

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Anyagtudomány

Felsőoktatás

Hírmondó

148. évfolyam

2015/5. szám



Jó szerencsét!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

TARTALOM

Vaskohászat

- 1 Sziklavári J. – Takács I.:** Széchenyi gondolatfelvetésétől a Dunai Vasmű megépítéséig
- 7 Éberhardt Z. – Farkas K.:** Automata felületellenőrző rendszer alkalmazása az ISD DUNAFERR Zrt.-nél
- 10 Beszámoló a 9. Nemzetközi Clean Steel Konferenciáról**

Öntészet

- 12 Fegyverneki Gy. – Tokár M. – Mertinger V. – Dül J.:** Módosító elemek (Sr, Sb) hatásának vizsgálata Al-Si öntészeti ötvözetekben
- 20 W. Stets – U. Petzschmann:** Gyantakötésű formák aktív hűtése vastagfalú öntvények hűlési idejének csökkentésére az öntvényminőség romlása nélkül
- 28 Felvidéki bányavárosainkban jártunk**

Fémkohászat

- 29 Budai D. – Tisza M.:** Fejlesztési irányok az alumíniumkarosszéria-gyártásban
- 37 Bánki S.:** A vésnöki hivatás a XX. században KB-től BP-ig

Anyagtudomány

- 39 Cseh D. – Mertinger V. – Benke M. – Czibik Á.:** A maradék feszültség és a felületi hőkezelési hibák közötti kapcsolat
- 43 Bauernhuber A. – Markovits T. – Trif L. – Bocz K. – Csanády A.:** Acél és PMMA adhéziója lézersugár hatására

Felsőoktatás

- 49 Kaptay Gy.:** Folyóirat kiválósági rangsorok és tudományterületi kérdések a BKL Kohászat tudományterületén
- 52 A Műszaki Anyagtudományi Kar rövid hírei. 2015. szeptember**

Hírmondó

- 54 Jubileumi ünnepség a METALCONTROL Kft.-ben**
- 55 Acél- és fémipari analitikai konferencia Düsseldorfban**
- 56 A Miskolci Egyetem csoportja a GIFA-n**
- 57 XXII. tudományos szakmai napok a Szigetközben**
- 57 Magyar elnök az Európai Roncsolásmétes Vizsgálati Szövetség élén**
- 59 VII. Őzdi Ipari Örökségvédelmi Konferencia**
- 60 Köszöntések**
- 62 Nekrológok**

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

FROM THE CONTENT

Sziklavári J. – Takács I.: *From the initiative of Széchenyi until the starting of Dunai Vasmű 1*
Using original official documents the authors describe the history of how the most important unit of the Hungarian steel industry, Dunafer Steel Works was built. Building of a steel factory near the Danube was first proposed by István Széchenyi in 1842; the conditions for realizing it were given first at around 1867, later in 1938. However, because of several factors the „dream” of Széchenyi could be realized only after 1950. Building of the factory was started on 2nd May 1950, in Dunapentele, about 70 kilometers south of Budapest. After finishing the investment, yearly 1 Mt hot rolled plate was produced; the recent production is about 60-70% more.

Éberhardt Z. – Farkas K.: *Usage of automatic surface inspection systems at ISD DUNAFERR Zrt. 7*
ISD DUNAFERR Zrt. has taken an important step in order to improve the surface characteristics of hot rolled and pickled products. Delivery of conforming products and implementation of effective technological corrective actions become ensured also on the long term by installing SmartView automatic surface inspection equipment from Cognex Corporation. ISD DUNAFERR Zrt. aimed at satisfying continuously increasing customer demands at a higher level by applying the above mentioned system, which is a decision of strategic importance.

Fegyverneki Gy. – Tokár M. – Mertinger V. – Dül J.: *Analysis of the effects of the modifier elements (Sr, Sb) in Al-Si foundry alloys ... 12*
In the dynamically developing casting production sector, casting products designed for vehicles must satisfy more and more criteria to meet the increasingly stringent performance requirements. Nowadays, secondary alloys are frequently used in casting production, but the effects of impurity elements on secondary alloys are not yet well-known. It is essential to recognize that the quantity of impurity elements in Al-Si alloys is related to the quality of the materials. Two elements are frequently used to modify the eutectic silicon phase of these alloys, namely strontium and antimony. After scrap recycling, these elements are included in the melt, where the strontium and antimony together may lead to the formation of intermetallic compounds. This paper presents the cross-effects of antimony and strontium on the level of modification and on the mechanical properties of AlSi8Cu3 alloy. The eutectic modification levels were determined with three different methods, namely AFS standard charts, thermal analysis and quantitative image analysis. The mechanical properties were examined by different cooling rates.

W. Stets – U. Petzschmann: *Active cooling of resin bonded moulds to reduce the cooling time of heavy-section castings without loss of casting quality 20*
Foundries are required to produce ever larger structural elements with increasing wall thicknesses of utmost quality. These requirements also increase the solidification times and thus the necessary cooling times of the castings. The solidification and cooling step is therefore decisive for the throughput times of parts and thus has a direct impact on unit prices and capacity.

IFG in Düsseldorf was therefore working on a project for the active cooling of cast cold-setting resin bonded moulds by irrigation of the top side of the mould with water. In the context of research, the influence quantities of mould base and mould materials were examined with respect to the motion behaviour of water in mould materials and thermo-physical parameters of dry and moist mould materials were determined.

A mathematical model was developed to simulate the processes in the mould during active cooling.

It could be proven that the necessary cooling time of casting in the mould can be reduced by up to 30% by active cooling with up to 15% water with respect to the casting weight and depending on the sand/iron ratio. A statistically reliable relationship to the parameterisation of active cooling was established and confirmed by operational trials.

The comparative verification of the emission situation indicated that the emissions of O₂, CO, TOC and BTEXN did not increase due to active cooling. Elevated emissions occur in water steam and sulphur combinations, whereby a mildly acidic solution is formed as condensate. Measures for the application of the active cooling are derived from this in practice.

Budai D. – Tisza M.: *Development trends in aluminium car body production 29*
Building a car body by aluminium is not a recent technology forced by the strict emission rules and the low consumption efforts. This design direction appeared in the middle of the last century as the technology of the future. The aluminium with its different attributes compared to steel creates limits for the production technology and tasks for the researchers to solve it. Due to these developments the economical production of a full aluminium body car is not the privilege of the premium segment anymore. With the recent developments, economic production of a medium category aluminium car by mass production has become possible. The goals of the next decades are to increase the number of the aluminium car manufacturers and to find

Continued on page B3

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

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

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

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

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

SZIKLAVÁRI JÁNOS – TAKÁCS ISTVÁN

Széchenyi gondolatfelvetésétől a Dunai Vasmű megépítéséig

A szerzők eredeti dokumentumok felhasználásával mutatják be, hogy milyen előzmények után épült meg a magyar vaskohászat kiemelkedő létesítménye, a Dunai Vasmű. A Duna menti vasmű építését 1842-ben Széchenyi István vetette fel, a kívánt feltételek ehhez 1867 táján, majd 1938 után már adottak lettek volna. Széchenyi „álma” számos ok miatt azonban csak 1950 után valósulhatott meg. A gyárat Budapeستől 70 km-re délre, Dunapentelén, 1950. május 2-án kezdték építeni. A teljes kiépülés után, 1972-től évi egy millió tonna acélból hengereltek itt lemezt, jelenleg ennél 60-70%-kal többet gyártanak.

Bevezetés

A Duna folyó partján történő vasmű-építést több mint 100 évvel megelőzte annak elgondolása és részben a tervezése. 1842. április 5-én gróf Széchenyi István a William Tierney Clark angol mérnökhöz küldött levélben a következőket írja: „Egy emelkedőben levő országban a Duna partjain igazán kétlem, hogy bármi előnyösebb lehetne, mint jó vasművek.” A Duna mentén azonban nem találtak kohósításra alkalmas vasércet, ezért ez a próbálkozás akkor nem járt sikerrel.

Később – például a kiegyezés után vagy a XX. század elején és a '40-es években – amikor a telepítésnél már nem az ércbázis közelsége volt meghatározó, épülhetett volna a Duna mentén vasmű, de ezt a történelem földrajzi, gazdasági és politikai akadályokkal késleltette.

Dunapentele határában épült fel a

hazai vaskohászat vezető gyára, iparunk kiemelkedő vertikuma. Ez a gazdasági pozíció és a Széchenyi-örökség erkölcsi kötelezettséggel járt: a Vasmű közössége vállalja távoli múltját, eredményeivel meggyőzte a tévedőket és a kételkedőket arról, hogy gyáruk a XX. század közepén nem „bekényszerítették” a magyar gazdaságba. A mű megépítését a más módon gazdaságosan nem biztosítható, valós acéllemezigény kielégítése indokolta. Új gyár telepítése a meglévő, korlátozottan bővíthető gyáraink részleges elavultsága miatt is szükségessé vált. A kombinát létrejötte történelmi folyamat eredménye, évszázados nemzeti törekvésünk megvalósulása.

Nem váltunk általa a vas és acél országává, amit a politika (Gerő Ernő által) hangzatos célként nyilvánított ki. Később a bírálók ezt mégis tényként kezelték, a meglévő bajok elkendőzésére a szegénység okaként tüntették

fel. Tény, hogy a háború után a jóvátétel, a lebombázott ország újjáépítése közben egy tőkeigényes beruházás visszavetette az életszínvonalat. Az építés ütemének mérséklésével, de szerencsére azért megépült egy jól továbbfejleszthető, most az eredetileg tervezett acéllemeztömeg öt-hatszorosát kibocsátó vaskohászati kombinát.

1. Széchenyi felkészültsége és egy Duna menti vasmű építésére tett kísérlete

1842-ben Széchenyi István 51 éves, világot járt, tapasztalt, gazdasági ismeretekben is járatos főúr volt. Kossuth – Pest vármegye közgyűlésén, 1840. november 19-én – őt a „legnagyobb magyar” névvel tisztelte meg. Széchenyi erre méltó volt, hiszen a magyar nyelv példát adó ápolásával, számos maradandó kezdeményezésével (Tudományos Akadémia, Vaskapu-szabályozás, gőzhajózás stb.) és gazdasági-irodalmi tevékenységével (Hitel, Világ, Stádium) szolgálta hazáját, a reformkor elindítója volt.

Az Angliát, Franciaországot, Olaszországot, a Balkánt és Kis-Ázsiát bejárta Széchenyi szeme előtt – az ország felemelkedését biztosítandó – kettős cél lebegett.

Fő célnak a szénbányászat fejlesztését tekintette, mivel a szénnek, mint az ország elsőrendű természeti kincsének a gazdaságba való bekapcsolása a felemelkedés igen fontos eszköze lehet. Másik célja a Duna kereskedelmi fellendítése, amely kereskedelmi politikájának gyakran visszatérő gondolata volt. Mindkét céljának megvalósítására a Duna menti vasgyártást tartotta a legalkalmasabbnak.

Dr. Sziklavári János okleveles kohómérnök, a műszaki tudományok doktora, címzetes egyetemi tanár, a Miskolci Egyetem tiszteletbeli doktora. A Miskolci Egyetem Fizikai-kémiai és Tüzeléstani Tanszékén, majd közel 40 évig meghívott előadóként a Vaskohászati Tanszéken dolgozott. Diósgyőrben a vasgyárban, a KOGÉPTERV-ben és az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottságban tevékeny és sikeres szakmai munkát folytatott.

Dr. Takács István kohómérnöki oklevelét a Miskolci Egyetemen 1961-ben szerezte, ugyanitt 1983-ban védte meg acélgyártási témájú doktori értekezését. Mérnöként két részletben 25 évet a Dunai Vasműben, a köztes 19 évben a TÜKI-ben dolgozott.

Egy Duna menti vasmű létesítését elő is készítette: *Sándor Móric gróf*, dorogi bányatulajdonossal megegyezett a vasmű építéséről. A műszaki feladatot Clark angol mérnök kapta; a létesítmény költségeiről (nyilván részvénytársaság alapításával) ő maga gondoskodott.

A hazai vaskohászati üzemek acélgyártó technológiái ekkor a bucakemencés hámorok és a nagyolvasztós, frisstüzi hámorok voltak. Széchenyiék azonban az új vasművet ezeknél korszerűbb technológiára, a nagyolvasztós-kavarókemencés-hámosos vasfinomítóra tervezték.

Ez az Angliából származó eljárás Nyugat-Európában az 1820-as, Ausztriában és Csehországban az 1830-as évektől terjedt el, Magyarországon most elsőként megvalósuló technológia lett volna. Sajnos nem lett, mert a Duna menti szénmezők körzetében található vastartalmú ásványok kohósításra nem voltak alkalmasak. Az ércben, szénben, fában bővelkedő hegyvidékektől pedig a Duna – az akkori lovas kocsis szállítással – nagyon távoli volt. A Duna menti vasmű építésére tett első kísérlet tehát a szállítási problémák miatt hiúsult meg. (Az első hazai, kavarókemencés acélmű Ózdon épült meg 1847-ben.)

2. A vasúthálózat fejlesztése által kikényszerített új vasmű építése a kiegészítés után

A kiegyezéskor a magyar vasutak hossza 2260 km, és a vasúthálózat kiépítése mai szemmel is rohamosnak ítéltető tempóban folytatódott. A vasúti pályák hossza 1890-ben 11000, a századfordulón már 18000 km volt. A vasúttársaságok az építéshez a szükséges vasanyagokat egy ideig túlnyomóan külföldről vásárolták, mert a hazai vaskohászat nem tudott lépést tartani az igényekkel.

A vasút kiépítése így egyenesen kikényszerítette egy új vasgyár alapítását. Széchenyi koncepciója most megvalósulhatott volna. 1867-ben a Duna már vasúton minden irányból megközelíthető volt. A Duna menti telepítés ideális megoldás lett volna, közel a budapesti nagy gépgyárakhoz és a MÁV műhelyekhez.

A Magyar Királyi Kincstár rövidlátó vaskohászati, gazdasági és ipari poli-

tikája miatt azonban az új vasgyár nem a Duna, hanem a diósgyőri Szinva patak mentén, az állami tulajdonú Hámor szomszédságában épült meg.

A döntésnél (majd a tervezés során is) azt vették figyelembe, hogy a kincstár rendelkezésére állnak Rudabányán és Telekesen vasérctelepek, a koronauradalom területén 8000 millió mázsa szénvagyon és hatalmas erdőségek. A téglagyártáshoz alkalmas agyag, a tűzállóanyagok gyártásához megfelelő kvarchomok és agyag, a mészégetéshez kiváló minőségű mészkő található.

A pénzügyminiszter 1867. november 30-án így rendelkezett: „*Ezennel értesítetik a k. Főigazgatóság, hogy a Diósgyőrött építendő és 20000 mázsa vaspályasín termelésére számított vasgyár tervének kidolgozásával Glanzer Miksa fejrpataki vasgyári igazgató bízott meg...*”

A technológia választása – a forrasztott síneket hengerlő eljárás – sajnos elhibázott volt, ráadásul ehhez a technológiához sem voltak megfelelő alapanyagok és energiahordozók. Vassíngyártást terveztek, amikor már szerte Európában 100-nál több Bessemer-konverterben és számos Siemens–Martin-kemencében folyt acél sín alapanyagot gyártottak.

A diósgyőri vasgyár a kincstárnak 2 millió forintjába került, de a hozzáfűzött reményeket nem váltotta be. A borsodi barnaszén – csekély fűtőértéke miatt – a kavarókemencéhez alkalmatlannak bizonyult; Osztravából hozták a szenet. Baj volt a nagyolvasztóval, leállították, majd le is bontották; Resicából hozták a nyersvasat. Ezek után sikerült kifogástalan vassínt hengerelni, azonban a vasutak ekkor már a keményebb, kopásállóbb acél-síneket részesítették előnyben. A vassínek a külföldi acélsínekkel szemben nem voltak versenyképesek. Szerencsésebb lett volna, ha Széchenyi módszere szerint cselekszenek. Ahogy ő írta:

„Üljünk kocsira, szálljunk hajóra,
nézzük a világot
s emeljük hazánkat a dicsőbb
nemzetek sorába.”

Későn, de megtörtént; néztük a világot, a bányagazgatóság 1875-ben *Hamerák Mihályt* és *Técsey Ferencet* Sziléziába küldte, hogy tanulmányoz-

zák a Bessemer- és Siemens–Martin-acélgyártást és a korszerű síngyártást. Az eredmény: 1879. július 6-án az első Siemens–Martin-kemence, 1882. augusztus 19-én az első Bessemer-konverter adagját csapolták Diósgyőrben.

3. A vaskohászat fejlesztése 1950-ig, új gyár telepítése nélkül

A független magyar kormány egy-két évtizeden át a meglévő vaskohászati üzemek bővítésére törekedett. A századforduló körül jutott az ország gazdasági fejlődése olyan emelkedő pályára, amelyen haladva, az 1910-es évek végén már állhatott volna a Duna menti vasmű is, ha nem következik be az első világháború.

A háború után a megcsonkított, de stabilizálódott ország ipara újra bekapcsolódott a gazdaságba és a világ-gazdaságba. Vaskohászatunk első-sorban a minőségi termelésre helyezte a súlyt. A művek – többek között – korszerűsítették a Siemens–Martin-kemencéiket, hengersoraikat. Csepelen és Ózdon elektrokemencéket helyeztek üzembe. Az állami diósgyőri gyárba finomlemez-hengersort, egy új nagyolvasztót, új húzóművet, keréktárcsa-hengerlőt, szeggyárat telepítettek, és korszerűsítették a kovácsüzemeket. A jó minőségű termékek a feldolgozóipar, és első-sorban a gépipar exportjában is jobban hasznosultak.

A gépipar legfontosabb exporttermékei – és egyben Magyarország acéliparának nemzetközi tekintélyét is erősítő termékek – kétségtelenül a Ganz-gyár villamosmotorjai voltak. 1938-ban világszerte már több mint 550 Ganz-motorkocsi és -sínautóbusz volt forgalomban (első-sorban Dél-Amerikában, Indiában, Egyiptomban). Jelentős volt a legnagyobb hazai gyárak hadianyag exportja: a töltény és töltényhüvely, tűzérségi vontató, löveg, lövegalkatrész, páncélkocsialváz és más haditechnikai alkatrész.

A diósgyőri gyárban a hadianyag-termelést az 1938. március 5-én elhangzott hazai hadfelszerelési (ún. győri) program után jelentős mértékben fokozni kellett. Fenn kellett tartani az exportot és kiszolgálni a hazai igényeket. A feladat teljesítése a rossz telepítés folytán, az amúgy is túlszűfolt gyárban rendkívüli nehézségekkel

járt. A kormány kénytelen volt elhatározni, hogy a kapacitásnövelést Diósgyőr helyett más telephelyen, új vasműben oldja meg.

4. Tervek és telepítési kísérletek Duna menti vasmű létesítésére

4.1. A MÁVAG 1938. évi előterve Ajka–Bodajk, ill. Dunaföldvár–Kalocsa térségébe történő telepítésre

Az Iparügyi Minisztérium rendelkezése az új gyár tervét a MÁVAG diósgyőri gyárában dolgozták ki. A tervek elkészültéről 1938. szeptember 1-jén küldték meg a jelentésüket (1. levél).

Megvalósulna Széchenyi Duna menti Vasgyára? Nem! A MÁVAG

javaslatának előterjesztése után évek teltek el anélkül, hogy napirendre került volna az új vasmű építése.

4.2. Új vasmű alapozási munkáinak elkezdése Győrben

A győri program végrehajtása, majd Magyarország belépése a háborúba (1941 nyarán) olyan mértékben terhelte a vaskohászatot, hogy 1942-ben már a nyersvashiány korlátozta az acéltermelést. A MÁVAG előzetes tárgyalásai alapján 1942 decemberében elkészítette egy gyár győri telepítési tervét. A vezérigazgatóság tárgyalásokat is folytatott a potenciális kivitelező német céggel.

Az iparügyi miniszter 1943. január

7-én bízta meg hivatalosan a MÁVAG-ot évi 200 ezer tonna acél termelőképeségű kohászati üzem sürgős létesítésével. A telepítés helyét ekkor még nem jelölték meg, de a később vizsgált hat hely mindegyike a Duna mentén volt. A túl délen fekvő Mohácsot és Baját a háborús körülmények miatt elvetették. Az előzmények után nem meglepetés, hogy Győrben kezdődhetett meg az építkezés.

A telepítésre kijelölt terület azonban az építés kezdetén bombatámadást kapott. Emiatt, valamint számos kedvezőtlen adottság miatt, más telephelyet kellett választani. A kilenc telephelyet értékelő vizsgálat egyértelműen Mohácsot mutatta legkedvezőbbnek, amelyet – a háborús helyzet akkori állása miatt némi vonakodás után – a németek is elfogadtak. Itt a munkálatok a háború befejezéséig már nem kezdődtek meg, de a telephely tekintetében a szakmai álláspont később sem változott.

4.3. Második gyártelepítési kísérlet a Duna mentén Mohácson

Gerő Ernő kereskedelmi és Bán Antal ipari miniszter 1945. augusztus 27-én, Moszkvában kézzel írt levélben látta el a szovjet–magyar kereskedelmi és együttműködési megállapodást, amely egyebek mellett alapanyagok Szovjetunióból való szállítását könnyítette meg. Diósgyőrben a háborús károk részleges kijavítása után szeptemberben – csökkentett kapacitással – folyamatos termelésre állhattak át.

A szakemberek új vasmű építését mindemellett a háború után is szükségesnek ítélték. A MÁVAG vezérigazgatója az új vasmű tárgyában 1945. szeptember 4-én a 15.900/1945 iktatószámon levelet írt az iparügyi miniszternek. A levél lényeges részeit érdemes idézni:

„Az 1943. január 7-iki iparügyi miniszteri döntés a MÁVAG-ot a honvédelmi program keretében egy évi 200.000 tonna teljesítőképességű vasmű felállítására utasította.

Az ország újjáépítését, valamint iparosodásának fejlesztését, továbbá a külországokkal – elsősorban a Balkánnal – való cserekereskedelem növelését szem előtt tartva, most még fokozottabb mértékben fennáll egy modern, versenyképes vasmű létesítésének a szükségessége...

MAGYAR KIR. ÁLLAMI VAS-, ACÉL- ÉS GÉPGYÁRAK
BUDAPEST, X., KÖBÁNYAI-ÚT 21. SZ.
Sörgyárda: MÁVAG BUDAPEST
TELEFON: 1-40-25-20.
Levélca: BUDAPEST 72. PÓK 61.
112/eln./1938 szám.
A2-2.

Tárgy: új vas- és acélüzemhez adatok.

Közp. Köh. múzeum
Nyrt. sz.: 22.5.41.2.
Közm.: A.70. Jp.

Magyar Királyi Iparügyi Minisztérium,
B u d a p e s t .

Folyó évi 26943/XII. szám alatt kelt egy 18.000 vagón hengerelt készáru évi termelőképeséggel bíró vasmű felállításának adataira vonatkozó rendeletére tisztelettel jelentem az alábbiakat:

A szóbanforgó vasmű felállításának tervezetét fenti rendelet szerint két eshetőségre készítettem el és pedig, ha a vasmű

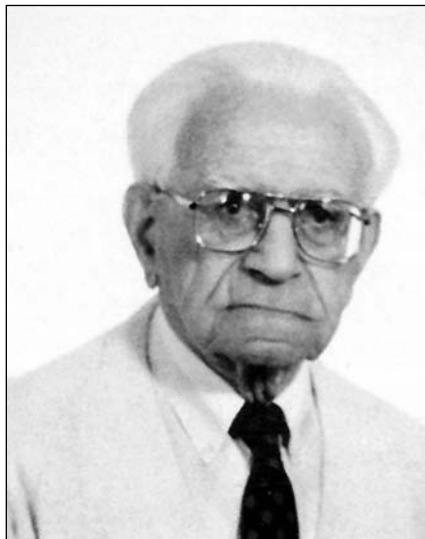
I./ Ajka és Bodajk
II./ Dunaföldvár és Kalocsa között a Duna mentén telepítették. E két esetre a vasmű felállításának tervezetét és költségeit tisztelettel a következőkben részletezem.

Kedvezőbb befolyást gyakorolna a Gyártmányok önköltségére, ha szóbanforgó vasműtelepet Dunaföldvár és Kalocsa között a Duna mentén telepítenénk. Ez esetben az idegenből beszerzett érc vízi uton való szállítási költsége tetemesen kisebb. Emelett meg van a lehetősége annak, hogy jó minőségű törökországi kokszolható szén előreláthatólag versenyáron beszerezhető, kohókokszt házi kezelésben előállítható, melléktermékként nyert kokszgázok metallurgiai célokra felhasználhatók, amiből kifolyólag a gázgenerátor-telep egy része elmaradna.

Budapest, 1938. szeptember hó 1-én.
MAGYAR KIR. ÁLLAMI VAS-, ACÉL- ÉS GÉPGYÁRAK

M. Kovács

■ 1. levél



■ 1. ábra. Sebestyén János (1911–2001)

A jóvátétel súlyos terheket ró az államháztartásra, azonban éppen ezeknek a nagyarányú munkáknak a keretében lehet az ország elavult, tönkretett iparát korszerűsíteni és továbbfejleszteni...

Mivel a javasolt vasmű létesítése a távolabbi jövő szempontjából egy messze tekintő gazdasági programnak részét képezi, tisztelettel kérem megfontolás tárgyává tenni egy olyan rendelkezés kiadását, amely az előmunkálatokon már lényegesen túljutott, 1943. évi vasmű terv megvalósításának kérdését újra tárgyalás alá vétetné."

Ezzel egy időben, szeptember 6-án Kismarty Lóránd gépészmérnök a Magyar Gyáriparosok Országos Szövetségében tartott előadásában – távlatra készített acélmérleg alapján – mutat rá, hogy új vasmű építése indokolt. Az alapos indokok ellenére a nehéz időkben nem születhetett gyorsan döntés.

1945 decemberében létrejött a széles hatáskörű Gazdasági Főtanács és a nagy fontosságú Jóvátételi Hivatal. Ez utóbbi feladata lett a jóvátétel teljesítésének megszervezése, a rendelkezések kiadása és a szállítmányok ellenőrzése. Tény, hogy a Szovjetunió részére a jóvátételt több mint 80%-ban fémek és gépi berendezések szállítással kellett teljesítenünk. A vaskohászat az újjáépítésben és a jóvátétel teljesítésében egyaránt a közvetlen szállításokkal és a gyáripar acéligényének biztosításával nem alaptalanul a főszerepet kapta.

MŰSZAKI FŐOSZTÁLY
T. Kohászati osztály
Ba/né.

Budapest, 1947. november 15.

Feljegyzés

Vas Zoltán miniszter urnak a Mohácson létesítendő kokszolómű, fémű és vasgyár létjogosultsága tárgyában.

- - -

A magyar nehézipar sem kellő mennyiségű vasércsel, annál kevésbé megfelelő kokszal nem rendelkezik. Utóbbi hiánya komoly akadálya az ország vastermelése fejlődésének és egyúttal kiszolgáltatja szomszédai gazdasági önkényének is. A kokszhiány egyébként még igen sokáig krónikus baja marad az egyetemes európai kohászatnak.

A kérdés nézetem szerint csak az, hogy öt-hat év múlva fennáll-e még a maihoz mért nagy vasércszükséglet, ami az új vasmű létesítését is indokolja és amely a jugoszláv érvek relatív közelsége miatt Mohácsot predesztinálja telephelyül. Ha ez nem áll fenn, akkor nem kell a kokszolónak sem a féművel sem a vasúval összekapcsolódnia és Mohács helyett Pest közelében létesítve a kokszoláshoz keltezett gázmenyiség költséges távvezeték nélkül szolgálhatja – megfelelő kántelenítést feltételezve a főváros gázellátását.

A vasmű és fémű létesítése sokkal több és bizonytalanabb előfeltételhez kötött, tökeszükséglete óriási és a fentiek folytán nem is megoldható a kokszolómű nagyon is sürgősen megoldandó kérdéséhez.

Magyar Országos Levéltár

Sebestyén János
a Műszaki Főosztály vezetője

■ 2. levél

1947. november 15-én, a Mohácson létesítendő kokszolómű, fémű és vasgyár létjogosultsága tárgyában Sebestyén János, a Kohászati Központ Műszaki Főosztályának vezetője, feljegyzést írt Vas Zoltán miniszternek (2. levél). Levelében egy kokszolómű építésének fontosságát emeli ki, és utal a vasműépítés óriási tökeszükségletére. Láthatóan ekkor még nem döntött el, hogy egyáltalán sor kerül-e vasmű építésére.

Időközben azért folytak előkészületek, hazai szakemberek az építendő vasmű termékösszetételére, technológiájára tervjavaslatot készítettek. Megjegyezhető, hogy a tervek nem voltak „messze tekintőek”, kivéve Tetmayer Alfrédnek a vegyes helyett az egyprofilú lemez kombinátra és a hengerműre irányuló javaslatát.

A termékprofilal és a vasműtelepítés helyszínének kijelölésével kapcsolatosan idézünk Sebestyén János (1. ábra) 1996-ban írt visszaemlékezéséből:

„A magyar iparügyi kormányzatot már a II. világháború előtt foglalkoztatta, hogy a modernizálódó acélfelhasználás és a hazai acélipari termelés

belső arányai között nyílik az olló, mert gyorsan növekszik a lapos áruk aránya. Az állami acélipar ezért foglalkozott új acéllemezgyár gondolatával. Az elképzelés a háború után a vaskohászat újjáépítésével kapcsolatosan ismét feléledt, mégpedig igencsak alapos okkal, mert akkorra már az acél-szükségletnek több mint felét a lapos áruk tették ki.

Az új vasmű telepítési helye tekintetében – miután azt évekig tartó alapos vizsgálat előzte meg – általánosan elfogadott vélemény volt, hogy a mohácsi terület nem több lehetőségből az optimális, hanem az egyetlen megfelelő. A megkívánt feltételek (nevezetesen, hogy a Duna mentén, jó talajadottságú helyen, Budapesttől legálább 100 km távolságra fekdjön és a tervezett kapacitás kiépítésére, később bővítésére legyen alkalmas) mindegyikét kielégíti."

A Magyar Dolgozók Pártjának Politikai Bizottsága 1949. január 20-i ülésén, az öt éves terv alapvető kérdései keretében (az ötödik napirendi pontban) foglalkozott az új vasmű építésével, és határozott annak Mohácson történő megépítéséről.

HOGY KERÜLT A DUNAI VASMŰ A DUNAPENTELEI PLATÓRA?

/Sziklavyári János úr felkérésére írtam/

Időközben azonban /1949 őszén/ megérkezett a magyar kormány által a vasmű létesítéséhez már előzetesen kért szovjet műszaki segítség részeként a Szovjet Kohászati Tervező Intézet /GIPROMEZ/ mérnök-delegációja, akiket az állami- és pártvezetés mindenekelőtt a telepítési terv felülvizsgálatával bízott meg. Említettem, hogy a vasmű telephelyének kiválasztásánál már eredetileg ^{volt} a magyar kormány által megszabott korlátozó feltétel: a vasmű nem létesíthető a fővárostól számított 100 km-es Dunaszakaszon belül. A szovjet delegáció számára azonban /hogy-hogy nem/ azt az engedményt tették, hogy a Budapesttől számított 100 km-es távolságot nem kell okvetlenül betartaniuk. Ily módon ez a mérnökcsoport "talált rá" a Budapesttől 70 km-re eső dunapentelei fensíkra, amely eddig nem kerülhetett szóba.

A döntés rövid időn belül megszületett. A döntéshozók a 100 km távolság betartására tett engedményről hallgattak, az érintett magyar szakmai körök pedig annak örültek, hogy senki nem tette fel azt a kérdést, miért is nem ők találtak rá Dunapenteleire, az igazi telephelyre. A beruházás évei alatt pedig csak csöndben és nagyon-nagyon szűk körben merték a szakemberek felmérni, milyen beruházási többletet és milyen folyamatos, máig is meglévő üzemeltetési, szállítási, karbantartási, stb., stb. többletköltséget jelent a telephely megváltoztatása. /12 m helyett folyamatosan 50-60 m-re emelni a teljes vízszükségletet. Ugyanígy fel- és leszállítani a dunai kikötőn keresztül futó árukat. Az I. osztályú mohácsi lösztalaj helyett a dunapentelei sokkal kisebb teherbírással és sokkal kevésbé állékony II. és III. osztályú lösztalajra építkezni. A meglévő Mohács város és infrastruktúrái továbbépítése helyett a pusztaságban újakat teremteni stb./

Budapest, 1996. szeptember 11.

Sebestyén János

vá, az amerikai imperialisták bábjává". Nem volt biztonságtechnikailag sem indokolt ugyan, hogy a vasmű a határtól 10-15 percnyi repülési távolsággal távolabb legyen, mégis ez történt. A szovjet szakemberek találtak rá Dunapentele határában a vasmű igazi – immár végleges – helyére (3. levél).

5. A dunapentelei platón 1950-ben kezdődött a máig is üzemelő vasmű építése

Sebestyén Jánost nem lepte meg a nehézipari miniszter levele (4. levél), hiszen már ismerte a Politikai Bizottság 1949. december 23-i határozatát, amely elfogadta a szovjet szakértők javaslatát Dunapenteleléről.

A széles látókörű – Széchenyi bölcsességével és kötelességteljesítő készségével rendelkező vezérigazgató – idővesztés nélkül, személyesen szervezte meg a dunapentelei kirendeltséget, megerősítve azt olyan kiváló szakemberekkel, mint *Dancsházi Gusztáv, Tóth Sarudi Béla, Tetmayer Alfréd, Éles László, Szeles László, Pilter Pál, Claus Alajos* és mások. A kirendeltség vezetését *Borovszky Ambrus*ra, a kombinát őt követő, 1953 utáni vezérigazgatójára bízta.

■ 3. levél

1949 februárjában – döntően a vasműépítés lebonyolítására – létrehozták a Nemzeti Beruházási Vállalatot, melynek vezetőjévé Sebestyén Jánost nevezték ki. Az 5 éves terv 1950. január 1-jén indult, 1949 elején még nem voltak részletesen elfogadott tételei, mégis „előre siettek”.

A kormányzat elrendelte a beruházás előkészítését. Mohácson, 1949 nyarán lakások, út- és csatornaépítés kezdődött, később közúti és vasúti építési munkálatok is folytak. Moszkvában tavasszal és augusztusban is tárgyaltak a megvalósításban nyújtandó szovjet (tervezési és egyéb) segítségről. *Czottner Sándor* államtitkár és Sebestyén János, a NEB vezérigazgatója elfogadta azt a javaslatot, hogy a főterveket a szovjetek, főként a GIPROMEZ tervezői, a részletterveket magyar tervezők készítsék el.

Ezután nem sokkal az eddigi műszaki-gazdasági elgondolásokkal szemben megjelentek a politikai szempontok. Ekkor vált *Tito* „láncos kutyá-

dr. Mikó István.
6.957/1949/eln/3--

NEHÉZIPARI MINISZTER
BUDAPEST, V. SZABADSGÁY-TÉH 5. E.
TELEFON 122-123-124

ERKEZETT
1949 DEC 30
NEB N.V. 2403

Nehézipari Beruházási nv.
Sebestyén János vezérigazgató kez-
hez,
B u d a p e s t.
VI., Sztálin ut 113.

DUNAI VASMŰ
Köztársasági üzemeltető

5/4

A Minisztertanács az 1949. december 28-án megtartott ülésén elhatározta a Dunapentele község határában kősz-, nyersvas-, acél- és hengerelt áru gyártásával foglalkozó vállalat létesítését. A vállalat cége: Dunai Vasművek nv. lesz.

Elrendelem, hogy kellő időben tegyen hozzászólást a munkálatok ütemtervének megállapítására és a vállalat megalapítására.

1950. január hó 8-ig hosszúsága rendelkezésemre szokat a térképeket és adatokat, amelyek a Dunai Vasművek nv. céljára szükségesek kb. 600 hold terület kiszámításához szükségesek.

Az ipar diszlokációjának végrehajtásával kapcsolatban a mohácsi körzetben új ipari létesítmények elhelyezése szükséges. A minisztertanács elhatározta 3./ pontja felkéri az Országos Tervhivatal elnökét, hogy a nehé- és könnyűipari miniszterekkel egyetértésben 1950. január 15-ig tegyen előterjesztést a Népgazdasági Tanácsnak az ide telepítendő vállalatok alapítására. Az új vállalatok alapításánál szükség van a mohácsi körzetben már felépített létesítményekre.

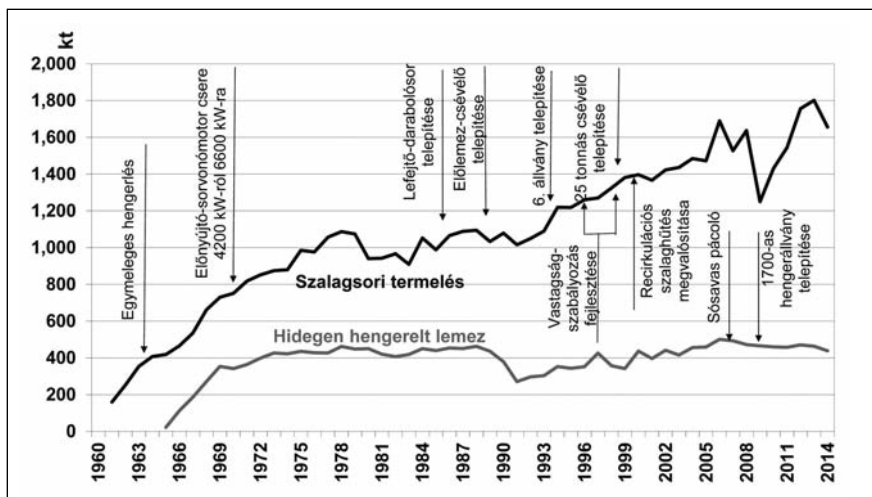
Felhívom, hogy a határozat végrehajtása érdekében szükséges intézkedésekre vonatkozó javaslatát 1950. január 5-ig hosszúságú jelentse.

Budapest, 1949. évi december hó 29-én.

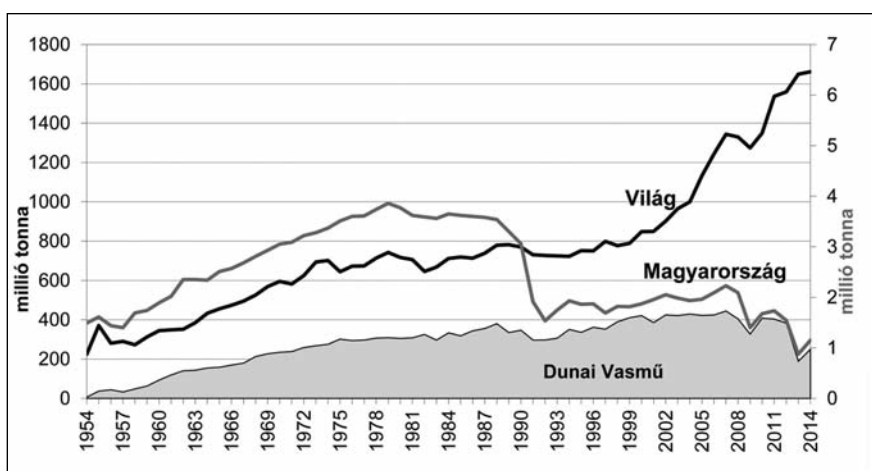
A kiadomány hitelét
Dvorák László
mín. íródatist

Zsófinyecz Mihály s.k.
nehézipari miniszter

■ 4. levél



■ 2. ábra. A Dunai Vasműben melegen és hidegen hengerelt lemez mennyisége



■ 3. ábra. A világ, Magyarország és a Dunai Vasmű acéltermelése

A Dunai Vasmű építésében sok vállalat és több – más-más tárcához tartozó – országos szervezet kapott fontos feladatokat. A minisztertanács, hogy a sokféle irányítás okozta zavarokat kiküszöbölje, Sebestyén Jánost – meghagyva NEB-vezérigazgatói tisztségében – a tárcák közötti koordinációs hatáskörrel, kormánybiztosi tisztséggel ruházta fel. Ettől kezdve egy személyben felelős irányítója lett a vasmű és az épülő város tekintetében is a beruházásnak.

Sebestyén János, aki már 1949-ben részt vett a szovjet tervezőkkel történt egyeztetéseken, elérte, hogy a Tetmájer javaslata szerinti koncepció valósuljon meg, mégpedig az, hogy egyprofilú acéllemezt gyártó kombinát épüljön. Visszatekintve valószínű,

hogy ennek döntő szerepe volt abban, hogy a mű maig talpon maradt.

Az Állami Ipari Tervező Iroda 1950 januárjában állította össze a tervezés kiinduló adatait, az ennek alapján a GIPROMEZ által készített vezértervet az év novemberében a Népgazdasági Tanács az építkezés első lépcsőjének tekintve fogadta el. A második ütemben, a berendezések duplikálásával évi közel egy millió tonna acéltermelés elérését tervezték. A magyar szakemberek felkészültségének köszönhetően (új típusú acélgyártó kemencék építése, az acélgyártás intenzifikálása, a hengersorra 5. állvány építése, egy meleges hengerlés stb. útján) a berendezések duplikálása nélkül sikerült 1972-re évi egy millió tonna acélt legyártani, és azt le is hengerelni. Az

építés második üteme elmaradhatott (2. ábra).

A Dunai Vasmű rentábilis működése lehetővé tette, hogy a beruházásra fordított kiadásokat 1968-ra visszafizette a magyar államnak.

A gyártóegységek szellős telepítése bővítésre, új technológiák (folyamatos acélöntő művek, konverter üzem, koksoló blokk, lemezfeldolgozó részleg stb.) kiépítésére adott és adna további lehetőséget.

A 3. ábrán a világ, Magyarország és a Dunai Vasmű (DUNAFERR) acéltermelési adatait tüntettük fel. Látható, hogy az '50-es évektől a rendszerváltásig acéltermelésünket csak a Dunai Vasmű megépítésével tudtuk a világ acéltermelésének növekedési ütemével azonos mértékben növelni. Részesedésünk ez időszakban a világtermelés 0,5%-a volt (korábban ezt meghaladta), most alig több 0,1%-nál. A lemezkombinát a rendszerváltás után is talpon maradt. Termékeinek van piaca, közvetlenül vagy közvetve, az országban tízezernél több embernek ad munkát, biztosít megélhetést.

A gyárépítés megkezdésének 50. évfordulóján megjelent publikációkban méltán nevezték a gyár történetét sikertörténetnek. Fejert hajtunk azok előtt, akik lehetővé tették a vasmű felépítését, az építőknek, akik a sártengerrel dacolva az építkezésen dolgoztak és annak a sok ezer gyári dolgozónak, akik munkájukkal – az elmúlt immár közel 65 évben – hozzájárultak ehhez a sikerhez.

Irodalom

- [1] DUNAFERR – DUNAI VASMŰ krónika, Dunaújváros, 2000, 564 old.
- [2] BKL Kohászat DUNAFERR különszám, 2000. szeptember-október
- [3] 60 éve kezdődött Dunapentele határában egy új vasmű építése, BKL Kohászat 2010/3. szám, 1–7. old.
- [4] Sebestyén János, a dunapentelei vasmű létesítésének előkészítője, a Dunai Vasmű építésének kormánybiztosa. Dunaferr Műszaki Gazdasági Közlemények 2011/3. szám 165–167. old.

Automata felületellenőrző rendszer alkalmazása az ISD DUNAFERR Zrt.-nél

Fontos lépést tett az ISD DUNAFERR Zrt. a melegen hengerelt és pácolt termékek felületi tulajdonságainak javítása érdekében. A Cognex SmartView típusú automatikus felületellenőrző és elemző berendezések telepítésével hosszú távon is biztosíthatóvá válik a megfelelő minőségű termékek kiszállítása és a hatékony technológiai beavatkozások végrehajtása. A rendszer alkalmazásával a folyamatosan növekvő vevői igények magasabb szinten történő kielégítését célozta meg a vállalat, amely stratégiai fontosságú döntés.

A feldolgozóipar igényeinek megváltozásával, illetve az ISD DUNAFERR Zrt.-nél megvalósult új pácolósor telepítésével jelentős mértékben megnövekedett a melegen hengerelt pácolt termékek iránti igény.

A korábbi, leginkább építőipari felhasználások helyett most elsősorban a gépgyártás, háztartási eszközök, gépek, illetve autóipari felhasználások váltak jellemzővé. Ezen felhasználások természetesen módon sokkal szigorúbb minőségi követelményeket támasztanak termékeinkkel kapcsolatban.

A megváltozott termékstruktúra és minőségi követelmények mellett folyamatosan jellemzővé vált a kínálati piac, amelynek a kezelése csak a minőségi színvonal folyamatos fejlesztésével lehetséges.

Az ISD DUNAFERR Zrt. működése alapvetően a technológiai folyamatok paramétereinek szabályozásán alapul. A megfelelő szabályozáshoz elengedhetetlenek a megfelelő technikai berendezések (pl. vastagságmérő berendezések, hőmérsékletmérők stb.). A folyamatosan változó, szigorodó vevői igények miatt az acéltermékek felületi tulajdonságai egyre nagyobb kihívás elé állítják vállalatunkat.

Az acéltermékek felületi tulajdonságainak jellemzésére, szabályozására több érvényes műszaki szabvány is létezik. Jellemző módon ezen szabvá-

nyok többnyire általános előírásokat tartalmaznak, a felületi tulajdonságok korrekt megítéléséhez nem adnak elegendő információt.

Az ISD DUNAFERR Zrt.-nél hagyományosan vizuális ellenőrzéssel, emberi szemmel kell a felületi hibákat észlelni, megítélni, ami alapján a termék minősítése történik. A szemmel történő ellenőrzés többnyire a felső felületre koncentrálódik, így az alsó felületen lévő esetleges hibák igen nagy kockázatot jelentenek. Az elmúlt években végrehajtott beruházások olyan mértékben gyorsították fel a hengerlés sebességét, ami bizonyos berendezéseknél gyakorlatilag lehetlenné tette a szemmel történő ellenőrzés hatékony végrehajtását.

Elsősorban a melegen hengerelt pácolt termékeknel emelkedtek, és jelenleg is emelkednek a vevői elvárások, ami szükségessé tette egy a jelenleginél sokkal hatékonyabb ellenőrzési módszer bevezetését.

Jelenleg több vevőnk, illetve a konkurens acélgyártók is rendelkeznek már különböző típusú automatikus felületellenőrző és elemző berendezéssel, így biztosítva a hibamentes felületet, illetve az esetlegesen észlelt hiba gyors visszacsatolásával az újabb hiba keletkezésének megakadályozását.

Automatikus felületellenőrző, elem-

ző berendezések forgalmazásával, telepítésével több kisebb-nagyobb vállalat is foglalkozik a világon. A megfelelő döntés érdekében négy különböző berendezés műszaki ajánlatát vizsgálták meg az ISD DUNAFERR Zrt. technológiai, beruházási és minőségügyi szakemberei. Az ajánlott berendezéseket a SIEMENS VAI, az ISRA PARSYTEC, a KYBERNETIKA, illetve a COGNEX forgalmazza. A részletes műszaki leírások mellett lehetőség nyílt mindegyik berendezés ipari körülmények között történő üzemelésének megtekintésére is.

Figyelembe véve a használhatóságot, a műszaki paramétereket és természetesen a bekerülési költséget, egyértelműen a COGNEX amerikai beszállító berendezését választottuk ki.

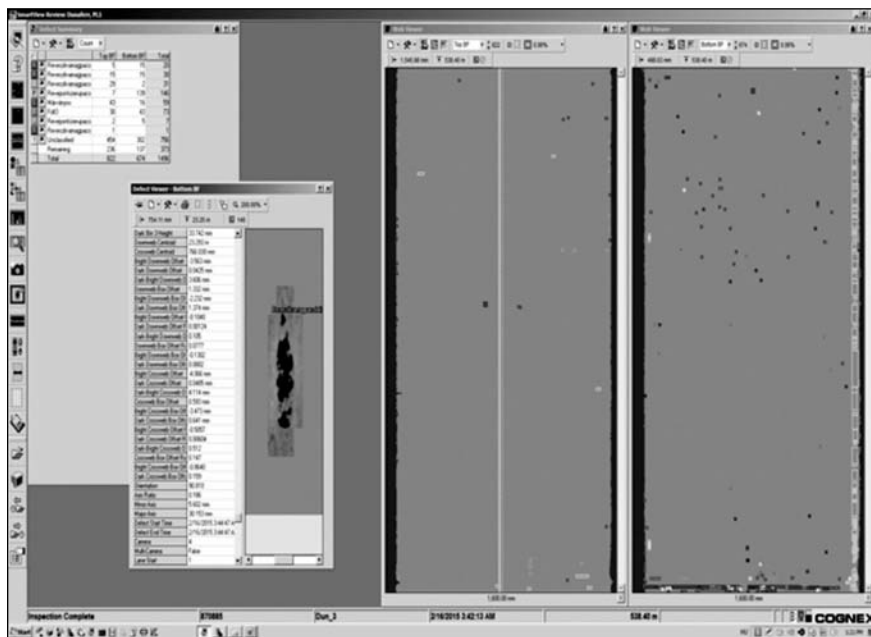
Az eredeti terveknek megfelelően két berendezés szállítására történt szerződéskötés. 2014 októberében ment végbe az első berendezés telepítése a pácolósorra. A második berendezés beüzemelésére 2015 márciusában került sor a meleghengermű hengersorán.

A Cognex SmartView egy optikai hálófigyelő rendszer, amely automatikusan észleli a szalag felületének elváltozásait. A hibákat a meleghengerműben felületenként 3-3, míg a pácolósoron 2-2 kamera érzékeli, amelyek folyamatosan figyelik a lemez felületét. Ezen rendszer segítségével lehetőségünk van a periodikus, illetve a folyamatos hibák azonnali kiszűrésére is. Ez azért fontos, mert így a gyártóberendezés által okozott felületi hibák rögtön észrevehetőek, és lehetőség nyílik az azonnali beavatkozásra, hibaelhárításra.

Ahhoz, hogy ezen információk megbízhatóak legyenek, egy hosszabb betanítási folyamatra van szükség a beüzemelést követően. Rendkívül fontos feladat a rendszer érzékenységének megfelelő beállítása. A tanítás során minden létező felületi hibáról a lehető legjobb minőségű fényképeket szükséges rögzíteni, ami

Éberhardt Zoltán gépészmérnök, minőségügyi szakmérnök és minőségirányítási rendszermenedzser diplomával rendelkezik. 2007 óta az ISD DUNAFERR Zrt. minőségügyi főosztályvezetője.

Farkas Krisztina műszaki menedzser szakon, anyagmérnök szakirányon szerzett diplomát. 2011 óta az ISD DUNAFERR Zrt. Minőségügyi Főosztályán szakértői munkakörben dolgozik.



■ 1. ábra. A megtekintő képernyőjén létrehozott hálótérkép és hibatáblázat

alapján a rendszer automatikusan elemzi az ahhoz tartozó tulajdonságokat. Megfelelő számú minta alapján a berendezés találati aránya is elfogadhatóvá válik. A többi acéltermékgyártó vállalat gyakorlati tapasztalata alapján a betanítás egy állandó tevékenységet fog igényelni, de a beüzemelés után több hónapra lesz szükség a megfelelő működés eléréséhez.

A sikeres betanítási folyamat során különböző alkalmazások használata szükséges.

Az észlelt hibák felismerésének betanításához szükség van a rendszer érzékenységének megfelelő beállítására, a küszöbértékek ideális meghatározásával. Különböző szabályrendszerek beállításával el kell érni, hogy a rendszer képes legyen a hibák összerendelésére, azaz képes legyen felismerni, hogy a kis hibák sorozata valójában egyetlen, hosszú anyaghibát jelent. Nem elhanyagolható, hogy a „zaj” kiszűrését is sikeresen kezelje. Az érzékenység, a különböző szűrők és a szabályrendszerek megfelelő beállításával elérhetővé válik, hogy a rendszer a tényleges hibákat észlelje, felismerve azok esetleges ismétlődését, összefüggését. A rendszer által felismert hibákat kategorizálni szükséges, ennek megfelelően hibakönyvtárakat kell létrehozni, ahol az adott hibák fényképeit, illetve a hozzá tartozó közel 200 paramétert kell elmenteni.

A hibatípusonként létrehozott könyvtárak egymástól jól elkülöníthető paraméterekkel jellemezhető hibákat tartalmaznak, ami kellő számú minta alapján lehetővé teszi a rendszer számára a hiba korrekt azonosítását.

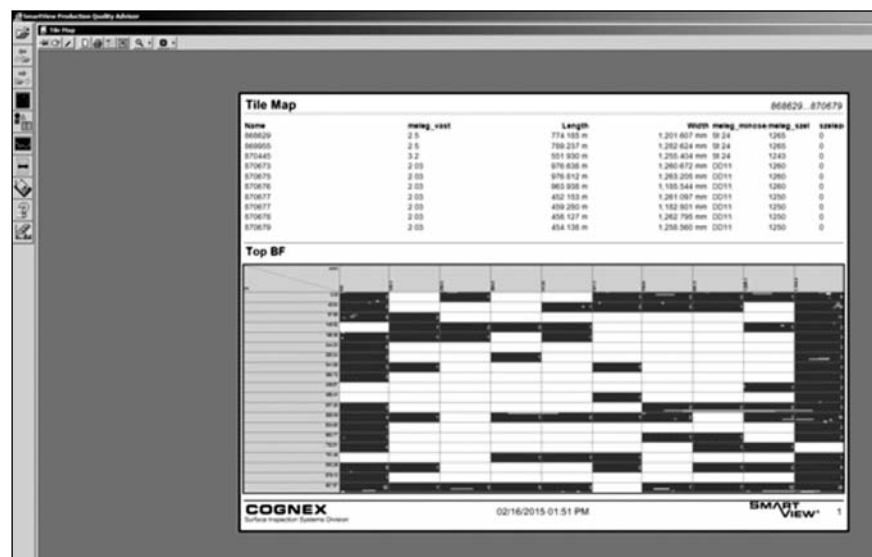
A létrehozott és később szabadon bővíthető könyvtárszerkezetben a hibák mind elnevezésükben, mind pedig a jelölés színével jól elkülöníthetőek, ezzel biztosítva a lemezminőség áttekinthetőségét során a hibák könnyű azonosítását.

A SmartView alkalmazások sokszínű felhasználást tesznek lehetővé, melyek közül a leglényegesebbek a következők.

A vezérlőpult segítségével irányítható az átvizsgálás, az éppen futó gyártásnál vagy régebbi termékeknel, kiválasztva az ellenőrzéshez szükséges beállításokat. Megtekinthetők a rendszer által készített hibatérképek és összesítő táblázatok, természetesen a lemez mindkét felületén. A hibatérkép és annak összefoglalóján kívül lehetőség nyílik a videofelvétel megtekintésére is. A vezérlőpult alkalmazása intuitív, ikonalapú és testre szabható.

Lehetőség van az adott berendezésen már legyártott tekercesek újbóli átvizsgálására, az aktuális termék felületi hibáinak megtekintésére, az ellenőrzési adatok elemzésére. A megjelenő hálótérképen (1. ábra) van lehetőség a szalag teljes felületének ellenőrzésére. Táblázatban pedig lekérdezhető a megjelenő hibák mennyisége az adott tekercesen belül. Természetesen a konkrét hiba ellenőrzésére is van lehetőség.

Testre szabott jelentések generálására és átvizsgálási adatok szelektív exportjára is alkalmas a rendszer. Segítségével nemcsak táblázatos formában lehetséges a jelentések elkészítése, hanem a hibának a szalagon belüli pontos elhelyezkedését jelölő, úgynevezett háló-, illetve csempetérképeken is (2. ábra). Ezen alkalmazás segítségével jelentős előrelépés lehetséges a technológiai folyamatokban, a hibák okának meghatározásában, hiszen a hibák pontos koordináták szerinti elhelyezkedése is ismertté és láthatóvá válik.



■ 2. ábra. Revét jelölő összesített csempetérkép

Néhány főbb lehetséges jelentéstípus:

Átvizsgálás összesítő: hibatípusonkénti összefoglalás készítéséhez használható, külön figyelve az alsó és felső felületet.

Sávösszesítő: hibák mennyiségének összehasonlítására szolgál.

Részletes hibajelentés: részletes hibajelentés készítéséhez használható, mely tartalmazza a hibákra jellemző főbb tulajdonságokat, az átvizsgálás kezdetétől a végéig.

Fordított irányú részletes jelentés: részletes hibajelentés készítéséhez használható, mely tartalmazza a hibákra jellemző főbb tulajdonságokat, az átvizsgálás végétől a kezdetéig.

Hibatérkép sáv szerint: minden egyes helyzetben előforduló hibák feltérképezése ugyanolyan sorrendben, mint az átvizsgálási adatok, az átvizsgálás kezdetétől a végéig tekintve.

Isméltlődő hibajelentések: az ismétlődő hibák pontos elhelyezkedésének és az ismétlődés periodicitásának megjelenítésére használható.

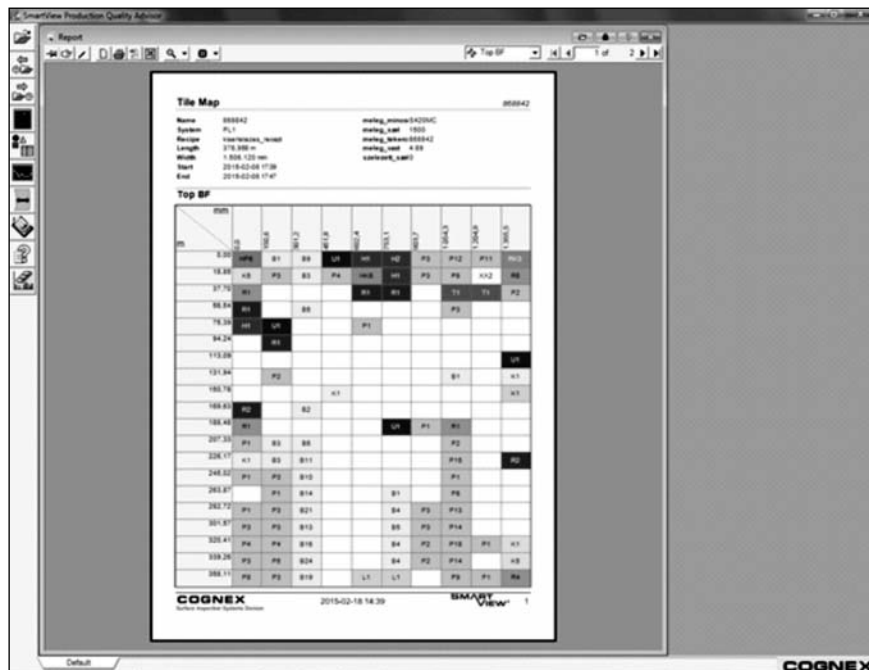
Az elkészített jelentések szabadon kinyomtathatóak, exportálhatóak, de akár automatikus nyomtatás is beállítható.

Fontos figyelembe venni, hogy minőségként és vevőnként eltérő felületi tulajdonságok, követelmények jellemezhetik a különböző termékeinket.

Különböző terméktípusok ellenőrzéséhez eltérő beállításokra lehet szükség. A rendszer lehetőséget biztosít az egyes termékek ellenőrzéséhez, sajátosan jellemző paraméterek definiálására is. Az eltérő beállításokat tartalmazó átvizsgálási szabályrendszereket recepteknek nevezzük. A receptek alkalmazása szabályozza a termékre specifikus és az átvizsgáláshoz szükséges beállításokat, és csoportosítja azokat az átvizsgálási folyamatokhoz. A megfelelő beállítás az átvizsgáláshoz automatikussá tehető.

A pontos vevői igények ismeretében, akár egy vevőspecifikus minősítési rendszer kialakítására is van lehetőség a feldolgozási követelményeknek megfelelően, a vevők megelégedésére.

A felhasználói hozzáférést a SmartView rendszer, Gyártási Minőség Elemző, röviden PQA (Product Quality Advisor) alkalmazása biztosítja. Ez a program lehetőséget



3. ábra. PQA: összesített csempetérkép

nyújt bármilyen minőségügyi jelentés elkészítésére és nyomtatására. Egy adott tekerics hálótérképét vagy sávdiagramját is megtekinthetjük a segítségével, így a hibák tekericsen belüli elhelyezkedéséről pontos információkhoz juthatunk.

A gyártás közbeni folyamatos vizszacskatolás mellett a felhasználók bármikor hozzáférnek a már felcsévelt acélszalag felületi hibáinak adataihoz. Ez a vizsgált tekercs minősítésénél rendkívül fontos, mely természetesen hozzájárul a vevői reklamációk mennyiségének csökkentéséhez is, növelve vevőink elégedettségét.

Az elkészíthető jelentések főbb típusai:

- Átvizsgálás összesítése: hibák mennyisége nézetenként.
- Hiba részletei: kijelölt hibák listázása tulajdonságokkal.
- Ismétlődő hibák: észlelt ismétlési sorozatok listája.
- Sávösszesítő: hibák mennyisége sávonként.
- Sávterkép: a sávokon címkeként megjelenített hibalisták.
- Csempetérkép: domináns hibák lapozzaikonként (3. ábra).
- Hálótérkép: hibatérképek grafikus hálótérképe.
- Termelési összesítés.
- Tendenciaelemzés.

A fent említett alkalmazásokon felül megfelelő méretű tárhely kapacitás esetén még van lehetőség egy úgyne-

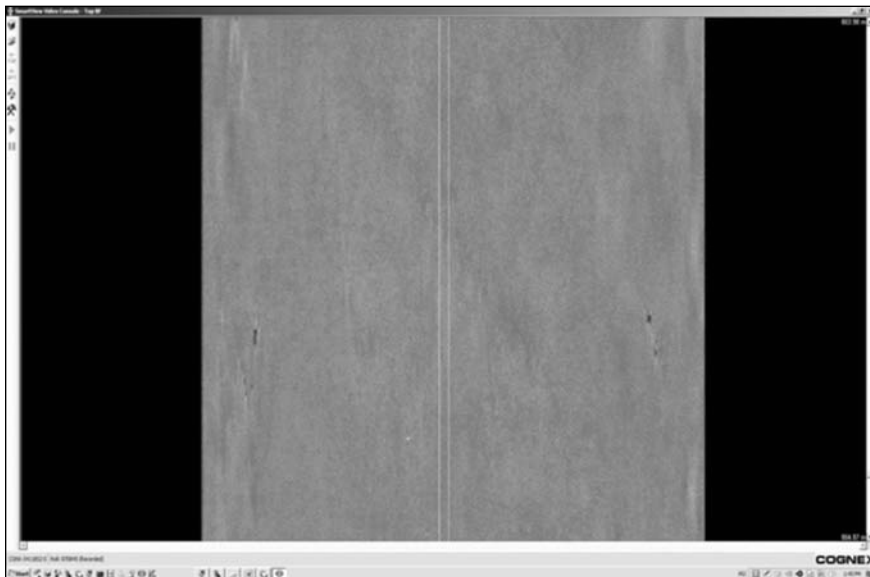
vezett Videokonozol (4. ábra) használatára is. Ez tulajdonképpen egy tekercsátcsévlő program, melynek segítségével a tekercsat elejétől a végéig megtekinthetjük fizikai átcsévlés nélkül, ami jelentősen csökkenti a költségeket.

A Cognex SmartView felületellenőrző berendezésének használata lehetővé teszi a felületi hibák miatti leminősülések csökkentését is. Adott felülethez esetén a megfelelő beavatkozások (pl. hengercsere) végrehajtásával azonnal, gyakorlatilag az első hibás tekercs keletkezése után meg lehet szüntetni a hibát okozó problémát. Ezzel jelentősen csökkenthető a keletkező inkurrens készlet mennyisége, ami gyorsabb és gazdaságosabb termelést eredményez.

A COGNEX és a SAP rendszerek kapcsolata

A COGNEX rendszer használatával jelentősen több és pontosabb információ keletkezik a gyártott termékek felületi tulajdonságáról, a hibák gyakoriságáról, súlyosságáról, méretéről és elhelyezkedéséről. Ez a pontosabb információ lehetőséget teremt a minősítési rendszer átfelújítására is.

A COGNEX rendszerrel ellenőrzött termékek kiértékelése minden esetben méteres szakaszokra osztva fog történni. Az adott szakaszon található felületi hibák alapján egy százalékos



■ 4. ábra. Videokonzolban a szalag felülete

kiértékelés készül, mely átkerülve az SAP rendszerbe, alapul szolgál a termék korrekt minősítéséhez. Ezen felületi mátrixok tartalmazzák az észlelt hibaokokat, intenzitásonként különböztetve. Adott termék szerződésre való megfelelésének automatikus meghatározása az alsó és felső felület összesített mátrixának minősítéséből adódik.

A különböző felületi hibák súlyosságát intenzitásonként különböztetjük meg. Az alkalmazott minősítési rend-

szerben 1–5-ig lehet besorolni az adott felületi hibát, ahol a legenyhébb hiba az 1-es intenzitású, a legsúlyosabb pedig az 5-ös.

A méteres szakaszokra felosztott tekercsek felületén észlelt, különböző intenzitású hibák alapján százalékos kiértékelés történik, amely a hibás szakaszok arányát mutatja a teljes szalaghosszhoz viszonyítva. Fontos azonban megkülönböztetni a szalagon belüli hibás szakaszok arányát, illetve az adott hibák arányát a teker-

1. táblázat. Összesített felületi mátrix

| Intenzitás | | Hibakód | | | | |
|------------|-------|---------|-----|-----|----|-----|
| % | Érték | 3 | 10 | 2 | 5 | 4 |
| 48 | 5 | 25% | | | | |
| 20 | 4 | 38% | 33% | | | |
| 13 | 3 | 43% | | 13% | 5% | |
| 19 | 2 | 28% | | | | 68% |

csen belül. Ennek megfelelően kétféle értékelést alkalmazunk a mátrixban.

A felületi hibákat kódszámokkal különböztetjük meg a minősítési rendszeren belül. Az 1. táblázatban is látható, hogy különböző hibák szerepelnek a mátrixban. Példánkban a revehibából (3-as kód) 25% 5-ös intenzitású, 38% 4-es intenzitású, 43% 3-as intenzitású és 28% 2-es intenzitású van az adott tekercsben.

A leminősült termékek további sorának meghatározása érdekében, lehetőség lesz külön a felső és az alsó felületi mátrix megtekintésére is.

Természetesen minden keletkező felületi hiba nem szüntethető meg azonnal, sőt sok esetben még a keletkezési okok sem ismertek. A rendszer által biztosított részletes hibatérképek, méretek, elhelyezkedések, gyakoriságok azonban olyan segítséget nyújthatnak az érintett szakembereknek, amit eddig nem lehetett biztosítani. A megnövekedett adatmennyiség, információ nagymértékben megkönnyíti a gyökérok feltárását, a technológiai beavatkozásokat.

Továbbra is keletkezni fognak felületi hiba miatt leminősült termékek, melyekből a veszteségek csökkentése érdekében meg kell próbálni a lehető legtöbb I. osztályú, megfelelő készárut készíteni. Ehhez is rendkívül nagy segítséget fog jelenteni a rendszer megfelelő használata, hiszen a hibák elhelyezkedésének pontos ismerete lehetővé teszi a programozás, javítás során a leggazdaságosabb megoldás megtalálását.

Fentiekkel nem csak egy minőségi ugrás érhető el, hanem jelentős gazdasági előnyök is megvalósíthatóak.

Beszámoló a 9. Nemzetközi Clean Steel Konferenciáról

A konferenciára másfél éves előkészítő munka után 2015. szeptember 8–10. között, a budapesti Hotel Danubius Flamencoban került sor. A főszervező és házigazda az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület volt; ezt a munkát az acélpár 5 nemzetközi szervezete mellett

16 nemzeti vaskohászati egyesület támogatta.

A Clean Steel konferenciák sorozata 1970-ben, Balatonfüreden indult; azóta 3-5 évenként mindig Magyarországon kerül rá sor. A konferencia lényegében az egyetlen olyan rendezvény nemzetközi szinten is, amely

a kevés szennyezőt, elsősorban zárványt tartalmazó acélok előállításának elméletével és gyakorlatával foglalkozik; a résztvevők, előadók egy része ezért visszatérő vendég.

A konferencián 35 országból 175 szakember vett részt. Több mint egyharmaduk Európán kívüli országból

érkezett; különösen sokan jöttek Franciaországból, Koreából és az Egyesült Államokból. 36 acélipari társaság képviseltette magát a rendezvényen, köztük a világ legnagyobbjai (ArcelorMittal, POSCO, US Steel, Severstal, Tata Steel stb.).

Az 54 előadást tematikájuk alapján 10 szekcióban tartották meg; az előadások fele vállalatoktól, másik fele egyetemokről és kutatóintézetekből érkezett.

A konferenciát szeptember 8-án reggel *dr. Tardy Pál*, a Szervező Bizottság vezetője nyitotta meg, az OMBKE nevében *dr. Tolnay Lajos*, az egyesület tiszteletbeli elnöke üdvözölte a résztvevőket. Az ezt követő plenáris szekcióban hat előadás hangzott el; a nemzetközileg elismert előadók átfogó képet adtak a konferencia fő témaköreinek helyzetéről, új eredményeiről:

- A tiszta acél és a tiszta környezet metallurgiája (*J-P. Birat*, Európai Acéltechnológiai Platform)
- A kén eloszlása a zárványok és az acéolvadék között (*E. P. Heikkinen* és társai, OULU Egyetem, Finnország)
- Komplex zárványok keletkezése az acélban (*R. Inoue* és társai, Akita Egyetem, Japán)
- A zárványosság alakulása üstmetallurgiai kezelés során (*P. Scheller* és társai, Bergakademie Freiberg, Németország)
- Az acél tisztaságának szabályozása elektrosalakos átolvasztásnál (*Z. Jiang* és társai, Northeastern University, Kína)
- Analitikai eszközök a tisztaság vizsgálatára kalciummal kezelt acéloknál (*E. Pretorius* és társai, NUCOR Steel, USA)

Ezt követően két párhuzamos szekcióban az alábbi területekről hangzottak el előadások:

- a zárványok keletkezése és módosítása;
- szimuláció és modellszámítások;
- az acél tisztaságának javítása a gyakorlatban;
- szekunder metallurgia és átolvasztás;
- salakok és folyósító anyagok szerepe;
- az acél tisztasága és a folyamatos öntés;
- ötvözött és nemesacélok;



■ A konferencia megnyitója



■ A konferencia hallgatósága

- az acél tisztaságának vizsgálata;
- az acél tisztasága és tulajdonságai.

A résztvevők elektronikus formában (pendrive-on) megkapták az előadások kéziratát. Annak érdekében, hogy az előadásokat könnyen tudják követni, a kivonatokat nyomtatott formában kapták meg, minden kivonat után megfelelő helyet hagyva a jegyzeteléshez.

A szekcióelőadásokon résztvevők aktívak voltak; a szekciók végén sorra kerülő vitákban sok kérdés, megjegyzés hangzott el. Jellemző, hogy a plenáris záróülésen is megtelt a terem; ezen J-P. Birat foglalta össze a legfontosabb megállapításokat, Tardy Pál pedig megköszönte a szervezők, az előadók, a résztvevők eredményes munkáját. Bejelentette, hogy a következő, jubileumi konferenciát (10. konferencia, 50 éves jubileum) 2020-ra

terveztük; a résztvevők azonban kérték, hogy hozzuk közelebb az időpontot, amit 2018-ra javasoltak.

A konferencia vacsorára a hagyományoknak megfelelően az Európa hajón került sor; a jó konyha, a jó magyar borok és az esti budapesti panorama minden vendéget lenyűgözött.

A résztvevőket kísérő személyek részére turisztikai programot szerveztünk. Ennek során budapesti városnézésre (köztük a Parlament meglátogatására), lovasbemutatóval bővített gödöllői kastélylátogatásra és a Vásárcsarnok bejárására került sor.

A konferencia előadásait tartalmazó pendrive a szervezőknél megvásárolható, a prezentációkat kitesszük a konferencia honlapjára (www.cleansteel9.com), ahol ez év végéig lesznek elérhetőek.

Tardy Pál

FEGYVERNEKI GYÖRGY – TOKÁR MONIKA – MERTINGER VALÉRIA – DÚL JENŐ

Módosító elemek (Sr, Sb) hatásának vizsgálata Al–Si öntészeti ötvözetekben

A dinamikusan fejlődő öntvénygyártás területén a járműipari öntvényeknek az egyre szigorodó követelmények teljesítése érdekében több feltételnek is meg kell felelniük. Napjainkban az öntvénygyártásban egyre nagyobb arányban használnak fel szekunder ötvözeteket, amelyekben az előforduló szennyező elemek hatása nem kellően ismert. Fontos tudni, hogy az Al–Si öntészeti ötvözetekben előforduló szennyező elemek mennyisége jelentősen összefügg az alapanyag minőségével. Ezen ötvözetekben az eutektikum szilíciumának módosítására jellemzően stronciumot, vagy antimont használnak. A hulladék feldolgozását követően ezek az elemek együtt jelenhetnek meg az olvadéokban és intermetallikus vegyületek kialakulásához is vezethetnek. Munkánk során AlSi8Cu3 ötvözetben az antimon és a stroncium együttes keresztthatását vizsgáltuk az eutektikum szilíciumának a módosíthatóságára és a mechanikai tulajdonságokra. Ezt három különböző módszerrel határoztuk meg: szövetszerkezeti etalonképekkel történő összehasonlítással, termikus elemzéssel és kvantitatív számítógépes képelemzéssel. A mechanikai tulajdonságokat különböző hűlési sebességek függvényében vizsgáltuk.

ötvözetek morfológiájának változását eredményezi, azaz a durva, lemezes szerkezet helyett finomított, szemcsés, gömbszerű alakban kristályosodik az eutektikum szilíciuma [3–5]. A szennyezők ronthatják a módosító hatást, így ez által a végső termék mechanikai tulajdonságait [6–7].

Munkánk során laboratóriumi körülmények között különböző antimon- és stronciumkoncentrációkban öntöttünk próbatest sorozatokat. A tervezett koncentrációtartományok 5–300 ppm stroncium és 40–340 ppm antimon között voltak. Megterveztünk és azt követően teszteltünk egy változó falvastagságú öntvénygeometriát. A szakítóvizsgálathoz az öntött próbatestből munkáltuk ki a szakítópalcákat.

A módosíthatóság mértékének meghatározásához lehűlési görbéket vetünk fel és kvantitatív metallográfiát alkalmaztunk. A mechanikai tulajdonságok meghatározásához a vizsgált minták esetében Instron 5982 szakítógépet használtunk 0,004 mm/mm/s szakítási sebességgel. A szakítópálca töretfelületek és csiszolatok vizsgálatához EDAX rendszerrel felszerelt Zeiss EVOMA 10-es scanning elektronmikroszkópot (SEM) alkalmaztunk.

1. Bevezetés

Az Al–Si öntészeti ötvözetek esetében a szilárdsági tulajdonságokra jelentős minőségjavító hatással van az ún. „módosítás”. Az üzemi gyakorlatban jól ismert eljárás során a módosító előötvözetnek az olvadéba történő hozzáadásával az eutektikum szilíciumát finomítjuk, és ezáltal megakadályozzuk a durva szilíciumkristá-

lyok megjelenését, elősegítve ezzel a finomszemcsés eutektikum kialakulását a kristályosodás során [1–2]. Az Al–Si alapú ötvözetek eutektikumának módosítása közvetlen eljárás, amely a rideg szilíciumfázis finomodásának köszönhetően javítja a mechanikai tulajdonságokat, különösen az ötvözet nyúlását. Jól ismert, hogy a stroncium hozzáadása a hipoeutektikus alumínium–szilícium

Dr. Fegyverneki György 2001-ben szerzett kohómérnöki diplomát a Miskolci Egyetemen, 2007-ben védte meg PhD-értekezését. 2010 óta a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának címzetes egyetemi docense, a Fémöntészet tantárgy oktatója, 2015-től a Könnyűfémöntészeti Nemak Kihelyezett Tanszék vezetője. Kutatási területe: könnyűfémöntés technológiája, alumíniummetallurgia, hőkezelés, szerkezetvizsgálat, repedésanalitika.

Mende-Tokár Monika 2011-ben végzett okleveles kohómérnök-ként a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán öntésanyagvizsgálat szakirányon. 2014-ben PhD-abszolutóriumot szerzett, jelenleg a Miskolci Egyetem Öntészeti Intézet tanársegédje. Apáczai Csere János Doktoranduszi Ösztöndíjas (2013–2014) és Kiváló Fiatalkorú Öntész MÖSZ-díjas (2015). Kutatási területe az Al–Si öntészeti ötvözetek esetében alkalmazott módosító elemek hatásának vizsgálata.

Mertinger Valéria okleveles kohómérnök, mérnökfizikus, a Miskolci Egyetem FKNI-ben egyetemi tanár, intézetigazgató-helyettes, 2014-ben az OTDT Mestertanár Aranyéremmel tüntette ki. Az OTDT Műszaki Tudományi Szakmai Bizottságának titkára. Kutatási területe: fémek finomszerkezet vizsgálata, röntgendiffrakció.

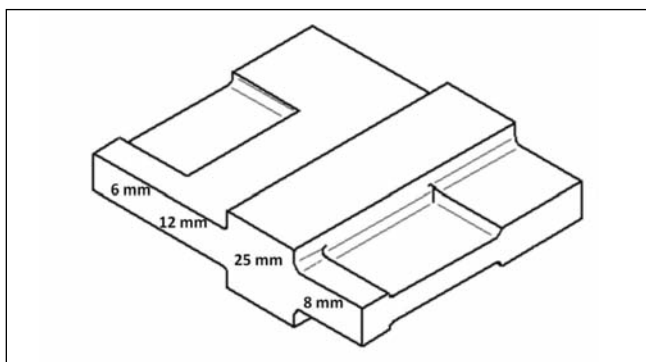
Dr. Dúl Jenő a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen 1971-ben szerzett kohómérnöki oklevelet, 1987 óta a műszaki tudomány kandidátusa. Az Öntészeti Tanszéken 1981-ig kutató, utána oktató beosztásban dolgozott. 2006–2009 között a Metallurgiai és Öntészeti Tanszék vezetője. 2011-től a Foundry-Solid Egyetemi Innovációs Közhasznú Nonprofit Kft. ügyvezetője, 2012-től címzetes egyetemi tanár. Kutatási területe: az öntészeti tulajdonságok vizsgálata, ritkaföldfémek hatása, öntészeti szimuláció, nyomásos öntés technológiája.

2. Kísérleti körülmények

Annak érdekében, hogy a kísérleti eredmények összehasonlíthatók legyenek az ipari öntvényekkel, terveztünk egy változó (6, 8, 12 és 25 mm) falvastagságú öntvénygeometriát, ezáltal különböző hűlési sebességeket biztosítottunk a kristályosodás során. Az 1. ábrán látható az öntvénygeometria vázlatja a négy különböző falvastagsággal és a szakítópálcák helyzetével. Az öntvénygeometria tervezését Solid Edge tervezőprogrammal, a szimulációt NovaFlow&Solid programmal végeztük el. A szimulációt követően elkészítettük a kokillát az optimalizált paraméterekkel.

A kísérleti öntések során ipari tisztaságú AlSi8Cu3 (A226.10) ötvözetet alkalmaztunk, a kémiai összetétel az 1. táblázatban olvasható. A módosító elemek beviteléhez AlSr10, (Sr: 10 tömeg%), huzal-, ill. AlSb10 (Sb: 10 tömeg%), tömb alakú segédötvözeteket használtunk. A kísérletek során a kémiai összetételt induktív csatolású atomemissziós spektrometriával (ICP) határoztuk meg.

Összesen 100 kg AlSi8Cu3 tömböt olvasztottunk meg ellenállásfűtésű kemencében, az olvasztási és az ötvözési hőmérséklet 775 ± 5 °C volt. Az olvasztást követően 16 különböző kombinációjú ötvözetet öntöttünk négy kísérletsorozatban (4x25 kg). A 2. táblázatban látható a négy kísérletsorozat esetében a stroncium- és az antimontötvözés mátrixa. Az antimont az olvasztást követően a kísérletsorozat első lépéseként adagoltuk, a stronciumot különböző koncentrációra állítottuk be minden öntési folyamat előtt. A módosító elemek (Sr, Sb) ötvözését követően 15 perc pihentetési időt alkalmaztunk.



■ 1. ábra. Az öntvénygeometria vázlatja

1. táblázat. Az AlSi8Cu3 ötvözet kémiai összetétele

| Elemek | Si | Cu | Mg | Ti | Sr | Sb | Fe | Mn | Pb | Sn |
|--------|------|------|------|------|--------|--------|------|------|------|------|
| tömeg% | 8,85 | 2,53 | 0,30 | 0,10 | 0,0005 | 0,0040 | 0,51 | 0,35 | 0,05 | 0,01 |

2. táblázat. A kísérleti mátrix tervezett stroncium- és antimontkoncentrációi

| Öntési sorozatok | Stroncium (ppm) | Antimon (ppm) | | | |
|------------------|-------------------------|---------------|-----|-----|-----|
| | | 40 | 140 | 240 | 340 |
| 1. | 5 (kiinduló ötvözet) | | | | |
| 2. | 100 | | | | |
| 3. | 200 | | | | |
| 4. | 300 | | | | |

3. táblázat. Állandó kísérleti paraméterek

| | |
|---|----------------|
| Olvasztási és ötvözési hőmérséklet | 775 ± 5 °C |
| Öntési hőmérséklet | 765 ± 5 °C |
| Kokilla-hőmérséklet | 400 °C |
| Pihentetési idő az AlSr10 és AlSb10 beadagolását követően | 15 perc |

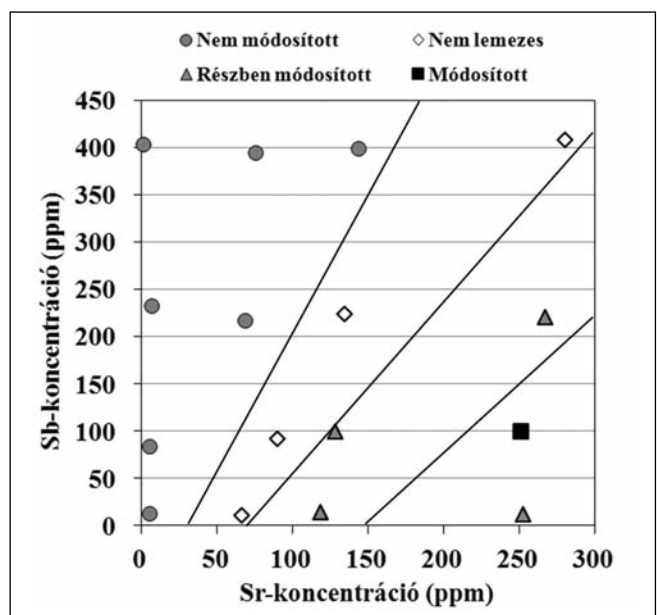
A termikus elemzés során a kísérleti olvadékokból előmelegített acéltégelybe (40 mm átmérőjű és 40 mm magas) öntöttünk próbatesteket. A termikus elemzőrendszer tégelye 300 °C-ra volt előmelegítve, a próbatestek átlagos tömege 110 ± 10 g volt. A termikus elemzőrendszer MK típusú adagyűjtőből, a mérőműszerből és az adatok felvételéhez szükséges számítógépből állt. A 3. táblázatban olvashatók az állandó kísérleti paraméterek.

3. Eredmények

3.1. Az eutektikus szerkezet módosíthatóságának mérése AFS etalonképek alapján végzett kiértékeléssel

A módosíthatóság mértékét az ötvözést követő 15

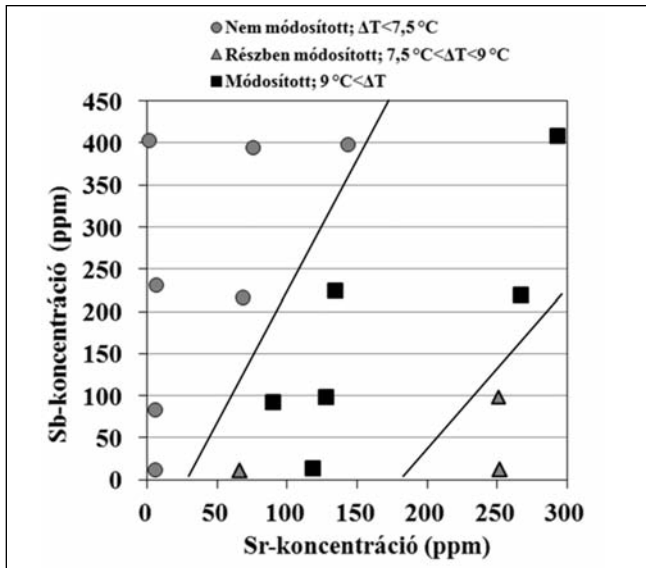
perc hőntartási idő után öntött próbatesteken határoztuk meg, és Cprob kvantitatív számítógépes képelemző programmal végeztük el [8]. A szövetszerkezeti kiértékelést etalonképekkel Djurdjevic és társai [1] módszere alapján, az Amerikai Öntészeti Szövetség (AFS) által kiadott etalonképek szabványát felhasználva, hat módosíthatósági szintet számszerűsítve végeztük el. Az objektumok kerülete alapján, minden képen a teljes mért kerületi adatbázisnak a mediánját határoztuk meg. A medián értéke alapján pedig a 4. táblázatot használva, minden képhez megállapítottuk a módosíthatósági szintet.



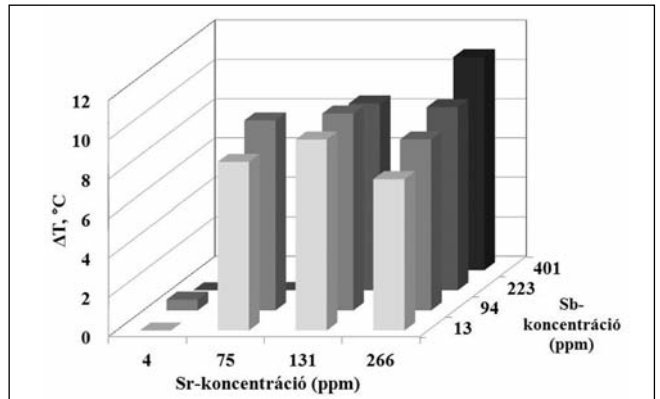
■ 2. ábra. Az etalonképekkel történő összehasonlítás alapján megállapított módosíthatósági szintek a mért Sr- és Sb-koncentrációk függvényében az olvadék 15 perces pihentetése után

4. táblázat. Az eutektikum módosítottsági mértéke és az irodalom szerint megállapított Si-részecskék területének medián értékei [2]

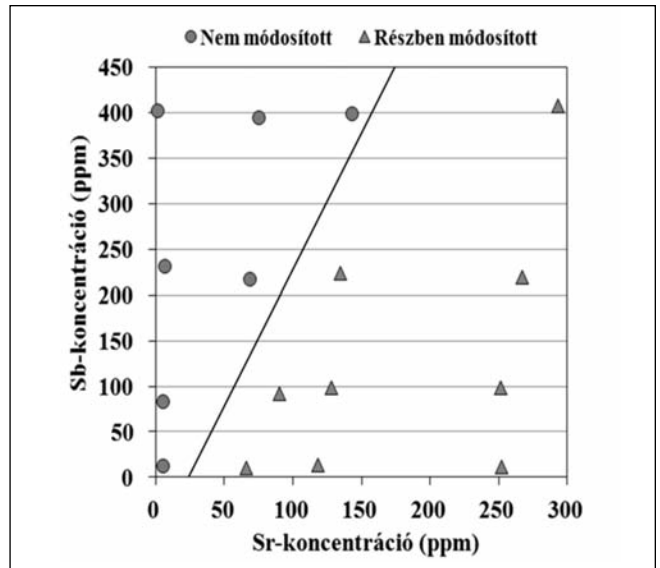
| Módosítottság mértéke | Módosítottság mértéke számszerűsítve | Kerület (µm) |
|-----------------------|--------------------------------------|--------------|
| Nem módosított | 1 | 96,5 |
| Lemezes | 2 | 31,2 |
| Részben módosított | 3 | 24,6 |
| Nem lemezes | 4 | 9,3 |
| Módosított | 5 | 8,1 |
| Túlmódosított | 6 | 3,2 |



4. ábra. A lehülési görbék alapján számított módosítottsági szintek a mért Sr- és Sb-koncentrációk függvényében az olvadék 15 perces pihentetése után



3. ábra. A ΔT túlhűlés mértéke a mért átlagos Sr- és Sb-koncentrációk függvényében



5. ábra. A számítógépes képelemzéssel meghatározott módosítottsági szintek a mért Sr- és Sb-koncentrációk függvényében, az olvadék 15 perces pihentetése után

ZEISS típusú optikai mikroszkóppal, a stronciummal, ill. antimonnal különböző mértékben mikroötvözött adagok szövetszerkezetéről 15-15 felvételt készítettünk (N:500x), és számítógépes képelemző program segítségével minden képen megmértük a szilíciumrészecskék kerületi értékeit. Végül a 15 kép 15 módosítottsági szintjét átlagolva megkaptuk az adott Sr-Sb koncentrációjú próbadarab módosítottsági szintjét.

A kísérleti próbatetek szövetképeit szubjektív összehasonlítással összevetve az AFS minősítő táblázatában szereplő szövetképeivel a 2. ábrán látható eredményeket kaptuk.

3.2. Az eutektikus szerkezet módosítottságának mértéke a termikus elemzés alapján

A módosítottság mértékét a lehülési

5. táblázat. A számítógépes képelemzéssel meghatározott módosítottsági szintek a mért Sr- és Sb-koncentrációk esetében

| Sr- és Sb-koncentrációk (ppm) | Módosítottsági szintek átlagértékei | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | 1,1 (Sb13;Sr5) | 3,3 (Sb11;Sr66) | 3,1 (Sb14;Sr118) | 3,1 (Sb12;Sr252) |
| | 1,0 (Sb84;Sr5) | 2,9 (Sb92;Sr90) | 3,1 (Sb99;Sr128) | 3,3 (Sb99;Sr251) |
| | 1,7 (Sb232;Sr6) | 1,2 (Sb217;Sr68) | 3,2 (Sb224;Sr134) | 3,4 (Sb220;Sr267) |
| | 1,5 (Sb403;Sr1) | 1,1 (Sb395;Sr75) | 1,4 (Sb399;Sr143) | 3,7 (Sb408;Sr293) |

görbék alapján és a következő egyenletet felhasználva határoztuk meg [1]:

$$\Delta T_{E,G}^{Al-Si} = T_{E,G,NEM\ MÓDOSÍTOTT}^{Al-Si} - T_{E,G,MÓDOSÍTOTT}^{Al-Si} \quad (1)$$

ahol:

$$\Delta T_{E,G}^{Al-Si} \text{ a túlhűlés mértéke;}$$

$$T_{E,G,NEM\ MÓDOSÍTOTT}^{Al-Si}$$

az eutektikum tényleges megszilárdulási hőmérséklete nem módosított esetben;

$$T_{E,G,MÓDOSÍTOTT}^{Al-Si}$$

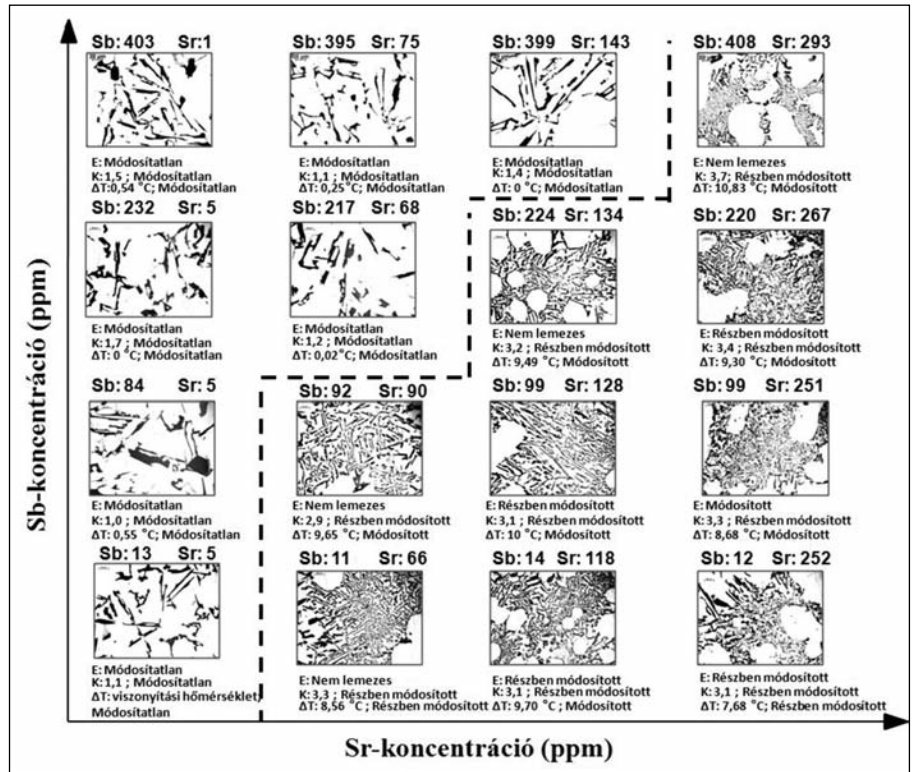
az eutektikum tényleges megszilárdulási hőmérséklete módosított esetben.

Az irodalomban ΔT értéke alapján kétféle csoportot különböztetnek meg: amennyiben $9\text{ }^\circ\text{C}$ -nál kisebb a különbség, akkor nem módosítottak, amennyiben nagyobb, akkor módosítottak állapíthatjuk meg az eutektikum szerkezetét. A lehülési görbékről leolvasott ΔT értékek és a próbadarabok szövetszerkezetei alapján azonban szükségesnek éreztük egy újabb osztály bevezetését: amennyiben ΔT értéke $7,5\text{ }^\circ\text{C}$ -nál nagyobb, de $9\text{ }^\circ\text{C}$ -nál kisebb, akkor részben módosítottnak nevezzük a szerkezetet. A 3. ábrán a ΔT túlhűlés, a 4. ábrán pedig a lehülési görbék alapján számított módosítottsági szintek láthatók a mért átlagos antimon- és stronciumkoncentrációk függvényében.

3.3. A kvantitatív számítógépes képelemzés alapján végzett kiértékelés

Az 5. táblázatban láthatóak a különböző stroncium- és antimonkoncentrációjú ötvözetek szakirodalmi adatok alapján meghatározott (l. 4. táblázat) módosítottsági értékei. Az 5. ábrán láthatóak a számítógépes képelemzéssel meghatározott módosítottsági szintek a mért stroncium- és antimonkoncentrációk esetében.

A 6. ábrán a próbatestek egy-egy jellemző szövetszerkezeti képe látható a mért stroncium- és antimonkoncentrációk függvényében. A szövetsképek alatt olvasható, hogy a termikus



6. ábra. A szövetszerkezet módosítottságának összehasonlítása valós stroncium- és antimonkoncentrációk függvényében meghatározott jellemző szövetszerkezetek, a hozzájuk tartozó ΔT túlhűlés és kvantitatív számítógépes képelemzés alapján meghatározott módosítottsági szintekkel (N=500x)

analízissel, illetve a számítógépes képelemzéssel milyen módosítottsági szinteket állapítottunk meg.

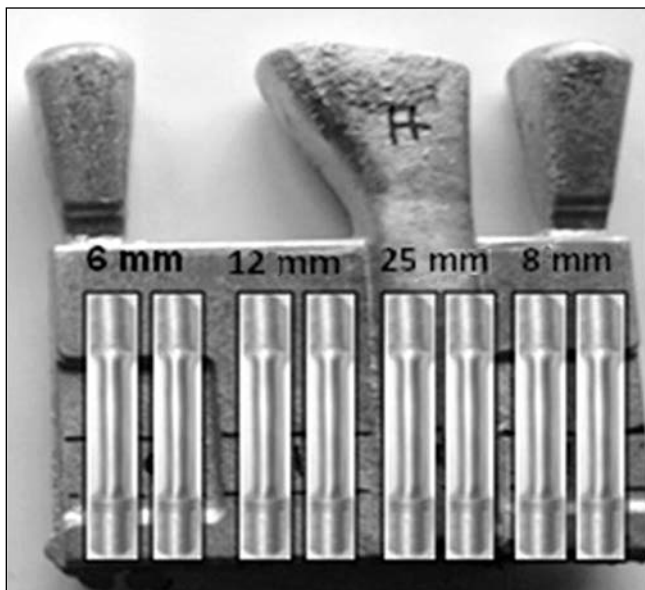
Az elemzések eredményei alapján megállapítható:

- ha az antimonkoncentráció nő, a módosítottsághoz szükséges stronciumkoncentráció növelése szükséges;
- adott stronciumtartalmú sorozatok legnagyobb antimonkoncentrációjú

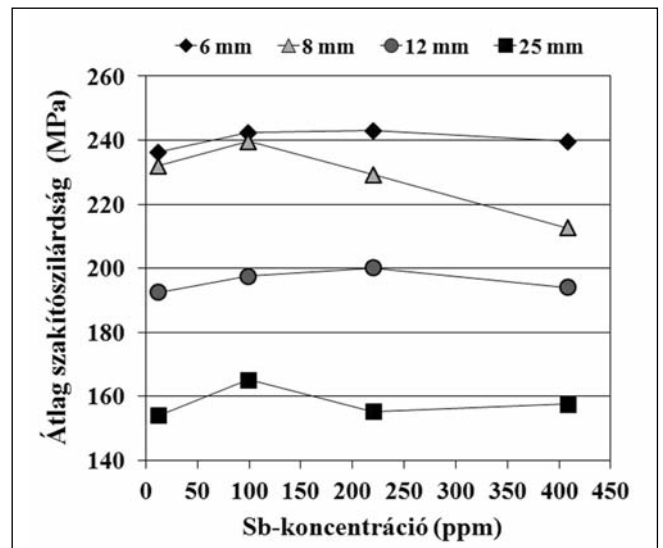
tagjai az eggyel kisebb koncentrációjú stronciumsorozatok kisebb antimon tartalmú tagjaival megegyező módosítottsági szinteket mutatnak.

4. Mechanikai tulajdonságok

A mechanikai tulajdonságok meghatározásához a saját ötvözésű szakítópálcákat előzetesen meghatározott he-



7. ábra. A kísérleti ötvény a szakítópálcák kimunkálási helyeivel



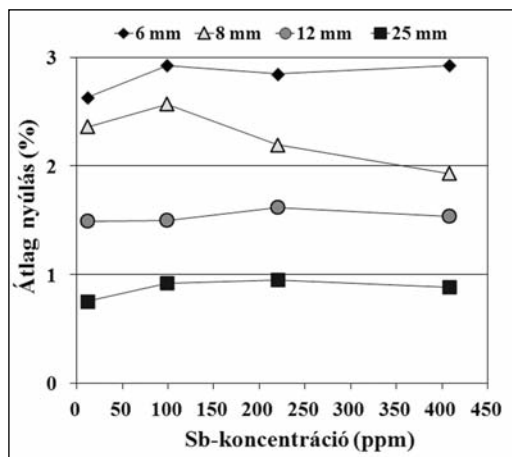
8. ábra. Átlagos szakítószilárdság értékek 266 ppm Sr-koncentráció esetén az Sb-koncentráció függvényében, 6, 8, 12 és 25 mm falvastagságok esetén

lyekről forgácsolták ki, amelyek a 7. ábrán láthatók.

Az antimon és a változó falvastagság hatását ábrázoltuk 226 ppm Sr-ötvözés esetén, amekkora stronciummennyiséget általában üzemi viszonyok között is alkalmaznak. A 8. ábrán látható, hogy amennyiben a falvastagság növekszik, a szakítószilárdsági értékek csökkennek. A 9. ábrán szintén látható, hogy a falvastagság növekedésével a nyúlási értékek csökkennek. Az antimon mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatása laboratóriumi körülmények között nem volt kimutatható a 266 ppm stroncium koncentrációjú ötvözet esetén.

4.1. A szakítópálcák töretének és szövetszerkezetének kiértékelése

További scanning elektronmikroszkópos (SEM) vizsgálathoz a 25 mm-es falvastagságú ötvényrészről kimunkált próbapálcákból választottunk ki mintákat, melyeknek mechanikai tulaj-



9. ábra. Átlagos nyúlási értékek 266 ppm Sr-koncentráció esetén, az Sb-koncentráció függvényében, 6, 8, 12 és 25 mm falvastagságok esetén

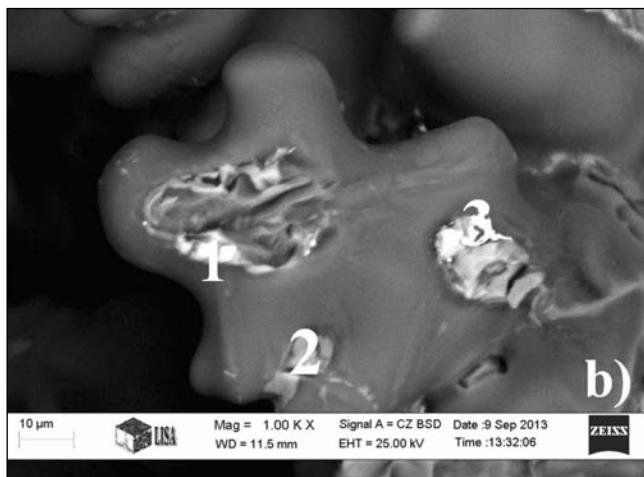
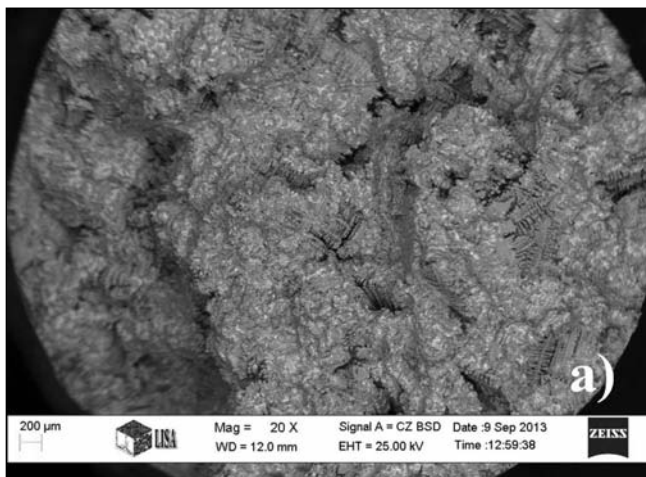
donságai a legrosszabbak voltak, illetve a 8 mm-es részekből, amelyek eredményei a legjobbak voltak. Jelen cikkünkben a 300 ppm stroncium- és 340 ppm antimon tartalmú mintákat mutatjuk be.

A 25 mm-es falvastagságú részből származó, kedvezőtlen mechanikai tulajdonságú minta töretfelületén kü-

lönöző fázisok láthatóak az Al-mátrixban (10a-b ábra). Az elektronsugaras mikroanalízis (EDS) eredmények a megkülönböztetett fázisokkal a 10b ábrán láthatóak. Az 1-gyel jelölt fázis stroncium- és antimon tartalmú vegyületet mutat, a 2-vel jelölt fázis rézben gazdag, míg a 3-mal jelölt ólom tartalmú részecske. A 10a ábra töretfelületén látható, hogy elég nagy a porozitás térfogathányada.

A 6. táblázatban láthatóak a 25 mm-es falvastagságú részből kimunkált szakítópálcák töretének EDS-elemzés eredményei. A 11. ábrán láthatóak a 25 mm-es falvastagságú részből kimunkált szakítópálcák töretének 1. vizsgálati pontjához tartozó EDS-elemzési eredmények.

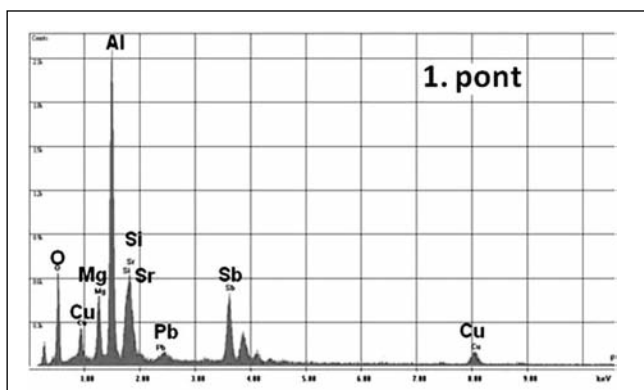
A 12a-b ábrákon láthatóak a 8 mm-es falvastagságú részből származó, kedvező mechanikai eredményeket adó minta töretfelvételei 340 ppm Sb- és 300 ppm Sr-koncentrációval. Összehasonlítva a 10a és 12a ábrákat látható, hogy a porozitás mértéke



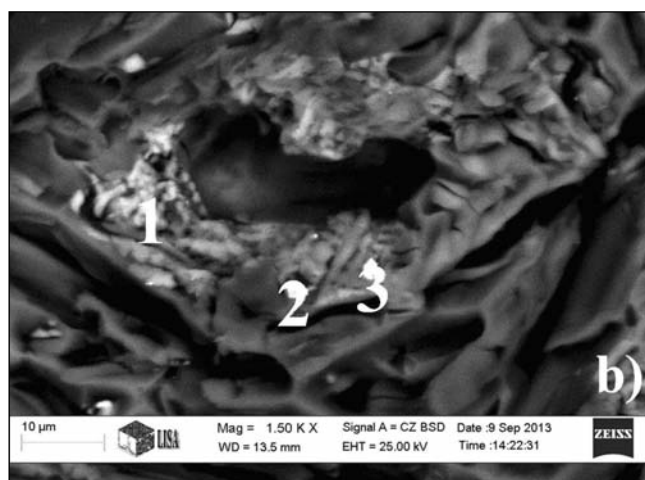
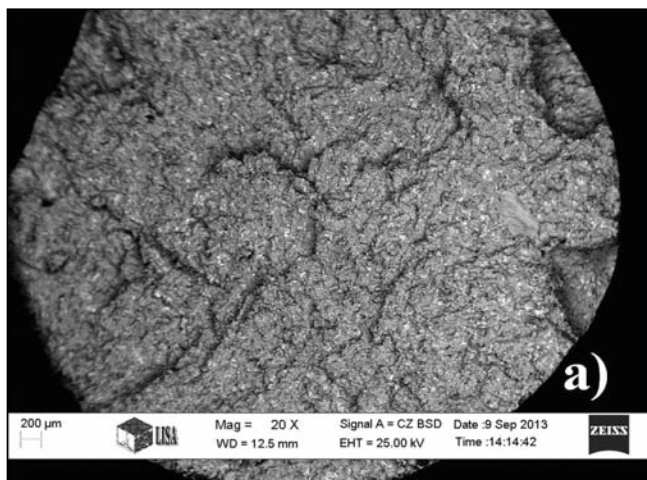
10a-b ábra. A 25 mm-es falvastagságú részből kimunkált szakítópálcák törete (a) és SEM-felvétel (b)

6. táblázat. EDS-elemzés eredményei (25 mm, 10b ábra)

| Elemek (tömeg%) | 1. pont | 2. pont | 3. pont |
|-----------------|---------|---------|---------|
| Si | 5,61 | 2,52 | 2,93 |
| Cu | 5,11 | 26,13 | 2,33 |
| Mg | 5,82 | 1,14 | 0,64 |
| O | 15,97 | – | – |
| Sr | 17,38 | – | – |
| Sb | 19,43 | – | – |
| Pb | 2,42 | – | 54,89 |



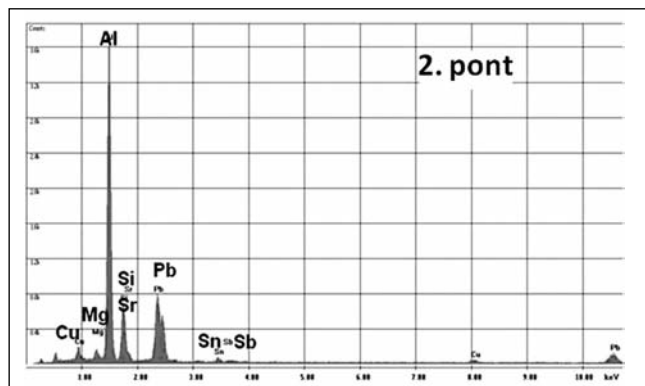
11. ábra. A 10b ábra 1. pontjához tartozó EDS-elemzés



■ 12a-b ábra. A 8 mm-es falvastagságú részből kimunkált szakítópálca töreite (a) és SEM-felvétel (b)

7. táblázat. EDS-elemzés eredményei (8 mm, 12b ábra)

| Elemek (tömeg%) | 1. pont | 2. pont | 3. pont |
|-----------------|---------|---------|---------|
| Si | 7,52 | 12,21 | 4,42 |
| Cu | 27,82 | 2,18 | 4,25 |
| Mg | – | – | 0,68 |
| Fe | – | – | 1,48 |
| Sr | – | 1,23 | 1,37 - |
| Sb | – | 0,54 | – |
| Pb | – | 38,11 | – |
| Sn | – | 2,65 | – |



■ 13. ábra. A 12b ábra 2. pontjához tartozó EDS-elemzés

és az Sr-Sb-vegyületek mennyisége jóval kisebb a 8 mm falvastagságú részből kimunkált minta esetében.

A 7. táblázatban láthatóak a 8 mm-es falvastagságú részből kimunkált szakítópálca töretének EDS-elemzés eredményei. A 13. ábrán láthatóak a 8 mm-es falvastagságú részből kimunkált szakítópálca töretének 2. vizsgálati pontjához tartozó EDS-elemzési eredmények.

A töretvizsgálatok után a szakítópálcákon szövetszerkezet-vizsgálatot is végeztünk. A scanning elektronmikroszkópos vizsgálattal a kísérleti adagokból öntött minden stroncium és antimon kombinációjú szakítópálca esetében azonosítottunk a szövet-szerkezetben megjelenő, antimont és stronciumot együtt tartalmazó intermetallikus vegyületezfázisokat.

A 14 a-d ábrákon látható SEM-felvételek a 8 mm-es falvastagságú részből kimunkált szakítópálca esetében készültek.

A 8. táblázatban láthatóak a 8 mm-es falvastagságú részből kimunkált szakítópálca töretének EDS-elemzés ered-

ményei (14c ábra). A 15. ábrán láthatóak a 8 mm-es falvastagságú részből kimunkált szakítópálca töretének 14c ábrán szereplő 1. vizsgálati pontjához tartozó EDS-elemzési eredmények.

A 16 a-d ábrákon látható SEM-felvételek a 25 mm-es falvastagságú részből kimunkált szakítópálca esetében készültek.

A 9. táblázatban láthatóak a 25 mm-es falvastagságú részből kimunkált szakítópálca töretének EDS-elemzés eredményei (16d ábra). A 17. ábrán láthatóak a 25 mm-es falvastagságú részből kimunkált szakítópálca töretének 16d ábrán szereplő 1. vizsgálati pontjához tartozó EDS-elemzési eredmények.

5. Összefoglalás

Jelen munkánkban különböző koncentrációkban vizsgáltuk az antimon és stroncium együttes hatását a mechanikai tulajdonságokra, a szövetszerkezet módosíthatóságának mértékére és az intermetallikus vegyületek kialakulásának tendenciájára Al-Si-

ötvözet esetén. Az antimon koncentrációja 40 és 400 ppm, míg a stroncium koncentrációja 5 és 300 ppm között változott.

Bemutattuk a módosíthatósági szintek meghatározására alkalmazott három összehasonlító módszer eredményeit, úgymint AFS etalonképek, termikus analízis és kvantitatív számítógépes képelemzés alapján.

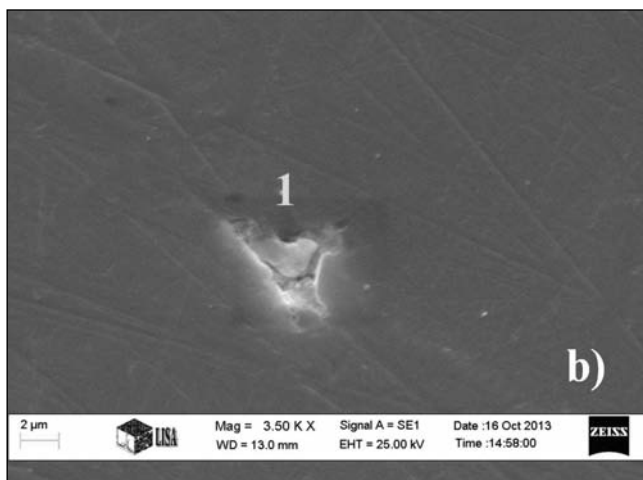
Az elemzések alapján megállapítható:

- ha az antimonkoncentráció nő, a megfelelő módosíthatósághoz szükséges stronciumkoncentrációt is növelni kell;
- adott stronciumtartalmú sorozatok legnagyobb antimonkoncentrációjú tagjai az eggyel kisebb koncentrációjú stronciumsorozatok kisebb antimon tartalmú tagjaival megegyező módosíthatósági szinteket mutatnak;
- a lehűlési görbék eredményei alapján bevezettük a részben módosított szerkezet fogalmát, amennyiben a ΔT értéke kisebb 9 °C-nál, de nagyobb 7,5 °C-nál;
- a szakítószilárdsági és nyúlási értékek mérése alapján a falvastagság

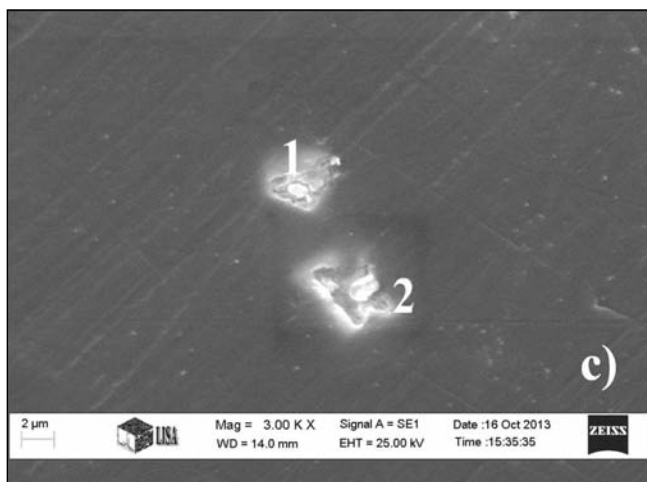
Sr: 75 ppm Sb: 94 ppm



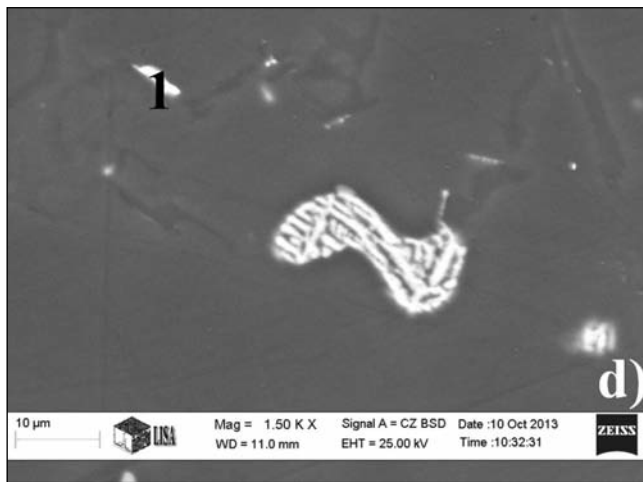
Sr: 131 ppm Sb: 223 ppm



Sr: 131 ppm Sb: 401 ppm



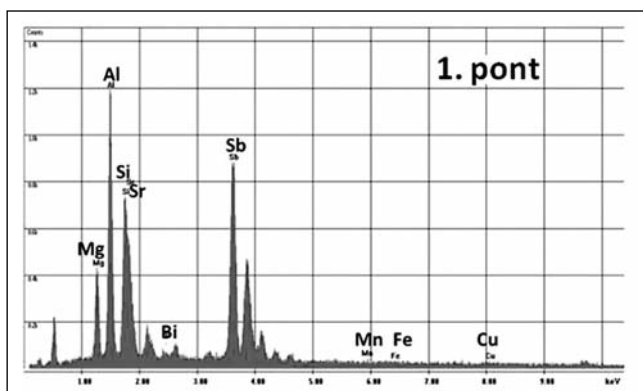
Sr: 266 ppm Sb: 401 ppm



■ **14a-d ábra.** A 8 mm-es falvastagságú részből kimunkált szakítópálcák SEM-felvételei mért átlag stroncium- és antimonkoncentrációk esetén

8. táblázat. EDS-elemzés eredményei (8 mm, 14c ábra)

| Elemek (tömeg%) | 1. pont | 2. pont |
|-----------------|--------------|--------------|
| Si | 11,18 | 7,77 |
| Cu | 1,08 | 2,07 |
| Mg | 7,01 | 7,24 |
| Mn | 0,36 | 0,38 |
| Fe | 0,47 | 0,60 |
| Sr | 14,56 | 14,44 |
| Sb | 44,61 | 45,25 |
| Bi | 1,46 | 1,25 |



■ **15. ábra.** A 14c ábra 1. pontjához tartozó EDS-elemzés

növelésével a mechanikai tulajdonságok romlottak. Az antimon mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatása nem volt kimutatható a 266 ppm stronciumkoncentrációjú ötvözet esetén laboratóriumi körülmények között;
 – a töretek elemzése során számos stroncium- és antimontartalmú in-

termetallikus vegyületet találtunk a szövetben. Ezek hatásának vizsgálatára további kutatásokra van szükség.

Köszönetnyilvánítás

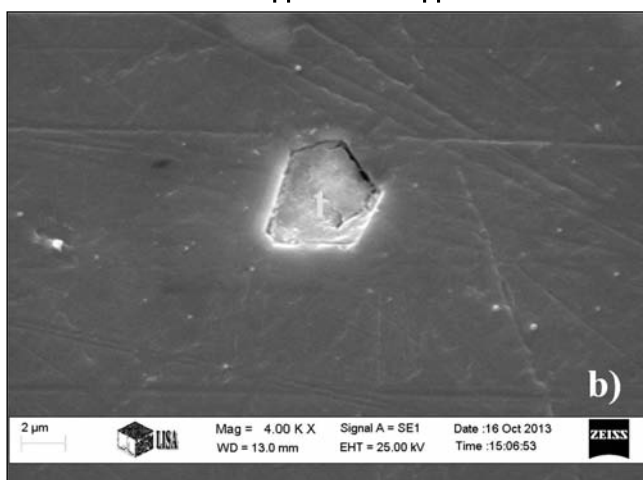
A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Prog-

ram című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. Köszönetet mondunk Kovács Árpád mérnök-tanárnak, dr. Bánhidi Olivér egyetemi docensnek és Mikó Tamás tudományos segédmunkatársnak a vizsgálatoknál nyújtott segítségért.

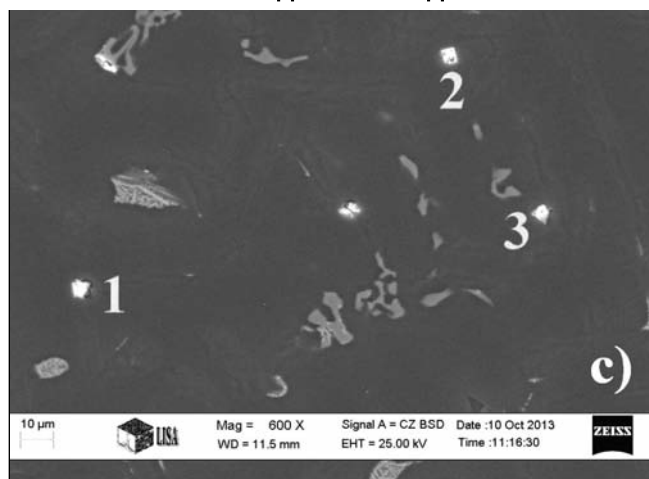
Sr: 75 ppm Sb: 94 ppm



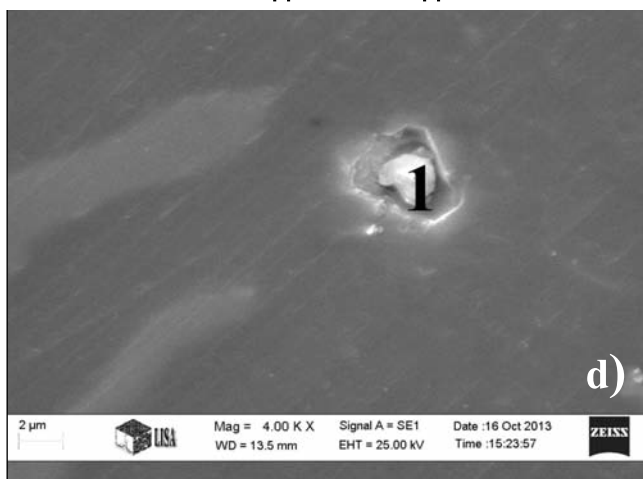
Sr: 131 ppm Sb: 223 ppm



Sr: 131 ppm Sb: 401 ppm



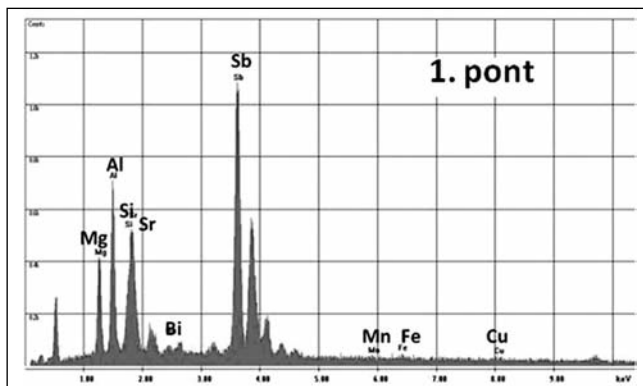
Sr: 266 ppm Sb: 401 ppm



■ **16a-d ábra.** A 25 mm-es falvastagságú részből kimunkált szakitópálcák SEM-felvételei mért átlag stroncium- és antimonkoncentrációk esetén

9. táblázat. EDS-elemzés eredményei (25 mm, 16d ábra)

| Elemek (tömeg%) | 1. pont |
|-----------------|--------------|
| Si | 3,78 |
| Cu | 0,83 |
| Mg | 8,20 |
| Mn | 0,43 |
| Fe | 0,67 |
| Sr | 17,75 |
| Sb | 54,12 |
| Bi | 1,19 |



■ **17. ábra.** A 16d ábra 1. pontjához tartozó EDS-elemzés

Irodalom

- [1] M. Djurdjevic, H. Jiang, J. Sokolowski: On-line prediction of aluminium-silicon eutectic modification level using thermal analysis, *Materials Characterization* - Elsevier, 46 (2001) 31–38.
- [2] Pacz A.: Alloy. US patent no. 1387900 (1921)
- [3] A. K. Dahle, K. Nogita, S. D. McDonald, C. Dinnis, L. Luc: Eutectic modification and microstructure development in Al–Si alloys, *Materials Science and Engineering*, A413–414 (2005) 243–248.
- [4] N. Fatahalla, M. Hazif, M. Abdulkhalek: Effect of microstructure on the mechanical properties and fracture of commercial hypoeutectic Al–Si alloy modified with Na, Sb and Sr, *Journal of Materials Science*, 34 (1999) 3555–3564.
- [5] J. G. Kaufman, E. L. Rooy: *Aluminium alloy castings properties, processes and applications*, ASM International, ISBN: 0-87170-803-5 (2005)
- [6] W. Wang, J. E. Gruzleski: Interactive effects during sodium or strontium treatment of antimony-containing A356 alloy, *AFS Transactions*, 227–234. (1990)
- [7] M. Garant, G. Laslaz, P. Meyer, P. H. Gurerin, R. Adam: State of the art use of Sb–Na and modified Al–Si casting alloy, *AFS Transactions*, 821–832. (1992)
- [8] Z. Gácsi: The application of digital image processing for materials science, *Materials Science Forum*, Vol. 414–415, 213–220. (2003)

Gyantakötésű formák aktív hűtése vastagfalú öntvények hűlési idejének csökkentésére az öntvényminőség romlása nélkül

Az öntödéktől egyre nagyobb szerkezeti elemek gyártását igénylik, növekvő falvastagsággal, kitűnő minőségben. Ezek a követelmények az öntvények dermedési idejét és így a szükséges hűlési idejét is növelik. A dermedési és a hűlési lépés így döntő a darabok átfutási idejére nézve és közvetlenül hat az árakra és a kapacításra.

Az IfG (Öntészeti Intézet) Düsseldorfban ezért dolgozott egy projekten leöntött, hidegen szilárduló, gyantakötésű formákba öntött vastagfalú öntvények hűlési idejének csökkentésére a formák felső oldalának vizes öntözésével. Vizsgálták a vízesedés hatását a formaalapra és a formaanyagokra, tekintettel a víz mozgására a forma anyagában és meghatározták a száraz és a nedves formaanyagok termofizikai paramétereit. Matematikai modellt dolgoztak ki az aktív hűtés során a formában végbemenő folyamatok szimulálásához. Bizonyítható, hogy az öntvény szükséges hűlési ideje a formában 30%-ig terjedő mértékben csökkenthető aktív hűtéssel, az öntvény tömegének legfeljebb 15%-át kitevő vízzel, a homok/vas aránytól függően. Az aktív hűtés nem rontotta jelentősen a mikroszerkezetet és a tulajdonságokat. A kibocsátási helyzet összehasonlító ellenőrzése azt mutatta, hogy az O₂, CO, TOC és BTEXN kibocsátása nem nőtt, de fokozódott a vízgőz és a kéntartalmú anyagok kibocsátása, kondenzátumként enyhén savas oldat képződött. Mindebből intézkedéseket dolgoztak ki az aktív hűtés alkalmazására a gyakorlatban.

Bevezetés

Az öntvény tömegétől, az öntési hőmérséklettől, a szükséges ürítési hőmérséklettől és az öntvény geometriájától függően, az öntvényeknek különböző hűlési ideje van a formában. Nagy öntvények esetében ez a paszszív gyártási lépés a gyártási idő 50-70%-át igényli. Ezért a gyártó alapterület nagy részét köti le a formák tárolása a hűlés alatt. Az öntvények formában való hűlése időtartamának a csökkentése így az öntöde hatékonyságának (kapacitás, egységköltség) közvetlen javítását eredményezi.

A hűlési idő csökkentésének egyik változata az egész öntvény/forma rendszer aktív hűtése a forma felső oldalának ciklikus vizes öntözésével az öntvény megdermedése után.

Ennek az eljárásnak lényeges előnyei: az egyszerű kezelés, a minimális műveleti költségek és a csekély beruházás.

A technológia céltudatos alkalmazásának előfeltételei a kvantitatív tervezési kritériumok az öntözés paramétereinek (a vízmennyiség, a hőmérsékleti intervallum, az öntözési ciklus) a meghatározásához, a geometriai és a technológiai paramétereiktől (öntési helyzet, homok/vas arány) függően. A szimulációs eszközök képesek optimálisan támogatni az öntözési paraméterek meghatározását. Az aktív hűtés szimulálásához adatok szükségesek a formában végbemenő fizikai folyamatokról.

Az ilyen típusú aktív hűtés különböző hűlési sebességeket idéz elő az öntvény különböző keresztmetszetei-

ben. Az öntvény különböző részei közti, ideiglenesen nagy hőmérsékletkülönbségek az öntvény maradó feszültségeinek növekedéséhez és következőképpen torzulásokhoz vagy akár repedésekhez, valamint más fémes mátrix (ferrit/perlit arány) képződéséhez vezethetnek. Ezenkívül, a túlzott nedvességtartalom a használt formázóanyagban jelentős probléma egy hidegen kötő műgyantás homokokat használó nagy öntöde termelési folyamatában. A víz alkalmazása az öntödeben és az ezzel járó gőzkibocsátás miatt ennek a technológiának a lehetséges következményeit a munkakörülmények és a környezetvédelem szempontjából is elemezni kell.

A projekt célja olyan technológia létrehozása volt, amely reprodukálhatóan kezelhető a gyakorlatban, minimális befektetést igényel a megvalósításhoz és ártalmatlan mind az öntvényminőségre, mind a környezeti biztonságra nézve.

A formázóanyag termofizikai paramétereinek mérései

Kétféle formázóanyag (regenerált homokkal és nélküle) termofizikai paramétereit határozták meg a hőmérséklet függvényében, mérési módszerrel, a belső vizsgálatokon kívül. A méréseket meghatározott hőfoktartományban végezték száraz, nedves és átvizesedett állapotban. A formázóanyag telítéséhez szükséges vízmennyiségeket elővizsgálatokkal határozták meg az IfG-nél. Az „átvizesedett” formázóanyag méréseit vízzel telített, hidegen kötő gyantás homokon végezték; a „nedves” formázóanyag fele annyi vizet kapott, mint amennyi a telítéshez szükséges. A mérések lényeges eredményei az alábbiak:

- A fajlagos hőkapacitás a hőmérséklettel nő, míg elér egy maximális hőmérsékletet közelítően 576 °C-nál a száraz formázóanyagban. Ez az

W. Stets és U. Petzschmann a düsseldorfi (Németország) Institut für Gießereitechnik (IfG) munkatársai. Előadásukért a 71. Öntészeti Világkongresszuson (Bilbao, 2014) „A fejlett, fenntartható öntöde” szekcióban nívódíjat kaptak.

endotermikus hatás az α - β kvarcátalakulás.

- Erős endotermikus hatás lép fel a „nedves” és az „átvizesedett” formázóanyagokban már közelítően 100 °C-nál, ami a víz elpárolgásán alapul.
- Mivel a hővezetés egyenesen arányos a fajlagos hőkapacitással, a hőkapacitás hirtelen növekedése közvetlenül hat a formázóanyag hővezetésére.
- A nedvességtartalom növekedésével és a melegedés gyorsulásával a víz párolgási csúcsértéke nagyobb hőmérséklet felé mozdul el. Ezt a folyamatok tehetetlensége okozza.
- A víz párolgási sebessége is nő a melegedési sebességgel.

Vizsgálatok a víznek a formázóanyagban és a formában tanúsított viselkedésére vonatkozóan

A formában, a felső oldal ciklikus öntözéses aktív hűtése során végbemenő folyamatok megértése és szimulációja tudást igényel egyrészt a víz viselkedésére, másrészt a formázóanyag jellegének vele járó változásaira vonatkozóan. Ez okból vizsgálták a víz behatolását és haladását különböző formázóanyagokban, különböző, saját fejlesztésű vizsgáló eszközökkel, hideg állapotban és hőterhelés alatt. Hat formázóanyagot vizsgáltak, kettőt 100% 0,32 mm-es (AFS 45) és 0,24 mm-es (AFS 59) átlagos szemcseméretű kvarchomokkal, valamint négyet 60 és 90% regenerátummal. A különböző vizsgálatokhoz technológiai próbákat, szabványos vizsgálati próbatesteket és hajlító vizsgálati rudakat készítettek mindegyik formázóanyagból. Az összes releváns műszaki-technológiai paramétert meghatározták az összes felhasznált formázó alapanyagokból és előállított formázókeverékekből.

A szabványos próbatestek vizsgálatán kívül saját fejlesztésű fél cső mintákon (R=75 mm, H=200 mm) is végeztek kísérleteket. A hőmérséklet és a nedvességtartalom meghatározásához érzékelőket helyeztek el öt helyen a minták központi tengelyében. A legalsó mérési pozíció a minta alapjától 15 mm-re helyezkedett el. Négy további mérési hely volt 30 mm-rel a legalsó érzékelő felett. Az ebbe a formába vitt formázóanyag-oszlop 150 mm magas volt. „Forró vizsgálatához” ezt a mintát

állandó hőforrásra helyezték. Vízet vezettek a formázóanyag felszínére, hogy meghatározzák a mozgási viselkedését. Pótlólagos nyomásérzékelőket is elhelyeztek, hogy megfigyeljék a gőzt a forró vizsgálat alatt.

Ezen felül, kocka alakú mintákat öntöttek, hogy vizsgálják a víz és a fejlődő gőz háromdimenziós mozgási viselkedését az aktívan hűtött öntőformában. Ennek során, megfelelően öt hőmérséklet- és nyomásérzékelőt formáztak be felül, oldalt és a kocka alakú öntvény alatt.

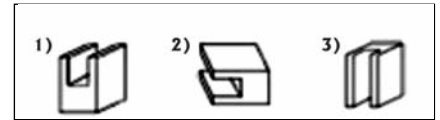
Az elővizsgálatokból a következő fő eredményeket nyerték:

- a 100% kvarchomokból álló formázóanyag közelítően 0,5 g vizet tud abszorbeálni cm³-enként;
- a regenerátum alapú formázóanyag csak közelítően 0,4 g vizet tud abszorbeálni cm³-enként;
- a formázóanyag vízfelvétele lényegesen függ a gázáteresztésétől;
- a vizes telítés és párolgás folyamatai főként a formaüreg felett mennek végbe;
- sem a víz, sem a gőz nem hatol be az alsó formafélbe és csak szórványosan a formaüreg oldalsó részeibe;
- a gőz gyorsan távozik és főként a forma felső oldalán keresztül.

A meghatározott paraméterek szűkségesek voltak a szimuláció általános feltételeinek a meghatározásához, valamint a matematikai modell paramétereikhez. A paraméterek meghatározása elővizsgálatok és mérések révén előfeltétele volt a leöntött és vízzel öntözött, hidegen kötő műgyantás formában végbemenő bonyolult folyamatok matematikai leírásának és szimulációjának.

Gyakorlati kísérletek

U-alakú vizsgálati egységeket (1. ábra) öntöttek három különböző öntési helyzetben és különböző homok/vas aránnyal, az IfG vizsgáló létesítményében végzett kísérletek során. A formákat és a magokat furángyantas formázóanyagból állították elő, 100% kvarchomokkal (közepes szemcse nagysága: 0,32 mm (AFS 45)). Megfelelő intézkedésekkel biztosították, hogy az egységek elhelyezkedése a formában, valamint a Ni-Cr-Ni hőelemeké a formaüregben azonos legyen az öntési helyzetre vonatkozó összes



■ 1. ábra. A próbatest öntési helyzetei

kísérletben. Egy-egy szürke (GJL) és gömbszén (GJS) öntöttvas minőség volt az öntött anyag, míg minden lényeges vizsgálati paramétert – így az adagösszetételt, a vegyi összetételt és az öntési hőmérsékletet – állandó értéken tartották. A formák ciklikus vizes öntözéséhez az IfG-nél a vezérlést is tartalmazó eszközt terveztek.

Az IfG vizsgáló létesítményében, három vizsgálati sorozatban, összesen 27 gyakorlati kísérlet során a következő paramétereket változtatták:

- az öntvény helyzete a formában (1. ábra);
- a homok/vas arány (1,48-tól 3,19-ig);
- a formázóanyag rétegének magassága a minta felett (100 mm és 200 mm);
- az öntött anyag (GJL és GJS);
- az öntözés hőmérsékleti intervalluma (1150-800 °C és 800-400 °C);
- a hűtési ciklus (25 és 50 perc);
- a vízmennyiség (az öntvény tömegének 7-16%-a);
- a fúvókák száma (1 és 4).

Hűlési görbéket vettek fel különböző helyeken az öntvényben, az öntési helyzettől függően. Ezeket összehasonlították a megfelelő azonos mérési helyek között, valamint a megfelelő referenciaöntés hűlési görbéivel, aktív hűtés alkalmazása nélkül. Formázóanyag-mintákat vettek az ürités alatt a felső és az alsó formafél különböző helyeiből a maradó nedvességtartalom megállapításához. Ürités után a vizsgálati öntvények nyugodt levegőn hűltek szobahőmérsékletig. Tekintettel a maradó feszültség későbbi méréseire, a darabokat szükségtelen sörétezésnek és megmunkálásnak nem vették alá.

Az aktív hűtésre tekintettel, vizsgáltak más hatást gyakorló tényezőket is (például a fúvókák számát, a formázóanyag rétegmagasságát az öntvény felett). Kiválasztott kísérletekben, köztük a referenciakísérletben, járulékos H₂O, CO, SO₂, O₂, TOC (Total Organic Carbon azaz teljes szerves karbon), valamint a BTEXN (Benzol, Toluol, Ethylbenzene, Xylene, Naphta-

lene) kibocsátását is mérték.

A 2. ábra az öntözőegységet mutatja, amely lapra szerelt tápegységből, vezérlő modulból, tartályból, valamint öntözőhálózatból áll, flexibilis csövekkel és fűvőkákkal.

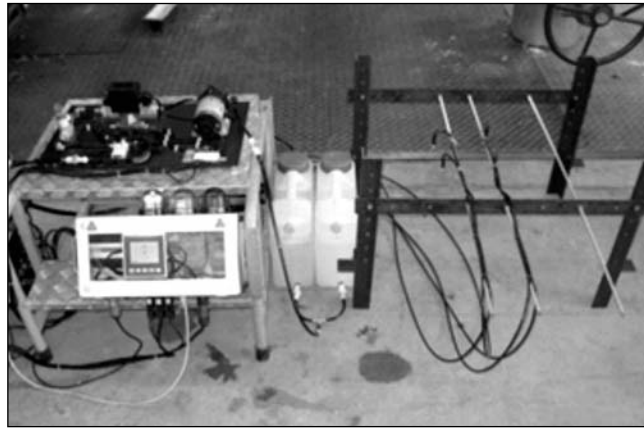
A következő vizsgálatokat az öntvények különböző részeiben végezték, amelyek a gyártás során a felső és az alsó formafélben helyezkedtek el:

- maradó feszültségi mérések a darab falvastagsági átmeneteiben furatmódszerrel;
- optikai geometriai mérések 15 kiválasztott öntvényen;
- Brinell-keménységmérések;
- grafitképződés;
- a fémes mátrix képződése.

A gyakorlati kísérletek eredménye

A formák és az öntvények hűlése

A 3. ábra mutatja az aktív hűtéshez használt vízmennyiség erős hatását. A görbe mutatja a végső hőmérsékletet



■ 2. ábra. Öntözőegység a gyakorlati kísérletekhez az IfG vizsgáló létesítményében

a darabok termikus középpontjában 19 órányi hűlés után, valamint az időt, amelynél az öntvény elérte a felvett 500 °C-os üritési hőmérsékletet. Mivel ez a gyakorlat szempontjából érdekes technológiai célérték, a további értékeléseket erre az eredményre korlátozták.

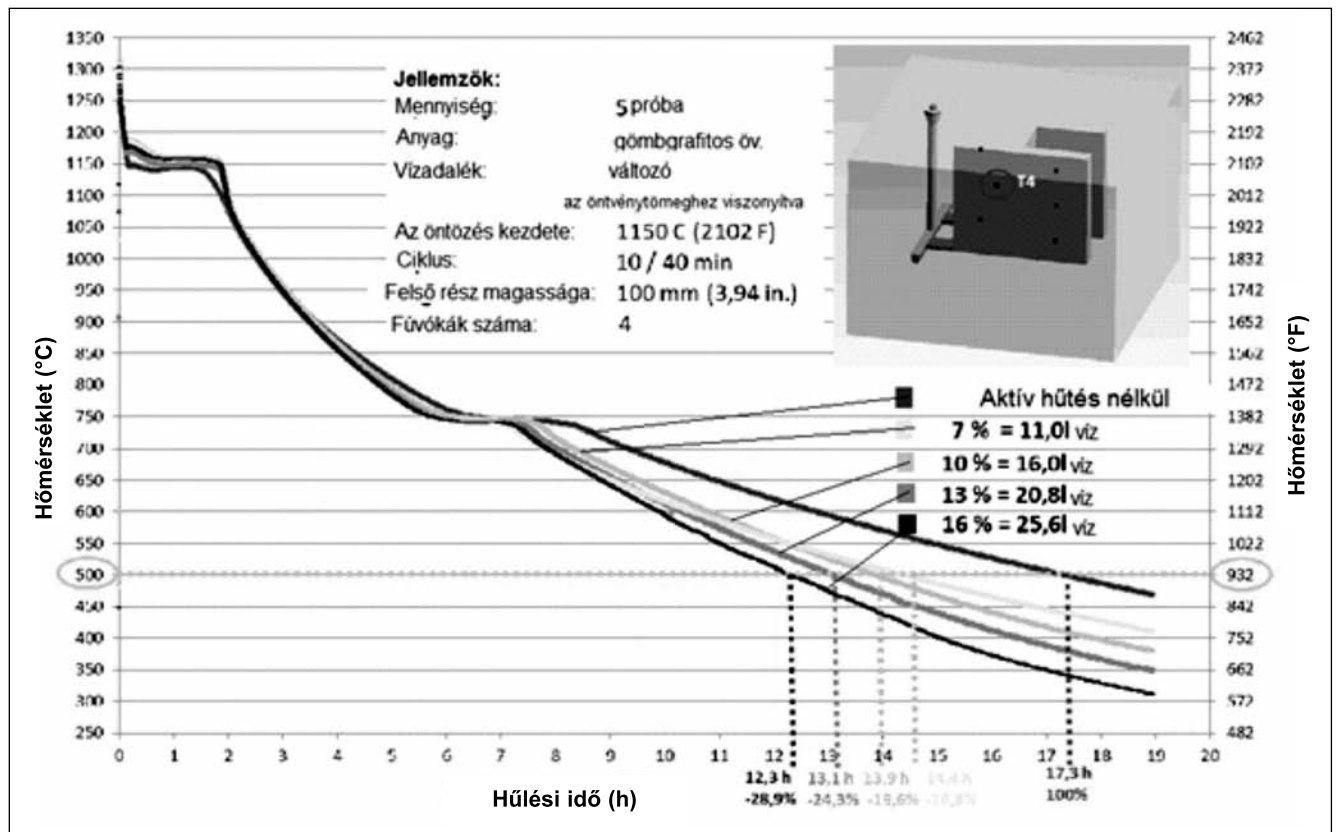
Világos, hogy az öntvény szükséges formában tartási idejének közelítően 15%-os csökkentését az öntvénytömeg 7%-át kitevő, viszonylag kis mennyiségű vízzel érték el.

A 4. ábra mutatja a homok/vas

arány hatását a meghatározott hűlési időmegtakarításhoz szükséges vízmennyiségre, 1150 °C-nál kezdett öntözés, 10 pernyi esőzésből és 40 perc öntözés nélküli időből álló öntözési ciklus mellett, az összes azonos homok/vas arányokhoz az adott öntési helyzetben.

Nyilvánvaló, hogy az elérhető időmegtakarítás a vízmennyiséggel nő. Másrészt, a meghatározott időmegtakarításhoz szükséges vízmennyiség a homok/vas arány növekedésével csökken. Nagyobb formázóanyag-mennyiség kezdetben nagyobb hőmennyiséget képes elnyelni. Ez a hő gyorsan csökkenthető a formázóanyagba bevitt vízzel.

A következő összefüggés a hűlés időtartamának 500 °C-ra csökkentéséhez, a vízmennyiségtől és a homok/vas aránytól függően, a formában, a dermedés befejezése után (hozzávetőleg 1150 °C-ról), 50 perces ciklusidővel végzett aktív hűtés esetére vonatkozó eredmény:



■ 3. ábra. GJS (gömbszemes) vasöntvények termikus középpontjának hűlési görbéi

$$\Delta t_{500\text{ }^{\circ}\text{C-hoz}} [\%] = - 8,88 + 1,854m_{\text{v\u00edz}} [\%m_{\text{\u0151nt\u00e9ny}}] + 3,94 \text{ homok/vas}$$

$$R^2=92,4\%, R^2_{\text{adj.}}= 91,5\%, \quad = 3,26 \quad (1)$$

A k\u00f6vetkez\u0151 \u00f3sszef\u00fcgg\u00e9s \u00e9rv\u00e9nyes ismert homok/vas ar\u00e1ny\u00e1n\u00e1l annak a v\u00edzmennyis\u00e9gnek a meghat\u00e1roz\u00e1s\u00e1hoz, amely sz\u00fcks\u00e9ges az \u0151nt\u00e9ny form\u00e1ban h\u00fat\u00e9se idej\u00e9nek a kiv\u00e1nt cs\u00f6k\u00e9nt\u00e9s\u00e9hez:

$$m_{\text{v\u00edz}} [m_{\text{\u0151nt\u00e9ny}}\%] = + 5,02 + 0,49 \Delta t_{500\text{ }^{\circ}\text{C-hoz}} [\%] - 1,87 \text{ homok/vas}$$

$$R^2=91,6\%, R^2_{\text{adj.}}= 90,6\%, \quad = 1,68 \quad (2)$$

Az 5. \u00e1bra a legnagyobb h\u00f6m\u00e9rs\u00e9klet-k\u00fcl\u00f6nbs\u00e9get \u00e1br\u00e1zolja a kísérleti \u0151nt\u00e9nyekben a 2. \u0151nt\u00e9si (v\u00edzszintes) helyzetben, a fel\u00fal elhelyezett v\u00e9kony fal \u00e9s a termikus k\u00f6z\u00e9ppont k\u00f6z\u00f6tt. Az id\u0151tengely alatt l\u00e1that\u00f3 nyilak az id\u0151szektorokat jel\u00f6lik, amelyek alatt v\u00e9grehajtott\u00e1k a k\u00fcl\u00f6nb\u00f6z\u0151 vizsg\u00e1lati csoportok \u0151nt\u00f6z\u00e9s\u00e9t.

A h\u00fat\u00f3hat\u00e1sra vonatkoz\u00f3 eredm\u00e9nyek mellett a k\u00f6vetkez\u0151 eredm\u00e9nyeket \u00e9rt\u00e9k el az IfG vizsg\u00e1lati telep\u00e9n:

- a h\u00f6m\u00e9rs\u00e9klet-k\u00fcl\u00f6nbs\u00e9g az \u0151nt\u00e9nyben az eutektoidos dermed\u00e9s szektor\u00e1ban, k\u00f6zel\u00edt\u0151en 750 \u00b0C-n\u00e1l

\u00e9ri el a maximum\u00e1t;

- a maximum helye függ az akt\u00edv h\u00fat\u00e9s param\u00e9tereit\u0151l;
- az id\u0151leges legnagyobb h\u00f6m\u00e9rs\u00e9klet-k\u00fcl\u00f6nbs\u00e9g az \u0151nt\u00e9nyben az akt\u00edv h\u00fat\u00e9s k\u00f6vetkezt\u00e9ben n\u0151;
- a legnagyobb h\u00f6m\u00e9rs\u00e9klet-k\u00fcl\u00f6nbs\u00e9g az \u0151nt\u00e9nyben a ciklusid\u0151 cs\u00f6k\u00e9nt\u00e9s\u00e9vel n\u0151;
- a nyugalmi f\u00e1zisokban \u00e9s az akt\u00edv h\u00fat\u00e9s befejez\u00e9se ut\u00e1n a h\u00f6m\u00e9rs\u00e9klet az \u0151nt\u00e9nyben kiegyenl\u00edt\u0151dik, az \u0151nt\u00f6z\u00e9si ciklus \u00e9s az akt\u00edv h\u00fat\u00e9si id\u0151tartam optim\u00e1lis koordin\u00e1ci\u00f3ja minimaliz\u00e1lja az \u0151nt\u00e9ny marad\u00f3 fesz\u00falts\u00e9g\u00e9t;
- az \u0151nt\u00e9ny anyaga (GJL/GJS) nem hat ugyanolyan \u0151nt\u00e9ny h\u00fal\u00e9si sebess\u00e9g\u00e9re ugyanolyan form\u00e1ban;
- az 500 \u00b0C-os h\u00f6m\u00e9rs\u00e9kletet 9%-kal gyorsabban \u00e9rt\u00e9k el a kísérletek sor\u00e1n egy f\u00falv\u00f3k\u00e1val, mint n\u00e9gygel. Az akt\u00edv h\u00fat\u00e9s kevesebb f\u00falv\u00f3k\u00e1val hat\u00e9konyabb, mivel a v\u00edznek kisebb r\u00e9sze k\u00e9pez aeroszolt;
- az akt\u00edv h\u00fat\u00e9snek nincs hat\u00e1sa a grafitk\u00e9pz\u0151d\u00e9sre;
- lemezgrafitos (GJL) \u0151nt\u00e9nyekben az akt\u00edv h\u00fat\u00e9snek nincs jelent\u0151s hat\u00e1sa a f\u00e9mes m\u00e1trixra;
- G\u0151mbgrafitos (GJS) \u0151nt\u00e9nyek eset\u00e9ben a f\u00e9mes m\u00e1trix ferrit-tartalma

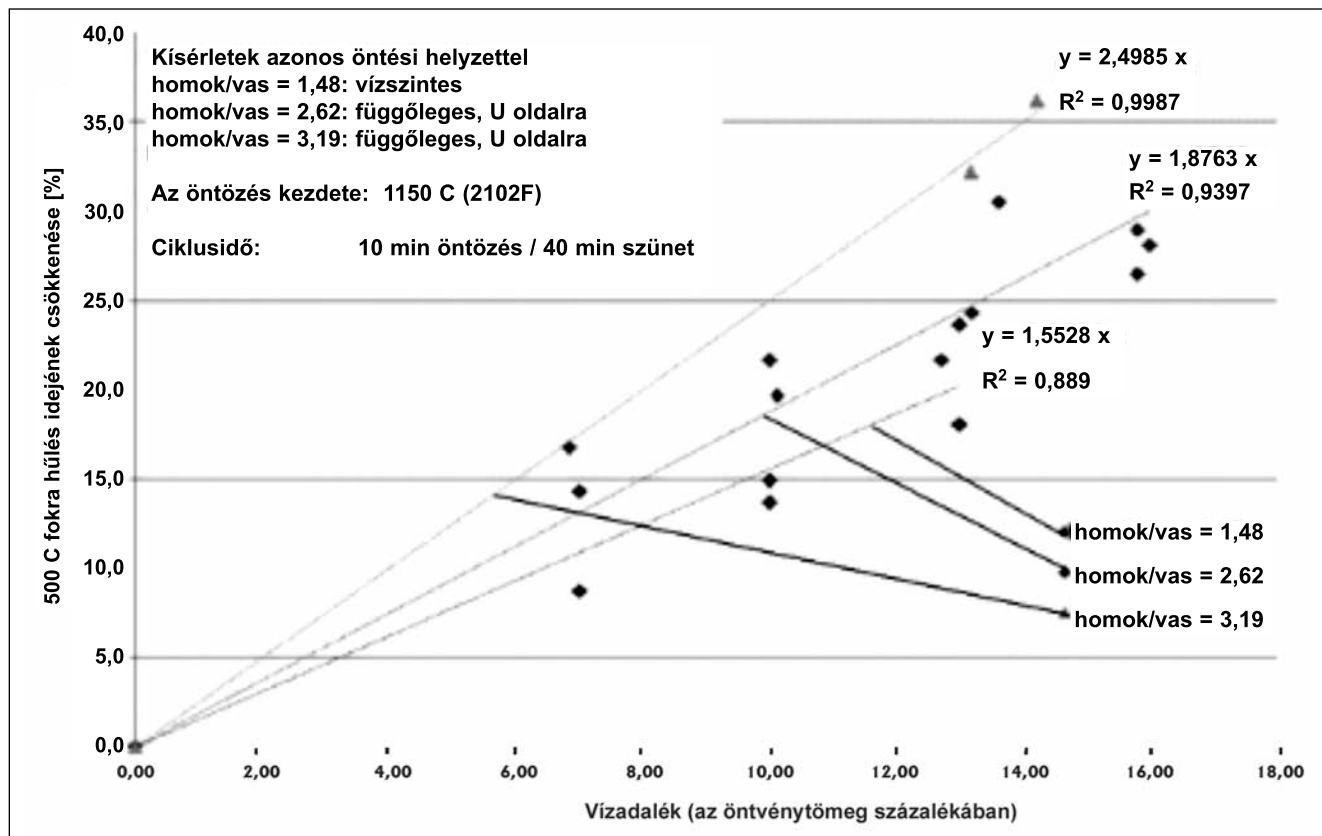
cs\u00f6kken, amint akt\u00edv h\u00fat\u00e9st alkalmaznak. A ferrit-tartalom cs\u00f6kken\u00e9se a form\u00e1ban fel\u00fal elhelyezked\u0151 r\u00e9szekre korl\u00e1toz\u00f3dik, \u00e9s 10% k\u00f6r\u00fal, m\u00edg az alkalmazott v\u00edzmennyis\u00e9g nem relev\u00e1ns. Ez 15 HB-ig terjed\u0151 m\u00e9rt\u00e9kben n\u00f6veli a helyi kem\u00e9ns\u00e9get;

- Az akt\u00edv h\u00fat\u00e9s \u00e1ltal\u00e1nos hat\u00e1s\u00e1t az \u0151nt\u00e9ny marad\u00f3 fesz\u00falts\u00e9g\u00e9re nem tudt\u00e1k bemutatni az IfG vizsg\u00e1l\u00f3 telep\u00e9n v\u00e9gzett kísérletekben. Az akt\u00edv h\u00fat\u00e9ssel \u00e9s n\u00e9lk\u00fal\u00e9l el\u0151\u00e1ll\u00edtott kísérleti \u0151nt\u00e9nyek k\u00f6z\u00f6tt az optikai m\u00e9r\u00e9sek sem jeleztek geometriai k\u00fcl\u00f6nbs\u00e9geket.

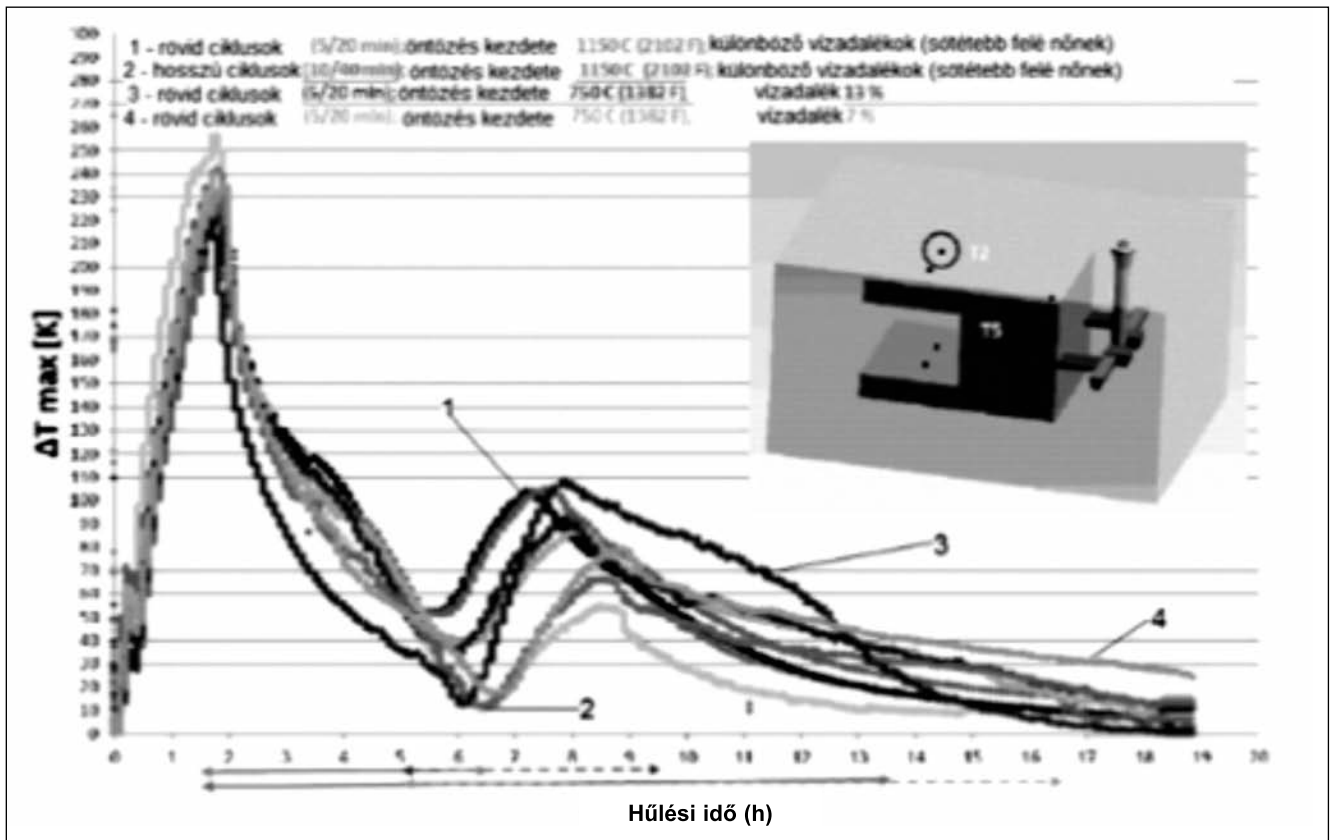
Marad\u00f3 nedvess\u00e9g a form\u00e1z\u00f3anyagban

Azon a t\u00e9nyen k\u00falv\u00fal, hogy a marad\u00f3 nedvess\u00e9gtartalom a form\u00e1z\u00f3anyagban n\u00f6vekszik az akt\u00edv h\u00fat\u00e9sre haszn\u00e1lt v\u00edz n\u00f6vekv\u0151 alkalmaz\u00e1s\u00e1val, nem volt kimutathat\u00f3 függ\u0151s\u00e9g az akt\u00edv h\u00fat\u00e9s m\u00e1s param\u00e9tereit\u0151l, amilyen az intervallum \u00e9s a ciklus.

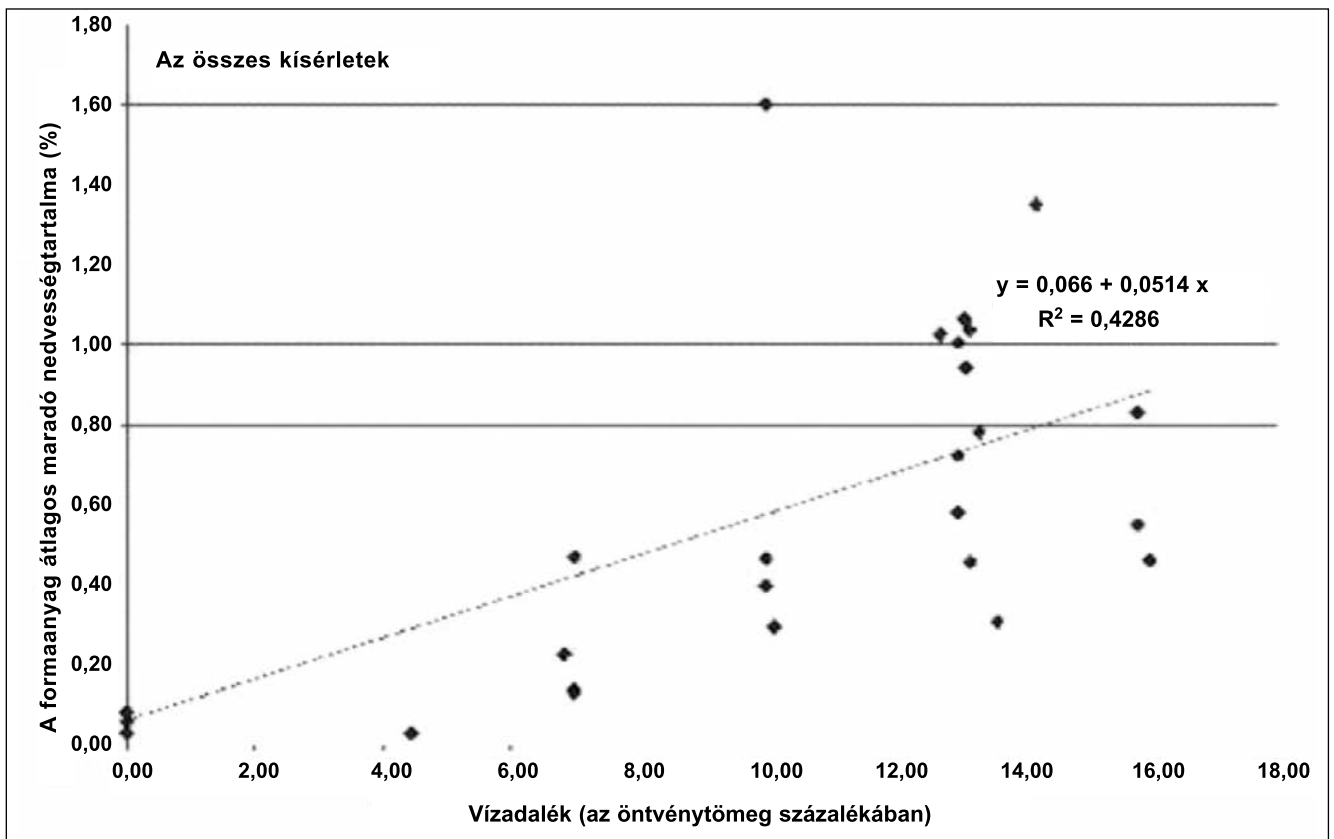
Tendenciaszer\u00fal\u00e9n, a marad\u00f3 nedvess\u00e9g nagyobb a fels\u0151 r\u00e9szben. Nedvess\u00e9gt\u00e1rol\u00f3kat tal\u00e1ltak azonban az oszt\u00e1s terület\u00e9n \u00e9s az als\u0151 formaf\u00e9lben is. A nedvess\u00e9gt\u00e1rol\u00f3k



■ 4. \u00e1bra. A h\u00fal\u00e9si id\u0151 cs\u00f6kken\u00e9se a homok/vas ar\u00e1ny \u00e9s a v\u00edzmennyis\u00e9g függv\u00e9ny\u00e9ben

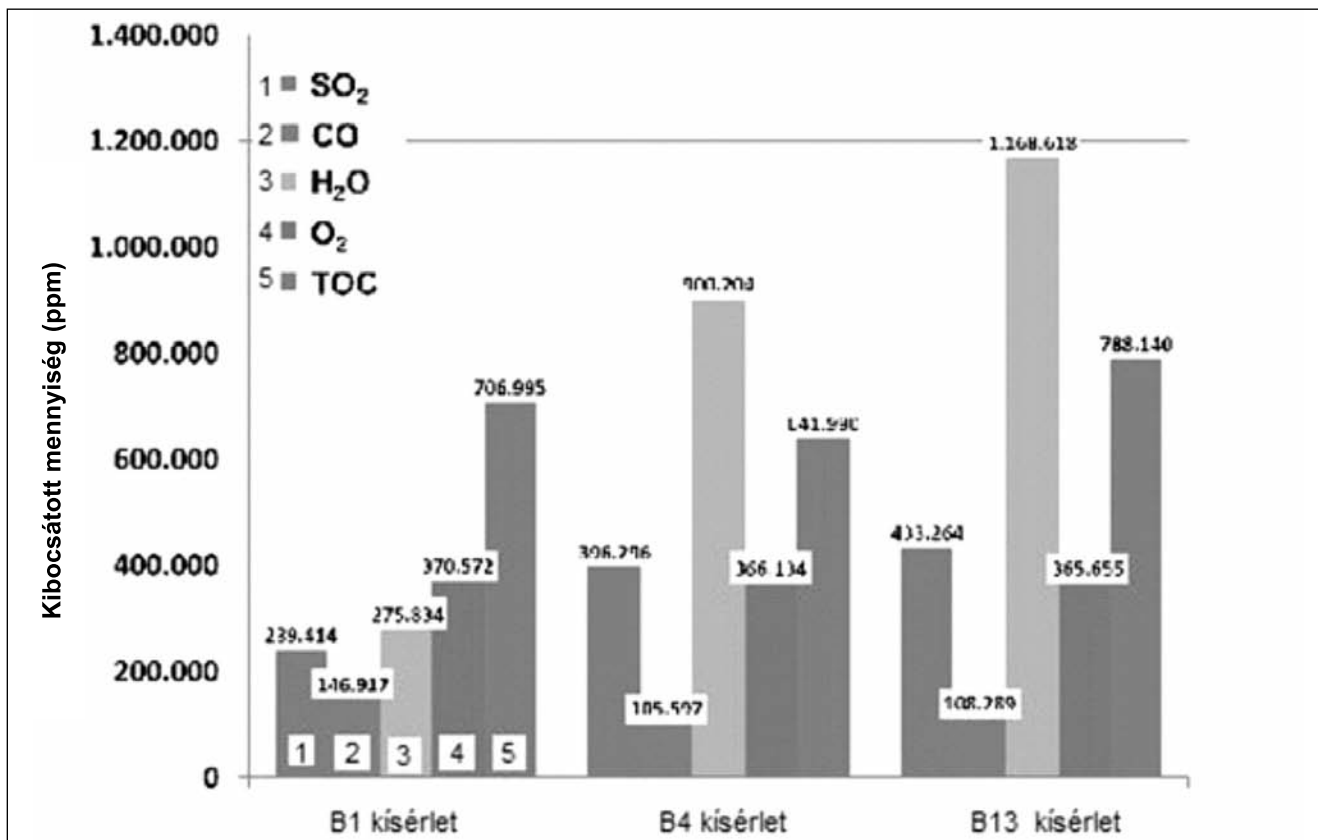


■ 5. ábra. A legnagyobb hőmérséklet-különbségek az A vizgálsorozat öntvényeiben



■ 6. ábra. A formázóanyag maradó nedvességtartalmának átlagos értéke a vízmennyiségtől függően

helye függ a kondenzációs zónák reprezentatív a forma teljes formázó- bízható eredményhez a formázóanyag képződésétől a formában, és nem anyag mennyiségére nézve. Meg- teljes mennyiségének a nedvességtar-



■ 7. ábra. Kibocsátás az öntés utáni 75. és 400. perc között, 90 perc után kezdett öntözéssel

talmát kell meghatározni, ami rendkívüli műszaki erőfeszítést igényel.

Bárhogyan is, az aktív hűtéshez alkalmazható legnagyobb vízmennyiség a gyakorlati kísérletek alapján könnyen megállapítható. A 6. ábra mutatja az összefüggést a maradó nedvessegtartalom és a vízmennyiség között, függetlenül az öntözési paramétereitől és a homok/vas aránytól.

Az öntvény tömegének közelítően 15%-át kitevő vízmennyiség átlagosan 1%-ig terjedő maradó nedvessegtartalmat eredményez, amelyet a forma hat helyén mértek. Ezenkívül, a következő megállapítások tehetők:

- az aktívan nem hűtött formázóanyag átlagos maradó nedvessegtartalma közelítően 0,65%;
- a maradó nedvessegtartalom az alkalmazott vízmennyiséggel nő;
- a maradó nedvessegtartalom a felső formafélben nagyobb, mint az alsóban.

Az IfG kísérleti eredményeit az ipari próbák nagyjából megerősítették. Egy közelítően 15 t tömegű GJS öntvény több mint 13 órával korábban érte el az 500 °C-os hőmérsékletet (20,6%-os időtartam-csökkenés). Az 1. egyenlet számított időmegtakarítás 19,5%.

Ezenfelül világossá vált, hogy nedvesség az aktívan nem hűtött formában is összegyűlik. A felső oldal öntözése ellenére, a felső formafélben csak enyhén növelt nedvességi értékeket mértek. Nagyon nagy víztartalmat mértek azonban két leolvasási pontban az osztás területén. Tekintve a formázóanyag teljes mennyiségét, az ilyen helyi, összegyűlt nedvesség marginálisnak tekinthető.

A formázóanyag nedves csomói az ürítés és a még meleg formázóanyagban való további haladásuk alatt megszáradnak, és így nem akadályozzák a formázóanyag-szállító rendszert.

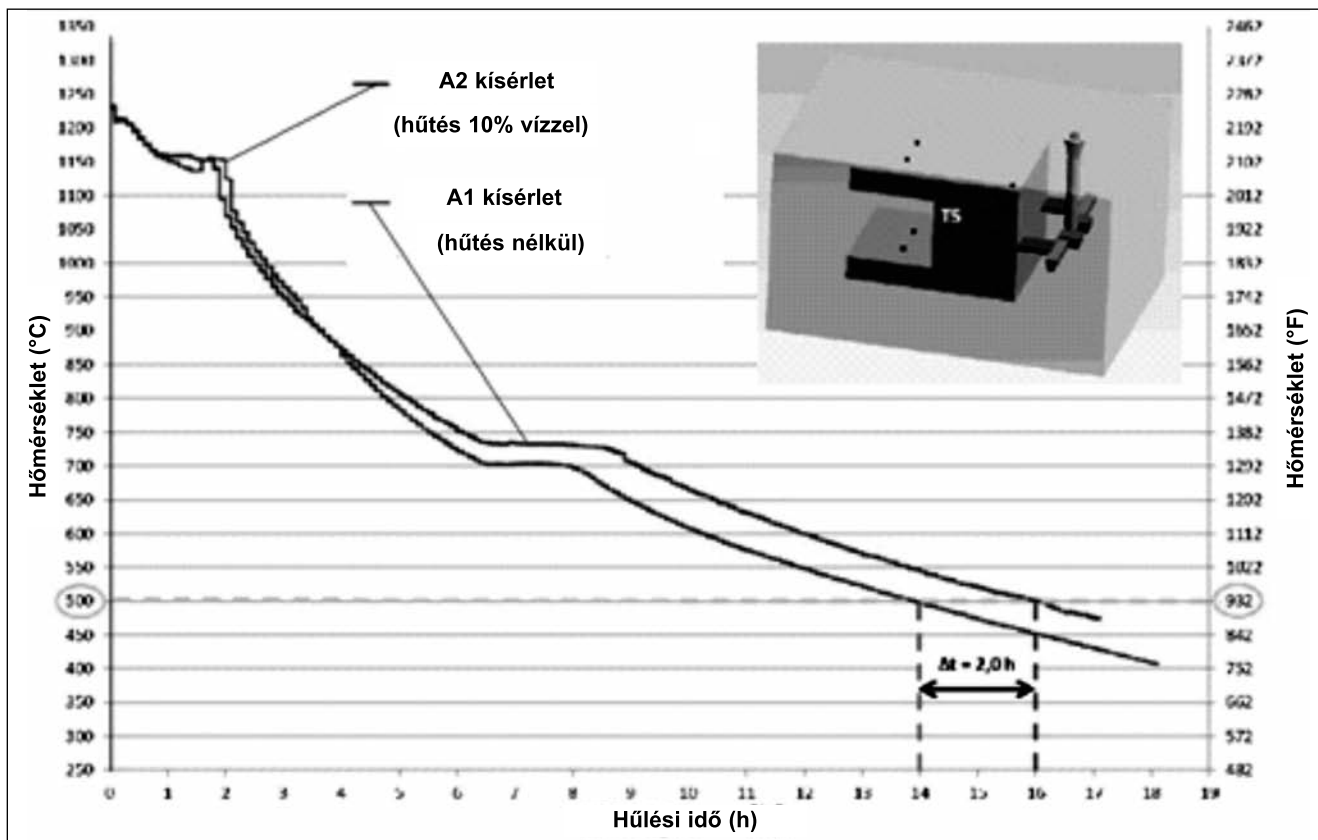
A keménységmérések és a metallográfiai vizsgálatok alátámasztották az IfG vizsgáló telepén végzett kísérletek észleléseit.

A hűtött öntvények felső részeiben a maradó feszültség közel a kétszerese volt a nem hűtött darabénak. Ennek megfelelően, aktív hűlés esetén növelt maradó feszültségi szintek várhatók az öntvénynek a felső formafélben elhelyezkedő részeiben. A maradó feszültség eltérése az öntvény magasságával nő. Lapos, kompakt öntvényekben a maradó feszültségnek csak jelentéktelen növekedése várható.

Emisszió

Az aktív hűtés kibocsátási helyzetére gyakorolt hatásának az értékelése céljából egyes kísérletekben emissziós méréseket végeztek. Az öntés utáni 75. és 400. perc között mért kibocsátást a 7. ábra mutatja. A B1 kísérlet hűtés nélküli referenciavizsgálat. A B4 és B13 kísérletekben öntés után 90 perccel öntözést indítottak. A B13 kísérletben a hűtő közeghez nátriumhidroxidot adagoltak.

Az oxigén és az összes szerves karbon (TOC) kibocsátására az aktív hűtés nem hat. A CO-mérések aktív hűtés esetén közelítően 30%-os csökkenést mutattak, ami azonban nem tekinthető kémiaiilag valószínűnek. Ezért a mérési eredmények ellenére, állandó CO-kibocsátást feltételeztek. Mint várható volt, az aktív hűtés hatására a gőztartalom jelentősen megnő. Az SO₂-kibocsátás kétszeresnek látszik, ami kémiaiilag szintén valószínűtlen. Mivel savas kondenzátum (pH 2,5–3,5) is volt, azt állapították meg, hogy az SO₂-ként meghatározott kibocsátás H₂O által indukált keresztérzékenység hatása volt. A színképelemzés azt jelezte, hogy az SO₂ és a



■ 8a. ábra. Az A1 és A2 kísérletek T5 pontban mért hőmérsékleti görbéinek összehasonlítása

H_2SO_4 csúcsok részlegesen átlapolódtak. Ez okból kiegészítő kibocsátási méréseket végeztek a gázok előkezelésével (szárításával), a gázelemzőbe való belépésük előtt. Ezek a mérések nem mutattak növelt SO_2 -szintet. Ez azt bizonyítja, hogy az aktív hűtés következtében kénsav savak kibocsátása történik.

A hűtő közeg hígítása nátrium-hidroxiddal a B13 kísérletben a kondenzátum pH-értékének 4,5-re való növekedéséhez vezetett. A NaOH-adaléknak még hipersztöchiometrikus aránya esetén sem értek el teljes semlegesítést. Ez azt jelenti, hogy a gőzben savak és bázisok is vannak, és a semlegesítés csak a kondenzáció után megy végbe. Az öntözés előtt és után megfelelően mintákat vettek a BTEXN-emissziók megállapításához. Az aktív hűtés nem hat a BTEXN-kibocsátásra.

Az aktív hűtés szimulációja

Matematikai modellt dolgoztak ki és dinamikus modellt létesítettek az aktív hűtés alatt az öntőformában végbeműködő termofizikai folyamatok szimulálására. E célra ANSYS FLUENT® CFD

(Computational Fluid Dynamics) szoftvert alkalmaztak. Ez lehetővé teszi a formázóanyagban lévő levegő-, víz- és gőzfázisok leírását az energia, folyamatosság és impulzus egyenlet alapján.

A modellezéshez formázóanyag és öntöttvas zónát határoztak meg. Az öntöttvas zónát (öntvény) hőforrásnak tekintették a szimuláció alatt és a sűrűséggel, a hővezetéssel és a fajlagos hőkapacitással határozták meg. A formázóanyag különböző fizikai tulajdonságú, különböző alkotókból (például homok, kötőanyagok, pórusok) áll és nehezen írható le pontosan. Ez okból a formázóanyag zónát homogén, porózus közegként írják le, bruttó sűrűséggel, porozitással, áteresztő képességgel és hővezetéssel, ehhez a formázó alapanyag és a folyadék részecskék hővezető képességét ismerni kell.

A víz tömegtranszport miatti fázisátmenetének az egyenletét vették figyelembe, a mért termofizikai formázóanyag-paraméterek (párolgási sebesség) alkalmazásával. Az alkalmazott kondenzációs sebességek korábbi IfG vizsgálatokból származnak. A víz viselkedését a többfázisú számításban figyelembe vették a szoftverben saját kidolgozású szubrutin révén. A mate-

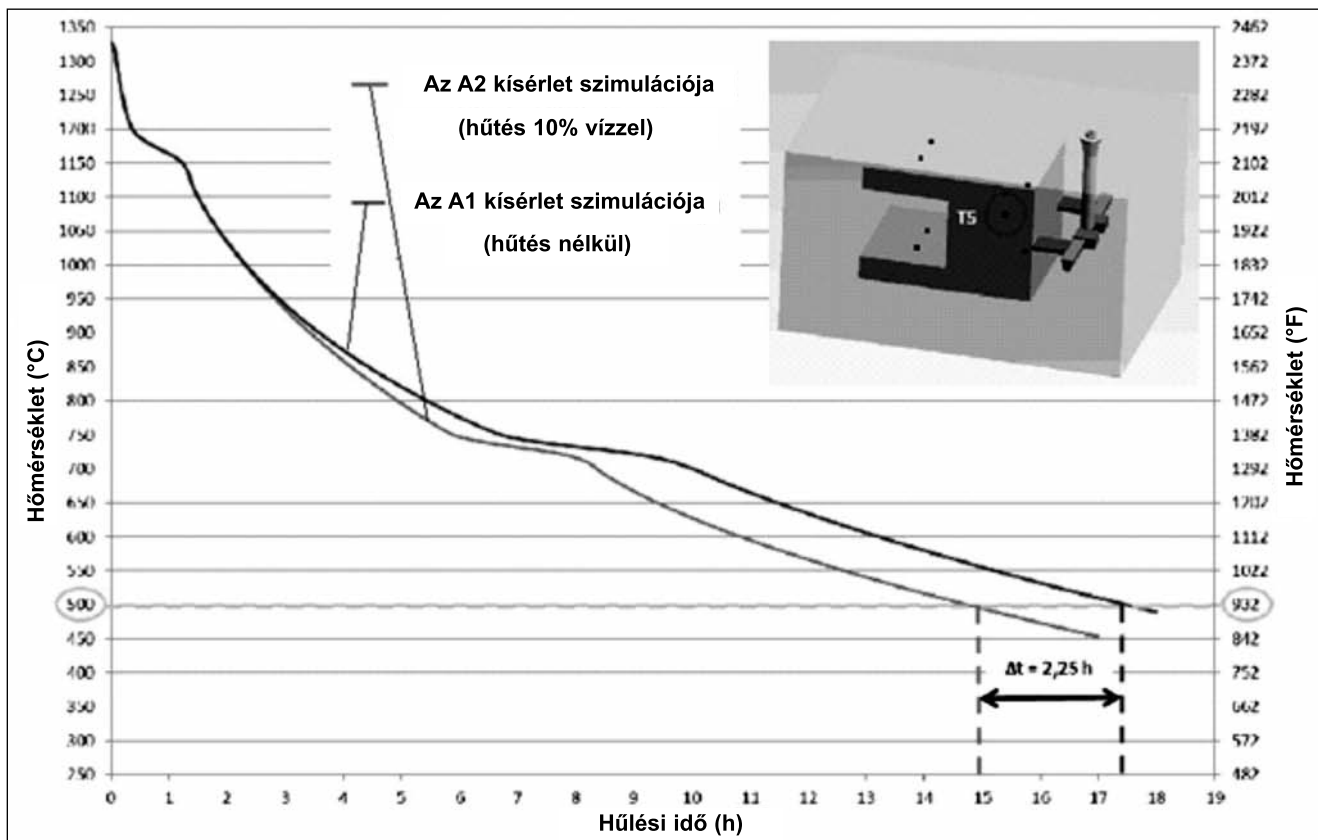
matikai modelleket kezdetben egyszerű 2D geometriával ellenőrizték és később vitték át 3D geometriába. A 3D-s szimuláció eredményeit összehasonlították az IfG vizsgáló telepén végzett kísérletek eredményeivel.

A 8a. ábra összehasonlítja az A1 referenciakísérlet hűlési görbéjét az aktív hűtésű A2 kísérletével a T5 pontra vonatkozóan a termikus központban. A 8b. ábra az ehhez tartozó szimulációs eredményeket mutatja.

A szimuláció a kísérleteknek való jó megfelelést mutat. Az elérhető időmegtakarítás 500 °C-os hőmérséklet eléréséig közelítően 1,5%-os pontossággal szimulálható.

Következtetés és perspektíva

Az öntvény formában tartásának szükséges időtartama jelentősen csökkenthető aktív hűtéssel, a forma felső oldalának vízzel való öntözése révén. A homok/vas aránytól és a víz mennyiségétől függően, a hűlési idő 30%-os mértékig csökkenthető, tekintettel a formázóanyag maradó nedvességtartalmára. A kapacitás közvetlen növelése mellett, ez a csökkentés az átfutási idő rövidítéséhez vezet, csökkentve



■ **8b. ábra.** Az A1 és A2 kísérletek T5 pontjára számított hőmérsékleti görbék összehasonlítása

így az egység költségeit is. A hűtőhatást a víz párolgása következtében a formázóanyag gyorsan növekvő hőkapacitása okozza.

Az aktív hűtést az öntvény teljes megszilárdulását követően kell megkezdeni, minimálisan csökkentendő a hőmérséklet-különbséget az öntvényben a hűlés alatt. Az öntözési ciklusnak elég hosszúnak, és a ciklusonként alkalmazott vízmennyiségnek elég csekélynek kell lennie. A hűlési idő elérhető csökkenése és/vagy az alkalmazandó vízmennyiség a homok/vas aránytól függően számítható.

A hűlési idő elérhető csökkenése nő a homok/vas aránnyal és a vízmennyiséggel. A homok/vas arány csökkenése kompenzálható a vízmennyiség növelésével. Az aktív hűtéshez az öntvénytömeg 15%-áig terjedő vízmennyiség használható anélkül, hogy a formázóanyag maradó nedvessége kritikussá válna. A formázóanyag maradó nedvességtartalma hatására vonatkozóan további vizsgálatok szükségesek.

Az aktív hűtés alkalmazása nem hat a grafitképződésre és csak kevésbé hat a mikroszerkezet alakulására. GJS (gömbgrafitos öntöttvas) esetén a

perlit tartalom és a Brinell-keménység enyhén nő. Az aktív hűtés hatását az öntvények maradó feszültségi állapotára nem tudták megbízhatóan meghatározni. Különösen a műveleti kísérletek mutattak a maradó feszültség mérsékelt növekedésére a gyártás során a forma tetejénél elhelyezkedő, nagy függőleges méretű öntvényrészekben. Viszonylag lapos, kompakt öntvényekben nem várható a maradó feszültség jelentős növekedése. Számos darab optikai alakmérései nem mutattak ki torzulásokat. Növelt maradó öntvényfeszültség lehetséges képződésére vonatkozó megbízható megállapításokhoz, különösen valóban nagy öntvények esetén további méréseket kell végezni.

Az aktív hűtés alatt savas gőz válik ki, amely enyhén savas kondenzátumot képez. Ez veszélyezteti az aktív hűtő részlegben foglalkoztatottakat. Másrészt, a kondenzátum az acélszerkezetek, például a tető- és a daruszerkezetek fokozott korróziójához vezet.

A hidegen kötő műgyantás formák aktív hűtése a formák felső oldalának ciklikus vizes öntözésével egyszerű és praktikus technológia, amely minimális befektetéssel megvalósítható. A pro-

jekt eredményei lehetővé teszik a technológia biztonságos alkalmazását, biztosítva az öntvények minőségét és a felhasznált formázóanyag kellően kis maradó nedvességtartalmát. Szervezési, valamint szellőzési és rendszertechnikai intézkedések lehetnek szükségesek a dolgozók, a szerkezeti anyagok és a technológia védelmére. Az eljárás különösen akkor alkalmazható sikeresen, ha a hűtéshez elkülönített terület áll rendelkezésre, ahol az öntözéshez állandó technológiai berendezés állítható be.

A „Forschungsvereinigung Giesse-
reitechnik e.V. (FVG)”, Sohnstrasse 70,
40237 Düsseldorf 16545 N jelű jelen
IGF projektjét támogatta az AiF az
„Industrielle Gemeinschaftsforschung
und – entwicklung” (IGF) (ipari együtt-
működési kutatás és fejlesztés) finan-
szírozási program keretében, a
„Bundesministerium für Wirtschaft und
Technologie” (Szövetségi Gazdasági
és Technológiai Minisztérium) részé-
ről, a Deutscher Bundestag határozata
szerint.

Angolból fordította:

Szende György

Felvidéki bányavárosainkban jártunk

Az Öntészeti Szakosztály Öntészet-történeti és Múzeumi Szakcsoportja kiegészülve pártoló tagokkal 2015. május 22–25-én tanulmányutat tett a Felvidék három gyönyörű bányavárosában. Azt a három kiemelkedően nagy múltú bányavárost, Selmecebányát, Besztercebányát és Körmöcbányát tekintettük meg, melyek valaha az ezüst, a réz és az arany bányászatából éltek és virágoztak, de sajnos ma már inkább csak az emlékekből élnek.

Az Öntödei Múzeumtól induló buszszal a Vác–Parassapuszta–Ipolyság–Hontnémeti útvonalon közelítettük meg Selmecebányát. Útközben a nagyobb városok és települések, valamint Selmec érdekességeiről *Lathwesen László* és *Sipka László* útitársaink tartottak tájékoztatást. Első állomásunk a szentantali egykori Koháry–Coburg barokk-klasszicista kastély volt, ahol már várt minket régi kedves selmeci barátunk, *Ébert András*. Az ő mindenre kiterjedő figyelme és kifoghatatlan, lelkes idegenvezetése azoknak is nagy élményt jelentett, akik már sokadszor jártak ezen a vidéken.

Selmecebányára a Piargi (hegybányai) kapunál érkezünk. A kapu melletti, a Rubigall-bástya maradványa feletti parkolóban idegenvezetőnk körülvétele a csoportot a város nevezetességeit, szépségét fentről való rátekintéssel mutatta be. A bástyáról körültekintve láthattuk a Leányvárat, a Kálváriát, a város girbe-gurba utcáit, templomait és az Akadémia épületeit. A selmecebányai tájkép gyöngyszemei a körülvevő bányatavak, bár ezek innen sajnos nem láthatók. Az alsó evangélikus temetőben megkoszorúztuk *Kerpely Antal*, leghíresebb kohász professzorunk sírját, akiről *dr. Lengyel Károly* emlékezett meg. A temetőtől a város főterére gyalogosan sétáltunk le. Elhaladtunk a Havas Boldogasszony templom és a Klopacska mellett, elértünk a Belházy-ház elé és tovább az evangélikus templomhoz. A Városháza előtti kis utcán hallgattuk meg a tájékoztatót a Bergscola 1735-ben indult éveiről és a Mária Terézia által akadémiai rangra emelkedett alma materünk múltjáról. Itt beértünk a Szentháromság térre, amely a város történelmi központja és legfontosabb fóruma volt. Közepén magasodik a teret meghatározó, monumentális Szentháromság-oszlop, amelyet az 1710. évi pestisjárvány emlékére építettek. A

teret alulról a Szent Katalin-templom zárja le, mellette elhaladva fordultunk a város főutcájára, rápillantva a Nagyboldogasszony plébániatemplomra, s elértük szállásunkat, a selmeci Grand Hotelt, amely minden szempontból kifogástalan ellátással szolgált csoportunkat. Ebéd után a Kamaráházban működő Szlovák Bányászati Múzeumban megtekintettük Selmec és környékének bányászat- és ipartörténetét, és a bányászat hagyományait bemutató állandó kiállítást.

A második napot Besztercebányán kezdtük. A városban egy helybéli, magyar nyelvű idegenvezetővel megnéztük a gyönyörű főteret, amely már a világörökség része. Kiemelkedő épületei: az Óratorny, a Szent Kereszt-templom, a Szűz Mária templom és a Xavéri Szent Ferenc püspöki székesegyház. A Štefan Moyzes tér domináns építészeti látványossága a fennmaradt barbakán és a hozzá tartozó óratorny, az 1479-ben épült késő gótikus Mátyás-ház és az 1500-ban épült Városháza. A Mátyás-házban lévő várostörténeti múzeum 1889-ben jött létre, 2009-ben az Év Múzeuma volt, a most látható három állandó kiállítást tekintettük meg. Csoportunkat a múzeum igazgatója is fogadta, s kifejezte azt a reményét, hogy a jövőben jó kapcsolatot építhetnek ki az Öntödei Múzeummal.

Ebéd után visszatérve Selmece, nagy városnéző sétát tettünk. Sikerült a Szent Katalin-templom belsejét is megcsodálnunk. A csöndes és szép kilátást nyújtó Alsó Rózsa utcán át sétáltunk át a Szentháromság térről az egykori Bányászati és Erdészeti Akadémia botanikus kertjéhez. Gyönyörű kilátás nyílt innen a történelmi városközpontra, és a környező, bányászattal tarkított dombokra, délnyugati

irányban. A Kémiai Épület aulájában megkoszorúztuk alma materünk 1898–99-ben felépült új épületének avatási emléktábláját. Egy rövid séta során mindenki gyönyörködhetett a botanikus kert ritka és idős fáiban.

Este a Grand Hotel emeleti termében sörözgetés mellett, egyesületi szokásainkhoz híven, a nem szakmabelieknek is izelítőt adtunk diákhagyományainkból egy spontán szakest keletében.

A harmadik nap az arany városába, Körmöcbányára vezetett. Ennek múltjáról, a nemesfémkohászatról és a pénzverésről, útközben *Káplánné Juhász Márta* mesélt sok-sok érdekességet. A városba érkezve lelkesen másztunk fel a 13. és 15. sz. között épült várba. Az építményegyüttesben a gyönyörűen rendbe hozott gótikus Szent Katalin-templom dominál. Leereszkedve a város főterére megtekintettük a barokk pestisoszlopot körben a polgárházakkal. Itt található a város történeti múzeuma és a pénz- és éremmúzeum, amelynek nemrég felújított hat állandó kiállítását mi is végigbogarásztuk. A főteret a pénzverde épülete zárja le, ahová sajnos nem sikerült bejutni, lévén állami intézmény, és hétvégén zárva tart.

Körmöcbánya után Bajmóc híres várkastélyát látogattuk meg. A várat egy mésztufa dombra építették, ahol a 11. században középkori vár állt. Az elmúlt évszázadokban a leggazdagabb nemesi családok birtokolták, utolsó tulajdonosa *gróf Pálffy János* volt, aki a Loire-menti kastélyok mintájára modernizálta a várat.

A tanulmányutat *Lengyelné Kiss Katalin* szervezte, költségeihez az Öntészeti Szakosztály is hozzájárult, melyet ezúton is köszönünk.

👉 *Káplánné Juhász Márta*



■ A Szent Katalin-templom és a pestis-oszlop Körmöcbánya főterén



■ A csoport az akadémia lépcsőjén

BUDAI DÁVID – TISZA MIKLÓS

Fejlesztési irányok az alumíniumkarosszéria-gyártásban

Az alumíniumkarosszéria-gyártás nem csupán a jelenlegi szigorú károsanyag-kibocsátási szabályozások és fogyasztáscsökkentési törekvések eredménye: már az előző évszázad közepétől kezdve megjelent az autógyártásban, mint a jövő technológiája. Az alumínium – az acéltól eltérő tulajdonságainak tulajdoníthatóan – számos korlátot jelent a gyártástechnológiában, amelyek feloldása folyamatos feladatokat szolgáltat az autóiipari kutatások számára. Ezeknek a fejlesztéseknek köszönhetően az alumíniumkarosszéria előállítása ma már nemcsak a prémium szegmensben, egyedi gyártás mellett gazdaságos, hanem a középkategóriás autók nagysorozat-gyártásánál is alkalmazható technológia lett. A következő évek, évtizedek feladata az, hogy növekedjen az alumíniumkarosszériát gyártó márkák száma, valamint hogy a technológia az alsó kategóriában is megjelenjen. Az alumínium alakíthatóságának növelése, és az alumíniumkarosszéria-gyártásnál alkalmazott kötéstechológiák fejlesztése kiemelt irányok a jelenlegi kutatásokban, amelyek sikeres ipari bevezetése a gyártási költségek csökkentését eredményezné, amely véglegesen elindíthatja az alumínium korszakot az autógyártás történetében. Az elmúlt évek kutatásai számos eredményt hoztak, amelyek összefoglalása és kiértékelése segít kijelölni az elkövetkező időszakok fejlesztési irányait.

1. Az alumíniumautók szerepe az EU környezetvédelmi törekvéseiben

Bolygónk átlaghőmérséklete folyamatosan nő, ami jelentős mértékben az emberi tevékenységekből származó üvegházhatású gázok kibocsátásának következménye. A napsugárzás energiája bejut a Föld légkörébe, és az így keletkező meleg eltávozását az üvegházhatású gázok akadályozzák. Az

így bekövetkező hőmérséklet-növekedés teljesen megváltoztatja bolygónk éghajlatát, következményei végzetesek lehetnek az emberiség számára. A megnövekedett hőmérséklet miatt a tengerszint emelkedik, árvizek és aszályok sújttják a régiókat. Időjárásunk teljesen szélsőségesé válik, amit az egyre többet előforduló természeti katasztrófák egyértelműen jeleznek. Ezek a folyamatok nem csak kör-

nyezetünkre és egészségünkre gyakorolnak káros hatást, hanem gazdaságunkra és mindennapi életünkre is. A közúti közlekedés az üvegházhatású gázok kibocsátásában az Európai Unió egyik legszennyezőbb ágazata. A kibocsátás csökkentése érdekében az EU rendeleteket hozott, amiben az új személygépkocsikra vonatkozóan határértékeket állapít meg. Az EU célja, hogy szigorítsa a kis teljesítményű közúti gépjárművek emisszióját, különösen a részecskék és a nitrogén-oxidok kibocsátása tekintetében. A rendelet a 2610 kg referenciatömeget meg nem haladó M1, M2, N1 és N2 kategóriájú járművekre alkalmazandó. Ide tartoznak többek között a külső gyújtású motorral (benzinmotor, földgáz- vagy PB-gázüzemű motor), illetve kompressziós gyújtású motorral (dízelmotor) felszerelt személygépjárművek, kisteherautók és személy- vagy áruszállításra szolgáló, illetve különleges rendeltetésű haszongépjárművek (pl. mentőjármű). A fenti járműveken kívül a gyártók kérhetik, hogy a rendelkezéseket a 2610 és 2840 kg közötti referenciatömegű, személy- vagy áruszállításra tervezett járművekre is kiterjesszék. Személygépkocsiknál 2020-ra 95 g/km CO₂-kibocsátás értéket kell elérni az új autók 95%-ának, 2021-től pedig 100%-ának [1]. 2006-ban 160 g/km volt a kibocsátás érték, 2012-ben már csak 132 g/km. Az összefüggés a tömegcsökkentés és a CO₂-kibocsátás között meglehetősen komplex. Számítási módszertől függően 100 kg tömegcsökkentés hatására 3 g/km-től 13 g/km-ig terjedhet a kibocsátáscsökkentés [2]. Alumínium alkalmazásával az egyes alkatrészek tömege akár az eredeti tömeg 50%-a is lehet, ami jelentős tömegcsökkentést jelent típus-

Prof. dr. Tisza Miklós egyetemi tanár, a Miskolci Egyetem Anyagszerkezeti és Anyagtechnológiai Intézet Mechanikai Technológiai Tanszékének vezetője. Gépészmérnöki oklevelét 1972-ben az NME Gépészmérnöki Karán szerezte. 1995-től a Magyar Tudományos Akadémia doktora. Szakterülete az anyagtudomány és a képlékenyalakítás. Számos hazai és nemzetközi szervezet vezető tisztségviselője, pl. a Nemzetközi Lemezalkotó Világszövetség (IDDRG) elnökhelyettese, majd 1996 és 1998 között a világszervezet elnöke volt. 2002–2008 között az MTA Anyagtudományi és Technológiai Bizottságának elnöke. Több hazai és nemzetközi folyóirat szerkesztőbizottságának tagja.

Budai Dávid okl. gépészmérnök (2014 ME), az ME Sályi István Gépészeti Tudományok Doktori Iskolában PhD-hallgató. Kutatómunkájának fő területe az alumíniumkarosszéria-gyártás technológiájának fejlesztése, az alumínium alakíthatóságának vizsgálata növelt hőmérsékleten. 2012 és 2013 között a Jaguar Land Rover – British Automotive Hungary Kft.-nél, 2013-ban a Musashi Hungary Manufacturing Kft.-nél volt gyakornok.

tól függően. Alumíniumkarosszéria alkalmazásával 30-40% lehet az egész autóra vonatkozó tömegcsökkenés, ami körülbelül 70 és 140 kg megtakarítást jelent típustól függően [6]. Az Európai Unióban jelenleg futó autókban átlagosan 140 kg alumínium található. A teljes alumíniumkarosszériás autóknál (Audi A8, Jaguar XJ, Range Rover) ez az érték 500 kg körül mozog [6]. Amennyiben az alumínium alkalmazásának terjedése a jelenlegi ütemben halad, akkor az átlagos alumíniumfelhasználás 180 kg-ot is elérhet 2020-ig. Jellemző, hogy az átlagon felüli alumíniumfelhasználással készülő autók a prémiumkategória termékei, azonban a jövőben az alumíniumkarosszéria a közép- és felső-közép kategóriában is megjelenhet, ami hozzásegíti a gyártókat a szükséges kibocsátási értékek eléréséhez. Az alumínium alkalmazásában rejlő lehetőségeket az alumínium autótanulmányok vizsgálják. Ezekben a vizsgálatokban egy adott autótípust újraterveznek olyan módon, hogy minden lehetséges helyen alumínium alkatrészeket alkalmaznak. Az eredeti referenciamodellhez képest így jól látható, hogy az alumíniumautók építésében milyen tömegcsökkentési lehetőségek vannak. Az aacheni egyetem egyik ilyen tanulmányában a referenciamodell egy 1229 kg tömegű kisméretű családi autó volt. Közvetlen tömegcsökkentéssel az autó tömege 928 kg lett, míg a közvetett tömegcsökkentési módszerek alkalmazása után 785 kg, ami 36%-os tömegcsökkenést jelent. Több tanulmányt vizsgálva megállapítottuk, hogy a teljes alumíniumkarosszéria alkalmazásával elérhető tömegcsökkenés körülbelül 40%-nál éri el a maximumot. Nagyszilárdságú acélok alkalmazásánál ez az érték 10-20%, mivel egy bizonyos minimum értéknél nem lehetnek kisebbek a falvastagságok, anélkül, hogy ne csökkenne az autó merevsége. Ezzel ellentétben alumínium alkalmazása esetén a korábbi acél alkatrészekre jellemző falvastagságoknál nagyobb falvastagságok szükségesek [4].

2. Az alumínium autóipari alkalmazásának jelene és jövője

Az alumíniumautók történetében a Panhard Z1 volt az első, amelyet sorozatgyártásban készítettek. Ez az autó a mai besorolás szerinti EN AW-5754 (AlMg3) ötvözetből készült 1953-ban. Az autógyártás folyamatosan vizsgálta az alumíniumautók sorozatgyártásának megvalósíthatóságát. Az 1980-as évekig inkább csak technológiai különlegesség volt, mint sem valóság. A Porsche 1981-ben a frankfurti autószalonon kiállított egy elérhető acélkarosszériával készült 928-as típust, mellé pedig az alumíniumból készült példányt. A Porsche EN AW-6016 ötvözetet használt a kísérleti példány megépítésére, amely így 106 kg-mal volt könnyebb, mint a mellette álló hagyományos, acélalapú autó. Az alumínium használatával az autó karosszériája mindösszesen 161 kg volt. A kiállítás hatására az Audi is elkezdte az alumíniumautó projektjét. Az első általuk készített kísérleti autó egy Audi 100-as volt, teljes alumíniumkarosszériával. Az 1990-es évek elején az Alcan Aluminium Ltd. és a Ford közösen fejlesztették saját alumínium prototípusukat. Az együttműködésből készült Ford P2000 az EN AW-5754 ötvözetből készült, akárcsak a korábban említett Panhard Z1. A Ford technológiáját később átvette konszernen belül a Jaguar, amely az XJ220-as sportautó után kezdett kiemelten foglalkozni az alumínium használatával. Az Alcan és a Ford által kifejlesztett AVT technológiával készült Jaguar XJ-nél a külső lemezekhez EN AW-6111, a belső elemekhez pedig EN AW-5182 ötvözetet alkalmaztak. Ebben a típusban megjelent az EN AW-7108-T6 ötvözetből készült első és hátsó keresztartó, valamint az EN AW-6082-T6 ötvözetből készült oldalmerevítő. A 2003 és 2009 között gyártott XJ-ben (X350) alkalmazott ötvözetek arányát az 1. ábra, míg az utódmodellben (X351) használtak arányát a 2. ábra mutatja be. A nagy sorozatban gyártott Jaguar XJ aktuális és elődmodelljében használt anyagcsoportok vizsgálatánál látható, hogy megduplázódott a 6XXX ötvözet használata, valamint megjelent az anyagok között a magnéziumötvözet. A 6XXX ötvözetek mennyiségének növekedését az eredményezte, hogy a fejlődő gyártástechnológia képes volt szerkezeti elemek gyártásánál is alakítani ezt az alapvetően viszonylag nagyszilárdságú ötvözetet.

A Jaguar Land Rover konszern másik márkájánál készülő Range Rover luxusterepjáró szintén teljesen alumíniumkarosszériával készült. A tetőburkolat az új fejlesztésű EN AW-6181A és 6451 ötvözetből készült. Ez az ötvözet nagyszilárdságú, és kiváló fényezhetőséggel rendelkezik, ami lehetővé teszi, hogy alakíthatóságát megőrzi. Az EN AW-6014 ötvözetet különösen az ütközési zónákban használják [7].

A Jaguar Land Rover mellett az Audi rendelkezik kiforrott, sorozatgyártásra alkalmas alumíniumautó-technológiával. Az Audi első sorozatgyártásba kerülő alumíniumautója az A8-as volt 1994-ben. Az Audi A8 sajtóval előállított elemei EN AW-6060 ötvözetből, külső lemezei EN AW-6016, belső lemezei EN AW-6009, strukturális elemei EN AW-5182, öntött elemei pedig A356 (7Si-0,3Mg) ötvözetből készültek. Az Audi következő lépése a kisméretű A2-es autó alumíniumkarosszériájának kifejlesztése volt. Az Audi ezzel a típussal kívánta megteremteni az első 3 liter/100 km fogyasztású autóját. A külső lemezek EN AW-6016, a szerkezeti részek EN AW-6181A, míg a többi elem EN AW-6014 ötvözetből készült. A következő generációs A8-ban már az A2-ben bevált EN AW-6181A ötvözetet használták a szerkezeti elemek gyártására. Az öntött alkatrészek GD-AISi10Mg, GD-AlMg3Mn és AISi7Mg ötvözetekből készültek.

A VW konszernhez tartozó Lamborghini megkapta az Audi alumíniumautó technológiáját, így a jelenlegi Lamborghini modellekben is az Audinál bevált ötvözeteket használják. Példaként, a Lamborghini Gallardo EN AW-6060 ötvözetet használ a préselt elemekhez, AISi7 ötvözetet az öntött alkatrészek gyártásához, míg a külső és belső panelekhez EN AW-6016 és EN AW-6181 ötvözeteket. A konszernen belüli technológiamegosztás kiváló példája az Audi R8 sportautó alumíniumkarosszériája, amelyet a Lamborghini tapasztalatai alapján alkottak meg. Az R8 karosszériája szinte teljesen az EN AW-6181A ötvözetből készült a megkövetelt nagyszilárdság érdekében. Az Audi A8 legújabb típusában az előzőekben tárgyalt ötvözeteket használták, de nőtt az EN AW-6181A ötvözet felhasznált mennyisége. Az Audi A8-ban felhasznált

alumíniumötvözetek az alábbiak szerint változtak:

- Audi A8 (D2): 7 ötvözet
szilárdsági tartomány: 100–200 MPa
- Audi A8 (D3): 10 ötvözet
szilárdsági tartomány: 120–240 MPa
- Audi A8 (D4): 13 ötvözet
szilárdsági tartomány: 120–280 MPa

A Jaguar Land Rover és az Audi sorozatgyártás számára készít alumíniumautókat, ami a folyamatok egyszerűsítését és a felhasznált anyagok számának csökkentését igényli. Ezzel szemben egy egyedi, vagy kissorozatban készülő autóban sokkal több ötvözetet használnak.

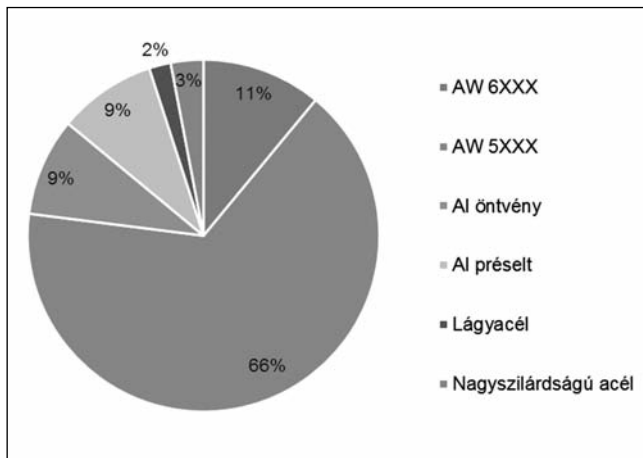
A Ferrari 548 Italia karosszériájában az öntött elemek C65K T7 (10% Si, 0,13% Fe, 0,60% Mn, 0,32% Mg, 0,02% Sr) és C611 T5 (AlSi7Mg) ötvözetből, az extrudált elemek 6082 T6, 6005 T6, 6260 T6, 6063 T6 és H0682 T6, míg a lemezek 6181A T6, 6082 T6 és 6022 T6 ötvözetekből készülnek. Ezek felhasználási területeit a 3. ábra szemlélteti [7].

A típus fejlődésével nőtt az alkalmazott ötvözetek száma és azok szilárdsági tartománya. Ez jól szemlélteti az alumíniumautó technológiájának fejlődését, valamint azt, hogy egyre több speciális alkalmazásra készült ötvözet talál helyet a típusokban, míg korábban csupán egy-egy ötvözetből készültek az alumíniumautók. A BMW konszern egyik alumíniumból készült autója a BMW Z8. A típushoz készült extrudált elemek EN AW-6060, 6063 és 6082 ötvözetből, míg a strukturális elemek EN AW-5754 és 5182 ötvözetből készültek. A belső panelek szintén EN AW-5754 és 5182-ből, míg a külső lemezek EN AW-6016 ötvözetből készültek. A BMW 2010-ben már teljes alumínium frontrésszel rendelkező 5-ös és 6-os típust mutatott be. A front-rész préselt lemezeihez EN AW-5042 (AlMg3,5Mn), EN AW-5182 valamint EN AW-6008 ötvözetet, extrudált darabokhoz pedig EN AW-6060 és EN AW-6082 ötvözetet alkalmaztak.

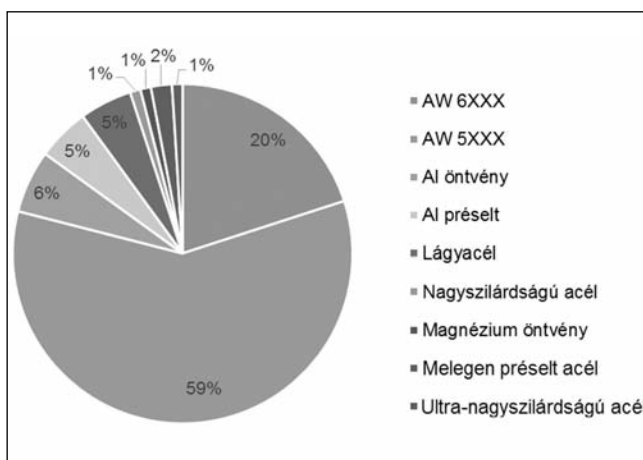
A BMW konszernhez tartozó Rolls-Royce egyedi luxusautókat gyárt. A legnagyobb modelljük, a Phantom, szintén alumíniumkarosszériával rendelkezik. A Rolls-Royce Phantom hatméteres hosszával az egyik legnagyobb luxusautó a piacon. A karosszéria merevségének biztosítása érdekében az autó robusztus szerkezeti fel-

építéssel készült, amely az alumínium használatával nem jelentett jelentős tömegnövekedést. Az extrudált elemeket az EN AW-6060, 6063 és 6082 ötvözetekből készítik. A külső lemezek EN AW-6016, míg a belső panelek EN AW-5182 és 5454 ötvözetből készülnek [7].

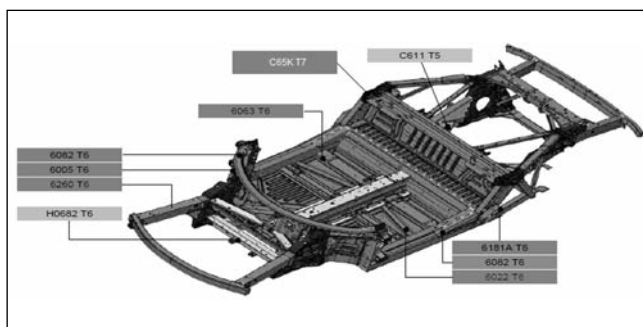
Az összefoglaló 1. táblázatban látszik, hogy a különböző autógyártók közel ugyanazokat az alumíniumötvözeteket használják autóik gyártásához. Az alumíniumautók gyártásának történetében egyre nagyobb szilárdságú ötvözetek kerültek a gyártási folyamatba, ami az anyagtechnológia mellett az alakítási technológiák fejlődésének is köszönhető. Az előttünk álló időben feltehetőleg tovább növekszik a nagyszilárdságú alumíniumötvözetek alkalmazása, valamint növekszik az alumíniumautókat gyártó vállalatok száma, hiszen jelenleg ez az egyik leghatékonyabb módja az autók tömegcsökkentésének. A korábban elsősorban a repülőgépiparban használt alumíniumötvözeteket folyamatosan átvette az autóipar. A repülőgépipari anyagfejlesztések kiemelt területe a kis sűrűségű, porkohászattal előállított 7XXX ötvözetek, az alumínium bázisú acél



■ 1. ábra. Az alkalmazott anyagcsoportok aránya – Jaguar XJ (X350) [7]. AW 6XXX – 11%, AW 5XXX – 66%, Al-ötvény – 9%, Al préselt – 9%, Lágyacél – 2%, Nagyszilárdságú acél – 3%



■ 2. ábra. Az alkalmazott anyagcsoportok aránya – Jaguar XJ (X351) [7]. AW 6XXX – 20%, AW 5XXX – 59%, Al-ötvény – 6%, Al préselt – 5%, Lágyacél – 5%, Nagyszilárdságú acél – 1%, Magnéziumötvény – 1%, Melegen préselt acél – 2%, Ultranagyszilárdságú acél – 1%



■ 3. ábra. A Ferrari 548 Italia típusban használt alumínium-ötvözetek [7]

kompozitok, valamint az alumínium-polimer kompozitok. Az elkövetkező években ezek az új anyagok kiválthatják a hagyományos 2XXX, 6XXX és 7XXX ötvözetcsaládok autóipari alkalmazását. Az alakító eljárások fejlődésével egyre több autóban jelennek meg a 7XXX ötvözetek, különösen a

1. táblázat. Jellemző anyagminőségek az alumíniumautó-gyártásban [7]

| Típus | Strukturális elemek | Belső panelek | Külső panelek |
|----------------------|------------------------|------------------|------------------|
| Audi A2 | 6181 | 6014 | 6016 |
| Audi A8 (D2) | 5182 | 6009 | 6016 |
| Audi A8 (D3) | 6181 | 6009 | 6016 |
| BMW 6 | 6060, 6082 | 5042, 5182 | 6008 |
| BMW Z8 | 6060, 6063, 6082 | 5754, 5182 | 6016 |
| Chevrolet Corvette | 6063 | 5745 | 6063 |
| Ferrari 548 Italia | 6005, 6063, 6082, 6260 | 6181, 6082, 6022 | 6181, 6082, 6022 |
| Jaguar XJ (X350) | 6082, 7108 | 5182 | 6111 |
| Jaguar XJ (X351) | 6082, 7108 | 5182 | 6111 |
| Jaguar XK | 6082 | 5754 | 6111 |
| Lamborghini Gallardo | 6060 | 6181 | 6016 |
| Lotus Elise | 6063 | 3105 | 3105 |
| Lotus Evora | 6060 | 5754 | 5754 |
| Range Rover | 6082 | 6014 | 6181, 6451 |
| Rolls-Royce Phantom | 6060, 6063, 6082 | 5182, 5454 | 6016 |

nagy szilárdságú EN AW-7075 és EN AW-7055-T77, amelynek kiemelkedő, 610 MPa a folyáshatára.

3. Az alumíniumautók gyártástechnológiájának kérdései

Az autógyártás acélközpontúsága miatt problémaként kezelik a szakemberek az alumínium alkalmazását, mivel a megszokott acélelemek gyártásához képest az alumínium alkatrészek gyártása speciális eszközöket és tudást igényel, valamint nem elegendő csupán a megszokott acél alapanyagokat alumíniumra cserélni. Az alumínium sűrűsége közel harmada, alakváltozó képessége pedig közel fele az acélénak. E tulajdonságok miatt az alumíniumautó-gyártásra való átállás általában jelentős költségnövelést okoz az autógyártóknak, amit jelenleg csak a válság ellenére növekvő eladásokat produkáló prémium autógyártók képesek a legkisebb veszteséggel végrehajtani. Az alumínium karosszériájú autók megjelenésére hatással van az alapanyag tulajdonsága, ugyanis a rosszabb alakíthatóság nem tesz lehetővé bonyolult geometriákat, éles vonalakat, emiatt az alumínium alkalmazásával készült autókat nagy síkfelületek, valamint lágú töréssel rendelkező panelek határolják. A merevség megőrzése érdekében alumíniumból az acélelemeknél masszívabb alkatrészeket kell tervezni, emiatt a falvastagságokat növelni kell. A kevésbé éles lekerekítések, hajlított ívek miatt a lemezalakításnál kompro-

misszumokat kell kötni, mivel túl éles sarkokon az alumínium kiszakadhat alakítás közben. Lemezalakításnál speciálisan szabott előgyártmányokkal javíthatjuk az alumíniumlemez alakváltozásának menetét, hogy elkerüljük a kedvezőtlen gyűrődéseket, visszarugózásokat. A kritikus helyeken érdemes külön felületkezeléseket alkalmazni, hogy csökkenjen a súrlódás, ezzel segítve az anyag folyását az adott felületen. Alakítás során ügyelni kell arra, hogy ne keletkezzen túl sok feszültség olyan helyeken, ahol később peremek lesznek, mert a maradó feszültség hatására a lemez elhajlik. Továbbá, lehetőség szerint biztosítani kell az egyenletes feszültségeloszlást az egész darabban. Ehhez ráncgátlókat, húzóbordákat és speciális, vezérelt szerszámokat kell alkalmazni. Mind a szerszámok, mind az alkatrész tervezésénél be kell tartani ökölszabályokat az elemeken található lekerekítések és ívek geometriáját illetően.

Az elemek gyártása mellett az összeszerelésnek is speciális igényei vannak, hiszen az alumínium hegesztése csak speciális és drága berendezésekkel végezhető el. Emiatt részesítik előnyben a gyártók a repülőgépiparból átvett szegecs- és ragasztott kötéstéchnológiákat, amelyeket az alumíniumelemek összeszerelésénél nagy számban használnak. Ezekkel az eljárásokkal kellően merev kötések hozhatók létre, illetve különböző anyagminőségű lemezek kötése is gond nélkül megoldható. Az alumíni-

umkarosszéria kialakításának rengeteg változata született az elmúlt évtizedekben. Minden gyártó saját megoldásokat fejlesztett ki, így nehéz csoportba osztani a karosszériaváltozatokat a nagyszámú és egymástól eltérő megoldások miatt. A kialakításokat alapvetően befolyásolja a gyártási sorozat nagysága, így a csoportokra bontást az alapján készítették el, hogy milyen megoldások jellemzőek az egyedi, kis- és nagyszériás gyártásra. Az alkatrészek minősége a szerelésre való alkalmassággal jellemezhető, azonban ezekkel a költségeket csak igen megfontoltan szabad becsülni. Az alkatrészek költségigénye függ a formától, mechanikai tulajdonságoktól, tőréspektől stb. Bizonyos technológiák után még kiegészítő megmunkálásokat is alkalmazni kell, amelyek tovább növelik a költségeket. Az alkalmazott technológia további fontos meghatározója egy alkatrész egységköltségének, hiszen egy 3D hajlítással vagy hidroform alakítással készült alkatrész jóval többbe kerül, mint egy hagyományos öntéssel vagy préssel előállított elem. Az alkalmazott szerszámok élettartama további fontos tényezője a rendszer költségeinek. Egy kis tőrésmezővel rendelkező alkatrész gyártásánál a szerszám tőrési is szigorúak, ami tovább növeli a költségeket. Jól látható, hogy az alumíniumautók gyártásánál az egész gyártórendszert újra kell gondolni és tervezni, hogy a tömegcsökkentett alumíniumautókat gazdaságosan lehessen gyártani. A legfontosabb paraméter a gyártási volu-

men, amely így alapjaiban határozza meg az autó szerkezeti felépítését, hiszen nagyszorozat-gyártásban megtérülnek a drága prészszerzők, így az autó akkor állítható elő gazdaságosan, ha azt minél több lemezalkatrész alkotja. Közepes darabszámnál már az öntött és extrudált profilok jelentik az optimális megoldást.

4. Főbb kutatások és eredményeik

A szigorú emissziós szabályozások miatt az autógyártóknak rövid időn belül kell jelentős fejlesztéseket véghezvinni, hogy csökkentsék járműveik tömegét. Emiatt az autógyárak és a különböző kutatócsoportok együttesen vizsgálják az alumíniumötvözetek tulajdonságait és azok gyárthatóságát. Az alakváltozási képesség korlátai miatt az alumíniumötvözetek nagyszorozat-gyártásban való alkalmazása költséges és nehéz feladat. A tömeggyártáshoz kiváló nyújthatóság és alakíthatóság szükséges, hogy bonyolult geometriai formákat hozzanak létre egyszerűen és gazdaságosan. Az ismeretes, hogy az alakítás hőmérsékletének az újrakristályosodás hőmérsékletéig való növelésével javul az alakíthatóság. Például az 5XXX ötvözeteket 300 °C-ig, míg a 6XXX ötvözeteket 200 °C-ig kell melegíteni, hogy új csúszási síkok aktivizálódjanak az anyag szerkezetben. Amennyiben a szerző szám melegítése megvalósítható lokalizált, külön vezérelhető fűtött szegmensekkel, akkor további javulást lehet elérni az alumínium alakváltozó képességében. Az alumínium ötvözet alakíthatósága nemcsak a hőmérséklet emelésével javítható, hanem az alakítás sebességének jelentős csökkentésével. Az emelt hőmérsékletű alakítás elvégzéséhez számos új alakító technológiát fejlesztettek ki, amelyekkel nagyobb hatékonysággal lehet elvégezni a komplex geometriák gyártását, mint a hagyományos technológiákkal. A hidroform eljárást már régóta alkalmazzák az autógyártásban szerkezeti és külső lemezek gyártásához. A súrlódásmentes, biaxiális alakításnak köszönhetően az alakítási határidő területa megnövekedett, aminek köszönhetően az egyenlőtlen falvastagság-csökkenés és a nyakadás elkerülhetővé vált. A hibrid, emelt hőmérsékletű hidroform eljárás

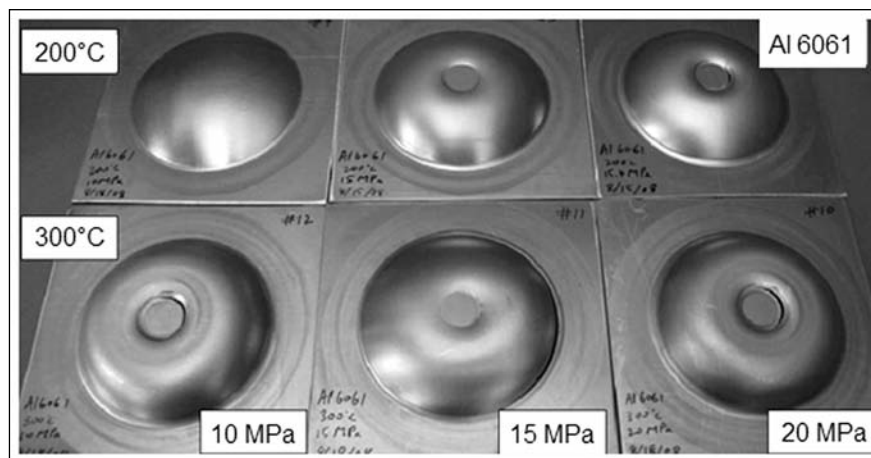
egyesíti a megalakítás és a hidroform alakítás előnyeit. Bár előnyei egyértelműek, ez a technológia még igen újnak számít, így számos kísérlet témája jelenleg is. Az alumíniumötvözetek alakíthatóságának növelésére számos technológiai vizsgálatot végeztek, amelynek köszönhetően ennek a területnek gazdag irodalma van.

A Virginia Commonwealth University precíziós alakítási központjában végeztek 2008–2009 között technológiai kísérleteket az EN AW-5052 és EN AW-6061 ötvözetben. A kutatást vezető *Mahabunphachai* és *Koc* azt vizsgálta, hogyan változik az anyag alakíthatósága különböző hőmérsékleteken és különböző sebességekkel való alakítás során [11]. Az ötvözetet olyan mélyítő berendezéssel vizsgálták, amelyben a tömör acéltüské helyett melegített olajközeg végezte az alakítást. A vizsgálat alatt mindkét szerző rész hőmérséklete külön mérhető és szabályozható volt. A gyors reagálású rendszernek köszönhetően a kísérlet alatt a beállított és mért hőmérséklet közötti különbség sosem volt 5 °C-nál nagyobb. A hevítő ciklus után egy 5-10 perces várakozás jött, hogy egyenletes hőmérséklet alakuljon ki az egész szerző testben. Az alakítási sebesség hatásának vizsgálatánál három alakítási sebességet alkalmaztak. A kísérleteket szobahőmérsékleten, 100 °C, 200 °C és 300 °C-on végezték el 0,013 1/s és 0,13 1/s alakítási sebesség mellett (4. ábra) [11].

Az eredményekből látszik, hogy 200 °C-on végzett alakítás mellett különösen rossz eredményt produkált az EN AW-6061 ötvözetből készült próbadarab. A 15 és 20 MPa nyomás mellett

nem a szerző szám alakját vette fel a lemez, hanem repedés, szakadás jelent meg a darab tetején. A repedés oka, hogy a hőmérséklet növelésével a folyáshatár csökken, de a nyújthatóság nem változik. A hőmérséklet növelése csökkentette az anyag szilárdságát, ami onnan látható, hogy ugyan olyan nyomással, de nagyobb hőmérsékleten végzett vizsgálatok során a lemez jobban felvette a szerző szám alakját. A szerző számkitöltési tényezőt a mérések alapján meghatározták. Az EN AW 6061 ötvözetből készült lemez formakitöltési tényezője 60%-ról 83%-ra nőtt a hőmérséklet növelésével. Mivel a kísérletben alkalmazott nyomás és hőmérséklet kombinációk nagy része okozott szakadást, érdemes lenne tovább kísérletezni, hogy az alkalmazott geometria esetén mik a technológia határai. A kísérlet szemléletesen mutatta be, hogy az alakítási hőmérséklet növelésével jelentősen javul az anyag alakíthatósága (5. ábra) [11].

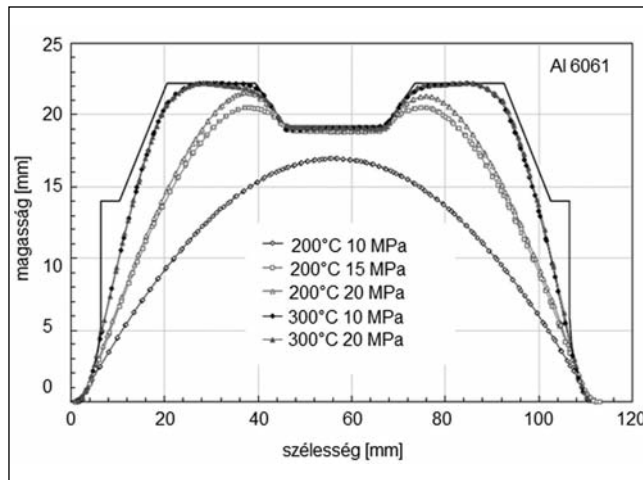
Az emelt hőmérsékletű alakítás hatásait hagyományos szakítópróbával is van lehetőségünk vizsgálni. Az alábbi kísérletet 2013-ban publikálta a Paduai egyetemről *Paolo Bariani* és *Stefania Bruschi*. A kísérletben EN AW-5083-as alumíniumötvözetben végeztek szakítópróbát 300 °C, 400 °C, 450 °C és 500 °C hőmérsékleteken. A vizsgált próbatesteket 10 °C/s sebességgel melegítették az alakítási sebességre, majd 90 másodpercig hűtött tartották, hogy homogén hőmérséklet alakuljon ki az egész próbatestben. A nyújtást 0,1 1/s sebességgel végezték. Az ötvözet alakítással szembeni ellenállása jelentősen romlott a hőmérséklet növelésével. Alakítási keményedés



■ 4. ábra. A vizsgálat EN AW-6061 ötvözetből készült próbadarabjai [11]

csupán a 300 °C-on végzett kísérletnél figyelhető meg. A folyáshatár a hőmérséklet növelésével drasztikusan csökkent. Az alakítási határdiagramot (FLD) szintén 0,1 1/s alakváltozási sebesség mellett vették fel a különböző hőmérsékleteken. Az FLD érzékenyen reagált a hőmérséklet változására. A szobahőmérsékleten végzett vizsgálattal összehasonlítva 450 °C-on volt a legszélesebb az alakíthatóság területe. Továbbnövelve a hőmérsékletet, csökkent az alakíthatóság területe, amely az alumíniumötvözetekre jellemző optimális hőmérsékleti tartomány létezését vetíti előre [12].

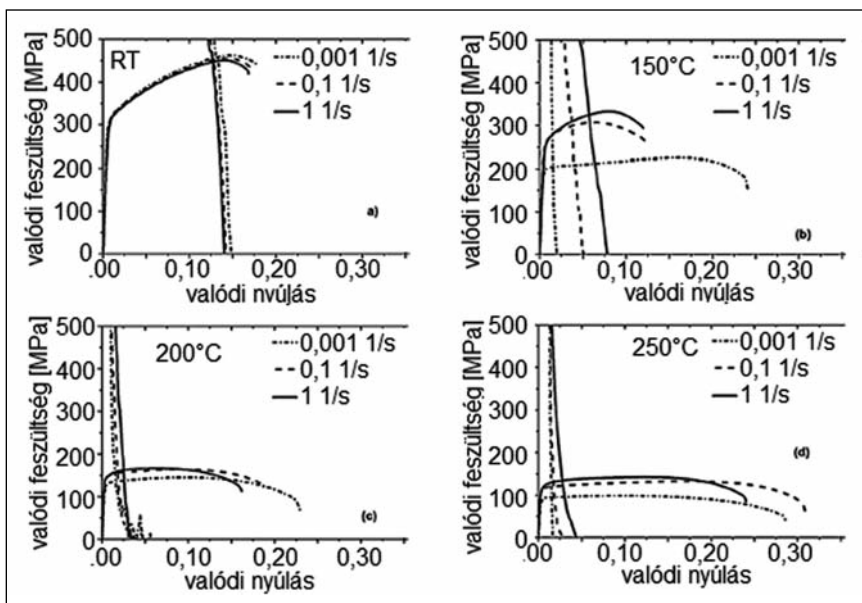
Kumar, az osztrák Ranshofen GmbH kutatója az EN AW-7020 alumíniumötvözet alakíthatóságát emelt hőmérsékletű szakítóvizsgálattal és az autópárházban használt Cross-die próbával vizsgálta. A szakítóvizsgálatban az ötvözetből készült, 2 mm vastagságú lemezből kimunkált próbatestet felmelegítették a vizsgálati hőmérsékletekre (150 °C, 200 °C, 250 °C), majd 4 másodpercig tartották ezen a hőmérsékleten. A húzóterhelést csak ez után adták rá. Az alakváltozási sebesség 0,001 és 1 1/s között volt. A szobahőmérsékleten zajló szakítóvizsgálat a jól ismert anyagviselkedést



■ 5. ábra. Az alakíthatóság változása a hőmérséklet növelésével [11]

mutatta ki. A valódi feszültség növelésével a valódi nyúlás lineárisan növekszik egészen a folyáshatárig. Ezután a közismert alakváltozási keményedés hatására nem-lineárisra változik a valódi feszültség–valódi nyúlás kapcsolata. Majd elkezdődik egy gyors kontrakció, és elszakad a próbatest. A szobahőmérsékleten, de különböző alakváltozási sebességgel végzett vizsgálatok mind ugyanezt a jellegzetességet mutatják (6. ábra) [13].

Ebből megállapítható, hogy az alakváltozás sebessége elhanyagolható hatással van az alakítási keményedés lefolyására szobahőmérsékleten. Az emelt hőmérsékletű alakításoknál az alakítás sebessége jelentősen befolyásolta az valódi feszültség



■ 6. ábra. Az EN AW-7020 ötvözet szakítópróbáinak eredményei [13]

és a valódi nyúlás kapcsolatát. 150 °C hőmérséklet és 0,001 1/s alakítási sebesség mellett az alakváltozási keményedés és a valódi nyúlás aránya kisebb volt, mint nagyobb sebességnél, de azonos hőmérsékleten. Ennek az aránynak a csökkenése a magasabb hőmérsékleteken is megfigyelhető.

Az alakváltozási sebesség növelése 0,01-ről 1 1/s-ra csak kismértékű változást eredményezett az értékek arányában. Ezek az emelt hőmérsékleten a valódi feszültség közel állandó

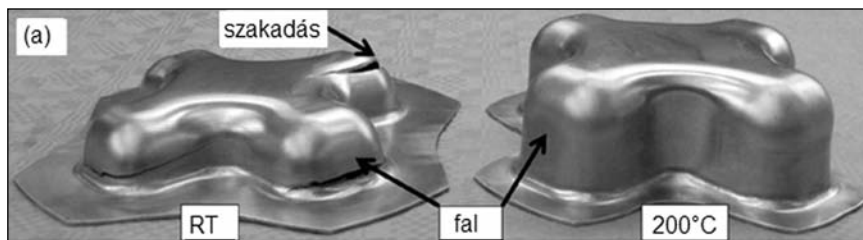
maradt az egyezményes folyáshatár után, ami arra utal, hogy a magasabb hőmérséklet beindított egy lágyulási mechanizmust. A szakítóvizsgálat után az autópárházban használt Cross-die tesztet végeztek az ötvözetten. A Cross-die teszten egy kereszt alakú bélyeggel végeznek mélyhúzást, amelyből meghatározzák az adott lemezanyag alakíthatóságát. A Cross-die tesztet szobahőmérséklet és 250 °C között végezték el. A kísérlet előgyártmánya egy 231×231 mm méretű, sarkain lekerekített lemez. A melegítést fűtőszálakkal oldották meg, amelyek melegítik a húzógyűrűt, a bélyeget és a ráncartót is. A szerszámba helyezett lemezt kenőanyaggal látták el. Összearás után 15 másodperc alatt elérte a kísérlet hőmérsékletét, ezután megindult az alakítás. Az alakítás alatt kéttengelyű húzófeszültség ébred a bélyeg fejrészen, ami az alsó rádiusznál az anyag vékonyodását okozza. A mélyhúzóhatóság határát az előállított edény magasságával határozták meg. Az edényt addig húzták, amíg azon repedés jelent meg (7. ábra).

Szobahőmérsékleten a teljes húzási hossz felénél már bekövetkezett az anyag kiszakadása, amely megerősítette az AW-7020-T6 ötvözet szobahőmérsékleten jelentkező rossz alakíthatóságát [13].

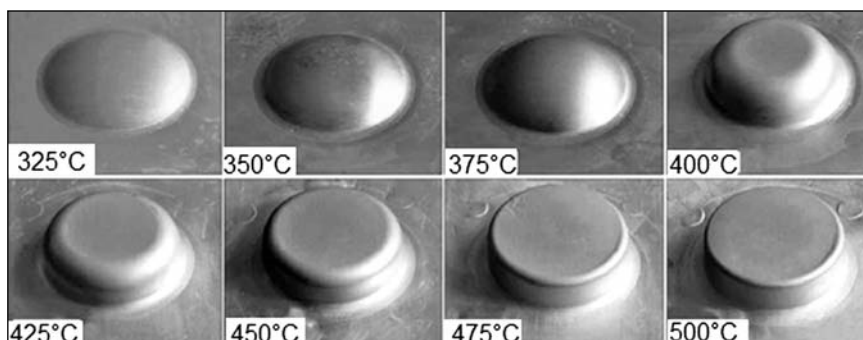
Napjainkban nagy figyelem övezi az alumíniumötvözetek nagy sebességgel történő alakítási technológiáit (high strain rate superplasticity – HSRS). A General Motors által fejlesztett HSRS-technológia hevített gázkö-

zeggel alakítja a lemezt hirtelen fellépő nagy nyomással. Ezzel a technológiával lehetőség nyílik nagy sorozatban előállítani lemezkatrészeket (100 000 db/év). A HSRS-technológiában kiemelten kell figyelni az alapanyag előkészítésére. Szabályozott mikrostruktúra és kisméretű szemcsék szükségesek a megfelelő alakításhoz. Számos megoldáson dolgoznak a kutatók, amelyekkel a HSRS-technológia kivitelezhetővé és alkalmazhatóvá válik az ipar számára. Egyik ígéretes iránya a gyors gázformázás (rapid gas forming – RGF). A technológia alapelve, hogy a fémet gyorsan felmelegítjük az alakítás hőmérsékletére egy fűtött szer számmal, aztán nagynyomású gázzal alakítjuk néhány másodperc alatt [14].

Számos kutatás foglalkozik az optimális alakítási paraméterek meghatározásával, mivel az alumíniumötvözetek érzékenyek az alakítás hőmérsékletére oly módon, hogy csak bizonyos hőmérséklet-tartományban produkálják a kívánt alakíthatóságot. A [14] cikkben az alakítási hőmérsékletet, a gáz nyomását, valamint az alakítás idejét vizsgálták kör alapú hengerek alakítása során. A 8. ábrán látható lemezt 5 tonnával szorították a szer számmal. A szer szám külső melegítőköpeny segítségével éri el a beállított hőmérsékletet. Az eljárás során a lemez hőmérséklete megegyezik a szer szám hőmérsékletével, így nem alakulnak ki hőmérsékleti gradiensek. A szer szám belső átmérője 52 mm, a csésze magassága 15 mm. Az RGF-alakítás vizsgálata során 5A06 (5,8%–6,8% Mg, 0,5%–0,8% Mn, 0,4% Fe, 0,4% Si, 0,1% Cu) lemezt használtak. Az alakítás során a hőmérséklet hatását, a gáz nyomását és az alakítás idejét vizsgálták, hogy optimális paramétereket határozzanak meg a nagyszorozat-gyártás számára. A 9. ábra mutatja be a rádiusz változását a hőmérséklet és az alakítási időtartam függvényében. A lemez tulajdonképpen szabadon alakított volt 325 °C és 375 °C között 2,5 MPa nyomáson 30 másodperces terhelési idővel. Ahogy a hőmérséklet növekedni kezdett, a lemez



■ 7. ábra. Cross-die próbatestek alakítás után [13]



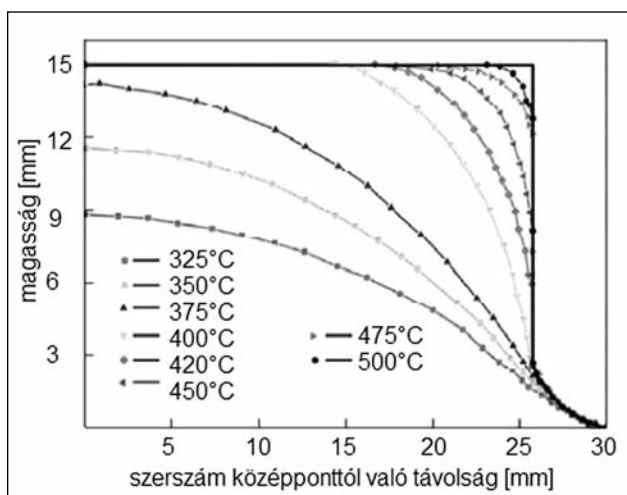
■ 8. ábra. Különböző hőmérsékleten végzett alakítások eredménye [14]

egyre inkább közelítette a szer szám alakját. A hőmérséklet növekedésével a csésze alján lévő rádiusz mérete csökkent. A legkisebb rádiusz 2 mm volt 500 °C-os alakításnál [14].

5. Összefoglalás

A kísérletekből látható, hogy a különböző kutatások az alakítás növelésére több megoldást is vizsgáltak. A hőmérséklet növelése és az alakítási sebesség csökkentése univerzális módszernek mondható, mivel csaknem minden alakítási technológiában változtatható ez a két paraméter. Az olyan jellemzők, mint az alakító közeg

nyomása már technológiafüggő. A kísérletek széles körben tanulmányozták az autóiparban használt alumíniumötvözeteket. Az eredmények azt mutatták, hogy jelentősen növelhető az alumíniumötvözetek alakíthatósága az alakítási hőmérséklet növelésével. A kivitelezés szempontjából megismerhetünk izotermikus és nem-izotermikus alakításokat, amelyek jól mutatják, hogy a hőmérséklet növelésének van többféle megoldása, amelyek más-más módon hatnak az alakíthatóságra. Az alakíthatóság növelésére a gyártás számára is használható megoldás a folyamatban résztvevő szer számelemek hevítése. Ilyen esetben a szer számelemek ugyanazt a hőmérsékletet veszik fel az alakítás során. Ez lehet egy eredményes megoldás, de nem teljes körűen kidolgozott. Láthattuk néhány kísérletben, hogy amennyiben a matrica és a bélyeg nem azonos hőmérsékletű, az tovább javítja bizonyos ötvözeteknél az alakíthatóságot. Ez a megoldás már lényegesen bonyolultabb és számos új feladat elé állítja a kutatókat. Külön kísérlet kíván már annak a meghatározása is, hogy a szer szám mely részeit melegítsék, és mely részeit hűtsék



■ 9. ábra. Az alakítási hőmérséklet hatása a rádiusz változására a szer számprofilhoz viszonyítva [14]

az optimális hőmérsékleti gradiens elérése érdekében. A hőmérsékleti szegmensek elhelyezkedése geometriafüggő, így minden gyártandó darabhoz ki kell kísérletezni a megfelelő elrendezést. Ezek után pedig a szegmensek hőmérsékletkülönbségét kellene meghatározni, ami újabb nagyszámú kísérletet jelentene. Ezeket figyelembe véve, látható, hogy az iparban ma még nehezen bevezethető, hasznosítható ez a technológia a jelenlegi állapotában.

A nem-izotermikus technológia fejlődését segíthetné egy erre a területre kidolgozott, speciális végeeselemes szoftver, amely az alkatrész geometria alapján képes meghatározni a hevítendő és hűtendő szegmenseket, valamint azok hőmérsékletét. Az izotermikus technológia egyszerűbb és könnyebben hasznosítható az ipar számára. Ebben a szerszámelemek hőmérséklete állandó, homogén. Ezzel a módszerrel is növelhető az alakítás, bár a technológia nem olyan kifinomult, mint a nem-izotermikus technológia.

Jelenleg a növelt hőmérsékletű alakítások közül ez áll legközelebb az ipari alkalmazáshoz. A technológia elterjedését segíti, hogy a kutatócsoportok számos eredményt publikálnak a különböző ötvözetek optimális hőmérsékleti tartományából, amelyeket részben az itt ismertetett kísérletekben is láthattuk. A technológia ipari bevezetését viszont nehezíti, hogy a hevítés és hőntartás mindig költséges és a szerszámok árában elérhető megtakarítás nem feltétlen fedezi a megnövekedett energiaigény költségét.

A technológiát csak akkor lehet bevezetni az autógyártásban, ha sikerül úgy összekötni a gyár energia-gazdálkodását, hogy a folyamat hulladékújítást más technológia fel tudja használni. Az optimális hőmérsékleti tartomány általában 180 °C és 250 °C között található, ami azt jelenti, hogy egy kisebb hőmérsékletet igénylő folyamattal összekötve gazdaságos lehet az alkalmazása. Ez nyilván gyárfüggő, illetve az autógyárak jellemzően kiszervezik a lemezalakítást,

de mindenképpen érdemes a megvalósíthatóságát energiaoldalról is elemezni.

Az alakítási sebesség csökkentése szintén javítja az alumíniumötvözetek alakíthatóságát, azonban ez az ipar számára szintén nem kedvező. Az autókba épített lemezalkatrészek 3-5 másodperces ciklusidővel készülnek, ami nem engedi meg, hogy az alakítás sebességét jelentősen csökkentésék. A tömeggyártás számára biztosan nem járható út az alakítás sebességének csökkentése, ezért a jövőben inkább az alakítási sebesség növelésére érdemes koncentrálni, hiszen a szuperképlékeny állapot úgy is elérhető.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 projekt eredményeire alapozva a TÁMOP-4.2.2/A-11/1-KONV-2012-0029 jelű Járműipari anyagfejlesztések című projekt részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- [1] Európai Bizottság Kommunikációs Főigazgatóság: Közérthetően az Európai Unió szakpolitikáiról – Éghajlat-politika, Belgium 2014, ISBN: 978-92-79-24716-3, pp 8.
- [2] *Christoph Koffler, Klaus Rohde-Brandenburger*: On the calculation of fuel savings through lightweight design in automotive life cycle assessments, *International Journal of Life Cycle Assessment* (2010) 15:128–135.
- [3] European Environment Agency: Monitoring CO₂ emissions from new passenger cars in the EU: summary of data for 2012, Denmark
- [4] The Alu-maximised Car Study, ika-RWTH-Aachen University, 2003, Germany
- [5] European Aluminium Association, *Aluminium In Cars*, Belgium, 2008

(http://www.alueurope.eu/pdf/Aluminium_in_cars_Sept2008.pdf)

- [6] European Aluminium Association: *Aluminium in Cars – Unlocking The Light-Weighting Potential*, (2012) <http://www.alueurope.eu/publications-automotive/>
- [7] European Aluminium Association: *The Aluminium Automotive Manual*, (2002) <http://www.alueurope.eu/aam/>
- [8] *Wang, H., Yingbing, L., Friedman, P., Minghe, C., Lin, G.*: 2012. Warm forming behaviour of high strength aluminium alloy AA7075. *Trans. Nonferrous Met.Soc. China* 22, 1–7.
- [9] *Li, D., Ghosh, A. K.*: 2004. Tensile deformation behaviour of aluminium alloys at warm forming temperatures. *J. Mater. Process. Technol.* 145, 281–293.
- [10] *Torca, I., Aginagalde, A., Esnaola, J. A., Galdos, L., Azpilgain, Z., Garcia, C.*: 2010. Tensile behaviour of 6082 aluminium alloy sheet under different conditions of heat treatment, temperature and strain rate. *Key Eng. Mater.* 423, 105–112.
- [11] *S. Mahabunphachai, M. Koc*: Investigations on forming of aluminium 5052 and 6061 sheet alloys at warm temperatures; *Materials and Design* 31 (2010); 2422–2434.
- [12] *Paolo F. Bariani, Stefania Bruschi, Andrea Ghiotti, Francesco Michieletto*: Hot stamping of AA5083 aluminium alloy sheets; *CIRP Annals – Manufacturing Technology* 62; 2013; pp. 251–254.
- [13] *M. Kumar, N. Sotirov, C. M. Chimani*: Investigations on warm forming of AW-7020-T6 alloy sheet; *Journal of Materials Processing Technology* 214; 2014; pp. 1769–1776.
- [14] *Fan Xiao-Bo, He Zhu-Bin, Yuan Shi-Jian*: Deformation behavior of 5A06 aluminium alloy sheet for rapid gas forming at elevated temperature; *Transactions of Nonferrous Metals Society of China* 22; 2012; 389–394.

A vésnöki hivatás a XX. században KB-től BP-ig*

Boldog békeidők.

Körmöcbánya után Budapesten.

Látogatás egy vésnökműhelyben.

A Nemzeti Kulturális Örökségünkbe az ötven évnél régebbi tárgyak, épületek, művészeti alkotások tartoznak. Természetesen senki ne gondolja, hogy 1965 után nem készültek jelentős alkotások, de ezeket még a közvélemény és a kritikusok fogják elbírálni és minősíteni. Ezt az időkorlátot követve, három egymástól eltérő szakaszt különböztethetünk meg az éremművészet és a kitüntetéskészítés terén.

A század eleje, az első nagy világegyésig a boldog békeidők korszaka, remek mesterek keze alól kerülnek ki a szebbnél szebb birodalmi kitüntetések, *Ferenc József* szinte mindegyiken megjelenő portréjával. Az 1. kép izellítő, amely illusztrálja az időszak stílusát.

A vésnök *Rudolf Ferdinánd Marschall* (Bécs 1873–1967), a Ferenc József-portrék udvari készítője, 1905-től a bécsi éremművészeti iskola igazgatója.

A későbbiek során, már a vérzivataros években a katonai kitüntetések, a vitézségért, sebesülésért adományozott érmék készítése a vésnökök fő feladata.

A második jelentős időszak a Trianont követő 25 év. Körmöcbányáról Budapestre települ a Magyar Királyi Állami Pénzverő. A KB verdejel helyett megjelenik a BP. A vésnökök már nem a Monarchia keretei között alkotnak, hanem kizárólag a hazai igények megvalósítói. A technika lényegesen megváltozik, a tervek többszörös nagyításban, gipszben készülnek, a valós méretre kicsinyítés, redukálás acélba másoló berendezésekkel történik. A vésnök felada-

ta átalakul, a kor feszített ütemét jobban kiszolgáló módszerek segítik a munkájukat. A koronáról pengőre áttérés, bolgár és egyiptomi pénzek gyártása komoly kihívás a frissen alakult pénzverőnek. A forgalmi pénzek mellett igen termékeny ez az időszak az éremkibocsátásban is. Neves szobrászok vetélkednek szebbnél szebb éremtervekkel, amelyek mind vésnökök keze által valósulnak meg. Egy szép példája ennek *Wahlner Aladár* portréja (2. kép).

IGNIS CALOREM SUUM ETIAM IN FERRO TENET

„A tűz a vasban is megtartja melegét.”

Kézbe véve egy verőtövet, szinte érezhető a mondás igaza. Nem a hőkezelés kihűlt melegét, hanem a szenvedély tüzét őrzik ezek a szerszámok. A szépség, a virtuozitás harmóniája sugárzik ezekből a vésetekből. Az építész, a szobrász, a festő, monumentálisának szinte nincs határa. Óriási méretekben fejezhetik ki érzéseiket, mondanivalójukat. Az éremművész, a vésnök méretekben jelentősen korlátozott. A művészeteknek ebben a miniatűrízált ágában szó szerint redukált méretekben jelenik meg az elképzelés.

Ennek a fontos műveletnek állít szép emléket a 3. képen látható

érem, szimbolizálva a nagyból a kicsi felé vezető utat és egyben értékelve azt a hihetetlen teljesítményt, amelyet az 500 érem redukciója jelentett.

A határok – amit a vésnök szeme még érzékel nagyítóval, mikroszkóppal, mint legapróbb részlet, valamint a sajtológép ereje, amivel a legnagyobb felület- és reliefmélység érhető el. Ezek között valósítható meg a téma, a részletgazdagsága, a motívumok kiemelése, vagy elnagyolása.

Szót kell ejteni még egy jelentős korlátról, az érem másik oldaláról, vagy közérthetőbben a hátlapjáról. A két oldal mintázatának, reliefmélységek egymáshoz viszonyított elhelyezkedésének jelentős szerepe van. A „találkozási” pontok, felületek át gondolatlansága meghiúsíthatja a veretek tetszetős, minden részletet visszaadó képét. Például egy portré esetében, akinek dús haja van, nem lehet kopasz a vereten, azért mert az érem anyaga nem tudta kitölteni a vésetet. (Sajnos néha előfordul, hogy csorbul a finom vonalak látványa.)

További technológiai kihívás a harmadik oldal, az érmék palástjának, díszítésének, feliratainak láthatóvá tétele, amelyet az érem elő- és hátlapjával szükséges összhangba hozni. Látható, hogy a véset elkészítésénél a gyártás, különösen a sorozatgyártás feltételrendszerét is figyelembe kell venni és szükséges alkal-

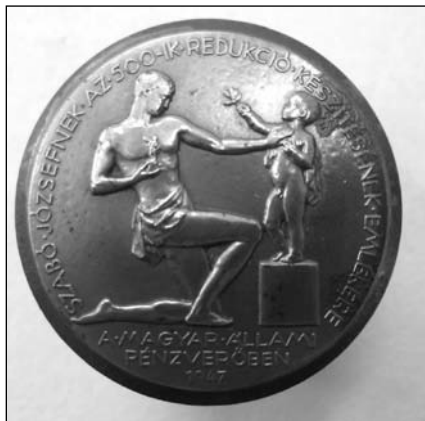


■ 1. kép. Jubileumi kereszt 1908, Ferenc József trónra lépésének 60 éves jubileumára



■ 2. kép. Wahlner Aladár portréja az OMBKE emlékérmén, Berán Lajos (1882–1943) alkotása 1926-ból

* A 2015/2. számban megjelent cikk folytatása.



■ **3. kép.** Iván István (1905–1967) alkotása, felirata: „SZABÓ JÓZSEFNEK AZ 500-IK REDUKCIÓ KÉSZÍTÉSÉNEK EMLÉKÉRE / A MAGYAR ÁLLAMI PÉNZVERŐBEN 1947”

mazni szabályait. Szinte minden korban, de különösen a XX. században egy-egy új érem vagy pénzérme verése nem kezdődhetett el a vésnök jelenléte és jóváhagyása nélkül.

A harmadik időszak megismeréséhez pillantsunk be egy kis időutazással a 60-as évek vésnökműhelyébe. A naptár 1965-t mutat. Az ajtón szigorú felirat „Idegenek a műhelybe csak külön engedéllyel léphetnek be!” Az elsőre keménynek tűnő fogadtatásnak oka van. A műhelyben szigorú számadású szerszámok, forgalmi pénz verőtövek, nemesfém hitelesítő fémjelek, bélyegzők, pecsétnyomók készülnek, amelyek megtekintése, felhasználása, csak előírás szerinti, szabályozott formában történhet.

Az engedély birtokában, kísérővel beléphetünk. Világos terem, csend, csak néha egy-egy kalapácsütés,

halk beszélgetés. Mintha egy könyvtár olvasótermébe lépnénk be, 15 vésnök hajol, a félkörben kivágott asztaloknál ülve, a készülő verőtövek fölé. Ki mikroszkópon keresztül, ki fejre illeszthető nagyítóval, ki szabad szemmel vési a különleges, forgatható, dönthető asztali befogókba behelyezett acéltöveket. Kezüik közelében számtalan, hegyes végű kézi véső, apró különböző mintázatú acél beütők, plasztilin a relief ellenőrzésére. Az asztalon rajzok, grafikák, gipszmodellek, félig kész szerszámok. A verőtövek tükörfeliratait olvasva nem mindennapi szerszámokat láthatunk. Az egyik felirat, a portrét körbefogva, ZRÍNYI MIKLÓS, 1508–1566, 1000, BP. A másik oldalon Székely Bertalan, Zrínyi kirohanása című festménye látható, a felirat MAGYAR NÉPKÖZTÁRSASÁG, EZER FORINT, 1966. A tervezési dokumentációból megtudhatjuk, hogy a következő évben kerül majd forgalomba, Zrínyi halálának 400 éves évfordulójára. Tervezői *Iván István* és *Varga Lóránt*, az emlékpénz 50 mm átmérőjű, 900 ezrelékes aranyból fog készülni, a súlya 84,1 g lesz és 330 db kerül kibocsátásra. (Meg nem erősített mai ára 3,5 M Ft/db.) A verőtövek készítése két komoly kihívást közvetít a vésnök felé. Az egyik, hogy miként lehet sík festményt plasztikusan megjeleníteni, a másik, hogy miként lehet az előre eltervezett súlyt tartani. Ezek azok a pontok, amikor a mesterség minden tudására szükség van, hogy a behatárolt paraméterekhez igazodva, az esztétikum csorbulása nélkül készüljön el a pénzérme.

A másik asztalon egy ismerős port-



■ **4. kép.** Kennedy-portré, Kohut Ferenc (1912–1973) vésete

ré, *Kennedy* mosolyog ránk. A vésetet minden terv nélkül, fénykép alapján, kézzel véste meg *Kohut Ferenc* fővénök (4. kép). Gyűrűk díszítésére, szintén aranyból fog készülni. Nevezett fővénök olyan egyedülálló, mesteri módon tudta megoldani ezeket a véseteket, hogy ország-világ a csodájára járt. Manapság, amikor a fénykép alapján már háromdimenziós másolat készül acélba, ez a virtuozitás veszít értékéből, de a korábban elkészült vésetek a vésnökhívás, az éremművészet nagyjait nem feledtetik.

Hosszú utat tettünk meg, Ferenc Józseftől, *Wahlner Aladáron* és *Zrínyi Miklóson* át az amerikai elnökig. A nevezett személyek alakját számtalan formában örökítették meg: festményként, szoborként vagy éppen fényképen, de emléküik őrzéséhez, megjelenítésükhöz a vésnökhívás jeles képviselői is mind hozzá tudtak tenni egy-egy szeletet.

Miskolci anyagmérnök hallgatók gyárlátogatáson a Magyar Suzuki Zrt.-ben

A Fémtechnológiák c. tantárgyat gondozó Metallurgiai Intézet szervezésében 2015. október 2-án anyagmérnök hallgatók kis csoportja üzemlátogatáson vett részt az esztergomi Suzuki gyárban, ahol részletes tájékoztatást kaptak a Présüzemben, a Hegesztőüzemben, a Szerelőüzemben és a Festőüzemben folyó tevékenységekről,

és az üzemek bejárása közben válasszt kaphattak az egyetemi elméleti órákon hallottaknak a gyakorlatba átültetésének a sajátosságairól. Emellett a csoportot kalauzoló *Sipos Tamás* úr minden egyes gyártási műveletnél külön is felhívta a figyelmet a legújabb és/vagy legérdekesebb gyártás- és felülettechnikai megoldásokra.

Az üzemlátogatás után a hallgatók és kísérő tanáraik a Suzuki gyár gyakorlati programjairól is kaptak tájékoztatást, mely gyakorlati program keretében a Suzukinál évente 15-20 főt tudnak fogadni szakmai gyakorlatra és további 30 főt az ún. kooperatív képzési programjukra, melyek mindegyikéhez ösztöndíjas támogatást is nyújtanak. **TT**

CSEH DÁVID – MERTINGER VALÉRIA – BENKE MÁRTON – CZIBIK ÁDÁM

A maradó feszültség és a felületi hőkezelési hibák közötti kapcsolat

Cikkünkben beszámolunk egy maradó feszültség mérésorozatról, melyben csapágygyűrűket a gyártási technológia különböző fázisaiban monitoroztunk. Az egyes gyártási műveletek után ugyanazokat a gyűrűket (öt párhuzamos projekt minta) roncsolásmentesen vizsgáltuk, mindig azonos felszíni pontokban mérve a tangenciális irányú maradó feszültséget. Némely lépésekben egyedi mintákat is megvizsgálhattunk, amelyeken roncsolásos méréseket végezhattunk, mivel ezeket mérés után nem helyeztük vissza a gyártástechnológiába, a soron következő műveletbe. Cikkünkben bemutatjuk, hogy milyen változásokon megy keresztül a minták maradó feszültségállapota az egyes műveletek során. Az egyedi minták vizsgálatának eredményei rámutatnak, hogy a kerületi maradó feszültség eloszlásának egyenetlenségei hőkezelési hatásokkal hozhatók kapcsolatba.

1. Bevezetés

Valamely alkatrész gyártása során alkalmazott technológiai folyamatok jellegzetesen befolyásolják a félkész termék állapotát, mint például a mechanikai és szöveti jellemzőket, a textúrát és a belső feszültségeket. Ezek a jellemzők sokszor összefüggnek, sokszor változnak a következő művelet hatására és bizonyos esetben maradó hatással is járhatnak. Optimális esetben ezeket a hatásokat ismerjük és nyomon követhetjük, akár tudatosan is irányíthatjuk. A forgácsolás, köszörülés, különböző céllal végzett hőkezelések speciális, az előidéző gyártási folyamatra jellemző maradó feszültségállapotot eredményeznek. [1, 2, 3] Egy munkadarab végső maradó feszültségállapotára általában az utolsó gyártási lépés gyakorolja a legnagyobb hatást, de

nem elhanyagolhatóak a korábbi műveletek sem.

A csapágygyűrűk gyártása során a kovácsolt előgyártmányt, az ún. toronygyűrűt forgácsolják, nemesítik, végül finom megmunkálásnak vetik alá. E gyűrűk selejtté válásának egyik leggyakoribb oka a gyűrűk deformációja, az ún. ovalítás, melynek kialakulásáért a maradó feszültségállapot megmunkálás következtében történő átrendeződése áll. Ha a feszültségeloszlás a kerület mentén aszimmetrikus és lokálisan meghaladja a folyáshatárt, akkor az adott térfogatrészben maradó alakváltozás következik be, a feszültség relaxációja közben. Korábbi vizsgálataink során hőkezelt gyűrűk kerületi feszültségeloszlása és ovalítása között fennálló összefüggést kerestük. A hőkezelés a befejező finomkösörülési műveletet megelőző gyártási lépés. Készre munká-

lás előtt ellenőrzik a gyártmány kör-szerűségét, és bizonyos ovalitási mértéket meghaladóan a gyűrű selejtes, tehát kiemelik a gyártási sorból. Egy gyártási periódus során tapasztalt szokatlanul nagyszámú ovalitási probléma kapcsán kezdtük vizsgálatainkat eleinte csak hőkezelt gyűrűkön. Megállapítottuk, hogy az ovalítás kialakulása után a feszültségaszimmetria az ovalítás kialakulása során történő leépüléssel megszűnik, ezért az a hőkezelt gyűrűn már nem mutatható ki [4]. A végtermékben található maradó feszültségértéket befolyásolja a gyártmány teljes előléte, ezért a maradó feszültség evolúciójának jobb megértése érdekében roncsolásmentes módszerrel feltérképeztük azt a gyártási folyamat egyes lépései után [5, 6, 7]. Az egyes technológiai lépések utáni maradó feszültségállapotot ugyanazokon a gyűrűkön, ugyanazon a helyen vizsgáltuk. A gyártási folyamat egyes lépéseit a gyártó a vizsgált darabok nyomon követésével valós gyártási körülmények között kivitelezte.

Cikkünkben a mérési sorozat azon eredményeinek bemutatására helyezük a hangsúlyt, amelyeknél a hőkezelési hibákból adódóan szöveti inhomogenitások és feszültségaszimmetriák alakulnak ki.

2. Vizsgálatok

A vizsgált csapágygyűrűk alapanyaga EN ISO 683-17 szabvány szerinti 100CrMn6 ötvözet (C:1,0; Si:0,6; Mn:1,1; Cr:1,5 [m/m %]). A csapágy külső és belső gyűrűit közös kovácsolt előgyártmányból, a toronygyűrűből alakítják ki. A toronygyűrűt esztergálják, először a termék külső gyűrűt adó részét, majd a belső gyűrűt

Cseh Dávid okleveles anyagmérnök, a Miskolci Egyetemen PhD-hallgató, 2014-ben az OTDT Pro Scientia Aranyéremmel tüntette ki. Kutatási területe: maradó feszültség vizsgálatok.

Mertinger Valéria szakmai életrajzát jelen lapszámunk 12. oldalán közzétettük.

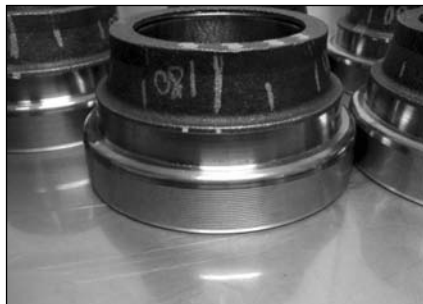
Benke Márton okleveles anyagmérnök, a Miskolci Egyetem FKNI-MTA tudományos munkatársa. Kutatási területe: alakemlékező ötvözetek, röntgendiffrakciós vizsgálati technikák.

Czibik Ádám BSc anyagmérnök, a Miskolci Egyetem MAK-on MSc-hallgató.

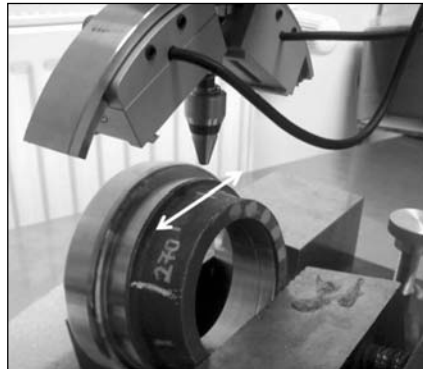
A cikk másodközlés; első megjelenés: Advanced Materials Research Vol. 996 (2014) pp. 664–669.



Kovácsolt állapot (1. művelet)



Külső gyűrű esztergálás után (2. művelet)



■ 2. ábra. A 2. technológiai lépést követő feszültségmérés és a mért feszültség iránya



Szétválasztás után (3. művelet)



Hőkezelés után (4. művelet)

■ 1. ábra. A vizsgált gyűrűk az egyes technológiai lépések után

adó részt. Ezután a belső gyűrűt elválasztják a külsőtől. A következő technológiai lépés a gyűrűk nemesítő hőkezelése. A hőkezelés teljes időtartama alatt a külső és belső gyűrűket külön-külön kosarakba helyezik. A belső gyűrűket ömlesztve, külső gyűrűket szabályos hexagonális rendben, elválasztó rácsok alkalmazásával helyezik a hőkezelő kosarakba. A hőkezelés után a gyűrűket készre köszörülik.

A külső és belső gyűrűket is vizsgáltuk kovácsolt állapotban, illetve a külső gyűrűk forgácsolása után. A 3. és 4. lépésben (a külső és belső gyűrűk szétválasztása után és hőkezelés után) már csak a külső gyűrűkön folytattuk a kísérletet. (1. ábra).

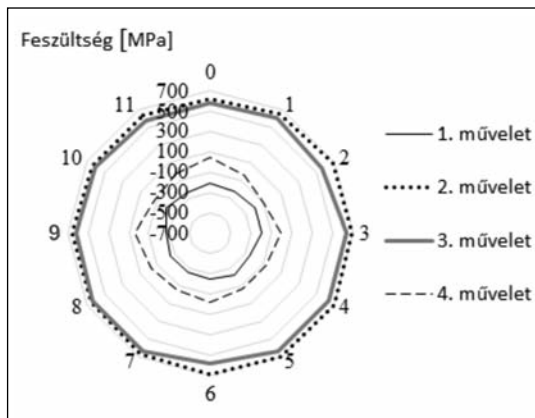
A reprezentatív mintavétel érdekében öt párhuzamos gyűrűn (projektminták) végeztünk vizsgálatokat minden felsorolt lépés után. A gyűrűk külső palástjának középső kerületén, 12 egymástól egyenlő távolságra lévő pontban mértük a feszültség értékét tangenciális irányban. A projektmintákon kívül használtunk néhány egyedi mintát, amiken mélységi maradó feszültségprofilot vettünk fel az egyes technológiai lépéseket követően. A felszíni anyagi rétegek eltávolításához Struers Mo-

vilipol 5 mobile elektrolitos polírozó berendezést használtunk. A leválasztott anyag rétegvastagságát egy tapintásos elven működő Mitutoyo távolságmérővel határoztuk meg (μm -es pontossággal). Néhány esetben szövetvizsgálatot is végeztünk, ehhez fénymikroszkópot és pásztázó elektronmikroszkópot (SEM Zeiss EVOMa10), a feszültségmérésekhez pedig Stresstech Xstress 3000 G3R röntgendiffraktométert használtunk. A berendezést maradó feszültségmérésre fejlesztették ki, ez tette lehetővé, hogy roncsolásmentesen, próbakivágás nélkül a gyűrűket többször is újra mérhessük. Röntgendiffrakciós

maradó feszültségméréshez szükséges a minta adott szöggel történő döntése úgy, hogy a vizsgálati pontfókusz adott távolságban maradjon. A berendezés egyedi módszert alkalmaz a probléma megoldására, ugyanis a minta mozgatása helyett a nyugalomban lévő minta felett dönti a teljes goniométert [3, 8, 9]. Példaként a második művelet utáni mérést mutatja be a 2. ábra, amin fehér nyíl jelzi a megmért feszültség irányát. A maradó feszültségértékeket Cr-röntgensóval történő mérés alapján, a ferrit (211) reflexiójának eltolódásából határoztuk meg. A méréseket 5-5 döntési pozícióban (-35° -tól 35° -ig), Ω -módban, 10 másodperces expozíciós idővel, 1 mm sugárfoltátmérővel végeztük el. A maradó feszültség számításához a következő anyagi konstansokat használtuk: Poisson-tényező $\nu = 0,3$, Young-modulus $E(211)=211000 \text{ MPa}$. A röntgendiffrakciós mérések értelmezésénél mindig szem előtt kell tartani, hogy a mért adat a gerjesztett térfogatra jellemző, és a mérési módszer által definiált vizsgálati irányban fellépő feszültséget adja meg.

3. Eredmények

Az öt projektminták feszültségértékeit az egyes műveletek során egy korábbi közleményünkben [8] részletesen bemutattuk. Az öt gyűrű között nem lehetett érdemi eltérést kimutatni egyik művelet után sem. Az egyes műveletek után viszont drasztikus különbségeket mértünk mind előjeles, mind abszolút értékben. Példaként az 5.



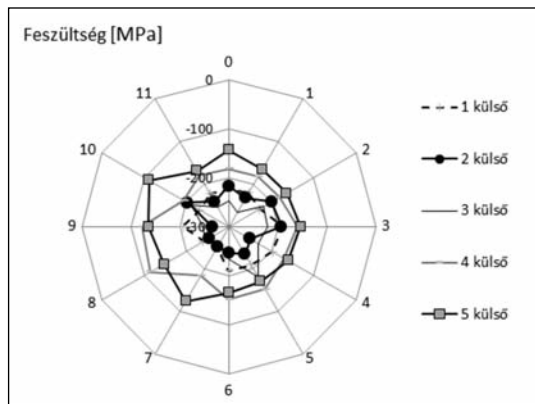
■ 3. ábra. A 3. számú gyűrű technológiai feszültségei [MPa] a kerület 12 pontján (0–11 jel) tangenciális irányban

számú külső gyűrűn mért technológiai feszültségeket mutatja a 3. ábra. A mért feszültségértékek szórása egyszer sem haladta meg a 20 MPa-t, ezért jelen ábrán szórásadatokat nem szerepeltetünk. A kovácsolás után (1. művelet) a feszültségértékek $-150\dots-250$ MPa között alakulnak. A forgácsolás hatására egy igen nagy, 600 MPa körüli húzófeszültség marad vissza (2. művelet). A gyűrűk szétválasztása (3. művelet) a külső gyűrűre nincs hatással, sem a feszültség értéke, sem eloszlása nem változik meg. Azt az előzetes teóriát, miszerint a külső gyűrű torzulását a belső gyűrű „elhúzása” okozhatja, ezzel cáfolni tudtuk. A hőkezelés egy kis értékű nyomófeszültséget, vagy feszültségmentes állapotot eredményez (4. művelet).

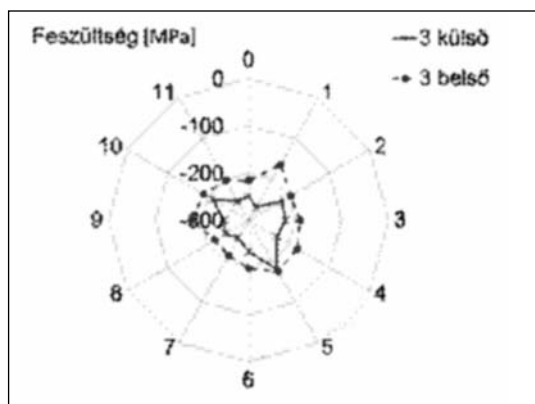
Mivel a kovácsolás utáni állapotban (1. művelet) a gyűrűk közül kettő erősen oxidos állapotban érkezett, sósavas revétlenítést alkalmaztunk. A revétlenítés, még ha kis mennyiségben is, anyagválasztással jár, az így kapott felületen történő mérés már nem a kovácsolt felületre jellemző adatokat szolgáltatta, hanem a felület alatti értékekre volt jellemző. Ez meg is mutatkozott a mérési eredményekben. A 4. ábrán a 4. és 5. számú revétlenített gyűrűkön kisebb nyomófeszültség-értékeket mértünk, míg az eredeti kovácsolt felületen (1, 2, 3. sz. gyűrűk) a -300 MPa körüli érték volt jellemző.

A vizsgálati módszer érzékenysége, illetve a technológiai részletek hatása a kovácsolt külső és belső gyűrűk közti különbségben látszik jól. Mind az öt gyűrűnél azt tapasztaltuk, hogy a külső gyűrűk nagyobb nyomófeszültséget tárolnak, mint a belsők. Erre mutat példát az 5. ábra.

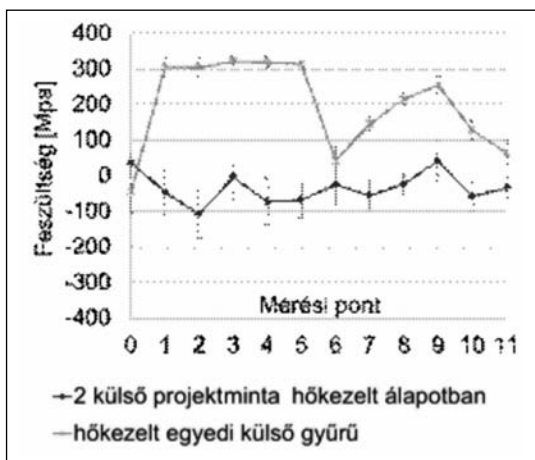
A 6. ábrán egy projekt- és egy egyedi külső gyűrű feszültségeloszlását láthatjuk a hőkezelési művelet után. A projektminta egyenletes szimmetrikus eloszlást, ezzel szemben az egyedi minta durva aszimmetriát mutat. Az aszimmetrián túl veszélyt jelent az is, hogy a nyomófeszültség



■ 4. ábra. Kovácsolt (1, 2, 3) és kovácsolt majd kémiai revétlenített (4, 5) külső gyűrűk feszültségeloszlása a kerület 12 pontján (0–11 jel) tangenciális irányban



■ 5. ábra. Kovácsolt külső gyűrű és belső gyűrű feszültségeloszlása a kerület 12 pontján (0–11 jel) tangenciális irányban



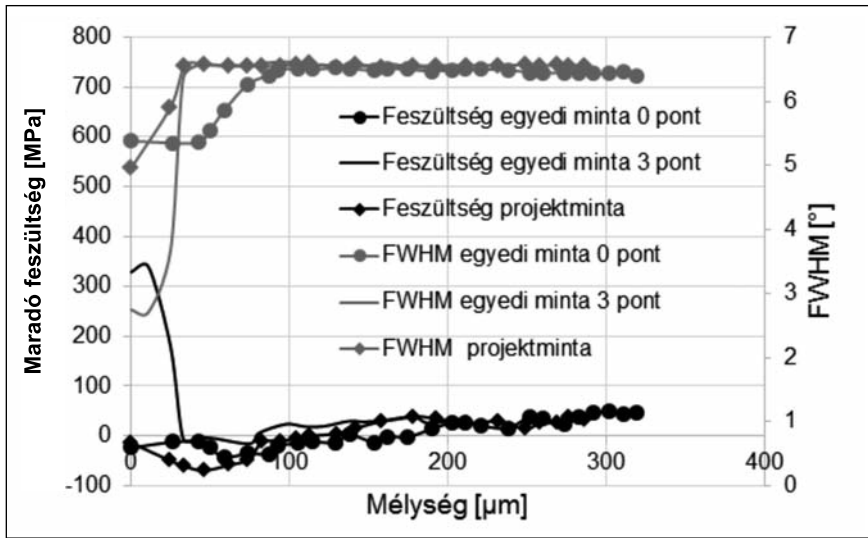
■ 6. ábra. Két külső gyűrű feszültségeloszlása a hőkezelés után a kerület 12 pontján (0–11 jel) tangenciális irányban

helyett helyenként már 300 MPa körüli húzó értékek is megjelennek. Az is látható, hogy az egyes mérési adatok nagyobb szórással terheltek a projektminta esetében, mint az egyedi minta értékei.

A jelenség további vizsgálatához

mélységi feszültségprofilot vetünk fel az egyedi gyűrű 0 jelű (közel feszültségmentes) és a 3-as jelű (húzófeszültséggel terhelte) mérési pontjaiban. Mivel a hőkezelés után nem vizsgáltunk további technológiai lépést, referenciaként a projektmintán is felvettük a mélységi feszültségprofil. Az eredmények a 7. ábrán láthatók. A projektminta és az egyedi gyűrű 0 pontjában felvett mélységi feszültségprofil együtt mozog. 50 μ m mélységben már az egyedi gyűrűnek a kiugró felszíni maradó feszültségértéket produkáló 3-as pontjának görbéi is a normál lefutás szerint alakulnak. A 3-as pontban tapasztalt kiugró feszültségértéket valamilyen felszíni hatás okozza. Egyértelmű, hogy az egyedi gyűrű 3-as pontjának anomáliája kb. 50 μ m mélységig jelentkezik. A feszültségvizsgálat után szétvágtuk az egyedi gyűrűt és megvizsgáltuk a szövetszerkezetét a 0 és a 3-as jelű mérési pontokban. Az eredményt a 8. ábra mutatja. A 3-as jelű pont alatt a felületközeli rétegekben durva martenzites szövetet látunk, vagyis az eltérő feszültségértékek egyértelműen az eltérő szöveti jellemzőkkel hozhatók kapcsolatba.

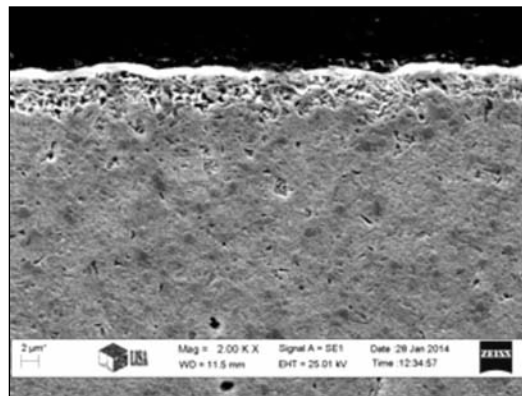
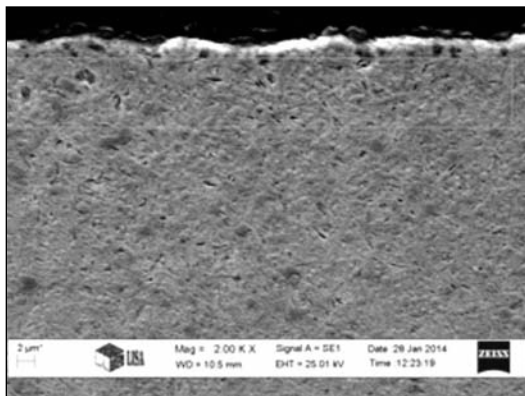
Ahhoz, hogy az eltérő szöveti jellemzők okát megértsük, meg kell vizsgálni a kovácsolt gyűrűk szövetét és feszültségeloszlását a felület alatti rétegekben. A 9. ábra mutatja a gyűrű metszeti szövetképét és feszültségeloszlását. Az ábrákon jól látható, hogy a szövetkép felső, a mért felülethez közeli része erősen dekarbonizálódott, gyakorlatilag tisztán ferrites, míg alatta lemezes perlitből, majd az alatt szferoiditos szövetből áll. A feszültségeloszlásnál azt láthatjuk, hogy a felszín közeli ferrit kisebb nyomófeszültséget tárol, mint a nagyobb karbontartalmú perlitese rész. A profil félérték szélesség-értéke (FWHM) szintén az oldott karbontartalomra utal, a dekarbonizálódott részen értéke nagyobb. Ennek függvényében vizsgáltuk meg az anomáliát mutató hőkezelt minta feszültség- és félérték szélesség-profilját is (7. ábra). Mivel a



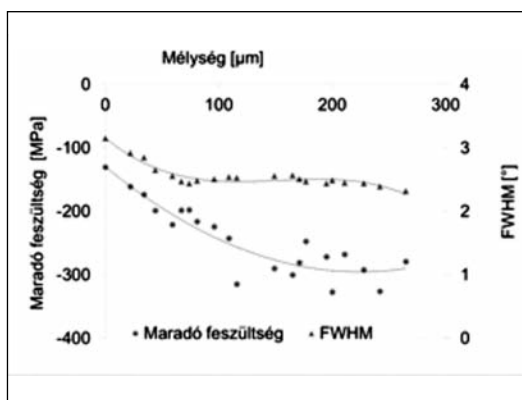
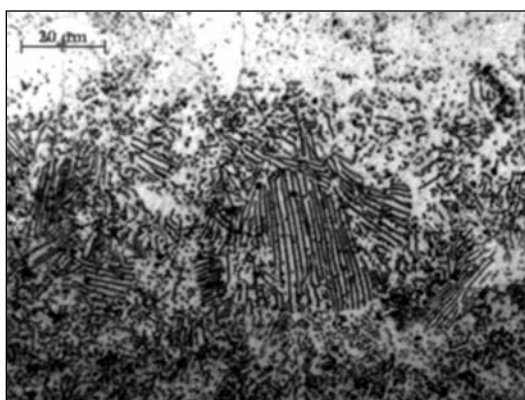
7. ábra. A hőkezelt egyedi gyűrű 0 és 3 jelű pontjában, valamint a projektmintán felvett feszültség- és félértékszélesség-profil (FWHM) a felület alatt

hőkezelést követő feszültségeloszlást a hűtési- és fázisátalakulási viszonyok is befolyásolják, ezért a félértékszélesség-értékeket vettük alapul. Ezek szerint az anomáliát mutató egyedi minta 3-as jelű pontjánál a húzófeszültséget a nagyobb karbon-tartalom okozza. A martenzit nagyobb

karbontartalmára utal annak durvább szövetszerkezete is. A nagyobb karbon-tartalom eredhet a rosszul beállított kemenceatmoszférából is (cementálódik a felület). Ha a hőkezelés során a gyűrűk helyenként összeérnek, akkor kialakulhat a felületi ötvözőinhomogenitás.



8. ábra. A hőkezelt egyedi gyűrű 0 és 3 jelű mérési pontjában készített keresztmetszeti csiszolatok SEM-felvételei



9. ábra. Kovácsolt gyűrű keresztmetszeti fénymikroszkopós képe (kép felső széle a mért felületi oldal) és feszültségeloszlása, valamint félértékszélesség-eloszlása (FWHM) a felület alatt

4. Összefoglalás

Röntgendiffrakciós mérésorozatokkal végigkísértük öt párhuzamos csapágygyűrű kovácsolás, forgácslás, szétszúrás és hőkezelést követő maradó feszültségváltozását. A méréseket ugyanazokon a gyűrűkön, roncsolásmentesen, minden egyes technológiai lépés után, a gyűrűk kerülete mentén, ugyanabban a 12 pontban végeztük el. A gyűrűk külső palástján mért érintő irányú maradó feszültségek értéke a gyártási technológia során -300 MPa-tól 600 MPa-ig változott. A kialakuló feszültség jellege (húzó vagy nyomó) egyértelműen jellemző az adott technológiai lépésre: kovácsolás után nyomó-, esztergálás után húzó-, a szétválasztás nem okozott változást és a hőkezelés újra nyomófeszültséget eredményezett. A projektgyűrűk esetén az egyes műveletek utáni változás a kerület mentén egyenletesen, szimmetrikus módon következett be. Egyedi gyűrű vizsgálatánál viszont erősen aszimmetrikus feszültségállapotokat is találtunk pl. a hőkezelés utáni gyűrűkön. Egyértelmű, hogy az aszimmetrikus feszültségállapot a gyűrűk torzulását, ovalitását okozhatja. Közvetett, mikroszerkezeti vizsgálatainkkal megmutattuk, hogy a feszültségaszimmetria oka összetételbeli inhomogenitás, mely a hőkezelés kísérőjelenségeivel, úgymint nem egyenletes dekarbonizáció, cementálódás, oxidáció hozható kapcsolatba. Vizsgálatainkkal a hőkezelési hibák feszültségállapotra gyakorolt hatásának a jelentőségét szerettük volna bemutatni.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Szabó-Gyurján Valériának és az FAG Magyarország Ipari Kft.-nek a gyűrűk megmunkálásáért, valamint Kovács Árpádnak a SEM-felvételekért. A kutatómunka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Alkalmazott Anyagtudomány és Nanotechnológia Kiválósági Központ keretében valósult meg.

Irodalom

- [1] Heat treating ASM Handbook Vol. 4, ASM International 1991, USA pp. 606–607.
- [2] Handbook of Residual Stress and Deformation of Steel, ASM International 2008, USA pp. 347.
- [3] A. D. Krawitz: Introduction to diffraction in materials science and engineering, John Wiley 2001, pp. 119–143., 278–318.
- [4] Cseh D., Mertinger V.: Maradó feszültség vizsgálatok ovális csapágy gyűrűkön, Anyagmérnöki Tudományok, 38/1. (2013), pp. 47–55.
- [5] J. Epp, H. Surm, T. Hirsch, F. Hoffmann: Residual stress relaxation during heating of bearing rings produced in two different manufacturing chains, Journal of Materials Processing Technology 211 (2011) pp. 637–643.
- [6] N. S. Rossini, M. Dassisti, K. Y. Benyounis, A. G. Olabi: Methods of measuring residual stresses in components, Materials and Design 35 (2012) pp. 572–588.
- [7] H. Bhadeshia: Steels for bearings, Progress in Materials Science 57 (2012) pp. 268–435.
- [8] Cseh D., Mertinger V., Benke M., Czibik Á.: Csapágygyűrű technológiai feszültségeinek vizsgálata, XXVI. Hőkezelő és anyagtudomány a gépgyártásban országos konferencia és szakkiallítás külföldi résztvevőkkel. (2014) pp 195–199.
- [9] P. J. Withers, H. Bhadeshia: Residual Stress Part1- Measurement techniques, Mat Sci and Technology, April 2001 Vol17 pp. 355–365.
- [10] Gray S.: Schajer Practical residual stress measurement methods, John Wiley 2013, pp. 140–161.

BAUERNHUBER ANDOR – MARKOVITS TAMÁS – TRIF LÁSZLÓ – BOCZ KATALIN
– CSANÁDY ANDRÁS NÉ

Acél és PMMA adhéziója lézersugár hatására

A felhasznált műanyagok mennyiségének növekedése eszközeinkben szükségessé teszi a műanyagok hagyományos szerkezeti anyagokkal történő kötését, amelyekre megoldást jelenthet a lézersugaras fém-polimer kötés. A kötés erősségeért felelős kölcsönhatás, a műanyagban lejátszódó változások és azok hatása a kötés minőségére azonban javarészt még ismeretlen. A bemutatott vizsgálatok során a szerzők megvizsgálták az alkalmazott PMMA-műanyagban a kötés során bekövetkező változásokat, valamint a kötés erősségeért felelős adhézió különböző formáit. A kötések metszeti csiszolatait, illetve a szakított felületet pásztázó elektronmikroszkóppal, valamint Raman-spektroszkópiával vizsgálták, és meghatározták a fémfelületre jellemző jellegzetes hőmérséklet-eloszlást a folyamat közben. Vizsgálták továbbá a műanyagban létrejövő buborékok anyagát és hatását a kötés szilárdságára. Az eredmények alapján elmondható, hogy a legnagyobb szilárdságú kötés létrehozására a bemutatott jelenségek miatt a technológiai beállítások csak egy szűkebb tartománya alkalmas.

Bevezetés

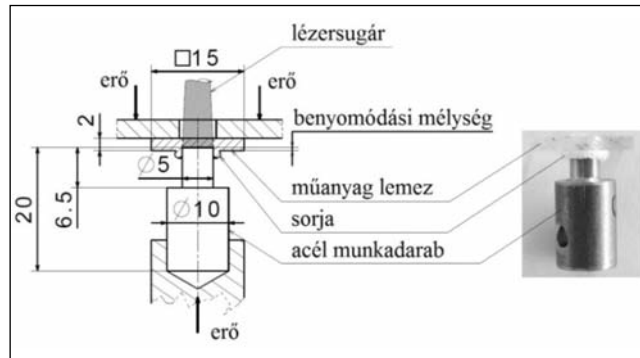
A különböző műanyagok termelése és alkalmazási lehetőségei egyre növekednek. A műanyagok felhasználásának bővülését elsősorban az anyagcsalád könnyű megmunkálhatóságával, kedvező sűrűség-szilárdság arányával és kémiai ellenálló képességével magyarázhatjuk. Van azonban a műanyagoknak olyan

fizikai jellemzői, amelyek a régóta használt szerkezeti anyagok, mint a fémek és a kerámiák jellemzőitől elmaradnak. Ilyen például a hőállóság és a szilárdság, amely miatt a műanyagok gyakran nem alkalmazhatók önállóan szerkezeti elemekként. Az elvárt tulajdonságok biztosítása érdekében szükséges lehet kötésük pl. a fémekkel [1]. Megfelelő kialakítás esetén az így létrehozott alkatrészek

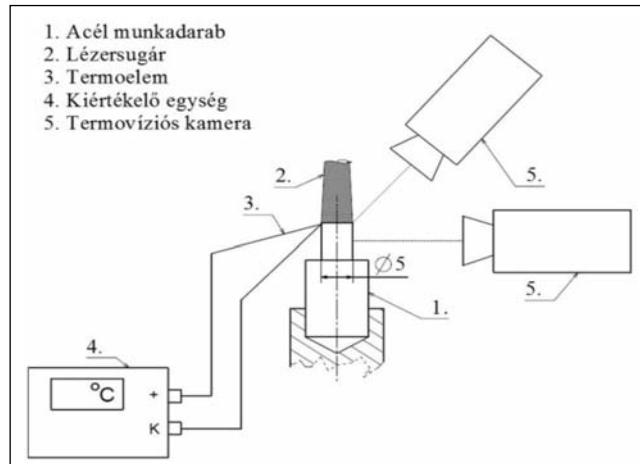
egyszerre hordozzák mindkét anyag előnyeit, vagyis a kis tömeget és a nagy szilárdságot. Különösen nagy jelentősége lehet az ilyen hibrid alkatrészeknek a járműgyártásban a környezetvédelem és a fenntarthatósági törekvések erősödése miatt. A műanyagok alkalmazásának növekedése kihívások elé állítja a kötéstechnológiák fejlesztőit is. A tömegtermelés olyan feltételeket támaszt, amelyek az eddig alkalmazott eljárásokkal csak nehezen teljesíthetők. Ilyen feltételek pl. a nagy ismétlési pontosság és kis méretszórás, vagy a rendkívül rövid ütemidő, a hozzáadott anyag vagy elem kezelési idejének csökkentése. A felsorolt elvárásoknak megfelelnek a lézersugaras eljárások, amelyek ezért igen gyorsan terjednek az iparban [2].

A lézersugaras kötéstechnológia egy új és ígéretes változata a fém és a lézeráteresztő polimer kötése, amellyel hozzáadott anyag nélkül válik lehetővé fémek és műanyagok közvetlen kötése. A kötést legtöbbször lemezek között, átlapolat geometriával készítik. Az eljárás során a

lézersugár a felső, lézertámasztó műanyagrétegen áthalad, majd az alul lévő fémbe elnyelődve annak felületét felhevíti. A lemezek között alkalmazott nyomóerő hatására a felhevített fém hőmennyisége egy részét átadja a műanyagnak, miközben az meglágyul. A folyamat során adhéziós kötés alakul ki. A kötés erő kialakulásában az adhézió különböző típusai játszanak szerepet, melyek együttesen felelősek a kötés erősségéért. Ilyen a kémiai és fizikai adhézió, amely első- és másodrendű kémiai kötések kialakulásával magyarázza az adhéziós erőt. A kialakuló kölcsönhatás lehet kovalens kötés, hidrogénhid és dipól-dipól kölcsönhatás, amelyek elsősorban a polimer poláros funkció csoportjai, és a fémfelület atomjai, vagy gyakrabban a fémfelületen található oxidréteg között alakulhatnak ki. Lehet azonban egy megnövekedett



■ 1. ábra. A kötés készítésének vázlata, a felhasznált acélcsap és műanyaglemez geometriája, valamint az elkészült kötés [6]



■ 2. ábra. A kötés készítése során végzett hőmérséklet és hőmérséklet-eloszlás mérőrendszerének vázlata

adhéziós erő okozója a hevítési folyamat következtében megnövekedett határfelületi energia is [3]. A kötés létrehozásában fontos szerepet játszik a mechanikai adhézió, amelyik során a meglágyult polimer kitölti a határfelületen a fémfelület pórusait és mikroüregeit, mikroszkopikus méretű alakzáró kapcsolatokat hozva ezzel létre. A felületek érintkezésében ezért fontos szerepet játszik a fémfelület morfológiai mikro- és még annál is kisebb léptékű szerkezete.

Egy több éve folyó hazai kutatás [4, 5, 6] a „lézertámasztó polimer–fém kötés” tulajdonságait befolyásoló jellemzőket és a kötés közben lejátszódó jelenségeket vizsgálta. A témával foglalkozó külföldi irodalom szerzői más fém–polimer párosokat vizsgáltak és az általuk vizsgált konkrét anyagokban lejátszódó változásokról és a kötés kialakulásának hátteréről csak kevés információt közölnek.

Jelen közlemény célja, hogy az általunk vizsgált acél–poli(metil-metak-

rilát) azaz PMMA-kötés szilárdságát adó jelenségeit anyagtudományi vizsgálatok segítségével is jobban megismerjük. Ehhez azonban röviden ismertetni kell a kötési kísérleteket.

Kötési kísérletek

A kutatás során 5 mm átmérőjű acélcsap és különböző vastagságú PMMA-lemez kötését készítettük el LASAG SLS 200 típusú impulzusüzemű Nd:YAG lézer segítségével. A kötés kialakításának körülményeit az 1. ábra mutatja be. A lézernyaláb foltátmérője 5 mm volt, amely egybeesett az acélcsap homlokfelületének méretével. A csap és a lemez között alkalmazott nyomóerő hatására a csap a lemezbe nyomódik, majd a lehűlés után kialakul a kötés. A folyamat mindössze néhány másodpercig tart. A sikeres kötéshez alkalmazott átlagos lézerteljesítmény 200 W, az impulzusenergia 2 J, az impulzusfrekvencia 100 Hz, a hevítési idő 4 s, a nyomóerő 3,2 N, a csapok átlagos felületi érdessége $R_a = 0,6-1,4 \mu\text{m}$ volt, a lézernyaláb módusa TEM00 típusú. A kísérletek során a lézerfej védelme érdekében 5 l/perc mennyiségű argon védőgázt használtunk.

A kísérletekhez „Acriplex XP” típusú, 2 mm vastag poli(metil-metakrilát)-lemezt, és S235 jelű, ötvözetlen szerkezeti acélt használtunk. Az acél hidegen húzott köracél, enyhén

Bauernhuber Andor a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Közlekedésmérnöki karán végzett 2010-ben gépészmérnök szakon, járműgyártás és javítás szakirányon. Jelenleg a BME Gépjárművek és Járműgyártás Tanszék tanársegédje, ahol az oktatási feladatok mellett lézertámasztó fém–polimer kötés készítésének kutatásával foglalkozik.

Trif László a kolozsvári Babes–Bolyai Tudományegyetem, Kémia és Vegyészmérnöki Karán végzett 2004-ben vegyész szakon. Azóta az MTA Kémiai Kutatóközpontban, majd 2012-től annak jogutódjában, az MTA Természettudományi Kutatóközpont, Anyag és Környezetkémiai Intézetében dolgozik kutatóként. Szakterülete a különböző termoelektromos vizsgálatok (TG-DTA/DSC), valamint a tömegspektrometriás fejlődő gáz analízis (MS-EGA), a különböző mérnöki kerámiák.

Bocz Katalin a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Vegyészmérnöki és Biomérnöki Karán 2011-ben

szerezett okleveles környezetmérnök MSc-diplomát. 2015. januárban abszolutóriumot szerzett az Oláh György Doktori Iskolában, azóta tudományos segédmunkatársként dolgozik a BME Szerves Kémia és Technológia Tanszéken, ahol fő kutatási területe az összetett polimer rendszerek fejlesztése és vizsgálata.

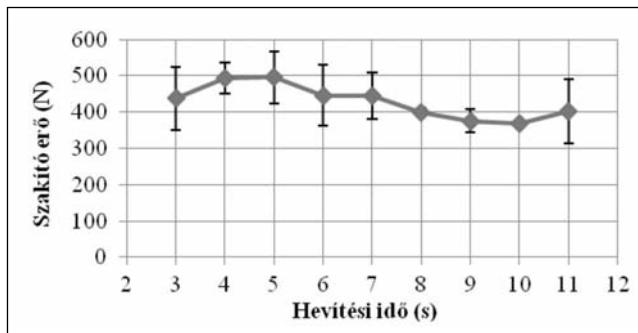
Markovits Tamás a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Közlekedésmérnöki Karán végzett 1999-ben gépészmérnök szakon, járműgyártás és javítás szakirányon. Jelenleg a BME Gépjárművek és Járműgyártás Tanszék egyetemi docense, ahol járművek anyagai és gyártástechnológiai területén végez oktatói és kutatói tevékenységet. Szűkebb szakterülete a lézertámasztó anyagmegmunkálás.

Csanády Andrásné, az MTA doktora életrajza megjelent a Kohászati Lapok, 148. évfolyam, 1. szám (2015) 20. oldalán. A témához kapcsolódó OTKA 109436 K pályázat közreműködője.

texturált, 10–30 µm-es ferrit és kisebb részben perlit szövetelemekből épül fel.

A kötés készítése során tapasztalt jelenségek magyarázatára hőmérséklet-mérést végeztünk. Mértük a csapok éle mellett kialakuló hőmérsékletet a műanyag felhasználása nélkül, valamint a kötés közben, és rögzítettük a felületen kialakuló hőmérséklet-eloszlást is. A hőmérsékletet K-típusú termoelem felhegesztésével, míg a hőmérséklet-eloszlást FLIR A325sc típusú termovíziós kamerával rögzítettük, a 2. ábrának megfelelő módon.

A kutatás előző fázisaiban [4, 5, 6] vizsgálat tárgyát képezte: a hevítési idő, a nyomóerő, a lézerteljesítmény és a különböző lézerimpulzus-beállítások, a csap felületi érdességének és a csap geometriájának hatása a kialakuló kötés benyomódására és szilárdságára. A kötés 200 W lézerteljesítmény, 2 mm vastag PMMA-lemez és 3,2 N nyomóerő esetén 3–7 s hevítési idő beállításával készíthető el. 3 s-nál rövidebb hevítéskor a műanyag nem lágyul meg, és nem jön létre a kötés, 7 s-nál hosszabb hevítés esetén pedig a csap a nyomóerő hatására átlukasztja a lemezt. A kapott eredmények alapján elmondható, hogy a vizsgált körülmények között a hevítési idő, a nyomóerő és a felületi érdesség növelése egyaránt nagyobbítja a szakítóerőt és a csap benyomódási mélységét is a műanyaglemezbe; a 2 mm vastag lemezekkel elért legnagyobb szakítóerő 400 N [5]. A lézerteljesítmény emelésével szintén növelhető a benyomódás és a szakítóerő [6].



■ 3. ábra. A kötés szilárdságának változása a hevítési idő függvényében [4]

Alakzáró geometriájú csappal a kötések szakítóereje igen hatékonyan fokozható: 5 mm vastag lemezek alkalmazásával akár 900 N szakítóerővel rendelkező kötés is készíthető [7]. A kötés készítése során azonban gázbuborékok jelennek meg az acél felülete mentén a műanyagban. A gázbuborékokat más szerzők is észlelték, de szerepüket a kötésekben nem elemezték [8, 9].

A gázbuborékokkal kapcsolatos megfigyelések és újabb vizsgálatok

A vizsgálatok során hamarosan világossá vált, hogy a gázbuborékoknak fontos, de ellentmondásos szerepe van a kötésszilárdság kialakításában, ezért a továbbiakban kitértem a figyelmet szenteltünk a gázbuborékoknak. Míg a buborékok egyrészt ronthatják a szilárdságot, hiszen a terhelhető keresztmetszetet csökkentik, és a szakítás során a szakítás kiindulópontjaként viselkedhetnek, másrészt a legnagyobb kötésszilárdságot éppen egy bizonyos mennyiségű (területű) buborék keletkezése esetén lehetett elérni [4]. A buborékok területe a hevítési idő

növelésével nagyobbá válik, ezért a kötés szilárdságának optimuma van a hevítési idő függvényében, amelyet a 3. ábra mutat be. A műanyagban a határfelület mellett keletkező buborékok keresztmetszetben és felülről a 4. ábrán láthatók.

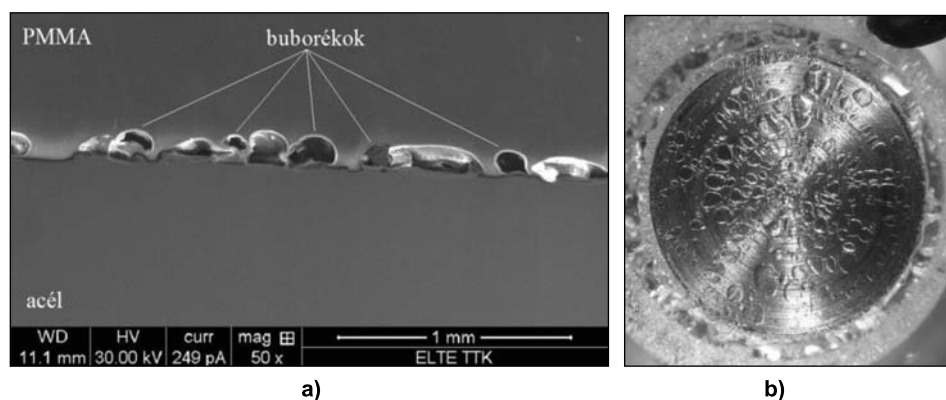
Nyilvánvaló, hogy a kötési folyamatban a meghatározó változások a műanyagban mennek végbe. A buborékok képződésére

a műanyag bomlása adhat magyarázatot. Az irodalomban igen sok ismeret halmozódott fel elsősorban a különböző műanyagok égésével, ill. égésgátlásával kapcsolatban. T. Kashiwagi japán kutató 1982-ben [10] figyelte meg optikai mikroszkóppal, hogy sugárzó hő hatására buborékok lépnek fel a PMMA-ban, majd a későbbiekben már modellezni is próbálta a bomlási folyamatokat [11]. A bomlási folyamatok legkézenfekvőbb vizsgálati módszerei a különböző termikus mérések, ezért az ipari minőségű PMMA alapanyagunkat mi is megvizsgáltuk. Az irodalom szerint [12] a PMMA előállítási technológiája befolyásolhatja az anyag termikus stabilitását.

1. A termikus vizsgálatok célja elsősorban a buborékok kialakulási folyamatának és az adhézió kialakításában betöltött szerepének tisztázása volt. Ámbár a lézersugár hatására bekövetkező felmelegedés sokkal gyorsabb, mint amit egy hagyományos termoanalitikai berendezésben modellezhetünk, de a buborékokban képződő reakciótermék(ek) ezúton is elemezhető(k).

A buborékképződés vizsgálatára SETARAM LabsysEvo típusú termoanalitikai műszer segítségével TGA-méréseket végeztünk, illetve Pfeiffer Vacuum OmniStarTM típusú gázanalizátor segítségével vizsgáltuk a felszabaduló gázok kémiai összetételét, a bomlástermékek beazonosítása céljából. A hevítés sebessége 15 °C/perc volt, inert gáz atmoszférában.

A PMMA-por bomlása során a termograviméterben szinte kizárólag metil-metakrilát (MMA)



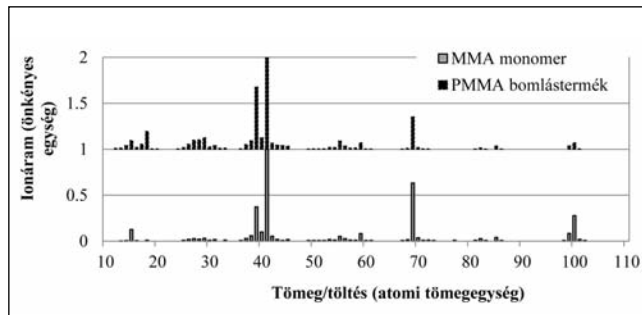
■ 4. ábra. A hibrid kötés keresztmetszetéről FEI Quanta 3D készülékkel készített pásztázó elektronmikroszkópos, szekunder elektron felvétel (a), és a buborékokról a műanyaglemezén keresztül készített sztereomikroszkópos felvétel (b)

monomer keletkezett, amit a tömegspektrum segítségével azonosítottunk. A bomlástermékek tömegspektrumát és az MMA-monomer referencia tömegspektrumát az 5. ábra mutatja be. A monomer forráspontja a polimer bomlási hőmérsékleténél alacsonyabb, 101 °C [13], ezért a bomlás során közvetlenül gáz keletkezik. A gáz apró buborékokat alkot a műanyagban a fémfelület közelében, mivel a polimer hőmérséklete itt a legnagyobb [13]. A monomer diffúziója a PMMA-olvadékban igen lassú, ezért csak a felület közelében képződött buborékokba jut el [14]. A buborékok mozgása is fékezett, mert a polimer viszkozitása nagy, azonban a viszkozitás szintén csökken, mert a bomlásban lévő felület közeli polimer molekulatömege lecsökken.

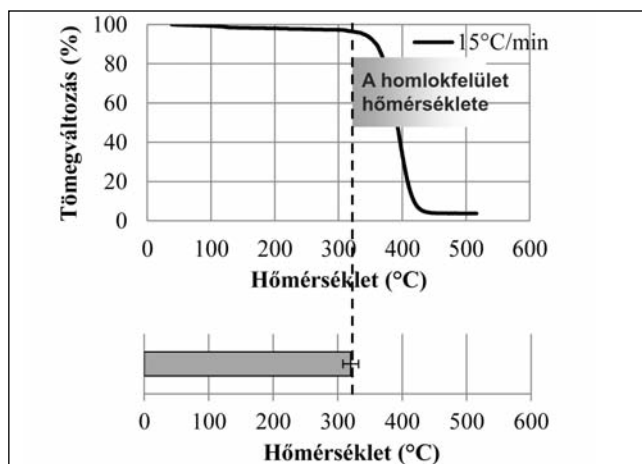
A hőmérsékletmérések eredményei alapján elmondható, hogy az acélcsap hőmérséklete az él mellett megközelíti vagy meg is haladja a kísérletekhez használt PMMA bomlási hőmérsékletét az 6. ábrának megfelelően.

A jelenséget erősíti a homlokfelület felett tapasztalható hőmérséklet-eloszlás: az eloszlás jellege olyan, hogy a hőmérséklet a sugár mentén az éltől a középpontig monoton nő, és a középpontban éri el maximumát, ahogyan azt a 7. ábra mutatja. Az eloszlás oka a lézersugár teljesítményének Gauss-eloszlása. Az elmondottakból következik, hogy a homlokfelület felett létrejövő hőmérséklet az él hőmérsékleténél nagyobb, a bomlás pedig intenzívebb.

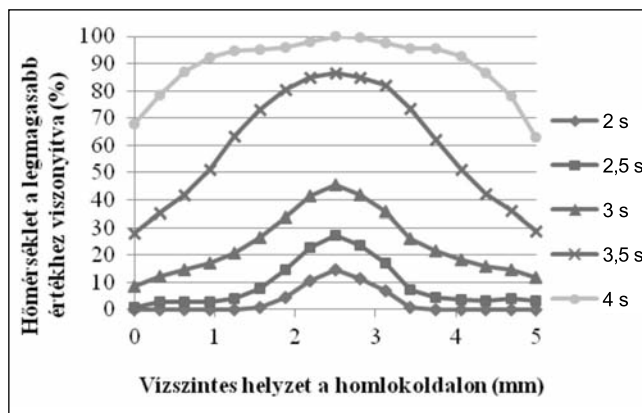
A buborékok eloszlásának, méretének és alakjának összefüggése a szakítóerővel azt mutatja, hogy a legnagyobb kötésszilárdságot egy bizonyos mértékű buborékképződés biztosítja.



■ 5. ábra. A kísérletekhez használt elbomlott polimer és az MMA-monomer referencia tömegspektruma



■ 6. ábra. A kötés készítése során kialakuló hőmérséklet és a műanyag bomlási hőmérsékletének (TG) viszonya



■ 7. ábra. Hőmérséklet-eloszlás a homlokfelületen különböző hevítési idők esetén

2. A legnagyobb kötési szilárdságot mutató minta szakadási helyének vizsgálata

A szakítás után a fémcsapon maradt maradványokat JEOL JSM 6380LA típusú pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM) szekunder elektron üzemmódban 15 kV-tal vizsgáltuk. A nagyobb polimerdarabok tulajdonságait, ill. a csap felületén található műanyag szerkezetét Raman-spektrométer

segítségével hasonlítottuk össze. A Raman-spektrum készítésekor LabRam (HORIBA Jobin Yvon) típusú berendezést használtunk. A vizsgálat során a gerjesztő lézer hullámhossza 532 nm, az objektív nagyítása 10-szeres, a kapott spektrum tartománya 250-3400 1/cm volt. A mérések során 1800 1/cm-es monokromátor szűrőt alkalmaztunk, a kapott spektrumok 3 mérés átlagának eredményei, a szórt fotonok gyűjtésének ideje 10 s és 20 s közt volt.

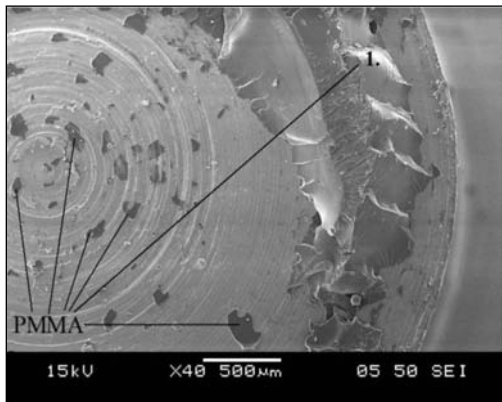
A szakítás után az acél felületén szinte minden esetben található kisebb-nagyobb polimerdarabokat, amelyekre a 8. ábra mutat példát.

Sok esetben nagy, szabad szemmel is jól látható darabok maradnak a felületen, azonban ezen kívül egy vékony, csak pásztázó elektronmikroszkóp segítségével észlelhető hártya is marad az acélon (9. ábra).

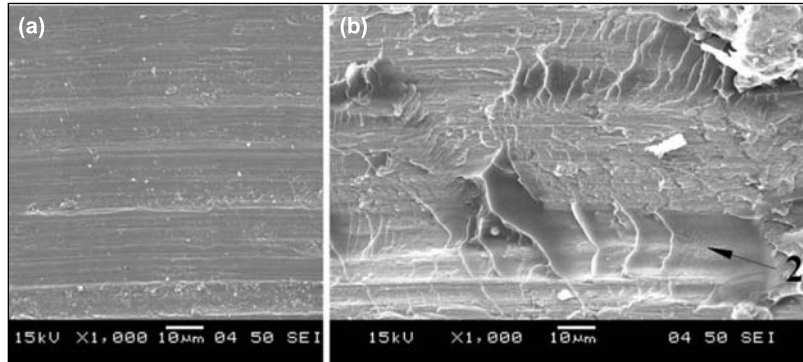
A műanyag a szakítás közben, mint az ábrán látható, nem a határfelületen, hanem a polimer alapanyagban szakadt, ami jó adhéziós kötése erősséget jelent.

A felületen SEM-mel észlelt vékony réteg is valóban PMMA, ezt a Raman-spektrumok is igazolják. A Raman-spektrumokat a 10. ábra mutatja be. A 8. ábrán 1-es számmal a szabad szemmel látható műanyag részecske Raman-spektroszkópos mérésének helyét jelöltük.

Irodalmi források szerint az adhézió létrehozásában szerepet játszhatnak a fémfelület oxidjai is, ha vannak ilyenek a felületen, amelyekkel a polimer funkciócsoportjai kölcsönhatásba léphetnek. A kölcsönhatáshoz szintén szükséges az anyagok szoros, atomi szintű kapcsolata a határfelületen. A kísérletekben használt esztergált acélminta felülete nem ideális felület, de érdemleges mennyiségű oxiddal nem kell számolnunk.



■ 8. ábra. SEM-felvétel az acél felületéről a szakítás után

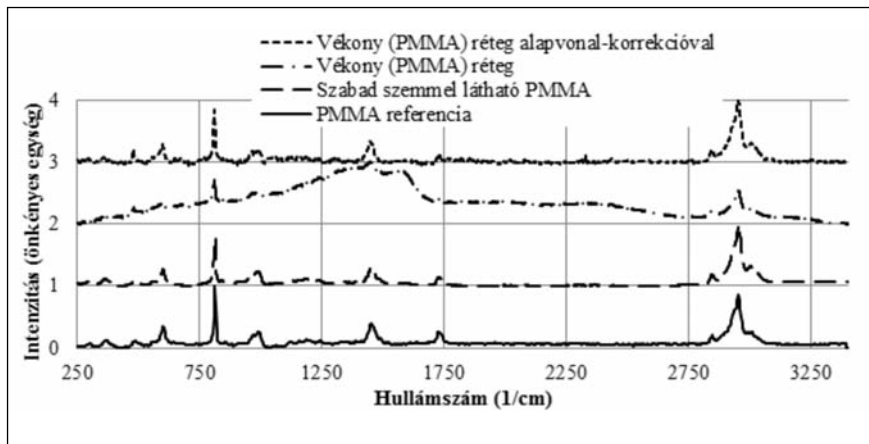


■ 9. ábra. Az acél felületének SEM-felvétele a kötés előtt (a) az acél felületére tapadt vékony műanyagréteg a szakítás után (b). A (b) ábrán a nyílal a vékony rétegen végzett Raman-spektroszkópos mérés (10. ábra, 3-as és 4-es spektrum) helyét jelöltük

3. A kötések keresztmetszetének tanulmányozása, a „mechanikai adhézió”

A keresztmetszeti mintákat csiszolással és polírozással készítettük (nem ionmaratással), ezért csak részben adnak hiteles képet a határfelületről. A polírozás során ugyanis a határfelület megsérülhet, sőt a polírozó anyag is megjelenhet a hézagokban. Ilyen mintán mutattuk be a FEI Quanta 3D készülékkel készített felvételen (4a ábra) a jellegzetes buborékokat is. A keresztmetszeti mintákat Olympus SZX7 sztereomikroszkóp, sztereo-, Nikon L-IM 0640329 típusú fénymikroszkóp és FEI Quanta 3D típusú pásztázó elektronmikroszkóp segítségével 30 kV-on, szekunder és visszaszórt elektron üzemmódban tanulmányoztuk különböző nagyításokat alkalmazva.

A fizikai és kémiai adhézió kivül a kötésben fontos szerepet játszik a mechanikai adhézió is, aminek feltétele, hogy a két komponens szoros érintkezésbe kerüljön. A fémcsap esztergálással készült, ezért a felület a megmunkálásra jellemző barázdált-ság nyomait hordozza. Az esztergálás során különböző felületi egyenetlenségek és mikroüregek keletkeznek. A kötés során megolvadó műanyag az egyenetlenségeket és üregeket kitölti, a 11. ábrán bemutatott kis és nagyobb nagyítású (a, b) metszeti képeknek megfelelően. A képen látható esetben a műanyag az igen nagy, közel 0,1 mm mély barázdákat is betölti. Az acél és a PMMA határfelületének keresztmetszetét egy buborékmentes területen pásztázó elektronmikroszkóppal nagy nagyítással vizsgálva látható, hogy szoros a kap-



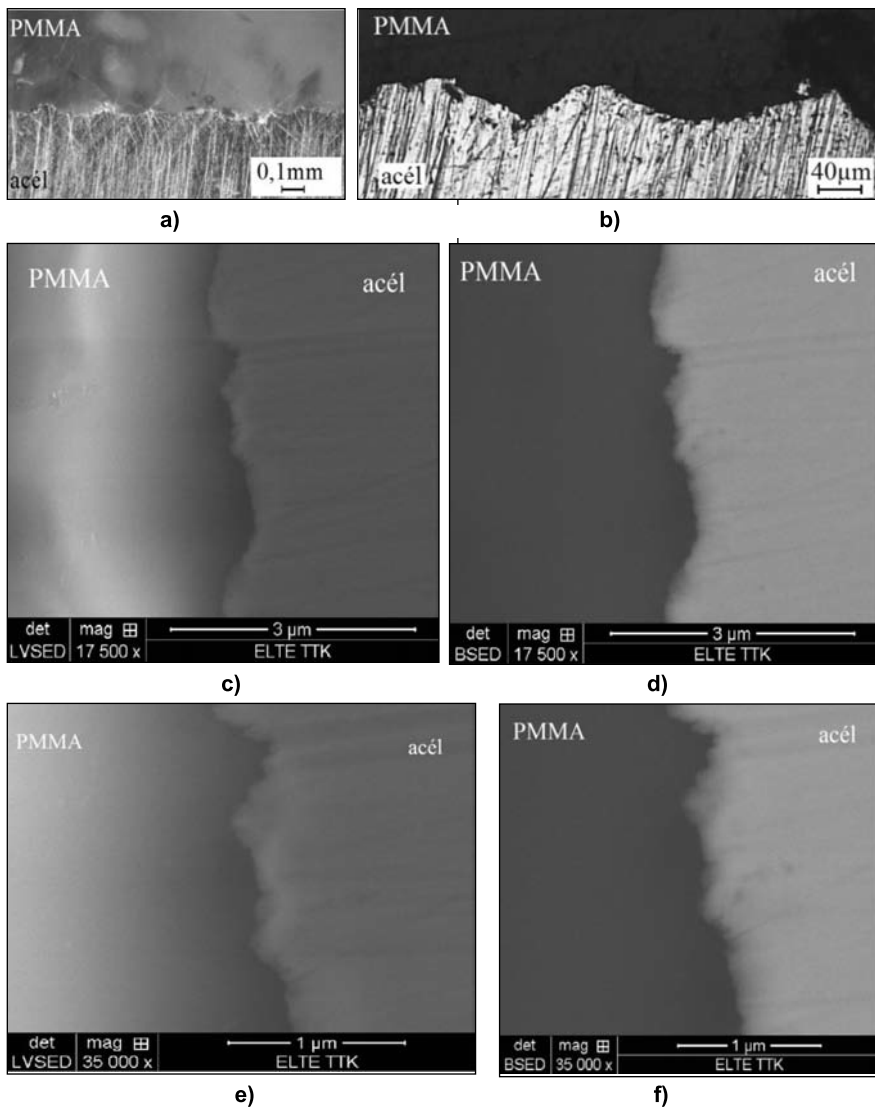
■ 10. ábra. Raman-spektrumok a minták különböző helyeiről

csolat a két anyag közt. A fém felület nagyobb egyenetlenségein belül µm-nél kisebb egyenetlenségekkel leírható finom struktúra (c, e) is megfigyelhető. A felületen az esztergálás hatására kialakuló szerkezet nagyobb fajlagos felületet eredményez, ami az adhézió egyéb formáinak hatását is erősítheti. Az érdesség növelésével ezért a kötés szilárdsága hatékonyan javítható. Az esztergálással készített felület hátránya azonban, hogy az így kapott mintafelszín meglehetősen alkalmatlan a mélységfüggő felületanalitikai vizsgálatok készítéséhez.

A hibrid alkatrész jó kötési szilárdságának feltételeihez további tényezővel járul hozzá a kötés „geometriája”, (pl. a csap alakja, a benyomódás következtében a csap műanyaggal bevonódó oldalainak szerepe stb.). Ezek tárgyalására nem térünk ki, ezek azonban az adhézió változatait és a buborékokkal kapcsolatosan elmondottakat nem cáfolják és azokkal nem állnak ellentétben.

Összefoglalás

Az esztergált acélcsap és poli(metilmetakrilát) PMMA-lemez között lézersugárral létrehozott kötés megvalósítása során vizsgáltuk a kötészilárdság kialakulását és azon belül különösen a polimerben képződő buborékok szerepét az adhézióban. Megállapítottuk, hogy a PMMA meglágyult állapotban jól nedvesíti az acél felületét, és mind mikro-, mind az annál kisebb léptékben is biztosítja a mechanikai adhézióhoz szükséges érintkezés feltételeit. Mivel a felhevülés mértékétől függő optimális buborékterület meghaladását követően a polimerben a határréteg feletti műanyag tartomány meggyengül, ez lerontja a kötészilárdságot. Ezért a technológiai beállításoknak csak egy szűkebb tartománya alkalmas a maximális kötőerő és a megfelelő buborékterület beállításához. Az alkatrészgyártás további fejlesztése során megfontolandó lehet az acél fémcsap lézeres előkezelése, durvítása.



■ 11. ábra. Sztereomikroszkóppal (a), fénymikroszkóppal (b) és pásztázó elektronmikroszkópban szekunder elektron üzemmóddal (c, e) és visszaszórt elektron üzemmóddal készített felvételek (d, f) a fém-műanyag határfelület egy-egy részletéről

Köszönet

Köszönettel tartozunk Takács János professzornak a kutatás támogatójának, és az ELTE TTK Központi Kutató és Kutató Műszer Centrumában Havancsák Károlynak az elektronmikroszkópos vizsgálatok, továbbá a BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar Kémia Technológia Tanszékén Marosi György professzornak a Raman-vizsgálatok lehetőségéért. A munka az OTKA 109436 K pályázatának támogatásával készült.

Irodalom

[1] J. Holtkamp, A. Roesner, A. Gillner: Advances in hybrid laser joining. International Journal of Advanced

Manufacturing Technology, Vol. 47, 2010, pp. 923–930.

[2] A. Cenigaonandia, F. Liébana, A. Lamikiz, Z. Echehoven: Novel strategies for laser joining of polyamide and AISI 304. Physics Procedia, Vol. 39, 2012, pp. 92–99.

[3] L. H. Lee: Fundamentals of Adhesion, Ch. 16: Metal-Polymer adhesion, pp. 50–60, 1991 Springer Science & Business Media.

[4] A. Bauernhuber, T. Markovits: Investigating the joining of PMMA plastic to steel by Nd:YAG laser. Materialovú Inžinierstvo-Materials Engineering, Vol. 19 (4), 2012, pp. 164–174.

[5] A. Bauernhuber, T. Markovits: Hybrid joining of steel and plastic

materials by laser beam. Transport, Vol. 28, Issue 3, 2013, pp. 1–6.

[6] A. Bauernhuber, T. Markovits: Laser assisted joining of metal pins and thin plastic sheets. Physics Procedia, Vol. 39, 2014, pp. 108–116.

[7] T. Markovits, A. Bauernhuber, M. Géczy: Investigating the shape locking phenomenon in case of LAMP joining technology. Physics Procedia, Vol. 39, 2014, pp. 100–107.

[8] S. Katayama, Y. Kawahito: Laser direct joining of metal and plastic. Scripta Materialia, Vol. 59, 2008, pp. 1247–1250.

[9] W. Tillmann, A. Elrefaey, L. Wojarski: Toward process optimization in laser welding of metal to polymer. Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, Vol. 41, Issue 10, 2010, pp. 879–883.

[10] T. Kashiwagi, T. J. Ohlemiller: A study of oxygen effects on non-flaming transient gasification of PMMA and PE during thermal irradiation, 19th Int. Symp. on Combustion, The Combustion Institute, 1982, pp. 815–823.

[11] T. Kashiwagi, A. Inabi, A. Hamius: Behaviour of Primary radicals during thermal Degradation of Poly (Methyl Methacrylate), Polymer Degradation and Stability, 26 (1989) 161–184.

[12] Ch. Cao, Z. Tan, S. Sun, Z. Liu, H. Zhang: Enhancing the thermal stability of poly (methyl methacrylate) by removing the chains with weak links in a continuous polymerization, Polymer Degradation and Stability, Vol. 96, 2011, pp. 2209–2214.

[13] S. M. Dakka: TG/MS of Poly-(Methyl Methacrylate). The effect of heating rate on the rate of production of evolved gases. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 75, 2004, pp. 765–772.

[14] F. Pallikari, G. Chondrokoukis, M. Rebelakis, Y. Kotsalas: Raman spectroscopy: A technique for estimating extent of polymerization in PMMA. Material Research Innovations, Vol. 4, Issue 2–3, 2001, pp. 89–92.

KAPTAY GYÖRGY

Folyóirat kiválósági rangsorok és tudomány-metriai kérdések a BKL Kohászat tudományterületein¹

A Szerző ismerteti a 2015 júniusában a Thomson Reuters által közel 12 000 folyóiratra közzétett impakt faktorok (IF = hatástényező) alapján összeállított tudományterületi folyóiratrangsorokat a BKL Kohászat által lefedett tudományterületeken, a következő felosztásban (zárójelben a folyóiratok száma az adott kategóriában): Általános és fémes anyagtudomány (120), Nanotudomány és nanotechnológiák (32), Energia – tüzeléstan – hulladék menedzsment (28), Metallurgia (25), Fémtechnológiák (24), Fémes felületek tudománya és kolloidkémia (22), Elektrokémia és korrózió (19), Kompozitok (12) és Kémiai termodinamika – fázisdiagramok – termofizikai tulajdonságok (8). Ezen az alapon a Szerző publikációs stratégiai ajánlásokat fogalmaz meg a BKL Kohászat által lefedett tudományterületeken publikálók részére, és összehasonlítja a nemzetközi és nemzeti kohászati lapokat. Röviden értékeli a kumulatív IF és a h-index használhatóságát az egyének és szervezetek tudományos értékelésében. Utóbbi esetben kikerülhetetlen az IF osztása a társszerzők számával.

Az idén negyven éves az impakt faktor (IF = hatástényező). Ez egy dimenziómentes tudománymetriai mérőszám, amit 1975 óta publikálnak. A 2014-es IF-ok közel 12 000 folyóiratra 2015 június közepén jelentek meg [1]. Az IF-os folyóiratok körét a Thomson Reuters cég állítja össze, és ez a cég számítja ki az IF értékeit is. Az IF a legjobbnak tartott tudományos folyóiratok rangsorát jellemzi; minél nagyobb az IF, annál rangosabbnak számít a folyóirat. A 2014-es IF konkrétan azt adja meg, hogy a 2014-es évben hány hivatkozást kaptak az adott folyóirat 2012–2013-as számaiban publikált cikkek átlagban, ahol a hivatkozásokat a Thomson Reuters által figyelt 12 000 folyóiratban megjelent

sok millió cikkben számolják össze, figyelembe véve a folyóirat önhivatkozásait is.

No de miért érdekes a hivatkozások száma? Aki másoknak újonnan létrehozott tudását átadja (sőt, ebbe a folyamatba sok energiát hajlandó fektetni), annak fontos az is, hogy ez az új tudás hasznosuljon. A legbiztosabb jele e hasznosulásnak az, ha az adott cikkre minél több hivatkozás jelenik meg általa ismeretlen kutatók tollából világszerte. Ehhez azonban világnyelven kell publikálni, a világ minden sarkában elérhető és a leginkább olvasott folyóiratokban. Mivel nemcsak nekünk, hanem más kutatóknak sincs túl sok idejük olvasni, ezért mindenki a leghatékonyabban szerez információt, azaz kevés olvasásra szánt idejből azokat a szakmai lapokat olvassa a saját szakterületén belül, amiket vagy az anyanyelvén írnak, vagy amiről úgy tudja, hogy a legértékesebb információt tartalmazza. Ezt pedig onnan tudhatja, hogy az adott folyóiratnak relatíve nagy az IF-a az adott

szakterület más lapjaihoz képest. Ezért minden kutató arra törekszik, hogy saját tudományterületén belül vagy az anyanyelvén, vagy a lehető legnagyobb IF-os lapokban publikáljon.

A maximális hatástényező 2014-ben IF = 115,840, amit egy rákkutatással foglalkozó folyóirat kapott. A mi tudományterületünkön (Általános és fémes anyagtudomány) a maximális érték (IF = 36,503) a Nature Materials folyóiratnak jutott. A minimális érték IF = 0,001. Ebből a közel 12 000 folyóiratból kiválasztottam azt a 290 folyóiratot (2,4%), ami tematikájában megfelel a BKL Kohászatban felvállalt tudományterületeknek. Ezt a 290 folyóiratot kilenc szakterületre bontva mutatom be a táblázatokban¹. A folyóiratok címe minden táblázaton belül az IF csökkenő sorrendjében szerepel, a táblázatok sorrendje pedig a legnagyobb IF-ú folyóirat erősrendje szerint.

Az a tény önmagában nem sokat jelent, hogy a különböző szakterületeken erősen különbözik a „plafont” jelentő legnagyobb IF értéke. Ezen az alapon a tudományterületek nem hasonlíthatóak össze egymással, ez ugyanis főleg attól függ, hogy hány kutató, milyen gyakorisággal és milyen hivatkozási szokásokkal (hány hivatkozás cikkenként), évente átlag hány cikket publikál az adott szakterületen. Ennek ellenére érdemes felfigyelni arra, hogy milyen jól teljesítenek az energia tematikájú folyóiratok. Ha leszámítjuk az 1-2. táblázatok¹ első helyeit elfoglaló Nature kiadványokat, akkor a maradék 288 folyóirat közül az első két helyet energia témájú folyóirat foglalja el. Ezt a potenciált már a Nature-nél is észrevették, így

¹ A cikkben szereplő táblázatokat helyhiány miatt nem tudjuk nyomtatott formában közölni. Akit ez részleteiben is érdekel, a www.kaptay.hu honlapon, vagy a BKL Kohászat elektronikus kiadásában, a www.ombkenet.hu honlapon találhatja meg.

2016 januárjában indítják a „Nature Energy” című folyóiratot [2].

Miért hasznos a BKL Kohászat olvasói számára a táblázatokban¹ közölt információ? Egyrészt valószínű, hogy mindenki felfedez a maga számára legalább néhány „új” folyóiratcímet és utána néz a tartalmának. Másrészt ezeket a rangsorokat érdemes figyelembe venni akkor, amikor új tudományos eredményünkről tervezünk cikket írni, és azt a magyarul nem beszélő külvilágnak szánjuk: érdemes a cikk tárgyának megfelelő folyóiratok közül a legnagyobb impakt faktorúval kezdeni, majd az esetleges elutasítás esetén fokozatosan haladni lefelé. Ha ugyanis fordítva csináljuk, és a gyengébb lapban örömmel elfogadják a cikkünket, akkor már nincs etikus visszaút.

Azt azonban senki nem garantálja, hogy ha pl. a Nature Materialsban publikálunk (feltéve, hogy átjutunk a bírálói szűrőn), akkor a mi cikkünk is évi 36 hivatkozást kap majd az első két évben. Valójában egy folyóirat IF-ának 90%-át az ott megjelent cikkek kb. 25%-a adja [3], hasonlóan ahhoz, ahogy a GDP 90%-át is a lakosság kisebb része termeli meg, és részben emiatt a javak 90%-a is a lakosság kisebb hányadához jut. Azt azonban a legbölcsebb folyóirat-szerkesztő sem tudja előre megmondani, hogy az általa 100 legjobbnak ítélt cikkből melyik 25-öt érdemes publikálni és melyik 75-öt nem (ha tudná, akkor négyszeresére tudná növelni folyóirata IF-át; bár a számokból úgy tűnik, hogy a Nature folyóiratok szerkesztői mégiscsak „tudnak valamit”). Én sajnos szerzőként még azt sem látom előre, hogy melyik cikkem kap majd évi 15 hivatkozást és melyik nem kap 15 év alatt egyet sem. Amiben itt bízni lehet, az a nagy számok törvénye: eszerint nagyszámú cikk publikálása után a szerzők többsége megkapja azt a mennyiségű hivatkozást, amit a kumulatív IF-a alapján feltételezünk róla. Ezért hosszú távon érdemes arra törekedni, hogy a nagyobb IF-ú folyóiratokban publikáljunk. Ez természetesen egy folyamat: mint az élet egyéb dolgaiban, itt is alulról kell indulni és fokozatosan kapaszkodni felfelé tudományos minőségben és elismertségben. És mint az élet egyéb dolgaiban, itt is jól jön a kezdeti külső

segítség, ami jellemzően egy már elismert tudományos vezető személyében érkezik, akivel publikálni élvezet és nem rémálom (utóbbi a bírálók néha túl kemény ítélete miatt fordul elő, ami a magas IF velejárója).

Ha az IF-ról van szó, azt is el kell ismerni, hogy újabban hevesen támadások érik [3]. Mivel az IF-ban a folyóirat-önhivatkozások is számítanak, ezzel (és sok mással) is lehet trükközni, tehát az IF-t is lehet hamisítani (vagy természetellenesen felduzzasztani) ugyanúgy, mint ahogy egyesek a pénzt is hamisítják, vagy mások bankot rabolnak. De a válasz erre a gazdaságban sem az, hogy a pénzt kivonják a forgalomból, hanem az, hogy üldözik és bezárják a pénzhamisítókat és a bankrablókat. Esetünkben sem az IF-t kell kivonni a forgalomból, hanem az etikátlanul eljárókat kizárni a versenyből; ennek szellemében idén 66 folyóiratot zárt ki az IF-os folyóiratok köréből a Thomson Reuters a hivatkozásokkal való „trükközések” miatt azok közül, akiknek 2013-ban még volt IF-a [4]. Az egyik ilyen trükközési módszer a túlságosan magas önhivatkozási arány. A kizárt folyóiratokban ez 50% feletti volt, amivel a szerkesztők szignifikánsan befolyásolták saját folyóiratuk IF-át és tudományterületi besorolását; helyesebben ez volt a titkos tervük, de mivel túlzásba vitték, kizárták őket. Tanulságos ugyanakkor, hogy a visszafogottan nem nevezhető 49%-os önhivatkozási aránnyal nem zártak ki egy folyóiratot sem. Magyar szemmel furcsa ez az egész: rögtön az „elején” (1975-ben) ki kellett volna hagyni az IF számításából a folyóirat önhivatkozásait, ugyanúgy, ahogy hazánkban csak a független hivatkozás számít az egyének tudományos megítélésükre.

A táblázatokból nyilvánvaló, hogy a természettudományos folyóiratoknak nagyobb az IF-a, mint a technológiai folyóiratoké. Ez főleg azért van, mert aki új természettudományos törvényt fedez fel, az publikál, aki viszont új technológiát fejleszt ki, az szabadalmaztat, titkolózik és sok pénzt keres, majd néha részigazságokat publikál. Nekünk, kohómérnököknek is hasonlóan kell eljárunk. Ha azonban publikálunk, azt tegyük a lehető legjobb helyen. Minden kritika ellenére ma nemzetközi közmegegyezés van arról

tudományos körökben, hogy ennek fokmérője az IF.

A magyar kohászat – fémes anyag-tudomány lapjában érdemes egy bekezdést annak a negatív hírnek is szentelni, hogy sajnos 2014-ben sem került vissza a 12 000-es IF-os listára a „Materials Science Forum” című folyóirat, amit 2003-ban vettek le onnan. Ez azért fontos, mert az Országos Anyagtudományi Konferencia kiadványa két évente ebben a lapban jelenik meg, feltételezve, hogy ez egy nemzetközi „rangos” folyóirat. Nemzetközinek ugyan valóban nem magyar, de objektív „rangossága” nem a mi feltételezésünkön, hanem azon múlik, hogy sajnos az idén sincs IF-a. Ezért talán érdemes újragondolni, hogy vajon van-e értelme két évente itt publikálni a magyar anyagtudományi termés egy jelentős részét? Ha ugyanis nem-IF-os folyóiratban akarunk publikálni, akkor ezt térítésmentesen megtehetjük magyar nyelven a BKL Kohászatban, magyar/angol nyelveken pedig a Magyar Anyagtudományi Egyesület (MAE) internetes folyóiratában, „Anyagok Világa/Materials World” cím alatt [5]. Ráadásul itt nemcsak a publikálás, hanem a cikkek letöltése is ingyenes (vö. [6]). Láthatóság szempontjából ugyanakkor e három folyóirat azonos kategóriába esik: a Web of Science-ben egyik sem látható, a Google Scholars keresőjével azonban mindhárom megtalálható.

Az itt kiválasztott 290 folyóirat 10%-a nemzeti jellegű, hasonlóan a BKL Kohászathoz (lásd 10. táblázat). Ez a táblázat akkor is a 10. lett volna, ha a rangsort az 1–9 táblázatok sorrendjének logikája határozná meg. Más szóval a nemzetközi tudományos hatás szempontjából egyik nemzeti lap sem tekinthető különösebben sikeresnek a szakmai alapon szerveződő lapokhoz viszonyítva. Ez még a magyarnál jóval nagyobb nemzetek esetén is így van. Ebből okulva én úgy gondolom, hogy a BKL Kohászat jól pozicionálja magát magyar nyelven, távol tartva magát az IF-ok világtól. Nekünk, akik a BKL Kohászatban is publikálunk, kettős a felelősségünk: egyrészt rendszeresen publikálnunk kell itt is, másrészt részt kell vennünk a nemzetközi megméretetésben. Nekünk tehát elsősorban

nem egy új, IF-os nemzeti kohászati folyóiratot kell létrehoznunk (bár hasonlóra is van jó példa [7].), hanem értékes cikkeket kell írunk és megjelentetnünk a tőlünk független nemzetközi és minél nagyobb IF-ú folyóiratokban.

Végül szóljunk röviden arról, hogy lehet-e a kumulatív IF-t egyének, vagy szervezetek tudományos minősítésére használni? Kumulatív impakt faktornak nevezzük az IF-ok összegét, amit egy kutató szakmai életútja során összegyűjtött (valójában persze nem ő gyűjtötte, hanem azok a folyóiratok, ahol a cikkei megjelentek). És éppen ez a kritika fő tárgya: az IF definíció szerint nem a kutatót, hanem a folyóiratot jellemzi. Azonban mint fent említettük, nagyszámú publikált IF-os cikk esetén a kumulatív IF-ból levonható következtetés valószínűleg hasonlít ahhoz, amit a kutató saját cikkeire kapott hivatkozások számából kaphatunk. Kiszámú cikk esetén azonban a két eredmény nagyon eltérő lehet.

Az egyéni kutatói kiválóságot jobban meg lehet ítélni egy másik mutató, a h-index alapján. A h-index az egyén által publikált azon folyóiratcikkek számával egyenlő, amelyek minimum ugyanennyi hivatkozást kaptak [8]. (ittthoni körülmények között értsd: független hivatkozást). Ha tehát egy kutató h-indexe ma $h = 20$, ez azt jelenti, hogy az illetőnek van 20 olyan cikke, melyek mindegyikére érkezett legalább 20 hivatkozás, de ma még nincs 21 olyan cikke, melyek mindegyikére legalább 21 hivatkozás érkezett volna (persze általában csak idő kérdése, hogy ez is teljesüljön). A h-index statisztikailag arányos a hivatkozások négyzetgyökével; az arányossági tényező 0,5 körüli [8].

A $h = 10$ -hez tehát átlag 400, míg a $h = 20$ -hoz átlag 1 600 hivatkozás tartozik. Mint látjuk, a h-index is a hivatkozásokon alapul, hasonlóan az IF-hoz. Ezért nem lennék meglepve, ha statisztikailag teljesülne az a „sejtés”, miszerint a h-index arányos a kumulatív IF négyzetgyökével. Ez a korreláció persze csak nagyszámú hivatkozás felett fog várhatóan jól működni. Itt meg kell jegyezni, hogy a h-index az IF-hoz hasonlóan alkalmatlan a különböző tudományterületek összehasonlítására, és mindkét



■ Kaptay György a 2015-ös Calphad konferencián (Loano, Olaszország), megkapta a Calphad folyóirat legjobb 2014-es cikke díját.

A Calphad (Calculation of Phase Diagrams = Fázisdiagramok számítása) egy nemzetközi, impakt faktoros, Elsevier folyóirat, illetve konferencia-sorozat, illetve tudományos eljárás rövidítése. A legjobb cikket a nemzetközi szerkesztőbizottság (aminek nincs kelet-európai tagja) szavazatai alapján állapították meg azon cikkek közül, amelyek a 2014-es év során a Calphad folyóiratban jelentek meg

tényező jobb színben tünteti fel az idősebb kutatókat a fiatalabbakhoz képest.

Logikusnak tűnik, hogy kutatócsoportok, kutatóintézetek, sőt, teljes egyetemek, akadémiák, országok és kontinensek tudományos teljesítményét is a kumulatív IF-ral jellemezzük; ehhez csak össze kell adni az adott halmazhoz tartozó kutatók kumulatív IF-át. Nem is lenne ezzel baj, ha a folyóiratcikkek többsége nem többszerzős lenne, ráadásul egy cikk minden társszerzője ne számolná el magának a cikk (értsd: a folyóirat) teljes IF-át, és persze a cikkekre kapott összes hivatkozást. Lehet ugyan azon vég nélkül vitatkozni, hogy „mit érdemel” egy-egy társszerző egy adott cikkből (mindenki az egészet, vagy mindenki csak a társszerzőkkel osztott hányadot), az viszont matematikai evidencia, hogy ha a kumulatív IF-t kutatói közösségek jellemzésére akarjuk értelmesen használni, akkor az egyedi cikkekre kapott IF-t először el kell osztani a társszerzők számával, és csak utána van értelme összegezni ezeket a parciális IF-okat a kutatók, majd a kutatói közösségek szerint. Ha ugyanis nem így járunk el (azaz ha nem a parciális IF-t, hanem az IF-t összegezzük kutatókra, majd kutatói közösségekre), akkor téves eredményt kapunk, hiszen többször is figyelembe fogjuk venni ugyanazt a

cikket. Erre az át nem gondolt eljárásra találunk egy extrém hazai példát Vincze Imre nemrég megjelent cikkében [9] (lazításként olvassuk el Bencze Gyula írását is [10]). A társszerzőség kérdése ráadásul tudományetikai kérdéseket is érint [11–13]].

Van persze a szerzők számával való osztásnál egy igazságosabb eljárás is, amikor a szerzőkre bízunk, hogy ők határozzák meg, hogy az egyes társszerzőkre hány %-a jut az adott cikkből származó manának és felelősségnek. Ugyanez kiválóan működik a szabadalmak esetén, ahol a feltalálói %-os részesedéseket pénzre játsszák. Vegyük azonban észre, hogy végeredményben a társszerzői részarányok is pénzre mennek, hiszen ettől függ az egyéni kinevezések és a pályázati pénzek szétosztása. Sajnos egyes folyóiratok próbálkozása e rendszer bevezetésére tudtommal elbukott a kutatók/szerzők ellenállásán. Amíg a legjobb folyóiratok nem lépnek fel egységesen, addig ez a kérdés megoldatlan marad.

Végeredményben az impakt faktor hasznos dolog mindenkinek, aki tudománnyal foglalkozik. Primer haszna, hogy egy tudományterületen belül értéke jól jellemzi a különböző folyóiratok rangsorát, így a kutatók jól használhatják azt saját publikációs stratégiájuk kialakításában. Másodla-

gos haszna, hogy egy szakterületen belül a kutatók tudományos teljesítménye egymással összehasonlíthatóvá válik a kumulatív IF segítségével. A társszerzők számának figyelembe vétele az egyéni tudományos teljesítmények értékelése során a tudománymetria örökzöld megoldatlan kérdése marad. Az IF osztása a szerzők számával matematikai szükségszerűséggé válik akkor, amikor tudományos közösségek teljesítményét akarjuk objektívan mérni az összegzett kumulatív (parciális) IF segítségével.

Akárhogy osztunk és összegzünk, az IF mindig csak egy formális, statisztikai szám marad. Ha valóban fel akarjuk mérni egy kutató tudományos eredményeit, akkor itt sincs királyi út: vennünk kell a fáradságot és el kell olvasnunk az illető műveit. Sajnos ez az, amit a világ egyetlen minisztériumának egyetlen pénzosztó helyzetben lévő alkalmazottja sem fog megtenni helyettünk. Ez csak tőlünk várható el, kutatótársaktól.

Köszönetnyilvánítás

A cikk alapját képező kutatómunka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Alkalmazott Anyagtudomány és Nanotechnológia Kiválósági Központ keretében, a TÁMOP-4.2.2.A-1/1/KONV-2012-0019 projekt eredményeire alapozva, a TÁMOP-4.2.2.D-15/1/KONV-2015-0017 projekt részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Hivatkozások

- [1] <https://jcr.incites.thomsonreuters.com/JCRHomePageAction.action?> (ez a link csak előfizetéssel érhető el, jellemzően egyetemekről, főiskolákról, kutatóintézetekről)
- [2] <http://www.nature.com/nenergy/>
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/Impact_factor
- [4] https://www.google.com/?gws_rd=ssl#q=impact+factors+2014.
- [5] <http://www.kfki.hu/~anyag/>
- [6] <http://www.scientific.net/MSF>
- [7] <http://www.expresspolymlett.com/>
- [8] *J. E. Hirsch*: An index to quantify an individual's scientific research output. *Proc. Nat Acad Sci USA*, 2005, vol. 102, p. 16569.
- [9] *Vincze I.*: Tigrislovaglás. *Magyar Tudomány*, 2014 November, p. 1345.
- [10] *Bencze Gy.*: Hogyan lovagoljunk a tudományos teljesítményen? *Magyar Tudomány*, 2014 November, p. 1350.
- [11] *Kakuk P.*: A tudományos integritás kortárs dilemmái az orvos- és élettudományokban. *Magyar Tudomány*, 2015, No.8, pp. 898.
- [12] *Bodnár J. K., Gajdos Á., Kakuk P.*: A Hvang-botrány következményei és tanulságai. *Magyar Tudomány*, 2015, No.8, pp. 905.
- [13] *M. Biagioli*: A szerzőség instabilitása: érdem és felelősség a kortárs orvostudományban. *Magyar Tudomány*, 2015, No.8, pp. 921.

A Műszaki Anyagtudományi Kar rövid hírei 2015. szeptember

• Az államalapítás augusztus 20-i ünnepének alkalmából *Áder János*, Magyarország köztársasági elnökének megbízásából *Balog Zoltán*, az emberi erőforrások minisztere kiemelkedő színvonalú munkája elismeréseként *dr. Gácsi Zoltán* egyetemi tanárnak, a Fém-tani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet igazgatójának, karunk volt dékánjának a Magyar Érdemrend Tisztikereszt polgári tagozat kitüntetését adományozta. A kitüntetéshez gratulálunk!

• *Dr. Kaptay György* egyetemi tanár, a Nanotechnológiai Intézet Tan-

szék tanszékvezetője, Karunk korábbi dékánja kimagasló nemzetközi elismerésben, „CALPHAD Best Paper Award” díjban részesült (l. 51. oldal). A CALPHAD – Computer Coupling of Phase Diagram and Thermochemistry című, egyensúlyi fázisdiagram számítással és termokémiával foglalkozó, impakt faktoros nemzetközi szaklap szerkesztősége a folyóiratban 2014-ben megjelent írások közül *dr. Kaptay György* „On the Abilities and Limitations of the Linear, Exponential and Combined Models to Describe the Temperature Dependence of the Excess Gibbs

Energy of Solutions” című cikkét választotta az év legjobb tudományos publikációjának. A díj elnyeréséhez gratulálunk, és további sikereket kívánunk!

• Ismét veszprémi siker az ifjú anyagtudósok között. „Hó bele, Balázs! – avagy megújuló energiák kreatív hasznosítása” címmel meghirdetett, középiskolásoknak szóló VI. NEMAK-Anyagtudományi Verseny döntőjére június 11–12-én került sor a Miskolci Egyetemen. A korábbi évek gyakorlatától eltérően külön napot szenteltek a szervezők arra, hogy a fiatalok (főként a városunkba

**Kiegészítő táblázatok a BKL Kohászat 2015/5. számában megjelent
cikkhez:**

**Kaptay György: Folyóirat kiválósági rangsorok és tudománymetriai
kérdések a BKL Kohászat tudományterületén**

**1. Általános és fémes anyagtudomány
(a dedikáltan kerámiás és polimeres folyóiratok nélkül)**

| No | Folyóirat neve | IF-2014 |
|-----------|------------------------------------|----------------|
| 12 | Nature Mater | 36,503 |
| 65 | Adv Mater | 17,493 |
| 79 | Adv Energy Mater | 16,146 |
| 85 | Mater Sci Eng R – Reports | 15,500 |
| 114 | Mater today | 14,107 |
| 149 | Annual Rev Mater Res | 11,854 |
| 151 | Adv Functional Mater | 11,805 |
| 184 | NPG Asia Mater | 10,118 |
| 219 | Biomaterials | 8,557 |
| 249 | Intern Mater Reviews | 8,500 |
| 261 | Chem Mater | 8,354 |
| 311 | J Mater Chem A | 7,443 |
| 367 | ACS Appl Mater / Interfaces | 6,723 |
| 393 | Critical Rev Solid State Mater Sci | 6,450 |
| 419 | Curr Opinion Solid State Mater Sci | 6,235 |
| 433 | Carbon | 6,196 |
| 512 | MRS Bulletin | 5,667 |
| 683 | Crystal Growth Design | 4,891 |
| 727 | J Mater Chem B | 4,726 |
| 736 | J Mater Chem C | 4,696 |
| 793 | J Hazardous Mater | 4,529 |
| 824 | Acta Mater | 4,465 |
| 1170 | Dental Mater | 3,769 |
| 1302 | Progr Crystal Growth Charact Mater | 3,579 |
| 1353 | Sci Technol Adv Mater | 3,513 |
| 1363 | Mater Design | 3,501 |
| 1411 | Micropor Mesopor Mater | 3,453 |
| 1645 | Scripta Mater | 3,224 |
| 1867 | J Alloys Comps | 2,999 |
| 2342 | Materials | 2,651 |
| 2436 | Sci Adv Mater | 2,598 |
| 2458 | J Mater Sci – Mater Medicine | 2,587 |
| 2482 | Mater Sci Eng A | 2,567 |
| 2603 | Mater Lett | 2,489 |
| 2842 | J Mater Sci | 2,371 |
| 2898 | J Physics: Condens Matter | 2,346 |
| 2993 | Mater Res Bull | 2,288 |

| | | |
|------|---------------------------------|-------|
| 3047 | Mater Chem Phys | 2,259 |
| 3050 | Materials Express | 2,256 |
| 3060 | Synthetic Metals | 2,252 |
| 3236 | Mater Sci Eng B | 2,169 |
| 3242 | Model Simul Mater Sci Eng | 2,167 |
| 3306 | Comput Mater Sci | 2,131 |
| 3306 | Intermetallics | 2,131 |
| 3645 | Int J Refractory Met Hard Mater | 1,989 |
| 3665 | Optical Mater | 1,981 |
| 3669 | Electronic Mater Lett | 1,980 |
| 3688 | Platinum Metals Review | 1,974 |
| 3699 | J Magnetism Magnetic Mater | 1,970 |
| 3732 | Mater Sci Semicond Process | 1,955 |
| 3815 | Diamond Related Mater | 1,919 |
| 3833 | J Mater Sci Technol | 1,909 |
| 3922 | Micros Microanalysis | 1,877 |
| 3950 | J Nuclear Mater | 1,865 |
| 4000 | Materials Character | 1,845 |
| 4110 | J Electron Mater | 1,798 |
| 4200 | J Non-crystalline Solids | 1,766 |
| 4220 | Thin Solid Films | 1,759 |
| 4224 | Adv Eng Mater | 1,758 |
| 4225 | JOM | 1,757 |
| 4239 | Ionics | 1,754 |
| 4267 | J Electroceramics | 1,744 |
| 4307 | Metall Mater Trans A | 1,730 |
| 4347 | Mater Structures | 1,714 |
| 4382 | App Physics A | 1,704 |
| 4385 | Chem Vapour Depos | 1,703 |
| 4400 | J Crystal Growth | 1,698 |
| 4576 | J Mater Res | 1,647 |
| 4618 | J Electron Micros | 1,633 |
| 4639 | Carbon Letters | 1,625 |
| 4667 | Phys stat sol – Appl Mater Sci | 1,616 |
| 4686 | Functional Mater Letters | 1,606 |
| 4742 | Gold Bulletin | 1,590 |
| 4778 | Metals Mater Intern | 1,483 |
| 4814 | J Mater Sci – Mater Electron | 1,569 |
| 5414 | Korean J of Metals Mater | 1,405 |
| 5672 | Chem Phys Carbon | 1,333 |
| 5720 | Physica B – Condens Matter | 1,319 |
| 5806 | J Mater Civil Eng | 1,296 |
| 5811 | J Energetic Mater | 1,295 |
| 5950 | J Rare Earths | 1,261 |
| 5997 | Central Eur J Energetic Mater | 1,250 |
| 6369 | Rev Adv Mater Sci | 1,161 |
| 6578 | J Porous Mater | 1,108 |
| 6636 | Biomedical Mater Eng | 1,091 |

| | | |
|-------|-------------------------------------|-------|
| 6724 | Silicon | 1,069 |
| 6977 | Rare Metals | 1,009 |
| 6991 | Frontiers Mater Sci | 1,000 |
| 7058 | J Mater Eng Performance | 0,998 |
| 7061 | Mater Sci Technol | 0,995 |
| 7129 | New Carbon Mater | 0,979 |
| 7174 | Dental Mater J | 0,968 |
| 7179 | Semiconductors Semimetals | 0,967 |
| 7357 | Crystal Res Technol | 0,935 |
| 7507 | ACI Mater J | 0,909 |
| 7902 | Mater Res Innovations | 0,830 |
| 8073 | Mater Res – Ibero-amer J Mater | 0,793 |
| 8081 | Int J Minerals Metallurgy Mater | 0,791 |
| 8095 | Z Naturforschung A | 0,789 |
| 8220 | Magnesium Res | 0,766 |
| 8240 | Physics Metals Metallography | 0,761 |
| 8954 | Int J Mater Res (Z. Metallkunde) | 0,639 |
| 8965 | Powder Diffraction | 0,636 |
| 9081 | Trans Indian Inst Metals | 0,615 |
| 9143 | J Mater Education | 0,600 |
| 9309 | J Superhard Mater | 0,573 |
| 9345 | J Inorganic Mater | 0,565 |
| 9404 | Inorganic Mater | 0,556 |
| 9457 | Materiali in Technologije | 0,548 |
| 9685 | J New Mater Electrochem Systems | 0,511 |
| 9690 | Mater Sci – Medziagotyra | 0,510 |
| 9710 | Mater Sci Poland | 0,507 |
| 10330 | J Wuhan Uni Technol – Mater Sci ed | 0,399 |
| 10355 | Sci Technol Energetic Mater | 0,393 |
| 10627 | Mater Testing | 0,335 |
| 10656 | Prakt Metallogr – Practic Metallogr | 0,330 |
| 11020 | Mater Evaluation | 0,255 |
| 11253 | Mater Sci | 0,195 |
| 11258 | Rare Metal Mater Eng | 0,194 |
| 11594 | Mater Performance | 0,073 |

2. Nanotudomány és nanotechnológia

| No | Folyóirat neve | IF-2014 |
|------|----------------------------------|---------|
| 15 | Nature Nanotech | 34,048 |
| 91 | Nano Today | 15,000 |
| 118 | Nano Letters | 13,592 |
| 130 | ACS Nano | 12,881 |
| 179 | Nano Energy | 10,325 |
| 258 | Small | 8,368 |
| 317 | Nanoscale | 7,394 |
| 347 | Nano Res | 7,010 |
| 1132 | Nanotechnology | 3,821 |
| 2131 | Nanoscale Res Lett | 2,779 |
| 2312 | Beilstein J Nanotechnol | 2,670 |
| 2472 | Recent Patents Nanotechnol | 2,575 |
| 3205 | J Nanoparticle Res | 2,184 |
| 3440 | Nanomaterials | 2,076 |
| 3605 | Physics E | 2,000 |
| 3647 | Micron | 1,988 |
| 3684 | Nano-micro Letters | 1,975 |
| 4041 | IEE Trans Nanotechnol | 1,825 |
| 4585 | J Nanomater | 1,644 |
| 4861 | J Nanosci Nanotechnol | 1,556 |
| 5315 | Nanosci Nanotechnol Lett | 1,431 |
| 5503 | Nanosc Microsc Thermophys Eng | 1,381 |
| 5639 | J Comput Theoret Nanosci | 1,343 |
| 5894 | Nanotechnol Rev | 1,273 |
| 6617 | Current Nanosci | 1,096 |
| 6637 | Nano | 1,090 |
| 7116 | J Exper Nanosci | 0,981 |
| 7768 | Micro Nano Lett | 0,853 |
| 7856 | Fuller, Nanotub, Carb Nanostruct | 0,836 |
| 8121 | Nanomater Nanotechnol | 0,786 |
| 9066 | Int J Nanotechnol | 0,618 |
| 9354 | J Nano Res | 0,564 |

3. Energia / tüzeléstan / hulladékgyártás

| No | Folyóirat neve | IF-2014 |
|------|--------------------------------|---------|
| 48 | Energy Environ Sci | 20,523 |
| 56 | Progr Energy Combust Sci | 19,220 |
| 472 | Renew Sustain Energy Rev | 5,901 |
| 522 | Appl Energy | 5,613 |
| 579 | Solar Energy Mater Solar Cells | 5,337 |
| 700 | Energy | 4,844 |
| 1248 | IEE Trans Sustain Energy | 3,656 |
| 1388 | Renewable Energy | 3,476 |
| 1396 | Solar Energy | 3,469 |
| 1471 | Biomass Bioenergy | 3,394 |
| 1553 | Int J Hydrogen Energy | 3,313 |
| 1648 | Waste Manag | 3,220 |
| 1774 | Combust Flame | 3,082 |
| 2072 | Energy Technol | 2,824 |
| 2112 | Energy Fuels | 2,790 |
| 2750 | Int J Energy Res | 2,418 |
| 3039 | Proc Combust Inst | 2,262 |
| 4183 | Energy J | 1,772 |
| 4670 | J Solar Energy Trans ASME | 1,614 |
| 4726 | Int J Heat Fluid Flow | 1,596 |
| 4968 | Flow Turbul Combust | 1,519 |
| 5639 | J Energy Eng | 1,343 |
| 5867 | Combust Theory Model | 1,280 |
| 6758 | Energy Efficiency | 1,060 |
| 6773 | Waste Biomass Valoriz | 1,056 |
| 7072 | Combust Sci Technol | 0,991 |
| 7274 | J Mater Cycles Waste Manag | 0,950 |
| 7529 | J Renewable Sustain Energy | 0,904 |

4. Fémek felületek tudománya és kolloidkémia

| No | Folyóirat neve | IF-2014 |
|-------|-------------------------------|---------|
| 94 | Surf Sci Rep | 14,765 |
| 289 | Adv Colloid Interface Sci | 7,776 |
| 484 | Curr op Colloid Interface Sci | 5,840 |
| 506 | Progr Surf Sci | 5,696 |
| 829 | Langmuir | 4,457 |
| 1499 | J Colloid Interface Sci | 3,368 |
| 2173 | Colloids Surfaces A | 2,752 |
| 2246 | Appl Surface Sci | 2,711 |
| 3628 | Surface Coating Technol | 1,988 |
| 3800 | Surf Sci | 1,925 |
| 4191 | Adsorption | 1,771 |
| 5367 | J Adhesion | 1,417 |
| 5795 | J Coating Technol Res | 1,298 |
| 6014 | Surf Interface Analysis | 1,245 |
| 6208 | Surf Eng | 1,197 |
| 7210 | J Adhesion Sci Technol | 0,961 |
| 8067 | J Dispersion Sci Technol | 0,795 |
| 8756 | Adsorption Sci Technol | 0,669 |
| 8875 | Interfaces Free Boundaries | 0,650 |
| 10197 | Interfaces | 0,424 |
| 10423 | Surf Rev Lett | 0,380 |
| 11298 | Int J Surf Sci Eng | 0,184 |

5. Elektrokémia és korrózió

| No | Folyóirat neve | IF-2014 |
|-------|------------------------------|---------|
| 699 | Electrochem Commun | 4,847 |
| 807 | Electrochim Acta | 4,504 |
| 843 | Corr Sci | 4,422 |
| 1603 | J Electrochem Soc | 3,266 |
| 2705 | J Solid State Electrochem | 2,705 |
| 2772 | J Appl Electrochem | 2,409 |
| 2944 | Electrochem Solid State Lett | 2,321 |
| 4129 | ECS Electrochem Lett | 1,789 |
| 4944 | Corr Rev | 1,526 |
| 5032 | Int J Electrochem Sci | 1,500 |
| 5528 | Mater Corr – Werkst Korr | 1,373 |
| 6452 | Oxidation Metals | 1,140 |
| 6866 | Electrochem | 1,033 |
| 7413 | Corrosion | 0,925 |
| 7895 | Corr Eng Sci Technol | 0,831 |
| 8348 | Protect Met Phys Chem Surf | 0,740 |
| 10310 | Anticorr Methods Mater | 0,400 |
| 10343 | J Electrochem Sci Technol | 0,396 |

6. Kompozitok

| No | Folyóirat neve | IF-2014 |
|-------|-------------------------|---------|
| 1309 | Compos Sci Technol | 3,569 |
| 1784 | Composites Part A | 3,071 |
| 1883 | Composites Part B | 2,983 |
| 2627 | J Compos Constructions | 2,483 |
| 6050 | J Sandwich Struct Mater | 1,235 |
| 6322 | J Compos Mater | 1,173 |
| 6805 | Appl Compos Mater | 1,048 |
| 7186 | Steel Compos Struct | 0,964 |
| 7393 | Adv Compos Mater | 0,929 |
| 8431 | Compos Interfaces | 0,726 |
| 9654 | Sci Eng Compos Mater | 0,515 |
| 10950 | Adv Compos Lett | 0,270 |

7. Fémtechnológiák

| No | Folyóirat neve | IF-2014 |
|-------|--------------------------------|---------|
| 2890 | Powder Technol | 2,349 |
| 3104 | J Mater Process Technol | 2,236 |
| 4372 | Sci Technol Welding Joining | 1,707 |
| 4633 | Mater Manufact Process | 1,629 |
| 6091 | Mater Technol | 1,227 |
| 6677 | Int J Mater Forming | 1,081 |
| 7221 | J Eng Mater Technol Trans ASME | 0,958 |
| 7413 | Welding J | 0,925 |
| 7681 | Soldering Surf Mount Technol | 0,872 |
| 7774 | Trans Inst Metal Finishing | 0,852 |
| 8303 | Welding World | 0,746 |
| 8319 | Adv Mater Sci Eng | 0,744 |
| 9859 | Int J Cast Metals Res | 0,480 |
| 10004 | High Temper High Press | 0,455 |
| 10097 | Int J Metalcasting | 0,439 |
| 10133 | China Foundry | 0,433 |
| 10173 | Materialwiss Werkstoff | 0,425 |
| 10197 | Mater High Temper | 0,420 |
| 10257 | Int J Powder Metall | 0,409 |
| 10274 | Kovove Mater – Metall Mater | 0,406 |
| 10375 | Adv Mater Process | 0,389 |
| 10418 | Metals Sci Heat Treatment | 669 |
| 10443 | High Temper Mater Process | 0,377 |
| 11171 | Powder Metall Metal Ceramics | 0,219 |

8. Kémiai termodinamika / fázisdiagramok / termofizikai tulajdonságok

| No | Folyóirat neve | IF-2014 |
|------|-------------------------|---------|
| 2294 | J Chem Thermodyn | 2,679 |
| 3176 | Fluid Phase Equil | 2,200 |
| 3205 | Thermochim Acta | 2,184 |
| 3517 | J Thermal Anal Calorim | 2,042 |
| 5539 | Calphad | 1,370 |
| 7192 | Int J Thermophysics | 0,963 |
| 7242 | Phase Transitions | 0,954 |
| 9848 | J Phase Equil Diffusion | 0,482 |

9. Metallurgia

| No | Folyóirat neve | IF-2014 |
|-------|---|---------|
| 3780 | Hydrometallurgy | 1,933 |
| 5189 | Metallur Mater Trans B | 1,461 |
| 6299 | Trans Nonferr Metals Soc China | 1,178 |
| 6452 | ISIJ Intern | 1,140 |
| 6637 | Arch Metall Mater | 1,090 |
| 7220 | Metallurgija | 0,959 |
| 7263 | High Temperature | 0,952 |
| 7585 | Miner Process Extract Metall Rev | 0,891 |
| 7617 | Metals | 0,883 |
| 7891 | J Min Metall, B: Metallurgy | 0,832 |
| 8425 | Acta Metall Sinica – English Lett | 0,727 |
| 8518 | Ironmaking Steelmaking | 0,710 |
| 8694 | Mater Trans | 0,679 |
| 8725 | J Iron Steel Res Int | 0,675 |
| 9101 | Miner Metall Process | 0,612 |
| 9504 | Acta Metall Sinica | 0,540 |
| 9700 | Canadian Metall Quart | 0,509 |
| 9827 | Steel Res Int | 0,486 |
| 10406 | Tertsu-to-Hagane: J Iron Steel Inst Japan | 0,385 |
| 10835 | Revista de Metallurgica | 0,288 |
| 11067 | Metallurgist | 0,243 |
| 11132 | Metallurgica Italiana | 0,227 |
| 11161 | J South Afr Inst Min Metall | 0,221 |
| 11253 | Revue de Metallurgie | 0,195 |
| 11474 | Russ J Non-Ferrous Metals | 0,124 |

10. táblázat. Regionális lapok az 1, 7 és 9 táblázatokból

| No | Folyóirat neve | nemzet | IF-2014 |
|-----------|-----------------------------------|----------------|----------------|
| 5414 | Korean J of Metals Mater | (dél-) koreai | 1,405 |
| 5528 | Werkst Korrr | német | 1,373 |
| 6299 | Trans Nonferr Metals Soc China | kínai | 1,178 |
| 6452 | ISIJ Intern | japán | 1,140 |
| 6637 | Arch Metall Mater | lengyel | 1,090 |
| 7220 | Metalurgija | horvát | 0,959 |
| 8073 | Mater Res – Ibero-amer J Mater | latin amerikai | 0,793 |
| 7891 | J Min Metall, B: Metallurgy | szerb | 0,832 |
| 8425 | Acta Metall Sinica – English Lett | kínai | 0,727 |
| 8954 | Int J Mater Res (Z. Metallkunde) | német | 0,639 |
| 9081 | Trans Indian Inst Metals | indiai | 0,615 |
| 9457 | Materiali in Technologije | szlovén | 0,548 |
| 9504 | Acta Metall Sinica | kínai | 0,540 |
| 9690 | Medziagotyra | litván | 0,510 |
| 9700 | Canadian Metall Quart | kanadai | 0,509 |
| 9710 | Mater Sci Poland | lengyel | 0,507 |
| 10133 | China Foundry | kínai | 0,433 |
| 10173 | Materialwiss Werkstoff | német | 0,425 |
| 10274 | Kovove Mater | szlovák | 0,406 |
| 10330 | J Wuhan Uni Technol Mater Sci ed | kínai | 0,399 |
| 10406 | Tertsu-to-Hagane | japán | 0,385 |
| 10656 | Prakt Metallogr | német | 0,330 |
| 10835 | Revista de Metallurgica | spanyol | 0,288 |
| 11067 | Metallurgist | orosz | 0,243 |
| 11132 | Metallurgica Italiana | olasz | 0,227 |
| 11161 | J South Afr Inst Min Metall | dél afrikai | 0,221 |
| 11253 | Revue de Metallurgie | francia | 0,195 |
| 11474 | Russ J Non-Ferrous Metals | orosz | 0,124 |



■ Dr. Gácsi Zoltán átveszi a kitüntetést Balog Zoltántól



■ Dr. Palotás Árpád Bence köszöntöje a szeptember 7-i aláírási ünnepségen

első alkalommal érkező diákok) megismerkedhessenek Miskolc nevezettségével, ezzel is segítve azt, hogy továbbtanulásuk színhelyéül szívesebben válasszák megyeszékhelyünket. A reggeli érkezést követően a csapat a Barlangfürdőben töltötte az ebédig hátralévő időt, majd délután a megújult Diósgyőri Vár, valamint Lillafüred festői környezete várta a résztvevőket. Az elmúlt évek kiemelkedően legmagasabb szakmai színvonalú döntőjére pénteken délelőtt került sor, a versenyzők ekkor mutathatták be előadásukat, ismertetve az elkészített alkotásokat. Ezt követően, amíg a zsűri a dolgozatokra, előadásokra adott pontokat összegezte, a csapatok a Kar intézeteinek látványos bemutatóin vehettek részt. Rendkívül szoros küzdelemben végül a veszprémi Willámpónik csapat szerezte meg az első díjat „Házi naperőmű készítése” című pályamunkájával. A verseny támogatásáért a szervezők köszönetet mondanak a NEMAK Győr Alumíniumöntőde Kft. vezetésének.

• A 2015. június 24-i Ünnepi Szenátusi Ülésen vehették át okleveleiket alap- és mesterképzésben végzett hallgatóink *dr. Palotás Árpád Bencétől*, a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánjától, valamint *dr. Torma András*tól, a Miskolci Egyetem rektorától. A június 8. és 12. között lezajlott záróvizsgákon 33 fő végzett anyagmérnöki alapszakon (19 fő vehetett át oklevelet), 12 fő anyagmérnök mesterszakon zárta tanulmányait (10 fő vehette át oklevelét), 9 fő kohómér-

nök mesterszakon vizsgázott sikeresen (mindannyian diplomát is kaptak), 1-1 fő pedig anyagmérnöki egyetemi szakon és mérnökfizikus egyetemi szakon teljesítette a követelményeket (oklevelet 1 fő anyagmérnök kapott). Szintén az Ünnepi Szenátusi Ülésen vehette át PhD-oklevelét *Sinka Tünde* és *Pálinkás Sándor*, Tiszteletbeli Doktori Oklevél kitüntetésében *dr. Bárány Sándor* részesült, *dr. Erdélyi János Péter* pedig Kiváló Oktató Diplomát kapott.

• Az augusztus végén záródó felvételi eljárásban a Műszaki Anyagtudományi Karra összesen 81 fő nyert felvételt, ami nagyságrendileg 20%-os javulás az előző éves adatokhoz képest. 2015. szeptember 1-től anyagmérnök alapképzésben 48 hallgató (39 fő nappali, 9 fő levelező munkarendben), anyagmérnök mester képzésben 17 hallgató (7 fő nappali, 10 fő levelező munkarendben), kohómérnök mester képzésben 16 hallgató (8 fő nappali, 8 fő levelező munkarendben) kezd meg a tanulmányait. Az anyagmérnök alapszakos hallgatók közül 14-en duális formában folytatják tanulmányaikat.

• A Műszaki Anyagtudományi Kar (szeptemberben első ízben induló) duális képzésére felvételt nyert hallgatók 2015. szeptember 7-én ünnepélyes keretek között, sajtótájékoztatóval egybekötött aláírási ceremónián írták alá szerződéseiket a számukra gyakorlati jártasságot biztosító duális képző vállalatokkal. Rendezvényünket a duális képzésben résztvevő vállalatok képviselői is megtisztelték

jelenlétükkel. A Miskolci Egyetem nevében *dr. Palotás Árpád Bence*, a Kar dékánja, *dr. Horváth Zita*, általános rektorhelyettes, *dr. Varga László*, az Öntészeti Intézet igazgatója köszöntötte a hallgatókat, a vállalatok képviselőjében pedig *dr. Rick Tamás*, a FÉMALK Zrt. igazgatóhelyettese mondott beszédet. A hallgatók az aláírással egy időben (szeptember 7-én) kezdődő szorgalmi időszakot az egyetemen töltik, majd decemberben a győri NEMAK Győr Alumíniumöntőde Kft. és a Busch-Hungária Kft., a budapesti FÉMALK Zrt. és Csepel Metall Vasöntőde Kft., a miskolci Sicta Kft., a sátoraljaújhelyi Prec-Cast Öntődei Kft., valamint a sáropataki Certa Kft. cégeknél kezdik meg a duális képzésük vállalati szakaszát.

• Az elmúlt időszakban a következő fontosabb személyi változások történtek a Karunkon: *dr. Roósz András* akadémikus (Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet) júniusban betöltötte 70. életévét, pályafutását professzor emeritusként folytatja tovább.

A Kémiai Intézet igazgatását július 1-jével *dr. Viskolcz Béla*, főiskolai tanár vette át.

Szeptember 1-jétől *dr. Tranta Ferenc* (Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet) és *dr. Bánhidi Olivér* (Kémiai Intézet) címzetes egyetemi tanárként vesz részt az egyetemi oktatásban, kutatásban.

✍ **Mende Tamás**

Jubileumi ünnepség a METALCONTROL Kft.-ben

Ez év április 20-án jubileumi ünnepséget tartott a METALCONTROL (MC) Kft. Az ünnepség megrendezésére több évforduló egybeesése adott okot.

Az MC Kft.-t 25 éve, 1990. január 1-jén alapította az egykori LKM.

A diósgyőri kohászok 1970-ben megünnepelték a cég alapításának 200 éves évfordulóját a Mária Terézia által aláírt alapító okirat dátuma alapján. Ez az időpont (1770. július 28.) azonban nem tekinthető a diósgyőri kohászati tevékenység kezdetének, hiszen a Fazola Henrik által megkezdett, de csődbe jutott tevékenység folytatásáról volt szó. A gyár története az 1910 februárjában kiadott évkönyv szerint 1765-tel kezdődik. Mivel a kohászati tevékenységhez hozzátartoznak az anyagvizsgálatok, elmondhatjuk, hogy a diósgyőri anyagvizsgálat – amelynek az MC Kft. örököse és jogutódja – ebben az évben 250 éves. A mai telephelyén 1868-ban alapított kohászatnál a kezdetektől volt anyagvizsgálat ideiglenes helyiségekben, a végleges laboratóriumot 1880-ban kezdték megépíteni, ami 135 éve történt. Az MC Kft. ma is ezt az épületet használja ugyanarra a célra, természetesen az anyagvizsgálat fejlődésének megfelelő bővítéssel.

Minden fejlesztés mögött jelentős személyiségek voltak, akik a kornak megfelelően megtervezték a tevékenységeket, kialakították a helyiségeket és a működési rendszert, majd a külső feltételek megváltozásakor is megtalálták a fennmaradást biztosító innovációs lehetőségeket. 1880-tól 1981-ig négy személy irányította a diósgyőri anyagvizsgálatot: *Friedmann Arnold* vegyész, *Fábry Zsigmond* kohómérnök, *Mester István* gépészmérnök és *Németh Emil* kohómérnök. Ők a laboratóriumok megépítésében, fejlesztésében maradandót alkottak és nehéz történelmi körülmé-

nyek között is biztosították a diósgyőri kohászat termék- és technológiafejlesztését. Róluk most az MC Kft. laboratóriumi helyiségeket nevezett el.

A négy személy munkásságát az alábbiakban foglalhatjuk össze:

Friedmann Arnold (1859–1923) Csákányban (Čakany) született. Érettségi után 1878–1880-ig a Bécsi Műegyetem mérnöki szakát végezte el. Diósgyőrben a rendszeres anyagvizsgálat az 1873-ban létesített ideiglenes vegyészeti laboratóriumban folyt. Az 1881–82-es gyárbővítés során került a vegyiműhely a hivatalházból a jelenlegi helyére. Friedmann Arnold részt vett az építkezésekben, és később a laboratóriumot éveken át vezette is. 1896-ban már a Diósgyőri Magyar Királyi Vas- és Aczelgyár vezetésében a Vegyészeti Hivatal és Téglyagyár főnökeként szerepelt (forrás: Magyar Bánya-Kalauz 1896.) 1910-ben a Vegyészeti laboratóriumot a téglyaczelgyárral szervezték össze, melynek vezetője Friedmann Arnold lett. Topiczer Jánossal közösen az I. világháború alatt számos szerszámacélt fejlesztettek ki. Az 1920-as évekből már nyolc különböző összetételű és felhasználási célú gyorsacél prospektusa tanúskodik

kutatási-, fejlesztési munkájáról. Tagja volt a Királyi Magyar Természettudományi Társulatnak.

Fábry Zsigmond (1878–1958) Temesváron született. Felsőfokú tanulmányait a selmecbányai Bányászati és Erdészeti Akadémián végezte, 1901-ben kapta meg a vaskohómérnöki diplomát. A metallográfiai vizsgálatokat a Berliini Bányászati Akadémián sajátította el. A Diósgyőri Magyar Királyi Vas- és Aczelgyár metallográfiai laboratóriumának tervezésével, műszerekkel és eszközökkel való berendezésével őt bízta meg a gyár vezetése 1905-ben, majd éveken keresztül vezette a metallográfiai laboratóriumot. Ez volt az ország első ilyen vizsgálóbázisa. A metallográfia területén végzett munkájával jelentősen hozzájárult a diósgyőri acél és szerszámacél világhírűvé válásában. 1928-ban gyárfőnök helyettes lett, majd 1932-ben a Kereskedelmi Minisztérium Vasmű Osztályán kapott irányítói munkakört. Innen az Állami Vas és Acél Gépgyárak Igazgatóságára került, ahol nyugdíjazásáig dolgozott.

Mester István (1901–1970) a Békés megyei Békésen született. Az érettségi után a József Nádor Mű-



■ Az ünnepségen dr. Kovács Károly ügyvezető mondott bevezetőt

szaki és Gazdaságtudományi Egyetemen gépészmérnöki oklevelet szerzett. 1932-ben került a MÁVAG budapesti gyárába, majd egy évvel később már a Diósgyőri Vas- és Acélgvár anyagvizsgáló laboratóriumában dolgozott. Hamarosan szaktekintéllyé vált szűkebb munkaterületén. 1945-ben elnyerte a diósgyőri gyár igazgatóhelyettesi beosztását. Kivette részét az ország háborús romokból való újjáépítéséből is. Ennek emlékére őrizi a Margit-hídon elhelyezett emléktábla. 1948-ban átvette a Nehézipari Központ Kohászati és Kutatási Osztályának vezetését, majd 1949-ben a Vasipari Kutató Intézet Anyagvizsgáló Osztályának a vezetését. Itt dolgozott 1967-ben történő nyugdíjazásáig.

Németh Emil (1922–1981) a Sopron megyei Ivánban született. Sopronban érettségizett, majd ugyanitt szerzett kohómérnöki oklevelet a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem kohómérnöki karán 1948-ban. A diósgyőri Nagykovácsműhelyben volt kezdő mérnök, ahol sikeresen oldotta meg a vasúti kerékabroncsok elektromos fűtésű harangkemencében történő hőkeze-

lését. Ezért rövidesen gyáregység-vezetőnek nevezték ki. 1952-ben az Anyagvizsgálati Osztályra került, ahol elsősorban kísérletezéssel, kutatással foglalkozott. 1957-től haláláig az Anyagvizsgálati osztály vezetője, az utolsó években egyben a főmetallurgus helyettese is volt. Az 1949-ben induló Nehézipari Műszaki Egyetemen számos iparban dolgozó mérnök, köztük Németh Emil a kohómérnöki karon tanított hosszú ideig anyagvizsgálatot és hőkezelést. Eközben több jegyzetet és könyvet írt.

Az ünnepség célja tehát kettős volt: – emlékezés az MC Kft. történetére; – a 250 éves diósgyőri anyagvizsgáló kiemelkedő vezetőiről laboratóriumi helyiségek elnevezése.

Az ünnepségen *dr. Kovács Károly* ügyvezető bevezetőjében megköszönte (*l. kép*), hogy a kiküldött 50 meghívóra mindenki válaszolt, 45-en elfogadták a meghívást és eljöttek, a többiek kimentették magukat, esetleg írásban küldték el hozzászólásukat. *Dr. Kriza Ákos* polgármester védnökséget vállalt a rendezvény felett, őt elfoglaltsága miatt *Pfliegler Péter* alpolgármester képviselte. Az egykori

OMFB-t *prof. Veress Gábor* akkori államtitkár és *Mokry J. Ferencné* főosztályvezető képviselte.

Az MC Kft. tekintélyét emelte, hogy *dr. Voith Márton* professzor, akkori dékán kezdeményezte kihelyezett tanszék létrehozását a Miskolci Egyetem Kohómérnöki Karán, ami 1994-ben meg is valósult. Megtisztelte az ünnepséget *dr. Palotás Árpád* dékán, akinek intézetében folyik jelenleg is a minőségirányítás oktatása. Külföldi útja miatt kimentette magát *dr. Tranta Ferenc* egykori dékán, aki írásbeli hozzászólásában kívánt a kft. további tevékenységhez sok sikert és kitaratást.

A meghívottak között voltak a taggyűlésen a tulajdonost képviselő személyek, felügyelő bizottsági tagok, az MC Kft. egykori vezetői és a négy laboratórium névadóit még ismerő kollégák (*dr. Kisfaludy Antal*, *dr. Paksy László*). A 94 éves *dr. Sziklavári János* fia, *dr. Sziklavári István* képviselte, és olvasta fel gondolatait.

Az ünnepség állófogadással és kötetlen beszélgetéssel zárult.

 **Kovács Károly**

Acél- és fémipari analitikai konferencia Düsseldorfban

Kilencedik alkalommal rendezte meg idén az Európai Unióban működő CETAS nevű szervezet a „Fejlődés az analitikai kémiában és az anyagok jellemzésében az acél és fémiparban” (Progress in Analytical Chemistry and Material Characterization in the Steel and Metals Industries) című nemzetközi konferenciát.

A CETAS rövidítés a szervezet francia elnevezéséből ered és az Európai Unió acélipari analitikával foglalkozó szervezetét jelenti. (Commission Européenne d'Etude et d'Application de Travaux de l'Analyse en Sidérurgie = European Committee for the Study and Application of Analytical Work in the Steel Industry = CETAS)

A négyévente tartott konferenciákat az előző nyolc alkalommal min-



dig Luxemburgban tartották, technikai okokból most először Düsseldorf lett a helyszín.

A rendezvényen kb. 160 résztvevő volt jelen sok országból. 73 előadás hangzott el a három párhuzamos szekcióban, valamint 10 posztert mutattak be. Az előadások közötti szünetekben 18 szakmai kiállító műszereit tekinthették meg és konzultálhattunk a jelen lévő szakembereikkel.

Nagy hangsúlyt kaptak a mostani konferencián az alapanyagokhoz és termékekhez kapcsolódó vizsgálatok. A másik kiemelt terület az acéltisztasághoz és vizsgálati módszereihez kapcsolódott. A harmadik nagy terület továbbra is a felületvizsgálatokkal kapcsolatos. Érdekes módon a korábbi alkalmaktól eltekintve csak kis teret szenteltek a

környezetvédelmi vizsgálatoknak. Viszont nagy hangsúlyt fektettek a hulladékok újra feldolgozásához kapcsolódó vizsgálati módszerekre, az úgynevezett városi bányászattal kapcsolatos analitikai feladatok megoldására.

Számunkra nagyon érdekesek voltak a beérkező alapanyagok esetén, valamint a gyártás során alkalmazott mintavételi eljárásokról szóló előadások, a mintázással, minta előkészítéssel foglalkozó szekció. Nagy hangsúlyt kaptak az innovatív analitikai

technikák, valamint az online szenzorok a külön szekcióval. Érdekes előadások hangzottak el a laborok automatizálásáról, a szabványosításról és a hiteles anyagminták gyártásáról és alkalmazásáról is.

Az előadások többségükben magas színvonalúak voltak és sok újdonságot tartalmaztak, ami annak is köszönhető, hogy öt évvel ezelőtt volt utoljára ilyen jellegű rendezvény. Bár a konferenciát szokásosan az EU tagországok acélipari szakemberei-

nek hirdették meg, de részt vettek Japán, Korea és Kína szakemberei is. Különösen szembetűnő volt a nagyszámú kínai jelenlét. A kínai kollegák vezető szerepet játszanak a nemzetközi ICASI (International Committee of Analysis in Steel and Iron Industry) nevű szervezetben. Idén először volt külön szekciója a CETAS konferencián belül az ICASI-nak. A konferencia honlapja: <http://www.cetas2015.eu/>

Bocz András

A Miskolci Egyetem csoportja a GIFA-n

2015. szeptember 16–20-a között 13. alkalommal rendezték meg Düsseldorfban a GIFA Öntészeti Szakkiállítását, ahol az öntészet területén a legfejlettebb technológiákat és legújabb fejlesztéseket mutatták be. Az öntészeti kiállítás és vásár mellett lehetőség volt megtekinteni a metallurgia újdonságait bemutató METEC, a hőkezelés és tüzelés területén kiállító THERM-PROCESS és az öntészeti újdonságokban bővelkedő NEWCAST kiállításokat is.

A szakvásáron 2214 kiállító találkozott 78 000 látogatóval. Ezen a magas színvonalú szakmai találkozón részt vett a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Öntészeti Intézetének szervezésében hat oktató, két PhD-hallgató, tizenhét BSc- és hét MSc-hallgató. A csoport a hosszú utazást megszakította a Breuckmann nyomásos öntőde meglátogatásával Heiligenhausban, ahol a sárgaréz ötvözetek nyomásos öntésébe nyertünk betekintést.

A vásár meglátogatásának első napján a csoportot személyesen fogadta a vásár igazgatósága és a BD-EXPO Kft. vezetője, mely cég jelentősen támogatta a csoport utazását.

A vásáron a csoportnak előadást tartottak a Foseco, a NovaCast Systems AB, az RWP GmbH és a Hüttenes-Albertus cégek szakemberei, mely előadások során az öntészet különböző területeinek kiemelkedő fejlesztéseit ismerhettük meg.

Az említetteken kívül számos további kiállító standját is részletesen megismerhettük, kérdéseket tehetünk



■ Az egyetemi csoport a szakkiállításán

fel, ami akár egy további szakmai kapcsolat kezdetét is jelentheti a jövőben. A standokon sok újdonságot ismerhettünk meg, és számos technológiát láthattunk bemutató körülmények között működés közben, például a KUKA Robotics cég kiállított robotjára a vállalkozó szelleműek akár fel is ülhetek, hogy így nyerjenek szédítő betekintést az öntvénymanipulátorok programozási lehetőségeibe. Az egyetemek standjainál lehetőségünk volt külföldi egyetemek képzéseiről érdeklődni, valamint külföldi részképzésen való részvétel feltételeit megtudni.

A szakvásár mellett kitekintést tettünk a kultúra felé, miközben megismerkedtünk Essen és Düsseldorf történelmi látnivalóival. A rendezvényesorozat zárásaként kellemes estét töltöttünk a vásárra érkezett öntészekkel, a szakmai körökben méltán híres Uerige sörözőben.

Az úton való részvétel hasznos és tanulságos volt mindannyiunk számára. A vásáron szerzett tapasztalatok elsősorban ismereteink bővítését szolgálták, ezeket a jövőben TDK-dolgozatok, szakdolgozatok és diplomamunkák elkészítése során is lesz lehetőségünk hasznosítani.

A résztvevők költségeit az öntészeti oktatás fenntartására és működtetésére az öntészeti összefogás keretében átadott felsőoktatási támogatás, a Nándori Gyula Alapítvány támogatása, valamint a résztvevők egyéni hozzájárulása fedezte. A miskolci öntész csoport részvételét a résztvevők belépőjével és ellátásukkal kiemelten támogatta a BD-EXPO Kft. Külön köszönjük a Nematik Győr Alumíniumöntőde Kft. támogatását és dr. Dúl Jenő fáradhatatlan szervezőmunkáját.

Molnár Dániel

XXII. tudományos szakmai napok a Szigetközben

Az OMBKE Öntészeti Szakosztályának Ferencz István Észak-Dunántúli Kohászati Regionális Szervezete 2015. augusztus 7–8-án immár huszonkettedik alkalommal rendezte meg Szigetközben a tudományos szakmai napokat, most már harmadízben Dunakilitiben, a Diamant Hotelben. Ebben az évben, az előzetes jelentkezéseket is felülmúlva, 107-en jöttek el az ország szinte minden részéből, Nagykanizsától Miskolcig, Szegedtől Mosonmagyaróvárig.

A program a Busch-Hungária Kft.-nél tett gyárlátogatással kezdődött, amelyen a résztvevők egy európai színvonalon működő, gömbgrafitos járműipari öntvényeket gyártó öntödét ismerhettek meg.

Ezt követően a társaság fogadáson vett részt a mosonmagyaróvári Polgármesteri Hivatalban. Az ebéd és a kölcsönös baráti üdvözlések után 16 órától került sor a tartalmas tudományos-szakmai programra, amelynek során az alábbi előadásokat hallgathatták meg a résztvevők:

Dr. Palotás Árpád: Rendhagyó tüzeléstechnika

Nagyon érdekes, „Öveges professzor” stílusú, kísérletekkel átszőtt előadás volt.

Dr. Varga László: Az öntészeti felsőoktatás helyzete – avagy mi történt az elmúlt egy évben

Az előadásból átfogó képet kaptunk az öntömérnökképzés jelenlegi, és reményeink szerint jövőbeni helyzetéről és lehetőségeiről a Miskolci Egyetemen.

Dr. Sinka Tünde – Zubács Róbert: Magkészítési technológiai fejlesztések

a győri Busch-Hungária Kft.-nél, annak minőségi és gazdasági hatásai

Az előadás a Busch-Hungáriánál történt magas műszaki színvonalú, a termelékenységet és a gazdaságosságot jelentősen növelő fejlesztésekről szólt, részletesebben az új magkészítési technológia bevezetéséről, amely a minőség és a költségcsökkentés jelentős javítását eredményezte.

Dr. Mende Tamás: Sokalkotós alumíniumötvözetek likvidusz-hőmérsékletének számítása

Az előadás magas szintű, bár a „hétköznapi” mérnököknek már nehezen követhető matematikai számításokkal mutatta be a témát.

Benkovics Tibor: Gazdaságos csarnokhűtés – evaporatív (párolgató) hűtés

Az előadás az öntödék ősi problémájával, az öntödei csarnokok hűtésével, légcseréjével foglalkozott, bemutatta a cég által nyújtotta lehetőségeket.

Kővágó Zoltán: „Mentés másként”

Az előadó egyedien, érdekes ábrákat felhasználva bevezette a hallgatóságot a mai világunkban oly fontos pályázatírás rejtelmeibe, bemutatta a sok problémát okozó szubjektív és objektív nehézségeket.

Dobóczy István: Szabványos sárgaréztötvözet (CuZn40Pb2/CW617N) képlekeny melegalakíthatóságát befolyásoló néhány tényező

Az előadó a munkahelyén, a mosonmagyaróvári TEKA (egykori Mofém) öntödében gyakorlatban előforduló technológiai nehézségekről, azok megoldásairól tartott érdekes előadást.

A kissé elhúzódott szakmai-tudományos előadásokat követő vacsora

után tartottuk meg a hagyományos szakestélyt a Sári Csárda borospincéjében.

A Komoly pohár hozzászólást *dr. Tolnay Lajos*, az OMBKE tiszteleti elnöke, az Öntészeti Szakosztály elnöki köszöntőjét *Katkó Károly* tartotta. *Dr. Dúl Jenő* rövid megemlékezése következett *dr. Nándori Gyuláról*, majd kedves professzorunkra emlékezve az Öntész nótát énekeltük el *dr. Pintér Richárd* pikulakíséretével. Kupaavató beszédet *dr. Palotás Árpád* professzor mondott, a vidám pohár hozzászólás *dr. Grega Oszkártól* hangzott el. Az oly fontos krampampuli minősítést *dr. Varga László* végezte el, intézeti igazgatói színvonalon.

Volt tiszteletbeli kohásszá avatás is, természetesen keresztiszülőkkel, oklevéllel, sörrrel történő keresztelés-sel. Többünk régi ismerősét, *Pingiczér László* vállalkozót, a helyi szervezet tagját avattuk tiszteletbeli kohásszá. A szakestély a hagyományoknak megfelelően himnuszaink eléneklésével késő este ért véget. Megállapíthattuk, hogy a szakestély nagyon jó hangulatú, a hagyományainkat tisztelő, a barátságokat erősítő esemény volt.

Másnap délelőtt az immár hagyományos formázási és öntési bemutatót ebéd, majd a rendezvény zárása követte.

Köszönet *Pivarcsi Lászlónak*, a regionális szervezet elnökének és a szervezőknek, munkájuk eredményeként a résztvevők élményekben gazdagodva távozhattak Dunakilitiből.

Viszontlátásra jövőre Veletek ugyanitt!!!!... és a Többiekkel is...

Katkó Károly

Magyar elnök az Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség élén

Budapesten, 2015. április 29-én tartotta szokásos éves közgyűlését az Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (European Federation for Non-Destructive Testing, EFNDT, ahol az a megtiszteltetés érte hazánkat, hogy az elkövetkezendő három évre –

egyhangú szavazással – *Trampus Pétert* választotta új elnökévé a szövetség. Az 1998-ban megalapított szövetség minden európai roncsolásmentes vizsgálatokat képviselő szervezetet tagként fogadhat azzal a megkötéssel, hogy csak egyetlen szerve-

zet képviselheti az adott országot szervezeti jogú tagként. Hazánkat e szövetségben az 1997-ben alapított MAROVISZ (Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség) képviseli, amelynek 10 éve, 2005-ben választott elnöke *Trampus Péter* professzor, aki

már a kezdeteknél világos, egyértelmű programot hirdetett meg mind a szakmai, mind a képviselői tevékenység tekintetében. Ez a világos célkitűzés és következetes munka, valamint Trampus Péter személyisége vezetett oda, hogy az idén az EFNDT elnöke lett. A tisztséget az elmúlt – és sok szempontból átmeneti – három esztendőben sikeresen töltötte be *dr. Matthias Purschke*, a DGZfP (Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung) ügyvezetője, akit *Jutta Koehn* segített titkárként a feladatok ellátásában.

A zászlóbontást követően az új elnök programbeszédében hangsúlyozta, hogy egyrészt „egészséges” állapotú nemzetközi szervezetet kapott elődeitől, másrészt pedig arra törekszik, hogy a nemzeti szövetségek és kapcsolatrendszerük erősödjön, hiszen az igazán erős nemzeti szövetségek egysége lehet az EFNDT legbiztosabb alapja. A feladat–eszköz–vizsgáló személyzet hármában a „feladatot” mindig a jól prosperáló ipar generálja, az „eszközpark” folyamatosan fejlődik az elektronikai ipar diktálta fejlődéssel összhangban. Legnagyobb kihívást az elkövetkezendő periódusban a „vizsgáló személyzet” ismereteinek folyamatos bővítése jelenti nemzeti és európai szinten. E személyzet-tanúsítási követelményeket foglalja egységbe az EN ISO 9712 szabvány, amely követelményeket a tagországok



■ 1. kép. Az új elnök első megbízatása a „zászlóbontás” volt, amelyet látható örömmel tett meg. Mellette az új titkárságvezető, Nagy Annamária

szakembereinek hosszú távon „üzembiztosan” teljesíteniük kell. Ez lehet ugyanis a biztosítéka annak, hogy a roncsolásmentes vizsgálati szakma a termékek biztonságának megítélésében is folyamatosan megfeleljen.

Az anyagvizsgálattal és hegesztéssel foglalkozó hazai szakembereink közül a most megválasztott Trampus Péteren kívül *Gillemot László* akadémikus (1912–1977) és *Konkoly Tibor* (1924–2000) volt az, aki hazánkat a nemzetközi szakmai szervezetekben ilyen magas szinten képviselhetette.

A szakmai közösség nevében szívósból gratulálunk Trampus Péternek

elnöki kinevezéséhez. Végezetül tekintsük át azon élet egyes mozzanatait – a teljesség igénye nélkül –, amelyek az EFNDT új elnökét a jelenlegi pozícióba vezették.

Trampus Péter a BME Gépészmérnöki Karán 1972-ben gépészmérnök, 1979-ben képlékenyalakítási szakmérnöki oklevelet, 1985-ben a Drezdai Műszaki Egyetemen műszaki tudomány kandidátusa címet szerzett. 2007-ben az MTA doktora lett, 2009-ben habilitált a Debreceni Egyetemen.

A Csepeli Acélműben kezdett dolgozni, ahol az anyagvizsgáló laboratórium vezetője is volt. Több beosztásban dolgozott a Nemzetközi Atomenergia Ügynökségnél, és számos kiemelkedő szakmai feladatot látott el a Paksi Atomerőműnél.

2008-ban a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Villamosmérnöki és Mechatronikai Tanszékén docensi, 2009-ben egyetemi tanári kinevezést kapott, 2011-től a Dunaújvárosi Főiskola Gépészeti Tanszékének kutató-professzoraként dolgozik.

2005-ben a Magyar Roncsolásmentes Vizsgáló Szövetség (MAROVISZ) elnöke lett. 2009-től dolgozik az EFNDT igazgató tanácsában, később alelnök lett, majd 2015-ben választották elnökévé.

2009-ben Gábor Dénes-díjjal tüntették ki.

✍️ **Tóth László**



■ 2. kép. Az EFNDT megválasztott elnöksége. A képen balról jobbra: Peter Merck, ECNDT 2018 elnök (Svéd Szövetség), Goran Sofronic (Szerb Szövetség), Roger Lyon, alelnök (Brit Szövetség), Trampus Péter (MAROVISZ), Fermin Gomez (Spanyol Szövetség), Nagy Annamária, titkár (MAROVISZ), Alexander Mullin (Orosz Szövetség), Anton Erhard (Német Szövetség), Gerhard Aufricht (Osztrák Szövetség), Dominique Moussebois, pénztáros (Belga Szövetség), Etienne Martin (Francia Szövetség), Matthias Purschke, ex-elnök. A képről hiányzik Miro Dzapó (Horvát Szövetség).

Meghívó



Szeretettel hívjuk Önöket
2015. december 15-én 13:00 órára
 a Fiumei úti sírkertben található
 Ganz mauzóleum
 (jobb fal melletti 191-193. sírhelyszám)
 előtt egy közös főhajtásra
 Ganz Ábrahám, vasöntőmester és
 gyáros emléke előtt.
 További információ:
MMKM Ganz Ábrahám
 Öntödei Gyűjtemény
 1027 Budapest, Bem József u. 20.
 Tel: +36 1 201 4370
 E-mail: ontode@mmkm.hu

VII. Ózdi Ipari Örökségvédelmi Konferencia

Az Ózdi Napok keretében, 2015. június 5-én rendezték meg az Ózdi Ipari Örökségvédők Baráti Körének szervezésében az idén immár hetedik ipari örökségvédelmi konferenciát, melynek ezúttal is a város egyik impozáns épülete, az „Olvasó” adott otthont.

A rendezvény hagyományosan a gyáralapító *Rombauer Tivadar* emléktáblájánál tartott tisztelegéssel kezdődött, mintegy 70 fő – közöttük kellemes színfoltként a Miskolci Egyetem Anyagtudományi Karának hallgatói – részvételével. Megemlékező beszédet *Máté László* nyugalmazott kohómérnök mondott. Ezt követően a városvezetés, az örökségvédők és a honismereti kör, a Rombauer alapítvány valamint az egyetemisták képviselői helyezték el koszorúikat.

A program az Olvasóban az ózdi kohászat 170 éves történetét bemutató, „Múlt-jelen-jövő” c. fényképtárlat megnyitásával folytatódott (*1. kép*), melyen *Janiczak Dávid*, Ózd város polgármestere tartott köszöntő beszédet. A résztvevők a kiállítás megtekintése után a regisztrációnál kézhez kaptak egy, az ipari örökségvédők által összeállított, a gyár 170 éves történetét bemutató fényképes kiadványt.

A konferencia kezdetét hagyományosan a gyári duda hangja jelezte, majd a 96 regisztrált résztvevő elénekelt a kohászhimnuszt. *Benyhe László*, a Baráti Kör egyik alapító tagja, levezető elnök köszöntőjét követően hat előadás hangzott el.

Riz Gábor, Ózd város országgyűlési képviselője üdvözlő beszédében kiemelte a múltat idéző gyár területén jelenleg már épülő jövőt: a volt erőmű és fűvógépház felújításával létrejövő kulturális célokat szolgáló létesítményeket, a digitalizációs oktató és bemutató központot és a nemzeti film-történelmi élményparkot, valamint a leendő szabadtéri ipari skanzent. A még ez évben elkészülő, EU-s pályázati forrásokból megvalósuló létesítmények szakképzett munkaerő foglalkoztatását és turisztikai célokat egyaránt szolgálnak.

Nyalka Antal, a nemzeti filmtörténelmi élménypark projekt szakmai ve-



■ A fotókiállítás megnyitója az Olvasóban (Dobosy László felvétele)

zetője előadásában kifejtette, hogy a filmarchívum az egykori gyár arculatát hűen kifejező, ipari műemlék épületben lesz elhelyezve. A beruházástól szolgáltató és ismeretnyújtó funkciójánál fogva a régió turisztikai vonzerejének fellendülése is várható.

Csontos Györgyi építész, a Szent István Egyetem adjunktusa hangsúlyozta, hogy a város területén „zárványként” elhelyezkedő gyármaradvány – ma már ipari park – rekonstrukció alatt álló létesítményei egyre inkább közfunkciós szerepet kapnak. A terület rehabilitációjának fontossága mellett a meglévő épületek lehetséges hasznosítására több ötletet is felvetett.

A szünet után a honismereti pályázat eredményhirdetését tartották meg, majd további három előadással folytatódott a konferencia.

Dr. Grega Oszkár, a Miskolci Egyetem címzetes egyetemi tanára az ózdi acélgyártás bázisán mutatta be a világgpiaci tendenciákat. Termelési volumen tekintetében elvitathatatlan Ázsia, ezen belül Kína látványos előretörése és az EU visszaesése. Ugyanakkor az EU-ban a magas részesedést képviselő elektro-acélgyártásra alapozva a feldolgozó igényeknek megfelelő, minőségi és nemesacélok gyártása jelentheti az EU acéliparának versenyképes és lehetséges irányát. Az Ózdi Acélművek Kft. esetében fontos az ivkemenccel energiatermelésének javítása, a piaci igényekhez igazodó gyártás megvalósítása, a vállalatcsoporton

belül a K+F tevékenység erősítése.

Dr. Török Béla, a Miskolci Egyetem docense a vas előállításának technológiai fejlődését mutatta be a Kárpát-medencében. A kora középkorban a „vas és acél országának” is lehetett nevezni hazánkat a Dunántúlon Vasvár környékén és Somogyban, illetve Cegléd és a Borsod megyei Imola térségében feltárt leletek alapján. Kutatásaik és tevékenységük nemzetközi elismerése, hogy a soron következő archeometallurgiai szimpózium megrendezésének Magyarország ad otthont.

Farkas Péter Barnabás múzeumvezető a jelenleg folyó múzeumi rekonstrukció helyzetéről tájékoztatta a résztvevőket. Kiemelte a rekonstrukció turisztikai jelentőségét, illetve a létesítmény és a szabadtéri ipari skanzen családbarát látogatóközponttá válásának lehetőségét az ott szervezett programok révén.

A konferencia krónikájához hozzátartozik *Drótos László* nyugalmazott LKM vezérigazgató bejelentése a Közép-európai Vaskultúra Egyesület sajnálatos megszűnéséről. Új kezdeményezésként jelezte, hogy a rendszerváltás időszakának kutatása részeként a borsodi ipar leépülésével kapcsolatos munka vette kezdetét. Elismerését fejezte ki az ózdi ipartörténelmi értékek fennmaradását jelentő rekonstrukciókról.

A konferencia a bányászhimnuszt elhangzásával ért véget.

 **Benyhe László**

2015-ben jubiláló tagtársainknak szeretettel gratulálunk, további jó egészséget és még sok békés, boldog évet kívánunk!

95. születésnapját ünnepli

Mándoki Andor Vaskohászati Szakosztály

90. születésnapját ünnepli

Dr. Pilissy Lajos Öntészeti Szakosztály
 Ürmössy László Vaskohászati Szakosztály
 Imre János Öntészeti Szakosztály

85. születésnapját ünnepli

Dr. Farkas Ottó Egyetemi Osztály
 Wéber Vilmos Fémkohászati Szakosztály
 Farkas Ottóné dr. Mayr Klára Egyetemi Osztály
 Fogta Béla Vaskohászati Szakosztály
 Farkas Lajos Vaskohászati Szakosztály
 Raabe Imre Vaskohászati Szakosztály
 Id. Hevesi Imre Vaskohászati Szakosztály
 Dr. Tarján Iván Egyetemi Osztály

80. születésnapját ünnepli

Dr. Kiss László Vaskohászati Szakosztály
 Vörös Árpádné dr. Faragó Elza Öntészeti Szakosztály
 Barták Imre Fémkohászati Szakosztály
 Korponay Gyula Vaskohászati Szakosztály
 Dr. Csurbakova Tatjana Fémkohászati Szakosztály
 Dr. Vörös Árpád Öntészeti Szakosztály
 Drótos László Vaskohászati Szakosztály
 Cserháti József Fémkohászati Szakosztály
 Dr. Csák József Fémkohászati Szakosztály
 Palásti Mihály Öntészeti Szakosztály
 Kovács Jenő Vaskohászati Szakosztály
 Acsády István Fémkohászati Szakosztály

75. születésnapját ünnepli

Dénes Imre Vaskohászati Szakosztály
 Rábaközi István Fémkohászati Szakosztály
 Dr. Tardy Pál Vaskohászati Szakosztály
 Huszics György Öntészeti Szakosztály
 Schudich Anna Fémkohászati Szakosztály
 Szepessy Andrásné Egyetemi Osztály

Berke Miklós Fémkohászati Szakosztály
 Böröndy István Vaskohászati Szakosztály
 Csömöz Ferenc Fémkohászati Szakosztály
 Börzsönyi László Fémkohászati Szakosztály
 Fent István Fémkohászati Szakosztály
 Solt László Vaskohászati Szakosztály
 Nemes Ervin Fémkohászati Szakosztály
 Hullán Szabolcs Vaskohászati Szakosztály
 Vajai László Fémkohászati Szakosztály
 Ifj. Galauner Béla Fémkohászati Szakosztály
 Érsek István Fémkohászati Szakosztály
 Dr. Valló Ferenc Fémkohászati Szakosztály
 Énekes Lajos Fémkohászati Szakosztály
 Buzgó Béla Öntészeti Szakosztály

70. születésnapját ünnepli

Vigh József Öntészeti Szakosztály
 Pálos Attiláné Vaskohászati Szakosztály
 Puza Ferenc Fémkohászati Szakosztály
 Dr. Guttmann György Vaskohászati Szakosztály
 Dr. Kovács Károly Vaskohászati Szakosztály
 Kreischer Károly Fémkohászati Szakosztály
 Zsoldos József Vaskohászati Szakosztály
 Vass Miklós Vaskohászati Szakosztály
 Roósz Andrásné Egyetemi Osztály
 Dr. Földesi János Egyetemi Osztály
 Dr. Bokor Ferenc Öntészeti Szakosztály
 Schmidt György Vaskohászati Szakosztály
 Sáfár László Vaskohászati Szakosztály
 Gál János Fémkohászati Szakosztály
 Dr. Roósz András Egyetemi Osztály
 Galambos Sándor Öntészeti Szakosztály
 Dr. Tóth Antal Öntészeti Szakosztály
 Molnár István Fémkohászati Szakosztály
 Domján Balázs Fémkohászati Szakosztály
 Dr. Szabó Lajos József Fémkohászati Szakosztály
 Szécsényi József Fémkohászati Szakosztály
 Dánfy László Andor Fémkohászati Szakosztály
 Károly János Fémkohászati Szakosztály
 Radó András Fémkohászati Szakosztály
 Varga Lajos Vaskohászati Szakosztály
 Komjáthy István Fémkohászati Szakosztály
 Dr. Leitner László Fémkohászati Szakosztály
 Tárkány Szűcs József Fémkohászati Szakosztály

70. születésnapját ünnepelte

Tóth Antal 1945. július 17-én született Tatán értelmiségi, polgári családban. A pannonhalmi bencés gimnáziumban érettségizett, majd felvételt nyert a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemre, ahol 1968-ban metallurgus öntő szakon kohómérnöki diplomát szerzett.



Első munkahelye a Csepeli Vas- és Fémművek Fémmű vállalata volt, ahol az alumínium formaöntészet területén, mint fejlesztő technológus mérnök dolgozott, majd 1972-től a vállalat üzem- és munkaszervezési osztályvezetőjévé nevezték ki.

1974-től a Hungalu Rt. (Magyar Alumíniumipari Tröszt) szervezés- és számítástechnikai osztályvezetője lett. Az Almásfűzitői Timföldgyár és a Kőbányai Könnyűfémmű voltak a fő munkaterületei egészen 1992-ig. A Hungalu Rt. privatizációja után, a volt szervező és informatikus munkatársaival létrehozták az Appli-Comp Szervezési, Számítástechnikai és Kereskedelmi Kft.-t, amelynek nyolc évig ügyvezető igazgatója volt.

2000-től a Budapesti Gazdasági Főiskola főállású tanára lett, ahol főleg menedzsmenttudományokat oktatott egyetemi docensként, egészen 2015 júniusáig, amikor is 70 éves korában nyugdíjba ment.

Továbbképzési területei: 1985-ben a Veszprémi Vegyipari Egyetemen (ma Pannon Egyetem) vezetési és rendszerszervezési szakmérnök; 1988-ban a témából egyetemi doktori cím; 2006-ban a Szent István Egyetem Szervezési és Gazdálkodási Doktori Iskolában PhD-fokozat.

1966 óta tagja az OMBKE-nek, először a Bányászati és Kohászati Lapok szerkesztőségében dolgozott Óvári Antal főszerkesztő „keze alatt”, majd 1972-től az egyesület Fialokat Szervező Munkabizottságának lett a vezetője. Az egyesület Öntödei Szakosztályának a mai napig is tagja.

Molnár István Kisvárdán, 1945. augusztus 5-én született. 1968-ban miskolci egyetemen okl. kohómérnöki diplomát szerzett, ezt követően az alumíniumiparban helyezkedett el. 1982-ig az ALUTERV-FKI-ban dolgozott, ahol kohászati kemencékkel, alumíni-

umkohászati, környezetvédelmi és kereskedelmi kérdésekkel foglalkozott. Részt vett a Székesfehérvári Könnyűfémmű, az Inotai Alumíniumkohó fejlesztési munkáiban, majd a ghánai alumíniumipar fejlesztését koordináló munkacsoportban. 1983-tól 2005-ig a Kőbányai Könnyűfémmű alkalmazásában állt. Meghatározóan a humán erőforrás terület vezetője volt, a műszaki, kereskedelmi és a gyár vezetését közvetlenül érintő területek munkáját segítette.

Már nyugdíjasként, közel egy évig az Öntödei Múzeum munkatársa volt, azóta és jelenleg is az Összefogas Laka-szövetkezet ügyvezető igazgatója.

Az OMBKE-nek 1960 óta tagja. 1974-ben a Fémkohászati Szakosztály vezetőségében ifjúsági felelős volt, 1983-tól a nemzetközi bizottságban képviselte a szakosztályt. 1985-ben megválasztották a szakosztály titkárának. 1994-től 1997-ig az OMBKE főtitkárhelyettese volt. 1998-tól az OMBKE Ellenőrző Bizottságának tagja, majd az Ellenőrző Bizottság vezetője volt 2004-ig. Jelenleg az Ellenőrző Bizottságban képviseli a Fémkohászati Szakosztályt.

A KÖBAL helyi szervezet titkári feladatait folytatva kezdeményezésére megalakult a Fémkohászati Szakosztály budapesti helyi szervezete, amelynek két cikluson keresztül a titkári teendőit látta el. A szervezet az elmúlt két ciklus alatt minden évben megszervezte Sóltz Vilmos síremlékének koszorúzását, az emlékmű felújítását. Tíz éven át ministránsa volt Esztergomban, majd Budapesten (a Mátyás-templomban és a Gellért-hegyi Sziklatemplomban) a Szent Borbála-misének.

Egyesületi munkájáért SITPH (Lengyel Bányászati-Kohászati Egyesület, 1988), z. Zorkóczy Samu-emlékérem (1990), Centenárium emlékérem (1992), Péch Antal-emlékérem (1998), Szent Borbála-érem miniszteri kitüntetés (2011) kitüntetést kapott.

Publikációs tevékenysége során a Fémkohászati Értelmező Szótár főszerkesztő-helyettese volt, valamint az elkészült és az interneten hozzáférhető többnyelvű Kohászati értelmező szakszótár társszerkesztője. Több egyesületi kiadvány készítésében vett részt, elsősorban minikönyvek szerzője-, társszerzőjeként.



Dr. Szabó Lajos József 1945. augusztus 18-án született Budapesten ötgyermekes család harmadik gyerekeként. Miután elvégezte a budapesti József Attila Általános Gépipari Technikumot, egy évig a Ganz EKM-ben dolgozott, majd a Kohó- és Gépipari Minisztérium ösztöndíjasaként a Kijevi Műszaki Egyetemen tanult tovább. Végzett öntőágazatos kohómérnök-ként 1969-től egy évig a Vasipari Kutató Intézet fémöntő csoportjában dolgozott. 1970-ben váltott, a Székesfehérvári Könnyűfémműben a Pechiney-től vásárolt technológiai know-how öntödei adaptációs feladataiba kapcsolódott be és vált később e téma iparági témavezetőjévé. Ennek során több újítása, szakmai publikációja született. Egyetemi doktori disszertációját a miskolci Nehézipari Egyetemen 1978-ban védte meg.



Nyelvtudását és nemzetközi kapcsolatait hasznosítandó 1978-ban ajánlatot kapott a Könnyűfémműtől, hogy az exportértékesítés területén dolgozzon tovább. Miután a 7 milliárd forintos nagyberuházás 1981-ben befejeződött, kinevezték a Kőfém műszaki igazgatóhelyettesének. Munkája mellett a külkereskedelmi közgazdász képzést a Marx Károly Közgazdaságtudományi egyetemen szerezte meg 1984-ben. Erre az időszakra esett a Hungalu saját jogon való külkereskedésének megszervezése. 1984-től 1993-ig a Kőfém értékesítés és fejlesztés igazgatójaként dolgozott. A Székesfehérvári Könnyűfémmű 1992-ben, elsőként a kelet-közép-európai alumíniumüzemek közül lett approbáltva az ISO 9001 előírások szerint.

A Kőfém 1993-ban történt privatizációja után vezető szerepet kapott a kelet-közép-európai piacoknak az Alcoa értékesítési rendszerébe való integrálásában. Az Alcoa európai hengerűregek globális egyesítése után az Alcoa-Europe hengerelt áruinak Magyarországon kívüli kelet-közép-európai térségi értékesítését szervezte és bonyolította le nyugdíjba vonulásáig, 2008-ig.

Az OMBKE 1970-től tagja, a Sóltz Vilmos-emlékérem birtokosa. Szakmai munkáját a Nehézipar Kiváló dolgozója és kétszer a Kiváló Újító kitüntetéssel jutalmazták.

Dánfy László Andor okl. vegyészmérnök 1945. szeptember 5-én született a németországi Pockingban. A budapesti Petrik Lajos Vegyipari Technikumban 1963-ban vegyésztechnikusi oklevelet szerzett. 1969-ben a Veszprémi Vegyipari Egyetem Petrolkémiai ágazatán végzett jeles eredménnyel, okleveles vegyészmérnökként. A Bács-Kiskun Megyei Vízmű Vállalatnál, majd a Bács-Kiskun megyei KÖJÁL-nál laborvezető volt. 1970-től 1992-ig a Kőbányai Könnyűfémű Kecskeméti Gyáregységében termelésvezetői, majd gyáregység-



vezetői beosztásban dolgozott. Az alumíniumpigmentgyártás területén szolgálati szabaddal is rendelkezik. Szakértői megbízatásnak tett eleget Porto Ordazban, Venezuelában és az erdélyi Zalatnán. Négy alkalommal részt vett az IAPS Nemzetközi Alumíniumpigment Szimpózium szervezésében. A konferenciákon többször előadást is tartott. 1992-től a MTESZ Bács-Kiskun Megyei Szervezetének ügyvezetője. 2008. március 31-től nyugállományba vonult.

Közben 2007-től megszervezte a Városi Civil Kerekasztal keretei között

– amelynek soros elnöke is – a Műszaki, Tudományos és Innovációs Civil Kerekasztalt, amelyet jelenleg is vezet. 1970-től tagja a Magyar Kémikusok Egyesületének, 1975-től az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületnek. Aktív részvételével Pajdon 1996-ban megalakult az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság keretei között, az EMT Bányászati, Kohászati és Földtani Szakosztálya.

Számos OMBKE kitüntetés birtokosa. Az 1975. október 25-én megalakított Fémkohászati Szakosztály kecskeméti helyi szervezetnek 1986-ig titkára volt, majd ezt követően a mai napig elnöke. Az OMBKE jelenlegi egyesületi zászlójának egyik tervezője. A régi selmeci harangjáték felújítója. Az Országos Erdészeti Egyesület tagja. Rendszeresen publikál a Bányászati és Kohászati Lapokban és az Erdészeti Lapokban.

A Bács-Kiskun Megyei Mérnöki Kamara alapító tagja. Tagja az elnökségnek. 2009-től 2013-ig alelnök volt. Kezdeményezője volt a Magyar Tudomány Napja létrehozásának.

Károly János 1945. szeptember 22-én született Inotán. Az általános iskola befejezése után a Veszprémi Vegyipari Technikum színesfém tagozatán folytatta tanulmányait. 1964-ben színes-

fémipari technikusként érettségizett. Még abban az évben felvételt nyert a Székesfehérvári Könnyűfémű Preskovács üzemébe üzemtechnikusként.



A katonai szolgálat letöltése után a Könnyűfémű Technológiai Kutatócsoportjában, majd a Központi Technológiai Kutató Laboratóriumban folytatta munkáját.

1971-ben áthívták az Inotai Alumíniumkohó Technológiai osztályára, ahol fejlesztőként a szalagfejlesztés volt a fő feladata.

Levelezőként a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohó- és Fémipari Főiskolai Karán Alakítástechnológus üzemmérnök oklevelet kapott 1974-ben.

A szalaggyártás gépi berendezéseinek üzembe helyezése után 1980-ban megbízták a Huzalüzem vezetésével. Üzemvezetőként, majd gyáregység-vezetőként dolgozott. A vezetése alatti időszakban kezdődött a gyűjtvehűző technológia csúszvahűző technológiára való átalakítása, valamint az élelmi-szeripari és a hegesztő huzalok gyártásának bevezetése.

2007-ben vonult nyugdíjba, az egyesületi rendezvényeken azóta is aktívan részt vesz.

NEKROLÓGOK

Gyöngyösi Péter

1936–2014



Gyöngyösi Péter 1936. augusztus 7-én született Budapesten. A technikai érettségi után 1958-ban került a Csepeli Csőgyár 5 500 dolgozója közé a Csőgyár I. Meleghengerek Gyáregységének Termelési Intézőségére programozónak. 1962-ben a vállalat termelési osztályára helyezték csoportvezetői, 1966-tól osztályvezető-helyettesi, majd 1973-tól osztályvezetői megbízatással.

Közben a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem kohómérnöki karának levelező tagozatán tanult, ahol 1965-ben kapta meg a technológus kohómérnöki oklevelet. 1972–74 között elvégezte a Csepel Művek és a Budapesti Műszaki Egyetem közös gondozásában szervezett hároméves felsőfokú vezetőképzőt.

1978-ban műszaki igazgatónak nevezték ki. 1981-ben – miután az Acél-

művet és a Csőgyárat összevonták Vasmű néven – a Ferroglobusnál vállalt munkát, ahol az Acélcső Főosztály, majd a Divízió főosztályvezetőjeként dolgozott az 1996-ban történt nyugdíjazásáig.

1961-ben lett egyesületünk Csepeli csoportjának tagja; 2011-ben 50 éves tagságáért megkapta a Soltz Vilmos-émlékéremet. Szakirodalmi tevékenységének maradandó emléke a OMBKE szakemberei által szerkesztett, az Akadémiai Kiadó és Nyomdánál 1987-ben kiadott Műszaki Értelmező Szótár Vaskohászat kötetében való közreműködése.

Gyöngyösi Péter 2014. július 13-án hunyt el Budapesten. Haláláról nemrég értesültünk, ezért megkésve mondunk Neki utolsó

Jó szerencsét!

✍️ Csohány Gyula – Liptay Péter

Dr. Czekkel János

1928–2015



Életének 87. évében, 2015. július 5-én elhunyt dr. Czekkel János címzetes egyetemi tanár.

Czekkel János 1928-ban Egerben született. 1952-ben, a vegyészmérnöki diploma megszerzése után az Ózdi Kohászati Üzemekben kutatómérnökként kezdte pályafutását.

1963-ban a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemre került, ahol 1970-ig a Szervetlen és Elemző Kémiai Tanszék adjunktusa volt, majd docenseként analitikai kémiát oktatott. 1968-ban védte meg műszaki doktori értekezését. 1970-ben az akkor megalakult Automatikai Tanszékre helyezték át. Nyolc évig volt a Kohómérnöki Kar dékánhelyettese, majd nyolc éven át az egyetem rektorhelyettese. Szakmérnöki oklevelét a Budapesti Műszaki Egyetem Vegyészmérnöki Karán kibernetika területen szerez-

te. Elsősorban bányász és kohász hallgatókat oktatott irányítástechnika tárgykörben. Több éven keresztül részt vett az angol nyelvű oktatásban. Bekapcsolódott az egyetem főiskolai szintű villamosmérnök-képzésébe is.

Kutatási tevékenységet a kohászati termelő rendszerek automatizálása területén végzett. Kiadványai, tudományos beszámolóí jelentek meg, számos előadást tartott konferenciákon.

1992-ben nyugállományba vonult. 2002-ben aranydiplomát, 2012-ben gyémántdiplomát kapott értékes mérnöki és oktató tevékenységéért.

Dr. Czekkel Jánost Miskolcon, a Selyemréti Szent István rk. templom ravatalozójából július 14-én helyezték örök nyugalomra.

Emlékét megőrizzük!

Vincze Sándor

1935–2015



Vincze Sándor 1935. július 28-án született Kispesten. Középszintű tanulmányait a pestszentlőrinci Steinmetz Miklós (ma Hunyadi János) gimnáziumban végezte. 1962-ben a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen szerzett vas- és fémkohómérnök diplomát.

Műszaki pályafutását 1960-ban a Csepel Művek Vas- és Acélöntödékben kezdte gyakorló mérnökként. Később a technológiai osztályon acélöntödei technikusként dolgozott. A továbbiakban művezető, főművezető, üzemmérnök, majd üzemvezető-helyettesi beosztásban végezte műszaki tevékenységét.

1965 augusztusában sikeresen megpályázta a csepeli Kossuth Lajos Gép- és Kohóipari Technikumban meghirdetett mérnök-tanári állást. 1995-ig itt dolgozott, mint az öntő- és kohásztagozat vezetője. 1968-tól vezető tanárként tevékenykedett. 1977-ben a Budapesti Műszaki Egyetem mérnök-tanári szakán kohómérnök-tanárrá nyilvánították.

Óraadóként dolgozott a Bánki Donát Műszaki Főiskolán és a Budapesti Műszaki Egyetemen, a műszaki-tanár képzésben vett részt. Az öntő szakma és az öntőtechnikusi képzés megújításában, tantervek készítésében, tanulmányi versenyek lebonyolításában is szerepet vállalt. Több szakmai könyvet, jegyzetet lektorált, mind szakmai, mind pedagógiai szempontból. Eredményes, jó munkájáért 1978-ban a Minisztertanács Kiváló

Munkáért kitüntető jelvényt és oklevelet adományozott számára.

1995-ben kérte nyugdíjazását, de még két évig dolgozott, míg az utolsó nappali tagozatos öntőtechnikus osztály befejezte tanulmányait.

Nyugdíjazása után a csepeli vállalkozói szakközép- és szakiskolában óraadóként a kohó- és öntőipari szakmásként tanfolyamokon oktatott. Aktív munkássága utolsó szakaszában a Kereskedelmi és Ipari Kamara vizsgabizottságának volt a tagja.

Egyesületünknek haláláig tagja volt, fia elbeszélése szerint mindig érdeklődéssel forgatta a Kohászati Lapokat, abban örömmel olvasta el sok kollégájának és tanítványának írását.

2002-től családja körében, visszavonultan élt. Hirtelen jött halála 2015. augusztus 31-én már legyengülten érte. A pestszentlőrinci temetőben a római katolikus szertartás szerint temették el szeptember 30-án. Utolsó útjára elkísérték volt gimnáziumi és egyetemi osztálytársai, kollégái, tanítványai, barátai, ismerősei is.

Végző nyughelyére történő elhelyezése előtt, utójára a kohászihimnusz szólt.

Az Öntészeti Szakosztály nevében ezen a helyen mondunk Neki utolsó Jó szerencsét!

 (LKK)

Dr. Várhegyi Győző

1929–2015



A gyászír, a halál ténye mindig felkészületlenül és tragikusan érint minden érző embert. Dr. Várhegyi Győző véglegesen távozott körünkből. Távozása különösen mélyen érintette a fémkohászattal foglalkozó kollégákat és barátokat. 1929. március 31-én született Sopronban, a soproni bencés gimnáziumban érettségizett. 1951-ben a Soproni Egyetemen kitűnő minősítéssel okl. kohómérnöki diplomát szerzett.

Az egyetem elvégzése után a Fémipari Kutató Intézetbe került. 1952–1955 között ösztöndíjas aspiránusként Moszkvában folytatta tanulmányait, melynek befejezéseként megvédte kandidátusi disszertációját. Hazatérve 1955-ben megnősült; négy mérnök fia van. A Fémipari Kutató Intézetbe került vissza, mint tudományos munkatárs, osztályvezető, majd 1959-ben tudományos igazgatóhelyettes. Ebben a minőségében irányította a fémkohászati, anyagvizsgálati és az analitikai kémiai kutatásokat. Sikeres munkájának eredményeképpen nagyon fiatalon, 1968-ban lett a műszaki tudományok doktora.

Kutatóintézeti felelős munkája mellett 35 éven át egyetemen is oktatott. Rendszeresen részt vett a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Fémkohászati Tanszék oktatómunkájában, „A ritkafémek metallurgiája” című tárgy állandó előadójaként.

Fő törekvése volt, hogy elősegítse a fémek megfelelő felhasználását az ipar számos területén. Ebben a munkájában segítette a Ritkafém Tárcaközi Koordináló Bizottság, melynek alapítója és elnöke volt. Szervezte a nemzetközi Ritkafém konferenciákat, alkalmat teremtve az ipar eltérő területein dolgozó gyártók és felhasználók találkozására. Kiválóan szerkesztette a tudományos kiadványokat, melyek közül a Ritkafém konferenciák kiadványai, Alumíniumipar I-II. kötet, A szilárdtestkutatás újabb eredményei, a Fémipari Kutató Intézet, majd az Alumíniumipari Tervező és Kutató Intézet Közleményei a legjelentősebbek. Mintegy 250 publikációja jelent meg a hazai és nemzetközi folyóiratokban.

Munkájának köszönhetően az ország legkorszerűbb anyag- és szerkezetvizsgáló laboratóriuma valósult meg az Alumíniumipari Tervező és Kutató Intézetben. Számos nagy jelentőségű fej-

lesztési programot irányított, melyek közül ki kell emelni az új alumínium előállítási eljárás és technológia kidolgozását.

1983-ban kinevezték a Veszprémi Vegyipari Egyetem Szervetlen Kémiai Technológiai Intézetének intézetigazgató egyetemi tanárává. Nyugdíjba vonulásáig, 1991-ig vezette az intézetet. Szakmai elkötelezettségét a ritkafémek kutatásában itt is megtartotta, egy ritkafém-kutatási csoport létrehozásával.

1991–1996 közötti években a Hungalu Rt. igazgatótanácsának volt a tagja. Szakmai felkészültsége, logikus gondolkodása miatt munkatársai és az egész alumíniumipari kollektíva elismerte és tisztelte.

Aktív tagja volt az Magyar Tudományos Akadémia Metallurgiai Bizottságának. Számos kutató aspiránsi munkáját irányította, és gyakran kapott felkérést akadémiai doktori értekezések bírálójaként is.

Több szakmai egyesületnek volt tagja, vezetőségi tagja, illetve elnöke. A Munka Érdemrend ezüst fokozatát 1973-ban kapta meg, miniszteri kitüntetésben öt alkalommal részesült. Nemzetközi tudományos tevékenységét több emlékérem adományozásával ismerték el. Szakmai-társadalmi téren kifejtett munkájáért 1982-ben a Christoph Traugott Delius-emlékérmet nyerte el. 1983-ban a Kiváló Feltaláló kitüntetés bronz fokozatában részesült.

Személyében a fémkohászati szakma az egyik legnagyobb tudású és szakmai felkészültségű egyéniségét vesztette el. Ismeretei rendkívül szélesek voltak; a fémek előfordulásától, azok kinyerésétől a feldolgozásáig terjedtek.

Szenvedéllyel gyűjtötte az ásványokat, nemzetközileg elismert rendszertani gyűjteményt hozott létre tudományos igényességgel. Számos publikációja jelent meg az ásványok világáról.

Dr. Várhegyi Győzöt 2015. augusztus 12-én 10 órakor helyezték örök nyugalomra a katolikus vallás szertartása szerint a Szent István Bazilika altemplomában. A szertartáson a családon, a rokonokon és a barátokon kívül a Pannon Egyetem Mérnöki Karának vezetősége is lerőta kegyeletét.

Horváth János

Selmecbánya 2015. szeptember 11–13.



FROM THE CONTENT

Continued from page B2

economical solution to product small size aluminium cars. Increasing the formability of aluminium and developing the joining technology are the recent research topics. If the research area finds solutions to these problems, it makes the manufacturers think about the aluminium car technology, because using these solutions makes the production costs much lower and finally supports to start the aluminium era in car production.

Bánki S.: The profession of engraving in the XXth century from KB to BP 37
Happy times of peace
After Körmöcbánya in Budapest
Visit in an engraver's workshop

Cseh D. – Mertinger V. – Benke M. – Czibik Á.: Connections between residual stress state and heat treatment surface anomalies 39
Our article discusses a residual stress measurement series on bearing rings. The rings were monitored during the manufacturing process, after each phase the same five rings (5 paralel, project samples) were examined nondestructively. The residual stress state in the tangential direction was recorded in the same points of the surface after each step. In certain steps, individual samples were also investigated in a destructive way, because these samples were not

processed furthermore. The residual stress state changes of the samples were presented during the manufacturing process. The results of the individual samples showed that there is a connection between the heat treatment effects and the non-homogenous circumferential residual stress distribution.

Bauernhuber A. – Markovits T. – Trif L. – Bocz K. – Csanády A.: Adhesion of laser assisted steel-PMMA joining 43
The growing utilisation of plastics in our devices necessitates their joining with traditional structural materials. The mentioned demand can be satisfied by the laser assisted metal-plastic joining. However, the interaction responsible for joining force and the material changes of plastic and it's influence on joint quality are almost unknown. In the course of this study the changes in the PMMA material during joining and the adhesion mechanism are investigated. The cross section and the torn surface of the joints are investigated with scanning electron microscopy and Raman spectroscopy and the typical heat distribution of the metal surface during the process is introduced. Furthermore the role and effect of arising bubbles in the plastic on joint strength is shown. Based on the results, it can be stated, that only a tight range of technological parameters is suitable for joining with maximum strength.

Kaptay Gy.: Journal ranking and some scientio-metric issues in the fields covered by BKL Kohaszat 49
Rankings of scientific journals are given in this paper, based on impact factors (= IFs) published by Thomson Reuters for about 12,000 journals in June, 2015. The ranking is offered in the following research categories of the present journal BKL Kohaszat (with number of journals given in brackets): General and metallic materials science (120), Nano-science and nano-technologies (32), Energy – combustion – waste management (28), Metallurgy (25), Metals technologies (24), Metallic surfaces and colloid chemistry (22), Electrochemistry and corrosion (19), Composites (12) and Chemical thermodynamics – phase diagrams – thermophysical properties (8). The author formulates publishing strategy for authors publishing in research areas covered by this journal. The IFs gained by international and national metallurgical journals are compared. The usability of the cumulative IF and the h-index is discussed in the evaluation of individuals. When the individual cumulative IFs are summed to evaluate research groups / organizations, the individual results should be first divided by the number of co-authors of the given paper to avoid meaningless results.

Selmecbánya 2015. szeptember 11–13.

