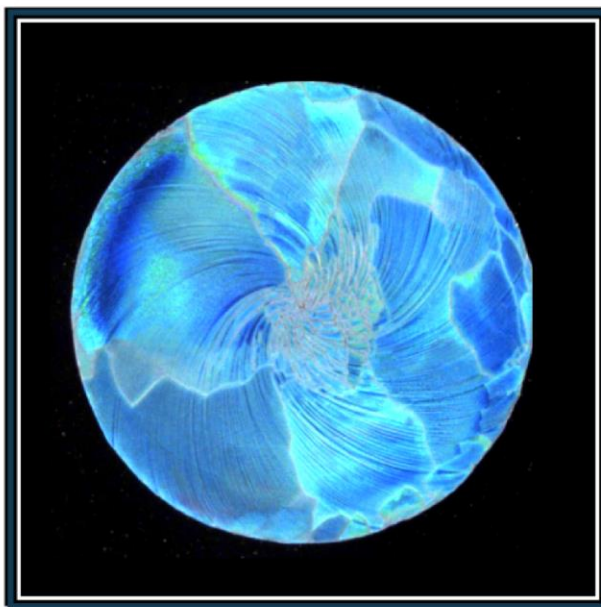
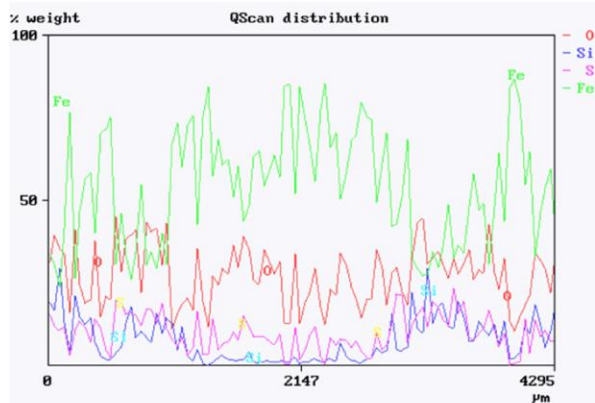
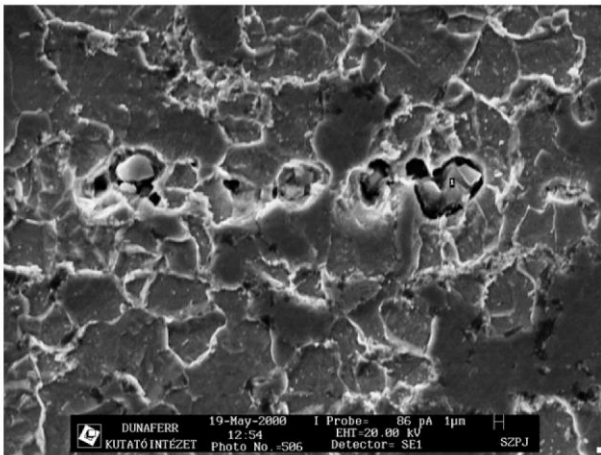


# X. Országos Anyagtudományi Konferencia

Balatonalmádi  
2015. október 11-13.



ISBN 978-615-5270-20-8

Absztrakt könyv



## EZÜST FOKOZATÚ TÁMOGATÓNK



JEOL (Europe) SAS

## PROGRAM

### Keresés

használja a gombot cím, szerző,  
szövegrész szerinti kereséshez

### 2015. október 11. – VASÁRNAP

|  |  |    |
|--|--|----|
|  | 10 órától regisztráció   |    |
| 12:00  | Ebéd   |    |
| <b>Egy délután a tudomány és a művészet jegyében</b> |  |    |
| 13:30  | <ul style="list-style-type: none"><li>A konferencia megnyitása – Verő Balázs</li><li><b>Réti Tamás előadása:</b> Tudományról, művészetről, Nobel díjakról</li><li><b>Lipóczki Ákos előadása:</b> MOME Digital Craft Lab</li></ul>  | 11 |
| 15:15  | Szünet   |    |
| 15:30-17:00  | <b>Szórakoztató, vidám vetélkedő</b><br><i>Részvevő csapatok:</i> <ul style="list-style-type: none"><li>NOTA BENE</li><li>μ-szakik</li><li>FémtanÁSZOK</li><li>Kutató-TEAM</li><li>MFA</li><li>Fröccs-egység</li><li>MECCS, avagy Mészárosapuka És a Csipet Csapat</li><li>SZEniorok</li><li>Heterockers</li><li>Zúzók</li></ul> |    |
| 18:30  | <b>Fogadás</b><br>Gyulai József zenei műsora<br>MAE díj átadása  |    |



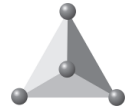
## 2015. október 12. – HÉTFŐ

| Plenáris előadások |  |   |
|--------------------|--|---|
| 9:00               | <b>Falk Görgy</b><br><i>3D nyomtatás, prototípusgyártás</i>  | 12  |
| 9:35               | <b>Roósz András</b><br><i>Az olvadáskáramlás hatása a kristályosodott mikroszerkezetekre</i>   | 13  |
| 10:05              | <b>Buza Gábor</b><br><i>Lézersugár szerszám</i>  | 14  |
| 10:40              | <b>Szünet</b>  |   |
| 11:00              | <b>1. terem</b>  | <b>2. terem</b>   |
| 11:00              | <b>Tisza Miklós</b> 21<br><i>Bór ötvöztetésű mangán acélok melegalakítása</i>  | <b>Kaptay György</b> 27<br><i>Nagy belső határfelülettel rendelkező, fémes anyagok fejlesztése</i>  |
| 11:20              | <b>Gácsi Zoltán</b> 22<br><i>Ólommentes forrasanyagok járműipari alkalmazásának anyagtudományi problémái</i>   | <b>Krállics György</b> 28<br><i>Ultra-finomszemcsés titán előállítás és mechanikai tulajdonságainak változtatása intenzív képlékeny alakítással</i> |
| 11:40              | <b>Trampus Péter</b> 23<br><i>Csővezeték rendszer üzemeltetés közben kialakult lokális korróziójának vizsgálata</i>  | <b>Gubicza Jenő</b> 29<br><i>Képlékeny deformáció extrém nagy sebességgel</i>   |
| 12:00              | <b>Móger Róbert</b> 24<br><i>A nagyolvastói fúvóforma-eróziós folyamatok fémtani összefüggései</i>   | <b>Orbulov Imre Norbert</b> 30<br><i>Szintaktikus fémhabok tulajdonságai radiális irányban gátolt alakváltozású zömítés esetén</i>                  |
| 12:20              | <b>Murányi Roland</b> 25<br><i>Nanoszerkezetű vas-nikkel ötvözet vékonyréteg pulzáló áramú előállítása nagyfrekvenciás alkalmazásokra</i>  | <b>Mészáros László</b> 31<br><i>Mikrokristályos cellulóz kriogén őrlése attritor malommal</i>   |
| 12:40              | <b>Balácsi Katalin</b> 26<br><i>Újszerű kerámia alapú implantátum anyagok</i>  | <b>Tábi Tamás</b> 32<br><i>Bazaltszállal erősített, valamint töltőanyagot tartalmazó Politejsav fejlesztése mérnöki alkalmazásokhoz</i>             |
| 13:00              | <b>Ebéd</b>  |   |
| 14:00              | <b>Poszter szekció</b><br><i>5-5 perces "short oral" előadások</i>   | 58  |
| 15:45              | <b>Poszter szekció</b><br><i>poszterek megtekintése &gt;&gt;</i>   | 81  |
| 16:30              | <b>Szünet</b>  |   |
| 16:45-18:00        | <b>Kerekasztal-beszélgetés</b><br><b>Gémes György András moderálásával</b><br><i>Laborakkreditálás-minőségügyi rendszerek az anyagvizsgálatban</i>   |   |
| 19:00              | <b>Bankett</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A fotópályázat nyertesének díjátadása</li> <li>• A "Legjobb Poszter díjak" átadása</li> <li>• A Dunaújvárosi Vasas Táncegyüttes műsora</li> <li>• Pálinkakóstoló az Agárdi Pálinkaház kínálatából</li> </ul> |   |



2015. október 13. – KEDD

| Plenáris előadások |   |  |                 |
|--------------------|---|--|-----------------|
| 9:00               | <b>Mertinger Valéria</b><br><i>Termomechanikus kezelések hatása alakmemória ötvözetben és ausztenites acélban végbemenő martenzites átalakulásokra</i>                    |  | 16              |
| 9:35               | <b>Révész Ádám</b><br><i>Hidrogéntárolás Mg-alapú nemegyensúlyi rendszerekben</i>   |  | 17              |
| 10:05              | <b>Fürjes Péter</b><br><i>Bioinspirált polimer alapú autonóm mikrofluidikai rendszerek (mikroszerkezet – anyagválasztás – felületmódosítás – integráció – alkalmazás)</i> |  | 18              |
| 10:40              | <b>Szünet</b>   |  |                 |
| 11:00              | <b>1. terem</b>   |  | <b>2. terem</b> |
| 11:00              | <b>Bertóti Imre</b> 33<br><i>Nano-mélységű felületmódosítás hidegplazmában: Kémiai és szerkezeti konzekvenciák</i>  | <b>Guillaume Brunetti</b> 39<br><i>Latest developments of aberration corrected TEM (Legújabb fejlesztések a Cs korrigált transzmissziós elektronmikroszkópiában)</i> |                 |
| 11:20              | <b>Tapasztó Orsolya</b> 34<br><i>Néhány rétegű grafén lemezek orientációja szilícium nitrid nanokompozitokban</i>   | <b>Beke Dezső</b> 41<br><i>A martenzites átalakulások zajos jellegéről</i>   |                 |
| 11:40              | <b>Molnár Kolos</b> 35<br><i>Termelékeny elektrosztatikus szálképzési eljárás és vége-selemes modellezése</i>   | <b>Lukács János</b> 42<br><i>Fáradási görbék járműipari alumíniumötvözetekhez és hegesztett kötéseikhez</i>  |                 |
| 12:00              | <b>Filep Ádám</b> 36<br><i>Duplex acélok maradó feszültségének fázis szerinti eloszlása</i>   | <b>Szakács József</b> 43<br><i>Poliamid 6 mátrixú szén-, illetve bazaltszál erősítésű kompozitok kifáradási tulajdonságai</i>  |                 |
| 12:20              | <b>Szabó Péter János</b> 37<br><i>Léces martenzit diszlokációsűrűségének vizsgálata visszaszórtelektron-diffrakcióval</i>   | <b>Hlavács Adrienn</b> 45<br><i>Orientációs eloszlásfüggvény (ODF) változása alumínium ötvözet termomechanikus kezelése során</i>                                    |                 |
| 12:40              | <b>Kalácska Szilvia</b> 38<br><i>Diszlokációsűrűség meghatározása képlékenyen deformált anyagokban HR-EBSD és röntgendiffrakció segítségével</i>                          | <b>Bortnyik Kornél</b> 46<br><i>Nyomásosan öntött alumínium alkatrészek dendrites szerkezetének jellemzése automatikus képelemzéssel</i>                             |                 |
| 13:00              | <b>Ebéd</b>   |  |                 |



| 14:00 | 1. terem   | 2. terem  |
|-------|--|---|
| 14:00 | <b>Vehovszky Balázs</b> 47<br><i>Személygépjármű szélvédő csillapítási veszteségi tényezőjének meghatározása</i>   | <b>Pálmai Zoltán</b> 52<br><i>A SEEBECK-effektus hatása a forgácsolás hőjelenségeire és a szerszámkopásra</i>         |
| 14:20 | <b>Veres Zsolt</b> 48<br><i>Forgó mágneses tér hatása az irányítottan kristályosított Al-Al<sub>3</sub>Ni eutektikum szerkezetére</i>                        | <b>Weltsch Zoltán</b> 54<br><i>Lézeres felületkezelés hatása a nedvesedési viszonyokra</i>                            |
| 14:40 | <b>Bárány Tamás</b> 49<br><i>Nagy ütésállóságú önerősített polipropilén kompozitok fejlesztése</i>   | <b>Czinege Imre</b> 55<br><i>Fogaskerék hajtások optimális anyagválasztása Ashby modell alkalmazásával</i>            |
| 15:00 | <b>Dobosy Ádám</b> 50<br><i>A hozaganyagválasztás hatása a nagyszilárdságú acélok hegesztett kötéseinek ismétlődő igénybevétellel szembeni ellenállására</i> | <b>Takács Márton</b> 56<br><i>Tranziens jelenségek edzett acélok finomforgácsolásánál</i>                             |
| 15:20 | <b>Karacs Gábor</b> 51<br><i>A töredezett cementit hatása az ausztenitesedésre</i>   | <b>Mende Tamás</b> 57<br><i>Sokalkotós Al ötvözet likvidusz hőmérsékletének közelítő számítása ESTPHAD módszerrel</i> |
| 15:40 | <b>Búcsú party, a konferencia zárása</b>   |   |



## Short oral előadások

|       |  |    |
|-------|--|----|
| SO-01 | <b>Bánhegyi András – Marossy Kálmán</b><br><i>Különböző citrát lágyítók összehasonlító elemzése lágy PVC rendszerekben</i>   | 59 |
| SO-02 | <b>Bauernhuber Andor – Markovits Tamás – Trif László – Bocz Katalin – Csanády Andrásné</b><br><i>Acél és PMMA adhéziója lézersugár hatására</i>  | 60 |
| SO-03 | <b>Benke Márton – Sályi Zsolt – Veres Zsolt</b><br><i>Szelektív forrasztószerszám alapanyag eróziós vizsgálata</i>   | 62 |
| SO-04 | <b>Cseh Dávid – Mertinger Valéria – Lukács János</b><br><i>Maradó feszültség szerepe fáradási folyamatokban</i>  | 63 |
| SO-05 | <b>Csizmadia József – Srankó Dávid</b><br><i>Alumínium minták felületének röntgen-fotoelektron spektroszkópiás vizsgálata</i>  | 64 |
| SO-06 | <b>Moustafa El-tahawy – Hyungyung Jo – Heeman Choe – Gubicza Jenő</b><br><i>A képlékeny deformáció hatása 316L rozsdamentes acél rácshiba szerkezetére és mechanikai tulajdonságaira</i>                                       | 65 |
| SO-07 | <b>Fábián Margit</b><br><i>Újrarendelt üvegek, avagy radioaktív hulladékok kondicionálása</i>  | 66 |
| SO-08 | <b>Hajba Sándor – Tábi Tamás</b><br><i>Politejsav társítása természetes kaucsukkal</i>   | 67 |
| SO-09 | <b>Heczel Anita – Lola Lilienstein – Loic Ferriere – Jeane-Philippe Couzinié – Guy Dirras – Yi Huang – Terence G. Langdon – Gubicza Jenő</b><br><i>Rácshibák vizsgálata képlékenyen deformált nagy entrópiájú ötvözetekben</i> | 68 |
| SO-10 | <b>Kámán Judit – Bonyár Attila</b><br><i>SAC forrasztott kötés mechanikai tulajdonságainak vizsgálata atomerő mikroszkóppal</i>  | 69 |
| SO-11 | <b>Kovács Jenő – Rónaföldi Arnold – Roósz András</b><br><i>Sn-Pb ötvözet egyirányú kristályosítása forgó és haladó mágneses térben</i>   | 70 |
| SO-12 | <b>László István – Zsoldos Ibolya – Fülep Dávid – Réti Tamás</b><br><i>Fullerének, nanocsövek és más szénszerkezetek topológiai görbületi energiája</i>  | 71 |
| SO-13 | <b>Lendvai László – Karger-Kocsis József – Kmetty Ákos</b><br><i>Termoplasztikus keményítő alapú, rétegszilikát erősítésű nanokompozitok fejlesztése</i>   | 72 |
| SO-14 | <b>Mészáros István – Bögre Bálint</b><br><i>2507 típusú korrózióálló acél eutektoidos fázisátalakulásának vizsgálata</i>   | 73 |
| SO-15 | <b>Nádas József – Rakovics Vilmos</b><br><i>Nagy fényűrűségű széles spektrumú félvezető fényforrások a közeli infravörös tartományban</i>  | 74 |
| SO-16 | <b>Nemes Rita</b><br><i>Könnnyűbetonok roncsolásmentes vizsgálata</i>  | 76 |
| SO-17 | <b>Oláh Nikolett – Kaptay George – Fogarassy Zsolt – Sulyok Attila – Csanádi Tamás – Balácsi Katalin</b><br><i>Porlasztott nk-TiC / C vékonyrétegek jellemzése védőbevonatként való felhasználása</i>                          | 77 |
| SO-18 | <b>Tóth Levente Ferenc – Szabó Gábor</b><br><i>Nanokompozitok határfelületi adhéziójának módosítása ionos folyadékokkal</i>  | 78 |
| SO-19 | <b>Vermes Brúnó – Czigány Tibor</b><br><i>Mikrokapszulák fejlesztése</i>   | 79 |
| SO-20 | <b>Zsíros László – Török Dániel – Kovács József Gábor</b><br><i>Különböző receptúrájú mesterkeverékek homogenizálódó képességének vizsgálata fröccsöntött termékeken</i>   | 80 |





| Poszter előadások |  |     |
|-------------------|--|-----|
| P-01              | <b>Agócs Mihály – Kocsó Endre – Pór Gábor</b><br><i>Automatizált 3D ultrahangos berendezés anyaghibák és hegesztett kötések vizsgálatára</i>   | 82  |
| P-02              | <b>Angel Dávid Ádám – Benke Márton – Mertinger Valéria</b><br><i>Maradó technológiai feszültség szerepe kúpfogaskerék tönkremenetelében</i>  | 83  |
| P-03              | <b>Balácsi Katalin – Tapasztó Orsolya – Puchy Viktor – Kailer Andreas – Ján Dusza - Balácsi Csaba</b><br><i>Si3N4 / grafén alapú kompozitok: szerkezet és tulajdonságok</i>  | 84  |
| P-04              | <b>Balczár Ida Anna – Korim Tamás – Kristófné Makó Éva – Kovács András</b><br><i>Új típusú kötőanyagrendszer előállítása különböző alapanyag-aktiválási technikákkal</i>   | 85  |
| P-05              | <b>Berecz Tibor – Fábíán Enikő Réka – Amanda Silveira Alcantara – Fazakas Éva – Furkó Mónika – Dobránszky János</b><br><i>Korrózióálló acélok hegesztett kötéseinek korrózióállósága</i>   | 86  |
| P-06              | <b>Béres Gábor – Danyi József – Végvári Ferenc</b><br><i>Hegesztett lemezterítékek képlékenyalakítása</i>  | 87  |
| P-07              | <b>Berki Péter – Karger-Kocsis József</b><br><i>Agyagásvány hatása korom tartalmú SBR gumik mechanikai tulajdonságaira</i>   | 88  |
| P-08              | <b>Boros Renáta Zsanett – Farkas László – Mihalkó Andrea – Nagy Tamás – Szabó Éva</b><br><i>Vegyszerálló kármentők anyagának összehasonlító vizsgálata</i>   | 89  |
| P-09              | <b>Budai Dávid – Tisza Miklós – Kovács Péter Zoltán – Lukács Zsolt</b><br><i>Alumínium lemezek alakíthatóságának vizsgálata növelt hőmérsékletű alakítás esetén</i>  | 90  |
| P-10              | <b>Berczeli Miklós – Buza Gábor</b><br><i>Acél lézersugaras hegesztési varratának geometriája</i>  | 91  |
| P-11              | <b>Czél György – Zattler Máté</b><br><i>Extrúziós célra fejlesztett polipropilén homopolimerek újrahasznosíthatósága fröccsöntő üzemekben</i>  | 92  |
| P-12              | <b>Csanády Andrásné – Gábor János – Jenei Péter – Gubicza Jenő – Szabó Péter János – Fábíán Réka – Tóth Attila Lajos – Tóth Péter – Langer Gábor – Krafcsik Olga – Radnóci György – Verő Balázs</b><br><i>Ganz Abraham vasúti kerekeinek titka</i> | 93  |
| P-13              | <b>Csizmazia János</b><br><i>Alumínium – magnézium ötvözetek lézersugaras hegesztése huzal hozaganyaggal</i>   | 94  |
| P-14              | <b>Dobrádi Annamária – Eniszné dr. Bódogh Margit – Kovács Kristóf</b><br><i>Hidroxiapatit tartalmú biokerámiák előállítása állati csontból</i>   | 95  |
| P-15              | <b>Dobrovsky Károly – Ronkay Ferenc</b><br><i>SEBS-g-MA adalékanyag hatása PET/HDPE keverékek tulajdonságaira</i>  | 96  |
| P-16              | <b>Fábíán Enikő Réka – Dobránszky János – Csizmazia János – Ott Robert</b><br><i>Duplex acélok lézersugaras hegesztésekor bekövetkező szövetszerkezet változások</i>   | 98  |
| P-17              | <b>Farkas Balázs Zsolt</b><br><i>Elektromosan vezető fázisokat tartalmazó kerámiák mikro-szikraforgácsolhatóságának modellezése</i>  | 99  |
| P-18              | <b>Fekete Balázs – Szekeres András – Trampus Péter</b><br><i>Alakváltozási energia alapú modell erőművi acélok kisciklusú fáradásának leírására</i>  | 100 |
| P-19              | <b>Furkó Mónika – Fábíán Enikő Réka – Balácsi Csaba</b><br><i>Pulzáló árammal implantátum anyagokra leválasztott antimikrobiális és biokompatibilis módosított kalcium foszfát rétegek elektrokémiai minősítése</i>                                | 101 |



|      |   |     |
|------|---|-----|
| P-20 | <b>Fülep Dávid – Zsoldos Ibolya – László István</b><br><i>Grafén szalagok összenövésének függése véletlen jelenségektől</i>   | 102 |
| P-21 | <b>Göblyös Béla – Réger Mihály</b><br><i>Matematikai modell távhőszolgáltatás hőforrásainak optimális elosztására</i>   | 103 |
| P-22 | <b>Halász István – Bárány Tamás</b><br><i>A keverési hőmérséklet hatása ciklikus butilén tereftaláttal adagolt elasztomerek tulajdonságaira</i>   | 105 |
| P-23 | <b>Hangyás István Atanáz – Fábíán Enikő Réka – Berecz Tibor</b><br><i>Lécesmartenzites szövetszerkezetben bekövetkező változások alakítás és hőkezelés hatására</i>   | 106 |
| P-24 | <b>Hatos István – Hargitai Hajnalka – Kovács József Gábor</b><br><i>Lézerszinterelt hibrid acélpárokban ébredő belső feszültség vizsgálata</i>  | 108 |
| P-25 | <b>Horváth Tibor – Marossy Kálmán – Szabó Tamás – Zsoldos Gabriella – Kollár Mariann</b><br><i>A polietilén-tereftalát (PET), és a politejsav (PLA) anyagszerkezeti sajátosságai, felhasználásuk korlátai</i> | 109 |
| P-26 | <b>Janó Viktória – Verő Balázs – ifj. Győri Imre</b><br><i>Öntvények dermedési folyamatának szemléletes ábrázolása</i>  | 111 |
| P-27 | <b>Jeljeli Leila – Buza Gábor</b><br><i>Összefüggések a lézersugaras mélyvarratos hegesztés egyes vizsgálati eredményei között</i>  | 113 |
| P-28 | <b>Kalácska Eszter – Májlinger Kornél – Spena Pasquale Russo</b><br><i>Nagyszilárdságú vékonylemezek vegyes kötése MIG eljárással</i>   | 114 |
| P-29 | <b>Károly Dóra</b><br><i>Koszorúérszterek funkcionális tulajdonságainak vizsgálata</i>  | 115 |
| P-30 | <b>Katona Bálint – Orbulov Imre Norbert</b><br><i>Kerámia gömbhéjakkal erősített szintaktikus fémhabok fáradási tulajdonságai</i>   | 116 |
| P-31 | <b>Kollár Mariann – Zsoldos Gabriella – Szabó Tamás – Szóda Kornél – Bak Miklós</b><br><i>Lebomló polimerekből készített vékony rétegek vizsgálata</i>  | 117 |
| P-32 | <b>Kovács Dorina – Blücher József – Dobránszky János – Fábíán Enikő Réka</b><br><i>Különleges acélok plazmanitridálása</i>  | 118 |
| P-33 | <b>Kovács András – Kristófné Makó Éva</b><br><i>A kaolinit ammónium-acetátos interkalációjának vizsgálata</i>   | 120 |
| P-34 | <b>Kozma István – Fekete Imre – Zsoldos Ibolya</b><br><i>Fém – kerámia kompozit tönkremeneteli vizsgálata</i>   | 121 |
| P-35 | <b>Kuzsella László – Gáspár Marcell – Meilinger Ákos – Prém László – Lukács János</b><br><i>Ólommentes forrasanyagok termo-mechanikai tulajdonságainak vizsgálata fizikai szimulációval</i>                   | 122 |
| P-36 | <b>László Noémi – Kékesi Tamás</b><br><i>A cink elektrolitikus kinyerésének hatásfoka, a kinyert fém tisztasága az áramsűrűség és a szulfáttartalmú oldat összetétele függvényében</i>                        | 123 |
| P-37 | <b>Mádi Laura Johanna – Dúl Jenő – Mikó Tamás – Fegyverneki György</b><br><i>Öntödei műgyantás homokmagok tulajdonságainak vizsgálata</i>   | 124 |
| P-38 | <b>Majtényi József – Mertinger Valéria – Benke Márton</b><br><i>Az edzési hőmérséklet és autópári fogasléc előtermék maradó feszültsége közötti kapcsolat vizsgálata</i>                                      | 125 |
| P-39 | <b>Makó Éva – Malovecky Anna – Bódy Zoltán</b><br><i>Üvegszál erősítésű poliészter hulladékot tartalmazó cementhabarcs mechanikai tulajdonságainak javítása</i>   | 126 |





|      |   |     |
|------|---|-----|
| P-40 | <b>Mende-Tokár Mónika – Fegyverneki György – Boros Viktória – Mertinger Valéria</b><br><i>A stroncium módosító hatásának vizsgálata AlSi8Cu3 öntészeti ötvözet esetén</i>   | 127 |
| P-41 | <b>Mikó Tamás – Szabó Gábor – Barkóczy Péter</b><br><i>Ismételt folyási jelenség alumínium ötvözeteken</i>  | 128 |
| P-42 | <b>Molnár Béla</b><br><i>Reciklált PET morfológiájának modulált DSC vizsgálata</i>  | 129 |
| P-43 | <b>Nagy Erzsébet – Benke Márton – Kovács Árpád – Mertinger Valéria</b><br><i>Martenzites átalakulások orientációs viszonyai FeMnCr acélokban</i>  | 130 |
| P-44 | <b>Ürmös Antal – Csutorás Márton – Román Szabolcs – Sándor Tamás – Farkas Zoltán – Nemcsics Ákos</b><br><i>Epitaxiásan növesztett vegyület-félvezető nanostruktúrák modellezése</i>   | 131 |
| P-45 | <b>Kucsera Péter – Tényi Gusztáv – Csutorás Márton – Bátor Gergő – Réti István – Kupás-Deák Béla – Ürmös Antal – Nemcsics Ákos</b><br><i>Újfajta vezérlő és adatfeldolgozó rendszer fejlesztése molekulásugár-epitaxiás technológia működtetéséhez és a nanostruktúra a növekedés in-situ kiértékeléséhez</i> | 133 |
| P-46 | <b>Pammer Dávid</b><br><i>Fogászati implantátumokra vonatkozó, stabilitás vizsgálati módszerek összehasonlítása az implantátum geometriára és a csontminőségre vonatkozóan</i>  | 135 |
| P-47 | <b>Pinke Péter – Kovács-Coskun Tünde</b><br><i>Séférián összefüggés alkalmazása alacsony ötvözésű acél hegesztéstechnológiájában</i>  | 137 |
| P-48 | <b>Pór Gábor</b><br><i>Akusztikus Barkhausen effektus megfigyelése és potenciális hasznosítása mágnesezhető acélokban</i>   | 138 |
| P-49 | <b>Pósalaky Dóra – Kuzsella László – Török Imre – Lukács János</b><br><i>Nagyszilárdságú alumíniumötvözetek hegeszthetőségének egyes kérdései, a kötések mechanikai tulajdonságai</i>   | 139 |
| P-50 | <b>Radó János – Dücső Csaba – Battistig Gábor – Fürjes Péter</b><br><i>3D mikro-erőmérő sebészrobot alkalmazáshoz</i>   | 140 |
| P-51 | <b>Rontó Viktória – Sycheva Anna – Svéda Mária – Sólyom L. Jenő – Nagy Erzsébet – Pekker Péter – Cora Ildikó – Fazakas Éva</b><br><i>Hf hatása a <math>Ti_{60}(Ni_xCu_{40-x})_{40}</math> ötvözetek kristályos szerkezetére és amorfképző képességére</i>   | 142 |
| P-52 | <b>Simonovics János – Bujtár Péter</b><br><i>Human állkapocscsont anyagtulajdonságainak modellezése</i>   | 143 |
| P-53 | <b>Török Dániel – Zsíros László – Kovács József Gábor</b><br><i>Statikus keverők minősítése fröccsöntési technológiában való alkalmazáshoz</i>  | 144 |
| P-54 | <b>Mészáros László – Turcsán Tamás</b><br><i>Növelt energiaelnyelő képességű szénszál erősítésű polimer kompozitok fejlesztése</i>  | 146 |
| P-55 | <b>Zink Béla – Kovács József Gábor</b><br><i>Vízkölerakódás hatása a fröccsöntő szerszámok hőtranszport folyamataira</i>  | 148 |
| P-56 | <b>Zsoldos Gabriella – Kollár Mariann – Szabó Tamás</b><br><i>Kalcium alginát – UHMWPE blend előállításának lehetőségei, és vizsgálati módszerei</i>  | 149 |



# Plenáris előadások



---

## TUDOMÁNYRÓL, MŰVÉSZETRŐL, NOBEL DÍJAKRÓL

Prof. Dr. Réti Tamás

*Óbudai Egyetem*

---

Csodálatra méltók azok az emberek, akiknek munkásságára egyfajta, sokak által irigyelt sokszínűség a jellemző, akiknek tevékenysége mind a tudományban, mind a művészetben egyaránt nemzetközi elismerésre és megbecsülésre tarthat számot.

Széles körben elterjedt nézet szerint a matematikai és zenei tehetség nem ritkán szimultán módon jelentkezik. Gyakorta hallani, hogy a matematikusok és a zenészek (zeneszerzők és előadóművészek) sok tekintetben rokon lelkek. A Mandelbrot nevével fémjelzett fraktálgeometria, nemcsak a matematikusok kedvelt kutatási területe, de meghatározó szerepet játszott az animációs filmművészeti irányzatok megújításában is. Hasonlóan sikeres a lézeres fényforrások alkalmazása a vizuális alapú művészi produkciókban, a képi látványtervezésben.

Világunkat a tudományos-technikai fejlődés korábban nem tapasztalt szárnyalása jellemzi. Ez a körülmény döntően közrejátszik abban, hogy a tudományok és művészi irányzatok egymásra hatása napjainkban - az áthallások szintjén túlmenően - jóval szélesebb körben és konkrétabb formában is megnyilvánul. Az elmúlt évtizedek egyik korszakos anyagtudományi (kémiai és szilárdtest fizikai) felfedezése a 60 karbon atomból álló óriásmolekula volt. A Nobel díjjal kitüntetett kutatók, nem véletlenül, az újonnan felfedezett karbon-módosulatot arról a Richard Buckminster Fullerről nevezték el, akire, találó módon, úgy szokás hivatkozni, mint „a kémiában halhatatlanná vált építésze”. Ő egy személyben volt, feltaláló, költő, filozófus és nem utolsósorban a geodézia kupolák konstruktőre, egy új építészeti irányzat megteremtője.

Nem túlzás azt állítani, és ennek igazolásául számos példát lehetne felsorolni, hogy a tudományos kutatás legújabb eredményei (új anyagok és technológiák megjelenésének köszönhetően) olykor hihetetlen gyorsasággal integrálódnak egy-egy művészi, főként képzőművészeti alkotásba. Példa erre a gyorsprototípus gyártás néven ismert technológia látványosan terjedő alkalmazása a művészi konstrukciók létrehozásában.

Amint a művészi tevékenységben a képzelet és kísérletezésre való hajlam egyfajta hajtóerőt képvisel, a tudományos kutató számára a motiváció legfőbb forrása sok esetben maga a kíváncsiság, a hit, amelynek alapja az a bizonytalan feltételezés, hogy elképzeléseinek megvalósításában a szerencse és a véletlen egyaránt a szolgálatába szegődik. Az ilyen váratlan, olykor a szerencsén is alapuló esemény (felfedezés) jellemzésére a – magyarrá szinte lefordíthatatlan – „serendipity” kifejezést használja az angol nyelv. Három, az anyagtudomány fejlődése szempontjából is releváns Nobel díj történetét ismertetve, arra kívánunk rávilágítani, hogy a siker elérésében meghatározó jelentőségű a korlátokat nem ismerő alkotói fantázia, amely a művész és a tudós tevékenységében eredendően mindig jelen van.



## 3D NYOMTATÁS - PROTOTÍPUSGYÁRTÁS

Falk György

VARINEX Zrt.

---

A rétegről-rétegre építkező alkatrészgyártás népszerű, összefoglaló neve a 3D nyomtatás jelentős karriert futott be az elmúlt évek során a média minden területén. A széles körben terjedő, olcsó berendezések mellett azonban egyre nagyobb teret foglalnak el az ipari célra tervezett 3D nyomtatók is. Ebben a körben megmaradt a technológiát jobban jellemző eljárások említése az egyes eljárások azonosításánál. Ennek megfelelően a professzionális 3D nyomtatók felhasználói Stereolithography - SLA, Selective Laser Sintering - SLS, Fused Deposition Modeling - FDM és PolyJet eljárásokat különböztetik meg. Természetesen ennél jóval több egyedi tulajdonsággal bíró eljárás van a napi gyakorlatban – de a felsoroltak a legelterjedtebbek –, ezért a többi eljárás nem kerül részletezésre.

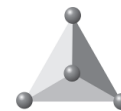
A felsorolt eljárások mindegyikének fontos és egyben egyedi jellemvonásai vannak, amelyek jelentősen befolyásolják az általuk készített modellek, alkatrészek felhasználását a felhasználhatóság körét.

Mind a négy eljárás működési elvének rövid bemutatása mellett azok jellemző anyagai is ismertetésre kerülnek. Így a hőre lágyuló és hőre keményedő műanyagalapú modellanyagok mechanikai tulajdonságai kerülnek ismertetésre.

A négy eljárás mindegyikére igaz, hogy a velük készített modellek ortotróp szerkezetűek – azaz egy-egy kitüntetett irányban jelentősen jobb mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek. Mind a négy eljárásnál bemutatásra kerülnek ezek a jellemzők, illetve irányok.

A jelenleg használt 3D modellanyagok folyamatos fejlesztés alatt állnak. Bemutatásra kerülnek a legfontosabb továbbfejlesztési irányok is. A továbbfejlesztésnél az ún. „nano-effect” hatásai is megemlítésre kerülnek.

A 3D nyomtatásnál használatos anyagok ma már lehetővé teszik nemcsak prototípusok készítését, hanem kis sorozatú alkatrészgyártást is – anélkül, hogy a szerszámozásra kellene költenünk. Néhány jellemző példa is bemutatásra kerül az ún. „Additive Manufacturing” alkalmazásaiból.



## AZ OLVADÉK ÁRAMLÁSÁNAK A HATÁSA A KRISTÁLYOSODÁSKOR KIALAKULÓ MIKROSZERKEZETRE

Prof. Dr. Roósz András

*MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport*

A fémolvadékok (ötvözetek) kristályosodása során az olvadéokban hőmérséklet és koncentráció különbség alakulhat ki, minek következtében a munkadarab különböző részein az olvadék sűrűsége különböző lesz. A sűrűség különbség hatására az olvadék földi körülmények között (a gravitáció miatt) mozog (természetes áramlás). Különböző kristályosítási technikáknál (folyamatos acélöntés, félfolyamatos alumínium vagy rézötvözetek öntése, nyomásos öntés) a beáramló olvadék is mozgatja (áramoltatja) az olvadéknak azt a részét, ahol már elkezdődött a kristályosodás, azaz az úgynevezett keverék (mushy) zónában az olvadék a kristályosodás közben mozog. A mozgó olvadék jelentősen befolyásolja a kristályosodás menetét, megváltoztatja az olvadék koncentrációját a keverék zónában és a szilárd/olvadék front előtt, a keverék zónából elszállítja a feldúsult olvadékat a munkadarab más részeibe, ezáltal befolyással van a kristályosodásnál kialakuló mikro- és mezoszerkezetre. Szilárdoldatok kristályosodása során megváltozik a primer és a szekunder dendritág távolság, a mikrodúsulás mértéke megváltozhat, makrodúsulás alakulhat ki. Az oszlopos szerkezet az áramlás hatására ekviauxiális szerkezetté alakulhat, megváltozik a szemcsék mérete. Eutektikumok esetében a második fázis rúdjai (Al-Al<sub>3</sub>Ni) vagy lemezei (Al-Al<sub>2</sub>Cu) közötti távolság változik meg, vagy a reguláris szerkezet irregulárisra változik. Ezekről az effektusokról igen kevés valódi kvantitatív ismeretünk van, aminek az az oka, hogy rendkívül nehéz (az esetek egy részében valójában lehetetlen) az áramló olvadék áramlási sebességének pontos meghatározása, ennek következtében az áramlási sebesség és a kialakuló szerkezet közötti kapcsolat meghatározása.

Ahhoz, hogy az áramlás hatását meg lehessen állapítani, mindenképp olyan kísérletekre van szükség, amelyek esetében az olvadék biztosan nem áramlik. Ezt a lehetőséget az űrkísérletek szolgáltatják, mikrogravitációs ( $10^{-3}$  g) körülmények között (amennyiben az u.n. marangoni áramlást ki tudjuk kapcsolni) az olvadék nem áramlik a kristályosodás során. Ilyen kísérleteket végeztünk 1980-ban a BEALUCA kísérletek során. A természetes áramlás mértéke rendkívül bizonytalan, nehezen befolyásolható, alig reprodukálható. Ezért az áramlás hatásának a vizsgálatához az olvadékat kényszer áramoltatjuk ismert paraméterek mellett. Az olvadék kényszer áramoltatása megoldható a tégely forgatásával, valamely forgó lapátnak az olvadékba merítésével, vagy – ami a legjobb megoldás – a mágneses indukcióval. Ez esetben a motor álló része az induktor a forgó (vagy haladó) része az olvadék (RMF vagy TMF kísérletek). A mágneses indukció értéke az induktor áramával és a váltakozó áram frekvenciájával könnyen és reprodukálhatóan változtatható.

Az MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport 2000-től vesz részt ilyen irányú kutatásokban egy nagy nemzetközi team tagjaként a MICAST programban. Az elmúlt évtizedben két – a nemzetközi mezőnyben is egyedinek számító – berendezést terveztünk és építettünk, melyekkel széles paraméter tartományban vizsgálható az áramlás hatása a kristályosodott szerkezetre.



## LÉZERSUGÁR SZERSZÁM

Prof. Dr. Buza Gábor

*Bay Zoltán Akalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.  
Mérnöki Divízió*

---

Az UNESCO 2015-öt a fény nemzetközi évévé nyilvánította. Annak ellenére, hogy a fény egyidős az általunk ismert univerzummal (13,6 milliárd év?), ahogy azt számos vallás és a fizikusok is állítják, mégsem ebben keresendő a megkülönböztető kiemelés. A döntés gyökerei csupán 1900-ig nyúlnak vissza, amikor Max Planck közzé tette az energia kvantáltságával kapcsolatos gondolatait. Öt évvel később, Albert Einstein – erre a gondolatra támaszkodva – tudta megmagyarázni a fotoelektromos hatást, majd újabb 12 év elteltével a stimulált emisszió lehetőségét. Ezzel megszületett a LASER jelenség elméleti alapja. Ahhoz, hogy az első LASER jelenséget meg tudják valósítani, a MASER-en (1953) át vezetett az út, ami végül 1960. május 16-án Theodor Maimannak sikerült elsőként. Az UNESCO hivatalos indoklása szerint ebben az esztendőben ünnepelhetjük Einstein általános relativitás elmélete megszületésének 100., valamint a kozmikus háttérsugárzás felfedezésének 50. évfordulóját.

A hétköznapi szóhasználatú fény átvitt értelemben közeli kapcsolatban van a felismeréssel, a tudással és a bölcsességgel. Az okos gondolatban a fényes elme megcsillan, a tiszta és jó gondolatok világosak. A költő szerint a szellem napvilága ragyog be minden ház ablakán, ha majd eljő a Kánaán. Ha egy korábban nem tudott, vagy nehezen érthető dolgot érthetővé teszünk, akkor felvilágosítunk, a fontos dolgokra rávilágítunk, a kiemelendő részeket megvilágítjuk. Mindezek közben világosságot teremtünk a fejekben, mert a korábban sötétségben, vagy homályban volt dolgokat világossá tettük.

A napfény a földi élet alapja. Nem csak a vallások és a mitológiák szerint van ez így, de a higgadt szemlélődés és értékelés szerint is. A Föld a napfényvel nyeri energiáját, amelyből az élet minden apró részlete merít. Az atmoszférában hővé alakul, a növények a fotoszintézisben hasznosítják a szénhidrát és az oxigén létrehozása során.

Az elektromágneses sugárzás nagy családjának egyik tagja a sokféle hullámhosszúságú fény, amiből a maga különleges tulajdonságaival tűnik ki a lézersugár. Még alig született meg a lézersugár, máris munkára fogták, gyémántszerszámokat fúrtak át vele. Alkalmazásának köre és intenzitása olyan gyorsan terjedt (és terjed ma is), hogy alig van olyan ember, aki mindegyik lézersugárforrást és azok alkalmazásait ismerné. Így vált a lézer a fény királynőjévé.

A X. OAK szellemiségéhez és célkitűzéseéhez illeszkedően az alkalmazások gazdag tárházából az anyag megmunkálási célúaké a főszerep. Még ezzel a témaszűkítéssel is csak összefoglaló áttekintésre van lehetőség.

A megmunkálások értelmezéséhez ismerni kell a sugárforrásokat, a sugárforrásból kilépő sugárzás tulajdonságait és csak ezek után kezdődhet a lézersugár és az anyag kölcsönhatásának boncolgatása. Az előadásban csak olyan anyagmegmunkálásokról lesz szó, melyek során a fotonok energiája a kölcsönhatás eredményeként az anyagban hőenergiává alakul. A lézersugárral megmunkálható anyagok sorában egyaránt szerepet kap a fém, a műanyag, a fa és a kerámiák.





---

A lézersugár, mint termikus szerszám képes a munkadarabot:

- felhevíteni edzéshez és forrasztáshoz,
- megolvasztani vágáshoz és hegesztéshez,
- elgőzöltetni, vagy elbontani fúráskor, vagy felületstrukturáláskor,
- ionizálni, vagyis plazmaállapotba juttatni a mélyhegesztés vagy a hiperszublimáció során.

Az, hogy a lézersugár hatására mi történik a munkadarabbal, az az anyagától függ. A fémek a fenti változások mindegyikére képesek. Egyes műanyagok azonban nem olvaszthatók meg, nem vihetők gőz állapotba, mert elbomlanak, ha erősen hevítik. Szerves anyagok, mint például a fa, nagy hőmérsékleten reagálnak az oxigénnel és elégnak, vagy a szerves molekulái elbomlanak.



## TERMOMECHANIKUS KEZELÉSEK HATÁSA ALAKMEMÓRIA ÖTVÖZETBEN ÉS AUSZTENITES ACÉLBAN VÉGBEMENŐ MARTENZITES ÁTALAKULÁSOKRA

Prof. Dr. Mertinger Valéria

*Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológia Intézet*

---

A martenzites átalakulás egy olyan fémtani jelenség, amelynek alkalmazása nélkül az emberiség nem tudott volna a bronzkorból kilépni, vagyis a vaskor megjelenése óta ezt a jelenséget az ember tudatosan használja, és többek között ez a jelenség az oka az acélok évszázadokon átívelő diadalútjának. A XX. században ismerték fel azt a tényt, hogy a martenzites átalakulás nemcsak nemesíthető acélokban, hanem számos ötvözetben, sőt nemcsak fémekben, hanem polimerekben és kerámiákban is végbemehet, nagy gyakorlati jelentősége alakmemória ötvözetben és ausztenites acélokban van. Ezen alapanyagok felhasználásával ma már számos szerkezeti, funkcionális alkatrész készül. A termékek előállításuk vagy alkalmazásuk közben rendszerint termomechanikus kezelésen esnek át. A termomechanikus folyamatokat a martenzites átalakulással kombinálva a TRIP, TWIP acélok és az alakmemória ötvözetek fémtani problémáihoz jutunk. A kezelés ezen ötvözeteknél igen sokféle eredménnyel és célzattal történhet.

Kutatásaink során a termomechanikus kezeléseknek a termoelasztikus és nem termoelasztikus martenzites átalakulásokra kifejtett hatását vizsgáltuk Ni-Ti, CuAlNi alapú egy- és polikristályos alakmemória ötvözeteken és FeMnCr TWIP/TRIP hatást mutató acélokon. Kísérleteink során végeztünk izoterm egytengelyű húzó vizsgálatokat, termikus ciklizálást külső feszültség alkalmazása nélkül és izoterm mechanikai ciklizálást.

Kísérleteink eredményeivel megmutattuk:

- melyek azok a fémtani módszerek, amelyek alkalmazásával a *Ni-Ti* ötvözet szuperelasztikus viselkedésének hőmérséklet tartománya a legeredményesebben kiterjeszthető, és ez hogyan befolyásolja az ötvözet mechanikai tulajdonságait és átalakulási karakterisztikáját,
- az ausztenites és a martenzites állapotú termomechanikus kezelések hogyan befolyásolják a *Ni-Ti* ötvözet kiváltására aspiráló *CuAlNi+Mn, Fe, Ti* ötvözetek átalakulási karakterisztikáját, öregedési folyamatokat és azok hatását az alakmemória effektusra,
- összehasonlító vizsgálatokkal a rácshibák ellentmondásos szerepét a termoelasztikus és nem termoelasztikus átalakulások során,
- DSC, XRD makro- és TEM mikrotextúra eredményekre alapozva TRIP/TWIP acélokon a különböző genetikájú martenzitek megjelenését és a különböző fázisok és a mérnöki mérőszámok korrelációját.



## HIDROGÉNTÁROLÁS MG-ALAPÚ NEMEGYENSÚLYI RENDSZEREKBE

Dr. Révész Ádám

*Eötvös Loránd Tudományegyetem, Anyagfizikai Tanszék*

A hidrogén, mint a világegyetem leggyakoribb eleme a Földön főleg víz és szénhidrogének formájában van jelen. Elégetésekor káros égéstermék nem keletkezik, a felszabaduló energiasűrűség a nagy elektron/nukleon hányados miatt igen nagy, ezért szintetikus üzemanyagként, ill. környezetkímélő energiahordozóként alkalmazhatjuk. A széleskörű elterjedésnek egyelőre gátat szab a tárolhatóság, ami gáz, ill. cseppfolyós halmazállapotban nem gazdaságos.

Elsőként az elemi magnézium került az érdeklődés homlokterébe mint potenciális szilárdfázisú hidrogéntároló rendszer. Hátránya azonban a viszonylag magas deszorpciós hőmérséklet, a lassú kinetika, ami egyelőre megakadályozza a széleskörű elterjedését. Ezzel szemben a nanokristályos fémhidridek nagy hidrogén abszorpciós kapacitással, előnyös mikroszerkezeti stabilitással és termikus tulajdonságokkal rendelkeznek. Nanokristályos anyagokban a nagy felület per térfogat hányadnak köszönhetően a hidrogén gáz abszorpciós/deszorpciós kinetikája a szemcsehatárok menti diffúzióknak köszönhetően jelentősen javítható.

Jelen előadás keretében bemutatom, hogy a golyósörléssel előállított nanokristályos magnézium-ötvözeteket további nagyképlékeny deformációnak alávetve (nagynyomású csavarás (HPT), könnyöksajtolás (ECAP), hideghengerlés) tömbi minták állíthatók elő, melyekben a deformáció során bekövetkező mikroszerkezeti változások (átlagos krisztallitméret, krisztallit-méreteloszlás, rácshibák sűrűsége) a hidrogéntárolást leíró paramétereket (maximális kapacitás, szorpció sebessége) eltérő módon változtatják meg. A megnövekedett diszlokációsűrűség, szemcsehatárok a H-molekulák disszociációját és atomonkénti megkötését segítve a deszorpció és abszorpció sebességét javítják.

Ezt követően bemutatom, hogy az eutektikus összetételhez közel eső amorf  $Mg_{65}Ni_{20}Cu_5Y_{10}$  ötvözet nagynyomású csavarása során nanokristályos  $Mg_2Ni$  kiválások jönnek létre. Elektronmikroszkópos vizsgálatokkal megmutattuk, hogy a HPT technika során alkalmazott makroszkopikus deformáció az amorf mintákban ún. deformációs sávokban lokalizálódik, melyek elősegítik a hidrogén penetrációját a minta belsejébe, valamint annak megkötését a kristályos állapothoz képest jóval alacsonyabb hőmérsékleten, ami az alkalmazások szempontjából igen fontos tényező.



## **BIOINSPIRÁLT POLIMER ALAPÚ AUTONÓM MIKROFLUIDIKAI RENDSZEREK mikroszerkezet – anyagválasztás – felületmódosítás – integráció – alkalmazás**

Dr. Fürjes Péter

*MTA Energiatudományi Kutatóközpont  
Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet*

---

A mikrofluidikai rendszerek egyik alapvető feladata a mintatranszport biztosítása az analitikai és orvosi biológiai alkalmazásokra fejlesztett Lab-on-a-Chip eszközök esetén, amely feltételezi a pontos vezérelhetőséget, és ezáltal a mérésnek megfelelő mintamennyiségek megbízható, adott áramlási sebességgel történő mozgatását. A bonyolult integrált aktív elemek vagy a költséges és energiaigényes külső eszközök helyett kézenfekvő – a LFA típusú tesztek példáját figyelembe véve – az autonóm működést biztosító, kapillaritáson alapuló eszközök fejlesztése, melyek segítségével hordozható, kisméretű, olcsó rendszerek megvalósítása is lehetővé válik.

### **Anyagtulajdonságok és geometria**

A bioanalitikai rendszerek miniatürizálását a félvezető-megmunkálásban bevetten használt mikrotechnológiai eljárások adaptálása és alkalmazása tette lehetővé. Ma már azonban nemcsak félvezetőiparban elterjedten alkalmazott szilícium alapanyagból lehet robusztus mikrorendszereket előállítani, a költséghatékonyság jegyében a polimer szerkezeteket is elterjedten alkalmazzák.[1] Nagy előnyük, hogy fröccsöntéssel technológiával segítségével olcsón és könnyen megmíntázhatóak. Alkalmazásukat azonban nehezíti a kisméretű szerves molekulák (pl: gyógyszer-molekulák), szerves oldószerek adszorpciója. Legnagyobb hátrányuk felületük hidrofób jellege, ami megnehezíti, hogy segítségével felületkezelés, módosítás nélkül vizes bázisú minták kezelésére alkalmas autonóm rendszereket valósítsunk meg. A hidrofób jelleg miatt a csatornák felületén nagymértékű lehet a fehérjék illetve más biomolekulák nem-specifikus adszorpciója is. A megcélzott bioanalitikai alkalmazás szempontjából kritikus anyagjellemzők tehát: átlátszóság, biokompatibilitás, hidrofíli csatornafalak, elenyésző nem-specifikus bekötődés a szabad felületeken, kémiai stabilitás és a technológiába való integrálhatóság. A folyadék-minta szállítását és kezelését megvalósító mikrofluidikai rendszerek esetében tehát alapvető a megfelelő anyagválasztás, kialakítási és felületmódosítási technológia alkalmazása.[2]

A kapilláris pumpák folyadékszallító képessége függ a csatornarendszer felületének nagyságától, nedvesíthetőségétől, valamint morfológiájától, ennek megfelelően adott alapanyag esetén a felületi mikrostruktúra változtatásával az elérhető áramlási sebességek befolyásolhatóak. Megfigyelhető például, hogy a természetes növényi vízszállító rendszerek (xylem) belsejében különböző másodlagos struktúrák találhatók, melyek megnövelik a kapillárisok felületének érdességét, így a vízszállító képességét. A tervezetten megvalósított mikrostruktúrák az általunk tervezett mikrofluidikai rendszerekben is lehetőséget biztosítanak tehát a kontrollált áramlási sebességek beállítására.



## Eredmények

Kutatócsoportommal eljárást dolgoztunk ki PDMS alapanyagban kialakított csatornák felületi tulajdonságainak módosítására, és a természetben megtalálható vízszállító rendszerek mikroszerkezetének adaptálásával kapilláris pumparendszert terveztünk kontrolált folyadékszállítási tulajdonságokat megcélözva. A PDMS-t a térhálósodás előtt tenzid molekulákkal (TX-100, PDMS-PEO) módosítva jelentősen tudtuk javítani a mikrofluidikai rendszerek hidrodinamikai ellenállását és a szabad felületeken tapasztalható nem-specifikus fehérjebekötődést. Emellett a teljes mikrofluidikai rendszer megvalósíthatóságát szem előtt tartva igyekeztünk az alapanyag kiváló kötési tulajdonságait (üveg, Si felületekhez) is megtartani. [3]

Olcsó, eldobható passzív kapilláris pumpát valósítottunk meg. Kialakítása előtt elemeztük az élővilágban sikeresen alkalmazott struktúrák makro- és mikro-szintű architektúráját, majd ezen alapuló mesterséges – bioinspirált – mikropapilláris szerkezeteket hoztunk létre. A kialakított szerkezetek viselkedését elemeztük és vizsgáltuk az alkalmazott felületmódosítási eljárások és a különböző mikrostruktúrák hatását is a kapilláris rendszer teljesítményére.

Előadásomban konkrét diagnosztikai példán is bemutatom, hogy kapilláris struktúrák geometriájának optimalizálásával és a megfelelő alapanyag illetve felületmódosítás megválasztásával olyan mikrofluidikai rendszerek hozhatóak létre, melyek hatékony és vezérelt folyadéktranszportot képesek biztosítani hordozható analitikai eszközökben.

## Irodalomjegyzék

[1] P. Fürjes, E. G. Holczer, E. Tóth, K. Iván, Z. Fekete, D. Bernier, F. Dortu, and D. Giannone, *PDMS microfluidics developed for polymer based photonic biosensors, Microsystem Technologies* 21:(3) pp. 581-590., 2015, DOI: 10.1007/s00542-014-2130-y

[2] E. Holczer, Z. Fekete, P. Fürjes: *Surface modification of PDMS based microfluidic systems by tensides, Material Science Forum* 729 361-366, 2013

[3] E. Holczer, P. Fürjes, *Bioinspired capillary systems for autonomous microfluidic application, Proceeding of the "Mátrafüred 2014" Conference on Electrochemical Sensors, Visegrád, Hungary, 2014*

E. Holczer, T. Kárpáti and P. Fürjes, *Controlled capillary transport in locally modified polymer microfluidic systems, Proceedings of Microfluidics 2014, Heidelberg, Germany, 2014*

E. Holczer, P. Fürjes, *Effects of micropatterning and surface modification of microfluidic channels on capillary water transport, Proceedings of Eurosensor2014, Brescia, Italy, 2014*

## Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom az MTA EK MFA MEMS Laboratóriuma munkatársainak technológiai szakértelmükért és PhD hallgatóim (kiemelve Holczer Esztert) lelkes munkájáért. Köszönöm továbbá a MedInProt Fehérjetudományi Kiválósági Együttműködési Program támogatását.



# Szóbeli előadások





## BÓR ÖTVÖZÉSŰ MANGÁN ACÉLOK MELEGALAKÍTÁSA

Prof. Dr. Tisza Miklós

*Miskolci Egyetem, Anyagszerkeztani és Anyagtechnológiai Intézet*  
*tisza.miklos@uni-miskolc.hu*

Az autóparral szemben támasztott egyre szigorodó követelmények között az egyre nagyobb követelményeket kielégítő töréskeresztek fontos szerepet töltenek be; ennek kielégítésében a különféle nagyszilárdságú acélok alkalmazása nagy jelentőségű. Közismert tény ugyanakkor, hogy a szilárdság növelésével az alakváltozókéesség erőteljesen csökken.

A nagyszilárdságú anyagok csökkenő alakváltozó képességét hivatott kompenzálni egy olyan technológiai fejlesztés, amelynek az alapjai valójában az anyagtudományi fejlesztések eredményeiben gyökereznek. Tipikusan autópári alkalmazásokra kifejlesztett nagyszilárdságú acélok a bór ötvözésű Mn-acélok, amelyek az ún. martenzites acélok egész sorozatát képezik. Legjellegzetesebb képviselőjük a 22MnB5 jelű, bórral mikro-ötvözött acél, amely számottevő ötvöző mennyiséget csak mangánból tartalmaz (Mn = 1,2-1,4 %). A Mn mellett a mikro-ötvözött acéloknál megszokott minimális mennyiségben Al-Ti-Cr ötvözőket találunk. A szállítási állapotban  $R_{p0.2} = 300-350$  MPa folyási határral és kedvező alakváltozási jellemzőkkel ( $A_{80} = 20$  %) rendelkező acélt austenites állapotban  $T = 900-950^\circ\text{C}$  hőmérsékleten alakítva, az alakító szerszámban hűtik  $v_h > 50^\circ\text{C/s}$  hűtési sebességgel. Az alakítás és az azt követő gyors hűtés eredményeként nagyszilárdságú ( $R_m > 1500$  MPa), stabil martenzites szövetszerkezetet kapunk.

E különleges és kiváló tulajdonságokkal rendelkező acél tipikus autópári alkalmazási területe a különféle teherviselő elemek gyártása (az ún. A- és B-oszlop, oldalütközés védelmi megerősítések, karosszéria váz elemek, első- és hátsó keresztartók, ajtó- és tetőpanel keretek).

Az előadásban először röviden áttekintjük a nagyszilárdságú acélok melegalakításának történeti fejlődését, elsősorban az autópári tendenciák tükrében. Bemutatjuk az alakítás tipikus technológiai feltételeit, az alkalmazott hőkezelési és alakítási folyamatok komplex ciklusát, részletesen elemezve a különféle technológiai változatok hatását a megvalósuló mikroszerkezetre és a különféle mechanikai tulajdonságokra. Bemutatjuk a melegalakításra kifejlesztett acélok alkalmazásában rejlő tömegcsökkentési potenciált, amely napjaink autópárában az egyik legfontosabb követelmény az autóparral szemben támasztott számos – olykor egymásnak is ellentmondó – követelmények kielégítésében.

**Kulcsszavak:** lemezalakítás, melegalakítás, fejlesztési trendek, autópár



## ÓLOMMENTES FORRASZANYAGOK JÁRMŰIPARI ALKALMAZÁSÁNAK ANYAGTUDOMÁNYI PROBLÉMÁI

Gyenes Anett, Radányi Ádám, Vargáné Molnár Alíz, **Gácsi Zoltán**

*Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet*

Az Európai Unió által egészség- és környezetvédelmi okokból bevezetett veszélyes anyagok korlátozásáról szóló RoHS (Restriction of Hazardous Substances), illetve az elektromos és elektronikus berendezések hulladékainak kezeléséről szóló WEEE (Waste of Electrical and Electronic Equipment) direktívák korlátozzák a toxikus ólom használatát. Ebből kifolyólag a forrasztási technológia során hagyományosan alkalmazott Sn-Pb forrasztótvözetekről az elektronikai, illetve járműiparnak fokozatosan át kell állnia az ólommentes forrasztótvözetek használatára.

Azonban az ólommentes forrasztótvözetek alkalmazása során számos új probléma vetődik fel, illetve eddig nem tapasztalt technológiai nehézségek is megjelennek, melyek elméleti hátterei még nem teljesen tisztázottak.

Az egyik ilyen vitatott jelenség az ón tűkristály (whisker) képződés, melynek során a magas óntartalmú bevonatokon hajszálszerű, elektromosan vezető kristályos struktúrák jönnek létre. Ezek átmérője 1-5  $\mu\text{m}$ , hossza pedig akár a milliméteres nagyságrendet is elérheti, ami zavart, rosszabb esetben zárlatot okozhat a berendezésekben (pl. műholdak, szívritmus-szabályozó, haditechnikai eszközök). Különböző ötvözők alkalmazásával (pl. Pb, Ni), a rétegvastagság változtatásával és közbelső fémréteg (pl. Ni) felvitelével csökkenthető a tűkristály képződés valószínűsége.

Másik jelentős probléma a fokozott intermetallikus vegyületképződés ( $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ ,  $\text{Ag}_3\text{Sn}$ ), melyek megjelenése a forraszkötésben jelentős mértékben rontja annak mechanikai tulajdonságait, ezáltal a forrasztott alkatrész élettartamát. Egyes ólommentes forrasztótvözetek esetén, úgymint a hatalkotós (Sn-Ag-Cu-Bi-Sb-Ni) forrasztóanyag a képződő intermetallikus vegyületek már a forraszkádban lévő olvadékban megjelenhetnek, melyek jelentősen megnehezítik, vagy akár teljes mértékben ellehetetlenítik a forrasztást. A forrasztóanyagok megszilárdulása során lejátszódó fémtani folyamatok pontos ismeretével, valamint a kémiai összetétel és a technológiai paraméterek módosításával elkerülhetők ezek a nem kívánt jelenségek.

Az ólommentes forrasztóanyagok fejlesztése során jelentős szerepet játszik a forraszkötés – ezáltal az elektronikai alkatrész/berendezés – élettartama és megbízhatósága, melyet a környezeti körülmények nagyban befolyásolnak. Nemzetközi szabványok írják elő a forraszkötések megbízhatóságára vonatkozó vizsgálatok menetét. A hősokk (ciklikus termo-mechanikus igénybevétel) vizsgálatokkal határozható meg, hogy a vizsgált termék a hirtelen hőmérsékletváltozás után, a vele szemben támasztott követelményeket tartósan teljesíti-e és biztonságosan működtethető-e. A vizsgálatok célja volt a korai meghibásodások kikényszerítése anélkül, hogy a szerkezet mechanikai és termikus igénybevételi határait elérnénk, s a néhány száz vagy ezer hőmérsékleti ciklussal elvégzett teszt után a vizsgált mintadarabok várható élettartama előre jelezhető legyen.



## CSŐVEZETÉK RENDSZER ÜZEMELTETÉS KÖZBEN KIALAKULT LOKÁLIS KORRÓZIÓJÁNAK VIZSGÁLATA

Trampus Péter

*Dunaújvárosi Főiskola*

A dolgozat egy nagyméretű, összetett felépítésű, ausztenites acélból készült csővezeték rendszerben kialakult korróziós károsodás esetét elemzi. A rendszer funkciója atomerőmű pihentető medence hűtése. A meghibásodás váratlanul következett be, sem az üzemeltetési körülmények, sem az áramoltatott közeg kémiai-fizikai jellemzői nem indokolták a csőanyag zömében pittingesedés jellegű károsodását.

A probléma okának, okainak meghatározása többszintű és többirányú vizsgálati és elemzési tevékenységet igényelt. Bár a mintavételi lehetőségeket a műszaki és üzemeltetési körülmények erősen korlátozták, a minták fémtani, metallográfiai vizsgálatai alapján a károsodás alapvető jellege tisztázható volt. A károsodási helyek meghatározására és a károsodási jelenség kísérőjelenségeinek azonosítására a csővezeték rendszer belső felületéről készített videofelvételek alapján volt lehetőség.

A vizsgálati eredmények, illetve a kapcsolódó korróziós kísérleti tapasztalatok, valamint a részletes irodalomkutatás alapján felmerült a mikrobiológiai korróziós hatásnak a meghibásodásban történő közreműködése, mely hatás kísérletileg is igazolható volt.

Tovább bonyolítja a korróziós folyamat összetettségét az, hogy a csővezeték rendszer galvanikusan összekapcsolt elektromosan vezető részei az ún. „helyi elem” képződése miatt befolyásolják egymás korróziós sajátosságait. Mikroszkopikus méretben ilyen mechanizmus okozza azt is, hogy a ferrites kisebbségi szövetszerkezeti összetevő nagyrészt érintetlen marad, amikor az ausztenites acél korróziója során az ausztenit fázis szelektíven oldódik a lyukkorrózió helyén. Ugyanakkor a fémes részek nagy elektromos vezetése révén a katódos és anódos helyek a galvanikusan összekötött rendszerekben tetszőlegesen távol is kerülhetnek egymástól, de a „helyi elem” hatás ugyanúgy érvényben marad.

Összességében megállapítható volt, hogy a csővezeték rendszerben azonosított korróziós folyamatok kialakulása csak a körülmények széleskörű, együttes figyelembe vétele alapján értelmezhető.



## A NAGYOLVASZTÓI FÚVÓFORMA-ERÓZIÓS FOLYAMATOK FÉMTANI ÖSSZEFÜGGÉSEI

Dr. Móger Róbert, Dr. Farkas Ottó, Dr. Grega Oszkár

ISD Dunaferr Zrt., Technológiai Igazgatóság

A nagyolvasztóban a fúvóformák a berendezés alsó, medence részében, annak is a felső felébe kerülnek beépítésre. A vízzel hűtött nagy tisztaságú rézből készült fúvóformák szerepe a nagyolvasztóba befűjt nagy hőmérsékletű (1000-1200 °C) forrószél kohóba történő továbbítása. A fúvóformák élettartama jelentős tényezője a nyersvasgyártás gazdaságosságának, mivel meghibásodásuk esetén a nagyolvasztót meg kell állítani, így csökken a termelt nyersvas mennyisége, sőt pótlólagos fajlagos tüzelőanyag-felhasználást is okoz. Ennek következtében a fúvóforma meghibásodásoknak a közvetlen anyagi költségek mellett, környezetvédelmi aspektusai is vannak.

A nagyolvasztói fúvóformák meghibásodása egy előre nem jelezhető folyamat, amely a nagyolvasztók normál működése során évente átlagosan 20-50 alkalommal következik be. Korábbi kutatások azt mutatták, hogy a fúvóforma meghibásodásokért leginkább a fúvóformára kerülő nyersvas és salak okolható.

Kapcsolódva az Európai Bizottság Szén és Acélipari Kutatási Alapja (RFCS) által támogatott fúvóforma kiegészítő foglalkozó kutatási projektjéhez (ExTuL) az ISD DUNAFERR Zrt. kutatási programot indított, melynek célja a fúvóforma erózió fémtani okainak vizsgálata, mely munkában a Nagyolvasztómű a Technológiai Igazgatóság és az Innovációs Igazgatóság is részt vett.

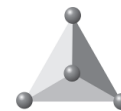
A kutatási eredmények összegzéseként a következők mondhatók el:

A különböző hatások (anyaglevonulási zavarok, gázpermeabilitási hiányosságok, nyomás-instabilitások, stb.) következtében a nagy tisztaságú rézfúvóforma azon részén, amely olvadékkal érintkezhet, a vas bizonyos mennyisége a forma rézanyagával szilárd oldatot alkotva, mintegy 2,5 mm-es mélységbe hatolva diffundál a rézfelületbe. A diffúzió következményeként az erózió kialakulása szempontjából alapvetően fontos folyamatok játszódnak le a fúvóforma meghatározott mélységű tartományában, melyek:

- a Cu-Fe szilárd oldat kialakulásával jelentősen csökken az anyagréteg hővezető-képessége,
- a lecsökkent hővezetési tényező következtében a diffúzió mértéke, kiterjedése nő ill. az anyagréteg hőmérséklete folyamatosan emelkedik,
- a szilárd oldat hőmérséklete tovább emelkedik és eléri a lágyulási hőmérsékletet,
- a megolvadt Cu-Fe ötvözet tartományt a nagyenergiájú fúvószél leszakítja, melynek hatására a fúvóforma anyaga erodálódik.

Az elvégzett vizsgálati eredmények alapján lehetőség van a Cu-Zn szilárd oldat kialakulására is, melynek a fúvóforma meghibásodásra gyakorolt hatásmechanizmusa megegyezik a fent említett folyamattal.

Természetesen a fent említett fémtani hatásmechanizmus csak olyan mértékben játszhat szerepet a fúvóformák eróziójában, amilyen mértékű Cu-Fe érintkezési lehetőséget hoznak létre a korábban említett üzemi rendellenességek. Ennek megfelelően az anyagoszlop egyenletes levonulása alapfeltétele a fúvóforma meghibásodások mértékének csökkentésében. A vizsgálatokat tovább folytatjuk annak feltárására, hogy melyek azok a nagyolvasztói működési paraméterek melyek szignifikáns hatással vannak a fúvóforma kiégések számára.



## NANOSZERKEZETŰ VAS-NIKKEL ÖTVÖZET VÉKONYRÉTEG PULZÁLÓ ÁRAMÚ ELŐÁLLÍTÁSA NAGYFREKVENCIÁS ALKALMAZÁSOKRA

Murányi Roland, Hajdu Ferenc, Lakatosné Dr. Varsányi Magda

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Mérnöki Divízió (BAY-ENG),  
Korszerű Anyagok Osztálya

A munka célja lágy mágneses vékonyrétegek előállítása, iparilag alkalmazható technológia fejlesztése. A vékonyrétegek előállítását pulzáló áramú elektrolízissel komplexképzőt tartalmazó elektrolyit oldatból végeztem. Az elektrokémiai eljárás számtalan előnnyel rendelkezik a vékonyrétegek fizikai előállításával szemben, mivel nem igényel költséges vákuumtechnikai berendezést és alacsony hőmérsékleten működhet. Az elektrokémiai technológia további előnye, hogy olcsó az egyéb módszerekhez képest, egyszerű és könnyen automatizálható.

A réteg leválasztásánál figyelembe kellett venni, hogy az alap, amelyre a leválasztás történik, hasonló mágneses tulajdonságú legyen, mint a leválasztani kívánt réteg, hogy az aktív réteg mágneses tulajdonságait ne rontsa. Ezért esett a választás árammentes nikkelt réteggel bevont FR4 hordozóra. Az ilyen módon kialakított réteg kevésbé rontja a mágneses tulajdonságokat.

A pulzáló áramú leválasztáshoz 1 % cikluskitöltési tényezővel dolgozunk. Ami lehetővé teszi, hogy egy időben több mintát is készítsünk. Ehhez multiplexelt leválasztást lehetővé tevő áramgenerátort kellett építeni, mely a relaxációs időben egymást követő mintákon alkalmazza az áramimpulzusokat.

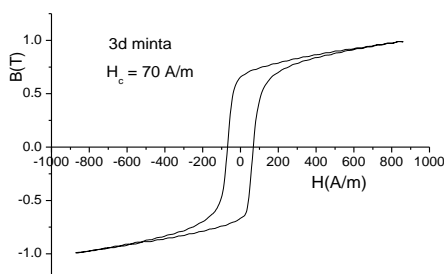
Az ipari technológiában való felhasználás céljából több tekercset tartalmazó hordozót kellett kialakítani. Terveztünk egy 6 tekercset tartalmazó hordozót, melynek mindkét oldalára elektrokémiai réteget választhatunk le. (1. ábra)

Az elektrokémiai leválasztás során Permalloy vékonyréteget választottam le a vezető alaprétegre. A Permalloy összetétel (Ni:Fe 80:20) az irodalom szerint lágy mágneses tulajdonságokkal rendelkezik. Ezt hiszterézis mérésekkel bizonyítottuk. (2. ábra) A hasznosíthatóság szempontjából a kis örvényáram veszteség, tehát a magasabb frekvencián való alkalmazhatóság kritériumát is teljesíteni kell a rétegnek. Ez a tulajdonság néhány mikron (5-7 $\mu$ m) vastagságú réteg elkészítésével érhető el. A kis örvényáramú veszteséget elektromos impedancia mérésekkel vizsgáltuk. Méréseink megerősítették a kitűzött cél megközelítését.

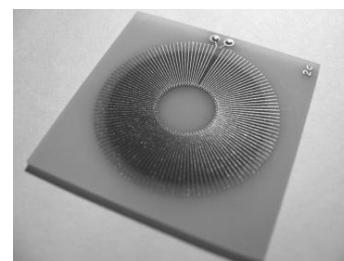
Az elektrokémiai vékonyréteg fémötvözetek alkalmasak olyan lapos transzformátormagok készítésére, amelyek örvényáramú vesztesége kicsi, így magasabb frekvenciákon használhatók (10-20 MHz). Az előállított transzformátorok az elektronikai eszközök miniatürizálását eredményezhetik és csökkentik azok súlyát. (3. ábra)



1. ábra több tekercsmag leválasztására alkalmas hordozó



2. ábra hiszterézis görbe



3. ábra nyákba integrált kész tekercs



## ÚJSZERŰ KERÁMIA ALAPÚ IMPLANTÁTUM ANYAGOK

Balácsi Katalin<sup>1</sup>, Oláh Nikolett<sup>1</sup>, Fogarassy Zsolt<sup>1</sup>, Csanádi Tamás<sup>2</sup>, Sulyok Attila<sup>1</sup>, Veres Miklós<sup>3</sup>, Balácsi Csaba<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Vékonyrétegfizika laboratórium, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet, Energiatudományi Kutatóközpont*

<sup>2</sup> *Institute of Materials Research, Slovak Academy of Sciences*

<sup>3</sup> *Wigner Fizikai Kutatóközpont*

<sup>4</sup> *Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.*

---

25 000 000 ember esett át részleges vagy teljes csípőprotézis műtéten és jelenleg is több mint 400 000 mesterséges csípőízület beültetés végeznek évente világszerte. Az emberi szervezetbe beültetett implantátum egy idegen tárgy az érzékeny környezetben, a különféle esetleges gyulladások vagy a beültetett anyag öregedése csökkenti az implantátum élettartamát. Az implantátum kopása és a használat során bekövetkező lazulása miatt 10-20% -át az implantátumoknak meg kell újítani.

A mesterséges implantátumok nagy része biokompatibilis titán, kerámia, TiAl6V4 és CoCrMo ötvözetből készül. Bioanyagként használt implantátumnak rendelkeznie kell néhány fontos tulajdonsággal, pl. bioaktivitással, biokompatibilitással, kiváló korrózióállósággal, nagy szilárdsággal, mindezt toxicitás nélkül.

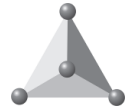
A kutatásaink fő célja a kerámia alapú nanokompozitok fejlesztése, melyek a felsorolt bioanyagokkal szembeni elvárásoknak megfelelnek, emellett lényegesen lecsökkentik a gyulladás kialakulásának lehetőségét ez által meghosszabbítják az implantátum élettartamát.

Az előadás bemutatja a három különböző típusú biokerámiák (bioinert TiC / a: C, bioaktív hidroxapatit, és hidroxapatittal bevont TiC / a: C kompozit) különböző tulajdonságait, előnyeit és hátrányait. Megmutatjuk, hogy a TiC/a:C vékonyréteg kiválóan alkalmazható mint kémiaiilag stabil védőbevonat, melynek passzíváló hatására nem jutnak szabad Ti ionok a szervezetbe. A nanoméretű hidroxapatittal bevont TiC előnye, hogy a bioaktív réteg segít a gyors és gyulladásmentes csontosodásban.

### Köszönetnyilvánítás

This project has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for research, technological development and demonstration under grant agreement no 602398.





---

## NAGY BELSŐ HATÁRFELÜLETTEL RENDELKEZŐ FÉMES ANYAGOK FEJLESZTÉSE

Szabó Dávid, Szabó József, Baumli Péter, Nagy Orsolya, Mekler Csaba, Stomp Dávid, Dezső András,  
**Kaptay György**

*Bay Zoltán Nonprofit kft, BAY-ENG*  
*Miskolci Egyetem, Nanotechnológiai Tanszék*  
*kaptay@hotmail.com*

---

A nagy belső határfelülettel rendelkező fémes anyagok a fémmátrixú kompozitok, a fémhabok és a fémemulziók. Ebben az előadásban bemutatjuk, hogy kutatócsoportunk az elmúlt években milyen sikereket ért el ezen a területen.

Amennyire az idő engedi, bemutatjuk azokat az elméleti alapokat is, melyek nélkül a tudatos fejlesztőmunka helyett csak vak lövöldözés folyna. Ezek főleg a határfelületi erők és határfelületi energiák modellezését jelentik, de ide kapcsolódnak a térfogati termodinamikai fejlesztések is.



## ULTRA-FINOMSZEMCSÉS TITÁN ELŐÁLLÍTÁSA ÉS MECHANIKAI TULAJDONSÁGAINAK VÁLTOZTATÁSA INTENZÍV KÉPLÉKENY ALAKÍTÁSSAL

Krállics György<sup>1</sup>, Gubicza Jenő<sup>2</sup>, Bézi Zoltán<sup>3</sup>

<sup>1</sup> BME, Anyagtudomány és Technológia Tanszék

<sup>2</sup> ELTE, Anyagfizikai Tanszék

<sup>3</sup> Bay Zoltán Nonprofit Kft, Mérnöki Divízió

Jelen munkánkban egy hosszabb kutatási időszak eredményeit összegezzük, amely az alábbi témakörökbe csoportosíthatók:

Ultra-finomszemcsés (UFSZ) titán előállítása olyan eljárásokkal, amelyekkel túllépve a laboratóriumi körülményeken nagy mennyiségű anyag gyártható. Ezek a módszerek kombinálják a hagyományos és az intenzív képlékeny alakítási (IKA) eljárásokat.

Mechanikai és mikroszerkezeti vizsgálatokkal az alakítási folyamat és az alakított anyag tulajdonságai közötti kapcsolatok feltárása annak érdekében, hogy az eljárások szabályozásával különleges tulajdonságokat lehessen elérni.

Az alakítási eljárások mechanikai modellezése.

Az előző időszak kísérleti eredményeire alapozva megállapítottuk, hogy a gyártás szempontjából a hengerlés és/vagy a többirányú kovácsolás (Multiple Forging) jelenti azokat az eljárásokat, amelyekkel jól szabályozható technológiai körülmények között nagy térfogatú tömbi UFSZ anyag állítható elő képlékeny alakítással. Fontos kiemelni azt a következtetést is, hogy különböző eljárások kombinálásával, valamint a hőmérsékleti viszonyok szabályozásával rugalmasan befolyásolható a termékek mérete, alakja és mennyisége.

A laboratóriumi és az üzemi gyártással készült anyagok mikro szerkezeti vizsgálata alapján megállapítottuk, hogy nincs jelentős különbség a kétféle eljárással készített anyagok mikro szerkezete között. Mindkét esetben ultra-finomszemcsés anyagot kaptunk. Ez nagy lépést jelent az IKA módszerekkel előállított titán kereskedelmi célú gyártása felé.

A különböző intenzív képlékenyalakító (IKA) eljárások mechanikai sajátossága, hogy nem-monoton alakváltozási úton valósíthatók meg. A nem-monotonitás mértékének értelmezésére kétféle eljárást dolgoztunk ki. Az egyik esetben az Iljuszin által a kis alakváltozásokra kifejlesztett elméletet alkalmaztuk véges nagy alakváltozásra, az alakváltozás trajektóriái alapján határozható meg a nem-monotonitásra vonatkozó mérőszám.

A nem-monotonitást számszerűsítő másik mérőszám közvetlenül kapcsolódik Szmirnov-Aljajev eredeti feltételeihez, azok általánosítását jelenti. A kezdeti állapotban kijelölt anyagi szálak helyzetét folyamatosan összevetve az alakváltozási sebesség tenzor főirányaival értelmezhető olyan skalár mennyiség, amelynek segítségével az egyes alakítási folyamatok sorrendbe állíthatók. A fentiekben értelmezett mérőszámok jelentősége abban van, hogy kapcsolatba hozhatók a szemcsefinomodás mértékével.



## KÉPLÉKENY DEFORMÁCIÓ EXTRÉM NAGY SEBESSÉGGEL

Gubicza Jenő<sup>1</sup>, Lukasz Farbaniec<sup>2</sup>, Csiszár Gábor<sup>1</sup>, Tarik Sadat<sup>2</sup>, David Tingaud<sup>2</sup>,  
Herve Couque<sup>3</sup>, Guy Dirras<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Eötvös Loránd Tudományegyetem, Anyagfizikai Tanszék*

<sup>2</sup> *Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité, Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux, CNRS*

<sup>3</sup> *Nexter Munitions*

A képlékeny alakítást eredményesen alkalmazzák fémek szilárdságának növelésére. A deformáció előrehaladtával a rácshibák (pl. diszlokációk) sűrűsége jelentősen növekszik és a szemcseszerkezet finomodik, ami az anyag keményedését eredményezi. A szilárdság további növekedését érhetjük el, ha az alakítást alacsony hőmérsékleten és/vagy nagy deformáció sebességgel végezzük el, hiszen így gátoljuk azokat a termikusan aktivált folyamatokat, amelyek a rácshibák annihilációjához vezetnek [1]. A keménység növelésén túl vannak olyan gyakorlati alkalmazások, amelyekben a fémek természetes módon nagy sebességű alakváltozásnak vannak kitéve: ilyenek például az ütközési folyamatok. Mindezek megalapozzák azt az igényt, hogy megvizsgáljuk a nagy sebességű képlékeny deformáció során a mikroszerkezet fejlődését és az anyag mechanikai tulajdonságait.

Kutatásaink középpontjában a nagy sebességű alakváltozás hatására tiszta fémekben (pl. Ni és Zn) bekövetkező rácshibaszervezet változás állt, amiből a deformációs mechanizmusokra következtettünk [2,3]. A nagy sebességű deformációt Direct Impact Hopkinson Pressure Bar (DIHPB) módszerrel értük el [4]. A legnagyobb alakítási sebesség elérte a  $3 \times 10^4$  1/s értéket, ami 132 m/s (475 km/h) ütközési sebességnek felel meg. A szemcseszerkezetet és a szemcsehatárok jellegét visszaszórt elektron diffrakcióval (EBSD), míg a rácshibákat (diszlokációk sűrűségét és típusát, valamint az ikerhatárok gyakoriságát) röntgen vonalprofil analízissel vizsgáltuk. A mikroszerkezetet összehasonlítottuk hagyományos, kis sebességű alakváltozás során kapottal. Az alakításhoz szükséges feszültséget in-situ is mértük a deformáció függvényében, ami hozzájárult az alakváltozás során bekövetkező folyamatok jobb megismeréséhez.

### Irodalomjegyzék

- [1] J. Gubicza: *Defect structure in nanomaterials*, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK (2012)
- [2] L. Farbaniec, A. Abdul-Latif, J. Gubicza, G. Dirras, *Adv. Eng. Mater.* 14 (2012) 1027.
- [3] G. Dirras, J. Gubicza, H. Couque, A. Ouarem, P. Jenei, *Mater. Sci. Eng. A* 564 (2013) 273.
- [4] H. Couque, *Philosophical Transaction A* 372 (2014) 20130218.



## SZINTAKTIKUS FÉM HABOK TULAJDONSÁGAI RADIÁLIS IRÁNYBAN GÁTOLT ALAKVÁLTOZÁSÚ ZÖMÍTÉS ESETÉN

Orbulov Imre Norbert<sup>1,2</sup>, Katona Bálint<sup>1</sup>

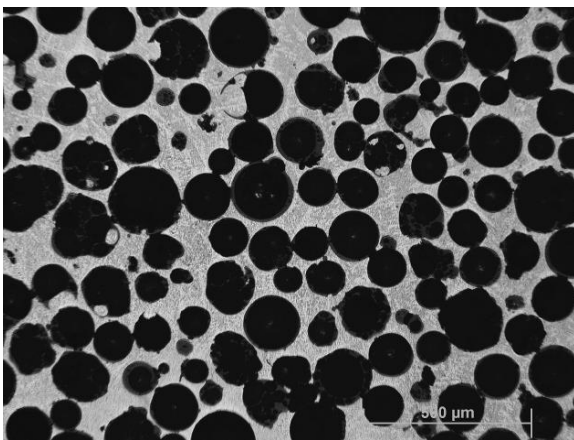
<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Anyagtudomány és Technológia Tanszék

<sup>2</sup> MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport

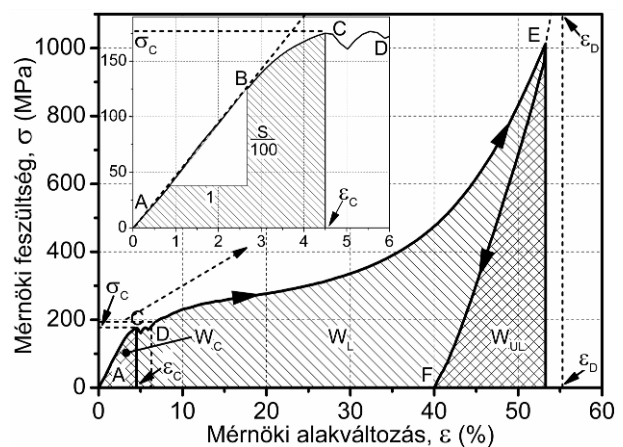
A szintaktikus fémhabok különleges, részecskeerősítésű fémmátrixú kompozitok, amelyekben a porozitást üreges gömbhéjak beépítésével biztosítják (1. ábra). A „hagyományos” fémhabokhoz viszonyítva nagyobb terhelhetőséggel és nagyobb energiaelnyelési képességgel rendelkeznek, ezért értékes alkalmazási lehetőségeik lehetnek például az autóiparban, az építészetben vagy éppen a személyek és gépjárművek védelmi rendszereiben. Ezekben az alkalmazásokban a fémhabok számos esetben egy adott formában (például zártszelvényben) elhelyezve kerülnek beépítésre, ahol a terhelés hatására történő alakváltozásuk egy, vagy akár több irányban is gátolt.

Munkánkban négyféle alumínium ötvözetet alkalmaztunk mátrixanyagként (Al99,5, AlSi12, AlMgSi1 és AlCu5), míg erősítőanyagként két különböző típusú gömbhéjat: Globocer (rövid jele G, szállító: Hollomet GmbH.) és SL300 (rövid jele S, szállító: Envirospheres Pty. Ltd.) használtunk. A gömbhéjak kémiai összetétele azonos volt: 30-35 t%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 45-50 t%  $\text{SiO}_2$  és ~20 t% mullit alkotta a faluk anyagát. Lényegi különbség a gömbhéjak geometriájában volt: azonos falvastagság / átmérő arány mellett külső átmérőjük jelentősen különbözött. A G jelű gömbhéjak jellemző átmérője ~1500  $\mu\text{m}$ , az S jelűeké pedig ~150  $\mu\text{m}$  volt. A gömbhéjak térkitöltését minden esetben nagy értéken, ~65 t%-on tartottuk.

A gyártás és hőkezelés (homogenizálás vagy T6 hőkezelés) után zömítővizsgálatokat végeztünk, radiális irányban gátolt alakváltozási körülmények között. Egy általános mérnöki feszültség – mérnöki alakváltozás görbét mutat be a 2. ábra. A mérések során a nyomószilárdságot, a törési alakváltozást, a szerkezeti merevséget, a törési-, a teljes- és a visszanyerhető mechanikai energiát, valamint a tömörödési alakváltozást követtük nyomon. Az eredményeket összevetettük a szabad zömítés során mért tulajdonságokkal. Ez jó lehetőséget ad arra, hogy a szintaktikus fémhabok zömítési tulajdonságait az éppen aktuális alkalmazási területnek leginkább megfelelő értékre állítsák be.



1. ábra: AlSi12 + SL300 szintaktikus fémhab jellemző mikroszerkezete



2. ábra Szintaktikus fémhab jellemző feszültség-alakváltozás görbéje radiális irányban gátolt alakváltozás esetén



## MIKROKRISTÁLYOS CELLULÓZ KRIOGÉN ŐRLÉSE ATTRITOR MALOMMAL

Mészáros László<sup>1,2</sup>, Hargitai Hajnalka<sup>3</sup>, Nánási Zsolt<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Polimertechnika Tanszék,*

<sup>2</sup> *MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport*

<sup>3</sup> *Széchenyi István Egyetem Anyagtudományi és Technológiai Tanszék*

*meszaros@pt.bme.hu*

Az egyik ígéretes, a közelmúltban felfedezett és viszonylag nagy figyelmet kapó anyag a nanokristályos cellulóz. Kis sűrűsége, magas fajlagos szilárdsága és rugalmassági modulusza alkalmassá teszi a széleskörű műszaki alkalmazásra, például nanokompozitok előállítására. A nanokristályos cellulóz előállítására két alapvető módszer terjedt el. Az egyik a kémiai út, amely során savas, majd lúgos kezelésnek teszik ki a mikrokristályos cellulózt. Az eljárás hátránya, hogy rendkívül időigényes, és nagy pontosságot igényel, viszont hatásosan lehet nagy tisztaságú nanokristályos cellulózt előállítani. A másik út a mechanikai őrlésen alapuló technológia, amely során különböző malmok segítségével, és az őrlési paraméterek megfelelő megválasztásával próbálják meg a cellulóz részecskék méretét csökkenteni. Az eljárás hátránya, hogy az őrlemény szemcseméret eloszlása igen széles, és sokszor nano- és mikrokristályos cellulóz keveréket állítanak elő. Viszont maga az eljárás egyszerű, végülis méretcsökkenéssel jár, így előnyösebben alkalmazható egy ilyen őrlemény kompozit technikai célokra, mint a tisztán mikrokristályos cellulóz [1].

Napjainkban alkalmazott malmok közül a golyósmalom az egyike azoknak a típusoknak, amelyek nagyon finom szemcsékre képesek őrlni az anyagokat, akár nanoméretű szemcséket is létrehozva. A golyós malmok egyik típusánál az attritoros őrlésnél forgó keverőelemek kavariják az őrlésre szolgáló golyókat.

A kutatás célja annak megállapítása, hogy az őrlési paraméterek milyen hatással vannak a mikrokristályos cellulóz szemcseméretére attritoros őrlés esetén.

### Irodalomjegyzék

[1] *Gong G., Mathew A. P., Oksman K.: Preparation of nanocellulose with high aspect ratio from wood. Division of Manufacturing and design of Wood and Bionanocomposites. Department of Applied Physics and Mechanical Engineering, Lulea University of Technology, Sweden. (2009.11.25.).*

### Köszönetnyilvánítás

Mészáros László publikációt megalapozó kutatása a TÁMOP 4.2.4.A/1-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. A kutatás eszközbeszerzése az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (OTKA PD105564) által biztosított forrásból valósult meg.



## BAZALTSZÁLLAL ERŐSÍTETT, VALAMINT TÖLTŐANYAGOT TARTALMAZÓ POLITEJSAV FEJLESZTÉSE MÉRNÖKI ALKALMAZÁSOKHOZ

Tábi Tamás

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék*

Napjainkban a környezettudatos gondolkodásmód térhódításával egyre inkább előtérbe kerülnek a megújuló erőforrásból előállítható és egyben biológiai lebomlásra képes úgynevezett lebontható polimerek vagy másnéven biopolimerek. Ezek egyik legjelentősebb képviselője a Politejsav (Poly(Lactic Acid), PLA) [1], amit a keményítőtartalmú agrárnövényekből tejsavas erjesztéssel, és az így kinyert tejsav polikondenzációjával lehet létrehozni. Tekintve, hogy a PLA egy termoplasztikus, részben-kristályos, alifás poliészter, így feldolgozható a hagyományos polimer-feldolgozási technológiákkal, mint például a fröccsöntés, extrúzió, palackfűvés, stb. Ömledékállapotú feldolgozás során viszont csak nagyon lassan kristályosodik, aminek eredményeképpen az egyébként részben-kristályos polimerből átlátszó, gyakorlatilag amorf termékek gyárthatóak és így ez a csekély kristályos részarány jelentősen korlátozza, 50-60°C körül maximalizálja a hőalaktartását és ezáltal a felhasználhatósági hőmérséklet-tartományt. Ennek megfelelően napjainkban egyelőre leginkább termikus és mechanikai terhelésnek legfeljebb mérsékleten kitett termékek anyagaként, mint például palackok, poharak, csészék, egyszer használatos evőeszközök, irodaszerek anyagaként használják, ugyanakkor szálerősítéssel akár műszaki termékek anyagaként [2] is alkalmazásra lelhet. Szálerősítésként a legtöbb esetben természetes, növényi szálát alkalmaznak, hogy megtartható legyen a biológiai lebonthatóság, ugyanakkor a növényi szálak sok hátránnyal rendelkeznek, mint például az üveg vagy szénszállhoz képesti rosszabb mechanikai tulajdonságok, a jelentős vízfelvétel, vagy a csekély termikus stabilitás. Egy lehetséges alternatívát nyújtanak a csak nemrég óta használt bazaltszálak, amelyeket bazaltkőből lehet előállítani [3]. Habár a bazalt nem megújuló erőforrás alapú és nem biológiai úton lebontható, de természetesnek mondható, mivel a természetben szinte mindenhol megtalálható, valamint kémiaileg és biológiailag inert. Korábbi tanulmányunkban már igazoltuk [4], hogy a bazalt kiváló erősítőanyag a PLA-nak, így a mostani munkánkban olyan PLA alapú kompozitot fejlesztettünk termikusan és mechanikailag igénybevett műszaki alkalmazásokhoz, amely együttesen tartalmaz bazaltszálakat, hogy növeljük a PLA szilárdságát és merevségét, valamint úgynevezett göcképző adalékokat (leginkább Talkumot), hogy elősegítsük feldolgozás közben a PLA kristályosodását, és megnöveljük a késztermék hőalaktartását. Végül kísérletterv segítségével elemeztük a változó bazaltszál és talkum tartalom keresztthatását a mechanikai, termomechanikai és hőalaktartásbeli jellemzőkre.

### Irodalomjegyzék

[1] Chandra R., Rustgi R.: *Biodegradable polymers. Progress in Polymer Science*, 23, 1272-1335 (1998).

[2] Bodros E., Pillin I., Montrelay N., Baley C.: *Could biopolymers reinforced by randomly scattered flax fibre be used in structural applications?. Composites Science and Technology*, 67, 462-470 (2007).

[3] Fiore V., Scalici T., Di Bella G., Valenza A.: *A review on basalt fibre and its composites. Composites Part B*, 74, 74-94 (2015).

[4] Tábi T., Tamás P., Kovács J. G.: *Chopped basalt fibres: A new perspective in reinforcing poly(lactic acid) to produce injection moulded engineering composites from renewable and natural resources. Express Polymer Letters*, 7, 107-119 (2013).





## NANO-MÉLYSÉGŰ FELÜLETMÓDOSÍTÁS HIDEGLPLAZMÁBAN: KÉMIAI ÉS SZERKEZETI KONZEKVENCIÁK

Bertóti Imre

*Magyar Tudományos Akadémia, Természettudományi Kutatóközpont,  
Anyag- és Környezetkémiai Intézet*

A szerkezeti és funkcionális anyagok tömbi jellemzői nem mindig párosulnak a kívánatos felületi tulajdonságokkal ezért azok felületét célirányosan módosítják a felhasználás követelményeinek mind tökéletesebb mértékű kielégítésére. Ismeretes, hogy gyakran elegendő, ha a felület legkülső, néhány 1 – 100 nanométeres rétegében alakítjuk ki a kívánt tulajdonságokat. Ez történhet a tömbtől eltérő összetételű réteg felvitelével, vagy az anyag összetételének és szerkezetének módosításával. Jelen kutatásaink kizárólag erre a mérettartományra korlátozódnak és kiterjednek a megváltozott felület atomi szintű kémiai szerkezeti jellemzésére, mely meghatározó jelentőségű az egyéb fizikai (elektromos, optikai), biológiai (nedvesedési, aktivitási, kompatibilitási) és mechanikai (keménységi, súrlódási, kopási) tulajdonságok kialakításában.

Az előadásban röviden ismertetjük a pontosan szabályozható, kisnyomású plazmás aktiválással segített rétegnövesztéssel, valamint a plazmában keltett ionok implantációjával módosított felületek kialakítása és vizsgálata terén az elmúlt évtizedben végzett, és a jelenleg is folyó kutatásaink eredményeit, a vizsgált anyagi rendszerek szerinti felosztásban.

A tömbi anyagokat, köztük a szintetikus polimereket és titánötvözeteket, 15 – 30 kV-os gyorsító feszültségű plazma-immersziós ionimplantációval (PIII) módosítottuk. Elsők között igazoltuk, hogy a szigetelő tulajdonságú polietilén mechanikai és tribológiai tulajdonságai lényegesen javíthatók  $N_2^+$  PIII módosítással, ami nagy jelentőségű a humán ízületi protézisek élettartamának meghosszabbítása terén. Kimutattuk, hogy előnyös kémiai-szerkezeti változások idézhetők elő a nitrogén mellett,  $He^+$  és  $H_2^+$  ionok implantációjával is pl. politetrafluoretilénben, poliamidban, polikarbonátban és polietilén-tereftalátban. Jellemeztük Al, Ti és a Ti-Al-V ötvözet felületi összetételi és szerkezeti változásait különféle gáz-plazmából végzett implantáció során.

Széleskörűen foglalkoztunk szén-alapú 50 – 500 nm vastag nano-rétegek növesztésével egyenáramú (DC) vagy rádiófrekvenciás (RF) gerjesztésű plazma felhasználásával. Plazmából gyémántszerű, adalékolt (N, Si, Cr, W) szénrétegek választottunk le, leggyakrabban a magnetronos porlasztás és a gázfázisú kémiai rétegleválasztás módszerét kombinálva, illékony szilícium-organikus vegyületek adagolásával. Összefüggést tártunk fel a módosított felületek elektronszerkezete és nanomechanikai, valamint tribológiai tulajdonságai között.

A szénelapú anyagok közül a többfalú szén nanocsövek, a többretegű grafén és az 1 – 6 rétegű grafén oxid felületét módosítottuk kisnyomású nitrogén plazmával. Az eredményeket összevetettük a grafén síkokból álló, a bázislap szerint pontosan orientált grafít egykristály (HOPG) kezelésekor kapott változásokkal. A gyorsító feszültség beállításával elértük, hogy a kezelések a felület 1 – 2 monoatomos rétegére korlátozódnak. Ezáltal biztosítható, hogy a kezelésekkor mind a többfalú nanocsövek, mind a többretegű grafén megőrizze eredeti szerkezetét. A plazmás felületmódosítás lényegesen „kíméletesebb”, mint a hagyományos kémiai funkcionálizálás (hosszú idejű kezelés koncentrált oxidáló savakkal).





## NÉHÁNY RÉTEGŰ GRAFÉN LEMEZEK ORIENTÁCIÓJA SZILÍCIUM NITRID NANOKOMPOZITOKBAN

Orsolya Tapasztó<sup>1</sup>, Levente Tapasztó<sup>1</sup>, Csaba Balázsi<sup>2</sup>, Victor Puchy<sup>3</sup>, Jan Dusza<sup>3</sup>,  
Zsolt Endre Horváth<sup>1</sup>, Katalin Balázsi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Energiatudományi Kutatóközpont, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet*

<sup>2</sup> *Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft, Korszerű Anyagok Osztály*

<sup>3</sup> *Anyagtudományi Intézet, Szlovák Tudományos Akadémia*

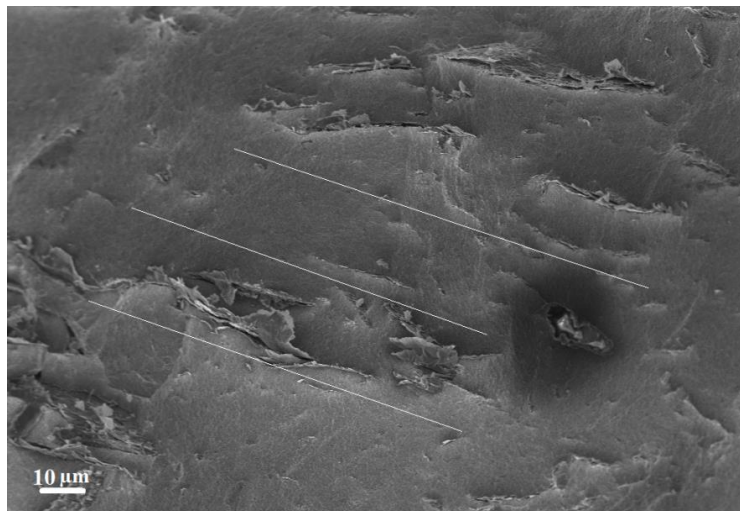
*tapaszto.orsolya@energia.mta.hu*

Grafénnal erősített szilícium nitrid alapú nanokompozitokat állítottunk elő különböző szinterelési eljárások segítségével. Két különböző eljárást hasonlítottunk össze (meleg izosztatikus préselés - HIP - és ívplazmás szinterelés - SPS-) annak érdekében, hogy befolyásoljuk és meghatározzuk a grafén/szilícium-nitrid nanokompozitok mikroszerkezetét, vizsgálva a szinterelési eljárások hatását a grafénlemezek eloszlási mintázatára vonatkozóan.

A pásztázó elektronmikroszkópiás felvételek nagymértékben eltérő eloszlási mintázatot fedtek fel, arra utalva, hogy a grafénlemezek kitüntetett orientációs irányokat követnek SPS-sel szinterelt minták esetében.

A nanoskálájú szén-adalékok diszperziós mintázatát a minta teljes térfogatában, röntgendiffrakciós és ultra-kisszögű neutronszórás vizsgálatokkal jellemeztük. Ezen vizsgálatok is egyértelmű különbséget mutatnak a grafén lemezek eloszlási mintázatát illetően, annak függvényében, hogy milyen szinterelési eljárással állítottuk elő a nanokompozitokat.

**Kulcsszavak:** kerámiák, kompozitok, szilícium-nitrid, grafén, ultra kisszögű neutronszórás



Pásztázó elektronmikroszkópiás felvétel ívplazmás szinterelési módszerrel előállított, grafénnal erősített szilícium-nitridnanokompozit töretfelületéről, amelyen jól megfigyelhető a grafén lemezek orientációja.



## TERMELÉKENY ELEKTROSZTATIKUS SZÁLKÉPZÉSI ELJÁRÁS ÉS VÉGESELEMES MODELLEZÉSE

Molnár Kolos<sup>1,2</sup>, Farkas Balázs<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék*

<sup>2</sup> *MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport  
molnar@pt.bme.hu*

Napjainkban a polimer nanoszálak előállítására a legnépszerűbb eljárás az elektrosztatikus száلكépzés (elektro-száلكépzés, electrospinning). A hagyományos szálgyártási eljárásokkal szemben itt nagyfeszültségű elektromos erőteret használnak a folyadékszálak megnyújtására mechanikai erők helyett. Az eljárás előnye, hogy egyetlen technológiai lépésben történik a szálalak kialakítása, rögzítése és a terítékképzés is. A számos elektrosztatikus instabilitás miatt a nanoszálak véletlenszerűen rendeződnek és így gyűjthetők össze egy porózus, ún. szálpaplan struktúrában. A szálátmérő a technológiai paraméterek (feszültség, térerősség, száلكépző fej geometriája, oldat viszkozitása, felületi feszültség stb.) megválasztásával széles tartományban szabályozható, jellemzően 50-500 nm között. Jelenleg számos alkalmazási terület látszik kibontakozni, mint pl. orvostechika (mesterséges szövetek vázanyaga, sebkötözők, szabályozott leadású gyógyszerkészítmények), polimer mátrixú kompozitok, szűrők, nanoszenzorok stb. [1].

A technológia ipari léptékű megvalósítására már léteznek törekvések, de ezeknek jelenleg gátat szab az elektro-száلكépzés csekély termelékenysége. A hagyományos eljárás alternatívájaként feltaláltunk egy módosított eljárást, amelyet korona-száلكépzésnek neveztünk el [2]. Ennek előnye, hogy a hagyományos eljárással szemben a száلكépzés itt nem kapilláris tükéből, vagy kisméretű furatokból történik, ami a folyamat jobb szabályozhatóságát eredményezi és emellett könnyebb az eszközt tisztán tartani is. A polimer oldat egy résen keresztül folyamatosan áramlik, amely mentén önrendező módon képződnek a folyadékszálak.

A jelen kutatás keretében a két eljárás hatékonyságát hasonlítottuk össze. A száلكépzés során kialakuló elektrosztatikus teret végeselemes módszerrel modelleztük. Míg a hagyományos kapilláris elven működő eljárásnál egyetlen kapilláris hatékonyan működik, több ilyen egymás mellé helyezésekor ezek képesek egymás hatékonyságát rontani. A korona-száلكépzési eljárásnál azt tapasztaltuk, hogy a szálak önszerveződő módon alakulnak ki, tehát itt nem kell ezt a szempontot figyelembe venni. A száلكépző elektróda megfelelő geometriai kialakításával még tovább javíthatjuk az eljárás termelékenységét. A kapott eredmények alapján a berendezés prototípusának geometriáját továbbfejlesztettük.

### Irodalomjegyzék

[1] Molnár K., Vas L.M.: *Chapter 10 - Electrospun Composite Nanofibers and Polymer Composites. Bhattacharyya D., Fakirov S. (szerk.) Synthetic polymer-polymer composites. Hanser, München, 301-350 (2012).*

[2] Molnár K., Nagy Zs.K., Marosi Gy. Mészáros L.: *Elektrosztatikus száلكépző fej és módosított eljárás nanoszálak termelékeny előállítására. Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala, ügyszám: P1200677 (2012).*



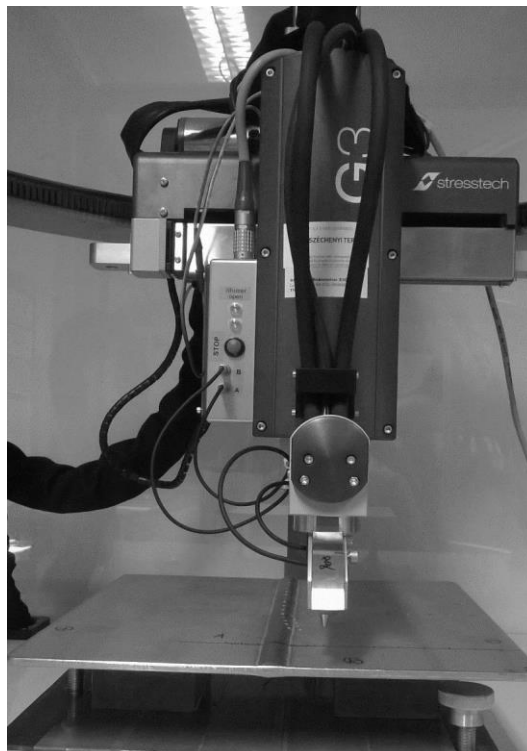
## DUPLEX ACÉLOK MARADÓ FESZÜLTSGÉNEK FÁZIS SZERINTI ELOSZLÁSA

Filep Ádám, Benke Márton, Mertinger Valéria

*Miskolci Egyetem; Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet  
femfilep@uni-miskolc.hu*

A maradó mechanikai feszültségnek jelentős szerepe van az alkatrészek várható élettartamára. A feszültség jellege (nyomó- ill. húzófeszültség), térfogati eloszlása és abszolút értéke döntően befolyásoló tényező. A kialakult állapot függ az anyagot alkotó fázis(ok) szilárdsági tulajdonságaitól, úgy mint folyáshatár, rugalmassági modulusz, Poisson-tényező, stb. Több fázis esetén természetesen a fázisok eltérő tulajdonságokkal, eltérő feszültségtartó képességgel rendelkeznek, ami komplexebbé teszi a feszültségállapotot. További kérdés ezeknek a fázisoknak a szerkezete és mennyisége/aránya.

Vizsgálataink során hegesztett duplex acél mintákban vizsgáltuk a ferrit és ausztenit fázisokban kialakuló maradó feszültség eloszlását speciális, roncsolásmentes röntgendiffratométerrel. Az ausztenit fázis elemzése Mn röntgensóval, a ferrit/martenzit fázisé pedig Cr csóval történt. Meghatároztuk a hegesztés során kialakult feszültség felületi és mélységi eloszlását. Utóbbi esetben rétegeltávolítási lépésekkel történt a mérés.





## LÉCES MARTENZIT DISZLOKÁCIÓSŰRŰSÉGÉNEK VIZSGÁLATA VISSZASZÓRTELEKTRON-DIFFRAKCIÓVAL

Szabó Péter János, Csóré András

*BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék*  
*szpj@eik.bme.hu, ram92@freemail.hu*

Fémes anyagaink képlékeny alakítása során jelentős mértékben megváltozik a diszlokációsűrűségük. Ennek mérésére több módszer is létezik: a transzmissziós elektronmikroszkópos vizsgálatok során közvetlenül láthatóvá tehető a diszlokációk, míg a röntgendiffrakciós vonalprofil-analízis segítségével indirekt úton becsülhetjük meg a diszlokációk mennyiségét.

Napjaink egyik elterjedt vizsgálati módszere a visszaszórtelektron-diffrakció, amelynek segítségével a minta felületén mért mérési pontok orientáció-különbsége határozható meg.

Ebből a statisztikus mennyiségű adatból lehetőség van a diszlokációsűrűség meghatározására az egyes mérési pontok miszorientációjának elemzésével. A Nye-féle diszlokáció-tenzor kilenc eleme közül hatot tudunk határozni a mérési eredményekből, és ezekből az adatokból egy közelítő diszlokációsűrűség-bebecslést tudunk tenni.

A módszer érzékeny a mérési körülményekre, emiatt korábbi publikációkban vizsgáltuk a lépésköz, a felbontás, és egyéb mérési paraméterek hatását.

Kis szénttartalmú ötvözetlen acélokban edzés után léces martenzites szerkezet alakul ki. Ez az anyag jól tükrözi a kiinduló ausztenitfázis szemcseszerkezetét. Visszaszórtelektron-diffrakcióval vizsgáltuk a diszlokációsűrűség változását edzett, különböző mértékben hidegen hengerelt, és megeresztett acélokon.



## DISZLOKÁCIÓSŰRŰSÉG MEGHATÁROZÁSA KÉPLÉKENYEN DEFORMÁLT ANYAGOKBAN HR-EBSD ÉS RÖNTGENDIFFRAKCIÓ SEGÍTSÉGÉVEL

Kalácska Szilvia<sup>1</sup>, Groma István<sup>1</sup>, Claire Maurice<sup>2</sup>, Borbély András<sup>2</sup>, Ispánovity Péter D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Eötvös Loránd Tudományegyetem, Anyagfizikai Tanszék*

<sup>2</sup> *École des Mines, Materials Science Department*

A visszaszórtelektron-diffrakciós minták keresztkorreláción alapuló analízisét (HR-EBSD) gyakran a képlékeny alakváltozások feltérképezésére használják deformált polikristályos minták esetében [1]. Ebben a munkában ezt a módszert használjuk a diszlokációkból felépülő struktúrák és a hozzájuk kapcsolódó disztorziós terek fejlődésének jellemzésére, különböző mértékig összenyomott réz egykristályokra. A célunk, hogy olyan statisztikus módszert fejlesszünk ki, amely alkalmas a mintákra jellemző teljes diszlokációsűrűség meghatározására.

A minták disztorziós térképei a keresztkorrelációs technika segítségével készültek. A módszer képes arra, hogy a kristálybeli orientációs változásokat nagyobb pontossággal detektálja, mint az elektronmikroszkóp számára rendelkezésre álló standard EBSD szoftver, amely minden egyes diffrakciós mintát egyénileg elemez. A disztorziós terek eloszlása szélesedést mutat a terhelés növekedésével. Annak érdekében, hogy a mikrostruktúra részletesebb elemzését adhassuk, a méréseket a röntgendiffrakciós (XRD) csúcsok szélesedésének analízisével egészítettük ki. A teljes diszlokációsűrűség-értékek, valamint ezen mennyiségek mintán belüli fluktuációi a variancia módszer [2,3] segítségével kerültek meghatározásra. A két módszer között talált jó kvalitatív egyezésből arra következtetünk, hogy a keresztkorreláción alapuló eljárás képes a diszlokációkból álló szerkezetek statisztikus jellemzésére.

### Irodalomjegyzék

[1] T.B. Britton and A.J. Wilkinson, *High resolution electron backscatter diffraction measurements of elastic strain variations in the presence of larger lattice rotations. Ultramicroscopy 114 (2012) 82-95.*

[2] I. Groma, *X-ray line broadening due to an inhomogeneous dislocation distribution. Phys. Rev. B. 57 (1998) 7535-7542.*

[3] F. Székely, I. Groma and J. Lendvai, *Changes in the dislocation density fluctuations during plastic deformation. Scripta Mat. 45 (2001) 55-60.*



## JEOL: LATEST DEVELOPMENTS OF ABERRATION CORRECTED TEM

Guillaume Brunetti

*JEOL (EUROPE) SAS, Espace Claude Monet*  
*brunetti@jeol.fr*

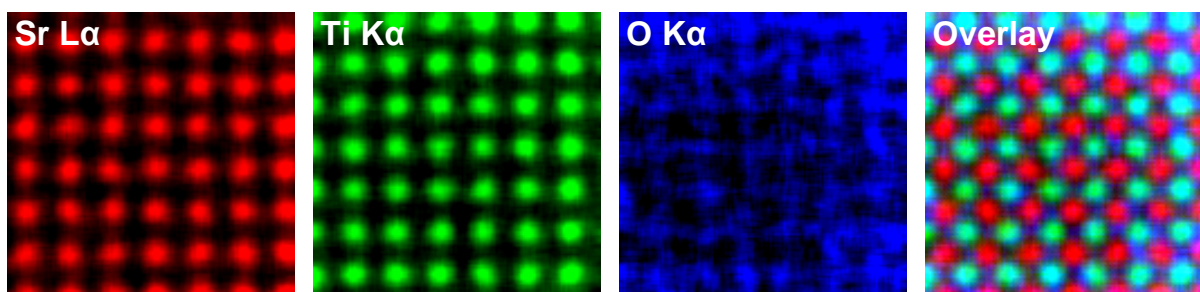
The nanoworld: where individual atoms that constitute substances are directly observed. A TEM equipped with Cold-FEG (Cold Field Emission Gun) realizes this dream. With Cold-FEG, a superb high-quality electron beam is produced that achieved a narrower spread and forms a sharper probe with higher brightness than a conventional Schottky FEG. Many improvements have been developed for the conception of the ARM200F.

The ARM200F receives a new design allowing the improvement of the mechanical, electrical stability and the protection against environmental disturbances. Furthermore, the base frame has been designed to the optimum geometry for the accommodation of double TEM/STEM Cs correctors totally integrated. The use of a spherical aberration corrector for electron optic system as standard, has achieved a scanning transmission image (STEM-HAADF) resolution of 0.078 nm, the highest in the world among the commercial transmission electron microscopes.

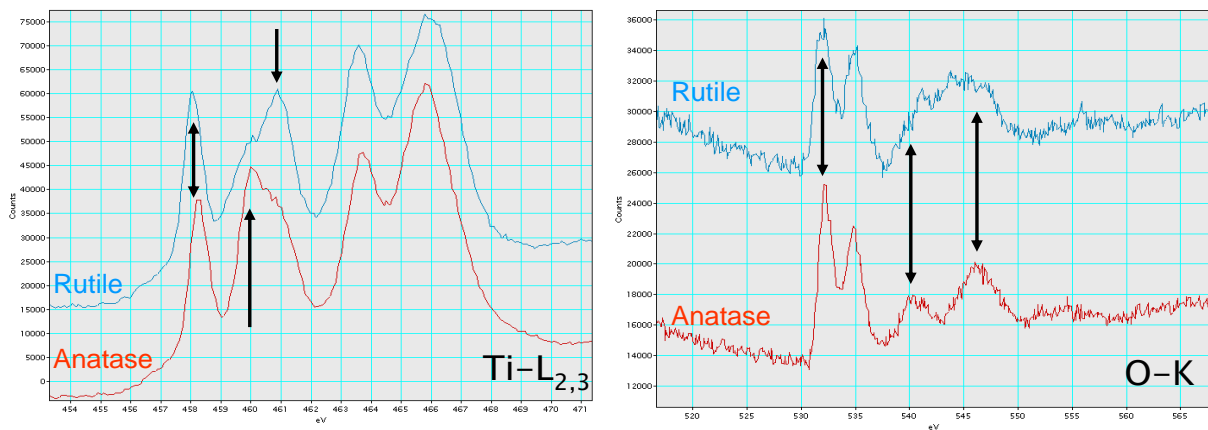
These improvements coupled with Cold-FEG allow the ARM to perform high level studies for all TEM techniques (HRTEM, HRTEM, EELS, EDS, Annular Bright Field, diffraction ...). Furthermore, the ARM200F equipped with Cold-FEG and the new Centurio EDS detector (solid angle 1 sr) allows the acquisition of atomic resolution EDS mapping (Figure 1).

Example of application: the use of a Cold-FEG dramatically improves EELS energy resolution. As seen figure 2, the energy resolution is about 0.3eV for a Cold-FEG. This very good energy resolution is a major factor for EELS studies; in particular ELNES (Energy Loss Near Edge Structure) exhibits a characteristic shape depending on the chemical bonding states in a substance. Figure 2 is an example of rutile and anatase analysis.

JEOL offers “Ultra-high resolution” with this next generation of “improved Cold-FEG”.



**Figure 1:** Atomic resolution EDS mapping on SrTiO<sub>3</sub> sample.



**Figure 2:** EELS spectra of rutile and anatase type crystal, which show ELNES obtained from the O-K edge and the Ti-L edge, reveal clear differences in chemical bonding states (indicated by arrows). The higher energy resolution of a Cold-FEG enables clear observation of these differences.





## A MARTENZITES ÁTALAKULÁSOK ZAJOS JELLEGÉRŐL

Beke Dezső László<sup>1</sup>, Daróczi Lajos<sup>1</sup>, Tóth László Z.<sup>1</sup>, Szabó Sándor<sup>1,2</sup>, Gyöngyösi Szilvia<sup>1</sup>, Bolgár Melinda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem. Szilárdtest Fizika Tanszék

<sup>2</sup> Nyíregyházi Főiskola, Műszaki és Agrártudományi Intézet

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 – hatványkitevős viselkedést:

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

jelezve az u.n önszerveződő 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. Az utóbbi időkben, különösen alakemlékező ötvözetekben, egyre jobban elterjed ezen jelenségek szisztematikus vizsgálata. Elsősorban akusztikus emissziós vizsgálatokból megállapították, hogy a hatványkitevők univerzálisak és lényegében csak a martenzit fázis szimmetriájától függ értékük. A DE Szilárdtest Fizika Tanszékén működő csoportunkban végzett szimultán DSC, akusztikus emissziós, spontán mágneses emissziós, valamint felületi optikai vizsgálatokból kapott eredmények statisztikus analízisének összefoglalását adjuk. Megmutattuk, hogy a hatványkitevők érdekes módon függenek az átalakulás irányától [1,2], és azt is kimutattuk, hogy martenzites állapotban deformálva a mintát, vagy növekvő mágneses térbe helyezve (szuperplasztikus viselkedés) a martenzit variánsok átrendeződése is hasonló zajokat kelt [3].

### Irodalomjegyzék

[1] L.Z. Toth, S. Szabó, L. Daróczi, D. L. Beke, *Phys. Rev. B* 90 (2014) 224103

[2] L. Daróczi, Sz. Gyöngyösi, L. Z. Tóth, S. Szabó, D. L. Beke, *Appl. Phys. Lett.* 106, (2015) 041908

[3] M. Bolgár, L. Daróczi, L.Z. Tóth, S. Szabó, Sz. Gyöngyösi, Y. Chumljakov, E. Panchenko, D. L. Beke, *J. of Alloys and Comp.*, beküldve



## FÁRADÁSI GÖRBÉK JÁRMŰIPARI ALUMÍNIUMÖTVÖZETEKHEZ ÉS HEGESZTETT KÖTÉSEIKHEZ

**Dr. Lukács János, Meilinger Ákos, Pósalaky Dóra**

*Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Anyagszerkezzettani és Anyagtechnológiai Intézet*

*janos.lukacs@uni-miskolc.hu, metakos@uni-miskolc.hu, posalaky.dora@gmail.com*

---

A járműipar egyik alapvető trendje a tömegcsökkentésen keresztül megvalósuló fogyasztás-csökkentés, amely anyagtudományi oldalról a különböző nagyszilárdságú anyagok (acélok, alumíniumötvözetek és kompozitok) alkalmazásával közelíthető meg. A különféle járművek, és különösen azok karosszériája esetében a meghatározó kötéstechológia a hegesztés, annak hagyományosnak, illetve korszerűnek nevezhető ömlesztő- és sajtolóhegesztő változatai. A fogyasztás-csökkenés mellett a járműipari szerkezeti elemekkel kapcsolatos megbízhatósági, illetve biztonsági elvárások az utóbbi évtizedben – érthetően – jelentősen megnöttek; ugyanakkor statisztikák mutatják, hogy a töréshez vezető káresetek harmada hegesztett szerkezetekben és azok közel négyötöde ismétlődő igénybevételű szerkezeti elemeken következik be.

A hegesztés során az összehegesztendő elemeket hő- és erőhatások érik, amelynek eredménye az inhomogén hegesztett kötés. A kötés inhomogenitása mind anyagszerkezzettani, mind geometriai vonatkozásokban megjelenik, előbbi esetében eltérő szerkezetű és ebből adódóan eltérő tulajdonságú övezetek, utóbbi esetében pedig anyagfolytonossági hiányok, feszültséggyűjtő helyek formájában. Az anyagszerkezzeti és a geometriai változások eltérésekben (ezek megengedhetők), illetve hibákban (ezek nem megengedhetők) öltenek testet, amelyek meghatározzák a hegesztett kötések tulajdonságait és azok teherbíró képességét. Különösen nagy veszélye van az anyagfolytonossági hiányoknak ismétlődő igénybevételek esetén, márpedig a járművek szerkezeti elemeinek a terhelése jellemzően ilyen.

Mindezek együttesen indokolták azt, hogy a kutató munka során az anyagok világából az alumíniumötvözetekre, a technológiák közül a hegesztéstechológiákra, az igénybevételek közül pedig az ismétlődő igénybevételekre fókuszáltunk. Két alumíniumötvözetet (5754-H22 és 6082-T6), egy-egy ömlesztő és sajtoló hegesztő technológiát (fogyóelektródás ívhegesztés és lineáris dörzshegesztés) választottunk, vizsgálatainkat pedig kiterjesztettük a kisciklusú fáradás (LCF), a nagyciklusú fáradás (HCF) és a fáradásos repedésterjedés (FCG) tartományaira. A hegesztéstechológiák tervezésének és optimalizálásának ismétlődő igénybevételű vizsgálatokon alapuló, illetve törésmechanikai eszközökkel való támogatását nagyszámú (próbatestes) vizsgálatra és az eredmények statisztikai szemléletű értékelésére alapoztuk. A statisztikai szemléletet már a vizsgálatok tervezési fázisában alkalmaztuk, amivel az eredmények érvényességi tartománya szélesíthető és – egyúttal – azok megbízhatósága növelhető volt. Az előadásban bemutatjuk a kísérleti munkát, a vizsgálati eredményeket és a meghatározott fáradási görbéket, valamint a saját eredmények irodalmi adatokkal való összevetését.



## POLIAMID 6 MÁTRIXÚ SZÉN-, ILLETVE BAZALTSZÁL ERŐSÍTÉSŰ KOMPOZITOK KIFÁRADÁSI TULAJDONSÁGAI

Mészáros László<sup>1,2</sup>, Szakács József<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Polimertechnika Tanszék,*

<sup>2</sup> *MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport*

A mérnöki gyakorlatban igen közkedvelt a poliamidok családja, amely anyagokat a műszaki polimerk közé sorolunk. Különösképpen alkalmazott alapanyag a poliamid 6, amely jó mechanikai és frikciós tulajdonságainak köszönheti elterjedését. A műszaki alkalmazások területén gyakran az alkatrészek folyamatos és ciklikus terhelésnek is ki vannak téve. A ciklikus terhelés esetén az idő előrehaladtával a szerkezeti anyag kifáradhat, emiatt különösképpen fontos ezen anyagok kifáradási tulajdonságainak vizsgálata. Poliamidok esetén már korábban is végeztek fárasztó vizsgálatokat, valamint számos irodalom foglalkozik ezen anyagok üvegszállal erősített változatainak vizsgálatával. Napjainkban azonban új erősítőanyagok alkalmazása is előtérbe kerül. Ilyen például a bazaltszál, amely az üvegszál alternatívája lehet, vagy például a szénszál, amely nagyobb terhelések elviselésére képes alkatrészek létrehozásában játszhat kulcsszerepet. Bár több kutató is foglalkozott már szénszál erősítésű poliamidok előállításával, és vizsgálatával, de meglepő módon azok kifáradási tulajdonságainak elemzésével kapcsolatos publikációk száma csekély [1, 2].

A hőrelágyuló polimerek esetén az anyagok kifáradási tulajdonságaira alapvetően három tényező van jelentős befolyással. Egyik a környezeti hőmérséklet, a másik a terhelés frekvenciája a harmadik pedig maga a terhelés nagysága. A poliamidok esetén még az anyag nedvességtartalma is jelentős befolyásoló tényező lehet [1].

Üvegszál erősítésű poliamid kompozitok esetén már részletes vizsgálatokat folytattak azok kifáradási tulajdonságaival kapcsolatosan. Ezen kutatásokban bemutatták, hogy a matrixanyaghoz hasonlóan a terhelés nagyságának csökkentésével a kompozitok élettartama jelentősen növekszik, illetve a próbatestek hőmérséklet növekedése is csökken. Mindezek hatására a kifáradás azaz a tönkremenetel folyamata lelassul. Ami anyagszerkezettanilag azzal magyarázható, hogy az anyagban létrejövő repedések lassabban növekszenek, és később érik el azt a kritikus méretet ahol a katasztrófális tönkremenetel bekövetkezik [2].

Jelen kutatás célja poliamid 6 mátrixú kompozitok kifáradási tulajdonságainak, illetve a tönkremeneteli folyamatának elemzése, bazalt és szénszál erősítés esetén.

### Irodalomjegyzék

[1] Harris B.: *Fatigue in composites*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, (2003).

[2] Horst J. J., Spoormaker J. L.: *Fatigue fracture mechanisms and fractography of short-glassfibre-reinforced polyamide 6*. *Journal of Material Science*. 32, 3641-3651 (1997).



### **Köszönetnyilvánítás**

Mészáros László publikációt megalapozó kutatása a TÁMOP 4.2.4.A/1-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. A kutatás eszközbeszerzése az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (OTKA PD105564) által biztosított forrásból valósult meg.



---

## ORIENTÁCIÓS ELOSZLÁSFÜGGVÉNY (ODF) VÁLTOZÁSA ALUMÍNIUM ÖTVÖZET TERMOMECHANIKUS KEZELÉSE SORÁN

Hlavács Adrienn<sup>1</sup>, Benke Márton<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Miskolci Egyetem Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet

<sup>2</sup> MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport

---

A plattírozott alumínium lemezeket az autógyártásban a kemény forrasztás alapanyagként használják. A plattírozás során az alapanyagra alacsonyabb olvadáspontú ötvözet réteget visznek a felületre. Munkánk során először melegen hengerelt, majd több lépcsőben hidegen hengerelt és lágított Al3003-as ötvözetet vizsgáltunk. Vizsgálataink során a textúra változását jellemeztük az egyes lépések után. A textúra kép változását a keresztmetszet mentén térképeztük fel. A textúra változását röntgendiffrakciós módszerrel vizsgáltuk. Az eredményeket pólusábrákkal, orientációs eloszlás függvényekkel (ODF) és a fő textúra komponensek térfogathányadának változásával adjuk meg.

**Kulcsszavak:** textúra, ODF, 3003 alumínium



## NYOMÁSOSAN ÖNTÖTT ALUMÍNIUM ALKATRÉSZEK DENDRITES SZERKEZETÉNEK JELLEMZÉSE AUTOMATIKUS KÉPELEMZÉSEL

Bortnyik Kornél<sup>1</sup>, Léránth Gábor<sup>2</sup>, Dr. Barkóczy Péter<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet

<sup>2</sup> Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Metallurgiai és Öntészeti Intézet

<sup>3</sup> Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc Egyetemváros; FUX Zrt.

Az alumínium alkatrészek esetében a nyomásos öntészeti technológiák már évtizedek óta az egyik legjelentősebb tömeggyártási technológiák közé tartoznak, különösen az autóiipari beszállítókat tekintve. Költséghatékonyan teszi lehetővé a vékonyfalú minőségi öntvények előállítását a gépészeti könnyűszerkezetekben. Az öntvények minősége erősen függ a gyártástechnológiai paramétereiktől. Ezen paraméterek öntvényre való hatásainak kellő ismeretében a megfelelő gyártási minőség biztosítható. Számos gyártási probléma az öntés hőtechnikai viszonyaival és a darab szilárdulása során történő termikus jelenségekkel hozható összefüggésbe. Az öntvény helyi megszilárdulási folyamata fontos információforrás a mechanikai tulajdonságok tekintetében. Az öntött alkatrész egy részének szilárdságát főleg a helyileg kialakult szövetszerkezet határozza meg, amely a lokális öntési körülményektől függ. A dendrites szövetszerkezet mérésének módszerei az irányítottan növekedő dendritek esetében a szakirodalomban sok helyen megtalálható. A dendritet jellemző mennyiségek – primer dendritág távolság, szekunder dendritág távolság, dendrit anizotrópiáját leíró mérőszámok – mérésének már jól kialakult rendszere létezik. Azonban ezek a mérési módszerek az ekvixiális dendriteken történő mérésekre nem mindig alkalmazhatóak. A számítógépes képelemzésen alapuló mérési módszerekkel sokmindent meg lehet mérni, de az adott mérési feladattól függ, hogy melyik mért jellemzőből mire tudunk következtetni. Az eddigi dendrites vizsgálatok alapján egy új mérési módszer használata lenne hatékony, a dendritek „bonyolultságának” a mérése.

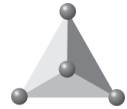
A vizsgálatok tárgyául egy (7500kN záróerejű, Müller-Weingarten típusú) hideg-kamrás nyomásos öntőgépen, Vacural és hagyományos nyomásos öntési eljárással különböző formahőmérsékletek mellett (200°C és 240°C) előállított eltérő vastagságú (2, 4, 8 mm), lap alakú (200mm x 250mm) alumíniumöntvények (AlSi10Mg ötvözetből) szolgáltak. Az öntési körülmények állandó értéken tartása és az öntési paraméterek hozzárendelhetősége érdekében a félautomata öntési folyamatot külön mérőrendszer ellenőrizte, a forma termikus viszonyait több mérőelem és egy hőkamera rögzítette. A lehetőleg hibamentes öntvények kiválasztását röntgenvizsgálat és sűrűségmérés segítette. A próbadarabokról mintaelőkészítés után fénymikroszóppal készült ún. mozaikkép készült, ami azt jelenti, hogy több látótér összefűzésével történik a szövetszerkezetről a fényképfelvétel. A mintákról a mozaikkép az öntvény teljes szélességében elkészült. A képeket egy automatikus számítógépi képelemző szoftver méri. Az előadásban a mérési eljárás és ezen eljárással kapott eredmények kerülnek bemutatásra.

**Kulcsszavak:** számítógépi képelemzés, alumínium ötvözet, nyomásos öntés.

### Irodalomjegyzék

[1] Csaba Póliszka, Zoltán Gácsi, Péter Barkóczy: *The effect of melt flow on the dendrite morphology*, *Materials Science Forum Vol. 508 (2006) pp 169-174*

[2] Léránth Gábor, Barkóczy Péter: *Nyomásos öntvények vizsgálata, Anyagmérnöki Tudományok, 37. kötet, 1. szám (2012), pp. 277-284.*



---

## SZEMÉLYGÉPJÁRMŰ SZÉLVÉDŐ CSILLAPÍTÁSI VESZTESÉGI TÉNYEZŐJÉNEK MEGHATÁROZÁSA

Vehovszky Balázs<sup>1</sup>, Horváth István<sup>2</sup>, Slenczka Karl<sup>2</sup>, Jakubík Tamás<sup>1</sup>, Schuster Martin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Széchenyi István Egyetem, Járműfejlesztési Tanszék*

<sup>2</sup> *Audi Hungaria Motor Kft.*

---

A személygépjárművek szélvédője kiemelt szereppel bír az utastér akusztikai jellemzőinek kialakításában. Kutatásunk a szélvédő egyik legfontosabb akusztikai jellemzőjének, a csillapítási veszteségi tényezőnek a meghatározására irányult. A veszteségi tényezőt olykor anyagjellemzőként, máskor egy komplett szerkezet rezgés csillapítási jellemzőjeként kezelik. Utóbbi esetben azt a geometria (modális viselkedés, saját lengések) hatásától nem lehet függetlenül kezelni, azonban sok szempontból kedvezőbb lenne egy geometriától független, pusztán anyagjellemző meghatározása. Munkánk során többféle mérési eljárást kipróbáltunk, összehasonlítottunk és meghatároztuk ezek közül azt, amelyik leginkább alkalmas egy szélvédő csillapítási veszteségi tényezőjének meghatározására annak akusztikai minősítése céljából.





## FORGÓ MÁGNESES TÉR HATÁSA AZ IRÁNYÍTOTTAN KRISTÁLYOSÍTOTT AL-AL<sub>3</sub>NI EUTEKTIKUM SZERKEZETÉRE

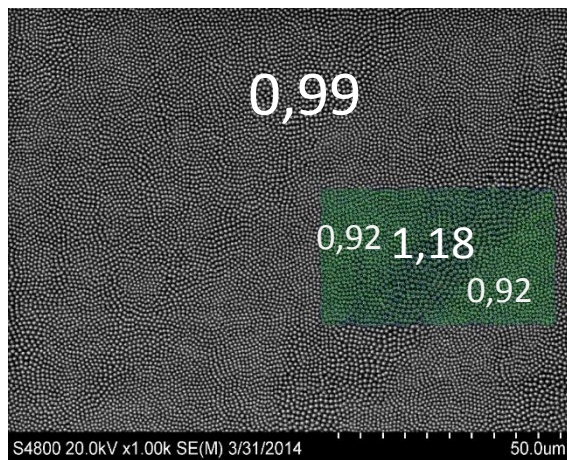
Veres Zsolt<sup>1</sup>, Dudás Dóra Daniella<sup>1</sup>, Svéda Mária<sup>2</sup>, Kovács Jenő<sup>2</sup>, Rónaföldi Arnold<sup>2</sup>, Nagy Cs.<sup>1</sup>, Roósz András<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Miskolci Egyetem, Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet

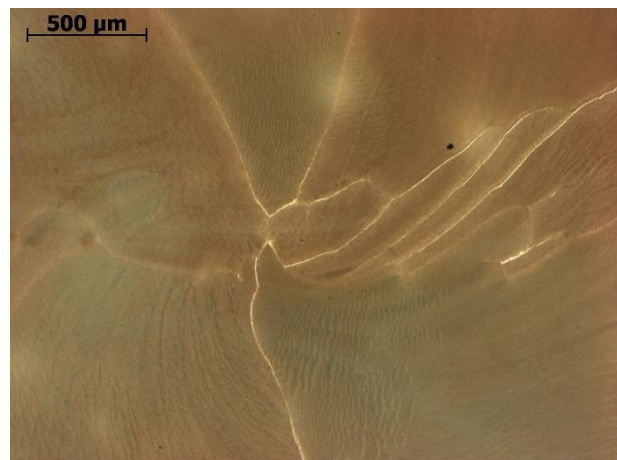
<sup>2</sup> MTA ME Anyagtudományi Kutatócsoport

A Miskolci Egyetem Fémteni Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai intézetében CHRMF (Crystalliser with High Rotating Magnetic Field) berendezésben, - amely forgó mágneses tér indukálására alkalmas – végeztünk kristályosító kísérleteket. Az eutektikus Al-Al<sub>3</sub>Ni mintadarabokat irányítottan kristályosítottuk, különböző erősségű forgó mágneses térben ( $B = 0, 10, 50, 150 \text{ mT}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ ) és vizsgáltuk a kialakuló szerkezetet. Az alkalmazott kristályosítási sebesség  $100 \mu\text{m/s}$ , a hőmérséklet gradiens  $8 \text{ K/mm}$  volt. A kialakuló szerkezetet kereszt- és hosszirányban vizsgáltuk fénymikroszkóp és scanning elektronmikroszkóp segítségével.

Az kutatásunk során fény derült egy eddig még nem publikált jelenségre, miszerint amennyiben az olvadék áramlása elér egy olyan mértéket, amikor a lamináris áramlás felborul és örvényessé válik, az eutektikus rudak közötti távolság nem állandó a darab keresztmetszetében.



1. ábra Az eutektikus rudak közötti távolság kis területeken belül is jelentősen változik



2. ábra 150mT-s forgó mágneses térrel kevert darab mikroszkópi képe (eredeti nagyítás 50 szerez, marószers nital)

Az örvényes áramlás hatására az olvadék áramlási sebessége kis távolságon belül ( $\sim 10\mu\text{m}$ ) nagymértékben megváltozik ( $\sim 30\%$ ) (1. ábra) Az inhomogentást tovább növeli, hogy a mintadarab különböző pontjain más és más az olvadékáramlás sebessége. A mintadarab közepén, ahol a forgás tengelye is helyezkedett és a minta szélén, ahol a kristályosító kapszula falával érintkezett az olvadék, az áramlás tangenciális sebessége közel nulla. A két pont között maximumos jelleget mutat.

A különböző rúdtávolságok váltakozása egy olyan szerkezetet eredményez, amely kisebb nagyítások esetén sötétebb és világosabb foltok váltakozása ként jelenik meg a mikroszkópi képen. (2. ábra)

A fentieket figyelembe véve megállapítható, hogy a rúdtávolság mérés esetén a kapott eredmény nagymértékben függ a mérés helyétől.



---

## NÖVELT ENERGIAELNYELŐ KÉPESSÉGGEL RENDELKEZŐ ÖNERŐSÍTETT POLIPROPILÉN KOMPOZITOK FEJLESZTÉSE NAGY ÜTÉSÁLLÓSÁGÚ ÖNERŐSÍTETT POLIPROPILÉN KOMPOZITOK FEJLESZTÉSE

Bárány Tamás

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék,  
barany@pt.bme.hu*

---

Az utóbbi időszakban intenzív kutatás folyik önerősített kompozitok fejlesztése területén. E kompozit anyagokban mind az erősítő anyag mind a mátrix azonos polimer anyagcsaládba tartozik. A feldolgozási ablakot a két alkotó közötti olvadási hőmérséklet tartomány jelenti, amelyet különböző kristályos módosulatokkal, kopolimerizációval lehet elérni. Jelenleg leggyakrabban polipropilént (PP) alkalmaznak önerősítéses kompozitok előállítására, de szakirodalmakban megtalálható a polietiléntereftalát (PET), polietilén (PE), poliamid (PA), folyadékkristályos polimer (LCP) alapúak fejlesztése is. A kutatások főleg a gyártástechnológiára és a kialakult mechanikai és szerkezeti tulajdonságokra irányulnak. Az önerősítéses kompozitok fejlesztése során alkalmazott erősítőanyag főleg folyamatos szál vagy szalag, illetve a szálakból előállított nemszőtt kelme vagy szövet formájában áll a rendelkezésre, ezért az előállításuk főleg a préselési technológiákra koncentrálódik. Emiatt a belőlük készíthető termékek, alkatrészek geometriája is limitált, főleg sík, illetve héj-jellegű termékekre korlátozódik. Az önerősítéses kompozitok mindazonáltal, hogy jó mechanikai tulajdonságokkal bírnak (különösen nagy az energiaelnyelő képességük), nagy előnyük, hogy az egy anyagcsaládba tartozó alkotók miatt az egyszerű újrahasznosíthatóság (újrafeldolgozással) biztosított, továbbá az előállított kompozit anyag sűrűsége a mátrixéval egyezik meg (polipropilén esetében  $0,9 \text{ g/cm}^3$ ).

E tanulmány célja növelt energiaelnyelőképeséggel rendelkező önerősített polipropilének fejlesztése különböző erősítőanyag struktúrák és mátrix hibridizáció útján. Az előadás során az eredmények összehasonlításra kerülnek más eljárással előállított önerősített polipropilén kompozitok eredményeivel, valamint hagyományos erősítőanyaggal társított polipropilén kompozitokkal is.



## A HOZAGANYAGVÁLASZTÁS HATÁSA A NAGYSZILÁRDSÁGÚ ACÉLOK HEGESZTETT KÖTÉSEINEK ISMÉTLŐDŐ IGÉNYBEVÉTELLEL SZEMBENI ELLENÁLLÁSÁRA

**Dobosy Ádám**, Dr. Lukács János

*Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Anyagszerkezet-tani és Anyagtechnológiai Intézet*

*metda@uni-miskolc.hu, janos.lukacs@uni-miskolc.hu*

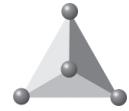
---

A nagyszilárdságú acélok napjaink szerkezeti alkalmazásaiban meghatározó szerepet töltenek be. Az anyagfejlesztések, reagálva az alkalmazások támasztotta igényekre, olyan tulajdonság-kombinációk létrejöttét eredményezték, amelyekben a fokozott szilárdsági követelmények elfogadható alakváltozó képességgel párosulnak. Az ilyen anyagokból készülő mérnöki szerkezetek igénybevétele gyakran ismétlődő, jellegzetes tönkremenetelük pedig a fáradás. Az ismétlődő igénybevételeket figyelembe vevő tervezési határgörbék meghatározása nem tud lépést tartani az acélok fejlesztésének ütemével, így gyakran a legújabb acéltípusok fáradási jellemzőit nem ismerjük kielégítő részletességgel.

Ezen szerkezetek gyártástechnológiai között meghatározó szerepe van a hegesztésnek, amely – a hőbevitel okán – anyagszerkezet-tani változásokat okoz a felhasznált alapanyagokban. Ez kiemelt feladatokat állít a hegesztő szakemberek elé; pontosan definiált és betartott hegesztési előírásokra van szükség. További nehézséget jelent a nagyszilárdságú anyagokhoz kiválasztani a megfelelő hegesztő hozaganyagot, mind a szilárdsági, mind pedig az egyéb jellemzők tekintetében.

A kutató munka általános célkitűzése ezért olyan tervezési határgörbék kidolgozása, amelyek alkalmasak a korszerű, nagyszilárdságú acélok ismétlődő igénybevételével szembeni ellenállásának számszerűsítésére. A határgörbék kiterjednek a kisciklusú fáradás (LCF) és a nagyciklusú fáradás (HCF) tartományaira, valamint a fáradásos repedésterjedés (FCG) körülményeire, és figyelembe veszik a meghatározó gyártástechnológiát, a hegesztést, különös tekintettel a hozaganyag megválasztásának problémakörére. További, ugyancsak általános célja a kutató munkának a tervezési görbéket leíró paraméterek közötti kapcsolatok feltárása.

Jelen közleményben tervezési határgörbéket mutatunk be, mind a vizsgált alapanyagra, mind annak hegesztett kötéseikre; összehasonlítjuk azok jellegzetességeit felépítés, származtatás, illetve alkalmazhatóság szempontjából. Bemutatjuk az S690QL (SSAB WELDOX 700E) alapanyagból készített hegesztett kötéseket, valamint azok jellemzőit, kiemelten foglalkozva a különböző hozaganyagok – és azon belül a folyáshatár illesztés – hatásaival. Ismertetjük az elvégzett nagyciklusú fázisvizsgálatokat (HCF), azok eredményeit, amelyeket azzal a filozófiával terveztünk és végeztünk, hogy az eredmények statisztikusan reprezentálják az alapanyagot és a hegesztett kötéseket. Vizsgálatainkat, illetve azok eredményeit összevetjük az irodalomból származó adatokkal is.



## A TÖREDEZETT CEMENTIT HATÁSA AZ AUSZTENITESÉDÉSRE

Karacs Gábor<sup>1</sup>, Roósz András<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport

<sup>1,2</sup> Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet

Az acélok szerkezete az összetételüktől és a rajtuk végzett hőkezelésektől függően igen változatos lehet, így az ausztenitesedés folyamata sokféle kiinduló mikroszerkezetben mehet végbe. Ebben a munkánkban a perlites szerkezetet kiragadva azt vizsgáltuk, hogy hogyan zajlik az átalakulás akkor, ha a cementitlemezek töredezték. Többféle mértékben töredezett, a valóságoshoz hasonló perlites kiinduló mikroszerkezeteket állítottunk elő. Ezekben a szerkezeteken szimuláltuk az ausztenit csíranövekedésének folyamatát. A kapott eredményeket összehasonlítottuk az ép, nem töredezett perlites mikroszerkezeteken történt futtatásokkal. A csíráképződés vizsgálatától eltekintettünk, mivel arra nincs hatással a lemezek töredezettsége. A növekedést a Fick II. diffúziós egyenletek Véges Differencia Módszerrel történő megoldásával modelleztük. A sejtautomata szimulációkból a növekedéshez szükséges időközön túl képeket is kinyertünk, ezekből animációkat készítettünk, amelyek szemléletesen mutatják be a lemezek közti növekedés folyamatát.

**Kulcsszavak:** ausztenitesedés, szimuláció, sejtautomata, cementit, perlit



## A SEEBECK-EFFEKTUS HATÁSA A FORGÁCSOLÁS HŐJELESÉGEIRE ÉS A SZERSZÁMKOPÁSRA

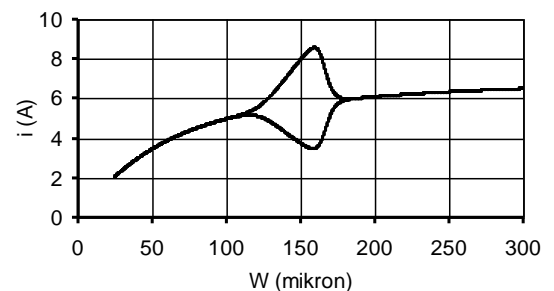
Pálmai Zoltán

Miskolci Egyetem, Gyártástudományi Intézet  
palmayz@t-online.hu

Forgácsolásnál a szerszám-munkadarab-forgács érintkezési felületeken kialakuló magas, egyenlőtlen hőmérsékleteloszlás és a Seebeck-effektus következtében az anyagok termoelektromos tulajdonságaitól függő elektromotoros erő hat, amely jelentős helyi áramokat hozhat létre. Ezeknek a hőhatása visszahat a termofeszültségre, és a szerszám degradációjára, amely viszont szintén hőmérsékletet befolyásoló tényező.

A folyamatok tanulmányozásához termoelektromos modell készült, amely a szerszámkopás nemlineáris differenciálegyenletével összekapcsolva lehetővé teszi a forgácsképződés sajátosságainak mélyebb megismerését. A kvalitatív matematikai modell numerikusan oldható meg. Folyamatos forgácsolásnál szokványos módon és szigetelt szerszámmal kopásvizsgálatok történtek, amelyek összhangban voltak a modellszámítások eredményeivel.

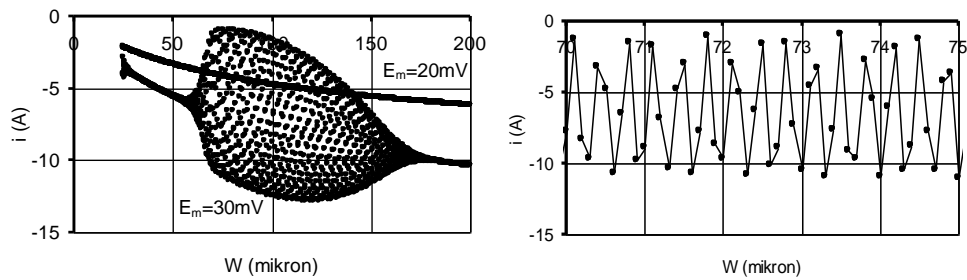
A gép belső elektromos ellenállása a kialakuló termoáramokat lényegesen befolyásolja, és egyes esetekben érdekes anomáliák is mutatkoznak. Az 1. ábrán egy ilyen jelenség látható, amikor az áram a szerszámkopás egy intervallumában hullámszerűen kezd. Az ábra a jobb értékelhetőség érdekében csak a hullámcsúcsok alakulását mutatja.



1. ábra. Az áramerősség a szerszámkopás

A modell szerint a termoelektromos rendszer egyes esetekben kaotikusan viselkedik. A 2. ábra a forgácsolási rendszerre kapcsolt külső  $E_m$  feszültségforrás két értékénél szemlélteti a kialakuló termoáramot. Az a) ábra csak a hullámszerű erősségű áram csúcserőit mutatja, a folytonos hullámok a b) részleten figyelhetők meg.

Annak eldöntéséhez, hogy ez csupán a modell sajátossága-e, vagy a modell a valóságos folyamatokat mutatja, és ténylegesen a termoáram, következtésképp a forgácsolási hőmérséklet viselkedik így, amely a szerszámdegradáció lényeges tényezője, további kutatások szükségesek.



2. ábra. A termoelektromos hatásra a forgácstőben kialakuló áram külső feszültségforrás alkalmazása esetén.

A kutató munka az OTKA K 84177 projekt részeként és a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Innovációs Gépészeti Tervezés és Technológiák Kiválósági Központ keretében valósult meg.



## LÉZERES FELÜLETKEZELÉS HATÁSA A NEDVESEDÉSI VISZONYOKRA

Weltsch Zoltán<sup>1</sup>, Hlinka József<sup>2</sup>, Berczeli Miklós<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kecskeméti Főiskola, Gépipari Automatizálási Műszaki Főiskolai Kar, Anyagtechnológia Tanszék,

<sup>2</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Gépjárművek és Járműgyártás Tanszék

Napjaink fejlődő iparában a lágyforrasztással létrehozott kötések optimalizálásának lehetősége meghatározó kutatási területté vált, hiszen mind a járműipar, mind az elektronikai ipar területén egy nagyon elterjedt és – pozitívumainak köszönhetően - egyre gyakoribb kötéstípus.

A forrasztott kötések minőségét a megfelelő alkalmazás-specifikus anyag megválasztásán (forrasztanyagok, folyasztószerek) kívül nagymértékben befolyásolják a felület előkészítési műveletek is. A forrasztások minőségét egyik legjobban befolyásoló fizikai tulajdonság a forrasztanyagok nedvesedése.

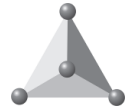
A nedvesedőképességet a folyadék szilárd felületen való szétterülésével tudjuk legjobban jellemezni, melynek mérőszáma a nedvesedési peremszög, azaz a szilárd fázison elterülő folyadék illeszkedési szöge. A szétterülés mértékét a folyadék molekuláinak határfelületi adhéziója szabja meg. A határfelületi viszonyok megváltozásának nagymértékű hatása van a forrasztott kötéseink minőségére. A szakirodalom megállapításai alapján kijelenthető, hogy a forrasztás minősége és a mérhető peremszög nagysága, vagyis a forrasztanyag nedvesítő képessége között fontos kapcsolat van. Minél kisebb a peremszög értéke, annál jobb nedvesítő képességű kapcsolatról beszélhetünk, ez hozzájárul forrasztott kötéseink optimalizálásához.

A kutatómunkánk során a forrasztott kötések javítását tűztük ki célul a forrasztanyag nedvesítő képességének megváltoztatásával. Ehhez kapcsolódóan sok publikáció található, melyekben főleg a paszták összetételét, a műveletek javasolt paramétereit kutatták. Munkánkat arra a feltevésre alapoztuk, hogy a határfelületi rétegek energiáinak módosításával, - a szövetszerkezet felületkezeléssel történő átalakítása révén - kedvezően befolyásolhatóak a kialakuló nedvesedési viszonyok.

Az Nd: YAG lézerrel történő felületkezelés hatását vizsgáltuk, mivel ez szoros kapcsolatban áll az iparral, illetve könnyen integrálható. A technológia előnyei közé tartozik az automatizálhatóság, és az, hogy könnyedén lehet nagy pontossággal akár csak lokális felületkezelést elvégezni vele. A kísérletek során szubsztrátként rezet, mint egy szimulált forrasztott kötés egyik összekötendő alkotóját használtam fel. A réz gyakori előfordulása az iparban életszerűbbé teszi a kutatást, hiszen egy igencsak elterjedt anyag, a mindennapos gyártási gyakorlat része. A forrasztási vizsgálatokhoz SAC305 ólommentes forrasztanyagot alkalmaztunk, amely az egyik legelterjedtebb forrasztanyag alapanyag.

Tudományos munkámban részletesen megvizsgáltam az Nd: YAG lézer különböző teljesítményszinteken – 100W-tól 2500W-ig - történő besugárzásának hatását a réz próbadarabokra és annak hatását a lágyforrasztó nedvesítő képességére. Metallográfiai és a pásztázó elektron mikroszkópos vizsgálatok eredményeit felhasználva értékeltem az anyag és a lézer kölcsönhatását.





## FOGASKERÉK HAJTÁSOK OPTIMÁLIS ANYAGVÁLASZTÁSA ASHBY MODELL ALKALMAZÁSÁVAL

Dr. Czinege Imre Professor Emeritus

Széchenyi István Egyetem, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

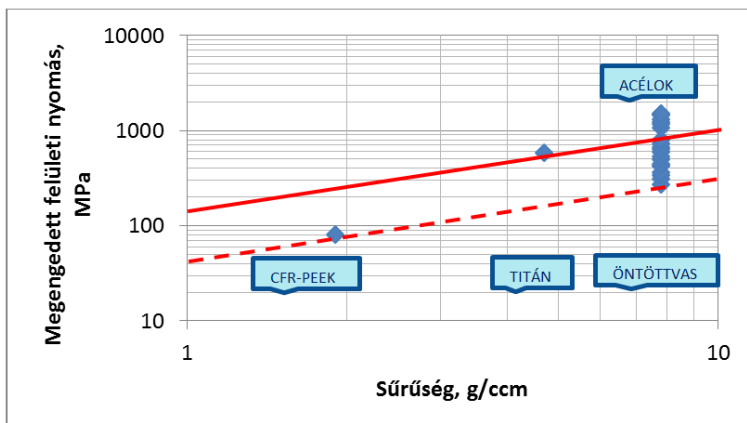
A fogaskerek anyagaival és méretezésével számos könyv, szabvány és publikáció foglalkozik. Ezek felhasználásával a fogaskerék hajtás két meghatározó paramétere, a tengelytáv ( $a_{\min}$ ) és a modul ( $m_{\min}$ ) számítható a hajtás funkcionális mennyiségeinek és az anyagjellemzőknek a függvényében. A két anyagjellemző a megengedett felületi nyomás (Hertz feszültség,  $\sigma_H$ ), és a megengedett feszültség a fogtőben ( $\sigma_F$ ).

A fogaskerék hajtások tömegének minimalizálása elsődleges szempont a korszerű járművekben és egyéb szerkezetekben. Ennek elérésére több módszer alakult ki, jelen cikk az Ashby által kidolgozott gondolatmenetet követi [1]. A tengelytáv és modul számítására kidolgozott összefüggések célszerű átalakításával felírhatók azok a függvények, melyek a minimális tömeg ( $M$ ) kifejezésével az optimális anyagválasztáshoz vezetnek. Ennek alakját a Hertz-feszültségre az (1), a fogtő hajlítás anyagparaméterére a (2) egyenlet mutatja.

$$M = V * \rho = c_H \left( \frac{P}{n} \right)^{2/3} * (1+u)^{4/3} (1+u^2) b \pi * \frac{\rho}{\sigma_H^{4/3}} \quad (1)$$

$$M = V * \rho = \frac{c_F^2 P^2}{n^2} * \frac{1+u^2}{m^2 b \pi} * \frac{\rho}{\sigma_F^2} \quad (2)$$

A képletekben az Ashby-féle logikát követve az első tagok a funkcionális követelményeket, a második tagok a geometriai paramétereket, a harmadik tagok pedig az anyagjellemzőket tartalmazzák. Ez utóbbiak felhasználásával megszerkeszthetők a megengedett felületi nyomás–sűrűség és a fogtő szilárdság–sűrűség grafikonok, amelyekben elhelyezhetők a fogaskerék anyagok. Az egyenértékű anyagok kijelölését segítő egyenesek meredeksége az (1) és (2) képletek utolsó tagjának hatványkitevőiből határozható meg. Az egyik függvénykapcsolatot és az anyagcsoportokat az alábbi ábra mutatja. Ebből látható, hogy a



megengedett felületi nyomás szempontjából a betétedzett acél és titán fogaskerek egyenértékű tömeg optimalizált választást jelentenek.

### Irodalomjegyzék

Ashby, M. F.: *Materials Selection in Mechanical Design*. ELSEVIER, 2011.



## TRANZIENS JELENSÉGEK EDZETT ACÉLOK FINOMFORGÁCSOLÁSÁNÁL

Takács Márton, Pálmai Zoltán, Németh Balázs

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gyártástudomány és – technológia Tanszék  
tm@manuf.bme.hu, www.manuf.bme.hu*

A modern gyártástechnológián belül különösen fontos szerepet kap a korszerű, nagy keménységű anyagok forgácsolás útján történő készremunkálása. Ennél a technológiánál a hagyományostól eltérő jelenségek (pl. a forgácsképződésnél) is előtérbe kerülnek.

Ha szemügyre vesszük a hagyományos keménységű anyagoknál alkalmazott forgácsolási technológiákat, már azokat is extrém folyamatok kísérik. A forgácsleválasztáskor az alakváltozási sebesség ugyanis akár  $10^4$  s<sup>-1</sup> nagyságrendű is lehet, a munkadarab-szerszám-forgács érintkezési zónákban pedig az 1000 °C nagyságrendű hőmérséklet igen gyorsan,  $10^5$ - $10^6$  °C s<sup>-1</sup> sebességgel alakul ki, amelyet a munkadarab felületi rétegében  $10^3$ - $10^4$  °C s<sup>-1</sup> sebességű lehűlés követ. Ez a munkadarabban hőhullámokat gerjeszt, amelyek a hőforrástól távolodva, továbbá magának a hőforrásnak a mozgása következtében lecsengnek. Edzett acélok megmunkálásánál még bonyolultabbak a folyamatok az alakváltozási és hőfejlődési viszonyok intenzív fluktuációja miatt, amely a forgács vastagságának többnyire periodikus, nagymértékű ingadozásában közvetlenül megfigyelhető.

Hagyományos technológiánál a munkadarab felületi rétegének igen gyors,  $10^{-1}$ - $10^{-3}$  s periódusidővel ismétlődő felhevülése és lehűlése még 1000 °C feletti csúcshőmérsékletnél sem vezethet lényeges szövetszerkezeti változásokhoz, hiszen az allotróp átalakuláshoz, még inkább a diffúziós folyamatokhoz is idő kell. Edzett acél esetében azonban, amint az 1. ábra normál forgácskeresztmetszetnél, kis sebességgel végzett esztergálás után mutatja, a szövetszerkezet olyan finom, hogy feltehető, ott már igen rövid idő alatt is számottevő strukturális változás következik be, amely a forgácsolóerők dinamikájában is megnyilvánul.

Kutatásunk jelen szakaszában a 48-65 HRC keménységi tartományba eső anyagok forgácsolási folyamatait vizsgáljuk kísérleti és elméleti úton, elsősorban a fenti jelenségek részletesebb megismerése és értelmezése céljából. Előadásunkban mind a forgácsolási kísérletek, mind pedig a témával kapcsolatos végelesemes szimuláció eredményeit is bemutatjuk.



1. ábra. Vízben edzett D75 acél forgácsa



## SOKALKOTÓS AL ÖTVÖZET LIKVIDUSZ HŐMÉRSÉKLETÉNEK KÖZELÍTŐ SZÁMÍTÁSA ESTPHAD MÓDSZERREL

Mende Tamás<sup>1,2</sup>, Dezső András<sup>1</sup>, Roósz András<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet

<sup>2</sup> Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport

Az ESTPHAD (*Estimation of Phase Diagrams – Egyensúlyi fázisdiagramok közelítő számítása*) módszerrel számos két- és háromalkotós rendszer egyensúlyi fázisdiagramjában végeztünk korábban számításokat, azonban négynél több alkotó együttes jelenlétével most először foglalkoztunk. Öntészeti szempontból az alumínium ötvözetek kiemelten fontos rendszerek, a gyakorlati ötvözeteink pedig rendszerint négynél több alkotót tartalmaznak, ezért szükséges a számítási algoritmusunkat kiterjeszteni a többalkotós rendszerek irányába.

Jelen kutatómunkánk során a 9 alkotót (Al, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Si, Ti, Zn) tartalmazó alumínium ötvözetrendszer likvidusz hőmérsékletét leíró ESTPHAD egyenletrendszert határoztuk meg. Feldolgoztuk az irodalmat, rendszereztük a fellelhető fázisdiagramokat, és „alulról”, a kétalkotós diagramoktól építkezve felépítettük a sokalkotós rendszer likvidusz hőmérsékletét számító egyenletrendszert. A számításainkban felhasználtunk grafikus egyensúlyi fázisdiagramokból digitalizálással nyert adatokat, CALPHAD módszerrel számított értékeket, termikus analízissel meghatározott likvidusz hőmérsékletet, öntészeti szimulációs szoftverek adatbázisát, valamint hazai és nemzetközi szabványokat.

Munkánk lezárásaként összehasonlító számítást végeztünk egy, a szakirodalomban megtalálható sokalkotós Al-ötvözetrendszer mért és számított adataival, mellyel igazolni tudtuk egyenletrendszerünk megfelelőségét. Az összehasonlítás által megállapítható, hogy sikerült elérni a szakirodalmi módszerrel azonos pontosságot, azonban módszerünk további mérésekkel tovább pontosítható. A pontosítás érdekében minél több likvidusz hőmérséklet mérést kell elvégezni, és minél inkább kiváltani a számításainkban szereplő –és a pontatlanságot okozó– grafikus formában meglévő egyensúlyi fázisdiagramokat.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt keretei között valósult meg.



# Short oral előadások



## SO-01

## KÜLÖNBÖZŐ CITRÁT LÁGYÍTÓK ÖSSZEHASONLÍTÓ ELEMZÉSE LÁGY PVC RENDSZEREKBE

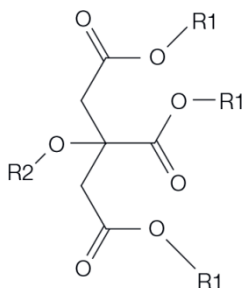
Bánhegyi András, Marossy Kálmán

Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Kerámia- és Polimermérnöki Intézet

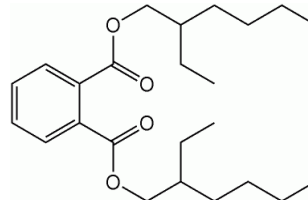
A polivinil-klorid (PVC) a mai napig is az egyik legnagyobb mennyiségben felhasznált műanyagok közé tartozik. Elterjedését, valamint előkelő piaci helyzetét műszaki alkalmassága, olcsósága és a sokféle adalékanyagok köszönhető változatos felhasználása tette lehetővé.

A PVC-hez használt lágyítók jelentős mennyiségét, kb. 85%-át ma is a ftalátok (DEHP, DINP, DIDP) teszik ki, annak ellenére, hogy alkalmazásukkal kapcsolatban aggályok merültek fel a szigorodó környezetvédelmi, munkaegészségügyi, élelmiszer-higiéniai szabályok miatt; ez az elmúlt években megnövelte a ftalátmentes lágyítók kutatását és felhasználását.

Jelenlegi munkánk során különböző citrát tartalmú lágyítók – tri-n-butil-citrát, acetyl- 2-ethylhexyl-citrát, valamint egy speciális citrát keverék – hatását vizsgáltuk PVC rendszerekben, összehasonlítva a régóta használt és jól bevált, általunk standardként alkalmazott di-2-ethyl-hexyl-ftaláttal (DOP).



Citrát lágyítók alapváza



Di-2-ethyl-hexil-ftalát (DOP)

Az alkalmazott lágyítók hatását különböző tesztekkel; sűrűség- és keménység mérésével, oldási hőmérséklet meghatározásával, Dinamikus Mechanikus Termikus Analízissel (DMTA), valamint a szigorodó előírások miatt ugyancsak fontos migrációs elemzésekkel szemléltettük.

**Kulcsszavak:** PVC, lágyító, citrát, DMA, migráció



## SO-02

### ACÉL ÉS PMMA ADHÉZIÓJA LÉZERSUGÁR HATÁSÁRA

Bauernhuber Andor<sup>1</sup>, Markovits Tamás<sup>1</sup>, Trif László<sup>2</sup>, Bocz Katalin<sup>3</sup>, Csanády Andrásné

<sup>1</sup> BME Gépjárművek és Járműgyártás Tanszék

<sup>2</sup> MTA Természettudományi Kutatóközpont, Anyag- és Környezetkém. Int.

<sup>3</sup> BME Szerves Kémia és Techn., Tanszék

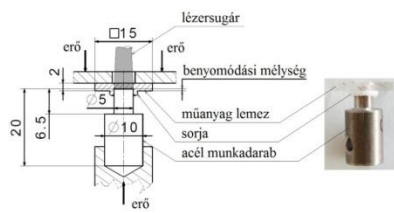
h13779csa@ella.hu

---

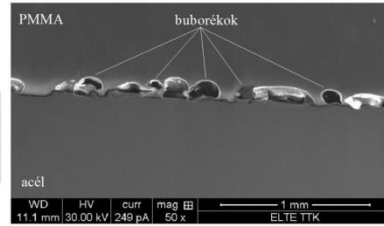
A járműgyártásban a környezetvédelem és fenntarthatósági törekvések erősödése miatt nagy perspektívája van a műanyag-fém hibrid alkatrészeknek. (1) A műanyagok alkalmazásának növekedése kihívások elé állítja a *kötéstechnológiák* fejlesztőit is. A *lézersugaras kötéstechnológia* egy új és ígéretes változata a *fém és a lézeráteresztő polimer* kötése, amellyel fémek és műanyagok közvetlen kötése válik lehetővé, hozzáadott anyag nélkül. Az eljárás során a lézersugár a felső, lézeráteresztő műanyagrétegen áthalad, majd az alul lévő fémbe elnyelődve annak felületét felhevíti. A lemezek közt alkalmazott nyomóerő hatására a felhevített fém hőmennyisége egy részét átadja a műanyagnak, miközben az meglágyul. A folyamat során *adhéziós kötés* alakul ki.

Egy több éve folyó hazai kutatás [2] a „lézeráteresztő polimer-fém kötés” tulajdonságait befolyásoló jellemzőket és a kötés közben lejátszódó jelenségeket vizsgálta. *Jelen közlemény célja, hogy az általunk vizsgált acél-polimetil-metakrilát (PMMA) kötés szilárdságát adó jelenségeit anyagtudományi vizsgálatok segítségével is jobban megismerjük.*

Az esztergált acélcsap és PMMA lemez között lézersugárral létrehozott kötés (1. ábra) megvalósítása során vizsgáltuk a kötésszilárdság kialakulását és azon belül *különösen a polimerben képződő buborékok* (2. ábra) *szerepét az adhézióban*. Termoanalitikai vizsgálat során felvett tömegspektrummal igazoltuk, hogy a buborékokban keletkező gáz metil-metakrilát (MMA) monomer. Keresztmetszeti csiszolatok és szakadt felületek SEM vizsgálatával megállapítottuk, hogy a PMMA meglágyult állapotban jól nedvesíti az acél felületét és mind mikro-, mind az annál kisebb léptékben is biztosítja a *mechanikai adhézióhoz* szükséges érintkezés feltételeit. SEM és Raman spektrumokkal bizonyítottuk, hogy optimális kötésszilárdság esetén a szakadás a műanyagban következik be. A felhevülés mértékétől függő optimális buborékterület meghaladását követően azonban a polimerben a határreteg feletti műanyag tartomány meggyengül, és ez lerontja a kötésszilárdságot. Ezért a *technológiai beállításoknak csak egy szűkebb tartománya alkalmas* a maximális kötőerő és a megfelelő buborékterület beállításához. Az alkatrész gyártás további fejlesztése során megfontolandó lehet az acél fémcsap lézeres előkezelése, durvítása.



1. ábra



2. ábra

### Irodalomjegyzék

- [1] J. Holtkamp, A. Roesner, A. Gillner: *Advances in hybrid laser joining. International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 47, 2010, pp. 923–930.
- [2] A. Bauernhuber, T. Markovits: *Investigating the joining of PMMA plastic to steel by Nd:YAG laser. Materialové Inžinierstvo-Materials Engineering*, Vol. 19 (4), 2012, pp. 164-1





## SO-03

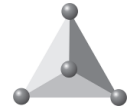
### SZELEKTÍV FORRASZTÓSZERSZÁM ALAPANYAG ERÓZIÓS VIZSGÁLATA

**Benke Márton, Sályi Zsolt, Veres Zsolt**

*Miskolci Egyetem Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet*

---

A szelektív forrasztásban alkalmazott szerszám egy fúvóka, mellyel szemben támasztott legfontosabb követelmény a forraszolvadék és a szerszám közötti megfelelő nedvesítés. Kutatásunk célja olyan forrasztószerszám alapanyag kifejlesztése, amely növelt élettartalommal rendelkezik a megfelelő nedvesítés megtartása mellett. Korábbi eredményeinkre alapozva megfelelő nedvesítési tulajdonságokkal rendelkező vas-nitrid réteget hoztunk létre C45 alapanyagú mintákon. A tesztminták élettartam vizsgálataihoz az eróziós folyamat fizikai szimulációjára alkalmas berendezést építettünk. Kutatásunk során a tesztminták eróziós tulajdonságait, illetve az erózió közben lejátszódó határfelületi folyamatokat vizsgáltuk.

**SO-04****MARADÓ FESZÜLTÉG SZEREPE FÁRADÁSI FOLYAMATOKBAN**

Cseh Dávid<sup>1</sup>, Prof. Dr. Mertinger Valéria<sup>2</sup>, Prof. Dr. Lukács János<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológia Intézet*

<sup>2</sup> *Egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológia Intézet*

<sup>3</sup> *Egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Anyagszerkeztani és Anyagtechnológiai Intézet*

Műszaki szerkezeteink meghibásodását négyből egy esetben a fárasztó igénybevétel idézi elő. Az anyag fáradásos tönkremenetelét minden esetben bemetszés, keresztmetszet változás vagy anyaghiba lokális környezetében jelentkező ismétlődő húzó jellegű feszültség eredményezi. A húzó feszültség bemetszésekben, anyag hibákból kiindulva repedést idéz elő, a repedéseket pedig tovább terjeszti.

Minden szilárd anyag hordoz maradó feszültséget, ez a szilárd halmazállapot jellemzője. Maradó feszültség alatt azt a test belsejében ható feszültséget értjük, melyet nem a testre ható külső erő idéz elő. Ezek a belső feszültségek a mechanika törvényei szerint összeadódnak a külső terhelés által ébresztett feszültséggel. Ez a jelenség káros, ha a belső feszültség előjele, minősége azonos a jellemző veszélyes terhelés által ébresztett feszültséggel, viszont igen hasznos lehet, ha előjele ellentétes, mivel ekkor csak a két feszültség eredő feszültsége (különbsége) hat. Sok alkatrész fáradási szempontból veszélyes részein, (keresztmetszet változás, bemetszés stb. feszültség gyűjtő helyek) célzottan maradó nyomófeszültséget hozunk létre, így a húzófeszültség jelentette igénybevétellel szemben növeljük az anyag ellenálló képességét.

A direkt maradó nyomófeszültség létrehozására az ipar több alternatívát kifejlesztett, alkalmaz és fejleszt még ma is. A direkt maradó feszültség fárasztó igénybevétel közbeni viselkedése egy nagy érdeklődésre számot tartó, intenzíven kutatott, de még a mai napig teljességében le nem írt jelenség.

Előadásunkban beszámolunk egy intézményünkben folyó kutatásról, mely sörétezés után kialakuló direkt maradó nyomó feszültség fárasztó (egy tengelyű húzó) igénybevétel közbeni viselkedését tanulmányozza. Kísérleteinket egyéni fárasztó próbatestekkel végezzük, melyeken fárasztó igénybevétel előtt és különböző feszültség szinteken, adott ciklusszámú fárasztási igénybevételek után ismételt roncsolás mentesen röntgen diffrakcióval maradó feszültség mérést végzünk.



## SO-05

# ALUMÍNÍUM MINTÁK FELÜLETÉNEK RÖNTGEN-FOTOELEKTRON SPEKTROSKÓPIÁS VIZSGÁLATA

Csizmadia József<sup>1</sup>, Srankó Dávid<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Alcoa GRP-ATI

<sup>2</sup> Magyar Tudományos Akadémia, Energiatudományi Kutatóközpont, Felületkémi és Katalízis Laboratórium

A röntgen-fotoelektron spektroszkópia (XPS) egyszerre alkalmas mind a felületek minőségi mind mennyiségi összetételének vizsgálatára, meghatározására. A módszer lényege sugárzás által az anyagból kiváltott elektronok energiaanalízise. Egy igen érzékeny felületanalitikai eszköz, amellyel a felület felső pár nm rétegvastagságú részletének kémiai szerkezetéről nyerhetünk információt. Mivel a szilárd testekre a környezeti hatások általában a felületükön keresztül érkeznek, ezért azok alaposabb vizsgálata szükségszerű, ezáltal lehetőséget teremtve az esetleges összefüggések felderítésére a felületek minősége és termikus-, korróziós-, eróziós-folyamatokban mutatott viselkedése között.

Az alumínium ipari jelentősége mindenki számára közzismert, melynek, nemcsak mint szerkezeti anyag, vagy alkatrész alapanyag, hanem mint a vegyiparban széles-körben alkalmazott katalizátorhordozóként is igen jelentős szerepe van. Mivel a felhasználás szempontjából a felületnek kitüntetett szerepe van bármelyik ipari alkalmazást is nézzük, az alumínium felületek felületanalitikai módszerekkel történő vizsgálata igen kutatott területnek számít a tudományos irodalomban.

Az alumínium esetében a felület vizsgálatára, így a különböző kémiai állapotok meghatározására a röntgen-fotoelektron spektroszkópia (XPS) az egyik legalkalmasabb mérési módszer. Az XPS mérések során kapott spektrumok elemzésekor elmondható, hogy az alumínium fém állapotára jellemző  $Al\ 2p$  csúcs és az alumínium oxid/hidroxidra jellemző  $Al\ 2p$  csúcs helyzete egymáshoz képest jól elkülönülve jelenik meg, így a fémes és az oxidált állapot mind mennyiségi mind minőségi analízise lehetséges. Míg a fém és az oxidált formájának meghatározása emiatt nem okoz különösebb nehézséget, az oxid- és hidroxid-forma meghatározása már sokkal nehezebben kivitelezhető a spektrális komponensek kémiai állapotok szerinti elkülönítésével és azonosításával. Az alumíniumhoz tartozó  $Al\ 2p$  csúcsok az oxid- és a hidroxid-forma esetében egymástól nem különíthetők el, emiatt a két kémia állapot elkülönítése csak az oxigénre jellemző  $O\ 1s$  csúcs felbontásával lehetséges. A felületeken lévő különböző kémia állapotok meghatározását azonban a felületi szennyezők jelenléte még komplikáltabbá teheti.

Munkánk célja alumínium fémlemez felületének röntgen-fotoelektron spektroszkópiás vizsgálatával a felületek kvalitatív és kvantitatív vizsgálata volt, különös tekintettel a minták alumínium-oxid és -hidroxid tartalmára. A mérési paraméterek optimalizálásával sikeresen és megbízhatóan sikerült a két – a meghatározás szempontjából problémás - állapot meghatározása, így lehetővé vált a PEX-Al-PEX (Multilayer) alapanyagok alkalmazása szempontjából kritikus gyártási paraméter behatárolása.



SO-06

**A KÉPLÉKENY DEFORMÁCIÓ HATÁSA 316L ROZSDAMENTES ACÉL RÁCSHIBA SZERKEZETÉRE ÉS MECHANIKAI TULAJDONSÁGAIRA**Moustafa El-tahawy<sup>1</sup>, Hyungyung Jo<sup>2</sup>, Heeman Choe<sup>2</sup>, Gubicza Jenő<sup>1</sup><sup>1</sup> *Eötvös Loránd Tudományegyetem, Anyagfizikai Tanszék*<sup>2</sup> *School of Advanced Materials Engineering, Kookmin University*

A 316L rozsdamentes acél (fő komponensek súlyszázalékban: 69% Fe, 17% Cr, 10% Ni) az ipar fontos szerkezeti anyaga nagy szilárdsága, jó alakíthatósága, magas törési szívóssága, jó korrózióállósága és alacsony neutron elnyelő képessége miatt (pl. atomreaktorokban). Az alkalmazások egy részében (pl. az energiaiparban) a rozsdamentes acél jelentős mennyiségű hidrogént abszorbeál, amely hatással van a mechanikai tulajdonságaira [1,2]. Például gyakran tapasztalt jelenség a hidrogén-ridegség, amikor az anyag képlékeny alakíthatósága csökken a hidrogén abszorpció hatására [1].

Kutatási célunk a 316L rozsdamentes acél képlékeny alakítása közben kialakult rácshibaszerkezet (pl. diszlokációk, szemcsehatárok) vizsgálata. Az anyagot hideghengerléssel és nagynyomású csavarással (high pressure torsion, HPT) deformáltuk. A szemcseszerkezetet visszaszórt elektron diffrakcióval (EBSD), míg a rácshibákat (diszlokációk sűrűségét és típusát, valamint az ikerhatárok gyakoriságát) röntgen vonalprofil analízissel vizsgáltuk.

Külön figyelmet fordítottunk arra, hogy az acélban elnyelt hidrogén milyen hatással van a rácshiba szerkezet fejlődésére a képlékeny deformáció során. Az acélban abszorbeálódott hidrogén mennyiségét elektrokémiai úton növeltük (ún. „cathodic charging“ módszerrel). A hidrogénnel töltött minta mikroszerkezetét és mechanikai tulajdonságait összehasonlítottuk a kezeletlen referencia anyag jellemzőivel. A minták képlékeny tulajdonságait egytengelyű húzással és keménységméréssel tanulmányoztuk. Azt is megvizsgáltuk, hogy az anyag kiindulási rácshiba szerkezete mennyire befolyásolja a hidrogén töltés hatékonyságát. Ennek érdekében az elektrokémiai kezelés előtt az anyagot különböző deformáció értékig hideghengerléssel alakítottuk, majd összehasonlítottuk a hidrogénnel töltött és a kezeletlen anyag tulajdonságait.

**Irodalomjegyzék**

[1] Yunsung Kim, Youngsuk Kim, Daewhan Kim, Sungsoo Kim, Wonjong Nam, Heeman Choe, *Materials Transactions* 52 (2011) 507.

[2] Yunsung Kim, Dongjun Shin, Youngsuk Kim, Dae Whan Kim, Sungsoo Kim, Wonjong Nam, Yong-Suk Kim, *Kristián Máthis, Heeman Choe, steel research int.* 84 (2013) 812.



## SO-07

### ÚJRAGONDOLT ÜVEGEK, AVAGY RADIOAKTÍV HULLADÉKOK KONDICIONÁLÁSA

Fábián Margit

*MTA Energiatudományi Kutatóközpont*  
*fabian.margit@energia.mta.hu*

---

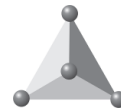
Ahhoz, hogy a nukleáris üzemanyagciklust le tudjuk zárni, szükségessé válik a radioaktív hulladékok biztonságos elhelyezése. Reproceszással csökkenthető a nagy aktivitású hulladékok mennyisége, aktivitása, radiotoxicitása, azonban a radioaktív hulladékok biztonságos, hosszú távú tárolása napjaink megoldatlan problémája. A különböző aktivitású hulladékok más és más tárolást, tárolóanyagot igényelnek. Többféle olyan anyag és technológia ismert, amely potenciális mátrix összetétel illetve folyamat lehet. A cementezés (kis aktivitás), bitumenbe ágyazás (kis- és közepes aktivitás) vagy a vitrifikáció (nagy aktivitású hulladék) megoldást jelenthet a hosszútávú tárolásra. A nagy aktivitású hulladékok egyik legelfogadottabb tárolása, a vitrifikációs eljárással előállított üvegbe öntés, azt követően pedig mélygeológiai formációkban való elhelyezés. Világszerte különböző csoportok foglalkoznak a problémával, amely bizonyítja, hogy összetett, sok paraméteres kérdésekre kell választ adni.

Az előadás a nagyaktivitású hulladékok stabilizálására alkalmas üvegesítési eljárásra fókuszál, valamint az előállított minták szerkezetvizsgálata során kapott eredményeket mutatja be.

Az eddig ismert adatok arra engednek következtetni, hogy az amorf, több-komponensű boroszilikát üvegek megfelelő paraméterekkel rendelkeznek a radioaktív anyagok befogadására. Előállítottuk és vizsgáltuk a tárolásra alkalmas üveg-mátrixot (M. Fabian (J. Phys.: Condens. Matter 22 (2010) 404206; SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, BaO, ZrO<sub>2</sub>) valamint a 10s% és 30s% UO<sub>3</sub> tartalmazó boroszilikát üvegsorozatot. A mintákat magas hőmérsékletű kemencében olvasztással, majd ezt követően gyorsűtéses technikával állítottam elő. Az előállított minták atomi szerkezetvizsgálatát neutron- és röntgendiffrakciós mérésekkel végeztem, amelyet a Reverse Monte Carlo szimulációs modellezéssel egészítettem ki.

Meghatároztam az atompárokat jellemző parciális párkorrelációs függvényeket, a koordinációs számokat, amelyek ismeretében kapunk egy lehetséges szerkezeti elrendeződést. A kapott eredmények az mutatják, hogy az urán-oxid bevitele stabilizálja az üveg szerkezetét és a higroszkópos tulajdonságai is kedvezőek.

A vizsgálatok alapján feltételezhető, hogy gazdasági és környezeti szempontból is kedvező megoldás a boroszilikát üvegek – jól meghatározott összetétellel – alkalmazása radioaktív hulladékok tárolóanyagaként.

**SO-08****POLITEJSAV TÁRSÍTÁSA TERMÉSZETES KAUCSUKKAL****Hajba Sándor, Tábi Tamás***Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék*

Napjainkban a megújuló erőforrás alapú biopolimerek egyre nagyobb figyelmet kapnak, különböző fejlesztések központjában állnak azzal a céllal, hogy megfelelő alternatívát biztosítsanak a kőolaj alapú társaikkal szemben. Ezeket a biopolimereket három csoportba oszthatjuk: mezőgazdasági eredetű, mikrobák által előállított és a biotechnológiai úton gyártott típusok.

A három nagy csoport tagjai közül a legkiemelkedőbb képviselő a politejsav (PLA), amely a legtöbb kutatás és fejlesztés középpontjában áll. Előállítása a tejsav polikondenzációjával történik, amelyet erjesztéssel különböző gabonanövények szénhidrátjaiból nyernek ki. A biopolimerek közül kiemeli számos előnyös tulajdonsága, mint például a szilárdsága (60 MPa), optikai átlátszósága, kitűnő UV-állósága és kis feldolgozási hőmérséklete (170-190°C), valamint a többi biopolimerhez viszonyított alacsony ára (kb. 2-3 euro/kg). Ellenben számos hátránnyal is rendelkezik, amelyek megnehezítik az alkalmazhatóságát. Ide sorolható a nagyfokú nedvességérzékenység, öregedés, kis üvegesedési hőmérséklet (55°C) de a legkiemelkedőbb a rideg viselkedés, amelyet jól jellemez a 2 kJ/m<sup>2</sup>-es bemetszett Charpy ütőszilárdság is [1, 2].

A szívósság növelésére az egyik lehetséges módszer a PLA természetes kaucsukkal (NR) történő társítása. A kaucsuk a PLA-val nem elegyedik, abban egy második fázisként jelenik meg. A kaucsukkal történő szívósságnöveléshez számos követelménynek teljesülnie kell. A NR szemcséket a lehető legkisebb és legegyszerűsebb mértékben kell eloszlatni a mátrixanyagban, valamint fontos a megfelelő adhézió kialakítása a PLA és az NR között. Az adott kaucsukot úgy kell megválasztani, hogy a keverék előállítási hőmérsékletén stabil legyen, üvegesedési hőmérséklete pedig a végleges felhasználási hőmérséklet alatt körülbelül 20°C-al legyen kisebb. Az NR alkalmazásának egyetlen hátránya hogy mennyiségétől függően jelentősen (akár 50%) is csökkentheti a PLA szilárdságát. Cél az optimális mennyiség megtalálása a szívósságnövekedés szilárdságcsökkenés tekintetében [3-5].

Jelenlegi munkánkban vizsgáljuk az NR mennyiségének a PLA tulajdonságaira gyakorolt hatását, illetve a feldolgozási körülmények és a kialakult morfológia valamint a mechanikai tulajdonságok közötti kapcsolatokat.

**Irodalomjegyzék**

- [1] Garlotta D.: *A literature review of poly(lactic acid)*. *Journal of Polymers and the Environment*, 9, 63-84 (2001).
- [2] Auras R., Lim L-T., Selke S. E. M., Tsuji H.: *Poly(lactic acid) synthesis, structures, properties, processing, and applications*. John Wiley & Sons Inc. Hoboken, New Jersey (2010).
- [3] Bitinis N, Verjdej R., Cassagnau P., Lopez-Manchado M. A.: *Structure and properties of polylactide/natural rubber blends*. *Materials Chemistry and Physics*, 129, 823-831 (2011).
- [4] Pongtanayut K., Thongpin C., Santawitee O.: *The effect of rubber on morphology, thermal properties and mechanical properties of PLA/NR and PLA/ENR blends*. *Energy Procedia*, 34, 888-897 (2013).
- [5] Xu C., Yuan D., Fu L., Chen Y.: *Physical blend of PLA/NR with co-continuous phase structure: Preparation, rheology property mechanical properties and morphology*. *Polymer Testing* 37, 94-101 (2014).



## SO-09

### RÁCSHIBÁK VIZSGÁLATA KÉPLÉKENYEN DEFORMÁLT NAGY ENTRÓPIÁJÚ ÖTVÖZETEK BEN

Heczel Anita<sup>1</sup>, Lola Lilenstein<sup>2</sup>, Loic Ferriere<sup>2</sup>, Jeane-Philippe Couzinié<sup>2</sup>, Guy Dirras<sup>3</sup>, Yi Huang<sup>4</sup>, Terence G. Langdon<sup>4</sup>, Gubicza Jenő<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Eötvös Loránd Tudományegyetem, Anyagfizikai Tanszék*

<sup>2</sup> *Institut de Chimie et des Matériaux Paris-Est, Université Paris-Est Créteil*

<sup>3</sup> *Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité, Laboratoire des Sciences, des Procédés et des Matériaux*

<sup>4</sup> *Materials Research Group, Faculty of Engineering and the Environment, University of Southampton*

---

A nagy entrópiájú ötvözetek (high entropy alloys, HEA) általában öt vagy annál több komponensből állnak, amelyek közel azonos koncentrációban vannak jelen az anyagban [1]. A szerkezetet nagy konfigurációs entrópiája stabilizálja a homogén elemeloszlást az ötvözetben. Ezek az anyagok nagy szilárdságúak, szívósak, és jó korrózió- és kopásállósággal valamint nagy hőstabilitással rendelkeznek. Ezeknek a tulajdonságoknak köszönhetően a HEA ötvözetek potenciális szerkezeti anyagok az energia- és a közlekedési iparban [2].

Kutatási célunk Ti-Zr-Hf-Nb-Ta nagy entrópiájú ötvözetek rácshiba szerkezetének vizsgálata képlékeny deformáció során. Vizsgálataink eredményeképpen a HEA anyagokban lezajló deformációs mechanizmusok jobb megértését várjuk. A HEA mintákat francia partnereink készítették ívolvasztással, majd a próbatesteket indukciós hevítéssel homogenizálták [3,4]. A mintákat egytengelyű összenyomással alakították 20% deformációig. Ezen kívül vizsgáltunk 100% feletti deformációig nagy sebességgel alakított próbatesteket is (Hopkinson-rudas vizsgálat, 10 és 20 m/s ütközési sebességgel). Más mintákon extrém nagy deformációt (3000%) értünk el nagynyomású csavarással (high pressure torsion, HPT). A rácshibák sűrűségét és típusát, valamint a szemcseszerkezetet röntgen vonalprofil analízissel és visszaszórt elektrondiffrakcióval (EBSD) vizsgáltuk. A mechanikai tulajdonságokat egytengelyű nyújtással, illetve keménységméréssel tanulmányoztuk.

#### Irodalomjegyzék

[1] J.W. Yeh, S.K. Chen, S.J. Lin, J.Y. Gan, T.S. Chin, T.T. Shun, C.H. Tsau, S.Y. Chang, *Adv. Eng. Mater.* 6 (2004) 299.

[2] D.B. Miracle, J.D. Miller, O.N. Senkov, C. Woodward, M.D. Uchic, J. Tiley, *Entropy* 16 (2014) 495.

[3] J.P. Couzinié, G. Dirras, L. Perrière, T. Chauveau, E. Leroy, Y. Champion, I. Guillot, *Materials Letters* 126 (2014) 285.

[4] L. Lilensten, J.P. Couzinié, L. Perrière, J. Bourgon, N. Emery, I. Guillot, *Materials Letters* 132 (2014) 123.



**SO-10****SAC FORRASZTOTT KÖTÉS MECHANIKAI TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA  
ATOMERŐ MIKROSZKÓPPAL**

Kámán Judit, Bonyár Attila

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Elektronikai Technológia Tanszék*

**Összefoglalás:** Réz felületre forrasztott SAC305 típusú paszta mikroszerkezetében megjelenő komponensek mechanikai tulajdonságait vizsgáltuk AFM segítségével. Az előzetes mérések alapján mind a kontakt-módú pont-spektroszkópiás, mind a kopogtató-módú képalkotással nyert eredmények azt mutatják, hogy a  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  intermetallikus réteg mechanikai tulajdonságai a réz hordozóhoz állnak közelebb, míg az ón fázis sokkal rugalmasabbnak bizonyult.

**Motiváció és mérési lehetőségek bemutatása:** A 2006-ban bevezetett EU RoHS szabályozás alapján az ólommentes forrasztóanyagok megkövetelésének következtében három vagy annál több komponensű ón alapú ólommentes forrasztópaszták jelentek meg, melyek használatával új jelenségeket figyeltek meg a kialakult kötések szerkezetében. A forraszkötés meglétét jelző intermetallikus rétegről (IML-ről) ún. intermetallikus komponensek (IMC-k) oldódtak a forrasztóanyagba, megváltoztatva annak mikroszerkezetét [1]. A kötés megbízhatóságát jelentős mértékben az így kialakult struktúra határozza meg. Az egyes komponensek lokális mechanikai tulajdonságainak vizsgálata a néhány száz nanométertől a néhány mikrométerig terjedő mérettartományuk miatt az általános nanoindentációs technikákkal egyáltalán nem vagy csak nehezen valósítható meg.

Ezzel szemben az AFM (atomerő mikroszkóp) kis görbületi sugarú (<10 nm) tűjének köszönhetően kétféle módon is lehetőséget biztosít a mikrostruktúra fizikai tulajdonságainak jellemzésére. Az egyik lehetőség a kontakt-módú pont-spektroszkópiás mérések során nyerhető ún. erőgörbe alapján történő Young-modulus meghatározása a Hertz-modell segítségével [2]. A másik lehetőség a kopogtató-módú képalkotás során a tű és a minta közötti periódusonkénti átlagos energia-disszipáció számítása a Cleveland-modell felhasználásával, a mérés során kapott fázisképből [3].

**Előzetes eredmények:**  $\text{Sn}_{96.5}\text{Ag}_{3.0}\text{Cu}_{0.5}$  (SAC305) pasztával réz felületen létrehozott forrasztott kötés keresztmetszeti csiszolatát vizsgáltuk. A pontspektroszkópiás mérések alapján elmondható, hogy a minta intermetallikus rétegének fő komponensét képező  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  rugalmassági tulajdonságai a réz hordozóhoz állnak közelebb, az ón fázishoz tartozó Young-modulus szignifikánsan kisebb. Ezzel összhangban a disszipációs számítások is azt mutatják, hogy a  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  komponens a rézhez hasonló disszipációt idéz elő, míg az ónhoz tartozó érték ennél kisebb. További méréseket tervezünk az ón rétegben kialakult  $\text{Ag}_3\text{Sn}$  komponensek mechanikai tulajdonságainak vizsgálatára.

**Irodalomjegyzék**

- [1] Y. C. Sohn, J. Yu, S. K. Kang, D. Y. Shih, T. Y. Lee, "Spalling of Intermetallic Compounds During the Reaction Between Lead-Free Solders and Electroless Ni-P Metallization", *Journal of Material Research*, Vol. 19, No. 8, Mar 2011, pp 2428-2436;
- [2] J. Domke, and M. Radmacher. "Measuring the elastic properties of thin polymer films with the AFM", *Langmuir*, Vol. 14, pp. 3320–3325, 1998;
- [3] J. P. Cleveland, B. Anczykowski, A. E. Schmid, and V. B. Elings, "Energy dissipation in tapping-mode atomic force microscopy", *Applied Physics Letters*, Vol. 72. No. 20, pp. 2613-2615, May 1998.



## SO-11

### SN-PB ÖTVÖZET EGYIRÁNYÚ KRISTÁLYOSÍTÁSA FORGÓ ÉS HALADÓ MÁGNESES TÉRBEN

**Kovács Jenő**, Rónaföldi Arnold, Roósz András

*MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport*

---

Sn-~30 tömeg% Pb ötvözetben végeztünk egyirányú kristályosítási kísérleteket az alsó hűtésű, függőleges elrendezésű Bridgman eljárással. A kristályosítandó próbák 8 mm átmérőjű és 120 mm hosszú hengeres darabok voltak. A kísérletek során a próbák első részét mágneses tér nélkül, a második részét forgó, illetve haladó mágneses térben kristályosítottuk. A kristályosításoknál a próbamozzgatás sebessége 0,05 mm/s, a mágneses indukció 100 mT, a mágneses tér frekvenciája 50 Hz volt minden esetben. A próbák kiértékelése során fénymikroszkópos és képelemzős módszerrel összehasonlítottuk a forgó és a haladó mágneses térben kristályosodott makro- és mikroszerkezeteket.

**SO-12****FULLERÉNEK, NANOCÖVEK ÉS MÁŠ SZÉNSZERKEZETEK TOPOLOGIAI GÖRBÜLETI ENERGIÁJA**László István<sup>1</sup>, Zsoldos Ibolya<sup>2</sup>, Fülep Dávid<sup>2</sup>, Réti Tamás<sup>3</sup><sup>1</sup> *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Elmélet Fizika Tanszék*<sup>2</sup> *Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar*<sup>3</sup> *Óbudai Egyetem*

Korábbi munkánkban [1] bemutattunk egy általános módszert, amely lehetővé tette fullerének osztályozását topológiai invariánsok segítségével. A fullerének stabilitási sorrendjét legjobban öt független él-paraméterrel tudtuk leírni. Bár a stabilitási sorrend becslése egyedül a fullerének topológiai szerkezetére volt alapozva, nem volt elég diszkriminatív, ha a szénatomok száma több volt mint 70. Másrészt a topológiai szerkezet teljesen leírható a szomszédsági mátrix segítségével. Ugyanez a szomszédsági mátrix kerül alkalmazásra fullerének [2] és nanótörusok [3] topológiai koordinátáinak az előállításakor is. Ez a módszer azonban nem mond semmit a stabilitásról. A jelen munkában bemutatunk egy kapcsolatot a topológiai szerkezet és a stabilitás között.

Azt kaptuk eredményül, hogy karosszék és cikk-cakk nanocsövek görbületi energiája a nanocső sugár reciprokjának a négyzetével arányos. Ez az eredmény jól egyezik héjak kontinuum elméletében kapott eredményekkel [4]. Ezen megfigyelés alapján megadtunk egy egyszerű potenciális energia függvényt, amely használható fullerének nanocsövek és más szénszerkezetek keletkezési energiáinak a számítására.

**Irodalomjegyzék**

[1] T. Réti, I. László and A. Graovac, *Local combinatorial characterization of fullerenes*. In *The Mathematics and Topology of Fullerenes, Carbon Materials: Chemistry and Physics 4*, Eds.: F. Cataldo, A. Graovac and O Ori, Springer Science+Business Media B.V. 2011 pages 61-83.

[2] P.W. Fowler and D. E. Manolopoulos, *An Atlas of Fullerenes*, Clarendon Press, Oxford 1995.

[3] I. László, A. Rassat, P.W. Fowler and A. Graovac, *Topological coordinates for toroidal structures*, *Chem. Phys. Lett.* 342, 369-374 (2000).

[4] Landau L D, Lifshitz E M 1975 *Theory of elasticity* (Pergamon Press, Oxford, New York, Toronto, Sydney, Paris, Braunschweig ) page 62



## SO-13

### TERMOPLASZTIKUS KEMÉNYÍTŐ ALAPÚ, RÉTEGSZILIKÁT ERŐSÍTÉSŰ NANOKOMPOZITOK FEJLESZTÉSE

Lendvai László<sup>1</sup>, Dr. Karger-Kocsis József<sup>1,2</sup>, Dr. Kmetty Ákos<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar,  
Polimertechnika Tanszék*

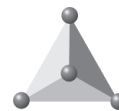
<sup>2</sup> *MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport*

---

Napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt kapnak azok a kutatások, amelyek a kőolaj alapú polimerekből keletkező, nagy mennyiségű hulladék csökkentését tűzik ki célul. Ennek egyik következményeként számos olyan publikáció lát napvilágot a nemzetközi szakirodalomban, ahol a megújuló alapanyagokból előállított és biológiai úton lebontható polimerek fejlesztésével foglalkoznak.

Az egyik legígéretesebb ilyen anyag a termoplasztikus keményítő (TPS). A mezőgazdasági terményekből kinyert keményítő alapú polimerek egyre nagyobb népszerűségnek örvendenek, hála a keményítő olcsóságának és egyszerű hozzáférhetőségének, valamint annak, hogy ezek az anyagok biológiai úton lebonthatóak mindennemű mérgező melléktermék keletkezése nélkül. A TPS feldolgozását nehezíti, hogy a keményítő olvadási hőmérséklete meghaladja a bomlási hőmérsékletét. Ebből kifolyólag elengedhetetlen a lágyítószer (pl.: víz, glicerin, szorbitol, stb.), valamint megfelelő nagyságú nyíróerők alkalmazása. Amennyiben ezek a feltételek teljesülnek, úgy klasszikus, hőre lágyuló technológiákkal feldolgozhatóvá válik. A TPS alapú termékek elterjedését hátráltatják annak gyenge mechanikai tulajdonságai és vízzérékenysége. Ebből adódóan elsősorban kis mechanikai terheléseknek kitett, egyszer használatos eszközök készíthetők belőle. A szilárdsága és merevsége hatékonyan növelhető erősítő részecskék hozzáadásával. Erre a célra érdemes olyan (természetes, ill. ásványi eredetű) anyagot választani, ami nem változtat a TPS lebomló jellegén.

Munkánk során glicerinnel és vízzel lágyított termoplasztikus keményítőt hoztunk létre kétlépcsős extrúziós kompaundálással. Erősítőanyagként bentonitot, mint rétegszilikátot töltöttünk a TPS-be. Az előállított anyagminták erősítőanyag tartalma 0 és 7,5 m% közt változott. Az extrúziós feldolgozást követően préseléssel formáltuk lappá a nanokompozitokat, amelyekből aztán kimunkáltuk a megfelelő geometriájú próbatesteket. Ezután megvizsgáltuk azok morfológiai, mechanikai és termikus tulajdonságait. Elektronmikroszkóppal készített felvételek segítségével bemutattuk, hogy a bentonit a TPS-ben homogén módon eloszlatható. Szakítóvizsgálatok eredményei alapján megállapítottuk továbbá, hogy a rétegszilikát jelenléte a vizsgált tartományban közel 60%-os szilárdság-, és több mint 500%-os merevségnövekedést okozhat, mindezt a nyúlás jelentős csökkenése mellett.

**SO-14****2507 TÍPUSÚ KORRÓZIÓÁLLÓ ACÉL EUTEKTOIDOS FÁZISÁTALAKULÁSÁNAK VIZSGÁLATA**Dr. Mészáros István, **Bögre Bálint***Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Anyagtudomány és Technológia Tanszék  
meszaros@eik.bme.hu*

A munka célja a 2507 típusú szuperduplex (SDSS) korrózióálló acélban képlékenyalakítás, majd az azt követő hőkezelés hatására bekövetkező eutektoidos fázisátalakulás tanulmányozása.

Az SDSS korrózióálló acélok kettős fázisúak. Szövetszerkezetük hozzávetőlegesen 50-50% ausztenit és ferritet tartalmaz.

A ferrites/ausztenites szerkezet együttese számos elonnyel rendelkezik a hagyományos ausztenites vagy ferrites acélokkal szemben. A duplex acélok nagyobb szívóssággal rendelkeznek, mint a legtöbb ferrites acél, feszültségkorróziós ellenállásuk jobb, mint az ausztenites acéloké és magasabb szilárdsággal rendelkeznek mind a ferrites, mind pedig az ausztenites acéloknál.

A duplex acélok hátrányaként lehet említeni a metastabil szövetszerkezetet. 300 és 1000 °C között másodlagos fázisok kiválásával kell számolni a hőkezelés során. A ferrit bomlása számos másodlagos fázis kialakulásához vezet, mint például a  $\sigma$ -fázishoz,  $\chi$ -fázishoz,  $M_7C_3$  és  $M_{23}C_6$  karbidokhoz,  $Cr_2N$  és  $CrN$  nitridekhez, szekunder ausztenithez,  $R$ -fázishoz és  $\pi$ -fázishoz. A fenti fázisok megjelenése drasztikusan csökkenti az anyag szívósságát. Duplex acélok legfontosabb fázisátalakulása a  $\square$ -ferrit eutektoidos bomlása  $\sigma$ -fázissá és szekunder ausztenitté.

A vizsgálatok során a  $\square$ -ferrit eutektoidos bomlását tanulmányoztuk, annak megállapítása céljából, hogy az előzetes képlékeny hidegalakítás (hengerlés) miként befolyásolja a ferrit bomlási folyamatának sebességét.

A munka során 35 darabból álló 2507 típusú SDSS mintasorozatot vizsgáltunk. Az eltérő mértékben hengerelt mintákat 30 perc időtartamú 700, 750, 800 és 850 °C hőmérsékletű hőkezelésnek vetettük alá. A darabok szövetszerkezetét metallográfiai vizsgálatokkal, a ferromágneses fázis mennyiségét mágneses mérésrel határoztuk meg. A mágnesezési görbék mérése váltóáramú (AC) magnetometers mérésrel és Stablein-Steinitz típusú egyenáramú (DC) mágneses híd alkalmazásával, a koercitív tér pontos értékének mérése Forster-típusú (DC) magnetométerrel történt.

Az eredmények azt mutatták, hogy a hidegalakítás növeli a  $\square$ -ferrit bomlási sebességét és csökkenti a bomlási folyamat aktiválási energiáját a vizsgált SDSS acél esetén.



## SO-15

# NAGY FÉNYSÚRÚSÉGŰ SZÉLES SPEKTRUMÚ FÉLVEZETŐ FÉNYFORRÁSOK A KÖZELI INFRAVÖRÖS TARTOMÁNYBAN

*Nádas József<sup>1</sup>, Rakovics Vilmos<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Óbudai Egyetem KVK Mikroelektronikai és Technológia Intézet

<sup>2</sup> MTA TTK Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet

A LED fényforrások széles körben ismertek a közeli infravörös spektroszkópiában. Ígéretes fejlődési terület a hordozható kéziműszerekben való alkalmazásuk szerves anyagok kimutatására és mérésére, melyek gyorsabb és olcsóbb vizsgálatot tesznek lehetővé pl. biológiai minták, mezőgazdasági termények, környezetvédelmi mérések, olajipari mérések, műanyagipari mérések esetén.

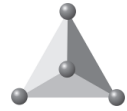
A közeli infravörös (NIR) spektroszkópiával a szerves anyagokban gyakori funkciós csoportokat (pl. OH, NH, CH) lehet kimutatni, a kötések vegyértékrezgéseire jellemző rezonancia-hullámhossz felharmonikusok elnyelésének mérésével, jellemzően 1100-1700 nm közt. Az izzólámpák sugárzási maximuma az 1000-1200 nm tartományban van (spirálhőmérséklettől függően), de a mérésekhez szükséges keskeny hullámhossz tartományban az izzó felvett teljesítményéhez képest a hasznosított sugárzás teljesítménye kicsi, a hatásfok rossz.

A vegyületfélvezető LED-eket a keskeny és hangolható hullámhossz tartományuk alkalmassá teszi a NIR mérések sugárforrásaként. A sugárzási hullámhossz hangolhatósága érdekében változtatni kell a fénykibocsátó félvezető réteg összetételét, ám ezzel együtt általában változik a rácsállandó is. A rácsfeszültség okozta hibák csökkentik az eszközök hatásfokát. A GaInAsP/InP anyagrendszerben úgy hangolható a hullámhossz, hogy közben a rácsállandó változatlan marad. Az 960-1670 nm tartományban az InP-hoz rácsillesztett LED szerkezet készíthető, ahol a hordozó abszorpciója elhanyagolható.

Előállításukhoz ideális a folyadékfázisú epitaxia (LPE), mellyel nagyon pontosan beállíthatók kis rétegvastagságok, viszonylag olcsó és egyszerű, anyagtakarékos, gyorsan készíthetők kis sorozatok, kísérleti- kutatási célokra is.

Az LPE-vel növesztett diódák sugárzási csúcsának ellenőrzéséhez passzív spektrális transzmisszió mérés elegendő, ahol a transzmisszió első deriváltjának maximuma mutatja meg a sugárzási csúcsot. További mérésekkel aktív üzemben a diódák sugárzási csúcsa közvetlenül is mérhető az áram és hőmérséklet függvényében. A hőmérséklet növekedésével a sugárzási csúcs a nagyobb hullámhosszúság felé tolódik, miközben a hatásfok csökken. Nagy áramsűrűségeknél a csúcshullámhossz enyhe kék-eltolódást mutat. Cél az áram- és hőmérsékletfüggés minimalizálása.

A szerves anyagra jellemző abszorpciós sáv általában szélesebb, mint egy LED spektruma, ezért előnyös, ha a sugárzási hullámhossz tartomány minél szélesebb. Ennek megvalósítására számos ismert megoldás van, pl. fénypor alkalmazása, több eltérő hullámhosszúságú LED-ek csoportja, egyéb szerkezeti felépítések (pl. tandem LED). Egyik lehetséges megoldás a több eltérő összetételű réteg alkalmazása, amikor az elsődleges rétegben keletkező sugárzás csak részben lép ki változatlan formában a diódából, egy része a további rétegeket gerjeszti majd lumineszkálással több sugárzási csúcsot valósít meg.



A lumineszkáló LED-ek alkalmasak széles hullámhossztartományban való mérési felhasználásra, ekkor a több hullámhosszon működő diódasoros érzékelőhöz elegendő egyetlen LED fényforrás alkalmazása. A két vagy több sugárzási hullámhossz miatt hőfokfüggésük egy-egy szakaszon közel konstans illetve több szakaszon azonos irányú lineáris. Ennek köszönhetően másik lehetséges alkalmazási terület a kis hőfokfüggésű felhasználási igényeinek kielégítése, pl kéziműszeres mérésekhez, melyekben az egyszerűség miatt bonyolult áramköri korrekció illetve a kis teljesítményfelvétel miatt termosztálás nem valósítható meg.





## SO-16

### KÖNNYŰBETONOK RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATA

Dr. Nemes Rita

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék*

---

Az épületfelméréseknél a diagnosztikai módszerek megválasztásának és az így eredmények kiértékelésének nagy a statikai és gazdasági szerepe egyaránt. A roncsolásmentes és kis roncsolásos vizsgálatok arányának lehető legnagyobbra növelése mindig cél. A beton nagy mennyiségben előforduló szerkezeti anyag. Bár homogén anyagként jelöljük és méretezzük, valójában nagyon is inhomogén, összetevőit jó esetben gondos tervezéssel, de sokszor bizonytalan helyszíni kivitelezéssel készítették el. Az ultrahangos és a felületi keménység mérésen alapuló vizsgálatokat más anyagokhoz hasonlóan alkalmazzák roncsolásmentes vizsgálatként.

Az ultrahang vizsgálatokat nem csak a hibák, repedések keresésre alkalmazzák, hanem szilárdságbecslésre is. Ebben az esetben viszont az anyag készítéséből, összetételéből adódó inhomogenitások nagy szórást eredményeznek vizsgálati eredményekben. A felületi keménység mérésen alapuló szilárdságbecslés egyszerűbb és elterjedtebb a betonok esetén, de még több tényező befolyásolja a vizsgálat eredményét. A felület állapota és a karbonátosodás miatt a beton kora.

Számos kutató vizsgált már különböző eseteket, amire különböző alkalmazható módosító tényezőket, új képleteket dolgoztak ki különböző paraméterek esetén. A cement fajtája, a víz-cement tényező, a beton kora, a vizsgálat kori nedvességtartalom mind-mind ilyenek. Az adalékanyagok különbözőségével kevés tanulmány foglalkozik. Könnyű adalékanyagos betonok esetén kevés az adat.

Az 1910-es évektől két- három nagyobb hullámban egészen az 1960-as évek végéig sok könnyűbeton tartószerkezet készült, amik vizsgálata aktuálissá válik felújítás vagy funkcióváltás miatt. Ezekben az esetekben elengedhetetlen a részletes vizsgálat, ahol célszerű minimalizálni a mintavételt és amennyire lehet a roncsolásmentes vizsgálatokat előnyben részesíteni.

Jelen kutatásban a könnyű adalékanyagos betonok roncsolásmentes vizsgálatával foglalkozunk. Elsősorban az adalékanyag fajtája (alapanyaga) és a betonban lévő %-os mennyisége alapján, amit alap paraméternek tekintünk. Ezek viszonylag könnyen beazonosíthatók akár új, akár meglévő szerkezeteknél.

**SO-17****PORLASZTOTT NK-TiC / C VÉKONYRÉTEGEK JELLEMZÉSE VÉDŐBEVONATKÉNT VALÓ FELHASZNÁLÁSRA**

**Oláh Nikolett<sup>1</sup>, Kaptay George<sup>2</sup>, Fogarassy Zsolt<sup>1</sup>, Sulyok Attila<sup>1</sup>, Csanádi Tamás<sup>3</sup>, Balázs Katalin<sup>1</sup>**

- <sup>1</sup> Vékonyrétegfizika Laboratórium, Műszaki Fizikai és Anyagtudomány Intézet (MFA), Energiatudomány Kutatóközpont, Magyar Tudományos Akadémia (MTA)
- <sup>2</sup> Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit KFT, Mérnöki Divízió
- <sup>3</sup> Anyagtudományi Intézet, Szlovák Tudományos Akadémia

Az elmúlt években a titán-karbid / szén (TiC) nanokompozit vékonyrétegek, melyek lágymátrixba ágyazott kemény TiC nanorészecskékből állnak, különös figyelmet kaptak a különböző implantátum anyagok iránt tanúsított passzíválási hatásuk miatt [1]. Jelen munka során, a vékonyrétegek titán tartalmának függvényében vizsgáltuk a különböző szerkezeti és fázis átalakulásokat. A porlasztási feltételek (hőmérséklet, nyomás, szén porlódási arány) azonosak voltak, míg a Ti porlódási arányát a titán forrás teljesítményének változtatásával irányítottuk 5 W-os lépésenként 5 W-tól egészen 70 W-ig. Az előző munkánk alapján, ugyanazon típusú porlasztás esetében, a jelenleg kialakult szerkezetet összehasonlítottuk egy a Ti átlagos atomi frakciójára vonatkozó szemi-empirikus egyenlettel [2]. 135 nm vékony nanokompozit vékonyrétegeket porlasztottunk Si/SiO<sub>2</sub> hordozókra DC magnetronos porlasztóval argon atmoszférában, szobahőmérsékleten és 0.25 Pa nyomáson. A szén forrás bemeneti teljesítménye állandó (150 W) értéken volt tartva, míg a titán forrás bemeneti teljesítménye 5 és 70 W között változott. Az előző kísérletekből kapott tulajdonságokat, beleértve az elméleti számolásokat is, összehasonlítva az XPS, nanoindentáció, TEM és HRTEM mérésekből kapott eredményekkel jó egyezést kaptunk, vagyis a Ti forrás teljesítményének növelésével a Ti tartalom az 50% felé tart, mely ugyanakkor egyre nagyobb TiC nanokristályokat eredményez egy köztük egyre vékonyabban kialakuló amorf szén réteggel, melyeket a TEM elemzések is jól alátámasztanak. Minden Ti atom TiC-á kötődik a porlasztás során, egyéb titán fázis nem mutatható ki a rétegekben. Az XPS és HRTEM felvételek minden esetben igazolják a 2 fázis; amorf szén + titán-karbid létrejöttét egészen 70 W-ig, valamint azt, hogy az amorf szén nem grafitizálódik az eljárás során.

**Irodalomjegyzék**

[1] Nikolett Oláh, Zsolt Fogarassy, Mónika Furkó, Csaba Balázs, Katalin Balázs, *Sputtered nanocrystalline TiC / amorphous C thin films as potential materials for medical applications*, *Ceramics International*, Volume 41, Issue 4, May 2015, Pages 5863-5871

[2] Nikolett Oláh, Miklós Veres, Attila Sulyok, Miklós Menyhárd, Jenő Gubicza, Katalin Balázs, *Examination of nanocrystalline TiC/amorphous C deposited thin films*, *Journal of the European Ceramic Society*, Volume 34, Issue 14, November 2014, Pages 3421-3425



## SO-18

# NANOKOMPOZITOK HATÁRFELÜLETI ADHÉZIÓJÁNAK MÓDOSÍTÁSA IONOS FOLYADÉKOKKAL

Tóth Levente Ferenc, **Dr. Szebényi Gábor**

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék*

---

A nanorészecskék, mint például a szén nanocsövek [1] felfedezésük óta a figyelem középpontjában állnak a potenciális kompozit erősítőanyagok területén [2]. Míg a korai években a fejlesztések elsősorban a gazdaságos és reprodukálható gyártásukra koncentráltak, addig az utóbbi évtizedekben egyre nagyobb teret nyert alkalmazási lehetőségeik kutatása. Elterjedt alkalmazásuk útjában elsősorban két probléma áll. Az egyik probléma a polimer mátrixanyagokban való nehézkes eloszthatóságuk. Erre napjainkban már számos, többé-kevésbé ipari léptékben is megvalósítható technológia is rendelkezésre áll, mint például az ultrahangos keverés, vagy az erős nyírást alkalmazó, hengerszékes keverési technológiák. A másik probléma az apoláros szerkezetükből adódó, poláros polimer mátrixanyagokkal szemben mutatott gyenge adhéziójuk. Ennek ipari léptékű megoldása még várat magára. Ugyan laborkörülmények között lehetőség van jó eredmények elérésére például a részecskék funkcionálásával [3], a technológia vegyszerigénye és időtartama miatt ez ipari léptékbe nehézkesen ültethető át. Az adhézió növelhető sugárzásos technikák [4, 5] alkalmazásával is, azonban ez egy plusz lépést, a besugárzást igényli a gyártás folyamatában. Lehetséges megoldást jelenthet a plusz lépés nélküli, akár a gyártóhelyen végrehajtható adhézió növelésre az ionos folyadékok [6] adalékként történő alkalmazása, mivel ezek mind a nanocsövekhez, mind a mátrixanyagokhoz jó affinitást mutatnak.

Munkánk során különböző szén nanocső erősítésű epoxigyanta mátrixú nanokompozitokat állítottunk elő ionos folyadékok csatolóanyagként való alkalmazásával, illetve referenciaként anélkül. Az ionos folyadék adalékolás hatását törésmechanikai és hajlítóvizsgálatokkal valamint elektronmikroszkópos vizsgálatokkal elemeztük.

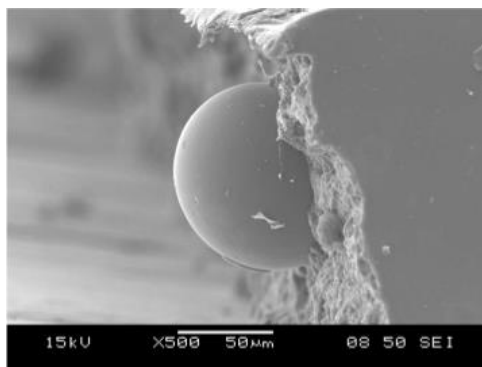
### Irodalomjegyzék:

- [1] Iijima S.: *Helical microtubules of graphitic carbon*, *Nature*, 354, 56-58 (1991)
- [2] Bhattacharya S. N., Kamal M. R., Gupta R. K.: *Polymeric nanocomposites*, Carl Hanser Verlag, Munich (2008)
- [3] Koós A. A., Horváth Z. E., Osváth Z., Tapasztó L., Niesz K., Kónya Z., Kiricsi I., Grobert N., Rühle M., Biró L. P.: *STM investigation of carbon nanotubes connected by functional groups* *Materials Science and Engineering C*, 23, 1007–1011 (2003)
- [4] Szebényi G., Romhány G.: *The effect of electron irradiation on the mechanical properties of MWCNT/carbon fiber reinforced hybrid nanocomposites*, *Materials Science Forum*, 659, 91-95 (2010)
- [5] Szebényi G., Romhány G., Vajna B., Czvikovszky T.: *EB treatment of carbon nanotube-reinforced polymer composites*. *Journal of Radiation Physics and Chemistry*, 81, 1383-1388 (2012)
- [6] Vaisman L., Wagner H. D., Marom G.: *The role of surfactants in dispersion of carbon nanotubes*. *Advances in Colloid and Interface Science*, 128–130, 37–46 (2006)

**SO-19****MIKROKAPSZULÁK FEJLESZTÉSE****Vermes Brúnó<sup>1</sup>, Czigány Tibor<sup>1,2</sup>**<sup>1</sup> *BME, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék*<sup>2</sup> *MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport*

A szerkezeti anyagként egyre inkább előtérbe kerülő polimer kompozitok számos kedvező tulajdonságuknak köszönhetik az alkalmazásukban mutatkozó növekvő tendenciát. Ezen tulajdonságok a mátrix és a társítóanyagok minőségének, arányának, valamint a köztük létrejövő kölcsönhatásoknak a módosításával széles határok között változtathatóak. Speciális igények kielégítésére kínálhatnak megoldást a mikrokapszulákkal társított kompozitok. Felépítésüket tekintve ezek szilárd, polimer falba zárt gáz, de még gyakrabban folyékony halmazállapotú maganyaggal rendelkező rendszerek. Bár a fal elsődleges feladata a maganyag elszigetelése, mégis annak megválasztása gondos kutatómunkát igényel, hiszen számos kritériumnak kell megfelelnie, úgy mint a hosszú távú stabilitásnak, a maganyaggal szemben mutatott indifferenciának, illetve a mátrix anyaggal való megfelelő adhéziós képességnek. A maganyaggal szemben alapvető követelmény, hogy változatlan formában álljon rendelkezésre, egészen a kapszula felnyílásáig. A kapszulák felnyílása mechanikai, vagy egyéb hatásokra a mátrixban keletkező - és ott haladva a kapszula falát elérő - mikrorepedések energiájának leadásával, esetleg kémiai paraméterek, például a pH értékének változásával valósulhat meg. Az eredmény minden esetben a maganyag kijutása a rendszer környező részeibe, ahol aztán kifejtheti funkcióját, de mivel a megfelelő viszkozitású anyag a kapilláris hatásnak köszönhetően a repedésekbe szivároghat, nem csak lokálisan tud feladatot ellátni. A betöltött funkció irányulhat a mechanikai - vagy akár a változó kémhatás - hatásra bekövetkező degradációs folyamatok jelzésére, polimerek öngyógyítására, esetleg egyszerűen súlycsökkentésre is. A legkomplexebb és ezen a fiatal tudományterületen legaktívabban kutatott öngyógyító kompozitoknál a legtöbb esetben kétféle maganyagú kapszulára, illetve ezek együttes, meghatározott arányú eloszlására van szükség a mátrixban, mert funkciójukat csak egymással érintkezve, kémiai reakció révén töltik be, általában térhálósodás útján.

Az előadás célja a mechanikai degradáció jelzésére alkalmas, UV érzékeny indikátor töltetű (1. ábra), illetve öngyógyító kompozit rendszerek későbbi előállítására céljából epoxi, valamint epoxi-térhálósító tartalmú kapszulák fejlesztésének, és reprodukálható előállításának bemutatása.



1. ábra Indikátorral színezett térhálósító tartalmú mikrokapszula SEM képe



## SO-20

# KÜLÖNBÖZŐ RECEPTÚRÁJÚ MESTERKEVERÉKEK HOMOGENIZÁLÓDÓ KÉPESSÉGÉNEK VIZSGÁLATA FRÖCCSÖNTÖTT TERMÉKEKEN

Zsíros László, Török Dániel, Dr. Kovács József Gábor

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék*

A korszerű műanyag termékek jelentős részét fröccsöntéssel állítják elő. Ezeknek a termékeknek egy szintén jelentős részénél kiemelkedően fontos szempont az esztétikai megjelenés. A műanyag késztermékek esztétikai megjelenését jelentősen befolyásolhatjuk a natúr polimer színezésével. Tekintve, hogy a fröccsöntött műanyag termékeket előállító cégek 90%-a szilárd fázisú mesterkeverékeket használ az általa előállított termékek színezéséhez, így kiemelkedő jelentőségű ezen mesterkeverékeknek a késztermékekre gyakorolt hatását vizsgálni.

A szilárd fázisú mesterkeverékek az esztétikai megjelenésen túl megváltoztathatják a késztermékek égésállóságát, UV stabilitását, és bizonyos esetekben a mechanikai tulajdonságait is, ám ezek gyakorlati jelentősége valamivel kisebb. Az esztétikai megjelenésnek csupán egyik része az, hogy milyen színárnyalatú az adott termék, hiszen majdnem ugyanilyen fontos az is, hogy az adott szín homogén-e, nem láthatók-e a terméken a színfátyolosság jelei.

A szilárd fázisú mesterkeverékek elkeveredését a fröccsöntés során több tényező is befolyásolja, úgymint a fröccsöntési paraméterek megválasztása, a fröccsöntő csiga kialakítása, egyéb dinamikus és statikus keverőelemek alkalmazása, illetve a fröccsöntéshez felhasznált alapanyag és mesterkeverék tulajdonságai. A rendelkezésre álló irodalom áttekintése alapján látható, hogy a különböző receptúrájú mesterkeverékek színhomogenitásra gyakorolt hatásának vizsgálata hiánypótló jellegű, és kiemelkedő fontosságú.

A kitűzött célunk tehát a mesterkeverékek előállításához használt különböző anyagok és adalékok vizsgálata azok homogenizálódó képességre gyakorolt hatása alapján. Munkánk során az L. Zsíros és társai által kifejlesztett mérési módszert alkalmazzuk, amelynek nagy előnye, hogy a mérési módszer eredményei jól korrelálnak a hagyományos, vizuális kiértékelésekkel.

### Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Pásztor Mária, *Automatikus eljárás színező mesterkeverékek előállítására, Műanyagipari szemle, 06, (2010)*
- [2] L. Zsíros, J.G. Kovács, *Measuring color inhomogeneity of injection molded parts, OGÉT, Arad (2013)*
- [3] L. Zsíros, J.G. Kovács, *Fröccsöntőgépek homogenizáló képességének optimalizálása, Műanyag és Gumi vol 50:9, p 347-350 (2013)*
- [4] D. Török, L. Zsíros, J.G. Kovács, *Különböző elemszámú és átmérőjű StaMixCo statikus keverők vizsgálata, Műanyag és Gumi vol 51:9, p 346-351 (2014)*
- [5] L. Zsíros, A. Suplicz, G. Romhány, T. Tábi, J. G. Kovács, *Development of a novel color inhomogeneity test method for injection molded parts. Polymer Testing, vol 37, p 112-116. (2014)*
- [5] L. Zsíros, D. Török, J.G. Kovács, *Development of a color inhomogeneity measurement method and its application to the evaluation of static mixers, OGÉT Csíksomlyó (2015)*



---

# Poszter előadások



## P-01

# AUTOMATIZÁLT 3D ULTRAHANGOS BERENDEZÉS ANYAGHIBÁK ÉS HEGESZTETT KÖTÉSEK VIZSGÁLATÁRA

Agócs Mihály, Kocsó Endre, Pór Gábor

ECOTECH Zrt  
Dunaújvárosi Főiskola

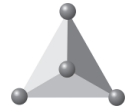
---

Az általunk kifejlesztett 3D-s képalkotó hibakereső rendszer kereskedelmi forgalomban kapható ultrahangos szenzorokból és berendezésekből áll. A letapogatást ISEL léptető motorok alkalmazásával végezzük. Jelenleg a mozgásban a lépésközök 0,1 mm-el történnek, amivel már meg tudjuk különböztetni akár a 0,1 mm-nél is kisebb felületi bemetszéseket is. A felhasználóbarát kezelőfelületen keresztül állítunk elő ún. ultrahangos A-, B-, C- és D-képet, valamint valódi tomográfias képeket, de a leghatékonyabb segítség a felhasználónak a 3D-s modell, melyet manuálisan lehet forgatni, így lehetőség van megtalálni a tárgy belsejében lévő folytonossági hiányokat. Összehasonlítva a mi rendszerünket a kereskedelmi forgalomban is kapható hasonló rendszerekkel azt találjuk, hogy meglepően olcsó és megbízható.

### Eddigi sikeres alkalmazási területeink:

- *Ponthegesztett kötések vizsgálata.* Egy ponthegeztés kötését megvizsgálva a rendszerünk képes kimutatni a 0,1 mm-nél nagyobb eltéréseket, mind a kötések rétegeiben, mind a hibákban és ezzel észre lehet venni a belső, nem elégséges összeolvadásból származó visszaverődéseket is. Tehát lehetőség van a ponthegeztett kötés esetében megállapítani, hogy van-e a hegesztési rétegben folytonossági hiány.
- *Csaphegesztett kötés vizsgálata.* A rendszer képes számszerűen meghatározni, hogy a hegesztett összterületből mekkora hányadot tesz a hegesztés során ismeretlen okok miatt létrejött zárványok területe.
- *Tokozott elektronikák vizsgálata.* Mérőrendszerünkkel sikeresen tudjuk megvizsgálni az autóiparban széles körben használatos tokozott elektronikákat. Ugyanis a fröccsöntött műgyantába öntött áramkörök esetében a gyártás során keletkező apró légbuborékok nem elfogadhatóak. Berendezésünk képes detektálni, valamint megjeleníteni is a nemkívánatos légbuborékokat.
- *Csavar vizsgálat.* Eszközünkkel hatékonyan tudjuk megvizsgálni a csavarfej alatti repedések mértékét akár az eredeti csavarkötés megbontása nélkül is.





---

**P-02****MARADÓ TECHNOLÓGIAI FESZÜLTÉG SZEREPE  
KÚPFOGASKERÉK TÖNKREMETELÉBEN****Angel Dávid Ádám, Dr. Benke Márton, Dr. Mertinger Valéria***Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet*

---

Vizsgálatunk tárgya egy ívelt fogazású kúp fogaskerék, amely egy tengelyből és egy fejrészből, - amelyen fogazat van kialakítva -, áll. Az alkatrész a betétedzést követő egyengetés során hajlamos a törésre. Vizsgálataink célja a gépalkatrész maradó technológiai feszültségének nyomon követése a különböző gyártástechnológiai lépések során, valamint a tönkremenetel okának feltárása és a maradó feszültségnek a tönkremenetelben történő szerepének vizsgálata. A maradó feszültség méréséhez speciális roncsolásmentes röntgendiffraktométert alkalmaztunk. A tönkremenetel okának feltárásához keménységméréseket, valamint szövétvizsgálatokat végeztünk. Eredményeink kimutatták, hogy az alkatrész tönkremenetelét a betétedzés során kialakuló aszimmetrikus feszültség eloszlás okozta, melynek eredete a gyártástechnológia korai szakaszában kialakuló mikroszerkezetre vezethető vissza.



**P-03**

**Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> / GRAFÉN ALAPÚ KOMPOZITOK: SZERKEZET ÉS TULAJDONSÁGOK**

Balázi Katalin<sup>1</sup>, Tapasztó Orsolya<sup>1</sup>, Puchy Viktor<sup>2</sup>, Kailer Andreas<sup>3</sup>, Ján Dusza<sup>2</sup>, **Balázi Csaba**<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet, Energiatudományi Kutatóközpont*

<sup>2</sup> *Institute of Materials Research, Slovak Academy of Sciences*

<sup>3</sup> *Fraunhofer Gesellschaft – Institute for Mechanics of Materials IWM*

<sup>4</sup> *Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.*

*csaba.balazsi@bayzoltan.hu*

---

A szilícium-nitrid egy ígéretes szerkezeti kerámia anyag. A nagy szilárdsága és szívóssága miatt a turbina és dugattyús motorokban fémek helyettesítésére használják, így magasabb üzemi hőmérsékletet és nagyobb hatékonyságot érhetünk el. Az elmúlt néhány évben, alacsony előállítási költségű, de mégis kiváló minőségű grafén lemezeket (GPLs), többrétegű grafént (MLGs) fejlesztettünk ki. Ennek különféle adalékolása a szilícium-nitridhez biztosítja az előállított kompozit magas hő- és elektromos vezetőképességét és jó mechanikai tulajdonságait.

A bemutatott munka célja a különféle grafén adalék hatásának vizsgálata, figyelembe véve a nagy hatékonyságú attritor őrléssel előállított és különféle módszerrel szinterelt (melegprés, izosztikus-, vagy gyorszinterelés) kompozit szerkezeti és egyéb tulajdonságait.

**Köszönetnyilvánítás**

Authors thanks to M-ERANET „Grace” Graphene-ceramics composites for tribological application in aqueous environments.

**P-04****ÚJ TÍPUSÚ KÖTŐANYAGRENDSZER ELŐÁLLÍTÁSA KÜLÖNBÖZŐ ALAPANYAG-AKTIVÁLÁSI TECHNIKÁKKAL****Balczár Ida Anna, Korim Tamás, Kristófné Makó Éva, Kovács András***PE-MK Anyagmérnöki Intézet*

A klasszikus cement előállítása főként a CO<sub>2</sub> kibocsátás és a tájrombolás miatt került a környezetvédők célkeresztjébe, ezért egyre határozottabban jelentkezik az igény olyan kötőanyagok előállítására, amelyek más nyersanyagbázison épülnek fel, valamint eltérő módon képesek a kötésre és szilárdulásra. Az ilyen, új típusú kötőanyag rendszerek közé tartoznak a geopolimerek is, amelyek szilárd, porszerű alumino-szilikátok alkáli-hidroxidos, illetve alkáli-szilikátos oldatokkal történő kezelésével állíthatók elő.

Kísérleteink során geopolimert állítottunk elő, kiindulási anyagként nagy tisztaságú alapanyagot, zettlitzai kaolint használtunk, amelyet két módszerrel aktiváltunk a geopolimerizáció folyamata előtt. Egyrészt a széles körben alkalmazott termikus aktiválást hajtottuk végre, ami különböző hőfokon (600, 700, 750 °C) és hőtartással (1h, 3h) történt. Másrészt egy újszerű vélhetően költséghatékonyabb módszert alkalmaztunk, a mechanokémiai aktiválást, amely rövid idejű, intenzív őrlést jelent. Vizsgáltuk az őrlési idő, az őrlőtest: minta arány valamint a fordulatszám hatását a geopolimer kötőanyag fizikai tulajdonságaira.

Az aktivált kaolin mintáknál röntgendiffrakciós vizsgálattal meghatároztuk a metakaolinit illetve az amorfizált kaolinit mennyiségét (az amorfizációs fokot), amely befolyásolja az alapanyag reakcióképességét. A vizsgált mintákból próbatestek készültek, amelyeknek 28 napos korban meghatároztuk a fizikai jellemzőit (testsűrűségét, nyomószilárdságát). Az eredmények alapján elmondható, hogy a mechanokémiai aktiválással az eddig alkalmazott termikus eljárással összemérhető, sok esetben jobb fizikai tulajdonságokkal rendelkező kötőanyag állítható elő és az őrlési paraméterek megfelelő megválasztásával a geopolimer-előállítás költséghatékonyabb is lehet.



**P-05**

## **KORRÓZIÓÁLLÓ ACÉLOK HEGESZTETT KÖTÉSEINEK KORRÓZIÓÁLLÓSÁGA**

**Berecz Tibor**<sup>1</sup>, Fábián Enikő Réka<sup>1</sup>, Amanda Silveira Alcantara <sup>1</sup>, Fazakas Éva<sup>2</sup>, Furkó Mónika<sup>2</sup>, Dobránszky János<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem*

<sup>2</sup> *Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Anyagtudományi és Technológiai Intézet*

<sup>3</sup> *MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport*

*berecz@eik.bme.hu, fabianr@eik.bme.hu, amanda.emt011@gmail.com,*

*eva.fazakas@bayzoltan.hu, monika.furko@bayzoltan.hu, dobranszky.janos@eik.bme.hu*

---

Kulcsszavak: duplex korrózióálló acél, ausztenites korrózióálló acél, TIG hegesztés, CO<sub>2</sub> gáz lézersugaras hegesztés, korrózióállósági vizsgálat, elektrokémiai impedancia spektroszkópia.

A korrózióálló acélok különböző típusai, mint például az ausztenites, ferrites, martenzites és duplex korrózióálló acélokat általánosan alkalmazzák az ipar számos területén, mint különböző szerkezetek anyagait. Sok esetben ezen szerkezetek elemeit különböző hegesztési technológiákkal kötik össze. A hegesztés hőhatása azonban nemkívánatos változásokat is okozhat a hegesztéssel összekötött elemek alapanyagaiban.

A korrózióálló acélokban hő hatására a viszonylag sok féle és nagy mennyiségű ötvözőelem miatt másodlagos fázisok kiválásával kell számolni (mint  $\sigma$ - és  $\chi$ -fázisok). Ezek a kiválások rendszerint gazdagok krómban, molibdénben és nikkelen, miáltal környezetükben csökkentik ezen ötvözőelemek arányát, ami az adott termék korrózióállóságának és szívósságának a csökkenését okozza.

Kutatómunkánk során korróziós vizsgálatokat végeztünk ausztenites (304-es típusú) és duplex (2304 és 2404 típusú) duplex korrózióálló acélokból készített hegesztett kötéseken, amely kötések volfrámelektrodás védőgázos ívhegesztéssel, valamint CO<sub>2</sub> gáz lézersugaras hegesztéssel készültek.

A hegesztési eljárások során az alapanyagok mikroszerkezetében bekövetkező változásokat optikai mikroszkópia és pásztázó elektronmikroszkópia segítségével vizsgáltuk. A hegesztett kötések korrózióállóságát pedig potenciodynamikus polarizációs mérésekkel, valamint elektrokémiai impedancia spektroszkópia segítségével tanulmányoztuk. Az előzetes eredmények azt mutatják, hogy a hőhatásövezet jóval érzékenyebb a pitting korrózióra a hegesztés hőhatása miatt.



---

**P-06****HEGESZTETT LEMEZTERÍTÉKEK KÉPLÉKENYALAKÍTÁSA****Béres Gábor**, Danyi József, Végvári Ferenc*Kecskeméti Főiskola, GAMF Kar*

---

Az utóbbi években a járműipar rendkívüli fejlődése a szerkezeti anyagok kutatásában is jelentős eredményeket hozott. Alapvető cél a járművek tömegének csökkentése, ami az üzemanyag fogyasztás csökkentése és környezet védelme szempontjából egyaránt fontos. Egyre nagyobb szerepet kapnak a nem vasalapú – könnyűfémek, különböző társított - anyagok a karosszériagyártásban. Az acélok, acéllemezek azonban továbbra is meghatározó szereppel bírnak. A járművek tömegének csökkentése érdekében egyre nagyobb szilárdságú acélokat fejlesztettek ki azért, hogy az alkatrészek terhelhetősége és az utas biztonság vékonyabb lemezek alkalmazásával is biztosítható legyen. Vannak a járműkarosszériának olyan – általában nagyméretű - elemei melyek terhelése egy alkatrészen belül is különböző. Az ilyen alkatrészeket gazdaságos olyan terítékekből gyártani melyeket különböző szilárdságú lemezekből hegesztenek össze. A nemzetközi irodalom ezeket és a különböző vastagságú valamint különböző bevonatú részekből hegesztett terítékeket „tailor welded” terítékeknek nevezi. Célszerű a magyarban a hegesztett teríték elnevezést használni. Ismert, hogy az acélok nagyobb szilárdságával a kisebb alakíthatóság párosul. Belátható, hogy ez a hegesztett terítékek alakításánál problémákat vet fel. Előadásunkban lézerhegesztéssel, különböző szilárdságú, azonos vastagságú lemezekből készített terítékek mélyhúzásával és hajlításával kapcsolatos kísérleti eredményekről számolunk be.

Kísérleti kutató munkánkat a TÁMOP 4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0029 sz. pályázat támogatásával végezzük. A projekt szakmai vezetője Prof. Dr. Tisza Miklós, a Miskolci Egyetem professzora.

**Kulcsszavak:** *hegesztett terítékek, nagyszilárdságú lemezek, mélyhúzóhatóság, visszarugózás*



**P-07**

## **AGYAGÁSVÁNY HATÁSA KOROM TARTALMÚ SBR GUMIK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAIRA**

**Berki Péter**, Dr. Karger-Kocsis József

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék  
karger@pt.bme.hu*

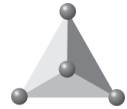
---

A gumi alkatrészek rendszerint rendkívül összetett, sokalkotós rendszerek, legtöbbször kompozitok. Noha tulajdonságaik módosítására számos lehetőség kínálkozik, a legkézenfekvőbb e célból a töltő- és erősítőanyagok minőségének és mennyiségének változtatása. Az utóbbi időben a gumikban alkalmazható adalékok csoportja jelentősen bővült. A hagyományos szferikus töltőanyagokon (korom, szilikát) kívül lemezes (grafén, rétegszilikát, organofilizált agyagásványok) és tűs szerkezetűek (nanocsövek, nanoszálak) beépítésére is lehetőség nyílt.

Ha a töltőanyag jól diszpergálható, a szemcsék és a mátrix közti határfázis, határfelület nagysága nagymértékben megnövekszik, ezért a nano töltőanyagok hatékonysága messze meghaladja a konvencionális, nem aktív töltőanyagokét. Hatásuk némiképp hasonló a hagyományos aktív töltőanyagokéhoz, pl.: szilikát, kormok. A rétegszilikátok nanométeres nagyságrendű vastagsággal rendelkező rétegeit közös csúcsú fém-hidroxidok alkotta tetraéderekből álló oktaéderes lemezek alkotják. A lemezek nagyon szorosan helyezkednek el, erős ionos kötések tartják össze. Emiatt a rétegek szétválasztása sokszor nem egyszerű feladat. A megfelelő nanorészecske eloszlítás kulcsa a rétegek exfoliálása.

Kutatásunkban kísérletet tettünk rétegszilikát tartalmú SBR mátrixú gumikeverékek előállítására. Töltőanyagként Nanomer I30.P típusú montmorillonit rétegszilikátot, N660 típusú gumipari kemencekormot és gumiabroncsból pirolízis útján előállított kormot is alkalmaztunk. A hagyományos mechanikai, és DMTA vizsgálatok mellett törésmechanikai vizsgálatokat is végeztünk SEN-T típusú és nadrág alakú próbatesteken. Célunk megvizsgálni, a rétegszilikát miként befolyásolja a mechanikai tulajdonságokat, és a repedésterjedést korom tartalmú gumikban. A törésmechanikai vizsgálatoknál a J-integrál, és a CTOD (crack tip opening displacement) módszerét alkalmaztuk, ahol CTOD\* kritikus értékének 0,5 mm-es repedéscsúcs letompulást választottunk. A kvázi statikus vizsgálatok mellett vizsgáltuk kis ciklusú igénybevételnél a terhelés alatti lágyulás (Mullins-hatás) mértékét, és dinamikus igénybevételnél a tárolási modulus amplitúdó függését (Payne-hatás). A vizsgálatok megmutatják, hogy a lemezes szerkezetű rétegszilikát nanoadalék hogyan változtatja meg a korom tartalmú gumik mechanikai, dinamikus mechanikai és törésmechanikai tulajdonságait.

**Kulcsszavak:** *montmorillonit, korom, butadién-sztirol kaucsuk (SBR), mechanikai tulajdonságok, J-integrál, CTOD, Payne-hatás. Mullins-hatás*



---

**P-08**

## **VEGYSZERÁLLÓ KÁRMENTŐK ANYAGÁNAK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA**

**Boros Renáta Zsanett, Farkas László, Mihalkó Andrea, Nagy Tamás, Szabó Éva**

*BorsodChem Zrt.*

---

A Wanhua-BorsodChem valamennyi üzemének területén alkalmaznak betonanyagú kármentő tálcákat, mivel alapvető fontosságú, hogy megakadályozzuk a veszélyes vegyipari anyagok talajba jutását.

Munkánk során különböző típusú betonok vegyszerállóságát vizsgáltuk a technológiai folyamatainkban alkalmazott kemikáliákkal szemben. A hagyományos úton előállított betonok mellett, különleges adalékanyagú betonokat is teszteltünk.

Tanulmányoztuk a betonok nedvszívó képességét, porozitását, szerkezetét, szilárdságát, tömegváltozását, valamint alakváltozását. Fényképek készítésével, valamint mikroszkópos felvételekkel is alátámasztjuk eredményeinket. Célunk az volt, hogy olyan típusú betont találjunk, amely széleskörű felhasználásra alkalmas a kármentő tálcák anyagaként.





**P-09**

## **ALUMÍNIUM LEMEZEK ALAKÍTHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA NÖVELT HŐMÉRSÉKLETŰ ALAKÍTÁS ESETÉN**

**Budai Dávid, Tisza Miklós, Kovács Péter Zoltán, Lukács Zsolt**

*Miskolci Egyetem Anyagszerkeztani és Anyagtechnológiai Intézet*

---

Az alumínium karosszériagyártás nem csupán a jelenlegi szigorú károsanyag kibocsátási szabályozások és fogyasztáscsökkentési törekvések eredménye: már az előző évszázad közepétől kezdve megjelent az autógyártásban, mint a jövő technológiája. Az alumínium – az acéltól eltérő tulajdonságainak köszönhetően – számos korlátot jelent a gyártástechnológiában, amelyek feloldása folyamatos feladatokat ad az autóiipari kutatások számára. Ezeknek a fejlesztéseknek köszönhetően az alumínium karosszéria előállítása ma már nem csak a prémium szegmensben, egyedi gyártás mellett gazdaságos, hanem a középkategóriás autók nagysorozat gyártásánál is alkalmazható technológia lett. A következő évek, évtizedek feladata az, hogy növekedjen az alumínium karosszériát gyártó márkák száma, valamint, hogy a technológia az alsó kategóriában is megjelenjen. Az alumínium alakíthatóságának növelése, valamint az alumínium karosszériagyártásnál alkalmazott kötéstehnológiák fejlesztése kiemelt irányok a jelenlegi kutatásokban, amelyek sikeres ipari bevezetése a gyártási költségek csökkentését eredményezné, amely véglegesen elindíthatja az alumínium korszakot az autógyártás történetében. Az alumínium ötvözetek alakíthatósága növelésének egyik hatékony módszere az alakítási hőmérséklet növelése. A hőmérséklet növelésével az alumínium folyáshatára csökken, míg nyújthatósága növekszik. A hőmérséklet és az alakíthatóság közötti kapcsolat nem lineáris, egy adott hőmérséklet fölött az alakíthatóság csökkeni, kezd, akár a kezdeti értékre is csökkenhet. Az alakíthatóság maximumához tartozó hőmérséklet minden ötvözet esetében más. A gyártás számára a növelt hőmérsékletű szakítóvizsgálat nem ad használható információt az ötvözetek alakíthatóságáról, emiatt új vizsgálati módszereket kell alkalmazni. Az alakítási határdiagramok a gyártás számára használható információkat tartalmaznak, így ez a vizsgálat kiválóan használható a növelt hőmérsékleten való alakítás vizsgálatára. A vizsgálataink során az EN AW 5754 és EN AW 6082 ötvözetek növelt hőmérsékletű alakíthatóságát vizsgáltuk; ezek az autóiipar leggyakrabban használt ötvözetei a külső és belső elemek gyártásához. A vizsgálatok során különböző hőmérsékleteken felvett FLC görbék jól mutatják az alumínium alakíthatóságának változását a hőmérséklet növelésével. A vizsgálatokból nyert hőmérséklet-alakíthatóság kapcsolatok hasznos információval szolgálnak a gyártás számára, amelynek alapján megválaszthatjuk az optimális hőmérsékleti tartományt.

**P-10****ACÉL LÉZERSUGARAS HEGESZTÉSI VARRATÁNAK GEOMETRIÁJA**Berczeli Miklós<sup>1</sup>, Buza Gábor<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Gépjárművek és Járműgyártás Tanszék*

<sup>2</sup> *Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.*

Napjaink fejlődő iparában a lézersugaras hegesztéssel létrehozott kötések optimalizálásának lehetősége meghatározó kutatási területté vált, hiszen mind a gépipar, mind a járműipar területén egy nagyon elterjedt – és egyre gyakrabban alkalmazott - kötéstípusról van szó. A hegesztett kötéseknek meg kell felelniük az egyre szigorúbb minőségi követelményeknek, a varratgeometriának előírászerűnek kell lennie.

A különböző fizikai folyamatok következtében a lézersugaras hegesztéseknek két típusa van, amelyek leginkább a geometriájukról ismerhetők fel. Kb. 10<sup>6</sup> W/cm<sup>2</sup>-nél kisebb teljesítmény sűrűség esetében a hővezetési hegesztés feltételei vannak meg. E határ fölött – egy új fizikai jelenség következtében – a mélyvarratos hegesztés feltételi szabályozzák a technológiai folyamatot.

Technológiai és minőségbiztosítási szempontból lényeges, hogy a különböző hegesztési paraméterekkel milyen varratgeometriákat hozhatunk létre. Ilyen paraméterek a lézersugár teljesítménye, a hegesztési sebesség, a fókuszolt pozíciója, a védőgáz használata és a lézersugár gerjesztési üzemmódja (CW, pulzáló). Ezen beállítások bármelyikének módosítása a varratgeometriában lényeges változást eredményez. A sokféleség ellenére képesnek kell lennünk igazodni a műszaki követelményekhez és a geometriai előírásokhoz. A hegesztési varratok geometriájának jellegzetes adatai a varratmélység, a korona szélesség, a korona magasság, a gyök szélesség és a kidudorodás illetve beszívódás.

A kísérleti hegesztési varratok az Edutus Főiskola 4 kW (CW) fénytelsítményű diszkléze-rével készültek. A lézersugár vezetésére 100 μm átmérőjű optikai szál szolgált, a fókuszáló lencse fókusz távolsága 200 mm. A sugárparaméter-szorzat értéke 4 mm\*mrad, a Rayleigh--távolság 3 mm.

A lézersugár–anyag kölcsönhatás eredményeként kialakuló hegesztési varratok geometriai változatosságát 80 hegesztési kísérlet alapján vizsgáltuk. A kísérleti körülmények egyértelmű reprodukálhatósága érdekében a varratokat 30 x 100 mm keresztmetszetű, S235 minőségű acél hasábon hoztuk létre („vakvarrat”). Az egyes varratok között a hegesztési sebességben (1...10 m/perc), a CW üzemmódú lézersugár teljesítményében (2,5...4 kW) és a lézersugár fókuszoltjának a munkadarab felszínéhez képesti helyzetében (-7... +7 mm) volt különbség.

A hegesztési varratok geometriai jellemzőit digitális, virtuális 3D fénymikroszkóppal vizsgáltuk. A vizsgálatok célja két csoportra osztható: a varrat korona geometriájának (szélesség, kidudorodás), beleértve a varrat kezdet és vég tranziens jelenségeit, valamint a varrat keresztmetszeti metallográfiai csiszolatán mérhető adatok meghatározása.

A rendkívül nagy mennyiségű adat feldolgozása során elsősorban a lézerberendezést és annak sugárvezetését, másodsorban a munkadarab felszínét elérő lézersugár és az S235 acélminőségű anyag kölcsönhatásának eredményét jellemeztük. A lézerberendezés magyar viszonylatban unikális jellege miatt esetenként meglepő eredményekre jutottunk. A vizsgálati eredmények domináns része azonban az innovatív magyar ipar igényeit szolgálja.



**P-11**

**EXTRÚZIÓS CÉLRA FEJLESZTETT POLIPROPILÉN HOMOPOLIMEREK  
ÚJRAHASZNOSÍTHATÓSÁGA FRÖCCSÖNTŐ ÜZEMEKBEN**

**Dr. Czél György, Zattler Máté**

*Miskolci Egyetem, Kerámia és Polimermérnöki Intézet*

---

Mai korunk ritmusa és fogyasztói mentalitása rányomja bélyegét a fröccsüzemek termelési módszereire is. A gazdaságos üzemeltetés és a termékek árának minden határon túli csökkentése sokszor technológiai és anyagválasztási kényszerpályákat eredményez. A fröccsüzemek technológusai új termékek bevezetésekor már a szerszámkészítés szakaszában mérlegelik a technológiai lehetőségeiket és ennek megfelelően választanak alapanyagot, lehetőleg olyat, ami műszaki paramétereinek tekintetében még éppen megfelelő az adott műszaki feladatra, de olcsó. Amennyiben a termék funkciója megengedi, az anyagválasztások eltolódnak az újrahasznosított alapanyagok irányába is. Jobb esetben ezek a reciklátum alapanyagok minőségbiztosítás mellett készített regranulátumok, de gyakori a saját vagy idegen forrású darálék megjelenése is a fröccsüzemekben. A különleges anyagok különleg technikai feladatokat rónak a felhasználókra. Elsősorban a reciklált alapanyag beszerzési források szerinti inhomogenitása okoz nehézséget a fröccsüzemek technológusainak. Jelen munkánkban egy ilyen példát ismertetünk, amelyben a Miskolci Egyetem szakembereinek és eszközparkjának segítségével a leleményesség és az alapanyag reológiájának ismerete sikerre vezette a gyártókat, akik így gyorsan, kedvező szilárdsági paraméterek mellett és ami a legfontosabb igen gazdaságosan tudtak vevői igényeket kielégíteni.

Fröccsöntő üzemekben gyakran használt alapanyag a polipropilén. Vizsgálati példánkban PP extrúziós homopolimert valamint két különböző típusú Lengyelországból származó újrahasznosított PP alapanyagot is vizsgáltunk, amelyek vélhetően extrúziós csőanyagok darálékaként illetve regranulátum formában álltak elő. A vizsgálati „fedél” munkadarab alkalmazkodott a tömegműanyag teljesítő képességéhez azaz a termék viszonylagos igénytelensége, csak a termék szilárdságát helyezte előtérbe. Mindezen igények és lehetőségek együttállásával az extrúziós termékből készített regranulátum használata sikeres volt fröccsöntő üzemben. A termékek gyárthatósága érdekében azonban egyedi technológiai és gépbeállításokat kellett eszközölni. Az egyes beállítási paramétereket optimum kereséssel oldottuk meg. Így a közvetlen ipari termeléshez kapcsolódó alkalmazott kutatási feladatot reológiai mérési és kiértékelési módszerek támogatásával sikeresen oldottuk meg.

**P-12****GANZ ABRAHAM VASÚTI KEREKEINEK TITKA****Egy 1867-ben készült, sok éven át használt kerék anyagtudományi vizsgálata**

Csanády Andrásné, Gábor János<sup>1</sup>, Jenei Péter<sup>2</sup>, Gubicza Jenő<sup>2</sup>, Szabó Péter János<sup>3</sup>, Fábíán Réka<sup>3</sup>, Tóth Attila Lajos<sup>4</sup>, Tóth Péter<sup>5</sup>, Langer Gábor<sup>6</sup>, Krafcsik Olga<sup>7</sup>, Radnóczy György<sup>8</sup>, Verő Balázs<sup>9</sup>

<sup>1</sup> Ganz Holding Zrt.

<sup>2</sup> ELTE, Anyagfizikai Tanszék

<sup>3</sup> BME, Anyagtudomány és Technológia Tanszék

<sup>4</sup> MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet

<sup>5</sup> Bűnügyi Szakértői és Kutató Intézet

<sup>6</sup> Debreceni Egyetem, Szilárdtest Fizikai Tanszék

<sup>7</sup> BME, Fizika Tanszék

<sup>8</sup> MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet

<sup>9</sup> Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.

[h13779csa@ella.hu](mailto:h13779csa@ella.hu)

A közlemény tárgya Ganz Ábrahám öntödében készített vasúti kerék gyártását megelőző technológiai előzmények feltárása (1), majd egy 1867-ben készített, sok éven át futott vasúti kerék anyagtudományi vizsgálata (OES, OM, SEM, EDS, EBSD, Röntgendiffrakció, TEM, XRF [ESCA], SNMS, mikro- és nanokeményesség mérés) és a kapott eredmények értékelése. A Ganz féle kerekek kiváló minőségét és tartósságát, a tömbi résznél nagyobb keménységű kéreg létrejöttét és a belső rész megfelelő szívósságát mai ismereteink és vizsgálataink alapján, az öntvény kritikus felületének *gyorsbűtésén* kívül egy *kis mennyiségű* (~0.059t%) antimon segítette elő. A kerékben OES segítségével kimutatott antimon mennyiség a 20. században, mások által hasonló cél elérése érdekében végzett sokoldalú vizsgálatok szerint, a hasonló összetételű (C: 4.09 t%) szürke vasban, az optimális mennyiség. Az antimon SNMS technikával a több mm-es kéregben is kimutatható volt, eltekintve a kéreg felszínének, legkülső <math>< \mu\text{m}</math>-es rétegétől. Beépülve a ferritbe a kerget keményebbé tette és a perlitet stabilizálta, annak hőállóságát növelte. Az antimon öntvénybe juttatásának azonban nem kizárólagos módja a Ganz szabadalmakban ismertetett kokilla máz, amivel egyébként a hűtés mértéke is fokozható. A fémbe az antimon a nyersanyagokkal vagy egyéb adalékok útján is bekerülhet, bejuttatható. Szerkezet vizsgálatainkkal bizonyítottuk, hogy hasonló (vasúti) igénybevétel esetén a mások által is a kéreg felszínén észlelt kiugró keménység (2) a használat következtében kialakuló nanoszerkezet következménye.

A történelmi előzmények alapján Ganz Ábrahám innovációjának másik meghatározó eleme az egybefüggő tárgyként előállított, kéregöntött *keréktárcsa konstrukció* volt, szemben a korábbi, kéregöntött abroncsból és különálló küllőkből készített kerekekkel. Mindezek tették lehetővé a 19. század egyik legnagyobb hazai ipari sikerét.

**Irodalomjegyzék**

(1) Nicholas Wood, *A practical Treatise of Railroads and Interior Communications in General*, 1st ed. (1825) and 2nd ed. (1832) printed for Longman. 69- ill.173-

(2) P. Molyneux-Berry et al., 2014, *Hindawy Scientific World Journal*, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/209752>



**P-13**

**ALUMÍNÍUM – MAGNÉZIUM ÖTVÖZETEK LÉZERSUGARAS HEGESZTÉSE HUZAL HOZAGANYAGGAL**

Csizmazia János

*Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Ipari Lézertechnológiai Osztály*

---

Napjainkban az alumíniumötvözetek használata széles körben elterjedt. A nagy szilárdságú, és kiváló korrózióálló tulajdonságokkal rendelkező Al-Mg ötvözetek felhasználási területei rendkívül szerteágazóak, hiszen előszeretettel alkalmazzák őket a járműiparban, korrozív közegekben üzemelő gépek alkatrészeiként (pl. tengervíz), illetve a vegy- és élelmiszeriparban egyaránt. Ezen okok miatt hegesztésük egyre gyorsabb és hatékonyabb technológiák bevezetését kívánja meg, mint például a lézersugaras hegesztést, melynek automatizálhatósága és sebessége messze meghaladja a konkurens, hagyományosabb technológiákat. Éppen ezért, ezen anyagok lézersugaras hegesztésének folyamatos fejlesztésére szükség van. Hegeszthetőségükkel a legnagyobb probléma az, hogy a kis forráspontú fő-ötvözőelem, a magnézium (1090 °C) bizonyos része a lézersugaras hegesztés alatt elforr, és gázbuborék formájában a varrat porozitását fokozza. Jelen kutatásban ezt a jelenséget a varrat Mg-tartalmának helyi, relatív csökkentésével mérsékeljük, nevezetesen kohóalumínium-huzal adagolásával. A módszer lényegét az képezi, hogy a Mg-tartalom helyi relatív lecsökkenése a Mg Al-ban való oldódását megkönnyíti, így lekötve a Mg-ot, és annak elforrását részben meggátolja. A huzal alkalmazását por helyett pedig a már sok kutatás által alátámasztott nagyobb keveredési képesség, és a kisebb relatív felület miatti alacsonyabb oxidáció indokolja. További probléma az alumíniumötvözetek lézersugaras hegesztése körül az, hogy a lézersugár abszorpciója ezen anyagoknál kedvezőtlenül alacsony (bár a hullámhossz függvényében változik), de az ötvözők mennyiségével nő, tehát esetünkben túl nagy problémát nem okoz. Ez a jelenség még kezelhető továbbá a klasszikus lézerparaméterek (fókuszhelyzet, hegesztési sebesség, teljesítmény, stb.) helyes megválasztásával.

**P-14****HIDROXIAPATIT TARTALMÚ BIOKERÁMIÁK ELŐÁLLÍTÁSA ÁLLATI CSONTBÓL****Dobrádi Annamária**, Eniszné dr. Bódogh Margit, dr. Kovács Kristóf*Pannon Egyetem, Anyagmérnöki Intézet*

Az emberi csont fő ásványi alkotórészét adó hidroxipatit az egyik leggyakrabban használt bioanyag. A kalcium-foszfát alapú bioanyagok legfontosabb tulajdonsága az élő csonttal való közvetlen kötés létrehozása, így előnyösen használhatók csontok pótlására. Klinikai alkalmazásukat viszonylag kis mechanikai szilárdságuk korlátozza, ez a hátrány azonban nagyban kiküszöbölhető az apatit és wollastonit kristályos fázisokat tartalmazó üvegkerámiák felhasználásával. Az üvegkerámiák bioaktivitását elsődlegesen az üveg mátrix kémiai összetétele, a hidroxipatit és  $\beta$ -whitlockit kristályos fázisok mennyisége, a Ca:P atomaránya, eloszlása és szemcsemérete határozza meg. A kalcium-foszfát alapú bioanyagok elsődlegesen a csapadékos módszerrel előállított hidroxipatit és  $\beta$ -whitlockit felhasználásával készülnek, és a szakirodalom csak néhány esetben említi az állati csontok égetésével nyert természetes kalcium-foszfátok alkalmazását.

A kísérleti munkánk célja az állati csontok égetésével nyert hidroxipatitot és  $\beta$ -whitlockitot eltérő arányban tartalmazó csontőrlemények felhasználásával bioaktív üvegkerámiák előállítása. Vizsgáltuk a kiindulási adalékok mikroszerkezetét és kémiai összetételét (SEM-EDX), valamint az említett adalékok felhasználásával és fritteléssel előállított üvegkerámiák fázisösszetételét, morfológiáját. A mechanikai tulajdonságokat a Vickers-féle mikrokeménységgel jellemeztük. A bioaktivitás meghatározására kioldódási vizsgálatokat végeztünk szimulált testfolyadékban, amelyet a kioldódott Ca és P mennyiségével jellemeztük.

**Kulcsszavak:** hidroxipatit,  $\beta$ -whitlockit, bioaktív üvegkerámiák, apatit-wollastonit üvegkerámiák



**P-15**

## **SEBS-G-MA ADALÉKANYAG HATÁSA PET/HDPE KEVERÉKEK TULAJDONSÁGaira**

**Dobrovsky Károly, Dr. Ronkay Ferenc**

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék  
ronkay@pt.bme.hu*

---

A leggyakrabban használt műanyagok általában nem összeférhetők egymással, mégis a polimer keverékek felhasználása egyre szélesebb körű a műszaki területeken. Ennek oka, hogy a keverékkészítés során a műanyagok kedvező tulajdonságai összeadódhatnak. Ehhez javítani kell a fázisok közötti kapcsolódásokat, amely célra kopolimer vagy kompatibilizálószer használható [1]. Az adalékanyag hozzáadásával csökkenthető a fázisok mérete, a kialakuló homogénebb morfológiai szerkezet pedig javítja a keverék dinamikus hatásokkal szembeni ellenálló képességét.

A polimer keverékek felhasználása leginkább az autó- és elektronikai iparban terjed, ahol a műanyagok égési tulajdonsága döntő fontosságú lehet [2]. Különböző égésgátlószeres és nanoanyagok kedvező hatása a műanyagok égéssel szembeni ellenálló képességére már jól ismert [3-5], azonban a negatív hatások a keverék morfológiai szerkezetének tudatos tervezésével is csökkenthetők lehetnek. Fontos lenne ismerni még az adalékanyagok hatását is a keverék éghetőségére, hiszen hozzáadásával a mechanikai tulajdonságok hiába javíthatók, ha az éghetőségi tulajdonságok romlása megakadályozza a keverék tűzveszélyes helyeken történő felhasználását.

A kutatásunkban polietilén-tereftalát (PET), nagysűrűségű polietilén (HDPE) és maleinsav-anhidriddel ojtott sztírol-etilén-butadién-sztírol (SEBS-g-MA) kompatibilizálószer felhasználásával állítunk elő különböző keverékeket, a kialakuló morfológiai szerkezet, a mechanikai- és fizikai tulajdonságok, illetve az égési tulajdonságok közötti kapcsolatok feltárása érdekében. A felhasznált alapanyagok közül a PET jobb mechanikai tulajdonságokat és nagyobb ellenállást mutat égéssel szemben is, mint a HDPE. Célunk a két műanyagból készített keverék mechanikai, fizikai és égési tulajdonságait megvizsgálni különböző morfológiai szerkezet mellett, illetve összehasonítani a kapott tulajdonságokat a kompatibilizálószer is tartalmazó keverékekkel. A vizsgálatok bizonyíthatják a mechanikai- és égési tulajdonságok jelentős változását a fázis inverziós tartományban, illetve rámutathatnak a kompatibilizálószer pozitív hatására az ütvizsgálatoknál, és az esetleges negatív hatásokra is a keverék égési tulajdonságait vizsgálva.

**Kulcsszavak:** műanyag keverék, égésvizsgálat, LOI-index, lángterjedés





### Irodalomjegyzék

- [1] Utracki L.A., Mukhopadhyay P., Gupta R.K.: *Polymer blends: Introduction*. In: Utracki L.A., Wilkie C.A. (eds) *Polymer blends handbook Vol 1, 2nd edn*, Springer, Dordrecht, pp 3-170, 2014.
- [2] Bodzay B., Fejős M., Bocz K., Toldy A., Ronkay F., Marosi Gy.: *Upgrading of recycled polypropylene by preparing flame retarded layered composite*. *Express Polymer Letters* 6, 895-902, 2012.
- [3] Bocz K., Bárány T., Toldy A., Bodzay B., Csontos I., Madi K., Marosi Gy.: *Self-extinguishing polypropylene with a mass fraction of 9% intumescent additive-A new physical way for enhancing the fire retardant efficiency*. *Polymer Degradation and Stability* 98, 79-86, 2013.
- [4] Sauca S., Giamberini M., Cerruti P., Malinconico M., Reina J.A.: *Effect of phosphorous-containing modified poly(vinyl alcohol) on the mechanical and flame retardant properties of polypropylene*. *Express Polymer Letters* 9, 330-343, 2015.
- [5] Liang J.Z., Feng J.Q., Tsui C.P., Tang C.Y., Liu D.F., Zhang S.D., Huang W.F.: *Mechanical properties and flame-retardant of PP/MRP/Mg(OH)<sub>2</sub>/Al(OH)<sub>3</sub> composites*. *Composites Part B: Engineering* 71, 74-81, 2015.



**P-16**

**DUPLEX ACÉLOK LÉZERSUGARAS HEGESZTÉSEKOR BEKÖVETKEZŐ SZÖVETSZERKEZET VÁLTOZÁSOK**

Fábián Enikő Réka<sup>1</sup>, Dobránszky János<sup>2</sup>, Csizmazia János<sup>3</sup>, Ott Robert<sup>3</sup>

<sup>1</sup> BME, Anyagtudomány és Technológia Tanszék

<sup>2</sup> MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport

<sup>4</sup> Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft

*fabianr@eik.bme.hu, Dobranszky.Janos@eik.bme.hu, janos.csizmazia@bayzoltan.hu, robert.ott@bayzoltan.hu*

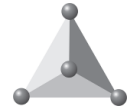
Duplex korrózióálló acélok nevüket a különleges, kettős szövetszerkezetükről kapták, melyet körülbelül fele-fele arányban ausztenites és ferrites fázis alkot. A ausztenit biztosítja az acélnek a jó alakíthatóságot, a szívósságot, a hidrogénes elridegédéssel szembeni ellenállást, míg a ferrit a megfelelő korrózióállóságot főleg a klorid ionnal ionok által indukált pittinggel, réskorrózióval és feszültségi korrózióval szemben. A nikkkel árnak jelentős változása indukálja a duplex acélok folyamatos fejlesztését (például a X2CrNiMnMoCuN24-4-3-2 acél csak 2015-ben került bele a magyar, szabványjegyzékbe).

A lézersugaras hegesztés már az 1970-es években csatlakozott az összeillesztési eljárások családjához, de a duplex acélok hegesztésére még nem széleskörűen alkalmazott eljárás, mivel a duplex acélok hegesztett kötéseiben a hegesztés során bevitt hő és a nagy hűlési sebesség hatására a varratfémekben jelentősen megnő a ferrittartalom. Kevés ismeretünk van duplex acélok hozaganyaggal való lézersugaras hegesztésével kapcsolatban, és ez különösen így van az újabb duplex acélokra vonatkoztatva.

A szövetszerkezet változásának tanulmányozása céljából négy különböző minőségű acélminőségeket vizsgáltunk autogén lézersugaras hegesztése után illetve fémposzorásra alkalmazott Metco 41C por illetve 22 9 3 L N (Avesta 1.4462) típusú huzaladagolás után. Védőgázként argon védőgázt használtunk.

Autogén hegesztés után a ~45 ferrittartalmú X2CrNiMoN22-5-3 minőségű; 1,5mm vastagságú acéllemez varratát több, mint 80% ferrit alkotja, a X3CRMNNIN 21-5-1 minőségű, 1,5mm vastagságú lemeznél nem érte el a 80%-ot, de közelítette. A 60% ferrittartalmú X2CrNiN23-4 minőségű, 2,5 mm vastagságú lemeznél szintén csak ~80 % ferrittartalmat mértünk a varratban akárcsak az 55% ferrittartalmú X2CrNiMnMoCuN24-4-3-2 minőségű, 3 mm vastagságú lemezeknél.

Por adagolással végzett hegesztés után számos esetben a varrat jelentős inhomogenitást mutatott (a varratok korona részében több mintánál dominált az ausztenites szövetszerkezet), de átlagosan is a varratok ferrittartalma kisebb volt, mint a hozaganyag nélküli hegesztéseknél. A hegesztési sebesség növelésével nemcsak a varrat alakja módosul, de az ausztenites por hatására kialakuló ausztenites fázis varratfémbe való bekeveredése kevésbé valósul meg, mint a kisebb hegesztési sebességeknél. A vizsgált duplex acéloknál a 0,8 mm átmérőjű 22 9 3 L N minőségű huzaladagolás után a varratok ferrittartalma nem mindig lett kevesebb, mint autogénhegesztés után, de a huzaladagolás a varratokban a szemcsék alakját befolyásolta, ami nyilvánvalóan befolyásolja a mechanikai tulajdonságokat.

**P-17****ELEKTROMOSAN VEZETŐ FÁZISOKAT TARTALMAZÓ KERÁMIÁK MIKRO-SZIKRAFORGÁCSOLHATÓSÁGÁNAK MODELLEZÉSE**

Farkas Balázs Zsolt

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gyártástudomány és –technológia Tanszék*

A műszaki kerámiák jelentősége az iparban egyre növekszik, azonban a sajátosságaiknak köszönhetően feldolgozásuk nehézségekbe ütközik. A szikraforgácsolás már sok évtizedes múltra visszatekintő anyagválasztó technológia, de alkalmazhatóságának korlátot szab a megmunkálandó anyag elektromos vezetőképessége. A kerámiák összetételének megfelelő beállításával azonban lehetőség nyílik arra, hogy a kerámiát anélkül tegyék vezetővé, hogy az ötvözésnek a mechanikai tulajdonságaira jelentős hatása lenne. Így a kerámia szikraforgácsolhatóvá válik.

A mikroméretű szikraforgácsolás során a szikrakisülések energiája alacsonyabb. Ezzel elkerülhető a hőfeszültségekből eredő felületi repedés, de a kisülések átmérője is akár az átlagos szemcseméretnél is kisebb. Ebből következően és az eltérő termodinamikai tulajdonságok miatt egyes szemcsék jobban, mások kevésbé olvadnak meg. A szikrakisüléssel végbemenő anyagválasztás összetett, mikroheterogén folyamat. Szimulációjára vége-selemes modell készült, amely különböző paraméterek beállításánál lehetővé teszi a technológia leírását.

A modellel végzett szimulációk kimutatták, hogy a szikrakisülés során bevitt teljesítmény jelalakja befolyásolja az anyagválasztási folyamat stabilitását és a felület repedezettségét. Ilyen módon lehetővé vált az optimális szikraforgácsolási paraméterek megkeresése.

A szimuláció eredményeit a kísérletek igazolták. A Gyártástudomány és –technológia Tanszéken rendelkezésre álló Sarix SX-100 mikro szikraforgácsoló marógépen széles tartományban állítható paraméterek lehetőséget adtak arra, hogy a különböző összetételű, de többségében  $\text{Al}_2\text{O}_3$  alapú kerámiákon kimutassuk a stabil és instabil anyagválasztási tartományokat is.

A kapott eredmények alapján az ismert összetételű vezető kerámia anyagokra meghatározhatók azok az optimális szikraforgácsolási paraméterek, amelyekkel a felületben elkerülhetőek a túlzott, repedésveszélyes hőfeszültségek, de még stabil, és viszonylag gazdaságos az anyagválasztási folyamat.



P-18

**ALAKVÁLTOZÁSI ENERGIA ALAPÚ MODELL ERŐMŰVI ACÉLOK KISCIKLUSÚ FÁRADÁSÁNAK LEÍRÁSÁRA**

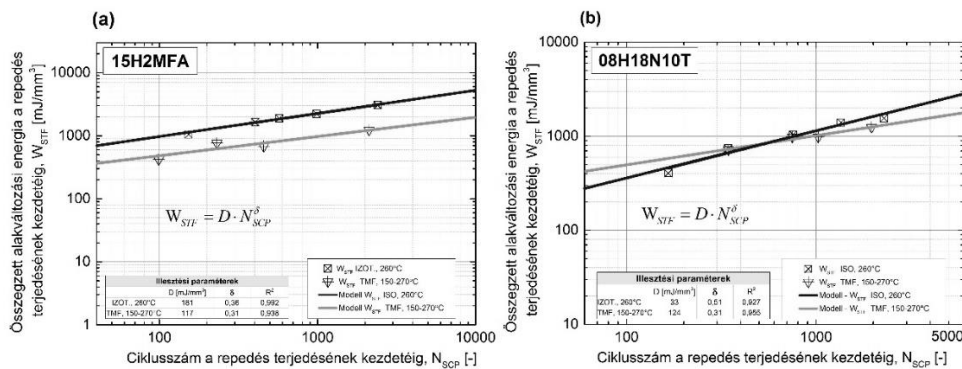
Fekete Balázs<sup>1,2</sup>, Szekeres András<sup>2</sup>, Trampus Péter<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dunaújvárosi Főiskola

<sup>2</sup> BME Gépészmérnöki Kar, Műszaki Mechanikai Tanszék

Áttekintve a hazai és nemzetközi szakirodalmat a fémes szerkezeti anyagok kisciklusú fáradási modelljeinek témakörében, az tapasztalható, hogy a hagyományos képlékeny alakváltozás amplitúdón alapuló modellek mellett egyre több, a károsodásig felhalmozott alakváltozási munkán alapuló modellt dolgoztak ki. Arra a jelenségre azonban kevés figyelem fordítódik, hogy a képlékeny alakváltozási munka jelentős része hővé alakul, átadódik a környezetnek és az anyag mikroszerkezeti változtatásában nem vesz részt [1]. Kutatások bizonyítják, hogy a képlékeny alakváltozás során létrejövő hőfejlődés mértéke erősen függ az alakváltozás körülményeitől (alakváltozás mértéke, sebessége), és az anyag mikroszerkezetétől. Ezek alapján kijelenthető, hogy a kisciklusú fáradási folyamat energetikai értékelése során igen nagy bizonytalanságot jelent, hogy a vizsgálattechnikai körülmények és az így adódó mérőszámok a valós szerkezet terhelését mennyire modellezik megfelelően.

A kutatómunkánkban károsodási modellt javasunk, amely a fentieket figyelembe véve károsodási paraméterként a tárolt alakváltozási energiát foglalja magában. A modellt gyengén ötvözött 15H2MFA minőségű reaktortartály acélon és ennek plattírozott rétegét adó, ausztenites szövetszerkezetű 08H18N10T acélon végzett fárasztókísérletek eredményei alapján validáltuk [2,3].



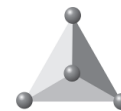
1. ábra – A tárolt alakváltozási energia összegzett értéke a repedés terjedésének megindulásához szükséges ciklusszám függvényében.

**Irodalomjegyzék**

[1] Balazs Fekete, Andras Szekeres: Investigation on partition of plastic work converted to heat during plastic deformation for reactor steels based on inverse experimental-computational method. *European Journal of Mechanics - A/Solids*, Vol. 53. 2015, pp. 175-186

[2] Balazs Fekete, Peter Trampus: Isothermal and thermal-mechanical fatigue of VVER-440 reactor pressure vessel steels. *Journal of Nuclear Materials*. Vol. 464. 2015. pp. 394-404

[3] Balazs Fekete: New energy-based low cycle fatigue model for reactor steels. *Materials and Design*. 2015. Vol. 79. 2015, pp. 42-52

**P-19****PULZÁLÓ ÁRAMMAL IMPLANTÁTUM ANYAGOKRA LEVÁLASZTOTT  
ANTIMIKROBIÁLIS ÉS BOKOMPATIBILIS MÓDOSÍTOTT KÁLCIUM FOSZFÁT RÉTEGEK  
ELEKTROKÉMIAI MINŐSÍTÉSE****Furkó Mónika<sup>1</sup>, Fábíán Enikő Réka<sup>2</sup>, Balázs Csaba<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Nonprofit Kft.<sup>2</sup> BME, Anyagtudomány és Technológia Tanszék  
monika.furko@bayzoltan.hu

Az orvosi implantátum anyagokkal szemben támasztott főbb követelmények a megbízható mechanikai szilárdság, kémiai stabilitás, korrózióállóság valamint biokompatibilitás fiziológiai körülmények között. A hagyományos implantátum anyagok lehetővé teszik a károsodott csontsejtek regenerálódását, azonban hosszú idejű alkalmazás esetén toxikus elemek oldódhatnak a szervezetbe. Biológiailag lebomló és biokompatibilis bevonatok alkalmazásával ez a káros hatás kiküszöbölhető. Hidroxiapatit [ $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , HAP] és egyéb bioaktív kalcium foszfát (CaP) rétegek leválasztásával az implantátum felületére a biokompatibilitás és a csontsejtek ránövésének képessége jelentősen javul és ötvözi a fémek szilárdságát a kerámiaanyagok bioaktivitásával. Az ezüstöt is tartalmazó bevonatok fő előnye, hogy széles spektrumú antimikrobiális tulajdonsággal rendelkezik és a baktériumok nem válnak ellenállóvá vele szemben. Ezáltal az ezüst ionok hatása folyamatos és hosszan tartó, megakadályozva a biofilm képződését az implantátum felületén.

Mostanában egyre nagyobb jelentőséget tulajdonítanak a pulzáló áramú leválasztásnak, mivel ennek segítségével kis szemcseméretű, homogén bevonatok nyerhetőek alacsony hőmérsékletű leválasztás esetén is. Ezek a bevonatok kis belső feszültséggel rendelkeznek és az oldhatóságuk a testfolyadékokban elhanyagolható. A bevonat vastagsága, összetétele, morfológiája tetszőlegesen variálható. Az emberi csont tartalmaz nyomokban nátriumot, magnéziumot, cinket és stronciumot is. A kalcium foszfát réteget tetszőlegesen lehet módosítani ezen elemek beépítésével a rétegbe. Az egyik legnagyobb előnye az Ag, Zn and Sr–al módosított CaP rétegeknek, hogy elősegítik a csontránövést és gyorsítják a sebgyógyulási folyamatot. Ez a bevonat fokozatosan degradálódik, beoldódik a szervezetbe és elősegíti, felgyorsítja a csontszövetek gyógyulását.

Munkánk során elektrokémiai úton, pulzáló áram segítségével választunk le bioaktív CaP és Ag, Zn módosított CaP rétegeket Ti6Al4V ötvözet alapra. Vizsgáljuk a leválasztás paramétereinek hatását a réteg morfológiájára, valamint a réteg korróziós hajlamát potenciodynamikus görbék felvételével és Elektrokémiai Impedancia Spektroszkópiával (EIS).

**Irodalomjegyzék**

[1] M. Lakatos-Varsányi, M. Furko, T. Pozman: *Electrochemical impedance spectroscopy study on silver coated metallic implants*, *Electrochimica Acta*, 56, (23) 7787-7795. (2011)

[2] Nikolett Oláh, Zsolt Fogarassy, Mónika Furkó, Csaba Balázs, Katalin Balázs: *Sputtered nanocrystalline ceramic TiC/amorphous C thin films as potential materials for medical applications*, *Ceramics International*, *Ceramics International* 41 (4) 5863-5871. (2015)

[3] M. Furko, M. Lakatos-Varsányi, C. Balázs: *Comparative corrosion study on silver coated metallic implants*, *Materials Science Forum* 812, 327-332. (2015)



**P-20**

## **GRAFÉN SZALAGOK ÖSSZENÖVÉSÉNEK FÜGGÉSE VÉLETLEN JELENSÉGEKTŐL**

**Fülep Dávid<sup>1</sup>, Zsoldos Ibolya<sup>1</sup>, László István<sup>2</sup>**

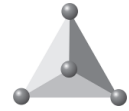
<sup>1</sup> *Széchenyi István Egyetem*

<sup>2</sup> *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem*

*fulep@sze.hu, zsoldos@sze.hu, laszlo@eik.bme.hu*

---

Litográfiai módszerekkel jelenleg néhány nm-es pontossággal lehet kivágni különböző alakzatokat grafén lapból. Feltételezve, hogy az atomi pontosságú kivágás lehetősége megvalósításra kerül, elméleti szimulációk eredményeivel javasoljuk 3D szén nanoszerkezetek tervezett előállítását grafén alakzatok összenövesztésével. Ebben a munkában molekuláris dinamikai szimulációkkal vizsgáljuk, mennyire stabil az egyenes szén nanocsövek grafén szalagokból való összenövése, ha a kezdeti hőmérsékletet véletlen sebességekkel vesszük figyelembe.



## P-21

## MATEMATIKAI MODELL TÁVHŐSZOLGÁLTATÁS HŐFORRÁSAINAK OPTIMÁLIS ELOSZTÁSÁRA

Göblyös Béla<sup>1</sup>, Prof. Dr. Réger Mihály<sup>2</sup>

<sup>1</sup> DVCSH Kft.

<sup>2</sup> Óbudai egyetem

Egy adott - távfűtést használó – település hőigénye több forrásból és/vagy több módszerrel is kielégíthető. Az egyes forrásokat gazdaságossági, környezetvédelmi, stb. szempontok alapján csoportosítani majd a csoportokat rangsorolni is szükséges. A csoportosítás egyik célszerű módja az alábbi:

$Q_1$ : azon hőforrások csoportja, amelyek káros anyagok megsemmisítésével/ártalmatlanításával egyidejűleg keletkeznek (pl: szemétegetés, iszaprohasztás, ...)  $Q_2$ : azon hőforrások csoportja, amelyek az adott településen már egyéb okból rendelkezésre állnak (pl: technológiai hő, ...)  $Q_3$ : megújuló energiaforrások (pl: napenergia, biomassa, ...)  $Q_4$ : fosszilis energiaforrások (pl: szén, olaj, földgáz, ...)

Ezek alapján megalkotható a modell, melynek célja a távhőszolgáltatásban felhasznált primer energiahordozó minimalizálása,  $Q_{igény} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$  és  $Q_4 \rightarrow \min.$  célfüggvény vagy (lévén, hogy - adott időszakot vizsgálva -  $Q_{igény} = \text{const.}$ ) az azzal egyenértékű  $Q_1 + Q_2 + Q_3 \rightarrow \max.$  célfüggvény megoldása.

A modell megalkotásához a lineáris programozás egyik klasszikusát vesszük alapul, a hátizsák problémát (knapsack problem) [58,59] és ezt módosítjuk a hőszállítás speciális esetére, azaz:

1, Az eredeti problémában szereplő hátizsák a vizsgálandó település lesz, a hátizsák kapacitása így a település hőigényével lesz azonos, azaz  $c \rightarrow Q_{igény}$ .

2, Az egyes elemek tömege helyett az egyes hőforrásokból rendelkezésre álló hőmennyiségek szerepelnek a modellben, azaz  $m_i \rightarrow Q_i$ . Az eredetileg megfogalmazott feltétel, miszerint  $m_i > 0$  továbbra is fennáll, az egyes hőmennyiségek szintén pozitív számok, azaz  $Q_i > 0$ .

3, Az egyes elemek  $f_i$  fontossági értékét a vizsgált településen a rendelkezésre álló hőforrások prioritása határozza meg.

4, Az alap hátizsák probléma tárgyalása során bevezetett  $x_i$  bináris változó helyett bevezetjük az  $y_i$  változót, mely felső korlátul szolgál az egyes hőforrások tekintetében és az  $y_i = r_i$  azt jelenti, hogy az  $i$ -edik elemet  $r_i$  alkalommal használjuk fel.

5, A feladat megfogalmazásából és a fizikai alapokból adódóan a modellben használt  $Q_i, f_i, r_i$  és  $y_i$  értékek nemcsak egész értékeket, hanem tört értékeket is felvehetnek.





i, Az egyes hőforrásokból származó hőmennyiségekből a település hőigénye maradéktalanul kielégíthető:  $\sum_{i=1}^n Q_i y_i = Q_{igény}$

ii, A rendelkezésre álló hőforrások felső korláttal rendelkeznek:  $\forall_{i \in \{1, \dots, n\}} y_i \in \{0, \dots, r_i\} \quad r_i \in \mathbb{R}$

iii, Az összes fontossági érték akkor maximális, ha a fajlagos fontossági értékek és a bekerülő elemek szorzatainak összege maximális, azaz:  $\sum_{i=1}^n f_i y_i \rightarrow \max$ .

iv, Kikötjük, hogy a  $Q_1 > Q_{igény}$  vagy  $(Q_1 + Q_2) > Q_{igény}$  esetet triviális megoldásnak tekintjük.

Bebizonyítható, hogy a fenti feladatnak van megoldása, létezik algoritmus a megoldásra, és az így kapott megoldás a választott paramétereket tekintve optimális.



P-22

## A KEVERÉSI HŐMÉRSÉKLET HATÁSA CIKLIKUS BUTILÉN TEREFTALÁTTAL ADAGOLT ELASZTOMEREK TULAJDONSÁGAIRA

Halász István, Dr. Bárány Tamás

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék  
barany@pt.bme.hu*

A műkaucsukokból készült elasztomerek esetén problémát jelent, hogy nyers töltetlen állapotukban mechanikai és kopási tulajdonságaik olyan szerények, hogy ezek gyakorlati felhasználásra tulajdonképpen alkalmatlanná teszik őket. Ezek javítása különböző töltőanyagokat alkalmaznak (jellemzően kormot és fehér ásványi töltőanyagokat), melyekkel ezek a tulajdonságok jelentősen javíthatók, ám ezek növelik a nyerskeverékek viszkozitását, ami a különböző keverési- és alakadási műveleteket nehezíti, rontja a feldolgozhatóságot. Ennek ellensúlyozása csúsztatók és lágyítók adalékolásával ugyan megvalósítható, ezek viszont általában például a mechanikai tulajdonságokra negatív hatást gyakorolnak. Egy olyan adalékanyag tehát, ami úgy tudja csökkenteni a nyerskeverékek viszkozitását, hogy közben a kész vulkanizátum mechanikai tulajdonságait is pozitívan befolyásolja jelentős alkalmazási potenciállal bírna.

Korábbi kutatások bemutatták, hogy ciklikus butilén tereftalát (CBT) adalékolásával egyidejűleg csökkenthető különböző elasztomerek nyerskeverékeinek viszkozitása [1], valamint javíthatók vulkanizátumaik mechanikai tulajdonságai [1-3]. A kialakult morfológiára azonban, amely alapvető szerepet játszik a különböző egyéb tulajdonságok alakulásában, lényeges befolyást gyakorol az, hogy a két anyag társítása milyen hőmérsékleten zajlik. A hőmérséklet függvényében változik egyrészt a kaucsuk viszkozitása, ezáltal a keverés során fellépő CBT eloszlatását segítő nyíróerők nagysága, másrészt a CBT viszkozitása, valamint szélső esetekben a halmazállapota is, amely az eloszlatás szempontjából szintén kritikus paraméter. Vizsgálataink célja annak feltérképezése, hogy a különböző hőmérsékletek milyen hatással vannak a végtermékben kialakuló morfológiára, valamint hogy ez hogyan változtatja a kész gumik tulajdonságait.

**Kulcsszavak:** ciklikus butilén tereftalát, CBT, elasztomer, gumi, adalék

### Irodalomjegyzék

[1] Halász I., Bárány T.: *Elastomerek tulajdonságainak újszerű módosítási lehetősége, Műanyag és Gumi* 51, 315-318 2014.

[2] Karger-Kocsis, J., Felhos, D., Barany, T., Czigany, T.: *Hybrids of HNBR and in situ polymerizable cyclic butylene terephthalate (CBT) oligomers: properties and dry sliding behavior, Express Polymer Letters* 2, 520–527 2008.

[3] Xu D., Karger-Kocsis J., Apostolov A. A.: *Hybrids from HNBR and in situ polymerizable cyclic butylene terephthalate (CBT): Structure and rolling wear properties, European Polymer Journal* 45, 1270-1281 2009.



**P-23**

**LÉCESMARTENZITES SZÖVETSZERKEZETBEN BEKÖVETKEZŐ VÁLTOZÁSOK ALAKÍTÁS ÉS HŐKEZELÉS HATÁSÁRA**

**Hangyás István Atanáz, Fábrián Enikő Réka, Berecz Tibor**

*BME, Anyagtudomány és Technológia Tanszék*

*atanaz16@gmail.com, fabianr@eik.bme.hu, berecz@eik.bme.hu*

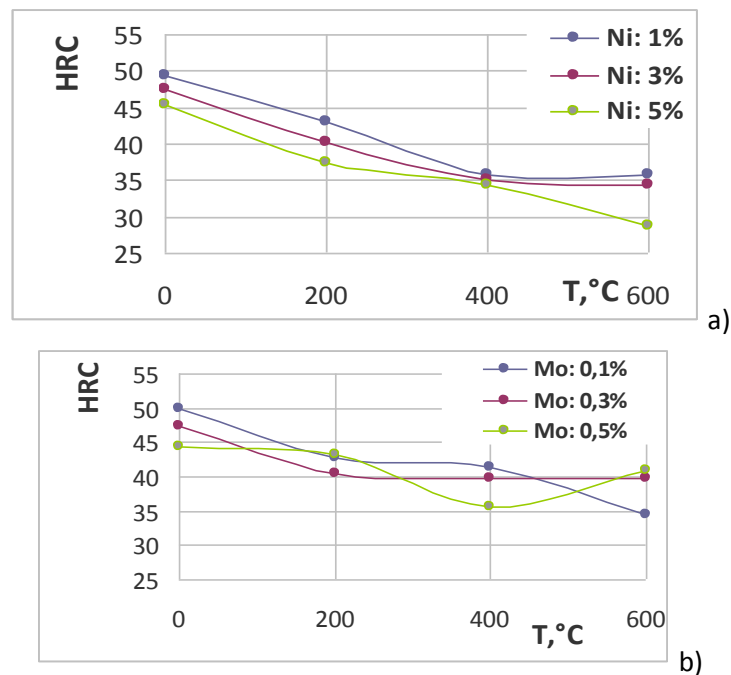
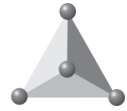
---

Napjainkban az anyagtudományos kutatások egyik irányvonala az acél és annak ötvözeteinek fejlesztéséhez kapcsolódik. A szakirodalom már a kilencvenes évek közepén vizsgálta a nagy keménységgel és szakítószilárdsággal rendelkező lécesmartenzites szövetszerkezetek tulajdonságait. Ez a martenzittípus a kemény és rideg lemezes martenzittel ellentétben kis (0,3% alatti) karbontartalmú acéloknaál alakulhat ki és tulajdonságait a nagy diszlokációsűrűségnek köszönheti. További speciális tulajdonsága a nagymértékű termikus stabilitás, ami azt jelenti, a szövet akár 600°C-os hőkezelésnek is ellenáll, ezzel lehetővé téve az anyagok kiváló keményítését.[1][2].

Hat féle különböző ötvözöttségű 0,15% karbontartalmú acélban hőkezeléssel hoztunk létre léces martenzites szövetszerkezetet. Az így kapott minták mindegyikét hidegen hengereltük 25%-os, 40 %-os, 50%-os és 75%-os fogyással. Egyetlen mintában sem jelent meg felhasadás, még 75% alakítás után sem. A különböző mértékű hidegalakítások után vizsgáltuk a minták szövetszerkezetét hossz-, kereszt- és lapcsiszolatokon; valamint tanulmányoztuk az egyes acél típusok keménységváltozását.

Az alakítottság mértékének függvényében a kezdetben egyenlőtengelyű szemcsék egyre nyújtottabbak lettek, a 75%-os alakítottságú mintáknál a szemcsék nyújtottsága esetenként lapcsiszolaton is meghaladta a 15:1 arányt. A nikkellel ötvözött mintáknál hengerlés hatására monoton keménységnövekedést tapasztaltunk, miközben a molibdénnel ötvözött mintáknál lokális minimumokat is mértünk.

A legnagyobb (75%-os) fogyásnak kitett mintákat különböző hőmérsékleteken hőkezeltük, melynek hatását szintén fénymikroszkóp segítségével és keménységméréssel tanulmányoztuk. A nikkellel ötvözött acéloknaál a hőmérséklet emelésével a keménység csökkent, a molibdénnel ötvözött mintáknál a molibdén tartalom függvényében változott, mely a molibdén karbidképző hatásával magyarázható.



Különböző hőmérsékleteken történő megeresztés hatása 75%-ban alakított acélok keménységére

a) nikkellel ötvözött acélok, b) molibdénnel való ötvözött acélok

### Irodalomjegyzék

[1] A. S. Schulz-Beenken (1997): „Martensite in Steels: its Significance, Recent Developments and Trends” in J PHYS. IV FRANCE 7

[2] CAO Yi, WANG Zhao-dong, KANG Jian, WU Di, WANG Guo-dong (2013): „Effects of Tempering Temperature and Mo/Ni on Microstructures and Properties of Lath Martensitic Wear-Resistant Steels” JOURNAL, OF IRON AND STEEL RESEARCH, INTERNATIONAL. 2013, 20(4), 70-75



**P-24**

**LÉZERSZINTERELT HIBRID ACÉLPÁROKBAN ÉBREDŐ BELSŐ FESZÜLTSG VIZSGÁLATA**

Hatos István, Hargitai Hajnalka, Kovács József Gábor

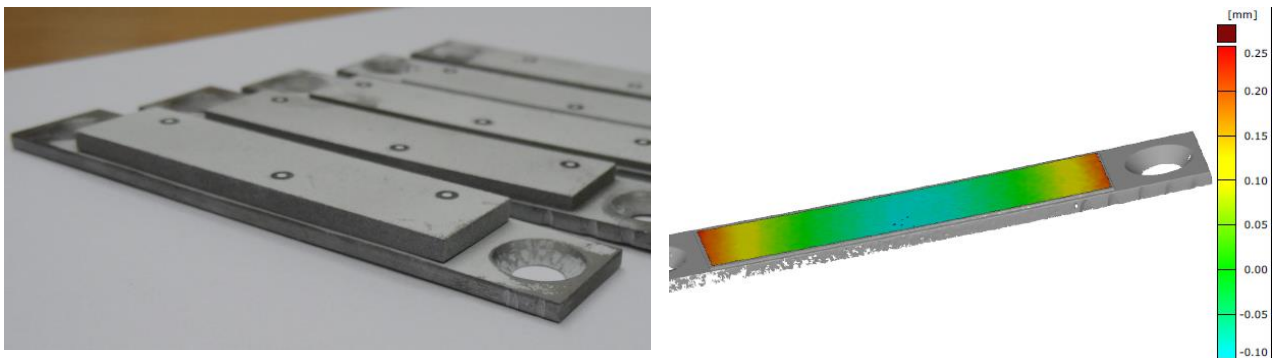
*Széchenyi István Egyetem, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék, Győr*

A rétegről-rétegre építés elvén dolgozó 3D nyomtató eljárások fém alapanyagú változatával (szelektív lézer szinterezés, szelektív lézeres olvasztás) nagy bonyolultságú, közel tetszőleges geometriával rendelkező munkadarabok is gyárthatók fémből. Szerszámgyártásnál, a gazdaságos gyártás érdekében, forgácsolt alapra, közvetlenül ráépítik a formakötő hűtést tartalmazó szerszámvetét felet. A szinterezés jelentős technológiai problémája a gyártás során a munkadarabba bevitt belső feszültség. Az összeépített szerszámvetétek esetén, a belső feszültség nem okoz lényegi deformációt, de megléte a szerszám élettartamát csökkentheti.

Célunk egy olyan vizsgálati módszer kidolgozása, amely segítségével:

- a belső feszültség egyszerű mintákon mérhető,
- ideális anygpárok, szinterzési technológia és hőkezelési eljárások meghatározására alkalmas.

Munkánk során lemez próbatestekre építettünk DMLS (direct metal laser sintering) technológiával adott vastagságú acél réteget. A belső feszültség hatására deformálódott bimetál lemez görbületi sugarát meghatározva, a belső feszültség nagysága jellemezhető. Az anygpárok, építési paraméterek és hőkezelési eljárások belső feszültségre gyakorolt hatásának megismerésével, a belső feszültségek minimalizálását biztosító technológiai ajánlásokat tudunk adni.



1. ábra: bal: hibrid lézer szinterelt minták, jobb: a belső feszültségek okozta deformáció

**Köszönetnyilvánítás**

Az absztraktban ismertetett kutató munka a Bolyai János Kutatási ösztöndíj társfinanszírozásával valósult meg.



P-25

## A POLIETILÉN-TEREFTALÁT (PET), ÉS A POLITEJSAV (PLA) ANYAGSZERKEZETI SAJÁTÓSÁGAI, FELHASZNÁLÁSUK KORLÁTAI

Horváth Tibor<sup>1</sup>, Marossy Kálmán<sup>2</sup>, Szabó Tamás<sup>3</sup>, Zsoldos Gabriella<sup>4</sup>, Kollár Mariann<sup>5</sup>

Miskolci Egyetem, Kerámia és Polimermérnöki Intézet

tibor.horvath70@upcmail.hu, polkal01@uni-miskolc.hu, polsztam@uni-miskolc.hu,  
femzsgab@uni-miskolc.hu, femmaja@uni-miskolc.hu

**Bevezetés:** Kutatásom témája a „környezetbarát” erőforrásokat használó alternatív műanyagok kifejlesztése, illetve az alternatív anyagok alkalmazhatóságának vizsgálata. Az édesiparban használt műanyagoknak speciális követelményrendszernek kell megfelelniük, tehát a jelenleg széles körben használt PET (Polietilén-tereftalát) helyettesítésére is kizárólag olyan anyag választható, amely megfelel a felhasználás igényrendszerének, illetve a vonatkozó előírásoknak. Az alternatív műanyagok természetesen meg kell közelítenie az eredetileg használt PET tulajdonságait, valamint rendkívül fontos szempont a „környezetbarát” megközelítés is, amely előnyben részesíti a biológiailag lebomló műanyagokat. A fentiek alapján alternatív anyagként a PLA-t (Politejsav) választottam, mint megoldási lehetőséget.

A vizsgálatokat PET alapanyagból vett mintákon és kétféle PLA mintatípuson végeztük el. Teszteltük a PDLA – D és L sztereoizomerek keverékéből készített - politejsav mintákat, de tiszta L izomerből készített – PLLA – anyagot is ellenőriztük. A fizikai tulajdonságok mellett az anyagszerkezetek sajátosságait is vizsgáltuk.

**Elvégzett kísérletek:** TMA vizsgálatot INSTRON 5566 univerzális anyagvizsgáló berendezésen végeztük és azt tapasztaltuk, hogy a PET-hez viszonyítva a PLA nagyobb mértékben formázható.

A DMA módszer segítségével meghatároztuk a minták üvegesedési hőmérsékletét. A politejsav Young modulus görbéjének vizsgálatakor azt kaptuk, hogy a politejsav minta már viszonylag alacsony hőmérsékleten, illetve hőmérséklet-változásra is jelentős szilárdságcsökkenéssel reagált. A DMA vizsgálatokhoz MetraviB 25 gépet használtunk.

Az anyagszerkezet vizsgálatát DSC módszerrel - DSC131 Evo berendezésen - végeztük. A függvényelemzés során egyértelművé vált, hogy a vizsgált politejsav minta egyaránt tartalmazza mind az L, mind a D izomereket. Azonban ez a kettős kristályszerkezet egyben az anyag hátránya is, hiszen az eltérő izomerek nem tudnak homogén kristályszerkezetet építeni, lassítják és nehezkessé teszik a kristályosodás folyamatát. Kimutattuk, hogy a deformáció mértékével arányosan az anyag kristályos hányada folyamatosan változik, illetve az anyag tisztasága (szűz / reciklált „vegyes” anyag) is jelentősen befolyásolja az anyag kristályszerkezetét.



A PDLA és PLLA anyagszerkezeti sajátosságait TSD módszerrel is vizsgáltuk. A mérést SETARAM-TSC II. berendezésen végeztük. A kilagyított anyag poláris csoportjait elektromos tér segítségével orientáltuk, majd befagyasztottuk ezt az állapotot. Ezt követően a hőmérséklet lassú emelése mellett vizsgáltuk a kinyerhető áram mértékét, amely a bekövetkezett konformációs mozgásokra, ezzel az anyagszerkezet sajátosságaira utalt. Mindkét anyag (PDLA és PLLA) esetében már alacsony hőmérsékleten, viszonylag kevés betáplált hő hatására megindultak a konformációs mozgások. A hőmérséklet további emelésével ezek a hőmozgások egyre nagyobb mértékűek voltak, illetve az üveges átmenet közelében tapasztaltuk a legnagyobb áramerősséget, amely nagytömegű visszarendeződést igazolt.

**Kulcsszavak:** *színfémek dermedése, ötvözetek dermedése, az öntött szövet szerkezete, a kéregvastagság makroszkópos törvénye, termikus túlhűlés, összetételi túlhűlés*





P-26

**ÖNTVÉNYEK DERMEDÉSI FOLYAMATÁNAK SZEMLÉLETES ÁBRÁZOLÁSA**Janó Viktória<sup>1</sup>, Verő Balázs<sup>1</sup>, ifj. Győri Imre<sup>2</sup><sup>1</sup> Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. Mérnöki Divízió (BAY-ENG) - Korszerű Anyagok osztálya<sup>2</sup> alphaMet Kft., Magyarmet Finomöntöde Kft.

viktorija.jano@bayzoltan.hu, eva@blabla.hu, imre.gyori@alphamet.hu

A színfémek (nagy tisztaságú fémek) és ötvözeteik dermedési folyamatát a termikus illetve az összetételi túlhűlés irányítja. A szerzők kísérletet tesznek az általában külön-külön tárgyalt mechanizmusok egységes leírására, továbbá kimutatják, hogy a termikus túlhűlés által irányított dermedés a forrástagnációt is tartalmazó Fourier-egyenletek, míg az összetételi túlhűlés által irányított kristálynövekedés az ötvöző elemeknek az olvadáskori diffúzióját leíró Fick-egyenletek alkalmasak. Az egységes tárgyalásmódot a Fourier- és a Fick-egyenletek matematikailag analóg volta teszi lehetővé. Az egységes tárgyalásmód alapján igazolható, hogy a tiszta fémek oszlopos dendritjeinek létrejötte nem a dendrit fő tengelyére merőleges irányú hőmérsékleti gradiens hiányával, hanem a lokális dermedési idő nulla értékével magyarázható. A szilárd kéreg növekedésére vonatkozó nézetgyökös törvényszerűség állandójának ismeretében az adott pontban érvényesülő lehűlési sebesség, hőmérsékleti gradiens, valamint a vonatkozó átalakulási diagramok figyelembevételével bemutatjuk a dermedés folyamatát leíró modellek alapjait, egy színfémre, egy szilárd oldatra és egy eutektikus ötvözetre nézve.

**Kulcsszavak:** színfémek dermedése, ötvözetek dermedése, az öntött szövet szerkezete, a kéregvastagság makroszkópos törvénye, termikus túlhűlés, összetételi túlhűlés



**P-27**

## **ÖSSZEFÜGGÉSEK A LÉZERSUGARAS MÉLYVARRATOS HEGESZTÉS EGYES VIZSGÁLATI EREDMÉNYEI KÖZÖTT**

**Jeljeli Leila<sup>1</sup>, Buza Gábor<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Eduvus Főiskola*

<sup>2</sup> *Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.*

A lézersugaras mélyvarratos hegesztések minőségellenőrzésére az egyik legelterjedtebb roncsolásmentes vizsgálati módszer az ultrahangos anyagvizsgálat, ami az ipari alkalmazás során többnyire leginkább megfelel a célnak. A módszer hátránya azonban, hogy időigényes és a hegesztés folyamatában in situ vizsgálatra nem alkalmas.

Egy CO<sub>2</sub> lézersugaras hegesztési kísérletsorozatunk eredményeit pirométeres, ultrahangos és a varrat töretének fénymikroszkópos vizsgálatával értékeltük. Az értékelés során kiemelt hangsúlyt kapott a vizsgálati módszerek eredményeinek összehasonlítása.

A kísérletsorozat alkalmával 247 forgásszimmetrikus előgyártmány és a hozzájuk tartozó, gyűrű alakú, zsigorkötéssel illesztett alkatrész körvarrata készült el. Az egyes varratok között az alkalmazott hegesztési munkagáz összetételében, a hegesztési sebességben, lézersugárforrás teljesítményében és a lézersugár fókuszfoltjának darab felszínétől mért távolságában volt különbség. A lézersugaras mélyvarrat létrehozását minden esetben megelőzte egy tűzővarrat (hővezetési lézersugaras hegesztés) létrehozása, melynek paraméterei minden esetben azonosak voltak. A kör alakú tűző mélyvarrat eleje és vége között kb. 50°-os átfedés van. A tűzővarrat vége és a mélyvarrat eleje között 90° eltérés van. A varratok létrehozása során a lézersugár vezetés alkatrészei álltak, a munkadarabok egyenletes sebességgel forogtak.

A hegesztés közben pirométer segítségével mértük a varratképződés helyéről érkező 1650-2000nm közötti sugárzás intenzitását. A mért adatokat az idő függvényében számítógép rögzítette. A megfigyelések szerint a mért sugárzás intenzitás kiugrásai egyben varrathibákat is jeleztek.

A 274 hegesztési körvarratokon további vizsgálatokat hajtottunk végre. A tömörszerű elő-gyártmányhoz képes mértük a gyűrűszerű alkatrész geometria torzulását (termikus eredetű belső feszültség, ill. vetemedés mértékének mérése 0,005mm pontosságú mérőóra segítségével). A varrat vonalára merőleges sík mentén metszeti maratott metallográfiai csiszolaton geometriai adatokat mértünk (varrat mélysége, korona szélessége, korona magassága, gyök szélessége korona kidudorodás/beszívódás mértéke).

A varratok részletes ultrahangos vizsgálatára egy ultrahangos vizsgáló készüléket tervez-tünk és készítettünk. Az ultrahang fej fókusz-távolsága 40mm, foltátmérője 2,45 mm. A csatolóközeg víz volt. A hegesztett darabot számítógéppel vezérelt léptetőmotor forgatta a vízben. Az ultrahang nyaláb a 2...4,5mm mély varratot oldalirányban, két egymás alatti sávban, 0,45mm átfedéssel tapogatta le. A visszhang jel adatait a forgási helyzet függvényében szintén számítógép rögzítette.

A hegesztett darabokat a forgástengelyt magába foglaló síkok mentén szeletekre vágtuk, majd edző hőkezelést követően eltörtük. A töretfelület a varraton halad át. A varrathibák a töretfelületen szemmel is jól láthatók. Az egzakt vizsgálatot egy virtuális 3D, digitális mikroszkóp segítette.

A vizsgálati eredmények összevetésével kapcsolatot teremtünk a pirométeres mérési adatok és a varrathibák között.



## P-28

## NAGYSZILÁRDSÁGÚ VÉKONYLEMEZEK VEGYES KÖTÉSE MIG ELJÁRÁSSAL

Kalácska Eszter<sup>1</sup>, Májlinger Kornél<sup>1</sup>, Spena Pasquale Russo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Anyagtudomány és Technológia Tanszék*

<sup>2</sup> *Free University of Bozen-Bolzano, Faculty of Science and Technology*

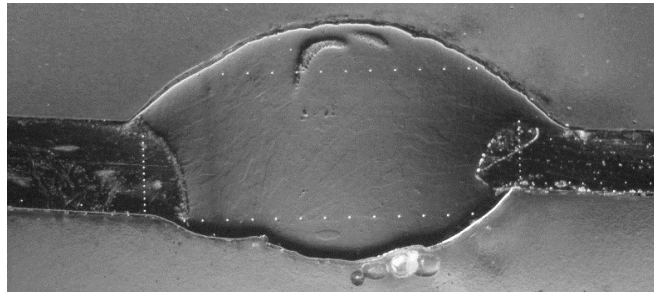
Az autóiparban kiemelt fontosságú szerepet kap a járművek környezetbarát kialakítása, a fogyasztás és így a szennyezőanyag-kibocsátás redukálása. Az üzemanyagigény csökkentésének egyik módja a járművek össztömegének csökkentése, melyet nagy szilárdságú acélok alkalmazásával is elérhetünk. Ezen acélminőségek alkalmazása a karosszéria építésnél a kisebb tömeg mellett az utasok nagyobb fokú biztonságát is eredményezi.

Kutatásunk során TWIP (TWinning Induced Plasticity) és TRIP (TRansformation Induced Plasticity) acélok vegyes kötését hoztuk létre AWS ER 307 Si huzalelektroda segítségével, argon gázvédelem mellett. A TWIP és a TRIP acélok az AHSS- Advanced High Strength Steel, azaz a kiemelten nagy szilárdságú acélok csoportjába tartoznak. A TRIP acél ferrit és bénit mátrixba ágyazott maradék ausztenitből áll, amely szobahőmérsékleten maradó alakváltozás hatására térfogat-növekedés mellett nagy karbon tartalmú martenzitté alakulhat, ezáltal növelve az anyag szilárdságát. A TRIP képlékenysége a fázisátalakulásból fakad. Ezzel szemben a TWIP acélokban a képlékenység az ikersíkok képződésével növekszik. Jelentős Mn-tartalmuk miatt szobahőmérsékleten is ausztenites acélok, ezért számottevő képlékeny alakváltozásra képesek. A felhasznált anyagok összetétele az **1. táblázatban** látható.

**1. táblázat** A felhasznált anyagok kémiai összetétele EDS mérési eredményeink alapján

|           | Összetétel (tömeg %) |      |       |      |      |      |
|-----------|----------------------|------|-------|------|------|------|
|           | Fe                   | Si   | Mn    | Cr   | Ni   | Al   |
| TWIP 1000 | 79,73                | 0,46 | 17,63 | 0,13 |      | 2,18 |
| TRIP 800  | 95,83                | 1,73 | 2,45  |      |      |      |
| AWS 307   | 63,79                | 1,45 | 6,62  | 19,1 | 9,03 |      |

Kísérleteink során egy lineáris hajtás segítségével automatizált MIG hegesztőgépet használtunk mellyel TWIP-TRIP vegyes kötéseket hoztunk létre. A felhasznált TRIP lemez 1 mm, a TWIP 1,5 mm vastagságú volt. Megkerestük az optimális hegesztési paramétereket, melyekkel egyenletes, megfelelő korona- és gyökmagassággal rendelkező varratot hoztunk létre. Az **1. ábra** a kötés makroszkopikus képét mutatja be. Kísérleti eredményeink alapján a hegesztett kötés minősége érzékeny az áram erősségére és a hegesztési sebességre. A kötéseket szakítóvizsgálattal, metallográfiával és mikrokeménység-méréssel minősítettük. A színesre maratott mintákon képelemző szoftverrel kvantitatív is meghatároztuk az egyes szövetelemek arányát.



**1. ábra** A TWIP-TRIP vegyes kötés keresztcsiszolatának sztereomikroszkópos felvétele



---

**P-29****KOSZORÚÉRSZTENTEK FUNKCIONÁLIS TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA**

Károly Dóra

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék*  
*kdora@eik.bme.hu*

---

Szívünk csak egy van. Ha elhal belőle egy nagyobb darab, a fennmaradó része képtelen átvenni a kiesett hányad munkáját, így teljesítőképessége gyengül, és nem tudja megfelelő mennyiségű oxigénnel ellátni a szervezetet. A szívelhalást okozó infarktus azonban megelőzhető, ahogyan a létrejöttéhez vezető egyéb szív- és érrendszeri betegségek, így a koszorúér-betegség is.

Európában a halálesetek leggyakrabban a szív- és érrendszeri betegségekre vezethetők vissza. A betegség során a vérerek belső falán kialakul az úgynevezett plakk, amely egy zsíros, meszes lerakódás. Az ezáltal kialakult szűkület elzárja a vér szabad útját, amely koszorúerek esetén hosszútávon szívizominfarktust okozhat. A sztent vagy értágítóbeté egy olyan általában fémcsőből kivágott biokompatibilis háló, amely a szűkült érszakaszba helyezve összenyomja a plakkot, így kitágítja és megtámasztja az eret.

A sztentek funkcionális tulajdonságai a bevezetés, a feltágítás és az implantáció utáni hosszú távú hatékonyság szempontjából fontos műszaki paraméterek. Az orvosoknak többek közt a koszorúerek állapotától, a szűkület helyétől és görbületétől függően kell dönteniük arról, hogy milyen sztentet választanak a kezeléshez. A sztentek funkcionális tulajdonságainak mérése és számszerűsítése után az orvosok az eredmények birtokában könnyebben és célzottan tudják kiválasztani az adott körülményekhez egyénre szabottan megfelelő sztentet.

A sztentek geometriai és funkcionális tulajdonságainak vizsgálatai a sztentek különböző termékjellemzőire, az orvosfelhasználók általi használat közbeni viselkedésre, illetve a sztentre ható in vivo terhelésekre és igénybevételekre koncentrálnak. Ezek a vizsgálatok szerves részét képezik a sztentek preklinikai, ún. in vitro vizsgálati rendszerének.

A sztent gyártók nagyon kevés adatot adnak meg ezekről a tulajdonságokról. A megadott értékek általában csak geometriai méretek (pl. profilátmérő, bordavastagság), és nincs hozzájuk rendelve tűréshatár. A többi tulajdonság (pl. hajlékonyság, radiális erő) mérési módszerét nem ismertetik és az eredményeket a különböző gyártók különböző mértékegységben adják meg. Mindezek miatt a sztentek funkcionális tulajdonságainak vizsgálata kiemelkedően fontos.



**P-30**

## **KERÁMIA GÖMBHÉJAKKAL ERŐSÍTETT SZINTAKTIKUS FÉM HABOK FÁRADÁSI TULAJDONSÁGAI**

**Katona Bálint<sup>1</sup>, Orbulov Imre Norbert<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék*

<sup>2</sup> *MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport*

---

A zárt cellás nagy szilárdságú fémhabok, mint például a kerámia gömbhéjakkal erősített fémmátrixú szintaktikus fémhabok ígéretes anyagok lehetnek könnyű, de teherviselő szerkezetek építéséhez. Az alkalmazási területük széleskörű: energia elnyelő elemek, rezgéscsillapító alapszövetek, létező alkatrészek kiváltása, főleg a közlekedési eszközökben ezzel az adott szerkezet tömegének csökkentése. Sok esetben fontos ezen anyag fáradási tulajdonságainak ismerete, amely az adott alkatrész várható élettartamáról ad információt.

Kísérleteinkhez folyadék fázisú infiltrációval Al99.5 és AlSi12 alumínium mátrixú, kerámia gömbhéjjal erősített szintaktikus fémhabot alkalmaztunk. A töltő anyag átlagos átmérője 1450  $\mu\text{m}$ , átlagos falvastagsága 58  $\mu\text{m}$ . A fárasztó vizsgálatokat egy Instron 8872-es szervo-hidraulikus fárasztógépen végeztük el. Hengeres próbatesteket ( $\text{Ø}8,50 \text{ mm} \times 12,75 \text{ mm}$ ,  $H/D = 1,5$ ) vizsgáltunk, melyeket 45 HRC keménységű nyomólapok között kenés mellett fárasztottunk egy 2 oszlopos zömítő szerszámban. Különböző terhelési szinteken ( $k=0,6..0,9$ ) vizsgáltuk a próbatesteket, amelyek maximuma az anyag törési szilárdsága alapján lett meghatározva. A fárasztóvizsgálatok során az asszimetria tényező  $R=0,1$  volt a terhelés frekvenciája pedig  $f=10 \text{ Hz}$ .

A vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a tiszta alumínium mátrixú próbatestek nagyobb törési ciklusszámot értek el azonos terhelési szint mellett a nagy képlékeny deformációs képessége miatt, mint az ötvözött mátrixú próbatestek. Az ötvözött mátrix a közel eutektikus összetételnek köszönhetően Si kiválásokat tartalmaz, melyek feszültség koncentrátor hatásuk miatt a repedések jó kiinduló pontjává szolgálnak.



---

**P-31****LEBOMLÓ POLIMEREKBŐL KÉSZÍTETT VÉKONY RÉTEGEK VIZSGÁLATA****Kollár Mariann<sup>1</sup>**, Zsoldos Gabriella<sup>1</sup>, Szabó Tamás<sup>1</sup>, Szóda Kornél<sup>1</sup>, Bak Miklós<sup>2</sup><sup>1</sup> *Miskolci Egyetem, Kerámia és Polimermérnöki Intézet,*<sup>2</sup> *Nyugat Magyarországi Egyetem, Sopron**femzsgab@uni-miskolc.hu, femmaja@uni-miskolc.hu, polsztam@uni-miskolc.hu, szodakornel@gmail.com, stradic@freemail.hu*

---

**Bevezetés:** Jelenleg a lebomló műanyagból készült termékek piaca egyre nő, egyre nagyobb a "kultuszuk", elfogadottá-sőt divatossá vált alkalmazásuk. Kísérleteinkhez olyan anyagokat kerestünk vékony rétegek előállítására, melyek természetes eredetűek, és lebomlóak. Mivel ezek olyan anyagok melyeket nem alkalmaznak elterjedten fóliagyártásra vagy a csomagolástechnikában, hogy legyen összehasonlítási alapunk politejsavból készült fóliát is bevettünk a vizsgálatsorozatokba.

**Elvégzett kísérletek:** A kísérleteket Ca-alginát, Na-alginát, alginsav, állati eredetű zselatin, utimagfűhélypor, guargumi, pektin és politejsavból készült vékony lemezeken végeztük el. A Ca-alginát és az alginsav kivételével desztillált vizes oldatot készítettünk, melyet beszárítottunk. A Ca-alginát fóliához a Na-alginátot reagáltattuk CaCl<sub>2</sub> oldattal. Az alginsav esetében pedig a Na-alginát fóliát ecetsavval reagáltattuk.

A plasztikusabb termék előállítása érdekében az alapanyagokhoz glicerint is adtunk.

A vékonyrétegeken FTIR, duzzadási és oldódási vizsgálatokat végeztünk el, annak érdekében hogy megállapíthassuk, szerkezetük és tulajdonságaik mennyiben tér el egymástól.





## P-32 KÜLÖNLEGES ACÉLOK PLAZMANITRIDÁLÁSA

Kovács Dorina<sup>1</sup>, Blücher József<sup>1</sup>, Dobránszky János<sup>1</sup>, Fábián Enikő Réka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék

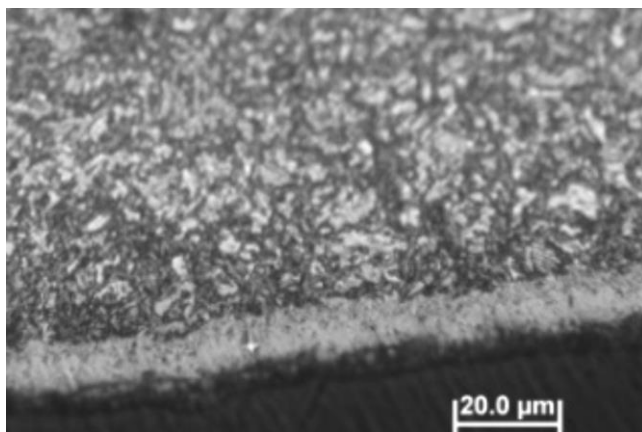
<sup>2</sup> MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport

A kísérleteket saját koncepció és kivitelezés alapján megépített kísérleti plazmanitridáló berendezéssel végeztük a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszéken. A termokémiai kezelés 500–520°C-on, 3 torr nyomáson, vákuum alatt, körülbelül 700 V feszültségen zajlott. A berendezés előnyös tulajdonsága, hogy a vákuumot egy üvegbura határolja, így szemmel is megtapasztalható a kezelt munkadarab körül létrejövő plazma (nitrogén és hidrogén gázkeveréknél lila színű), amely nemcsak látványos, de jól ellenőrizhető is.

A plazmanitridálással létrehozott rétegeket nitrogénhez kevert 20–80% hidrogénes gázkeverékkel hoztunk létre, előzőleg nemesített AISI 4130-as acél alapanyagú próbatesteken. Bármelyik gázkeverési módszert alkalmazzuk, az elméleti háttér ugyanaz; miszerint az anódként kapcsolt kemence alaplapjánál keletkező pozitív töltésű ionok ütköznek a katódként kapcsolt munkadarabba, amely a próbatest felmelegedését okozza fényhatás kíséretében.

Miért van szükség hidrogénre? A hidrogénionok nagyintenzitású becsapódása segíti a felület tisztítását, eltávolítja az acetilén tisztítás után a felületen maradt szennyeződések, s ekképpen elősegíti a nitrogénionok diffúzióját.

Az előzőleg nemesített AISI 4130 típusú acél próbatestek keménységét, szövetszerkezetét metallográfiai vizsgálattal



2. ábra – A fehérreteg 5 óra után



1. ábra – A laboratóriumi plazmanitridáló berendezés

és keménységméréssel vizsgáltuk ipari illetve laboratóriumi körülmények között végzett plazmanitridálás után. A laboratóriumi körülmények közt végzett plazmanitridálás 5 óráig tartott, míg az ipari körülmények közt (80% hidrogén, 20% nitrogén arány) 40 óras a program. A vizsgálati eredmények szerint már 5 óra alatt létrejött a fehérreteg, amely az felületkezelt anyag legkeményebb rétege. Ez az érték 10–15 μm mélységben, 1420–1460 Vickers-keménységet jelent.



---

A fehérretegű próbatest belseje felé haladva az anyag keménysége fokozatosan csökken, míg el nem éri az alapanyag eredeti keménységét.

További célunk a kemence fejlesztésén túl, a fehér réteg növelése valamint az alatta lévő szövet további keményítése különböző arányú gázkeverékeken, majd a felső réteg kopási vizsgálata.



**P-33**

**A KAOLINIT AMMÓNIUM-ACETÁTOS INTERKALÁCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA**

**Kovács András, Kristófné Makó Éva**

*PE-MK Anyagmérnöki Intézet*

---

A kaolinit felületi szerkezetének interkalációval végzett módosítása fontos a gyógyszer-, műanyag- és papíripar számára. Az interkaláció során szerves vagy szervesetlen vendégmolekulák épülnek be a kaolinit kettősrétegei közé. Az interkalációt leggyakrabban oldatos eljárással végzik. Kevésbé használják az olvadékos, homogenizációs és mechanokémiai eljárásokat, pedig ezeknél sokkal kevesebb vegyszert kell alkalmazni. Az ammónium-acetát egy lépésben beépíthető a kaolinit kettősrétegei közé. Az oldatos módszerrel azonban nehézkes az interkalációja. Ugyanakkor a homogenizációs módszer ígéretesnek tűnik az ammónium-acetát direkt interkalációjához.

Kísérleteinkben különböző kristályosodottságú kaolinitet és eltérő mennyiségű halloysitot tartalmazó agyagok homogenizációs módszerrel végzett ammónium-acetátos interkalációját vizsgáltuk. Részletesen elemeztük a kezelési paraméterek (az ammónium-acetát:víz tömegarány, az agyagásvány-tartalom, a hőmérséklet, a pihentetési idő, a zárt/nyitott tárolás) hatását az interkalációra. Rögzítve a 48%(m/m) agyagásvány-tartalmat, a legnagyobb (62%) interkalációt a 2,1-2,5 ammónium-acetát:víz tömegarányoknál értük el (szobahőmérsékleten, zárt tárolással). Továbbá a 2,1 ammónium-acetát:víz tömegarányt használva, a 48%(m/m) agyagásvány-tartalom mellett értük el a legnagyobb (57%) interkalációt (szobahőmérsékleten, zárt tárolással). Megállapítottuk, hogy az általunk már korábban is vizsgált 48%(m/m) agyagásványt, 35%(m/m) ammónium-acetátot és 17%(m/m) vizet tartalmazó keverékkel érhető el a legnagyobb interkaláció a legkevesebb vegyszer felhasználásával a keverék zárt mintatartóban történő tárolása esetén. A vizsgált paraméterek közül a hőmérséklet csökkentése (a minták hűtése) növelte a legnagyobb mértékben az elérhető maximális interkalációt. Míg a minták 20 °C-os 1 hetes pihentetésével csupán 17%, addig a – 24 °C-os 1 hetes tárolást követően 81 % interkalációfokot tudtunk elérni (Zettlitzzi kaolin esetén).

**Kulcsszavak:** *ammónium-acetát, kaolinit, interkaláció, homogenizáció, röntgendiffrakció*



P-34

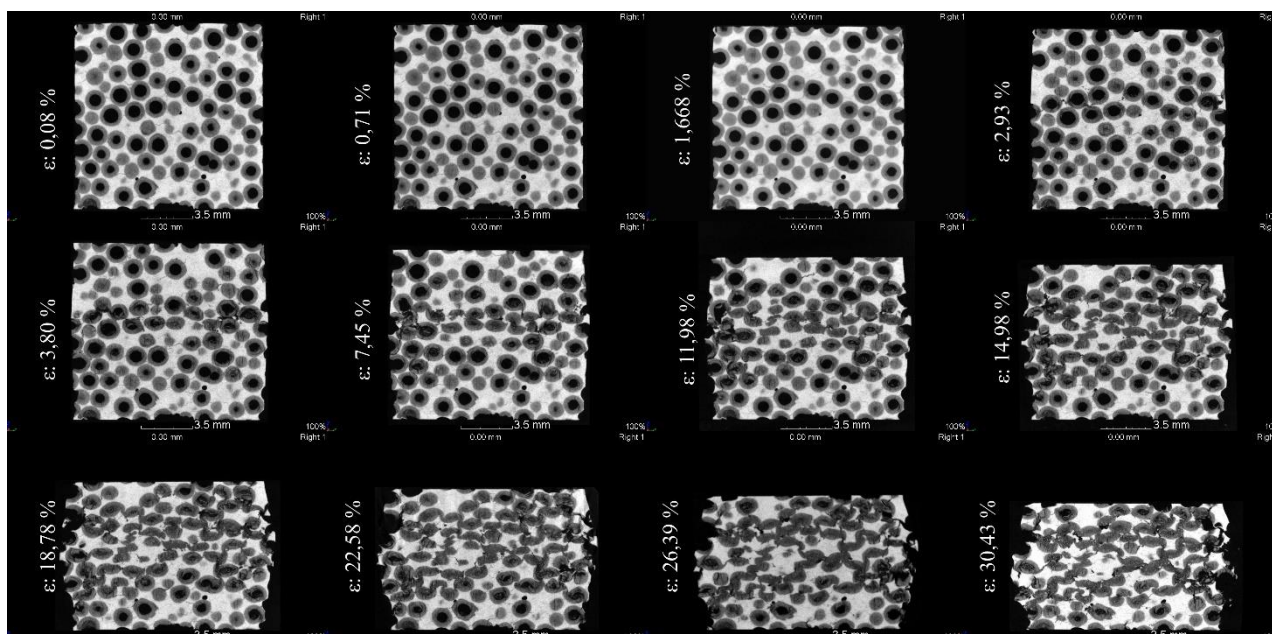
## FÉM – KERÁMIA KOMPOZIT TÖNKREMETELI VIZSGÁLATA

Kozma István, Fekete Imre, Zsoldos Ibolya

Széchenyi István Egyetem, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék

A szintaktikus fémhabok egyre növekvő számú alkalmazása kiváló energiaelnyelő tulajdonságuknak is köszönhető. Több kutatás foglalkozik azzal, hogyan lehet ezt a fizikai jellemzőt tovább növelni. Számos szakirodalmi tanulmány vizsgálta az anyag választás, erősítő anyag cellamértének és falvastagságának hatását a nyomószilárdságra, kvázi-statisztikus valamint dinamikus terhelésnél. A tönkremeneteli folyamatot a szakirodalom a zömitett kompozit elemzésével modellezi. A nyomóvizsgálat során végbemenő struktúra változás empirikus szemléletű vizsgálata nem kellően feldolgozott.

Ezen munkánkban a tönkremeneteli folyamat modellezéséhez szükséges „in situ” vizsgálatot mutatjuk be. Az alumínium-kerámia kompozit habokat szakaszosan zömitettük. A próbatest geometriáját  $\mu$ CT technológiával és digitális képfeldolgozással a nyomóvizsgálat meghatározott pontjain rekonstruáltuk. Meghatároztuk a törött gömbhéjak számát, valamint a gömbhéj üregek térfogatát az alakváltozás függvényében.



1. ábra: szintaktikus fémhab deformációja a CT metszeti képeken az alakváltozás függvényében



**P-35**

## **ÓLOMMENTES FORRASZANYAGOK TERMO-MECHANIKAI TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA FIZIKAI SZIMULÁCIÓVAL**

**Dr. Kuzsella László, Gáspár Marcell, Meilinger Ákos, Prém László, Dr. Lukács János**

*Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Anyagszerkeztani és Anyagtechnológiai Intézet*

*kuzsella@uni-miskolc.hu, gasparm@uni-miskolc.hu, metakos@uni-miskolc.hu, metpreml@uni-miskolc.hu, janos.lukacs@uni-miskolc.hu*

---

Az ólom felhasználására egyre szigorúbb előírások vonatkoznak. Elektrotechnikai alkalmazása napjainkban megszűnőben van. Ólommentes forrasztóanyagok megbízhatósága azonban, sokáig elmaradt az ólomtartalmúakétól, ezért széleskörű kutatások indultak olyan ötvözetrendszerek kifejlesztésére, melyek alkalmazásával az ólomtartalmúakéhoz hasonlóan reprodukálható módon létesíthetők forrasztott kötések. Forrasztás megbízhatóságának egyik fontos záloga, a forrasztóanyag melegrepedés-érzékenységének csökkentése. A melegrepedés-érzékenység – mint termo-mechanikai tulajdonság – vizsgálata rendkívül összetett, hiszen több vizsgálati körülményt is jól szabályozható módon kell kézben tartani a vizsgálat közben. A termo-mechanikus tulajdonságok vizsgálatára egyre szélesebb körben alkalmazzák az anyagvizsgálati módszerek legkorszerűbb irányvonalát képviselő fizikai szimulációt. A fizikai szimuláció segítségével a tényleges folyamatok valósíthatók meg a valósággal egyező időléptékben és a valóságot relevánsan megközelítő geometriai (térfogati) nagyságrendben.

Jelen közleményünkben a Gleeble 3500 termo-mechanikus fizikai szimulátorral határoztuk meg három ólommentes forrasztóanyag termo-mechanikus tulajdonságai közül a zérus szilárdsághoz tartozó hőmérsékletet valamint a hevítés és a hevítést követő visszahűtés közbeni alakváltozó képességét melegsakító vizsgálatokkal. A vizsgálatok végső kimenetele ezen anyagok melegrepedés-érzékenységének megállapítása és összehasonlítása.

**P-36****A CINK ELEKTROLITIKUS KINYERÉSÉNEK HATÁSFOKA, A KINYERT FÉM TISZTASÁGA AZ ÁRAMSÚRÚSÉG ÉS A SZULFÁTTARTALMÚ OLDAT ÖSSZETÉTELE FÜGGVÉNYÉBEN**

László Noémi, Kékesi Tamás

*Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Metallurgiai és Öntészeti Intézet  
ln19901205@gmail.com, kekesi@uni-miskolc.hu*

Napjainkban a primer alkáli elemek felhasználása jelentős. Nagy mennyiségük a használat után a nem megfelelő tárolási és a fejletlen feldolgozási lehetőségek miatt a környezetbe kerülve szennyező forrását jelenthetik. Veszélyes hulladékként történő tárolásuk költséges. Lényeges, hogy a szárazelem-hulladékok összetevői között rendkívül sok értékes elem és vegyület található. A kinyerés szempontjából a legjelentősebb a cinktartalom. A jelen lévő vas és mangán, a cink tiszta kinyerése szempontjából nehézséget okoz. Az értékes fém kinyerésére kifejleszhető hidrometallurgiai eljárások általában csak vegyület formájában célozzák a kinyerést, mivel a cink katódos leválasztása tiszta savas közegből nehezen valósítható meg.

A tiszta fém iránti igény egyre bővül, mivel az ötvözetek gyártása, az öntött termékek fejlődése és az acéltermékek horganyzásra nyersanyagigénye folyamatosan nő. Ez a növekvő igény és a környezetvédelem szigorúsága korszerű technológia fejlesztését igényli.

A fém kinyerését szintetikus  $ZnSO_4$  oldatokból vizsgáltuk 5-100 g/dm<sup>3</sup> cinkkoncentráció tartományban. Az egyenáramot alkalmazó galvanosztatikus kísérletek során az áramsűrűséget 250-1000 A/m<sup>2</sup> tartományban változtattuk. Az elért áramhatásfokokat a katódok egy órás elektrolízisek során mért tömegnövekedései alapján számítottuk. A cellafeszültségét és az oldat savtartalmát digitális mérőeszközökkel folyamatosan regisztráltuk. A katód tisztaságát befolyásoló Mn, Fe és Cu szennyezők viselkedését a szennyezett oldatokból kapott katódfém minták atomabszorpciós spektroszkópiai elemzésével (AAS) vizsgáltuk.

Az eredmények jelzik az oldat cink és savtartalmának meghatározó jelentőségét a leválasztás hatékonyságára és tisztaságára. A fő jellemzők alakulásában a hidrogén együtt leválásának meghatározó szerepe van. A katódfém szerkezete általában dendrites, különösen az aktív felület szélein jelentkeztek durván kinövő kristályok. A levált fém jelentős része azonban a katód középső részén megfelelően tömör réteget is képezhet. A vizsgált szennyezők közül elsősorban a réz és kis mértékben a vas képes együtt leválva rontani a kinyert cink tisztaságát. Ugyanakkor csökkentik a katódos áramhatásfokot és a katódfém szerkezetét is befolyásolják. Ezek alapján újszerű hidrometallurgiai módszerek dolgozhatók ki, amelyek hazai körülmények között, kis beruházással megvalósíthatóak, és fémkinyerési és környezetvédelmi szempontból gazdaságosan és hatékonyan hasznosíthatóak.





**P-37**

## **ÖNTÖDEI MŰGYANTÁS HOMOKMAGOK TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA**

**Mádi Laura Johanna, Dr. Dúl Jenő, Mikó Tamás, Dr. Fegyverneki György**

*Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar*

---

Az üzemanyag felhasználást nem csak a hajtóerő hatásfokának a javításával, hanem az alkatrészek tömegcsökkentésével is mérsékelhetjük. A bonyolult geometriájú, belső üregeket tartalmazó hengerfej öntvények gyártásánál a kis keresztmetszetű, hosszú homokmagok készítése nagy kihívást jelent. A méretpontos öntvények gyártásánál kiemelten fontos a különböző kötőanyagrendszerek öntési hőmérsékletéhez tartozó tulajdonságainak az ismerete, mivel a különböző műgyantás kötőanyagok kiégése, a szilárdsági tulajdonságok változása, a méretváltozás és a gázfejlődés alapján eltérően viselkedhetnek az öntés és dermedés alatt.

A kvarchomokból, kötőanyagból és további adalékanyagokból álló homokmagok szilárdságát a szemcsés rendszerben kialakuló kötéshidak adják. Fontos követelmény a homokmagokkal szemben a gázátbocsájtó képesség a fejlődő gázok elvezetésére, melyhez összefüggő pórusokat tartalmaz. A követelmények teljesítése csak optimalizálással valósítható meg, pl. a nagyobb szilárdságot több kötőanyaggal lehet megvalósítani, ugyanakkor ez a gázfejlődés miatt kedvezőtlen.

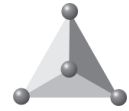
A maghomokok hőterhelése közben a homokszemcsék közötti kötés változásához és a homok hőtágulásához tartozó tulajdonságok vizsgálatára alkalmas a Symphon-Gerosa fejlesztésű, Hot Distortion Tester berendezés. A Miskolci Egyetem Öntészeti Intézetében lévő berendezéssel a Nemak Győr Alumíniumöntöde által alkalmazott különböző kötőanyag-rendszerek és a homokok felhasználásával készített keverékek összehasonlító vizsgálatát végeztük el.

A hot-box és cold-box eljárással különböző összetételű magkeverékek esetén vizsgáltuk a szemcseösszetétel, a gyanta minőségének és mennyiségének hatását a magok szilárdságára és termikus deformációjára. Hajlítószilárdság vizsgálatához egy univerzális Instron 5982 anyagvizsgáló berendezést használtunk.

Méréseink azt igazolták, hogy az eltérő kötőanyag-rendszernek (fenol-, furán-gyanták) és a kötési eljárásnak (hot-box és cold-box) jelentős a hatása a szabványos próbatestek hőtágulására és a degradáció időtartamára, ugyanakkor a hideg hajlító-szilárdság értékében nem tapasztaltunk számottevő eltéréseket.

A vizsgálati eredmények fontosak és használhatóak a különböző geometriájú, ezáltal eltérő hőterhelésnek kitett homokmagokhoz használható kötőanyag-rendszerek kiválasztásához és a keverékek összetételének optimalizálásához.



**P-38****AZ EDZÉSI HŐMÉRSÉKLET ÉS AUTÓIPARI FOGASLÉC ELŐTERMÉK MARADÓ FESZÜLTSEGE KÖZÖTTI KAPCSOLAT VIZSGÁLATA****Majtényi József<sup>1</sup>, Dr. Mertinger Valéria<sup>2</sup>, Dr. Benke Márton<sup>2</sup>**<sup>1</sup> *Lech-Stahlveredelung GmbH*<sup>2</sup> *Miskolci Egyetem Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet*

A járműipar magas követelményeket támaszt a járműipari beszállítókkal szemben, nem csak a méretpontosság, felületi érdesség vagy az anyag összetételére vonatkozóan, hanem olyan – egyszerű módszerrel – nem mérhető tulajdonságokkal szemben is mint a maradó feszültség a (fél)kész termékben, amely a készre munkálás során a darab megmunkálását nehezítheti, vagy bizonyos esetekben felhasználhatóságát további megmunkálásra teljesen alkalmatlanná teheti. Ezért a nyersanyag különböző megmunkálási fázisai után, (nemesítés, hántolás / nyomópolírozás, feszültségmentesítő hőkezelés) különböző módszerrel történő maradó feszültség állapot vizsgálata indokolt. A Lech-Stahlveredelung GmbH által alkalmazott minősítő eljárás az ún. marópróbás vizsgálat melynél egy makroszkópikus deformáció változásból következtetünk a jelenlévő maradó feszültség meglétére, nagyságára. Ez a módszer nem ad a számszerű feszültség értéket. A maradó feszültség számszerű jellemzésére röntgen diffrakciós vizsgálatokat végeztünk a Miskolci Egyetem Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetében. Célunk a marópróbás módszer validálása, az edzési hőmérséklet változtatásának maradó feszültségre gyakorolt hatásának vizsgálata.



P-39

## ÜVEGSZÁL ERŐSÍTÉSŰ POLIÉSZTER HULLADÉKOT TARTALMAZÓ CEMENTHABARCS MECHANIKAI TULAJDONSÁGAINAK JAVÍTÁSA

Makó Éva, Malovecky Anna, Bódy Zoltán

*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar*

Kémiai kezeléssel és szuperplasztifikátor alkalmazásával részletes kísérleteket folytattunk a hőre keményedő üvegszál erősítésű poliészter (GRP) hulladékot tartalmazó cementhabarcs mechanikai tulajdonságainak javítása érdekében, hogy bővítsük a GRP hulladék újrahasznosításának alkalmazási lehetőségeit. A hőre keményedő üvegszál erősítésű poliészter a kompozit műanyagok közé sorolható, amely kondenzációs polimerizációval előállított poliészter mátrixot és üvegszál erősítőanyagot tartalmaz. A GRP-t többek között hajótestek, fürdőkád, tartály, zuhanytálca, elosztó szekrény, járműipari karosszériaelemek gyártásánál alkalmazzák. A műanyaggyártás és alkalmazás növekedése a hulladék mennyiségének folyamatos növekedését eredményezi. A keletkezett műanyag hulladék abszolút térfogata nagy, ezért csökkentése, illetve újrahasznosítása elengedhetetlen. A műanyagok újrahasznosítása égetéssel, kémiai lebontással, újrafeldolgozással, és töltőanyagként való felhasználással stb. történhet. A hőre keményedő műanyagok újrahasznosítása (ellentétben a hőre lágyulóval) igen korlátozott. A hulladéklerakóban való elhelyezés, vagy az anyag elégetése erősen környezetszennyező megoldások, ezért fontos az újrahasznosítás más kedvezőbb megoldásainak kutatása. Az egyik ilyen lehetséges megoldás az építőanyag-iparban, a betonban vagy habarcsban levő aggregátum (kavics, homok) részleges helyettesítése a műanyag hulladékkal. Így az aggregátumnál a nyersanyagok egy része hulladékkal helyettesíthető. Aprított vágási GRP hulladék cementhabarcsban való alkalmazhatóságát vizsgáltuk. Portlandcementből 5 %, 10 %, 15 % és 20 % GRP hulladék adagolásával (a kavicsos homok részleges helyettesítésével) szabványos próbatesteket készítettünk. Vizsgáltuk a GRP adagolásának és kémiai (30 % (m/m) NaOH, vagy 20 % (m/m) sósav oldattal végzett) kezelésének, illetve szuperplasztifikátor alkalmazásának és a víz/cement (v/c) tényezőnek a hatását a habarcs bedolgozhatóságára, mechanikai és morfológiai tulajdonságaira, testsűrűségére, és látszólagos porozitására. Megállapítottuk, hogy a 0,5-nél nagyobb v/c tényező a 20 % GRP-tartalommal készített próbatest nyomószilárdságát 12 %-kal és hajlítószilárdságát 30 %-kal növelte, ami feltehetően a cement jobb hidratációjának volt köszönhető. Az 5 %, 10 %, 15 % GRP-tartalmú mintáknál a v/c tényező növelése a jobb bedolgozhatóság ellenére, a porozitás növekedése miatt, nem növelte a szilárdságot. A GRP NaOH-val végzett kezelése kb. 10 %-kal növelte az 5 %, 10 % és 15 % GRP-tartalomnál a cementhabarcs szilárdságát, mivel az érdekesebb felületűvé vált üvegszálak jobban kötődtek a cementes mátrixban. Az 5 % NaOH-val kezelt GRP-t tartalmazó cementhabarcs szilárdsága 10 %-os hibahatáron belül megfelelt a referencia cementhabarcs szilárdságának. A GRP sósvas kezelése már 5% GRP-tartalomnál rontotta a cementhabarcs szilárdságát. A kereskedelemben kapható BASF Glenium C300 szuperplasztifikátor (cement tömegére vonatkoztatott 0,4%-os) adagolása egyértelműen a GRP NaOH-val végzett kezelésnél nagyobb mértékben javította a GRP-tartalmazó cementhabarcsok szilárdságát.

**P-40****A STRONCIUM MÓDOSÍTÓ HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA ALSI8CU3 ÖNTÉSZETI ÖTVÖZET ESETÉN****Mende-Tokár Monika<sup>1</sup>, Fegyverneki György<sup>1</sup>, Boros Viktória<sup>1</sup>, Mertinger Valéria<sup>2</sup>**<sup>1</sup> *Miskolci Egyetem, Öntészeti Intézet*<sup>2</sup> *Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet*

Napjainkban a járműipari öntvénygyártás területén az egyre szigorúbb vevői követelményeket és költségcsökkentési szempontokat figyelembe véve kell jó minőségű öntvényeket gyártani. Az öntvénygyártás során az egyik meghatározó tényező az olvadék minősége és annak előkészítési folyamata, amellyel jelentős befolyással lehetünk a később felhasználásra kerülő öntvények megfelelőségére.

Az öntvények szilárdsági tulajdonságaira jelentős minőség javító hatással van az ún. „módosítás”, mely során az olvadékba történő előötvözet hozzáadásával az eutektikus szilíciumot finomítjuk, és ezáltal megakadályozzuk a durva szilícium kristályok képződését. A legelterjedtebb módosító ötvözők közé tartozik a stroncium, de kisebb mértékben az antimont is alkalmazzák.

Kutatómunkánk célja a módosítottság szempontjából hasznos stroncium koncentrációra vonatkozó összefüggések keresése üzemi viszonyok között végzett kísérletek esetén. A kísérletek során változtattuk a kiinduló stroncium koncentrációkat és az olvadék nitrogénnel történő rotoros gáztalanítási időtartamát.

A szövetszerkezet módosítottságának mértékét az eutektikum kristályosodása során mérhető (módosítatlan ötvözet eutektikus hőmérsékletéhez viszonyított) túlhűlés nagysága alapján, a szövetszerkezet kvantitatív számítógépes képelemzésével, illetve a szövetszerkezet etalon-képekkel történő összehasonlításával határoztuk meg. Ezen módszerekkel célunk volt annak meghatározása, hogy milyen korreláció van a lehűlési görbékből számolható  $\Delta T$  túlhűlési hőmérséklet alapján, a szövetszerkezetek kvantitatív számítógépes képelemzésével és etalon-sorozattal történő összehasonlításával megállapított módosítottsági szintek között.

A nitrogénes gáztalanítással végzett kísérletek eredményéből megállapítható, hogy az olvadékban kétféle folyamat játszódhat le a stroncium szempontjából: egyrészt a beadagolt stroncium oldódik a rendszerben (ez növeli a kimutatható stroncium koncentrációt), másrészt az olvadékban lévő (korábban is benne lévő és most beoldódó) stroncium egy része folyamatosan „leég”, vegyület képződhet, salakba távozzhat, csökkentve a kimutatható stroncium koncentrációt.



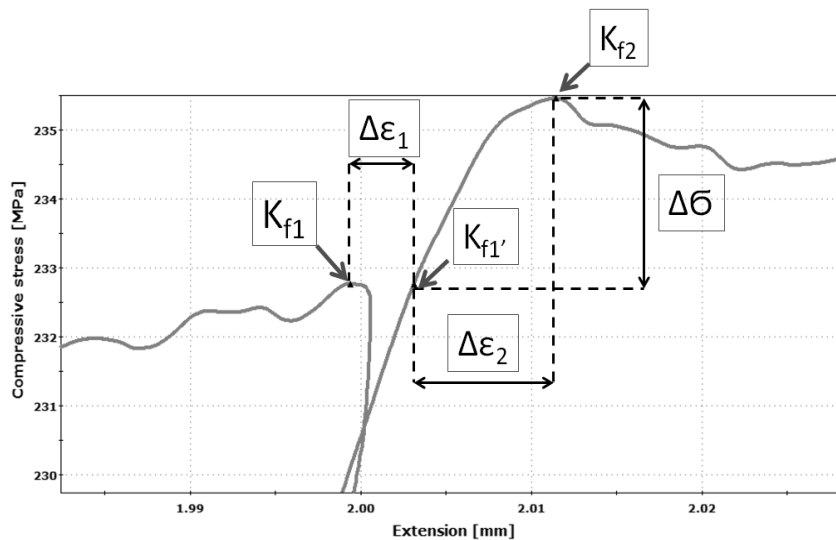
P-41

ISMÉTELT FOLYÁSI JELENSÉG ALUMÍNIUM ÖTVÖZETEKEN

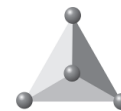
Mikó Tamás<sup>1</sup>, Szabó Gábor<sup>2</sup>, Dr. Barkóczy Péter<sup>3</sup>

Miskolci Egyetem, Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet

A folyásgörbék a képlékeny alakító technológiák tervezésének alapjául szolgálnak. Felvételük egy adott mértékű folytonos alakítási művelet során történik. Az ipari technológiákban azonban szinte kivétel nélkül egymást követő több alakítási folyamat során érik el a kívánt geometriát. Az irodalom szerint ezek során az alumínium ötvözetek folyása arról a feszültségről folytatódik, ahol az előző alakításnál az befejeződött. Vannak azonban olyan ötvözetek, melyek képlékeny alakváltozása ettől kisebb, vagy nagyobb feszültség elérése esetén indul meg.



Munkánk során különböző alumínium ötvözetben végeztünk el szobahőmérsékleten egymást követő zömítővizsgálatokat. Tanulmányoztuk a terhelés és tehermentesítés sebességének, a tehermentesítés mértékének és az alakítások között eltelt időnek a hatását. A felvett folyásgörbéken a rugalmas és képlékeny alakváltozás határán bizonyos körülmények esetén feszültségcsúcs jelent meg, melynek nagysága az alakítás mértékének növelésével folyamatosan csökkent. A vizsgált ötvözetek nagyrészt huzalalanyagok, és huzaltermék készül belőlük (távvezeték huzal, hegesztő huzal). Feldolgozásuk gazdaságosan sorozathúzó berendezéseken történik. A beépített fogyású berendezéseken nagyon kevés a szabadsági fok a technológia tervezése során. A húzási fokozatok között eltelt idő és a kihúzáshoz alkalmazott erő bizonyos határok között szabályozható csak, és nagyrészt a gépi adottságoktól függenek. A vázolt jelenség vizsgálata módot ad, hogy az alumínium húzási technológiáját optimalizáljuk. Eredményeinket elemezzük ebből a szempontból is.



P-42

## RECIKLÁLT PET MORFOLÓGIÁJÁNAK MODULÁLT DSC VIZSGÁLATA

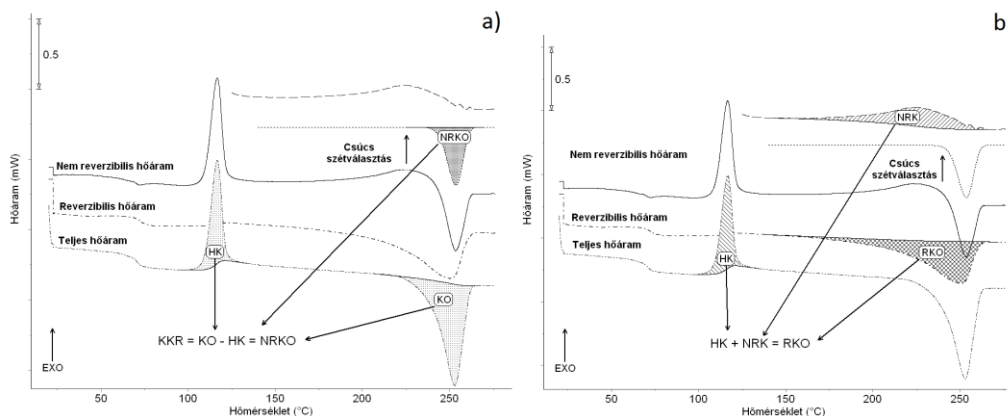
Molnár Béla, Ronkay Ferenc

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék

**Bevezetés:** A reciklált PET-ből készült termékek mechanikai tulajdonságait jelentősen befolyásolja a gyártás során kialakuló szerkezet (pl.: kristályos részarány) [1]. A morfológiai tulajdonságok vizsgálatának egyik módszere a modulált DSC vizsgálat (MDSC), ahol a hagyományos DSC vizsgálatához képest a fűtési sebesség időben változó (általában szinuszosan) [2]. A vizsgált anyag szerkezetében történő változások egy része erre érzékeny, ezáltal részletesebben megismerhető az anyag morfológiai szerkezete és viselkedése.

**Vizsgálatok:** A vizsgálatokhoz Arburg 370S/700-290 géppel 0,8 és 0,59 dl/g határviszkózitású anyagból 1 és 2 mm vastagságú próbatestek készültek 30 és 60°C-os szerszámhőmérséklet, illetve 30 és 80 cm<sup>3</sup>/s fröccssebesség alkalmazásával. A modulált DSC vizsgálatok TA DSC Q2000 berendezéssel történtek 20-280°C hőmérsékleti tartományban, 2°C/perc fűtési sebességgel, ±0,318°C/60 s modulációval.

**Eredmények:** A modulált DSC vizsgálat során mért teljes-, reverzibilis- és nem reverzibilis hőáram görbéken található egyes oladási- (endoterm) és kristályosodási (exoterm) csúcsok területe között kapcsolat van. A minták kezdeti kristályossága (KKR) megegyezik a nem reverzibilis görbén található oladási csúcs (NRKO) területével (1/a. ábra). A teljes hőáram görbén található hidegkristályosodási csúcs (HK) területének és a nem reverzibilis görbén található kristályosodási csúcs (NRK) területének összege megegyezik a reverzibilis görbén található oladási csúcs (RKO) területével (1/b. ábra).



1. ábra Összefüggések az egyes csúcsterületek között

A különböző kristályosodási folyamatok során (gyártás során, hidegkristályosodás, melegítés során történő) eltérő kristályszerkezetek alakulhatnak ki (pl.: eltérő méret, kevésbé tökéletes szerkezet), amelyek eltérő mechanikai tulajdonságokat okozhatnak az anyagban. A kristályosodási folyamatok alaposabb megértése segíthet az anyagszerkezet és a mechanikai tulajdonságok kapcsolatának jobb megértéséhez, ami jobb mechanikai tulajdonságú termékek gyártását teszi lehetővé.

### Irodalomjegyzék

- [1] J.D. Badia, E. Strömberg, S. Karlsson, A. Ribes-Greus *Polym Degrad and Stabil*, 97, 98-107 (2012)  
 [2] M. C. Righetti, E. Tombari, M. Angiuli, M. L. Di Lorenzo *Thermochim Acta*, 462, 15-24 (2007)



**P-43**

## **MARTENZITES ÁTALAKULÁSOK ORIENTÁCIÓS VISZONYAI FEMNCR ACÉLOKBAN**

**Nagy Erzsébet<sup>1</sup>, Benke Márton<sup>2</sup>, Kovács Árpád<sup>2</sup>, Mertinger Valéria<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport*

<sup>2</sup> *Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet*

---

A martenzites átalakulás során létrejövő fázisok kristálytani orientációs viszonyai döntőek az ötvözet további tulajdonságai, viselkedése szempontjából. A TWIP/TRIP acélokban az alkalmazott termomechanikai kezelés körülménye (hőmérséklet, alakváltozás) determinálja a különböző eredetű martenzitek létrejöttét. A termikus kezelés következtében az ausztenit fázis mellett  $\epsilon_{\text{termikus}}$  martenzit,  $\epsilon_{\text{mechanikus}}$  martenzit és  $\alpha'$  martenzit fázisok lehetnek jelen a mintákban. Az egyes martenzitek arányát a mintán belül a kezelés körülményei határozzák meg. Az egyidejűleg jelenlévő termikusan és a mechanikusan indukált martenzitek orientációs viszonyaik alapján megkülönböztethetők.

A különböző krómtartalmú FeMnCr acélokban a különböző martenzitek ki- és egymásba alakulásának folyamatát követtük. A makroszkópikus kristálytani anizotrópiát röntgendiffrakciós módszerrel, a mikroszkópikusat EBSD módszerrel vizsgáltuk. A textúra képen különböző mérettartományban tapasztalt jelenségek megismerése hozzásegíthetnek a martenzitek lehetséges genetikájának meghatározásához.



P-44

## EPITAXIÁSAN NÖVESZTETT VEGYÜLET-FÉLVEZETŐ NANOSTRUKTÚRÁK MODELLEZÉSE

Ürmös Antal<sup>1</sup>, Csutorás Márton<sup>2</sup>, Román Szabolcs<sup>2</sup>, Sándor Tamás<sup>2</sup>, Farkas Zoltán<sup>1</sup>, Nemcsics Ákos<sup>1</sup>

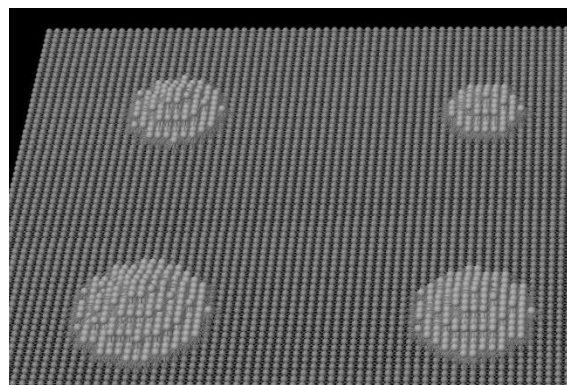
<sup>1</sup> Óbudai Egyetem, Mikroelektronikai és Technológiai Intézet

<sup>2</sup> Óbudai Egyetem, Műszertechnikai és Automatizálási Intézet

Manapság a nanotechnológia szinte minden iparágban megtalálható. Nem kivétel ez alól a félvezetőeszköz-technológia sem. A nanostruktúrák segítségével újfajta félvezető eszközök készíthetők ill. a konvencionális struktúrák teljesítőképessége jelentősen növelhető nanostruktúrák segítségével. Elegendő itt a nanostruktúrák napelemekre utalni, ahol a hatásfok bőven meghaladhatja a 40%-ot [1].

Jelen munkában a GaAs és rokon félvezetőkből molekulásugár-epitaxiás (MBE) eljárással készült nanostruktúrákkal foglalkozunk. A bemutatott nanoobjektumok az anyagban inherensen benn lévő önszerveződést kihasználva kerülnek kialakításra [2]. Az MBE technológia merőben különbözik a többi epitaxiás eljárástól. Sokkal kontrolálhatóbb a struktúra előállítás, ráadásul a növekedés in-situ vizsgálható is, pl. sűrűségi elektronikus módszerrel (RHEED). A modellezés során igény van nem csak a végeredményt látni, hanem a közbülső fázisok ismerete is nagyon fontos. Az előállított ill. modellezett nanostruktúrák 2, 1 ill. 0 dimenziósak (D) lehetnek, melyeket egy ún. gát-anyagba temetünk bele. (Megjegyzendő, hogy az 1D struktúra lehet a hordozó felületére merőleges vagy azzal párhuzamos egyaránt.) Vizsgálatban résztvevő kristályos anyagok a periódusos rendszer III. és V. oszlopából előálló félvezető vegyületek. A vizsgálatokban használt hordozó orientációja egzaktnak (001) ill. kissé elorientált.

2D esetben a növekedési front formáját ill. a klasztereződést vizsgáltuk. Erre a RHEED intenzitás elektron energia és a beesési, valamint az azimút szögtől való függését találtuk alkalmasnak. A modellezést kinetikus Monte-Carlo (KMC) módszerrel végeztük [3].



Az 1D struktúrák vizsgálata a fent említett helyzetnek megfelelően két különböző módon vizsgálható. A síkban fekvő nanostruktúra a 2D-hez használt eszközökkel vizsgálható, míg a felületre merőleges az alábbiakban tárgyalt 0D eszközeivel.

A 0D struktúrák (QD) generálása alapvetően kétféle képen lehetséges. Az egyik a Stranski-Krastanov növekedési módon a másik a Volmer-Weber típusú módon alapszik (lásd ábra). Az előbbi rácsállandó eltérést igényel, addig a másik esetben nincs erre szükség. Mi ez utóbbival az ún. droplet-epitaxiával foglalkoztunk [4]. Vizsgálatunk tárgya a hagyományos QD formától eltérő struktúrákon kívül más formájú QD-ok, pl. kvantum gyűrűk kialakulásának kinetikája.





### **Irodalomjegyzék**

[1] Nemcsics Á.: *A napelem és fejlesztési perspektívái*; Akadémiai Kiadó, Budapest (2001)

[2] Á. Nemcsics, A. Ürmös; *Proc. of MechEdu 2015*, május 14-16, Szabadka pp 92-95

[3] Á. Nemcsics: *Growth Information Carried by Reflection High-Energy Electron Diffraction*; in *Quantum Dots*, NATO Sci. Ser. Vol. 190, Springer (2005)

[4] Á. Nemcsics: *Quantum Dots Prepared by Droplet Epitaxial Method*; in *Quantum Dots*, InTech Publ. (2015)

### **Köszönetnyilvánítás**

A bemutatott munka az OTKA-NN 114457 (FemtoTera, ERA-NET, CONCERT – Japan) pályázat anyagi támogatásával jött létre.



P-45

## ÚJFAJTA VEZÉRLŐ ÉS ADATFELDOLGOZÓ RENDSZER FEJLESZTÉSE MOLEKULASUGÁR-EPITAXIÁS TECHNOLÓGIA MŰKÖDTETÉSÉHEZ ÉS A NANOSTRUKTÚRA A NÖVEKEDÉS IN-SITU KIÉRTÉKELÉSÉHEZ

Kucsera Péter<sup>1</sup>, Tényi V. Gusztáv<sup>1</sup>, Csutorás Márton<sup>1</sup>, Bátori Gergő<sup>1</sup>, Réti István<sup>2</sup>, Kupás-Deák Béla<sup>3</sup>, Ürmös Antal<sup>3</sup>, **Nemcsics Ákos**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Óbudai Egyetem, Műszertechnikai és Automatizálási Intézet

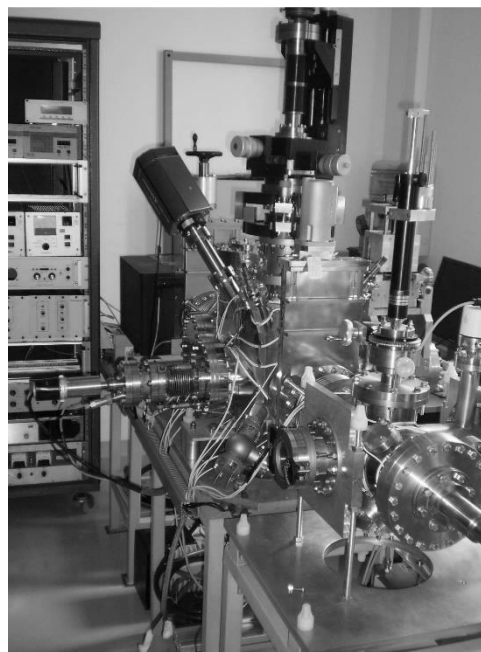
<sup>2</sup> Energiatudományi Kutatóközpont, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet

<sup>3</sup> Óbudai Egyetem, Mikroelektronikai és technológiai Intézet

Az epitaxiás technológiák közül kiemelkedik a molekulásugár-epitaxia (MBE) a nagyfokú kontrolálhatóság és az in-situ növekedés-megfigyelés okán. A jelen munkában bemutatott fejlesztések a 2008 decemberében a fent jelzett intézmények jogelődei (a Budapesti Műszaki Főiskola és a Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet) által alapított közös „Molekulásugárepitaxiás Nanotechnológiai Laboratórium” MBE berendezésén történtek. A berendezés III-V-ös anyagok növesztésére alkalmas, mely jelenleg egy reaktorkamrából, egy zsilipkamrából és egy munkakamrából áll (lásd ábra). A reaktorkamrához 4 effúziós cella (In, Ga, Al, As) csatlakozik. Ebbe a kamrába egy precíziós manipulátoron keresztül az elektronsugaras fűtésű mintatartó nyúlik. Itt található még a RHEED ágyú, a Faraday cella a fluoreszcens képernyővel. A sajátfejlesztésű zsilipkamrán keresztül mágneses rudazat segítségével juttatható a minta a növesztő térbe. A munkakamrához csatlakoznak a vákuumszivattyúk. A kamrák és a szivattyúk tolózárakkal szeparálhatóak. A kamrák saját vákuumérővel, ill. a főkamra még egy quadrupol tömegspektrométerrel (QMS) is rendelkezik.

A vezérlő ellátja az UHV rendszer QMS alapú kifűtését, lehetővé teszi a RHEED kiértékelésen alapuló effúziós cella-blende-mozgatást. Ezen szabályzások egy robosztus ipari célra fejlesztett PLC rendszeren alapulnak. A RHEED rendszerünk és annak kiértékelése egészen unikális. Az elektronáram pedig direkt módon is mérhető egy elektrométerrel [3].

A droplet epitaxiás technológia újfajta követelményeket állít a RHEED kiértékelés elé [4]. A nanostruktúra-formák időbeli változásának megfigyelése fontos a kinetika megértéséhez. Ennek a feldolgozásához egy speciális képfeldolgozó-kiértékelő rendszer készült [2, 3].





### **Irodalomjegyzék**

- [1] Nemcsics Á., Réti I., Tényi V. G., Kucsera P., Tóth L., Harmat P., Mieville A., Csutorás M., Kupás-Deák B., Sándor T., Bozsik J.; és szerzőtsai.; *Gép LXI (2010)* pp 29-32
- [2] P. Kucsera, G. Tényi, Á. Nemcsics, I. Réti; *Proc. of IEEE Int. Conf. Int. System and Inform. 2010, szeptember 10-11, Szabadka, pp 659-661*
- [3] Á. Nemcsics, M. Csutorás, G. Tényi, T. Sándor; *Proc. of IEEE Int. Conf. Int. System and Inform. 2010, szeptember 10-11, Szabadka, pp 631-633*
- [4] Á. Nemcsics: *Quantum Dots Prepared by Droplet Epitaxial Method; in Quantum Dots, InTech Publ. (2015)*

### **Köszönetnyilvánítás**

A bemutatott sokéves munka az NKTH-OTKA CNK77843 és az NKTH-Innocsekk-plusz pályázati program, az Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar szakképzési alapjának és az OTKA-NN 114457 (FemtoTera ERA-NET, CONCERT – Japan) pályázat anyagi támogatásával jött létre.

**P-46****FOGÁSZATI IMPLANTÁTUMOKRA VONATKOZÓ, STABILITÁS VIZSGÁLATI MÓDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA AZ IMPLANTÁTUM GEOMETRIÁRA ÉS A CSONTMINŐSÉGRE VONATKOZÓAN**

Pammer Dávid

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék*  
*dav.pammer@gmail.com*

Az összeintegráció felfedezése óta az implantátumok stabilitás vizsgálata egyre nagyobb jelentőséggel bír (különösen a fogászati implantátumoknál), amelynek köszönhetően egyre több fajta mérési módszer kerül kifejlesztésre a stabilitás értékek meghatározására. Az implantátumok sikerességét a primer és szekunder stabilitások befolyásolják.

A primer stabilitás közvetlen az implantáció után határozható meg, amely megmutatja az implantátum előzetesen megbecsülhető sikerességét. A primer stabilitás az implantátum és csont mechanikai kapcsolatára vonatkozik. A szekunder stabilitás az összeintegráció eredménye, amely megmutatja a csontszövet és implantátum között kialakult kapcsolat minőségét. A szekunder stabilitás az implantációt követő néhány hónap alatt jön létre. Ez a mutató az implantátum hosszú távú sikerességére ad információt.

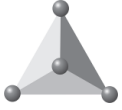
Mivel a szekunder stabilitást nagyban befolyásolják az egyén gyógyulási faktorai, illetve egészségi állapota, így a szekunder stabilitás vizsgálatához *in vivo* kísérletekre van szükség. Ezzel szemben az adott implantátumok primer stabilitás vizsgálata labor körülmények között (*in vitro*) is elvégezhetőek. Az *in vitro* vizsgálatok során csontmodellező anyagok kerülnek felhasználásra, amelyeknek mechanikai és szerkezeti tulajdonságai megfelelnek a valódi csonténak.

Számos stabilitásvizsgálati módszer van alkalmazásban a klinikumban, de azok mérési eredményeinek pontos elméleti háttere nincsen lefektetve. A vizsgálatunk célja volt, hogy megvizsgáljuk, kiértékeljük és összehasonlítsuk az implantátum stabilitására vonatkozó információ tartalom szempontjából, a klinikumban leginkább alkalmazott nem invazív, roncsolásmentes stabilitás vizsgálati módszert és az invazív, roncsolásos stabilitás vizsgálati módszert.

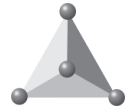
Három, különböző geometriájú, piacon kapható implantátum lett megvizsgálva. Ezen implantátumok a fúrési és beültetési protokollnak megfelelően, az ASTM 1839 szabvány által előírt, zárt cellaszerkezetű, élő csontnak megfelelő négy különböző sűrűségű (D1-D4) poliuretán csontmodellező anyagba lettek beültetve.

A beültetés során három különböző berendezéssel lett a becsavarási nyomaték megmértve. Ezek közül kettő rögzítette a teljes becsavarási nyomaték görbét, egy pedig csak a maximális nyomatékot. A beültetés után a klinikumban alkalmazott Rezonancia Frekvencia Analízisen alapuló (RFA) berendezéssel meg lett határozva az Implantátum Stabilitás Hányados (ISQ) érték.

A becsavarási nyomaték függvények és a maximum nyomaték értékek kiértékelésének eredménye: szignifikáns különbség van a három különböző berendezéssel mért értékekre vonatkozóan, ezen felül a



maximális nyomaték ( $M_p$ ) értékek és az RFA-ból származó stabilitás értékek (ISQ) egymással korrelálnak. A becsavarási nyomaték görbék megmutatják az implantátum geometriájából és a csont sűrűségéből adódó primer stabilitási különbségeket, valamint egy adott geometriai kialakítású implantátumhoz egyértelműen hozzárendelhető egy adott becsavarási nyomaték görbe jelleg, függetlenül a csontmodellező anyag sűrűségétől. A becsavarási nyomaték görbe paramétereinek optimalizálásával egy adott implantátum kialakításhoz a maximális primer stabilitás meghatározható.



---

**P-47****SÉFÉRIAN ÖSSZEFÜGGÉS ALKALMAZÁSA ALACSONY ÖTVÖZÉSŰ ACÉL  
HEGESZTÉSTECHNOLÓGIÁJÁBAN**Pinke Péter, **Kovács-Coskun Tünde***Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Kar*

---

A kiskarbontartalmú alacsony ötvözésű acélok hegesztése problémákat jelenthet az ipari alkalmazásokban. Sok esetben bár a szénegyenérték indokoltá tenné a technológia során nem alkalmaznak előmelegítést. A megfelelő kötést erősen ötvözött hegesztőanyagok alkalmazásával próbálják megoldani, ami a hegesztésből adódó hőbevitel hatására létrejövő szövetszerkezeti átalakulásokat nem tudja megakadályozni, sőt az ötvözők hatására a beolvadási zónában további nem kívánatos fázisátalakulások jöhetnek létre. A Séférian diagram és összefüggés a BWRA (British Welding Research Association) által ajánlott számítási modellel összhangban segítséget nyújthat a megfelelő hegesztési technológia kidolgozásában a megfelelő varratminőség elérésének érdekében.

Kutatásunk során elemeztük az irodalmi összefüggéseket és gyakorlati kísérleteket végeztünk, hogy igazoljuk feltevéseinket.



**P-48**

**AKUSZTIKUS BARKHAUSEN EFFEKTUS MEGFIGYELÉSE ÉS POTENCIÁLIS HASZNOSÍTÁSA MÁGNESEZHETŐ ACÉLOKBAN**

Pór Gábor

*Dunaújváros Főiskola  
Ecotech Zrt*

---

Poszterünkön bemutatjuk a mágnesezhető acélok öregítési vizsgálata során megfigyelt akusztikus Barkhausen effektust (ABN), amelyet megfelelően alkalmazva az anyag állapotát lehet jellemezni.

A váltakozó erős áram segítségével gerjesztett mágneses térben a domén falak mozgása olyan akusztikus emissziós eseményeket vált ki, amelyek jól detektálhatók az akusztikus emissziós érzékelőkkel.

Poszterünkön bemutatjuk a Gleeble szimulációs berendezésen végzett kísérletek alatt, az árammal fűtött magas hőmérsékleten előfeszített szakítótestek hűlési folyamán fellépő akusztikus Barkhausen effektusokat, amelyek az anyag fázisváltásához kapcsolhatók. A szakítóvizsgálatok alatt megfigyeltük a domének kúszási folyamatait az ABN segítségével.

A Gleeble szimulátorral végzett kisciklusú fárasztások alatt, amelyekben a hőmérsékletet és a szakítóerőt ciklikusan változtattuk, megfigyelhető volt az ABN, amely a ciklus különböző fázisaiban lépett fel. A fázisváltások az anyag fáradásához köthetők, bár itt még további vizsgálatokra lesz szükség a pontos mechanizmus tisztázására. Az ABN –t sikerült külső mágneses térrel is kiváltani. Az ABN-t ennek alapján alkalmasnak ítéljük az anyag állapotának jellemzésére.

*A vizsgálatokat és közzétételüket a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0027, valamint a TÁMOP 4.2.1C-14/1/ Konv-2015-0009 pályázat támogatta.*



**P-49****NAGYSZILÁRDSÁGÚ ALUMÍNIUMÖTVÖZETEK HEGESZTHETŐSÉGÉNEK EGYES KÉRDÉSEI, A KÖTÉSEK MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI****Pósalaky Dóra**, Dr. Kuzsella László, Dr. Török Imre, Dr. Lukács János*Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Anyagszerkeztani és Anyagtechnológiai Intézet*

metpdora@uni-miskolc.hu, kuzsella@uni-miskolc.hu, metti@uni-miskolc.hu, janos.lukacs@uni-miskolc.hu

A nagyszilárdságú alumíniumötvözetek alkalmazása a járműiparban széleskörűen elterjedt az utóbbi években. A felhasználás a klasszikusnak nevezhető repülőgépgyártás mellett egyre erősebb az járműiparban, amelyet az ötvözetek számos pozitív tulajdonsága indokol. A szerkezetépítésben megfigyelhető súlycsökkentésre való törekvésnek megfelelően az új nagyszilárdságú alumínium ötvözetek, emellett számos pozitív tulajdonság indokolja az alkalmazásukat: kis sűrűség, jó korrózió állóság, jó villamos- és hővezető képesség.

Azonban az anyagok ezen „új” csoportja nem csekély kihívás elé állítja a mérnököket a tervezés, a gyártás és az üzemeltetés során egyaránt.

A hatékony felhasználás több feltétele közül kettőt érdemes kiemelni, egy technológiai és egy alkalmazási, illetve alkalmazhatósági feltételt. A technológiai feltétel a szerkezeti elemek kötése, leggyakrabban hegesztése, így az a hegeszthetőség kérdéskörében jelenik meg. Az alkalmazási feltétel az ilyen típusú szerkezetek, szerkezeti elemek terheléséből következik, amely jellemzően ismétlődő igénybevétel, így a kulcskérdés az azzal szembeni ellenállás.

A kutató munka célkitűzése mindezekből következően kettős. Egyrészt kidolgozni azokat a hegesztéstechnológiákat, amelyekkel megfelelő tulajdonságú, tulajdonság-együttesű hegesztett kötések készíthetők. Ennek érdekében különböző a hegesztési kísérleteket megelőző katatások elvégzése szükséges a hegeszthetőségi problémák kérdéskörében. Továbbá célszerű a különböző eljárásokkal és azokon belül is az egyes eljárásváltozatokkal készített kötések összehasonlítása.

Másrészt, a kutatómunka távolabbi célkitűzéseként meghatározni a tulajdonság-együttesek hangsúlyos elemét, az ismétlődő igénybevételekkel szembeni ellenállást, a kisciklusú fáradás (LCF) és a nagyciklusú fáradás (HCF) tartományában, valamint a fáradásos repedésterjedés (FCG) területén, azaz alkalmazási feltételek vizsgálata.

Jelen közleményben a nagyszilárdságú alumíniumötvözetek hegeszthetőségi problémái közül kiemelten foglalkozunk a meleg-repedékenységi hajlam megítélhetőségével, ennek érdekében fizikai szimulációs vizsgálatokat végzünk (zérus szilárdsági hőmérséklet meghatározása (NST = Nil Strength Temperature meghatározás) és melegsakító vizsgálatok (HTT = Hot Tensile Test)) egy adott, a járműiparban alkalmazott nagyszilárdságú alumíniumötvözetben (6082-T6). Továbbá ugyan ezen alumíniumötvözetből semleges védőgázos fogyóelektrodás ívhegesztéssel (AFI) készített kötések vizsgálatát a különböző kötéskialakítások esetleges hatását a hegesztett kötések mechanikai tulajdonságaira. Ezen kötések a későbbiekben összehasonlításra kerülnek ugyanezen ötvözet más eljárásokkal, illetve eljárás változatokkal készített hegesztett kötésekkel, úgymint argon védőgázos volfrámelektrodás ívhegesztés gépesített hideghuzalos eljárásváltozatával és lineáris dörzshegesztéssel hegesztett kötések.



P-50

### 3D MIKRO-ERŐMÉRŐ SEBÉSZROBOT ALKALMAZÁSHOZ

Radó János<sup>1,2</sup>, Dücső Csaba<sup>1</sup>, Battistig Gábor<sup>1</sup>, Fürjes Péter<sup>1</sup>

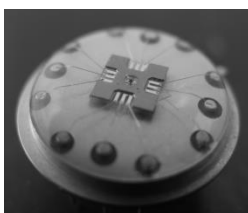
<sup>1</sup> *Energiatudományi Kutatóközpont, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet*

<sup>2</sup> *ANTE Innovatív Technológiák Kft.*

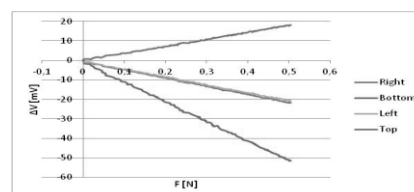
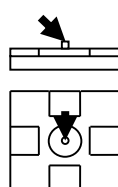
A modern robotsebészet számos előnyt jelent mind a beteg, mind pedig a társadalom számára, mert a minimális külső behatolás (MIS – minimally invasive surgery) nem csak kisebb sérülést, ezáltal gyorsabb felépülést eredményez a betegeknél, de csökkenti a szükséges kórházi ellátás és gyógyulás idejét, biztosítva ezzel az egészségügyi kiadások csökkentését, a források hatékonyabb elosztását [1].

A laparoskopíával végzett beavatkozások biztonságának növelése csak úgy valósítható meg, ha a sebész az operáció alatt valós idejű információkkal rendelkezik a fizikai és kémiai paramétereikről. Az egyik ilyen fontos paraméter az erő, melyet a laparoskop fejében, eltérő helyekre beültetett szenzorokkal mérünk. A csipesz belsejében elhelyezett szenzor azt a tartóerőt méri, amellyel a laparoskop a műtéthez szükséges eszközt, cérnát szorítja. A csipesz hegyén elhelyezett szenzor pedig annak a szövetnek a felületéről és érdességéről ad felvilágosítást, mellyel a laparoskop hegye éppen érintkezik.

Fenti célok megvalósítására a Si piezorezisztív tulajdonságát kihasználva 4 darab - egyenként 2-2 piezoellenállásból álló – fél Wheatstone-hidat alakítottunk ki az egykristály szilíciumból készült, néhány milliméter átmérőjű 10-50  $\mu\text{m}$  vastag membránokon úgy, hogy azok a végelemek számítások (FEM) alapján a lehető legnagyobb válaszjelet adják. A szilícium szelettechnológiát kétlépcsős DRIE (deep reactive ion etching) marással egészítettük ki, mely lehetővé tette a körkörös membrán, illetve annak középpontjában kiemelkedő henger-alakú erőközvetítő elem kialakítását. A reprodukálható, pontos membránvastagságot SOI (silicon on insulator) szeletek alkalmazásával biztosítottuk. A chipet anódosan bór-üveghez kötve egyszerre biztosítottuk a mechanikai stabilitást és az elektromos kontaktálás lehetőségét, ill. a membrán deformációját megengedő üreget is. Az előzetes tesztek elvégzéséhez a szenzorokat TO8 állványra szereltük (1. ábra). A rugalmas bevonat hatásának vizsgálata érdekében néhány szenzort a tesztek elvégzését követően PDMS (polidimetilsziloxán) bevonattal láttunk el, majd megismételtük a méréseket. A tesztek során a négy híd eltérő irányú és nagyságú támadóerőre adott válaszjeleit mértük (2. ábra). A vizsgálatok során megállapítottuk, hogy a rugalmas bevonat – kialakításától, vastagságától függően - legalább 50% érzékenységsökkenést jelent. Szenzorainkat a lengyel FRK „Robine Heart” műtőrobotjának laparoskopjaiba fogjuk beépíteni.



1. ábra: TO8 állványra szerelt szenzor



2. ábra: A jelzett irányból támadó erőre adott válaszjelek



---

**Irodalomjegyzék**

[1] Z. Nawrat, "State of the art in medical robotics in Poland: Development of the Robin Heart and other robots", *Expert Rev. Med. Devices* 9(4), 353–359 (2012)

**Köszönetnyilvánítás**

Ez a munka az ENIAC „INCITE” projekt keretei között valósult meg. (ENIAC Call 2013-1 / 621278-2 - NEMZ\_12-1-2014-0005)



**P-51**

## **HF HATÁSA A $Ti_{60}(Ni_xCu_{40-x})_{40}$ ÖTVÖZETEK KRISTÁLYOS SZERKEZETÉRE ÉS AMORFKÉPZŐ KÉPESSÉGÉRE**

**Rontó Viktória<sup>1</sup>, Sycheva Anna<sup>1</sup>, Svéda Mária<sup>1</sup>, Sólyom L. Jenő<sup>1</sup>, Nagy Erzsébet<sup>1</sup>, Pekker Péter<sup>1</sup>, Cora Ildikó<sup>1</sup>, Fazakas Éva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport

<sup>2</sup> Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Korszerű Anyagok és Technológiák Osztálya

*femvicki@uni-miskolc.hu, pekkerpeter@gmail.com, eva.fazakas@bayzoltan.hu*

---

Az elmúlt években jelentős erőfeszítések történtek, hogy Ti alapú tömbi amorf ötvözeteket hozzanak létre. A kutatásokat a Ti ötvözetek kedvező tulajdonságai motiválják, hiszen kristályos formában is kiemelkedő ezeknek az ötvözeteknek a mechanikai, korróziós és kopási tulajdonságai, amorf állapotban azonban még fokozottabban érvényesülnek. A legtöbb esetben vizsgált ötvözeteknél az 50:50 at% Ti:Ni arány volt jellemző, ami meglepő, tekintve az amorfképzési hajlamra Inoue által megfogalmazott ismérveket. Mély eutektikus vályú helyett ennél az összetételnél az olvadékból egy vegyület fázis kristályosodik primer szövetelemként. További ötvözők hozzáadásával növelték az ötvözetek amorfképző képességét, 8 mm átmérőjű amorf szerkezetű rudat már képesek önteni.

Kérdés, hogy az alapösszetétel eltolása az eutektikus felé eredményez-e jobb amorfképző képességet? Korábbi munkánkban a Ti:(NiCu) alapötvözet összetételét 60:40 at%-ra változtattuk, a Ni és Cu mennyisége 5at%-onként változott. A centrifugálöntéssel öntött ékpróbák szerkezete kristályos lett, de két összetételnél (Ni = 10 és 15 at%) a szkennig elektronmikroszkóp számára alig látható szerkezetet kaptunk.

A jelenlegi munka során Hf-t adagoltunk a TiNiCu alapötvözetbe, Hf = 0,5, 2, 5 at%. Ívfényes olvasztással, védőgáz atmoszférában ötvöztük össze a tiszta alapfémeket. A mesterötvözetekből ékpróbákat öntöttünk centrifugál öntéssel. Vizsgáltuk a Hf hatását a mesterötvözetek szövetszerkezetére, ill. a gyors hűtéssel öntött ékpróbák szövetszerkezetére.

### **Köszönetnyilvánítás**

Hálás köszönet a Debreceni Egyetem Szilárdtest Fizika Tanszékének az ívolvasztó berendezés használatáért. Külön köszönet Dr. Daróczy Lajosnak a segítségéért.

Az előadáson ismertetett kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 projekt eredményeire alapozva a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0019 jelű projekt részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.



---

**P-52****HUMAN ÁLLKAPOCSCSONT ANYAGTULAJDONSÁGAINAK MODELLEZÉSE****Simonovics János<sup>1</sup>, Bujtár Péter<sup>2</sup>**<sup>1</sup> *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gép- és Terméktervezés Tanszék*<sup>2</sup> *Maxillofacial surgent, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Univesity Hospitals of Leicester*

---

A daganatos megbetegedések napjaink egyik legkomolyabb problémáját jelentik az orvostudomány területén. Az Európai Unión belül Magyarország első helyet foglal el a szájüregi daganatok tekintetében. Viszonylag egyszerű felismerhetőségük ellenére a probléma feltárására sokszor későn, drasztikus beavatkozást igénylő stádiumban kerül sor. A csont, mint primer szűrő érintettsége esetén, annak rezektálásával lehet orvosolni az állapotot. A geometriailag és mechanikailag gyengített csontot teherviselő rekonstrukcióval próbálják helyreállítani. A korszerű implantátumok fejlesztéséhez a nehezen beszerezhető etikai kísérletek helyett sokszor virtuális modellezést és szimulációt alkalmaznak. Ezek megfelelő felépítéséhez elengedhetetlen a csontállomány anyagtulajdonságainak pontos ismerete és azok valóság-hű modellezése.

Kutatómunkánkban korszerű orvosi képkalkotó eszköz felhasználásával készített virtuális modelleket validáltuk, mely human mandibula cadaver csontminták roncsolásos vizsgálatain alapul. [1] Az inverz validáció segítségével megbízható, biomechanikai szimulációkban használható végeeselemes modellek anyagtulajdonságainak meghatározását végeztük el, mely a képkalkotó kimeneti adataira épül. [2, 3]

**Irodalomjegyzék**

[1] János Simonovics, Péter Bujtár, Károly Váradi, Attila Szűcs, Zsolt Fejér: *Compression test of the mandibular cortical bone: A cadaver study assessing formalin treated or macerated bone specimens. Biomechanica Hungarica, 2014. VII. 2. p. 13-21, (ISSN 2060-4475)*

[2] Bujtar Peter, Christopher Avery, Janos Simonovics, George K Sandor, Jingzhe Pan: *Refinements in osteotomy design to improve structural integrity: a finite element analysis study. The British Journal of Oral & Maxillofacial Surgery Volume 51, Issue 6, September 2013, Pages 479–485; DOI:10.1016/j.bjoms.2012.09.015*

[3] Peter Bujtar, Janos Simonovics, Karoly Varadi, George K. B. Sandor and Christopher Avery 2013. *The biomechanical aspects of reconstruction for segmental defects of the mandible: A finite element study to assess the optimisation of plate and screw factors. Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery 42 (2014) p.855-862. ISSN: 1010-5182. DOI: 10.1016/j.jcms.2013.12.005*



**P-53**

## **STATIKUS KEVERŐK MINŐSÍTÉSE FRÖCCSÖNTÉSI TECHNOLOGIÁBAN VALÓ ALKALMAZÁSHOZ**

**Török Dániel, Zsíros László, Dr. Kovács József Gábor**

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék  
kovacs@pt.bme.hu*

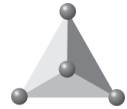
---

A polimerek feldolgozásakor minden esetben használunk adalékanyagokat, amelyek feladata a gyártás megkönnyítése, valamint az alapanyag bizonyos tulajdonságainak a módosítása. A legfontosabb adalékok közé sorolhatók a különböző stabilizátorok, erősítő- és töltőanyagok, égésgátlók, valamint a színezékek [1].

A termékek eladhatósága szempontjából a műszaki követelmények teljesítése mellett a kifogástalan esztétikai megjelenés is fontos. Az esztétikai minőség javításának a legelterjedtebb módja az alapanyag színezése, ami különböző színezékek bekeverésével történik. A színezékek az esetek döntő többségében mesterkeverékek formájában kerülnek a forgalomba. Ezek granulátum formájú kompaundok, amelyek nagy koncentrációban tartalmaznak színezőanyagot, amik lehetnek pigmenteket vagy festékeket, illetve adalékanyagokat a hordozóanyag mellett és kis koncentrációban adlékoljuk őket az alapanyaghoz a feldolgozás során [2, 3].

A színezőanyagok homogén eloszlása a polimer mátrixban kulcsfontosságú feltétele a jó minőségű termékek gyártásának. Nem megfelelő eloszlottság esetén a termékek felületén színhibák jelentkezhetnek. Ha szükséges, az eloszlottságot különböző keverőelemek statikus és dinamikus keverők alkalmazásával javíthatjuk. A statikus keverők alkalmazása a polimer-feldolgozó iparban széles körben elterjedt. Feldolgozott alapanyagtól és technológiától függően számos keverő berendezés közül választhatunk. A fröccsöntésnél használt statikus keverők közül a legelterjedtebbek a Kenics, SMX, ISG, SMN típusú keverők [4]. Közös jellemzőjük, hogy nem találhatók bennük mozgó alkatrészek, a keveredést az ömledékrétegek szétválasztásával és rekombinálásával érik el. A statikus keverők előnye, hogy a fröccsöntő csiga elé kerülnek beépítésre, így nem csökkentik annak hasznos hosszát, azonban a rajtuk fellépő nyomásesés nem elhanyagolható a befröccsöntési fázisban.

A munka során különböző SMN típusú statikus keverő összeállításokat minősítettünk a rajtuk fellépő nyomásesés és a keveredési hatékonyságuk szempontjából. A nyomásesést mérések segítségével és szimulációs úton is meghatároztuk majd a mérési eredmények alapján meghatároztuk, hogy a keverőben alkalmazott különböző belső átmérőjű keverőelemek milyen mértékű nyomásesést eredményeznek. A keveredési hatékonyságot saját fejlesztésű mérési eljárással határoztuk meg [5].



---

**Irodalomjegyzék**

- [1] R. D. Deanin.: *Additives in plastics, Environmental Health Perspectives*, 11, 35-39 (1975)
- [2] A. Müller: *Coloring of Plastics*, Carl Hanser Verlag, Munich (2003)
- [3] R. M. Harris: *A primer on colorful additives, Coloring technology for plastics, Plastic design library*, Norwich (1999)
- [4] R. K. Thakur, Ch. Vial, K. D. P. Nigam, E. B. Nauman, G. Djelveh, *Static mixers in the process industries – a review, Institution of Chemical Engineers* (2003)
- [5] L. Zsíros, A. Suplicz, G. Romhány, T. Tábi, J. G. Kovács: *Development of a novel color inhomogeneity test method for injection molded parts, Polymer testing*, Vol. 37, 2014, 112-116 (2014)





P-55

## NÖVELT ENERGIAELNYELŐ KÉPESSÉGŰ SZÉNSZÁL ERŐSÍTÉSŰ POLIMER KOMPOZITOK FEJLESZTÉSE

Mészáros László<sup>1,2</sup>, Turcsán Tamás<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Polimertechnika Tanszék*

<sup>2</sup> *MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport*

*meszaros@pt.bme.hu*

---

Napjainkban a különböző polimer mátrixú, szálas erősítésű kompozitokat igen közkedvelt szerkezeti anyagként tartjuk számon. Különösképp a hőre nem lágyuló mátrixú típusaikatkat alkalmazzák előszeretettel különböző járművek strukturális alkatrészeinek, illetve használati eszközök előállítására. Ezek a kompozitok a hagyományosan szerkezeti anyagként használt fémekhez (acél és alumínium ötvözetek) mérten kisebb sűrűséggel rendelkeznek és szilárdság tekintetében is felveszik velük a versenyt, ugyanakkor energielnyelő képességük, repedésterjedéssel szembeni ellenálló képességük, azaz szívósságuk elmarad azoktól [1].

A kompozit anyagok szívósságának fokozására alkalmas lehet a mátrixban, azaz a befoglaló anyagban mikro, illetve nanostrukturált szerkezet kialakítása. Ez elérhető egyrészt nano méretű részecskék adalékolásával, vagy különböző anyagminőségű, egymással nem elegyedő gyanták keverékének előállításával [2, 3].

Az említett keverékgyanták alkalmazásának elengedhetetlen követelménye, hogy tisztában legyünk azok erősítő szálakkal való együttműködésével, hiszen ez határozza meg a kompozit anyag viselkedését, terhelhetőségét, valamint nagy mértékben az energia elnyelő képességét is [4].

Jelen kutatás célja a korábbi munkák során kifejlesztett hibrid gyantarendszerek szén-, valamint szén és üvegszálás erősítésű kompozit anyagokban való alkalmazása. Az egyes anyagok statikus, valamint dinamikus igénybevételekre adott válaszainak vizsgálata és elemzése, további lehetőségek feltárása.

### Irodalomjegyzék

[1] *Trewin E.: The advanced composites in-dustry – Global markets, technology trends and applications 2002-2007. Materials technology publications, Watford, UK, (2003).*

[2] *Sperling L. H.: Interpenetrating polymer networks: An overview. in 'Interpenetrating polymer networks' (eds.: D. Klempner, L. H. Sperling, L. A. Utracki) American Chemical Society, New York, 239, 3-38 (1994).*

[3] *Karger-Kocsis J., Gryshchuk O., Schmitt S.: Vinylester/epoxy-based thermosets of interpenetrating network structure: An atomic force microscopic study, Journal of Material Science 38, 413-420 (2003).*

[4] *Mészáros L., Turcsán T.: Development and mechanical properties of carbon fibre reinforced EP/VE hybrid composite systems, Period. Polytech. Mech. Eng., Vol. 58(2), 127-133 (2014).*



---

### **Köszönetnyilvánítás**

Mészáros László publikációt megalapozó kutatása a TÁMOP 4.2.4.A/1-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. A kutatás eszközbeszerzése az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (OTKA PD105564) által biztosított forrásból valósult meg.



P-55

## VÍZKŐLERAKÓDÁS HATÁSA A FRÖCCSÖNTŐ SZERSZÁMOK HŐTRANSPORT FOLYAMATAIRA

Zink Béla, Dr. Kovács József Gábor

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék*

A műanyag feldolgozó ipar az elmúlt 10 év egyik leggyorsabban növekvő ipari ágazata, 2013-ban közel 300 millió tonna alapanyag került felhasználásra [1]. Az ágazat egyik legfontosabb feldolgozási technológiája a fröccsöntés, amellyel nagy pontosságú, összetett, 3D-s termékeket lehet előállítani. A fröccsöntött termékek minőségét nagyban meghatározza a szerszámban végbemenő hőtranszportfolyamat.

A befröccsöntött ömledéktől a hőt a szerszámon keresztül a hűtőfolyadék vonja el. A folyamatot a leginkább a formaadó betét hővezetési képessége és a hűtőkörök hőelvonó képessége határozza meg. A hőtranszport mértéke növelhető és egyenletesebbé tehető formakövető hűtőkörök vagy nagy hővezetőképességű szerszámalapanyagok felhasználásával [2-4]. A szerszámok temperálása általában vízzel történik, ezért a hűtőcsatornák vízkövesednek és korrodálnak. A körültekintően megtervezett szerszámbetétek hűtési hatékonysága is nagymértékben csökken a hűtőkörökben a vízkő- és korróziós lerakódások megjelenésével [6-7]. A lerakódások hővezetési tényezője nagyságrendekkel kisebb (kb. 1,5-3 W/mK), mint a szerszámalapanyagok hővezetési tényezője, ezáltal elszigetelik a hűtőfolyadékot a szerszámtól. A lerakódások pontos hatását lehet numerikus úton és mérésekkel (hőkamera és hőmérséklet-érzékelő) is vizsgálni. A numerikus számítások elvégzéséhez nem csak szerszámgeometria szükséges, elengedhetetlen a lerakódások hőtani paramétereinek ismerete is. A hőtani mutatószámok viszont függenek a hűtőfolyadék összetételétől, továbbá a lerakódások kiválási idejét is több paraméter (felületi minőség, hőmérséklet, áramlási sebesség stb.) befolyásolja, ezért nehéz pontosan meghatározni, hogy mennyi idő alatt keletkezik annyi lerakódás, ami már rontja a termék minőségét.

Munkánkban vizsgáltuk a vízkőlerakódás fröccsöntési technológiára gyakorolt hatását numerikus módszerrel, továbbá meghatároztuk a vízkő hővezetési tényezőjét és fajhőjét az összetétel függvényében.

### Irodalomjegyzék

- [1] *PlasticsEurope: Plastics – the Facts 2014/2015, Brüsszel (2015)*
- [2] Zink B., Szabó F., Hatos I., Hargitai H., Kovács J.G.: *DMLS szerszámbetétek szimulációs vizsgálata, Műanyag- és Gumiipari évkönyv, vol. 12, pp. 80-87 (2014)*
- [3] Michaeli E. H. W., Schönfeld M.: *Komplexe Formteile kühlen, Kunststoffe, 8, 37-41 (2006)*
- [4] Rännar L-E., Glad A., Gustafson C-G.: *Efficient cooling with tool inserts manufactured by electron beam melting, Rapid Prototyping Journal, 13, 128-135, (2007)*
- [5] Dobersek D., Goricanec D.: *Influence of water scale on thermal flow losses of domestic appliances, International journal of mathematical models and methods in applied sciences, 1, 55-61 (2007)*
- [6] Pezzin A., Giansetti M., Ferri A.: *Influence of Limescale on Heating Elements Efficiency, COMSOL Conference, Rotterdam (2013)*
- [7] Gries H.: *Kostenfaktor Korrosion, Kunststoffe, 4, 50-53 (2010)*



P-56

## KALCIUM ALGINÁT – UHMWPE BLEND ELŐÁLLÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI, ÉS VIZSGÁLATI MÓDSZEREI

Zsoldos Gabriella, Kollár Mariann, Szabó Tamás

Miskolci Egyetem, Kerámia és Polimermérnöki Intézet

femzsgab@uni-miskolc.hu, femmaja@uni-miskolc.hu, polsztam@uni-miskolc.hu

**Bevezetés:** Az alapötletünk az Ultra Nagy Molekulatömegű Polietilén (UHMWPE) blendelésére az E-vitaminnal készült már kereskedelmi forgalomban is kapható csípőprotéziseken alapszik. Jian-Ping Wang, Xing-Xiang-Zhang, Xue-Chen Wang 2011-ben megjelent cikkében olvastunk a nátrium alginát különleges "tojástartó" mechanizmusáról, mely mintegy csapdába ejthet különböző kationokat. Úgy feltételeztük, hogy az UHMWPE felületét megfelelően előkészítve lehetséges egy alginát réteget létrehozni, amely képes kalcium ionokat is megkötni. A csípőprotézis vápa anyagának módosításával, vagyis kalcium ionok beültetésével csökkenthető a kilökődés veszélye, és a csontképződés is javulhat.

A vizsgálatainkat kétféle módszerrel előállított UHMWPE mintákon végeztük el. A vízoldhatatlan kalcium-alginát bevonatot egyik esetben kalcium-szulfát oldattal, másik esetben kalcium-klorid oldattal kezeltük, majd préseléssel (175°C, 100bar) lapokat állítottunk elő. A lapok felületén FTIR vizsgálatot végeztünk az alginát jelenlétének igazolására. Az UHMWPE lapokat 20kGy gamma sugárral sterilizáltuk. A sterilizált lapokon újra elvégeztük a FTIR vizsgálatot, valamint minden mintából kalcium-kioldási tesztet készítettünk, melynek eredményeit ICP berendezéssel határoztuk meg.

**Elvégzett kísérletek:** A kísérleteket GUR 1020 UHMWPE poron végeztük el. Az első mintasorozatnál az UHMWPE porra előbb alginátot (ISP Alginates 1 m/mt % vizes oldat), majd kalcium-kloridot (2 m/m% vizes oldat) permeteztünk illetve készítettünk mintát felcserélt sorrendben kezelve is, a második sorozatnál alginátot (ISP Alginates 1 m/mt % vizes oldat) és kalcium-szulfátot (2 m/m% vizes oldat) használtunk szintén mindkét sorrendet alkalmazva. A négyféle kezelés után a porokat szárítottuk, és 0,4mm vastagságú préslapot készítettünk belőlük. A préslapokat a besugárzás előtt és után FTIR-rel ellenőriztük, hogy megtaláljuk-e minden esetben az alginátra jellemző csúcsokat.

A sugározott és a sugárzás előtti mintákból kalcium kioldódást néztünk. A terveink szerint a szervezetbe bekerülő protézisnek ugyanis a kalciumot ki kell eresztenie magából a protézisből. Ennek alátámasztására a mintákat desztillált vízbe és izotóniás sóoldatba áztattuk, majd ICP-vel megvizsgáltuk a kalcium koncentráció változását.

A sugározott mintákon pin-on-disk kopás vizsgálatot is végzünk a lineáris kopási tulajdonságok összehasonlítására.