

XII.

Országos

Anyagtudományi

Konferencia

2019. október 13-15.



ABSZTRAKTOK

Tartalomjegyzék

Plenáris előadások	9
<i>Mankovits Tamás</i>	
Titáanalapú 3D nyomtatás a mozgásszervi sebészetben	10
<i>Barkóczy Péter</i>	
Réz ötvözése és a rézötvözetek feldolgozása a bronzkori Kárpát-medencében	11
Szóbeli előadások	12
<i>Beke Dezső L., Daróczy L., Tóth L.Z., Bolgár M.K., Samy N.M., Nagy, E., M. Benke, V. Mertinger</i>	
A martenzites átalakulás aszimmetriájáról	13
<i>Buza Gábor, Maloveczky Anna</i>	
Anyagmegmunkálás ultrarövid lézersugár-impulzusokkal	14
<i>Mertinger Valéria, Arjun Kumar Talgotra, Nagy Erzsébet, Barkóczy Péter</i>	
PLC hatás TWIP acélokban	15
<i>Makó Éva, Kovács András</i>	
Kaolinit nanoszerkezetek előállítása interkalációs és mechanokémiai módszerekkel	16
<i>Baumli Péter, Somlyai-Sipos László, Nithyapriya Manivannan, Ei Ei Khine, Czagány Máté</i>	
Nanoszerkezetű anyagok szintézise vizes közegből	17
<i>Kalácska Szilvia, Xavier Maeder, Groma István</i>	
Deformált mikrooszlopokban kialakuló diszlokáció-struktúrák méretfüggésének vizsgálata 3 dimenziós HR-EBSD segítségével	18
<i>Hlavács Adrienn, Mertinger Valéria, Angel Dávid Ádám, Benke Márton</i>	
Termomechanikus kezelések és az összetétel hatása alumínium ötvözetek lágyítási textúrájára	19
<i>Molnár Dániel, Kárpáti Viktor, Budavári Imre</i>	
Félfolyamatos alumínium öntés stacionárius viszonyainak szimulációja	20
<i>Koncsik Zsuzsanna, Szirbik Sándor</i>	
Nagyszilárdságú acél törésmechanikai tulajdonságainak jellemzése kísérlettel és modellezéssel	21
<i>Szabó Ferenc, Suplicz András</i>	
Fröccsöntés közben fellépő szegregációs folyamatok vizsgálata és modellezése	22
<i>Takács László, Szabó Ferenc</i>	
Polimer szendvicsszerkezet mechanikai jellemzése	23
<i>Gál Viktor, Lukács Zsolt</i>	
Lemezalkatrész lokális elvékonyodásának modellezése	24
<i>Mucsi András, Portász Attila</i>	
Törésvonalak képződésének végelesemes modellezése	25
<i>Hegyes Tibor, Barkóczy Péter</i>	
Meleghengerlés szimulációja sejt automata módszerrel	26

Kaptay György, Korózs József, Végh Ádám

A határfelületi energiák általános modellje 27

Fehér Jánosné, Nagy Csaba, Bereczki Péter

Nagytömegű alumínium tekercsek hőkezelésének anyagszerkezeti szempontból történő optimalizálása szimulációs/üzemi szemszögből 28

Béres Gábor, Weltsch Zoltán, Lukács Zsolt, Tisza Miklós

Feszültség-alapú határdiagram alkalmazása ráncosodási kritériumként a lemeziparban..... 29

Kovács Norbert Krisztián, Suplicz András, Szabó Ferenc

3D nyomtatott térbeli vázszerkezet fejlesztése és hatásának elemzése fröccsöntött polimerkompozitok mechanikai és morfológiai tulajdonságaira..... 30

Pammer Dávid, Keresztes Zoltán*

Generatív tervezéssel előállított felületi struktúrák additív gyárhatóságának vizsgálata fém alapanyagból 31

Perezné Feró Erzsébet, Novotny Tamás, Horváth Márta, Pintérné Csordás Anna, Hózer Zoltán, Illés Levente, Radnóczy György Zoltán

Az oxidáló atmoszféra hatása a cirkónium burkolat oxidációjára és mikroszerkezetére 32

Dankházi Zoltán, Vida Ádám, Maksa Zsolt, Szabó Ábel, Groma István

Levegőn és N₂-tartalmú vízgőzben hőkezelt Zr fűtőelem burkolatanyagok viaszszórt-elektron diffrakciós vizsgálata 33

Szenthe Ildikó, Horváth Lászlóné, Gillemot Ferenc

Cirkónium ötvözet besugárzása a Budapesti Kutató Reaktorban 34

Groma István, Szenthe Ildikó, Ribárik Gábor, Ódor Éva, Jóni Bertalan, Zilahi Gyula, Dankházi Zoltán

Atomreaktorokban használható cirkónium ötvözetek mikroszerkezetének meghatározása röntgen vonalprofil analízissel 35

Gémes György András, Hózer Zoltán, Horváth Márta, Polestyuk Zoltán, Takács Sándor

Cirkónium mintákon végrehajtott mechanikai vizsgálatok a C.A.K.- projekt keretében 36

Király Márton, Nagy Richárd, Szepesi Tamás, Almási Ádám

Atomerőművi fűtőelemek üzemzavari viselkedésének modellezése 37

Trampus Péter

Miért szükséges hazai nukleáris anyagtudományi kutatás? 38

Kresz Norbert Róbert, Oszvald Ferenc, Buglyó András, Varga Tibor Istvánné

Az üzemidő hosszabbítás reaktortartály felügyeleti programja a Paksi Atomerőműben 39

Pinczés János, Rátkai Sándor, Bíró Ágnes Katalin, Baumanné Tanits Katalin

A szelektív korrózió kezelése az öregedéskezelés keretében..... 40

Vértesy Gábor, Gasparics Antal, Szenthe Ildikó, Gillemot Ferenc

Reaktoracél sugárkárosodásának roncsolásmentes vizsgálata mágneses módszerrel..... 41

Tóth Péter

Modern, atomerőművi szerkezeti anyagok és modellezés 42

Kővári András

Az új paksi VVER 1200 blokkok fővízköri elemeinek roncsolásmentes vizsgálati lehetőségei és kérdései..... 43

<i>Hózer Zoltán, Novotny Tamás, Perezné Feró Erzsébet, Horváth Lászlóné, Pintérné Csordás Tóth Anna, Szabó Péter, Illés Levente, Marc Schyns, Rémi Delville, Daejong Kim, Weon-Ju Kim, Martin Sevecek</i> Új típusú burkolatok fejlesztése atomerőművi fűtőelemekhez.....	44
<i>Benke Márton, Hlavács Adrienn, Karacs Gábor, Kristály Ferenc, Mertinger Valéria</i> Fázisarány meghatározása kristálytanilag orientált anyagokon pólusábrák alapján	45
<i>Gillemot Ferenc, Horváth Lászlóné, Szenthe Ildikó</i> Anyagtakarékos próbatestek használata	46
<i>Nagy Erzsébet, Kristály Ferenc</i> Rietveld illesztés alkalmazása irányított szerkezetekben	47
<i>Sebők Dániel, Vásárhelyi Livia, Szent Imre, Kukovecz Ákos, Kónya Zoltán</i> Pórusos rendszerek vizsgálata mikro-CT technikával.....	48
<i>Suplicz András, Boros Róbert, Semperger Orsolya</i> Üveggyönggyel töltött többkomponensű fröccsöntött polimer kompozitok határfelületi kapcsolatának vizsgálata	49
<i>Tóth József</i> Rozsdamentes acélok és Cu-Ni ötvözetek felületi korróziójának elektron szinképzési tanulmányozása	50
<i>Gyöngyösi Szilvia, Juhász Laura, Nagy Melinda, Szatmáriné Bakonyi Eszter, Barkóczy Péter, Forgács György</i> Arany János szoborcsoport restaurálásának anyagvizsgálati kérdései.....	51
<i>Weltsch Zoltán, Berczeli Miklós</i> Nagy energiasűrűségű felületkezelések kötéstechológiákra gyakorolt hatása.....	52
<i>Gácsi Zoltán, Gyökér Zoltán, Gergely Gréta, Koncz-Horváth Dániel</i> Forraszkompozitok előállítása és szerkezetvizsgálata	53
<i>Mobark Haidar Faisal Helal, Lukács János</i> Az alapanyag-hozaganyag párosítás hatása a fáradásos repedésterjedésre, 690 MPa és 960 Mpa szilárdságú szerkezeti acélok és hegesztett kötéseik esetén.....	54
<i>Varbai Balázs, Tóth Tamás Krisztián, Szabó Mihály, Christina Sommer, Májlinger Kornél</i> Ultranagy szilárdságú vékonylemezek ellenállás-ponthegesztett kötéseinek nyíró-szakítóereje	55
<i>Temesi Tamás, Czigány Tibor</i> Fém és polimer anyagok közötti kötés létrehozásának lehetőségei.....	56
<i>Berczeli Miklós, Weltsch Zoltán</i> Járműipari kötések szilárdságnövelő fejlesztése a határfelületi tulajdonságok módosításával	57
<i>Rosta László</i> Új korszak a neutronos módszerekkel történő roncsolásmentes anyagvizsgálatokban	58
<i>Gubicza Jenő</i> Alacsony hőmérsékletű hőkezelés hatása nanoanyagok rácshiba szerkezetére és mechanikai tulajdonságaira.....	60
<i>Jenei Péter, Hyeji Park, Wiener Csilla, Kicheol Hong, Pham Tran Hung, GiGap Han, Gubicza Jenő, Choe Heeman</i> Modern fémhabok mikroszerkezete és mechanikai tulajdonságai	61

László István

Molekuladinamikai számolás nanokamrákban	62
---	-----------

Wiener Csilla, Máthis Krisztián, Frantisek Chmelík, Ugi Dávid

Tönkremenetel nyomon követése alumínium mátrixú szintaktikus habokban	63
--	-----------

Litauszki Katalin, Kmetty Ákos

Kémiai úton habosított politejsav tulajdonságainak elemzése	64
--	-----------

“Short oral” előadások poszterrel	65
--	-----------

Angel Dávid Ádám, Mikó Tamás, Koncz-Horváth Dániel, Benke Márton, Gácsi Zoltán

Kerámia részecskékkel erősített Ti mátrixú nanokompozitok (SO-01)	66
--	-----------

Asztalos Lilla, Abdelilah Asserghie, Nagy Géza, Dobránszky János

A bevonat hatása különböző alapanyagú sztentek korróziós tulajdonságaira (SO-02)	67
---	-----------

Bubenkó Marianna, Molnár Dániel, Tokár Mónika, Fegyverneki György

Al-Si ötvözetek primer fázis szemcsefinomításának hatása a melegrepedékenységre (SO-03)	68
--	-----------

Bubonyi Tamás, Barkóczy Péter, Gácsi Zoltán

Alumíniumöntvények porozításának vizsgálata tomográfia segítségével (SO-04)	69
--	-----------

Gyarmati Gábor, Fegyverneki György, Mende Tamás, Mende-Tokár Mónika

Kettős oxidhártyák pórusképződésre gyakorolt hatásának vizsgálata AlSi7MgCu ötvözet esetén (SO-05)	70
---	-----------

Halápi Dávid, Balogh Tamás János, Varga László, Kulcsár Tibor, Bodnár Zsolt

3D nyomtatással gyártott precíziós viasz próbatestek öntésre alkalmasságának vizsgálata (SO-06)	71
--	-----------

Hudák Henrietta, Varga László

Formázó- és maghomokkeverékek granulometriai tulajdonságai és az előállítási paraméterek közötti kapcsolat vizsgálata (SO-07)	72
--	-----------

Kárpáti Viktor, Hegedüs Balázs, Kazup Ágota, Gácsi Zoltán

Alumínium ötvözetek félfolyamatos öntése (SO-08)	73
---	-----------

Kazup Ágota, Kárpáti Viktor, Hegedüs Balázs, Gácsi Zoltán

AlSi és AlMg ötvözetek félfolyamatos öntése és szerkezetének vizsgálata (SO-09)	74
--	-----------

Kéri Zoltán, Kaptay György

Alumínium olvadék felszínén lejátszódó folyamatok kezelő adagolásakor (SO-10)	75
--	-----------

Kőszegi Szilvia, Bereczki Péter, Fehér Jánosné, Horváthné Bán Terézia

Nagy Mg-tartalmú, jól alakítható alumínium ötvözetek homogenizálási és képlékenységi problémái (SO-11)	76
---	-----------

Maloveczky Anna, Filep Ádám, Buza Gábor

Nyomófeszültség létrehozása gömbgrafitos öntöttvas felszíni rétegében lézersugaras technológiával (SO-12)	77
--	-----------

Petrény Roland, Mészáros László

Poliamid 6 mátrixú, szénszál és szén nanocső tartalmú hibrid nanokompozitok mikroszerkezetének hatása a dinamikus mechanikai jellemzőkre (SO-13)	78
---	-----------

Semperger Orsolya Viktória, Suplicz András

Töltőanyag hatása a T-RTM technológiával előállított poliamid 6 minták nedvességfelvevő képességére (SO-14)..... 79

Sepsi Máté, Benke Márton, Szűcs Máté, Szabó Gábor, Mertinger Valéria

Nióbium roncsolásmentes textúra vizsgálata szupravezető alkalmazásokhoz (SO-15)..... 80

Szabó Veronika Anna, Dogossy Gábor

Reciklált PET hab égésgátlása (SO-16)..... 81

Tomin Márton, Kmetty Ákos

Térhálósított polietilén habok energiaelnyelő-képességének vizsgálata (SO-17)..... 82

Tóth Csenge, Kovács Norbert Krisztián

Fröccsöntött és 3D nyomtatott kompozit szerkezetek vizsgálata (SO-18)..... 83

Végh Ádám, Kaptay György

Makro- és nanoméretű rendszerek fázisdiagramjainak számítása a felületi olvadás figyelembevételével (SO-19) 84

Poszter előadások 85

Balázs Barnabás Zoltán, Takács Márton

Acélok mikroforgácsolásának kísérleti és végelelemes vizsgálata (P-01)..... 86

Czagány Máté, Baumli Péter, Kaptay György

Csökkentett olvadáspontú Ni és Cu alapú nano-multiréteg fejlesztése és vizsgálata (P-02)..... 87

Fekete Imre, Hatos István, Czinege Imre

Hőkifáradás vizsgálata hibrid lézer szinterelt anyagok határfelületén (P-03)..... 88

Ficzere Péter, Lukács Norbert László

FDM típusú additív gyártástechnológia során fellépő hibák vizsgálati lehetőségei (P-05)..... 89

Fried Zoltán, Felde Imre, Szénási Sándor

A hőátadási együttható rekonstrukciójához választott FWA algoritmusban számolt célfüggvény változási irányának előrejelezhetősége (P-06) 90

Szalai Szabolcs, Harangozó Dóra, Czinege Imre

Az alakváltozási inhomogenitás jellemzése fémlemezek szakítóvizsgálata során (P-07) 91

Herbáth Beáta, Kovács Kristóf

A vas- és acél alapfém felületi minőségének hatása a korrózióvédő bevonatok tulajdonságaira (P-08) 92

Horváth Richárd, Fábíán Enikő Réka

Korrózióálló duplex acél forgácsolhatóságának vizsgálata PVD bevonatos szerszámmal (P-09) 93

Hugyecz Attila, Nagy Erzsébet, Hlavács Adrienn, Mertinger Valéria

Nagyentrópiájú ötvözetek lágyulási újrakristályosodási textúrájának vizsgálata (P-10) 94

Tancsics Ferenc, Ibriksz Tamás

Kisméretű lágyacél alkatrészek optimális hevítési idejének meghatározása (P-11)..... 95

Károly Dóra, Kincses Domonkos

Változó sűrűségeloszlású alumínium mátrixú szintaktikus fémhabok (P-12) 96

Katona Bálint, Bödök Károly

A 15D100 típusú dízelmotor hengerhüvely öntvényhibáinak elemző anyagtani vizsgálata (P-13)..... 97

Kemény Alexandra, Katona Bálint, Nima Movahedi, Thomas Fiedler

Alumínium mátrixú expandált perlittel töltött szintaktikus fémhab fárasztóvizsgálata (P-14)..... 98

Kemény Dávid Miklós, Pammer Dávid

Additívan és hagyományosan gyártott 316L anyagok mikroszerkezeti vizsgálata (P-15) 99

Kocsis Bence, Zsoldos Ibolya, Varga Lajos Károly

Fe-6,9wt%Si por ötvözetből készült toroid minták különböző hőkezelési stratégiáinak hatása a mágneses tulajdonságokra (P-16)..... 100

Kókai Eszter, Terjék Dóra Veronika

Poliamid alapú montmorillonittal erősített nanokompozitok vízfelvételének vizsgálata (P-17)..... 101

Kónya János, Kulcsár Klaudia, Hargitai Hajnalka, Zsoldos Ibolya

Egészségügyben alkalmazott titán hegesztett kötésének mechanikai vizsgálata (P-18) 102

Korózs József, Kaptay György

A Butler-egyenlet levezetése az oldatok felületi Gibbs-energiájának minimumából (P-19)... 103

Kovács Péter Zoltán, Tóka Bence

A polimer elemek alakíthatóságának vizsgálata különböző szoftverkörnyezetben a járműipar számára (P-20)..... 104

Kovács András, Makó Éva

Kaolinit nanocsövek előállítása és minősítése (P-21) 105

Kemény Dávid Miklós, Tóth Péter, Kovács Dorina

VVER 1200 reaktortartály anyagának vizsgálata öregedés szempontjából (P-22) 106

Kulcsár Klaudia, Kónya János, Zsoldos Ibolya

Strukturált, zárt és nyitott cellás habok mechanikai tulajdonságainak vizsgálata végeelem analízissel (P-23) 107

Lendvai László, Fekete Imre

Növelt mechanikai tulajdonságú biopolimerek fejlesztése additív gyártáshoz (P-24) 108

Leveles Borbála, Kemény Alexandra, Orbulov Imre Norbert

Alumínium mátrixú bimodális fémhab gyártása és vizsgálata (P-25) 109

Maksa Zsolt, Vida Ádám, Quang Chinh Nguyen, Varga Lajos Károly

Nagyentrópiás ötvözeteken alapuló kompozitok előállítása (P-26)..... 110

Maróti János Endre, Szabó Péter János

A léces martenzit kompozit szerkezetének kialakulásának vizsgálata (P-27) 111

Mikóné Mádi Laura, Budavári Imre, Varga László

A műgyantakötésű homokmagokból öntés során felszabaduló gázok nyomásának a vizsgálata (P-28)..... 112

Nagy András Lajos, Kristály Ferenc, Jan Knaup, Ditrói Ferenc, Mertinger Valéria

Besugárzott kopásvizsgálati minták szövetszerkezetének analízise (P-29) 113

Pázmán Judit, Balázs Verő

Al8006 ötvözet teljesítőképességének meghatározása (P-30) 114

Szabados Ottó, Baki Roland, Molnár János, Pámer Ádám, Pór Gábor, Szabó Péter

Acélminták vizsgálata mágneses gerjesztéssel (P-31) 115

Felvári Bálint, Halász Gergely, Kuti János, Fábián Enikő Réka, Gáti József, Réger Mihály

Szűkített V varrat tompahegesztése ausztenites acélon (P-32) 116

Renkó József Bálint, Bonyár Attila, Szabó Péter János

Beraha I. típusú marószerszám hatása különböző anyagminőségeken (P-33) 117

Slonszki Emese, Hózer Zoltán

CAK – Cirkónium Anyagtudományi Kutatások (P-34) 118

Somlyai-Sipos László, Janovszky Dóra, Baumli Péter

Nikkel és réz nanoszemcsék szintézise és vizsgálata (P-35) 119

Szlancsik Attila, Kincses Domonkos, Orbulov Imre Norbert

AlSi10MnMg mátrixú agyagkavics erősítésű szintaktikus fémhabok mechanikai tulajdonságai (P-36) 120

Szobota Péter, Mertinger Valéria, Szűcs Máté, Szabó Gábor, Krállics György, Benke Márton, Hlavács Adrienn, Palotás Árpád Bence

Nb alapú szupravezető elem hengerlési technológiájának kidolgozása (P-37) 121

Tajti Ferenc, Klam Kitty, Angeli Eliza, Berczeli Miklós

Napelem cellák integrálásának kötéstehnológiai fejlesztése kompozitokba (P-38) 122

Takács Márton, Balázs Barnabás Zoltán

Martenzites korrózióálló acél mikroforgácsolása (P-39) 123

Tamási Kinga, Marossy Kálmán

Növényi olajok relaxációs folyamatainak vizsgálata TSC módszerrel (P-40) 124

Tóth Enikő, Varsányi Ildikó

Mikroméretű anyagmaradványok vizsgálata igazságügyi szakértői szemmel – Bemutatkozik a Nemzeti Szakértői és Kutató Központ Fizikai és Kémiai Szakértői Intézete (P-41) 125

Tóth Álmos Dávid, Jan Knaup

Nano-méretű ZrO₂ és CuO részecskék kenőolaj-adalékként való alkalmazhatóságának vizsgálata (P-42) 126

Ürmös Antal, Farkas Zoltán

Alumínium, Gallium és Indium nanorészecskék mikroszkópikus viszkozitásának egy lehetséges új modellje (P-43) 127

Tatiane Wadas, Miklós Tisza

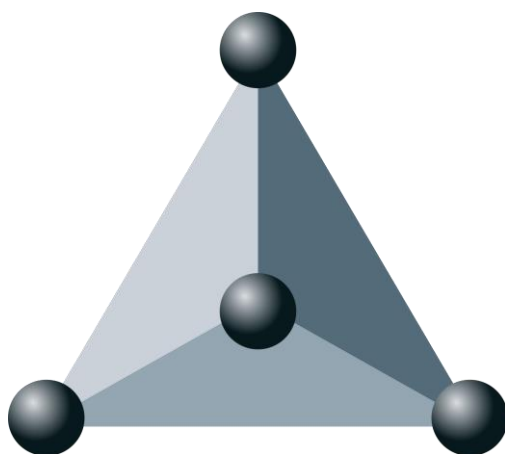
Lightweight Manufacturing of Automotive Parts (P-44) (Tömegcsökkentés autóalkatrészek gyártásánál) 128

Wizner Krisztián, Kővári Attila

Metallurgiai eredetű hibák reklamációk vizsgálatát támogató szakértői rendszer kialakítása az ISD Dunafer Zrt. technológiájában (P-45) 129

Wizner Krisztián, Kővári Attila

Folyamatosan öntött acélbrammák metallurgiai eredetű hibáinak okfeltáró vizsgálata az ISD Dunafer Zrt-nél 130



Plenáris előadások

Mankovits Tamás

Titánalapú 3D nyomtatás a mozgásszervi sebészetben

Biokompatibilis fémek 3D nyomtatási technológiáinak megjelenésével különös lehetőség nyílt az egyedi, betegre szabott implantátumok megvalósítására többek között a mozgásszervi sebészetben. A cél egyértelmű, az ahhoz vezető út viszont komoly erőforrást igényel nemcsak orvosi, hanem mérnöki oldalról is. A Debreceni Egyetem Általános Orvostudományi Kar Ortopédiai Tanszék és Biomechanikai Laboratórium, valamint a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Gépészmérnöki Tanszék kutatói több éve tesznek komoly erőfeszítéseket cellás szerkezetű implantátumok kifejlesztésébe, amely korábban biokompatibilis fémhabok gyártására, napjainkban pedig az

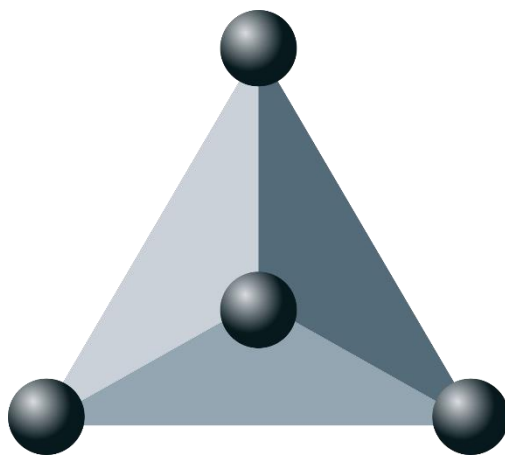
additív technológiákra irányul. Egy hazai projekt keretében 2018-ban beszerzésre került egy titánalapú 3D nyomtató, amelyen a kísérleti gyártások meg is kezdődhettek. A mérnökök feladata a projektben olyan cellás szerkezetek megtervezése, laboratóriumi és numerikus úton történő vizsgálata, amelyek megkönnyítik a csontbenővést, ezáltal az implantátum rögzülését, valamint további feladat a csonthoz hasonló szilárdsági tulajdonságok megvalósítása. Jelen előadás egy átfogó képet igyekszik bemutatni a közös munkáról a 3D nyomtatáson és az állatkísérleteken keresztül a különböző végeselemes vizsgálatokig.

Barkóczy Péter

Réz ötvözése és a rézötvözetek feldolgozása a bronzkori Kárpát-medencében

Az írott történelem előtti idő tanulmányozása, leírása a ránk maradt tárgyi emlékek tanulmányozásán keresztül lehetséges. Minél régebbre tekint vissza a történelemtudomány annál kevesebb, elszórtabb tárgyi emlék áll rendelkezésre, amit a régészet igyekszik minél részletesebben feltárni, leírni, vizsgálni. Példának tekintve a közép-európai Bronzkort a legfőbb kérdés az egyes népek azonosítása, fejlődésük-vándorlásuk vizsgálata, az egyes népek-népcsoportok közötti kapcsolatok feltárása. Ebben a kutatómunkában a Kárpát-medence kulcspozíciót tölt be, hiszen jó életfeltételeket biztosított és nyersanyagforrásokkal körbevett terület. Rendkívül gazdag leletanyag áll rendelkezésre, aminek vizsgálatával feldolgozásával az említett kutatást segíteni lehet. Ebben a munkában a fémeknek nagy szerepe van, hiszen anyagvizsgálatukon keresztül információkat kapunk a kohászatukról, így esetlegesen az ércfelhasználásról. A vizsgálatok eredményeinek értékelésével képet kapunk a

feldolgozás tipikus lépéseiről, így a készítőik ismereteiről, a technológiai színvonalról. Ezen keresztül azonosíthatunk ércforrás váltásokat, technológia váltásokat – amiket összevetve a tárgyak jellegével, díszítésével stb. képet kapunk a korabeli érték, a fém és a technológia útjáról. Ez ad támpontot a régészetnek a kereskedelmi kapcsolatok, utak azonosításában, az említett kapcsolatok térbeli és időbeli azonosításában. A támogató, kiegészítő vizsgálatok közül a legtermékenyebb vizsgálat a metallográfiai vizsgálat. Természetesen nem minden esetben végezhető roncsolásos volta miatt, azonban nem is az egyedi tárgyak egyedi eredményei az érdekesek, hanem a sokaságokban fellelhető sajátosságok. Az is igaz, hogy önmagában nem ad teljes választ, természetesen más vizsgálótechnikák eredményei is szükségesek a teljes kép felállításához. Előadásomban válogatott példákon igyekszek rámutatni arra, hogy milyen információhalmazt nyújt a fémek leletek metallográfiai vizsgálata.



Szóbeli előadások

Beke Dezső L.¹, Daróczi L.¹, Tóth L.Z.¹, Bolgár M.K.¹, Samy N.M.¹, Nagy E.², Benke M.³, Mertinger V.³

A martenzites átalakulás aszimmetriájáról

A martenzites átalakulások általában szakaszos jellegűek: a martenzit/ausztenit határfelület szakaszosan mozog az átalakulás során. Ez több vizsgált paraméterben „zajokat”, elemi ugrásokat eredményez, amelyek statisztikus kiértékelése általánosabb tulajdonságokat tükröz. A vizsgált paraméter (zaj amplitúdó, zaj energia, időtartam) gyakran követi - pl. a földrengéseknél is megfigyelt - csillapított hatványkitevős viselkedést:

$$P(x) = Cx^{-\alpha}\exp(-x/x_c),$$

jelezve az u.n vezérelt kritikus (lavina-szerű) viselkedést. Itt x a vizsgált paraméter, $P(x)$ ennek a valószínűségi sűrűség függvénye (gyakorisága), C konstans és x_c a levágási érték. Csoportunkban alakemlékező ötvözeteken végzett szimultán DSC, akusztikus emissziós és spontán mágneses emissziós vizsgálatából megmutattuk, hogy a hatványkitevők érdekes módon függenek az átalakulás irányától [1-7]. A [8] közleményben adott értelmezéssel (az új fázis eltérő nukleációi a felelősek) szemben megmutattuk, hogy az aszimmetria lehet pozitív is és negatív is, és az átalakuláshoz tartozó deformációk keltette feszültségek eltérő relaxációja értelmezi az aszimmetriát [9,10]. Ugyanakkor TRIP acélokban az alakemlékező ötvözetekhez képest nagy aszimmetriát tapasztaltunk [11]: fűtésben az akusztikus események száma négyszer nagyobb volt, mint hűtésben. Ezt a hűtés közben az átalakulási feszültségek által kiváltott képlékeny deformációval és az eközben keletkező deformáció indukált martenzit fázis képződésével értelmeztük.

- [1] L.Z. Tóth, S. Szabó, L. Daróczi, D. L. Beke, *Phys. Rev. B* 90 (2014) 224103
- [2] L.Z. Tóth, L. Daróczi, S. Szabó, D.L. Beke, *Phys. Rev. B* 93 (2016) 144108
- [3] L. Daróczi, Sz. Gyöngyösi, L. Z. Tóth, S. Szabó, D. L. Beke, *Appl. Phys. Lett.* 106, (2015) 041908
- [4] M.K. Bolgár, L. Daróczi, L.Z. Tóth, E.E. Timofeeva, E. Panchenko, Y.I. Chumlyakov, D.L. Beke, *J. Alloy. Compd.* 705 (2017) 840
- [5] M.K. Bolgár, L.Z. Tóth, S. Szabó, S. Gyöngyösi, L. Daróczi, E. Panchenko, Y.I. Chumlyakov, D.L. Beke, *J. Alloy. Compd.* 658 (2016) 29
- [6] M.K. Bolgár, L. Daróczi, L.Z. Tóth, E.E. Timofeeva, E.Y. Panchenko, Y.I. Chumlyakov, D.L. Beke, *Intermetallics*, 107 (2019) 103
- [7] N.M. Samy, M.K. Bolgár, N. Barta, L. Daróczi, L.Z. Tóth, Y.I. Chumlyakov, I. Karaman, D.L. Beke, *J. Alloy. Compd.* 778 (2018) 669
- [8] A. Planes, E. Vives, *J. Phys. Condens. Matter* 29 (2017) 334001
- [9] D.L. Beke, M.K. Bolgár, L.Z. Tóth, L. Daróczi, *J. Alloy. Compd.* 741 (2018) 106
- [10] D.L. Beke, L. Daróczi, L.Z. Tóth, M.K. Bolgár, N.M. Samy, and A. Hudák, *Metals*, 9 (2019) 58
- [11] M. K. Bolgár, E. Nagy, L. Daróczi, M. Benke, V. Mertinger, D.L. Beke, *Metall. Transactions A*, nyomdában

¹ Debreceni Egyetem, Szilárdtest Fizika Tanszék, Debrecen

² MTA-ME Anyagtudományi Kutató Csoport, Miskolc-Egyetemváros

³ Miskolci Egyetem, Fémtani és Képlékenyalakítási Intézeti Tanszék, Miskolc-Egyetemváros

Buza Gábor, Maloveczky Anna

Anyagmegmunkálás ultrarövid lézersugár-impulzusokkal

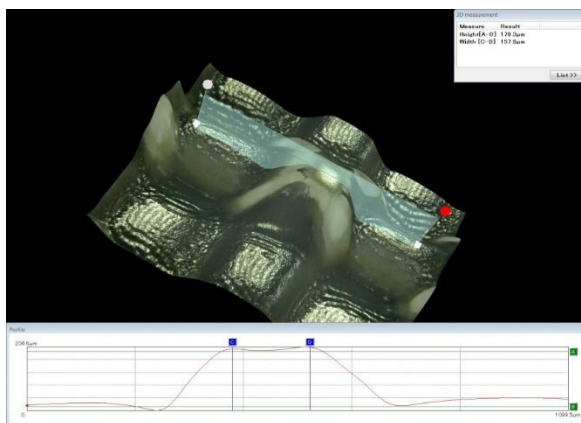
A lézersugaras technológiákra vonatkozó egyik általános megállapítás, hogy azokra a nem lineáris optikai jelenségek jellemzők. Ez különösen igaz a nagy teljesítmény- és energiasűrűségű lézersugarak esetén. A nagy teljesítménysűrűség két módon is elérhető. Vagy a lézer-sugárforrásnak (rezonátornak) kell nagy átlagteljesítményűnek lennie, vagy a lézersugárnak kell nagyon rövid impulzusokból állnia. Mind a két esetben (teljesítmény- és energiasűrűség) jelentős segítség, ha a sugárnyalábot kis átmérőjűre lehet fókuszálni. A lézersugár-impulzusok hosszúságát idővel szokás megadni. Ez az az idő, amennyi a haladó (terjedő) fényfelvillanás kezdete és vége között eltelik, miközben a terjedési irányára merőleges síkon áthalad.

A lézersugár-impulzusokat, sugárforrásokat és technológiákat az impulzusidő másodperceinek prefixumaival szokás csoportosítani. Negyed százada a nanoszekundumos (ns) lézerek még érdekességnek számítottak. Az azóta épített sugárforrásoknak egyre kisebb az impulzushosszúsága. Anyagmegmunkálásra manapság pikoszekundumos (ps), femtoszekundumos (fs) lézerek is rendelkezésre állnak. Ezeket ultrarövid impulzusú lézereknek is

nevezik. Az attoszekundumos (as) lézerek (pl.: Szegeden az Extreme Light Infrastructure Attosecond Light Pulse Source) alkalmazása jelenleg közelebb van az alap kutatások területéhez, mint az alkalmazott kutatásokéhoz, vagy az ipari alkalmazásokhoz.

2018. szeptemberében helyeztünk üzembe egy ultra-rövid impulzusú lézert, melynek átlagteljesítménye nagynak számít, 62,1 W. Az impulzusok csúcsteljesítménye 600 MW (egy paksi atomerőműi blokk elektromos teljesítménye 500 MW). Az impulzusok hosszúsága 284 fs és 20 ps, az impulzus ismétlési frekvenciája 188 kHz és 50 MHz között változtatható. A lézersugarat eltérítő pásztázó fej fókusz távolsága 250 mm. A munkadarab mozgatására van további két lineáris és egy forgó tengely.

Anyagmegmunkálási kísérleteket eddig ötvözetlen szerkezeti acélon, korrózióálló ausztenites acélon, sárgarézen, vörösrézen, Si egykristályon és polikristályon, üvegen stb. végeztünk. A bemutatásra kerülő vizsgálati eredmények a fény-anyag kölcsönhatás nem lineáris jellegét és ennek következményeit kívánják demonstrálni.



Si-egykristálylapka felületi strukturálása lézersugaras párologtatással

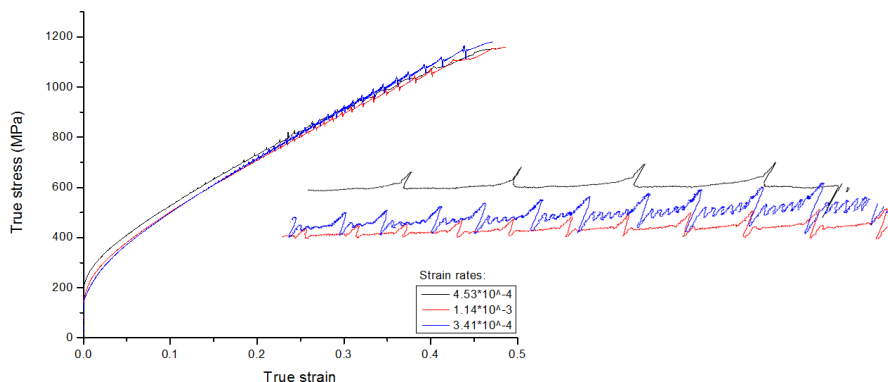
Mertinger Valéria ¹, Arjun Kumar Talgotra ¹, Nagy Erzsébet ², Barkóczy Péter ¹

PLC hatás TWIP acélokban

Az ausztenites FeMnCr acélokat nagy szilárdság, keménység és szívósság jellemzi a martenzites fázisátalakulásoknak köszönhetően. Ezekben az acéloknál a hőmérséklet, valamint a feszültség/alakváltozás indukálta nem termoelasztikus martenzites fázisátalakulás történik. A deformáció során ezek az acélok nem monoton folyásgörbét mutatnak a hőmérséklet és az alakítási sebesség bizonyos tartományában. Egytengelyű terhelésnél állandó alakváltozási sebesség mellett a hatás fogazódásként jelentkezik. Minden feszültségcsökkenés egy lokalizált képlékenyalakítási sávjának, gyakran PLC (Portevin-Le Chatelier) sávnak hívtak jelenséghez kötődik, amely bizonyos

körülmények között a minta mentén terjed, és az alakváltozás lokalizációját és keskeny deformációs sávok kialakulását eredményezi a minta felületén. Ezt a jelenséget leginkább alumíniumötvözetekben figyelték meg, de néhány nagy szilárdságú acél esetében is gyakori.

Ebben a tanulmányban a Portevin Le Chatelier hatást a nagyszilárdságú ausztenites Fe-18wt% Mn-Cr TWIP acélok különböző terhelési paraméterekkel végzett termo-mechanikai kezelésével. Kimutattuk a PLC hatás összetétel, alakítási sebesség és fázisátalakulás függőségét. Kidolgoztunk egy minősítési módszert az egyes PLC típusoknak az elkülönítésére.



FeMnCr TWIP acél különböző alakítási sebességgel végzett egytengelyű szakítógörbéje, (illetve kinagyított részlete) 110°C-on

¹ Miskolci Egyetem, Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

² MTA-ME Kutatócsoport, Miskolc

Makó Éva, Kovács András

Kaolinit nanoszerkezetek előállítása interkalációs és mechanokémiai módszerekkel

Interkalációs és mechanokémiai kezeléssel a lemezes alakú kaolinitből nanotekercsek (1D) és nanorészecskék (0D) állíthatók elő, melyek többek között korszerű nanokompozit és nanohibrid anyagrendszerekben jól alkalmazhatók. A nanotekercseket többlépéses interkalációs és deinterkalációs kezeléssel, a kaolindrétegek egyedi kettősrétegekre bontásával alakítják ki. A mechanokémiai aktiválás (intenzív száraz őrlés) alkalmas puccolánosan reaktív nanorészecskék előállítására.

Cél: A többlépéses interkalációs és mechanokémiai eljárások hatékonyságát befolyásoló tényezők vizsgálata, és az elemzések alapján a kaolinit nanoszerkezetek legkedvezőbb előállítási körülményeinek meghatározása.

Eredmények: A prekursorok megfelelő hőmérsékleten végzett homogenizációjával és szolvotermális interkalációjával a 2D kaolinit lemezek gyorsan, kevesebb vegyszerrel, kis szerkezeti deformációval hatékonyan alakítottuk át 1D nanotekercsekké. A bolygó- és keverőmalmokkal végzett nagy energiájú őrléssel a kaolinit ~90%-os amorfizációjánál metastabil állapotú és nagy puccolános reaktivitású 0D nanorészecskéket állítottunk elő, amelyek cement kiegészítő anyagként alkalmazhatók.

Baumli Péter *, Somlyai-Sipos László, Nithyapriya Manivannan,
Ei Ei Khine, Czagány Máté

Nanoszerkezetű anyagok szintézise vizes közegből

Nanoszerkezetű anyagokról akkor beszélhetünk, ha annak valamely kiterjedése 100 nm alá esik. Ilyen értelemben szemcséket, szálakat, bevonatokat, továbbá tömbi nanoszerkezetű anyagokat különböztethetünk meg.

Nanoszerkezetű anyagok előállításának egyik lehetséges, egyszerű módja, amikor vizes oldatból redukcióval, cserereakcióval, stb. hozunk létre szálakat, szemcséket, illetve bevonatokat. Kutatómunkánk fókuszában fém-, illetve oxid-nanoszemcsék, így cink-oxid, kalcium-oxid, valamint nikkel és réz nanoszemcsék fejlesztése és vizsgálata áll. A vizesközegű szintézis során a szemcsék alakját, méretét és fizikai-kémiai tulajdonságait,

különböző dőpoló elemek használatával tudjuk módosítani. Oxid nanoszemcsék esetében ilyen dőpoló elemek lehetnek az alkálifémek, amelyeket alkálifém-klorid só formájában használunk a nanoszemcsék szintézise során. A nanoszemcsék morfológiájának megváltoztatásával az említett fizikai-kémiai tulajdonságok közül ki kell emelni az adszorpciós tulajdonságot. Ennek során a módosított nanoszemcsék szennyezőanyagokat, ionokat, a módosításnak megfelelően különböző mértékben képesen megkötni a felületükön. Ezzel a nanoszemcsék képesek szennyvíz, illetve szennyezett talaj tisztításában részt venni, valamint szelektív elektródként képesek viselkedni.

Kalácska Szilvia ¹, Xavier Maeder ¹, Groma István ²

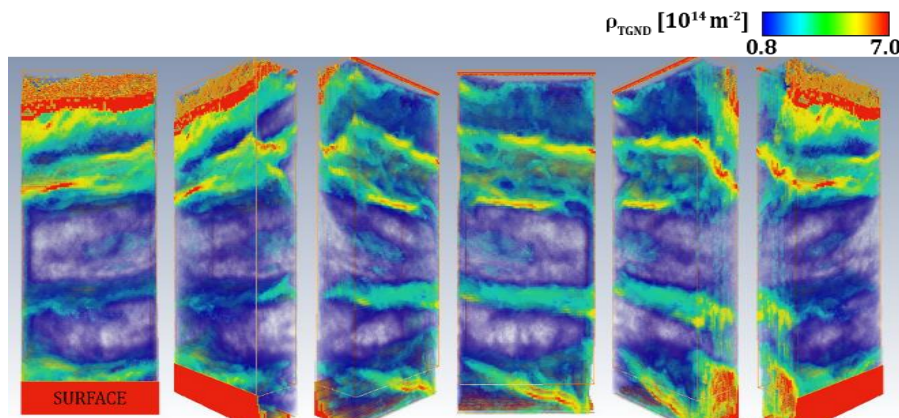
Deformált mikrooszlopokban kialakuló diszlokáció-struktúrák méretfüggésének vizsgálata 3 dimenziós HR-EBSD segítségével

A kristályos anyagok képlékeny alakváltozása során végbemenő mechanizmusok vizsgálata régóta áll az anyagtudomány fókuszában. A tudományterületen belül az utóbbi évtized egyik leglényegesebb megállapítása volt, hogy az anyag a tömbi mintáktól lényegesen eltérő viselkedést mutat, ha a mintaméretet a mikron – szub-mikrométer skálára redukáljuk. Ezen eltérés alapjaiban befolyásolja a manapság leginkább miniaturizálásra koncentráló ipari fejlesztések irányát, hiszen a méretcsökkenésből adódó jelenségek már nem elhanyagolhatók.

Célok: A kutatás célja, hogy különböző méretű réz egykristály mikrooszlopokban az összenyomásukat követően kialakult geometriailag szükséges diszlokáció (GND) szerkezetek eloszlását vizsgáljuk 3 dimenziós nagyfelbontású visszaszórt elektrondiffrakció (3D HR-EBSD) segítségével. A szerkezet méretfüggésének tanulmányozása céljából

többfajta átmérőjű ($1\ \mu\text{m} - 5.5\ \mu\text{m}$ tartományban) mikrooszlopokat deformáltunk összenyomással különböző mértékig (max. 10%), majd az oszlopokat fókuszált ionnyaláb segítségével felszeleteltük. Minden szeleten HR-EBSD mérés segítségével elemeztük a kialakult diszlokáció szerkezetet, majd a szeleteket 3D-s modellé egyesítettük.

Eredmények: Ahogyan az 1. ábrán is jól látható az $5.5\ \mu\text{m}$ átmérőjű oszlok esetében 10%-ig deformált mintában keletkező GND-k az aktivált csúszási síkok mentén lokalizálódnak. A GND-k eloszlása azonban a méret csökkentésével jelentős mértékben megváltozik. Ezt a 3-dimenziós mérésekkel nyomon követhetjük. Az előadás során az élvonalbeli HR-EBSD technika előnyeivel, alkalmazhatóságával és a mikrooszlopok modelljeiben látható eltérések magyarázatával foglalkozunk.



1. ábra: Teljes GND sűrűség 3 dimenziós eloszlása 10%-ig deformált, $5.5\ \mu\text{m}$ keresztmetszetű réz egykristály mikrooszlop esetén. A 3D modell a hossz tengelye körül megforgatva több nézetből is megtekinthető.

¹ Empa Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technologies, Laboratory of Mechanics of Materials and Nanostructures. Thun, Svájc

² Eötvös Loránd Tudományegyetem, Anyagfizikai Tanszék. Budapest

Hlavács Adrienn, Mertinger Valéria, Angel Dávid Ádám, Benke Márton

Termomechanikus kezelések és az összetétel hatása alumínium ötvözetek lágyítási textúrájára

A kristálytani textúra meghatározó szerepet játszik az alakított (hideg- vagy melegalakított) félkész termékek tulajdonságainál. Mivel a félkész termékek további alakításokon (és hőkezeléseken) esnek át, mielőtt késztermékként elnyerik végső formájukat, a feldolgozhatóság szempontjából fontos ismernünk azok kristálytani textúráját.

A kutatás során az melegen hengerelt állapottól a végső lemezvastagságig minden technológiai lépést követően megvizsgáltuk hogyan alakul a három különböző összetételű alumínium lemez szemcseszerkezete, illetve kristálytani textúrája. A technológiai lépések során az öntött tuskót

melegen hengereltük, ezután kétféleképpen végeztük el a hideghengerlést. Egyik esetben közvetlenül a végvastagságig hengereltük a lemezt, másik esetben 3 mm-es lemezvastagság esetén egy közbenső lágyítási lépést követően értük el a végállapotot. Az utolsó technológiai lépésben a hidegen hengerelt lemezekben lágyító hőkezelést végeztünk.

Az eredményekből megállapítható, hogy az egyes technológiai lépések hogyan befolyásolják a végtermék tulajdonságait, illetve a különböző ötvöző tartalom az alumínium ötvözetekben miként befolyásolja a végtermék tulajdonságait.

Molnár Dániel ¹, Kárpáti Viktor ², Budavári Imre ¹

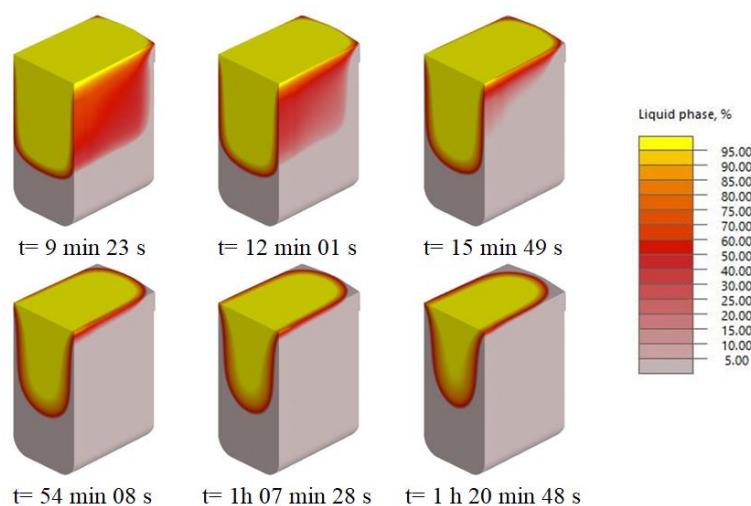
Félfolyamatos alumínium öntés stacionárius viszonyainak szimulációja

Egy adott körülmények között üzemelő rendszer viselkedésének meghatározására mérnöki modellek alkalmazhatóak. Alapesetben a modelleknek zárt alakban megoldható, konkrét megoldással rendelkező egyenleteken kell alapulniuk, amelyek lehetővé teszik az analitikus megoldást. Ezzel szemben komplex rendszerek esetén, amikor tisztán analitikus megoldás nem alkalmazható, numerikus módszerekkel közelítő megoldás lehetséges, helyben és időben változó változók esetén differenciálegyenletek alkalmazásával.

A vizsgálatok során alkalmazott szabályozott térfogatok módszere egy diszkrét elemekkel dolgozó numerikus módszer. Az ilyen típusú numerikus módszerek közelítő megoldást szolgáltatnak oly módon, hogy egy komplex kontinuum modellt osztanak fel kisebb problémák diszkrét sorozatára, véges számú szabadsági fokok mellett. A geometria felosztása struktúrált és egyenközü háló alkalmazásával

történik. A diszkrét elemekből álló modell kialakítása után matematikai módszerekkel a modell minden elemére előállítanak egy egyensúlyi egyenletet. Ezeknek az egyensúlyi egyenleteknek a külön-külön, de párhuzamosan történő megoldása biztosítja, hogy a rendszerre felírt peremfeltételek és alkalmazott terhelések hatása a teljes rendszerre vonatkoztatva érvényesül, a rendszer folytonosságának és stabilitásának megtartása mellett.

Vizsgálataink során egy félfolyamatos alumínium öntőmű stacionárius állapotban történő dermedési viszonyainak vizsgálatát végeztük el különböző geometriai és anyagtulajdonsági kiinduló feltételek mellett. Az 1. ábrán a vizsgált geometria középvonalai 3D metszetének dermedése látható a folyékony állapotban lévő öntvényrészek megjelenítésével, a dermedés különböző időpontjaiban. Skála: folyékony fázis: 5-95%



1. ábra – Vizsgált geometria dermedésének folyamata

¹ Miskolci Egyetem, Öntészeti Intézet

² Miskolci Egyetem, Fémtani- Képlékenyalakítási- és Nanotechnológiai Intézet,
Miskolc-Egyetemváros

Koncsik Zsuzsanna¹, Szirbik Sándor²

Nagyszilárdságú acél törésmechanikai tulajdonságainak jellemzése kísérlettel és modellezéssel

Napjaink mérnöki szerkezeteinek élettartamon belüli biztonságos működése leginkább a szerkezetintegritási megközelítést alapul véve jellemezhető. Az integritás elemzésének körébe tartozó információk például a szerkezet terhelése, a szerkezeti anyagok tulajdonságai és változásai a terhelés és a környezet hatására üzemelés közben, továbbá az anyag szerkezetében található anyagfolytonossági hiányok, amelyek a gyártás, vagy az üzemeltetés során keletkeztek, változnak. Ezen információk birtokában a szerkezet további működtetésére, karbantartására, cseréjére vonatkozó döntések hozhatók. A szerkezetintegritási megközelítés szoros kapcsolatban áll a mérnöki szerkezet élet ciklus elemzésével.

Az ipari termelés fejlesztésének több iránya ismert, ilyenek például a mérnöki szerkezetek tömegének csökkentése, illetve az innovatív

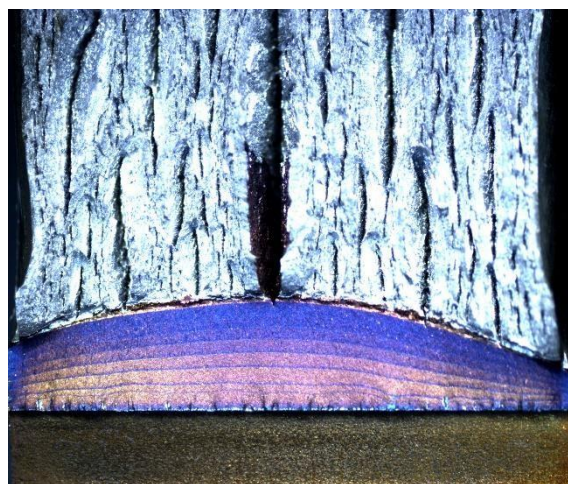
technológiák alkalmazása a mérnöki szerkezetek gyártása során. Ezek a célok nagyszilárdságú, innovatív technológiával gyártott acél szerkezetek alkalmazásával érhetők el, amelyek kisebb falvastagsággal használhatók ugyanazon szilárdság, merevség biztosítása és kevesebb hegesztési feladat mellett. Azonban ezen nagyszilárdságú anyagok alkalmazása felvet néhány kérdést az élettartamra és az üzemeltetési nehézségekre vonatkozóan az anyag szerkezetében található anyagfolytonossági hiányok miatt, különösen hegesztett szerkezetek esetében.

A kutatás során S960M alapanyagú, termomechanikusan hengerelt nagyszilárdságú acélok törésmechanikai tulajdonságait elemezzük kísérleti úton, COD-vizsgálattal, illetve numerikus modellezés segítségével, Abaqus nevű szoftver alkalmazásával.



a)

a) COD vizsgálat elrendezése



b)

b) COD minta töretfelülete

¹ Miskolci Egyetem, Anyagszerkezettani és Anyagtechnológiai Intézet, Miskolc-Egyetemváros

² Miskolci Egyetem, Műszaki Mechanikai Intézet, Miskolc-Egyetemváros

Szabó Ferenc, Suplicz András

Fröccsöntés közben fellépő szegregációs folyamatok vizsgálata és modellezése

A műanyag-feldolgozó ipar korunk egyik legmeghatározóbb iparágává nőtte ki magát az elmúlt évtizedekben zajló folyamatos fejlődésnek köszönhetően, így az előkelő 7. helyet foglalja el Európa vezető iparágai között. Annak érdekében, hogy a polimer alapanyagok a velük szemben támasztott egyre magasabb elvárásokat teljesíteni tudják, gyakran különböző töltő-, vagy erősítőanyagok alkalmazása szükséges. Napjaink egyik legkedveltebb töltőanyaga az üveggyöngy, amely a tömegcsökkentésen túlmenően a vegyszerállóságot és az alapanyag feldolgozás utáni alak- és mérettartását is pozitívan befolyásolja. A töltőanyagok egyre elterjedtebb alkalmazása azonban új kihívások elé is állítja a mérnököket, mivel az előállított véletlenszerű keverékekben, amelyekben a részecskék megtalálási valószínűsége a keverék bármely pontján megegyezik az egész rendszerre vonatkozó részecske részarányával, a feldolgozás során szegregáció mehet végbe, így a részecske-

koncentráció eltérő lehet a végtermék egyes régióiban. A töltőanyag koncentráció változásának hatására az alapanyag mechanikai, hőtani és reológiai tulajdonságai is megváltoznak, így a jelenséggel számolni kell a termék és gyártástechnológia tervezése során.

Munkánkban a műanyag-feldolgozó iparág egyik legelterjedtebben használt és kutatott feldolgozási technológiája, a fröccsöntés során fellépő szegregációt vizsgáltuk és modelleztük. A töltőanyagot tartalmazó polimer ömledék szerszámüregben történő áramlása és a kitöltési folyamat közben bekövetkező részleges megszilárdulása a töltőanyag koncentráció megváltozását okozza a folyási út mentén, valamint a termék vastagsága mentén is. Munkánkban polipropilén mátrixanyagba kevert eltérő koncentrációjú és méretű üveggyöngy segítségével vizsgáltuk és modelleztük a fröccsöntés által okozott szegregációt.

Takács László ¹, Szabó Ferenc ²

Polimer szendvicsszerkezet mechanikai jellemzése

A szendvicsszerkezetek egyre nagyobb jelentőséggel bírnak a járműiparban kis tömegük, nagy hajlítómerevségük és korrózióálló tulajdonságaik miatt [1]. A busziparban leginkább elterjedt szendvicsszerkezet a maganyagként PET-habot tartalmazó, üvegszál erősítéssel, vinilészter mátrixú kompozitlemez [2]. Ahhoz, hogy az ilyen anyagból készült szerkezetek tervezéséhez, fejlesztéséhez és optimalizálásához megbízható végeleemes modellek álljanak rendelkezésünkre, elengedhetetlen a merevségi és szilárdsági tulajdonságok és jellemző tönkremeneteli módok kísérleti úton történő meghatározása és a mérési eredmények alapján a megfelelő végeleemes anyagmodellek paramétereinek az illesztése.

Ez a tanulmány egy megbízható végeleemes modell fejlesztésével foglalkozik, mely hatékonyan alkalmazható szendvicsszerkezetek – pl.: autóbusz felépítmény – merevségi és szilárdsági számításaihoz. A végeleemes szimulációkat Ansys ACP szoftverrel végezzük [3]. Az övlemezeket rétegelt héjelemekkel, ortotrop anyagmodellel vesszük figyelembe, a maganyagot térfogati elemekkel, izotrop anyagtulajdonsággal jellemezzük. A valóságban a

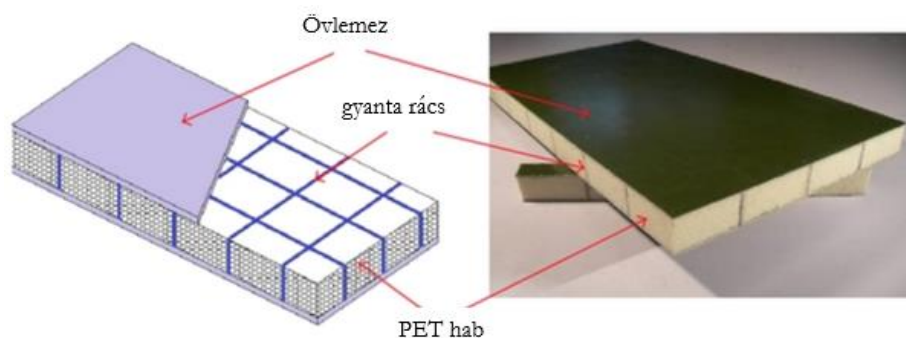
maganyagot a jobb formakövetés érdekében különböző bevágásokkal látják el, ezt nevezzük *FlexiCut* típusú habanyagnak. A bevágásokba a gyártás során befolyik a gyanta, mely jelentős merevségnövelő hatással bír. Ezt a maganyag térfogati elemei között definiált héjelemekkel modellezzük, melyet az 1. ábra szemléltet.

Az ilyen módon felépített végeleemes modellt mechanikai tesztekkel validáljuk. A kompozitlemez és a gyanta anyagparamétereit húzó- és nyíróvizsgálattal állapítjuk meg, a habanyagra nyomóvizsgálatokat végzünk. A szendvicsszerkezet deformációs viselkedését, a reakcióerőket és elmozdulásokat a szendvicspanel 3- ill. 4-pontos hajlítótesztjeivel hasonlítjuk össze.

[1] Alok Raj¹, Meenakshi Akkiraju, Balaji Pillai, Naresh Kulkarni, Rathnakara Somashekara: *Finite Element Method for Predicting the Behavior of Sandwich Structure Luggage Floor of Passenger Cars*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 422 (2018)

[2] <https://www.compositesworld.com/blog/post/composites-give-shape-to-new-passenger-bus>

[3] Ansys User Manual, Version 2019 R1, 2019



1. ábra – Szendvicspanel ún. FlexiCut típusú habanyaggal

¹ eCon Engineering Kft., Budapest

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, Budapest

Gál Viktor, Lukács Zsolt

Lemezalkatrész lokális elvékonyodásának modellezése

A végeselemes szoftverek alkalmazása, az autóipari lemezalakítási technológiai folyamatok tervezésének elemi részévé váltak. Az iparág termelékenységét figyelembe véve, a valóságnak megfelelő eredményt adó szimuláció mellett alapvető követelményként fogalmazódik meg a szoftverfejlesztők felé a lehető legrövidebb számítási idő elérése. Mivel a karosszéria elemek alakadásának jellemző művelete a nyújtvahúzás, az imént említett feltételek megfelelően kielégíthetők héjelemek alkalmazásával. A héjelemmel végrehajtott modellezés legfőbb előnye, hogy az a lemezvastagságot mint információ tárolja, annak megváltozását az alakváltozásokból számítja, így csökkentve a számításhoz szükséges időt.

A lemezvastagságot direkt változtató alakító technológiák héjelemmel végzett numerikus modellezéseinek hatékonysága megkérdőjelezhető. A falvékonyító húzás, illetve alakprézés

jellegű műveletek igényelnék a térfogati kiterjedéssel rendelkező elemek alkalmazását valóságnak megfelelő eredményt adó modellezés eléréséhez. A teríték téglatest vagy tetraéder elemekkel történő hálózása azonban, az ehhez szükséges nagy elemszám mellett jelentősen növelt számítási időt eredményezne, ami már nem felel meg az ipari igényeknek.

A probléma megoldására a szoftverfejlesztők az említett kritériumok szem előtt tartásával egy új alternatívát dolgoztak ki a vastag héjelemet. Cikkemben egy alkatrész gyártási folyamatának végeselemes modellezését végzem el egy a lemezalakítás területére specializálódott szoftver az AutoForm R⁸ segítségével. A héjelemmel illetve a vastag héjelemmel végzett szimulációk közötti különbségeket a valós, illetve virtuális térben legyártott alkatrész vastagságeloszlásának összehasonlításával szemléltetem.

Mucsi András, Portász Attila

Törésvonalak képződésének végeselemes modellezése

A törésvonalak hengerelt szalagok feldolgozásakor képződő szabálytalan lokális alakváltozási sávok. Képződésük a rugalmas-képlékeny átmenet instabilitáshoz köthető. Jelenlétük nem csak acélszalagokon, hanem pl. alumínium-magnézium ötvözeteken is megfigyelhető. A cikkben lágyacél szalagok feldolgozásakor jelentkező törésvonal-képződés jellegzetességeit vizsgáljuk. A végeselemes modellt melegen hengerelt szalag lecsévézésére készítettük el. A modellben a rugalmas-képlékeny átmenet tulajdonságai közül a felső-

alsó folyáshatár közti különbséget, illetve a folyási nyúlás nagyságát változtattuk. A végeselemes modell futtatásának eredményeként kiderült, hogy a felső-alsó folyáshatár közti különbség a törésvonalak egymáshoz mért távolságát és valamelyest a méretüket, míg a folyási nyúlás főként a törésvonalak méreteit befolyásolja. A gyakorlati megfigyelésekkel összhangban érdekes egybeesésként jelentkezett az a tény, hogy a törésvonalak először a húzott (alsó) oldalon jelennek meg, és itt okoznak nagyobb mértékű alakváltozást.

Hegyes Tibor¹, **Barkóczy Péter**²

Meleghengerlés szimulációja sejt automata módszerrel

Tanulmányunk a hengerelt termékek egyik fontos lépésére, a meleghengerlés szimulációjára koncentrált. Melegalakítás során alakítási keményedés és a kristály regenerációs folyamatainak viszonya, határozza meg az ötvözet mikroszerkezeti tulajdonságait, amit a technológia tervezése és fejlesztése során figyelembe kell venni. Dinamikus lágyulás során a dinamikus megújulás és a dinamikus újrakristályosodás egy nagyságrendbe eső sebességgel megy végbe alumíniumok esetén. A melegen alakított szemcseszerkezet jellegét a két folyamat együttes hatása határozza meg. Melegalakításkor kialakult szemcseszerkezetet, a további hidegalakítás és a hőkezelés megváltoztatja, de így is jelentős hatással bír a folyamat végén a kész anyag mikroszerkezetére és tulajdonságaira. Megfelelő alakítás technológia megtervezése nélkülözhetetlen, amelyhez a sejt automata szimulációs módszer egy jó megoldást nyújthat.

Célok: A Miskolci Egyetem Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetében több mint 20 éve indult a szemcsedurvulás és újrakristályosodás sejt automata szimulációjának fejlesztése. Akkor ez statikus újrakristályosodást jelentett. Bár a

kutatócsoport bemutatta, hogy a fejlesztett módszer képes melegalakítás és dinamikus újrakristályosodás szimulációjára, mégis a lágyító hőkezelésre és fémtani folyamataira fókuszáltak. A fejlesztett automatát azóta egyszerűsítették egy-dimenzióssá és a skálázását is megoldották. Előadásunkban a további fejlesztés eredményéről, az egy dimenziós sejt automata módszerrel végzett melegalakítás szimulációról és eredményeiről számolunk be.

Eredmények: Alumínium ötvözetek esetén elsősorban nem a dinamikus újrakristályosodás, hanem a dinamikus lágyulás és az alakítás után történő statikus újrakristályosodás a meghatározó folyamat. Rámutatunk, hogy a fejlesztett módszer alkalmas ennek a szimulációjára. Továbbá bemutatjuk előadásunkban azt is, hogy a módszerrel több szűrásos meleghengerlés fémtani folyamatai is szimulálhatók a módszerrel. Természetesen, mint minden sejt automatánál, ennél is fontos kérdés a skálázás, ami a folyamatok összetettsége miatt nem triviális ebben az esetben sem. Az eredmények mellett egy skálázási stratégiát is bemutatunk, amivel az automata teljes információ tartalma kinyerhető a szimuláció során.

¹ Arconic Kőfém Kft., Székesfehérvár

² Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, FUX Zrt. Miskolc-Egyetemváros

Kaptay György ^{1,2,3}, Korózs József ¹, Végh Ádám ¹

A határfelületi energiák általános modellje

A határfelületi energiák rengeteg anyagfajta rengeteg tulajdonságát és gyártásközi viselkedését befolyásoló tényező. Ha az anyagtudományban 1000 fajta fázissal foglalkozunk, akkor a köztük lévő határfelület-típusok száma már a milliós nagyságrendben van, és még nem említettük ezek függését a hőmérséklettől, a nyomástól, a két fázis összetételétől, illetve a fázisok alakjától és méretétől. Ebben az előadásban egy általános modell egyenletet mutatok be, a Gibbs féle termodinamikából kiindulva.

Az előadást a „Kristályos és amorf nanoszerkezetű anyagok kutatásával és fejlesztésével foglalkozó kiválósági műhely fenntartható működtetése” című, GINOP-2.3.2-15-2016-00027 (PKTV60003T 250200) számú projekt támogatta.

- [1] G. Kaptay. *The chemical (not mechanical) paradigm of thermodynamics of colloid and interface science.* Adv Colloid Interface Sci 256 (2018) 163-192
- [2] G. Kaptay. *On the solid/liquid interfacial energy of metals and alloys.* J Mater Sci, 53 (2018) 3767-3784
- [3] A. Vegh, G. Kaptay. *Modelling surface melting of macro-crystals and melting of nano-crystals for the case of perfectly wetting liquids in one-component systems using lead as an example.* Calphad 63 (2018) 37-50.

- [4] G. Kaptay: *On the negative surface tension of solutions and on spontaneous emulsification.* Langmuir, 2017, vol.33, pp.10550–10560
- [5] J. Korózs, G. Kaptay: *Derivation of the Butler equation from the requirement of the minimum Gibbs energy of a solution phase, taking into account its surface area.* Coll Surf A, 2017, vol.533, pp.296-301
- [6] G. Kaptay: *Modeling equilibrium grain boundary segregation, grain boundary energy and grain boundary segregation transition by the extended Butler equation.* J Mater Sci, 51 (2016) 1738-1755
- [7] G. Kaptay: *A method to estimate interfacial energy between eutectic solid phases from the results of eutectic solidification experiments.* Mater. Sci. Forum, 790-791 (2014) 133-139.
- [8] A. Vegh, C. Mekler, G. Kaptay: *A unified theoretical framework to model bulk, surface and interfacial thermodynamic properties of immiscible liquid alloys.* Mater Sci Forum, 752 (2013) 10-19.
- [9] Z. Weltsch, A. Lovas, J. Takács, Á. Cziráki, A. Tóth, G. Kaptay: *Measurement and Modelling of the Wettability of Graphite by a Silver-Tin (Ag-Sn) Liquid Alloy.* Applied Surface Science, 268 (2013) 52-60.

¹ Miskolci Egyetem, Nanotechnológiai Intézet, Miskolc-Egyetemváros

² MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport, Miskolc-Egyetemváros

³ BAY-ENG, Anyagfejlesztési Osztály, Miskolc

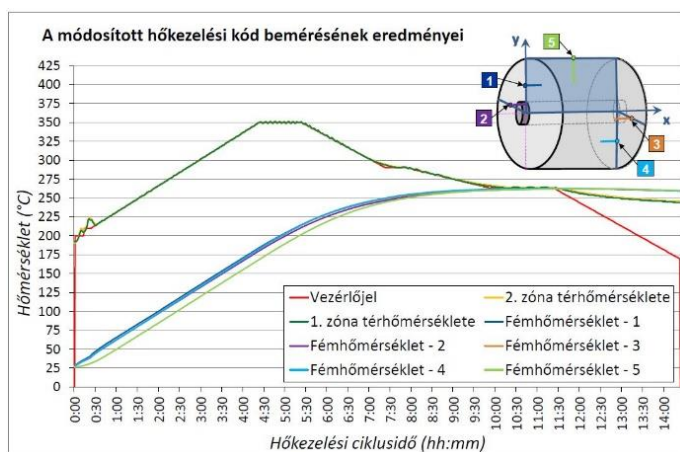
Fehér Jánosné, Nagy Csaba, Bereczki Péter

Nagy tömegű alumínium tekercsek hőkezelésének anyagszerkezeti szempontból történő optimalizálása szimulációs/üzemi szemszögből

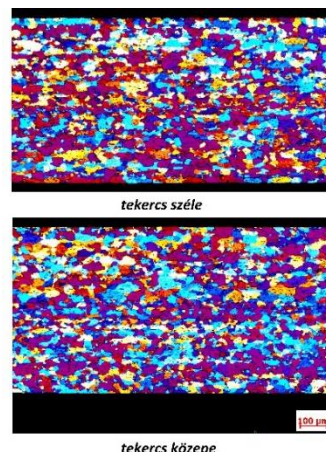
A hengerelt alumínium alapanyagot felhasználó különböző ipari vevők folyamatosan szigorítják a szalagtekercsre előírt minőségi követelményeiket. Ez a követelményrendszer igen sokrétű, így magában foglalja a mechanikai és mikroszerkezeti tulajdonságokat, a geometriai és felületi jellemzőket, a korróziós és még sok egyéb tulajdonságot. A mechanikai és a mikroszerkezeti tulajdonságok szoros kapcsolatban vannak egymással. E két tulajdonság-együttes az alkalmazott ötvözet és gyártástechnológia eredményeként áll elő. A szalagtekercsek általános gyártástechnológiájából és az egyre növekvő tekercsméretekből következően, mind a hengerlési tuskók öntése, majd előmelegítése vagy homogenizálása, mind pedig a meleg- és a hideghengerlési folyamatok hozzájárulnak a szalag hossza, szélessége, sőt még a vastagsága mentén is kialakuló mikroszerkezeti inhomogenitások létrejöttéhez, amelynek egyenes következménye a mechanikai tulajdonságok hely- és irányfüggése. A tekercsek hőkezelésének, mint az említett tulajdonságokra

jelentős hatást gyakorló egyik utolsó technológiai lépésnek, kiemelt szerepe lehet a tulajdonságbeli egyenlőtlenségek megszüntetésében.

Előadásunkban egy olyan folyamatfejlesztést mutatunk be, amelyben a jelenleg használatos hőkezelési programok vezérlési sémáját a számítógépes szimulációkkal és üzemi bemérésekkel támogatott fejlesztés eredményeképpen, végig vezérelt jelű programozással váltjuk ki. Ennek köszönhetően jelentősen csökkentek a tekercsen belüli hőmérséklet- és hőntartási időkülönbségek, amely a mikroszerkezeti inhomogenitások mérséklődését, ezáltal a mechanikai tulajdonságok kiegyenlítődtetését hozta magával. A módosított vezérlés egy másik előnye, hogy jelentősen növekedett az időegység alatti fémbe bevitt hőmennyiség, amely a hőkezelés teljes ciklusidejének szignifikáns csökkenését eredményezte. Ez pedig a kapacitás-növekedését és az energiafelhasználás csökkenését vetíti előre.



(a)



(b)

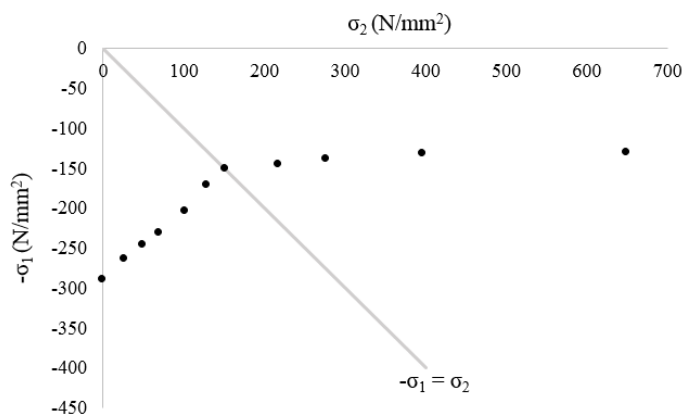
1. ábra – (a) A módosított vezérléssel megvalósított tekercshőkezelési program bemérésének hőmérsékleti adatai, (b) illetve a hőkezelésen átesett tekercs szélének és közepének szemcseszerkezete.

Béres Gábor ¹, Weltsch Zoltán ¹, Lukács Zsolt ², Tisza Miklós ²

Feszültség-alapú határdiagram alkalmazása ráncosodási kritériumként a lemeziparban

Napjaink lemezmegmunkáló iparában, továbbra is kulcsfontosságú feladat a feldolgozott lemezanyag várható tönkremenetelének, így egyben az anyag alakíthatósági határának és a gyártási folyamat sikertelenségéért felelős, sok esetben a technológia tervezés kezdetén még beláthatatlan következményekkel bíró külső körülmények megfelelő szintű előre becslése. Ennek megfelelően, több alakítási határelmélet is született az elmúlt évtizedekben, amelyek többnyire különböző elméleti elgondolások eredményeit tükrözik, így az anyagtulajdonságok ismeretében várható tönkremenetelt és az azt befolyásoló egyéb hatásokat (pl. az előzetes alakíthatósági szint mértékét) is különböző módokon kezelik. Az alakítási határelméletek jellemzően, a lemezalkatrészek alakváltozás közbeni elvékonyodásának - mint tönkremeneteli kritériumnak - az előre becslésére szolgálnak, és túlnyomórészt két csoportba sorolhatók. Ezek a klasszikus alakváltozás-alapú és a feszültség-alapú elméletek. Előbbi tág irodalmi háttérrel rendelkezik, míg utóbbi viszonylag kevésbé kutatott tudományterület.

Cikkünkben/előadásunkban a feszültség-alapú határdiagramok meghatározásának menetéről, azok jellemzőiről és felhasználási lehetőségeikről kívánunk beszámolni. Bemutatjuk továbbá, a mélyhúzott lemezek ráncosodására - mint geometriai típusú lemezhibára - vonatkozó feszültség-alapú határelméleti eljárás kidolgozását, amely a megszokottól eltérően nem a $\sigma_1; \sigma_2$ koordináta rendszerben ábrázolja a tönkremeneteli határgörbét, hanem a ráncosodást létrehozó tangenciális nyomófeszültség és a húzóbélyeg által kifejtett húzófeszültség, azaz a $-\sigma_1; \sigma_2$ feszültségkomponensek koordináta rendszerében (1. ábra). Eredményeinkből látható, hogy az így kapott határdiagram figyelembe veszi a ráncgátló nyomás változását, ezáltal a számolt határfeszültség értékek véges elemes analízisbe is jól beilleszthetők. Az ezzel a megoldással, analitikus úton definiált kritikus ráncosodási feszültségek véges elemes szoftverbe történő implementálásával végzett szimulációk, a mérési eredményeinkkel jó egyezést mutatnak.



1. ábra – Ráncosodási-határfeszültségi komponensek $p = 2,5 \text{ N/mm}^2$ ráncgátló nyomás esetén, DC04 járműipari lemezanyag típusra

¹ Neumann János Egyetem, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Anyagtechnológia Tanszék, Kecskemét

² Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Mechanikai Technológiai Intézeti Tanszék, Miskolc

Kovács Norbert Krisztián, Suplicz András, Szabó Ferenc

3D nyomtatott térbeli vázszerkezet fejlesztése és hatásának elemzése fröccsöntött polimerkompozitok mechanikai és morfológiai tulajdonságaira

Az elmúlt évtizedek fejlesztéseinek köszönhetően a műanyag termékek ma már mindennapi életünk részét képezik. Ahogyan a gépészeti elemek túlnyomó részénél, úgy gyakran a polimerből készült elemeknél is elmondható, hogy azokat jellemzően egyféle feladat ellátására, adott irányú igénybevételre terveznek. Ennek megfelelően, ha az alkatrészt a rá ható terhelés irányában, tervezett módon meg lehet erősíteni, sokkal hatékonyabb gyártás, alapanyag takarékoság, súly és ár csökkentés valósítható meg a környezet lényegesen kisebb terhelése mellett. Ezen törekvések eléréséhez jó alapot biztosíthatnak a kompozit alapanyagok, amelyeknél ez a hatás az alapanyagban található erősítő anyag megfelelő irányba rendezésével érhető el [1]. A napjainkban használt nagy volumenű műanyag termékgyártási technológiák közül az egyik legjelentősebb a fröccsöntés. A szál erősítésű fröccsöntött kompozit termékek esetében az erősítőanyagok terheléseknek megfelelő kihasználtsága egy kritikus kérdés, hiszen itt a szálorientációt főként a polimer ömledék áramlási viszonyai határozzák meg. További nehézséget jelent az ömledék áramlásából fakadóan az áramlási frontok találkozása, amely során mechanikailag kritikus helyek alakulhatnak ki, valamint a technológia sajátosságából adódó szálrövidülés [2].

Munkánk célja ezért egy olyan új eljárás alapjainak kidolgozása, amelynek segítségével a polimer termékek alkalmazási céljának megfelelő

erősítő szerkezet a termékgyártás egy köztes lépésében, jól irányított módon, 3D nyomtatással készíthető el és illeszthető az alkatrész megfelelő részeibe. Munkánk során különböző nyomtatási paraméterek mellett készítettünk erősítő szerkezeteket (inzerteket), amelyeket fröccsöntéssel ágyaztunk be. Az így kapott kompozitokat kvázistatikus (szakító- és hajlítóvizsgálat), dinamikus (Charpy-féle ütve hajlító vizsgálat), valamint morfológiai és optikai vizsgálatoknak vetettük alá. A kapott eredményeket minden esetben összevetettük a hagyományos fröccsöntési technológiával készült kompozitok eredményeivel.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a FDM technológiával előállított erősítő szerkezetek minden esetben alkalmasak voltak a fröccsöntéssel történő beágyazásra, azonban a hagyományos és az új módszerrel készült kompozitok mechanikai vizsgálati eredményei nem mutattak szignifikáns eltérést. Ennek oka, minden bizonnyal, hogy az általunk használt kompozit nyomtatószállban az erősítőszál jóval a kritikus szálhossz alatti volt, így azt a későbbi hagyományos fröccsöntési technológia nem tördelte tovább.

[1] Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J.: *A polimertechnika alapjai*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2006

[2] Dunai A., Macskási L.: *Műanyagok fröccsöntése*, Lexica Kft, Budapest, 2003

Pammer Dávid^{*}, Keresztes Zoltán

Generatív tervezéssel előállított felületi struktúrák additív gyárhatóságának vizsgálata fém alapanyagból

Az additív gyártásnak (3D nyomtatásnak) köszönhetően a számítógéppel támogatott algoritmizált parametrikus CAD tervezés is fénykorát éli. A digitálisan megtervezett nagy bonyolultsággal rendelkező modellek szinte korlátok nélkül megvalósíthatók az additív technológiáknak köszönhetően. A különböző biomimetikus szerkezetek, vagy topológiaiilag optimalizált (tömegre és merevségre) struktúrák előállításának köszönhetően újfajta konstrukciók, eszközök és alkatrészek jelentek meg az ipar különböző területein. Kutatásunk során olyan additívan gyártott felületi struktúrák vizsgálatával foglalkoztunk, amelyek implantátum felületek kialakításaként alkalmazva elősegítik a csont benövését, ezzel növelve az implantátumok rögzülésének minőségét és sikerességét. Különböző, generatív módon digitálisan megtervezett háromdimenziós nyílt cellás struktúra került additívan gyártásra, PBF (porágyas) technológiával, fémpor (Ti6AlV4) alapanyagból. Különlegességeik ezeknek a finom struktúráknak, hogy az egyes csomópontok közötti szakaszok kis keresztmetszettel rendelkeznek és a cellákba beírható gömb átmérője 0,3-0,5 mm között változhat. Vizsgálataink során a 3D nyomtatott próbatesteken roncsolásos és roncsolásmentes anyagvizsgálattal elemeztük az additív gyártás

során használt paraméterek, a digitális modell konstrukció és az elkészült próbatestek geometriája közötti összefüggéseket. Megállapításra kerültek olyan geometriai kialakítások, amelyek esetében a struktúra alsó és felső felületi minősége között (down-, upskin effect) a mikroszkopikus felvételeknek köszönhetően számottevő különbség fedezhető fel, valamint olyan geometriai torzulások lettek azonosítva, amelyeket a struktúra kialakítás, az építési sajátosságok, valamint a technológiából adódó belső feszültségek összessége okozta. A vizsgálati eredményeinket összegezve, sikerült azonosítani azokat a tervezési és gyártási szempontokat/paramétereket, amelyek figyelembevételével a finomszerkezeti struktúrák additív gyárhatósága kisebb hibaarányban megvalósíthatók.

Köszönetnyilvánítás:

A projekt a Nemzeti Kutatási és Innovációs Hivatal támogatásával az NKFIH Alapból valósul meg, a projekt címe: „Egyénre szabott orvos-biológiai implantátumok és segédeszközök új generációs gyártási folyamatának kidolgozása additív technológiákra”; a pályázat azonosító száma: NVKP_16-1- 2016-0022. A kidolgozók köszönik a támogatást.

Perezné Feró Erzsébet, Novotny Tamás, Horváth Márta,
Pintérné Csordás Anna, Hózer Zoltán, Illés Levente, Radnóczy György Zoltán

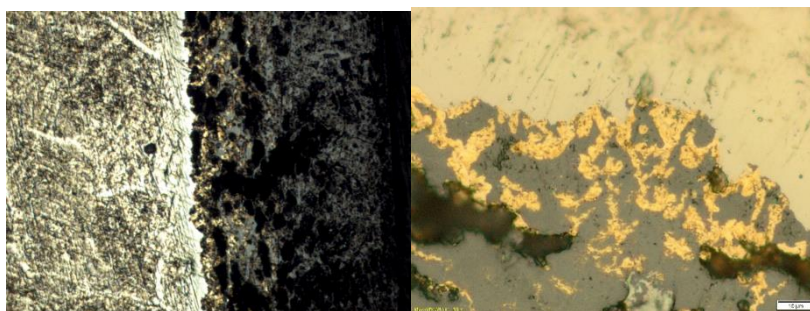
Az oxidáló atmoszféra hatása a cirkónium burkolat oxidációjára és mikroszerkezetére

A normál üzemi körülmények között képlékeny és korrózióálló cirkónium fűtőelem-burkolat üzemzavari, ill. baleseti körülmények között oxidálódhat és elridegedhet. A károsodás mértéke számos tényezőtől függ, ezek egyike az oxidáló közeg minősége. Különböző baleseti helyzeteket feltételezve, a burkolat oxidációja vízgőz és levegő atmoszférában is lejátszódhat. Magas hőmérsékleten, levegő jelenlétében a cirkónium ötvözetek olyan mértékű károsodása is bekövetkezhet, ami veszélyezteti a burkolat épségét.

Cél: A kísérletek célja új, részletesebb adatok szolgáltatása az atomerőművi súlyos baleseti állapotok modellezéséhez.

Magas hőmérsékletű kísérleteket végeztünk cirkónium ötvözet mintákkal, különböző nitrogéntartalmú atmoszférában. Fémszivacsból és hagyományos gyártási technológiával előállított E110 típusú fűtőelem-burkolatból származó gyűrűmintákat oxidáltunk és/vagy nitridizáltunk tiszta levegőn és tiszta nitrogénben, továbbá 4, 10 és 50 térfogat% nitrogént tartalmazó vízgőzben. A kísérleteket izoterm körülmények között, 800 °C – 1200 °C hőmérséklet tartományban végeztük.

Eredmények: A vizsgált ötvözetek oxidációja – a legtöbb hőmérsékleten – tiszta levegőben gyorsabb volt, mint gőz-nitrogén elegyben. Az eredmények néhány esetben a szivacs-alapú és a hagyományos ötvözetek különböző oxidációs viselkedését mutatták. 900 °C felett – a nem védő oxidréteg kialakulása miatt – a hagyományos burkolatanyag oxidációja minden gőz-nitrogén elegyben gyorsabb volt, mint tiszta gőzben. A fémszivacsból előállított burkolat esetében csak a nitrogéndús vízgőznek (50% nitrogén) volt jelentős hatása az oxidációs kinetikára. Tiszta nitrogén atmoszférában viszont mindkét burkolat tömegnövekedése nagyon alacsony volt. A kísérletek eredményei megerősítették, hogy magas hőmérsékletű oxidáció során a nitrogén jelenléte káros hatással van a vizsgált burkolatanyagokon keletkező oxidréteg tulajdonságaira. Az anyagszerkezeti vizsgálatok kimutatták, hogy cirkónium-nitrid kiválás és eltérő morfológiájú oxid jelenik meg a burkolatok oxidrétegében.



1. ábra – Nitridszemcsék a levegőben oxidált E110 minta optikai mikroszkópos felvételein

Dankházi Zoltán¹, Vida Ádám², Maksa Zsolt¹, Szabó Ábel³, Groma István¹

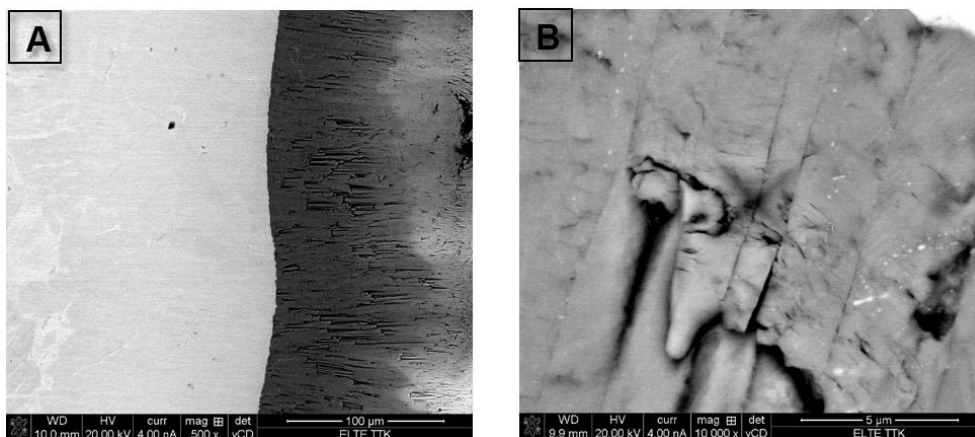
Levegőn és N₂-tartalmú vízgőzben hőkezelt Zr fűtőelem burkolatanyagok visszaszórt-elektrondiffrakciós vizsgálata

A paksi atomreaktorban jelenleg az E110 jelű Zr₉₉Nb₁ ötvözet a fűtőelemek burkolatanyaga. A reaktorblokkok üzemidejének meghosszabbítása növeli a burkolatanyag neutron terhelését és öregedési idejét, ezért az új fűtőelemek burkolatanyagaként az E110G jelű anyag használatát tervezik. Az esetlegesen bekövetkező lég- vagy vízbetöréses baleset esetén a burkolatanyag kémiai, fizikai átalakuláson megy át, megváltoztatva annak tüzelőanyag megtartó képességét. Ennek ismerete a reaktor biztonságos működése szempontjából alapvető fontosságú.

Célok: Vizsgálataink célja a reaktorban jelen lévő anyagok és az új Zr burkolatanyag hosszútávú kölcsönhatásának során kialakuló fázisok meghatározása és a fázisátalakulások nyomon követése extrém körülmények létrehozásával.

Eredmények: A lehetséges fázisátalakulások felderítésére levegő és/vagy N₂-tartalmú vízgőz

atmoszférában, magas hőmérsékleteken (1000, 1200 °C) oxidálódott, nitridálódott illetve hidridálódott E110G jelű, gyűrű alakú minták pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) és röntgen spektroszkópiái (EDS) vizsgálatát végeztük el. Kimutattuk, hogy a csövek vastagsága csak keveset változik, de azok mindkét oldalán egyenletes vastagságú új (sötét kontrasztú) szubmikronos szemcsékből álló fázis jön létre. A minta közepe felé haladva a sötétebb, jól elkülönülő fázist láthatóan más alakú, és a kiindulási anyagnál jóval nagyobb szemcseméretű szemcsékből álló tartomány követi. Ennek vastagsága növekvő hőmérséklettel és/vagy idővel nő, a szemcsék alakja pedig a kerekdedből az elnyújtottn át a tűszerűig változik. Az egyes fázisok azonosítására a visszaszórt-elektrondiffrakciós (EBSD) technikát használjuk.



1. ábra – 100% levegőn, 1200 °C-on, 690 másodpercig hőkezelt E110G minta keresztmetszeti SEM képe. Látható az első átalakult fázis (sötét tónusú héj), a szerkezet alapján elkülöníthető a mélyre hatoló második fázis (A), valamint a kialakult lemezes szerkezet (B).

¹ ELTE TTK Anyagfizikai Tanszék, Budapest

² Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest

³ ELTE TTK Litoszféra Fluidum Kutató Laboratórium, Budapest

Szenthe Ildikó, Horváth Lászlóné, Gillemot Ferenc

Cirkónium ötvözet besugárzása a Budapesti Kutató Reaktorban

A Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatásával létrejött NVKP_16-1-2016-0014 számú, kutatás-fejlesztési szerződés keretében az MTA EK „Az atomerőművekben használt cirkónium ötvözetek anyagszerkezeti változásainak hatása a fűtőelemek épségére és a környezeti terhelésre” című kutatási szerződés feladataként vállalta Zr ötvözetek besugárzását a Budapesti Kutatóreaktorban.

A projekt keretében a Paksi Atomerőmű E110 jelű és a jövőben használandó E110G jelű burkolatanyagát vizsgáljuk. A burkolatanyagot szállító orosz gyártó a korábbi elektrolitikus eljárásról áttér a fémszivacsos technológiára. Az így készült E110G jelű burkolatanyag kémiai összetétele gyakorlatilag ugyanaz marad és üzemi tulajdonságai sem változnak jelentősen a gyártó szerint. A gyártó előzetes mérései szerint a jelenleg használt E110 jelű anyagnál az új E110G jelű anyag kevésbé ridegedik üzemzavari (LOCA) körülmények között.

A gyártó által szolgáltatott információkhoz fontos kiegészítést jelentenek a független hazai mérések. Szükség van az alapállapotú, és különböző – az erőművi kiégés részfolyamatait szimuláló – eljárásokkal előkezelt E110 és E110G jelű burkolatanyagok összehasonlító jellegű mechanikai vizsgálatára.

Az alprojekt keretében alapállapotú, és különböző – az erőművi kiégés részfolyamatait szimuláló – eljárásokkal előkezelt minták besugárzására kerül sor. Ez lehetővé teszi majd a későbbi vizsgálatokban a besugárzás, a hőkezelés és a korrózió együttes hatásának az értékelését.

A minták besugárzását a Budapesti Kutató Reaktorban működő BAGIRA besugárzó szondával végeztük, amely a hozzákapcsolódó radioaktív anyag vizsgálatára is alkalmas anyagvizsgáló laboratóriummal együtt lehetővé teszi a próbatestek különböző fluenciákkal és adott hőmérsékleten történő besugárzását és így a sugárkárosodásuk vizsgálatát.

Groma István¹, Szenthe Ildikó², Ribárik Gábor¹, Ódor Éva¹, Jóni Bertalan¹,
Zilahi Gyula¹, Dankházi Zoltán¹

Atomreaktorokban használható cirkónium ötvözetek mikroszerkezetének meghatározása röntgen vonalprofil analízissel

Az anyagok mechanikai és termikus tulajdonságait alapvetően a különböző típusú kristályhibák határozzák meg. A vonal és térfogati hibákhoz rendelhető karakterisztikus hosszúságskála a néhány nm-től a μm -ig változik. Ezért a kristályhibák által kialakított komplex struktúrát mikroszerkezetnek nevezzük. Amikor egy szerkezeti anyagot használunk annak tulajdonságai legtöbbször azért változnak mert átalakul a benne levő mikroszerkezet. Ezért a mikroszerkezet feltárása alapvető fontosságú. Erre számos kísérleti technika áll rendelkezésre. Az előadásban a röntgen diffrakció egy speciális változatát, a röntgen vonalprofil analízist ismertetjük részletesen. Röviden összefoglalva ez azt jelenti, hogy a mintában a szabályos periodikus rendet megbontó hibák hatására a teljesen szabályos szerkezetnek megfelelő éles diffrakciós Bragg csúcsok kiszélesednek. A

vonalprofil mérés során nagy pontossággal megmérjük az egyes Bragg csúcsok alakját. A profil alakjából következtetni tudunk a mintában jelenlevő hibák jellegére és mennyiségére. Először ismertetjük a mérési metodikát és a kiértékelés módját. Ezután megmutatjuk, hogy a vonalprofil analízis egy hatékony módszer neutronokkal besugárzott cirkónium ötvözetekben lejátszódó sugárkárosodási folyamatok feltárására.

A közelmúltban a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal által támogatott NVKP-16-1-20160014 számú CAK projekt keretében az MTA EK Budapesti Kutatóreaktorában neutronokkal besugárzott Zr mintákon végeztünk röntgen vonalprofil méréseket. Az előadás második felében a kapott eredményeket ismertetjük.

¹ ELTE, Anyagfizikai Tanszék, Budapest

² Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

Gémes György András, Hózer Zoltán, Horváth Márta, **Polestyuk Zoltán**,
Takács Sándor

Cirkónium mintákon végrehajtott mechanikai vizsgálatok a C.A.K.- projekt keretében

A C.A.K.-projekt keretén belül az atomenergia-
iparban használatos, E-110 és E-110G szabványos
jelölésű cirkónium ötvözeteken hajtottunk végre
mechanikai vizsgálatokat. Az alapállapotú
minták vizsgálata mellett teszteltünk olyan
próbatesteket, melyek további kezelésen estek át.
A C.A.K.-konzorcium munkatársai a mintákat
például hidrogén atmoszférás, vagy
nagy nyomású oxigén atmoszférás kezelésnek

vetették alá, azzal a céllal, hogy olyan
környezetet hozzanak létre, amely előfordulhat
egy esetleges üzemzavar során. Az említett
mintákat az MTA EK kutatócsoport és a TÜV
Rheinland munkatársai mindkét intézetben
párhuzamosan gyűrűszakító, gyűrűroppantó,
metallográfiai és örvényáramos vizsgálatoknak
vetették alá. Az előadás az elvégzett vizsgálatok
eredményét mutatja be.

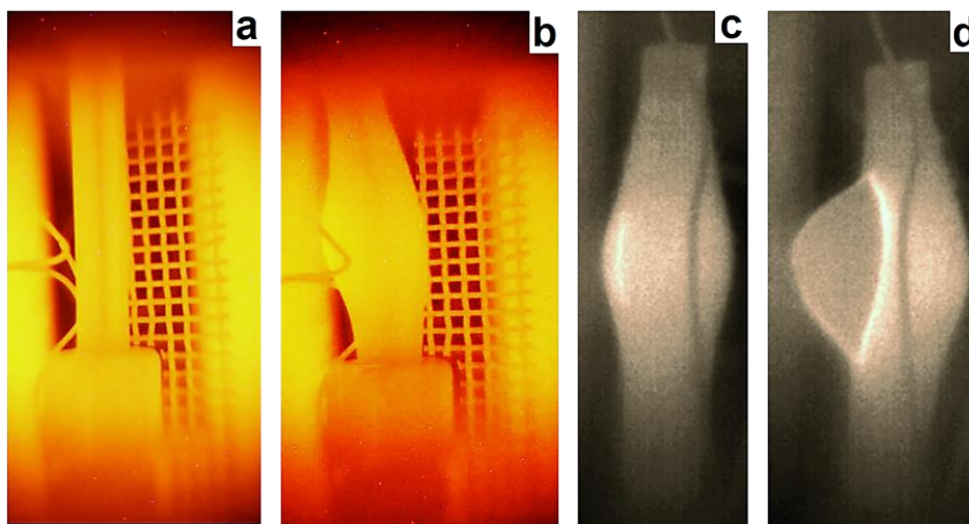
Király Márton¹, Nagy Richárd¹, Szepesi Tamás², Almási Ádám¹

Atomerőművi fűtőelemek üzemzavari viselkedésének modellezése

Az atomerőművi fűtőelemek üzemzavari körülmények között magas hőmérsékletre hevülhetnek, a növekvő belső nyomás pedig a fűtőelem pálcák felnyílásához vezethet. A sérülési mechanizmusok megismerése fontos lehet az üzemzavarok pontosabb modellezéséhez.

Célkitűzések: A fűtőelemek sérülésének modellezése magas hőmérsékleten és nyomáson, ehhez egyedi csőkemence tervezése, az állandó nyomásnövelési sebesség biztosítása, az on-line vizuális megfigyelés lehetőségének megteremtése, valamint a kiértékelés automatizálása.

Eredmények: Egy saját tervezésű csőkemencét összekapcsoltunk egy a méréshez fejlesztett automatizált nyomásvezérlő- és adatgyűjtő rendszerrel, és terveztünk egy egyedi, nagy látószögű optikát, melynek segítségével a méréseket rögzíteni tudtuk hagyományos és nagysebességű kamerával is (1. ábra). A cirkónium burkolat csövekből levágott, 85 mm hosszú mintákat hegesztett cirkónium dugókkal zártuk le. A 700-1000 °C közötti izoterm hőmérsékleten, 1-1000 kPa/s közötti egyenletes nyomásnövelési sebességek mellett végzett méréseket rögzítő felvételek alapján, automatizált képtárolás segítségével mérhetővé vált a vizsgált burkolat minták átmérőjének változása, a felfúvódás időbeli lefolyása. További érdekes jelenségekre is fény derült, mint az egyenletes átmérő-növekedési szakasz után a minták aszimmetrikus felfúvódása és elhajlása, valamint a felhasadás helyén mutató, mechanikai munka okozta lokális felmelegedés. Az általunk mért és a szakirodalomból származó felhasadási nyomás értékekre függvényt illesztettünk, ami alapján becsülhetővé vált a maximális nyomás értéke különböző hőmérsékleteken és nyomásnövelési sebességek mellett.



1. ábra – A burkolatminták képe a 800 °C-on végzett mérés közben. A hagyományos kamerával készült képeken a minta eredeti (a) és felfúvódott (b) alakja látható, a gyorskamerával készült képeken pedig kivehető a repedésterjedés (c) és a felhasadás menete (d).

¹ Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

² Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Trampus Péter

Miért szükséges hazai nukleáris anyagtudományi kutatás?

Húszezer reaktorév tapasztalata birtokában kijelenthető, hogy sokat tudunk az üzemelő atomerőművek szerkezeti anyagjainak a viselkedéséről. Az utóbbi évtizedekben azonban újabb kérdések merültek fel, amelyek összefüggnek az atomerőművek üzemidő hosszabbításával. A világban továbbra is szisztematikus kutatómunka folyik a reaktor szerkezeti anyagok tulajdonságainak az üzemi terhelés és a környezeti hatások eredményeként bekövetkező károsodása mélyebb megértése, valamint a hatás monitorozása céljából. A kutatások eredményeinek és az üzemelési tapasztalatoknak a birtokában az anyagtudomány művelői egyetértenek abban, hogy a jelenleg üzemelő és az épülő reaktorok szerkezeti anyagai hosszú távon két jelentős kihívással néznek szembe: (1) a gyorsneutron-sugárzás okozta elridegedés és ezzel egyidejűleg bekövetkező szívósságvesztés, és (2) a sugárzás segítette feszültségkorrózió.

Az új paksi blokkok konstrukciója néhány dologban eltér az üzemelőkéétől. Az eltérések egyike a reaktortartály szerkezeti anyagának nikkellel történő ötvözése. Szakirodalomból ismerjük ezt az acélt, beleértve kedvező és kedvezőtlen tulajdonságait, azonban sem hosszú idejű üzemeltetési adatok nem állnak rendelkezésre még a világban (az új paksi blokkok tervezett üzemideje 60 év), sem hazai vizsgálati tapasztalatunk nincs vele. Egy másik eltérés az, hogy az új reaktorok hűtőköre nem korrózióálló, hanem alacsonyán ötvözött acélból készül, amit hegesztéssel felvitt korrózióvédő plattírozással látnak el. Ez a konstrukció mind az anyag korrózióval szembeni viselkedését, mind a

károsodás monitorozását tekintve új helyzetet teremt. Ismert, hogy két egymástól jelentősen eltérő kémiai összetételű és eltérő hőfizikai tulajdonságú anyag összehegesztése rendkívül igényes feladat, és legalább ennyire igényes a hegesztett kötés roncsolásmentes vizsgálata. A plattírozásnak és különösen a plattírozás alatti rétegnek repedések kialakulására való érzékenységevel és az üzemeltetés közbeni vizsgálatának nehézségeivel kapcsolatosan a paksi atomerőmű üzemelő reaktortartályain szereztek már némi tapasztalatot.

Annak érdekében, hogy az új blokkok anyagtudományi vonatkozású kérdéseinek kezelésére időben felkészüljön az ország, szükség van az arra alkalmas hazai intézmények bázisán egy országos koordinált kutatási program létrehozására, amelynek célkitűzései a következők:

- tudásbázis létrehozása az új blokkok szerkezeti anyagainak vonatkozásában,
- az erőmű öregedéskezelési programjának megalapozása,
- a hazai intézményhálózat felkészítése az új blokkok létesítése és üzemeltetése során adódó anyagtudományi feladatok ellátására,
- hozzájárulás az új atomerőmű hosszútávú, biztonságos és gazdaságos üzemeltetésének a megalapozásához.

A koordinált kutatási program az üzemelő blokkok öregedéskezelési problémáinak megoldását is segíti.

Kresz Norbert Róbert ¹, Oszvald Ferenc ², Buglyó András ¹,
Varga Tibor Istvánné ¹

Az üzemidő hosszabbítás reaktortartály felügyeleti programja a Paksi Atomerőműben

A reaktortartály szerkezeti anyagok élettartam kimerülési folyamatának ismerete és előrejelzése az erőmű hosszú távú üzemeltetésének egyik alapvető követelménye. Az élettartam gazdálkodás egyik kulcskérdése a nyomástartó reaktortartály szerkezeti integritásának hosszú távon történő biztosítása. A reaktortartály nem cserélhető berendezés, ezért épségét a teljes (tervezett ill. a meghosszabbított) üzemidő alatt igazolni kell, és ez határozza meg az üzemelési élettartam hosszát.

A szerkezeti integritás megítéléséhez ismerni szükséges – többek között – az anyag lokális károsodási folyamatát a különböző üzemi és üzemzavari körülmények hatására. A reaktortartály szerkezeti anyagok élettartam kimerülési folyamatának ismerete és előrejelzése az erőmű hosszú távú üzemeltetésének egyik alapvető követelménye. A sugárkárosodás előrejelzésére a trendgörbék szolgálnak. A trendgörbék felvételéhez különböző forrásból származhatnak adatok: kutató reaktorokban végrehajtott kutatási programokból, atomerőművekben folytatott besugárzási kísérletekből, üzemén kívül helyezett reaktortartályok falából kimunkált próbatesteken végzett vizsgálatokból, illetve atomerőművi felügyeleti (surveillance) programok eredményeiből. Ezen felügyeleti programok alkalma-

zását a nukleáris biztonságtechnikai hatóságok az első generációs reaktortartályokat követően valamennyi reaktorra kötelezően előírták. A Paksi Atomerőmű blokkjai is az indulásuk kezdetétől rendelkeztek felügyeleti próbatest készletekkel. A sugárkárosodás felügyeleti program az üzemeltetés kezdetétől kulcsfontosságú szerepet játszott a reaktortartályok élettartam kimerülési folyamatának vizsgálatában. Folyamatos fejlesztése és a kiegészítő felügyeleti program bevezetése biztosította a tudományos eredményekkel való lépéstartást, valamint a reaktortartályok meghosszabbított üzemidő alatti sugárkárosodás monitorozásának lehetőségét.

Tekintve, hogy az 1. blokk indulására 1982-ben került sor, a 30 évre szóló üzemeltetési engedély 2012-ben lejárt. Az üzemidő 20 évvel történő meghosszabbítására készülve az erőmű 2010-re kidolgoztatta a meghosszabbított üzemidőre vonatkozó felügyeleti programot, illetve a 2011-2014 időszakban ezek a felügyeleti próbatestek az 1-4 blokkokon elhelyezésre is kerültek. Előadásunkban bemutatjuk az üzemidő hosszabbítás idejére vonatkozó felügyeleti programot, bemutatjuk a korábbi programokhoz képesti változásokat, illetve a reaktortartályokból már kiemelt próbatesteken végrehajtott vizsgálatokat és eredményeket.

¹ MVM Paksi Atomerőmű Zrt., Paks

² VEIKI Energia+ Kft., Budapest

Pinczés János¹, Rátkai Sándor¹, Bíró Ágnes Katalin², Baumanné Tanits Katalin²

A szelektív korrózió kezelése az öregedéskezelés keretében

A szelektív korrózió (szelektív kioldódás), vagy pl. „fémtelenedés” olyan károsodási folyamat, amelynek során az ötvözetek egyes komponensei gyorsabban oldódnak, mint a többi. A komponens rendszerint megtartja eredeti formáját, de részben porózussá válik, a funkcióviselő keresztmetszetének méretei észrevétlenül lecsökkenhetnek.

A nemzetközi együttműködés keretében folyó munkák során felmerült az igény a korábban program szinten nem kezelt öregedési mechanizmus öregedési programokban történő megjelenítésének. A műszaki-tudományos eredmények és az iparági tapasztalatok bázisán elkészült az öregedési mechanizmussal kapcsolatos ismeretek összefoglalója (Típus Öregedéskezelési Program - TÖKP). A TÖKP alapján elvégzett szűrés után módosultak azok a Specifikus Öregedéskezelési Programok (SÖKP), amelyeknél a szelektív korrózió lehetősége nem zárható ki.

A szelektív korrózió kérdésének feldolgozása jól példa arra, hogy az iparban folyó karbantartási, üzemeltetési stb. munkák hogyan támaszkodnak az anyagokkal kapcsolatos műszaki-tudományos ismeretekre és az ezen ismeretek alapján végrehajtott ellenőrzések, elemzések eredményeire.

¹ MVM Paksi Atomerőmű Zrt, Paks

² VEIKI Energia+, Budapest

Vértesy Gábor, Gasparics Antal, Szenthe Ildikó, Gillemot Ferenc

Reaktoracél sugárkárosodásának roncsolásmentes vizsgálata mágneses módszerrel

A ferromágneses anyagokban bekövetkező szerkezeti változások hatással vannak azok mágneses viselkedésére. Ezért megfelelő módon elvégzett mágneses mérések segítségével nyomon követhetők ezek a folyamatok. Egy olyan új módszert (Mágneses adaptív teszt: MAT) fejlesztettünk ki a közelmúltban [1], amely roncsolásmentesen végezhető, megbízható, és amely megfelelő érzékenységet biztosít. A módszer lényege, hogy külső mágnesező járom segítségével szisztematikusan, növekvő amplitúdójú mágneses térrel mágnesezzük a mérendő mintát, és a mérés során a hiszterézis alhurkokat detektáljuk. A kiértékelés során a kapott adathalmazból kiválaszthatók az adott anyagban bekövetkező változásokat legjobban jellemző mágneses paraméterek. Ennek a mérési módszernek az alkalmazhatóságát kutatjuk jelenleg egy EU H2020 projekt: a „NOMAD” [2] során, amelynek célja a nukleáris reaktorok nyomástartó tartályában kialakuló anyagkifáradás roncsolásmentes kimutatása.

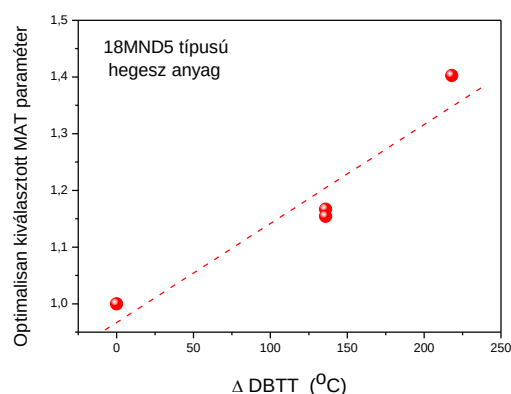
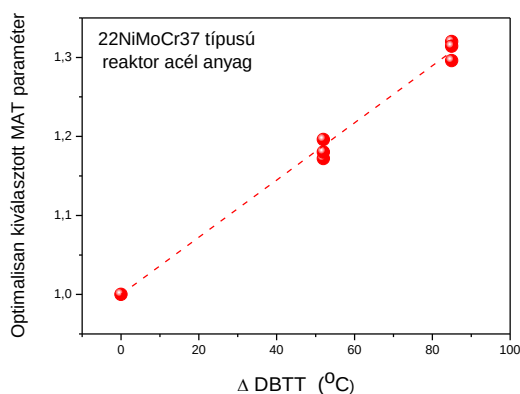
Különböző reaktor acél anyagtípusokat képviselő minta-sorozatokat sugároztunk be többféle

neutron dózissal, és roncsolásos módszerrel (Charpy ütőteszt) meghatároztuk az ún. átmeneti hőmérsékletet, ami az anyag rideggé válását jellemzi. Ezt a paramétert hasonlítjuk össze az általunk roncsolásmentes módon mért mágneses jellemzőkkel. Amint azt az 1. ábrán bemutatjuk két reaktor acél típusra, kitűnő, lineáris összefüggés adódott a két jellemző között.

A mérések alapján javasoljuk a vizsgálatok kiterjesztését az atomiparban ténylegesen felmerülő igények figyelembe vételével, és végső soron, megfelelő betanulási folyamat után, a jelenleg szinte kizárólagosan megkövetelt roncsolásos vizsgálati módszerek kiváltását.

[1] I. Tomáš, G. Vértesy, „Magnetic Adaptive Testing“, in *Nondestructive Testing Methods and New Applications*, M.Omar (Ed.), ISBN: 978-953-51-0108-6, (2012), InTech:
<http://www.intechopen.com/articles/show/title/magnetic-adaptive-testing>

[2] <http://nomad-horizon2020.eu/>



1. ábra – Különböző dózissal besugárzott kétféle reaktoranyagon mért átmeneti hőmérséklet és a mágneses jellemzők közötti kapcsolat

Tóth Péter

Modern, atomerőművi szerkezeti anyagok és modellezés

A Paksi Atomerőmű építése a 20. század legnagyobb ipari beruházása volt Magyarországon. Az új atomerőművi blokkok létesítése hasonló léptékű lehet a 21. század során, melyek létesítése fenntarthatósági, környezetvédelmi célokat is szolgál a kapacitás fenntartása mellett.

Az új blokkok 60 éves tervezett üzemidővel rendelkeznek majd. A maximális nukleáris- és üzembiztonság szavatolása érdekében a ma elérhető legkorszerűbb, ún. „3+ generációs” nyomottvízes reaktortípus fog megépülni.

A VVER-1200 (orosz típusjelzése általában AES-2006) reaktorok tervezésének alapjául elsősorban a VVER-1000-es típusok szolgáltak. A VVER-1200 blokkok működése – a jelenleg üzemelő VVER-440 típusú paksi reaktorokhoz hasonlóan – az ún. nyomottvízes technológián alapul.

A Paksi Atomerőmű jelenleg is működő négy, egyenként eredetileg 440 megawattos reaktorblokkja 1982 és 1987 között kezdte meg működését. Az elvégzett módosításoknak köszönhetően a reaktorok teljesítménye elérte az 500 megawattot, üzemidejük pedig 30-ról 50 évre lett meghosszabítva. Az üzemidő hosszabítást többek között az tette lehetővé, hogy a

létesítéskor – az akkori szabályzatok előírt minimumaihoz képest – jobb, koszerűbb anyagok kerültek beépítésre, illetve az üzemidő hosszabítás során az anyagvizsgálatok, anyagmodellek, öregedéssel kapcsolatos információk, elemzési lehetőségek jóval fejlettebbek voltak, mint az 1-4 blok létesítésekor. Célunk most is az, hogy a lehető legjobb, legkorszerűbb anyagok kerüljenek felhasználásra és a létesítés során elvégzett, vagy előkészített (pl. ún. surveillance) mérések megfelelő alapot szolgáltatassanak az öregedéskezeléshez és az élettartammal kapcsolatos elemzésekhez 50-60 év múlva, vagy akár azon túl is.

Előadásunkban az anyagtudomány és gyártástechnológia fejlődését, a felhasznált anyagokkal, az öregedésükkel kapcsolatos információkat és modelleket szeretnénk röviden bemutatni, elsősorban a VVER-440/213, VVER-1000 és VVER-1200 reaktortartályainak vonatkozó szakirodalma alapján. Ezen kívül teszünk egy gyors kitekintést a fővízkör egyéb komponenseire és a jövőre is, különös tekintettel arra, hogy az új blokkok esetén vajon milyen anyagadatokra, modellekre lesz és/vagy lehet szükség 5-10 és 50-100 év múlva.

Kővári András

Az új paksi VVER 1200 blokkok fővízköri elemeinek roncsolásmentes vizsgálati lehetőségei és kérdései

A Paksi Atomerőmű építése a 20. század legnagyobb ipari beruházása volt Magyarországon. Az új atomerőművi blokkok létesítése hasonló léptékű lehet a 21. század során, melyek létesítése fenntarthatósági, környezetvédelmi célokat is szolgál a kapacitás fenntartása mellett.

Az új blokkok 60 éves tervezett üzemidővel rendelkeznek majd. A maximális nukleáris- és üzembiztonság szavatolása érdekében a ma elérhető legkorszerűbb, ún. „3+ generációs” nyomottvizes reaktortípus fog megépülni.

A VVER-1200 (orosz típusjelzése általában AES-2006) reaktorok tervezésének alapjául elsősorban a VVER-1000-es típusok szolgáltak. A VVER-1200 blokkok működése – a jelenleg üzemelő VVER-440 típusú paksi reaktorokhoz hasonlóan – az ún. nyomottvizes technológián alapul.

A fővízköri elemek szerkezetének integritása különösen nagy jelentőséggel bír az erőmű üzembiztonságának fenntartásában.

Előadásomban a kapacitásfenntartás keretében épülő új erőművi blokkok fővízköri elemeinek gyártás közbeni, szerelési, és az üzemeltetés alatt végzendő roncsolásmentes anyagvizsgálatok kérdéseit, lehetőségeit, szeretném felvázolni a jelenlegi megvalósulási fázis tükrében.

Hózer Zoltán¹, Novotny Tamás¹, Perezné Feró Erzsébet¹, Horváth Lászlóné¹,
Pintérné Csordás Tóth Anna¹, Szabó Péter¹, Illés Levente¹, Marc Schyns²,
Rémi Delville², Daejong Kim³, Weon-Ju Kim³, Martin Sevecek⁴

Új típusú burkolatok fejlesztése atomerőművi fűtőelemekhez

A jelenleg működő atomerőművekben olyan fűtőelemeket használnak, amelyek burkolata cirkónium ötvözetekből készül. A fukusimai baleset után felvetődött, hogy olyan megoldásokra lenne szükség, amelyekkel elkerülhető a robbanásveszélyes hidrogén keletkezése a cirkónium-vízgőz reakció következtében. A tervezés alatt álló új reaktortípusok is fejlesztése is új fűtőelem konstrukciókat igényel.

Az MTA EK az utóbbi években három olyan nemzetközi együttműködésben is részt vett, amelyekben különböző burkolatokat kellett extrém körülmények között tesztelni. A vízhűtésű atomerőművek balesetálló fűtőelemeihez készülő krómbevonatos cirkónium csöveket magas hőmérsékletű vízgőzben kellett oxidálni, majd mechanikai és anyagszerkezeti vizsgálatoknak kellett alávetni. Az ALLEGRO gázhűtésű gyorsreaktor fejlesztése során két különböző zónával is számolnak a tervezők. Ez egyik a bevezető fázisban használható induló zóna, a másik pedig magas hőmérsékleten üzemelő, keramikusan fűtőelemekből tervezett zóna. Az első zóna fűtőelemeihez 15-15Ti típusú rozsdamentes acélötvözetet fognak használni, a második zónához pedig SiC_f/SiC kerámia burkolatot terveznek. Mindkét burkolatot meg kellett vizsgálni abból a szempontból, hogy okoz-e bennük változást a magas hőmérsékletű hélium és az abban található különböző szennyezések.

A krómbevonatos burkolattal 1100-1200 °C hőmérsékleten végzett mérések szerint a bevonatos minták nagyon jól bírták a magas hőmérsékletű oxidációt. A felületükön csak vékony oxidréteg alakult ki és a minták – a gyűrűroppantásos mechanikai vizsgálatok szerint – képlékenyek maradtak. Az első vizsgálatok szerint megállapítható volt, hogy a krómbevonatos burkolat viselkedése üzemzavari és baleseti állapotokban sokkal kedvezőbb, mint a hagyományos cirkónium burkolaté. A hélium atmoszférában 1000 °C-on SiC_f/SiC kerámia kompozitból és 15-15Ti rozsdamentes acélból készült mintadarabokkal hosszú idejű méréseket végeztek. A mintadarabokat elektronmikroszkóppal megvizsgálták és mechanikai teszteknek vetették alá. Megállapították, hogy a 15-15Ti csövek 1000 °C-on csak 180 bar belső nyomás fölött hasadnak föl. Összességében a mérések igazolták, hogy az ALLEGRO reaktor első (15-15Ti) és második (SiC_f/SiC) zónájának tervezett burkolata jól viseli a magas hőmérsékletű hélium atmoszférát szennyezők (metán, nitrogén, hidrogén) jelenlétében is.

¹ Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

² SCK·CEN Belgian Nuclear Research Centre

³ Korea Atomic Energy Research Institute

⁴ Czech Technical University in Prague

Benke Márton¹, Hlavács Adrienn¹, Karacs Gábor¹, Kristály Ferenc²,
Mertinger Valéria¹

Fázisarány meghatározása kristálytanilag orientált anyagokon pólusábrák alapján

Többfázisú ötvözetek esetén a mikroszerkezet leírásának alapkérdése a jelen lévő fázisok aránya. A fázisarány meghatározásának szofisztikált eszköze a röntgendiffrakciós Rietveld analízis, amely a mintáról készült teljes spektrum összes reflexiójának intenzitásából indul ki. Ha az adott fázis orientált (a minta textúrája), egyes reflexiói erősödnek, míg más reflexiói gyengülnek. Ilyen esetben a Rietveld analízis megadja a textúra mértékét, mint kimeneti adatot. Azonban, ha a fázis erősen orientált, előfordulhat, hogy egyetlen reflexiója sincs Bragg-helyzetben, ezért reflexiói nem jelennek meg a teljes spektrumon. Ilyen esetben a kérdéses fázis térfogataránya 0.

Célok: Kutatásunk célja egy olyan módszer kidolgozása, amely alkalmas a fázisarány becslésére erősen textúrált anyagok esetében is.

A módszer alapelve, hogy a reflexiók intenzitását nem csak egy irányból vizsgálja, mint a konvencionális módszer, hanem több irányból, amit pólusábrák felvételén keresztül valósítunk meg. Valamely X fázis térfogatarányának számításához használt $X\{hkl\}$ reflexió összintenzitása így az $X\{hkl\}$ síkrendszer pólusábrájának összintenzitása lesz.

Eredmények: A kidolgozott módszert ismert összetételű preparátumokon validáltuk. Ezután erősen textúrált, szakítóvizsgálatnak kitett TWIP/TRIP hatást mutató acél mintákon alkalmaztuk. Mérési eredményeinket összehasonlítottuk a konvencionális mérési módszerrel. Kimutattuk, hogy a kidolgozott módszer erősen textúrált minták esetében pontosabb eredményt biztosít, mint a hagyományos eljárás.

¹ Miskolci Egyetem, Fémtechnológiai, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

² Miskolci Egyetem, Ásványtani - Földtani Intézet, Miskolc

Gillemot Ferenc¹, Horváth Lászlóné¹, Szenthe Ildikó¹

Anyagtakarékos próbatestek használata

Sok esetben nem áll rendelkezésre elegendő anyag normál méretű, szabványos próbatestek készítésére mechanikai vizsgálatokhoz. Jellemző esetek a különféle üzemeltetés okozta öregedések vizsgálatai, amikor üzemelő szerkezetből kell mintát venni oly módon, hogy a lehető kisebb kárt okozzuk a szerkezetben, vagy laboratóriumi vizsgálatok, ahol a minták méretét korlátozza a rendelkezésre álló archív anyag mennyisége, vagy a minta öregítésére használt berendezés kapacitása. Speciális eset a neutronsugárzás okozta károsodás vizsgálata, ahol a fentiekén kívül az öregítés alatt az önárnyékolás, a vizsgálat alatt minta radioaktivitása is a méret csökkentésére ösztönöz.

Az anyagtakarékosságnak két módszere ismert: a próbatest rekonstrukció és a mini illetve mikro próbatestek alkalmazása. A két módszer egyes esetekben kombinálható is.

A próbatest rekonstrukció azt jelenti, hogy csak a próbatest aktív része készül a vizsgált anyagból és más anyagból készített toldatokat hegesztenek hozzá megfogásnak. Jellemző példa a Charpy próbatest, ahol egy törött Charpy próbatest félből levágják a vizsgálat alatt deformálódott részt és a maradékból akár 2db 11 mm hosszú archív darabot vágnak ki, majd ezt hegesztéssel kiegészítik teljes próbatestté. Ily módon 4 db új Charpy próbatest készülhet, azaz 1 próbatestnyi anyagból 5 vizsgálat végezhető. Ugyancsak egy fél törött Charpy próbatestből rekonstrukcióval sikerült 12 db mini szakító próbatestet is készíteni.

A mini és mikro próbatestek használata is terjed. Mini szakító próbatestet sok esetben készítenek 1-2 mm átmérővel és 15-25 mm hosszban. A szakító próbatesteket arányosnak tekintjük, azaz a mini próbatesteken mért szilárdsági eredmények elvileg megfelelnek a szabványos próbatesteken mért értékeknek. Nem szabad azonban figyelmen kívül hagyni a szórás növekedését és az esetleges anyaghibák hatását sem. Egy 15 mm átmérőjű rúd szilárdságát egy 0.5 mm-nél kisebb zárvány nem sokban zavarja, ugyanez a hiba egy 1 mm átmérőjű próbatest eredményét tönkreteszi. Mini próbatestek használatánál a töretet SEM fraktográfiával ellenőrizni kell és a hibás méréseket ki kell zárni az értékelésből.

Mini törésmechanikai próbatestek használata sokáig nem volt lehetséges, eleinte akár 50-150 mm vastag sokszáz kilós próbatestekkel dolgoztak a törési szívósság mérésére, hogy elkerüljék a próbatest mérethatásából eredő hibákat. A „Mestergörbe” módszer megjelenése és a mérés technika fejlődése (pl. lézer extenzóméterek használata) lehetővé tette Charpy méretű és ennél kisebb próbatestek alkalmazását is. Jelenleg már 10*10*4 mm méretű próbatesteken is lehet törési szívósságot mérni.

Nemrégiben szabványosítottak a „small punch” próbát, amely 5 mm átmérőjű és fél mm vastag korongokat használ törési szívósság mérésére.

Az előadásban a fenti anyagtakarékos mechanikai vizsgálatokból mutatunk be eseteket az MTA EK által alkalmazott technológiákkal.

Nagy Erzsébet¹, **Kristály Ferenc**²

Rietveld illesztés alkalmazása irányított szerkezetekben

A fémötvözetekben kristályosodás közben kialakuló vagy lehűlés közben átalakuló fázisok gyakran komplex szerkezetet hoznak létre, amely egyértelműen anizotrópikus jelleget mutat.

A röntgendiffrakciós módszeren alapuló fázisanalízis jól ismert módszer a mintában jelenlévő fázisok meghatározására. Izotróp por mintáknál a fázis azonosítás nem okoz problémát, azonban amint valószínűsíthető az anizotrópia jelenléte a megszokott vizsgálati protokoll sok esetben nem alkalmazható. Acélok esetében a martenzites átalakulás okozta irányított, tűs jellegű fázisképződés az adott fázisokról érkezett jel intenzitását befolyásolja, akár egyes reflexiók el is tűnhetnek a diffraktogramról az irányítottság miatt. Az adott fázisról kapott egyes reflexiók integrált intenzitás értékének változásával a fázis mennyiség értékei is módosulnak, a valós értéktől eltérő mennyiség mérhető.

Mivel a korábbi vizsgálataink során a fémek fázis azonosítására alkalmazott teljes profilanalízis módszerében az orientációval terhelt szerkezet

értékelésekor nem állt rendelkezésre korrekciós módszer, amellyel figyelembe vehető az anizotrópia jelenléte, ezáltal a teljes profil módszerrel végzett fázis mennyiség meghatározása hibával terhelt értéket eredményezett. A Rietveld illesztési módszer alkalmazásával lehetőség nyílt mind az orientáció, mind az esetleges rácsban kialakuló feszültség figyelembevételére és korrekciójára, és ezáltal a valós szövetszerkezet pontos leírására.

A kutató munka során Fe és Cu alapú ötvözetekben kialakuló irányított, komplex szövetszerkezeteket vizsgáltunk Rietveld illesztési módszerrel. A különböző állapotú mintákon, amelyeken az alkalmazott technológiai folyamatok a szövetszerkezetben egyértelmű nyomokat hagytak fázisok mennyiségének meghatározást végeztük. A szerkezetben megjelent irányítottság jellegét figyelemmel kísértük, értékeltük és elvégeztük a lehetséges korrekciókat.

¹ Anyagtudományi Kutatócsoport, Miskolc

² Ásványtani-Földtani Intézet, Miskolc

Sebők Dániel, Vásárhelyi Livia, Szent Imre, Kukovecz Ákos, Kónya Zoltán

Pórusos rendszerek vizsgálata mikro-CT technikával

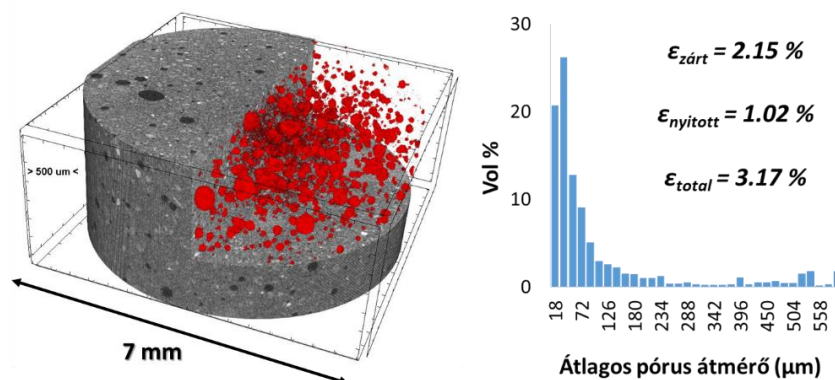
Pórusos rendszerek vizsgálatára, szerkezettel, fajlagos felülettel, porozitással és töredezettséggel kapcsolatos paraméterek meghatározására számos módszer áll az anyagtudománnyal foglalkozó kutatók rendelkezésére, úgy, mint N_2 adszorpció, higany-porozimetria, elektronmikroszkópia stb. Ezen módszerek az anyaghoz való hozzáférhetőség (pl. zárt pórusok) vagy a vizsgálható méretskála tekintetében jelentősen eltérnek, többnyire egymásra nézve kiegészítő (fél)információkat nyújtanak. A mikro-CT technika ugyanakkor lehetővé teszi számos szerkezeti paraméter, valamint a (nyitott és zárt) pórusszerkezet térbeli és -méreteloszlásának kvantitatív meghatározását és vizualizációját a μm -cm skálán, nagyságrendeken átívelve, mindezt a minta és a szerkezet roncsolása nélkül.

Munkánk során olyan, a mindennapi gyakorlatban is előforduló pórusos anyagokat (pl. hagyományos és adalékolt beton) vizsgáltunk - Bruker SkyScan 2211 típusú - mikro-CT készülékkel, melyek tomográfiás vizsgálata ugyan nem ismeretlen az irodalomban, de a μCT technika nyújtotta ultra nagy felbontás alkalmazása még új kutatási terület. Vizsgáltuk

továbbá folyósító adalékszer sztérikus stabilizáló-, ill. a víz-cement tényezőre, szerkezetre, porozitásra és szilárdságra gyakorolt hatását.

A polikarboxilát-éter bázisú szuperfolyósító (Melflux 2651 F) szerkezetre és szilárdságra gyakorolt hatásának vizsgálata során megállapítottuk, hogy az adalék alkalmazásával a beton elkészítéséhez szükséges víz mennyisége jelentős mértékben csökkent, miközben a minták szilárdsága és tömörsége nőtt - a porozitás a hagyományos betonra jellemző 2-3 %-ról közel nullára csökkent. Feltérképeztük és vizualizáltuk a mintákra jellemző 3D pórustérképet, valamint meghatároztuk a rájuk jellemző pórusméret-eloszlásokat a μm -mm skálán (1. ábra).

A munka az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával és az Emberi Erőforrások Minisztériuma UNKP-18-4 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.



1. ábra – Beton mintáról és annak pórus-szerkezetéről készített mikro-CT felvétel (felbontás: 9 μm), valamint a felvétel alapján meghatározott pórusméret-eloszlás és porozitás

Suplicz András¹, **Boros Róbert**¹, **Semperger Orsolya**^{1,2}

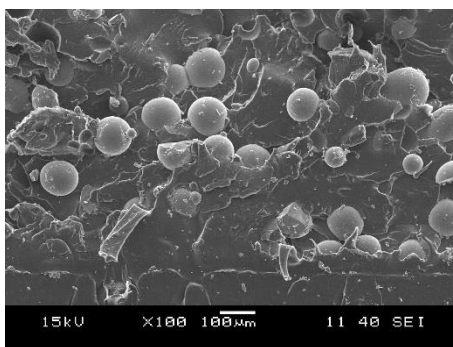
Üveggyönggyel töltött többkomponensű fröccsöntött polimer kompozitok határfelületi kapcsolatának vizsgálata

A műanyagipar az elmúlt években az egyik leggyorsabban növekvő ipari ágazat, amelyet jól mutat az a tény, hogy 2017-ben közel 350 millió tonna polimer alapanyag került legyártásra [1]. Az ágazat egyik legfontosabb és legsokoldalúbb termékelőállítási módszere a fröccsöntés, amely hosszú ideje növekvő piaci szegmens, egyre nagyobb számban, egyre több termék előállítására alkalmazzák. Sokoldalúságát nem csak a számos technológiai megoldás, de a feldolgozható alapanyagok széles választéka is adja.

A polimer alapanyagokat gyakran társítják töltő- és erősítőanyagokkal, hogy módosítsák azok tulajdonságait. Ilyen cél lehet például a szilárdság és a modulus növelése, a hőállóság javítása, vagy egyszerűen az ár csökkentése. Azonban a töltő- és erősítőanyagok számos esetben negatív hatással is lehetnek a késztermék tulajdonságaira. Erre jó példa az összezsapási hibahellyel rendelkező vagy a többkomponensű fröccsöntéssel előállított minta, ahol az összezsapási fronton vagy határfelületen megjelenő töltőanyagok hegedési problémákat okozhatnak, ezzel lecsökkentve az alkatrészek élettartamát.

Kutatómunkánk során azt vizsgáltuk, hogy az üveggyöngy, mint az autóiparban gyakran alkalmazott töltőanyag, hogyan befolyásolja többkomponensű fröccsöntés esetén a határfelületek között kialakuló adhéziót. A vizsgálatokhoz egy kísérletterv alapján hat különböző polipropilén alapú kompaundot készítettünk, amelyekből lapokat fröccsöntöttünk. Ezekre az előgyártmányokra fröccsöntöttük rá a töltetlen polipropilént egy speciálisan erre a célra készített szerszám felhasználásával, amelyben a hegedés közelében a formaüregben kialakult nyomás lefutását nyomon tudtuk követni. Az elkészített többkomponensű próbatesteken szakítóvizsgálatokat hajtottunk végre, amellyel jellemezni tudtuk az adhézió mértékét. A kapott eredmények okainak megértéséhez szegregációs elemzéseket és mikroszkópiás vizsgálatokat végeztünk.

[1] *PlasticsEurope: Plastics – the Facts 2018, Belgium (2018) (www.plasticseurope.org)*



1. ábra – Üveggyöngyöket tartalmazó polipropilén minta töretfelületének SEM felvétele

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, Budapest

² HD Composite Zrt., Budapest

Tóth József

Rozsdamentes acélok és Cu-Ni ötvözetek felületi korróziójának elektron színképészeti tanulmányozása

Rozsdamentes acélok és Cu-Ni ötvözetek Röntgen-fény gerjesztéses elektron színképészeti (ESCA/XPS) módszerrel történő felületvizsgálatával a nukleáris technikában használatos szerkezeti anyagok felületi korróziójára nanoskálán nyerhetünk egyedi információt. A felülettől mért mélység függvényében argon ionmarással történő nanométer skálájú szeleteléssel mennyiségi elemzést végzünk a rozsdamentes acélok és a Cu-Ni ötvözetek maximum néhány száz nm vastag felületi rétegeiben. Az ESCA/XPS elektron színképek tanulmányozásával végzett vegytani,

mennyiségi elemzéssel az atomerőművekben és az élelmiszer iparban is használatos rozsdamentes acélok felületi korróziójára kapunk információt. A Cu-Ni ötvözetek az erőművek kondenzátor csöveinek a szerkezeti anyagai, ezekre vonatkozóan szintén fontos információ nyerhető a felületi korrózióról a szóban forgó felületi elektron színképészeti (ESCA/XPS) módszerrel. Az ATOMKI saját építésű XPS/ESCA (ESA-31 jelű) elektron színképmérő berendezésében az említett vizsgálatok megvalósíthatók radioaktív (kisebb mint 0.5 MBq gamma sugárzású) minták esetében is.

Gyöngyösi Szilvia¹, **Juhász Laura**¹, **Nagy Melinda**²,
Szatmáriné Bakonyi Eszter², **Barkóczy Péter**³, **Forgács György**⁴

Arany János szoborcsoport restaurálásának anyagvizsgálati kérdései

Műkincseink védelme rendkívüli fontosságú feladatunk. A kültéri szobrok fokozott korróziós hatásnak vannak kitéve, így védelmük még nagyobb körütekintést igényel. A restaurálás és korrózió elleni védelem megtervezése során több anyagtudományi kérdés is felmerül, amire a korszerű anyagvizsgálat adhat választ. Ilyen kérdés a korróziós termék összetétele, hogy az a felületen maradhat-e, vagy el kell távolítani. Ha el kell távolítani, akkor milyen módszerrel történjen az eltávolítás? Milyen az alapfém és a korróziós termék összetétele, milyen vegyszerek használata javasolt.

Ennek a munkának egyik kiemelkedő példása a Nemzeti Múzeum kertjében álló Arany János szoborcsoport restaurálása. Nemzeti értékünk restaurálása kiemelt, nagy körütekintést igénylő

feladat volt. Ezért tervezetten több helyről történt mintavétel és vizsgálat az alapfém összetételét és a korróziós réteget illetően. A vizsgálat elsődleges célja volt, hogy kimutassa a veszélyes elemeket és vegyületeket. Ezen felül a korróziós termék összetétele és típusa is kérdés volt, hogy a felület kezelését, védelmét is megfelelően tervezni lehessen.

Előadásunkban a mintavételi helyeket és módszert, a vizsgálati eljárásokat és eredményeket mutatjuk be. Elemezzük a felület állapotát és hogy milyen módon szükséges védeni azt. Rövid betekintést adunk a szobrok restaurálásának kihívásairól. Emellett bemutatjuk az eredményt is, ami megtekinthető a Múzeum Kertben az eredeti helyén.

¹ Debreceni Egyetem, Szilárdtest Fizikai Tanszék, Debrecen

² Nemzeti Múzeum, Budapest

³ Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

⁴ Forgax Alkotóműhely Kft., Nagykökényes

Weltsch Zoltán, Berczeli Miklós

Nagy energiasűrűségű felületkezelések kötéstechológiákra gyakorolt hatása

A járműipar hazánk egyik húzóágazata, ezért a hozzá kapcsolódó anyagok és technológiák kutatása fejlesztése kiemelt fontosságú. A járműgyártás területén számos kötéstípus áll rendelkezésre, melyekkel megfelelően össze lehet kapcsolni azonos anyagokat, ugyanakkor nagy kihívást jelent különböző anyagminőségek összekötése, amikhez folyamatos fejlesztések szükségesek. Különböző nagy energiasűrűségű felületkezelésekkel az adhéziós és kohéziós kötéstechológiákat megelőzően elő lehet készíteni a felületeket, így kedvezőbb kötési tulajdonságot lehet elérni. Az ily módon kialakított kötésekkel nagyobb kötési erő érhető el, valamint, akár irányította változtatható a hozaganyag áramlása a kötési felületen.

A kutatás fő célja hogy a különböző felületkezelésekkel ellátott forrasztott és ragasztott kötések vizsgálgjuk. Határfelületek megfelelő előkezelésével a határfelületen

kialakult nedvesedési viszonyok számunkra kedvező módon befolyásolható, így javíthatók a kötési tulajdonságok. Korábbi kísérletek alapján bebizonyosodott, hogy a lézeres felületkezelés egy lehetséges megoldás a határfelületi viszonyok javítására, így fogalmazódott meg a további cél, hogy ezeket a vizsgálatokat kiterjesszük. A kísérletek során a mintadarabokat plazma és lézersugaras felület kezelésének vetettük alá, és vizsgáltuk egyrésről a nedvesítési peremszöget, másrésről a különböző felületek között kialakult kötési erőt. A vizsgálatainkat kiterjesztettük polimer alapú nanokompozitokra, ahol CNT és MMT erősítést használtunk. Az eredményekből bizonyítást nyert, hogy többféle anyagon és többféle technológiával is lehet kedvezően befolyásolni a járműipari kötéstechológiákat. A kísérleti eredmények hozzájárulhatnak a szélesebb körű hibrid kötések elterjedéséhez a járműiparban.

Gácsi Zoltán, **Gyökér Zoltán**, Gergely Gréta, Koncz-Horváth Dániel

Forraszkompozitok előállítása és szerkezetvizsgálata

Az elektronikai eszközök egyre kisebb tömegűek, miközben funkcióik egyre összetettebbek, így kis méretű forraszkötések létrehozására van szükség az elektromos berendezések kialakításánál. Az elektronikai készülékek be- és kikapcsolását követően az áramkörök felmelegednek és lehűlnek, ennek következtében a termo-mechanikai (ki)fáradás (thermo-mechanical fatigue TMF) jelensége tapasztalható. Ennek oka az eltérő hőtágulási együtthatók miatt keletkező feszültségek a forrasztanyag, a hordozó és az alkatrészek között. Ezek a feszültségek mikrorepedések kialakulásához vezetnek.

Az eddigi tapasztalatok alapján az ólommentes forraszkötések élettartama alacsonyabb, mint az ón-ólom forrasztanyagoké. A megbízhatóság növelésének egyik módja forraszkompozitok fejlesztése. Az előadás keretében kerámia részecskékkel erősített ón alapú kompozitok előállításáról és szerkezetvizsgálatáról számolunk be.

Mobark Haidar Faisal Helal, **Lukács János**

Az alapanyag-hozaganyag párosítás hatása a fáradásos repedésterjedésre, 690 MPa és 960 Mpa szilárdságú szerkezeti acélok és hegesztett kötéseik esetén

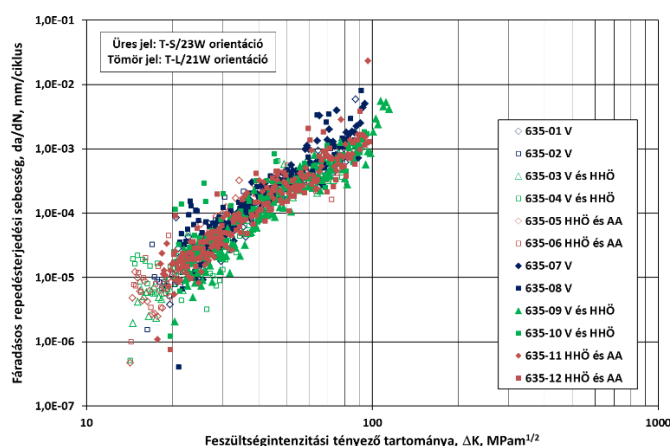
Egy ismétlődő igénybevételű szerkezeti elem fáradásos repedésterjedéssel szembeni ellenállásának megítélésére a tervezés vagy az üzemeltetés során kerülhet sor. Előbbi esetben feltételezett, utóbbiban pedig valós repedés veszélyességéről kell nyilatkozni. A felvetődő kérdések megválaszolásához olyan mechanikai modellre és anyagi mérőszámokra van szükség, amelyek között törésmechanikai elméleten nyugvó kapcsolat van. Ez az elmélet a nagyszilárdságú acélok világában a lineárisan rugalmas törésmechanika (LRTM) elmélete, a feszültségállapot leírására a feszültségintenzitási tényező tartományát (ΔK) használják. Az anyagi mérőszámok a fáradásos repedésterjedés kinetikai diagramjából származtathatók, a megbízható alkalmazáshoz szükséges, hogy ne egyedi eredményeket, hanem vizsgálatsorozatokból, matematikai-statisztikai módszerekkel származtatott tervezési határgörbékét használjunk.

Jelen közlemény célja fáradásos repedésterjedésre érvényes tervezési határgörbék bemutatása, különböző nagyszilárdságú acélokhoz és védőgázos fogyóelektródás ívhegesztéssel készített hegesztett kötéseikhez. Tekintettel a hegesztésnél alkalmazható hozaganyag megválasztásának lehetőségeire, különböző mismatch típusokat (alapanyag-hozaganyag párosításokat) tárgyalunk, a terjedő repedések pedig reprezentálják a hegesztett kötések különböző övezeteit: varrat (V), hőhatásövezet (HHÖ) és alapanyag (AA).

A fáradásos repedésterjedésre meghatározott tervezési görbék szignifikánsan különböznek a szilárdsági kategóriák, a terjedő repedések orientációja (alapanyagokra, illetve hegesztett kötésekre egyaránt), valamint a mismatch típusok esetében.



a)



b)

1. ábra – Hegesztett kötésből készült próbatest bemetszéssel (a)), kinetikai diagramok (b))

Varbai Balázs, Tóth Tamás Krisztián, Szabó Mihály, Christina Sommer,
Májlinger Kornél

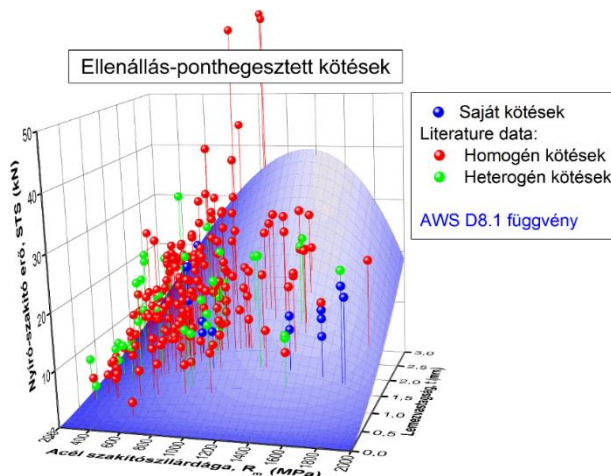
Ultranagy szilárdságú vékonylemezek ellenállás-ponthegesztett kötéseinek nyíró-szakítóereje

Az acélfejlesztések egyik iránya a kis ötvöztartalomra, de nagy szilárdságra való törekvés. A nagyszilárdságú acélokon belül már megkülönböztetnek ultranagy szilárdságú acélokat, tipikusan 800 MPa szakítószilárdság felett. Jelenleg forgalomban kapható vékonylemezekből 1300 MPa folyáshatár és afelettik is léteznek, melyhez több mint 1800 MPa szakítószilárdság társul. A nagy és ultranagy szilárdságú vékonylemezek egyik legnagyobb felvevőpiaca az – mindig gépjárművek önsúlyának csökkentésére törekvő – autóipar. Ezen konstrukciók leggyakoribb kötésteknológiái az ellenállás-ponthegesztés, különbözős ívhegesztési eljárások és egyre nagyobb teret nyer a lézersugaras hegesztés is.

Jelen kutatásunkban ötféle ultranagy szilárdságú acél ellenállás-ponthegesztett kötését

optimalizáltuk "central composite design" kísérleti elrendezésében, Box-Wilson módszerrel. Célfüggvény a legnagyobb nyíró szakító erő elérése volt a legkisebb benyomódás mellett (ami fontos a pl.: karosszéria lemezeknél). A felhasznált alapanyagok 1400 M, 1500 M, 1700 M jelű martenzites acél (minimum 1400, 1500 és 1700 MPa szakítószilárdsággal) és S 1300jelű martenzit-bénites acél (minimum 1300 MPa folyáshatárral és 1800 MPa szakítószilárdsággal) voltak homogén és heterogén kombinációkban.

Az elért nyíró-szakítóerő értékeket összehasonlítottuk szakirodalmi eredményekkel és az AWS D8.1 szabvány szerint előírt minimum értékkel 1. ábra. Azt tapasztaltuk, hogy a szabvány jelentősen alábecsüli az elérhető nyíró-szakítóerőt ebben a szilárdsági tartományban, ezért itt egy új összefüggést javasoltunk helyette.



1. ábra – Szakirodalmi eredmények nagyszilárdságú acéllemezek ellenállás-ponthegesztett kötéseinek nyíró-szakító erejéről: homogén (piros) és heterogén (zöld) kötésekben, valamint saját (kék) kötések, összehasonlítva az AWS D8.1:2013 szabvány szerinti minimális értékkel.

Temesi Tamás¹, Czigány Tibor^{1,2}

Fém és polimer anyagok közötti kötés létrehozásának lehetőségei

A korszerű járműipar egyik fontos célja a költségcsökkentés, mind a gyártási folyamatok, mind a jármű életciklusa, használata során. A költségek csökkentésének egyik lehetséges módja a kisebb sűrűségű anyagok, például acél helyett alumínium használata, vagy akár polimerek és polimer kompozitok alkalmazása. Ezen anyagok feldolgozása, formázása kisebb energiabefektetéssel valósítható meg, valamint kisebb tömegük miatt a jármű üzemeltetése során üzemanyag-megtakarítás érhető el, ami a jármű által kibocsátott környezetkárosító anyagok mennyiségének csökkenését is eredményezi.

A gyártástechnológia fejlődésének, valamint az integrált alkatrészek elterjedésének köszönhetően egyre nagyobb igény mutatkozik a különböző szerkezeti felépítésű elemek, mint fém-polimer kötési módjaira és technológiáira, amelyek az elmúlt években kerültek a tudományos kutatások fókuszpontjába. A modern hegesztési technológiák (pl. a kavarási dörzshegesztés, valamint a lézersugaras és az ultrahanghegesztés) egyre nagyobb szerepet kapnak a fém és polimer anyagok összekapcsolására, mivel termelékenyek, jól automatizálhatóak és nincs szükség közvetítő

anyag felhasználására. Mindegyik eljárásban közös, hogy a polimer anyagot melegítik fel annyira, hogy az képes legyen hozzákötni, hozzátapadni a fém felületéhez. Ezen eljárások kutatása a világ több pontján intenzíven folyik, hiszen óriási potenciált hordoznak magukban: a fémek és műanyagok megbízható, szilárd és közvetlen kötése, amely a tömegtermelés elvárásainak meg tud felelni, a jelenleg ismert tervezési elvek és gyártástechnológiák változását hozhatja el.

Az előadás célja bemutatni a fém és polimer anyagok közötti kötések létrehozására alkalmas technológiákat, különös tekintettel a termelékeny hegesztési módszerekre. Bemutatásra kerülnek a járműiparban elterjedt alumínium és polimer anyagok lézersugaras hegesztéssel történő összekötésének módjai. Az előadás kitér a kötés jóságát befolyásoló paraméterekre, az anyagminőségre, valamint a határfelület fontosságára, továbbá alumínium és polimer anyagok között lézersugaras hegesztéssel létrehozott kötések vizsgálatán keresztül bemutatja a technológia jelenlegi és jövőbeli alkalmazási lehetőségeit.

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, Budapest

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, Budapest

Berczeli Miklós, Weltsch Zoltán

Járműipari kötések szilárdságnövelő fejlesztése a határfelületi tulajdonságok módosításával

Napjainkban a járműipari szereplők arra a célra fókuszálnak, hogy a járművek felépítményeihez és belső egységeihez felhasznált anyagok és technológiák kielégítsék a legújabb követelményeket. A gyártandó jármű önsúlya csökkenjen, miközben a rendeltetés szempontjából lényeges anyagtulajdonságok egyáltalán nem vagy csak kis mértékben változzanak. Mindennapjaink részét képezik azok a fejlesztési folyamatok és kutatások, amelyek során törekedünk a környezetvédelemre és a gazdaságosságra, kiemelten fontos az üzemanyagfogyasztás csökkentése, így a szennyezőanyag-kibocsátás mértékének redukálása. Az egyik legkézzelfoghatóbb eredményt a járművek könnyűépítésével érhetjük el, ha csökken a járművek önsúlya az jelentősen csökkenti a károsanyag-kibocsátását is.

Azonban a tömegcsökkenést olyan módon kell elérni, hogy a váz, a karosszéria és a belső alkatrész elemek előírt tulajdonságai (például: biztonsági, szilárdság, merevség, szigeteltség) lényegesen ne változzanak, emellett költséghatékonyan járjunk el. Egyik potenciális lehetőség, ha zónánként olyan szilárdságú, szerkezetű anyagokat alkalmaznak, amit a funkciója az adott egységnek megkíván.

A megvalósításnak egyik megfelelő módja, ha a lehetséges alkalmazási területeken hibrid, kompozit anyagpárosításokat alkalmazunk, és ezeket megfelelően párosítjuk és kombináljuk. Ilyenek például: alumínium-kompozit, nanokompozittal erősített polimerek, alumínium habok, acél és polimer, alap és emeltzilárdságú acél elemek párosítása. Azonban a különböző tulajdonságokkal rendelkező elemek közötti kötéskialakítás még problémákat okoz és kihívások elé állítja a fejlesztőket.

Kutatási munkánkban a hibrid anyagpárosítások kötéstechnológiai megoldásait szeretnénk fejleszteni, egy olyan technológiát keresve, amivel a kötéstechnológia nem szab határt a különböző anyagok felhasználása szempontjából, így megvalósítható a könnyű, de nagy szilárdságú járműanyagok kapcsolata. Az összepárosítandó elemek kötési szilárdságát különböző felületkezelési eljárásokkal befolyásoljuk, úgy megváltoztatható a kapcsolódó felületek struktúrája, határfelületi viszonyai, hogy az a kívánt módon befolyásolja a kötés minőségét és annak környezetét. Ilyen módosítási eljárások például a plazma és lézersugaras felületkezelések, felületi mikrostruktúra kialakítások. Megfelelő felületaktiválási technológia alkalmazásával több mint 300%-os szilárdságnövekedés is elérhető a kötés során.

Rosta László

Új korszak a neutronos módszerekkel történő roncsolásmentes anyagvizsgálatokban

A mindennapi életben használt anyagok tulajdonságainak meghatározásában, ill. újabb és jobb minőségű anyagok tervezésében, előállításában egyre nagyobb teret kapnak a kutatási infrastruktúrák (KI), ahol bonyolult és komplex vizsgálatok végezhetők. Jelentős műszer- együttest összekapcsoló KI-k, vagy még inkább, a nagyberendezések (pl. részecskegyorsítók, atomreaktorok, óriásteleszkópok) szolgálnak különleges és komplex szerkezeti és analitikai információkkal az anyagokról. A roncsolásmentes anyagvizsgálati eljárások egyik nagyhatású képviselője és jól körülhatárolt területe a neutronokkal történő besugárzás. A neutronok – elektromosan semleges részecskék – mélyen be tudnak hatolni a vizsgálandó mintába, és útjuk során különböző magreakciókban vesznek részt. Ezek a magreakciók lehetnek befogás- ill. szórás- jellegűek, ill. három fő módon lehet neutronokkal információt nyerni az anyagi tulajdonságokról és tárgyak belső topológiájáról: i) Neutronok elnyelődése és gamma sugarak kibocsátása a vizsgált tárgy atommagjaival való magreakció során. Ezen belül az elemanalízis lehet olyan, amikor a neutronbefogás során gerjesztett állapotba kerülő atommag azonnali (prompt) gamma-foton kibocsátásán alapul, ez az eljárás a prompt-gamma-aktivációs analízis (PGAA). Ha a besugárzás során létrehozott atommag egy további, radioaktív bomlási lépésben az izotópra jellemző felezési idővel kibocsátott bomlási gamma sugárzását mérjük, műszeres neutron aktivációs analízisről beszélünk (NAA). Minden elem/izotóp saját jellegzetes gamma kibocsátási spektrummal jellemezhető, amely analíziséből az anyagok elemi összetétele határozható meg. ii) Neutronszórás/diffrakció: A neutronok gyenge kölcsönhatása az atomokkal – a neutronok iránya és sebessége megváltozik az anyagokon való áthaladás közben. Az atomi közegekben szóródott neutronok intenzitás eloszlásának mérése és matematikai modellben való konverziója az anyagokról mikroszerkezeti információval szolgál. iii) Neutronos képalkotás: heterogén tárgyak neutron radiográfiás

átvilágítása, tömbi anyagok belső topológiájának megjelenítése és 3D ábrázolása.

A neutron nyalábokkal való átvilágítás és megfigyelés eddig is lényeges szerepet játszott számos ipari alkalmazásban, de a neutronforrások költségei, helyileg korlátozott hozzáférhetősége miatt a neutronos módszerek rutin felhasználása kevésbé terjedt el. Napjainkban viszont új korszak nyílt és nemcsak a nemzetközi szinten, hanem Magyarországon is – sőt itthon kiemelten. Egyfelől, az MTA csilleberci kampuszán közel 60 éve működik biztonságosan a Budapesti Kutatóreaktor, amely a kutatási és mérnöki feladatok széles körét szolgálja ki a 15 neutron sugárnyalábot hasznosító mérőberendezésével. Az elmúlt pár évben ez a műszerközpont, a Budapesti Neutron Centrum (BNC) a fenti i)-iii) módszerekre alapozva nemzetközileg is egyedülálló műszeregyüttest és eljárásokat fejlesztett ki roncsolásmentes anyagvizsgálati feladatok igen sokrétű és komplex megoldására – természetesen más, nem neutronos módszerekkel kiegészítve. Másfelől, hamarosan megvalósul az alacsony költségű, intenzitású és helyigényű, ún. kompakt neutronforrások (vagyis nem atomreaktorok) használatba vétele, ami a neutronos anyagvizsgálatokat sokkal hozzáférhetőbbé teszi ipari és egyetemi környezetben. Európában elsőként épül fel egy ilyen kompakt neutronforrás prototípusa Martonvásáron a MIRROTRON Kft. és a BNC közös beruházásában.

Az elmúlt közel egy évtizedben az említett neutronos módszereket a legkülönbözőbb ipari és régészeti vizsgálati/kutatási feladatok megoldására alkalmaztuk. Ezek közül mutatunk be néhányat. Többek között járműipari problémaként robbanómotorok dugattyúinak, gázturbinák lapátjainak mikrométerű anyaghibáit, vagy forgó alkatrészek, pl. elektromotor forgórész, vagy csapágycsukák átvilágításával a Röntgen-technikák lehetőségeit messze meghaladó képalkotási eljárásokkal az alkatrészek belső hibáit derítettük fel. Egyre nagyobb az érdeklődés a kulturális örökség

tárgyainak roncsolásmentes vizsgálatára. Régészeti leletek, műalkotások anyagvizsgálati eredményei nyújtanak segítséget a tárgyak eredetének felderítésében, állaguk megóvásában. Pl. egy londoni múzeum gyűjteményében lévő, az emberiség legrégebbi vas tárgyainak tartott „egyiptomi vasgyöngyök” meteorit eredetének

megállapítása, vagy a Szépművészeti Múzeum egyik legértékesebb tárgyának tekintett bronz szobor Leonardo da Vinci-nek tulajdonítható eredetiségének alátámasztása neutron tomográfiás és diffrakciós módszerekkel, az elmúlt pár év kiemelkedő eredményeinek tekinthető.

Budapesti Neutron Centrum, Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Gubicza Jenő

Alacsony hőmérsékletű hőkezelés hatása nanoanyagok rácshiba szerkezetére és mechanikai tulajdonságaira

Fémes anyagok mechanikai tulajdonságainak javítása érdekében gyakran alkalmaznak képlékeny deformációt és/vagy hőkezelést. Az egyfázisú anyagok esetén megszoktuk, hogy a képlékeny deformáció keményedést, míg a hőkezelés puhulást okoz. Azonban ez nem mindig van így. Már az 1950-es években megfigyelték, hogy a képlékenyen deformált tiszta fémek és szilárd oldatok rövid ideig tartó, alacsony hőmérsékletű hőkezelése során az anyag keményedik. Az alkalmazott hőkezelés homológ hőmérséklete általában 0,3-0,4. Ez a keményedés nem kapcsolódik fázisátalakuláshoz, pl. kiválások képződéséhez. Magyarázata, hogy a hőkezelés során az előzetes képlékeny deformáció során keletkezett rácshiba-szerkezet megváltozik. A jelenséget angolul "anneal-hardening"-nek nevezték el. Az első megfigyelés óta eltelt 60-70 évben sok anyag esetében leírták a hőkezelés során bekövetkező keményedést, amelynek mértéke 10-20% körüli. Természetesen merül fel a kérdés, hogy a szemcseméret csökkenésével változik-e ez a jelenség, hiszen a finomszemcsés anyagokban általában nagyobb a rácshibák mennyisége.

Jelen előadás az ultrafinom-szemcsés ill. nanokristályos anyagokban tapasztalható "anneal-hardening" jelenséget mutatja be. Az alacsony hőmérsékletű hőkezelés hatására bekövetkező keményedést nagymértékű képlékeny deformációval szemcséfinomított fémekben [1], illetve felépítő eljárásokkal (pl. elektrolitikus leválasztás) készített nanoanyagokban [2] is tapasztalták. Az utóbbi esetben az "anneal-hardening" hatására a keménység növekedésének mértéke elérte a 130%-ot.

Ezt a kutatást a 2017-2.3.4-TÉT-RU-2017-00005 számú magyar-országi TÉT pályázat támogatta.

[1] J. Gubicza, P.H.R. Pereira, G. Kapoor, Y. Huang, V. Subramanya Sarma, T.G. Langdon, *Adv. Eng. Mater.* 20 (2018) 1800184.

[2] J. Hu, Y. N. Shi, X. Sauvage, G. Sha, K. Lu, *Science* 355 (2017) 1292.

Jenei Péter¹, Hyeji Park², Wiener Csilla³, Kicheol Hong², Pham Tran Hung¹,
GiGap Han², Gubicza Jenő¹, Choe Heeman²

Modern fémhabok mikroszerkezete és mechanikai tulajdonságai

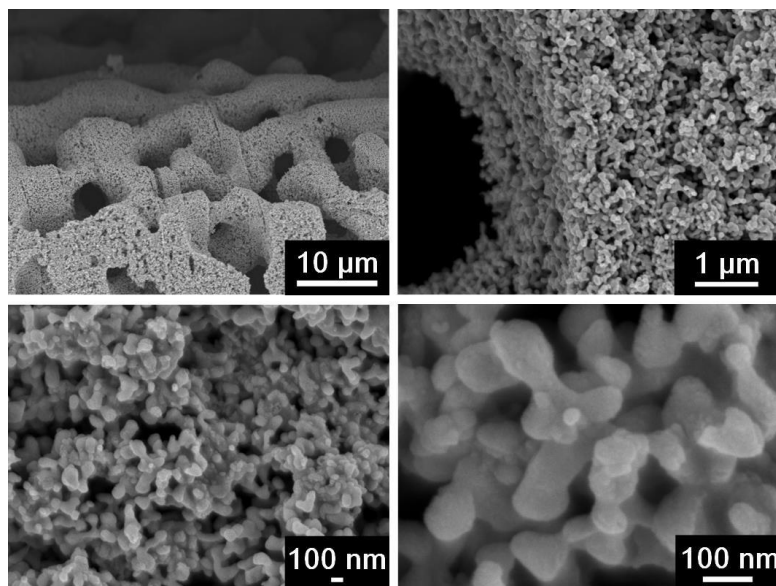
Jelenleg az elektrokémiai energiatárolás leghatékonyabban lítiumion akkumulátorokkal történik. A kutatás során olyan elektródát fejlesztünk, amely a jelenleg használatos Li ion akkumulátorok energiasűrűségét növelné, ráadásul az akkumulátorok élettartama is növekedne. A fejlesztés innovatív alapötlete, hogy az akkumulátor anódjának anyagát ónnal bevont nanopórusos réz habból készítjük. A habban lévő pórusok miatt növekszik a Li ionok felvételére és tárolására szolgáló aktív felület nagysága, illetve az akkumulátor töltése és kisütése során bekövetkező térfogatváltozást a pórusok felveszik, így az anód kevésbé roncsolódik a használat során.

Ehhez ún. hierarchikus struktúrával rendelkező nanopórusos rézet használunk (lásd 1. ábra). A hierarchikus struktúrával rendelkező nanopórusos fém esetén a pórusok mérete két méretskálán jelenik meg. Esetünkben a fém

lévő üregek, és a köztük lévő fémfalak is mikrométeres nagyságúak (kb. 1-10 μm), míg a fal maga is habszerkezetet mutat, de az itt található üregek mérete a 100 nm-es tartományba esik.

Ilyen nanopórusos anyagot hozhatunk létre ötvözetek ötvözőanyagainak szelektív kioldásával (angolul: dealloying), ahol az ötvözetben található kevésbé nemes fémet kioldjuk, míg a nemesebb fém az eljárás következtében nanopórusossá válik. Az előadás során bemutatom, hogy az előállítási körülmények milyen hatással vannak az anyag mechanikai tulajdonságaira, valamint szerkezetére, beleértve a falak fázisösszetételét, szemcseszerkezetét, rácshiba struktúráját és a pórusszerkezetét.

A kutatási projektet a 2018-2.1.17-TÉT-KR-2018-00003 azonosítójú pályázat támogatta.



1. ábra – Elektronmikroszkópos felvétel a hierarchikus struktúrával rendelkező réz habról

¹ Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

² Kookmin University, Seoul, Korea

³ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest

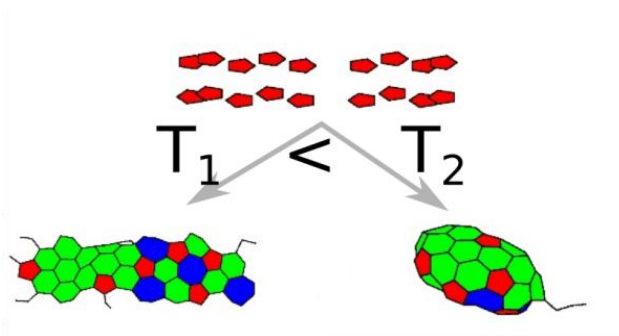
László István

Molekuladinamikai számolás nanokamrákban

Kis átmérőjű nanocsövekben keletkező, szénszerkezetek keletkezésére vonatkozó kísérleti eredmények [1-4] által motiválva, molekuladinamikai számolásokat végeztünk [5]. A kísérletek során a nanocső belsejébe, mint nanokamrába ferrocén molekulákat helyeztek, és azt tapasztalták, hogy melegítés hatására új szénszerkezet keletkezett. Mivel sem a keletkezési folyamat, sem a végtermék pontos alakja nem volt megállapítható, molekuladinamikai számolásokkal szándékoztunk választ adni ezekre a kérdésekre.

Sűrűség funkcionális módszerhez illesztett, szoros kötésű módszerrel határoztuk meg az atomok közötti kölcsönhatást. A ferrocén molekulákat ötszög alakú széngyűrűkkel helyettesítettük. A számolások során változtattuk mind a szénatomok számát és mind a szimulációs hőmérsékletet. Azt tapasztaltuk, hogy a keletkezett szerkezet függött mind a környezet hőmérsékletétől és mind a szénatomok sűrűségétől. Alacsonyabb hőmérsékleteken grafén szalagot, magasabb hőmérsékleten pedig belső nanocsövet vagy fulleréneket kaptunk 1. ábra. Elég nagy sűrűségeken nem keletkeztek nanoszalagok, hanem csak nanocsövek függetlenül a szimulációs hőmérséklettől

- [1] H. Kuzmany, L. Shi, T. Pichler, C. Kramberger, A. A. Chernov, and X. Liu, *Physica Status Solidi B* 251, 2457-2460 (2014).
- [2] B. Gyimesi, J. Koltai, V. Zólyomi, and J. Kürti, *Applied Physics A* 118, 587-593 (2015).
- [3] J. Kürti, J. Koltai, B. Gyimesi, and H. Kuzmany, *Physica Status Solidi B* 252, 2541-2545 (2015)
- [4] H. Kuzmany, L. Shi, T. Pichler, C. Kramberger, A. A. Chernov, and X. Liu, *Physica Status Solidi B* 251, 2457-2460 (2014).
- [5] I. László, B. Gyimesi, J. Koltai, J. Kürti, *Physica Status Solidi B* 254, 1700206 (2017).



1. ábra

Wiener Csilla^{1,2}, Máthis Krisztián³, Frantisek Chmelík³, Ugi Dávid⁴

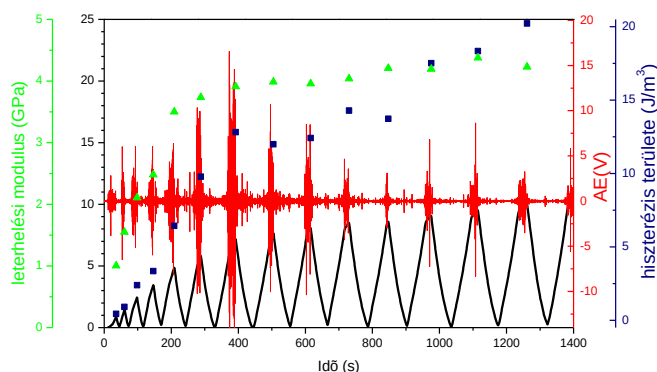
Tönkremenetel nyomon követése alumínium mátrixú szintaktikus habokban

Napjainkban egyre több helyen alkalmaznak szintaktikus fémhabokat nagy fajlagos szilárdságuk, jó energiaelnyelő tulajdonságuk miatt. Az alkalmazhatóság és tervezés szempontjából fontos ismerni a tönkremenetel mechanizmusait. A deformálódás során fellépő hibák nyomon követésére számos eljárás ismert, mint például a röntgen tomográfia vagy az akusztikus emisszió. Mindkét módszer rengeteg információt ad az anyagban történt változásokról, ám számos esetben csak arra lenne szükség, hogy felismerjük, hogy az anyag elért-e már egy kritikus állapotot.

Célunk az volt, hogy már ismert mechanikai paraméterek segítségével jellemezzük ezt a kritikus állapotot, illetve hogy találjunk olyan, a fémhabot jellemző mennyiségeket, amelyek segítségével a kritikus állapot elérését előre tudjuk jelezni.

Szintaktikus fémhabok szerkezeti anyagként való felhasználásakor fontos, hogy az anyagban a cellák ne kezdjenek tömegesen összeroppanni. Ezért a kritikus állapotot a szemmel is jól látható első deformációs sáv megjelenéseként érdemes definiálni.

Különböző szintaktikus fémhabok összenyomás során történő többszöri le- és felterhelésével két olyan paramétert találtunk, amelyek jellemzik a fémmátrixba bevitt porózus anyag tömeges tönkremenetelét (törését) még az első deformációs sáv kialakulása előtt. Ilyen a leterhelési modulus és a le- és felterhelés során keletkező hiszterézishurok területe. Ezen két paraméter változását figyeltük két különböző anyag (duzzasztott perlitet tartalmazó alumínium mátrix és duzzasztott agyagkavicsot tartalmazó eutektikus AlSi12) esetén. A kiegészítő akusztikus emissziós mérések és felületi deformációs térképek azt mutatják, hogy a leterhelési modulussal a szintaktikus fémhab kvázi-lineáris deformációs állapota, míg a le- és felterhelés során jelentkező hiszterézishurok területével a cellák összeroppanásának mértéke jellemezhető.



1. ábra – Duzzasztott perlitet tartalmazó alumínium szintaktikus hab deformációja és a tönkremenetelt jellemző paraméterek (hiszterézishurok területe és a leterhelési modulus) az idő függvényében

¹ BME, Budapest

² MTA-BME Lendület

³ Károly Egyetem, Prága

⁴ ELTE, Budapest

Litauszki Katalin¹, Kmetty Ákos^{1,2}

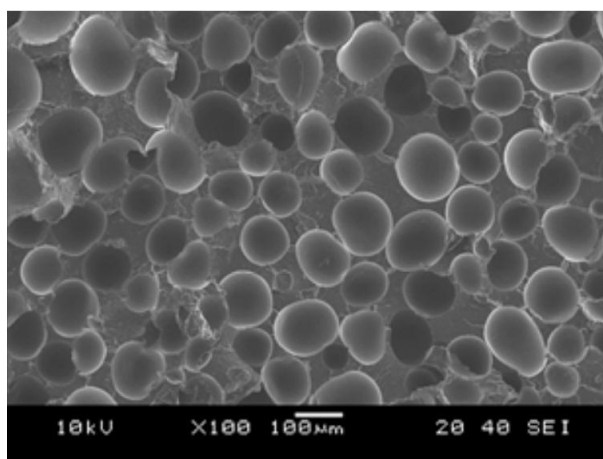
Kémiai úton habosított politejsav tulajdonságainak elemzése

Habszerkezetű termékeket az emberiség már régóta alkalmaz, és meghatározó szerepe van a mindennapokban használt anyagoknál. Viszonylagos kis sűrűségük és jó energiaelnyelő és szigetelő tulajdonságuknak köszönhetően olyan egyedi termékeket állíthatunk elő belőlük, amiket más habosítatlan anyagokból nem, vagy csak nagyon nehezen megvalósíthatók. A habszerkezettel rendelkező termékek másik előnye, hogy a cella méretük, eloszlásuk, ezáltal a fizikai tulajdonságaik a gyártástól függően változtathatók, így lényegében programozható a habok mechanikai/fizikai tulajdonsága egy-egy kívánt felhasználási módhoz (pl.: csomagolóipar). Ezek a termékek jelenleg kőolaj alapú polimerekből készülnek (polipropilén, polietilén, polisztirol), életciklusuk végén a környezetbe kikerülve, jelentős problémát jelenthetnek.

Kutatómunkánk céljából tűztük ki olyan habosított polimer rendszerek létrehozását, amelyek megújuló erőforráson alapuló és egyben

biológiai úton lebontható polimer alapúak. Így életciklusuk végén a környezetbe kikerülve megfelelő körülmények között biológiai úton lebonthatóak. Ilyen polimer alapanyagra példa a politejsav, amely napjainkban az egyik legígéretesebb és legnagyobb arányban kutatott megújuló erőforrás alapú biopolimer.

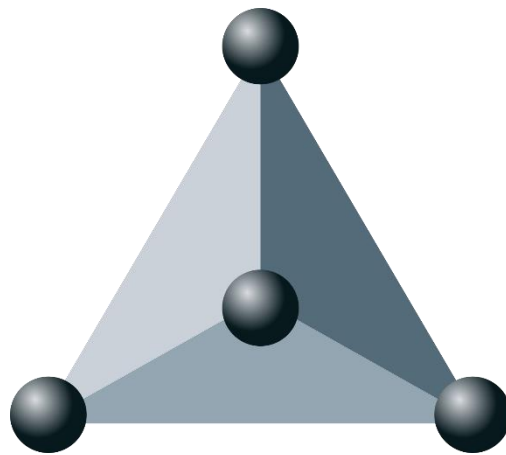
Kísérleteink során politejsav mátrix alapanyagot és az alkalmazott kémiai habképző szert különböző vizsgálatokkal (reológiai, morfológiai, termikus) minősítettük, majd extrúzióval különböző hőmérsékleteken és különböző mennyiségű kémiai habképzőszer adagolásban polimer habmintákat állítottunk elő. Az egyes habmintákat széleskörű vizsgálatokkal (cellastruktúra meghatározása, sűrűség, porozitás, expanzió, morfológia, habszilárdság) minősítettük és elemeztük. Munkánk során rámutattunk a gyártási hőmérséklet és a habképzőszer adagolás hatásaira.



1. ábra – Kémiai úton habosított politejsav alapú habszerkezet 100x-os nagyításban

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, Budapest

² MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, Budapest



“Short oral” előadások poszterrel

Angel Dávid Ádám, Mikó Tamás, Koncz-Horváth Dániel, Benke Márton,
Gácsi Zoltán

Kerámia részecskékkel erősített Ti mátrixú nanokompozitok (SO-01)

Napjainkban a titán egyike a legnépszerűbb alapanyagoknak, amit széles körben alkalmaznak a repülőgépiparban, űripárban és egészségiparban a kiváló korrózió álló képessége, jó alakíthatósága és nagy szilárdsága miatt. Az említett alkalmazási területeken a nagy szilárdság egyik fontos szempontja az anyagoknak. Ezeket a tulajdonságokat tovább javíthatjuk, ha kompozitot állítunk elő. A kompozitok előállításához alkalmazott módszerek egyike a porkohászati technológia. Az eljárás számos előnyének egyike, hogy magas olvadáspontú fémek is feldolgozhatók, valamint kevesebb hulladék és melléktermék keletkezik a hagyományos módszerrel történő kompozitok előállításához képest.

Célok: A kutatás célja volt titán alapú kerámiarészecskékkel erősített titán mátrixú nanokompozitok porkohászati úton történő sikeres előállítása. Az előállítási paraméterek és a

kompozitok tulajdonságai között kapcsolat feltérképezése és leírása, továbbá a mátrix anyagát meghaladó szilárdsági tulajdonságokkal rendelkező kompozitok gyártása.

Eredmények: Sikeresen előállítottunk titán mátrixú nanokompozitokat porkohászati eljárással. Az előállított nanokompozit mintákon röntgendiffrakciós, pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokat és mechanika anyagvizsgálatokat végeztünk. Az eredmények alapján elmondható, hogy az előállított nanokompozitok jobb szilárdsági tulajdonságokkal rendelkeznek, mint a mátrix önmagában.

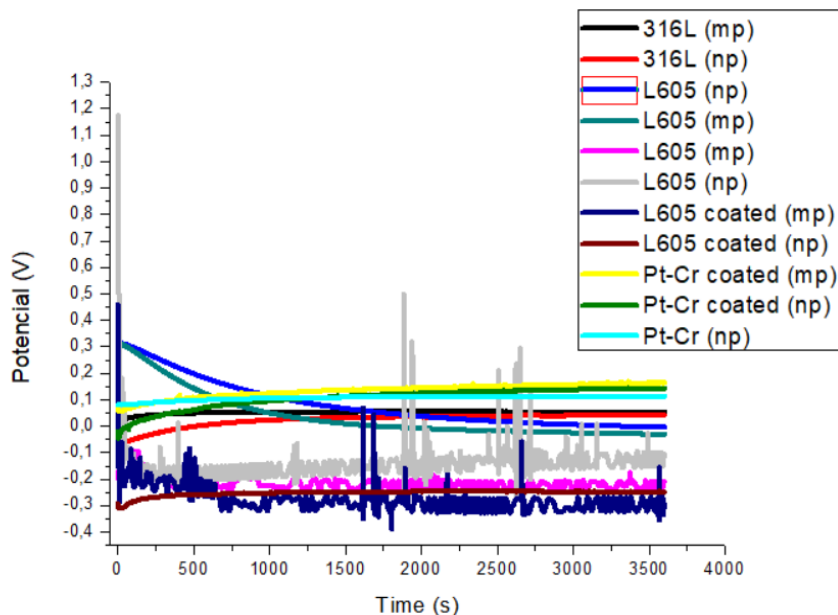
Asztalos Lilla¹, Abdelilah Asserghie², Nagy Géza², Dobránszky János³

A bevonat hatása különböző alapanyagú sztentek korróziós tulajdonságaira (SO-02)

A sztentek kialakítása igen eltérő, számos ötvözet és sztent típus található a piacon. Az érsebészeti implantátumok egyik legrégebb óta alkalmazott alapanyaga a 316L kereskedelmi elnevezésű ausztenites korrózióálló acél, amelyet az L605 elnevezésű kobalt-króm ötvözetek követtek, majd piacra került egy speciális, platínával erősen ötvözött ausztenites acél. A sztentelés után fellépő éresszehúzódást elkerülendő fejlesztették ki az ún. hatóanyag kibocsájtó sztenteket. Ezeknek az implantátumoknak a felületére egy olyan polimer bevonatot visznek fel, amiből olyan gyógyszeres hatóanyag oldódik ki, ami segít elkerülni ezt a resztenózisnak nevezett folyamatot.

Jelen kutatásunk középpontjában a bevonatos és hagyományos sztentek korrózióval szembeni ellenállásának vizsgálata volt a cél, hogy

rangsorolni tudjuk egyrészt az alapanyagok szerint másrészt aszerint, hogy volt-e bevonat a vizsgált sztenteken. Ehhez három korróziós mérés végeztünk el: nyitott áramkörös potenciálmérést (OCP), elektromos impedancia spektroszkópiát (EIS), valamint potenciodynamikus mérésekkel rögzítettük az egyes sztentek Tafel-görbéjét. Mérési közegnek $37 \pm 1^\circ\text{C}$ -os, 7,4 pH-ra állított foszfát pufferoldatot használtunk, az OCP és EIS esetében kételektrodos, a Tafel-mérések esetében pedig háromelektrodos cellában. A referenciaelektrod mindegyik esetben Hg_2Cl_2 kalomel elektrod volt. A mérési eredményeink alapján megállapítható, hogy a platínával erősen ötvözött acél korrózióval szembeni ellenállása a legjobb, viszont nem minden minta esetében javította a bevonat a korrózióval szembeni ellenállást, ami hátterében az eltérő bevonatanyagok állhatnak.



1. ábra – A vizsgált sztentek nyitott áramkörös potenciálmérése.
A pozitívabb potenciálú sztentek korrózióval szembeni ellenállása jobb.

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapest

² Pécsi Tudományegyetem, Általános és Fizikai Kémia Tanszék, Pécs

³ MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport

Bubenkó Marianna, Molnár Dániel, Tokár Mónika, Fegyverneki György

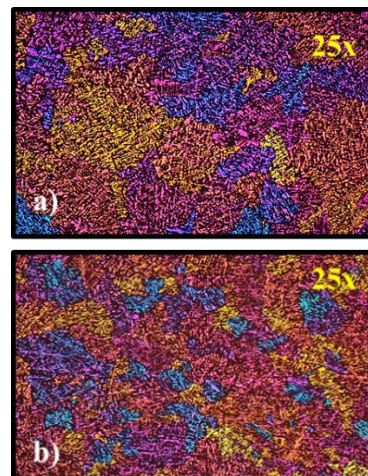
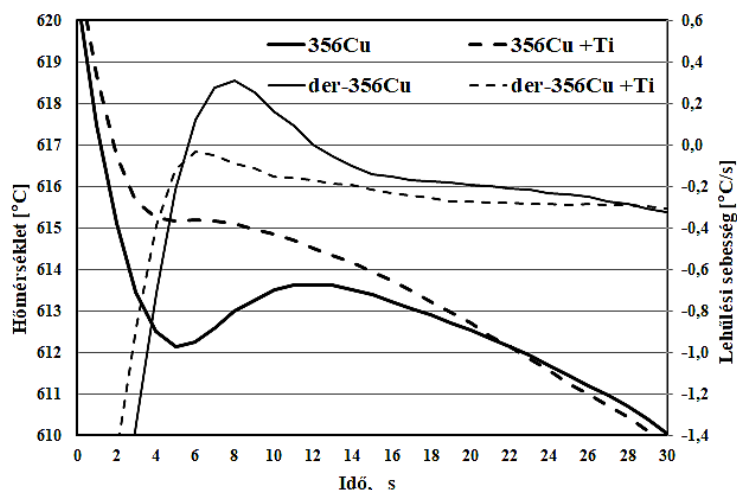
Al-Si ötvözetek primer fázis szemcsefinomításának hatása a melegrepedékenységre (SO-03)

Az öntészeti alumínium-ötvözetek melegrepedékenységét nagymértékben befolyásolja a primer kristályosodásnál kialakuló szerkezet szemcse-mérete és -száma.

Az öntödei üzemi gyakorlatban a szemcsefinomító titán mennyiségét írják elő, melyet spektrométeres elemzéssel ellenőriznek. A szükséges titán mennyiséget az ötvözet-tömb beszállítója állítja be, melyhez kiegészítő adagolást általában nem alkalmaznak. Az elvégzett vizsgálatok célja a szemcsefinomító segédötvözet kismennyiségű kiegészítő adagolásával elérhető változások vizsgálata. Különböző öntészeti ötvözetekből gravitációs kokillaöntéssel előállított hengerfejek olvadékainak termikus elemzését végeztük el. Az üzemi vizsgálatokkal a kismennyiségű AlTi5B1 szemcsefinomító előötvözet kiegészítő adagolásának a primer kristályosodásra gyakorolt hatását teszteltük és a termikus elemzés különböző kiértékelési módszereit alkalmaztuk és hasonlítottuk össze. A vizsgálati eredmények igazolják a kismennyiségű szemcsefinomító segédötvözet öntödei

alkalmazásának kedvező hatását, ami az 1. ábra lehülési görbéjén és szövetszerkezeti felvételen láthatóak.

Az üzemi gyakorlatban a felhasznált betétanyag változtatása, a nagy visszatérő hulladék arány, vagy a selejt öntvényekből történő olvasztás az olvadék primer kristályosodásánál a csíra állapotának megváltozását idézi elő a Ti-tartalmú csíráképző vegyület-szemcsék durvulása miatt. Ezek hatása a primer kristályosodásra csak termikus elemzéssel mutatható ki. Elvégeztük a primer kristályosodás termikus elemzéséhez tartozó, szakirodalomban található jellemzők kiértékelését és összehasonlítását. Az elvégzett vizsgálatok igazolják, hogy a szemcsefinomítottság minősítése több paraméter együttes figyelembe vételével ad megbízható eredményt. A vizsgálati eredmények igazolják a 750 g/tonna mennyiségű szemcsefinomító AlTi5B1 segédötvözet alkalmazásának kedvező hatását olyan olvadékok esetében is, melyek az üzemi előírások szerinti titán-tartalomra vonatkozó követelményeknek megfelelnek.



1. ábra – Az AlSi7MgCu (356Cu) ötvözet olvadékához adagolt 750 g/t szemcsefinomító segédötvözet hatása a lehülési görbe primer kristályosodási szakaszára és a szövetszerkezetére a) segédötvözet adagolás előtt, b) segédötvözet adagolás után

Bubonyi Tamás, Barkóczy Péter, Gácsi Zoltán

Alumíniumöntvények porozitásának vizsgálata tomográfia segítségével (SO-04)

A fémek anyagvizsgálatában a különböző 3D képalkotó berendezések térnyerésével folyamatosan bővül a vizsgálati lehetőségek tárháza. Az egyik legelterjedtebb 3D képalkotó eljárás a komputer tomográfia (CT). A módszer előnye, hogy akár egész változatos geometriájú alkatrészeket is nagy felbontással képes roncsolásmentesen vizsgálni. Az autóipar kezdi felismerni a módszerben rejlő lehetőségeket, azonban a kiértékelések során még mindig ragaszkodnak a hagyományos roncsolásos, metallográfiai csiszolatokon elvégzett vizsgálatokhoz.

A minőségi követelmények folyamatos szigorodásával egyre több vizsgálatot kell elvégezni a különböző termékeken. A vizsgálatok szerves részét képezik a mai napig a különböző metallográfiai vizsgálatok. Az anyagot az előírt vizsgálandó sík mentén szét kell vágni, majd a csiszolat elkészítését követően következhet a szövet vizsgálata. Amennyiben számítógépi képelemzéssel végezzük, a kapott eredmény sokkal objektívebb lesz, és a minősítés sem fog olyan sok időt igénybe venni.

Tomográfias vizsgálatok esetén pl. az alumínium öntvényekben öntés közben keletkezett porozítások, fogyási üregek anélkül válnak vizsgálhatóvá, hogy a terméket roncsolni kellene, ezáltal a minősítést a gyártási sorozat bármely darabján el lehet végezni, amennyiben megfelel a minőségi követelményeknek, úgy a termék további megmunkálása folytatódhat, csökkentve a gyártói költségeket.

Tanulmányomban összehasonlítom a hagyományos metallográfiai eljárást, tomográfias, roncsolásmentes vizsgálati módszerekkel, mindkét esetben számítógépi képelemző eljárásokat alkalmazva.

A számítógépi képelemzés során a sík csiszolat vizsgálata jól ismert és dokumentált. Az előadás emellett bemutatja a 3D képek elemzését és a 3D képekből nyerhető többlet információkat.

Gyarmati Gábor, Fegyverneki György, Mende Tamás, Mende-Tokár Mónika

Kettős oxidhártyák pórusképződésre gyakorolt hatásának vizsgálata AlSi7MgCu ötvözet esetén (SO-05)

Az öntészeti alumínium ötvözeteket elterjedten alkalmazzák a jármű- és repülőgépiparban a kis sűrűségükhöz viszonyított nagy szilárdságuk, kiváló önthetőségi tulajdonságaik, jó hővezető képességük és korrózióállóságuk miatt. A megfelelő minőségű termékek gyártásához azonban biztosítani kell, hogy a fémolvadék, amelyből az adott alkatrész készül, megfelelő tisztaságú legyen. A folyékony fémekben lévő oxidzárványok az alumínium nagy reakciókészsége és a nem megfelelően kivitelezett olvadékelőkészítési műveletek miatt állandó velejárói a napjainkban alkalmazott öntészeti és olvadékkezelési technológiáknak. A felhasznált fémolvadékban általában nagyszámú kettős oxidhártya, ún. bifilm van jelen, amelyek mellett, hogy önmagukban is erősen rontják a késztermék szilárdsági tulajdonságait, aktív szerepük van az öntvényporozítás kialakulásában. A porozítás az egyik leggyakrabban előforduló hibajelenség az öntödei gyakorlatban, így rendkívül fontos a pórusképződésre való hajlamot befolyásoló tényezők feltárása, kutatása. A napjainkban ipari szinten alkalmazott olvadékminősítő módszerek többsége pontatlan, fejlesztést igényel, ugyanis a folyékony fémekben lévő, pórusképződést előidéző

bifilmek mennyiségéről nem adnak megbízható adatokat. Éppen ezért a kutatómunkánk célja az ipari olvadékminősítő módszerek fejlesztettségének vizsgálata, valamint az olvadékminőség és a porozításra való hajlam közötti kapcsolat vizsgálata volt.

Az elvégzett üzemi kísérletek során két különböző kezelőszóval végeztünk rotoros gáztalanító olvadékkezeléseket, ezzel különböző minőségű olvadékokat előállítva. A folyékony fémekben lévő kettős oxidhártyák mennyiségét K-kockillás próbák töretfelületeinek elemzésével, valamint alacsony nyomáson dermedt minták computer tomográfiás (CT) vizsgálatával jellemeztük. Az eredmények alapján a K-próbák töretfelületein található oxidhártyák mennyisége arányos az alacsony nyomáson dermedt minták CT vizsgálata alapján megállapított pórusűrűséggel, így az utóbbi paraméter az olvadékminőség jellemzésére is felhasználható. A pórusokban azok belső felületének pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) vizsgálata során oxidhártyákat találtunk, ami alátámasztja az elméleti feltevést, miszerint a kettős hártyák a pórusok képződésének kiindulási helyei lehetnek.

Halápi Dávid¹, **Balogh Tamás János**¹, **Varga László**¹, **Kulcsár Tibor**¹,
Bodnár Zsolt²

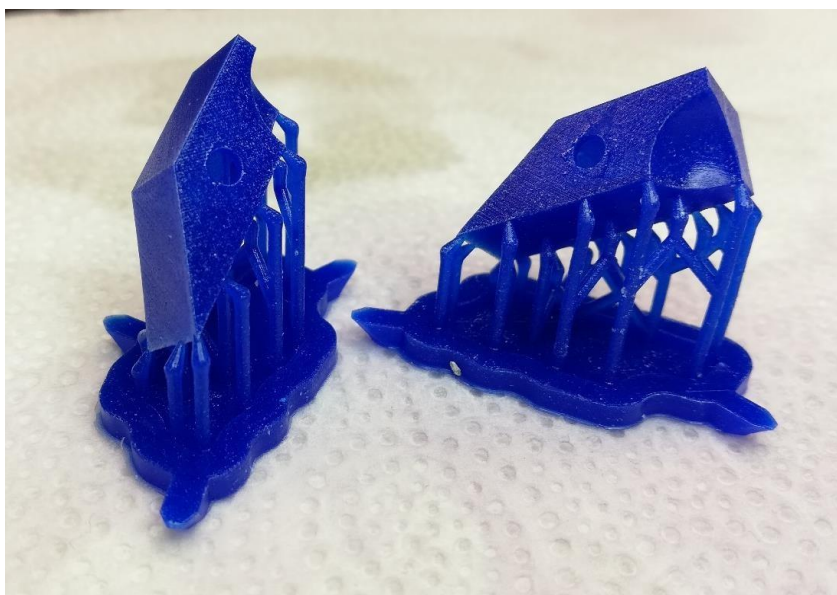
3D nyomtatással gyártott precíziós viasz próbatestek öntésre alkalmasságának vizsgálata (SO-06)

A 3D nyomtatás a 21. században jelen van szinte az összes termelő és gyártó technológiában. Az AM (Additive Manufacturing) technológiai fejlődését és megfizethetőségét a verseny helyzet tette lehetővé a termékek globális gyártásában. Az AM, más néven 3D nyomtatás „Az anyagok összekapcsolása, építése a 3D-s modelladatokból. A technológia a „layer by layer” (rétegről rétegre) anyaghozzáadás elvet veszi alapul.

Az elmúlt 30 évben számos AM folyamat, például a közvetlen „Direct Metal Laser Sintering” (DMLS), a „Fused Deposition Modeling” (FDM), a „Selective Laser Sintering” (SLS), a „Stereolithography” (SLA) és maga a 3D nyomtatás fejlesztése történt. Minden kereskedelmi AM eljárás legalább egy

korlátozással rendelkezik: az anyagválasztás, folyamat sebessége, költség, rétegvastagság vagy a pontosság tekintetében, valamint a kész termék mechanikai tulajdonságaiban (pl. porózus test, törékenységi, alacsony szilárdsági stb.).

Ebben a munkában 3D nyomtatással gyártott precíziós öntés technológiára alkalmas elvesző „viasz minták” nyomtatását vizsgálom. A hagyományos öntő viaszokkal szemben támasztott követelmények teljesülését, valamint az új lehetőségeket és megoldásukat kutattam. Az 1. ábrán szemléltetem a készített próba test geometriáját. A mérések igazolták, hogy az SLA 3D technológiával nyomtatott „viasz minta” alkalmas precíziós öntésre.



1. ábra – Formlabs Castable resin-ből SLA 3D nyomtatóval készített próbatest

¹ Miskolci Egyetem, Miskolc-Egyetemváros

² Philamnet Kft., Miskolc

Hudák Henrietta, Varga László

Formázó- és maghomokkeverékek granulometriai tulajdonságai és az előállítási paraméterek közötti kapcsolat vizsgálata (SO-07)

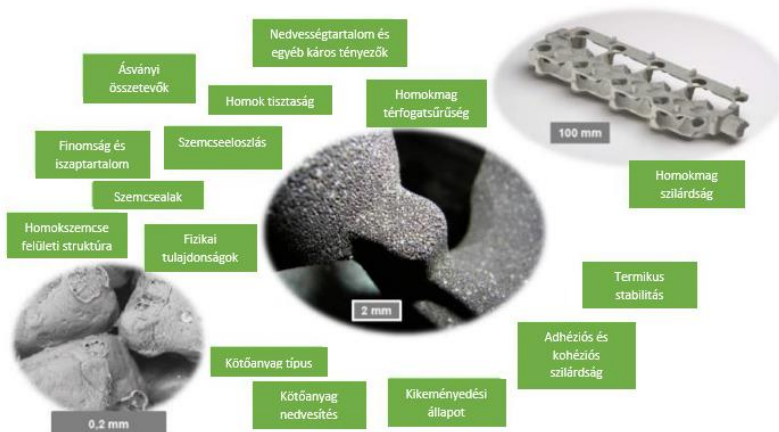
Öntészetben a forma- és magkészítéshez számos természetes vagy szintetikus (mesterségesen előállított) homokot használnak. A homokokból keverékek előállításával (fizikai vagy kémiai kötéssel) formákat vagy homokmagokat készítenek. A formáknak, homokmagoknak számos követelménynek kell megfelelniük a kiváló öntvényminőség biztosítása érdekében. Megfelelő gázáteresztő képességgel, jó felületi minőséggel, magas tűzállósággal, kicsi hőtágulással, valamint elégséges szilárdsággal kell rendelkezniük. A formázóanyag és maghomokkeverékek nagyon komplex rendszerek. A formák és homokmagok szilárdságát számos tényező befolyásolja. A homokmagok szilárdsági tulajdonságait a homok granulometriai tulajdonságai, a kötőanyag tulajdonságai (mennyisége, minősége, a kikeményedés körülményei), valamint a homokmag térfogatsűrűsége határozza meg.

Kutatásunk célja a különböző öntödei homokok granulometriai jellemzőinek összehasonlító vizsgálata. A formázó és maghomok keverékek minőségét legfőképpen az öntödei homokok paraméterei, azaz a granulometriai tulajdonságai határozzák meg. Ezek a tulajdonságok a

szemcsealak és -felület, szemcseméret, szemcseszerkezet és a szemcse fajlagos felülete. Ezek a jellemzők igen nagy hatással vannak a homokmagok minőségére, mivel a formázóanyagok és maghomokkeverékek nagy részét (maghomokkeverékek esetén akár 98%-át) az öntödei homokok alkotják. A granulometriai tulajdonságok jelenlegi minősítő módszereinek eltérő pontossága vagy nem egyértelmű számszerűsítése nem teszi lehetővé a homokmagok tulajdonságainak és a különböző beállítási paramétereknek az összehasonlíthatóságát.

Vizsgálatunk során különböző homoktípusok esetében azonos kötőanyag mennyiséggel és minőséggel készítettünk különböző számú döngölőütéssel (3, 5 és 7 ütéssel), azaz eltérő tömörítő erővel készített szabványos próbatesteket, melyeknek mértük a gázáteresztő képességét, szakítószilárdságát, illetve hajlítószilárdságát.

[1] Dipl.-Ing. Bernhard Johannes Stauder: *Investigation on the removal of internal sand cores from aluminium castings*, Dissertation, 2018



1. ábra – A homokmagok szilárdságát befolyásoló tényezők [1]

Kárpáti Viktor ¹, **Hegedüs Balázs** ², **Kazup Ágota** ¹, **Gácsi Zoltán** ¹

Alumínium ötvözetek félfolyamatos öntése (SO-08)

A félfolyamatos öntés már a XIX. századtól ismert technológia, melyet elsősorban alumínium és réz alapú ötvözetek öntésére használnak. Félfolyamatos öntéskor az olvadék egy hőntartó kemencéből jó hővezetési tulajdonságokkal rendelkező hűtött kristályosítóba jut, ahol lefelé haladva hűl tovább folyamatos kéregképződés mellett, miközben a kérgen belül még olvadék található. Kristályosodáskor a kialakuló szerkezetre, vagyis a csíráképződés és növekedés mechanizmusára nagy hatással bír a hűlési sebesség. Együtt határozzák meg a kialakuló szemcseszerkezet finomságát és ezáltal a szilárdsági tulajdonságokat. A színes és

nemesfémek kristályosítása ötvözetspecifikus, gondosan megtervezett öntéstechnológiai paraméterekkel végezhető. A Miskolci Egyetem Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézete az ALUFORM projekt keretein belül egy félfolyamatos öntésre alkalmas kísérleti berendezést üzemeltet. Jelen munkánkban egy színes- és nemesfémek félfolyamatos öntésére alkalmas berendezéssel alumínium ötvözeteket kristályosítottunk és vizsgálatuk szálak öntésekor keletkező anomáliákat. A kísérleteink célja a valós üzemi körülmények között történő gyártás optimalizálása és hibáinak kiküszöbölése fizikai szimulációkkal.

¹ Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc-Egyetemváros
² Miskolci Egyetem, Energia- és Minőségügyi Intézet, Magyarország, Miskolc-Egyetemváros

Kazup Ágota¹, Kárpáti Viktor¹, Hegedüs Balázs², Gácsi Zoltán¹

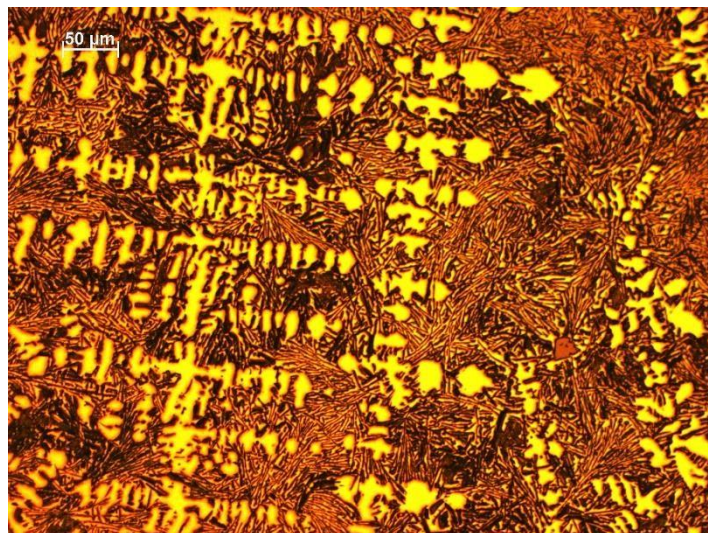
AlSi és AlMg ötvözetek félfolyamatos öntése és szerkezetének vizsgálata (SO-09)

A Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetben több évtizede folyik az alumínium ötvözetek dermedési folyamatainak vizsgálata és a szövetszerkezetek minősítése. Leginkább az öntési paraméterek és az öntött alumínium ötvözetek szemcseszerkezetbeli és szövettani vizsgálatával és azok kapcsolatával foglalkozom. A tématerület kutatása indokolt, mert a kristályosodáskor végbemenő folyamatoknak jelentős hatása van a kialakuló szövet- és szemcseszerkezetre a különböző ötvözetek esetén, és így annak tulajdonságaira is.

Célok: Meghatározom a félfolyamatos alumínium ötvözetek öntése során az öntési paraméterek hatását a képződő szemcse- és szövetszerkezetre a gyakorlat szempontjából fontos AlSi és AlMg ötvözetek esetén. Célom, hogy jellemezzem a szemcsealakot, méretét, és eloszlását, valamint a képződő kiválások

összetételét és eloszlását, az öntött anyag összetételét. Ki fogom dolgozni a megfelelő minta-előkészítési módszert és a minták feldolgozási, mérési lépéseit, módszertanát. A mintákat optikai mikroszkóppal, pásztázó elektron mikroszkóppal, valamint CT berendezéssel kívánom vizsgálni. Az eredmények alapján tisztázni kívánom a fémolvadék öntési paraméterei, valamint a kristályosodás során kialakuló szerkezet közötti kapcsolatot.

Eredmények: A kutatómunka során komplex módszert kívánok kidolgozni, mellyel a különböző minőségű alumínium ötvözet szövetszerkezetét jellemezni lehet. Így az ötvözet tulajdonságai szempontjából fontos szemcsealakot, szemcseméret eloszlást és a képződő kiválások összetételét, azoknak eloszlását határozom meg, hogy hogyan változnak a különböző kristályosodási körülmények esetében.



1. ábra – Félfolyamatosan öntött AlSi ötvözet szemcseszerkezete

¹ Miskolci Egyetem, Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc-Egyetemváros

² Miskolci Egyetem, Energia- és Minőségügyi Intézet, Miskolc-Egyetemváros

Kéri Zoltán¹, Kaptay György²

Alumínium olvadék felszínén lejátszódó folyamatok kezelőso adagolásakor (SO-10)

Az alumínium olvadék, a levegő pára- és oxigén tartalmával könnyen reakcióba lép, oxidálódik. Az olvadék felületén kialakult oxidhártya, fölék, hőtartási idő, valamint az olvadék hőmérsékletének függvényében vastagszik. Az alumínium olvadék felszínén kialakult oxidhártya az utólagosan bejuttatni kívánt szemcsék beviteli hatásfokát rontja, adott esetben meggátolja. A kellően vastag oxidhártya egybefüggő hártját képezhet az olvadék felszínén, az így kialakult oxid réteg a fémadagolás során bekeveredhet az olvadékban, az öntvényben zárványként megjelenve. A kezelősoval szemben támasztott követelmények, olvasztás során segítse a fémcseppek koagulációját, nedvesítse az oxidhártját és magába zárva tartsa vissza eltávolításig, valamint a kialakult salak védje meg az olvadék felszínét a további oxidációtól.

Céлом volt, egy olyan só rendszer összeállítása, amely, a már kialakult oxidhártját megbontva, magába zárva tartja vissza. Olyan só elegy

előállítás, melynek olvadáspontja az öntészeti alumínium ötvözetek felhasználási tartományban helyezkedik el.

Tégelyes, ellenállás fűtésű kemencében vizsgáltam az olvadék összetételének, a hőmérsékletének és a hőtartási idejének függvényében képződött oxidhártya mennyiségét tömegadatokból meghatározva, atmoszférán és védőgáz alkalmazása mellett. Különböző összetételű és állapotú kezelősook adagolásának hatását az olvadék felszínén kialakult oxidhártját tekintve. Meghatároztuk a sóelegyek olvadáspontját differenciál termikus analízissel. Az alumínium olvadék felszínéről begyűjtött salak minták fázisazonosítása röntgendiffrakcióval történt.

Az elvégzett vizsgálatok alapján meghatározható az a kezelőso összetétel, amely adott ötvözetre nézve megfelelő hatásfokkal távolítja el, és biztosítja számunkra az alumínium olvadék további oxidációját.

¹ Miskolci Egyetem, Öntészeti Intézet, Miskolc-Egyetemváros

² Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc-Egyetemváros

Kőszegi Szilvia, Bereczki Péter, Fehér Jánosné, Horváthné Bán Terézia

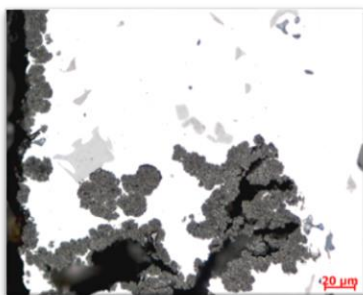
Nagy Mg-tartalmú, jól alakítható alumínium ötvözetek homogenizálási és képlékenységi problémái (SO-11)

A 4% feletti magnézium-tartalmú, alakítással keményített alumínium ötvözetek legfontosabb ismérve a nagy szilárdság mellett a jó alakíthatóság. A szerkezeti- és építőipar nem képzelhető el ezen anyagok nélkül. Néhány évtizede felismerték az autóipari alkalmazhatóságát is a jó hegeszthetősége és kiváló korrózióállósági tulajdonságai miatt.

Az Arconic-Köfém Kft. termékkínálatában is megtalálható az EN-AW 5182, AlMg4.5Mn0.4 ötvözet, mert a gyártási technológiája magas hozzáadott értékkel egy kiváló mechanikai tulajdonságú lemezterméket eredményez. A jól hangzó tulajdonságok eléréséhez azonban számos problémát kell megoldani a termelési folyamatban, mert a nagy magnézium tartalom együttesen az egyéb ötvözőkkel metallurgiai és alakítási kérdést vet fel. Az „Új, piacképes hengerelt alumínium termékek technológiájának fejlesztése” című GINOP-2.2.1.-15-2016-00018 pályázat keretében megvalósuló fejlesztési munkák során lehetőség volt behatóbban elemezni ezeket a kérdéseket. Megvizsgáltuk az ötvözesi koncepciót, mely során arra a következtetésre jutottunk, hogy az ötvözet tisztaságának növelésével szabályozhatjuk azoknak az intermetallikus fázisoknak a számát, amelyek az alakíthatóságot negatív irányban befolyásolják. A konvencionális előmelegítési

folyamatba is be kell avatkoznunk, mert ebben az ötvözetben már öntés során a tuskó szélzónában olyan eutektikus fázisok is megjelennek, amelyek olvadási hőmérséklete az előmelegítési hőmérséklet tartományába esik, és a kemence atmoszférájában könnyen oxidálódik (1. ábra). Ez az olvadt, oxidált fázis katasztrofális hatásokat is okozhat az anyag meleghengerlésekor. Ennek kiküszöbölésére tettünk erőfeszítéseket a technológiai paraméter módosításával. A további gyártási folyamatok megtervezésekor figyelembe kellett vennünk azt a szempontot, hogy ettől az anyagtól a vevőnk kiváló mélyhúzóhatósági tulajdonságokat vár el. Ennek teljesítéséhez a hengerlési folyamatok szűrőterveit kell módosítani, hogy az erre az ötvözetre jellemző középilonali repedést, és ezáltal a melegen hengerlés alatt a lemez szétnyílását elkerüljük.

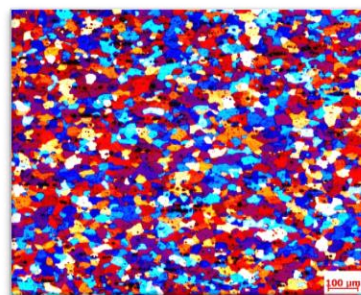
Eredményképpen megszületett egy olyan termék, amely öntött állapotban a szélzónában csekély mennyiségű Al_8Mg_5 vegyületfázist tartalmaz (2. ábra), a nyúlása stabilan 25% feletti, a síkbeli anizotrópiája nem számottevő, a hengerlési iránytól függetlenül közel azonos folyáshatár és keményedési kitevővel jellemezhető. Ezeket a tulajdonságokat és a kiváló mélyhúzóhatóságot az egyenletes, finomszemcsés szerkezetnek tulajdoníthatjuk (3. ábra).



1. ábra.
Oxidált AlMg eutektikum



2. ábra.
Tiszta tuskó szélzóna



3. ábra.
A termék szemcseszerkezete

Maloveczky Anna¹, Filep Ádám², Buza Gábor¹

Nyomófeszültség létrehozása gömbgrafitos öntöttvas felszíni rétegében lézersugaras technológiával (SO-12)

Máshogyan mennek végbe a hűlési és fázisátalakulási folyamatok a hagyományos (tömbi), illetve a lézersugaras edzés közben, ezért az eredményük is különbözik. Hagyományos edzéssel nem tudunk nyomófeszültséget létrehozni a felületi rétegben, míg lézersugaras technológiával igen.

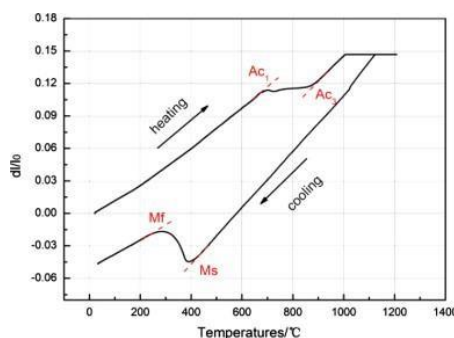
Ennek a jelenségnek az az oka, hogy a hagyományos edzésnél az ausztenitesítést követően, a darabot az alkalmazott hűtőközeg kívülről befelé hűti le, így az auszteniténél nagyobb fajlagos térfogatot eredményező (1. ábra) (vagyis a kialakulásával nyomófeszültséget létrehozó) martenzites átalakulás is kívülről befelé halad

Ennek eredményeképpen a felszínen húzófeszültség, beljebb pedig nyomófeszültség alakul ki az anyagban. Ez a folyamat fordított irányban zajlik és ellentétes eredménnyel végződik a lézersugaras edzés esetében, mert itt az egész darab nem hevül fel az AC3 fölé, csak a felületi réteg, így a munkadarab funkcionál

hűtőközegként, ráadásul sokkal hatékonyabban, mint bármilyen hűtőközeg esetén. A hőtranszport tehát a darab felszínétől a darab belseje felé történik.

A felületi rétegben kialakult nyomófeszültségnek a kifáradási határ növekedése szempontjából lehet gyakorlati jelentősége. Hagyományos esetben ezt szemcseszórással, vagy görgőzéses technológiával oldják meg. A lézersugaras technológiának előnye, hogy precízen szabályozható, jobban lokalizálható mint a szemcseszórás, valamint nehezen hozzáférhető helyeket is lehet így kezelni.

A fent leírt elmélet helyességét gömbgrafitos öntöttvason vizsgáltuk. Metallográfiai módszerekkel, röntgendiffrakciós fázisanálízissel és keménységmérés segítségével végeztük a lézersugaras felületkezelés során kialakult fázisok és szövetelemek azonosítását, röntgendiffrakciós belsőfeszültséganalízissel pedig a kialakult belsőfeszültség-állapotok meghatározását.



1. ábra – Egy közepes karbon tartalmú acél hevítési és hűtési diagramja

¹ Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft, Budapest

² Miskolci Egyetem, Miskolc-Egyetemváros

Petrény Roland¹, Mészáros László^{1,2}

Poliamid 6 mátrixú, szénszál és szén nanocső tartalmú hibrid nanokompozitok mikroszerkezetének hatása a dinamikus mechanikai jellemzőkre (SO-13)

A hőre lágyuló polimer mátrixú nano- és hibridkompozitok fejlesztése napjainkban a legnépszerűbb kutatási területek közé tartozik. Ezeknek az anyagoknak a gyakorlatban való széleskörű elterjedését azonban korlátozza, hogy a szilárdsági és különösen a dinamikus mechanikai jellemzőik gyakran nem az elvárt módon változnak a hagyományos, szálerősített kompozitokhoz képest. Ennek oka, hogy a nanoméretű anyagokkal erősített kompozitok mikroszerkezete különbözik a hagyományos szálerősített kompozitokétól, emiatt erősítés mechanizmusa is egészen eltérő lehet. Jelenleg a nanokompozitok méretezése a hagyományos kompozitmechanikán alapszik, amely figyelmen kívül hagyja ezeket az anyagszerkezeti különbségeket, így a nanokompozitok makroszkopikus dinamikus mechanikai jellemzőire is pontatlan becslést adnak. Mivel a nanokompozitok a szerkezeti és mechanikai tulajdonságaik közötti összefüggések jelenleg kevésbé ismertek, és emiatt pontos méretezésük is megoldatlan, az ipari gyakorlatban való alkalmazásuk továbbra is mérsékelt [1-3].

Célok: Jelen kutatás célja poliamid 6 mátrixú, szén nanocsövekkel és szénszálakkal erősített kompozitok mikroszerkezeti és szilárdsági jellemzői közötti összefüggések feltárása termikus, dinamikus mechanikai, valamint mikroszkópi vizsgálatok alapján.

Eredmények: A szálak és nanoméretű erősítőanyagokat is tartalmazó hibridkompozitokban jelentős szilárdságnövekedés volt megfigyelhető a csak nano-

részecskéket és a csak szálerősítést tartalmazó kompozitokhoz képest is. A szerkezetvizsgálat során feltártuk, hogy a hibridkompozitokban a nanorészecskék sokkal egyenletesebben oszlanak el, mint a nanokompozitokban, így sokkal hatékonyabban fejtik ki erősítőhatásukat. Továbbá kimutattuk, hogy az egyenletesebb eloszlás következményeként létrejövő nagy nanorészecske-mátrix határfelület környezetében kialakuló határfázis fokozza az erősítőhatást. A nanokompozitokban azonban a nanoméretű erősítőanyagok aggregátumokat is alkotnak, amelyek erősítőhatás helyett sokkal inkább hibahelyként funkcionálnak, emiatt esetenként rosszabbak is a mechanikai jellemzőik, mint a tiszta mátrixanyagé.

- [1] Kumar, S.K. and R. Krishnamoorti, *Nanocomposites: Structure, Phase Behavior, and Properties. Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering*, 2010. **1**(1): p. 37-58.
- [2] Hassanzadeh-Aghdam, M.K., et al., *Effects of adding CNTs on the thermo-mechanical characteristics of hybrid titanium nanocomposites. Mechanics of Materials*, 2019. **131**: p. 121-135.
- [3] Ansari, R. and M.K. Hassanzadeh-Aghdam, *Micromechanical investigation of creep-recovery behavior of carbon nanotube-reinforced polymer nanocomposites. International Journal of Mechanical Sciences*, 2016. **115-116**: p. 45-55.

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, Budapest

² MTA-BME Kompozittechnológia Kutatócsoport, Budapest

Semperger Orsolya Viktória^{1,2}, Suplicz András²

Töltőanyag hatása a T-RTM technológiával előállított poliamid 6 minták nedvességfelvevő képességére (SO-14)

Napjainkban a polimer kompozitok jelentős szerepet kapnak a műszaki rendeltetésű alkatrészek gyártása során, kihasználva a kis sűrűségük által elért tömegcsökkenést és a kiváló mechanikai tulajdonságaikat. Az újrahasznosíthatósági szempontot figyelembe véve, egyre inkább hőre lágyuló mátrixú polimer kompozitokat alkalmaznak, mivel azok kitűnő hőállósággal, merevséggel és nagy szilárdsággal rendelkezhetnek. A rövid gyártási ciklusidő ellenére azonban a hőre lágyuló alapanyagoknak ömledék állapotban túl nagy a viszkozitásuk (10-100 Pas) a folytonos erősítőanyag megfelelő átításához. Ennek kiküszöbölése érdekében az egyik legmegfelelőbb alapanyag a kaprolaktám, amely olvadék állapotban vízhez hasonló viszkozitással rendelkezik (3-5 mPas). Továbbá in-situ polimerizáció során az alakadó szerszámban poliamid 6 állítható elő belőle, a megfelelő iniciátor és aktivátor társításával. Ezek a poliamidok a műszakilag jelentős polimerek csoportjába tartoznak, azonban kiváló mechanikai tulajdonságaik mellett hidrofil jellegük jellemzi őket, ami a felhasználási területüket korlátozza. Az in-situ polimerizáció folyamatához nagy hatékonysággal alkalmazható automatizált feldolgozástechnológia a T-RTM

eljárás, amely során a gyűrű felnyíló polimerizáció kis nyomáson, kellően rövid ciklusidő mellett megy végbe az alakadó szerszámban. [1, 2].

Kutatómunkánk során T-RTM berendezés segítségével kaprolaktámból, valamint a megfelelő iniciáló rendszer és töltőanyag társításával poliamid 6 mintákat állítottunk elő. Célunk az volt, hogy egy kísérletterv alapján elemezzük a technológiai paraméterek, az alkalmazott töltőanyag és a környezeti körülmények hatását a minták nedvességfelvevő képességére. Az anyagok további elemzéséhez morfológiai vizsgálatokat is végeztünk.

- [1] Karger-Kocsis J., Ageyeva T., Sibikin I.: *Polymers and Related Composites via Anionic Ring-Opening Polymerization of Lactams: Recent Developments and Future Trends. Polymers. 10(4):357 (2018).*
- [2] Czígány T., Karger-Kocsis J., Hajba S., Balogh G.: *Preparation and characterization of in situ polymerized cyclic butylene terephthalate/graphene nanocomposites. Journal of Materials Science. 48(6):2530-2535 (2018).*



1. ábra – T-RTM berendezés

¹ HD Composite Zrt., Budapest

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, Budapest

Sepsi Máté¹, Benke Márton¹, Szűcs Máté¹, Szabó Gábor², Mertinger Valéria¹

Nióbium roncsolásmentes textúra vizsgálata szupravezető alkalmazásokhoz (SO-15)

A Miskolci Egyetem és a genfi székhelyű Európai Nukleáris Kutatási Szervezet (CERN) együttműködési megállapodást írt alá 2019-ben, a következő generációs hadron ütköztetők szupravezető alapanyagokból álló alkatrészeinek fejlesztésére és tesztelésére. A nióbium, mint szerkezeti anyag a szupravezető technológiában egy kulcs elem, az ütköztetőben történő sugárnyaláb vezetésére és kicsatolására szolgáló szerkezeti elemek alapanyaga. Jelen kutatómunkánkban a CERN részére az intézetünkben lévő Von Roll kísérleti hengerállványon történt hideg hengerléssel (direkt és kereszt-hengerlés) előállított lemez textúra jellemzőit vizsgáljuk a mélyhúzóhatósági tulajdonságok javítása érdekében. A prezentációban bemutatjuk a nióbium textúrájának változását a különböző alakítási

eljárók függvényében és annak hatását a szerkezeti elemek leggyakoribb fémalakítási módjára a mélyhúzóhatóságra. A mélyhúzóhatóságot az adott fém kiinduló mechanikai jellemzői, rács típusa és döntő módon a textúrája határozza meg. A textúra tudatos kialakítása hengerlés alkalmazásával történhet. A hengerlések eredményét viszont ellenőrizni, kontrolálni kell. A textúra jellemzésére több vizsgálati eszköz is alkalmas lehet (TEM, EBSD, XRD), de mindegyik roncsolással, mintavétellel járó folyamat. A fém rendkívül drága volta igényelte a roncsolásmentes vizsgálati technikák alkalmazását. Így az általunk szabadalmaztatott roncsolásmentes pólusábra mérési módszer előnyeit ebben az esetben ki tudtuk használni. A textúra jellemzését pólusábrák használatával végezzük el.



a)



b)



c)

1. ábra – a) A Von Roll hengerállvány Nb hengerlés közben, b) kereszt-hengerelt Nb a CERN részére, c) A kereszt-hengerelt Nb roncsolásmentes textúra vizsgálata központ nélküli röntgendiffrakto méterrel (saját szabadalom)

¹ Miskolci Egyetem, Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

² Miskolci Egyetem, Metallurgiai Intézet, Miskolc

Szabó Veronika Anna, Dogossy Gábor

Reciklált PET hab égésgátlása (SO-16)

A műanyagok felhasználása folyamatosan növekszik. A legnagyobb mértékben az élelmiszer és csomagolóipar alkalmazza ezeket, ahol a termékek életciklusa rövid, nagyon hamar hulladékká válnak. Ide tartoznak a polietilén-tereftaláttól (PET) készült pille palackok is. A nagy mennyiségben keletkező hulladék kezelésének többféle lehetősége van. A legrosszabb a szeméttelen történő lerakásuk, hiszen ezek az anyagok nem bomlanak el. A termikus újrahasznosításuk a magas fűtőértékük miatt már kedvezőbb, azonban igazi körforgást csak a fizikai újrahasznosításukkal lehet elérni.

Kutatásomban a kémiai habosítást révén készítettem szerkezeti habot PET palack anyagából. A gyártás során, a habosítás hatására kisebb tömegű, jobb fajlagos tulajdonságú, és teljes mértékben újrahasznosítható terméket tudtam készíteni. A cél zárt cellás integrál habszerkezetű termék előállítás volt. A gyártott termék geometriáját, tömegét és habszerkezetét vizsgáltam. Az elmúlt években végzett kutatásaim során sikerül minőség-növelő újrahasznosítás keretében alkalmazni a pille palackokból keletkező polietilén-tereftalát (PET) mellékterméket. E kutatás folytatásaként újabb adalékanyagok bevonásával (lánc-növelő és ütésállóság növelő adalék) tovább javítottam a fejlesztett alapanyag mechanikai tulajdonságait.

Jelen kutatásomban az rPET habstruktúrájának építőipari alkalmazhatóságát vizsgálom. Kísérleteimben égésgátló adalékanyag hozzáadásával szándékozom elérni az

építőiparban elvárt tulajdonságokat. A jelenleg forgalomban kapható égésgátlószerek közül az egyik legalacsonyabb felhasználási mennyiséget a bróm tartalmú halogén égésgátlószerek mutattak. Nagyszámú kísérlet zajlik a különböző égésgátló keverékek fejlesztésére, ugyanakkor még mindig a bróm tartalmú vegyületek nyújtják az egyik legjobb teljesítményt az égéssel szembeni ellenállás javításában. Mivel kutatásom fontos egysége, hogy az rPET-et nagy mennyiségben tudjam újrahasznosítani, ezt az égésgátlószert tartom alkalmasnak a tesztek elvégzéséhez. Az égési tesztek közül az UL94-es vizsgálat elvégzése a legfontosabb az általam fejlesztett anyag tekintetében. Az irodalomban több kísérlet eredményeiben tapasztalható, hogy az anyagszerkezetet javította az égésgátlószerek alkalmazása, fontos vizsgálati pont a kutatásomban kémiai habosítás során kialakult cellaszerkezetre gyakorolt hatása az égésgátlószereknek.

A kutatás lezárásában az rPET habszerkezetét, mint burkolatot kívánom felhasználni. Céлом, hogy az eddig hulladékként kezelt anyag, megfelelő technológiák alkalmazása mellett ismét bevonhatóvá váljon egy új termék gyártásában. Bízom benne, hogy a PET hab építőipari alkalmazásával nagymennyiségű PET alapanyag minőség-növelt, újrahasznosítását vihetem véghez. A kutatás részben a környezetvédelmet, részben az innovatív alapanyaggyártást szolgálja.

Tomin Márton¹, Kmetty Ákos^{1,2}

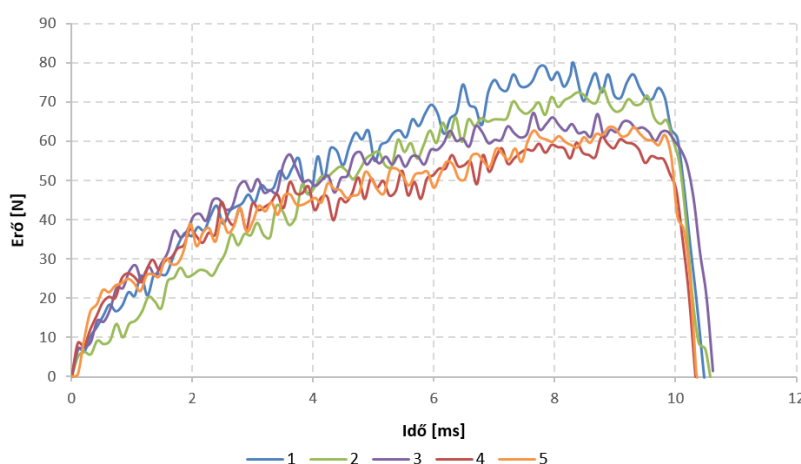
Térhálósított polietilén habok energiaelnyelő-képességének vizsgálata (SO-17)

Polimer habnak nevezünk minden olyan kétfázisú rendszert, amelyben statisztikus eloszlású, változó méretű gázbuborékok találhatók a polimer mátrixban. A habosított polimer termékek számos előnyös tulajdonsággal rendelkeznek, amelyek közül kiemelendő a kis sűrűség, az alacsony tömeg, a jó hő- és hangszigetelési jellemzők, valamint a kiváló energiaelnyelő képesség (ütésállóság). Ez utóbbi tulajdonság a habok cellás szerkezetére vezethető vissza. A dinamikus mechanikai terhelések során a cellák deformációs mechanizmusának köszönhetően a habok képesek az ütközések során jelentkező mozgási energia elosztására oly módon, hogy a maximális erőhatásokat bizonyos értékhatár alatt tartják. Ezt a tulajdonságot használják ki a habosított polimer termékek műszaki célú alkalmazásakor, különös igaz ez a csomagolótechnikai termékekre, valamint a különböző sportszőnyegekre.

Célok: A kutatómunka során célul tűztük ki a csillapítási célra leggyakrabban alkalmazott polimer habok közül a térhálósított polietilén

(XPE) habok dinamikus mechanikai vizsgálatát. Vizsgálataink elsődlegesen a különböző sűrűségű habok energiaelnyelő-képességének elemzésére, illetve a cellaszerkezet és ütés csillapítás közötti kapcsolat tanulmányozására irányultak. A habok cellastruktúráját, valamint energiaelnyelési tulajdonságait mikroszkópi és mechanikai vizsgálatok segítségével határoztuk meg.

Eredmények: A mintákon nagy mennyiségűt ejtődárdás vizsgálatot hajtottunk végre különböző becsapódási energiát és dárda geometriát alkalmazva. A mérési eredmények alapján vizsgáltuk a habszerkezet, a habsűrűség, valamint a perforációs energia közötti kapcsolatot. Kísérleteink rámutattak, hogy a habok csillapítási tulajdonságait alapvetően befolyásolják a dinamikus igénybevételek során a cellaszerkezetben fellépő deformációs mechanizmusok, mivel a cellafalak túlzott deformációja a habszerkezet tömörödéséhez vezet, ami a hab csillapítási képességének nagymértékű csökkenését eredményezi.



1. ábra – XPE_60 minták ejtődárdás vizsgálati eredményei

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, Budapest

² MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, Budapest

Tóth Csenge, Kovács Norbert Krisztián

Fröccsöntött és 3D nyomtatott kompozit szerkezetek vizsgálata (SO-18)

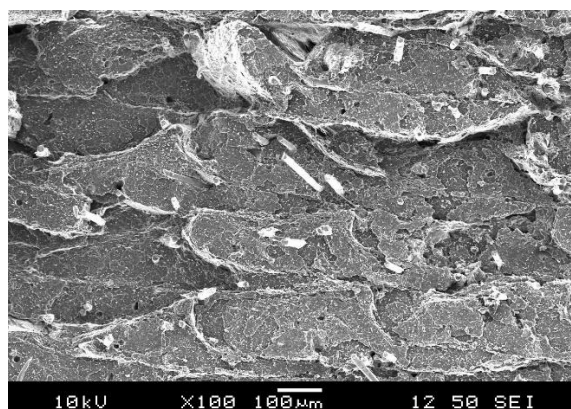
Napjainkban a polimer termékek egyre nagyobb számban jelennek meg a biztonságilag kritikus és nagy terhelésnek kitett alkatrészek esetében is. Ennek eredményeként egyre nagyobb hangsúlyt kap a szál erősítésű kompozit anyagok felhasználása, amelyeknél a mechanikai tulajdonságok irányfüggése az alkalmazott erősítő anyagok irányultságával áll összefüggésben. Szálerősítésű kompozit anyagokat fröccsöntéssel is feldolgozhatunk, amely során azonban a szálak orientációját alapvetően az áramlási viszonyok határozzák meg, továbbá a feldolgozás során szálrövidüléssel kell számolni [1,2]. A fröccsöntés során tapasztalt problémákra megoldást jelenthet az additív gyártástechnológia, amely által az igénybevételi irányokban erősített szerkezetek hozhatók létre a 3D nyomtatás adta tervezési szabadság mellett [3].

Munkánkban FDM gyártástechnológiával és fröccsöntéssel készült, üvegszállal és szénszállal erősített PLA kompozit szerkezeteket vizsgáltunk. Célunk a különböző nyomtatási paramétereknek a kész kompozit szerkezet tulajdonságaira gyakorolt hatásának feltárása, továbbá a fröccsöntött kompozitokon mért eredményekkel történő összehasonlítás. Munkánk során különböző nyomtatási paramé-

terekkel készült, valamint fröccsöntött kompozit próbatesteken végeztünk kvázisztatikus (szakító- és hajlítóvizsgálat), dinamikus (Charpy-féle ütve hajlító vizsgálat), termikus (HDT), morfológiai és optikai vizsgálatokat.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a fröccsöntött és a nyomtatott kompozit szerkezetek szakító- és hajlítószilárdságai között nem volt szignifikáns különbség, amely oka, hogy mindkét gyártástechnológia esetén az alkalmazott erősítőszálak hossza a kritikus szálhossz alatt maradt. Az elvégzett optikai vizsgálatok alapján megállapítható, hogy nyomtatott minták esetén a szálak a nyomtatási iránynak megfelelően orientáltak. Továbbá a töretfelületeken látható szálkihúzódnások alapján nem megfelelő szál-mátrix adhézióra következtethetünk (1. ábra).

- [1] Dunai A., Macskási L.: *Műanyagok fröccsöntése*, Lexica Kft, Budapest, 2003
- [2] Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J.: *A polimertechnika alapjai*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2006
- [3] Gebhardt A.: *Understanding Additive Manufacturing*, Hanser, München (2011)



2. ábra – FDM technológiával készült PLA-GF kompozit töretfelületének SEM képe

Végh Ádám¹, Kaptay György^{1,2,3}

Makro- és nanoméretű rendszerek fázisdiagramjainak számítása a felületi olvadás figyelembevételével (SO-19)

A fázisdiagram az anyagtudósok és anyagmérnökök jól ismert eszköze, egy ún. anyagterkép, amely megmutatja, hogy adott komponensek esetén az összetétel, a hőmérséklet és a nyomás függvényében milyen fázisok fogják alkotni a vizsgált rendszerünket. A lehetséges egy- és kétkomponensű fázisdiagramok zöme már jól ismert, ezek makroszkópikus méretű rendszerekben állják meg helyüket. A nanotudomány és nanotechnológia fejlődésével felmerült a kérdés, hogyan fognak módosulni ezek a fázisdiagramok a rendszer méretének függvényében. Az ezekkel kapcsolatos egyszerűbb termodinamikai összefüggések és leírások jól ismertek már az irodalomban. Fontos azonban felismerni, hogy ezek az összefüggések nem tartalmazzák az irodalomban szintén jól ismert felületi olvadás jelenségét és annak termodinamikáját mind makroszkópikus, mind nanoméretű rendszerekben.

Jelen előadásomban szeretném bemutatni a makroszkópikus és nanoméretű rendszerek felületi olvadásának termodinamikáját, valamint ennek hatását az egy- és kétkomponensű fázisdiagramokra. A felületi olvadás jelensége miatt a fázisdiagramokon új fázisátalakulási görbék jelennek meg, emiatt a binér rendszerekben újabb típusú fázisdiagram-kombinációk is előfordulhatnak [1].

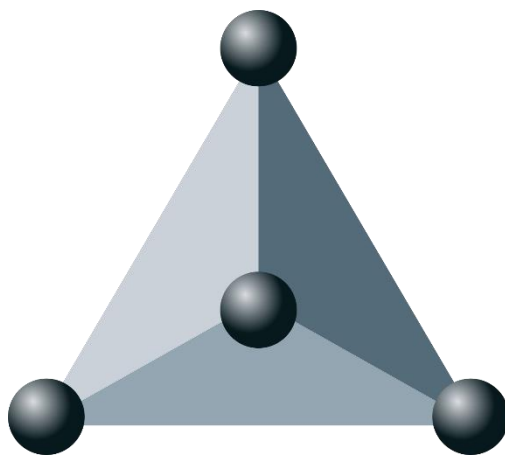
Az előadást a „Kristályos és amorf nanoszerkezetű anyagok kutatásával és fejlesztésével foglalkozó kiválósági műhely fenntartható működtetése” című, GINOP-2.3.2-15-2016-00027 (PKTV60003T 250200) számú projekt támogatta.

[1] Adam Vegh and George Kaptay: *Modelling surface melting of macro-crystals and melting of nano-crystals for the case of perfectly wetting liquids in one-component systems using lead as an example*, Calphad 63 (2018): 37-50.

¹ Miskolci Egyetem, Nanotechnológiai Intézet, Miskolc-Egyetemváros

² MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport, Miskolc-Egyetemváros

³ BAY-ENG, Anyagfejlesztési Osztály, Miskolc



Poszter előadások

Balázs Barnabás Zoltán, Takács Márton

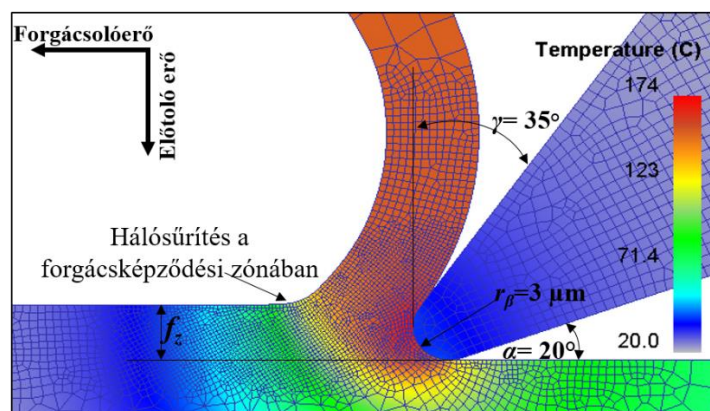
Acélok mikroforgácsolásának kísérleti és végelelemes vizsgálata (P-01)

Az elmúlt évtizedben a miniatűr alkatrészek iránti igény jelentős megnövekedése komoly kihívásokat támaszt a korszerű gyártástechnológiával szemben, mind az anyagok, mind a megmunkálási technológiák szempontjából. A kisméretű alkatrészek előállításának egyik legjelentősebb eljárása a mikromarás, mivel alkalmas az anyagok széles körében komplex 3D-s geometriák előállítására, nagy pontosság és rugalmasság mellett. Mikromarással jellemzően 1 mm alatti struktúrákat állítunk elő, ami a szerszámátmérők jelentős csökkenését is magával vonja, azonban a méretcsökkenés miatt számos eltérés adódik a makroméreteknél megismert jelenségekhez képest. A folyamatot relatív nagy szerszámütés és -deformáció, erős rezgések és sorjaképződés jellemzi. A szerszám relatív nagy éllekeredési sugara jelentősen befolyásolja a minimálisan leválasztható anyagréteg vastagságát. Mivel a marás kinematikája miatt a forgácsvastagság folyamatosan változik, ezáltal a körülfordulások során az anyagleválasztási mechanizmusok is változnak.

A kutatás célja a mikromarási folyamat mélyebb megértése edzett, melegalakító szerszámacél (AISI H13), valamint egy referenciaanyag (AISI

1045) forgácsolási sajátosságainak feltérképezésén keresztül. További célunk volt a különböző forgácsolási paraméterek hatásának részletes elemzése egy szisztematikus kísérletsorozaton keresztül, tekintettel a forgácsolási erőkre, rezgésekre, felületi minőségre és a sorjaképződésre. A kis méretek miatt rendkívül nehezen mérhető jellemzők, mint a forgácsolási hőmérséklet, feszültségeloszlás és a forgácsképződés, vizsgálatára pedig a végelelemes szimulációkon keresztül nyílt lehetőség.

Eredmények: a forgácsolást jellemző erőhatások a fogankénti előtolás és a fogásmélység növelésével nőttek, azonban a minimálisan leválasztható anyagréteg értéke alatt eltérés volt megfigyelhető a trendben. Ezen érték alatt a rezgések és a felület minősége is eltérést mutatott. Mindezek magyarázata az anyagleválasztási mechanizmusokban keresendő, mivel a minimális forgácsvastagság alatt, ami a jelen kutatásban $2\ \mu\text{m}$, a nyírás helyett a vasalási effektus a domináns. A forgácsolási hőmérséklet vizsgálata során $130\ ^\circ\text{C}$ alatti, viszonylag alacsony értékeket kaptunk eredményül a hagyományos méretű forgácsleválasztáshoz képest.



1. ábra – 2D végelelemes szimuláció ($v_c=60\ \text{m/min}$, $f_z=5\ \mu\text{m}$, AISI 1045)

Czagány Máté¹, Baumli Péter¹, Kaptay György^{1,2}

Csökkentett olvadáspontú Ni és Cu alapú nano-multiréteg fejlesztése és vizsgálata (P-02)

A nanoszerkezetben rejlő egyik potenciális lehetőség, az olvadáspont csökkenés effektusa. Ez a jelenség a mai modern kötéstechológia egyik ága, a keményforrasztás számára eredményezhet jelentős előrelépést, különösen a hőre érzékeny alkatrészek, eszközök forrasztása esetén. Nanostrukturált forrasztanyag előállításának egyik lehetősége a PVD módszer (Fizikai Gőzfázisú Leválasztás) alkalmazása, melynek során a fém forrasztanyagot nano vastagságú rétegenként visszük fel a forrasztandó anyag felületére, ezen rétegeket pedig valamilyen kémiaiailag inert (oxidok, nitridek, magas olvadáspontú fémek) rétegekkel választjuk el egymástól, ezáltal biztosítva a nanoszerkezetet.

Kutatómunkám középpontjába elsősorban acélok forrasztásához tervezett Cu illetve Ni alapú nano-multiréteg fejlesztése és vizsgálata áll, mely két fémeket az ipari gyakorlatban jelenleg is előszeretettel alkalmaznak forrasztanyagként.

A multirétegek előállítását megelőzően szükséges volt az adott fém számára megfelelő elválasztó réteg kijelölése, figyelembe véve a multiréteges rendszer kritériumait. Ezt követte a multirétegek PVD berendezésben történő kialakítása, majd az előállított réteg szerkezetének vizsgálata elektronmikroszkópia, illetve röntgendiffrakciós analízis segítségével. A multiréteg olvadási folyamatának vizsgálata DSC mérés segítségével történt, amit egy vákuumkamrában, különböző hőmérsékleteken elvégzett hőntartási/olvasztási kísérletsorozat követett. A DSC mérés igazolta a multiréteges szerkezetből adódó olvadáspont csökkentés sikerességét, a hőntartási kísérletek során pedig megfigyelhető volt a fém forrasztanyag megjelenése a multiréteg felületén, ami a sikeres kötés kialakításának előfeltétele.

¹ Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

² MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport

Fekete Imre *, Hatos István, Czinege Imre

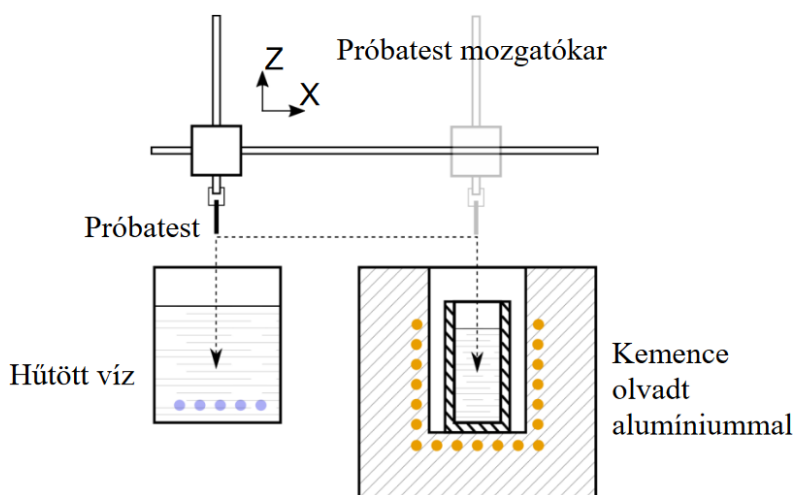
Hőkfáradás vizsgálata hibrid lézer szinterelt anyagok határfelületén (P-03)

Az additív technológiák elterjedése újabb és újabb területeken történő felhasználásokat tesz lehetővé a fémporos lézer szinterezés alkalmazásával. Ezen technológia térhódítása azonban még nem feltétlenül jár annak költségeinek csökkenésével mivel még az a korai életciklusában van. Ezen ok miatt jelentős költségcsökkentéseket lehet elérni hibrid lézer szinterezéssel amely során már egy meglévő, jellemzően hagyományos úton előállított alkatrészre történik a bonyolultabb alkatrész felépítése. Hagyományos és lézer szinterezéssel előállított anyagok élettartamának meghatározásában már jelentős eredmények lettek elérve, különös tekintettel a hőkfáradásra. Azonban hibrid anyagok esetében nem beszélhetünk átfogó ismeretekről.

Jelen munkánkban hagyományos úton előállított alapanyagra lézer szinterezéssel felépített hibrid

próbatesteken vizsgáljuk a hőkfáradás hatását. A hőfárasztás a tudományos körökben már bevált vizsgálati módszerrel lett elvégezve, ami a próbatestek mozgatókar segítségével jelentősen olvadalt alumíniumba majd hűtött vízközegbe. Ezáltal reprodukálva a nyomásos alumínium öntészetben fellépő hőhatásokat. A kísérleti berendezés vázlata az 1. ábrán látható.

A hőfárasztó berendezés a próbatestet kéttengelyű mozgatókar segítségével mozgatja a hűtött víz és olvadalt alumínium között, előre programozott időzítéssel és ciklusszámmal. A próbatestek adott ciklusonkénti vizuális, penetrációs és mikroszkópos vizsgálatokkal lettek minősítve. A próbatestek hőkfáradása a keletkező repedések hossza és sűrűsége alapján karakterizálható.



1. ábra – Kísérleti hőfárasztó berendezés vázlata

Ficzere Péter, Lukács Norbert László

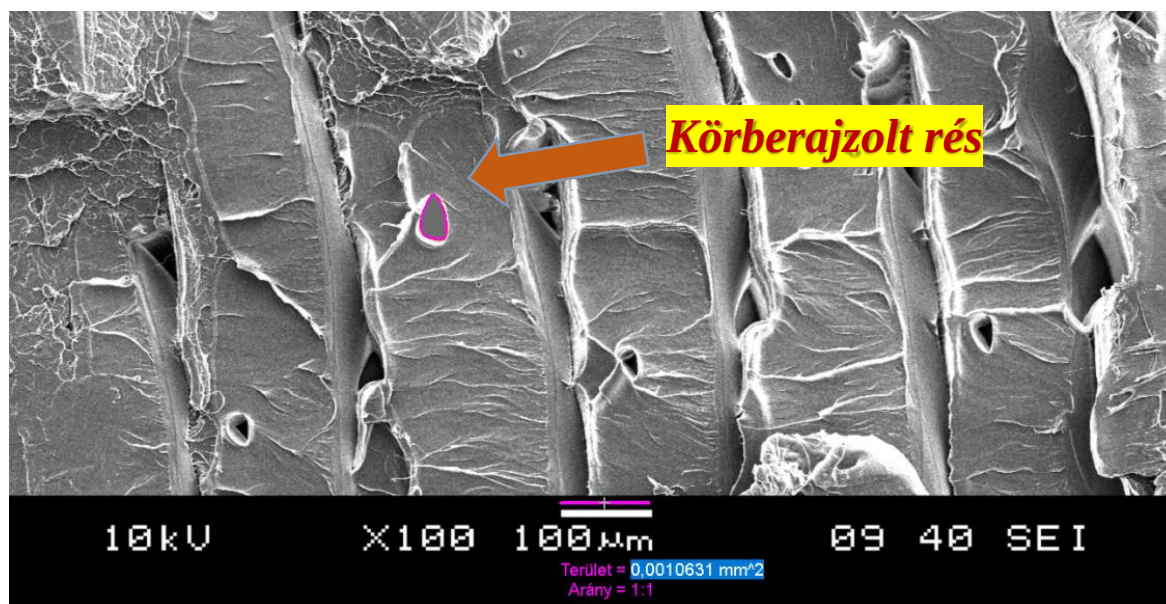
FDM típusú additív gyártástechnológia során fellépő hibák vizsgálati lehetőségei (P-05)

Az additív gyártástechnológiákkal gyártott alkatrészeket egyre gyakrabban közvetlen felhasználásra készítjük. Ilyen esetekben méreteznünk is kell, amihez az anyagjellemzők ismerete szükséges. Ismert tény, hogy a legtöbb eljárás meglehetősen érzékeny a gyártási paraméterekre. Azzal többnyire tisztában vagyunk, hogy egy bizonyos paraméter változtatása hogyan hat a mechanikai szilárdságra, de annak okairól keveset tudunk. Egy mélyebb elemzéshez SEM vizsgálatra van szükség. Egy ilyen vizsgálat CAD rendszerek segítségével történő kiértékelési lehetőségeivel foglalkozik jelen tanulmány. Elemzésünk során a legelterjedtebb technológiát a FDM (Fused Deposition Modelling) eljárást vizsgáljuk.

Célkitűzés: A vizsgálatok célja annak elemzése, hogy a gyártási paraméterek (nyomtatási hőmérséklet, nyomtatási sebesség,

rétegvastagság) változtatása milyen hatással van a lerakott rétegek, szálak összeolvadására, térkitöltésére. Az esetleges hibákat Scanning Electron Microscope által készített képeken kívántuk megvizsgálni. A képeken a szabálytalan alakú hibák pontos méretét kellett meghatározni. Ezt a SEM képek CAD szoftverbe illesztésével kívántuk megoldani.

Eredmények: A korábban felsorolt lépéseket elvégezve kaptuk meg az eredményeket. Az 1. ábrán egy rés körberajzolva látható, valamint annak területinformációja a CAD rendszerben. A kapott eredményeket összegezve és statisztikailag kiértékelve megkapjuk az adott gyártási paraméterekhez tartozó átlagos résméreteket. Ezek után az átlagos résméretetek változását is vizsgálhatjuk egy-egy gyártási parameter változtatásának függvényében.



1. ábra – Rés területadatainak kinyerése CAD rendszerből

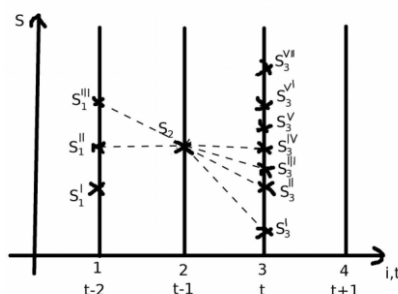
Fried Zoltán, Felde Imre, Szénási Sándor

A hőátadási együttható rekonstrukciójához választott FWA algoritmusban számolt célfüggvény változási irányának előrejelezhetősége (P-06)

A gyors hevítési és hűtési technológiákra jellemző tranziens hőátadási folyamatok során az alkatrészek felületén időben és térben változó hőátadási együttható alakul ki, mely döntően befolyásolja mind a belső feszültség viszonyait, mind pedig szövetszerkezeti tulajdonságokat. A komplex hőátadási együttható számszerű vizsgálatát inverz hőátadási módszerek segítségével célszerű végezni, melyek azonban meglehetősen nagy számítási kapacitást feltételeznek. Az összetett termikus peremfeltétel becslésére használt optimalizálási módszerek számítási ideje jelentősen csökkenthető, ha prediktív módszerek használatával sikerül a keresési tér pontjain előrejelezni a célfüggvény várható értékét, vagy a jelenlegi értékhez képest pozitív vagy negatív irányú eltérését. A felhasznált bio-inspirált optimalizálási módszernek a Fireworks Algoritmust (FWA) választottuk, mely számos előnye mellett lehetőséget biztosít az egyes sparkok - mint a célfüggvény számítási helyét meghatározó elemek - egyedi vezérlésére úgy, hogy az FWA eredeti tulajdonságait érintetlenül hagyja. A standard FWA algoritmus a „Markov process”, ami azt jelenti, hogy a következő lépésben számolt célfüggvények értéke csak az aktuális állapottól függ, és semmilyen információt nem használ fel a korábbi állapotokból.

A kutatás jelenlegi fázisában a standard FWA algoritmusban definiált sparkok „Markov process” tulajdonságát megtartva bővítjük az FWA algoritmust olyan új típusú sparkokkal, hogy fel lehessen használni az előző iterációkban számolt értékeket a sparkok új helyének meghatározásához. Mindezt olyan paraméterekre támaszkodva tesszük, amelyek számításához szükséges CPU kapacitás elhanyagolható a célfüggvény számítási kapacitásigényéhez képest, és a tároláshoz szükséges adatok helyigénye minimális. Ennek érdekében bevezetünk három új fogalmat: a fitness sebességet, fitness gyorsulást és a domináns sebességet.

Ezen új fogalmak segítségével lehetőségünk lesz – adott valószínűség mellett – meghatározni bizonyos sparkok mozgási paramétereinek függvényében a célfüggvény változásának irányát a következő iterációban. Az így számolt adatok elegendő információval rendelkeznek ahhoz, hogy ne teljesen vakon, a véletlenre bízva keressük az egyre jobb célfüggvény értékeket. Az új módszer lehetőséget biztosít továbbá a lokális optimumok és sík felületek detektálására akkor, ha az adott spark lokális optimumba rekedt, vagy sík terepen bolyong. Ezen két speciális állapot észlelése mindig kardinális probléma egy kereső algoritmus tekintetében.



1. ábra: i iterációban vagy t időpontban az S célfüggvény lehetséges értékei, ha a célfüggvény értéke csökken az előző iterációhoz képest

Szalai Szabolcs, **Harangozó Dóra**, Czinege Imre

Az alakváltozási inhomogenitás jellemzése fémlamezek szakítóvizsgálata során (P-07)

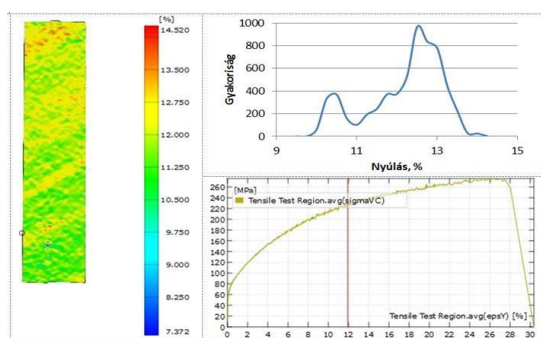
Lemez próbatestek szakítóvizsgálata során az alakváltozás még az egyenletes nyúlás tartományában sem homogén, hanem a hely függvényében változik. A jelenséget inhomogén vagy heterogén nyúlás, illetve lokális alakváltozási egyenetlenség kifejezésekkel jellemzi a szakirodalom. Ennek első felismerése Lüders névéhez kapcsolódik, a további kezdeti kutatások pedig polírozott próbatesteken a folyáshatár feletti képlékeny zónában is kimutatták az alakváltozási sávok meglétét. A jelenségek részletes elemzése a digitális képperkorrelációs (DIC) technikák fejlődésével vált lehetővé, melyekre alapozva számos publikáció jelent meg a témában. Ezek megállapították, hogy a nem egyenletes alakváltozás az egyes szemcsékre vagy szemcse klaszterekre terjed ki, esetenként intenzív alakváltozási sávok formájában jelenik meg. A kutatások elsősorban a nyúlási inhomogenitás mértékének jellemzésére, az alakváltozási egyenetlenség meghatározására és az inhomogén alakváltozásnak a PLC effektussal való kapcsolatára terjedtek ki. Emellett vizsgálták a felületi érdességi mérőszámok változását is az alakítás során. Az időtől függő jelenségek tanulmányozásakor az intenzív nyúlási sávok mozgása, terjedési sebessége szerepelt a vizsgálatok fókuszában.

Saját kutatásainkban különböző összetételű alumínium és lágyacél lemezekon vizsgáltuk a bemutatott jelenségeket. A GOM-ARAMIS vizsgáló rendszerrel felvett nyúlás eloszlások a helyi alakváltozások sokoldalú elemzését tették

lehetővé. Példaként a lokális egyenetlenségi mérőszám meghatározását mutatjuk be az 1. ábrán. Az ábra egy tipikus nyúlás térképet, a lokális nyúlások gyakoriságát, valamint a szakítódiagramon a mintavétel helyét (12% mérnöki nyúlás) mutatja. A gyakorisági adatokból számítható a nyúlások átlaga és szórása, mely az adott képre jellemző. Megállapítottuk, hogy a skála szerinti szélsőértékek helyett realisabb a $\pm 2\sigma$ határok figyelembevétele az inhomogenitás jellemzésére. Vizsgálataink szerint az inhomogenitási mérőszám függ az anyagminőségtől, összetételtől és az előzetes alakítás mértékétől.

Vizsgáltuk továbbá az egyenletes alakváltozás határán kialakult felületi érdességet. Megállapítottuk, hogy az érdesség az eredeti $S_q=1 \mu\text{m}$ értékről 8...10 μm -re növekszik a maximális erő eléréseig, és kis mértékben függ a hengerlési iránytól. Ugyanakkor a vonal menti érdesség periodicitása 200...300 μm , ami közel tízszerese a szemcsenagyságnak, tehát inkább szemcse klaszterekre terjed ki a lokálisan homogén alakváltozás.

Az időfüggő paraméterek közül az intenzív nyúlási sávok haladási sebességét vizsgáltuk a próbatest hossza mentén. Megállapítottuk, hogy a vizsgált AlMg3 lemezen az irodalmi eredményekkel összhangban negatív kitevőjű hatványfüggvény szerint közelítően 40 mm/s-ról 20 mm/s értékre csökken az intenzív alakváltozási sáv terjedési sebessége az 1...3% mérnöki nyúlás tartományban.



1. ábra: Helyi nyúlás eloszlás

Herbáth Beáta¹, Kovács Kristóf²

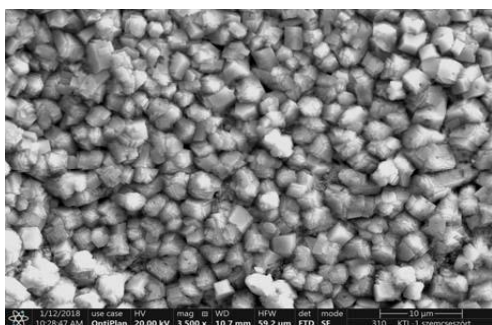
A vas- és acél alapfém felületi minőségének hatása a korrózióvédő bevonatok tulajdonságaira (P-08)

A korrózióvédő festékbevonatok védőképessége és tartóssága szempontjából a vas- és acél felületek előkészítése az egyik legfontosabb tényező. A nem megfelelően előkészített felületen nem alakul ki egyenletes konverziós réteg, így a festékréteg rosszul tapad, alatta korrózió indul meg és ez a folyamat a réteg leválásához vezethet. Vas- és acél alapanyagú alkatrészek, szerkezeti elemek, bonyolultabb – szerelt – részegységek oxid- és revementesítésére széleskörűen alkalmazható a szemcseszórás, amelynek célja, hogy a felületet megtisztítsuk minden tapadást csökkentő anyagtól. Ezen kívül a felület érdesítésével jó tapadást biztosítunk a bevonat első rétege számára. A festésre kerülő tárgyaknál a felülettisztításon kívül a korrózióvédő rétegek felviteléhez a felületet módosítani kell, a fémfelületet vékony foszfátréteggel kell bevonni, amelyhez a festékek jól tapadnak.

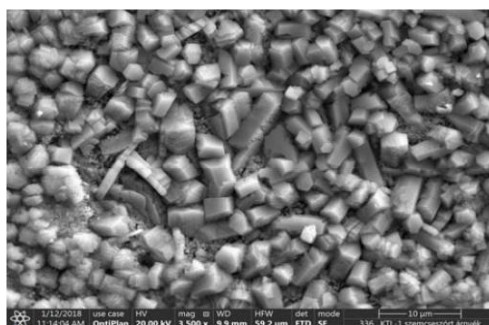
Célok: A szakirodalmi adatok szerint a foszfátréteg képződését és szerkezetét befolyásolja az alapfém minősége, a felület érdessége, a felület-előkészítés módja és a foszfátózás technológiai feltételei (az alkotók

koncentrációja, hőmérséklet, kezelési idő, stb.). Ezért nélkülözhetetlen a technológiai paraméterek egyenkénti és együttes hatásának vizsgálata.

Eredmények: A fémfelület struktúrájának, mikro- és makroszerkezetének hatása legalább olyan fontos, mint maga az anyagösszetétel. Minél nagyobb a felületi érdesség, annál nagyobb az egységnyi rétegtömegre számított felület és a határfelületen lejátszódó reakciók miatt annál rövidebb kezelési időre van szükség. A felületi érdesség növelése összefügg a bevonati struktúra finomságának növekedésével, mivel a sima felületek rosszabbul reagálnak a foszfátózásra. Ha a felületen sok bemélyedés és mikrorepedés van, akkor a foszfátózás során a savas marás hatása erőteljesebb és ez a réteg erősebb tapadását eredményezi, ugyanakkor megváltozik a bevonat mikroszerkezete. A szemcseszórással megfelelően érdesített felület bevonata egyenletes mikroszerkezetű (1A. ábra). A szemcseszórás tökéletlensége, hiányosságai rendellenes szemcsenövekedést okoznak a korrózióvédő bevonatban (lásd az 1B. ábrát).



A



B

1. ábra: A szemcseszórás felületi hibáinak hatása a kristályszerkezetre és a fedettségre

A: Megfelelően szemcseszórt felületű alapfém

B: Hiányosan szemcseszórt felületű alapfém

¹ BPW-Hungária Kft., Szombathely

² Pannon Egyetem, Anyagmérnöki és Gépészmérnöki Intézet, Veszprém

Horváth Richárd, Fábíán Enikő Réka

Korrózióálló duplex acél forgácsolhatóságának vizsgálata PVD bevonatos szerszámmal (P-09)

Az erősen övözött korrózióálló duplex acélok felhasználási területei egyre nagyobb teret kapnak azok különleges tulajdonságainak köszönhetően. A duplex acélok megmunkálhatósága forgácsolhatósága általában nehézségekkel jár. Kísérleteink során PVD bevonattal ellátott forgácsoló szerszámmal forgácsolási kísérleteket végeztünk, a G-X2CrNiMoCuN 26-6-3-3 öntött acél forgácsolási

problémáinak feltárására. A kísérleti eredményekben vizsgáltuk a sorja képződést, illetve annak felkeményedését, okait. Elektronmikroszkópos vizsgálatokkal elemeztük a bevonat kopási mechanizmusát, valamint a forgács képződést. Emellett elemzésre került még a forgácsolás erőtani viszonyainak és a gyártott felületi érdesség elemzése is.

Hugyec Attila¹, Nagy Erzsébet², Hlavács Adrienn³, Mertinger Valéria³

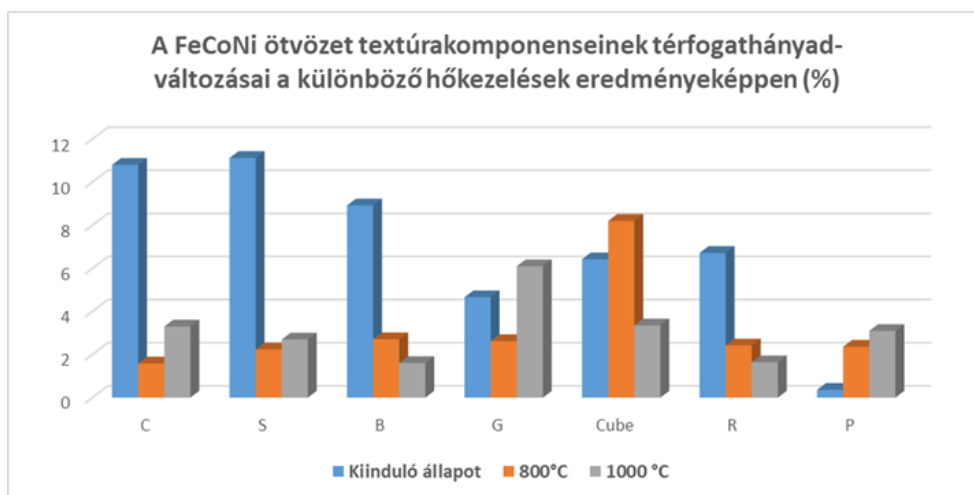
Nagyentrópiájú ötvözetek lágyulási újrakristályosodási textúrájának vizsgálata (P-10)

A nagyentrópiájú ötvözetek textúrájának vizsgálatával kapcsolatos publikációk száma manapság kezd intenzívebben növekedni. Az (an)izotrópiának, textúrának számos gyártási folyamatban (pl. lemezgyártás, különböző alkatrészek gyártása), de különösen képlékenyalakításnál van kiemelt jelentősége. Kutatásunkban a 2004-ben felfedezett, ún. nagyentrópiájú ötvözetek csoportja közül a FeCoNi, FeCoNiMnCr és a FeCoNi(AlSi)_{0,2} ötvözetek erőteljes, 90%-os alakváltozást eredményező, hideghengerlés utáni textúrájának hőkezelés hatására bekövetkező változását vizsgáltuk röntgendiffrakciós módszerekkel: pólusábrák és ODF-ek (orientációsűrűség-függvény) felvételével.

Textúravizsgálataink bemutatták, hogy a 90%-os mértékű hideghengerlésen átesett FeCoNi

ötvözetben viszonylag könnyedén, már 800 °C-os hőkezelés hatására megszűnik a hengerlési textúra. Ez minden bizonnyal annak is köszönhető, hogy a háromalkotós ötvözetben a diffúzió kevésbé akadályozott, mint az ennél több alkotót tartalmazó ötvözetekben. A hengerlési textúra FeCoNiMnCr-ban a 800 °C és 1000 °C-os hőkezelés hatására jelentősen lecsökkent, de ez a hatás a 800 °C-os hőkezelés hatására korántsem olyan egyértelmű, mint a háromalkotós ötvözet esetében. A FeCoNi(AlSi)_{0,2} ötvözet a sok alkotó ellenére már a 800 °C-os hőkezelés hatására elveszítette textúráját.

A FeCoNi és a FeCoNi(AlSi)_{0,2} ötvözetéről készített SEM-felvételeink igazolták az irodalom azon állításait, hogy a két ötvözet – egyes fkk-rácsú fémekhez hasonlóan – ikerkristály-képződésre hajlamos.



1. ábra – A FeCoNi ötvözet textúrákomponenseinek térfogathányad-változása különböző hőkezeléseket követően: a hengerlési textúrát jelző B, C és S komponensek térfogathányada mindkét hőkezelés hatására érdemben, mintegy ötödére csökkent

¹ Paks II. Zrt., Paks

² Miskolci Egyetem, MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport, Miskolc

³ Miskolci Egyetem, Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

Tancsics Ferenc, **Ibriksz Tamás**

Kisméretű lágyacél alkatrészek optimális hevítési idejének meghatározása (P-11)

Kisméretű, $\phi 20 \times 60$ mm próbatesttel jellemezhető alkatrészek hőkezelési technológiájának energiatakarékos megközelítése még napjainkban is az adott alkatrésze szabott heurisztikus vagy egyszerűbb esetekben empirikus hevítési, hőtartási és lehűtési módszereken alapul. Az adott acélminőségre vonatkozó vagy annak megfeleltethető CHT (Continuous Heating Transformations) diagramok használata igényli a hevítési hőmérséklet, az átlagos hevítési sebesség és idő ismeretét, melyek meghatározása elsősorban a geometriai és termikus paraméterek, valamint a hevítő berendezés bonyolult kapcsolatrendszerén alapul. Vizsgálataink során a hevítési és átalakulási sebességet befolyásoló fizikai kulcsparaméterekkel, a revés felület EHTC (Effective Heat Transfer Coefficient) és a keresztmetszet TDC (Thermal Diffusion Coefficient) paramétereivel foglalkoztunk, mivel ezek a paraméterek nem csak a hőterjedés

kulcsparaméterei, hanem a FEA (Finite Element Analysis) vizsgálatok input adatai is egyben. Az analízis során analitikus, empirikus és CHT diagramokon alapuló megközelítéseket vetettünk össze kísérleteink eredményeivel. A kísérletileg is megerősített eredmények alapján meghatároztunk egy megfelelően pontos, könnyen kezelhető függvénykapcsolatot a hevítési idő közelítő meghatározására, mely a CHT diagramok könnyen kezelhető és pontosított használatát teszi lehetővé a kijelölt tartományban. Az elért eredményeket FEA vizsgálatokkal is alátámasztottuk.

Célkitűzés: Kisméretű lágyacél alkatrészek CHT diagram szerint optimális hevítési idejének egyszerű és megfelelő pontosságú meghatározására alkalmas függvény felállítása.

Eredmény: A függvény az $\phi 20 \times 60$ mm próbatesttel jellemezhető alkatrészek esetén rendelkezésre áll.

Károly Dóra^{1,2}, Kincses Domonkos^{1,2}

Változó sűrűségeloszlású alumínium mátrixú szintaktikus fémhabok (P-12)

A mai modern világunk innovatív mérnöki találmányainak célja nem feltétlenül egy új probléma megoldása, hanem egy már létező megoldás energia- illetve költséghatékonyabb kivitelezése, optimalizálása. A mérnöki gyakorlatban felhasznált anyagok szempontjából ez történhet a teherviselő képesség növelése, valamint a tömeg csökkentése által is. A két megoldást egyszerre alkalmazva állíthatunk elő úgynevezett szintaktikus fémhabokat. Ezek egyfajta „mesterségesen rendezett” részecske erősítésű kompozitok, amelyek két komponensből állnak. Az egyik, valamilyen fémes mátrix anyag, a másik pedig a töltőanyag, mátrixba ágyazott gömbhéjak, amelyek elrendezése optimális esetben egymáshoz képest egyenletes és szabályos. A szintaktikus fémhabok kis sűrűséggel, és ebből adódóan kiemelkedő fajlagos tulajdonságokkal bírnak. Kiváló energiaelnyelő képességük miatt elsősorban nyomó igénybevételnek vannak kitéve.

A szintaktikus fémhabok effektív rugalmassági modulusát (amely a szintaktikus fémhabot helyettesítő, képzeletbeli, homogén és izotróp test rugalmassági modulusa) meghatározhatjuk modális analízis segítségével. A szerkezeti merevség meghatározása után új felhasználási területen megjelenhetnek a fémhabok szerkezeti anyagként is. A mérés során hasáb próbatestet

vizsgálunk, amelyet egy hosszú gumikötélre lógatunk fel, annak érdekében, hogy a mért jelből a gumikötél sajátfrekvenciája könnyedén leválasztható legyen. A gerjesztést egy modális kalapáccsal adjuk, majd a válaszjelet mikrofonnal felvesszük. Ezután egy szoftverrel kiértékelhetők a kapott adatok, amelyből megkapható az első illetve a második sajátfrekvencia. A sajátfrekvenciákból a Timoshenko-féle rúdelmélet segítségével visszaszámolható a rugalmassági modulus értékére.

A fémhabban található gömbhéjak és a mátrixanyag érintkezése befolyásolja a fémhabnál elérhető csillapítást, amelyet a kontaktfelületek mikroelcsúszásai növelhetnek. Arra a kérdésre keressük a választ, hogy ha egy próbatestben a gömbök sűrűsége pont ott nagyobb, ahol a lengésképben nagyobb deformáció található, akkor lesz-e csillapításbeli különbség egy olyan próbatesthez képest, amelyben a gömbhéjak a kisebb deformációnál helyezkednek el sűrűbben. Ehhez szükségünk volt olyan próbatestek legyártására, amelyekben a hossz mentén változik a gömbhéjak sűrűségeloszlása. Kutatásunk során Al99,5 mátrixanyagú Al_2O_3 kerámia gömbhéjakkal töltött szintaktikus fémhabokat gyártottunk nyomásos infiltrálással.

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapest

² MTA-BME Lendület Kompozit Fémhabok Kutatócsoport, Budapest

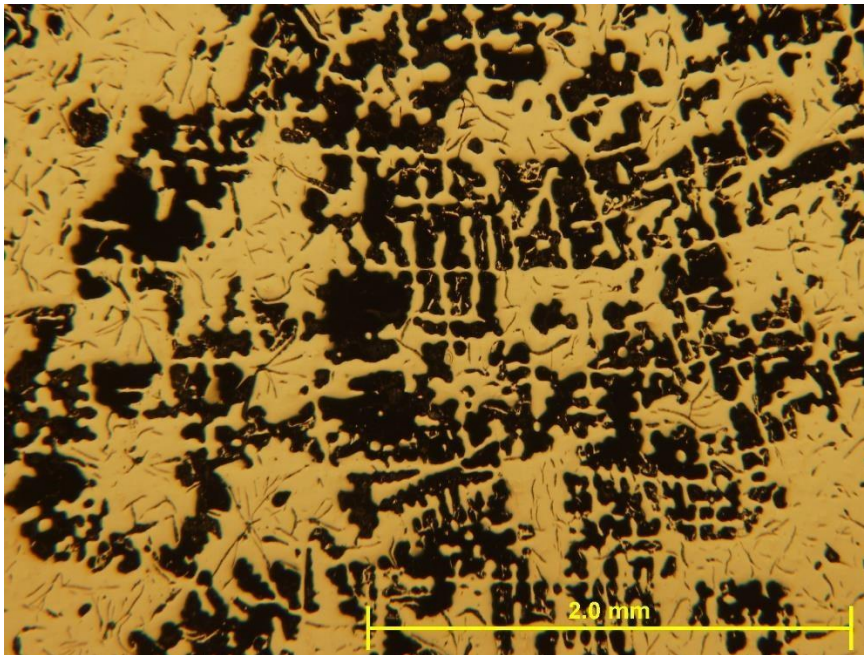
Katona Bálint, Bödök Károly

A 15D100 típusú dízelmotor hengerhüvely öntvényhibáinak elemző anyagtani vizsgálata (P-13)

Acélöntvények esetében a gyártás elégtelenségéből fakadóan létrejöhetnek zárványok, beszívódások, lunkerek, amelyek rontják a szerkezet integritását, így annak mechanikai tulajdonságait is. Bizonyos esetekben ezek megléte azonban nem akadályozza az alkatrész funkciójának betöltését, azaz egyes folytonossági hibák bizonyos esetekben megengedhetők.

Jelen tanulmányunk fókuszában az öntésből származó diszkontinuitások és azok szerkezetre

gyakorolt hatása áll. Az elvégzett vizsgálatok alapján feltártuk a vizsgált hibák jellegzetességeit, valamint meghatároztuk azok mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatását. Ezen anyagtani vizsgálatok során különös figyelmet kaptak a mikroszerkezeti és finomszerkezeti vizsgálatok, továbbá a porózus öntvényanyag törési határszilárdság meghatározására vonatkozó vizsgálatok, amelyeket egyedi, „sub-size” szakító próbatesteken végeztünk el.



1. ábra – A vizsgált öntvényben található dendrites morfológiájú diszkontinuitás

Kemény Alexandra ^{1,2}, **Katona Bálint** ^{1,2}, **Nima Movahedi** ³, **Thomas Fiedler** ³

Alumínium mátrixú expandált perlittel töltött szintaktikus fémhab fárasztóvizsgálata (P-14)

A fémhabok olyan cellás (nyitott vagy zárt) szerkezetű anyagok, amelyek nagy fajlagos energiaelnyelő képességgel, valamint a – kontinuum anyaghoz képest – kisebb sűrűséggel rendelkeznek. Ezt tulajdonság együttest kihasználva ezek az anyagok megoldást nyújthatnak az iparban jelenlévő és a tömegcsökkentést célzó igény kielégítésére. A zártcellás fémhabok egy speciális típusa az úgynevezett szintaktikus fémhab, amelyben a cellákat egy második fázis hozza létre, ezek leggyakrabban közel szabályos elhelyezkedésű gömbhéjak.

Kutatásunk során építőipari expandált perlittel töltött technikai tisztaságú (Al99,5) alumínium

mátrixú fémhabok fárasztóvizsgálatát végeztük kétszlopos szerszámban különböző terhelési szinteken tönkremenetelig (amit az elért mérnöki alakváltozáson keresztül definiálunk: $\varepsilon_k=2\%$), vagy $N_f=2\cdot 10^6$ ciklusszámig (1. ábra).

A terhelési szinteket az anyag kvázi statikus nyomógörbéiből nyert platófeszültség alapján határoztuk meg. A platófeszültség 90; 70; 50 és 30%-án végeztük a vizsgálatokat $R=0,1$ aszimmetria tényező és $f=10$ Hz mellett. Az egyes terhelési szinteken elért tönkremeneteli ciklusszámokat statisztikai úton elemeztük, a tönkremenetel módját pedig a minták keresztcsiszolati képei alapján vizsgáltuk.



1. ábra – A fárasztóvizsgálat mérési elrendezése

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapest

² MTA-BME Lendület Kompozit Fémhabok Kutatócsoport, Budapest

³ The University of Newcastle, School of Engineering, Callaghan, Australia

Kemény Dávid Miklós, Pammer Dávid

Additívan és hagyományosan gyártott 316L anyagok mikroszerkezeti vizsgálata (P-15)

Az emberiség fejlődése során egyre inkább maga az egyén kerül előtérbe, emiatt egyre fontosabb az egyéni szükségletek kielégítése, amely rengeteg szektorban, például az építőiparban vagy akár az orvostudományban is jelen van. Utóbbi esetben az additív elven működő gépek az egyéni elvárások kielégítésére tökéletes lehetőséget nyújtanak. Bármilyen bonyolult termék legyártható teljesen a vevő igényeihez igazítva. A folyamat során a terméket rétegről-rétegre tudjuk kialakítani, ahol a rétegvastagság, minőség több paramétertől is függ. Néhány példát említve, ilyen a rendelkezésünkre álló fémporrészecskék mérete, eloszlása, a berendezés teljesítménye, a lézerfókusz átmérőjének mérete, illetve a fókusz távolság.

Kutatásunk során additívan és hagyományos módon gyártott 316L alapanyagok szövetszerkezetét vizsgáltuk. A kialakult

szerkezetet több minden is befolyásolhatja, például a gyártási technológia, a különböző hőkezelési módszerek, vagy csak maga az anyag összetétele. Az additívan, közvetlen lézeres fémszintereléssel (DMLS – direct metal laser sintering) gyártott alapanyag esetében ez különösen érdekes, hiszen ahogy a termék rétegről-rétegre felépül, az új réteg létrehozása során az alatta már korábban kialakított réteg újra hőkezelődik. Ennek következtében egy teljesen új jellegű szövetképet kapunk a vizsgálataink során. A két gyártási technológiával kialakított 316L alapanyagok szövetszerkezetét hasonlítottuk össze utólagos hőkezelés nélkül.

A kutatásunk során metallográfiai vizsgálatokat, pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokat végeztünk el.

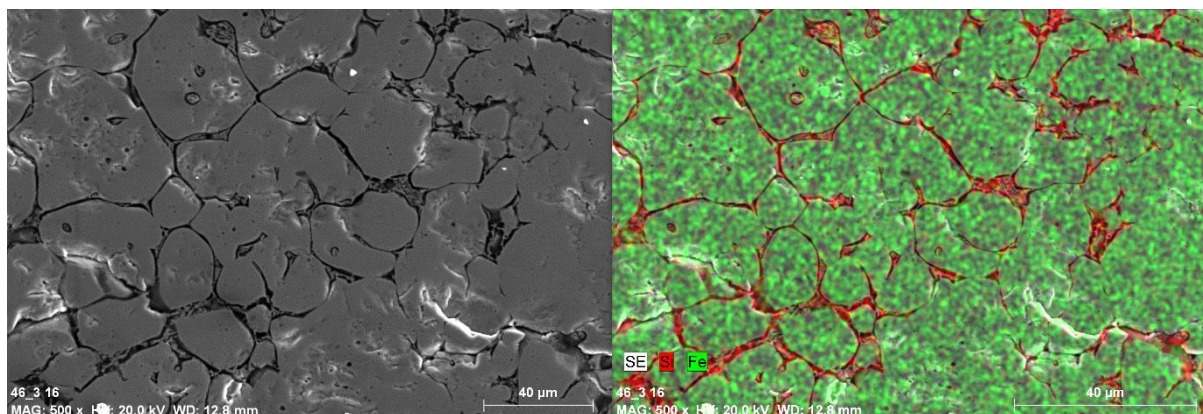
Kocsis Bence^{1,2}, Zsoldos Ibolya¹, Varga Lajos Károly²

Fe-6,9wt%Si por ötvözetből készült toroid minták különböző hőkezelési stratégiáinak hatása a mágneses tulajdonságokra (P-16)

Jelen tanulmányban vizsgáltuk 800 °C – 1150 °C közötti izotermikus hőkezelési stratégiák hatását az Fe-6,9wt%Si porból előállított toroid minták mágneses tulajdonságaira. Az alapanyagot és a mintákat klasszikus porkohászati módszerrel állítottuk elő, mivel ilyen magas szilíciumtartalom esetén a klasszikus lemezalakítási módszerek már nem működnek.

Az itt megjelent eredményeink egy összehasonlító kísérletsorozat részét képezik, amelyben az anyagában ötvözött Fe-Si porból és tiszta vasporból Stöbel módszerrel készített toroidokat vizsgáljuk. Célunk volt egy ferromágneses és egy szervesetlen szigetelő anyagból olyan lágymágneses kompozit megalkotása, amely határfrekvenciája már a megahertzes tartományba esik és Snoek limitje meghaladja a néhány gigahertzet.

Az Fe-6,9wt%Si porból készült minták esetében a CT vizsgálatok során azt tapasztaltuk, hogy a 333,85 MPa-lal történt préselést követően jelentős porozitással kell számolni. Ennek pozitív hatása az atmoszférikus közegben történő hőkezelés során jelentkezett, amikor a Si a Cr₂O₃ kiválásához, diffúziójához hasonlóan egy bevonatot, egy mag-héj szerkezetet eredményezett a vasszemcsék felületén, amelynek köszönhetően kialakult egy elektromosan szigetelő réteg a szemcsehatárokon. A hőkezelési stratégiának megfelelően 1 vagy 2 ferromágneses fázis volt megfigyelhető. A határfrekvenciával megközelítettük a célkitűzésben megfogalmazott értékeket, de a statikus permeabilitás alacsony értéke miatt a Snoek-limit nem érte el a gigahertzes tartományt. A védőgázban hőkezelt mintákhoz viszonyítva azonban jelentős mágneses tulajdonság javulást értünk el.



1. ábra – Kifejtés

Fe-6,9wt%Si porból készült minta Fe-SiO₂ kiválásának pásztázó elektronmikroszkópos felvétele.

¹ Széchenyi István Egyetem, Győr

² MTA Központi Fizikai Kutatóintézet, Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Kókai Eszter, Terjék Dóra Veronika

Poliamid alapú montmorillonittal erősített nanokompozitok vízfelvételének vizsgálata (P-17)

A poliamid alapú kompozitok, ahogyan a nanokompozitok is széles körben használatosak különböző autópári szerkezeti elemekként. Köztudott, hogy a poliamid hajlamos vízfelvételre, mely nagyban befolyásolja a mechanikai tulajdonságait. Üvegszállal erősített poliamidok szintén használatosak az autópárban, jó mechanikai tulajdonságaik, kis tömegük és aránylag alacsony áruk miatt. Néhány esetben a poliamid alapú autópári alkatrészekben problémát okozhat a különböző százalékos vízfelvétellel járó méretváltozás, így kutatásunk arra irányul, hogy nanoásványt alkalmazva vizsgáljunk üvegszállal erősített és erősítés nélküli poliamid nanokompozitok vízfelvételét. A montmorillonit egy könnyen és olcsón beszerezhető szilikát alapú ásvány, mely alkalmas lehet a vízfelvétel csökkentésére.

Poliamid-6/nanoásvány, illetve üvegszállal erősített poliamid-6 / nanoásvány nanokompozitok

különböző montmorillonit tartalmú (1%, 2%, 5%) keverékeinek előállítását és vízfelvétel vizsgálatát végeztük el, majd a keverékek mechanikai tulajdonságait figyeltük meg. A víztartalom vizsgálatot Karl-Fischer coulometriás módszerrel valósítottuk meg, a mechanikai vizsgálatok során szakító és ütve-hajlító vizsgálatot végeztünk el.

A vizsgálatok során azt tapasztaltuk, hogy a vízbemerítéssel kondicionált nanokompozitok vízfelvele megnőtt a montmorillonit hatására. A szobahőmérsékleten elvégzett szakítóvizsgálat és ütve-hajlító vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a nagyobb víztartalom rossz hatással van a mechanikai tulajdonságokra, a legtöbb esetben alacsonyabb értékeket kaptunk. A 30% üvegszálerősítésű poliamid-6 alapanyag esetében 1% és 2% montmorillonit tartalomnál viszont a folyáshatár nőtt.

Kónya János¹, Kulcsár Klaudia¹, Hargitai Hajnalka², Zsoldos Ibolya²

Egészségügyben alkalmazott titán hegesztett kötésének mechanikai vizsgálata (P-18)

Az egyéni titán (Ti-6Al-4V, Grade 23) implantátumok additív gyártásánál, mely esetünkben a fogászat illetve az arc- és állcsont sebészeti területet érinti, az összetettségük, szerelhetőségük, fogva komplex gyártástechnológiát igényelhetnek. Ez azt jelenti, hogy a 3D nyomtatott titán implantátum elemeket oldható kötést biztosító menetes perselyekkel egészítjük ki. Ezeket az elemeket, amelyek Grade 5-ös hengerelt előgyártmányból esztergálással készülnek lézeres mikro-

hegesztéssel hozaganyag segítségével (Grade 1) egyesítjük. Ezen hegesztési varratok mechanikai szilárdság vizsgálatához hengeres próbatételeket alkalmazunk, melyeket additív és szubsztraktív gyártástechnológiával hozunk létre, mint az eredeti implantátumok alkotó elemeit. A szilárdsági adatokat szakító vizsgálattal kapjuk meg. Tanulmányunk során a célunk, hogy megállapítsuk, hogy a hegesztett kötés megfelelő mechanikai szilárdsággal rendelkezik-e.

¹ Dent-Art-Technik Kft., Győr

² Széchenyi István Egyetem, Győr

Korózs József¹, Kaptay György^{1,2,3}

A Butler-egyenlet levezetése az oldatok felületi Gibbs-energiájának minimumából (P-19)

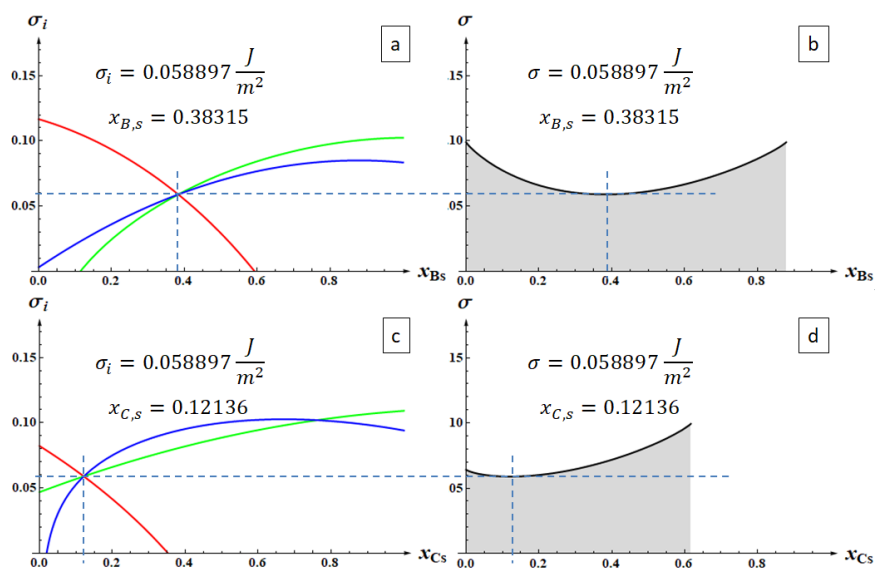
A levezetés szükségessége: Az oldatok felületi Gibbs-energiájának minimumából, ami egy általános kritérium, vezetem le Butler-egyenlet (egy oldat parciális felületi feszültségeinek egyenlősége) ezen a poszteren. Ez az új levezetés remélhetően növelni fogja a Butler-egyenlet elfogadottságát a tudományos világban nem csak folyékony oldatokra és az adszorpcióra, hanem más határfelületi jelenségekre is.

A Butler-egyenlet a szakirodalomban: A felületi feszültség és az adszorpció alapvető fogalmak a határfelületi tudományokban. A Butler-egyenletet számos kutató használja a felületi szegregáció, az adszorpció és folyékony oldatok felületi feszültségének számítására. A Butler-egyenletet kiterjesztettük a felületi fázis átalakulásra és a határfelület összetételének, valamint felületi energiájának számítására. Bár az 1932 óta kapott 680 idézet [www.google.scholar,

2019. március] jelentős szám, a Butler-egyenlet sokkal kevésbé elfogadott, mint a Gibbs-féle adszorpciós egyenlet. Ez részben a bonyolult származtatásnak és részben a rosszul definiált parciális felületi feszültségnek köszönhető. Ezen a poszteren a Butler-egyenlet levezetése található meg a felületi Gibbs-energia minimumának feltételéből. Így bizonyosságot nyer, hogy a Butler-egyenlet teljes mértékben összhangban van a Gibbs-féle termodinamikával.

[1] Butler, J.A.V., *The thermodynamics of the surfaces of solutions*, Proc Royal Soc A: 135 (1932): 348-375

[2] Korózs, J., Kaptay G., "Derivation of the Butler equation from the requirement of the minimum Gibbs energy of a solution phase, taking into account its surface area", *Journal of Colloids and Surfaces A: Physicochemical and*



1. ábra – Az integrális és parciális felületi feszültségek a felületi koncentrációk függvényében

¹ Fémtechnológiai, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolci Egyetem, Miskolc-Egyetemváros

² MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport, Egyetemváros, Miskolc-Egyetemváros

³ BAY-ENG, Miskolc

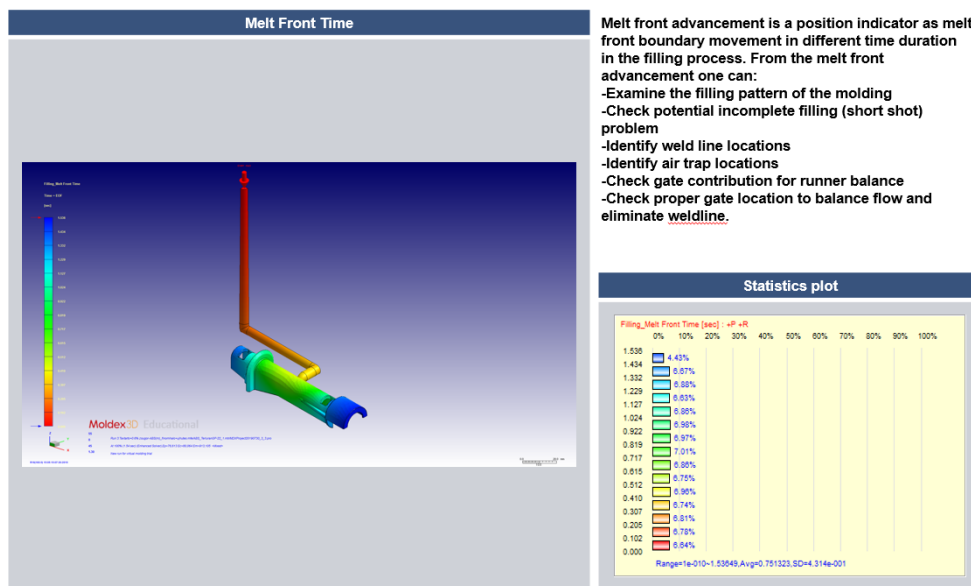
Kovács Péter Zoltán, Tóka Bence

A polimer elemek alakíthatóságának vizsgálata különböző szoftverkörnyezetben a járműipar számára (P-20)

A világ műanyag termelésének mennyisége már az 1980-as évek végén meghaladta a mérnöki tudományok főalapanyagaként számon tartott acél termelésének mennyiségét. A műanyagok tulajdonságait és a termelési adatokat ismerve nem volt kétséges a járműipar számára sem, hogy az anyagokban rejlő potenciál a kulcsa a fejlődésnek. Továbbá az évek során a számítógép egyes építőelemek (RAM, CPU) teljesítményének exponenciális növekedése is hozzájárult különböző szoftverek kifejlesztésére. Ennek a két ténynek köszönhetően manapság már csakis e szoftverkörnyezetekben zajlanak az egyes tervezés és fejlesztési lépések. Kitűnő példa a polimerek különböző öntési technológiái számára kifejlesztett és napjainkban az egyik legjelentősebb CAE alkalmazás, a Moldex3D.

Célok: A Moldex3D egyedi hálózási technológiájával, sokrétű alapanyag adatbankjának felhasználásával, továbbá automatikus vagy egyedi gépbeállítás alkalmazásával egy autóiipari beszállítónak gyártott távtartó elem vizsgálata fröccsöntés során elfordulható különböző anyagszerkezeti hibák elkerülése érdekében.

Eredmények: A majd száz eredmény négy nagy csoportra (kitöltés, utónyomás, hűtés, zsugorodás) tagolódik, és ezeken belül tudjuk nyomon követni, hogy miként zajlik maga a folyamat és hogyan viselkedik a fröccsöntés során a folyékony polimer.



1. ábra – Példa eredmény megjelenítésére Moldex3D-ben mely sok információt tartalmaz és több ilyen összevetésével a tervezők megannyi időt, energiát és költséget takaríthatnak meg

Kovács András, Makó Éva

Kaolinit nanocsövek előállítása és minősítése (P-21)

Napjainkban a kaolinit lemezekből kialakított nanocsövek előállításának tanulmányozása és fejlesztése igen fontos kutatási terület, mert a felhasználásuk ígéretes a nanokompozit és nanohibrid anyagrendszerekben. A halloysitszerű kaolinit nanocsövek többlépcsős interkalációval és deinterkalációval állíthatók elő, ahol a kaolinitrétegek egyedi kettősrétegekre válnak szét, amit exfoliációnak neveznek. Ezek az egyedi rétegek a tetraédes és oktaédes réteg méretkülönbsége miatt, a szerkezetben lévő mechanikai feszültségek kiegyenlítésére, meggyengülnek és feltekerednek nanocsövé.

Előző kutatásainkban a nagyhatékonyságú szolvotermális eljárásunkat laboratóriumi körülményekre optimáltuk. Ipari szempontból fontos ezen eljárás nagyobb mennyiségű alkalmazhatóságának és a kialakult nanocsövek mennyiségének vizsgálata. Jelen munkánkban tanulmányoztuk a kaolinit többlépcsős, szolvotermális interkalációját a mintamennyiségek növelése mellett. A többlépcsős interkalációnál kaolinit-karbamid előinterkalátumból állítottunk elő kaolinit-cetil-trimetilammónium-klorid komplexet, mely alkalmas a kaolinit exfoliációjára és nanocsövek létrehozására. A kaolinit nanocsövek mennyiségét röntgendiffrakciós (XRD) és transzmissziós elektronmikroszkópos (TEM) módszerekkel jellemeztük.

Kemény Dávid Miklós¹, Tóth Péter¹, Kovács Dorina²

VVER 1200 reaktortartály anyagának vizsgálata öregedés szempontjából (P-22)

Az öregedés jelensége sok helyen jelen van, akár az emberi életet vesszük alapul, de ugyanúgy a fémek világában is megtalálható, amelynek során az anyag mechanikai tulajdonságaiban az idő előre haladtával változás következik be. A tervezés során ezzel foglalkozni kell, hiszen egy atomerőművet több évtizedre terveznek és a biztonság normatíváknak megfelelő nagymértékű tulajdonságváltozásból eredő károsodás nem megengedhető.

Kutatásunk során, a Magyarországon épülő új atomerőmű reaktortartályok anyagával megegyező alapanyagok tulajdonságait vizsgáltuk öregedés szempontjából. A mechanikai tulajdonságokat, illetve az öregedés mértékét a fellépő igénybevételek, a rendszerek

üzemi paraméterei, igénybevételi-ciklusok, korróziós igénybevétel stb. nagymértékben befolyásolhatják. A tulajdonságok rövidtávon nagy mértékben nem, de hosszútávon már annál inkább változhatnak, emiatt folyamatos vizsgálat szükséges, az esetleges károk időben történő azonosítása érdekében. Egyes berendezések esetében, amelyek sugárzásnak kitettek, azok öregedése jelentősebb. A kiértékelés során a lehetséges igénybevételeket figyelembe vettük a vizsgált anyag esetében, és a konklúziót ez alapján határoztuk meg.

A kutatásunk során metallográfiai vizsgálatokat, pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokat, Charpy-vizsgálatokat, illetve korróziós vizsgálatot végeztünk.

¹ Paks II. Zrt., Paks

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki kar,
Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapest

Kulcsár Klaudia¹, Kónya János¹, Zsoldos Ibolya²

Strukturált, zárt és nyitott cellás habok mechanikai tulajdonságainak vizsgálata végelem analízissel (P-23)

A tanulmányban a különböző rácsszerkezetekkel kialakított strukturált szerkezetek vizsgálatát végezzük végelem analízis segítségével. A szilárdsági vizsgálatokat az egyszerű köbös, lapközepes köbös, térközepes köbös, valamint gyémántrács szerint létrehozott porózus strukturált szerkezeten végezzük. Végelem szimulációval kimutatjuk, hogy a strukturált

habszerkezeteknél a nyitott cellás és zárt cellás szerkezetek esetén a térkitöltés szerint számottevően különböző feszültségek adódnak az anyagszerkezetében. A kutatás célja egy olyan implantátum rendszer létrehozása lesz, mely elősegíti az összeintegráció folyamatát.

¹ Dent-Art-Technik Kft., Győr

² Széchenyi István Egyetem, Győr

Lendvai László, Fekete Imre

Növelt mechanikai tulajdonságú biopolimerek fejlesztése additív gyártáshoz (P-24)

Az additív gyártási eljárások azok a – köznyelvben 3D nyomtatásnak nevezett – gyártástechnológiák, amelyek a gyártandó terméket a hagyományos módszerekkel (anyagleválasztás, képlékenyalakítás) ellentétben rétegről rétegre felépítve hozzák létre. A kivitelezés egyszerűségéből, és olcsó megvalósíthatóságából adódóan napjainkban a legelterjedtebb additív gyártási eljárásnak a huzalleolvasztásos technológia (Fused Deposition Modeling – FDM) tekinthető, amely elsősorban műanyagból készült szálakat használ 3D-s termékek gyártásához. Sajnos korlátozott azoknak az alapanyagoknak a száma, amelyekkel FDM technológia alkalmazása mellett jó minőségű (geometria, felület, mechanikai tulajdonságok) termék gyártása lehetséges. Az FDM alapú berendezésekkel történő gyártáskor egyik leggyakrabban alkalmazott polimer a politejsav (PLA).

A PLA egy biopolimer, amelynek szilárdsága a tömegműanyagokéhoz (polisztirol - PS, polietilén-tereftalát - PET) hasonló, de társítással, illetve adalékanyagok hozzáadásával

széleskörűen módosítható. A szakirodalomban számos publikáció található, amelyben a szerzők a szilárdság, illetve a szívósság növelését tűzték ki célul. Az elmúlt években több olyan tanulmány is napvilágot látott, amely az additív gyártásra szánt PLA huzalok szilárdságának növelésével foglalkozik mikro-, illetve nanoméretű erősítőanyagok hozzáadása révén. Esetenként problémát jelent, hogy ezeknek az adalékok jelenléte nem csupán a mechanikai tulajdonságokat módosítja, de az FDM eljárással való nyomtathatóságot is befolyásolja.

Munkánk során alumínium-oxid-hidroxid (böhmit) szemcsékkel erősített politejsav nyomtathatóságát vizsgáltuk huzalleolvasztásos elven működő additív gyártóberendezésen. Ehhez különböző mennyiségű böhmitet tartalmazó PLA filamenteket állítottunk elő ikercsigás extrúzióval. Ezt követően megvizsgáltuk a létrehozott szálak feldolgozhatóságát, majd az azokból nyomtatott próbatestek mechanikai és morfológiai tulajdonságait.

Leveles Borbála^{1,2}, **Kemény Alexandra**^{1,2}, **Orbulov Imre Norbert**^{1,2}

Alumínium mátrixú bimodális fémhab gyártása és vizsgálata (P-25)

A fémhabokat az autóiparban egyre nagyobb körben használják nagy fajlagos energiaelnyelő képességük és relatív kis tömegük miatt. A fémhabok olyan anyagok, amelyek meghatározott részben levegőt tartalmaznak, valamint öntött fém mátrixanyagot. Szintaktikus fémhaboknál a második fázis, -amely a sűrűség csökkentéséért felelős- gömbhéjak bevitelével jön létre.

A kutatásunk során bimodális fémhabot gyártottunk, ahol két különböző átmérőjű kerámiagömbhéjat alkalmaztunk töltőanyagként. A gömbhéjak alapanyaga nagy tisztaságú alumínium-oxid kerámia, névleges átmérőjük $\varnothing d_1=7$ mm és $\varnothing d_2=2,4$ mm. A fémhabokban 1:1; 2:1 és 4:1 térfogatarányban helyeztük el a két

különböző méretű gömbhéjat, amelyet keverés után egyenletes eloszlásúnak tekinthetünk. Az így létrehozott anyag befoglaló térfogatának ~69-73%-át töltik ki gömbhéjak a keverési aránytól függően, amelyek közé kis nyomással Al99,5 nagy tisztaságú alumíniumot infiltráltunk, így létrehozva a cellás szerkezetű anyagot.

A gyártási paraméterek nagy hatással vannak az elkészült fémhab tulajdonságaira, ezért különböző előmelegítési hőmérséklettel, olvadáshőmérséklettel, infiltráló nyomással és idővel kísérleteztünk a megfelelő nedvesítés és kitöltés elérése érdekében. A gyártott mintákat makroképek és mikroszkópos felvételek alapján értékeltük.

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapest

² MTA-BME Lendület Kompozit Fémhabok Kutatócsoport, Budapest

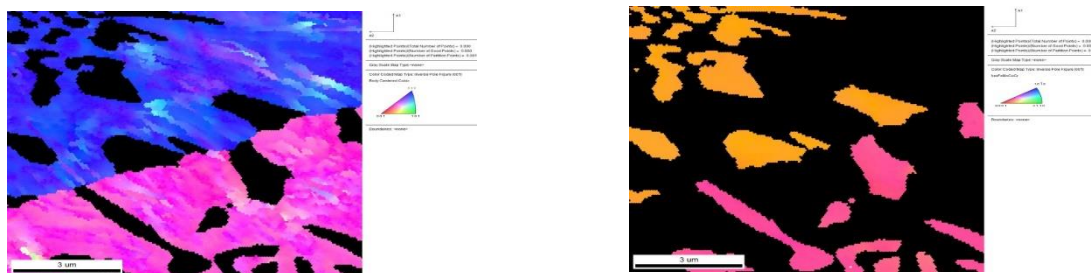
Maksa Zsolt^{1,2}, **Vida Ádám**³, **Quang Chinh Nguyen**¹, **Varga Lajos Károly**²

Nagyentrópiás ötvözeteken alapuló kompozitok előállítása (P-26)

A kötött Volfrám-karbid egyike a legrégebbi és kereskedelmileg legsikeresebb porkohászati termékeknek. Ezek a kompozitok kobaltfémrel kötött WC-részecskék aggregátumai. A cementált keménység mechanikai, fizikai és kémiai tulajdonságainak egyedi kombinációja következtében széles körben alkalmazható megmunkáló szerszámokhoz és nagy kopásállóságú alkatrészekhez. A Co-por azonban a veszélyes anyagok listáján szerepel, rákkeltő anyagként kell kezelni, rendkívüli óvatossággal. Ez a probléma növeli annak szükségességét, hogy alternatív kötőanyagokat keressenek a keménység termékekhez. A nagy-entrópiájú ötvözetek (High-Entropy Alloy) (HEA) ötvözetek egy új, nemrégiben kifejlesztett osztályt alkotják, ígéretes tulajdonságokkal, amelyek megegyeznek a kobalt tulajdonságaival.

Célunk a megfelelő HEA-k kifejlesztése, és a meglévő, illetve új, keménység kompozitokban kötőanyagként történő felhasználása a kobalt helyett. Az első lépés az elméleti megfontolások alapján kiválasztott HEA legyártása.

Az első kísérlet HEA-t alkalmazó kompozit anyag előállítására a $\text{Ni}_{24}\text{Co}_{24}\text{Fe}_{24}\text{Cr}_{8.7}\text{Al}_{18}\text{Zr}_{1}\text{B}_{0.3}$ ötvözet kötőanyagként történő használata volt. Az öntecs golyósmalomban örlésével $\sim \mu\text{m}$ méretarányú port kaptuk. Összeállítottuk az alapanyagot: 20 tömeg% HEA + 80 tömeg% NbC. A keverést további örléssel hajtjuk végre. A pasztilla előállítása tömörítéssel -10 T terhelési nyomás alatt, 60 másodpercig tartva történt. Az így kapott mintánk átlagos mikro-keménysége 1000 Hv lett, az ipari mintán mért keménység átlaga 1500 Hv volt. A kiszámított tömörítési arány 75% (anyag levegőhöz viszonyítva), az iparban elfogadott érték 95 %, tehát ezt a paramétert a jövőben javítani kell, mivel fontos szerepet játszik a következő lépés, a szinterelés sikerében. A kompozit tulajdonságainak fejlesztéséhez egy lehetséges megoldás a 3D lézer-szinterelés. Összehasonlító teszteket végzünk a kétféle szinterelési módszerrel előállított minták között. A mintákon mikro-keménység, XRD, SEM (EDS) és sűrűségméréseket végzünk, hogy megtaláljuk a legjobb előállítási módszert és az ehhez megfelelő összetételt.



1. ábra – BCC (bal) és HCP (jobb) fázisok mérése SEM (EBSD) térképezéssel

¹ ELTE Anyagfizika Tanszék, Budapest

² MTA Wigner FK Szfi, Budapest

³ ELTE Anyagfizika Tanszék, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest

Maróti János Endre, Szabó Péter János

A léces martenzit kompozit szerkezetének kialakulásának vizsgálata (P-27)

A martenzites acélnak több megjelenési formája is ismert, ezek egyike a léces martenzit. A fázisátalakulás során az ausztenitzemcsék szigorúan meghatározott orientációjú pakettekké alakulnak. Egy-egy pakettben blokkok alakulnak ki, ezeken belül kisszögű határral elválasztott léceket láthatunk. Az egyes blokkokon belül a lécek irányával párhuzamos Burgers-vektorú blokkoknak („lágý” blokkok) más mechanikai tulajdonságaik vannak, mint azoknak, amelyekben a Burgers-vektor iránya merőleges a lécek

irányára („kemény” blokkok). A munkánk során arra a kérdésre keressük a választ, hogy a különböző széntartamú ausztenites acélok, ausztenites állapotból történő lehűtési paraméterei hogyan befolyásolják a kialakuló blokkok arányait, méreteit valamint mechanikai tulajdonságait. Ezekhez a vizsgálatokhoz fémmikroszkópot, pásztázó elektronmikroszkópot, transzmissziós elektronmikroszkópot és visszaszórtelektron-diffrakciót (EBSD) alkalmazunk.

Mikóné Mádi Laura, Budavári Imre, Varga László

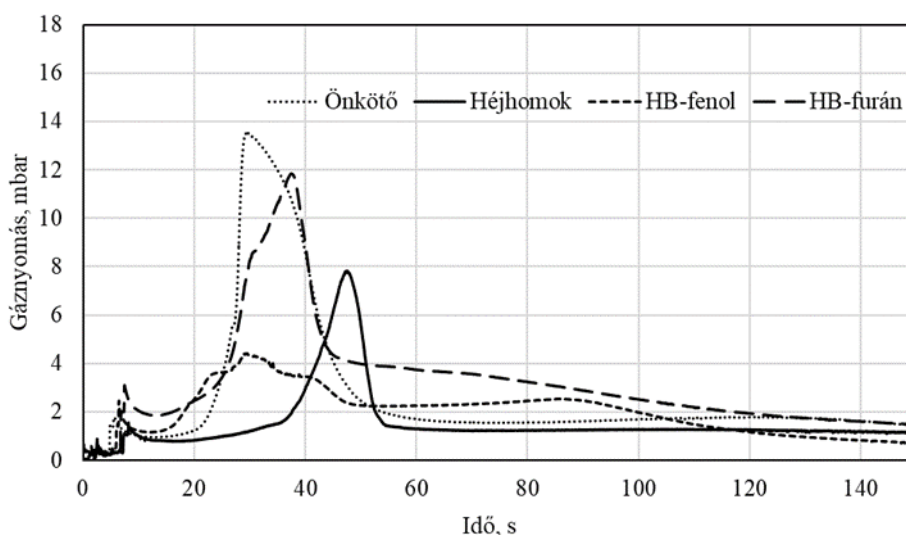
A műgyantakötésű homokmagokból öntés során felszabaduló gázok nyomásának a vizsgálata (P-28)

Az öntődei műgyantakötésű formázóanyagok lebomlása során képződött gázok mennyisége, illetve nyomásviszonyai a fém megszilárdulásának kezdeti szakaszában jelentősen befolyásolhatják az öntvények felületi minőségét és gázhollyagosságát. A magokból fejlődő gázok akkor okoznak öntvényhibákat, ha a gázbetörésig nem jön létre megfelelő szilárdságú öntvénykéreg. A homokmagokból fejlődő gáz és nyomásának vizsgálata több szempontból is kiemelten fontos, újabb lehetőségeket nyújtva a homokkeverékek minősítéséhez. A magokból felszabaduló gázok összetétele környezetvédelmi okokból is kulcsfontosságú, hiszen egyre szigorúbb hatósági előírásoknak kell megfelelni az öntvénygyártóknak.

Célkitűzés: Munkánk során vizsgáltuk a gyantaminőség (héjhomok, HB-furán, HB-fenol és önkötő-fenol), a gyantamennyiség, az eltérő szemcseszerkezet (SH32-33-34; szitált), valamint az öntési hőmérséklet ($720-1400-1600\pm 20^\circ\text{C}$)

hatását a magokból fejlődő gázok nyomására. Héjhomok esetén vizsgáltuk a térhálósodási idő és térhálósodási hőmérséklet hatását.

Eredmények: Az öntvényhibák jelentős része az öntés során képződő gázok hatásaiból eredeztethető, aminek egyik eleme a magokból fejlődő maggáz. A gyantaminőség jelentősen befolyásolja a magokból fejlődő gázok nyomásának időbeli lefutását. Azonban az azonos gyantaminőségű magok gáznyomás jelleggörbéi a különböző öntési hőmérsékleteken hasonló lefutást mutat. A HB-fenol gyantás magok gáznyomás görbéjére több, kisebb lokális maximum jellemző, ami a gyanta szakaszos kiegészére utal. Az önkötő-fenolgyantás magok gáznyomás görbéjére az öntés utáni másodpercekben hirtelen növekedés jellemző. A héjhomok magok gázfejlődése időben elnyújtott folyamat. Magasabb öntési hőmérsékleten, a nagyobb hőhatás következtében a nyomáscsúcsok időben hamarabb jelentkeznek és a nyomáscsúcs értéke is jelentősen megnő.



1. ábra – A gyantaminőségének hatása a fejlődő gázok nyomására, $T_{\text{önt}} = 720^\circ\text{C}$

Nagy András Lajos¹, **Kristály Ferenc**², **Jan Knaup**¹, **Ditrói Ferenc**³,
Mertinger Valéria⁴

Besugárzott kopásvizsgálati minták szövetszerkezetének analízise (P-29)

A gépek csapágyfelületeinek valós időben történő kopásmérése radioaktív markerek segítségével valósítható meg, melyhez szükséges a vizsgálni kívánt alkatrészek helyileg történő besugárzása. A kis méretű alkatrészek besugárzása során kiemelt figyelmet kell fordítani a besugárzáshoz használt gyorsított részecskék anyagban történő lefékeződése során hő formájában felszabaduló energia által okozott hőmérséklet növekedésre. Ennek következményeként a felület környezetében található kristályszerkezet átalakulhat, amely az alkatrész mechanikai tulajdonságainak, valamint tribológiai jellemzőinek megváltozásához vezethet. Az esetleges szövetszerkezeti változások okozta felületi keménység változás hatással lehet a vizsgálat során mért kopás mennyiségére, amely a tribológiai rendszer pontatlan jellemzését eredményezheti.

Jelen tanulmány a kis méretű 100Cr6 acél minták besugárzása során tapasztalható szövetszerkezeti változások jellegét és mértékét vizsgálja. A besugárzott minták anyagszerkezeti tulajdonságait felületi mikrokeménység mérés és XRD röntgen diffraktometria segítségével jellemezzük. A besugárzott minták kopását egy csap-tárcsa tribológiai modellt alkalmazó vizsgáló berendezés segítségével határozzuk meg. A kopásmérések eredménye jelentős eltérést mutat a semleges és besugárzott mintákon vizsgálat közben tapasztalt súrlódási együtthatók, valamint a nem koptatott semleges és besugárzott mintákon mért felületi keménység értékek alapján. A két koptatott mintatípus között a kísérlet előtt és után mért tömegadatok alapján is jelentős eltérés tapasztalható. Az XRD vizsgálat eredménye alapján a szerkezeti változás marginális, ami alapján feltételezhető, hogy a változás csak a minta felületközei tartományára korlátozódik.

¹ Széchenyi István Egyetem, Belsőégésű Motorok és Járműhajtások Tanszék, Győr

² Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Miskolc-Egyetemváros

³ Magyar Tudományos Akadémia Atommagkutató Intézet, Debrecen

⁴ Miskolci Egyetem, Fémtani és Képlékenyalakítási Intézeti Tanszék, Miskolc-Egyetemváros

Pázmán Judit, Balázs Verő

Al8006 ötvözet teljesítőképességének meghatározása (P-30)

A fogyasztói társadalom tagjainak jogos igénye, hogy a termékekkel és szolgáltatásokkal szemben támasztott elvárásait a piac magas színvonalon és ár/értékarányosan ki tudja elégíteni, vagy más szóval teljesíteni tudja. A társadalom tagjai az igényeket, elvárásokat csak saját ismereteinek szintjén tudja megfogalmazni. Példaként említhetjük, hogy egy személygépkocsival szemben követelményként csak azt tudja megfogalmazni, hogy azzal biztonságosan el tudjon jutni A-ból B-be és vissza, de arra már nincs rálátása, hogy a személygépkocsi B oszlopát milyen kémiai összetételű, és milyen hőkezeltségi állapotú acélból célszerű elkészíteni. Nem véletlen tehát, hogy a teljesítmény vagy teljesítőképesség – idegen szóval high performance – jelenti azt a fogalmat, amely a vevő/eladó kapcsolatát meghatározza.

A teljesítőképesség értelemszerűen a kérdéses termék – legyen az anyag vagy szerkezet – tulajdonságaiban testesül meg az anyag- vagy gépészmérnök elsőrendű feladata, a terméket jellemző és az igények kielégítését biztosító tulajdonság-együttes definiálása. A tulajdonság-együttes ismeretében pedig mód nyílik az ezeket a tulajdonságokat hordozó konkrét anyagminőség kiválasztására, annak előállítási technológiájának kijelölésére. Ezt a három

elemből álló folyamatot az ún. lánc-modellel írhatjuk le, amely a teljesítőképességet, a tulajdonság-együttest és az anyagot reprezentáló, egymásba kapcsolódó láncszemekből áll.

A teljesítőképesség mérésére ma még nincs általánosan elfogadott módszerünk, előadásunkban egy ilyen módszerre teszünk javaslatot egy konkrét anyagfejlesztés kapcsán. A többretegű fűtéspadlócsövek anyagként használt Al8006 ötvözetű anyagot különböző technológiai utaknak (homogenizálás, többtengelyű kovácsolás, könyöksajtolás stb.) vetettük alá. Majd szövetszerkezet-vizsgálatot, keménységmérést és szakítóvizsgálatot végeztünk ezeken az alakított mintákon. A kapott eredményeket feldolgozva, kiválasztottuk az ötvözet egyes technológiai útvonalaihoz tartozó értékek közül a legkedvezőbbet. Az egyes jellemzők maximális értékeit összehasonlítottuk az ipari technológiai adatokkal és a CES EDUPACK szoftver adatbázisával, ezekből a viszonyszámokból képeztük az ún. komplex teljesítőképesség-mutatót (KTM). Ez a mutató alkalmas lehet az adott ipari gyártástechnológia színvonalának megítélésére és új ötvözetfejlesztési irányok kijelölésére. Az előadásunkban ezeket az eredményeket kívánjuk bemutatni.

Szabados Ottó *, Baki Roland, Molnár János, Pámer Ádám,
Pór Gábor, Szabó Péter

Acélminták vizsgálata mágneses gerjesztéssel (P-31)

Szabványos szakítómintákon végeztünk vizsgálatokat változó mágneses térrel olyan módszer fejlesztésére, amely a korábbiakkal ellentétben, nem átlagparaméterekkel jellemez a mágneses és akusztikus Barkhausen zajokat, hanem közvetlenül a mért és azokból számított időjelek közötti függvények trajektóriájából próbál minősítésre alkalmas könyvtárt létrehozni. Járommágnessel telítés

alatti és telítéses változó mágneses tereket előállítva mértük a felületi rezgéseket lézeres kontak-mentes rezgésmérővel és a magasfrekvenciásakat ultrahang mikrofonnal, valamint ráhelyezett 150 KHz-es akusztikus emisszió (AE) távadókkal. A különböző mért jelek közötti függvény-kapcsolatokat ábrázolva megnyílik az út, az akusztikus jelekben jelentkező irregularitások osztályozása előtt.

Felvári Bálint, Halász Gergely, Kuti János, Fábián Enikő Réka, Gáti József,
Réger Mihály

Szűkített V varrat tompahegesztése ausztenites acélon (P-32)

A szűkített V varratos hegesztési eljárás gazdasági, munkaszervezési és költséghatékonysági szempontból lényegesen kedvezőbb, mint a hagyományos X varratos technológia. A vastag korrózióálló acél lemezek esetében a szűkített V varratos hegesztés elterjedésének legnagyobb gátja, hogy – elsősorban a korrózióálló acélok rossz hővezetőképessége miatt – a sorközi hőmérséklet maximális értéke erősen korlátozott. A korszerű hegesztőáramforrások tovább bővítik a kis energiabevitelű eljárás változatok alkalmazhatóságát, így a korrózióálló acélok esetében is reális alternatívaként jelenik meg a szűkített V varratos technológia bevezetése.

A szűkített V varratos technológia alkalmazása többféle előnnyel járhat. Egyrészt az előkészítése során a leélezés egy befogással megvalósítható, ez elsősorban a daruzás, lángvágás és köszörülés tekintetében jelent munka- és költségmegtakarítást. A varrat térfogata az X varrathoz viszonyítva hozzávetőlegesen 40 %-al kisebb a szűkített V varrat esetében, így hegesztőanyag és energia megtakarítás is kb. hasonló nagyságrendben várható. További megtakarítás érhető el az egyszerűsödő daruzási műveletek miatt. Mindezek mellett elmarad egy

penetrációs vizsgálat, illetve ennek okán egy előmelegítési lépés is kihagyható. A gazdaságos anyagfelhasználásra kedvezőtlen, hogy a szűkített V varrat kialakítása során némileg nagyobb védőgáz felhasználással kell számolni.

Az ipari körülmények közötti alkalmazás lehetőségének és határainak felmérése érdekében üzemi hegesztési kísérletsorozat megvalósítására került sor 30 mm vastagságú, X5CrNi1810 anyagminőségű (1.4301) ausztenites acélon. A szűkített V varrat geometriájának lemezeken a hegesztett kötések kialakítása hegesztőrobot igénybevételével valósult meg. Az előkészítés során az illesztési él közelében, illetve attól távolabbi pontokon is termoelemeket helyeztünk el, az általuk szolgáltatott mérési adatok a többrétegű hegesztés teljes folyamata alatt lehetővé tették a kötés kialakítása során a hőmérsékletmező ellenőrzését.

A hőtani folyamat leírására végeselemes hőtani modell készült, melynek validálása a mérési adatok alapján történt. A matematikai modell a hegesztéstechnológiai változtatások várható hatásainak becslésére, valamint – adott hegesztési technológia alkalmazása esetén – a káros anyagszerkezeti változások előre jelzésére is alkalmas.

Renkó József Bálint¹, **Bonyár Attila**², **Szabó Péter János**³

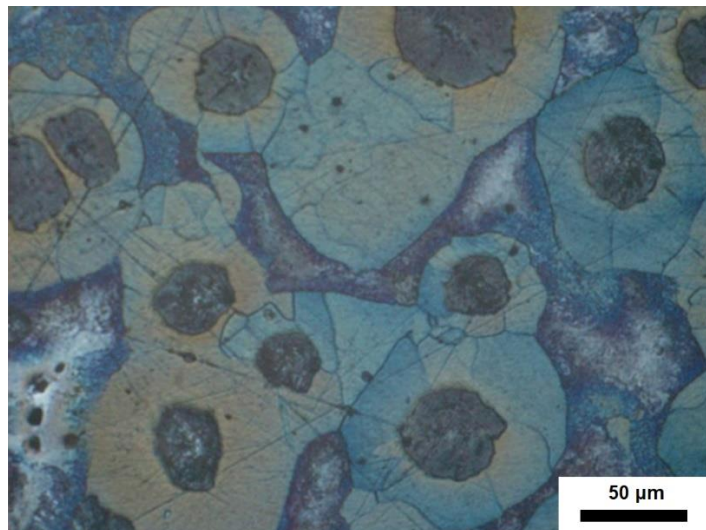
Beraha I. típusú marószert hatása különböző anyagminőségeken (P-33)

Fémes anyagok vizsgálatakor a mintakészítés elengedhetetlen lépése valamilyen maratási eljárás. Ennek célja, hogy előhívja a szövetszerkezetet a további mikroszkópos vizsgálatokhoz. A maratási eljárások egyik jellemző típusa a színes maratás. Színes maratás során a síkra polírozott minta felülete reakcióba lép a marószerttel, ennek hatására pedig a minta felületén egy vékony filmréteg alakul ki. A kialakult réteg átlátszó, vastagsága pedig az idővel arányosan nő. A film vastagságától függően interferál a fém felületéről visszaverődő fénnel, ami egy ciklikus színváltozást eredményez.

Fémek típusától függően különböző összetételű marószereket használunk. Mivel vizsgálatokat jellemzően ferrites anyagokon végeztük, így a

használt marószert ennek megfelelően választottuk meg. A ferrites anyagokhoz használt Beraha I elnevezésű marószert anizotróp, vagyis a maratási sebessége nagyban függ az egyes szemcsék orientációjától. Emiatt a különböző orientációjú szemcsék más-más sebességgel maródnak meg és változtatják a színüket. Ez a jelenség figyelhető meg az 1. ábrán is. Habár a marási sebességkülönbségek miatt a ferrit szemcsék eltérő színűek, az eljárás lehetőséget ad arra, hogy az egyes fázisokat elkülönítsük.

Munkánk során azt vizsgáltuk, hogy azonos körülmények között használt Beraha I. típusú marószert milyen módon lép reakcióba a különböző kémiai összetételű, ferrites szövetelemekkel.



1. ábra – Beraha I. típusú marószerttel mart gömbgrafitos öntöttvas minta

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapest

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamosmérnöki kar, Elektronikai Technológia Tanszék, Budapest

³ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapest

Slonszki Emese, Hózer Zoltán

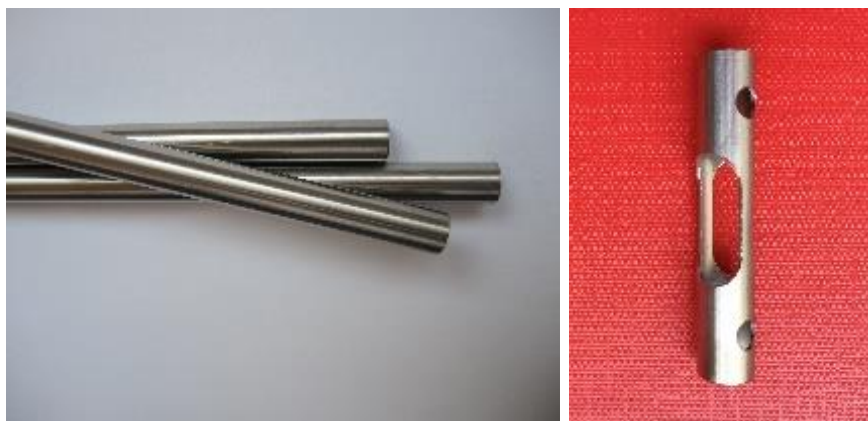
CAK – Cirkónium Anyagtudományi Kutatások (P-34)

Az atomerőművek fűtőelemeinek cirkónium burkolatában végbemenő komplex folyamatok és anyagszerkezeti változások vizsgálatára az MTA Energiatudományi Kutatóközpont (MTA EK), az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) Anyagfizikai Tanszéke, a TÜV Rheinland InterCert Kft. (TÜV) és a Nukleáris Biztonsági Kutatóintézet Kft. (NUBIKI) egy konzorciumot hozott létre, és pályázatot adott be a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) által 2016-ban kiadott anyagtudományi felhívására. Az elnyert Cirkónium Anyagtudományi Kutatások (CAK) elnevezésű, hároméves projekt 2017 januárjában kezdődött olyan cirkóniumcsövek vizsgálatával, amelyeket a Paksi Atomerőműben is használnak.

A projekt keretében új kutatási módszereket fejlesztettek ki a különböző Zr mintákhoz, megvizsgálták az alapállapotú csövek jellemzőit, valamint sor került közel 3000 olyan mintadarab előkezelésére, amelyekkel további méréseket,

mechanikai és anyagszerkezeti vizsgálatokat hajtottak végre. Az anyagszerkezeti vizsgálatokhoz használt berendezések tárháza jelentősen bővült olyan eszközökkel, amelyeket eddig nem használtak cirkóniumos vizsgálatoknál. A kisléptékű mintadarabokkal végzett mérések mellett integrális kísérletekre is sor került a CODEX berendezésen, elektromosan fűtött fűtőelemekkel. Különböző szintű számítógépes modelleket fejlesztettek, a vakanciák modellezésétől kezdve, a véges elemes eljárásokon keresztül, a fűtőelemek integrális viselkedését leíró és a reaktor súlyos baleseti állapotait szimuláló kódokig.

A négy intézmény nagyon jól tudott együttműködni mind az egymást kiegészítő tevékenységek, mind a párhuzamosan végzett mérések területén. Az előadás a projekt eredményeiről ad rövid áttekintést, és felveti a CAK szekció további előadásait.



1. ábra: Az atomerőművi fűtőelemek burkolatát képező cirkóniumcsövek (bal) és az axiális szakítóvizsgálatokhoz kialakított mintadarab (jobb)

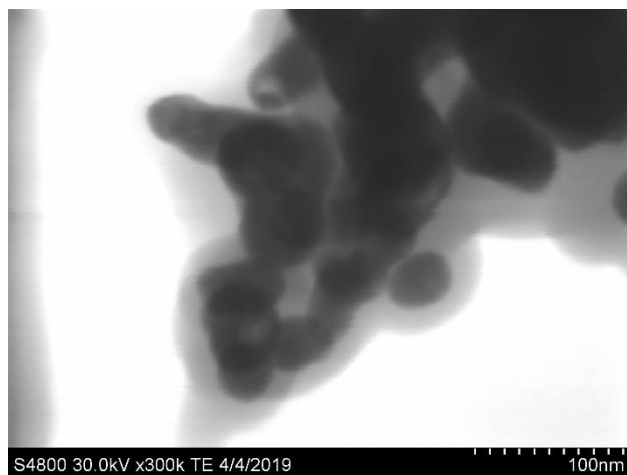
Somlyai-Sipos László ¹, Janovszky Dóra ², Baumli Péter ¹

Nikkel és réz nanoszemcsék szintézise és vizsgálata (P-35)

A modern kihívásoknak megfelelően egyre nagyobb igény van az olyan technológiák kifejlesztésére, melyek a hőérzékeny anyagok forraszkötési lehetőségeit teszik lehetővé. A fő követelmények a kötéstechológiákban, hogy megbízható, alacsony hőmérsékletű folyamat legyen, mely lehetővé teszi a hőérzékeny anyagok széles körű használatát ipari alkalmazásokban. Az olvadáspont valamennyi kristályos anyag egyik legfontosabb termodinamikai tulajdonsága. A különböző méretű részecskéknél eltérő olvadási hőmérsékletük van, mely a nanotartományban azt eredményezi, hogy a méret csökkenésével drasztikusan, akár több száz Kelvinnel is csökkenhet a nanoméretű fémek, ötvözetek olvadáspontja az ugyanolyan összetételű makroszkópikus fémhez, ötvözethez képest.

Célok: Ennek megfelelően célunk nikkel és réz nanoszemcsék szintézise vizes közegű kémiai redukciós módszert alkalmazva. Az így létrehozott szemcsék olvadáspontjának változását differenciális pásztázó kaloriméter (DSC) segítségével határoztuk meg.

Eredmények: Kutatómunkánk során sikeresen szintetizáltunk nikkel és réz (1. ábra) szemcséket. A DSC segítségével bebizonyítottuk, hogy a szemcseméret csökkenésével olvadáspont csökkenés érhető el, mely a nikkel esetében 490°C, míg a réznél 640°C volt. A nanoszemcsék ezek alapján megoldást nyújthatnak az alacsony olvadáspontú forrasztanyagok alkalmazására.



1. ábra – Réz nanoszemcsék PEG 400 burokban

¹ Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar,
Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc
² Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar,
MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport, Miskolc

Szlancsik Attila^{1,2}, Kincses Domonkos¹, Orbulov Imre Norbert^{1,2}

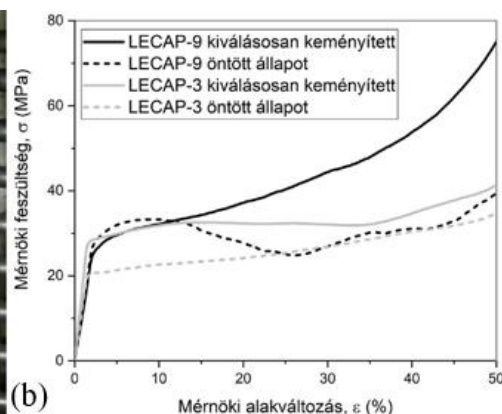
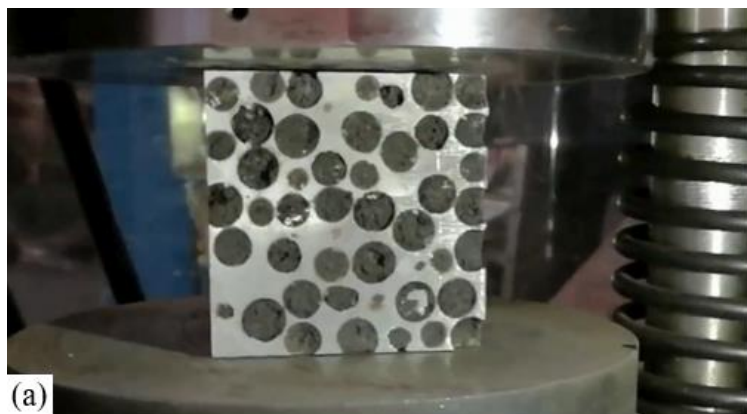
AlSi10MnMg mátrixú agyagkavics erősítésű szintaktikus fémhabok mechanikai tulajdonságai (P-36)

A szintaktikus fémhabok olyan porózus szerkezeti anyagok, amelyekben az üregeket előre gyártott kis sűrűségű anyagok hozzáadásával biztosítják. Az általunk vizsgált fémhabokban a mátrixanyag az iparban elterjedt, jó hőkezelhetőséggel rendelkező, főként szilíciummal ötvözött alumínium, amelyhez agyagkavicsot adtunk. Az agyagkavics egy vegyeskerámia-oxid, főként alumínium- és szilícium-oxid felépítésű, amelynek sűrűsége $\sim 0,45 \text{ g/cm}^3$. Két különböző méretű erősítőanyag felhasználásával gyártottunk fémhabokat, amelyek átlagos átmérője 3,2 mm (LECAP-3) és 9,0 mm (LECAP-9). A nyomásos infiltrálással előállított fémhabok sűrűsége $1,27 \text{ g/cm}^3$ és $1,50 \text{ g/cm}^3$ volt az erősítőanyag átmérőjének megfelelően.

Célunk az ISO 13314 szabványnak megfelelő zömítővizsgálatokkal meghatározni az előállított szintaktikus fémhabok mechanikai tulajdonságait. A gyártás után a LECAP-3

erősítőanyagú fémhabokból 30 mm átmérőjű és 30 mm magasságú próbatesteket munkáltunk ki, míg a LECAP-9 erősítésű fémhabból $60 \times 60 \times 60 \text{ mm}$ -es kockát gyártottunk. Az így elkészült darabok felét hőkezeltük. Először egy oldó hőkezelést alkalmaztunk majd utána egy mesterséges öregítést. A vizsgálatokat egy Zwick/Roell Z 400 típusú elektromechanikus gépben végeztük egy kétoszlopos zömítőszerszám segítségével.

A mérésekből meghatároztuk a szerkezeti merevséget, a törési szilárdságot, a platófeszültséget és az 50%-os alakváltozásig elnyelt energiát. A LECAP-9 erősítésű fémhabok esetén a hőkezelt próbatestek viselkedése teljesen egyedülálló volt, a szakirodalomban sehol nem publikáltak ehhez hasonlót. Ennek az oka, hogy ezek a próbatestek a zömítés során teljes mértékben egyben maradtak, nem kezdtek el a különböző csúszósíkok mentén szétesni.



1. ábra – (a) A mérési összeállítás, (b) a mért alakváltozás – feszültség diagrammok

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapest

² MTA-BME Lendület Kompozit Fémhabok Kutatócsoport, Budapest

Szobota Péter¹, Mertinger Valéria¹, Szűcs Máté¹, Szabó Gábor¹,
Krállics György¹, Benke Márton¹, Hlavács Adrienn¹, Palotás Árpád Bence²

Nb alapú szupravezető elem hengerlési technológiájának kidolgozása (P-37)

A Miskolci Egyetem és a CERN között 2019-ben létrejött közös kutatási együttműködés keretében új, többrétegű NbTi/Nb/Cu SRF (Superconducting Radio Frequency) szupravezető elemek gyártástechnológiájának kidolgozása vette kezdetét. A Miskolci Egyetem a szűrőszűrő kidolgozása után a kiinduló Nb lemezek speciális, különböző mértékű keresztshengerléseit (Cross Rolling), majd az ezt

követő lágyító hőkezeléseit, valamint a hengerelt, illetve lágyított lemezek mikroszerkezet- és textúravizsgálatait végezte. A textúravizsgálatok során egyaránt alkalmaztuk a konvencionális pólusábraméréseket, valamint a Fémten, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet által kidolgozott roncsolásmentes pólusábraméréseket is. Az előadás a kísérleti tervet, illetve a vizsgálati eredményeket mutatja be.

¹ Miskolci Egyetem Fémten, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc-Egyetemváros

² Miskolci Egyetem Energia- és Minőségügyi Intézet, Miskolc-Egyetemváros

Tajti Ferenc, Klam Kitty, Angeli Eliza, Berczeli Miklós

Napelem cellák integrálásának kötéstechológiai fejlesztése kompozitokba (P-38)

Napjaink innovatívan fejlődő közlekedési kultúrájában és az egyre szigorodó kibocsátási normáknak köszönhetően, kiemelkedő teret hódítanak maguknak a tisztán elektromos meghajtású közlekedési eszközök, legyen szó szárazföldi, vízivagylégi utazási módról. Az elektromos járműgyártóknak egy kihívás jelent a megfelelő technológiájú akkumulátor és töltőhálózat kiépítése, annak érdekében, hogy kellően nagy távot tudjanak ezek a járművek megtenni. Egy másik megközelítés annak a területnek a fejlesztése, amivel nap mint nap a jármű parkolása – nem töltőre csatlakozott állapotában – vagy haladás közbeni energia feltöltődése elérhető.

Ennek a problémának egy megoldása lehet, hogy az egyre nagyobb hatásfokú napelem cellákat integráljuk a járművekbe. Fotovoltaikus cellák beépítésével a járművek függetlenebbé válhatnak a töltőhálózattól, ugyanis amíg, a járművet napfény éri, pótolni tudják az energiaszükségletük egy részét. A napelemek integrálása a járművekbe, azonban nagy kihívást jelent a gyártók számára, ugyanis ezeknek az elemeknek a rögzítésére használt kötéseknek ki kell állniuk a különböző környezeti hatásokat.

Álló járműveknél a cellák fel tudnak hevülni, személyautóknál az úrtól felpattanó szennye-

ződések kárt tudnak tenni bennük, hajóknál a sós víz gyengítheti a kötések, míg a repülőknél a nagy hőmérsékletkülönbségek és a szárnyak meghajlása okozhat problémákat. Mióta a járműgyártás valamennyi ágazatában egyre nagyobb mértékű tömegcsökkentésre törekednek, a gyártók széles körben használnak kompozit anyagokat. Ezek alapján kutatásunk céljaul azt tűztük ki, hogy különböző szálerősítésű (szénszál, üvegszál, kevlar) kompozitra, többféle módon integráljuk az emelthetásfokú napelemcellákat. Egy ilyen egyre nagyobb teret nyerő kötési mód a ragasztás vagy pedig maga a kompozit anyagba való laminálás.

Kifejlesztjük a vizsgálatokhoz szükséges próbatest elrendezéseket és kötéstechológiai konstrukciókat. Az így elkészült próbatesteket több módszerrel is megvizsgáljuk melyekből információt kapunk, hogyan állnak ellen a környezeti hatásoknak a létrejött kötések. Kutatásunkban vizsgáljuk a változó hőmérséklet hatását, sóköd kamrás vizsgálattal a só hatását és egyéb húzó, hajlító, ferasztó igénybevételeknek is kiteszük a munkadarabokat, melyekkel meghatározhatjuk melyik kötés áll ellen legjobban a környezet hatásainak.

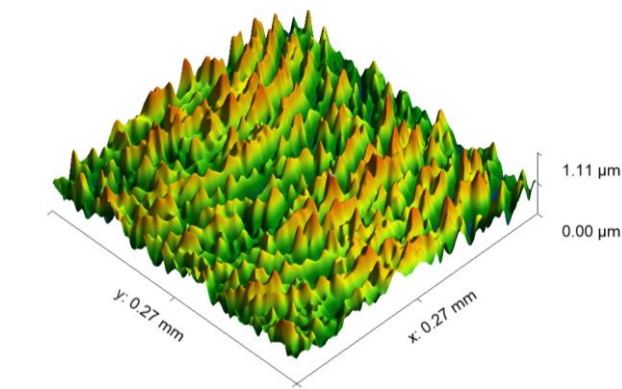
Takács Márton, Balázs Barnabás Zoltán

Martenzites korrózióálló acél mikroforgácsolása (P-39)

A mikroméretű alkatrészek iránti igény jelentősen megnövekedett az ipar számos területén, melyek közül az egyik jelentős szegmens a mikrofröccsöntés. Az általában 1 mm-nél kisebb, 3D-s struktúrák előállítására komoly kihívásokat támaszt a mikromegmunkálási technológiákkal szemben. Ezen a területen az egyik legsokoldalúbb, legalapvetőbb technológia a mikromarás. A kinematika és szerszámgeometria hasonló a hagyományos méretekben alkalmazottakhoz, azonban a folyamatjellemzőkben számos eltérés mutatkozik a méretcsökkenésből adódóan, ezért az ott megszerzett ismeretek nem adaptálhatók közvetlenül a több nagyságrenddel kisebb mérettartományba. A mikrofröccsöntő szerszámok keménységén túl azok korrózióállósága is igényként mutatkozik az ipar felől, ezért jelen kutatásban Böhler M303, 50 HRC keménységű martenzites szerkezetű, korrózióálló acél megmunkálását vizsgáltuk. Szerszámként a kereskedelmi forgalomban elérhető, 500 μm átmérőjű, kétélű bevonatos keménységű mikromarót alkalmaztunk. A vizsgálatok elvégzéséhez, a mikroforgácsolás sajátosságainak vizsgálata érdekében egy sajátos mérőrendszert alakítottunk ki a rendelkezésünkre álló VHTC 130 M öttengelyes mikromegmunkáló központra.

A kutatás célja a mikromarási folyamat sajátosságainak részletes kísérleti és elméleti vizsgálata volt a korszerű ipar számára fontos anyagminőségen, egy átfogó forgácsolási paramétertartományt felölelő szisztematikus kísérletsorozaton keresztül. A kutatásban kiemelt szerepet kapott a folyamat dinamikája (erőhatások, rezgések), az előállított felületek minősége, a sorjaképződés, valamint a különböző marási stratégiák összehasonlítása. További cél volt egy erőmodell kidolgozása a forgácsolóerő becslésére, mely a későbbiekben hozzájárul a szerszámdeformációk előrejelzéséhez.

A kutatási eredmények hozzájárulnak a mikromarási folyamat mélyebb megértéséhez, valamint az ipar számára közvetlenül hasznosítható eredményeket szolgáltatnak. Az erő- és rezgésméréseken keresztül lehetőség nyílik a folyamatfelügyeleti alkalmazásokra. A kutatás során feltártuk a forgácsolási paraméterek folyamat- és minőségi jellemzőkre gyakorolt hatását. Felállítottunk egy új erőmodellt, mely 98% feletti korrelációval írja le a mérési eredményeket.



1. ábra – A mikromart felület topográfiája ($v_c=90\text{ m/min}$, $f_z=1\text{ }\mu\text{m}$, $a_p=100\text{ }\mu\text{m}$)

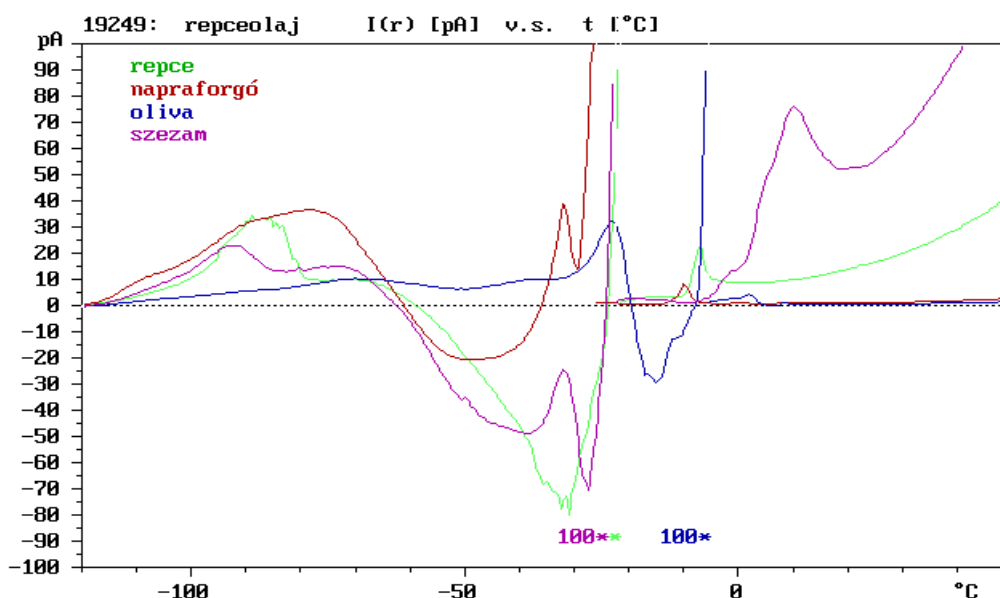
Tamási Kinga¹, Marossy Kálmán²

Növényi olajok relaxációs folyamatainak vizsgálata TSC módszerrel (P-40)

Kutatómunkánk során természetes eredetű gumiiipari lágyítók fejlesztésével foglalkozunk az újrahasznosíthatóság jegyében. Kifejezetten NR kaucsuk alapanyaggal kevert növényi olajok vizsgálatát végeztük el, amely során problémát okozott az olajok ún. lágyítómechanizmusának feltérképezése, feltételezhetően azok eltérő zsírsavösszetétele miatt.

Egy anyag mechanikai-morfológiai stabilitását, ill. instabilitását jelentősen befolyásolhatja a polimer segédanyagokkal kialakuló kölcsönhatása (lágyítás). E kölcsönhatás ugyanis módosítja a molekulák mozgékonyását, bizonyos esetekben az ún. szegmensmozgás nagysága (a növényi olajok zsírsavláncainak

mozgása) eltérő módon befolyásolhatja a gumikeverékek tulajdonságait. Az üvegesedési hőmérséklet (T_g) lecsökkenése szobahőmérséklet közelébe -vagy alá- a polimerláncok szegmensmozgásainak megindulásához, s ezáltal a stabilitás megszűnéséhez vezethet. Az üvegesedési hőmérsékletnél meginduló szegmensmozgások nyomán követésre a termikusan stimulált depolarizációs árammérés (TSC) módszerét alkalmaztuk, amit TSC II (Setaram) berendezésben valósítottunk meg (fűtési sebesség: $10^\circ\text{C}/\text{min}$, polarizációs feszültség: 100 V/mm) volt. Elemzéseink során öt különböző étkezési növényi olajat vizsgáltunk: *repce*, *napraforgó*, *oliva* és *szezám* olaj, amellyel célunk az olajok aktiválási energiáinak (E^*) meghatározása volt.



1. ábra: A repce, napraforgó, oliva és szezámolajok TSD spektruma

Tóth Enikő, Varsányi Ildikó

Mikroméretű anyagmaradványok vizsgálata igazságügyi szakértői szemmel – Bemutatkozik a Nemzeti Szakértői és Kutató Központ Fizikai és Kémiai Szakértői Intézete (P-41)

A Nemzeti Szakértői és Kutató Központ 2017. január 1-jén két előd intézmény (a Bűnügyi Szakértői és Kutatóintézet valamint az Igazságügyi Szakértői és Kutató Intézetek) egybeolvadásával jött létre. Alaptevékenysége az igazságügyi szakértői tevékenység, mely a kirendelő hatóságok (jellemzően rendőrség, ügyészség, bíróságok) eljárásai során a különleges szakértelmet igénylő tények, körülmények megállapítása. Magyarországon a forenzikus tudományok művelése, az előd intézmények tevékenysége több évtizedes múltra tekint vissza, ez idő alatt munkatársaink számos, súlyos bűncselekmény felderítésében játszottak kiemelkedő szerepet, mint a martffői rém, a móri mészárlás, a romák elleni sorozatos támadások, a körmendi gyerekgyilkosság, a Teréz körüti robbantás, a bonyi rendőrgyilkosság, csak hogy néhány példát említsünk.

Az NSZKK Fizikai és Kémiai Szakértői Intézetében vizsgálunk minden olyan bűnjeltárgyat (eszközöket, hétköznapi használati tárgyakat, ruházati tárgyakat, járműveket és azok alkatrészeit, stb.), szerves és szervetlen eredetű anyagokat/anyagmaradványokat, amelyek bizonyíthatják a bűncselekmények megtörténtét. Ezek lehetnek festékek, fémek, üvegek, gumik, műanyagok, textilek, tinták, színezékek, olajok, zsírok, ragasztók, építőanyag maradványok, lövésből származó anyagmaradványok, gépjárművek izzószállai, talaj- és növényi maradványok.

Feladataink döntő többségét az alábbi kérdések megválaszolása képezi:

- A gyanúsított/sértett ruházataról, eszközeiről biztosított anyagmaradványok származhatnak-e a bűncselekmény helyszínéről biztosított tárgyakból, anyagokból?
- A bűncselekmény helyszínén talált anyagok/anyagmaradványok származhatnak-e a gyanúsítottól lefoglalt tárgyakból?
- Járt-e a gyanúsított a helyszínen? (cipő-talaj vizsgálata)
- Hol ült a kérdéses személy a gépjárműben? (Ki vezette azt?)
- Világított-e a gépkocsi izzója a baleset pillanatában?
- A nyomtatott szöveg vagy az aláírás került először a papírra?
- Használt-e lőfegyvert a kérdéses személy?
- A beküldött ismeretlen anyagnak mi az összetétele? Mire használják?

Tóth Álmos Dávid, Jan Knaup

Nano-méretű ZrO_2 és CuO részecskék kenőolaj-adalékként való alkalmazhatóságának vizsgálata (P-42)

A mai modern belsőégésű motoroknak folyamatosan növekvő mechanikai és hőterhelést kell kibírniuk, ezen kívül az alacsony üzemanyag-fogyasztás és károsanyag kibocsátás is folyamatos kihívás elé állítja a fejlesztő mérnököket. A mérnökök különböző műszaki megoldásokat alkalmaznak, az aktuális előírások kielégítése érdekében, úgy, mint: alacsony viszkozitású kenőolajok, súrlódó alkatrészek felületének bevonatolása illetve a járművek alacsony légellenállása.

A belsőégésű motorokban használt bevonatok általában nemfémes anyagokból készülnek és a motorban használt kenőolaj-adalékokat nem az ilyen anyagból készült felületekhez fejlesztették ki. A különböző felületi bevonatokban rejlő potenciál maximális kihasználása érdekében a kenőolaj adalékokat is hozzájuk kell igazítani.

A jövő egyik lehetséges új adalék típusa lehet a nano-méretű keramikus adalék. Ezen adalékok működési folyamata jelentősen különbözik a hagyományos súrlódás- és kopáscsökkentő adalékokétól: a nano-méretű kerámia adalékok

polaritás-különbség nélkül is képesek a felületen megkötődni és ott jótékony hatásukat kifejteni. Ezen adalékok képesek feltölteni a súrlódó felület érdességi árkait, ezáltal simább kontaktfelületet biztosít, vagy képes nano-méretű golyóként viselkedve képesek csökkenteni a mozgás során fellépő súrlódási veszteségeket.

Jelen tanulmány célja bemutatni a nano-méretű ZrO_2 és CuO kerámia részecskékkel elvégzett tribológiai vizsgálatok eredményeit. A vizsgálatok elvégezhetősége érdekében különböző koncentrációjú kenőolaj-adalék mintákat készítettünk el a győri Széchenyi István Egyetem Belsőégésű Motorok és Járműhajtások Tanszékének laboratóriumában. Az elkészített minták súrlódási tulajdonságait golyó-tárcsa csúszó súrlódási rendszer segítségével vizsgáltuk. A vizsgálati próbatestek felületén keletkezett kopásképek elemzéséhez nagyfelbontású optikai és elektronmikroszkópokat használtunk, amelyek lehetővé teszik az adalékok pontosabb működési mechanizmusainak megértését.

Ürmös Antal, Farkas Zoltán

Alumínium, Gallium és Indium nanorészecskék mikroszkópikus viszkozitásának egy lehetséges új modellje (P-43)

Napjainkban már hosszú ideje ismert, hogy különféle nanoszerkezetek segítségével újfajta félvezető eszközök készíthetők (például kvantum-pont sejtautomaták), vagy a jelenleg alkalmazott eszközök paramétereit is jelentős mértékben javítani lehet, például a nagyhatásfokú napelemek esetében. Ezeket a nanoszerkezeteket többféle módon is elkészíthetjük, többek között csepp-epitaxiával is, ami a molekulásugár-epitaxia (MBE) egyik fajtája.

Ezen eljárással készült nanoszerkezetek egyike az úgynevezett invertált kvantum pontok csoportja. Ez a nanoszerkezet készül, hogy az említett csepp-epitaxiás eljárással először egy nanolyukat

készítünk, majd ezt a lyukat betemetjük. E betemetési folyamatot többféle módszerrel is modellezhetjük, például a Kinetik Monte-Carlo algoritmussal, vagy az fémnanorészecskék mikroszkópikus viszkozitásának a figyelembevételével. Korábbi kutatásunkban ezt az utóbbi módszert választottuk. Ezekben a cikkeinkben a lyuk betemetését egy tapasztalati modellel írtuk le gallium és indium fémek esetén, valamint felvázoltuk a mikroszkópikus viszkozitás egy lehetséges új értelmezését. Ebben a cikkünkben részletesen bemutatjuk ezt a lehetséges új modellt, gömb alakú nanorészecskék esetén.

Tatiane Wadas¹, Miklós Tisza²

Lightweight Manufacturing of Automotive Parts (P-44) (Tömegcsökkentés autóalkatrészek gyártásánál)

Az autóipar egyre fokozódó kihívásokkal néz szembe világszerte. Az autóipari alkatrészek tömegének csökkentése a világméretű globális autóipari verseny egyik legfontosabb célkitűzése. A lemezalakítás – amely az autóipar egyik legfontosabb kulcstechnológiája – ugyanazokkal a kihívásokkal és követelményekkel néz szembe, mint amelyek az autóipar egészére jellemzőek. A tömegcsökkentés mind az alkalmazott anyagok, mind pedig a gyártási eljárások tekintetében új, innovatív megoldásokat igényel az autóiparban és az autóipari kulcstechnológiák, így a lemezalakítás terén is.

E kihívások és a szerteágazó követelmények teljesítésében a jelentős tömeg-csökkentést lehetővé tevő konstrukciós elvek meghatározó szerepet játszanak: ez mind a felhasználók oldaláról megfogalmazott követelmények, mind pedig a fokozódó törvényi előírások vonatkozásában alapvető jelentőségű. E követelmények és törvényi előírások közül csak néhányat megemlítve: a felhasználók szempontjából a minél gazdaságosabban üzemeltethető, kis fogyasztású járművek, a fokozott biztonság és egyre magasabb komfort biztosítása, míg a törvényi előírások szempontjából a környezetvédelem, a minél kisebb károsanyag kibocsátás, illetve az egyre szigorodó töréleteszteket kielégítő növelt biztonsági előírások említendők meg.

Az előzőekben felsorolt felhasználói követelmények és törvényi előírások között több közös követelmény is található: így például a környezetvédelem szempontjából meghatározó károsanyag kibocsátás csökkentése, egyidejűleg a kisebb fogyasztású, gazdaságosabban üzemeltethető felhasználói követelményt is kielégíti.

A járművek tömegcsökkentése az előzőekben felsorolt különböző követelmények kielégítésében fontos szerepet játszik. A tömegcsökkentés megvalósításában a karosszéria elemek falvastagságának csökkentése kiemelt jelentőségű. Ugyanakkor a fokozott biztonsági követelmények csökkenő lemezvastagságok esetén egyre nagyobb szilárdságú alapanyagok alkalmazását igénylik. A nagyszilárdságú anyagok alakíthatósága viszont további problémákat vet fel.

Cikkünkben ezekkel a sok tekintetben ellentmondásos követelmények kielégítésével kapcsolatos fejlesztési törekvésekkel kívánunk foglalkozni. E tekintetben mind az anyagok, mind a gyártási eljárások területén új, innovatív megoldások szükségesek.

¹ Miskolci Egyetem, Anyagszerkezzettani és Anyagtechnológiai Intézet,
Sályi István Gépészeti Tudományok Doktori Iskola, Miskolc-Egyetemváros

² Miskolci Egyetem, Anyagszerkezzettani és Anyagtechnológiai Intézet, Miskolc-Egyetemváros

Wizner Krisztián¹, **Kővári Attila**²

Metallurgiai eredetű hibák reklamációk vizsgálatát támogató szakértői rendszer kialakítása az ISD Dunafer Zrt. technológiájában (P-45)

Az acélipar világszinten gazdasági krízisben van. A gazdasági szereplők a profit megtartása érdekében, valamint az erősödő minőségügyi követelmények miatt sokkal kritikusabban állnak hozzá a beszállítókhöz, illetve azok termékeihez. Ennek következtében megnövekedett a reklamált termékek mennyisége (a minőségjavító intézkedések ellenére). Ezen reklamációk jelentős része tényleges minőségi hibák kialakulása miatt alakul ki (pl. felszakadás, rétegesség, felületi repedés, stb...), azonban sajnos megfigyelhető néha az is, hogy a termék felhasználhatóságát nem befolyásoló, követelményben nem rögzített okok miatt történik reklamáció.

A reklamációk esetén mindig szükséges az adott termék gyártási folyamatának áttekintése, hiszen ebből kiderülhet egyrészt, hogy a vevő reklamációja jogos-e, másrészt rávilágíthat olyan technológiai problémákra, melyek kiküszöbölésével a hasonló típusú reklamációk mennyisége csökkenthető (javítható a termék minősége).

A reklamációk vizsgálása nagy szakmai tapasztalatot igényel. Elengedhetetlen hozzá a technológiai folyamat mélyebb elméleti ismerete, gyakorlati tapasztalat, helyismeret. Ezek a feltételek minden szakembernél különböző mértékben állnak rendelkezésre, ezért a kardinális feltételek vizsgálatán felül a vizsgálati szempontok jelentős mértékben eltérhetnek. Egységes tudásbázis létrehozásával illetve bővítésével a vizsgálat bizonyos részei automatizálhatóvá válnak. Ezzel a megoldással a szakemberek terhelése csökken, egységes vizsgálat válik lehetővé, osztályozhatóvá válnak a vizsgálat szempontok. Statisztikai módszerekkel kiszűrhetővé válnak kritikus technológiai paraméterek.

¹ ISD Dunafer Zrt., Dunaújváros

² Dunaújvárosi Egyetem, Dunaújváros

Wizner Krisztián¹, **Kővári Attila**²

Folyamatosan öntött acélbrammák metallurgiai eredetű hibáinak okfeltáró vizsgálata az ISD Dunafer Zrt-nél

A piaci igények szigorodásával az ISD Dunafer Zrt. is egyre nagyobb hangsúlyt fektet termékei minőségének javítására. A hengerművekben használt felületellenőrző (Line Scanner) berendezések a legtöbb felületen megjelenő hibát azonosítani tudják, azonban a metallurgiai eredetű hibák többsége a felület alatt helyezkedik el (pl.: zárványok, lunkerek, gázhólyagok, stb.). Ezek detektálására nincs rendszeresített berendezés, csupán kísérletek keretében végrehajtott ultrahangos és mikroszkópos vizsgálatára van lehetőség. Ezen felül meg kell említeni, hogy a felületen detektálható hibák (pl. felületi repedések) egy részéről csupán mikroszkópos vizsgálattal állapítható meg, hogy metallurgiai eredetű, vagy a hengerlési folyamat paraméterei miatt alakult ki.

Az okok feltárása érdekében több kísérleti program végrehajtása történt meg. A téma keretében a kísérleti programok bemutatása, valamint eredményeinek összefoglaló értékelése kerül ismertetésre.

¹ ISD Dunafer Zrt., Dunaújváros

² Dunaújvárosi Egyetem, Dunaújváros

ABSZTRAKTOK

ISBN 978-615-5270-60-4

Szerkesztette:

Szabó Péter János, Kónya Ildikó, Hohol Róbert

XII. Országos Anyagtudományi Konferencia, Balatokenese, 2019. október 13-15.

Ez a kötet az XII. Országos Anyagtudományi Konferencia munkaanyaga.

Az összefoglalók tartalmáért kizárólag a szerzők felelősek.

Minden jog fenntartva.

A kötet kizárólag elektronikus úton került kiadásra.