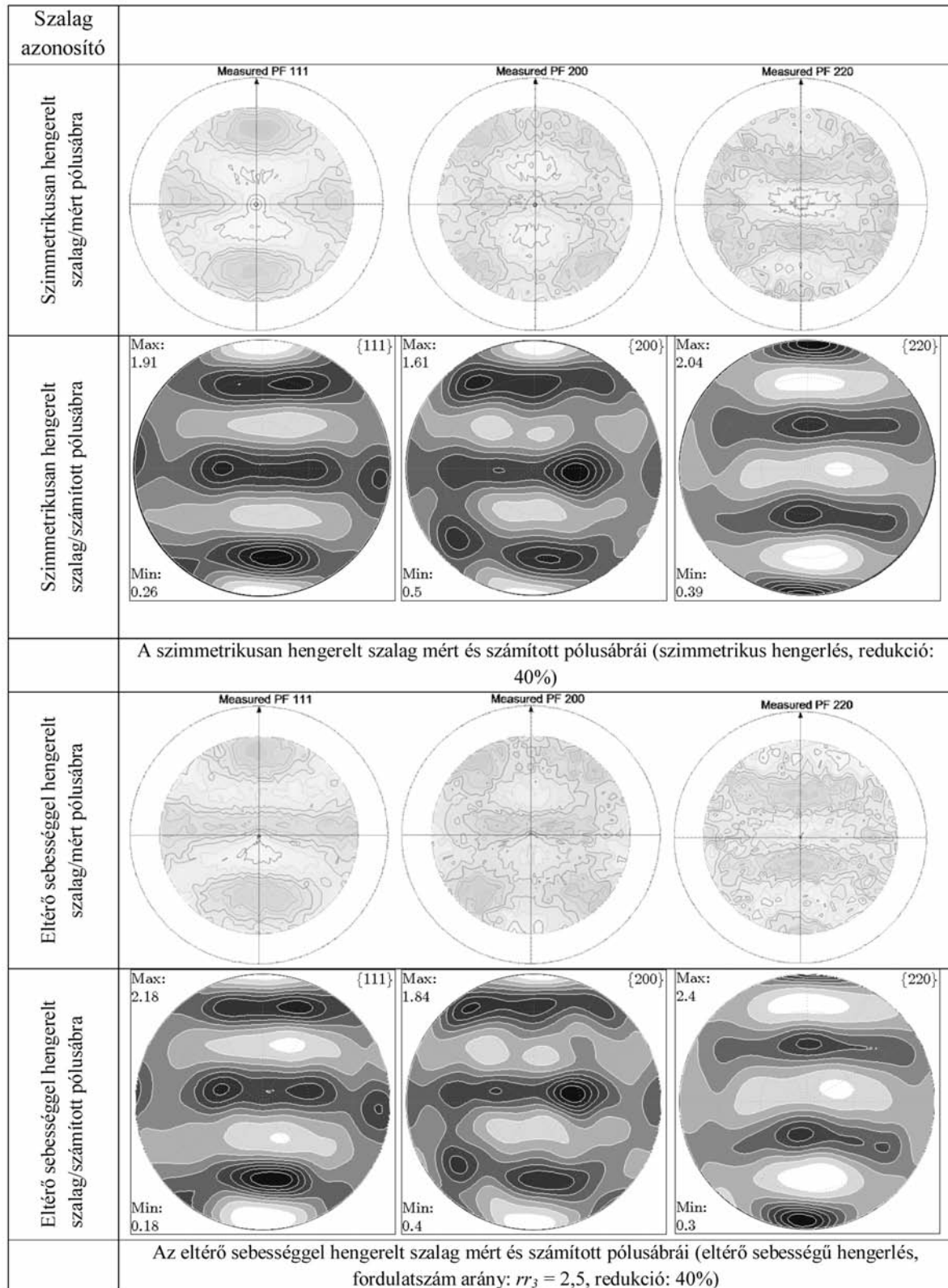
pólussűrűség maximumok a hengerlési irány mentén elmozdulnak, a szimmetrikusan hengerelt szalagminták esetében ilyen jelenséget nem lehet megállapítani. Az intenzitás csúcsok elmozdulásából a szalag kristálytani síkjainak elfordulására is következtetni lehet.

5. Következtetések

A kidolgozott kétszintű modellezési folyamat eredményesen alkalmazható a szimmetrikus és az aszimmetrikus hengerlések változó peremfeltételeinek és a hengerelt szalag mikroszerkezeti vizsgálatában. A szalaghengerlésre kidolgozott végeeselemes modell segítségével meghatározhatóvá vált a hengerlés nyomott ívén kialakuló sűrűségi és feszültség viszony, amire hatással vannak a hengerlési eljárások eltérő paraméterei.

A szalag mikroszerkezeti tulajdonságait alapvetően befolyásolják a hengerlés változó paraméterei, amit a kontinuum mechanikai modell és a kristály-képlekenységtan alapegyenleteit használó VPSC módszer összekapcsolásával képesek vagyunk vizsgálni. A textúra mérések és a szimulációk eredményei alapján megállapíthatóak a szimmetrikusan és az eltérő sebességgel hengerelt szalagminták mikroszerkezeti eltérései, az aszimmetrikus hengerlés hatására kialakuló nyírt textúra. Ezek a tulajdonságok hatással vannak a szalag irányfüggő mechanikai tulajdonságaira, ami meghatározza a szalag viselkedését akár a további szalagalakítási műveleteknél is.

4. táblázat. Mért és számított pólusábrák a szimmetrikusan és eltérő sebességgel hengerelt EN AW 5754 alumíniumötvözet esetében



Irodalom

[1] R. A. Lebensohn and C. N. Tomé: A self-consistent viscoplastic model: prediction of rolling textures of anisotropic polycrystals, *Materials Science*

and Engineering, A175 (1994) 71–82.
 [2] A. Nilsson, I. Salvator, P.-D. Putz, G. Goldhahn, J. Malbrancke: Using asymmetrical rolling for increased production and improved material properties, *Research Fund for Coal*

and Steel, European Commission
 [3] H. Utsunomiya, T. Ueno and T. Sakai: Improvement in the r-value of aluminum sheets by differential-friction rolling, *Scripta Materialia* 57 (2007) 1109–1112.

- [4] U. S. Dixit, P. M. Dixit: A finite element analysis of flat rolling and application of fuzzy set theory, *Int. J. of Mach. Tools and Manufacture* Vol. 36, No. 8. pp. 947–969, 1996
- [5] M. Abo-Elkhier: Elasto-plastic finite element modelling of strip cold rolling using Eulerian fixed mesh technique, *Finite Elements in Analysis and Design* 27 (1997) 323–334.
- [6] Liu Xiang-hua, Shi Xu, Li Shan-qing, Xu Jian-yong, Wang Guo-dong: FEM analysis of rolling pressure along strip width in cold rolling process *Journal of iron and steel research, International*. 2007, 14(5): 22–26
- [7] Eduardo N. Dvorkin, Marcela B. Goldschmit, Miguel A. Cavaliere Pablo M. Amenta, Osvaldo Marini, Walter Stroppiana: 2D finite element parametric studies of the flat-rolling process, *Journal of Materials Processing Technology* 68 (1997) 99–107.
- [8] Z. Y. Jiang, A. K. Tieu, X. M. Zhang, C. Lu, W. H. Sun: Finite element simulation of cold rolling of thin strip, *Journal of Materials Processing Technology* 140 (2003) 542–547.
- [9] Li, G., Kobayashi, S.: Rigid-Plastic Finite-Element Analysis of Plane Strain Rolling, *ASME, J. Eng. Ind.*, (1982), 104, 33–64.
- [10] Gordon R. Johnson, William H. Cook: A Constitutive Model and Data for Metals Subjected to Large Strains, High Strain Rates and High Temperatures, *Proceedings, 7th International Symposium on Ballistics*, Hague, The Netherlands, pp. 541–547, 1983.
- [11] A. N. Levanov: Improvement of metal forming processes by means of useful effects of plastic friction, *Journal of Materials Processing Technology* 72 (1997) 314–316.

Üzemavató Inotán

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztály inotai csoportja 2016. november 25-én szakmai napot és szakestélyt tartott az ALUMELT üzem avatása alkalmából.

Az inotai Magyar Ezüst Kultúrottthonban rendezett szakmai napon az első előadást *Penk Márton*, a Martin Metals Kft. ügyvezetője tartotta. Előadásában kitért többek között az új üzem telepítésének előzményeire, az olvasztómű felépítésére, a szigorú környezetvédelmi előírásoknak megfelelő, modern olvasztási-öntési technológiára. Ismertette azokat a betétanyagfajtákat, amelyek jelentős környezetterhelést jelentenének a felhalmozódásuk esetén, ám ezzel a technológiával eredményesen beolvaszthatók. Ilyenek például az italosdobozok, forgácsok. Az Inotal Zrt. legújabb üzeme már 2015 tavaszán megkezdte a próbaüzemet, amely

mintegy 35 fővel azóta 14 000 t öntészeti alumíniumtömböt állított elő. A két-két forgódobos és öntökemencét az öntősorban vízhűtéses Gautschi-öntőlánc követi. A sor végén a kész tömböket robot rakásolja és csomagolja. Az új, modern olvasztókemencék alapanyagát teljes egészében a Martin Metals Kft. biztosítja. A második előadó, *Friedrich Zoltán* egy izgalmas kísérletsorozatról számolt be előadásában. Egy alumíniumszalagot rendelő vevőnek kísérletsorozattal segített a gyártó szalagüzem „rátalálni” arra a hőkezelési állapotú termékre, amelyik a vevő számára a legkedvezőbb. Az előadás ékes példája annak, hogyan szolgáljunk ki, hogyan tartsunk meg vevőket.

Az előadásokat az új üzem megtekintése, majd szakestély követte (1.–2. kép). A szépszámú, 54 fős szakestély a hagyományoknak meg-

felelően elnökválasztással kezdődött, majd a házirend felolvasásából megtudhattuk, hogy egy korábbi (világválság megoldó) inotai szakestély óta eltelt idő alatt – az inotai dolgozók tevékenységének is köszönhetően – a világválság országos válsággá szelídült. Tehát elérte közelebbi célját, és már új célok érdekében, új üzemek indításával (l. új Properzi üzem 2014-ben, és most az új ALUMELT üzem) „tevékenykedünk az újabb akadályok leküzdése érdekében”. Az új üzem vezetői hasznos tanácsokat kaptak a szót kérő és kapó hozzászólóktól az üzemeltetéssel kapcsolatban. Bár a krampampuli főzömestere most csődöt mondott, hiszen szervírozás előtt üvegrobbanás miatt az egész mennyiség az enyészete lett, a jó hangulatú baráti beszélgetéseknek semmi sem vetett gátat.

Szücs Zoltán



■ 1. kép: A szakestély vidám percei



■ 2. kép: Penk Márton pohárköszöntője

GODZSÁK MELINDA – LÉVAI GÁBOR – KAPTAY GYÖRGY

A színező tűzihorganyzás szakirodalmának áttekintése

A tűzihorganyzás az acéltermékek korrózióvédelmének egyik legfőbb és leghatékonyabb módja. Ugyanakkor a horganyzott termékek egyhangú szürkés színe esetenként kevésbé teszi vonzóvá ezt a bevonó eljárást más alternatív bevonótechnológiákkal, például a festéssel szemben. A kutatók érdeklődését már régtől foglalkoztatja az a kérdés, hogyan lehetne a tűzihorgany-bevonatot egy és ugyanazon technológiai lépésben színessé is tenni. Ennek a problematikának a megoldása lehet az 1960-as években kifejlesztett színező tűzihorganyzás, amely során a horganyfürdőt olyan elemekkel (leggyakrabban titánnal és mangánnal) ötvözik, amelyek a tűzimártó horganyzást követően néhány száz nm vastagságban színes oxidfilmet képeznek a bevonat felületén. Ez az eljárás azóta is széles körben kutatott, ipari alkalmazásba viszont nem került. A színesen tűzihorganyzott felületek mellett, hogy korrózióállóak, leginkább dekoratív funkciót tölthetnének be, például beltéri vagy kültéri építészeti elemekként. A jelen összeállítás, szakirodalmi források feldolgozása alapján, e témakör áttekintő összefoglalását igyekszik adni, különös tekintettel a mangánnal ötvözött színező horganyzó fürdőkkel végzett kísérletekről.

A színező tűzihorganyzás szakirodalmi áttekintése mangántartalmú horganyfürdőben

A színező tűzihorganyzás lényege, hogy a horganyzás után egy színes oxidfilm képződik a horganybevonaton, mégpedig a horganyfürdő egyes reakcióképesebb ötvözőinek szelektív oxidációja által. A horganyfürdő ötvözőinek megválasztása tehát nagyon fontos ahhoz, hogy a fürdőből való kiemelés és a levegőn történő lehűlés közben ezen ötvözőelemek intenzívebb oxidációja olyan felületi

oxidos hártya képződéséhez vezessen, amely színes vagy színesnek látszik. Ha ezek az oxidfilmek átlátszóak, akkor a kioltásos interferencia révén fogja a felületet az emberi szem színesnek látni, s ráadásul az érzékelt színhátás ennek a nanobevonatnak a vastagságával változtatható. A színező tűzihorganyzáshoz tehát olyan ötvözőelemre van szükség, amelynek affinitása az oxigénhez nagy, ezáltal elősegíti a fényinterferenciát adó film kialakulását [1]. Ahhoz, hogy a horganyfürdő képes legyen színessé tenni a bevonatot, a következő szem-

pontokat kell figyelembe venni az ötvözőelemek kiválasztásánál:

- az ötvözőelemnek a cinkhez képest nagyobb affinitással kell rendelkeznie az oxigénhez, így az intenzívebben fog oxidálódni;
- az ötvözőelem hatására kialakuló oxidnak kémiaiilag stabilnak kell lennie a tűzihorganyzás hőmérsékletén (~ 420–600 °C), és ez az ötvöző nagy olvadáspontú intermetallikus vegyületet se képezzen a cinkkel, ami megakadályozhatná, hogy az ötvöző a levegővel való érintkezéshez a horganybevonat külső felületére juthasson;

• mindeközben pedig az is fontos, hogy a horganyfürdő viszkozitása se növekedjen jelentősen [2].

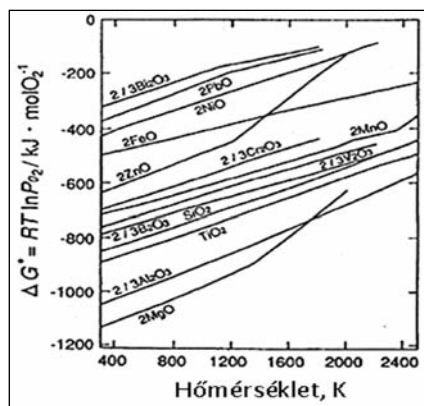
A megfelelő ötvöző(k) kiválasztásához segítséget nyújthat az Ellingham-diagram (1. ábra), amely a különböző elemek oxidjainak standard Gibbs szabadentalpiáját mutatja a hőmérséklet függvényében. A közölt diagram alapján elvileg erre alkalmas lehet a feltüntetettek közül a Cr, Mn, V, Si, B, Ti, Al, Mg. Oxidjaik egyéb tulajdonságai alapján viszont a színező horganyfürdő ötvözőelemeiként a mangán és a titán használható a leghatékonyabban [2].

Godzsák Melinda 2011-ben diplomázott a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán BSc-szinten öntész-hőkezelőként, majd 2012-ben hőkezelő-anyagvizsgáló szakokon kapott MSc-diplomát. 2013-tól doktorandusz hallgató a Fémtechnológiai, Képlékenyalakítási- és Nanotechnológiai Intézetben, kutatási tématerülete színes tűzihorganyzás megvalósítása mangán ötvözésű horganyfürdőben.

Dr. Lévai Gábor 2008-ban végzett osztattlan, ötéves képzésben a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán okleveles kohómérnöként, öntész-metallurgus szakirányon. 2013-ban védte meg PhD-értekezését „Acéllemezek színező tűzihorganyzása cink-titán fémolvadékkal” címmel. Jelenleg az Innocenter Kft.-nél kutatás-fejlesztési menedzserként dolgozik.

Dr. Kaptay György 1984-ben szerzett kitüntetéses kohómérnöki oklevelet a Leningrádi Műszaki Egyetem színesfémkohászat szakán, majd ugyanott lett a műszaki tudományok kandidátusa 1988-ban. 1998-ban habilitált, 1999 óta egyetemi tanár a Miskolci Egyetemen. 2005-ben lett az MTA doktora, 2016 óta az MTA levelező tagja. Jelenleg a Miskolci Egyetemen a Nanotechnológiai Tanszék főállású tanszékvezető egyetemi tanára. Emellett részfoglalkozásként a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Kft. vezető kutatója és Anyagfejlesztési Osztályának vezetője.

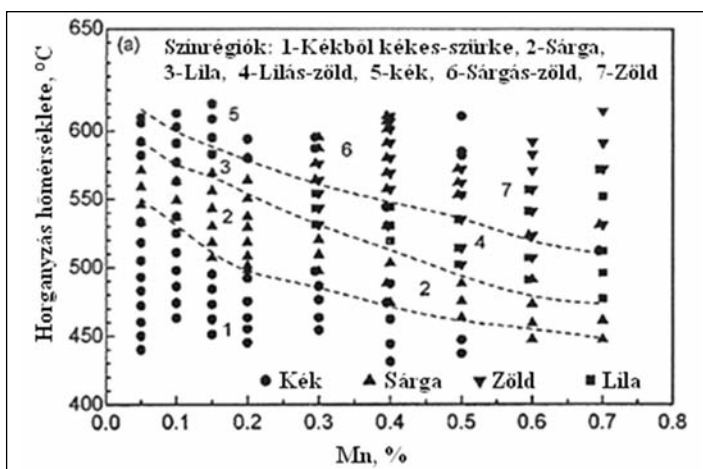
Korábbi vizsgálatokból kiderült, hogy a cinkhez képest az oxigénhez jóval nagyobb affinitást mutató alumínium és magnézium oxidjai ilyen körülmények között nem alkalmasak a felületi színező hatás kialakítására, ezért fontos a horganyfürdő Al- és Mg-tartalmának a lehető legkisebb értéken, maximum ~ 0,0005% (Al), valamint 0,004-0,006% (Mg) tartása [2]. Le és Cui [2] kísérleteikből megállapították, hogy a kialakuló színek elsősorban a horganyzást követő hűlési időtől függően jelennek meg a horganyzott felületen. Titánnal ötvözött horganyfürdő esetén csupán három szín alakult ki: sárga, kék és lila, mangán ötvözésekor pedig sárga, kék, lila és zöld. Fontos tényező volt a színeződés esetén, hogy míg a Zn-Ti fürdőnél a titán koncentrációja alig volt hatással a színeződés szabályszerűségére, addig a mangán esetén a folyamat erősen koncentrációfüggőnek bizonyult. Kísérleteikben Le és Cui 99,997%-os tisztaságú cinkből készítették el a Zn-Mn ötvözetet Zn-5,1% Mn mesterötvözet segítségével. A színes horganyzási kísérletek 50x70x1,2 mm méretű darabjait hidegen hengerelt, Q235B minőségű acéllemezről vágták ki. A lemezek felület-előkészítését követően a mintákat 130 °C-on 1 percig levegőn szárították. A színező tűzhorganyzás során a lemezeket egyenletes sebességgel a fürdőbe merítették, majd a kb. 60 másodperces mártási idő elteltével függőlegesen és gyorsan kihúzták azokat, és megfigyelték a színeződést, valamint a színátmenetek folyamatát. A különböző hűlési idők alkalmazása érdekében a levegőn hűtés mellett hűtővízbe merítést is alkalmaztak. A kísérleti eredmények azt mutatták, hogy a kialakuló színeket egyrészt a levegőn történő hűlés határozza meg, másrészt az olvadék összetétele és a tűzhorganyzás hőmérséklete. A 2. ábrán láthatjuk a mintalemezek színeződési régióit a horganyzási hőmérséklet és a mangántartalom függvényében, 60 másodperces mártási időt



■ 1. ábra. A különböző elemek oxidjainak Ellingham-diagramja [3]

követően. Ezen paramétereken kívül a további kísérleti körülményeket a cikk nem tárgya fel kellő részletességgel. Le és Cui elsőként azt állapították meg, hogy a levegőn hűlt mintalemezek esetén a kialakuló színek a horganyfürdő összetételétől (egész pontosan a mangántartalmától), valamint a fürdő hőmérsékletétől függenek.

A 2. ábrán látható, hogy mind a hőmérséklet, mind a mangán koncentrációjának változása jól elkülöníthető színrégiókat okoz. A mangánnal történő ötvözés esetén kék, sárga, zöld, valamint lila színek voltak elérhetőek a horganyzást követően. A kék és a sárga színek leginkább kisebb hőmérsékleten képesek kialakulni, míg a zöld és a lila színek főként nagyobb horganyzási hőmérséklettel érhetőek el. A színrégiók eloszlása alapján látható, hogy a színátmenetek sorrendje 0,3% mangántartalom és növekvő horganyzási hőmérséklet esetén: kék, sárga, lila és kék. Abban az esetben, ha a mangántartalmat nö-



■ 2. ábra. Zn-Mn fürdőben horganyzott acéllemezeken kialakult színek levegőn hűtés esetén ([2] alapján saját szerkesztés és fordítás)

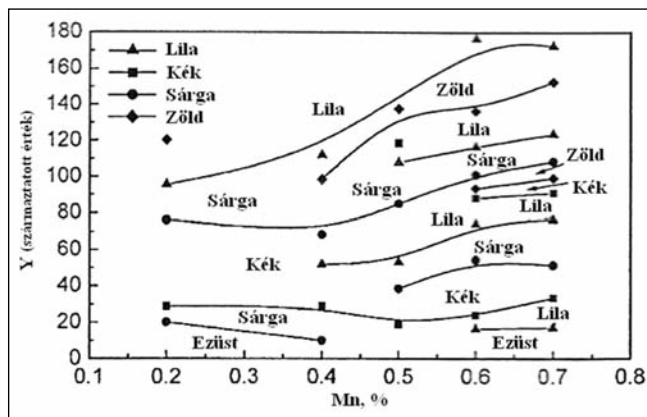
váltak, ugyanazok a színrégiók már viszonylag kisebb hőmérsékleten képződnek, emellett javul a színek telítettsége is, amely egy nagy zöld és egy kis kék színrégiót eredményez. Mindazonáltal a vegyes színek és az átmeneti színrégiók, mint például a zöldes-lila vagy zöldessárga hajlamosak nagy hőmérsékleten megjelenni a színek keresztesződése vagy keveredése következtében. Megállapították, hogy a kívánt szín eléréséhez elengedhetetlen fontosságú a mangántartalom és a hőmérséklet pontos szabályozása, ellenkező esetben nagyon nehéz megkapni a kívánt színt az igen szűk színrégiók miatt. Éppen ezért annak ellenére, hogy a nagyobb mangántartalom kedvez a horganyzási hőmérséklet csökkentésének (valamint igaz ez visszafelé is), a színező tűzhorganyzási technológia tekintetében ez nem megfelelő. Sokkal célravezetőbb a kék és a sárga színű horganybevonat eléréséhez, ha kicsi mangántartalommal és kis hőmérsékleten végezzük a horganyzást, ha pedig lila vagy zöld színt szeretnénk létrehozni, akkor nagyobb mangántartalom és nagyobb horganyzási hőmérséklet alkalmasabb lehet. A horganyzott felület színeződését úgy tudjuk elérni, hogy az arra megfelelő – titánnal vagy mangánnal ötvözött – horganyfürdőben történt mártás után az acél próbatestet elegendő ideig hűtjük levegőn. Valójában a hűlési folyamat közben a szín folyamatosan változik mindaddig, amíg a horganybevonat hűlése közben az ötvöző utánpótlása (diffúziója) lehetőséggé teszi a felületi oxidációját. Éppen ezért Le és Cui különböző

mangán ötvözöttségi szintekkel (0,2–0,4–0,5–0,6–0,7 tömegszázalék) végezték kísérleteiket, melyekből megállapították, hogy a mangántartalom növelésével egyre több átmeneti szín fog keletkezni a horganybevonat felületén, valamint az átmenetek gyakorisága is nőni fog. Állandó mangántartalom és nagy horganyzási hőmérséklet esetén gyakoriak a színátmenetek, valamint a kialakuló szín nagyon rövid idő alatt jön létre,

tehát rövid a színeződésre rendelkezésre álló idő. Éppen ezért a hűlés leállításiával nehéz előállítani a megkívánt színárnyalatot, kisebb hőmérséklet-tartományban viszont könnyebb kézben tartani a színeződést. Kisebb hőmérsékleten viszont jóval kisebb a szín telítettsége, tehát jóval fakóbb színt kapunk. Ha növeljük a mangántartalmat vagy emeljük a hőmérsékletet, akkor a színátmeneti sebesség megnő, egyre

több és több színrégió fog megjelenni, és ezek tartománya egyre inkább összehúzódik. Azonnal, ahogyan a mangántartalmat 0,2%-ról 0,4%-ra növeljük, az eredeti kék régió felbomlik egy új kék és egy lila régióra. Ha a mangántartalmat tovább növeljük 0,5%-ra, abban az esetben ez az új kék régió osztozik egy sárga és egy kék régióra, 0,6% mangántartalomra növekedés után pedig a lila régió tovább tagolódik zöld, kék és lila régiókra. Emellett a 0,2% mangántartalomnál megjelenő sárga színrégió 0,4% mangántartalomra növelés hatására szétválik sárga és zöld színrégiókra, valamint lilára, zöldre és sárgára 0,5% mangántartalom esetében. Tehát több ugyanolyan színű régió is kialakulhat nagyobb mangánkoncentráció esetében, például négy lila, két kék, két zöld és két sárga régió 0,7%-os mangántartalmú horganyfürdőben. A színrégiók variációjának szabályszerűségét a 3. ábrán láthatjuk [2]. Ezen ábra függőleges tengelyén az Y egy származtatott érték, amely a színrégiókat elválasztó vonalak tulajdonságai alapján teszi lehetővé a különböző színrégiók nagyságának meghatározását.

Tehát a horganyzási hőmérséklet vagy a mangánkoncentráció emelésével ugyanaz a hatás érhető el a színátmenet szabályszerűségeiben, azaz mindkettő növelheti a színátmenetek gyakoriságát és a színek területeinek nagyságát. Le és Cui [4] egy másik cikkükben szintén Zn-Mn ötvözetrel végeztek színező tűzhorganyzásos kísérleteket. Ebben a cikkükben a horganyfürdő hőmérsékletének változtatása mellett három különböző hűtési móddal történt a mintalemezek hűtése-



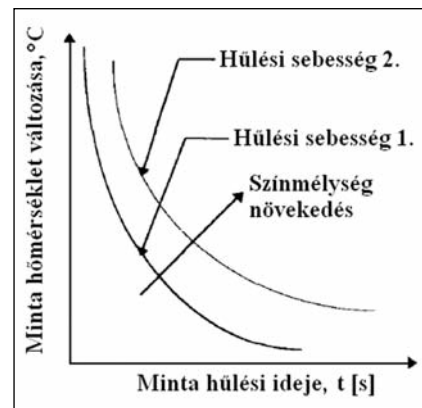
3. ábra. A különböző színrégiók kialakulásának szabályszerűségei növekvő mangántartalom esetén [2]

se. Az első esetben minden beavatkozás nélkül hagyták a lemezt horganyzás után szobahőmérsékletre hűlni, a második esetben a horganyfürdőből történő kiemelését követően a horganyfürdő felett tartották a mintalemezt 60 másodpercig, majd utána hagyták lehűlni szobahőmérsékletre, a harmadik esetben a horganyzást követő 90 másodpercben 505 ± 5 °C-on tartották a mintalemezeket és csak ezután hagyták lehűlni őket szobahőmérsékletre. Céljuk volt ezzel összefüggést keresni arra, hogy milyen hatással van a kialakuló színekre a változó horganyfürdő hőmérséklet, valamint a horganyzást követő különböző hűtési mód. 08A1 jelű hidegen hengerelt, kis karbontartalmú acéllemezekkel dolgoztak, a Zn-Mn ötvözetet saját maguk állították elő, mely során a cinkolvadékot 730-800 °C közé melegítették fel, és SiC merülőharang segítségével feloldódásig benne tartották a mangánötvözt, melynek mennyisége 3,3–3,8 tömegszázalék volt. Kísérleteik során megállapították, hogy azonos mangánötvözettséggel, de eltérő horganyfürdő hőmérséklettel főként kék, sárga, lila és egyéb (leginkább vegyes) színek érhetőek el. Megállapították továbbá azt is, hogy nagyobb hőmérsékleten a horganyfürdő jobban nedvesítette a bemező acéllemezt, ezáltal egységesebb bevonatot és színeket érthettek el. A nagyobb horganyzási hőmérséklet viszont emellett magában hordozza az erősebb salakképződés veszélyét. Jinhong és társai [5] kísérleteikben éppen ezért Zn-Mn-Cu olvadékot használtak, szerintük ugyanis a kis mennyiségben beadagolt réz javítja a horganyolvadék folyékonysá-

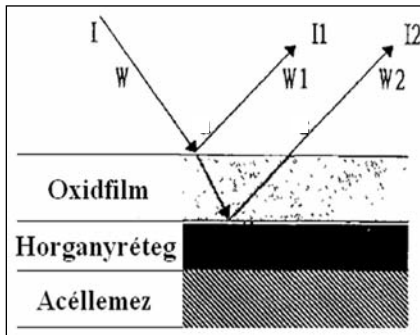
gát, de a legcsekélyebb mértékben sincs befolyásoló vagy rontó hatása a színek kialakulására. Le és Cui [4] a hűlési módok hatását azonos horganyfürdő hőmérsékleten és azonos összetétel mellett vizsgálták. Megállapították, hogy ugyanazon szín elérhető egyrészt úgy, hogy nagyobb a horganyfürdő hőmérséklete (tehát annál hosszabb ideig fog a levegő oxigénjével érintkezni a horganyzott acéllemez

felülete, amíg lehűl 419,5 °C-ra, vagyis a cink olvadáspontjára), vagy pedig kisebb horganyfürdő hőmérséklet mellett csökkenteni kell a hűlési sebességet. Ezen kísérletek legfőbb eredménye az a megállapítás, hogy különböző hűlési idő (hűlési sebesség) eltérő színmélységet fog eredményezni: ugyanazon horganyzási hőmérsékletről indulva a lassabban hűtött darab esetén nő a színmélység (4. ábra).

Le és Cui ebben a cikkükben tér ki a színeződés jelenségének részletesebb magyarázatára. Ahogyan az egy 2013-ban írt, titánötvözetes színező tűzhorganyzással foglalkozó hazai disszertációban [6], valamint egy hazai, angol nyelven publikált cikkben [7] is megállapították, a látható színeket a felületi oxidfilmre beeső és részben visszaverődő, részben elnyelődő fény interferenciája okozza. Ez a megállapítás Le és Cui cikkében [4] is szerepel, ők viszont csupán egyféle keletkező oxidréteggel számolnak, nem veszik figyelembe a horgany alap-



4. ábra. Hűlési sebesség hatása a kialakuló szín mélységére [4] alapján saját szerkesztés és fordítás)



■ 5. ábra. A színek megjelenésének magyarázata Le és Cui cikkében ([4] alapján saját szerkesztés és fordítás), ahol W: adott hullámhosszúságú beeső fénysugár, I: a beeső fénysugár intenzitása, W1 és W2: a visszaverődő fénysugarak különböző hullámhosszal, I1 és I2: a visszaverődő fénysugarak különböző intenzitással

anyagból és az ötvözőből bekerülő szennyező elemek által létrehozott oxidréteg(ek) zavaró hatásait (5. ábra).

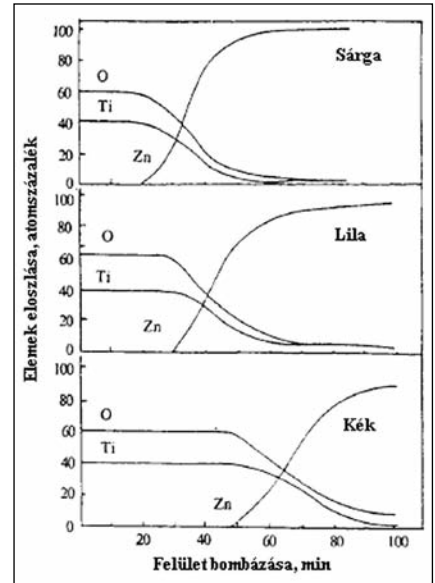
A színeződést és annak létrejöttét, valamint a keletkezett színes horganybevonatokat Jinhong és társai is vizsgálták [8] saját maguk által előállított mintadarabokon, többek között AES (Auger Electron Spectroscopy) és XRD (X-Ray Diffraction) módszerekkel. Kísérleteikben Q215B típusú hidegen hengerelt acéllemezt horganyoztak Zn-Ti-Ni, valamint Zn-Mn-Cu horganyfürdőkben. Horganyzás előtt az 50×30×3 mm-es lemezdarabokat zsírtalanították, pácolták, fluxolták, valamint szárították, s ezután horganyozták. Ez a módszer megegyezik a Le és Cui által alkalmazott előkészítési eljárással [2]. Kísérleteikben 520–570 °C közötti hőmérséklet-tartományban végezték a horganyzást, 90 másodperces mártási idővel, különféle hűtési módokat alkalmazva. A Zn-Ti-Ni ötvözet használatakor arany (sárga), lila és kék színeket értek el az 1. táblázatban bemutatott paraméterekkel.

1. táblázat. Zn-Ti-Ni és a Zn-Mn-Cu összetételű fürdőben horganyzott acéllemezek előállítási paraméterei és színei ([8] alapján saját szerkesztés és fordítás)

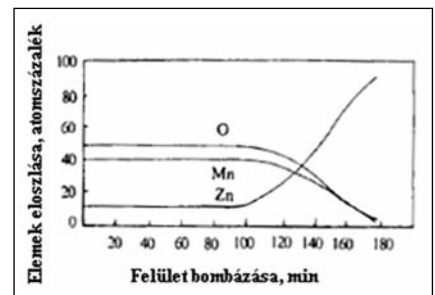
	Horganyzás hőmérséklete, °C	Mártási idő, másodperc	Hűtés típusa	Szín
Zn-Ti-Ni	520	90	Kiemelés után vízűtés	arany(sárga)
	550			lila
	570			kék
Zn-Mn-Cu	530		30 másodperc levegőn hűtés, majd vízűtés	szivárványos

Az így kapott színes acéllemezeket AES (Auger Electron Spectroscopy) módszerrel vizsgálták, mellyel céljuk volt megállapítani a felületi színes bevonat összetételét, a felületről befelé haladva ionbombázással koptatva a mintát. A kapott eredményeket a 6. a), b) ábrán mutatjuk be.

A Zn-Ti-Ni horganyfürdőben horganyzott acéllemezek AES-vizsgálatából megállapították, hogy a felületen titán és oxigén található, arányukból következtettek rá, hogy nagy valószínűséggel Ti_2O_3 . Fontos megállapítás, hogy kizárólag a titán oxidálódott, a cink nem. Megállapították továbbá azt is, hogy azonos oxidfilm-összetétellel, azonos körülmények között az AES-vizsgálat színenként változó oxidfilmvastagságot mutatott ki, mivel a felület bombázása során később volt detektálható a cink. Ebből arra következtettek, hogy a változó oxidfilmvastagság más fényinterferenciát hoz létre, ezért látjuk másnak a felület színét. Ezzel szemben a Zn-Mn-Cu ötvözetben horganyzott lemeznél már nemcsak a mangán, hanem a cink oxidációja is megfigyelhető volt. Ezt azzal magyarázzák, hogy a mangán oxigénhez mért affinitása és a cink affinitása között sokkal kisebb a különbség, mint a titán és a cink között. Emiatt a mangán nem képes arra, hogy kimonddottan csak tiszta mangán-oxidokat hozzon létre a felületen. Éppen ezért végeztek XRD-vizsgálatot is, amely kimutatta, hogy az MnO mellett Mn_2O_3 , valamint cink-mangán vegyes oxid, a $ZnMn_2O_4$ található. Ebből azt a következtetést vonták le, hogy a mangán legalább két vegyértékkel rendelkezik ebben a folyamatban, Mn^{2+} (MnO) és Mn^{3+} ($ZnMn_2O_4$) formájában, elektronszerkezetük $3d^5$, illetve $3d^4$. Az MnO kockarácsú, a $ZnMn_2O_4$ pedig tetragonális szerkezetű, tehát a



a)



b)

■ 6. ábra. Zn-Ti-Ni (a) és Zn-Mn-Cu (b) horganyfürdőben horganyzott lemezek AES vizsgálata ([8] alapján saját szerkesztés és fordítás)

mangánionok különböző erősséggel, változó ligand mezőkben helyezkednek el, amely az elektrópályák megoszoló elektronsávjainak különböző energiaszintjét, valamint az elektronugrás általi különböző hullámhosszú fényelnyelést okozza. Ennek eredményeképpen a bevonat szivárványszínekben játszó lesz. Tehát a Zn-Mn-Cu összetételű horganybevonatok színét a ligand mezőben lévő átmeneti fém-

ionok határozzák meg, ami nem függ az oxidáció hőmérsékletétől és az oxidfilm vastagságától [8]. Le, Cui és Chunhong együtt [9] azt is kikísérletezte, hogy mangán, valamint titán adagolása esetén mi az ideális összetétel, amely a legegyszerűbb, legintenzívebb és legsimább felületű bevonatot eredményezi. Kísérleteik során 16 különböző összetételű hor-

2. táblázat. Le, Cui és Chunhong [9] által használt horganyfürdő-összetételek (ötözők m/m%-ban)

Sorszám	Mn	Ti	Ce	Ni	Cu
1	0	0	0	0	0
2	0,05	0	0,05	0,05	0,01
3	0,10	0	0,10	0,10	0,05
4	0,30	0	0,20	0,20	0,50
5	0	0,05	0,05	0,10	0,50
6	0	0,05	0,05	0,20	0,05
7	0,10	0,05	0,20	0	0,01
8	0,30	0,05	0,10	0,05	0
9	0	0,15	0,10	0,20	0,01
10	0,05	0,15	0,20	0,10	0
11	0,10	0,15	0	0,05	0,50
12	0,30	0,15	0,05	0	0,05
13	0	0,30	0,20	0,05	0,05
14	0,05	0,30	0,10	0	0,50
15	0,10	0,30	0,05	0,20	0
16	0,30	0,30	0	0,10	0,01

ganyfürdőben végeztek horganyzási kísérletet, majd az ebből kapott eredményekből és számításokból vonták le a következtetéseiket. Az általuk használt ötvözőelemek a mangán és titán mellett a nikkelt, réz és a cérium voltak. Szerintük a cérium adagolása elősegíti a horganyfürdő színezőképességének növelését. Horganyzás előtt az acéllemezeket az iparban megszokott módon készítették elő, majd az acéllemezeket a horganyfürdő felett tartva szárították kb. 1 percre, ezt követte a horganyzás 420–650 °C-on. A pontos horganyfürdő-összetételeket a 2.

táblázatban, a horganyzás során az acéllemez hőmérsékletének alakulását pedig a 7. ábrán mutatjuk be.

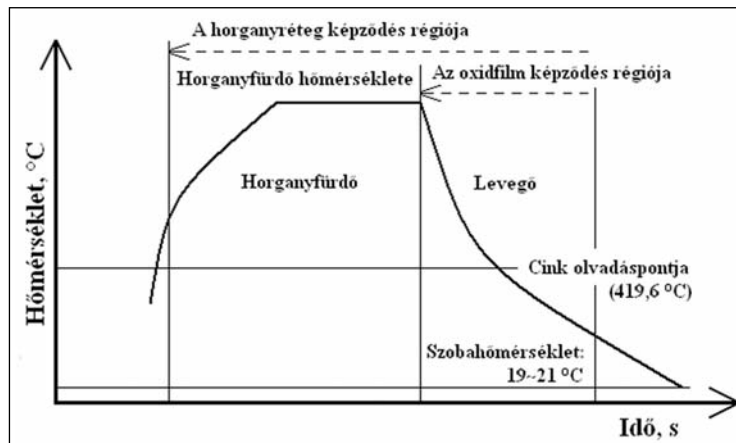
Az így horganyzott lemezeken kialakult színeket a horganyfürdő összetétele és a horganyzási hőmérséklet alapján táblázatba foglalták, majd ezt követően egy osztályozási módszerrel számszerűsítették a lemezek három legfőbb tulajdonságát: a szín egyenletességét, a szín mélységét, valamint a felület érdeségét. Ezen értékekből egyrészt vettek

mélysége másfélszeres, a felület érdesége pedig egyszeres szorzót kapott (3. táblázat).

Ezzel a számszerű értékeléssel céljuk volt megállapítani, hogy melyik az a horganyzott lemez, amelyen a legegyenletesebb, legintenzívebb színű, viszont a legkevésbé érdes felületű a bevonat. Ezt kiegészítendő végeztek egy olyan értékelést is, melyben a horganyfürdő ötvözőinek hatását vizsgálták olyan szempontból, hogy a legkisebb, majd növekvő mennyiségű jelenlétük a horganyfürdőben milyen hatással van az átlagos és sú-

3. táblázat. A Le, Cui és Chunhong által használt horganyzási paraméterek és számított értékek ([9] alapján saját szerkesztés és fordítás)

4. számú horganyfürdő összetétel: Zn – 0,3 Mn – 0,2 Ce – 0,2 Ni – 0,5 Cu			
Horganyzás hőmérséklete, °C	Kialakult szín	Átlagérték	Súlyozott érték
581	sárga	45	72
575	világossárga	46	74
565	világossárga	48	74
553	halványsárga	48	79
540	halványsárga	53	79
535	halványkék	53	85
530	liláspirosba hajló kék	58	88
520	liláspirosba hajló kék	60	87
511	sárgába hajló nagyon halványlila	59	88
504	lilássárga	60	90
496	halvány lilássárga	62	90
490	lilába hajló sárga	62	89
480	lilába hajló sárga	61	85
477	sárga	55	83
470	sárga	53	83
465	sárga	53	-



7. ábra. A horganyzásra kerülő acéllemez hőmérsékletének változása horganyzás közben ([9] alapján saját szerkesztés és fordítás)

egy átlagot, másrészt készítettek egy súlyozást, mely során a szín egyenletessége kettes, a szín

lyozott értékekre. Céljuk volt ezzel megállapítani az „ideális” horganyfürdő-összetételt, amellyel a legegyenletesebb, legteltebb színű és legkevésbé érdes felületű színes bevonattal rendelkező tűzhorganyzott lemezt lehet létrehozni. Ilyen szempontok alapján a rézről megállapították, hogy már kis mennyiségű, ~ 0,01%-nyi jelenléte is javítja a horganyfürdő számszerű értékeit, viszont a réztartalom növelése nem okoz további javulást. A nikkelt adagolásának is pozitív hatása van, de itt lényegesen pozitívabb hatást állapítottak meg, mint a réznél. Abban az esetben, ha cériumot adtak a horganyfürdőhöz, kis beötözőtségnél extrém javulást eredményezett, nagyobb mennyiségben viszont már

nem volt pozitív hatása az átlagos és a súlyozott értékekre. Titán ötvözése esetén jelentősen növekszik a szín mélysége/intenzitása, viszont szignifikáns mértékben csökken a horganyfürdő viszkozitása. Emellett a titán jelenléte a horganyfürdőben jelentősen növeli az oxidáció sebességét, amely egyrészt növeli a bevonat, és ezzel együtt a felületi oxidréteg vastagságát, másrészt megnehezíti a horganyzási folyamatot (salakképződés miatt, a horganyfürdő felületén). Ezen vizsgálati eredmények alapján két

ideális horganyfürdő-összetételt állapítottak meg aszerint, hogy mely ötvöző milyen mennyiségben adta a legjobb eredményt (a számok tömegszázalékban):

- Zn – 0,1Mn – 0,05Ni – 0,01Cu
- Zn – 0,15Ti – 0,1Mn – 0,1Ce – 0,05Ni – 0,01Cu

Le és Cui nem csupán az ideális összetételt vizsgálták, hanem a horganyfürdő és ötvözői viszonyát, egymásra gyakorolt hatásait színező tűzhorganyzás esetén. 2007-ben írt publikációjukban [10] hasonlóan az előzőekhez, titán- és mangántartalmú horganyfürdőt vizsgáltak, viszont ebben az esetben leginkább titánnal és mangánnal egyszerre ötvözték a horganyfürdőt. A színező tűzhorganyzáshoz mangánnal beötvözött horganyfürdőnél egyrészt a mangán az, amelynek köszönhetően a horganybevonat színessé válik, ezzel együtt a beötvözött mangán növeli a horganyfürdő oxidációját (ezzel együtt salakképződést), növeli az ötvöző elemek oxidáció útján történő veszteségét, végül megnehezíti a horganyfürdő összetételének szabályozását. Vizsgálataik során különböző mangántartalmú horganyfürdőben mérték az oxigénkoncentrációt, mely során megállapították, hogy növekvő mangánötvözöttség esetén lineárisan csökken az oxigén aktivitása (parciális nyomása), így a horganyfürdő felülete és a levegőben található oxigén közötti aktivitás-különbség is nő. Növekszik továbbá az oxigén oldhatósága is a horganyfürdőben, tehát nő a mangán oxidációja. Másodsorban nő a horganyfürdő viszkozitása, azaz csökken a folyékonysága, ezzel együtt a horganyzásra kerülő acéllemez nedvesíthetősége is romlik. A horganyfürdő titánnal történő ötvözésekor a horganyfürdő viszkozitása jelentősen megnő a titán – cinkéhez képest – nagy olvadáspontja miatt. Ezzel együtt a horganybevonat felületi érdessége is növekszik, ugyanakkor csökken a színező ötvöző(k) hatékony felhasználása a színeződésre.

A nikkellel és rézzel való ötvözés egyik legnagyobb előnye vizsgálataik alapján, hogy amíg a vizsgált hőmérséklet-tartományban (~420–600 °C) a cink, a mangán és a titán oxigénhez viszonyított affinitása nagy, addig a nikkellel és a réz kevésbé oxidálódnak

könnyen, mint az előzők. Éppen ezért a színező tűzhorganyfürdőben a nikkellek és a réznek stabilizáló szerepe van, továbbá a réz csökkenti a mangán felületi oxidációjának sebességét is. A cérium mint ritkaföldfém beötvözésével jelentősen csökkenthető az ötvözőelemek felületi diffúziója a horganyfürdőben. Kísérleteikhez három különböző összetételű horganyfürdőt használtak, melyeket Zn–5,1% Mn, Zn–3,3% Ti, Zn–2,9% Ni és Zn–2,58% Ce mesterötvözetekből állítottak elő. A három különböző horganyfürdőt a 4. táblázatban mutatjuk be.

A horganyzáshoz Q235B minőségű, hidegen hengerelt acéllemezeket használtak 50×70×1,2 mm méretben. Az acéllemezeket a felület előkészítést követően 130 °C-on 1 percig szárították, majd 60 másodperces mártási idő elteltével gyorsan, függőlegesen kihúzták a horganyfürdőből. Horganyzást követően három különböző hűtési módon hűtötték a horganyzott lemezeket: hűtés mindenféle beavatkozás nélkül szobahőmérsékletre, hűtés 70 °C-os meleg vízben, hűntartás 510 ± 10 °C-on, majd hűtés szobahőmérsékletre. Az ilyen paraméterekkel horganyzott színes felületű acéllemezeket tulajdonságaik alapján értékelték. Vizsgálták a színek egyenletességét, a színek mélységét (intenzitását) a színtelítettség mérésével és a felületek egyenletességét a felületi érdesség mérésével. Ezekből az eredményekből a korábbihoz hasonlóan két származtatott értéket; egy súlyozott és egy átlagértéket képeztek. Ezen értékelési rendszernek köszönhetően meghatározták a különböző ötvözőelemek hatását a kialakuló színek tulajdonságaira, és ebből kiindulva összeállították az ideális horganyfürdő összetételeit a különböző horganyzási körülményekre.

• Abban az esetben, ha a hűlési sebesség kicsi, tehát levegőn vagy kemencében tartva hűtjük a horganyzott acéllemezeket a horganyfürdőből kiemelve, akkor az ideális horganyfürdő-összetétel: Zn-0,10Mn-0,05Ni-0,01Cu.

• Amikor a hűlési sebesség kifejezetten gyors (vízben hűtéskor), akkor

4. táblázat. Le és Cui által használt horganyfürdők százalékos összetétele ([10] alapján saját szerkesztés)

	Mn	Ti	Ce	Ni	Cu
1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01
2	0,10	0,15	0,10	0,10	0,05
3	0,30	0,30	0,20	0,20	0,50

az ideális horganyfürdő-összetétel: Zn-0,30Mn-0,10Ni-0,01Cu.

• Ha a legintenzívebb színeződést szeretnénk elérni, akkor két ideális horganyfürdő-összetételt is kikísérleteztek, ezek: Zn-0,30Mn-0,15Ti-0,10Ni-0,01Cu vagy pedig a Zn-0,10Mn-0,05Ti-0,05Ni-0,01Cu. A horganyfürdőbe egyszerre beötvözött mangán és titán esetében a titán a kialakuló szín „zajosságát” és a színtelítettség egyenletességét javítja [10].

Összefoglalás

A tűzhorganyzásnak annak ellenére, hogy az acéltermékek korrózióvédelmének egyik legfőbb és leghatékonyabb eszköze, a legnagyobb hátránya a bevonat egyhangú szürke színe, amely sok esetben kevésbé közkedvelté teszi az eljárást. Az 1960-as években egy kanadai cég kifejlesztette az úgynevezett színező tűzhorganyzást, amelynek az a lényege, hogy a horganyfürdőt olyan elemekkel ötvözik, amelyek a horganyzást követően egy vékony oxidfilmet képeznek a bevonat felületén, amely színes. Erre a feladatra két ötvöző a legalkalmasabb, a titán és a mangán. Nagy hátránya a szakirodalomnak, hogy nem tartalmaznak teljes technológiai leírást, valamint a vizsgálati módszerek és azok kiértékelése sem teljes körű. A mangánnal ötvözött horganyfürdőben történő színező tűzhorganyzással kapcsolatos, távol-keleti szerzők munkáiból megállapítottuk, hogy a kialakuló színek elsősorban a horganyzást követő hűlési idő, valamint a horganyfürdő összetételének függvényében jelennek meg a horganyzott felületen. Amíg titánnal ötvözött horganyfürdő esetén csupán három szín volt elérhető: sárga, kék és lila, addig a mangán ötvözésekor nemcsak sárga, kék és lila, hanem zöld is megvalósítható. Fontos megállapítás a mangánötvözéssel történő színező tűzhorganyzásnál, hogy míg a Zn-Ti fürdőnél a titán koncentrációja

alig van hatással a színeződés szabályszerűségére, addig a mangán esetén a folyamat erősen koncentrációfüggőnek bizonyult. A feldolgozott szakirodalmak mindegyikében – egy eset kivételével – mindig Zn-Mn meszterötvözet segítségével állították elő a mangántartalmú horganyfürdőt, a horganyzásra pedig kis ötvöztartalmú acéllemezeket alkalmaztak. Megállapítható az összes kísérletről, hogy a különböző színek elérését kétféleképpen valósították meg: vagy nagyobb horganyzási hőmérsékleten, de kisebb mangánkoncentrációval, vagy nagyobb mangánkoncentrációval, de kisebb hőmérsékleten. A megfelelő választás viszont leginkább a két szélsőség között van, ha megfelelő minőségű (nem érdes, telt színű...) felületet szeretnénk elérni. Vizsgálták azt is, hogy a Zn-Mn horganyfürdőhöz adagolt további ötvözők, mint például a réz, a nikkelt vagy a cérium milyen hatással vannak a kialakuló színekre és a horganyfürdő tulajdonságaira, milyen az ideális horganyfürdő összetétele, amellyel a legjobb minőségű színesen horganyzott acéllemezek állíthatók elő. Megállapították, hogy a réznek és a nikkelnak már minimális, 0,01%-nyi jelenléte is nagyságrendek-

kel javítja a horganyfürdő tulajdonságait, a ritkaföldfém cérium pedig az ötvözőelemek diffúzióját csökkenti a horganyfürdő felületén.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a NAGÉV Cink Kft.-nek.

Irodalom

- [1] S. Noriaki: Proceedings of Int. Symp. on 'Extraction and application of zinc and lead' (Zinc & Lead '95), Ed. by T. Azakami and M. Iino, Sendai, Japan, May 1995, 936–938.
- [2] Q. C. Le, J. Z. Cui: Investigation on colorization regularity of coloring hot-dip galvanization processing, *Surface Engineering*, 2008, 24(1) 57–62.
- [3] Y. J. Liang: *Physicochemistry*, Beijing, Metallurgy Industry Press, 1982.
- [4] Q. C. Le, J. Z. Cui: The effect of Mn on coloring hot-dip galvanization, *Chinese Journal of Materials Research*, 1999, 63–65.
- [5] Chen Jinhong, Lu Jintang, Xu Qiaoyu, Zeng Guangliang: Colored hot-dip galvanized research, South

China University of Technology, *Materials Protection*, 1996, 29(7) 4–6.

- [6] Lévai Gábor PhD-értekezése, *Acéllemezek színező tűzhorganyzása cink-titán fémoldattal*, Miskolci Egyetem, 2013.
- [7] G. Lévai, M. Godzsák, T. I. Török, J. Hakl, V. Takáts, A. Csik, K. Vad, G. Kaptay: Designing the color of hot-dip galvanized steel sheet through destructive light interference using a Zn-Ti liquid metallic bath, *Metallurgical and Materials Transactions A*, 2016, 47(7) 3580–3596.
- [8] Chen Jinhong, Lu Jintang, Xu Qiaoyu, Zeng Guangliang, Li Guoxiong, Xie Jun: Mechanism for colouring hot-dip zinc alloy coating, *Chinese Science Bulletin*, 1996, 41(6) 468–471.
- [9] Q. C. Le, J. Z. Cui, H. Chunhong: Optimization of coloring galvanization bath, *The Chinese Journal of Nonferrous Metals*, 2000, 10(3) 388–394.
- [10] Q. C. Le, J. Z. Cui: Optimization of Coloring Galvanization Baths Directed Toward Different Post-Treatment Schedules, *Materials Protection*, 2007, 40(7) 40–44.

BORTNYIK KORNÉL – NYEKSE LÁSZLÓ – BARKÓCZY PÉTER

Csoportosulások vizsgálata eutektikus szövet-szerkezetekben

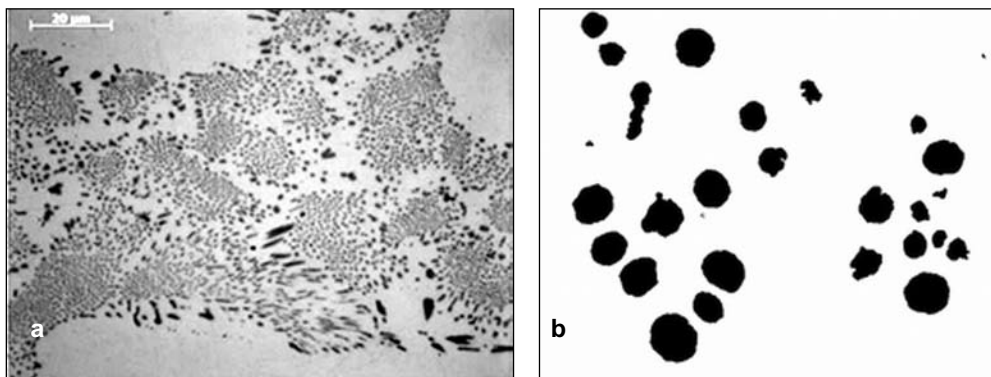
A metallográfiai vizsgálatok gyakori, közkedvelt módszere a mikroszkópi képek létrehozásán alapul. A képi információk értékelése azonban esetenként ellentmondásos, mert az emberi agy óhatatlanul szubjektív értékelést eredményez. A kvantitatív módszerek kidolgozása ennek elkerülését szolgálja. A már hagyományosnak mondható módszerek (terület, darabszám, méret szerinti eloszlás, fajlagos kerület stb. meghatározása) mellett napjainkban olyan jellegzetességek számszerűsítésére törekednek, melyek korábban a szemlélő érzésein alapultak. Ilyen a cikkben tárgyalt, a képi elemek csoportosulásainak értékelését célzó két csoportelemző algoritmus, a particionáló és a hierarchikus, amelyek alkalmazásáról és az eredmények összehasonlításáról számolnak be.

Bevezetés

A fémek és ötvözetek mechanikai tulajdonságai és a mikroszerkezetük között összefüggés figyelhető meg [1]. A mikroszerkezet megfelelő jellemzése így fontos feladat. Számos

esetben használjuk a mikroszerkezeti paramétereket mint minősítő értékeket. Természetesen minél komplexebb egy mikroszerkezet, annál nehezebb megtalálni azokat a mérhető jellemzőket, amelyekkel az adott fém vagy ötvözet viselkedése erősen

korrelál. Napjainkban a képelemzés több hatékony megoldást tár elénk, amivel a jellemzést korszerűen és robusztusan el tudjuk végezni. A számítógépek nagy teljesítménye az elemzést emellett rendkívül rövidde teszi.



■ **1. ábra.** Példák a vizsgált képekről, a) az AlMn ötvözetmintáról készített mikroszkópi felvételt mutatja. A sötét szemcsék az AlMn intermetallikus fázis szemcséi, amelyek a szilárdoldat szemcsék között, az eutektikum kristályosodása során keletkeztek. Jól látható az eutektikus cellaszerkezet, b) gömbgrafitos öntöttvasról készített etalonkép. A fekete objektumok a grafitot, míg a fehér háttér a ferrit jelenti

A modern képképző eszközök nagyméretű képeket készítenek, ami maga is sok adat kezelését teszi szükségessé. Emellett rövid idő alatt több képet is készíthetünk a vizsgált szövetszerkezetről. A képképző rendszerek felbontásának növekedése egyre részletgazdagabb képi információt jelent. Ezeket a képeket és a belőlük nyert információkat célszerű adatbázisba szervezve kezelni, és nem külön adatokként.

Napjainkban az adatbázisok rendkívüli mértékben megnöttek, hatalmas mennyiségű adatot kell tárolni. Ilyen nagy mennyiségű adatból, ami nemcsak számszerű, hanem minőségi leírást is jelent, az információ, az összefüggések kinyerése a klasszikus módszerekkel már nem hatékony. Emiatt fejlődött ki az adatbányászat, aminek módszerei hatékonyan keresik és nyerik ki az értékes információt nagyméretű adathalmazból. Ha az elemzendő képeket, a képelemzés folyamatát, a képelemzés eredményeül nyert mennyiségi és minőségi leírásokat

egy adatbázisba szervezzük, akkor a képi információk kinyerése az adatbányászat eszközeivel elvégezhető.

Számítógépi képelemzéssel történő szövetszerkezet-minősítés egyik tipikus felhasználási területe az öntvények szövetszerkezetének minősítése. Ha a hibaszerkezet és/vagy porózitás vizsgálatát kivesszük a minősítések közül, akkor hipoetektikus ötvözetknél standard esetben megelégszünk az eutektikum és a primer fázis fázisarányának számszerűsítésével. Emellett az eutektikum finomságát is leírjuk. Azonban az eutektikumok kristályosodásának leírásában láthatjuk, hogy az eutektikumok ennél komplexebb szerkezetet alkotnak, ami hatással van a tulajdonságokra is. Azokban az ötvözetekben, amelyek kevés eutektikumot tartalmaznak, az eutektikum eloszlása nem homogén [2]. A szerkezet vizsgálatakor megállapítható, hogy az eutektikumot alkotó fázisok csoportosultak [3]. Ahogy említettük, az ötvözetek tulajdonságait nem-

csak a fázisok átlagos mérete és távolságuk határozza meg, hanem az elrendeződésük is. Az adatbányászat tudományterülete vizsgálja a csoportosulásokat [4, 5]. A csoportelemző algoritmusok hatékonyan meg tudják határozni a csoportosulásokat egy adathalmazban [6]. Két fő csoportelemző algoritmus létezik, a particionáló és a hierarchikus.

A particionáló algoritmusokban valóban a paramétertérben, esetünkben a kép síkján, geometriai

pontok jelentik az adatokat, esetünkben a képen látható fázist. Az algoritmusok az objektumok között definiált és számított távolságok alapján keresik a csoportokat. A particionáló algoritmusok működése során az az elv, hogy a csoportokon belül mérhető távolságok minél kisebbek, a csoportok között mérhető távolságok minél nagyobbak legyenek. Mivel az objektumok a kép síkján helyezkednek el, célszerű a particionáló eljárások választása. Cikkünkben példát mutatunk ennek a használatára.

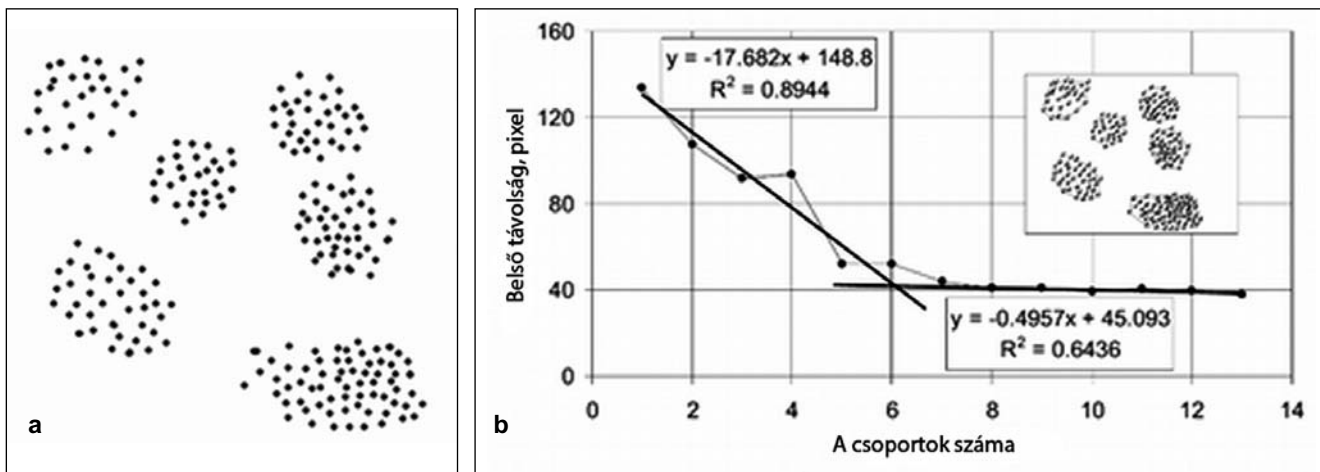
A problémát az jelenti, hogy az esetek többségében a fázisokat nem egyértelműen jellemzi egyetlen geometriai pont a síkon. Ebben az esetben a particionáló eljárások nem adnak teljesen pontos képet az objektumok elrendeződéséről. Itt segítséget nyújthat, ha a sztereológia törvényszerűségeit megtartva, a távolságok definícióját módosítjuk. Ekkor azonban hatékonyabbá válnak a hierarchikus csoportelemző eljárások, aminek alapja az objektumok közötti hasonlóság, amit mint az objektumok közötti távolságot kezel a továbbiakban az algoritmus. Ebben az eljárásban figyelembe vehető az objektumok mérete és alakja stb. A probléma ebben az eljárásban, hogy az objektumok teljes leírása további adatelemzési, osztályozási kérdéseket vet fel, ami a csoportelemzés hatékonyságára nagy hatással bír.

Munkánkban ötvöztük a particionáló és hierarchikus csoportelemző eljárások előnyeit a képelemzés során alkalmazott algoritmusokkal. Ezzel egy hatékony elrendeződéselemző

Bortnyik Kornél okleveles anyagmérnök. Diplomáját 2009-ben szerezte a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán kerámia és szilikátmérnöki szakon, anyaginformatika specializációval. 2011-ben gépészmérnöki diplomát is szerzett. 2013-tól PhD-hallgató. Kutatási területe a komplex mikroszerkezetek jellemzése számítógépi képelemzéssel.

Nyekse László okleveles kohómérnök, diplomáját 2005-ben szerezte a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán öntészet szakon, 2007-ben környezetmérnöki diplomát is kapott, majd PhD-tanulmányokat folytatott. Kutatási területe az öntési paraméterek mikroszerkezetekre gyakorolt hatása.

Dr. Barkóczy Péter okleveles anyagmérnök. Diplomáját 2000-ben szerezte a Műszaki Anyagtudományi Karon, majd 2004-ben PhD-fokozatot szerzett. Jelenleg a Műszaki Anyagtudományi Kar részállású docense és a Fux Zrt. fejlesztési igazgatója. Kutatási területe az átalakulási folyamatok kinetikai szimulációja és a képelemzés alkalmazási lehetőségei a metallográfiában.



■ **2. ábra.** A csoportok számának keresése K-means algoritmus alkalmazásával. Az a) kép hat különálló csoportot tartalmaz. Az eljárás során egytől indulva növeljük a csoportok számát, és minden esetben számítjuk a csoportok belső távolságát. Kezdetben a belső távolság erősen csökken, majd hat értéket elérve nem változik. Látható, hogy a csökkenő szakasz érintője és az állandósult szakasz érintője a hat értéknél metszi egymást

algoritmust kaptunk, ami a képelemzéssel egy futási időben elvégzi a csoportelemzést, így növelve a csoportelemzés hatékonyságát, és csökkentve a szükséges metaadatbázis méretét. Cikkünkben erről a munkáról számolunk be.

Mérési módszer és anyag

A vizsgálatokat kereskedelmi 3003-as alumíniumötvözet öntött és homogénizált tuskójából kivett mintákon és gömbgrafitos öntöttvas etalon képsorain végeztük. Az alumíniumötvözet mintákról az optikai mikroszkópi felvételeket Zeiss Axio Imager mikroszkóppal készítettük. A mintákat csiszolás és polírozás után HF vizes oldatában marattuk. A képtároló műveleteket és a méréseket a saját fejlesztésű CProb szoftverrel végeztük [9].

A képeken az elemzés előtt a következő transzformációkat alkalmaztuk: intenzitás összenyomás és gamma korrekció. A képeket Brensen automatikus szegmentáló algoritmus-alakítottuk át.

Ahogy az 1a ábrán látható, az eutektikumban az AIMn intermetallikus fázisok zöme kompakt, így egy ponttal jellemezhető a képen. Az elemzésükre a particionáló algoritmusok közül a leggyakrabban alkalmazott és leghatékonyabb K-means algoritmust választottuk.

A gömbgrafitos öntöttvas grafit-szerkezetéről készített etalonképen átalakítások nem voltak szükségesek, mert a grafit-szemcsék feketék, a háttér

pedig fehér volt. Egy egyszerű szegmentálás után már elemezhetőek is voltak az objektumok. Ami az 1b ábrán is látható, nem mindegyik grafit-szemcse jellemezhető egzaktul egy geometriai ponttal. Emiatt a K-means algoritmus nem ad megfelelő eredményt a csoportok vizsgálatára. Ebben az esetben a saját fejlesztésű particionáló algoritmust alkalmaztuk. A módszerben a particionálás alapját jelentő dendrogramot hozza létre az általunk fejlesztett algoritmus. A dendrogram elemzését már az adatbányászatban használt módszerekkel végezhetjük.

Eredmények

A particionáló módszer egyik problémája, hogy a klaszterek száma előre nem ismert. Ezt a csoportok keresése előtt meg kell adni a felhasználónak. A csoportosulások meghatározásának menete K-means eljárással a következő:

1. megadni a klaszterek számát (k);
2. véletlenszerűen létrehozni k számú klasztert és meghatározni minden klaszter középpontját, vagy azonnal létrehozni k véletlenszerű klaszterközpontot;
3. minden egyes pontot abba a klaszterbe sorolni, amelynek középpontjához a legközelebb helyezkedik el;
4. kiszámolni az új klaszterközpontokat;
5. addig ismételni az előző lépéseket,

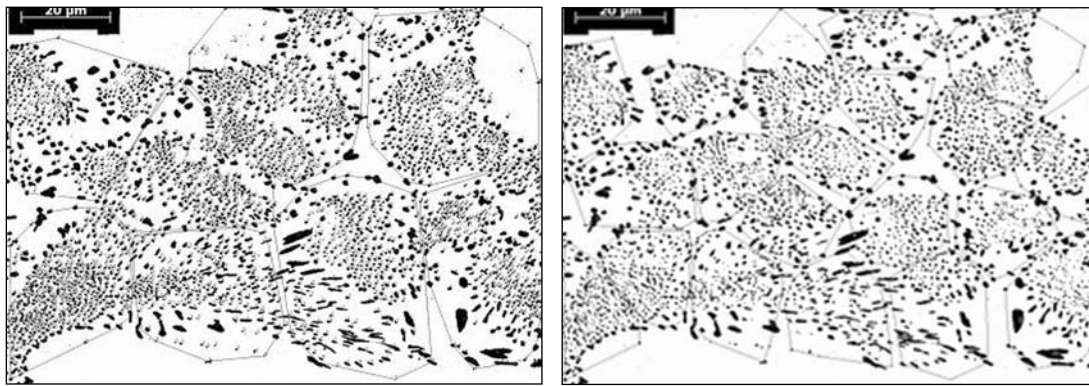
amíg valamilyen konvergencia-kritérium nem teljesül (általában az, hogy a csoportok nem változnak).

Képi információ elemzésénél a csoportok száma nem ismert, hanem megválaszolnandó kérdés. Ennek feloldására alkalmazzák azt a megoldást, hogy a fenti algoritmust elvégzik az adathalmazon 1 csoporttól indulva n -ig (pozitív egész szám) növelve a csoportok számát. Megfigyelhető (2. ábra), hogy az (1) definiált belső távolság az n értékének növekedésével meredeken csökken, majd egy adott csoportszám után nem változik. Egyenestiltséggel a csökkenő és az állandósult szakaszra, a metszéspontjuk megadja a képen lévő csoportok számát.

$$d_{inner} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (1-d_{ij}) \sqrt{(x_i-x_j)^2 + (y_i-y_j)^2}}{(n-1)^2} \quad (1)$$

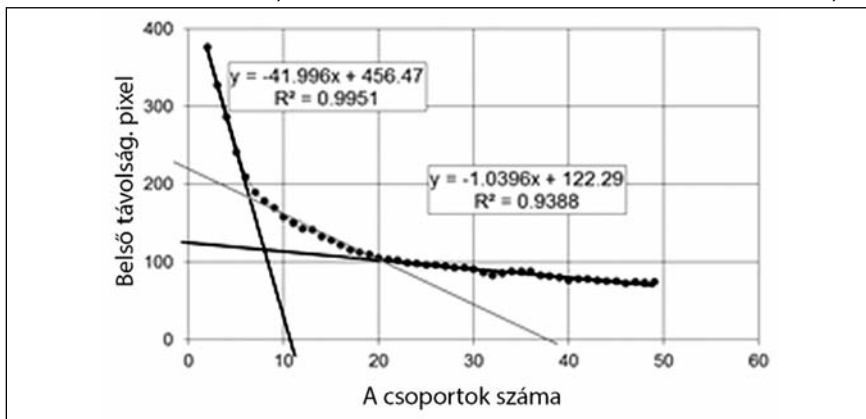
Amikor a particionáló módszer alkalmazható, ezzel az eljárással kereshetjük meg a csoportokat. A vizsgált AIMn ötvözetéről készült felvételeken az eljárás alkalmazható (3. ábra). Ahogy az 1. ábrán is látható, az eutektikus cellák jól elkülönülnek egymástól. Az AIMn fázisok az eutektikus cellában egy csoportot alkotnak. A particionáló csoportelemzéssel a célunk az eutektikus cellák felderítése és jellemzése.

A 3c ábrán látható azonban, hogy a csoportok számának függvényében ábrázolt belső távolság függvényen nem egy, hanem két töréspont van. A 3a ábra mutatja a kisebb csoport-



a)

b)



c)

■ **3. ábra.** Az AlMn ötvözet mikroszerkezetéről készült képen lévő eutektikum AlMn intermetallikus fázisának (sötét) K-means algoritmussal elvégzett csoportelemzése. A csoportközéppontok meghatározásánál két töréspont is megfigyelhető (7 és 20 csoport). Az eutektikus cellák számát a 20 csoport jelenti, amíg a 7 csoportnál azért kapjuk a másik töréspontot, mert az eutektikus cellák is csoportosultak

számhoz (7), a 3b ábra mutatja a nagyobb csoportszámhoz (20) tartozó csoportokat. Látható, hogy a 20 csoportot adó particionálás adja meg az eutektikus cellákat. A csoportok így már jellemezhetők mind méret, mind alak, mind belső távolság alapján. Az így kapott információkkal nemcsak a szövetszerkezet jellemezhető részletesebben, hanem a kristályosodás és fázisátalakulások körülményei, hatásai is pontosabban elemezhetők.

A görbén az első törést az okozza, hogy az eutektikus cellák is csoportosultak, ami további mikroszerkezeti leírásokra ad lehetőséget. Ami a módszer nagy előnye, hogy hipoeutektikus esetben is stabilan működik, és megtalálja a csoportokat a képen.

Mint a bevezetőben említettük az öntöttvasak jellemzése során, mikor nem csak gömbráfitok találhatóak a szövetben, a K-means eljárás elvben nem ad helyes eredményt, hiszen a nem gömb alakú, nemkompakt gráfit-szemcsék nem jellemezhetők egyértelműen egy ponttal. Ebben az eset-

ben a hierarchikus csoportelemzés a célra vezető, és definiálnunk kell a gráfit-szemcsék távolságát.

A képelemzésben nagyon sok algoritmusban működik sejtautomata. A konvolúciós transzformációkban totális sejtautomaták, a szürkekép és bináris morfológiai transzformációkban szinkron determinisztikus automaták működnek. Ez természetes, hiszen a képek könnyen és egyértelműen megfeleltethetők egy sejtautomata univerzumnak. A morfológiai transzformációk terén már alkalmaznak szinkron sztochasztikus automatákat is, melyek transzformációs szabályának megvalósulása egy valószínűségi változó értéktartományához kötött.

Ha elvégezzük a megfeleltetést, miszerint a háttérben a sejtek állapota 0, a gráfit-szemcsékben a sejtek állapota 1, akkor alkalmazhatunk egy sztochasztikus dilatációs műveletet, amely során, mint a sejtautomata szimulációkban, növesztjük a gráfit-szemcséket. Ha ezt úgy végezzük,

mint egy távolságtranszformációt, akkor minden egyes 1 állapotú sejt rendelkezik majd az eredeti objektumkontúrtól mért távolságértékkel mint állapottal. Ha a dilatációt addig végezzük, amíg az objektumok

össze nem érnek, akkor az első érintkezési eseményben a szomszédos képpontok állapotából ismert az objektumok közötti távolság. Az érintkezési eseményekből és a távolságértékekből megrajzolható a hierarchikus csoportelemzés dendrogramja (4. ábra). Megfelelően szervezve az adatokat, mikor minden 0 állapotú sejt állapota 1-re vált, a dendrogram elkészül. Az egyes objektumok közös kontúrelemeit megkeresve a hatósugar szerinti vázszerkezetet kapjuk, ami így elkészítve a Voronoitesszeláció eredményéhez nagyon közel áll [10]. A dendrogramot elemezve megkapjuk a csoportosulásokat. Az így kapott csoportosítás nem csak az objektumok távolságát veszi figyelembe, hanem azok alakját és méretét is. Abban az esetben, amikor ezek a sztereológiai paraméterek jelentősen befolyásolják a csoportokat, akkor a hierarchikus megoldás sokkal robusztusabban működik.

Egy másik előnye a hierarchikus módszernek, hogy lehetőséget kínál az úgynevezett kívülálló objektumok kezelésére. Ezek az objektumok nem részei egyik csoportnak sem, azoktól külön állnak. Mint látható az elemzett képen, könnyen előfordulhat ilyen eset. Ha figyelmesebben szemléljük a 3a és 3b képeket, akkor az elfajult eutektikus fázisok között találunk olyat, amelyik rontja a csoportosítás minőségét, és jobb lenne az eredmény, ha kívülállóként kezelnénk. Azonban a K-means algoritmus nem képes arra, hogy ezeket az objektumokat külön kezelje, minden egyes objektumot csoportba sorol. Erre jelenthet megoldást a Fuzzy-elven működő C-means algoritmus alkalmazása.

A bemutatott módszerekkel a komplex mikroszerkezetek robusztu-

san elemezhető, és részletes információ nyerhető, amivel mind a kutatás, mind a minősítés pontosabbá válik.

Összegzés

Komplex mikroszerkezetek leírásánál, főleg ha nem homogén a fázisok elrendeződése, akkor az átlagos paraméterek nem adnak teljes képet a mikroszerkezetről. Ebben az esetben a homogenitástól való eltérést is jellemeznünk kell. Abban az esetben, amikor a fázisok csoportosulnak, akkor az adatbányászati

gyakran használt csoportelemzési módszerek alkalmasak a csoportok felderítésére és a csoportok jellemzésére. Eutektikus szövetszerkezetben a fázisok csoportosultak az eutektikus cellákban. Az eutektikus cellák felderítése és leírása pontosabb képet ad az eutektikus szerkezetről.

Példánkban AlMn eutektikumban K-means particionáló algoritmussal kerestük meg az eutektikus cellákat. Az elemzés során azt találtuk, hogy az elméleti eredménytől eltérően nem egy csoportszámot, hanem kettőt kapunk. A nagyobb csoportszámánál kapjuk meg az eutektikus cellákat, azonban a kisebb csoportszám megmutatja, hogy az eutektikus cellák is csoportosultak.

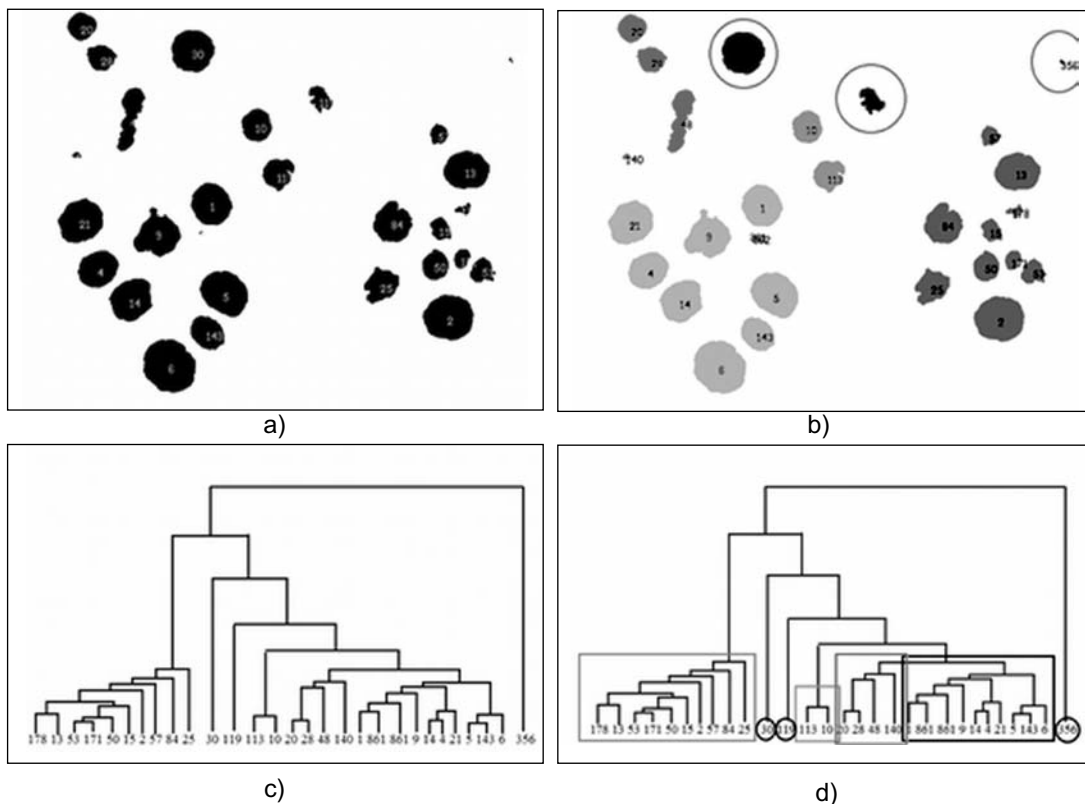
A K-means eljárás akkor ad megfelelő eredményt, ha a fázisok egyértelműen jellemezhetőek egy geometriai ponttal a kép síkján. Ez nemkompakt fázisok esetén, mint a grafitos öntöttvasak mikroszerkezetében nem teljesül, ha nem minden grafitzemcsé gömbös. Ekkor a hierarchikus csoportelemző eljárások működnek haté-

konyabban. Ehhez azonban definiálni kell a grafitzemcsék közötti távolságot, amit a kontúrok között végzett sztochasztikus távolság-transzformáció alapján határoztunk meg, mivel kombinálható a képelemző eljárásokkal, és a szokásos képelemzési folyamat végére előáll a hierarchikus csoportelemzéshez szükséges dendrogram. Emellett a hierarchikus csoportelemzés előnye, hogy a kívül álló objektumokat is kezeli.

Irodalom

[1] Gácsi Zoltán – Sárközi Gábor – Réti Tamás – Kovács Jenő – Csepeli Zsolt – Mertinger Valéria: Sztereológia és képelemzés. Miskolc, MicroPress Nyomda, 2001.
 [2] ASM Metals Handbook Volume 02
 [3] Alumínium kézikönyv, főszerkesztő: Dr. Köves Elemér. Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1984
 [4] Jiawei, Han – Michelineh, Kamber: Data Mining Concepts and Techniques 3rd edition. Waltham USA, Elsevier, 2012.

[5] Anderberg, M.: Cluster Analysis for Applications. Morgan Kaufmann Publishers, 1973.
 [6] Knowledge-Based Clustering, New Jersey, John Wiley & Sons, 2005
 [7] Cormen, Thomas H. – Leiserson, Charles E. – Rivest, Ronald L.: Introduction to Algorithms 3rd edition, MIT, 2009
 [8] Wolfram, Stephen: A new kind of science, Wolfram Media, 2002
 [9] Póliska, Csaba – Gácsi, Zoltán – Barkóczy, Péter: The Effect of Melt Flow on the Dendrite Morphology. Materials Science Forum 508: pp. 169–174. (2006)
 [10] Gyöngyösi, Szilvia – Barkóczy, Péter: Scaling cellular automaton simulations of short-range diffusion processes. Materials Science Forum 729: pp. 150–155. (2013)
 [11] Barkóczy Péter: Gyors szomszédosság kereső algoritmus véletlen rácsú cella automatához In: Gácsi Zoltán, Barkóczy Péter, Sárközi Gábor (szerk.) Képfeldolgozók és Alakfelismerők IV. Konferenciája. NJSZT-KÉPAF. 308 p.



■ 4. ábra. A gömbgrafitos öntöttvas grafit szerkezetének csoportosítása: a) a szövetszerkezetről készült felvétel, b) a csoportok különböző szürke árnyalattal jelölve, c) az analízis végén kapott dendrogram, d) a csoportosított dendrogram a kívül álló objektumokkal

Interjú Réger Mihállyal „Réger Mihály: az élet így hozta...”



Verő Balázs: Akadémiai pályafutásod egyik, mindenképpen kiemelkedő állomására jutva elevenítsük fel szakmai életutad legfontosabb szakaszait!

Réger Mihály: A Miskolci Egyetem Kohómérnöki Karának alakítástechnológiai szakán végeztem 1985-ben. Tanulmányaimat levelező szakon fejeztem be, mert három évvel korábban megházasodtam, és nemsokára megszületett fiam, Ákos. Szakmai munkámat így az egyetemi tanulmányaimmal párhuzamosan kezdtem el. Az első munkahelyem az Acélöntő- és Csőgyár volt, ahol három műszakban öntészként kezdtem el dolgozni. Munkakönyvemben az első bejegyzésként az áll, hogy „kályhás”. Ez lényegében olvasztárt jelentett. Ez a nagyon tanulságos időszak jó egy évig tartott.

V. B.: Végzettséged szerint alakítástechnológus vagy. Nem volt idegen szakmailag az öntészet területe?

R. M.: Az Acélöntő- és Csőgyárban beleláttam a gyakorlati öntészetbe. De ezután a végzettségemhez jobban illeszkedő munkahelyre kerültem, az Irodagépipari és Finommechanikai Vállalat műszaki osztályára.

Dr. Réger Mihály okl. kohómérnököt, a Magyar Tudományos Akadémia doktorát, az Óbudai Egyetem egyetemi tanárát 2016. július 15-én nevezték ki az Óbudai Egyetem rektorává. Az akadémiai pályafutásának csúcspontját jelentő esemény kapcsán kért interjút a BKL Kohászat szerkesztősége dr. Réger Mihálytól. A riportra 2016. november 13-án került sor. Az interjút a szerkesztőség megbízásából dr. Verő Balázs készítette, helyszíne pedig az a Széphalom utcai villaépület volt, ahol Sopronból való elköltözésétől egészen 1985-ben bekövetkezett haláláig dr. Verő József professzor is élt és alkotott. A tegeződve lezajlott beszélgetést így át- meg áthatotta a hely szelleme, a genius loci.

A vállalat termékválasztékának megfelelően számos kisebb-nagyobb alkatrész hőkezelési technológiájának részleteit ismertem meg ebben az időszakban.

V. B.: Szavaidból úgy érzem, hogy – bár sok tapasztalattal gazdagodtál – mégsem elégitett ki az ott végzett munka.

R. M.: Valóban nem. Ez időben kerestek meg a csepeli Anyagvizsgáló és Gépipari Minőségellenőrző Intézettől (AGMI), ahol akkor szervezték meg az intézet kutatási osztályát, fiatal szakembereket kerestek. Kutatási tapasztalatom még nem volt, de mindig is vonzott a kutatási pálya, a kutatói munka.

V. B.: Honnan ered a kutatói pálya iránti vonzalom? Talán szüleidtől?

R. M.: Azt gondolom, hogy ez valamikor a gimnáziumi években alakulhatott ki. A fizika és kémia szertár egész hétvégén nyitva állt, tanári felügyelet alatt érdekes kísérleteket végezhattunk.

V. B.: Milyen feladatokkal bíztak meg új munkahelyeden?

R. M.: A '85-'89-es években a Csepeli Acélműveknek nagyon sok gyáregysége még üzemelt, ezeket

végig tudtam járni, megismerkedve az alkalmazott technológiákkal. Számos olyan kollégám volt, akitől rengeteget tanulhattam. Itt kell megemlítenem Prosztr Ervin nevét, aki akkor már nyugdíjas tanácsadó volt, de három nagy jelentőségű projektben együtt tudtunk dolgozni. Példaként a méretpontos meleghengerlés témakörét említem, ezzel összefüggésben a hengerállványok merevségének meghatározásával és annak számításával is sokat foglalkoztunk. Nagyon nagyra értékelem Prosztr Ervin szakmai tudását, bár sokan furcsa természetű embernek gondolták őt, emberileg is közel kerültünk egymáshoz. Nagyon emlékeztetések számomra a Somló-hegyi szőlőjében a díófa alatti meghittebb beszélgetéseink is.

V. B.: Úgy tudom, viszonylag hamar új munkahelyet kerestél. Vagy egy másik munkahely kínált vonzóbb lehetőségeket?

R. M.: Békásmegyerről jártam Csepelre, ez komoly időráfordítást jelentett. Ebben az időszakban jött egy megkeresés a Vasipari Kutató Intézettől. Úgy éreztem, hogy a VASKUT munkatársának lenni mindenképpen szakmai előrehaladást szolgálja. Örömmel mentem oda, megtiszteltetésnek éreztem, hogy ebbe a közösségbe kerülhetek. A

VASKUT nagyhírű kutatóhely volt, teljesen megérdemelten. Kapcsolatom a VASKUT-tal korábbi eredetű, hiszen még az egyetemi felvételem előtt ide jártam matematikai előkészítőre, amelyet Gergely Márton, a Fémteni Osztály fiatal kutatója tartott.

V. B.: Végül is mikor lettél VASKUT-as? Szakmai tevékenységedet ott folytattad, ahol Csepelen abbahagytad?

R. M.: 1988-tól dolgoztam a Vasipari Kutató Intézetben. Újabb irányba fordult az érdeklődésem, és némi hezitálás után kristályosodási kérdésekkel kezdtem foglalkozni. Ekkortájt indultak a Dunai Vasműnek az acélok folyamatos öntésével kapcsolatos kutatásai. Ezek első időben nagyrészt a folyamatosan öntött laposbuga jellegzetes hibajelenségeinek – például az ún. csillagrepedéseknek – a vizsgálatára irányultak. Ebből a témából azután a Dunai Vasművel egyre szorosabb és hosszú távú kapcsolat alakult ki. Az acélok folyamatos öntésének témaköre az egész szakmai pályafutásomat végigkíséri.

A kristályosodás elméleti problémáival foglalkozott a Miskolci Egyetemen megvédett PhD-munkám. Ennek témája egy modellanyag, a szukcinonitril nevű átlátszó szerves vegyület kristályosodási folyamatának elemzése, mert a dermedés menete formailag egészen hasonló a fémek szilárd oldatok kristályosodásához. Azt tanulmányoztam lényegében, hogy a kristályosodás folyamatát meghatározó hőtani körülmények – a lehülési sebesség és a hőmérsékleti gradiens – együttesen hogyan szabályozza adott összetétel esetén a szerkezeti jellemzőket, a szekunder dendritágak távolságát, a dendritcsúcs sugarát. A kutatási munkában lényegében az egyik állandósult állapotból a másikba való tranziens átmenet folyamán kialakuló változásokat elemeztem.

V. B.: Hogyan kapcsolódott kutatómunkád a Miskolci Egyetem Fémteni Tanszéken folyó kutatásokhoz, ahol a PhD-munkádat készítettéd?

R. M.: Ebben az időben (és azóta is) a Fémteni Tanszék egyik fő profilját – főleg Roósz András és Gácsi

Zoltán vezetésével – a dermedéssel kapcsolatban végzett kutatások jelentették, így nagyon sok lehetőség volt a kapcsolódásra. A PhD-védésemet követően a kísérleti kristályosító berendezés is Miskolcra került, mert további, elsősorban a gravitációs viszonyok és a kristályosodás kapcsolatát célzó kutatásokhoz is sikerrel lehetett alkalmazni. A berendezéssel készült látványos videofelvételeket én a mai napig használom az oktatásban, mert nagyon szemléletesen mutatják a szerkezet változását a kristályosodás folyamatában.

V. B.: Úgy emlékszem, hogy a kérdéses kristályosítót részben még a VASKUT-ban építették meg. Mondhatnám, hogy a kristályosító egy kézműves remek volt. Honnan ered ez a készséged?

R. M.: Ez valahol biztosan kapcsolódik a gyerekkori építőjátékokhoz is. Nagyon egyszerű eszközökből épült ugyanis fel a kristályosító. Ugyanakkor tényleg voltak benne rafinált részletek, pl. az üveg felületén aranyfüst vezetéken mértük a termisztorok jeleit annak érdekében, hogy az üveg hővezetését ne befolyásolja jelentősen a mérés.

V. B.: Ez a téma a továbbiakban is kutatómunkád súlypontját jelentette?

R. M.: Igen. 1992-ben a Bánki Donát Műszaki Főiskolára kerültem. Heti rendszerességgel tartottunk szakmai konzultációt a Dunai Vasmű szakembereivel, ezeken rengeteget tanultam én is az üzemi problémákról, gyakorlatias megközelítésről, miközben átbeszéltük és értelmeztük a számítások eredményeit. Králik Gyula, Szélig Árpád, Szabó Zoltán, Kelen Tibor, Józsa Róbert, Szabados Ottó és még számos más szakember fordult meg ezeken a megbeszéléseken a témától függően. Nagyon sok háttér munka húzódtott meg az előkészítés folyamatában. A kutatási témám tehát már a '90-es évek elején kialakult, és mintegy 15 év munkájának eredményeit fogalmaztam meg az akadémiai doktori értekezésben.

V. B.: Mikor védted meg az értekezésed téziseit?

R. M.: 2012-ben, de ezt az ese-

ményt még megelőzte a dr. habil. cím megszerzése 2010-ben a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. Az egyetemi tanári címet 2011-ben nyertem el. Fontosnak tartom megemlíteni, hogy szakmai – tudományos eredményeim elérésében fontos szerepet játszottak a hazai és külföldi munkatársak is. Az acélok folyamatos öntésének elméleti és technológiai kérdéseiben szoros együttműködés alakult ki a helsinki Aalto Egyetem Metallurgiai Intézetének szakembereivel. A finn kutatókkal való együttműködés azért is bizonyult nagyon hatékonynak, mert a szerkezeti és saválló acélok folyamatos öntésével kapcsolatos kutatásokat ebben az időszakban a finn tudománypolitika kiemelten támogatta. Segítségükkel EU-s projektben is részt vehettünk. A szakmai kapcsolatok az idők folyamán mind a mai napig tartó baráti kapcsolatokká alakultak. Ez az együttműködés nagyban hozzájárult ahhoz, hogy a folyamatos öntéssel kapcsolatban felmerült kérdésekre a gyakorlatban is hasznosítható válaszokat tudunk és tudunk adni. Az eredmények elsősorban az ISD Dunafer Zrt. két vertikális folyamatos öntőberendezésének gépészeti és technológiai problémáinak feltárásában és azok megoldásában hasznosultak.

V. B.: Visszatérve a Bánki főiskolai karrieredre, melyek voltak ennek főbb állomásai?

R. M.: Az elmúlt 24 év alatt szinte az összes főiskolai, egyetemi pozíciót sikerült betöltenem. Műszaki tanárként kezdtem, és az oktatási feladatok ellátása mellett részt vettem a tananyagfejlesztésekben. Nagy segítség volt, hogy kollégáim, munkahelyi vezetőim – pl. Kisfaludy Antal, Czinege Imre – támogatták a kutatási tevékenységemet. Ekkor alakult ki, illetve fejlődött tovább a Dunai Vasművel a szorosabb szakmai kapcsolat. Heti rendszerességgel jártam le a BAY-ATI-s kollégákkal – elsősorban azonban veled, Balázs – Dunaújvárosba. Sokáig nem is gondoltam arra, hogy vezető beosztásba kerüljek, ilyen szándék nem fogalmazódott meg bennem, az élet hozta ezt a helyzetet. Először Palásti Kovács Béla, az akkor már integrált Buda-

pesti Műszaki Főiskola gépészmérnöki karának vezetője keresett meg, hogy el tudnám-e vállalni a tudományos dékánhelyettesi posztot.

V. B.: Mikor történt mindez?

R. M.: 2005-től egészen 2011-ig ebben a pozícióban dolgoztam, közben az Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet vezetésében is szerepet vállaltam. A pályázati ügyek tartoztak hozzám, továbbá a tudományos rendezvények megszervezése is. Számos kutatási feladat megoldásában is részt vettem, amiből ebben az időben szerencsére még sok futott. Ezek a feladatok nemcsak nekem, hanem a hallgatónak is tanulási, tapasztalatszerzési lehetőséget teremtettek.

Ez a tevékenység egy előre kigondolt forgatókönyv szerint ment volna tovább, be voltam „tervezve” dékánnak a Bánki karra. Amikor már túl voltunk az egyetemre váláson – 2010 után vagyunk –, Rudas Imre rektor úr keresett meg azzal, hogy el tudnám-e vállalni a tudományos rektorhelyettesi posztot. Ez a felkérés is komoly fejtörést okozott nekem. Pár napot kértem Rudas rektor úrtól. Beszéltem kollégáimmal, hogy mit jelentene ez a váltás számukra, nem szerettem volna cserben hagyni sem őket, sem a kart. A beszélgetések, tárgyalások alapján látszott, hogy lesz, aki folytatni tudja. Mind a mai napig alapelvem, hogy ott, ahol teret lehet adni másoknak, hogy feljebb lépjenek, kipróbálhassák magukat, azt érdemes elősegíteni. Amikor elvállaltam a rektorhelyettesi posztot, a kialakult helyzet új lendületet adott a Bánki karon is, úgy is mondhatnánk, hogy a „tárolt” energia felszabadult. Olyan ember került a dékáni székbe Rajnai Zoltán személyében, aki megítélésem szerint többet tud tenni a kar érdekében, mint ami nekem valaha sikerült volna.

Öt évig voltam rektorhelyettes. Rudas Imre után Fodor János kollégámat választotta meg a szenátus rektornak, de a sors úgy hozta, hogy súlyos betegsége következtében 2016 márciusában elhunyt. Én, mint rektorhelyettes, 2015 végétől elláttam a rektori teendőket is, majd beadtam a rektori pályázatomat. Ennek a nehéz időszaknak volt azért egy pozitív eleme. E fél év alatt volt alkalmam

megtapasztalni, hogy milyen erők vannak az egyetemen, hol állnak ezek az erők, és a szereplők el tudnak-e engem fogadni ebben a vezető pozícióban. Ugyanakkor én is fel tudtam mérni, hogy a rám háruló feladatokat megfelelő minőségben el tudom-e látni. E tapasztalatszerzési időszak során határozott érzéssé vált, hogy az egyetemi vezető kollégák, a karok vezetői, a gazdasági-adminisztratív vonal felelősei és a meghatározó munkatársak ki tudtak és ki is akartak állni mellettem. Ha nem így lett volna, akkor biztos, hogy meggondolom a pályázat beadását. Végül egyedüli jelöltként indultam a rektorságerért, és a szenátus 100%-os támogatással fogadta el a pályázatomat.

V. B.: Milyen adottságokkal, képességekkel és tudással kell rendelkeznie annak, aki egy egyetem rektori posztját tölti be? A szakmai vagy a vezetői menedzseri képesség, tudás a meghatározó?

R. M.: Az egyetem szakmai szervezet, így az első számú vezetőnek feltétlenül ismernie kell, át kell látnia összességében az egész oktatási-kutatási folyamatsort. Az első számú vezetőnek megítélésem szerint olyan szakmailag kompetens embernek kell lenni, aki képes a bonyolult emberi helyzetek kezelésére is.

Sokféleképpen lehet vezetni egy egyetemet, láttunk, látunk ezerféle példát. Amit Rudas Imre rektor úr végigcsinált, az egy hősi időszak volt. Levezényelt két hatalmas intézményátalakítást, erős kézzel olyan pályára állította az egész szervezetet, amire korábban senki nem mert gondolni. A szerves növekedés időszakába jutottunk, az egyetem előtt álló feladatok kibontása, kiérlelése van most napirenden. Valós tartalommal kell az egyetem fogalmát kitöltenünk, újra és újra definiálva, hogy milyen is a mi egyetemünk. Ehhez erős kontroll, ugyanakkor egy kicsit megengedőbb vezetési stílus a megfelelő. Több időt és energiát kell hagyni a párbeszédre, kompromisszumokat kell kötni annak érdekében, hogy minden fontos szereplő el tudjon köteleződni a közös célok megvalósítása mellett. Ennek a fejlődési, fejlesztési folyamatnak a koordinálása,

kiegyensúlyozása és támogatása az én alapvető feladatomban.

V. B.: Ebben az új fejlődési szakaszhoz illeszkedő vezetői magatartásban – ahogy te is említetted – fontos szerepe van az emberi helyzetek kezelésének. Feleséged, Júlia hivatása pszichológus, a vele folytatott beszélgetések minden bizonnyal támpontot adnak munkádhoz.

R. M.: Igen, sok új szempont merül fel, ha egy-egy nehezebb helyzetet elmesélek neki. A legtöbbször az a tanulság, hogy a szituációk mindig összetettebbek, sokrétűbbek, mint amilyenek első ránézésre tűnnek.

V. B.: A nemrég bevezetett kancellári rendszer segíteni tudja-e elképzeléseid megvalósulását?

R. M.: A kancellári rendszer már két éve, 2014 novemberétől működik. A törvény szerint a kancellárnak olyan felhatalmazása van, hogy nagyon hatékonyan tudja segíteni az egyetem működését, de szinte meg is tudja akadályozni. Részt vettem a Rektori Konferenciának a kancellári rendszer értékelésével foglalkozó munkacsoportjában. Ez a munka a múlt nyáron folyt le, és javaslatokat fogalmaztunk meg a kancellári rendszer hatékonyságának növelésére, jobbitására. A munkabizottság rövid jelentése három-négy passzusban összegezte az értékelés eredményeit. Ennek remélhetőleg az lesz a következménye, hogy a kancellári hivatás kör finomításra kerül, a kancellár és a rektor közötti viszony kiegyensúlyozottabbá válik.

V. B.: A te elképzeléseiddel ez a változat jobban harmonizálna-e?

R. M.: Igen, természetesen. Itt idéznem kell egyik kollégám lényegre törő megjegyzését, mely szerint nem véletlen, hogy kétfejű sas nem fejlődött ki az evolúció során.

V. B.: Az Óbudai Egyetem részt vesz a duális képzésben?

R. M.: Igen, részt veszünk. Egyetemünk egyik alapértéke a gyakorlatias képzés, a jogelőd intézményeink is ilyen szemléletű oktatást folytattak. A székesfehérvári műszaki karunkon indítottuk el először 2015-

ben, e tanévtől már a budapesti karok is becsatlakoztak a duális képzéshez, már több mint száz vállalattal együttműködünk.

V. B.: Beszélgettünk az egyetem három szintű missziójáról. A te tevékenységében hogyan jelenik meg a harmadik elem, a társadalomnak nyújtott szolgáltatás, vagy talán pontosabban szolgálat? Itt konkrétan szakmai egyesületünkre gondolkodok.

R. M.: Én az egyetemi éveim alatt nem lettem tagja az egyesületnek, talán azért, mert levelező hallgatóként kaptam diplomát. Csak nagyon áttételesen vettem részt az egyesületi életben. Valamikor a '90-es években fogalmazódott meg az egyesület vezetőségében a budapesti helyi szervezet létrehozásának gondolata, a vaskohászati szakosztályon belül. Az elnöki szerepet Csirikusz Józsefnek szánták, és engem gondoltak a titkárnak. Próbáltuk közösen kitapogatni az erővonalakat és lehetőségeket, és az elmúlt 17 év azt bizonyította, hogy nagyon jól tudunk együttműködni. Jóska továbbra is támogatja a vezetőség munkáját, de a mostani ciklusban az elnöki teendőket én, a titkári feladatokat Halász Erzsébet kolléganőm látja el. Nem túl sok, de minőségi programot igyekszünk szer-

vezni. Minden évben van két-három nagyobb rendezvényünk (kirándulás, szakestély, szakmai nap), illetve havonta egy beszélgetős délutánt is rendezünk. A budapesti helyi szervezetnek amúgy bőven van gondja, elsősorban a vaskohász utánpótlás hiánya miatt. A taglétszám kezdetben 140 fő volt, most már 100 alá kerülünk, és ennek a létszámnak is csak kb. az egynegyedét teszik ki a 70 év alattiak.

V. B.: A selmeci hagyományokból mit sikerült beépíteni az Óbudai Egyetem életébe? A budapesti helyi szervezetben végzett munkád kapcsolódik-e valamilyen módon az egyetemhez?

R. M.: Amikor én a főiskolára kerültem, már kezdett szerveződni egy hagyományörző diákkör, tőlem függetlenül. A gépészmérnöki karon elindult a szakestélyek szervezése és mindazoknak az értékeknek a képviselése, amelyek a selmeci hagyományokhoz kapcsolódnak. Mikor kiderült, hogy Miskolcon végeztem, a feladatokat is meghatározták a hallgatók, tanítsam, illetve a kollégákkal együtt tanítsuk meg őket énekelni. Természetesen elsősorban a szakestélyeket megelőző napokban. Amúgy a hagyományörző hallgatói csoport nagyon aktív és önjáró. Saját rend-

szerükben éltetik tovább a bányász-kohász-erdész hagyományokat, és szoros kapcsolatot építettek ki a soproni és miskolci egyetem hallgatói önkormányzatával. A selmeci hagyományok ápolása terén nagyot lépett előre az egyetem azzal is, hogy a Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Karának oktatói és hallgatói két éve immár a székesfehérvári műszaki karunkat erősítik.

V. B.: Mit jelentenek neked személy szerint a selmeci hagyományok, a selmeci örökség?

R. M.: Az összetartozás érzését elsősorban. Az életútától, a beosztástól teljesen független azonos értékrendet, amely egyfajta, mással össze nem mérhető hangulatú, közvetlen kommunikációt tesz lehetővé. Együttérzés és bajtársiasság, ez más szakmákra nem mindig jellemző.

V. B.: Még egyszer gratulálok az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület minden tagja nevében rektori kinevezésedhez, és szívből kívánjuk, hogy terveid az élet minden területén megvalósuljanak. Köszönöm az interjút, és hadd búcsúzzak az ide is illő hagyományos köszöntéssel:

Jó szerencsét!

A Miskolci Egyetem hírei

• A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának hat oktatója és 36 öntészet szakirányos hallgatója októberben részt vett a brnoi MSV Nemzetközi Gépipari Vásár részeként rendezett FOND-EX Nemzetközi Öntészeti Kiállítás és Vásáron (1. kép). A korábbi évekhez hasonlóan a tanulmányút színvonalas hazai és külföldi szakmai program részeként valósult meg. A tanulmányút során lehetőség nyílt a brnoi Műszaki Múzeum meglátogatására is. Magyarországon a NEMAK Győr Alumíniumöntőde Kft. és a Busch-Hungária Kft. fogadta a cso-



■ 1. kép. Az egyetem csoportja a FOND-EX Nemzetközi Öntészeti Kiállításán

portot üzemlátogatás keretében. A résztvevők ezúton is köszönik a duális partnervállalatok, a Nándori Gyula Alapítvány és a BD-Expo Kft. támogatását, akiknek segítségével a tanulmányút megvalósulhatott.

• 2016. november 17–18. között Járműmérnöki és Járműipari Konferenciát rendezett a Miskolci Egyetem. A konferencia célul tűzte ki, hogy mind a járműmérnöki oktatás, mind a kutatás és gyártás területén össze-

kapcsolja az egyetemi oktatókat, kutatókat és hallgatókat, valamint az ipari szakembereket, kutatókat, fejlesztőket és gyártókat. A rendezvény két napja alatt mintegy 60 előadás hangzott el. Az eseményre elsősorban magyar résztvevők jelentek meg, de voltak külföldiek is, akik nemzetközi vállalatokat képviseltek.

• A Műszaki Anyagtudo-



■ 2. kép. Az egyetemi nyílt nap résztvevői

Szint	Szak	Szakirány	Végzettek száma
MSc	kohómérnök	hőkezelés és képlékenyalakítás	7
		energetika	1
	anyagmérnök	polimermérnök	10
		vegyipari technológia	3
MSc	kohómérnök	energetika	1
BSc	anyagmérnök	öntészet	2
		képlékenyalakítás	2
		hőkezelés	4
		polimertechnológia	9
		vegyipari technológia	3
		szilikástechnológia	2
		járműipari öntész	10
öntészet	6		

mányi Kar Tudományos Diákköri Tanácsa 2016. november 17-én kari konferenciával zárta le a 2016. évi TDK-időszakot. Idén öt szekcióban (Anyagtudomány I-II., Anyagtechnológia I-II., Energetika és környezetvédelem) összesen 28 dolgozat született. Öt-öt dolgozat I., illetve II. díjat, négy pedig III. díjat kapott, továbbá előadói díjban öt hallgató részesült. Három kiemelkedő TDK-munkát végző oktató is jutalmat kapott. A hallgatók jutalmazására összesen 405 000 Ft-ot fordítottak.

• 2016. december 1-jén és 2-án újra Nyílt Napokkal hirdette képzéseit a Miskolci Egyetem (2. kép), mintegy 2 000 középiskolás diákot látott vendégül az Alma Materünk. Immár hagyomány, hogy duális képzésben résztvevő partnervállalataink egy részével közösen fogadjuk a diákokat, ezzel is jelezve, hogy a miskolci diplomának értéke, rangja van a munkaerőpiacon. A rendezvényen közel 30 vállalat vett részt, melyek nagy része a Műszaki Anyagtudományi Kar duális partnervállalata. A programban dékáni információs előadások, laborlátogatások, látványos kísérletek, nyitott tanóra-látogatások szerepeltek, valamint mindkét napot egy-egy sztárvendég – *ByeAlex* énekes, X-

faktor zsűritag és *Bellus István* humorista – nagy sikerű, teltházas fellépése zárta. A Műszaki Anyagtudományi Kar oktatói, hallgatói – többek között – látványöntésen, homokformázáson, mikroszkópos vizsgálatokon, tüzeléstanai bemutatókon, miniabroncsgyártáson és kémiai kísérleteken toborozta az érdeklődőket. A rendezvényen első- és másodéves duális hallgatóink a saját cégüket képviselve vettek részt, és mutattak követendő példát a középiskolásoknak.

• A 2016. december 13–15. között zajlott záróvizsgákon MSc-szinten 24, BSc-szinten 36 hallgatónk sikeresen számot tett tudásáról. A járműipari öntész szakirányon az idén végzett az első évfolyam (I. táblázat).

Gratulálunk a végzetteknek!

• 2016. december 16-án rendezték meg a VII. Anyagtudományi Verseny döntőjét „Krea-team – avagy varázslatos kísérletek hétköznapi eszközökkel” címmel a Miskolci Egyetem XXXIV. előadójában (3-4. kép). A 2–5 fős középiskolás csapatok számára 2016-ban kiírt vetélkedő az Anyagtudományi Verseny történetének talán legszínvonalasabb döntőjét hozta, a zsűri nagyon érdekes és jól felépített előadásokat láthatott. Az előző évekhez hasonlóan az ország számos

középiskolájából érkeztek csapatok: miskolci iskolák mellett veszprémi és sárvári diákok is ellátogattak egyetemünkre. A versenyt a miskolci Bláthy Ottó Villamosipari Szakgimnázium csapata nyerte meg a szintén miskolci Földes Ferenc Gimnázium csapata, valamint a veszprémi Ipari Szakgimnázium és Gimnázium diákjai előtt. A verseny főtámogatója a Takata Safety Systems Hungary Kft. volt, a verseny állandó támogatója pedig a NEMAK Győr Alumínium-öntőde Kft. Támogatásukat ezúton is köszönik a szervezők.

• Az Európai Unió Európai Strukturális és Beruházási Alapok támogatásával a Széchenyi 2020 programban az ARCONIC-Kőfém Kft. vezette konzorcium az „Új, piacképes hengerelt alumínium termékek technológiájának fejlesztése, az anyagtudomány eredményei alapján a piacvezető hazai iparvállalat, az ARCONIC-Kőfém Kft. és kiemelkedő hazai felsőoktatási K+F intézmények együttműködésében” címmel fejlesztési pályázatot nyert el.

A projekt rövid címe ALUFORM, azonosító száma GINOP-2.2.1-15-2016-00018.

A megvalósítás összes költségke-rete 1.612,8 millió forint, amiből a támogatás 978 millió forint.

A projekt futamideje 39 hónap (2016. 09. 01. – 2019. 11. 30.)

A konzorcium tagjai a vezető ARCONIC-Kőfém Kft. mellett a Miskolci Egyetem, a Széchenyi Egyetem és a Dunaújvárosi Egyetem.

✍ **Harcsik Béla**



■ 3-4. kép. Képek az Anyagtudományi Versenyről

Szent Borbála-napi országos központi ünnepség

2016. december 2-án rendezték meg a Szent Borbála-napi országos központi ünnepséget a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet dísztermében, 200 hazai szakember részvételével.

Az ünnepség elnökségében helyet foglalt *dr. Fancsik Tamás*, a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet igazgatója, *Zelei Gábor*, a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal elnökhelyettese, *Szakál Tamás*, a Magyar Bányászati Szövetség elnöke, *dr. Aradszki András*, a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium államtitkára, *dr. Zoltay Ákos*, a Magyar Bányászati Szövetség főtitkára, *dr. Fónagy János*, a

Nemzeti Fejlesztési Minisztérium államtitkára, *dr. Nagy Lajos*, az OMBKE elnöke, *Rabi Ferenc*, a Bánya-, Energia- és Ipari Dolgozók Szakszervezetének elnöke, *dr. Szűcs Péter*, a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar dékánja.

Az ünnepi beszédet *dr. Aradszki András* államtitkár tartotta. A bányászok nevében *Szakál Tamás*, az MBSZ elnöke köszöntötte a megjelenteket. Beszédében összefoglalta a szakma jelenlegi helyzetét és a megoldandó feladatokat.

Az ünnepségen kitüntetések adtak át. Az OMBKE felterjesztésében

a lelkiismeretes bányászattal kapcsolatos tevékenységért három bányász, a lelkiismeretes kohászattal kapcsolatos tevékenységért négy kohász tagtársunk Szent Borbála-érem kitüntést kapott, egy kohómérnök Miniszteri Elismerő Oklevelet vehetett át.

A kohász kitüntetettek szakmai életrajzát a következőkben közöljük.

Az ünnepségen fellépett *Mészáros János Elek* magánénekes.

Az ünnepség zárásaként tartott állófogadáson *dr. Nagy Lajos* mondott pohárköszöntőt.

Az ünnepség a bányász- és a kohászhimnusz eléneklésével zárult.

Szent Borbála-érem kitüntetésben részesült kohász egyesületi tagok

Dr. Fegyverneki György okl. kohómérnök (2001), PhD (2007), címzetes egyetemi docens (2010). A NEMAK Győr Alumíniumöntöde Kft. Termék- és folyamatmérnökség osztályvezetője, a ME-MAK Öntészeti Intézet, Könnyűfém-öntészeti Kihelyezett (NEMAK) Intézeti Tanszék vezetője.

Dr. Jónás Pál okl. kohómérnök

(1963), az 1965-ben alakult NME Öntészeti Tanszék alapító tagja, 1978–2000 között tanszékvezető-helyettes. Kutatási területe a könnyűfém-olvasztás és gravitációs öntés, formázóanyagok és a nagy szilárdságú öntöttvasak tulajdonságainak vizsgálata.

Józsa Róbert okl. kohómérnök (1981), 2008-tól az ISD Dunaferri

Technológiai Igazgatóságán főosztályvezető, technológiai vezető mérnök, majd technológiai igazgató.

Penk Márton okl. kohómérnök (1975, Moszkvai Kohászati Egyetem). A Martin Metals Kft.-t 2003-ban alapította meg, ami a fémhulladék- és félgyártmány-kereskedelem nemzetközileg is elismert társaságává vált. Jelenleg ennek ügyvezető igazgatója.

Miniszteri Elismerő Oklevelet kapott

Boross Péter Zoltán okl. kohómérnök (1975), a Dunaferri Lőrinci Henger-

műben dolgozott különböző vezető beosztásokban, jelenleg a Flansch-Tech

Kohászati Termék és Szerelvénykereskedelmi Kft. üzemfenntartási vezetője.

Szent Borbála-szobor-szentelés

2016. december 4-én a Gellért-hegyi sziklatemplomban közel 200 fő részvételével került sor a Borbála-napi ökumenikus istentiszteletre.

A főcelebráns *Bíró László* püspök, katonai ordinárius, az igehirdető *dr. Fabiny Tamás* evangélikus püspök volt.

Egyesületünk kezdeményezésére

és tagjaink adományából Szent Borbála-szobor készült annak emlékére, hogy idén 25. alkalommal tartottunk Szent Borbála-istentiszteletet a sziklatemplomban. A szobrot a szertartás során *Bíró László* püspök szentelte fel.

A színes kerámiaszobor alkotója

Petrás Mária csángó keramikumművész volt. A arany és bordó színekben pompázó terrakotta szobor Szent Borbálát ábrázolja az attribútumokkal. A szobor a sziklatemplomban méltó helyre került, az egyik oldalfülkében – szinte bányabeli körülmények között – fogadja a híveket.

A Borbála-ünnepségről és az istentiszteletről készült képek a hátsó borítón láthatók.

Nyersanyagforrások hasznosítása a kelet-közép- és délkelet-európai országokban

A budapesti OPMR 2016 és a 5th ESEE DIALOGUE nemzetközi konferenciák margójára

A Budapesten 2016. november 28–30-án megtartott OPMR (Opportunities in Processing of Metal Resources, Fémek és fémtartalmú nyersanyagok hasznosítása és feldolgozása) konferencia és e háromnapos rendezvényhez kapcsolódóan megszervezett 5. uniós projekt-előkészítő eszmecserék (5th ESEE DIALOGUE) Magyarországon is ismét ráirányították a szakmai érdekeltek figyelmét a nem energia célú felhasználásra kitermelhető és felhasználható nyersanyagforrásaink jelentőségére Európának ebben a felzárkózásra hivatott kelet-közép- és délkelet-európai ESEE (East and South East Europe) régiójában.

A szóban forgó szilárd nyersanyagok (ércetek és egyéb ásványi nyersanyagok) elsődleges forrásokból történő kitermelésében Európa a világtermelésnek csak pár százalékát adja, s ebből az ESEE-országok százalékos részesedése sem kiugró. Ugyanakkor e régióknak a fejlődő gazdaságai önmaguk is, és az Unió egésze is, kiemelten fontosnak tartja a saját nyersanyagforrásokkal gazdálkodás bővülését. Emellett az ESEE-regióban korábban folytatott bányászati-kohászati tevékenységek utóhatásainak (felhagyott bányák, meddőhányók, salakhányók) kezelése, illetve másodnyersanyag-forrásokként való újraértékelése is számos lehetőséget kínál az ipari kutatóintézeteknek, a szakterületen a felsőfokú oktatásban és kutatásban érdekelt egyetemeknek, és egyáltalán nem utolsósorban a piaci (beruházók, kitermelők, feldolgozó üzemek) szereplőinek.

Az említett két budapesti rendezvény közül az OPMR 2016 konferencia megszervezésében a Miskolci Egyetem már a kezdetektől fontos szerepet vállalt, ami talán nem meglepő, hiszen Magyarországon a bányászati-kohászati kutatások és okta-

tás központja Miskolcon van, és ennek a Miskolci Egyetem ad otthont. A Miskolci Egyetemmel kiváló szakmai és partneri viszonyban lévő Leobeni Egyetem (Montanuniversität Leoben) pedig az osztrák metallurgiai egyesülettel (ASMET) együttműködve végezte el a technikai lebonyolítási feladatok nagy részét, bevonva a szakmai programokba a budapesti székhelyű Európai Innovációs és Technológiai Intézet (eit) nyersanyagokkal (Raw Materials) foglalkozó részlegét.

A háromnapos rendezvényt osztrák részről *dr. Jürgen Antrekowitsch* nyitotta meg, a plenáris előadások között pedig Magyarországról *dr. Kékesi Tamás* professzor, a Miskolci Egyetem Metallurgiai Intézetének igazgatója számolt be az intézetben végzett kloridos hidroelektro-metallurgiai fémkinyerési és ioncserés membrán-szeparációs tisztanyag-visszanyerési kutatások eredményeiről.

Az OPMR 2016 konferencia a plenáris előadások után két párhuzamos, egy előkészítés-technikai és egy metallurgiai szekcióban folytatódott, ahol összesen mintegy negyven tudományos előadás hangzott el. A konferencián elhangzott előadások szerkesztett dokumentumai elektronikus hordozón rögzített formában a résztvevőkön keresztül hozzáférhetőek.

E két szorosan kapcsolódó szakterület magyarországi képviselői számára is érdeklődésre számot tartó előadások közül külön említést érdemel, hogy többen foglalkoztak az alumíniumipari nyersanyagok és hulladékanyagok (bauxitok, vörösiszapok, alumíniumkohászati hulladékok) értékes és potenciálisan még kinyerhető összetevőivel, közöttük néhány kritikus elemet is említve és értékelve.

Az elektromos és elektronikai hulladékok (WEEE) témaköre is több előadásban szerepelt. Az osztrák ISL Kopacek KG kisvállalkozás vezetője,

dr. Bernd Kopacek például olyan konténeres fémvisszanyerő kisüzem(ek) kifejlesztéséről számolt be, melyekhez uniós forrásokat (HydroWEEE /2009–2012/ és HydroWEEE Demo /2012–2016/) is felhasználva, elsődlegesen használt fényforrásokból, katód sugárcsöves és folyadékkristályos készülékekből, továbbá nyomtatott áramköri panelekből igyekeztek legalább 95%-os tisztaságban fémeket (Y, In, Li, Co, Zn, Cu, Au, Ag, Ni, Pb, Sn stb.) kinyerni. A Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karán a közelmúltban lezárt CriticEl projektben ugyancsak elektronikai hulladékok feldolgozására irányulóan folytak kutatások, melyek eredményeiről *dr. Bokányi Ljudmilla* intézeti tanszékvezető számolt be, két konkrét példát, a nikkelfémhidrid (NiMH) használt akkumulátorok és folyadékkristályos képernyők (LCD) mechanikai feltárását vizes oldatos kioldósos/precipitációs műveletekkel kombináló újonnan kidolgozott eljárásait ismertette.

A kohászati-fémipari olajos iszapos fémtartalmú hulladékok egyfajta újszerű, vákuum desztillációs feldolgozási eljárását ismertette *Filipe Costa*, a németországi Destimet Green Services GmbH (Bitterfeld-Wolfen) ügyvezetője. Az elektromos ívkemencés acélgépjáratnál keletkező nagy mennyiségű poros hulladékok (EAF dust) cinktartalmának dúsítására Európában széleskörűen elterjedt Waelz-eljárással több előadás is foglalkozott, s az egyetemi kutatócsoportok beszámolóit (például a Leobeni Egyetemről) mellett a módosított Waelz-eljárást (SDHL Waelz) alkalmazó Befesa cégcsoport képviselőiben *Andreas Ruh* az SDHL Waelz-eljárás részleteibe is betekintést engedett.

A konverteres acélgépjárat salakjából történő fémvisszanyerés karbo-

dr. Patrick Wollants (KU Leuven, Belgium) kutatócsoportjának kutatói, s legfrissebb eredményeiket *Muxing Guo* ismertette. A laboratóriumi kísérletekben igyekeztek olyan redukációs körülményeket fenntartani, melyek révén a redukált vas foszfortartalma sem lett túlságosan magas.

A fentebb ismertetett, s inkább csak metallurgiai jellegű szemelvé-

nyekkel természetesen nem lehetett célunk a konferencia teljes keresztmetszetének tematikus leírása, hiszen az előkészítés-technikai előadásokból alig emeltünk ki néhányat. Mégis, remélve, hogy a szakterület iránt érdeklődők figyelmét ennyivel is sikerült ráirányítani a fémtartalmú elsődleges és a másodlagos nyersanyagok újszerű és hatékonyabb felhasználá-

sának fontosságára. Ezúton is szeretnénk mindenkit abba az irányba mozgósítani, hogy az Európai Unió nyersanyag-hasznosítási támogatási programjait (EIT Raw Materials, KIC Raw Materials, KAVA) kísérjék figyelemmel, hogy ezáltal is hatékonyabban bekapcsolódhassunk az ilyen irányú összeurópai kutatás-fejlesztési és innovációs ipari fejlesztésekbe.

30 éve összetart a Fémkohászati Szótárszerkesztő Bizottság, 25 éve együtt látogatják hazánk nevezetességeit

Az OMBKE Fémkohászati Szótárszerkesztő Bizottsága 1987-ben alakult meg. Ötévi együtt dolgozás után 1992-ben jelent meg az ötnyelvű (magyar, angol, francia, német, orosz) Fémkohászati Értelmező Kéziszótár (Akadémiai Kiadó, Budapest).

A könyv főszerkesztője dr. Hatala Pál, társszerkesztője Molnár István.

Szerkesztők: dr. Bakó Károly, dr. Baksa György, Bross Sándorné, Dekovics András, dr. Dömölki Ferenc, Hajnal János, Horváth Csaba, dr. Imre József, Mayer János, dr. Mihalik Árpád, dr. Mórocz Miklós, Stark Bertalan, dr. Szűcs István, dr. Tranta Ferenc.

A szerkesztőbizottság tagjai az elvégzett munkáért az Akadémia Könyvkiadótól kapott díjazást nem osztották szét, hanem megegyeztek, hogy egy „hosszú” hétvége költségeinek fedezésére fordítják azt. A megszervezett háromnapos (feleségestől/férjestől) szakmai kirándulás 1992 áprilisában hova máshova tarthatott, mint Selmezbányára. A maradék pénzből még 1992 őszén tartottak egy másik hosszú hétvége közös kirándulást Baján és környékén. A tiszteletdíj összege ezzel el is fogyott, de a csapat tagjainak „egy húron pendülése”, a kirándulások kiváló hangulata értékeléseként a szótárbi-

zottság tagjai eldöntötték, hogy a hosszú hétvéges kirándulást – saját költségükön – 1993-ban is megismétlik. És így is történt, az *1. táblázatban* látható évek alatt is. Ekkortól már csak hazánk nevezetességeit látogatták meg.

A magyar anyagtudomány és kohászat fenti, elismert szakemberei a szakkifejezések korszerű értelmezésére, megőrzésére, a gazdaság fejlődéséből, valamint a nemzetközi munkamegosztás szabaddá válásából adódó igények kielégítésére 2000-ben internetes Kohászati Értelmező Szótár összeállítását határozták el. A feladat elvégzésére az

1. táblázat. Kirándulások 1993–2004 között

	Dátum	Helyszín
1.	1993. 04. 9–10.	SELMECBÁNYA
2.	1993. 10. 15–16.	BAJA és környéke
3.	1994. 09. 9–11.	SZENTENDRE–Leányfalu–Nagybörzsöny–Királyháza–Szécsény–Szirák–Erdőtarcsa–Hollókó
4.	1995. 09. 8–10.	LAKITELEK–Töserdő–Kiskunfélegyháza–Ópusztaszer–Csongrád–Bugacpuszta
5.	1996. 09. 13–15.	SOLT–Harta–Dunapataj–Kalocsa–Kiskunhalas–Hajós–Dunaegyháza–Apostag–Dunavecse–Szalkszentmárton–Dömsöd–Ráckeve–Kiskunlacháza–Izsák
6.	1997. 10. 3–5.	TALIÁNDÖRÖGD–Bakonyi Kerekerdő–Somlóhegy–Hévíz–Balatonyörök
7.	1998. 08. 20–23.	MÁRIAPÓCS–Nyírbátor–Mátészalka–Kocsord–Győrtelek–Cégénydányád–Zsarolya–Nagyszekeres–Kisszekeres–Vámosoroszi–Penyige–Fehérgyarmat–Vásárosnamény–Tarpa–Gulács–Tivadar–Kisar–Nagyar–Szatmárcseke–a Tisza és a Túr találkozási pontja–Tiszakóród–Tiszacsécse–Túristvándi–Vámosatya–Gelénes–Csaroda–Tákos
8.	1999. 08. 20–23.	IGAL–Balatonendréd–Pusztaszemes–Somogyfajs–Pusztakovácsi–Buzsák–Nikla–Lengyeltóti–Kistatárvár–Somogyvámos–Krisnavölgy–Somogyvár–Kaposvár
9.	2000. 09. 22–24.	ÚJPETRE–GERÉCPUSZTA–Dunaszekcső–Mohács–Sátorhely–Villány–Palkonya–Nagyharsány–Kásád–Siklós–Máriagyűd–Harkányfürdő–Pécsvárad–Zengővárkony–Mecseknádasd
10.	2001. 09. 28–30	DOBOGÓKŐ–Visegrád–Esztergom–Vértes–Dunaszentmiklós–Budapest
11.	2002. 09. 20–22.	JÓSVAFŐ–Aggtelek
12.	2003. 09. 19–21.	VELEM–NOVÁKFALVA–Kőszeg–Bükfürdő–Bozsok–Ják–Szombathely–Kámon–Rábahidvég
13.	2004. 11. 08–10.	OROSHÁZA–GYOPÁROSFÜRDŐ–Kardoskút–Mezőhegyes–Gyula–Szarvas

	Dátum	Helyszín
14.	2005. 09. 30–10. 02.	PÁLHÁZA–KŐKAPU–Sátoraljaújhely–Széphalom–Sárospatak
15.	2006. 09. 29–10. 01.	BALATONGYÖRÖK–Szigliget
16.	2007. 08. 31–09. 02.	BOLDOGKŐVÁRALJA–Monok–Bodrogkeresztúr–Tokaj–Mád–Tálya
17.	2008. 09. 19–21.	ŐRSÉG–ŐRIMAGYAROSD–Pankasz–Őriszentpéter–Szalafő–Pityerszer–Magyarszombatfa–Velemér–Hegyhátsál–Dobronok–átugrás Szlovéniába
18.	2009. 09. 04–06.	TISZA-TÓ–ÖRVÉNYES–TISZAFÜRED
19.	2010. 09. 24–26.	BIKÁCS–Vajta–Felsőrácegres–Simontornya–Dég–Ozora
20.	2011. 09. 29–10. 01.	RÁCKEVE–Tass–Rácalmás–Ráckeve–Szigetcsép
21.	2012. 09. 28–30.	PARÁDSASVÁR–Kékestető–Fallóskút–Tar–Recsk
22.	2013. 09. 27–29.	PANNONHALMA és környéke
23.	2014. 09. 12–14.	ERDŐTARCSA–Mohora–Erdőkürtös–Vanyarc, Haluska fesztivál
24.	2015. 10. 02–04.	DEBRECEN
25.	2016. 09. 30–10. 02.	GÖDÖLLŐ és Máriabesnyő


OMBKE egyetértése mellett ismét szerkesztőbizottságot alapítottak, melyhez a korábbi bizottság tagjaihoz a következő szakértőket kérték fel: Buzgó Béla, Dr. Czekkel János, Sztvovecz Judit, dr. Lengyel Károly, dr. Szabó Richárd, Győri Mária, dr. Hári László.

A kiegészült szerkesztőbizottság tagjai 2004-re elkészítették a kohászati és járulékos szakmaterületek – öntészet, vaskohászat, fémkohászat, az ezekhez kapcsolódó környezetvédelem, minőségbiztosítás, szabályozástechnika stb. – legfontosabbnak ítélt, mintegy 11.000 címszót tartalmazó, négynyelvű, interneten szabadon elérhető értelmező szótárát. Az inter-

netes szótár elkészítése az Európai Unió Leonardo da Vinci programja pályázatának megnyerése (pályázó volt: Ba.Co Bt.; informatika: Profi-Média Kft.) után vált lehetővé.

A hosszú hétvégés kirándulások

(amiket mi magunk között csak Szakmai Napoknak nevezünk, és már 25 éve a főszerkesztő tervezi és szervezi meg), a bizottság tagjainak meglepedésére – természetesen máig nem maradtak abba, sőt, kiegészültek az új szerkesztőbizottsági tagok részvételével is (2. táblázat).

Az értelmező szótár 2007-ben hétnyelvűre bővült (angol, német, magyar, svéd, lengyel, olasz és cseh). A szótár szabad felhasználású, díjmentesen használható az egész világ számára (<http://www.metalingua.com>) a TP Technoplus Kft. és a Magyar Öntészeti Szövetség gondozásában. 



■ 1. kép. A szótárszerkesztő bizottság a gödöllői kiránduláson 2016-ban

Az Öntészettörténeti és múzeumi szakcsoport 2016. évi beszámolója

Az Öntödei Múzeum szakmatörténeti kutatásainak megalapítása óta támogatója az Öntészettörténeti és múzeumi szakcsoport. 2016-ban is a nagy öntő elődök életművének és egykori neves öntödék történetének bemutatását tartottuk elsődleges célnak. Összejöveteleink rendszerint az Öntödei Múzeumban zajlanak.

Február elején a „150 éves a Bethesda kórház” kiállítást tekintettük meg a Stefánia Palotában, a rendező, *Millisits Máté* művészettörténész vezetésével. A diakonissza kórházat

a Pesti Református Egyházközség Németajkú Leányegyháza alapította.

Február 17-én a XIV–XIX. századi magyar arany- és ezüstkohászat történetét foglalta össze *Káplánné Juhász Márta* okl. kohómérnök.

Márciusban a magyar szivattyúgyártás kiváló hazai szakértője, *Józsa István* gépészmérnök tartott vetített képes előadást a bonyolult alakú, nyomástömör öntvényekről, az iparág még látható, ill. megőrzött relikviáiról.

Májusban „Harangrekvirálások Eger környékén az I. világháború alatt”

címmel *Kerékgyártó József* harangkutató tartott beszámolót kutatásairól.

Júniusban *Fogarasi Béla* okl. kohómérnök, az apci Qualital nyugalmazott főmérnöke a cégalapító, *Solti Márton* okl. fémkohómérnök életéről és az üzem kezdeti éveiről emlékezett meg. A másik előadó *dr. Pilissy Lajos* tiszteleti tagunk volt, aki a 250. éve született *Born Ignác* bányász-kohász, mineralógus, természettudós jelentőségéről beszélt.

Október 5-én *Gavlik István*, a Kosuth Szövetség örökös, tiszteletbeli

elnöke kezdeményezésére az 1848/49-hez kötődő múzeumi tárgyak (Gábor Áron-féle ágyúmásolat, az aradi 13 mártír tábornok tiszteletére készített dobormű, valamint a Honvédseregnek ágyút öntő Ganz Ábrahám és Gábor Áron mellszobrai) megismertetésére ünnepi megemlékezést szerveztünk Szabó László nyugdíjas muzeológus segítségével. Ünnepi beszédet Karancz



■ 1. kép. Cserháti László Széchenyi-gyűjteményét is kiállította



■ 2. kép. Patyi bácsi fia, Pattantyús Tamás mesél édesapjáról

Ernő szakcsoportelnök és Gavlik István mondott, majd Gábor Áron szobra előtt gyertyagyújtással és koszorúzással hajtottunk fejet mártírjainkra emlékezve.

Október végén Széchenyi István születésének 225. évfordulója alkalmából dr. Cserháti László Gábor, a Széchenyi Társaság alelnöke tartott előadást Széchenyi társadalmi alkotásairól, és saját gyűjteményéből kis kiállítást is prezentált a múzeum előterében (1. kép).

Novemberben az 1848–49-es szabadságharc áldozatául esett Maderspach Károly (1791–1849) kohómérnökre, a ruszkabányai vasművek vezetőjére emlékeztünk (ezúttal az egyesület Mikoviny-termében). Len-

gyelné Kiss Katalin a Selmecebányán végzett képlész híres műszaki alkotásait, az öntöttvas elemekből felépített vonóláncos hidakat és hídterveket ismertette, majd M. Károly ükunokája, Maderspach Kinga, a Maderspach Alapítvány vezetője legújabb kutatásairól számolt be.

A 150 éve született Katona Lajosról (1866–1933), a korszerű acélöntészet megteremtőjéről, szakosztályunk egykori elnökéről Lathwesen László, okl. km., szakcsoporttitkár emlékezett meg, kiemelve híres kohászunk alaposágát, széles látókörét, sokszínű szakmai munkásságát.

Decemberi záróülésünkön a 125 éve született Pattantyús-Ábrahám

Imre okl. kohómérnök, egyetemi tanár életét és munkásságát méltatta a nagy számban megjelent leszármazott jelenlétében Karancz Ernő okl. kohómérnök, öntőszakmérnök, akit „Patyi bácsi” vaskohász professzor még oktatott Miskolcon (2. kép).

Ugyancsak a szakcsoportelnök ismertette az éves beszámolót.

Rendezvényeinken tagtársainkon kívül más szakmai-társadalmi egyesület tagjait is üdvözölhettük, részben nekik is köszönhető, hogy ilyen színvonalas, érdekes témákkal, színes előadásokkal bővíthetett összejeveleink programja.

☞ Karancz Ernő,
Lathwesen László,
L. Kiss Katalin

Emlékeztető az OMBKE 2016. október 6-i választmányi üléséről (kivonat)

Az ülés levezető elnöke, dr. Nagy Lajos OMBKE-elnök megemlékezett az előző választmányi ülés óta elhunyt neves OMBKE-vezetőkről: dr. Bakó Károly aranyokleveles kohómérnökéről, Csicsay Albin gyémántokleveles bányamérnökéről, Götz Tibor gyémántokleveles olajmérnökéről és Pivarcsi László okleveles kohómérnökéről.

Ismertette, hogy a Magyar Érdemrend Lovagkeresztje kitüntetését kapta dr. Csőke Barnabás professor emeritus, a Magyar Ezüst Érdemkereszt Polgári Tagozata kitüntetését kapta Cseh Zoltán, a COLAS-Északkő Kft. ügyvezető igazgatója. A Miskolci

Egyetemen „Pro Universitas” kitüntetésben részesült dr. Nagy Lajos címzetes egyetemi docens.

Tájékoztatott az előző időszak kiemelkedő eseményeiről, amelyek közül a kohászokat is érintő rendezvények az alábbiak voltak:

- az OMBKE 106. küldöttgyűlése;
- a Pribramban megrendezett európai Knappentag;
- a XXIII. Szigetközi Tudományos Szakmai Nap;
- a selmecebányai Szalamander ünnepség;
- a miskolci Fazola-fesztivál.

Kőrösi Tamás főtitkár beszámolt a 106. küldöttgyűlés határozatainak

végrehajtásáról. Felhívta a figyelmet, hogy a közeljövőben megbeszélést célszerű folytatni a diákság vezetőivel a hallgatóknak az egyesületi életbe való integrálásáról. Ezután a következő időszak kiemelt eseményeire hívta fel a figyelmet.

Dr. Gagy-Pálffy András ügyvezető igazgató az OMBKE 2016. első háromnegyed évi pénzügyi helyzetéről adott tájékoztatást.

A választmány döntött a Szent Borbála-kitüntetések adományozásáról.

Dr. Gagy-Pálffy András
jegyzőkönyve alapján
összeállította BT

Dr. Verő Balázs kitüntetése

A Magyar Tudomány Ünnepe rendezvénysorozat megnyitása alkalmából 2016. november 3-án a Magyar Tudományos Akadémia székházának dísztermében tartott megnyitó ünnepségen tudományos kitüntetések adtak át. Az Eötvös József-koszorúval hét, 70 évnél idősebb, az MTA doktora címet elnyert tudóst tüntettek ki. A díjakat Lovász László, az MTA elnöke adta át. **Dr. Verő Balázs György**, egyesületünk tiszteleti tagja az alábbi méltató szöveg kíséretében vehette át a kitüntetést:

A Magyar Tudományos Akadémia Elnöksége kiemelkedő tudományos életműve elismeréseként Eötvös József-koszorúval tüntette ki Verő Balázs Györgyöt, a műszaki tudomány doktorát, a Dunaújvárosi Főiskola Műszaki Intézet Anyagtudományi Tanszék professor emeritusát az acélok tulajdonságainak feltárása, az új, nagy hozzáadott értékkel bíró acélfajták fejlesztése, valamint ipari előállítási technológiájuk elméleti megalapozása és kidolgozása terén végzett kiemelkedő jelentőségű kutatásaiért, továbbá az anyagtudományi oktatás területén elért, a felsőoktatási intézmények által jelenleg is alkalmazott eredményeiért.

Könyvismertetés

Közel húsz éve (1997), hogy az azóta már elhunyt *dr. Dobrossy Istvánnak*, a Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Levéltár igazgatójának baráti biztatására és szakmai segítségével elkezdődött Diósgyőr történetének feldolgozása. A „Tanulmányok Diósgyőr történetéhez” monográfia megírásához a Diósgyőri Kohászat több neves szakembere (*Kiszely Gyula, Marosváry László, Baán István, Porkoláb László, Boros Árpád, Jung János, dr. Kiss László, dr. Sziklavári János, Sélei István*) csatlakozott. Az idők folyamán 22 kötetre bővülő helytörténetből 16 kötet a Diósgyőri Kohászat történelmi eseményeit, technikai és termelési rendszerének fejlődését mutatja be.

A népes gyári szerzői gárdából kiemelkedő szerepet vállalt *Boros Árpád*, a Diósgyőri Kohászat nyugalmazott gazdasági igazgatója, aki gyártörténeti kutatásait, több mint fél-évszázados szolgálata alatt átélt eseményeket, emlékeit és hatalmas dokumentációs tárát hat írott kötetben és négy gyönyörű kivitelű nagy alakú képes albumban összegezte.

A Diósgyőri Kohászat globális vertikumának eseményeit feldolgozó három írásos kötet és a négy képes album az idő sodrában egymásra épül, követve a gyár végső működési szakaszának és beteljesülésének időközbeni eseményeit, közben a múltból is egyre nagyobb kanállal és mélyebbről merít.

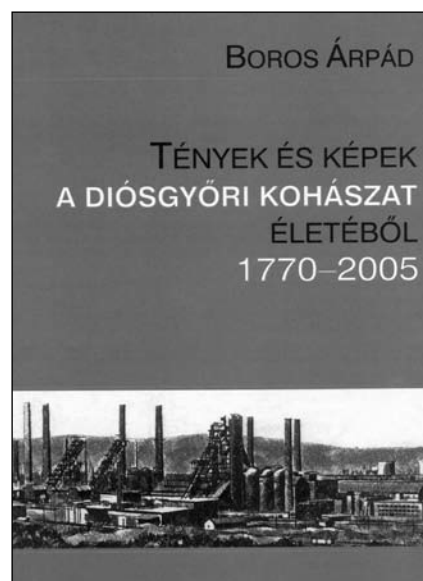
Boros Árpád ez utóbbi könyveiből két kötetet ajándékozott meg. Az első könyv **Tények és képek a diósgyőri kohászat életéből 1770–2005 (1.**

kép) címmel akkor készült, amikor még működött a gyár. Egy rövid történeti áttekintést követően döntően a Diósgyőri Kohászat tevékenységét és a történéseket a '70-es évek végétől taglalja, előbb a Kombinált Acélmű építésének időszakát mutatja be, azt az időszakot, ami a diósgyőri acélgyártás megújulását jelentette, majd részletesen elemzi a '80-as évek második felében felerősödő recessziót, a válságra utaló jeleket s a kilábalásra utaló törekvéseket. Akkor élt még a remény.

A második, **Diósgyőri Kohászat a tevékenységei tükrében 1770–2010** címmel a gyár 2008. évi teljes működési összeomlását követően íródott. Tartalmában eltér az előző kötetől, egy közel egyenlő időarányú teljes életutat mutat be.

Boros Árpád könyvei a címben jelölt, tevékenységek, tények, események mentén íródtak. Nem törekszik a technikák, technológiák mesterségszintű bemutatására (ezt többnyire megtették a monográfiáson belül az adott gyártási fázis kiváló szakemberei), azokat csak leíró jelleggel olyan mértékig ismerteti, mely az adott korban a gyár termelésére, tevékenységére, gazdasági környezetére hatottak. Mindkét könyv utolsó fejezeteiben mintegy száz újságcikk, egyes gyári munkatársak visszaemlékezései, sorsformáló dokumentumok adnak lehetőséget arra, hogy ki-kí a saját lelkiismerete szerint élje át a gyár életútját.

A közelmúltban megjelent **Diósgyőri Vasgyár története képekben**



■ 1. kép



■ 2. kép

1770–2015 (2. kép) szerkesztésében eltérő az előző könyvektől, azoknak kiegészítője. Miután a recesszió, majd a válság mára a Diósgyőri Kohászat felszámolásához vezetett, a Képeskönyv emlékkönyvnek is tekinthető, hiszen a diósgyőri kohászat alapvertikuma, a Kombinált Acélmű és a Nemesacél-hengermű 2008-tól áll, csupán a legoptimistább diósgyőri kohászok reménykednek abban, hogy egyszer még lesz Diósgyőrött kohászat.

Ez a Képeskönyv így egyfajta archívumi anyag, érzelemgazdagon összeállítva. A diósgyőri kohászat történetének kronológiai áttekintése rövid, tömör, csupán 11 oldal, ezt követi a kohászat vezetőinek felsorolása, vezérigazgatóinak arcképcsarnoka.

Majd az archívumból igen jól összeválogatott közel 550 kép, archívumi anyag a gyáralapítástól a felszámolásig történeti sorrendben, technológiánként kerül bemutatásra, az emlékkönyv jellegének megfelelően előtérbe helyezve az embert, a munka becsületét. Miután már nem működő gyárról van szó, a fő hangsúly nem az érzékletes szövegen van (a képek alá írt szövegek frappánsak, utalnak a kép tartalmi lényegére), azok nem vonják el a figyelmet a látvány élményétől. A bemutatott képek rendkívül kifejezőek és beszédesek. Egy kis absztrakcióval résztvevők lehetünk a gyár, az üzemek munkájában, a társasági és sport életében. A 397 oldalas nagyalakú könyv 72 forrásmunkát tüntet fel.

Mindhárom könyv ipartörténetileg

jelentős. A Képeskönyvben azonban a szerző által végzett szisztematikus gyűjtőmunka eredményei és a fél évszázadot meghaladó személyes élményei együttesen képeznek olyan egységet, amelynek eredményeképp a Képeskönyv nem csupán a diósgyőri kohászoknak, hanem a szakma sorsát máshol is nyomon követő szakembereknek is emlékeztető, élvezetes és tanulságos kiadványává válhat.

Köszönet érte a szerzőnek!

Dr. Károly Gyula

A könyvek és a képeskönyvek korlátozott példányban beszerezhetők az Északkelet-Magyarország Ipartörténetének Ápolásáért Alapítványánál (3535 Miskolc, Bartók Béla u. 1.)

A Tiszántúliak Társasága Szakmai Napja Szegeden

A Szakmai Nap megszervezésének két jubileum szolgált alapul. Az OMBKE Fémkohászati Szakosztály Kecskeméti Helyi Szervezete Tiszántúliak Társaságának bázisvállalkozása, a Metalukon Kft. 40 éve alakult meg, amely a jubileum alkalmával kitűzővel lepte meg a résztvevőket, melyet ezúton is szeretnénk megköszönni *Nagy Benkő Mária* tulajdonos cégvezetőnek, és 5 évvel ezelőtt volt az a nagyszerű hódmezővásárhelyi Szakmai Nap, amely szintén Mindszent városában fejeződött be.

A meghívást elfogadó résztvevőket az Alukonstrukt Kft. tanácstermében *Széll Pál*, a Tiszántúliak Társaságának vezetője, a Szakmai Nap szervezője köszöntötte. Ezt követően *Granyák Mihály* társalapító tulajdonos üdvözölte a megjelenteket, majd röviden beszámolt a cégalapításról és az időközben történt tulajdonosi változásról. Az 1993-ban megalapított, 100% magyar tulajdonú cég az egykori szegedi házgyár területén jött létre, felhasználva a meglévő épületeket és infrastruktúrát. A tevékenységük ma az alumíniumszerkezeti és az acélszerkezeti üzemekben fo-

lylik, kiegészítve a szükséges felület-előkészítő és -előkezelő, valamint elektrosztatikus beégetős porszórási technológiai műveletekkel. Az alapítók korábbi tevékenységük során széleskörű hazai és nemzetközi tapasztalatokat szereztek az alumínium nyílászárók, függönyfalak, homlokzatburkolati rendszerek, valamint könnyűszerkezetes épületek, csarnokrendszerek tervezése és gyártása során. Ma acélszerkezetek tervezése, gyártása és helyszíni szerelése, alumínium nyílászárók tervezése, gyártása és szerelése, valamint homlokzatburkolati rendszerek tervezése, gyártása és szerelése folyik. A 130 alkalmazottból 40 statikus- és gépészmérnök végzi a fenti tervezési és

irányítási munkát. A Szegedi Egyetem Mérnöki Kar duális képzésében is részt vesznek, és a szakmunkásképzést is a saját munkaerőszükségletnek megfelelően támogatják. A gyártóüzemeket *Bálint Zoltán*, *Vincze Miklós* és *Patik József* mérnökkollégák vezetésével mutatták be, majd megválaszták a felmerült kérdéseket, bemutatva számos referenciamunkát az Aréna Plaza Budapesttől az Árkád Üzletközpont Pécs, valamint az Audi, Alcan és Samsung iroda és portál épületekig.

A résztvevők ezt követően a Continental AG. szegedi gyárát keresték fel, ahol a világszínvonalú, és egyes termékméreteiben világelső gumiheveder- és tömlőgyártással ismerkedtek meg.

A 40 főre kiegészülő látogatók a gyár tanácstermében általános tájékoztatóval kezdték a programot, amely előtt *Dánfy László* elnök gratulált az 50 éves évfordulához, mivel a termelés Szegeden 1966-ban kezdődött el a Taurus Gumigyár keretei között. *Veres Zsolt* szakoktató és szakképzési referens köszöntötte a PR-terület munkatársnőinek közreműködésével a megjelenteket,



■ 1. kép. A csoport a Continental előtt

majd az 1996-os privatizáció során csak egy napig a Phoenix Csoporthoz tartozó, majd az ugyancsak német Continental AG. tulajdonába került cég fejlődését mutatta be. Ma már a ContiTech Rubber Industrial Kft. név alatt fut a cég. Szegeden 200 féle gumihevedert gyártanak, ezen felül ipari- és kotrótlölköt, olajipari és olajkitermelő tömlőket különböző méretekben. A gyártási alapanyagot saját keverőüzemükben állítják elő. Négypercenként készítenek el egy-egy 550 kg-os adagot. Mintegy 20 000 éves mennyiségben számítógépes vezérléssel készítik a keverékeket, melyeket kalanderezéssel alakítanak felhasználható tömbökké. A heveder- és a tömlőfelszínre felvíve a gumi réteget hőkezeléssel (vulkanizálással) alakítják ki a teherbíró felületeket. A hevedergyártáshoz évente 15 000 t keveréket használnak fel. Szállítószalagokból normál, hőálló, lángálló, olajálló és egyéb speciális felületű hevedereket gyártanak. Érdekességként megemlítették, hogy hazánkban

16 km a leghosszabb szállítópálya, amelyhez hevedert gyártottak.

1989 óta van duális gumiiipari szakmunkásképzésük a gyárban, amely során gumiiipari technikus, ipari gumitermék- és gumikeverék-készítő képzés folyik. Mérnök gyakornok 25 van a gyárban. A részletes szakmai ismertetést követően a látogatókat három csoportba osztva, *Várkonyi Gábor*, *Enying István* és *Csontos Gábor* kollégák segítségével mutatták be a teljesen automatizált keverék-előállítást, a heveder- és tömlő gyártási folyamatokat, a nyomáspróba helyet és a végellenőrzés munkafolyamatait.

Visszatérve a tanácsterembe a felmerült kérdésekre választ kapva zárult a szakmai program.

A szervezők meglepetésként lehetővé tették a híres szegedi Pick szalámi és a szegedi paprika gyártás- és termelésfolyamatát és történetét bemutató múzeum meglátogatását, ahol kóstolóra is sor került. Mindszentre tartva, Mártélyon a Holt-

Tisza-parton kiépült Bodnár Bertalan Oktató Központban pihentek meg a résztvevők, ahol Mártély polgármestere, *Borsos József* és az oktatóközpont munkatársa, *Kulcsár Szabolcs* ismertették a település és a tájvédelmi terület történetét, növény és állatvilágát, valamint a turisztikai látványosságokat. Mindszenten a GYÜMI vendéglőben került sor a napot lezáró vacsorára és *Zsótér Károly* polgármesterrel 50 főre kiegészült résztvevői kör hagyományápoló selmeci szakestélyére, melynek Komoly Poharát *dr. Nagy Lajos* OMBKE elnök tartotta. A jó hangulatú szakestélyt éjjel előtt zárta be Dánfy László elnök a szakmai himnuszok és a záró nóták elhangzását követően. A baráti beszélgetés után szálláshelyükön készsüldöttek az erre is bejelentkezők a másnapi makói programra, a Hagymatikum fürdőkomplexum által nyújtott szolgáltatások igénybevételére.

Dánfy László

XVII. Fémkohász Szakmai Nap és 75 éves születésnap az Arconic-Köfémnél

A hazai alumínium félgyártmánygyártás legnagyobb üze, a székesfehérvári Arconic-Köfém Kft. idén ünnepi fennállásának 75. évfordulóját. 1941. június 25-én írták alá az alapító szerződést a Magyar Bauxitbánya Rt. és a berlini Dürener Metalwerke vezetői, hogy együtt próbáljanak a magyar-német repülőgépgyártási programhoz csatlakozni.

Ezt a jeles évfordulót méltóképpen köszöntendő, a vállalat vezetése ünnepi programsorozatot szervezett 2016 októberében. Külön örömeinkre a vállalat vezetése felkérte az OMBKE helyi csoportját az ünnepi programok keretében egy szakmai rendezvény lebonyolítására az alumíniumipar innovatív jövőjéről.

Az OMBKE aktív része a vállalat életének, a havonkénti szakmai napok és az egyéb rendezvények (szak-

estély, hagyományápolás, múzeumok éjszakája az Alumíniumipari Múzeumban) fontos elemei a vállalat saját múltját büszkén vállaló kultúrájának.

Külön aktualitást adott a rendezvény idején küszöbön álló Alcoa-Arconic szétválás. Az Alcoa néven tovább működő vállalat a kohászati területen; míg az újonnan létrejövő Arconic (amelynek a Köfém is része lesz) az innováció, a vevő felé magas

értéket képviselő termékek területén tevékenykedik majd.

Vezetésünk azzal az ajánlattal kereste meg az Arconic-Köfém vezetését, hogy támogassa a hagyományos, évenkénti, immár XVII. Fémkohász Szakmai Nap Székesfehérváron történő lebonyolítását. A rendezvény elsődleges célja, az egyetem és az ipar találkozása, jól illeszkedik abba a projektbe, amelyet a Köfém indított a vállalat jövőbeli szakembereinek kinevelésére, duális képzéssel, az állásbörzéken való részvétellel.

A XVII. Fémkohász Szakmai Nap október 14-én a Köfém Művelődési Házban került megrendezésre. A rendezvényre meghívót kaptak a Köfémekben dolgozó jelenlegi és nyugdíjas kollégák, a Miskolci Egyetem tanárai és diákjai és az OMBKE vezetői mellett az alumíniumiparban tevékenykedő szakmai szer-



■ 1. kép. A szakmai előadások hallgatósága

vezetek (a Fémszövetség és a Magyar Öntészeti Szövetség) vezetői és természetesen az iparág más vállalatainál dolgozó kollégák.

A szakmai nap reggelén a miskolci vendégek meglátogatták a Kőfém Hengermű és Öntöde termelési területeit és az alumíniumipar történetét bemutató múzeumot.

A szakmai előadások 14 órakor kezdődtek, *Katus István*, az Arconic-Kőfém vezérigazgatójának és *Balázs Tamásnak*, az OMBKE Fémkohászati Szakosztály elnökhelyettesének megnyitójával, majd a rendezvény Balázs Tamás levezetésével folytatódott (1. kép).

Elsőként a dicső múlt felidézésével, *Fülöp Krisztián*, az MMKM Alumíniumipari Múzeuma igazgatója A magyar alumínium története címmel tartott előadást. A dicső múlt után a jelen, a nehézségek után talpra állt magyar alumíniumiparról *Hajnal János*, a Fémszövetség titkára színvonalas előadást tartott Új iparág születése (hulladékból értéket) címmel. Hogy hulladékból valóban lehet értéket teremteni, arról a következő két előadás mutatott példákat. A Kőfém munkatársai Kohófémtől a hulladék feldolgozásig címmel a nagyvállalat alapanyagváltását mutatták be, egyúttal szemléltetve, hogy a jól előkészített alumíniumhulladék bázisán



■ 2. kép. Csurgó Lajos pohárköszöntője

ugyanaz az alakítható minőség érhető el, mintha kohófémből gyártanánk. *Penk Márton*, a Martin Metal Kft. vezetője az Öntészeti alumínium ötvözetgyártás hulladékból című előadásában az öntészeti anyagok gyártásában bekövetkezett piaci és technológiai változásokat szemléltette.

Rövid szünetet követően *Csurgó Lajos*, az OMBKE Fémkohászati Szakosztály elnöke nyitotta meg a Fémkohász Szakmai Nap második felét. A szakmai előadások *dr. Kékesi Tamás*, a Miskolci Egyetem rektorhelyettesének A Miskolci Egyetem és az Alcoa Kőfém Kft. együttműködése az elmúlt évtizedekben című előadása során megismerhették azt a széleskörű, eredményes szakmai kapcsolatot, amely a vendéglátó vállalat és az oktatási intézmény között kialakult, és amely jól hasznosítható kutatási ered-

ményekben mutatkozott meg.

Egy újabb Arconic-Kőfém-mes előadás következett, amelyben *Fehér Jánosné* bemutatta Alumínium termékek fejlesztése az Alcoa kezdetétől az Arconicon túl címmel azt a sikersztorit, amely az alumínium ipari előállítási technológiájának kidolgozásától napjaink autóiparán át az Arconic jövőbeni fejlesztéseiről szól.

Az előadások sorát *dr. Hatala Pál*, a Magyar Önté-

szeti Szövetség elnöke zárta napjaink sikerágazata, az autóipar és az alumíniumipar kapcsolatát bemutató A járműgyártás hatása a fémöntészetre című előadással. Hozzászólások, zárzó után a vendéglátók büfévacsorával köszönték meg a színvonalas programot és a megtisztelő helyszínválasztást. Pohárköszöntőjében *Csurgó Lajos* megköszönte a vendéglátást, az előadók teljesítményét és a vendégek figyelmét (2. kép).

A szakmai programot a 75 éves Kőfém tiszteletére jubileumi szakestély követte már kötetlenebb formában az OMBKE helyi szervezet rendezésében.

A szakestélyen (immár hagyományosan) *Clement Lajos* mondott ünnepi beszédet és kívánt jó szerencsét és újabb sikeres 75 évet szeretett vállalatunknak. **Kórodi István**

Vaskutasok találkozója régi intézetükben

2016. november 18-án a ma BAY-INNO Innovációs parkként működő egykori munkahelyünk épületében, a volt Vegyészeti Osztály laboratóriuma helyén kialakított tanácsteremben tartottuk meg a 7. „Volt egyszer egy VASKUT” találkozót.

Az összejövetelt szervező *Lengyelné Kiss Katalin* üdvözölte a megjelenteket, majd azokra a kollégákra emlékeztünk egyperces néma felállással, akik az elmúlt évben távoztak közülünk.

Ezután szokás szerint *Tardy Pál* köszöntött mindenkit, és ismertette *Szöke László* „Egy öreg kohász emlékszilánkjai” alcímmel készített írását,

amely a VASKUT külföldi kapcsolatait vette számba az első 25 évben.

Lengyelné Kiss Katalin javaslatot tett egy VASKUT-emléktábla elhelyezésére az egykori intézet falán. Szólt a tervezett feliratról, a kiviteli és finanszírozási kérdésekről. A tervezett felavatás: 2017 májusa. Felkérésére a jelenlévők kifejezték szándékukat a táblaállítás költségeihez való hozzájárulásra.

Ezt követően három felkért hozzájáruló kapott szót:

• *Bacsokay Antal* „Sorsunk a VASKUT” mottóval emlékezett a saját mérnöki, kutatói működését meghatározó kollégákra, feladatokra és sikerekre.

• *Darvas Zoltán* a kollégák közötti kapcsolattartás és információcsere javítása érdekében szólt a tagnyilvántartás fejlesztéséről.

• *Lengyel Károly* a „VASKUT-klub” megalapítása selmeci szellemben címmel mondta el javaslatát, amelynek célja a közösségépítés lenne. A programban a vaskutas emlékek felélevenítése, egy-egy szakterület tudományos műhelymunkáiról szóló beszámoló, aktuális, népszerű tudományos kérdésekről tartott előadások, a bányász-kohász hagyományok témája szerepelne. A tagok évente néhány alkalommal találkoznak az OMBKE helyiségében.

A sok „okosságot” a szünet követte, amikor végre meg lehetett kóstolni, amit a lányaink-asszonyaink sütöttek, meg azokat a „papramorgó” gyümölcspárlatokat, amelyeket botcsinálta vegyészeink főztek (tisztelet az igazi vegyészeknek).

Ezután a „Szabad a szó” program keretében az önkéntes jelentkezők volt a terep. *Sárvári István, Széles Ottó, Fehérvári Attila, Borossai Béla* és ismét *BacsKay Antal* ragadta magához a mikrofont. Mindannyian

arról beszéltek, hogy milyen jó környezetben töltötték a vaskutas időket, s mennyire segítették őket az itt szerzett ismeretek a későbbiek során.

Hogy ne érjen itt minket a hajnal, *Tóth Károly* és *Lengyelne Kiss Katalin* kommentálta (olykor derűltséggel egyes csodálkozás közepette) a vaskutas időkből eddig előkerült fényképeket annak reményében, hogy a fotóarchívum tovább fog bővülni.

Bass Katalin arról számolt be, hogy az általa létrehozott „Volt egy-

szer egy VASKUT” nevű zárt facebook-csoport létszáma már 70 fő. *Darvas Zoltán* is erre a kapcsolattartási lehetőségre hívta fel a figyelmet.

Ismét jól sikerült találkozót tartotunk, reméljük, újabb volt munkatársakat sikerül felkutatnunk. A kitűnő technikai előkészítésért ezúton is köszönetet mondunk *Tengely Gyula* egykori munkatársunknak, a BAY-ATI mai gondnokának, a helyszínért *Kozma Ibolya* létesítményvezetőnek.

Darvas Zoltán

Szent Borbála Szakestély Dunaújvárosban – A hatvan éves kokszyártás jegyében

Borbála a bányászok, kohászok, tüzezek védőszentje – a Dunai Vasműbe a tisztelete az osztrákok útján került be, így évet záró szakestélyeinket neki szenteljük. Ennek okán 2016. november havának 25. napján, amikor a télbe lépegetve, a Duna partjának egyik jól fekvő pontján, a Dunaferre nevezetes szabadidő parkjában összejöttünk százan, hogy díszgyenruhánkat magunkra öltve ápoljuk a selmeczi hagyományokat. Az OMBKE Vaskohászati Szakosztály Dunaújvárosi Szervezete a Dunaújvárosi Egyetem Diákegyletével karöltve, *Lontai Attila* elnökletével, annak rendje és módja szerint végignótázta, végigpoharazgatta az ilyen-tájt szokásos szakestélyét. S mivel az idei év a dunaújvárosi kokszyártás hatvan éves ünnepségsorozatának jegyében is telt, mind a kupa díszítése, mind pedig az események folyása erőteljesen kapcsolódott ehhez a jubileumhoz. Így nem volt kérdéses, hogy a „vidám poharat” *Balogh László*

emelje a magasba, és hogy a későbbiekben rátaláljanak a kokszyártók nagy családjában évtizedek óta leledző balekjelöltre, *Csapó József*re. A vizsgaeljárás nehézségei után az isteni fényben tündöklő dicső firmák koszorújából végül keresztszüleivé választotta *Hevesi Imrét* és *Polányi Zoltánt*, ez utóbbiról elárulom, szintén kokszyolóműi kiválóság.

A főbb funkcionáriusok nevének elhallgatásával nem lenne korrekt e rövid tudósítás, így hát vessük papírra őket: Major Domus – *Győri Richárd*, Kontrapunktok – *Hevesi Imre*, *Polányi Zoltán*, Kantus praeseksek – *Hajnal Péter*, *Szentgyörgyi Zsolt*, Fukszmajor – *Neukum Gábor*, Konzekvenciák – *Pász Péter*, *Mihalik Sándor*, Etalon részeg – *Erdős Sándor*, Páter Krampampuli – *ifjú Csurgó Lajos*, *Kardos Ferenc*. A házirend hitelesítésére az est rangidősét, *Farkas Lajost* kérték fel, aki a későbbi hozzászólásában is kitüntette figyelmet érdemelt. A kupaava-

tás felelősségteljes tisztét *Józsa Róbert* töltötte be.

A vendégek láthatták, minő tehetőséges ez a Dunaferre társaság, s büszkén húztuk ki a fővárosiak, a miskolciak és a székesfehérváriak előtt magunkat, no lám, mekkora öni-róniával megáldottan éljük a mi kis vidéki életünket, miként azt *Mérő Péter* is hosszasan fejtegette hozzászólásában. *Dolmány Mihály* kiállása sem kevésbé fokozta az amúgy sem szomorú hangulatot, amit még az elején a szakest elnökének komoly pohara sem tudott más irányba terelni. Tisztelettel hallgattuk *dr. Takács István* mélyenszántó gondolatait is.

S hogy a krampampuli milyenre sikeredett, arról igazolást ad e sorok írója, akinek eredeti szakmája garanciával szolgálhat a minőség biztosítására. Bővebb felvilágosítással szükség esetén pedig *Szabados Ottó* szolgál. Jó szerencsét!

Szente Tünde

KÖSZÖNTÉSEK

70. születésnapját ünnepelte

Széll Pál 1946. november 2-án született Sándorfalván. Szegeden a Déri Miksa Gépipari Technikumban szerzett gépésztechnikusi oklevelet. Tanulmányait a kecskeméti Felsőfokú Gépipari Technikumban folytatta, ahol

gépgyártás-technológia szakon üzemmérnöki diplomát kapott. Pályakezdként az Ipari Műszergyárban Ikladon öt évig szerszámszerkesztőként dolgozott. Alumínium préskokillákat és műanyag fröccsszerszámokat tervezett.

1975-ben a MAT készrúgyára – a hőmezővásárhelyi Fémipari Vállalat

– csábította Mindszentre, főmérnöknek. Részt vett a teljes infrastruktúra: konténer-, profillemmez-, poliuretánhabos szendvicspanel, UNIMAT burkolati rendszer gyártókapacitások kiépítésében; a budapesti Alumínium-szerkezetek Gyára Mindszentre telepítésében, beüzemelésében. Cégük gyártotta a több mint 2000 konténer-

ből álló tengizi lakótábort, a KÖFÉM, a KÖBAL tetőszerkezetét, a nagy fesztávú aludonga tornacsarnokokat többek között Ajkán, Székesfehérváron. 2000-ben a SÜD-BAU Kft.-nél helyezkedett el, mint vállalkezősi igazgató. Ők építették – több más ipari csarnok mellett – az Interfruct áruházakat, valamint az első (majd később több) Lidl áruházat Magyarországon. Több munkahelyi kitüntetés birtokosa. 2007-ben ment nyugdíjba.



1976 óta tagja az OMBKE-nek. Munkahelye – a Fémipari Vállalat – volt a hódmezővásárhelyi OMBKE tagok báziscége, önálló helyi szervezettel, közel negyven fővel. Mint vezető támogatta a szervezést, a rendezvényeket. A gyáregység önállóvá válása után Tiszántúliak Társasága néven újjászervezte a még érdeklődő tagságot. Nagy sikerű, több napos, jó hangulatú szakmai találkozót szervezett a régió üzemeinek. Több cikluson keresztül aktívan dolgozott az Alapszabály Bizottságban, melynek jelenleg is tagja. 2014-ben a kecskeméti Helyi Szervezet titkárává választották. Az utóbbi években aktívan részt vesz a kecskeméti Mercedes gyárba és több kisebb környező üzembe szervezett szakmai nap előkészítésében. Munkáját az egyesület több kitüntetéssel ismerte el. Felesége nyugalmazott általános iskolai tanár, szintén egyesületi tag, aktív segítőtársa. Szabadidejét szerettei körében tölti, jó egészségben.

Tamási István 1946. november 25-én született Baracson. A dunaújvárosi Kerpely Antal Kohóipari Technikumban kohásztechnikusi végzettséget szerzett. Dunai Vasmű ösztöndíjával 1968-ban elvégezte a dunaújvárosi Felsőfokú Kohóipari Technikumot, majd 1974-ben a NME Kohó- és Fémipari Főiskola kohász szakán alakítástechnológus üzemmérnök oklevelet kapott.



1968-tól a Dunai Vasmű Tűzálló-

anyag-gyártó Gyárrészlegben kezdett dolgozni, 1985-ig művezető, majd az önálló társasággá váló kft. marketing-vezetője volt 1992–1996 között. Kiemelt feladata volt a társaság önálló külkereskedelmi tevékenységének megszervezése és a szervezet működtetése. A vezetői feladatok szakszerűbb ellátása érdekében 1992-ben felsőfokú marketing menedzser, 1995-ben pedig külkereskedelmi üzletkötő képesítéseket szerzett. Munkáját Kiváló Művezető, több Kiváló Dolgozó, Kiváló Ifjú Mérnök, Kiváló Újító, Kiváló Munkáért Oklevél, Alkotói Nívódíjak kitüntetésekkel ismerték el.

1996–2002 között a Dunaferri Tűzállóanyag-gyártó Kft. ügyvezető igazgatója, mely időszakban tevékenységének főbb jellemzői: a veszteséges Tűzálló Kft. reorganizációjának sikeres végrehajtása; a társaság eredményes és gazdaságos működtetése (hat évből öt nyereséges); a tűzállóanyagok tartósságának folyamatos növelése az acélműs szakemberek együttműködésével (az üsttégla tartóssága 1996-ban 35 adag, 2002-ben pedig 70); kis létszámú megfiatalított, nyelveket beszélő szakembergárda kiválasztása. Alkotótársaival közös szabadalmuk alapján a karbon magnezit acélöntő üsttégla gyártásához felhasználták a Halnán évek óta felhalmozódott bontott magnezit-tégla-hulladékot (mintegy 5000 t), kialakították a gyártástechnológiát, mellyel jelentős költségmegtakarítást értek el.

Műszaki fejlesztéseik eredményeit, mész és tűzállóanyag-gyártási tapasztalatait konferenciákon és szaklapokban publikálta. Az OMBKE dunaújvárosi csoportjának 1986 óta tagja, aktívan részt vett az MVAE munkájában. 2000-től MTESZ-OMBKE névjegyzékében szereplő „műszaki szakértő”.

2002–2006 között az ISD Kokszoló Kft. műszaki főmunkatársa volt. Feladata volt a III. sz. kokszolóblokk rekonstrukciójához beérkező tűzállóanyagok tárolásával, konfekcionálásával és felhasználásával kapcsolatos feladatok szervezése, irányítása. Munkáját Dunaferri Kiváló Dolgozó Kitüntetéssel jutalmazták. Összegejtött tapasztalatait nyugdíjazása után műszaki tanácsadóként hasznosítja.

Köves Kristóf 1946. november 29-én, Budapesten, a X. kerületben született. Itt végezte el az általános és a középiskolát is. 1965-ben a Szent László (akkor I. László) gimnáziumban érettségizett.



Édesapja, dr. Köves Elemér foglalkozását kívánta követni, ezért a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemre jelentkezett, ahol a kohómérnöki karon 1970-ben technológus kohómérnöki diplomát szerzett.

A Székesfehérvári Könnyűféműműben a fél éves gyakornoki idő letelte után a hengermű kikészítő üzemében dolgozott. Innen 1972 januárjában áthelyezéssel került Kőbányára az Alumínium Szerkezet Gyárba. Itt kezdetben technológusi munkakörben dolgozott. Ebben az időben az ő közreműködésével kezdődött meg az alumínium ételtálcák gyártása. Ezt követően beruházással és műszaki fejlesztéssel foglalkozott. Ebben a munkakörében került sor a poliuretánhabos szendvicspanelek gyártásának továbbfejlesztésére.

1979-ben a Közgazdaságtudományi Egyetemen mérnök-közgazdász diplomát szerzett.

1980-ban kinevezték az Alumínium Szerkezet Gyár munkaügyi osztályának vezetőjévé. Ebben az időben a Magyar Alumíniumipari Tröszt (MAT) elhatározta, hogy a Keresztúri úton lévő gyárat megszünteti, a gépeket és berendezéseket pedig letelepíti a Hódmezővásárhelyi Fémipari Vállalat Mindszenten működő üzemébe.

A gyár végelszámolása – amelyet Köves Kristóf vezetett – 1982. augusztus közepén fejeződött be. Ezt követően a MAT-központba került, ahol tervgazdászként dolgozott a Közgazdasági Főosztályon. 1983 elején kinevezték osztályvezetőnek a Beruházási Főosztályra.

A rendszerváltás után a tröszt részvénytársasággá alakult át, s újabb átszervezés kapcsán Köves Kristóf a Félgyártmány- és Készáru Igazgatóságra került, ahol készárumenedzserként dolgozott, és a készáru gyártó vállalatok tevékenységét felügyelte. Ezen vállalatok privatizációjával munkaköre megszűnt, és 1995 augusztu-

sával végkielégítésével távozott.

1995 decemberétől az IMMC Nemzetközi Vezetési és Tanácsadó Kft.-nél a minőségügyi divíziót vezette, s munkatársaival közösen számos vállalatnál vezették be az ISO

9001–9002-es rendszereket. Az IMMC 2004-es megszűnése után egyéni vállalkozóként végzi ezt a minőségügyi tevékenységet.

1970-ben lépett be az OMBKE-be. A 2000-es évek elején alakult meg a

fémkohászok budapesti helyi szervezete, amelyben vezetőségi tag volt, majd dr. Schippert László elnök mandátumának lejáratá után Köves Kristófot választották meg elnöknek; ezt a posztot több mint 10 éve tölti be.

■ NEKROLÓGOK

Dr. Bakó Károly 1942–2016



Gyászol a magyar öntőtársadalom, 2016. október 2-án elhunyt dr. Bakó Károly aranydiplomás kohómérnök, egyetemi magántanár. Székesfehérvárott a Csutora temetőben helyezték örök nyugalomra a református egyház szertartása szerint. Utolsó útjára igen sokan elkísérték, ravatalánál barátai, tanítványai, kollégái álltak díszőrséget. Egyesületünk részéről dr. Lengyel Károly búcsúztatta, beszédének szerkesztett, rövidített változatával rójuk le kegyeletünket.

Dr. Bakó Károly szakmai munkáját fejlesztőmérnöként Csepelen kezdte, majd aspiránsaként a Nehézipari Műszaki Egyetem Öntészeti Tanszékére került. Kandidátusi értekezésének megvédése után a Vasipari Kutató Intézetben dolgozott, ahol a formázástechnológiai kutatásokat irányította. Kutatómunkájának eredményeiről számos tanulmányt jelentetett meg hazai és külföldi szaklapokban, ill. számolt be róluk tudományos fórumokon. Több mint tíz szakkönyv, köztük főiskolai jegyzet szerzője vagy társszerzője volt. Az MTA Metallurgiai Bizottságának tagjaként a szakmai tudományos közéletben évtizedeken át fejtett ki aktív tevékenységet.

Az 1990-es évek elején vállalkozó lett, 1994-ben alapította azt az öntődei segédanyag-kereskedelemmel és mérnöki szolgáltatásokkal foglalkozó TP Technoplus Kft.-t, amely ma is eredményesen működik.

Dr. Bakó Károly életeleme volt a tárgyalás, ismereteinek önzetlen átadása. Remek előadó volt, példamutatóan egyszerűen, lényegre törően foglalta össze mondanivalóját, nem nélkülözve a szemléltetést és a humort sem.

A miskolci egyetemet nagyon szeret- te. Ott készült az aspirantúrára, ott habi-

litált, több évtizedes meghívott oktatói tevékenységét elismerve ott neveztek ki egyetemi magántanárrá. Nándori professzort atyai barátjaként tisztelte, de ápolta a barátságot a tanszék többi oktatójával, dolgozójával is. Tagja volt a kari tanácsnak és a Kerpely Antal doktori iskola doktori tanácsának. Emellett oktatott a Dunaújvárosi Főiskolán is. Oktatói tevékenysége mellett számos diplomamunkát és disszertációt bírált, évtizedeken keresztül tagja volt az államvizsga bizottságoknak. Tapasztalatait a magyar szakmai felsőoktatás utóbbi évtizedekben zajló átalakítása során a Magyar Akkreditációs Bizottság plénumának tagjaként, a felsőfokú szakképzési bizottság elnökeként is kamatoztatta.

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületbe egyetemistaként lépett be, s ettől fogva szívvel- lélekkel dolgozott érte. 1972-ben az Öntődei Szakosztály titkárának választották. Támogatta a fiatalokat, ösztönözte a vidéki helyi szervezetek megalakulását, műszaki ankétok, üzemlátogatások, tanulmányutak szervezését.

1981-től főtitkárhelyettes, 1983-tól 1991-ig ügyvezető főtitkár volt. Ezt követően elnökségi, majd választmányi tagként haláláig segítette, támogatta szakmai közösségünket. Főtitkársága idején, jelentős részben az ő közreműködésének, inspirációinak az eredményeként, pezsgő élet folyt az egyesületben. Kiterjedt kapcsolatokat épített ki több európai testvérszervezettel, megteremtve ezzel szakembereink bekapcsolódásának lehetőségét a nemzetközi szakmai vérkeringésbe.

Ismert és népszerű személyisége lett a nemzetközi öntőtársadalomnak is. Ennek, és a Magyar Öntészeti Szövet-

ségben viselt elnöki megbízatásának köszönhető, hogy előbb elnöke volt az Európai Öntészeti Szövetségek Bizottsága szakmai képzés munkabizottságának, majd magának a bizottságnak, ill. a MEGI-nek, amely a közép-európai országok öntészeti szakmai-tudományos egyesületeinek fóruma. Személyes érdeme, egyben a magyar öntőtársadalom elismerése is, hogy 1998-ban másodízben rendezhette meg egyesületünk az öntészeti világkongresszust, melynek szervezőbizottságát ő vezette.

Több évtizedes kiemelkedő munkáját az egyesület több egyesületi érem kitüntetés mellett tiszteleti tagsággal ismerte el, s kohászként elsőnek kapta meg a Szent Borbála-érem



miniszteri kitüntetését. A Magyar Öntészeti Szövetségtől Életmű-díjat kapott.

Szívesen látott tagja volt más közösségeknek is, nem véletlen, hogy a Somló és Körményke Borút Egyesület Borlovag Klubja háromszor is kancellárnak választotta, majd megtisztelte a tiszteletbeli örökös kancellár címmel.

Ugyancsak kedves közössége volt a Szótárbizottság, amely kezdetben az öntésvilág Fémkohászati szótár szerkesztőbizottságának tagjaiból állt. Kezdeményezésére a TP Techno plus által európai uniós pályázaton nyert Leonardo-program keretében egy kibővített szerkesztőbizottság a szótárat öntészeti szakki-fejezésekkel egészítette ki, hét nyelven kereshetővé és online elérhetővé fejlesztette.

Bakó Károlyt igazi társasági embernek ismertük meg, aki nemcsak résztvevője volt a közösségi életnek, hanem szervezője is. Sokunk nem felejtí az általa szervezett egyesületi utakat, a kárpátaljai és erdélyi kirándulásokat. Példát mutatott a világ dolgaira figyelő szüntelen érdeklődésével, precizitásával, az új ismeretekre való fogékonyságával, szakmai munkájával, a választott közösségekért végzett önfeláldozó tevékenységével, mindig a megoldásra törekvő, a humort is oly fontosnak tartott életvitelével. Az is példa előttünk, ahogyan súlyos betegségével együtt élt, nehézségein túllépett, megpróbáltatásait méltósággal viselte. Szavait, tetteit sokszor fogjuk emlegetni, hiányozni fog nekünk.

Utolsó Jó szerencsét!-tel búcsúzunk Tőle.

2016. november 7-én az elhunyt tiszteletére az OMBKE Öntészeti Szakosztályának vezetősége és a Magyar Öntészeti Szövetség elnöksége gyászszakestélyt tartott az Öntödei Múzeumban. Itt dr. Dúl Jenő búcsúzott tőle. A felemelő és meghitt hangulatú eseményen a hozzátartozókon kívül közel száz egyesületi tag és vendég vett részt.

 LKB

Dr. Dernei László, a Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet nyugalmazott egyetemi adjunktusa 2016. szeptember 20-án elhunyt, temetésére Miskolcon, szűk családi körben került sor.

Dr. Gulyás József, a Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet nyugalmazott professzora hosszan tartó betegség után 86 éves korában 2016. december 16-án elhunyt. Temetésére szűk családi körben került sor.

Képek a 2016. évi Borbála-ünnepségről és a Szent Borbála-miséről



Képek a 2016. évi Borbála-ünnepségről és a Szent Borbála-miséről

