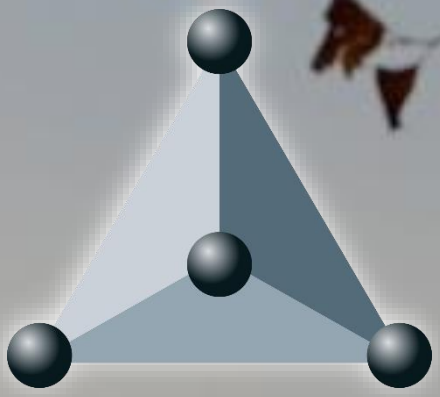
XIII.

Országos Anyagtudományi Konferencia

2021. október 10-12.



ABSZTRAKTOK

Tartalomjegyzék

Plenáris előadások 9

Thiele Ádám
A középkori vaskohászat és a damaszkolt pengék archeometallurgiája 10

***Orbulov Imre Norbert**, Wiener Csilla, Károly Dóra, Szlancsik Attila, Kemény Alexandra, Leveles Borbála, Kincses Domonkos*
Kompozit fémhabok kutatása és fejlesztése 11

Pammer Dávid
Miként érdemes az additív gyártás nyújtotta lehetőségeket kihasználni 12

Szóbeli előadások 13

***Mertinger Valéria**, Barna Dániel, Benke Márton, Hlavács Adrienn, Kárpáti Viktor, Nagy Erzsébet, Sepsi Máté, Szabó Gábor, Szűcs Máté*
Szupravezető Nb/NbTi/Cu lemezes kompozit előállításának fémtani vonatkozásai 14

***Molnár Kolos**, Virág Ábris Dávid[1], Kara Yahya*
Biopolimer nanoszálas nemszőtt kelmék arcmaszkok előállításához 15

***Veres Zsolt**, Kassab Al-Omari, Rónaföldi Arnold, Svéda Mária, Roósz András*
Mágneses keverés hatása Al-Si ötvözetek mikro- és makroszerkezetére 16

***Wiener Csilla**, Szlancsik Attila, Kubelka Pierre, Orbulov Imre Norbert*
Alumínium és magnézium alapú szintaktikus fémhabok 17

***Kónya János**, Kovács Tünde, Ibriksz Tamás, Hargitai Hajnalka*
Szájsebészeti célú titán implantátum anyag felületkezelésének összehasonlítása 3D nyomtatás és hagyományos gyártástechnológia esetén 18

***Tomin Márton**, Kmetty Ákos*
Polimer habstruktúrák ütéscsillapítási képességének növelése rugalmas tapadásközvetítő határrétegek alkalmazásával 19

***Pethő Dániel**, Kurusta Tamás, Mikó Tamás, Kristály Ferenc Gácsi Zoltán*
Fémmátrixú nano-kompozitok előállítása Mo-Cu ötvözetek Al_2O_3 részecskékkel való erősítésével 20

***Dr. Gillemot Ferenc**, Dr Horváth Ákos, Dr.Kollury Murthy, Szenthe Ildikó, Horváth Márta*
STRUMAT-LTO projekt 21

***Buza Gábor**, Acél Artúr, Juhász Gergely, Maloveczky Anna, Takács Sándor, Windisch Márk*
Fémek szublimációja ultrarövid lézersugár impulzusok hatására 22

***J. Arbelaez**, P. Volascsek*
FEA validation of composite sandwich structures through experimental testing on 3D printed specimens 23

*Bartók Péter, **Fehér Ádám***
Végeselemes modellek kalibrációja, paraméter-érzékenységi vizsgálata és validálása repülőgépipari alkatrészek fejlesztése esetén 24

***Temesi Tamás**, Czigány Tibor*
A felületi előkészítés és a kötési sebesség hatása az alumínium-politejsav lézersugaras kötések teherbírására 25

*Andorkó Csaba , **Fényes Péter Tamás***
Bio- és Fraktál struktúrájú bordaszerkezet alkalmazhatóságának FEM-vel támogatott vizsgálata a hőre keményedő polimer mátrixú kompozit és méhsejtrács maganyagú szendvics szerkezetű alkatrészek kiváltására 26

***Berczeli Miklós**, Hatoss Bálint, Dr. Kókai Eszer*
Polimer lézersugaras felületaktiválásának hatása a ragasztás adhéziós szilárdságára 27

Kaptay György
Koherens, inkoherens és fél-koherens határfelületi energiák modellezése ötvözetekben 28

***Weltsch Zoltán**, Berczeli Miklós, Juhász Gergely, Kun Krisztián*
Nagy energiasűrűségű felületkezelésekkel létrehozott mikro és nano geometriák határfelületi tulajdonságai 29

***Kovács Dorina**, Kemény Dávid, Szabó Annamária*
Additívan gyártott rozsdamentes acélok felületkezelése 30

***Kárpáti Viktor**, Dr. Szabó Gábor, Dr. Koncz-Horváth Dániel, Dr. Kaptay György, Dr. Mertinger Valéria*
Határfelületi folyamatok Nb-Ti/Cu/Nb szupravezető lemezes kompozitban 31

***Musza Alexandra,** László Noémi, Windisch Márk, Török Mátyás, Dr. Vida Ádám*
Anodizált alumínium ötvözet oxid-rétegének anyagszerkezeti jellemzése 32

***Nagy Péter**, Nadia Rohbeck, Hegedűs Zoltán, Johann Michler, Pethö László, Lábár L. János, Gubicza Jenő*
Nagyentrópiás ötvözet kombinatorikus vékonyréteg előállítása és karakterizálása 33

***Berta Dénes**, Péterffy Gábor, Ispánovity Péter Dusán*
Lokális folyásfeszültségek vizsgálata 2D modell kristályokban 34

***Dr. Mankovits Tamás**, Dr. Barkóczyné Dr. Gyöngyösi Szilvia, Balogh Gábor, Gábora András, Andráskó Sándor*
Cellás szerkezetű anyagok komplex vizsgálata járműipari alkalmazásokhoz 35

Dr. Mészáros István Attila
Örvényáramos vizsgálatok DC mágneses térben 36

***Ispánovity Péter Dusán**, Ugi Dávid, Péterffy Gábor , Kalácska Szilvia, Dankházi Zoltán, Michal Knapek, Máthis Krisztián, František Chmelík, Groma István*
Akusztikus emisszió Zn mikrooszlopokban 37

***Ugi Dávid**, Ispánovity Péter Dusán, Nguyen Quang Chinh, Máthis Krisztián*
Különböző szerkezetű mikrominták in situ deformációs vizsgálata 38

Jean-Claude Menard
Ultimate sample preparation, observation and analysis using JEOL JSM-IT700HRLA 39

***Kazup Ágota**, Fegyverneki György, Gácsi Zoltán*
Alumínium öntvények 3D szövetszerkezetének jellemzési lehetőségei 40

***Hlavács Adrienn**, Benke Márton*
Melegen hengerelt, illetve végső állapotú lemezek pólusábrán alapuló fülesedésének becslése 41

***S. Toth Laszlo**, Vu Q. Viet, Sepsi Máté, Zhao Yajun*
Új intenzív képlékenyalakítási eljárások nano-szemcsés fémlemezek előállítására 42

***László István**, Kugler Sándor*
Nulla energia szintek és a rácshibák kölcsönhatása grafénban 44

***Bárány Tamás**, Simon Dániel Ábel, Kohári Andrea, Kiss Lóránt*
Abroncs gumiőrlet devulkanizációja és értéknövelt újrahasznosítása 45

***Mészáros László**, Petrény Roland, Almásy László*
Poliamid 6 mátrixú szén nanocső tartalmú hibrid nanokompozitok vizsgálata kisszögű neutronszórással 46

***Kállai Imre**, Dr. Major Zoltán, Dr. Kun Ferenc*
Új kompozit anyagok és gyártási trend a járműipar számára. Hőre lágyuló polimer mátrixú kompozit anyagok feldolgozási technológiája nagy komplexitású, lightweightdesign alkatrészek esetében 47

***Czagány Máté**, Baumli Péter, Kaptay György*
Réz alapú nano-multirétegeс bevonatok fejlesztése és vizsgálata 48

***Jónás Szabolcs**, Kovács Péter Zoltán, Tisza Miklós*
Alumínium lemezek klincs kötéseinek vizsgálata 49

*Pázmán Judit, **Trampus Péter***
Az új paksi reaktorblokkok létesítésének anyagtudományi támogatása 50

***Vértesy Gábor**, Szenthe Ildikó, Gasparics Antal*
Roncsolásmentes mágneses módszerek fejlesztése reaktoracél sugárkárosodásának kimutatására („NOMAD" Horizon 2020 project) 51

***Király Márton**, Horváth Lászlóné, Vér Nóra, Perezné Feró Erzsébet, Nagy Richárd, Hózer Zoltán*
Képlékenységi mérések atomerőművi fűtőelem burkolatokkal 52

***Farkas Róbert**, Nagy Imre, Vér Nóra, Hózer Zoltán, Szabó Péter, Szabó Gergely*
A Codex-SBO integrális atomerőművi súlyos baleseti kísérlet 53

***Nagy Richárd**, Király Márton, Antók Dániel, Tatár Levente*
Oldott hidrogén-tartalmú cirkónium burkolatcsövek mandrel mérésének numerikus szimulációja 54

***Pintérné Csordás-Tóth Anna**, Illés Levente, Perezné Feró Erzsébet, Király Márton, Hózer Zoltán, Juri Stuckert, Martin Severek*
Korszerű Zr - burkolat anyagok morfológiai és összetétel vizsgálata magas hőmérsékletű oxidáció után 55

***Tolnai István**, Fábián Margit*
Szilárd oxid-elektrolitok optimálása a jövő akkumulátoraihoz 56

***Baumli Péter**, Czagány Máté*
Ni-P bevonatok és kompozitok előállítása 57

***Béres Gábor J**, Tisza Miklós*
Az egyes terítékrészek egymásra hatásának elemzése hegesztett lemezek alakítás utáni visszarugózásakor 58

Kovács Zsolt Ferenc
Argon védőgáz és hideg levegő hatása kerámia erősítésű alumínium kompozit és az alumíniumötvözet kavaró dörzshegesztéssel készült vegyeskötésére 59

***Angel Dávid Ádám**, Mikó Tamás, Benke Márton, Gácsi Zoltán*
Ti-TiB-TiB_2 nanokompozitok porkohászati előállítása és finomszerkezetvizsgálata..... 60

***Takács László,** Szabó Ferenc*
Polimer kompozit héjszerkezet optimális gyártási főirányának meghatározása 61

***Krizsma Szabolcs**, Suplicz András*
Termékfelügyeletre alkalmas, additív gyártástechnológiával készült fröccsöntő szerszámbetét élettartamának vizsgálata..... 62

***Varga László József**, Bárány Tamás*
Nagyorientáltságú polipropilén szalagok fejlesztése..... 63

***Kohári Andrea**, Bárány Tamás*
***In situ* előállított poliuretán alapú termoplasztikus elasztomerek fejlesztése 64**

***Sályi Zsolt**, Kaptay György, Benke Márton*
Nedvesítő szelektív forrasztószerszám élettartamnövelő eljárások..... 65

***Kun Krisztián**, Bognár Adrián*
Mikrostrukturált felületű fröccsöntött próbatestek mechanikai tulajdonságainak változása fárasztóvizsgálat hatására..... 66

***Gulyás Gábor**, Varga Lajos Károly*
Magashőmérsékletű termoelektromos generator (TEG) porózus nagyentrópiás fémötvözetre alapozva 67

Rövid szóbeli előadások poszterrel 68

***Bubonyi Tamás**, Barkóczy Péter, Gácsi Zoltán*
Számítógéppel generált és computertomogtáffal készített felvételek összehasonlítása (SO-01)..... 69

***Lucas Alexander de Carvalho**, Lukács Zsolt*
Súrlódás szerepének numerikus modellezése a lemezalakításban (SO-02)..... 70

***Fábián Margit**, Tolnai István, Czömpöly Ottó, Osán János*
Szénacél konténer felületi reakcióképességének vizsgálata (SO-03) 71

***Fris Dorottya Réka**, Dr. Szabó Ferenc*
Fröccsöntött termékek elosztócsatornáiban fellépő szegregációs jelenségek vizsgálata (SO-04)..... 72

***Harangozó Dóra**, Kozma István, Szalai Szabolcs*
Fémlemezek alakváltozásának elemzése a szakítóvizsgálat kontrakciós szakaszában (SO-05) 73

***Hareancz Ferenc**, Sinka Tamás*
Nikkel bevonatos acéllemezek hegesztett kötéseinek vizsgálata (SO-06) 74

***Hoffmann Ádám Zsolt**, Béres Gábor J.*
Vékonylemezek mechanikai jellemzése merőleges irányú nyomóvizsgálattal(SO-07) 75

***Jemal Ebrahim Dessie**, Dr. Lukács Zsolt, Dr. Szűcs Máté*
Többrétegű lemezanyag hengerlésének numerikus vizsgálata (SO-08)..... 76

***Juhász Gergely**, Buza Gábor, Windisch Márk, Weltsch Zoltán*
Lézer indukált felületi struktúra nedvesítést változtató hatása ausztenites acélon (SO-09). 77

***Kocsis Bence**, Varga Lajos Károly, Zsoldos Ibolya*
Intergranulárisan szigetelt Fe/SiO_2 lágymágneses kompozitok komplex permeabilitás-spektrumának összehasonlítása (SO-10) 78

Kondor Péter István
A gumialapú pirolízis-olaj és keverékeinek eróziós hatásainak vizsgálata (SO-11) 79

***Lipcsei Sándor**, Kalácska Szilvia, Ispánovity Péter, Groma István*
Diszlokáció cellastruktúrák statisztikai vizsgálata nagy szögfelbontású visszaszórtelektron diffrakcióval (SO-12) 88

***Nemes-Károly István**, Dr. Kocsis György, Dr. Szebényi Gábor*
Kopási felületek elemzése revíziós úton eltávolított implantátumok alkatrészein (SO-13).. 89

Pálfi Géza
Technológiai újdonságok a metallográfiában (SO-14)..... 90

***Péterffy Gábor**, Berta Dénes, Peter M. Derlet, Ispánovity Péter Dusán*
Dinamikai korrelációk és kollektív deformációs módusok diszkrét diszlokációdinamikai szimulációkban (SO-15) 91

***Sepsi Máté**, Mertinger Valéria, Barkóczy Péter*
A maradó feszültség állapot módosításának hatása távvezetékek funkcionális és szerkezeti tulajdonságaira (SO-16) 92

***Somlyai-Sipos László**, Baumli Péter, Pásztor Zsolt, Szőri-Dorogházi Emma, Czél Györgyné*
Antibakteriális fém nanoszemcsék leválasztása biokompatibilis hordozóra (SO-17) 93

***Szobota Péter**, Sepsi Máté, Mertinger Valéria*
Központnélküli diffraktométerek innovatív alkalmazása felületkezelési eljárások roncsolásmentes minősítésére (SO-18) 94

***Szűcs Máté**, Kárpáti Viktor, Mikó Tamás*
Nb40Ti60 ötvözet melegalakítási kísérletei (SO-19) 95

***Windisch Márk**, Maloveczky Anna, Buza Gábor, Selmeczi Dániel, Veres Miklós, Rigó stván, Fürjes Péter, Hakkel Orsolya, Dankházi Zoltán, Vida Ádám*
Femtoszekundumos lézerrel Si egykristályon kialakított mikro- és nanostruktúrák vizsgálata (SO-20)..... 96

Poszter előadások 97

***Balázs Barnabás Zoltán**, Takács Márton*
Edzett állapotú AISI H13 acél mikromarásának végeselemes vizsgálata (P-01) 98

***Bali Dóra**, Szabó Dávid, Vida Ádám, Dr. Kaptay György, Windisch Márk*
Titánhab-alapú, csontsűrűség-kompatibilis implantátum anyagok fejlesztése, NaF spaceholder segítségével (P-02) 99

***Balogh Diána**, Szalai István*
Magnetoreológiai elasztomer minták külső mágneses tér hatására történő deformációjának vizsgálata (P-03) 100

Bársony Zsombor Zsolt
Vibrációs feszültségmentesítési eljárás hatásának a kimutatása fémöntvények esetén, akusztikusan készített mérésképekben (P-04) **101**

***Cinger Dávid**, Horváthné Márta, Hargitai Balázs*
Lézerhegesztés során létrejövő szemcseszerkezet változások acélokban (P-06) **102**

***Decsi Péter**, Szalai István*
Szuszceptométer mágneses folyadékok frekvencia- és hőmérsékletfüggő komplex mágneses szuszceptibilitásának mérésére (P-07) **103**

***Gonda Viktor**, Horváth Richárd, Réger Mihály, Felde Imre*
Inherent strain based estimate of the residual deformations for printed MS1 and 316L parts (P-09) **104**

Oláh Ferenc, Réger Mihály, ***Horváth Richárd***
Keménységmérés végeselemes szimulációja eltérő anyagmodellek esetén (P-10) **105**

***Juhász Zsombor**, Bíró Tamás, Renkó József Bálint*
Zárt üregű multiaxiális zömítőszerszám tervezése és gyártása (P-11) **106**

***Károly Dóra**, Kemény Alexandra, Lolbert-Szabó Júlia, Szovák Benedek, Orbulov Imre Norbert*
Mátrixanyagában erősített szintaktikus fémhabok (P-12) **107**

***Kemény Alexandra**, Leveles Borbála, Szabó Péter János, Orbulov Imre Norbert*
Csőbe ragasztott kis alapanyagköltségű szintaktikus fémhabok előállítása (P-13) **108**

***Kincses Domonkos Balázs**, Károly Dóra, Bubonyi Tamás, Orbulov Imre Norbert*
Kis költségű gradiens fémhabok sűrűségeloszlásának vizsgálata (P-14) **109**

***Kissné Dr. Svéda Mária**, Tranta Ferenc, Roósz András, Veres Zsolt*
Különböző összetételű Al-Cu ötvözetek mikroszerkezeti vizsgálata (P-15) **110**

***Kocsis Eszter**, Lukács Attila, Szalai István*
Plazmakezelés hatásvizsgálata nyomtatott áramköri panelek forraszthatóságára (P-16) **111**

***Kovács Péter**, Berczeli Miklós*
Lítium akkumulátorcellák dióda lézeres hegesztésének kísérlete (P-17) **112**

Kovács Márton
Anyag - és technológiai modellekből feszültségtérképek meghatározása vibrációs feszültségmentesítő vizsgálatokhoz (P-18) **113**

Omar Trabelsi, ***Tünde Anna Kovács***
Lightweight composite designing against dynamic load (P-19) **114**

***Leveles Borbála**, Kemény Alexandra, Orbulov Imre Norbert*
AlSi12 mátrixú kompozit fémhabok gyártása és vizsgálata, a stroncium ötvözésének hatása (P-20) **115**

***Makó Éva**, Őze Csilla*
Puccolános nanorészecskék előállítása mechanokémiai aktiválással (P-21) **116**

***Maloveczky Anna**, Buza Gábor, Acél Artúr, Takács Sándor, Juhász Gergely, Windisch Márk*
Szigetelő anyagok szublimációja ultrarövid lézersugár impulzusok hatására (P-22) **117**

***Maróti János Endre**, Szabó Péter János*
A léces martenzit kompozit szerkezetének kialakulásának vizsgálata (P-23) **118**

Mester Sándor, *Szalai István*
Többtárcsás magnetoreológiai tengelykapcsoló nyomatékátviteli időállandójának vizsgálata rámpafüggvény gerjesztés esetén (P-24) **119**

Nagy Roland, *Szalai István*
Magnetoreológiai fluidumok ülepedésének vizsgálata gravitációs és centrifugális erőtérben (P-25) **120**

Dr Nagy Attila Gábor, *Dr Gémes György András*
Modern akusztikus emissziós (AE) mérések (P-26) **121**

Horváth Richárd, *Réger Mihály*, *Gáti József*, *Oláh Ferenc*
Gáztömör öntvények porozitásának jellemzése (P-27) **123**

Rutscher András
Akusztikus mérésképek – Akusztikus spektrum felvétele belső feszültség meghatározásához és a saját frekvenciatartományok kijelölése vibrációs feszültségmentesítéshez (P-28) **124**

Sinka Tamás, *Hareancz Ferenc*
Nikkel bevonatos acél szalagok kötéseinek vizsgálata (P-29) **125**

Szabó Annamária
Additívan gyártott fogászati implantátumok bevonatolása (P-30) **126**

T. Szabó József, *Török Mátyás, Vida Ádám, Kaptay György*
Hulladékká vált napelem panelek szilíciumtartalmának újrahasznosítása (P-31) **127**

Szenthe Ildikó, *Csikós Kristóf Andor, Móritz Szilvia, Horváth Lászlóné, Felix Mackel*
Az ITER számára fejlesztett nyomásmérő érzékelők sugárállósági vizsgálata (P-32) **128**

Tajti Ferenc, *Berczeli Miklós*
Felületkezelések hatásának vizsgálata a forrasztott kötéstechnológiákra magas hőmérsékletű nedvesítésméréssel (P-33) **129**

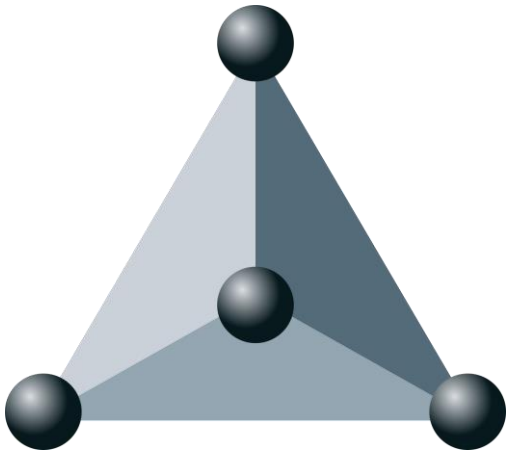
Takács Sándor, *Buza Gábor, Acél Artúr, Juhász Gergely, Maloveczky Anna, Windisch Márk*
Nehezen olvadó fémek szublimációja ultrarövid lézersugár impulzusok hatására (P-34) **130**

Balázs Barnabás Zoltán, *Takács Márton*
Gépi tanulással támogatott szerszámállapot-felügyelet mikromegmunkálásnál az Ipar 4.0 szolgálatában (P-35) **131**

Tatár Levente, *Fekete Tamás, Bereczky Péter, Kocsó Endre, Molnár János*
Anyagvizsgálati mérések támogatása optikai rendszerrel és a digitális pár koncepcióval (P-36) **132**

Tóth Zsolt, *Lukács Attila, Szalai István*
Ionos szennyezettség csökkentése szárazjeges tisztítással (P-37) **133**

Wizner Krisztián, *Dr. Kővári Attila*
ISD Dunaferr Zrt. öntőművében alkalmazott új adatfeldolgozó rendszer megbízhatóságának vizsgálata (P-38) **134**



Plenáris előadások

Thiele Ádám

A középkori vaskohászat és a damaszkolt pengék archeometallurgiája

A Kárpát-medencében fellelhető különböző genetikájú és kémiai összetételű vasérceket az avarok és a honfoglaló magyarok is kohósították mintegy 6-7 évszázadon át nagyon hasonló bucavaskohászati technológiával, kis bucakemencékben, kézi fújtatással. Ennek során a vas nem olvadt meg a kohóban, hanem a fúvóka előtt egy salakos vasszivacs formájában állt össze, amely így a kohósítást követő többszöri átkovácsolás után is tartalmazott salakzárványokat, és a kémiai összetételére nézve is heterogén volt.
A korabeli bucavaskohászat lágyvasat, acélt és foszforvasat állított elő, azaz a szénen és a foszforon kívül nem volt jellemző más szennyezők vagy ötvözők bekerülése a vasfázisba. A foszforvas egy olyan különleges vasötvözet volt, amelyet a mai ipar már nem használ. A vas mellett csak foszfort tartalmazott, kb. 0,3-1,5%-os mennyiségben. Ilyen nagy foszfortartalom esetén a vasanyag, bár még kovácsolható maradt, rendkívül rideg és törékeny volt szobahőmérsékleten. Mégis ezt a speciális anyagot nagy mennyiségben állították elő (pl. a foszfordús somogyi biogén gyepvasércekből az avar- és a honfoglalás kori vaskohászatban is évszázadokon át), és használták fel a korabeli európai damaszkolt pengékhez mintegy ezer éven keresztül.

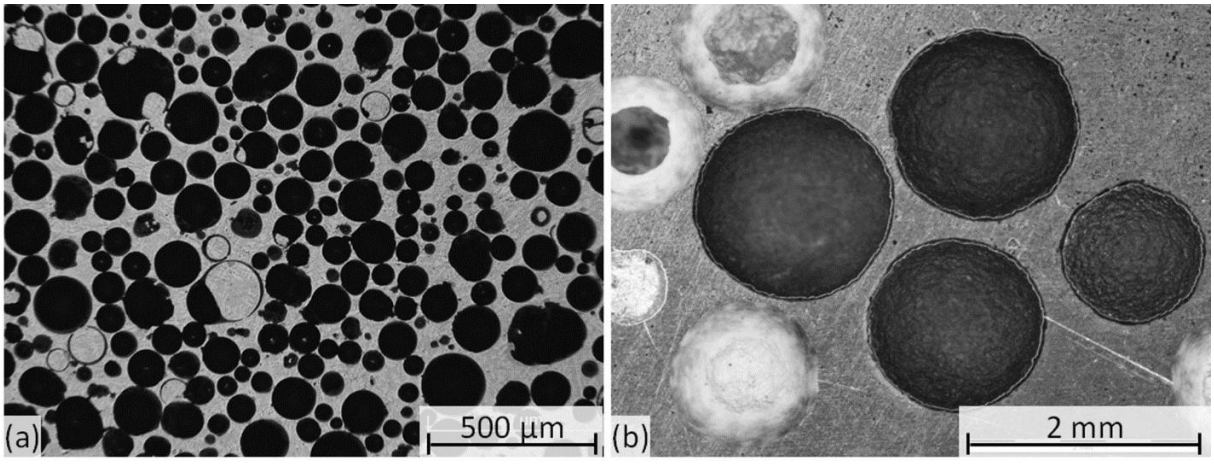
A köztudatban a damaszkolt pengéknek elsősorban a különlegesen jó mechanikai tulajdonságait értékelik nagyra, holott éppen a foszforvas felhasználása miatt ez a technika csupán a díszítést szolgálta. A foszforvas ugyanis nem képes szenet felvenni, így a damaszkolás során lágyvassal vagy acéllal párosítva is megőrzi eredeti kémiai összetételét és maratás után szép, kontrasztos mintázatot mutat. Másrészt a foszforvas egy különleges tulajdonsága a rendkívül durvaszemcsés, maratást követően szabad szemmel is látható szövetszerkezet, amely szintén nagyon tetszetőssé teszi, így a foszforvasat egyszerű díszítő sávként is előszeretettel kovácsolták be egyes középkori pengékbe.

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

Orbulov Imre Norbert[1,2], Wiener Csilla[1,2], Károly Dóra[1,2], Szlancsik Attila[1,2], Kemény Alexandra[1,2], Leveles Borbála[2], Kincses Domonkos[2]

Kompozit fémhabok kutatása és fejlesztése

Az előadás témája a kompozit fémhabok kutatása és fejlesztése. A kompozit fémhabok a fémmátrixú kompozitok csoportjába tartozó anyagok összefoglaló neve. Az anyagcsoport magába foglalja a tágabb értelemben vett konvencionális fémhabokat (nyílt- és zárt cellás fémhabok) és azok mátrixában erősített (pl. kerámia részecskékkel – ahogyan az megszokott a habosító anyaggal készített kompozitok esetén a habstruktúra stabilitásának növelése érdekében) változatait, illetve a szintaktikus fémhabokat és azok változatait: a klasszikus szintaktikus fémhabokat (1a. ábra), a töltőanyag méretében vagy anyagában (1b. ábra) hibrid szintaktikus fémhabokat és a gradiens szintaktikus fémhabokat. Az előadás az MTA–BME Lendület Kompozit Fémhabok Kutatócsoport kereteiben elért eredményeken keresztül betekintést ad a kompozit fémhabok gyártástechnológiájába, a töltőanyagok világába, az elérhető fizikai és mechanikai tulajdonságokba és a jellemző tönkremeneteli módokba. Érinteni fogjuk a kompozit fémhabokkal töltött szelvények in-situ gyártási technológiáját, a bimodális méreteloszlású töltőanyaggal előállított szintaktikus fémhabok, a változó térkitöltésű (gradiens) szintaktikus fémhabok, valamint a magnézium ötvözet alapú szintaktikus fémhabok gyártástechnológiáját és tulajdonságait, a szintaktikus fémhabok bekerülési költségének csökkentési lehetőségeit és a szintaktikus fémhabok kevésbé szokásos anyagvizsgálati technikáit (bemetszésérzékenység, többtengelyű feszültségi állapot) is. Végül, de nem utolsó sorban kitekintést adunk a kompozit fémhabok néhány új és ígéretes fejlesztési irányára



1. ábra – Példák kompozit fémhabokra (a) egyszerű kompozit fémhab, másnéven szintaktikus fémhab (oxidkerámia gömbhéjak Al ötvözet mátrixban), (b) Al ötvözet mátrixú hibrid kompozit fémhab, két különböző anyagú (oxidkerámia, illetve vasötvözet) üreges gömbhéjjal töltve.

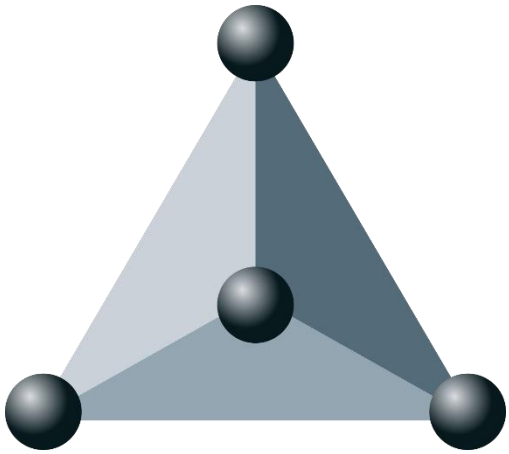
[1] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapest*
[2] *MTA–BME Lendület Kompozit Fémhabok Kutatócsoport, Budapest*

Pammer Dávid

Miként érdemes az additív gyártás nyújtotta lehetőségeket kihasználni

Az additív gyártástechnológiák folyamatosan fejlődnek, és napjainkban már nem csak prototípus előállítására alkalmazzák, hanem akár sorozatgyártásra is, automatizált környezetben. Sajnos, az additív gyártástechnológiák köré épített marketing tevékenységeknek köszönhetően, sok esetben olyan problémák megoldására akarják az eljárást alkalmazni, amely során sem a minőség, sem a költséghatékonyság nem hozható, elfedve ezzel a valódi technológia által nyújtotta lehetőségeket. Előadásom során az ipari technológiákra, azon belül is a fém alapanyagot felhasználó eljárásokra fókuszálok. A végfelhasználásra szánt, funkcionális eszközök gyártásához/ sorozatgyártásához biztosítani kell a folyamatos termelést azonos minőségben, amelynek csak egy kis részfolyamata maga az additív gyártás. Az additív gyártási folyamat teljes ciklusa az optimalizált tervezéssel kezdődik és az utómunkálatokkal vagy utókezelésekkel fejeződik be. Hogyan lehet a folyamatot költséghatékonyan üzemeltetni, és milyen tárgyakat érdemes gyártani? Milyen minőségellenőrzési folyamatok léteznek vagy miként alakul az ily módon gyártott alkatrészek élettartama? Hogyan befolyásolják az alapanyag tulajdonságok a gyártási folyamat kimenetelét? Mikor érdemes módosítani a gyártáshoz ajánlott technológiai paramétereket? Milyen szaktudásra van szükség a folyamat egyes szakaszaihoz? Ezek a kérdések és megválaszolásuk alapvetően meghatározzák az additív gyártás alkalmazásának lehetőségét adott területen.

PaB Kereskedelmi és Fejlesztő Kft.

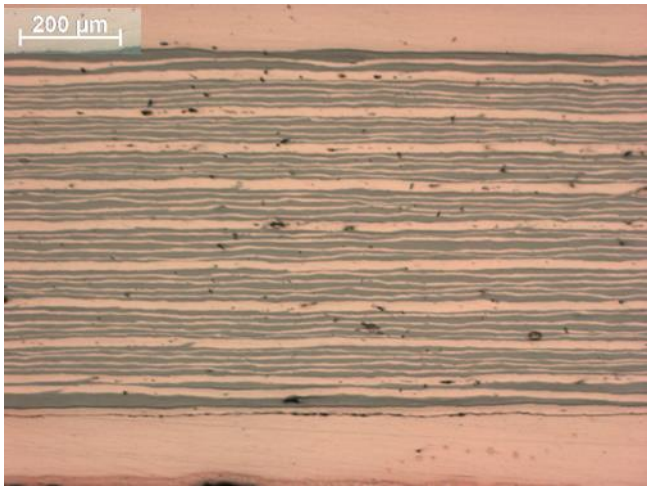


Szóbeli előadások

Mertinger Valéria[1], Barna Dániel[1,2], Benke Márton[1], Hlavács Adrienn[1], Kárpáti Viktor[1], Nagy Erzsébet[1], Sepsi Máté[1], Szabó Gábor[1], Szűcs Máté[1]

Szupravezető Nb/NbTi/Cu lemezes kompozit előállításának fémtani vonatkozásai

A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán lévő kutatócsoport a genfi székhelyű Európai Nukleáris Kutatási Szervezettel (CERN) kötött együttműködési megállapodás keretében bekapcsolódott a következő generációs hadronütköztetők (a továbbfejlesztett Large Hadron Collider – LHC, illetve az utána következő még nagyobb ütköztetőgyűrű) szupravezető alapanyagokból álló alkatrészeinek fejlesztésére és tesztelésére. A Miskolci Egyetemen Nb/Cu/NbTi sokszekvenciás kompozitlemezt állítottunk elő hengerléssel. A fémtani vonatkozások: a rétegek kötési problémái, a megfelelő rétegrend kialakítása, a rétegek alakíthatósága, a kialakult anizotrópia, a hőkezelési folyamatok hatása. Az előadás az alapanyagok vizsgálatáról, a kompozit előállításáról és funkcionális tulajdonságainak beállítását célzó hőkezelési kísérletekről és a kompozit szerkezetvizsgálatáról számol be.



1. ábra – Kompozit makroszerkezete

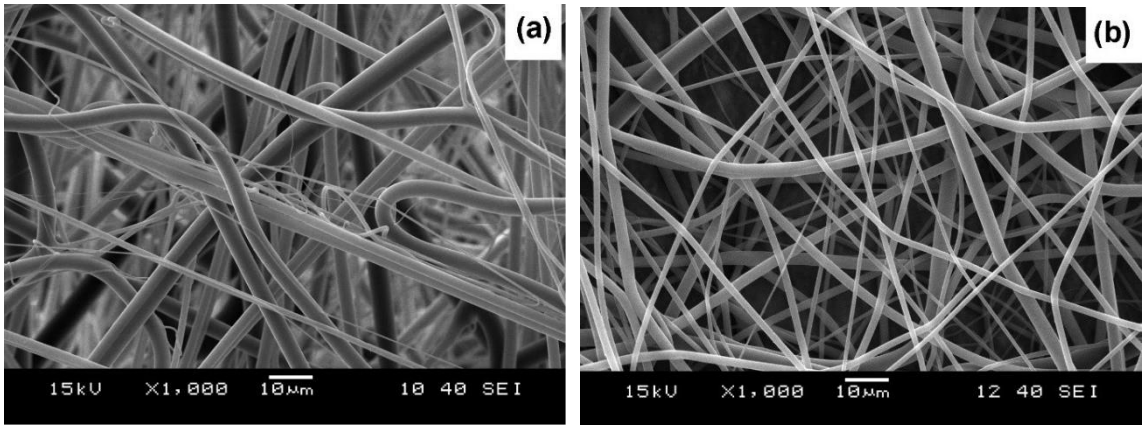
[1] *Miskolci Egyetem, Miskolc*
[2] *Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest*

Molnár Kolos[1,2], Virág Ábris Dávid[1], Kara Yahya [1]

Biopolimer nanoszálas nemszőtt kelmék arcmaszkok előállításához

A koronavírus járvány kitörését követően a távolságtartás és gyakori kézmosás mellett az arcmaszkok váltak nagyon hamar a védekezés egyik fő stratégiájává, és számos helyen, köztük Magyarországon is kötelezővé tették azok viselését. Az arcmaszkok piaca a járvány következtében egyetlen év alatt több mint 200-szorosára nőtt meg. Az arcmaszk alapvetően egy átmeneti megoldást jelent a védekezésben, de egyes becslések szerint még az évitized végén is a korábbinál legalább egy nagyságrenddel több fog fogyni belőle. Az arcmaszkok többnyire egyszerhasználatos eszközök, és többségük jelenleg polipropilénből készül, amely egy kőolaj-alapú polimer anyag. A használt maszkok ártalmatlanítása éppen ezért új hulladékkezelési problémákat vet fel. A maszkok egy része az élővizekbe is kerülhet, elsősorban olyan területeken, ahol szegényes a hulladékkezelési infrastruktúra. Éppen ezért fontos olyan maszkok kifejlesztése, amelyek anyaga megújuló forrásból származik és amely biológiai úton lebontható.

A kutatás keretében biopolimerekből (politejsav, valamint polibutilén-szukcinát) állítottunk elő nemszőtt kelméket. A szálak előállítására a maszkoknál széleskörben használt ömledékfúvást, valamint egy oldatos eljárást, az elektro-szálképzést alkalmaztuk. A célunk mindkét technológia esetében a szálátmérők és pórusméretek csökkentése volt a jobb szűrési hatékonyság érdekében. Ömledékfúvással 3-4 μm átmérőjű szálakat tudtunk előállítani, míg elektro-szálképzéssel 1 μm alatti szálátmérők is elérhetők. A két eljárás kombinálásával pedig egy olyan struktúrát tudunk elérni, amelyben az ömledékfúvással előállított mikroszálak megvédik a nanoszálakat a környezeti hatásoktól, a nanoszálak pedig a mikroszálak között kifeszülve csökkentik a pórusok méretét. A textíliák szűrési hatékonysága egyetlen rétegben alkalmazva, utólagos tömörítés és kezelés nélkül is 80% feletti. A textíliák könnyen átlélegezhetők és komposztálással lebonthatók.



1 ábra – A politejsav szűrőanyagok pásztázó elektronmikroszkópi képei, a) ömledékfúvott, b) elektro-szálképzett nemszőtt textília

[1] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, Budapest*
[2] *MTA- BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, Budapest*

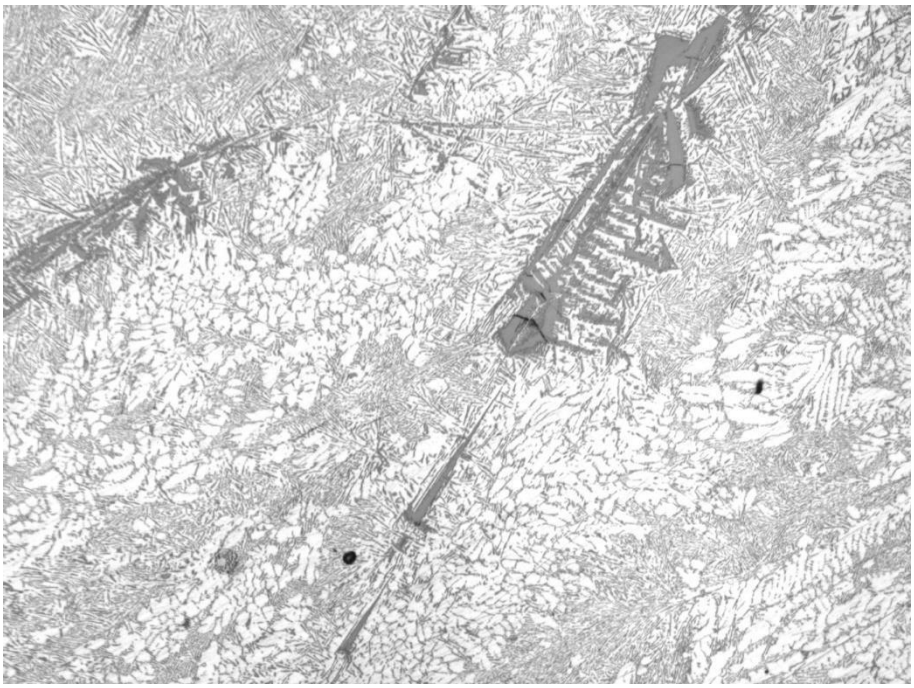
Veres Zsolt[1], Kassab Al-Omari[1], Rónaföldi Arnold[2], Svéda Mária[2], Roósz András[2]

Mágneses keverés hatása Al-Si ötvözetek mikro- és makroszerkezetére

Az Alumínium öntészetben nagy mennyiségben alkalmazott Al-Si ötvözetek fizikai és mechanikai tulajdonságait, egyebek mellett, a kristályosodás közben kialakuló mikro- és makroszerkezet nagy mértékben képes befolyásolni. A kialakuló szerkezet a kristályosítási paraméterek mellett az olvadék áramoltatásával is jelentős mértékben befolyásolható. Mesterséges olvadékáramlás előidézésének egyik módja a változó mágneses térrel történő keverés. A különböző típusú és mértékű áramlások segítségével különböző, eddig kevésbé ismert vagy vizsgált szerkezetek állíthatók elő.

Kísérleteink során állandósult kristályosítási paraméterek mellett, különböző mértékű forgó mágneses mező segítségével különböző mértékű áramlásokat hoztunk létre a teljes Al-Si mintadarabokban. Vizsgáltuk a kialakuló mikro- és makroszerkezetét a kristályosított mintáknak.

A minták jellemzéséhez új vizsgálati módszereket dolgoztunk ki, amelyek segítségével jellemezni tudtuk a kialakult makroszerkezetet, illetve a primer fázisok és az eutektikum mikroszerkezetét.



1. ábra – Mágneses keverés (150 mT) közben kristályosodott eutektikus összetételű AlSi ötvözet

[1] *Miskolci Egyetem, Miskolc-Egyetemváros*
[2] *MTA ME Anyagtudományi kutatócsoport ELKH, Miskolc-Egyetemváros*

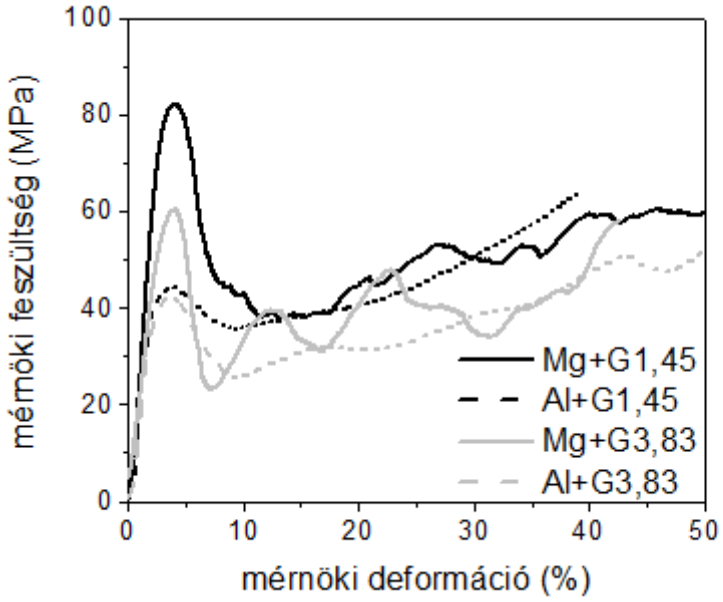
Wiener Csilla[1,2], Szlancsik Attila[1,2], Kubelka Pierre[3], Orbulov Imre Norbert[1,2]

Alumínium és magnézium alapú szintaktikus fémhabok

Az autóiparban és a hadiiparban különösen fontos olyan anyagok fejlesztése és alkalmazása, amelyekkel a járművek tömege mérsékelhető. Ezzel egyrészt lehető válik a gépjárművek üzemanyagfogyasztásának és ezzel együtt CO_2 kibocsájtásának csökkentése, másrészt – és ez különösen katonai járműveknél szempont – nő a jármű mozgékonysága Ilyen anyagok lehetnek például az ún. fémmátrixú szintaktikus habok, amelyeknél a fém mátrix anyagába üreges vagy porózus anyagokat építenek be.

Célunk annak vizsgálata, hogy mennyire lehet elkülöníteni a mátrix- és a töltőanyag hatását. Ehhez két jelentősen eltérő tulajdonságú mátrixból (technikai tisztaságú alumínium és szintén technikai tisztaságú magnézium), és két lényegesen eltérő tulajdonságú (más méretű és eltérő anyagú) kerámiagömbhéjból (G1,45 és G3,83) előállított, összesen négyféle szintaktikus fémhab mechanikai tulajdonságait vizsgáltuk nyomóvizsgálatokkal.

A kísérletek kimutatták, hogy az alumínium mátrix esetén az előállított szintaktikus fémhabok nyomószilárdsága nem függött a felhasznált kerámiagömbhéj típusától (43,5±0,7 MPa és 42,4±1,8 MPa). Magnézium mátrix esetén a két különböző gömbhéj eltérő szilárdságot eredményezett (56,9±4,2 MPa és 83,4±1,0 MPa). A kapott eredményeket végeselem módszerrel is vizsgáltuk, és magyaráztuk.



1 ábra –A négy különböző szintaktikus fémhab egy-egy jellegzetes nyomóvizsgálati grafikonja.

[1] *BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék,*
[2] *MTA-BME Lendület Kompozit Fémhabok Kutatócsoport, Budapest*
[3] *Pforzheim Egyetem, Pforzheim*

Kónya János[1,2], Kovács Tünde[2], Ibriksz Tamás[3], Hargitai Hajnalka[3]

Szájsebészeti célú titán implantátum anyag felületkezelésének összehasonlítása 3D nyomtatás és hagyományos gyártástechnológia esetén

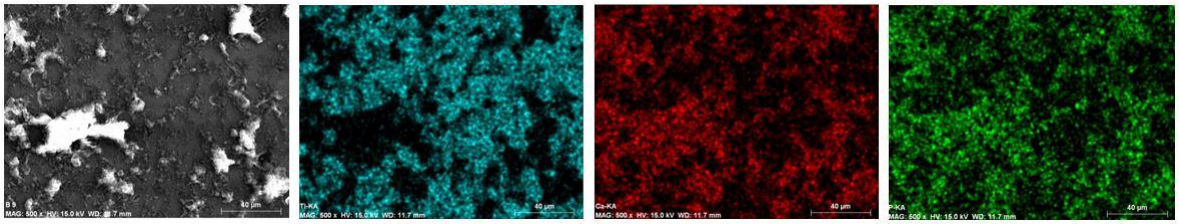
Napjainkban az implantátumok fejlesztésére egyre nagyobb figyelem irányul különösen az egyéni implantátumok területén. Az implantátumok gyártását tekintve a hagyományos technológiák (öntészet, forgácsolás) mellett a 3D nyomtatás is egyre nagyobb szerephez jut. Az implantátum emberi szervezetbe történő beépülése, szövetintegrációja jelentősen függ az implantátum anyagától és felületi minőségétől. A kutatás során hosszútávon a különböző technológiákkal gyártott és eltérő felületi minőségű implantátumok szövetintegrációs hatásának vizsgálata a cél. Titán ötvözet alapanyag esetén a felületkezelési technológia és a szövetintegráció közötti kapcsolatot szeretnénk feltárni és a felületkezelési technológiát 3D nyomtatás esetén optimalizálni.

A kutatás első részében Grade 5 titán alapanyagból háromféle gyártástechnológával készítettünk próbatesteket, előgyártmányként használva az öntött, a 3D nyomtatott (laser metal fusion (LMF)) és a húzott hengerelt titán alapanyagot. Az előgyártmányok finom megmunkálása esztergálással történt, 8,5 mm átmérőjű és 3 mm vastag korongokat állítottunk elő, majd csiszolással és polírozással készítettük elő a felületeket.

Rendkívül nagyszámú publikáció foglalkozik az orvostechnikai titán optimális, osseointegrációra kész felület kialakításával. Az ezzel foglalkozó szakirodalmak feldolgozása során arra a következtetésre jutottunk, hogy bővíthető lehet a felületképzési eljárás, amely javíthatja a szöveti konduktivitást a kezelt titán felületén. Referenciaként az előkészítés klasszikus és általános módja, az alumínium-oxidos homokszórás és az azt követő salétromsavas és hidrogén-fluoridos savkeverékkel történő maratást alkalmaztuk. Emellett más felületeróziós alapanyagot is kipróbáltunk, a számos publikációban bioinertnek minősített, de titán felületképzésre homokfúvás alapanyagaként még eddig nem alkalmazott cirkónium-dioxidot és a kalcium-foszfátot, melyek előállítását magunk végeztük.

A homokszórásos abrazív előkészítést egy speciális fogtechnikai homokfúvó készülékkel végeztük, alumínium-oxiddal (70-100 µm), cirkónium-dioxiddal (50-130 µm) és humán keramizált kalcium-foszfáttal (40-140 µm).

A különböző felületkezelések (homokszórt, illetve homokszórt és savmaratott) hatását pásztázó elektronikroszkópos vizsgálattal elemeztük és vizsgáltuk a felületbe ékelődött abrazív anyagok mennyiségét is energiadiszperzív elem analízissel.



1. ábra – A 3D nyomtatott Grade 5 titán felület SEM felvétele kalcium-foszfátos homokfúvást követően

[1]*Dent-Art-Technik Kft., Győr*
[2] *Óbudai Egyetem, Budapest*
[3] *Széchenyi István Egyetem, Győr*

Tomin Márton[1], Kmetty Ákos[1, 2]

Polimer habstruktúrák ütéscsillapítási képességének növelése rugalmas tapadásközvetítő határrétegek alkalmazásával

A habosított polimer termékek speciális szerkezetükből fakadóan kiemelkedő energiaelnyelő-és ütéscsillapítási képességgel rendelkeznek, amely tulajdonságot elsősorban csomagoló-, sportszergyártó- és gépjárműipari alkalmazásokban hasznosítanak. Ezen területeken a habok elsősorban dinamikus mechanikai igénybevételnek vannak kitéve, amely során a cellákban lejátszódó deformációs mechanizmusoknak (cellaél kihajlás, cellafal összeomlás) köszönhetően képesek az ütközések során fellépő mozgási energia eloszlatására oly módon, hogy a maximális erőértékét egy bizonyos értékhatár alatt tartják. Bizonyos terhelés szintet meghaladva azonban a nagy becsapódási energiájú ütések a cellaszerkezet teljes tömörödéséhez vezetnek, és irreverzibilis alakváltozásokat okoznak. Ezáltal a habok ütéscsillapítási képessége nagymértékben csökken, amely jelenség a sportszergyártó- és autóipari alkalmazások esetén a sportolók/ utasok maradandó egészségkárosodásához is vezethet.

Ezt a problémát a becsapódási hatáskörnyezet növelésével lehet kiküszöbölni, amelyre megoldást nyújthat a habstruktúrák közé helyezett tapadásközvetítő határréteg alkalmazása. Ennek megfelelően a kutatás során célul tűztük ki olyan növelt ütéscsillapítási képességgel rendelkező polimer habszerkezetek kialakítását, ahol az egyes rétegek közötti kötőerőt egy speciális, feszültségeloszlató funkciót is betöltő határréteggel biztosítjuk. A fejlesztés keretében különböző típusú polietilén és poliuretán habrétegek egymáshoz ragasztását nagy rugalmasságú, hosszú fazékidővel (20-30 perc) rendelkező (hidegen felhordható) poliurea gyantával valósítottuk meg. Emellett pedig vizsgáltuk a ragasztó fázisba elhelyezett vékony, rugalmas háló hatását a hab mechanikai tulajdonságaira.

Kísérleteink során az előállított határrétegek morfológiáját, illetve a habtáblák között kialakult adhézió minőségét mikroszkópi vizsgálatokkal minősítettük, majd az ütéscsillapítási képesség minősítése céljából nagyszámú ejtődárdás vizsgálatot hajtottunk végre. A fejlesztett habszerkezetek dinamikus igénybevételre adott anyagválaszát homogén tulajdonságú polimer habokkal való összehasonlítás útján értékeltük és rámutattunk a speciális tapadásközvetítő határrétegek feszültségeloszlató hatására.

[1] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék*
[2] *MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport*

Pethő Dániel[1], Kurusta Tamás[2], Mikó Tamás[1], Kristály Ferenc[3] Gácsi Zoltán[1]

Fémmátrixú nano-kompozitok előállítása Mo-Cu ötvözetek Al_2O_3 részecskékkel való erősítésével

Napjainkban több területen alkalmaznak Mo-Cu ötvözeteket a kedvező hőtani tulajdonságaik és a nagy melegszilárdságuk miatt. Az ötvözet alkalmazhatóságát segíti ha a szilárdság és keménység értékek nem csökkennek számottevően magas hőmérsékleten sem. Ebben a kutatásban Mo-Cu ötvözeteket erősítettünk α-Al_2O_3 részecskékkel hogy egy új, fémmátrixú nano-kompozitot állítsunk elő, melyben a kerámia erősítés hatását írjuk le a mikroszerkezetre, illetve a mechanikai tulajdonságokat. A kísérletek során az alkotók bolygó malmos őrlését követően nagy nyomású hidegsajtolással és a Cu olvadáspontja alatti (950°C) melegsajtolással állítottuk elő a mintákat. A vizsgálatokat elvégeztük a porokon és a melegen sajtolt tömbi mintákon is. A mikroszerkezetet és az összetételt pásztázó elektronmikroszkóp és röntgen diffraktométer alkalmazásával vizsgáltuk. A mechanikai tulajdonságokat szobahőmérsékleten végzett keménység és nyomószilárdság méréssel jellemeztük.

Kulcsszavak: Mo-Cu; Fémmátrixú Kompozit; Őrlés; Melegsajtolás; Újrakristályosodás

[1] *Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet*
[2] *Miskolci Egyetem, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet*

Dr. Gillemot Ferenc[1], Dr Horváth Ákos[1], Dr.Kollury Murthy[2], Szenthe Ildikó[1], Horváth Márta[1]

STRUMAT-LTO projekt

A reaktortartályok és fúziós berendezések ki vannak téve nagyenergiájú neutron és gamma sugárzásnak, ami öregedést okoz, és meghatározza az élettartamukat. Az élettartam számítások pontosításához és a sugárzásálló acélok és más fémek fejlesztéséhez szükséges az öregedési folyamatok megismerése nemcsak makro, de mikro szinten is.

A tavaly elfogadott EURATOM kutatási keret programok egyike a STRUMAT-LTO projekt, amit magyar intézet, az Energiatudományi Kutatóközpont vezet a belga SCK-CEN intézettel együtt. A projekt célja a Mn és Ni ötvözők szerepének a tisztázása a nukleáris reaktorok tartályanyagának sugárkárosodásában.

A nagyenergiájú (gyors) neutronok roncsolják a fémek szerkezetét, új rácshibákat hoznak létre, gyorsítják a diffúziós folyamatokat. Egyes szennyező elemek (például a foszfor és a kén) kidiffundál a szemcsék felületére és gyengíti a szemcsék közötti kötést; felkeményedés nélküli elridegedést okozva. Az ötvöző elemek egy része a szemcséken belül hoz létre kiválásokat és ezzel az anyag felkeményedését okozza. Mind a szemcseközi kötés meggyengülése, mind a mátrix anyagának a felkeményedése elősegíti a szemcseközi törést, azaz növeli a ridegtörési hajlamot.

Az acélok rácsában a legkönnyebben a réz atomok mozognak. A réz atomok által kialakított rácshibák a kiinduló helyei a többi elem kiválásának. Szinte valamennyi ötvöző és szennyező elem megtalálható az így keletkezett klaszterekben. Ezek a klaszterek akadályozzák a diszlokációk mozgását, csökkentik a képlékeny alakváltozási képességet, azaz elridegedést okoznak. Szerencsés hatás viszont, hogy a foszfor atomok egy része is csatlakozik a klaszterekhez és ezáltal jelentősen csökken a foszfor szemcsehatár menti kiválása és evvel együtt a ridegtörés veszélye.

Az második generációs acélokban a kiválások hatásának a csökkentésére a gyártók igyekeztek a réz, a foszfor és kén mennyiségét csökkenteni. Természetesen ennek is vannak a kohászati technológiától, valamint gazdaságosságtól függő határai.

Az alacsony réztartalmú reaktorfal acélok mátrix anyagában a szabad réz nagyrésze hamar elfogy és a klaszterek keletkezése lelassul. Ekkor azonban megjelennek Mn-Ni alapú kiválások és esetleg felgyorsítják a sugárzás okozta elridegedési folyamatot, megváltoztatják az élettartam számításokhoz felhasznált trend görbék alakját. A jelenség angol neve „late blooming". A Mn és a Ni fontos ötvözők az acélokban, növelik a szilárdságot és a törési szívósságot. A STRUMAT-LTO projekt célja a Mn és Ni szinergetikus hatásának a kutatása. 14 különféle összetételű acélminta került a petteni (Hollandia) európai közös kutatócentrumba az HFR reaktorban besugárzásra 2004-ben. A besugárzás 2016-ban fejeződött be és ekkor konzorcium alakult a vizsgálatok lefolytatására. 14 európai intézet vesz részt a munkában az EK és az SCK-CEN vezetésével. A konzorcium 2020-ban elnyerte az EU támogatását és megindult a kutatás, ami a tervek szerint 2024-ben fejeződik be. Az előadás a projekt szerkezetét, céljait és az eddigi eredményeit mutatja be.

[1] *Energiatudományi Kutatócentrum, Budapest*
[2] *NRG, Petten Hollandia*

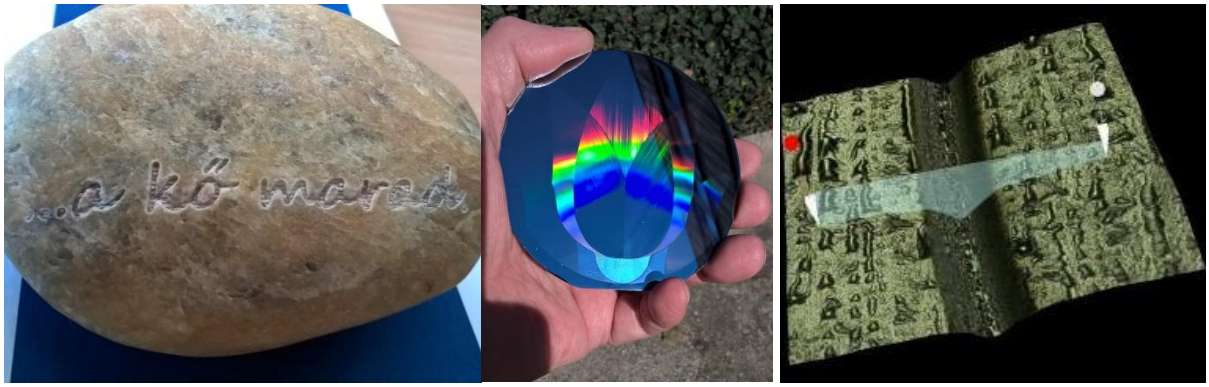
Buza Gábor[1], Acél Artúr[1], Juhász Gergely[1,2], Maloveczky Anna[1], Takács Sándor[1], Windisch Márk[1]

Fémek szublimációja ultrarövid lézersugár impulzusok hatására

Az ultrarövid impulzushosszúságú lézersugár–anyag kölcsönhatások eredményei csak részben hasonlítanak a korábbi időkben, hosszabb impulzusú vagy folyamatos lézersugaras anyagmegmunkálások során tapasztalt jelenségekhez. Ennek két oka van. Egyrészt a nagyságrendekkel rövidebb lézersugár–anyag kölcsönhatási idő háttérbe szorítja az anyagban zajló hővezetést, annak mértékét jelentősen csökkenti, másrést az impulzusok nagy csúcsteljesítménye (foton sűrűsége) korábban nem tapasztalt fizikai jelenségeket eredményez. Ez összhangban van azzal az állítással, hogy a lézersugaras anyagmegmunkálások a nemlineáris optika világába tartoznak.

Az ultrarövid impulzushosszúságú lézersugár–anyag kölcsönhatások eredményeinek rendszerezett áttekintését célszerű az anyagok szabadelektron sűrűségi csoportjai szerint végezni: szigetelők, félvezetők, fémek. Az előadás erre a rendezési elvre épül, amin belül a fémes anyagok csoportja a hangsúlyos.

A kölcsönhatási jelenségek bemutatása saját kísérleti eredményekre épül, melyekhez elméleti magyarázat és kiértékelt kísérleti eredmények tartoznak.



Szublimációs anyageltávolítás: szigetelő (A); félvezető (B); fém (C)

[1] *Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest*
[2] *Neumann János Egyetem, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Kecskemét*

J. Arbelaez, P. Volascsek

FEA validation of composite sandwich structures through experimental testing on 3D printed specimens

Our investigation consists of an implementation of different geometries in sandwich structure with the purpose of validating the Finite Element Modeling *(FEM)* techniques with experimental results. The modeling and simulation of the rib-like structure for a four point bending static test was done using the software HyperWorks. A further parametric static analysis of the geometry was performed on the inner configuration, both longitudinal and cross-sectional direction. This provided a series of potential geometric options, of which three geometries with the higher strength/weight ratio were selected for testing. The experimental results were obtained by printing 3D specimens and recreating the same conditions as the numerical model.

Validating the simulation results has the main purpose of creating a reproducible prototype with composite materials available on the market. This would allow further scaling and adaptation to actual airplane cabin side panels and tuning geometric parameters in order to provide an alternative solution to airplane manufacturers. As a result, the safety standards for the aeronautical industry can be met and the EASA certification can be approved for operation.

The three selected geometries "oval-like", "fractal-like" and "I-profile" have so far shown a reduction in weight, and an overall increase in the strength to weight ratio. The obtained data from the experimental phase have been used to validate the simulation results.

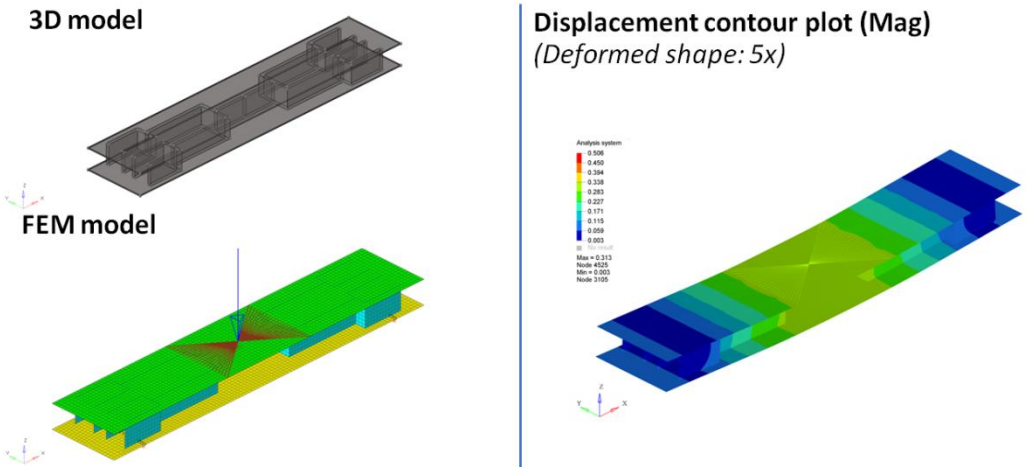


Figure: Fractal-like sandwich structure modeling and results.

Diehl Aviation Hungary Kft., Debrecen

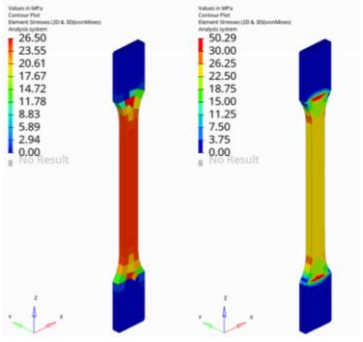
Bartók Péter, **Fehér Ádám**

Végeselemes modellek kalibrációja, paraméter-érzékenységi vizsgálata és validálása repülőgépipari alkatrészek fejlesztése esetén

Különböző szerkezetek szilárdságtani vizsgálatára manapság elterjedt módszer a végelemes modellek alkalmazása. A végeselemes módszer segítségével előre jelezhetők az alkatrészben kialakuló feszültségállapotok, feszültség eloszlások, deformációk, az egyes pontokban kialakuló erők, nyomatékok, stb. továbbá csökkenthetők a termékfejlesztés költségei. Az eredmények teszttel történő validációja minden olyan esetben szükséges, amikor a végeselemes módszer megbízhatósága nincs egyéb módon igazolva.

Célok: Az új, hőre lágyuló polimer mátrixú kompozit anyagok repülőgépipari alkatrészek esetében történő felhasználhatósága még nem ismert. Új anyagok és technológiák alkalmazása minden esetben kérdéseket vet fel. Repülőgépipari szereplőként számunkra a fő kérdés, hogy ezekkel az anyagokkal tudunk-e, az évtizedek óta használt alapanyagok kedvező tömeg és merevség jellemzőivel versenyezni. A próbagyártások és fizikai tesztek elvégzése elött végeselem szimuláció segítségével meg lehet állapítani, hogy az új alapanyagok és technológiák alkalmazásának van-e gyakorlati jelentősége. Azonban ahhoz, hogy egy végeselemes analízis eredményei a valóságot minimális eltéréssel adják vissza, elengedhetetlen a modell megfelelő kalibrációja. A különböző beállítások és geometriai egyszerűsítések hatására az eredmények egymáshoz képest akár 2-3-szoros eltérést is adhatnak, azok sokszor félrevezetőek lehetnek. Előfordulhat továbbá, hogy a különböző típusú szerkezetek más-más modellezést igényelnek. Jelen tanulmány keretében egy szakítópróbatest kalibrációjára és paraméter-érzékenységi vizsgálatára kerül sor. Az adott alkatrész modelljében különböző dimenziójú végeselemek, elemtípusok, és anyagtulajdonságok kerülnek beállításra. Az eltérő beállításokkal létrejövő modellek szerkezetanalízisét követően az eredmények kiértékelésre kerülnek. Az egyes modellek végeselemes-háló paraméterérzékenységi vizsgálatai további eredményeket adhatnak, melyekkel a modell pontosítható.

Eredmények: A kalibráció végén a végeselemes szimulációk eredményeit a teszt eredményekkel összehasonlítva, a modell validációjára kerül sor, mely által meghatározhatók azok a modellezési technikák és beállítások, melyek hatására az adott típusú alkatrész szilárdságtani szimulációjának eredményei a valóságot a lehető legjobban közelítik.



1. ábra – Eltérés az eredményekben azonos alkatrészek különböző típusú végeselemes hálóval történő modellezése esetén

Diehl Aviation Hungary Kft; Debrecen

Temesi Tamás[1], Czigány Tibor[1,2]

A felületi előkészítés és a kötési sebesség hatása az alumínium-politejsav lézersugaras kötések teherbírására

A fémek és polimerek közötti kötések kialakítására alkalmas technológiákat régóta kiemelt figyelem övezi. A kötési technológiák és a könnyű szerkezeti anyagok (alumínium ötvözetek, polimerek, polimer kompozitok) gyors fejlődésének köszönhetően a mérnöki szerkezetek tervezése során lehetővé vált a súlycsökkentés a szerkezet szilárdságának megtartása mellett. Ma már olyan modern, jól automatizálható, reprodukálható minőséget biztosító és gyors ciklusidejű kötéstechnológiákkal is létrehozható kötés fém és polimer anyagok között, mint például az ultrahangos, vagy a lézersugaras kötési technológiák [1]. Az utóbbi években a környezetvédelmi és fenntarthatósági szempontok is nagy hangsúlyt kaptak, ezért egyre több kutatásban vizsgálják a megújuló erőforrásból előállított ún. biopolimerek, például a politejsav (PLA) ipari alkalmazhatóságát [2, 3].

Alumínium és polimer anyagok lézersugaras összekötése során a lézersugárzás energiája biztosítja, hogy a polimer anyag közvetett módon felmelegedjen, megömlesztett állapotba kerüljön. A megömlesztett polimer ezután kitölti az alumínium felületi érdességi árkait, a kapcsolódó felületeken alakkal záró, valamint adhéziós kötés jön létre. A kötési felület nagyságának növelésével a lézersugaras technológiával létrehozott kötés szilárdsága jelentősen megnövelhető [4].

Az előadás célja bemutatni, hogyan befolyásolja az alumínium felületi előkészítése és a kötési sebesség értéke a lézersugaras technológiával létrehozott alumínium-PLA kötések teherbírását. Kísérleteinkhez az alumínium felületét lézersugaras jelöléssel (feketegravírozással) módosítottuk. Az előadásban bemutatjuk azt is, hogyan befolyásolják a kötések jóságát a PLA anyagtulajdonságai (átlagos molekulatömeg, D-laktid tartalom), valamint nedvességtartalma.

[1] Temesi, T., Czigany, T.: Integrated structures from dissimilar materials: the future belongs to aluminum-polymer joints. Advanced Engineering Materials, 22, Paper ID: 2000007 (2020).
[2] Temesi, T., Czigany, T.: Joining aluminum and poly(lactic acid) specimens by laser beam - a feasibility study. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 903, Article number: 012046 (2020).
[3] Pagano, N., Campana, G., Fiorini, M., Morelli, R.: Laser transmission welding of polylactide to aluminium thin films for applications in the food packaging industry. Optics and Laser Technology, 91, 80-84 (2017).
[4] Ma, F., Chen, S., Han, L., Wang, Z., Pu, Y.: Experimental and numerical investigation on the strength of polymer-metal hybrid with laser assisted metal surface treatment. Journal of Adhesion Science and Technology, 33, 1112-1129 (2019).

[1] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék. Budapest,*
[2] *MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport. Budapest.*

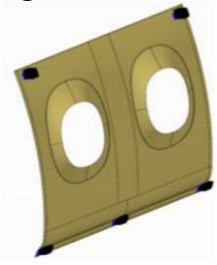
Andorkó Csaba [1], **Fényes Péter Tamás** [2]

Bio- és Fraktál struktúrájú bordaszerkezet alkalmazhatóságának FEM-vel támogatott vizsgálata a hőre keményedő polimer mátrixú kompozit és méhsejtrács maganyagú szendvics szerkezetű alkatrészek kiváltására

A szendvicsszerkezetek célja, a maximális teherbírás elérése minimális súly mellett. Ennek eléréséhez két vékony, de megfelelő teherbírású fedőrétegre illetve egy közbenső távtartó rétegre van szükség. A héjszerkezetek közé foglalt réteg önmagában gyengébb teherbírású, mint a külső rétegek azonban kombinációjukkal olyan struktúra hozható létre, amely nagyobb szilárdsággal és szignifikánsabban alacsonyabb súllyal rendelkezik, mint egy azonos geometriával rendelkező tömbi anyag.

Aims: A légiközlekedésben alkalmazott anyagok fejlődése során a súly és merevség aránya volt az egyik legfontosabb tényező. Manapság mint minden járműipari szereplő számára az alkatrészek gyártása során és az üzemeltetés alatt is a CO2 lábnyom csökkentése és az alkalmazott alapanyagok újrafeldolgozhatósága került a fókuszba. Anyagtudósok kifejlesztettek olyan hőre lágyuló polimer mátrixszal rendelkező kompozit alapanyagokat, melyek végtelen szálhosszúságú erősítő anyagokat tartalmaznak. Ezek alkalmasak lehetnek szendvicsszerkezetek héj anyagainak is. Az anyagfejlesztés új alakadási technológiával is párosul, mely szintén a hőre lágyuló polimerek gyors, kis energiaigényű feldolgozhatóságán alapszik. Ezt kihasználva szeretnénk a méhsejtrácsos maganyagot fröccsönthető bordaszerkezet kialakításával helyettesíteni. Kutatásunk során célunk, hogy be tudjuk bizonyítani, hogy ezekkel az anyagokkal és a különleges bordaszerkezeti kialakításokkal (fraktál, biostruktúra) megfelelő súly-merevség optimummal rendelkező és újrahasznosítható kabinelemeket lehet gyártani.

Results: Korábbi kutatásunk során próbatest méretű bordaszerkezetek 4PBT vizsgálatával próbáltuk meghatározni azt az optimális geometriai kialakítást, melynél minimális tömeg mellé maximális merevség társult. Ezeket a speciálisan megtervezett bordaszerkezeteket egy A350-s repülőgépen alkalmazott oldalfal kialakítására implementáltuk. Vizsgáltunk egyszerűbb geometriával valamint fraktál és biostruktúrájú fröccsönthető bordaszerkezetek súlyra és merevségre gyakorolt hatását. Kutatásaink kiterjedtek a bordaszerkezet nagyítási faktorjának tömegre és szilárdságra gyakorolt hatására is. A vizsgálatokat FEM szimuláció segítségével végeztük, mely elengedhetetlen egy ilyen jellegű fejlesztés során.



1. ábra – Repülőgép belső-oldalpanel

DIEHL Aviation Hungary Kft.,Debrecen

Berczeli Miklós[1], Hatoss Bálint[2], Dr. Kókai Eszer[1]

Polimer lézersugaras felületaktiválásának hatása a ragasztás adhéziós szilárdságára

A felületek módosítása során olyan technológiák minősége és ezáltal a létrehozott kapcsolat erőssége is javítható, mint a ragasztás, festés, bevonatolás, tömítés és egyéb adhéziós kapcsolat létrehozására alapuló eljárások. A kibővített topográfiai tulajdonságok által bővül az alapanyagok felhasználhatósága: újfajta fémeket és ötvözeteiket tudjuk összekapcsolni más nemfémes anyagokkal, hibrid anyagpárosításokat tudunk kialakítani, fejleszteni lehet a fém-polimer kötések minőségét, de akár kompozit alkatrészek komplex szerkezeti felépítésbe való integrálhatóságát is javíthatjuk. A rohamosan fejlődő alapanyag kutatási folyamatok eredményeként sokszor rendkívül előnyös tulajdonságú, ám nem optimális határfelületi tulajdonsággal rendelkező anyagokat hoznak létre, így ezek különböző technológiába való illeszthetősége is korlátozott. Nem elegendő figyelembe venni az alapanyag adta új műszaki követelmények kibővítését, az alapanyagok további kezeléséhez és kötéstechnológiájához figyelembe kell venni azok topográfiájának, határfelületi tulajdonságainak a javítását is. A felületen lévő molekulacsoportok aktiválásával javíthatók a nedvesítési tulajdonságok a határfelületen, míg a felület mikrotopográfiáját megváltoztatva pedig már érdességi és strukturáltsági alaksajátosságokat hozhatunk létre. Ezen két határfelületi és topográfiai jellemzők együttes módosításával lehetőség van a felülettel kapcsolatban lévő további gyártástechnológiai eljárások minőségének javítása, ragasztott kötés-, bevonatolás- és festés szilárdságának növelése, a felületen kialakítandó adhéziós erők sokszorozása. A felületmódosítások ipari körülményeknek megfelelő gyors, jól automatizálható, tiszta és rugalmasan szabályozható formája például a plazmasugaras és lézersugaras felületmódosítás.

A határfelületi jelenségek változása 2 irányból vizsgálható, az első adhézióra közvetlen hatást gyakorló vizsgálat a felület nedvesítésének vizsgálata szobahőmérsékleten üzemelő nyugvócseppmódszeres nedvesítési eljárással. A folyamat során a nedvesítési peremszögek mérésével és a Fowkes határfelületi energia teóriája szerint kalkulálható a lézersugárral módosított felület mN/m felületi szabadenergiája. A másik vizsgálati irány során a felület topográfiájának profilját kell vizsgálni, felületi érdességi és strukturáltság szempontjából vizuálisan SEM-mel. A műszaki műanyagok azonban nagyban különböznek a korábban emlegetett fémekhez képest felhasználási hőmérsékletüket tekintve, mivel a fémek olvadáspontja nagyban meghaladja a műanyagok olvadáspont értékét. A kutatásban a PA-6, illetve PA-6.6 mátrixú kompozitok felületkezelése kerül megvalósításra lézersugárral. A nedvesítés szempontjából szignifikáns javulást/módosulást mutató lézersugárral módosított polimereken a határfelületi molekulák aktiváltságának kimutatására alkalmazható az FT-IR vizsgálat, mellyel kimutathatók a lézersugaras aktiválás tényleges hatásai. A jó nedvesítő felülettel rendelkező minták adhéziójának javulását bizonyítandó ragasztási teszteket célszerű végrehajtani és kimutatni a szilárdság (MPa) szignifikáns növekedését a felületkezelés hatására. Továbbá a töretfelületek vizsgálatával jellemezni a topográfia módosításával elért műszaki előnyöket.

[1] *Neumann János Egyetem, GAMF Kar, Innovatív Járművek és Anyagok Tanszék, Kecskemét*
[2] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Budapest*

Kaptay György

Koherens, inkoherens és fél-koherens határfelületi energiák modellezése ötvözetekben

A polikristályos fémötvözetek sok tulajdonságát azok belső határfelületei határozzák meg (a határfelületek szerkezete, összetétele és energiája). Sajnos azonban ezek szinte mérhetetlen mennyiségek, ezért az anyagfejlesztők gyakran csak vaktában fejlesztenek. Ezt segítendő fejlesztettem ki azt a modell-családot, ami a legkülönbözőbb fémes határfelületek határfelületi energiájának modellezésére alkalmas a határfelület típusa, a hőmérséklet és a két környező fázis összetételének függvényében (ez utóbbiak a fázisdiagram szerint nem teljesen független mennyiségek). Ennek a modellnek a lényegét fogom elmondani az előadásomban. A részletek a következő cikkben vannak leírva:

G.Kaptay. A coherent set of model equations for various surface and interface energies in systems with liquid and solid metals and alloys. Adv Colloid Interface Sci 283 (2020) 102212 (34 pp). (2019-IF = 9.922, D1 in 2019 in „Surfaces and Interfaces” (No. 4) + in „Physical and Theoretical Chemistry” (No. 10) + in „Colloid and Surface Chemistry” (No.2)).

Miskolci Egyetem, FKNI, Miskolc, Egyetemváros

Weltsch Zoltán, Berczeli Miklós, Juhász Gergely, Kun Krisztián

Nagy energiasűrűségű felületkezelésekkel létrehozott mikro és nano geometriák határfelületi tulajdonságai

Nagy energiasűrűségű felületkezelésekkel (lézer, plazma) jelentősen megváltoztathatók a felületi tulajdonságok. A tulajdonság változtatásokat kutatásaink során három csoportra soroltuk be. Az első csoport, amikor a becsatolt energia mértéke elér egy akkora mértéket, hogy a fény anyag kölcsönhatás révén gőz fázisba megy az alapanyag, ezzel egy szabályozott mikro felületi struktúrát hozunk létre. A második csoport, amikor a becsatolt energia rövid impulzusaiból fakadóan létrejön az úgynevezett lézer indukált periodikus felületi struktúra (LIPSS), ami nano mérettartományba eső hullámokhoz hasonló jelenséget idéz elő a felületen. Harmadik csoport pedig az, amikor a kezelés energiája nem hoz létre megfigyelhető felületi struktúrát mégis felruházza azt egy speciális, határfelületi tulajdonságokat jelentősen megváltoztató jellemzővel.

A felületi tulajdonságok megváltoztatásával számos akár mindennapjainkban használt anyagtulajdonságon tudunk változtatni, mint például az optikai tulajdonságok, tribológiai tulajdonságok, vagy akár mechanikai tulajdonságokat is. A határfelületek megváltoztatásának közvetlen hatása van az adhézión alapuló kötéstechnológiákra is, mint pedálul a ragasztásra, vagy forrasztásra. A határfelületek irányított kialakításával akár szélsőséges körülmények között változtathatók, irányíthatóvá válnak a felületi tulajdonságok, ami jelenlegi anyagtudományi szemléletmódunkat megváltoztathatja.

Kísérleteink során bebizonyítottuk, hogy femtoszkundumos lézerrel létrehozott mikro geometriák befolyásolhatják, irányfüggővé tehetik a próbatestek mechanikai tulajdonságait. Bebizonyítottuk továbbá, hogy jól megválasztott femtoszekundumos pásztázással ki tudtuk alakítani rozsdamentes acél minta felületén lézer indukált periodikus felületi struktúrát, mellyel szélsőséges tartományban sikerült változtatni a nedvesítési tulajdonságokat. Lézer és plazmasugaras felületkezelési paraméterek helyes megválasztásával felületi struktúra létrehozása nélkül sikerült létrehoznunk egy időfüggő anyagtulajdonságot, mellyel bizonyos anyagok hidrofil tulajdonsága révén jelentősen sikerült javítani az adhéziós kötési erőket.

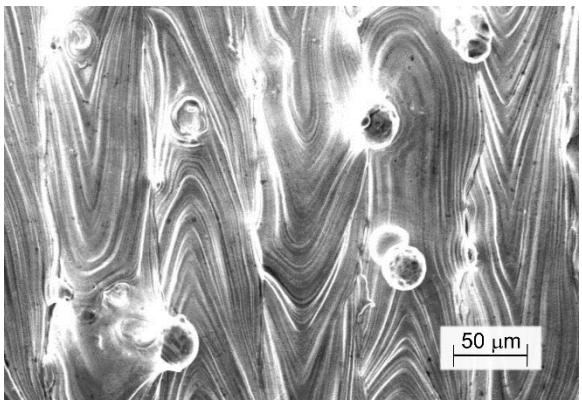
Neumann János Egyetem, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Innovatív Járművek és Anyagok Tanszék, Kecskemét

Kovács Dorina, Kemény Dávid, Szabó Annamária

Additívan gyártott rozsdamentes acélok felületkezelése

Az additív gyártás, ezen belül is a fémporok lézer szinterezése (Direct Metal Laser Sintering – DMLS), napjainkban egyre nagyobb teret nyer, hiszen ennek köszönhetően egyedi, egyénre szabott termékeket lehet készíteni szinte hulladékmentesen, utólagos megmunkálás nélkül. Képesek nagy sorozat alkatrészeket gyártani, különleges, egyedi geometriájú termékeket előállítani például orvostechnikai eszközöket, implantátumokat. Az orvostechnikai eszközök minőségi elvárásai évről évre növekednek. Napjainkban a modern orvostechnika elengedhetetlen részét képzik a nagy kopásállóságú, antibakteriális bevonatok, hiszen az emberi testben is kopásnak, szerszámkénti felhasználásuk során korróziónak vannak kitéve. Folyamatosan elvárt magas minőség mellett ezeknek a bevonatoknak szintén biokompatibilisnak is kell lenniük.

A felületkezelések alkalmával PVD/CVD eljáráson alapuló technológiákat, valamint plazmanitridálást alkalmazunk. Ezek során a legtöbb esetben CrN-et, TiN-et hozunk létre a felületen, amelyek nagy kopásállósággal rendelkeznek. Bonyolult geometriájú alkatrészeket, vagy különböző érdességű felületeken (1. ábra) a bevonatok megtapadása, a nitridálás során fellépő diffúzió más mértékben teljesül. Célunk különböző bevonatok vizsgálata additívan gyártott felületeken, vizsgálva a felületi tényezőket, kialakult rétegvastagságot, a geometria lekövetését, valamint a korrózióállóságukat.



1 ábra – DMLS additív gyártással készült felület elektronmikroszkópos képe

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

Kárpáti Viktor, Dr. Szabó Gábor, Dr. Koncz-Horváth Dániel,
Dr. Kaptay György, Dr. Mertinger Valéria

Határfelületi folyamatok Nb-Ti/Cu/Nb szupravezető lemezes kompozitban

A Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítás és Nanotechnológiai Intézetében több évtizedes hagyománya van termomechanikus kezeléssel lemezes hengereltkompozit struktúrák előállításának, különféle anyagminőségű fémötvözetek szerkezetvizsgálatának, valamint és képlékenyalakítási folyamatok vizsgálatának. Az Európai Nukleáris Kutatási Szervezet (CERN), a Wiegner Kutatóközpont és a Miskolci Egyetem egy közös kutatási projekt keretében új koncepciójú szeptum mágnes fejlesztését kezdte meg 2019 -ben. A mágnes kulcsfontosságú eleme a szupravezető/árnyékoló pajzs, mely rétegelt kompozitból áll. A funkcionális tulajdonságot a kompozit rétegrendje és szövetszerkezete biztosítja. A kutatómunka célja egy a múlt században előállított kompozit struktúrától jobb/olcsóbb pajzs előállítása. A lemezes kompozit felhasználása a szupravezetésben és nagy mágneses tér árnyékolásában lehetséges. A kísérleteink során hengerléssel és hőkezeléssel sokszekvenciás NbTi/Nb/Cu szendvics szerkezetű lemezeket állítottunk elő, mely struktúrában a Nb réteg szerepe, hogy megakadályozza a rétegek közötti keresztdiffúziót. A jelen kutatási periódusnak a célja az új kompozit struktúra költséghatékonyságának a növelése. Előzetes kísérleteink alapján megállapítottuk, hogy a nióbium lemez elhagyásának, mely a lemez költségének domináns részét adja van realitása. A kérdés, hogy mely technológiai hőmérséklet, hőntartási idő és alakítási mérték tartományokon belül? Célunk ezeknek a kérdéseknek a megválaszolása.

Miskolci Egyetem Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc Egyetemváros

Musza Alexandra [1,2], László Noémi [2], Windisch Márk [1,2], Török Mátyás [2], Dr. Vida Ádám [2]

Anodizált alumínium ötvözet oxid-rétegének anyagszerkezeti jellemzése

Az autóiparban növekszik a tömegcsökkentés iránti igény. Azok az autók, amelyek könnyebb alkatrészekből állnak, kevesebb üzemanyagot (így energiát) fogyasztanak és kisebb a direkt vagy átszámolt károsanyag-kibocsátásuk is, így előnyösebbé válnak a fogyasztók számára, valamint a környezetterhelésük is csökken. A tömegcsökkentés egyik eszköze vas alapú ötvözetek kiváltása könnyebb elemekre, mint pl. az alumínium vagy annak ötvözetei. Bár az alumínium sűrűsége lényegesen alacsonyabb a vasötvözetekénél, sajnos mechanikai szilárdsága és keménysége is alacsonyabb, utóbbi elektrokémiai úton (pl. anodizálással) növelhető.

Jelen kutatás célja egy optimálisan előkészített mintán, anodizálással kialakított rétegek jellemzése anyagvizsgálati eszközökkel. Az A356 ötvözet fő ötvöző elemei a szilícium és a magnézium, de 0,2%-ban található benne vas és 0,1 %-ban cink is. A minta felületét az anodizálás előtti és utáni felületi érdesség értékével jól jellemezhetjük. A darabolt minta keresztmetszeti csiszolatának optikai mikroszkópos vizsgálatával és pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokkal kiindulási képet kaphatunk a kialakult réteg legalapvetőbb tulajdonságairól. Ezen vizsgálatokat keménységméréssel és profilometriás analízissel bővítve megállapíthatók azok a mintakészítési paraméterek, melyek a legmegfelelőbb adhéziójú és kielégítő tulajdonságokkal bíró rétegek létrehozását teszik lehetővé. Kutatásunk végén arra kívánunk választ kapni, hogy az erős kopásnak kitett alkatrészek leválthatók-e ezen ötvözetekből készült alternatívákkal.

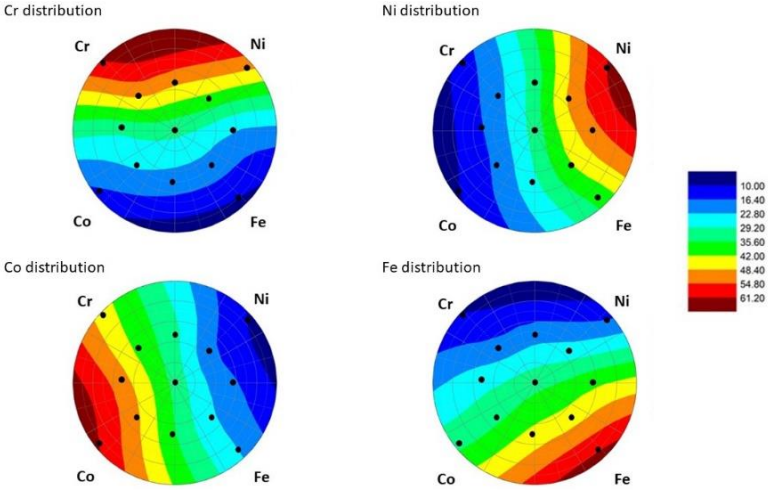
1. ábra – A356 ötvözet anodizálásának fázisai

[1] *Eötvös Loránd Tudományegyetem, Anyagfizikai Tanszék, Budapest*
[2] *Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest*

Nagy Péter[1,2], Nadia Rohbeck[2], Hegedűs Zoltán[3], Johann Michler[2], Pethö László[2], Lábár L. János[1,4], Gubicza Jenő[1]

Nagyentrópiás ötvözet kombinatorikus vékonyréteg előállítása és karakterizálása

Nagyentrópiás ötvözet (High entropy alloy, HEA) vékonyréteg előállítására egy újszerű eljárás az MBS (multi beam sputtering) PVD technika. Az MBS PVD módszer során a HEA vékonyréteg porlasztásához nem szükséges HEA targetek használata, mivel a berendezés 12 különálló és állítható plazma forrást tartalmaz, ahol a HEA alkotó elemei helyezhetők el. Az így előállított, úgy nevezett kombinatorikus minta, a PVD kamra egyedi geometriájából adódóan erős, jól definiált anyagösszetétel gradienseket tartalmaz, így lehetővé téve egy mintán belül sokféle elemösszetétel vizsgálatát. A mechanikai tulajdonságokat és a mikroszerkezetet részletesen megvizsgáltuk az összetétel függvényében. Szinkrotronsugárzással a teljes mintáról röntgendiffrakciós térkép készült, így vizsgálhatóvá téve a mikroszerkezetet a kémiai összetétel függvényében. A mintán több pontban végeztünk TEM vizsgálatot a mikroszerkezet további feltárásához. A minta kémiai összetételét XRF és EDS mérésekkel határoztuk meg. A minta mechanikai vizsgálata nanoindentációval történt.



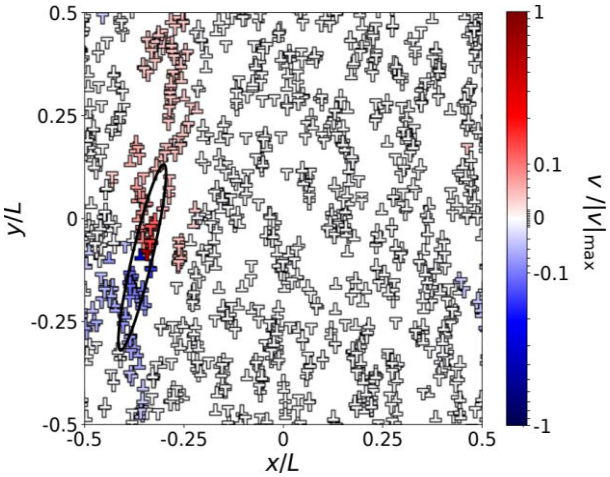
1. ábra: A HEA kombinatorikus minta elemeloszlása az EDS mérések alapján, fekete pontokkal a nanoindentációk helye van jelölve.

[1] *Department of Materials Physics, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary*
[2] *EMPA Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, Laboratory for Mechanics of Materials and Nanostructures, Feuerwerkerstrasse 39, Thun, Switzerland*
[3] *Deutsche Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg, Germany*
[4] *Institute for Technical Physics and Materials Science, Centre for Energy Research, Budapest, Hungary*

Berta Dénes, Péterffy Gábor, Ispánovity Péter Dusán

Lokális folyásfeszültségek vizsgálata 2D modell kristályokban

Modell amorf anyagok vizsgálata során kiderült, hogy a lokális folyásfeszültség olyan lokális mennyiség, amely kifejezetten jól kapcsolja össze az anyagszerkezetet az anyag terhelése esetén tapasztalt plasztikus (azaz irreverzibilis deformációs) tevékenységgel. Ily módon a folyásfeszültség hatékonyan előrejelzi a plasztikus események helyét az anyagban: az alacsony folyásfeszültséggel jellemezhető (puha) tartományok erősen korrelálnak a plasztikus események elhelyezkedésével. Kristályos anyagok esetén is értelmezhetünk egy analóg küszöbértéket, amely ebben az esetben az első diszlokációlavina kiváltásához szükséges küszöbfeszültség. A jelen munkában a lokális folyásfeszültségeket diszkrét diszlokációdinamikai (DDD) szimulációkkal vizsgáljuk. Az eredmények azt mutatják, hogy az alrendszerek folyásfeszültsége kifejezetten magas korrelációt mutat saját legpuhább alrendszereik folyásfeszültségével. Ez egyrészt megerősít minket a lokális folyásfeszültségek előrejelző képességében, másrészt arra utal, hogy a rendszerben a plaszticitást a leggyengébb láncszem elve határozza meg. Azt tapasztaltuk, hogy a ponthibák (vakanciák, oldott atomok) bevezetésével, és azok koncentrációjának növelésével a korrelációk tovább növekedtek. Feltételezhetően ez annak a következménye, hogy a diszlokációlavinák kezdeti magjai sokkal inkább lokalizálódnak a rögzített ponthibák jelenlétében. Az aktivált tartományokat és azok morfológiáját a diszlokációk szintjén is vizsgáltuk (lásd 1. ábra). Numerikus eredményeink azt mutatják, hogy potnhibák jelenlétében az aktivált tartományok sokkal inkább egybeesnek alrendszerek és azok alrendszereinek terhelése esetén, ami szintén az aktiválható módusok lokalizálódásával függ össze. Jövőbeli célunk eredményeink közvetlen összevetése a modell amorf anyagok esetén kapott eredményekkel, valamint azok felhasználása a magasabb szintű kontinuum diszloációdinamikai (CDD) modellekben.



1 ábra – Az aktiválódó (színes diszlokációkkal jelölt) tartomány egy diszlokációlavina elején a teljes rendszer terhelése esetén ponthibák nélküli rendszerben. Jól láthatóan a ponthibák jelenléte nélkül a már a lavina elején a diszlokációk jelentős része aktív (azaz az ábrán a mozgás irányától függően kék vagy vörös).

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

Dr. Mankovits Tamás, Dr. Barkóczyné Dr. Gyöngyösi Szilvia, Balogh Gábor, Gábora András, Andráskó Sándor

Cellás szerkezetű anyagok komplex vizsgálata járműipari alkalmazásokhoz

Zártcellás alumíniumhabok kutatása több éve folyik a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Gépészmérnöki Tanszékén. A gyártás mellett számos eredményt értünk el az alumínium habok anyagvizsgálata, geometriai modellezése és szimulációja területén [1-5]. A habosított anyagok többek között tömegcsökkentő és energiaelnyelő szerepet tölthetnek be különböző járművekben, de egyenlőre csak kevés alkalmazás ismert. Jelen kutatás tárgya megvizsgálni az alumíniumhabok járműipari alkalmazási területeit, valamint széleskörű anyagvizsgálatot elvégezni a szilárdsági tulajdonságok és energiaelnyelő képesség mértékének meghatározására.

Köszönetnyilvánítás:
A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium által meghirdetett Tématerületi Kiválósági Program (TKP2020-NKA-04) támogatta.

[1] Naeem, Muhammad Ali; Gábora, András; Mankovits, Tamás: Influence of the Manufacturing Parameters on the Compressive Properties of Closed Cell Aluminum Foams, PERIODICA POLYTECHNICA-MECHANICAL ENGINEERING 64: 2 pp. 172-178. , 7 p. (2020)
[2] András, Gábora; Tamás, Mankovits ; Gábor, Kalácska: Metal foam specimen production problems focusing mechanical tests, MECHANICAL ENGINEERING LETTERS: R AND D: RESEARCH AND DEVELOPMENT, 18 pp. 43-49., 7 p. (2019)
[3] Gábora, A; Mankovits, T: Quality control of closed-cell metal foam produced by direct foaming, IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING 659 p. 012037 (2019)
[4] Tamás, Mankovits ; Tamás, Antal Varga; Sándor, Manó; Imre, Kocsis: Compressive Response Determination of Closed-Cell Aluminium Foam and Linear-Elastic Finite Element Simulation of μCT-Based Directly Reconstructed Geometrical Models, STROJNISKI VESTNIK-JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING 64: 2 pp. 105-113. , 9 p. (2018)
[5] Mankovits, T; Budai, I;Balogh, G; Gábora, A; Kozma, I; Varga, T; Manó, S; Kocsis, I: Structural analysis and its statistical evaluation of a closed-cell metal foam, INTERNATIONAL REVIEW OF APPLIED SCIENCES AND ENGINEERING 5: 2 pp. 135-143. , 9 p. (2014)

Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Debrecen

Dr. Mészáros István Attila

Örvényáramos vizsgálatok DC mágneses térben

A vezető anyagokban ébredő örvényáramokat a közeg elektromos vezetőképessége és mágneses permeabilitása befolyásolja. Ennek megfelelően az örvényáramos anyagvizsgálati módszert e két fizikai mennyiség mérésére továbbá anyagfolytonossági hiányok, jellemzően az ötvözetekben lévő repedések kimutatására alkalmazzuk. Az utóbbira az ad lehetőséget, hogy az anyagfolytonossági hiány és az ötvözet között mindkét említett mennyiség ugrásszerűen és nagy mértékben változik.

Egy félvégtelen vezető közegben a változó külső mágneses tér által keltett örvényáramok nagysága a felületen a legnagyobb és az a felszíntől mért távolsággal exponenciálisán csökken. Ennek megfelelően, az örvényáramok behatolási mélységét az alábbi összefüggéssel határozhatjuk meg.

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \sigma \mu_0 \mu_r}}$$

Ahol: μ_0: a vákuum permeablitása, μ_r: a relatív differenciális permeabilitás, σ: a vezetőképesség, f: a mérőjel frekvenciája

Számos anyagvizsgálati probléma esetén szükséges megnövelni az örvényáramok behatolási mélységét. Ha a vizsgált anyag ferromágneses, erre lehetőséget ad a relatív permeabilitás csökkentése. Ismert, hogy a relatív differenciális permeabilitás az alábbi módon számolható.

$$\mu_r = \frac{1}{\mu_0} \frac{\partial B}{\partial H}$$

Azaz, a relatív differenciális permeabilitás az indukció mágneses térerősség szerinti deriváltjával arányos. A kis gerjesztéssel végzett örvényáramú vizsgálatok esetén a kezdeti permeabilitás értékével kell számolnunk. Ha azonban a vizsgálati mintát mágnesesen telítjük vagy legalább a telítéshez közeli tartományba mágnesezzük, akkor a relatív permeabilitás értéke lecsökken. Teljes mágneses telítés esetén a μ_r értéke 1 lesz. Egy lágy állapotú C45 acél jellegzetes μ_r értéke hozzávetőleg 4000. Ha ezt az acél mintát külső statikus (DC) mágneses térrel telítjük az, az előbbieknek megfelelően az örvényáramok behatolási mélységét mintegy 63 szorosára növeli.

Az előadásban egyrészt gyakorlati alkalmazási példát mutatok be a DC mágneses térben végzett örvényáramos vizsgálatra, aminek célja egy acél alkatrész megfelelő hőkezeltségi állapotnak kimutatása. A mérés nehézségét az adja, hogy a vizsgált alkatrész egy 4 mm vastagságú C45 acéllemezből készült házon belül található, az abszolút szondás örvényáramos vizsgálatot ezen keresztül kell végrehajtani.

Az előadás további részében bemutatok egy új magnetométer elrendezést, ami a μ_r-H, illetve B-H mágnesezési görbék felvételére alkalmas. A vizsgált minta egy elektromágnes légrésében DC mágneses térben helyezkedik el, permeabilitását egy abszolút szondával szerelt eddyMax típusú örvényáramos vizsgáló berendezés méri.

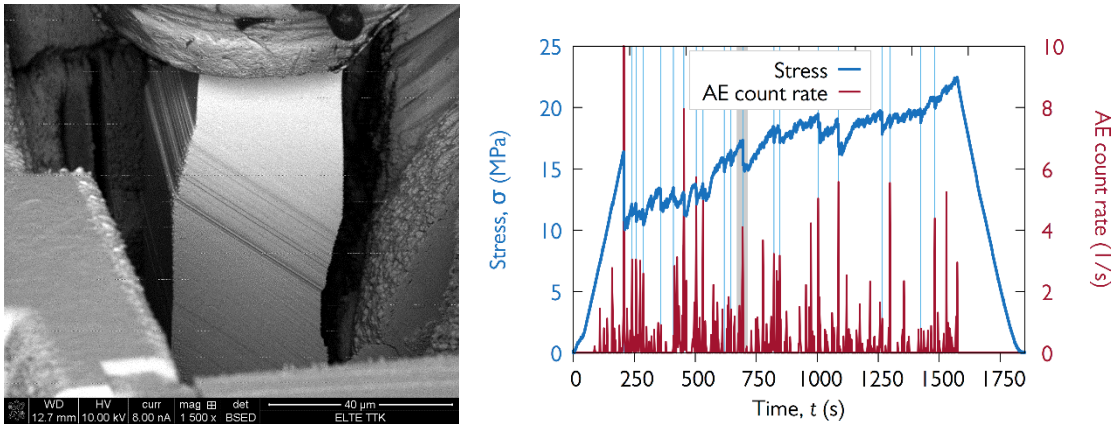
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Anyagtudomány és Technológia Tanszék

Ispánovity Péter Dusán[1], Ugi Dávid[1], Péterffy Gábor [1], Kalácska Szilvia[1], Dankházi Zoltán[1], Michal Knapek[2], Máthis Krisztián[2], František Chmelík[2], Groma István[1]

Akusztikus emisszió Zn mikrooszlopokban

A kristályos anyagok plasztikus alakváltozása általában lokális deformációs események sorozataként áll elő. Ezek az események a diszlokációk hirtelen kollektív átrendeződésének felelnek meg. Ezen lavina-szerű fluktuációk kísérleti vizsgálata először akusztikus emissziós (AE) mérésekkel történt tömbi mintákon. Kiderült, hogy mind a jelek energiája, mind amplitúdója skálafüggetlen eloszlást követ, ami a plasztikus deformáció kritikus jellegére utal. Ezt a jelenséget később mikrooszlopokon végzett mechanikai kísérletekkel is igazolták.

Az előadásban a két módszer ötvözését mutatjuk be annak érdekében, hogy részletesebb képet kapjunk a jelenség mögött megbúvó diszlokációdinamikáról. Mikrooszlopokat alakítunk ki bazális csúszásra orientált Zn egykristályokból. A mintadarabot egy AE szenzorra erősítjük és in situ összenyomjuk egy pásztázó elektronmikroszkópban. Azt találjuk, hogy a mért AE jelek tökéletes korrelációt mutatnak a lavinákat jelző feszültségesésekkel. A kétféle módszer által kapott jelek statisztikus analízise felfedi a diszlokációlavinák komplex dinamikáját: minden egyes deformációs lavina számos kisebb eseményből áll, melyek hasonlóságot mutatnak a földrengések során tapasztalt elő- és utórengésekkel. Az analógiát a földrengéseket jellemző univerzális skálatörvények segítségével mutatjuk be. Ezek az eredmények, melyeket diszkrét diszlokációdinamikai szimulációk is igazolnak, felfedik az AE jelek és a lokális deformációk tulajdonságai közti, régóta keresett összefüggést is. Az előadás végén kitérünk a bemutatott mérési elrendezés további lehetséges alkalmazási területeire is.



1 ábra – Bel oldal: Cink mikrooszlop deformáció közben. A diszrét csúszási sávok egy-egy deofmrációs lavina következményei. Jobb oldal: Egy mikrooszlop deofrmációs görbéje valamint a mért AE jelek rátája.

[1] *ELTE TTK Anyagfizikai Tanszék, Budapest*
[2] *Charles University, Faculty of Physics, Department of Physics of Materials, Prague*

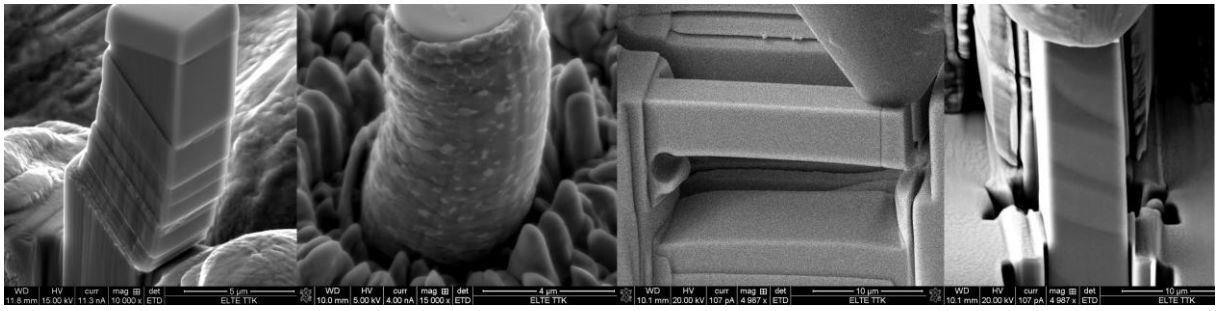
Ugi Dávid[1], Ispánovity Péter Dusán[1], Nguyen Quang Chinh[1], Máthis Krisztián[2]

Különböző szerkezetű mikrominták in situ deformációs vizsgálata

A szerkezeti anyagok deformációs tulajdonságainak részletes megismerése, a felhasználási területtől függetlenül kulcsfontosságú feladat. Ezen tulajdonságok feltárása napjainkban számos mérési módszerrel lehetséges, melyek közül az egyik legelterjedtebb és leginformatívabb a feszültség-deformációs görbe felvétele. Azonban a modern alkalmazások esetén nem elég pusztán ezeknek a görbéknek az ismerete, mivel azok alakja számos külső paramétertől is függ, mint például: a deformáció típusa és sebessége, a mintadarab alakja, mérete és mikroszerkezete.

Célok: Az ELTE Anyagfizikai Tanszékének munkatársai által kifejlesztett in situ nanoindentációs készülékben rejlő lehetőségekhez mára számos eredmény is társul. Az in situ indentációs eszközt versenytársaitól két tulajdonsága is megkülönbözteti: i) A mintadarabban keltett feszültséget egy rugó hozza létre, így a deformáció dinamikai tulajdonságai kedvezőbbek és hangolhatóak, valamint ii) Adott indentációs mérés során az akusztikus emisszió is detektálható. Előadásomban az új eredményeken túl, az éppen futó projektekbe is betekintést nyújtok.

Eredmények: Vizsgálataink számos mikroszerkezetre terjedtek ki. Egykristály cink mikrooszlopokról ismert, hogy a deformációt sztochasztikus folyamatok jellemzik, melyek a diszlokációk lavinaszerű mozgása indukál. Adott lavinán belül a diszlokációk egy adott kristálytani síkon mozognak. Ezen síkok inaktívvá válásának magyarázatához, különböző mértékben deformált mintákon - TEM és HR-EBSD vizsgálatokkal kiegészítve - a diszlokációszerkezetet vizsgáltuk. Továbbá nanoszemcsés és egykristályos anyagok vizsgálatai felfedték, hogy a szemcsehatár menti csúszás akusztikusan inaktív, míg, ha a deformációt a diszlokációk okozzák, akkor az akusztikus jelek nagy számban detektálhatóak. Valamint magnézium mintadarab esetén az ikresedést jellemző folyamatok sebességeit nagy pontossággal sikerült beazonosítani.



1 ábra – In situ mikrodeformált minták a SEM vákuumterében. Balról jobbra: Cink egykristály mikrooszlop, Al30Zn nanoszemcsés mikrooszlop, Réz egykristály mikrohajlantyú, ikresedett Mg egykristály mikrooszlop

[1] *Eötvös Loránd Tudományegyetem, Anyagfizikai Tanszék, Budapest*
[2] *Charles University, Faculty of Physics, Department of Physics of Materials, Prague*

Jean-Claude Menard

Végső minta-előkészítés, megfigyelés és elemzés a JEOL JSM-IT700HR LA pásztázó elektronmikroszkóp használatával

Az úttörő JEOL JFSM-30 pásztázó elektronmikroszkóp 1974-es bemutatása óta a SEM FEG – téremissziós elektron forrással ellátott pásztázó elektronmikroszkópokon az intenzív kutatási és fejlesztési erőfeszítéseknek köszönhetően számos sikert értünk el az elmúlt öt évtizedben: nagy fényerőt, alacsony energia szórású, csökkentett méretű elektronnyaláb-forrást.

Ezen felül nagy- és hosszú ideig stabil sugár áramot biztosít a kapcsolódó analitikai (kémiai és szerkezeti) technikákhoz, miközben laterális felbontása továbbra is kiváló.

A termikus FEG SEM elektronforrásokat mindenképpen a legjobb elektronágyú-forrásokként alkalmazzák, összehasonlítva a termionikus elektronforrásokkal (pl. W / LaB6 / CeB6) vagy a hideg FEG-katódokkal A JEOL 2020-ban mutatta be innovatív és teljes munkafolyamatot biztosító berendezését, a JSM-IT700HR LA téremissziós pásztázó elektronmikroszkópot.

Széles kutatási területet fed le: megfigyelések és in-situ elemzések fémeken, ötvözeteken, vagy elektronsugárral kompatibilis mintákon, de ugyanúgy nem-vezetőképes szigetelőkön, vagy bevonat nélküli felületeken is, mint kerámiák, polimerek, elasztomerek, vagy kompozit anyagok, tömbös-, vagy transzmissziós mikroszkópiában használt minta típusokkal, bámulatosan könnyű használat mellett.

Az új, sokoldalú JEOL készülék és kiegészítői mellett számos esettanulmányt mutatunk be.

Ultimate sample preparation, observation and analysis using JEOL JSM-IT700HRLA

Since the introduction of the pioneer JEOL JFSM-30 completed in 1974, a Scanning Electron Microscope (SEM) with Field Emission Gun fitted, so called SEMFEG, intensive research and development efforts have been managed to bring over the last five decades, high brightness, reduced electron beam source size with low energy spread.

In addition, high probe currents and long time beam stability for the use of associated analytical techniques (chemical and structural) are now also provided with still keeping excellent lateral resolution.

SEM Thermal FEG electron sources are definitely adopted as the best electron gun sources compare to thermionic emitters (e.g. W/LaB6/CeB6) or cold FEG tips

JEOL has introduced in year 2020, an innovative and complete solution instrument, the JSM-IT700HRLA.

This covers a large field of explorations : observations and in-situ analysis, metals, alloys or any electron beam compatible objects but also non-conductive, insulators or uncoated parts like ceramics, polymers, elastomers or composite material in bulk or TEM like sample preparation with unpreceded ease of use.

Along a description of this new versatile JEOL instrument and its attachments several case studies will be presented.

JEOL (EUROPE)SAS

Kazup Ágota, Fegyverneki György, Gácsi Zoltán

Alumínium öntvények 3D szövetszerkezetének jellemzési lehetőségei

Napjainkban gyakori probléma az öntvényekben a különböző technológiai folyamatokból eredő porozitás megjelenése, melyek számos problémát okozhatnak. Leginkább szilárdságukat és élettartamukat csökkentik repedés érzékenységük révén [1-4]. Fontos szempont a termékek szivárgásmentessége is, különösen gáz és folyadék tartályok esetében [5]. A felületet érintő üregek miatt idő előtti korrózió is felléphet. Az öntvény felület közeli részein előforduló üregek így nagyobb kockázatot jelentenek. Minél terjedelmesebbek, éles határvonalúak, illetve minél inkább összetett morfológiájúak a pórusok, annál inkább jelentenek veszélyt [6]. A porozitás mennyisége és minősége befolyással van a megrendelők által, az öntvénnyel szemben támasztott követelmények teljesítésére. Mindenképp számolnia kell a gyártónak az általuk kiváltott minőségcsökkentő hatásokkal [5].

A pórusok helyének, méretének és eredetének meghatározásával technológiai visszajelzést kapnak a gyártók, ami számukra mindenképpen hasznos információ. Ezáltal a probléma forrása felderíthető és megoldható. Az ipari szereplők egyre inkább érdeklődnek a korszerű, s ennek megfelelően megbízható, gyakorlatban is kiválóan alkalmazható szerkezetvizsgálati módszerek és fejlesztésük iránt.

A terméktervezők mindennapos feladata az öntéstechnológiai, a mechanikai és esztétikai szempontoknak megfelelő alkatrészek megalkotása, szorosan együttműködve a folyamatmérnökökkel, illetve a megmunkáló részleggel. A minőség-ellenőrzés, beleértve a szövetszerkezeti és mechanikai tulajdonságok ellenőrzését is, szintén fontos a megfelelő termékek előállításához. A porozitás vizsgálata, melynek módszereit fejlesztjük, a minőségellenőrzést és a gyártási folyamatokat támogatja.

Ennek érdekében kutatást végzünk a porozitás minőségi és mennyiségi jellemzésének lehetőségeiről, az öntvényekben előforduló pórustípusok képződési mechanizmusairól és típusaik alapján elkülönített vizsgálatukról.

[1] G. Ran, J.E. Zhou, Q.G. Wang: Precipitates and tensile fracture mechanism in a sand cast A356 aluminum alloy, journal of materials processing technology 207 (**2008**) 46–52
[2] D. Dispinar, J. Campbell: Porosity, hydrogen and bifilm content in Al alloy castings, *Materials Science and Engineering* A 528 (**2011**) 3860–3865
[3] J. Nampoothiria, I. Balasundarb, B. Raje†, B.S. Murtyc, K.R. Ravi: Porosity alleviation and mechanical property improvement of strontium modified A356 alloy by ultrasonic treatment, *Materials Science & Engineering* A 724 (**2018**) 586–593
[4] P.N. Mayer, A.E. Mayer: Effect of hydrogen- and oxygen-containing heterogeneities on the tensile strength of solid and molten aluminum, *Computational Materials Science* 196 (**2021**) 110563
[5] S. Shukla: Study of Porosity Defect in Aluminum Die Castings and its Evaluation and Control for Automotive Applications, International Research Journal of Engineering and
[6] Technology (IRJET), Vol7 Iss7 (**2020**) 2122-2142
[7] S. Fintová, G. Anzelotti, R. Konecna, G. Nicoletto: Casting Pore Characterization by XRay Computed Tomography and Metallography, *The Archive of Mechanical Engineering* Vol 57 (**2010**) 3 263–273

Miskolci Egyetem, Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

Hlavács Adrienn, Benke Márton

Melegen hengerelt, illetve végső állapotú lemezek pólusábrán alapuló fülesedésének becslése

A kristálytani textúra meghatározó szerepet játszik az alakított (hideg- vagy melegalakított) félkész termékek tulajdonságainál. A meleghengerlést, illetve a hideghengerlést követő anizotrópia nagymértékben befolyásolja a további végtermék tulajdonságait, felhasználhatóságát. A kialakult kristálytani textúra vizsgálatának legelterjedtebb módszere a csészehúzó vizsgálat, amely során a csésze fülesedése jellemzi a lemez anizotrópiáját. A Miskolci Egyetem Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetben kifejlesztett fülesedés becslő módszer során a röntgendiffrakciós pólusábra vizsgálatok eredményeiből becsülni tudjuk a lemez fülesedését, amely alkalmas mind melegen-, mind hidegenhengerelt állapotú lemezek esetén. A kutatás során a laboratóriumi körülmények között hengerelt lemez vizsgálatait végeztük el. A melegen hengerelt lemez esetében a lemez fülesedésének komplex jellemzését (szalag hossza mentén eleje, közepe, vége és keresztmetszete mentén széle közepe) és a végállapotú lemez vizsgálatát végeztük el. Az eredmények alapján megállapítható, hogy már laboratóriumi körülmények között melegen hengerelt lemez esetében is fülesedés beli inhomogenitás mutatható ki.

Miskolci Egyetem, Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

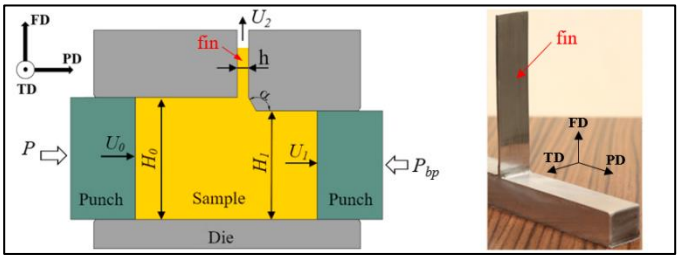
S. Toth Laszlo[1,2], Vu Q. Viet[2], Sepsi Máté[3], Zhao Yajun[4]

Új intenzív képlékenyalakítási eljárások nano-szemcsés fémlemezek előállítására

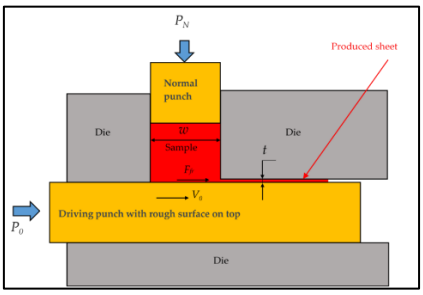
Az intenzív képlékenyalakítási eljárások ('Severe Plastic Deformation', SPD) igen hatékonyak a fémek szilárdságának növelésére a szemcsefinomítás folyamatán keresztül, amely ultrafinom szemcsés ('Ultra Fine Grain', UFG), vagy akár nano-szerkezetű struktúrát eredményezhet. A Lorraine Egyetem LEM3 laboratórium SPD platformjának kutatói több új SPD eljárást dolgoztak ki, amelyek alkalmasak UFG fémlemezek előállítására, tömbi anyagból, egyetlen lépésben. A következő eljárásokat mutatjuk be ebben az előadásban:

1. Képlékeny áramlási megmunkálás ('Plastic Flow Machining', PFM) [1]
2. Súrlódással segített laterális extrudálás ('Friction Assisted Lateral Extrusion Process', FALEP) |2]
3. Folyamatos FALEP ('Continuous FALEP', CONFALEP) [3]
4. Kumulatív kötés nyírással ('Accummulative Shear Bonding', ASB) [4]
5. Nagy nyomású kompressziós nyírás ('High Pressure Compressive Shearing', HPCS) [5]

A PFM folyamat tulajdonképpen szintén laterális extrudálás, azonban a tömbi anyagnak csak egy felületi rétegéből formálódik a kapott fémlemez (1. ábra). A lemez jellemzője a gradiens jelleg a vastagság mentén, mind deformációban, mikroszerkezetben és textúrában.



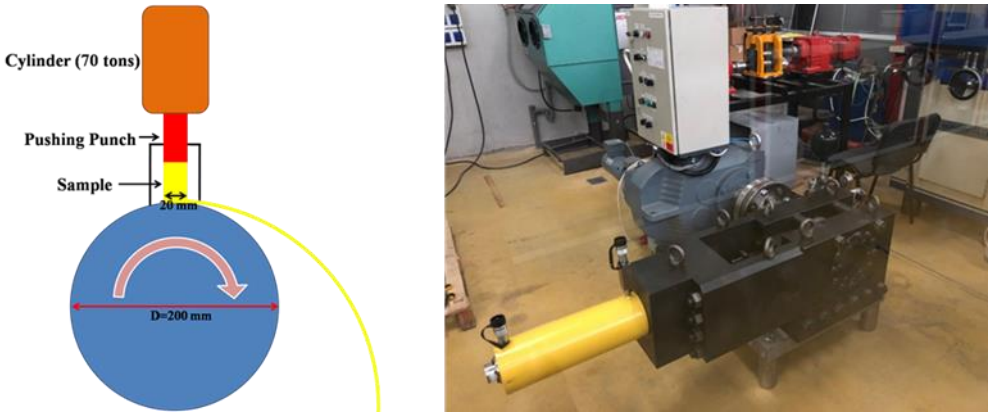
1 ábra - A PFM eljárás sematikusan



2. ábra - A FALEP eljárás sematikusan

A FALEP folyamat lényege, hogy segítségével egy tömbi fém-minta teljes mértékben egy fémlemezzé alakítható, és hogy a deformáció annyira nagy, hogy a lemez a szemcsefinomítás végső, stacionárius fázisába kerül (2. ábra).

A CONFALEP eljárás a FALEP folytonos változata, amellyel hosszú fémlemezeket kaphatunk. Ipari alkalmazásra lett tervezve (3. ábra).

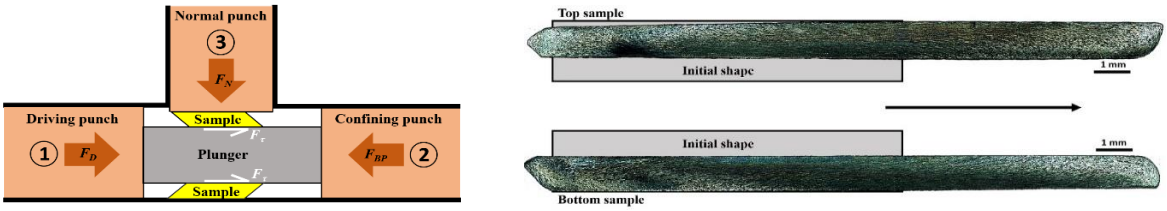


3 ábra - A CONFALEP eljárás sematikusan és a valóságban

Az ASB egy speciális alkalmazása a FALEP eljárásnak, amellyel réteges lemez szerkezetet hozhatunk létre (4. ábra). Az eljárást többször megismételve a réteg vastagság rendkívül lecsökkenhet: nano-réteges lemezt lehet elő állítani.

4 ábra - ASB eljárással kapott réteges lemez Al1050 és Al5052 kiindulási anyagokból

Az HPCS eljárás tulajdonképpen egy variánsa a HPT-nek ('High Pressure Torsion', HPT). Itt lemezből indulunk ki, de nagymértékben deformáljuk, nyírási deformációval (5. ábra). Lényeges különbség a HPT-hez képest, hogy a deformált lemezben a deformáció homogén a vastagság mentén.



5. ábra – A HPCS eljárás sematikusan és deformált ARMCO acél minták

[1] Viet Q Vu, Y Beygelzimer, R Kulagin, LS Toth, Advances in Materials Science and Engineering (2018) Article ID 8747960. Szabadalmaztatott 2017-ben.
[2] Viet Q. Vu, Laszlo S. Toth, Yan Beygelzimer, Yajun Zhao, Materials, 14 (2021) 2465.
[3] Szabadalmi eljárás alatt.
[4] Publikálásra előkészítve.
[5] Laszlo S. Toth et al., Materials Characterization, 154 (2019) 127-137.

[1] *Université de Lorraine, CNRS, Labex DAMAS, LEM3, Metz, France*
[2] *Thai Nguyen University of Technology, Thai Nguyen city, Vietnam*
[3] *Miskolci Egyetem, Institute of Physical Metallurgy, Metal Forming and Nanotechnology, Miskolc, Hungary*
[4] *School of Materials Science and Engineering, Dalian Jiaotong University, Dalian, China*

László István, Kugler Sándor

Nulla energia szintek és a rácshibák kölcsönhatása grafénban

A grafén egy egyrétegű grafit rács, melyben az atomok méhsejtszerű hatszöges rácsot alkotnak. Egy végtelen ilyen síkot elképzelve, a Brillouin-zónában a valenciasáv és a vezetési sáv pontszerűen a Dirac-kúpban érintkezik. Ha az energiaszint megfelelő választásával ezt az energia értéket nulla energiájú elektron állapotnak tekintjük, akkor például vakancia létrehozásakor további nulla energiájú állapot jelenik meg. Ennek az energia szintnek az az érdekes tulajdonsága, hogy szemben a Dirac-kúp érintkezési pontjával, ez nem tűnik el véges méretű grafén lap esetén. Ezen nulla energiájú energia szintek létrejöttét azzal magyarázzák, hogy a grafén rács alternáló. Azaz az atomokat két halmazra lehet osztani, az A , és a B alrácsra úgy, hogy az egyik alrácsban lévő atomok szomszédjai a másik alrácsban vannak. Ha N_A atom van az A, és N_B a B alrácsban, akkor nulla energiájú szintek száma $|N_A - N_B|$. Lieb [1] ezen tétele nem alkalmazható, ha a rács nem alternáló. A grafén rácsban a vakancia hibahelyek mellet olyan hibák is előfordulnak, amelyek megszüntetik a rács alternáló tulajdonságát. Ilyen például a Stone-Wales – transzformáció [2], melynek hatására két ötszög és két hétszög keletkezik.

Korábbi munkáink alapján [3-7] a jelen előadásban bemutatunk egy módszert, amely segítségével meg tudjuk mondani a nulla energia szintek számát olyan grafén síkokra is, amikor a rács nem alternáló. Zárt formulát adunk meg, amely megadja ezen nívók számát a vakanciák és a Stone-Wales – transzformációk számának a függvényében.

[1] E. H. Lieb, *Phys. Rev. Lett.* **1989,** 62, 1201.
[2] A. J. Stone, D. J. Wales, *Chemical Physics Letters.* **1986,** 128, 50.
[3] S. Kugler, I. László, *Phys. Rev. B* **1989,** 39, 3882.
[4] I. László, Cs. Menyes, *Phys. Rev. B* **44,** 7730 (1991).
[5] I. László, *Int. J. Quantum Chem.* **48,** 135 (1993).
[6] K. Kádas, I. László, S. Kugler, *Solid State Communications* **1996,** 97, 631.
[7] I. László, *J. of Mol. Struct. (THEOCHEM)* **2000,** 501-502, 501.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Elmélet Fizika Tanszék, Budapest

Bárány Tamás, Simon Dániel Ábel, Kohári Andrea, Kiss Lóránt

Abroncs gumiőrlet devulkanizációja és értéknövelt újrahasznosítása

A gyengén térhálós elasztomerek, a gumik, széleskörben elterjedtek, hiszen számos pozitív tulajdonsággal rendelkeznek. A térhálós szerkezetnek köszönhetően azonban nehezen újrahasznosíthatóak, mivel a keresztkötések révén a gumit nem lehet hagyományos ömledék alapú polimer feldolgozási technológiákkal közvetlenül újrafeldolgozni. Ebből kifolyólag az elhasznált gumitermékek újrahasznosítása komoly kihívást jelent és napjainkban is igencsak aktuális kérdés. Gazdasági és ökológiai szempontok miatt a gumihulladékok anyagában történő újrahasznosítása a cél, a belőlük előállított gumiőrletek megfelelő minőségben kereskedelemben kaphatók. A gumiőrletek fő felhasználási területe a sportpályák és játszóterek borítása, azonban ez a képződő mennyiség egy kisebb részére jelent csak megoldást, így a hasznosításukra új módszereket és alkalmazási területeket kell találni. Kézenfekvő lenne, hogy a gumiőrletet kaucsukkeverékek adalékaként használják, azonban csak kismennyiség (<10 tömeg%) hozzáadása mellett nem kell számolni jelentős tulajdonságromlással. E mennyiség számottevően megnövelhető a gumiszemcsék devulkanizációjával (pl. termomechanikus, mikrohullámú, termikus), az elsődleges térhálókötések célzott felbontásával, amellyel olyan mozgékony molekulákat képezhetünk bennük, amely elősegíti a befoglaló anyaggal az együttműködést. Felhasználásának másik előremutató iránya lehet a hőre lágyuló polimerekkel való társítás, amely többszörösen újrafeldolgozható termoplasztikus elasztomert eredményez.

Az előadás célja a különböző devulkanizációs módszerek (termomechanikus, mikrohullámi, nagyenergiájú sugárzásos) összehasonlítása abroncs gumiőrlet esetében, valamint a devulkanizált gumiabroncsőrlet alkalmazhatósági lehetőségeinek bemutatása természetes kaucsuk alapú gumikeverékekben.

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

Mészáros László[1,2], Petrény Roland[1], Almásy László[3]

Poliamid 6 mátrixú szén nanocső tartalmú hibrid nanokompozitok vizsgálata kisszögű neutronszórással

Napjainkra a polimer mátrixú, szálerősített kompozitok alkalmazása a műszaki élet számos területén egyre nagyobb teret hódít. A fejlesztéseknek új lendületet adott a nanorészecskék felfedezése, amelyek alkalmazása kompozitok esetén kifejezetten akkor előnyős, ha a nano-erősítés mellé hagyományos szálerősítés is társul. Az ilyen hibridkompozitoknál a mechanikai tulajdonságok tekintetében gyakran szinergikus hatások is fellépnek. A kialakuló jellemzők anyagszerkezettani magyarázata, az egyes alkotók szerepe máig nem teljesen tisztázott. Ennek oka, hogy a kialakult szerkezetre döntően vagy felületi képalkotó vizsgálatok alapján, vagy közvetett módon, például a termikus vagy vezetőképességi tulajdonságok változásából következtetnek. A szerkezet mélyebb feltárásában segíthet a kisszögű neutronszórás (SANS) alkalmazása, amely már bevált módszernek számít mind hagyományos mikroszálas, mind nanorészecskéket tartalmazó kompozitok területén. Hibridkompozitok tekintetében azonban alig található példa az alkalmazására.

Célok: Jelen kutatás célja poliamid 6 mátrixú hőre lágyuló polimer mátrixú, szén nanocső tartalmú nano- és szénszálat is tartalmazó hibridkompozitok szerkezeti vizsgálata kisszögű neutronszórással, és ezáltal az egyes komponensek kompozitban betöltött szerepének mélyebb feltárása.

Eredmények: Az anyagok vizsgálata során megfigyeltük, hogy a nanokompozitokban az neutronszórás intenzitása a nanorészecskék mennyiségével növekedett, azonban a növekvő részecsketartalommal egyre kisebb mértékben. Mivel a neutronszórás a határfelületi jelenségekhez erősen köthető, így a tapasztalt eredmények a nanocső aggregátumok viszonylagosan nagyobb arányával magyarázható nagyobb töltöttség esetén. A szénszál jelenléte önmagában is nagy hatással volt, azonban ha a szénszálak mellett nanorészecskéket is tartalmaztak a kompozitok, akkor a szórás intenzitása jelentősen megnövekedett, és a növekedés mértéke meghaladta a referenciákból származtatható növekedés kumulatív értékét. Ez azt jelenti, hogy a hibridkompozitokban a nanorészecskék eloszlatása hatékonyabb volt, hiszen megnövekedett a szóródást okozó határfelületek mennyisége.

[1] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, Budapest*
[2] *MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, Budapest*
[3] *Energiatudományi Kutatóközpont, Neutronspektroszkópiai Laboratórium, Budapest*

Kállai Imre[1], Dr. Major Zoltán[2], Dr. Kun Ferenc[3]

Új kompozit anyagok és gyártási trend a járműipar számára. Hőre lágyuló polimer mátrixú kompozit anyagok feldolgozási technológiája nagy komplexitású, lightweightdesign alkatrészek esetében.

A járműipar számára a környezeti terhelés csökkentése évek óta folyamatos kihívásokat jelent. Korán felismerték azt a tényt, hogy a jármű súlyának csökkentésével növelni lehet a hatótávolságot és csökkenteni lehet a CO_2 kibocsájtás mértékét. A kompozit anyagok a prémium gépjárművek esetén egyre nagyobb teret hódítottak, a repülőgép alkatrészek gyártása pedig elképzelhetetlen nélkülük. A korábban alkalmazott klasszikus hőre keményedő polimer mátrixú kompozit anyagok egyik legnagyobb problémája, hogy nem újrahasznosíthatóak.

Aims: A szigorodó környezetvédelmi direktívák abba az irányba terelik a kutatókat, hogy olyan új anyagokat fejlesszenek ki, melyek a életciklusuk alatt a lehető legkisebb CO_2 lábnyommal rendelkezzenek és teljesen újrahasznosíthatóak legyenek. Minél kisebb energia bevitel szükséges egy anyag alakadására annál kisebb a környezeti terhelés, amit az adott alkatrész gyártása okoz. A nyersanyagok fogyása és a hulladékok nagy számú keletkezése miatt az újrahasznosíthatóság manapság fontosabb mint valaha. A rövidszálú kompozit anyagok esetén a hőre lágyuló polimerek alkalmazása már évtizedek óta elterjedt, azonban a végtelen szállal erősített kompozitok esetén ezek az anyagok fejlesztése az elmúlt években kezdődött. Teherviselés szempontjából a mátrixként alkalmazott polimerek két nagy csoportja megfelelően be tudja tölteni a szerepét, azonban a hőre lágyuló polimerek felhasználása környezetvédelmi szempontból sokkal előnyösebb. Ezeket a modern anyagokat (organoblech) hőre lágyuló polimerek esetében alkalmazott gyártástechnológiák kombinált alkalmazásával nagy komplexitású, szendvicsszerkezetű, lightweight design alkatrészek gyártására tudjuk felhasználni. A héjszerkezet alakítására termoformázást, a lokális erősítések elhelyezéséhez ultrahangos hegesztést, sajtolást, valamint a funkcionális alkatrészek (bordák, csatlakozók, kötési pontok) kialakítását fröccsöntés segítségével meg tudjuk valósítani. Az eljárás teljes mértékben automatizálható és ipar 4.0 környezetbe integrálható.

Results: Kutatásaink során vizsgáltuk az alapanyagok és a technológiai járműipari alkatrészek esetén történő felhasználhatóságát. A technológiát sikerrel alkalmaztuk kompozit fékpedál fejlesztése során is. Jelen munkánk során azt vizsgáltuk, hogy a technológia repülőgépipari felhasználásra alkalmazható-e.

[1] *DIEHL Aviation Hungary Kft.,Debrecen*
[2] *Johannes Kepler Universität Linz Istitute of Polymer Product Engineering, Linz*
[3] *Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Fizika Intézet, Debrecen*

Czagány Máté[1], Baumli Péter[1], Kaptay György[1,2]

Réz alapú nano-multiréteges bevonatok fejlesztése és vizsgálata

A kötéstechnológiai fejlesztésekre irányuló kutatások az elmúlt néhány évben kezdték a nanotechnológia hasznosíthatóságát vizsgálni olyan problémák megoldására, melyeknél az összekötendő alkatrészek esetében fontos a mikro-, nanoszerkezet megőrzése, irreverzibilis változásainak elkerülése [1-2]. A nano-méretben rejlő egyik lehetőség az anyag olvadáspontjának csökkenése, illetve növelt sebességű diffúzió lehetősége a fázisok szemcsehatárai mentén [3]. Nanoszerkezetű anyag kialakításának egyik lehetősége nano-multirétegek létrehozása PVD (Fizikai gőzfázisú leválasztás) módszer alkalmazásával. Ezen nano-multirétegek szerkezete néhány nanométer vastag periódikusan ismétlődő fém forraszanyag rétegből, illetve az őket elválasztó kerámiarétegek együtteséből áll.

Kutatómunkánk során Cu-alapú nano-multiréteg fejlesztésével, illetve vizsgálatával foglalkoztunk, melynek eredményeként 200-szor ismétlődő, 5-5 nm vastag Cu, illetve AlN-Al_2O_3 rétegekből álló multiréteget hoztunk létre különböző hordozók felületén. A kutatás középpontjában a kialakított multiréteg termikus viselkedésének vizsgálata, illetve a réteg mikroszerkezetének hevítés hatására végbemenő tanulmányozása állt, melyet különböző korszerű méréstechnikák alkalmazásával végeztünk, így plazma fókuszált pásztázó elektronmikroszkópia (PFIB-SEM), nagy hőmérsékletű röntgendiffrakció (HT-XRD), illetve pásztázó kalorimetria (DSC). 400°C-tól kezdődően megfigyelhető volt az eredendően nanokristályos réz durvulása, melynek során mikroméretű Cu reservoirok képződése is tapasztalható volt a multiréteg szerkezetében. Ezzel párhuzamosan a magas hőmérséklet, illetve a multiréteget alkotó réz, illetve kerámiarétegek eltérő hőtágulási együtthatói miatt, a kerámiarétegek megrepedtek, melynek köszönhetően a réz facettált kristályok formájában megjelent a multiréteg felületén, megteremtve ezáltal a multiréteggel történő kötéskialakítás lehetőségét.

Irodalom

[1] Janczak-Rusch J, Kaptay G, Jeurgens LPH. Interfacial Design for Joining Technologies: An Historical Perspective. J Mater Eng Perform. 2014, 23, pp. 1608–1613.

[2] Czagány M, Varanasi D, Sycheva A, Janovszky D, Koncz-Horváth D, Kristaly F, Baumli P, Kaptay G. Synthesis, characterisation and thermal behaviour of Cu-based nano-multilayer. J Mater Sci. 2021, 56, pp. 7823–7839

[3] Kaptay G, Janczak-Rusch J, Jeurgens LPH. Melting point depression and fast diffusion in nanostructured brazing fillers confined between barrier nanolayers. J Mater Eng Perform. 2016, 25, pp. 3275–3284

[1] *Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc*
[2] *MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport*

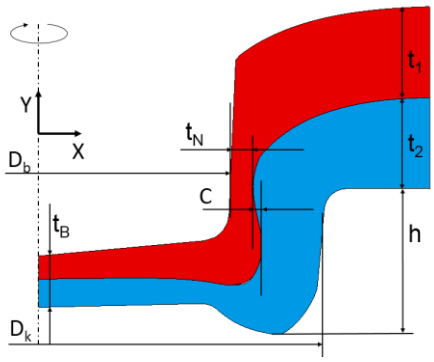
Jónás Szabolcs[1], Kovács Péter Zoltán[2], Tisza Miklós[2]

Alumínium lemezek klincs kötéseinek vizsgálata

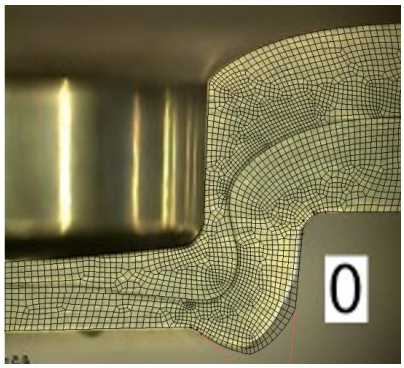
A klincselés egy olyan kötéstechnológia, amelyet vékonylemezek között, helyi képlékenyalakítással, egy speciálisan kialakított bélyeg és matrica szerszámpárral lehet előállítani. A kötéstechnológia legfonottasabb előnyei a rokontechnológiákkal szemben (ponthegesztés, szegecs kötés), hogy környezetbarát, nincs járulékos kötőelem, olcsóbb, gyors és az egymással köthető minőségű anyagok igen széles skálán mozognak.

A gépjárműipar igénye, hogy a lehető legnagyobb mértékben csökkentse a járművek tömegét, egyrészt gazdasági, másrészt környezetvédelmi okok miatt. Ehhez az egyik lehetséges út az anyagminőségek változtatása, tehát nagyobb szilárdságú, új anyagminőségek alkalmazása a korábbiakkal szemben. Egy másik módszer pedig a kötőelemek számának csökkentése. A nagyszilárdságú alumínium ötvözetek és a klincselés alkalmazásával a kívánalom két példaként felhozott módszere egyszerre teljesíthető. A klincselt kötésekben ugyanis nem alkalmaznak kötőelemeket. Az alumínium lemezek kötése igazi kihívás.

Jelen cikkben AA6082 minőségű alumínium lemezek közötti klincselt kötések vizsgálatát mutatjuk be eltérő hőkezeltségi állapotban, így rámutatva a kötés kihívást jelentő problémájára. Az alumíniumon elvégzett kísérletek során felvettük az alakítási szilárdságot. A mérésre illesztett anyagtörvények felhasználásával végeselemes számításokat végeztünk két eltérő rendszerben, az egyik az általános célú MSC.Marc&Mentat végeselemes rendszer, a másik a DEFORM2D célszoftver. A modellezés során 2D tengelyszimmetrikus úton vizsgáltuk a kötéseket. A modellezés során törekedtünk arra, hogy a két modellezési eljárás a lehetőségek szerint azonos legyen, és ennek eredményeként tudjunk nyilatkozni a módszerek hatékonyságát illetően.



1. ábra – Körpont klincselt kötések jellemző méretei



2. ábra – Csiszolat és végeselem háló összehasonlítása

[1] *Knorr-Bremse Vasúti Jármű Rendszerek Hungária Kft., Budapest*
[2] *Miskolci Egyetem, GÉIK, Anyagszerkezettani és Anyagtechnológiai Intézet, Miskolc*

Pázmán Judit, **Trampus Péter**

Az új paksi reaktorblokkok létesítésének anyagtudományi támogatása

Annak ellenére, hogy a világban legalább húszezer reaktorév tapasztalatai gyűltek össze, az atomerőművek szerkezeti anyagai továbbra is kiemelt figyelmet igényelnek, tekintettel a technológia potenciális veszélyére. Vannak országok, ahol az atomerőmű létesítés és üzemeltetés anyagtudományi háttér támogatását jogszabály írja elő és vannak országok, ahol ezt más módon oldják meg.

Több éves előkészítő munkát követően, a magyar kormány úgy döntött, hogy a paksi új atomerőművi blokkok létesítésének – a gépésztechnológiához kapcsolódó anyagtechnológiai, anyagvizsgálati és hegesztési szakértői feladatai – támogatása érdekében Kompetencia- és Kutatóközpontot hoz létre a Dunaújvárosi Egyetemen. A várhatóan hosszú távú, az atomerőmű üzemeltetési időszakára is kiterjedő feladat ellátáshoz megfelelő felszereltségű anyagvizsgáló laboratóriumok és hegesztő bázis szükséges. Ezek mellett – természetesen – a támogatás alapját az operatív jellegű, szakértői feladatok és a szükséges kompetencia biztosítását és fejlesztését szolgáló kutatási feladatok ellátása területén, felkészült szakembereknek kell biztosítaniuk.

Folyik a Kompetenciaközpont kialakítása, aminek része a laboratóriumok célirányos bővítése és a tudományos háttér kialakítása. Mind az eszköz, mind a személyi feltételek biztosítása kiterjed az egyetemen túlra is, azaz napirenden van egy szélesebb, tudományos kutató hálózat felépítése.

Az előadás a Kompetenciaközpont előtt álló feladatokat és a feladatok megoldásának lehetőségeit és módjait mutatja be.

Dunaújvárosi Egyetem

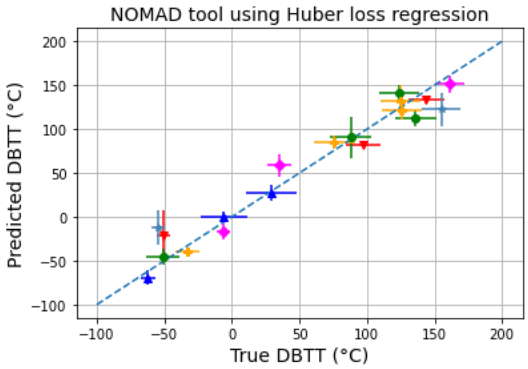
Vértesy Gábor, Szenthe Ildikó, Gasparics Antal

Roncsolásmentes mágneses módszerek fejlesztése reaktoracél sugárkárosodásának kimutatására („NOMAD" Horizon 2020 project)

Az atomerőművek legfontosabb, nem cserélhető részegységének, a nyomástartó tartálynak a rendszeres ellenőrzése rendkívül fontos feladat, mert a fal acél anyaga tartós neutron sugárzás hatására károsodik, veszít az elvárt szilárdságából. Az iparban roncsolásos módon elvégezhető mérési technikákat alkalmaznak az ellenőrzésre. Az EU Horizon 2020 program keretében zajló „NOMAD" jelű projekt keretében hét ország kutatói dolgoznak 2017 óta azon, hogy különféle, elektromágneses elven alapuló roncsolásmentes mérési eljárásokat fejlesszenek ki a sugárkárosodás mechanikai tulajdonságokban megnyilvánuló hatásainak mérésére [1]. Az EK fontos szerepet játszik egyrészt a vizsgálandó minták (ún. Charpy próbatestek és reaktor acél blokkok) előkészítésében és minősítésében, másrészt az általunk kifejlesztett roncsolásmentes mágneses mérési eljárás alkalmazásában a besugárzott mintákon. Az előadás keretében bemutatjuk a mágneses mérések során elért eredményeket.

Az eddigi munka egyik legfontosabb eredménye látható az ábrán, ahol azt mutatjuk be, hogy a projekt keretében felhasznált összes roncsolásmentes mérési adat felhasználásával milyen értékek prognosztizálhatóak a minták átmeneti hőmérséklet változására (DBTT) neutronnal besugárzott minták esetében a később hagyományos, roncsolásos módon meghatározott értékekhez képest. Az átmeneti hőmérséklet változásának mérése a jelenlegi ipari gyakorlatban a sugárkárosodás hatásainak roncsolásos módon való kimutatásának legfőbb eszköze. Az ábrán a méréseink alapján jósolt DBTT érték látható a hagyományosan mért értékek függvényében hat, különféle típusú reaktor acél anyagra. (Zöld: 15Kh2MNFA, piros: 18MND5-W, kék: 22NiMoCr37, acélkék: A508-B, narancs: A508Cl2, lila: HSST-03.)

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



[1] http://nomad-horizon2020.eu/

Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

Király Márton[1], Horváth Lászlóné[1], Vér Nóra[1], Perezné Feró Erzsébet[1], Nagy Richárd[1,2], Hózer Zoltán[1]

Képlékenységi mérések atomerőművi fűtőelem burkolatokkal

Az atomerőműben használt üzemanyag burkolatok képlékenységének, valamint a repedési és törési viselkedésének vizsgálata fontos mind a normál üzemi, mind a baleseti forgatókönyvek szempontjából. A rideg burkolatok meghibásodhatnak, míg a képlékeny anyag várhatóan ellenáll a mechanikai igénybevétel hirtelen növekedése által kiváltott jelentős alakváltozásoknak is. Az atomerőmű biztonsági elemzéseiben figyelembe vett reaktivitás üzemzavar során a reaktor teljesítménye hirtelen megnő, és az üzemanyag a hőtágulása miatt kölcsönhatásba lép a burkolattal. Az urán-dioxid üzemanyag tabletták és a burkolat csövek közötti mechanikai kölcsönhatás nagyon fontos a biztonsági elemzések szempontjából, mivel ez a jelenség az üzemanyag meghibásodásához és radioaktív anyagok kikerüléséhez vezethet. Hasonlóképpen fontos megvizsgálni a korrózionak és a hidrogénfelvételnek kitett burkolatok hosszú távú viselkedését normál üzemben és a kiégett üzemanyagok tárolása során egyaránt.

A kerámia üzemanyag tabletta töredékek és a burkolat közötti mechanikai kölcsönhatás több elemből álló, szegmentált szerszám segítségével modellezhető, segítségével meghatározható a burkolat csövek vagy gyűrűk képlékenységi határa. A többek között a Paksi Atomerőműben is használt E110 jelű Zr-1%Nb burkolat csövek alakíthatóságának vizsgálatához az Energetikai Kutatóközpontban megterveztünk és megépítettünk egy egyedi mandrel mérőberendezést, majd több szegmentált mandrel mérést végeztünk. Az alapállapotú referencia minták felvétele után különböző mértékű hőkezelésnek, oxidációnak vagy hidrogénezésnek kitett burkolatminták viselkedését vizsgáltuk szobahőmérsékleten és 300 °C-on.

A hidrogéntartalom növelésével a minták hamarabb, kisebb maximális belső átmérő esetén törtek el. A mért képlékenység 1500-2000 ppm hidrogéntartalomig lineárisan csökkent, majd telítésbe hajlott, ezt tekinthetjük a képlékeny-rideg átmenetnek. A ridegen törő minták 50-100%-kal több erőt vettek föl a mérések során, mint a képlékeny minták. A magas hőmérsékletű vízgőzben történt oxidáció szintén jelentősen csökkentette a minták képlékenységét. Az 1000 °C-on oxidált minták a fázisátalakulás miatt megváltozott szerkezetük miatt kevésbé viselkedtek képlékenyen, mint a 800 °C-on oxidált minták. A magasabb hőmérsékleten végzett mérések esetén a maximális erő csak a szilárdsági paraméterek változása miatt csökkent, de a gyűrűminták képlékenységének változása a kezelések függvényében azonos jelleget mutatott, mint a szobahőmérsékleten végzett mérések esetén.

[1] *Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest*
[2] *Óbudai Egyetem Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola, Budapest*

Farkas Róbert, Nagy Imre, Vér Nóra, Hózer Zoltán, Szabó Péter, Szabó Gergely

A Codex-SBO integrális atomerőművi súlyos baleseti kísérlet

A Cirkónium Anyagtudományi Kutatások projekt keretében valósult meg a CODEX berendezésen végrehajtott legújabb integrális kísérlet. A kísérlethez a fő technológiai paramétereket előkészítő számítások alapozták meg, amelyet a NUBIKI végzett el. A méréshez olyan súlyos baleseti körülményeket választottunk ki, amelyek a cirkóniumburkolat jelentős, különböző mechanizmusok miatt fellépő degradációjához vezetnek.

Cél: A CODEX-SBO kísérlet célja egy olyan atomerőművi balesetet szimulálása egy hét rúdból álló elektromosan fűtött köteggel, amelyben a teljes feszültségkiesést követően a hidroakkumulátorokból víz áramlik a felhevült fűtőelemekre, majd az aktív hűtőrendszerek hiányában a víz elforr és a zóna ismét szárazra kerül. Az SBO elnevezés a feszültségkiesés angol elnevezéséből (Station Black Out) származik.

Eredmények: A kísérlet két fázisból állt. Az első fázisban 800 °C hőmérsékletet értünk el, miközben a magas belső nyomás miatt a középső rúd felhasadt. Ez a szakasz hideg vizes alárasztással ért véget. A második fázisban a maximális hőmérséklet elérte az 1900 °C-ot, a cirkónium oxidációja következtében 32 g hidrogén keletkezett.

A köteg állapota a mérés után jelentős mértékű degradációt mutatott: az egyik rúd eltörött, egy másik felhasadt, törmelék keletkezett és hullott alá a felső szegmensből. Az E110 típusú csöveken felhasadó oxidréteg keletkezett.

A köteg metallográfiai vizsgálatokra előkészített metszetein minden rúdon, általában több ponton végeztük el a rétegvastagság méréseket. Három réteget lehetett jó azonosítani: oxidréteg a burkolat külső felületén, α(O) réteg a külső oxidréteg alatt és néhány esetben oxidréteg a burkolat belső felületén. A köteg tetején, 450-600 mm magasságban érte el a maximumot az oxidréteg vastagsága, jellemző értéke 400-500 μm volt. 450 mm magasság alatt az oxidréteg-vastagság 100 μm alatt maradt. Belső oxidréteg csak a középső, sérült rúdon volt megfigyelhető, ott is csak 550 mm fölött és jellemző vastagsága 40-80 μm volt. Ez a belső oxidréteg minden bizonnyal a sérülés létrejötte után alakult ki, amikor a gőz bejutott a fűtőelem belsejébe és oxidálta a burkolat belső felületét.

A burkolaton 450 mm és 550 mm magasságban alakult ki a legvastagabb α(O) réteg, amelynek értéke meghaladta a 150 μm-t. Az α(O) réteg vastagsága 300 mm és 450 mm közötti szakaszon 30-150 μm között monoton növekedett.

Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

Nagy Richárd[1,2], Király Márton[1], Antók Dániel[1], Tatár Levente[1]

Oldott hidrogén-tartalmú cirkónium burkolatcsövek mandrel mérésének numerikus szimulációja

A nyomottvizes atomreaktorokban a fűtőelem tablettákat cirkónium csőből készült burkolatban helyezik el. A burkolatra nyomást gyakorol a nagy nyomású hűtővíz, emiatt a burkolat befelé kúszik. A hasadási termékek keletkezése miatt duzzad a tabletta és belülről nyomja a burkolatot. Reaktivitás-üzemzavarok esetén (például szabályozórúd-kilökődés) a reaktor teljesítmény hirtelen megnövekszik. A keletkező hőt a hűtőközeg nem képes elszállítani, így a fűtőelem felmelegszik. A tabletta hirtelen hőtágulása miatt a burkolat szétfeszül, ezáltal a burkolat átmérője megnövekszik. Mindeközben a tabletta és a burkolat felszíne összepréselődik (PCMI – tabletta-burkolat mechanikai kölcsönhatás) és a cső is megsérülhet. Hasonló folyamatok léphetnek fel a reaktor felterhelése során is. A PCMI kísérleti modellezésére szegmentált szerszámmal szerelt mandrel mérőberendezést használtunk. A mandrel berendezésben 8 mm-es gyűrűmintát gúla alakú nyomótüskéhez illesztett, szegmentált szerszámokkal radiálisan kifelé terheltük. A szakítógépben a nyomóerőt regisztráltuk a tüske elmozdulása függvényében. A mandrel méréssel a burkolat cső radiális képlékenységi tulajdonságairól kaptunk információkat. A reaktorban, a radiolízis hatására a vízből keletkező hidrogén egy része a burkolatban elnyelődik, ettől a burkolat elridegedik, a burkolat cső tehát nagyobb feszítőerő mellett kisebb megnyúlást képes elviselni sérülés nélkül. A mandrel mérések alapján a képlékenység-tulajdonság változását követtük, a burkolatanyagba beoldódott hidrogén mennyiségének függvényében.

Célkitűzés: a fent említett mandrel berendezésben elvégzett képlékenységi vizsgálatokat végeselemes szimulációkkal kívántuk elemezni. A szimuláció során a hidrogén hatásának vizsgálatát tűztük ki célul.

A modell fejlesztése: a végeselemes szimulációt a valós mérési elrendezésnek megfelelő geometriával fejlesztettük. A szimuláció során a berendezés alkatrészeit rugalmas testként, a kísérletben alkalmazott burkolat cső mintát pedig képlékeny alakváltozásra képes testként közelítettük. Az egymáson súrlódó testeket quad-8 téglatest-elemekből építettük fel. A burkolatanyagot képlékeny instabilitási határig deformáltuk, a kísérletben megfigyelt sérüléseket (befűződés, repedést, törést) nem modelleztük.

Eredmények: A modellezés során azt tapasztaltuk, hogy a mérési eredmények nagy pontossággal visszaadják a mérések során kapott erő-elmozdulás görbét. Amennyiben jól választjuk meg az egymáson elmozduló mandrel-alkatrészek közötti súrlódási együtthatókat, a mért és a számított görbe jó közelítéssel megegyezik. Megalkottunk egy matematikai transzformációt, mely egy valós szám-paraméter segítségével az alapállapotú burkolatanyagra jellemző folyásgörbe modellből létrehozza a hidrogénezett anyagokra jellemző folyásgörbéket. Így, a modell többszöri futtatásával képesek voltunk a különböző mértékben hidrogénezett mintákra jellemző erő-elmozdulás görbét nagy pontossággal kiszámítani, egyetlen paraméter változtatásával.

[1] *Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest*
[2] *Óbudai Egyetem, Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola, Budapest*

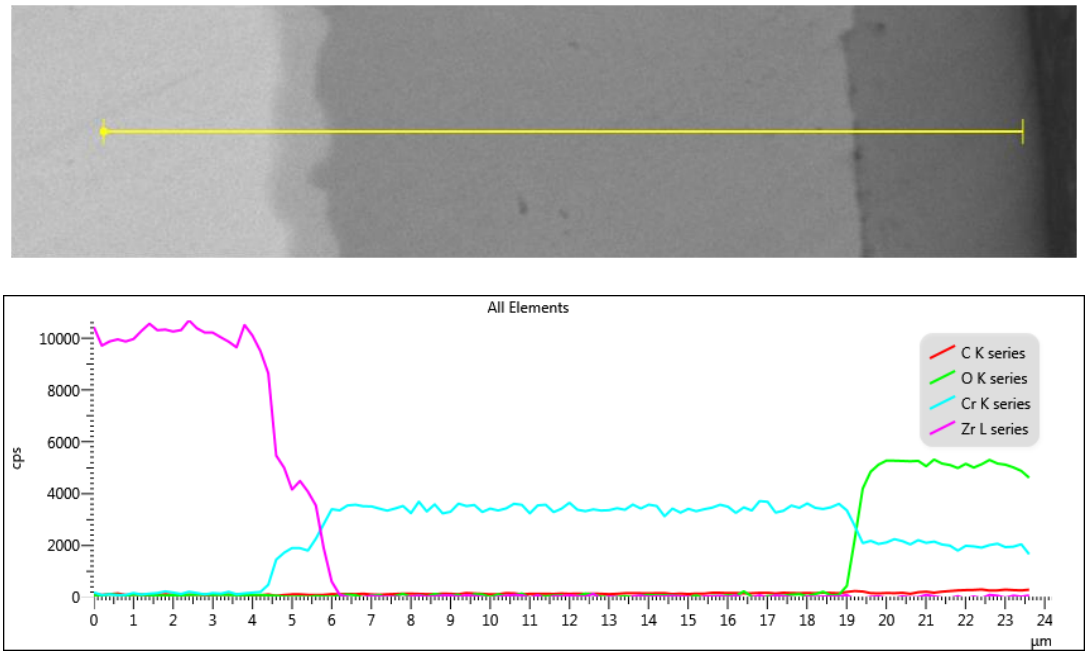
Pintérné Csordás-Tóth Anna[1], Illés Levente[1], Perezné Feró Erzsébet[1], Király Márton[1], Hózer Zoltán[1], Juri Stuckert[2], Martin Severek[3]

Korszerű Zr - burkolat anyagok morfológiai és összetétel vizsgálata magas hőmérsékletű oxidáció után

A fukushimai súlyos reaktor baleset óta sok kutatócsoport foglalkozik olyan burkolat anyagok kifejlesztésével, amelyek magas hőmérsékleten is ellenállnak az oxidációs folyamatoknak. Többféle megoldáson dolgoznak, mint például a burkolatanyag vékony króm réteggel való bevonása, többrétegű, TiAlN bevonatok készítése, stb.

Célkitűzések: Vizsgálataink célja a különböző burkolat anyagokra (E110G, Zircaloy-4, Zirlo) különböző technológiákkal felvitt Cr bevonatokat tartalmazó minták magas hőmérsékletű (1000-1200 °C) oxidációjának tanulmányozása volt. A mintákat argon-vízgőz atmoszférában oxidáltuk. A minták vizsgálatára Ga - ionágyúval felszerelt pásztázó elektronmikroszkópot és energiadiszperzív elektronsugaras mikroanalízist (EDX) alkalmaztunk.

Eredmények: Az E110G burkolatra felvitt Cr - réteg vastagsága kb. 20 µm volt. Oxidáció után a burkolat külső oldalán egy 2,1-5 µm vastagságú krómoxidot, egy 12-16 µm Cr - réteget és a Zr fém mellett egy kb. 1 µm vastagságú Cr - Zr vegyes összetételű fémréteget mutattunk ki (1. ábra). A tömör Cr réteg megvédte az alatta lévő burkolat anyagot az oxidációtól. A vizsgált Cr - bevonatos Zircaloy-4 és a Zirlo ötvözet minták Cr rétege vékonyabb, és a Cr - oxid és Cr - rétegek között rés figyelhető meg a Zirlo mintáknál. Ezeknek a mintáknak a termoanalitikai eredményei a bevonat nélküli, oxidált mintákhoz hasonló eredményeket mutattak.



1 ábra: Cr bevonatos E110G minta SEM felvétele vonalprofil eredményekkel

[1] *Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest*
[2] *Karlsruhe Institute of Technology*
[3] *Czech Technical University in Prague*

Tolnai István, Fábián Margit

Szilárd oxid-elektrolitok optimálása a jövő akkumulátoraihoz

A kémiai energiatárolás területén népszerű téma a szilárdtest-akkumulátor előállítása és fejlesztése, mely a hagyományos Li-ion akkumulátorok kiváltását célozza meg. A fejlesztések célja a gyúlékony és mérgező szerves folyékony elektrolitok kiváltása szervetlen, termikusan stabil szilárd elektrolitokra. Egyik ígéretes elképzelés az amorf oxi-halogenidek alkalmazása, amelyek szobahőmérsékleten akár 10^{-2} S·cm^{-1} mértékű ionvezetést is elérhetnek, hozzájárulva a nagy kapacitású, hosszú élettartamú és mindenekelőtt biztonságos üzemelést lehetővé tevő szilárdtest-akkumulátorok előállításához és elterjedéséhez.

Célkitűzésünk az $A_{3-2x}M_xO_{1+y}Cl_{1-2y}$ (ahol A= Li, Na, K és M= Ba, Ca, Mg; x=0.005, y=0) nominális összetételű amorf szilárd-elektrolitok előállítása vizes közegű reakcióban hőkezeléssel, a szerkezeti vizsgálatok eredményei alapján pedig a szilárd halmazállapotú elektrolitok optimálása. A szerkezeti vizsgálatokra neutron- és röntgendiffrakciós (XRD), valamint Raman spektroszkópiás méréseket végzünk. TEM mikroszkópiával a minták morfológiáját vizsgáljuk. A fizikai átalakulási hőmérsékletek meghatározásához DTAméréseket végzünk. Az atomi környezetek megértéséhez, a neutrondiffrakciós mérési sorozatokra fordított Monte Carlo (RMC) szimulációt alkalmazunk.

Eredmények: Az XRD mérések feldolgozásával kimutattuk az oxi-halogenid anyagokra jellemző antiperovszkit fázist, amely nagy vezetőképességet tesz lehetővé. A neutrondiffrakciós vizsgálatok vegyes szerkezeti összetételt mutattak, a kristályos fázisokra jellemző Bragg-reflexiók mellett az amorf anyagokra jellemző széles eloszlások is megjelentek. Az RMC szimulációval meghatározott első- és másodszomszéd-távolságok alapján valamennyi - Ca, Ba, Mg - dópoló anyag sikeresen beépült a szerkezetbe. A DTA eredményekből a termikus stabilitásra következtethetünk, a Li_3OCl-alapú minták rendelkeznek a legjobb termikus paraméterekkel, a K_3OCl-alapú minták tulajdonsága ebből a szempontból kedvezőtlenebb. A mikrométer alatti tartományban végzett vizsgálatok eredményei alapján, a nanométeres skálán jól beazonosítható inhomogenitások figyelhetők meg valamennyi minta esetén. A szobahőmérsékleten mért ionvezetőképesség 10^{-6} S·cm^{-1} nagyságrendben mérhető mind a Li mind pedig a Na és K-alapú összetételekre.

A vizsgálatok alapján feltételezhető, hogy a hőkezeléssel előállított amorf oxi-halogenidek alkalmasak lehetnek a szilárdtest-akkumulátorokban biztonsággal alkalmazható szilárd elektrolitanyagnak.

Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

Baumli Péter, Czagány Máté

Ni-P bevonatok és kompozitok előállítása

A kémiai redukciós Ni-P kompozit bevonatok fejlesztése és vizsgálata az elmúlt 10-15 évben egyre növekvő szerepet kapott az anyagtudománnyal foglalkozó kutatók körében. Napjainkban a Ni-P ötvözet bevonatok előszeretettel alkalmazottak az ipar különböző területein, így az autóipar, repülőgépipar és vegyipar területén. Az alkalmazási szempontból fontos tulajdonságok (keménység, kopás-és korrózióállóság) tovább javíthatóak különböző, többnyire kerámia szemcsék együtt leválasztásával, tehát kompozit bevonat kialakításával.

A kutatómunka témája három különböző típusú felületaktív anyag (anionos: SDBS, kationos: CTAB, nem-ionos: PVP) hatásának vizsgálata a TiC nanoszemcséket tartalmazó kémiai redukciós Ni-P fürdő viselkedésére, valamint a Ni-P-TiC bevonat képződésére. A fürdők nedvesítési tulajdonságainak vizsgálatához (peremszög meghatározásához) nyugvócsepp módszert alkalmaztunk a bevonatképződés szempontjából releváns szubsztrátok felületén (W302-es acél, TiC lapka, Ni-P bevonat). Megfigyeltük, hogy az anionos és kationos felületaktív anyag mindhárom esetben javította a nedvesítést. A fürdők elektrokinetikai tulajdonságainak vizsgálatát Zeta potenciál méréssel végeztük, ami a desztillált vizes közeghez képest stabilitás csökkenést mutatott a Ni-P fürdőben, ami pedig a TiC szemcsék agglomerációjához vezetett. A legnagyobb mennyiségű TiC (0.53 t%) 0,1 g/l CTAB alkalmazása esetén épült be a bevonat szerkezetébe.

Miskolci Egyetem, Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

Béres Gábor J[1], Tisza Miklós[2]

Az egyes terítékrészek egymásra hatásának elemzése hegesztett lemezek alakítás utáni visszarugózásakor

A különböző gépszerkezetek minél ideálisabb anyagmegválasztása, mondhatni anyagoptimalizálása céljából fejlődtek ki a képlékenyalakításra szánt és az alakítási lépéseket megelőzően összehegesztett terítékek, és ma is fokozatosan terjed alkalmazásuk. A hagyományosnak vett szerelési sorrendterven áteső elemektől való megkülönböztetés érdekében, ahol a hegesztést (összeszerelést) rendre megelőzi az egyes komponensek végső alakjának kialakítása, ezeket a fordított gyártási sorrendtervet követő lemezeket „méretre szabott elemeknek" nevezi az MSZ EN 10359:2015 szabvány. A hegesztéssel kapott előgyártmány (mely a képlékenyalakító technológia szempontjából legalábbis mindenképpen annak tekintendő), eltérő anyagú és/vagy eltérő lemezvastagságú terítékrészeket tartalmazhat elsősorban, de találni példát olyan esetre is, ahol a különbséget a terítékrészek bevonata jelenti.

Az egyes terítékrészek különbözőségének megnyilvánulása is ezáltal más és más módon jelentkezhet az alakító technológiák során. Az eltérő lemezvastagságok egy időben történő alakítása például azokat a szerszámozási kérdéseket bizonyosan felveti, amelyek a szerszámok megfelelő zárásáért felelősek. Az eltérő anyagokból álló terítékek esetén pedig, az egyes részek különböző szilárdsága, anizotrópiája és alakváltozó képessége (elvékonyodási hajlama) inkább az, amely a hegesztett teríték alakítás közbeni reakcióit befolyásolja.

Cikkünkben eltérő anyagú szegmenseket tartalmazó méretre szabott lemezek viselkedését vizsgáltuk, egyszerű élhajlítási technológia közben, de két különböző bélyegrádiusz-lemezvastagság viszonyszám mellett. Az alkalmazott anyagpárok DC04-DP600, DC04-DP800 és DC04-DP1000 voltak. Eredményeinkből az látható, hogy a hajlítás utáni visszarugózás a hegesztési varrat környezetében egy átmeneti zónában az alaplemezek visszarugózásától eltér, illetve az a varrattól mért távolság függvényében lineárisan változik. A megállapított lineáris közelítő függvényekre az jellemző, hogy

(i) az alkotók közötti szilárdságkülönbség hatására a függvény meredeksége növekszik, tehát ebben az esetben az átmeneti zóna a varrattól mért távolság függvényében záródik;
(ii) az alkotó lemezanyagok együttes, átlagos alakítási szilárdságának és egyben a hajlítási sugár-kiinduló lemezvastagság viszonyszámnak a növekedésével az átmeneti zónát definiáló egyenesek a függőleges tengely mentén felfelé, azaz a nagyobb visszarugózás értékek felé tolódnak.

Kutatásunk során, az átmeneti zónát jellemző egyenesek paramétereinek (meredekség, függőleges tengellyel alkotott metszéspont) kísérleti vizsgálata mellett azok függvényvizsgálatát is elvégeztük, a valós, fizikai körülményekkel egybevágó peremfeltételek megadása mellett.

[1] *Neumann János Egyetem, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Innovatív Járművek és Anyagok Tanszék, Kecskemét*
[2] *Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Mechanikai Technológiai Intézeti Tanszék, Miskolc*

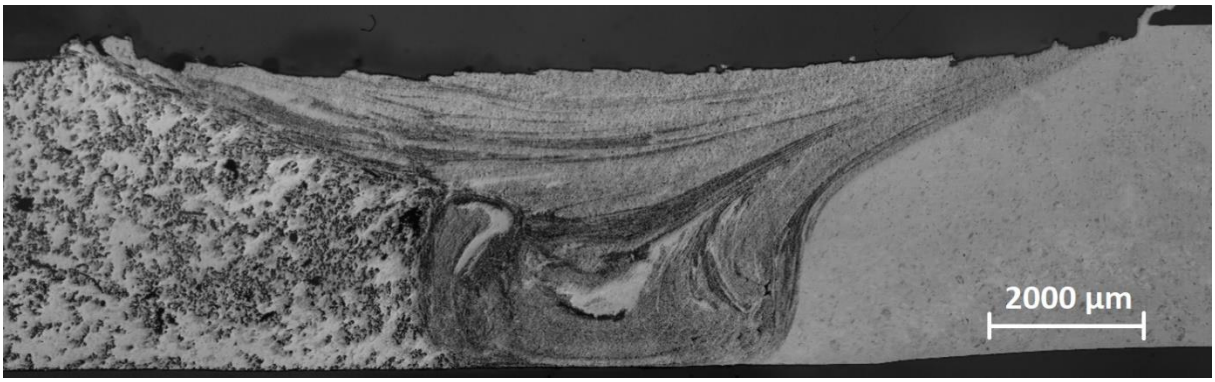
Kovács Zsolt Ferenc

Argon védőgáz és hideg levegő hatása kerámia erősítésű alumínium kompozit és az alumíniumötvözet kavaró dörzshegesztéssel készült vegyeskötésére

Az iparban az alumínium ötvözetek szerepe egyre jelentősebb, köszönhetően alacsony súlyuknak, jó alakíthatóságuknak és az egyre nagyobb teherbírásuknak. Az egyes ötvözetek eltérő tulajdonságainak köszönhetően napjainkban széles körben elterjedtek, ebből adódóan egyre gyakoribbak a speciális felhasználási igének, melyekhez vegyeskötések létrehozására van szükség. A kísérlet során kerámiaerősítésű AA6061 alumínium mátrix kompozitot és AA7075-T6 alumíniumötvözetet hegesztek össze kavaró dörzshegesztéssel. Az alumínium fúziós hegesztéséhez mindig kell védőgázt használni a kívánt hegesztési kötés minőségének eléréséhez, de a kavaró dörzshegesztés esetén nem szükséges védőgáz vagy hozaganyag alkalmazása.

Aims: A kutatás során a kavaró dörzshegesztéshez nem szokványosan alkalmazott argon védőház és hideg levegő (0°C) hegesztési varra gyakorolt hatását vizsgáltam. A vegyeskötések létrehozását és kiértékelését kísérletterv alapján végeztem, eltérő hegesztési paraméterek alkalmazásával.

Results: A mintákon metallográfiai vizsgálatokat (1. ábra), mikrokeménység-méréseket és szakító-vizsgálatokat végeztem, melyek célja a varratok hibáinak és azok hatásainak megismerése, a varratok minősítése és az optimális paraméterek meghatározása. Az eredményeimből azt a következtetést vontam le, hogy ezen két anyag esetén az állandósult hőmérséklet beállta utáni hűtés kedvező hatással lehet a varratminőségre.



1.ábra – AA6061 kompozit és AA7075-T6 ötvözet kavaró dörzshegesztéssel készült varratának keresztmetszetéről készült mikroszkópi kép

Neumann János Egyetem GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Innovatív Járművek és Anyagok Tanszék, Kecskemét

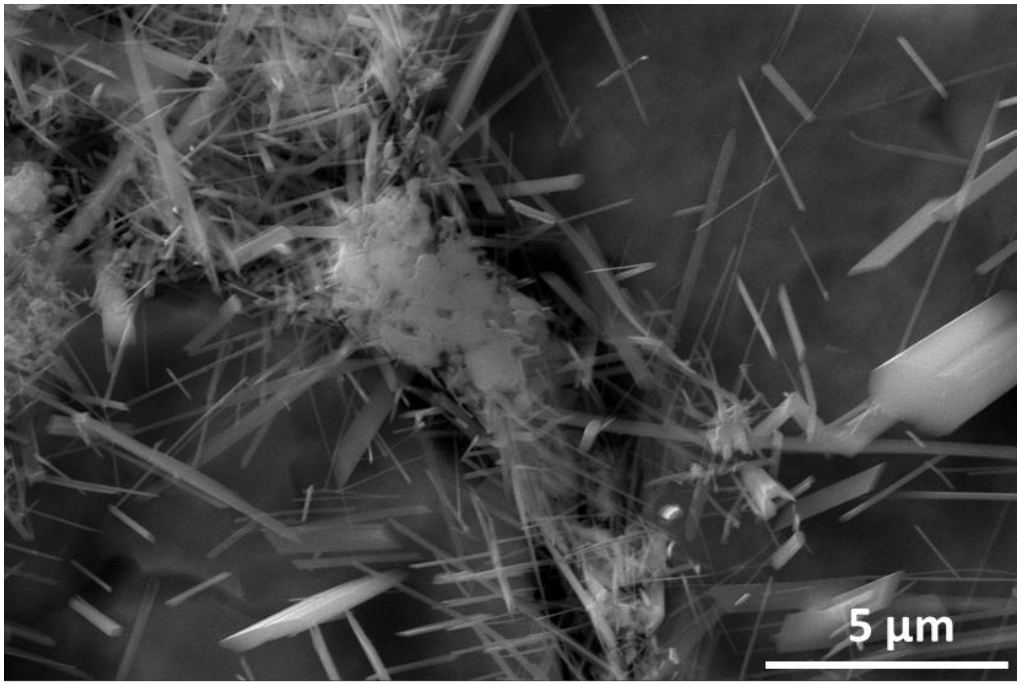
Angel Dávid Ádám, Mikó Tamás, Benke Márton, Gácsi Zoltán

Ti-TiB-TiB_2 nanokompozitok porkohászati előállítása és finomszerkezetvizsgálata

A titán egyre nagyobb népszerűségnek örvend az repülőgépiparban, űriparban és egészségiparban jó alakíthatósága és nagy szilárdsága, biokompatibilitása, illetve kiváló korrózió álló képessége miatt. Az alkalmazási területek egyik legfontosabb követelménye a nagy szilárdság. A TiB_2 hozzáadásával a mechanikai tulajdonságok tovább növelhetők, valamint ezen összetételű kompozitok egyik leghatékonyabb előállítási technológiája a porkohászati módszer. Ugyanis a Ti-TiB_2 rendszerben lezajló folyamat eredményeként in situ nanoméretű TiB tűk jönnek létre, amelyek további szilárdságnövekedést eredményeznek. Az eljárás további előnyei, hogy kevesebb hulladék és melléktermék keletkezik a hagyományos módszerrel történő kompozitok előállításához képest, illetve az alkotóelemek megolvasztása nélkül is létrehozhatóak a kompozitok.

Célok: A kutatás célja Ti-TiB-TiB_2 nanokompozitok porkohászati úton történő sikeres előállítása. A nanokompozitok szerkezeti jellemzése és a kompozitokban lezajló fémtani folyamatok feltárása és leírása. Továbbá olyan újszerű összetétellel rendelkező kompozitok fejlesztése, amely a nagy szilárdsága révén, akár az ipar számára is hasznos lehet.

Eredmények: A sikeresen előállított Ti-TiB-TiB_2 kompozitokhoz (lásd 1. ábra) adott őrölt nanoméretű titánnal, egy olyan eddig nem kutatott anyagot állítottunk elő, amely szilárdsága meghaladja a hagyományos Ti-TiB_2 kompozitokét és még kellő alakváltozással is rendelkezik. Továbbá sikerült a kompozitokban lezajló fémtani folyamatokat megismerni és ezen a területen eddig nem alkalmazott komplex modellel leírni.



1. ábra. Ti-TiB nanokompozit mikroszerkezete

Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

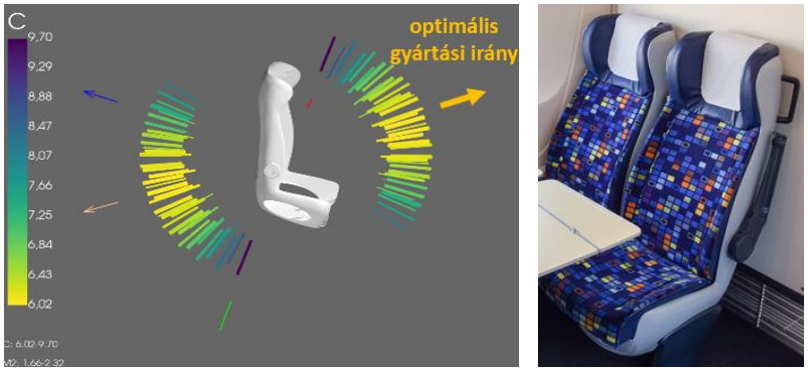
Takács László[1,2], Szabó Ferenc[2]

Polimer kompozit héjszerkezet optimális gyártási főirányának meghatározása

A polimer kompozit szerkezetek egyre nagyobb jelentőséggel bírnak a járműiparban, köszönhetően az egységnyi tömegre vonatkoztatott kiváló merevségi és szilárdsági tulajdonságaiknak, illetve az irányfüggő mechanikai viselkedésük tervezhetőségének. Ahhoz, hogy alkalmazásuk nagysorozatú gyártás esetén – pl.: autóiparban – is versenyképes legyen, a szimuláció-vezérelt tervezési módszerek (simulation-driven product development) segítségével megjelentek a gyártási költségekre történő tervezési módszerek (design-to-cost). Ezen módszerek alkalmazásához szükség van arra, hogy a polimer kompozit héjszerkezetek optimális gyártási főirányát automatizált módon tudjuk meghatározni.

Célok: Az előadás egy olyan módszer fejlesztésével foglalkozik, amellyel tetszőleges geometriájú, zártszerszámos gyantainjektálás (RTM, resin transfer molding) vagy vákuuminfúziós technológiákkal gyártott polimer kompozit héjszerkezet optimális gyártási főirányai meghatározhatók, figyelembe véve a gyártószerszám méretét, illetve az alámetszettséget. A szakirodalomban megtalálható geometriai komplexitási tényező alkalmazása mellett bevezettünk egy új, saját fejlesztésű alámetszettségi tényezőt, majd módszert fejlesztettünk ezek vizuális, 3D-s szemléltetéséhez.

Eredmények: A fejlesztett módszert Python programnyelven implementáltuk. A program 3D szkenneléssel előállított STL-formátumú vagy Ansys végeselemes szoftverben behálózott tetszőleges héjgeometriát olvas be, majd meghatározza a geometriai komplexitási és az általunk bevezetett alámetszettségi tényezőket az összes lehetséges 3D-s vetítési irány függvényében, az irányokat egy gömbi koordinátarendszerben adott sűrűséggel diszkretizálva, majd az eredményeket egy általunk fejlesztett 3D-s „ágdiagram" -ban jeleníti meg. Az optimális gyártási irány meghatározásához a módszer a komplexitási és az alámetszettségi tényezők szorzatának minimumkeresésével, illetve a héjszerkezet tehetetlenségi főirányainak meghatározásával ad javaslatot. A módszert egyszerű 3D-s geometriájú héjszerkezetek mellett egy vasúti ülés üvegszálerősítésű, telítetlen poliészter gyanta mátrixú, RTM technológiával gyártott kompozit héjazatának vizsgálatával szemléltetjük, amit az 1. ábra mutat.



1 ábra – a) héjgeometria komplexitási tényezőjének ágdiagramja és optimális gyártási iránya

b) polimer kompozit üléshéjazat beépítve

[1] *eCon Engineering Kft, Budapest*
[2] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, Budapest*

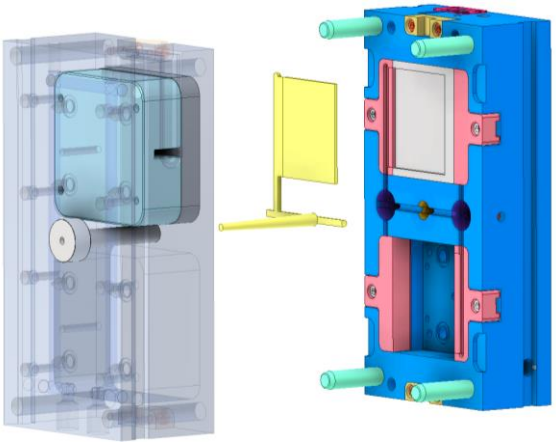
Krizsma Szabolcs, Suplicz András

Termékfelügyeletre alkalmas, additív gyártástechnológiával készült fröccsöntő szerszámbetét élettartamának vizsgálata

Az additív gyártástechnológiák napjaink legkorszerűbb eljárásai közé tartoznak. Felhasználásukkal megvalósítható az anyaghozzáadással történő gyártás, ezáltal a végtermék geometriája lényegében egy technológiai lépésben kialakítható. Alapanyagaik lehetnek polimerek (főként fotopolimer gyanták, hőre lágyuló filamentek vagy porok) illetve fémek egyaránt. Az additív gyártástechnológiák igen ígéretesek a fröccsöntő szerszámok készítése szempontjából is, hiszen széles alapanyag választékból lehet, gyorsan és nagy alakadási szabadság mellett, formaadó betéteket vagy akár egész szerszámlapokat készíteni.

A fémporokból direkt fém lézer szinterelési technológiával (DMLS) gyorsan állíthatók elő közepes- és nagyszériás gyártására alkalmas fröccsöntő szerszámbetétek, amelyekben megvalósítható akár a formakövető hűtés is. Utóbbi segítségével a fröccsöntési ciklusidő leghosszabb komponense, vagyis a hűtési idő csökken, ezáltal a termelékenység növekszik. A polimer alapanyagú, additív gyártástechnológiával készült szerszámbetétekkel körültekintően megválasztott fröccsöntési paraméterek esetén (alacsonyabb fröccsnyomás és utónyomás, kisebb fröccsöntési sebesség, hosszabb hűtési idő) akár 100 ciklus körüli élettartam is elérhető, amely prototípus- és kisszériás termékgyártásra teszi ezeket a betéteket alkalmassá.

Munkánkban fröccsöntő szerszámbetéteket terveztünk és gyártottunk le 3D nyomtatási technológiával epoxi-akrilát fotopolimerből, illetve hagyományos forgácsoló megmunkálással, alumíniumból. Egy általunk kialakított komplex állapotfelügyeleti rendszer segítségével több pontban vizsgáltuk ezeknek a betéteknek az üzem közbeni deformációit, mértük azok hőmérsékletét, valamint a formaüregben kialakuló üregnyomásokat is. Ezek ismeretében összehasonlítottuk a különböző technológiákkal készült szerszámbetétek tulajdonságait. Méréseink elsődleges célja a betéthőmérséklet és az általa létrehozott deformáció, továbbá a formaüreg nyomás-deformáció kapcsolatainak feltárása. A termikus és mechanikai terhelések hatása mellett vizsgáltuk továbbá a hőterjedést is a betétben, hiszen a megnövekedett hőmérséklet a vizsgálandó polimer szerszámbetétek jelentős szilárdság- és merevségcsökkenését okozza.



1 ábra – A vizsgált mérési összeállítás

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék

Varga László József, Bárány Tamás

Nagyorientáltságú polipropilén szalagok fejlesztése

A polipropilén (PP) az egyik leggyakrabban használt polimer. Alacsony ára, kis sűrűsége, könnyű feldolgozhatósága miatt sok iparág használja nagy mennyiségben a csomagolóipartól az autóiparig. A polipropilén sokoldalúsága abban rejlik, hogy bizonyos módosításokkal olyan előnyös tulajdonságokkal ruházható fel, amelyek kiemelik a tömegműanyagok közül, és alkalmassá teszik arra, hogy nagy hozzáadott értékkel rendelkező, műszaki célú termékek alapanyagául szolgáljon. Az ilyen technológiák közé tartozik a nyújtás, amelynek hatására a polipropilén orientálódik, szilárdsága és modulusa jelentős mértékben megnő, miközben szakadási nyúlása lecsökken.

A nyújtott polimereket először a textiliparban kezdték alkalmazni az 1930-as években a természetes szálak kiváltására, illetve kiegészítésükre, azonban a polipropilén nyújtásával műszaki célú termékek – rögzítőpántok, bálamadzagok, gyorskötözők, nagyszilárdságú szalagok – is gyárthatók, amelyek az elmúlt évtizedekben széles felhasználási területre tettek szert. Nyújtás hatására azonban a szálak ridegednek, valamint szakadási nyúlásuk lecsökken, ami bizonyos felhasználási területeken használhatóságukat korlátozhatja. Különösen igaz ez olyan felhasználási ágazatokra, ahol az orientált szerkezeteket rendeltetésszerű használat közben megcsomózzák, mivel a csomózás helyén a szál ridegsége miatt potenciális hibahely keletkezik, ami miatt a szálak szilárdsága sok esetben nem használható ki teljes mértékben.

A polipropilén nyújtásának technológiája kipróbált és bevált módszereken alapul, amelyeket évtizedek alatt fejlesztettek mai szintjükre. Az azóta eltelt időszakban azonban rengeteg olyan újfajta adalékanyag jelent meg, amelyek hatást gyakorolhatnak a polipropilén kristályosodási folyamataira, és így a nyújtás során kialakuló orientációra, végső soron pedig a nyújtott polipropilén termék tulajdonságaira. Ezek közé az anyagok közé tartoznak az amorf poli-alfa-olefinek (APAO-k), amelyeket az izotaktikus polipropilén (iPP) gyártás melléktermékeként keletkező ataktikus polipropilén (aPP) kiváltására fejlesztettek ki, mivel az iPP gyártása során az alkalmazott katalizátorok fejlődésével egyre kevesebb aPP keletkezett. Az APAO-k túlnyomórészt propilén ismétlődő egységekből, és kisebb mennyiségben nagyobb szénatomszámú alfa-olefinek ismétlődő egységeiből álló amorf kopolimerek, amelyek az izotaktikus polipropilén amorf fázisába beépülve a kristályosodási folyamatokat módosítják.

Izotaktikus polipropilénből és különböző molekulatömegű és folyóképességű APAO-k blendjeiből készült fóliákat nyújtottunk meg kontrollált hőmérsékleti körülmények között, és a nyújtott fóliacsíkok tulajdonságait kvázistatikus mechanikai-, valamint morfológiai vizsgálatokkal minősítettük. Az előadás célja az adalékanyagként használt amorf poli-alfa-olefineknek a nyújtás során lejátszódó folyamatokra, valamint a nyújtott fóliacsíkok szerkezetére és tulajdonságaira gyakorolt hatásának bemutatása.

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

Kohári Andrea, Bárány Tamás

In situ előállított poliuretán alapú termoplasztikus elasztomerek fejlesztése

A termoplasztikus elasztomerek a szerkezetük alapján a következő három csoportba sorolhatók; blokk-kopolimerek, termoplasztikus polimer/vulkanizálatlan elasztomer keverékek, valamint termoplasztikus polimer/térhálós gumi blendek, amelyeket termoplasztikus vulkanizátumoknak (TPV-k) is neveznek. Az utolsó csoportba tartoznak az úgynevezett termoplasztikus dinamikus vulkanizátumok (TDV-k), amelyek egy folytonos hőre lágyuló polimerből és egy diszpergált, dinamikusan vulkanizált gumi fázisból állnak. A dinamikus kifejezés arra utal, hogy a kaucsuk fázis vulkanizációja a polimer mátrix ömledékében történő eloszlatással párhuzamosan játszódik le nagy nyírás és magas hőmérséklet (a hőre lágyuló mátrix olvadáspontja felett) alkalmazása mellett. A TDV-k, a többi termoplasztikus elasztomerhez hasonlóan, ötvözik a hagyományos gumik rugalmasságát a hőre lágyuló polimerek könnyű feldolgozhatóságával és újhasznosíthatóságával. A TDV-k az ipari gyakorlatban már széleskörűen alkalmazott anyagok.

A poliuretánkémia sokszínűsége lehetőséget ad arra, hogy a poliuretánok három összetevőjének, a különféle polioloknak, izocianátoknak és lánchosszabbítóknak a megfelelő megválasztásával a kemény haboktól egészen a lágy, akár térhálós, akár hőre lágyuló elasztomerekig rengeteg féle anyagot előállíthassunk. E nagy családon belül foglalnak helyet a termoplasztikus poliuretán elasztomerek (TPU), amelyek olyan nem térhálós polimerek, amelyek a felhasználás hőmérsékletén gumiszerűen viselkednek – mintha térhálósak lennének – de magasabb hőmérsékleten megömleszthetők, vagyis az ömledék-feldolgozási eljárásokkal feldolgozhatók és lehűtve, az alkalmazási hőmérsékletükön ismét gumirugalmas viselkedést mutatnak. A TPU-k a termoplasztikus elasztomereken belül a blokk-kopolimerek csoportjába tartoznak. A TPU láncok két szegmensből állnak; az egyik a kemény szegmens (izocianát + lánchosszabbító), a másik a lágy szegmens (poliol). Előállításuk történhet egy- vagy kétlépcsős eljárással. Az első esetben mindhárom komponenst – az izocianátot, a poliolt és a lánchosszabbítót – összekeveri, majd a megfelelő körülmények alkalmazása mellett lejátszódik a poliaddíciós reakció. A második esetben, amelyet prepolimer módszernek is hívnak, először a poliolt izocianát felesleggel reagáltatják, majd egy második lépésben az így kapott izocianátterminált prepolimer egységeket kötik össze lánchosszabbítóval.

Jelen kutatás célja, hogy olyan TPU mátrixú TDV-ket hozzunk létre, amelyekben a mátrixanyagként szolgáló TPU-t a keverékkészítés során in situ állítjuk elő prepolimerből és lánchosszabbítóból. A TDV-k tulajdonságait nagymértékben befolyásolja az alkalmazott kaucsukkeverék jellemzői, összetétele, így kutatásunk középpontjában ez áll. Vizsgálni kívánjuk a kaucsuk polárosságának (pl. NBR kaucsuk akrilnitril tartalma), valamint különböző töltőanyagoknak a hatását.

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

Sályi Zsolt, Kaptay György, Benke Márton

Nedvesítő szelektív forrasztószerszám élettartamnövelő eljárások

A forrasztószerszámok tönkremenetele az új ólommentes forraszanyagok bevezetésével jelentősen felgyorsult. A szerszám degradációja nemcsak a kézi forrasztópákát érinti, hanem az ipari hullámforrasztószerszámok élettartamát is jelentősen csökkenti. Egyes tanulmányok akár ötszörös szerszámélettartam csökkenésről is beszámolnak az ólom tartalmú, pl. Sn60Pb forraszanyaggal végzett forrasztáshoz képest. Ez a gyors szerszámdegradáció jelentős problémát jelent az iparág számára, azonban a mai napig sem létezik végleges, vagy legalább hosszantartó megoldás a szerszámtönkremeneteli problémákra. Ez a kutatás ennek a problémának a megoldására mutat be néhány lehetséges módszert. Az innováció ebben az esetben abban mutatkozik meg, hogy olyan termokémiai hőkezelési eljárásokat, illetve bevonatolási módszereket alkalmazunk a forrasztószerszám degradációjának megakadályozására, melyek egyúttal a forraszolvadék és a szerszám közötti jó nedvesítést is biztosítja. A kutatás a karbonitridálás, valamint a PVD eljárással kialakított TiB_2 bevonat alkalmazhatóságát vizsgálja a forrasztószerszámok tönkremenetelének megakadályozásának céljából. A 40 napos ólommentes forraszolvadékba történő merítés utáni mikroszerkezet vizsgálatokkal (OM, SEM, SNMS, XPS) igazoltuk, hogy mindkét eljárás alkalmas a degradáció megakadályozására. Az elvégzett peremszögmérések eredményei szerint a vizsgált anyagkombinációk jó nedvesítést biztosítanak a szubsztrát / forraszolvadék határfelületen.

Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

Kun Krisztián, Bognár Adrián

Mikrostrukturált felületű fröccsöntött próbatestek mechanikai tulajdonságainak változása fárasztóvizsgálat hatására

A járműiparban is megfigyelhető a műanyag alkatrészek térhódítása. Jellemző gyártástechnológiájuk a fröccsöntés, amely a minőségi késztermék előállítása érdekében megköveteli a formaüreg kitöltésének átfogó ismeretét. A termékek esztétikai megjelenésében a gyártási paraméterek mellett döntő szerepet kap a formaadó elem felületi struktúrája. Megelőző kutatások bizonyították, hogy fröccsöntés során polimer termékek felületén kialakítható mikrostruktúrák segítségével jelentős tartományban változtatható az alapanyagok szilárdsági, villamos, optikai és egyéb jellemzői: Fröccsöntés során az alapanyagra jellemző pszeudoplasztikus viselkedés miatt, az áramlási sebességprofilból következően a fal mellett nagyobb mértékű makromolekula orientáció figyelhető meg, szemben a csatorna közepével. Az ömledék a formaüregben haladva a szerszámfalnál a lehűlés következtében burkoló hártyát képez. A jelenség több eltérő orientációjú réteg kialakulásával jár, melyek között az egyes zónák átmenetiek. Amennyiben a formaadó felület mikrostrukturált felülete hatást gyakorol a hőátadási viszonyokra, megváltoztathatja a termékben kialakuló orientációs rétegek eloszlását. Ezzel a polimer termék mechanikai tulajdonságai változhatnak. Bár a műszaki polimerek adatlapjai rendelkeznek egzakt szilárdsági adatokkal, ezek a kifáradási tulajdonságok meghatározását a legtöbb esetben nem tartalmazzák. Ugyanakkor a műanyag termékek egy része a felhasználásuk során ismétlődő igénybevételeket szenvednek. A kutatás célja a modern, járműipari alkalmazhatóságban jelentős fejlődés előtt álló gyártástechnológiával létrehozott mikrostruktúrák létrehozása, hatástanulmánya a kialakult hőátadási viszonyokra és a fröccsöntött termékek mechanikai tulajdonságainak változására. A kutatás a különböző mikrostruktúrák hatását vizsgálja a fröccsöntött termékek kifáradására. Az összehasonlító vizsgálat során a hajlítószilárdsági értékek változása figyelhető meg.

Kulcsszavak: Mikrostruktúra; Kifáradás; Fárasztóvizsgálat; Fröccsöntés; Femtoszekundum lézer

Neumann János Egyetem GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Kecskemét

Gulyás Gábor, Varga Lajos Károly

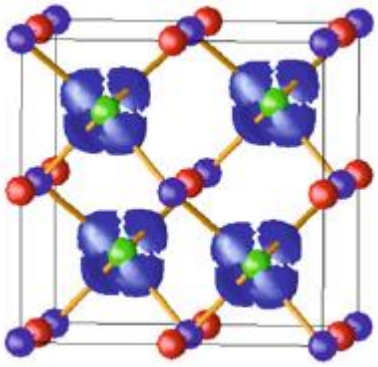
Magashőmérsékletű termoelektromos generator (TEG) porózus nagyentrópiás fémötvözetre alapozva

Jelen tanulmányban megvizsgáljuk a 600-800 ^{o}C –os tartományban működő TEG alapanyagának készíthetőségét fél Heusler ötvözetre emlékeztető nagyentrópiás ötvözetből. A por mintákat mechanikai ötvözéssel állítjuk elő, majd 3D nyomtatóval készítjük el a mintadarabokat.

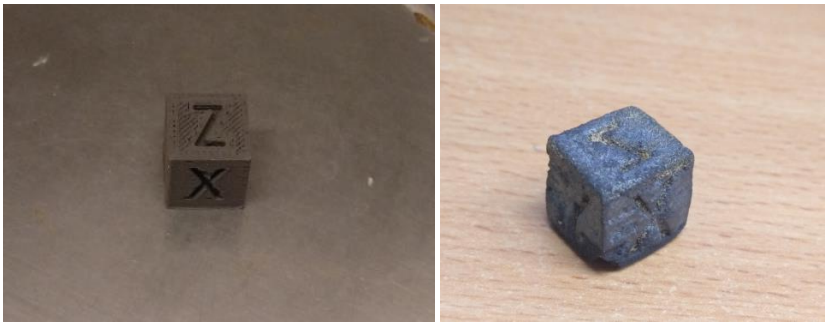
Célunk volt egy fél Heusler ötvözet típusának megfelelő többkomponensű, néhány 10 mikroV/K Seebeck együtthatójú porminta kémiai összetételének kikísérletezése és a 3D technológia optimalizálása a hővezetés csökkentése végett, a megfelelő porozitás kialakítása által .

A TEG jósági tényezőjének ($ZT = S^2\sigma/\kappa$) növelését a nevezőjében szereplő κ hővezetési tényező csökkentése révén érjük el. E célból fémhabra emlékeztető szerkezetet hozunk létre a 3D nyomtatóval.

A nagy termo-elektromos együtthatót az XYZ összetétel által biztosítjuk, úgy, hogy fémes elemekből (X = Cu, Ni, Co, Fe, Mn, Y = Cr, V, Ti, Mo, Nb, Zr és Z = Al, Ga, In, Sn, Sb) félvezető öntecset készítünk, betartva a 18-as összvegyérték elektron számot.

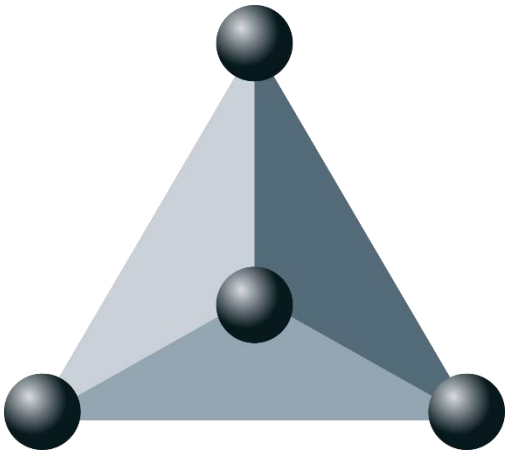


Töltéseloszlás a telített tetraéderes X(Ti, Zr) Y(FeCoNi) Z(Sb) szerkezetben.



85% fémtartalmú filamentből 3D nyomtatóval készített TEG próbatest szinterelés előtt és után.

Wigner Fizikai Kutatóközpont Budapest



Rövid szóbeli előadások poszterrel

Bubonyi Tamás, Barkóczy Péter, Gácsi Zoltán

Számítógéppel generált és computertomográffal készített felvételek összehasonlítása (SO-01)

A zárt cellás fémhabok a gyártástechnológiából adódóan eltérő szövetszerkezettel rendelkeznek. Lehet gázképző anyagot keverni az olvadékba, majd elbomlasztani, ekkor a reakció során keletkezett gáz fújja fel az olvadékot (i), lehet szabályozott buborékokat bejuttatni az olvadékba, majd stabilizálni azt (ii), vagy lehet töltőanyag (kerámia gömbhéj) közé juttatni az olvadékot (iii). Az első esetben a kialakuló cellák méretét és alakját nehéz befolyásolni, de törekedni kell a gázképző anyag minél homogénebb eloszlására. A második esetben a cellák mérete könnyebben szabályozható a bejuttatott gázmennyiséggel, de a képződő cellaalakot nem lehet befolyásolni. A harmadik esetben pedig bár a méret és alak is tervezhető a megfelelő töltőanyag választásával, polidiszperz második fázis esetén az inhomogén eloszlás miatt szerkezeti anizotrópiát tapasztalhatunk, de megjelenhetnek még gyártási hibák is nemkívánt porozitás, vagy penetrált gömbhéjak formájában. A három eltérő módszer alapvetően befolyásolja a kialakuló szövetszerkezetet, és ezzel a tönkremeneteli folyamatokat. Mechanikai terhelés hatására az első két esetben a cella falak deformálódnak a kihajlás miatt, de hirtelen nagy erő hatására akár el is törhetnek, a harmadik esetben pedig a repedések megjelenése és terjedése a mátrixban fogja a tönkremenetelt meghatározni. Ezen paraméterek vizsgálata valós minták felhasználásával szükségtelenül költségessé tennék a fémhabok előállítását, ezért olyan matematikai modellekkel kell helyettesíteni a mintákat, amely ezen paraméterek vizsgálatára is alkalmasak. Az első és második technológia esetében a cella falak nem helyettesíthetők síklapokkal, mert az pontatlan szerkezetet eredményez, amely nem tartalmazza a cellafalak körül kialakuló finom részletességet. A modellhez háromdimenziós sejt automata szimuláció, illetve Voronoi grafika szükséges, így már létre lehet hozni a valóságnak megfelelő cellaalakot és eloszlást. A harmadik minta modelljének elkészítéséhez már összetettebb algoritmus kell. Ehhez egy diszkrét elemes szimulációs módszert (CemfDEM) választottam kiindulási alapként, amely képes mono- és polidiszperz méreteloszlású gömbök összekeverésére. A kutatómunkám célja egy olyan a valós mintadarabnak megfelelő számítógéppel generált háromdimenziós szerkezet létrehozása, amely később bemeneti paraméterként felhasználható végeselem szimulációkhoz is. Az elkészült szerkezeteket minden esetben validáltam valós mintákról készített computertomográfiás felvételek segítségével.

Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

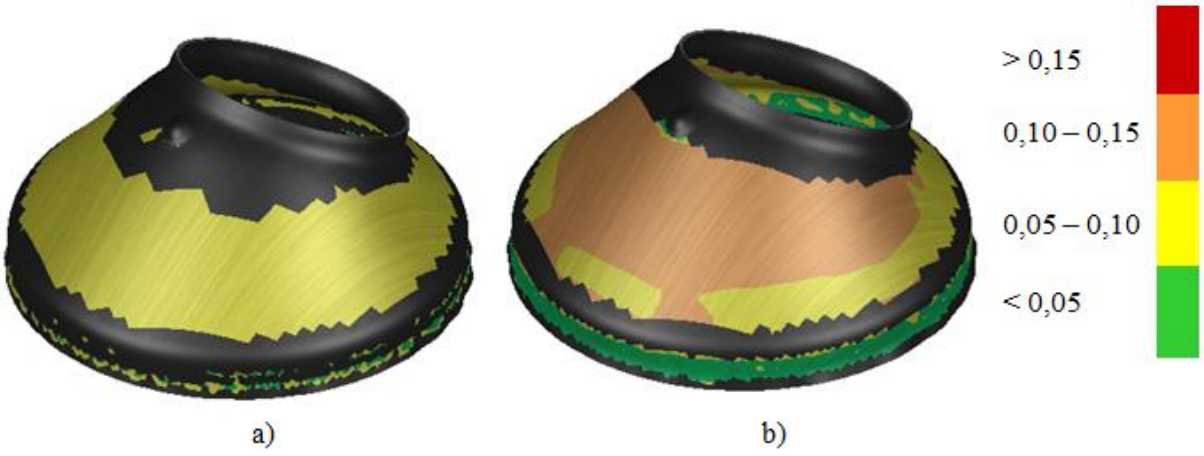
Lucas Alexander de Carvalho, Lukács Zsolt

Súrlódás szerepének numerikus modellezése a lemezalakításban (SO-02)

A lemezalkatrészek technológiai- és szerszámtervezési folyamata napjainkban elképzelhetetlen valamelyik a célterületre orientált végeselemes modellező alkalmazás nélkül. Ezen szoftverek a folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően már nem csak a technológiai tervezés folyamatát támogatják, hanem egyre inkább egy virtuális gyártás folyamatelemzését is lehetővé teszik. A lemezalakításban a tényleges gyártási körülmények egyik alapvető eleme a kenéssel és ezzel összhangban a súrlódással összefüggő jelenségek numerikus modellezésének vizsgálata.

Célkitűzések: Publikációnkban áttekintjük a lemezalakítás területére fókuszáló súrlódási modelleket. Ezek matematikai leírásához kapcsolódó paramétereket, azok szerepét a súrlódási együtthatóra. Ezek alapján kijelenthető, hogy a súrlódási együttható megváltozásának, a szerszámelemek legyártása során kialakuló paraméterei mellett (felületi érdesség, bevonatok alkalmazása), a szerszámelemeken történő súrlódási nyomáseloszlás és súrlódási sebességeloszlás hatását figyelembe vevő paraméterek a legjelentősebbek az alkalmazott kenőanyag mennyiség mellet. Ezért kutatásainkat e két paraméter fizikai méréssel történő meghatározására fokuszáljuk. Az ipari szereplők számára értékes bemeneti paramétereket meghatározva a technológiai változatok virtuális térben, numerikus modellezésre alapozott vizsgálatának egyre realisztikusabb megvalósítása érdekében.

Eredmények: Az új szemléletű súrlódási modellek paramétereinek fizikai mérésekre alapozott mérési módszereinek áttekintése alapján, egy új mérő készülék konstrukció tervezési folyamata indult el. Ami kielégítheti a kutatásban külsős ipari partnerként bevont vállalat, jellemző alapanyag és szerszámanyag párosításai mellett a kenőanyag beszállító, az adott alkatrész technológiához legkedvezőbb termékének és adagolási mennyiségének meghatározását. Publikációnkban e kutatási folyamat jelenlegi eredményeit kívánjuk bemutatni.



1 ábra – A súrlódási tényező eloszlása a különböző súrlódási modellek alkalmazásával.

ME Anyagszerkezettani és Anyagtechnológiai Intézet, Miskolc

Fábián Margit, Tolnai István, Czömpöly Ottó, Osán János

Szénacél konténer felületi reakcióképességének vizsgálata (SO-03)

A nagyaktivitású radioaktív hulladékok tárolása napjaink egyik legfontosabb kutatási területe. A radioaktívhulladék-tárolók hosszútávú biztonságának érdekében többszörös mérnöki gátrendszer és a mélygeológiai tárolóknál természetes geológiai gát akadályozza meg a radioaktív anyagok környezetbe jutását. A mérnöki gátakra érvényesül a mélységi védelem elve, azaz a gátrendszer különböző elemei egymástól függetlenül is benntartják a radioaktív anyagokat, az egyik gát sérülése nincs hatással a többi védelemre. A mérnöki gátrendszer első két eleme, a radioaktív hulladékok kondicionálása valamilyen mátrixban – leggyakoribb a boroszilikát amorf mátrix –, a második elem a kondicionált hulladékot tartalmazó, hermetikusan zárt, korrózióálló és mechanikailag szilárd – leggyakrabban acélból készült – konténer. A gátrendszer harmadik eleme a tömedékelő anyag, amelyet a tárolókamra fala és a konténerek közötti rés kitöltésére használnak, stabilizáló funkciót is betöltve. A tároló konténerekkel kapcsolatban megfogalmazott követelmények országonként változnak, azonban közös elvárás, hogy akár százezer évig is megőrizzék épségüket, vagyis megakadályozzák a benne kondicionált formában tárolt radionuklidok kikerülését.

Célkitűzésünk a tároló konténerek felületi reakcióképességének időbeli vizsgálata. Két párhuzamos kísérletet állítottunk össze az acél/agyag és az acél/beton határfelületeken a reakcióképesség vizsgálata céljából, különböző környezeti hatások (idő, 80°C hőmérséklet) során. A hulladéktárolásra használt konténerek szimulálására méretarányos, S235JR acélból zárt hengert készítettünk, amelyeket kondicionált agyagkőzetbe/betonba fektettünk. Az agyag a bodai agyagkő (a tervezett magyar hulladéktároló befogadókőzete), a betonhoz pedig CEM II/B-S 42,5 N típusú cementet használtunk. A felhasznált agyag pórusvízzel, a beton kondicionált vízzel telített. A korróziós potenciál monitorozása céljából a hordó falára szénacél huzalt rögzítettünk, kontroll elektródaként platina huzalt használtunk. Mindkét kísérleti egységből 3-3 konténer van, amelyeket 80°C-on inkubátorban tartottunk 3, 7 és 12 hónapig. Ez idő alatt folyamatosan mértük a korróziós potenciált, illetve post-mortem vizsgálatokat végzünk az acél felületeken.

Eredmények: Valamennyi kísérleti egység pórusvízzel/kondicionált vízzel telített állapotban maradt. A 3, 7 és 12 hónapot követő post-mortem SEM vizsgálatokkal 30-50 µm nagyságú vas-oxid nyúlványokat azonosítottunk, hosszabb időintervallum esetén ezek élesen elhatárolt, eltérő rendszámkontrasztot mutató tartományokra oszlanak. A vas és oxigén koncentrációit EDX elemanalízissel határoztuk meg, a nyúlványok oxigéntartalma 15–25% között változott. A korrózió során keletkezett fázisok azonosítása folyamatban van. A kísérletek után a folyadékfázis ionkromatográfiás vizsgálata a fő ionok kiinduló koncentrációját adta vissza, tehát a Cl^- és SO_4^{2-} ionok koncentrációja a hosszú kísérlet esetén sem nőtt szignifikánsan. Az agyagos és betonos rendszerek eltérően viselkednek, amelyet a korróziós potenciál görbékről leolvasható adatok is alátámasztanak. A három agyagos minta esetén a potenciálok mindvégig negatív értéket vesznek fel, a betonos minták esetén ez a negatív érték csak a kísérlet első hónapjában tapasztalható, ami a kísérlet előrehaladtával a nullához közeli pozitív értékké változott.

A kísérletek során kapott eredmények hozzájárulnak a többkomponensű mérnöki gátrendszer elemei egymásra gyakorolt hatásának megértéséhez, amely adatok segítségével optimalizálhatjuk az alkalmazott anyagokat.

Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

Fris Dorottya Réka, Dr. Szabó Ferenc

Fröccsöntött termékek elosztócsatornáiban fellépő szegregációs jelenségek vizsgálata (SO-04)

A polimertermékekkel szemben támasztott követelmények folyamatos növekedése miatt gyakran lehet szükséges az alapanyagok egyes tulajdonságainak módosítása töltő- vagy erősítőanyagok alkalmazásával. A megfelelő homogenitás kulcsfontosságú a jó minőségű polimertermékek esetén, ezt azonban töltő- vagy erősítőanyagok alkalmazásakor fröccsöntés során olykor nehéz elérni. Erre a legegyszerűbb gyakorlati példa a mesterkeverékes színezés, amely során az inhomogenitás csíkozódást eredményez a késztermékben, jelentősen rontva ezzel az esztétikai jellemzőit. A töltött rendszerek inhomogenitásáért az úgynevezett szegregáció a felelős, amely eredményeként a töltőanyag koncentrációja eltérő a műanyagtermék különböző részeiben. A szegregáció feldolgozás során jelentkező gyakorlati jelenség, amelynek hatására a különböző részecskék valamely eltérő tulajdonságuk alapján elkülönülnek egymástól. Szegregáció során az egyes részecsketípusok eloszlása a teljes rendszerben nem véletlenszerű, a megtalálásuk valószínűsége az egyes részekben nem azonos a részecskék részarányával.

A termelékenység magas fokán előtérbe került a megelőzés és a pontos tervezés, amelyben különféle szimulációs szoftverek segítik a modern kor mérnökeit. A fröccsöntési szimulációs szoftverek a folyási út mentén homogénnek tekintik a rendszert, nem számolva a szegregációs jelenségekkel és hatásaival, ami pontatlanságokhoz vezet. Mivel az iparban nő az igény a töltő- és erősítőanyaggal ellátott termékek iránt, fontossá vált a szoftverek alkalmazhatósága az ilyen termékek szimulációs megoldása során.

Célok: A kutatás célja fröccsöntés során az elosztócsatorna rendszerben fellépő szegregációs jelenségeinek vizsgálata, továbbá a szegregációs jelenségek szimulációs megoldásainak a fejlesztése is, amelyeket a gyakorlati eredményekkel való összevetés során lehetséges pontosítani. A vizsgálatokhoz különböző beállításokkal, fröccsöntési technológiával gyártottunk szitált kerámiagyöngyökkel töltött polipropilén próbatesteket egy olyan többágú fésűs geometriájú szerszámmal, amely segítségével a szegregációs jelenségek vizsgálhatóak az elosztócsatorna rendszerében. A próbatestek megfelelő ágain mikroszkópos vizsgálatokat végeztünk, majd összevetettük ezeket a szimulációs eredményekkel.

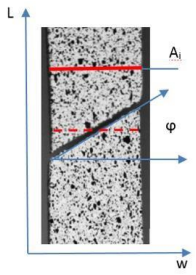
Eredmények: A mikroszkópos eredmények rámutattak, hogy a szegregációs jelenségek különböző beállítások mellett eltérnek. Ennek oka a kialakult lefagyott réteg vastagságában keresendő. Az eredmények alapján a lassabb fröccsöntési sebesség vastagabb részecskékben szegény sávot eredményez a beömlőkúpban a keresztmetszet mentén. A szimulációs vizsgálatok alapján ugyanez a fröccsöntési beállítás eredményezi a legvastagabb lefagyott réteget, így definiálható egy kapcsolatrendszer a lefagyott réteg vastagsága és a szegregáció között.

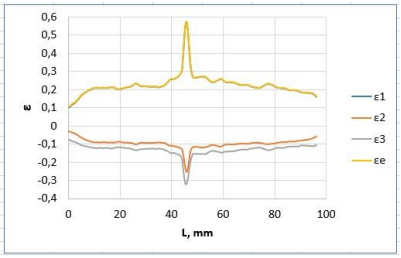
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar Polimertechnika Tanszék, Budapest

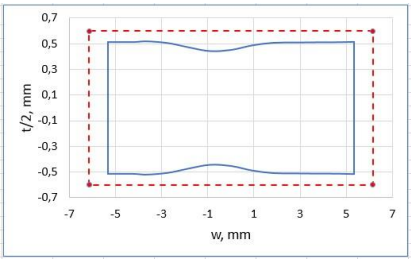
Harangozó Dóra[1], Kozma István[1], Szalai Szabolcs[2]

Fémlemezek alakváltozásának elemzése a szakítóvizsgálat kontrakciós szakaszában (SO-05)

Az előadás a 3D mérési és értékelési módszerek elemzésével foglalkozik a lemezek szakítóvizsgálatának befejező, kontrakciós szakaszában. Két módszer kerül összehasonlításra, a digitális képkorrelációs (DIC) technika, amelynek alkalmazásával a felületen mért lokális (2D) alakváltozásokból lehet következtetni a vastagság irányú méretváltozásra, ezáltal rekonstruálni a lemez 3D méretváltozásait. A másik eljárás valós 3D optikai metrológián alapul, és így szolgáltatja a vizsgált próbatest térbeli modelljét. A publikáció ismerteti a két mérési eljárást, összehasonlítja azok eredményeit és kijelöli az optimális alkalmazási feltételeket. A kapott eredmények sokrétűen felhasználhatók szakítóvizsgálat eredményeinek értékelésében, valamint a szakítás végeselemes modellezéséhez olyan referencia eredményeket szolgáltatnak, melyek a modellek pontosítására és a számítási eredmények validálására alkalmazhatók.

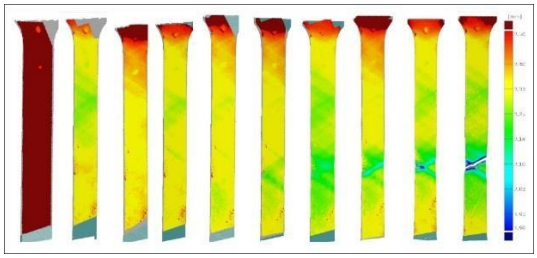


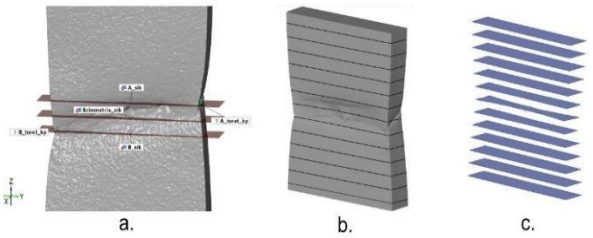




1. ábra – Próbatest 2. ábra – Mért nyúlások szakadás előtt 3. ábra – Keresztmetszeti kép

A DIC technikához használt próbatest mintázattal előkészített képét az 1. ábra, a mért nyúlásokat a 2. ábra, a rekonstruált keresztmetszetet szakadás előtt a 3. ábra mutatja. Látható, hogy a maximális erőtől a szakadásig felvett nyúlásokból a kontrahált keresztetszet kifejlődése rekonstruálható.





4. ábra – 3D felvételek a kontrakciós szakaszról 5. ábra – A metszetek rekonstruálása

Az optikai rekonstrukció elvén felvett 3D képeket a 4. ábra szemlélteti. A bal oldali ábrasor úgy készült, hogy a kontrakciós szakaszban a szakítógépet megállítottuk, elkészült egy 3D felvétel, majd további nyújtás után egy újabb felvétel a szakadásig. A színek a vastagság csökkenését mutatják, ezen is jól látszik a törés előtti intenzív alakváltozási zóna kifejlődése. A jobb oldali ábra szakadás után készült az elszakadt próbatest felekről, majd 3D szoftverrel megoldottuk azok összeillesztését és metszetek rekonstruálását.

A kidolgozott 2D és 3D technikával kapott keresztmetszetek jó egyezést mutattak, az eredmények hozzájárulnak a törési folyamat valós geometriai rekonstrukciójához.

[1] *Széchenyi István Egyetem, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék, Győr*
[2] *Széchenyi István Egyetem, Járműgyártási Tanszék, Győr*

Hareancz Ferenc, Sinka Tamás

Nikkel bevonatos acéllemezek hegesztett kötéseinek vizsgálata (SO-06)

A nikkellel bevont acéllemezeket elsősorban az akkumulátor gyártáshoz fejlesztették ki. Ezen fejlesztések célja az volt, hogy valamennyi akkumulátor cella tokja jó érintkezési ellenállással és magas korrózióállósággal rendelkezzen, ezáltal növelve azok tartósságát. Az egyes akkumulátor cellák csomagokba rendezésénél a villamos kapcsolatot legtöbbször szintén nikkel bevonatos lemezekkel teszik meg. A lemezek közötti kapcsolatok megteremtésére alkalmazott kötéstechnológiák közül a hegesztést és a forrasztást alkalmazzák, azonban ezen kötések elkészítésekor a korábban említett előnyök változhatnak. Vizsgálataink célja, hogy a különböző paraméterekkel elkészített kötések esetében vizsgáljuk a villamos vezetési tulajdonságokat és a korrózióállóság változását, így eredményül meghatározhatjuk a különböző kötési eljárások sajátosságait, előnyeit, valamint korlátjait.

Neumann János Egyetem GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Innovatív Járművek és Anyagok Tanszék, Kecskemét

Hoffmann Ádám Zsolt, Béres Gábor J.

Vékonylemezek mechanikai jellemzése merőleges irányú nyomóvizsgálattal(SO-07)

A geometriai mérési és a számítógépes modellezési módszerek szakadatlan fejlődése a lemezanyagok mechanikai tulajdonságainak is egyre részletesebb jellemzését teszik lehetővé, illetve szükségessé is egyben. A korszerű folyási elméletek ma már a képlékenységi anizotrópiát akár a képlékeny alakváltozás függvényében változó mennyiségként kezelve vagy a kinematikus keményedés jelenségét is figyelembe véve képesek az anyag viselkedését nyomon követni. Ezeknek az elméleteknek az alkalmazásához azonban, az anyagi paraméterek kalibrálása jelentette nehézségek következtében legtöbbször új, vagy a korábban használtaknál bonyolultabb mérési megoldások szükségesek.

A lemezanyagok viselkedésének leírására használatos módszerek közé tartoznak a hagyományos, egytengelyű szakítóvizsgálat, illetve a próbatest geometriai kialakításának módosításával elérhető, ettől eltérő feszültségi állapotot szimuláló, de ugyanúgy univerzális gépen végezhető vizsgálatok (pl. nyíró vizsgálat), továbbá a hidraulikus mélyítővizsgálatok, a tisztán kéttengelyű szakítóvizsgálatok és a technológiai próbák is. A lemezanyagok nyomóvizsgálata terén a sík-alakváltozási nyomópróbát és az ún. 'stack compression' tesztet említik elsősorban a szakirodalmak.

Kutatómunkánk során egy ezektől eltérő módszernek, a vékonylemezek közönséges, merőleges irányú zömítésének lehetőségeit vizsgáltuk különböző lemezanyagok mechanikai karakterizálásának alkalmazására. Az eredményeket szakítóvizsgálati eredményekkel és numerikus szimulációs eredményekkel is összevetettük, hogy az említett vizsgálati eljárás korlátait megismerhessük, illetve, hogy párhuzamot vonjunk a már régóta elfogadott vizsgálati módszerekkel kapott eredményekkel.

Neumann János Egyetem, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Innovatív Járművek és Anyagok Tanszék, Kecskemét

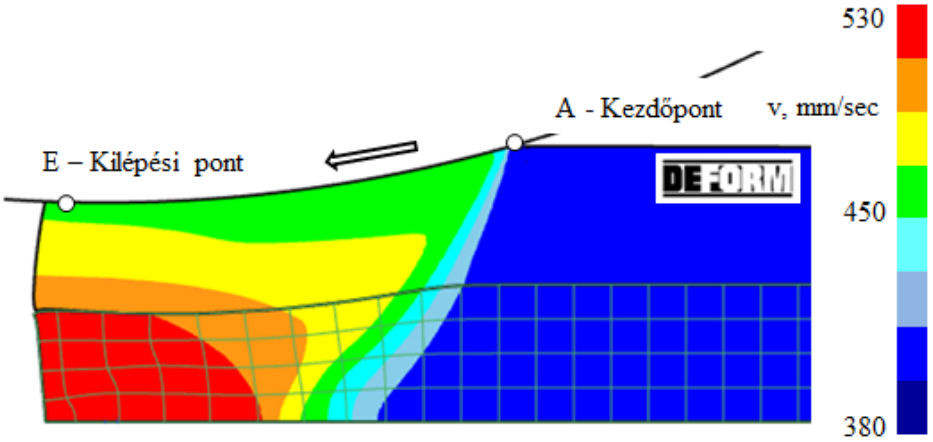
Jemal Ebrahim Dessie[1], Dr. Lukács Zsolt[1], Dr. Szűcs Máté[2]

Többrétegű lemezanyag hengerlésének numerikus vizsgálata (SO-08)

Napjaink különleges lemezalapanyagaival szemben támasztott komplex tulajdonságokat igénylő követelményei, sokszor csak különböző anyagok több rétegben történő összehengerelésével elégíthetők ki. A hengerlés során alapvető célkitűzés, hogy a különböző anyagok a határfelületeiken kötést kialakítva egy szerkezetként tudjanak megfelelni az igénybevételek által meghatározott követelményeknek. A különböző tulajdonságú anyagok hengerléssel történő egyesítésének technológiája ezért jelenleg egy intenzíven kutatott terület.

Célkitűzések: A területen született irodalmak elemző áttekintésére alapozva, meghatározható a kötés létrejöttét befolyásoló legfontosabb technológiai paraméterek. Ezek közül a fizikai többrétegű lemezhengerlés során egyik sem mérhető. A hengerlési folyamat virtuális térbe helyezésével képlékenyalakító célszoftverek alkalmazásával a folyamat részleteiben vizsgálható és feltárható a kötés kialakítása szempontjából kulcsfontosságú folyamatok kialakítását elősegítő technológiai paraméter kombináció.

Eredmények: A DEFORM programrendszer segítségével numerikus modellkísérletekre alapozva meghatározható a különböző folyáshatárral rendelkező, azonos vastagságú rétegek sebesség eloszlása. Ezzel meghatározható a két réteg határfelületén a kötés kialakítását megalapozó sebesség különbséggel nem rendelkező határfelületi pont. Így a vizsgálat megalapoz egy olyan tervezési nomogram-rendszert ahol az eltérő szilárdsági tulajdonságok és lemezvastagság arányok ismeretében a kötéshez szükséges relatív fogyás, mint technológiai alapparaméter meghatározható. Ezzel támogatva a fizikai gyártási kísérletek, helyes technológiai paraméter kombinációjának megválasztását.



1. ábra – Kétrétegű lemezanyag hengerlésének sebességeloszlása és az alsó réteg anyagáramlása 20%-os relatív fogyás esetén.

[1] *ME Anyagszerkezettani és Anyagtechnológiai Intézet, Miskolc*
[2] *ME Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc*

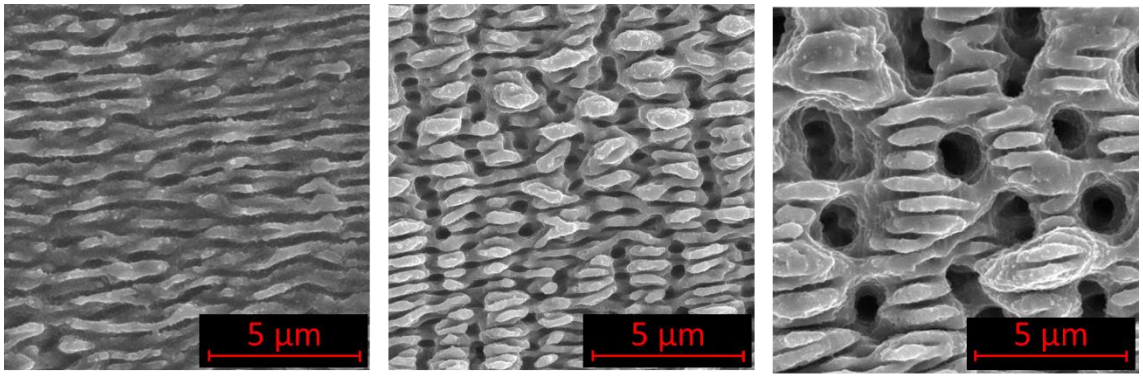
Juhász Gergely[1,2], Buza Gábor[1], Windisch Márk[1], Weltsch Zoltán[2]

Lézer indukált felületi struktúra nedvesítést változtató hatása ausztenites acélon (SO-09)

Az ultrarövid impulzus idejű lézerberendezésekhez azok tartoznak, amelyeknek impulzusidejük rövidebb, mint néhány tíz pikoszekundum. Ilyenek a pikoszekundumos, femtoszekundumos és attoszekundumos lézerek. Az ultrarövid impulzusok esetén a nagy csúcsteljesítményből (>10 MW) és az impulzus rövidségéből adódóan olyan fizikai jelenségek játszódnak le az anyagban, melyek hatására speciális mikro- és nanostrukturált felületek jönnak létre. Ezeket a felületeket lézer indukált periodikus felületi struktúráknak (LIPSS – Laser Induced Periodic Surface Structure) nevezzük. A LIPSS-eknek több alkalmazási területe van, mint például a tribológia, a fém színezés, a bio-orvosi alkalmazás és a hidrofób vagy hidrofil felületek létrehozása.

A kutatási munka során tükrösített ausztenites acélon femtoszekundumos lézerrel hoztunk létre LIPSS-eket, melyek topográfiai tulajdonságait pásztázó elektron mikroszkóp (SEM) segítségével, a nedvesítésre gyakorolt hatást nyugvó csepp módszerrel vizsgáltuk.

A lézersugaras kezelés után a nedvesítési állapot hidrofil jellegű, a kezelés után eltelt idő múlásával a felület hidrofób állapotúvá változik. A kezelés után eltelt idő múlásával a kezeletlen mintához képest nagyobb peremszög értékeket lehet mérni, ami a Cassie-Baxter-féle nedvesítési állapot kialakulásával magyarázható.



1. ábra – Különböző LIPSS SEM felvétele ausztenites acél mintán

[1] *Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest*
[2] *Neumann János Egyetem, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Innovatív Járművek és Anyagok Tanszék, Kecskemét*

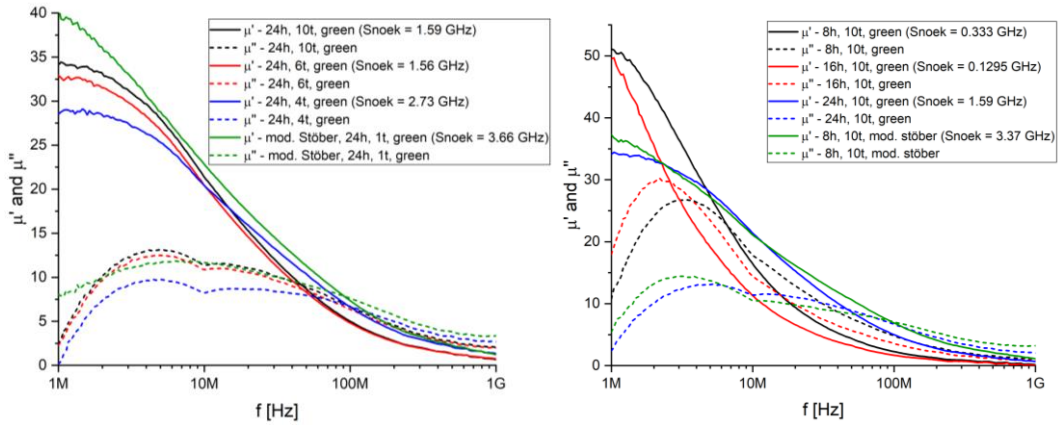
Kocsis Bence[1], Varga Lajos Károly[2], Zsoldos Ibolya[1]

Intergranulárisan szigetelt Fe/SiO_2 lágymágneses kompozitok komplex permeabilitás-spektrumának összehasonlítása (SO-10)

A lágymágneses kompozitok (SMC) egyik meghatározó csoportját a vasalapú ötvözetek alkotják, azon belül is a Fe-SiO_2 kompozitok. Kémiai úton történő előállítása az úgynevezett Stöber-módszerrel történik. Előnye, hogy nagyon vékony rétegben válik ki a vasszemcsék felületén, hátránya viszont, hogy csak megfelelően előkészített felületre válik ki, a vas/felületaktív anyag aránya meglehetősen kicsi továbbá, hogy klasszikus metallográfiai vizsgálatokkal nehéz kimutatni a kiválást. Az elmúlt években megjelent egy új, módosított-Stöber névre keresztelt eljárás, amely sokkal hevesebb reakciót képes kiváltani a vasszemcsékkel, így garantálva a szinte tökéletes bevonat létrejöttét.

Jelen kutatás során vizsgáltuk a két módszerrel előállított Fe/SiO_2 lágymágneses kompozitok komplex permeabilitás-spektrumát. Az összehasonlítás alapját a Snoek-limit adta meg. A módosított eljárás következtében kialakult vastagabb és egyenletesebb bevonat jobb elektromos szigetelést biztosít, amely a vasveszteség csökkenését eredményezi. Az inhomogenitás következtében a statikus permeabilitás minimálisan lecsökkent, de ezt kompenzálja a kitolódott határfrekvencia. A legmagasabb Snoek-limitet a módosított eljárással készült SMC érte el, 3,66 GHz-es értékkel. Az összehasonlító méréseken túl vizsgáltam, hogy milyen hatást gyakorol a komplex permeabilitás-spektrumra a szinterezési nyomás és a kémiai kezelés időtartama. A kémiai bevonatolás időtartamának kitolódásával egyre jelentősebb mértékben csökken le a permeabilitás, amely a vastagabb bevonat jelenlétét jelzi. A határfrekvencia értékében is jelentős fejlődés figyelhető meg a 24 órás kezelés esetén. A nyomás hatásának vizsgálata bizonyítja, hogy a 10 tonnás préselés következtében sem sérül a bevonat, nem töredezik le, továbbra is ellátja szigetelő funkcióját.

Összességében elmondható, hogy a módosított eljárás alkalmazása a célszerű tiszta vasszemcsék bevonatolása céljából. A klasszikus Stöber-módszerrel csak hosszas előkészítést követően, minimum 24 órás kezeléssel célszerű SMC mintát előállítani.



1. ábra – Nyomás értékének hatása a permeabilitás frekvenciafüggésére (bal) és a Stöber-módszerrel történő kezelés idejének hatása ugyanezen paraméterre (jobb).

[1] *Széchenyi István Egyetem, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék, Győr*
[2] *Wigner Fizikai Kutatóközpont, Szilárdtestfizikai és Optikai Intézet, Budapest*

Kondor Péter István

A gumialapú pirolízis-olaj és keverékeinek eróziós hatásainak vizsgálata (SO-11)

A pirolízis dízel egy hulladékalapú tüzelőanyag, amely egy új alternatívája a hulladékfeldolgozásnak és az energiatermelésnek. Miután ez az adalék hulladékalapú, bio-üzemanyagnak számít, így a benzinkúton kapható tüzelőanyagok biotartalmának jó alternatívája lehet. Azonban ahhoz, hogy egy újabb adalékanyag bekerüljön a napjainkban széles körben alkalmazottak közé, széleskörű kutatásokat szükséges végezni. Ennek egyik fontos lépése, a tüzelőanyag károsító hatásának vizsgálata a mechanikus alkatrészekre, többek közt a befecskendező injektorokra, amelynél nagy pontosságú megmunkálással készült alkatrészek vannak kitéve a folyadék mechanikai és kémiai hatásainak. A kutatások során ennek az új alternatív tüzelőanyagnak a vizsgálata történik, amellyel egy nagy lépést tehetünk előre az embertársaink és a környezet védelme érdekében.

Bevezetés

Korunk egyik legnagyobb problémája az emberiség által felhasznált energiamennyiség fokozatos növekedése. Ahhoz, hogy a fokozatosan növekedő energiaigény ne okozzon problémát, alternatív energiaforrásokat kell keresnünk. Erre megoldást jelenthet, ha már meglévő hulladékok felhasználásával tudnánk tüzelőanyagot előállítani. A pirolízis, mint eljárás kiválóan alkalmas a műanyag és gumialapú hulladékok feldolgozására, újrahasznosítására. Ezen hulladékok közé tartozik a nagy mennyiségen felhasznált járművek gumiabroncsai is, amiből több mint egy milliárd darab készül egy évben. Ez a polimerkompozit különösen tartós és a közelmúltig nem volt újrahasznosítási módszere, azonban többek között a Dunaharasztiban a New Energy kft-nél kifejlesztett eljárással akár 80%-os hatásfokkal sikerül ezt megvalósítani [1].

Pirolizálás

A pirolizálás során folyamat különböző anyagokat egy oxigéntől elvont környezetben magas hőmérsékletre hevítenek. A felmelegítés hatására az anyagok kémia átalakulása történik, de nem égnek el, mert a pirolizátor nem tartalmazza az ehhez szükséges oxigént. Az eljárás hőmérséklettől függően más-más eredményeket produkál. A hőntartás ideje szerint megkülönböztethetünk különféle pirolízis eljárásokat: Lassú pirolízis eljárásnál a megmunkálandó anyag hosszú ideig lassú léptékekben van hevítve. A hevítés mértéke a 0,1-2 °C/másodperc tartományon belül marad és a maximális hőmérséklet körülbelül 500 °C. A folyamat időtartama néhány perctől akár néhány napig is terjedhet. Lassú pirolízis során főleg kátrány és szén keletkezhet, mivel a biomassza folyadék tartalma lassan elpárolog. Gyors pirolízis során főleg bio olaj és gáz előállítására használatos [2]. A pirolízis során a masszát gyorsan melegítik fel és a hőmérséklet akár az 1000 °C-ot is elérheti, az előállított anyagtól függően. A folyamat során nagy mennyiségű szén keletkezik, amit a pirolízis lefutása alatt folyamatosan el kell távolítani. Az eljárás során földgáz is keletkezik, amit a pirolizáló kamra fűtéséhez használható fel. Kiváló alapanyagnak bizonyul a folyamathoz az előkezelt, ledarált gumiabroncs, mivel könnyen beszerezhető, majdnem mindenhol megtalálható nagy mennyiségben. Mindemellett van még egy jó tulajdonsága, kiváló fűtőértékkel rendelkezik, majdnem, mint a szén és a nyersolaj. Egy átlagos méretű gumiabroncs fűtőértéke 30-34MJ/kg is lehet. Ezek alapján belátható, hogy a pirolízis egy remek megoldás az abroncsok újrahasznosítására, ugyanis úgy lehetséges belőle gépjárművek meghajtásához megfelelő dízel üzemanyag adalékanyagot előállítani, hogy nem kell új anyagokat felhasználni, kitermelni. A folyamat maga két lépcsőből áll, először gumikat egy oxigéntől elzárt kemencében melegítik, aminek hatására az abroncsok meglágyulnak, majd a polimer láncok felbomlanak és a keletkező gázok

elpárolognak a forró kemencéből [3]. A kiáramló gázok felhasználása több célú. A leggazdaságosabb felhasználási mód a pirolizátor kemence fűtése. A másik lehetőség a kiáramló forró gázok kondenzálása, az így keletkezett folyadék a pirolízis olaj. Ebben az esetben is maradnak olyan részecskék, amik nem csapódnak ki és gázhalmazállapotban maradnak, ezeket fűtésre lehet használni, ezzel is növelve a folyamat hatékonyságát. Ha a folyamat megfelelően működik, akkor rendkívül alacsony emisszióval lehet a hulladék gumiabroncsokat pirolizálni.

Gumialapú pirolízis tüzelőanyag

Tulajdonságait tekintve a pirolízis olajból előállított dízel üzemanyag tulajdonságai némileg eltérnek a forgalomban kapható dízel üzemanyagtól [4]. Kén és víztartalma a pirolízis olajnak nagyobb, ami kedvezőtlenül hat a belsőégésű motor emissziójára [5], viszont a cetánszáma alacsonyabb a hagyományos dízelénél. Maga a folyadék sűrű, sötét színű szúrós, kellemetlen szagú anyag, ami önmagában sűrűsége és tulajdonságai miatt az eddigi kutatások alapján tisztán alkalmazva korlátozottan alkalmas a belsőégésű motorok hajtóanyagaként való alkalmazásra, viszont pontos keverési arány alkalmazásával megfelelő lehet diesel motorok üzemeltetésére. A tüzelőanyag laboratóriumi vizsgálataival megállapított tulajdonságait tartalmazza az 1. táblázat.

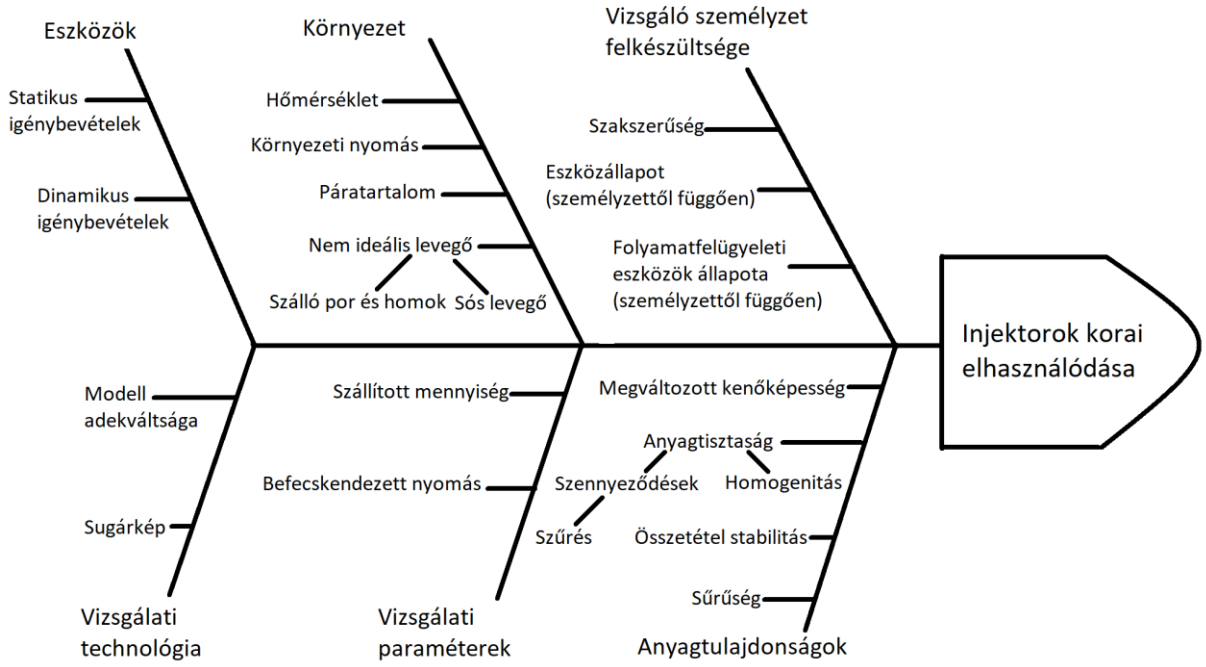
1. táblázat: Tüzelőanyag tulajdonságok

Tüzelőanyag	Gázolaj	Pirolízis olaj
Sűrűség [kg/m^3]	830	920
Víztartalom [mg/kg]	30	118
Sztöchiometrikus arány	14,7	13,8
Sztöchiometrikus keverék energia tartalma [MJ/kg]	2,74	2,89
Aromás tartalom [% m/m]	26	39,3
Kinematikus viszkozitás [mm^2/s]	2,54	3,22
Dinamikus viszkozitás [Ns/m^2]	0,00214	0,00296
C-tartalom [% m/m]	87	84
H-tartalom [% m/m]	13	10
N-tartalom [% m/m]	-	0,6
S-tartalom [% m/m]	0,001	0,96
O-tartalom [% m/m]	-	2
Cetánszám	53,2	28,6
Dermedéspont [^{o}C]	0	20

Új tüzelőanyagkeverék ajánlások kidolgozása

A befecskendezők meghibásodásának feltárásához egy Ishikawa diagrammot vázoltunk fel (1. ábra). Ez leírja azokat a tényezőket, amely a berendezések idő előtti elhasználódását eredményezné és ezek a megállapítások alapján fel tudtuk tárni, hogy melyek azok a tényezők, amelyekre különös figyelmet kell fordítanunk a vizsgálatok során.

A diagramm alapján meghatározható milyen vizsgálatok szükségesek az injektorok korai elhasználódásának meghatározására. Ezek közül a próbapadi vizsgálatok, a tüzelőanyagösszetétel meghatározása, a pirolízis olaj nedvesítőképességének vizsgálata, valamint a próbapadi vizsgálatok utáni mikroszkopikus vizsgálatok képezik ennek a kutatásnak a részét. A próbapadi vizsgálatokkal olyan szimulált környezetet lehetséges teremteni, amely a valós forgalmi viszonyokban üzemelő motor üzemállapotait képesek visszaadni. A korábbi kutatások során [6], amelyek motorfékpadi méréseken és befecskendezési szimulációkon valamint sugárképvizsgálatokon alapultak megállapítást nyert, hogy bizonyos térfogatszázalékú keveréknél a nagynyomású befecskendezőrendszer injektorai károsodást szenvednek, valamint hosszabb állásidőknél a tüzelőanyagrendszer elemeiben lerakódások voltak tapasztalhatók. Ezek a kutatási eredmények vezettek a pirolizis olaj és keverékeinek a lentebbi szempontok szerinti vizsgálataihoz.



1. ábra: Ishikawa diagram az injektorok meghibásodásának feltárására

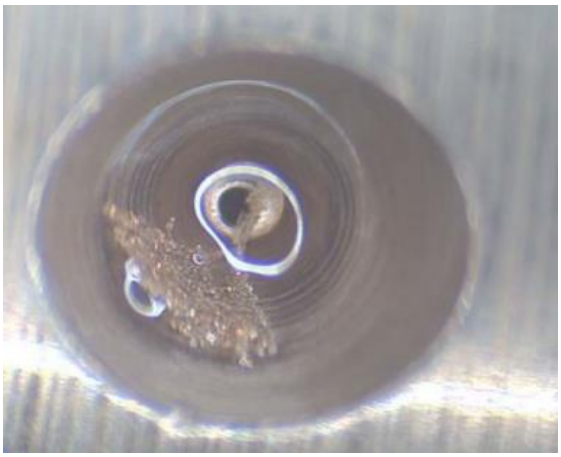
Befecskendező injektorok próbapadi vizsgálatai

A befecskendező injektorok próbapadi vizsgálatai során a pirolizis olaj befecskendezőrendszerre gyakorolt kémiai és mechanikai tulajdonságainak elemzése volt a cél. Megállapítani, hogy a kutatások során szimulációkkal és motorfékpadi vizsgálatokkal mért tüzelőanyagkeverékek hosszútávú üzemeltetés során okoznak e valamilyen káros hatást a finomfelületi megmunkálású injektorok alkatrészein. A tesztek során a szakirodalomkutatás alapján [7] meghatározott leggyakrabban használt fordulatszám-nyomás értéken lettek üzemeltetve próbapadon százórás ciklusokat a különböző térfogatszázalékban bekevert tüzelőanyagok. A tesztek során beállított paraméterek a 2. táblázatban láthatóak. Az első teszt során 2,5%-os keverékkel 100 üzemóra után nem tapasztaltunk elváltozást, azonban az 5%-os keverék esetében már drasztikus elváltozások voltak megfigyelhetők. Az üzemanyagszivattyú hangja megváltozott és a visszaellenőrzésnél, a befecskendezők állapota is nagymértékben romlott. Az injektorok már nem voltak képesek tömítetten zárni, folyamatosan eresztették a tüzelőanyagot. Az injektorok egy Bosch szakszervízben szétbontásra kerültek és mikroszkópi felvételek készültek.

2. táblázat: A próbapadi tesztek során beállított paraméterek

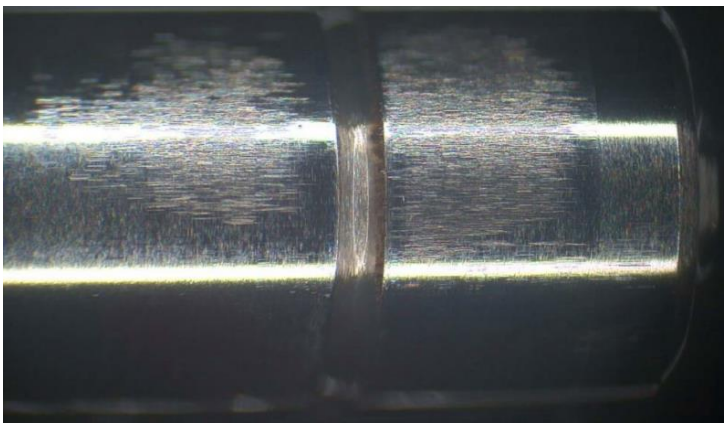
	TPO [%]	Diesel [%]	Rail nyomás [bar]	Befecskendezési idő [ms]	Motorfordulatszám [1/s]
Teszt 1	0	100	2000	1500	1200
Teszt 2	2,5	97,5	2000	1500	1200
Teszt 3	5	95	2000	1500	1200
Teszt 4	7,5	92,5	2000	1500	1200
Teszt 5	10	90	2000	1500	1200

A mikroszkópi képeken az volt tapasztalható, hogy az injektor bemenő fojtó furatában az üzemanyagból kiváló szennyeződés, elzáródást okozott (2. ábra). A szennyeződés a pirolízis olajból kiváló gumi, amely a tapasztalatok alapján hosszabb állásidőnél következik be.



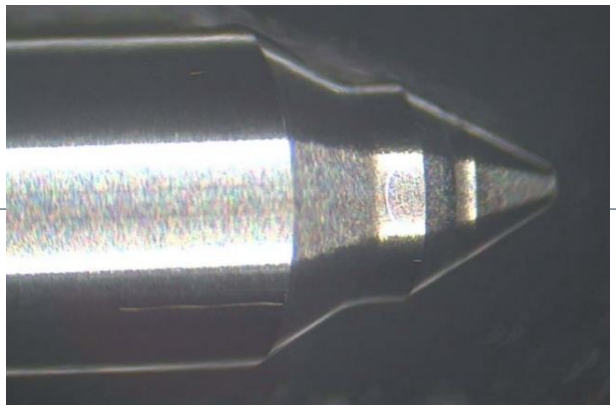
2. ábra: Az injektor tüzelőanyag áteresztő furatában lerakódott szennyeződés

Ez az elzáródás a befecskendező belsejében egyenetlen nyomáseloszlást okoz, ami az vezérlő dugattyúra oldalirányú erővel hat, amely a vezérlődugattyú excentrikus kitérését okozza, amely rendellenes súrlódáshoz és kopáshoz vezet (3. ábra).



3. ábra: Vezérlődugattyú felületi kopása a magasnyomású gázolaj bevezetési csatornájánál

Az injektor többi szerkezeti elemét megvizsgálva, nem látható jelentősebb kopás vagy lerakódás, a porlasztócsúcson sem látható elváltozás (4. ábra).



4. ábra: Porlasztócsúcs 200 üzemóra után

Ellenőrző mérések végrehajtása

Az egyes tesztek lefutása után injektor próbapadi vizsgálatokat kell végezni, amelyek során meghatározható, hogy milyen mértékben tér el a gyári értékektől az injektorok szállítása továbbá a porlasztócsúcs zárási tömítése megfelelő e. A próbapadi teszteket követően befecskendezési sugárképvizsgálatot kell végrehajtani (5. ábra) amely során az injektor szórásképét szemrevételezéssel kell megvizsgálni. A szórásképből lehet következtetni az injektorok szerkezeti állapotára és a befecskendezési sugárképből a bekövetkező égés minőségére.

5. ábra: Befecskendezési sugárkép vizsgálata

A sugárképvizsgálatok során a 2,5%-os tesztek után nem volt tapasztalható rendellenesség a mért szállítási mennyiségekben és a tömítettségi vizsgálatoknál. A befecskendezési sugárkép is megfelelő alakot öltött. Rendellenességek az 5%-os keverékkel lefuttatott tesztek után voltak tapasztalhatók, ezek után az injektorok szerkezeti vizsgálata volt szükséges a meghibásodás okainak feltárására. A tesztek után a próbapadi vizsgálatok során mért szállítási érétkeket milliliterben a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: Próbapadi szállítási mennyiségek alakulása az egyes teszteket követően

	Gázolaj				2,5% TPO				5% TPO			
Munkapont	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1 injektor	2	66	104	56	2	67	105	56	3	66	106	54
2 injektor	2	67	105	57	2	69	108	57	2,5	68	106	55
3 injektor	2	66	105	57	2	65	103	54	12	64	105	66
4 injektor	2	67	106	55	2	67	106	55	2	66	106	54

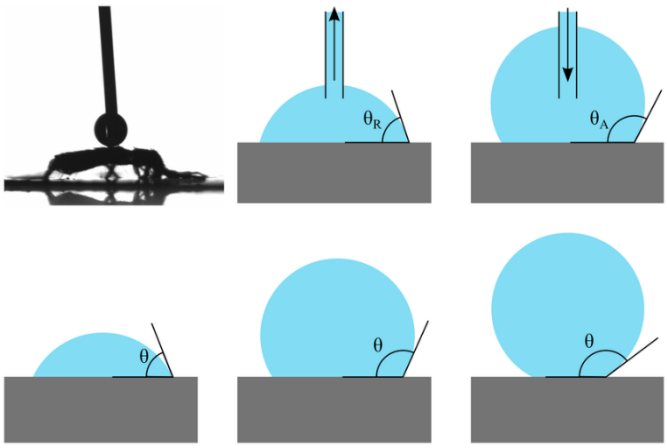
Nedvesítőképesség vizsgálat

A nyugvó csepp módszer

A nyugvó csepp módszer során egy folyadék nedvesítőképessége vizsgálható meg. Egy mikropipetta segítségével 2-3 mikroliter folyadékot kell felszívni majd ráengedni egy előre meghatározott próbatestre (6. ábra). A lehelyezett folyadék a Young-egyenlet három tételétől függően fog viselkedni. Fontos törekedni arra, hogy a vizsgálati körülmények minél megegyezőbbek legyenek a valós alkalmazásban lévő tényezőkkel. A vizsgálatok szabadlevegőn lettek elvégezve egy keményfém próbatesttel. A folyadékcsepp lehelyezését követően a folyadék valamekkora mértékben szétterül a felületen. Minél jobban szétterül annál jobb a nedvesítőképessége és annál kisebb a peremszöge [8]. Erre a magyarázat, hogyha a folyadék adhéziója nagyobb, mint a kohéziója akkor a folyadék molekulái jobban tapadnak az adott felülethez, mint önmagához. A mérések során ez a peremszög, ami számunkra mérhető adat. A peremszög nem más, mint a folyadékcsepp fala és a próbatest felülete által bezárt szög.

6. ábra: Diesel tüzelőanyag nedvesítőképességének vizsgálata

Ahhoz, hogy meg lehessen határozni a vizsgált új tüzelőanyag kenőképességét, nedvesítőképesség vizsgálatot kell végezni, amellyel a szabványos kereskedelmi forgalomban kapható diesel tüzelőanyaggal összehasonlítva meghatározható milyen mértékben tér el pozitív vagy negatív irányba az új tüzelőanyag.



7. ábra: Különböző peremszögek [8]

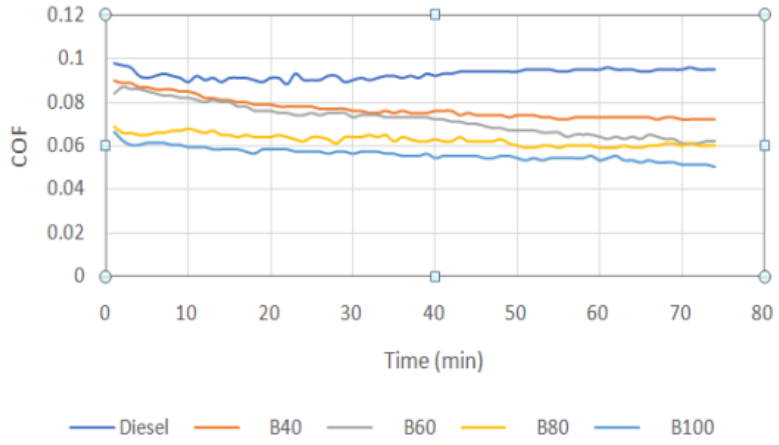
A szétterülés mértékét oldalról fényképezve meghatározható. Ebben az esetben hidrofil állapot jött létre, azaz egy filmréteg alakult ki a vizsgált minta felületén. A filmréteg eloszlása a fémlapon hasonló alakot öltött mind a dízelolajnál mind pedig a pirolizis olajnál.

8. ábra: Nedvesítőképesség vizsgálat

A folyadék kenőképessége annál jobb, minél nagyobb mértékben képes az szétterülni, avagy minél nagyobb annak a nedvesítőképessége. Erre a magyarázat, hogy ha a folyadék alacsony nedvesítőképességgel rendelkezik, akkor az állandóan lefolyik a kenni kívánt felületről, azaz nem képez egy állandó kenőréteget. Ha a kenőréteg minősége instabil, akkor a kenési állapot is romlani fog, így nagyobb esélyjel fog fém a fémen elmozdulni, ami nagymértékű kopáshoz vezet. Ebben az esetben miután mindkét folyadék hasonlóan viselkedett a kenési képességük is hasonló. Ez a pirolízis olaj számára pozitív tulajdonságnak leírható.

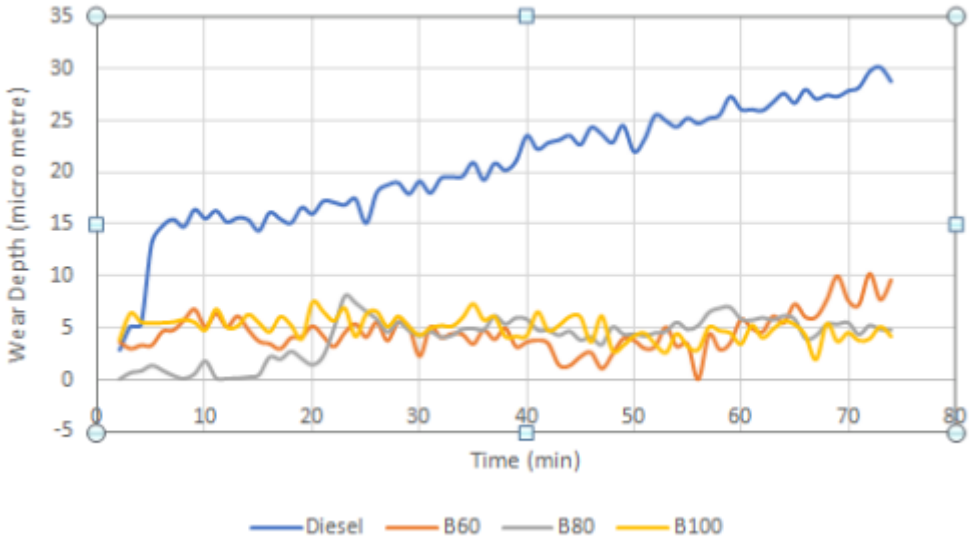
Megoldási lehetőségek a kopás elkerülésére

A szakirodalomkutatások alapján [9] az alap üzemanyag adalékainak nagy befolyása van az eróziós tényezőkre. Megfelelő adalékokkal ez elkerülhető. A következő diagrammok mutatják, hogy megfelelő adalékok nemhogy nem rontják a kenőképességét a tüzelőanyagnak, hanem javítják is azt.



9. ábra: Csúszási súrlódási együttható különböző biotartalmú üzemanyagkeverékeknél

Az ábrán láthatjuk, hogy a megfelelő bio adalékanyaggal a súrlódási együttható csökkenthető. A súrlódási együttható csökkentésével a súrlódási erő is csökken, így a kopás mértéke is csökken.



10. ábra: Kopásmélység vizsgálata

A tanulmány azt is mutatja, hogy egy ideális üzemanyaggal a kopás is jelentősen csökkenthető. A 60%-os biotartalmú keverék már jelentősen jobb kenési tulajdonságokkal bír, a hagyományos dízelhez képest, így a kopásmélység is nagymértékben lecsökken. A teljesen bioanyagból készült tüzelőanyag további javulást is eredményezett ebben az esetben.

Összegzés

A kutatási eredményekből látható, hogy az injektorok korai elhasználódását nem a pirolízis olaj kenőképességében kell keresni, mivel annak nedvesítőképessége azonos tulajdonságokat mutatott a laboratóriumi vizsgálatok során. A megvizsgált elhasználódott szerkezeti elemekből az a következtetés vonható le, hogy a pirolizis-olajból bizonyos körülmények között a gumi alkotóelem kicsapódik, amely esetenként a befecskendezőrendszer szerkezeti elemeinek tönkremeneteléhez vezethet. A tesztek a kereskedelmi forgalomban kapható normál diesel olajjal lettek elvégezve, amely tartalmaz néhány százalékban növényi eredetű bio adalékot. További vizsgálatok szükségesek prémium diesel olajjal például Mol xxx Diesel-lel, amely nem tartalmaz bio adalékot, hogy megállapítást nyerjen, hogy a növényi vagy egyéb más eredetű adalék lehet-e a probléma okozója. Szakirodalomkutatások [9] [10] és

tapasztalati eredmények is igazolják a napjainkban használt bio adalékolt tüzelőanyagoknál, hogy a tüzelőanyag homogenitásának szavatossági ideje néhány hónap. A kutatások során a hulladékalapú tüzelőanyagnál is hasonló jelenség volt tapasztalható. A jövőbeni kutatások során ennek a folyamatnak az átfogó vizsgálatával szükséges meghatározni olyan ajánlásokat, esetleges adalékanyagok hozzáadását, amelyekkel biztonságosan használható lehetne ez az új hulladékalapú tüzelőanyag.

Köszönetnyilvánítás

A projekt eredményei a KTI által biztosított KTI_KVIG_8-1_2021 támogatással, az Innovatív Mobilitás Program finanszírozásában valósult meg.

Irodalomjegyzék:

[1] Martínez, J.D.; Puy, N.; Murillo, R.; García, T.; Navarro, M.V.; Mastral, A.M. Waste tyre pyrolysis—A review. Renew. Sustain. Energy Rev. 2013, 23, 179–213.

[2] Lewandowski, W.M.; Januszewicz, K.; Kosakowski, W. Efficiency and proportions of waste tyre pyrolysis products depending on the reactor type—A review. J. Anal. Appl. Pyrolysis 2019, 140, 25–53.

[3] Shahir, V.K.; Jawahar, C.P.; Vinod, V.; Suresh, P.R. Experimental investigations on the performance and emissions characteristics of a common rail direct injection engine using tyre pyrolitic biofuel. J. King Saud Univ. Eng. Sci. 2020, 32, 78–84.

[4] Emőd, I,; Füle, M.; Tánczos, K.; Zöldy, M. A bioetanol magyarországi bevezetésének műszaki, gazdasági és környezetvédelmi feltételei. MAGYAR TUDOMÁNY, 50. pp. 278-286. ISSN 0025-0325, 2005

[5] Baškovi˘c, U.Ž.; Seljak, T.; Katrašnik, T. Feasibility analysis of 100% tire pyrolysis oil in a common rail Diesel engine. Energy 2017,137, 980–990.

[6] Máté Zöldy, István Péter Kondor: Simulation and Injector Bench Test Validation of Different Nozzle Hole Effect on Pyrolysis Oil-Diesel Oil Mixtures. Energies 2021.

[7] Zöldy, M. Investigation of Correlation Between Diesel Fuel Cold Operability and Standardised Cold Flow Properties. Period. Polytech. Transp. Eng. 2021, 49, 120–125.

[8] Ha˚kon Gundersen, Hans Petter Leinaas, Christian Thaulow: Surface Structure and Wetting Characteristics of Collembola Cuticles 2014.

[9] Adith Sa, Anil kumar Ba, Jayanth K Na, Anil P Mb∗, Thangaraja Jeyaseelanb: Investigations on the tribological compatibility of a CI engine fuel injector material with various biodiesel blends. 2020. ICMM 3018–3026

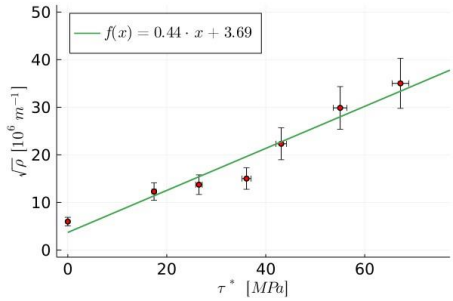
[10] Payri, F.; Payri, R.; Salvador, F.J.; Martínez-López, J. A contribution to the understanding of cavitation effects in Diesel injector nozzles through a combined experimental and computational investigation. Comput. Fluids 2012, 58, 88–101.

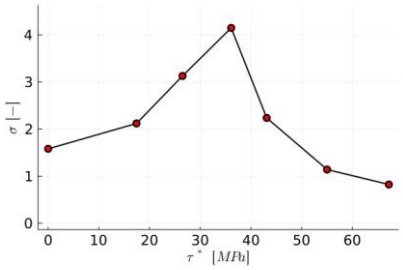
Lipcsei Sándor[1], Kalácska Szilvia[2], Ispánovity Péter[1], Groma István[1]

Diszlokáció cellastruktúrák statisztikai vizsgálata nagy szögfelbontású visszaszórtelektron diffrakcióval (SO-12)

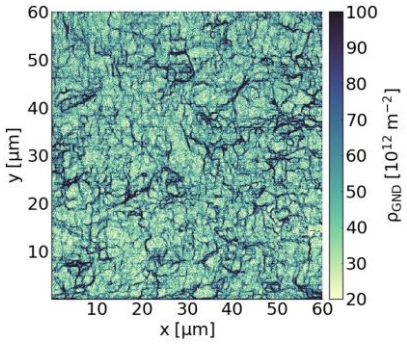
Egytengely mentén deformált réz egykristályok statisztikai paramétereit vizsgáltuk nagy szögfelbontású visszaszórtelektron diffrakcióval (HR-EBSD) és röntgendiffrakcióval (XRD). A röntgendiffrakciós vonalprofil kiértékelésre használt korlátos momentum módszer azt mutatta, hogy teljesül a Taylor-keményedés (1. ábra) és az átlagos diszlokáció sűrűség fluktuáció maximumot ér el a II.-ik és III.-ik keményedési fázisok között (2. ábra). HR-EBSD segítségével kimutattuk a diszlokációmintázatok létét (3. ábra) a réz egykristályok felületén és vizsgáltuk a cellaszerkezetek fraktál tulajdonságait, továbbá nem csak az eredő geometriailag szükséges diszlokáció (GND) sűrűség térképeket elemeztük, hanem a Nye-tenzor komponenseit is (4. ábra), amelyekből meghatározhatóvá vált az egyes pásztázási pontokhoz rendelt jellegzetes Burgers-vektor. A fraktálanalízis során több különböző átlagolási és szűrési módszert alkalmaztunk, mint például a Laplace-szűrő, Gauss-szűrő, egyszerű négyzetes szűrő vagy Otsu-szűrő.

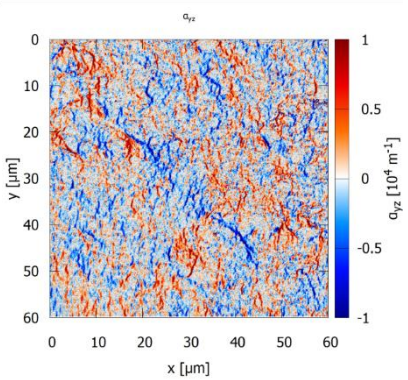
Elemeztük az autokorrelációs függvényeket a feszültség komponens térképeket felhasználva és az ezekből kapott korrelációs dimenziókat összevetettük a kapott fraktáldimenziókkal és átlagos diszlokációs sűrűség fluktuációkkal.





Ábra 1: A Taylor-keményedésnek megfelelő gyökös függés. Ábra 2: Az átlagos diszlokáció sűrűség szórása, azaz a fluktuáció maximumot ér el a II.-ik és III.-ik keményedési fázisok között.





Ábra 3: GND sűrűség térkép, amely a cellák létét bizonyítja a minták felszínén. Ábra 4: Az egyik mintán mért Nye-tenzor yz komponensének térképe. Látható, hogy a falak eredő előjellel rendelkeznek.

[1] *Eötvös Loránd Tudományegytem, Anyagfizikai tanszék, Budapest, Magyarország*
[2] *Empa, Swiss Federal Laborotories for Materials Science and Technology, Laboratory of Mechanics of Materials and Nanostructures, Thun, Svájc*

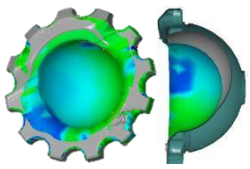
Nemes-Károly István[1], Dr. Kocsis György[2], Dr. Szebényi Gábor[1]

Kopási felületek elemzése revíziós úton eltávolított implantátumok alkatrészein (SO-13)

Napjainkban a kitolódó átlagéletkor - és ezáltal az aktívan eltöltött évek gyarapodása – valamint kegyetlen, rohanó világunk felfokozott életritmusa miatt, szervezetünk egyre hosszabb időn keresztül van kitéve szélsőséges igénybevételeknek. Sajnos ez az életmód nyomtalanul nem múlik el – elváltozásokat okozhat vázrendszerünktől az idegrendszerünkig bárhol, nem jelentenek ez alól kivételt ízületeink sem – manapság éppen ezért hódítanak egyre nagyobb teret a különböző artroplasztikai beavatkozások. Az artroplasztikai eljárások a legsikeresebb sebészeti beavatkozások közé tartoznak, melyek során igyekeznek újra képezni, esetleg részben, vagy egészben pótolni, illetve cserélni – végső esetben eltávolítani - az elhasználódott ízfelszíneket, hogy ezek által a rendszer funkcióit javítsák, de legalább fennálló státuszát konzerválják. Az artroplasztikák leggyakoribb formája az ízületi endoprotézisek beültetése. Ezen szerkezetek élettartama is véges, mint minden mérnöki szerkezeté, így bizonyos időközönként cseréjük – revíziós műtét segítségével - elengedhetetlen. Az így eltávolított protézisek számtalan, elengedhetetlen információt hordoznak, mind konstrukciójukról, mind gyártójukról, mind pedig akár még felhasználójukról és beültetőjükről is, mely tapasztalatok a „reverse engineering" módszerének alkalmazásával egytől-egyig beépíthetők a következő generációs rendszerek terveibe, hogy ezáltal is közelebb kerülhessünk a „golden standard" implantátumok kialakításához.

Aims: Előadásunk témája a revíziós úton eltávolított csípő-, térd-, valamint vállimplantátumok tönkremeneteli folyamatainak elemzése, feltárása. Az elhasználódást megfelelően reprezentáló modellt állítunk fel, melynek segítségével a különböző típusú protézisek kopási és károsodási folyamatai meghatározhatók, előrejelezhetők, a konstrukciók erősségei és gyengeségei meghatározhatók. Fontosnak tartjuk elkülöníteni a különböző károsodási formákat, hiszen ezek – mértékének – átfogó ismerete nélkül hatékony kiküszöbölésük lehetetlen.

Results: A beültetés módja és az implantátum típusa szerint csoportosított rendszereken 3 dimenziós képalkotó eljárással, valamint differenciál scanning kalorometriával végeztünk vizsgálatokat. Meghatároztuk a polimer alkatrészek degradációját - amit a használat okozott – figyelve, hogy elkülönítsük a revíziós műtét és a szállítás, valamint tárolás okozta károsodásokat. Méréseink során különös gondot fordítottunk a kúszás, valamint a kopás pontos mértékének feltárására, hogy ez alapján a lehető legjobb módosítási javaslatokat eszközöljük a már meglévő rendszerekben.



1. ábra – 3D szkennelt kopott csípőimplantátum vápa elölnézete és félnézet-félmetszete

[1] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, Budapest*
[2] *Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Ortopédiai Klinika, Budapest*

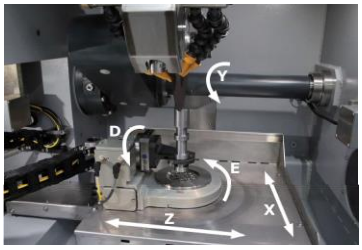
Pálfi Géza

Technológiai újdonságok a metallográfiában (SO-14)

Mit ad az új technológia?

Brillant 3D, a vágó robot

- Vágás 5 irányból
- Rögzítés 1 befogóval
- Minimális vágási hiba
- Időt és munkaerőt takarít meg!
- Teljesen automatikus



A Brillant 3D előnyei

Opal X-press, moduláris beágyazó

- Beágyazás akár 4 önálló független modullal!

Az Opal X-press előnyei:

-

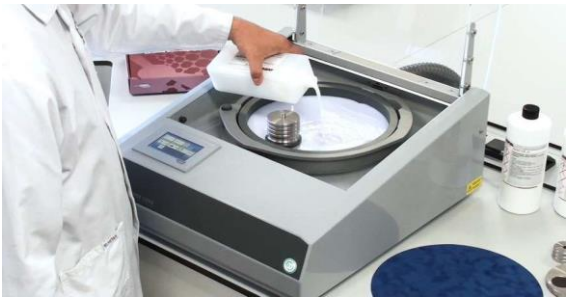
A csiszolatkészítés kényes pontjai

Saphir X-Change, a csiszoló polírozó robot

Saphir Vibro, a vibrációs polírozó

A Saphir Vibro jellemzői

-



Polarisz gyémánt csiszolótárcsa

Összegzés

Péterffy Gábor[1], Berta Dénes[1], Peter M. Derlet[2], Ispánovity Péter Dusán[1]

Dinamikai korrelációk és kollektív deformációs módusok diszkrét diszlokációdinamikai szimulációkban (SO-15)

Mikropillár összenyomási és azok akusztikus emisszióját vizsgáló kísérletekből jól ismert jelenség, hogy a plasztikus deformáció sztohasztikus módon bekövetkező diszlokációlavinák eredménye. Ezen események statisztikájából ismert, hogy a plasztikus deformáció kritikus jelenség. A kísérleti eredményekből kiindulva arra lehet következtetni, hogy a skála független viselkedés csak a folyásfeszültség környezetében karakterisztikus, azonban a diszkrét diszlokációdinamikai (DDD) szimulációk ennél bonyolultabb képet sejtetnek. A diszlokációrendszerek dinamikája üvegszerű viselkedést mutat ahol hatványfüggvény eloszlásokat kapunk a nyírófeszültség folyásfeszültséghez való közelségétől függetlenül [1].

Az elmúlt néhány évben egy olyan hatékony implicit DDD szimulátort [2] dolgoztunk ki, mely lehetővé tette a rendszer dinamikájának a stabilitás analízisét [3]. A módszer 2D rendszerben alkalmas a belső dinamikai korrelációk meghatározására.

Az előadás során bemutatásra kerül az alkalmazott módszer, továbbá megmutatjuk, hogy ezek a korrelációk tiszta rendszerekben hosszútávúak, azonban lerövidülnek pontszerű szennyezők vagy pedig nullától eltérő Peierls-feszültség hatására. Megfigyeltük továbbá, hogy az események miképp válnak rendszerméretfüggetlenné és lokalizáltá szennyezők kristályban való jelenléte esetén. Ezt kísérletek esetében is gyakran megfigyelték. Eredményeink kapcsolatot teremtenek a belső mikroszkopikus méretskálák és a fellépő sztochasztikus plasztikus válasz között.

Hivatkozások

[1] Ispánovity, P. D., Laurson, L., Zaiser, M., Groma, I., Zapperi, S. and Alava, M. J. Phys. Rev. Lett., 112, 23, 235501, 2014.
[2] Péterffy, G. and Ispánovity, P. D. Modelling Simul. Mater. Sci. Eng. 28, 035013, 2020.
[3] Derlet, P. M. and Maaß, R. Phys. Rev. E , 94, 3, 033001, 2016.

[1] *Eötvös Loránd Tudományegyetem, Anyagfizikai Tanszék, MicroMechanics and Multiscale Modelling research group*
[2] *Paul Scherrer Institute, Condensed Matter Theory Group Svájc*

Sepsi Máté, Mertinger Valéria, Barkóczy Péter

A maradó feszültség állapot módosításának hatása távvezetékek funkcionális és szerkezeti tulajdonságaira (SO-16)

A maradó feszültség állapot tervezése és kontrolálása a fémek esetében az ipar számos területén elengedhetetlen ma már. A távvezetékek esetében a kedvezőtlen maradó feszültség állapot a sodrony szerkezeti egységét veszélyezteti annak üzemeltetése során, valamint lehetetlenné teheti a telepítését a vezetéknek a szétugró sodrat vég. Egy, a maradófeszültség állapotot nagyban meghatározó technológiai lépés a felületszórás. A vezetékek felületszórása nem régi innováció a vezetékek gyártásában, azonban annak a maradófeszültség állapotra gyakorolt hatása eddig nem vizsgált, mint ahogy a gyártási folyamat egyéb lépései sem. A felületszórás technika a kész vezeték külső huzalkoszorújának szórását, így felületének módosítását jelenti. Hatását tekintve az alumínium huzalok hidrofób felületét hidrofillá változtatja, így a víz nem képez cseppeket a felületen. Ennek következtében a vezeték koronasugárzása csökken, a koronasugárzás zaja mérséklődik. Leginkább a zajcsökkentés a fő ok, ami miatt a vezetéktípust alkalmazzák olyan területen, ahol a távvezeték lakóövezet közelében halad. A felületszórás ismert hatása, hogy a felületen nyomófeszültséget ébreszt, ezzel a húzáskor és sodráskor ébredő esetleges húzó maradó feszültségeket is a nyomó irányba mérsékli. Ez a hatás egyértelműen itt is a felületszórás maradó feszültség mérséklő hatására vezethető vissza. Kérdésként merül fel, hogy ha ezen a téren ilyen szembetűnő hatása, akkor egyéb vizsgált paraméterekben, és a vezetékek tulajdonságaiban jelentkezik-e a hatása, abba figyelembe kell-e venni. Ebből a szempontból lényeges kérdés a maradó feszültségek másik megjelenési formája, a sodrat feszültség egyensúlya, ami sodrási geometria mellett a huzalok maradó feszültségállapotával áll szoros kapcsolatban.

Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

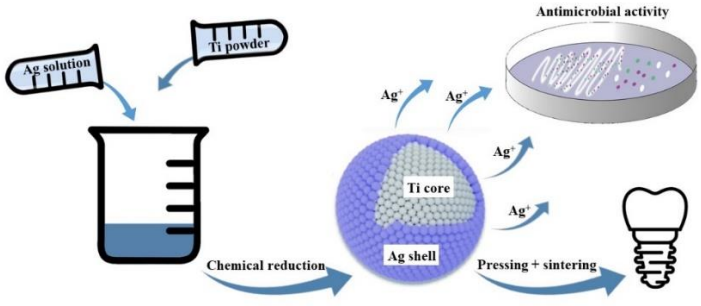
Somlyai-Sipos László[1], Baumli Péter[1], Pásztor Zsolt[2],
Szőri-Dorogházi Emma[3], Czél Györgyné[4]

Antibakteriális fém nanoszemcsék leválasztása biokompatibilis hordozóra (SO-17)

A modern kihívásoknak megfelelően egyre nagyobb igény van az orvostudományi területen a biológiai anyagokra, így a fém alapú implantátumokra is. Ezen anyagok felhasználást tekintve a mechanikai tulajdonságokon felül az egyik legnagyobb nehézséget az implantátum kilökődése jelenti. Erre jelenthet alternatív megoldást az antibakteriális fém nanoszemcsék, melyek képesek lehetnek elpusztítani, vagy inaktiválni a baktériumokat, illetve gombákat. Történelmileg az antibakteriális fémek, mint például az ezüst, a réz és a cink, szerepe az 1920-as években felfedezett antibiotikumoknak köszönhetően csökkent, azonban a multirezisztens baktériumok megjelenésével ma a reneszánszát éli a felhasználási lehetőségük kutatása.

Célok: Ennek megfelelően célunk ezüst és réz nanoszemcsék szintézise, leválasztása biokompatibilis titán (Ti) alapú hordozók felületére kémiai redukciós módszert alkalmazva. Az így létrehozott alapanyagok elemzését SEM, XPS, XRD segítségével jellemeztük, valamint mechanikai- és biológiai vizsgálatát végeztük el (1.ábra).

Eredmények: Kutatómunkánk során sikeresen szintetizáltunk min. 1,9 at.% mennyiségű ezüst és réz nanoszemcséket a különböző biokompatibilis hordozók felületére. A Ti-Ag rendszer esetében a biológiai vizsgálatoknak köszönhetően megállapítottuk, hogy a bevonattal ellátott porszemcsék egy ún. gátlási zónát hoztak létre, vagyis az Ag nanoszemcsékkel bevont Ti por alkalmas antibakteriális implantátum alapanyagnak. Ezen vizsgálatokat követően 20% körüli porozitást sikerült elérni az Ag-tel bevont Ti por hideg sajtolása esetén, mely értéket a szinterelés közben is fenn lehetett tartani. A szinterelt Ti-Ag próbadarabok mechanikai tulajdonságai a következők voltak: $HV_{0,01}$ (363±78), a legnagyobb valódi nyomószilárdság (470±4 MPa), a folyáshatár (277±12 MPa), mely értékek a jelenleg alkalmazott alapanyagokhoz képest kedvezőbbek az oszteointegritás szempontjából. A szinterelési folyamat során két intermetallikus fázis keletkezett a szilárd fázisú diffúziónak köszönhetően: TiAg és Ti_2Ag. A szinterelt darabokon elvégzett biológiai vizsgálatok szintén kiváló antibakteriális tulajdonságot mutattak



1.ábra. Antibakteriális és biokompatibilis Ti alapú implantátum alapanyag fejlesztése

[1] *Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc*
[2] *Premet Kft., Budapest*
[3] *Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Kémia Intézet, Miskolc*
[4] *Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport, Miskolc*

Szobota Péter, Sepsi Máté, Mertinger Valéria

Központnélküli diffraktométerek innovatív alkalmazása felületkezelési eljárások roncsolásmentes minősítésére (SO-18)

A kutatómunka célja, a központnélküli diffraktométerek egy új, innovatív alkalmazása, ami messze túlmutat a már eddig megszokott maradó feszültségméréseken. A Miskolci Egyetem Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézetben és a 3D Laboratóriumban országosan egyedülálló módon rendelkezünk két ilyen diffraktométerrel is. A mélységi maradó feszültségmérések kiértékelése során rájöttünk, hogy a lemért ferrit (211) interferencia függvények dekonvulálhatóak több görbére. Ezek a görbék közvetlen kapcsolatban állnak a különböző formában és méretben megjelenő ferrit kristályokkal. Eszerint, legyen szó akár egy termokémiai hőkezelésről vagy egy gyakori hőkezelési problémáról, a dekarbonizációról, ezen rétegek vastagsága, valamint a különböző mikroszerkezeti szövetelemek (mint például: ferrit, perlit, bénit) a martenzit mellett roncsolásmentesen detektálhatóak a felületen. Ezen módszer validálása érdekében dekarbonizált és cementált rétegeket hoztunk létre kontrolált körülmények között, majd vizsgáltuk meg röntgendiffrakcióval, és a konvencionális módszerekkel egyaránt.

Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

Szűcs Máté, Kárpáti Viktor, Mikó Tamás

Nb40Ti60 ötvözet melegalakítási kísérletei (SO-19)

A szeptum mágnesekben felhasznált Cu/NbTi/Nb többrétegű lemezkompozit rétegrendje többszúrásos kombinált meleg- és hideghengerléssel kerül kialakításra. A kompozit végső szövetszerkezetét és a szupravezető tulajdonságát a hengerlési műveletek között beiktatott többszörös hőkezelésekkel érik el. A számítógépi szimulációk segítségével lehetőség nyílik az egyes rétegek és a rétegek közötti mechanikai tulajdonságok meghatározására, valamint e mennyiségek elemzése alapján a rétegek közötti kötések mechanikai feltételei is megbecsülhetők. A szupravezető tulajdonságot elsősorban az egyedi szövetszerkezetű nióbium-titán ötvözet biztosítja, ami a másik két alapanyaggal együtt, elsőként meleghengerléssel kerül megmunkálásra. Jelen munkánkban, a Nb40Ti60 nióbium-titán ötvözetből készült nyomópróbák melegalakítási kísérleteit végeztük el, annak érdekében, hogy az alakítási folyamat szimulációjára alkalmas végeselemes modellhez, bemenő alapadatként szolgáló alakítási szilárdsági görbéket állítsunk elő, továbbá a hasonló ötvözetek melegszilárdsági tulajdonságát megfelelően leíró anyagegyenlet típust határozzunk meg.

.

Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

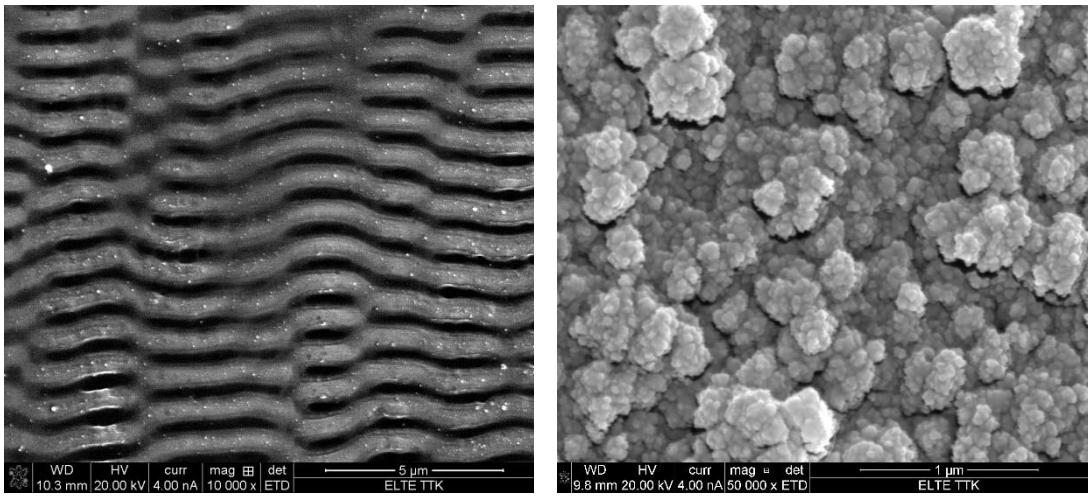
Windisch Márk[1], Maloveczky Anna[1], Buza Gábor[1], Selmeczi Dániel[2], Veres Miklós[3], Rigó stván[3], Fürjes Péter[4], Hakkel Orsolya[4], Dankházi Zoltán[5], Vida Ádám[1]

Femtoszekundumos lézerrel Si egykristályon kialakított mikro- és nanostruktúrák vizsgálata (SO-20)

A lézeres felületkezelés során kialakított periodikus felületi struktúrák, röviden LIPSS-ek (Laser Induced Periodic Surface Structure) kialakulása több mint fél évszázada ismert jelenség, mely mind folyamatos, mind impulzus üzemű lézersugárral létrehozhatók. Az impulzus üzemű lézerek egyik csoportja az ultrarövid impulzus hosszúságú (pikoszekundumos és annál rövidebb) lézerberendezések, melyek fizikai tulajdonságai révén rövid idő alatt fém, félvezető és szigetelő szilárdtest felületen is képesek kialakítani periodikus felületi struktúrákat.

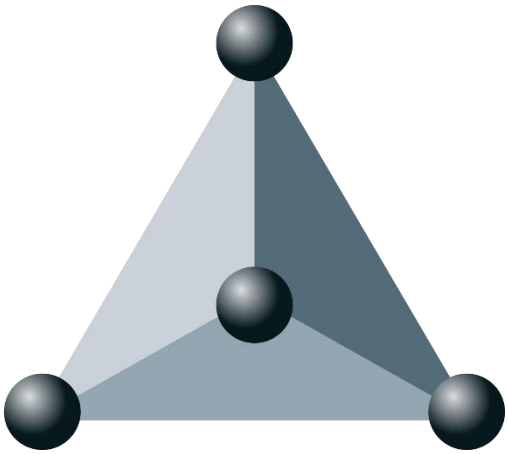
A LIPSS-ek kialakulására több elmélet létezik, de azokat kísérleti eredmények csak részben támasztják alá. A LIPSS-ek kialakulásának pontosabb megismerése és megértése céljából femtoszekundumos lézerrel Si egykristályon kialakított felületi struktúrák morfológiáját és anyagszerkezetét vizsgáltuk különböző mérési technikák segítségével.

A létrehozott LIPSS-ek vizsgálatának eredményein túl, azok egyik perspektivikus alkalmazására, a felületerősített Raman spektroszkópiára, röviden SERS-re (Surface Enhanced Raman Spectroscopy) is kitérünk.



1. ábra. Szilícium egykristályon létrehozott LIPSS felületi szerkezete (bal oldal) és a felületstrukturálás után arany réteggel bevont SERS hordozó morfológiája.

[1] *Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest*
[2] *Semilab Félvezető Fizikai Laboratórium Zrt., Budapest*
[3] *Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest*
[4] *Energiatudományi Kutatóközpont, MFA Mikrorendszerek Laboratórium, Budapest*
[5] *Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar, Anyagfizikai Tanszék, Budapest*



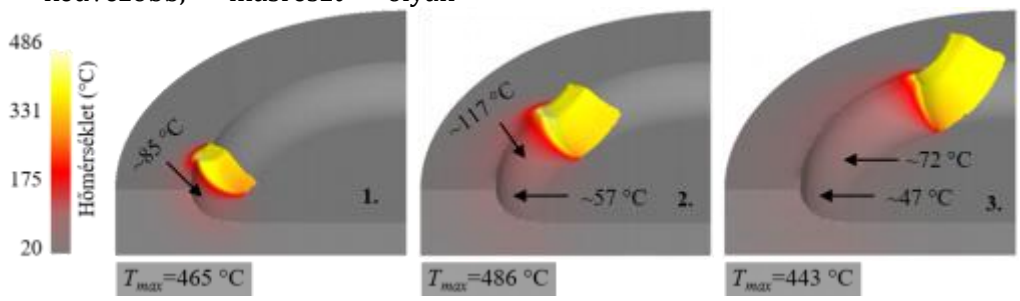
Poszter előadások

Balázs Barnabás Zoltán, Takács Márton

Edzett állapotú AISI H13 acél mikromarásának végeselemes vizsgálata (P-01)

Az elmúlt néhány évtizedben a miniatűr komponensek iránti igény az ipar számos területén jelentősen megnövekedett. A kisméretű alkatrészek előállítására az egyik legelterjedtebb, legsokoldalúbb technológia a mikromarás. Azonban a folyamat, különösen a nehezen forgácsolható anyagok területén, mint az edzett acélok, a mai napig számos jelentős kihívást hordoz (például: a relatív nagy szerszámdeformáció és -ütés, a relatív erőteljes rezgések és a minimálisan leválasztható anyagréteg vastagságának problémaköre). Napjainkban a számítástechnika fejlődésével egyre nagyobb lehetőség nyílik a folyamat végeselemes szimulációkkal történő vizsgálatára. Ennek egyik előnye, hogy ez a kísérletekkel járó költségekhez képest jelentősen kedvezőbb, másrészt olyan jellemzők vizsgálatára is lehetőség nyílik (forgácsolási hőmérsékletek, feszültségek), melyek a mikromarásra jellemző kis méretek miatt a valóságban csak meglehetősen bonyolult módon volnának vizsgálhatók.

A kutatás célja egy olyan 3D-s végeselemes modell megalkotása és kísérleti eredményekkel történő validálása az edzett AISI H13 acél (50 HRC) mikromarásához kapcsolódóan, melynek segítségével lehetőség nyílik a forgácsolás erőinek a becslésére, valamint a forgácsolási hőmérsékletek és az anyagban ébredő feszültségek vizsgálatára. További cél az említett jellemzők vizsgálata a különböző forgácsolási paraméterek (élenkénti előtolás, fogásmélység) esetén.



1 ábra – Az anyagban ébredő hőmérsékletek az élbehatás különböző időpillanataiban (Szerszámátmérő=500 µm, v_c=90 m/min, a_p=50 µm, f_z=8 µm)

A végeselemes szimuláció során kapott, a forgácsolás erőire vonatkozó adatok jó egyezést mutatnak a kísérleti eredményekkel (átlagosan 21% eltéréssel közelítik a mért értékeket), így a modell felhasználható az erők becslésére, ezáltal közvetve a mikromarás esetén jelentős szereppel bíró szerszámdeformációk becslésére is. A hőmérsékletek vizsgálata alapján megállapítható, hogy a hagyományos méretű megmunkálásokhoz képest jelentősen alacsonyabb értékek jelennek meg. A vizsgálatok során a legnagyobb szerszámhőmérséklet 52-123˚C között, a munkadarabban keletkező pedig 322-614˚C között alakult. A vizsgálatok nyomán az is megállapítást nyert, hogy a hőmérsékletek és a feszültségek vizsgálatára esetenként a lényegesen egyszerűbb 2D szimulációk is alkalmasak, mivel azok is jó eredményekhez vezethetnek. Azonban a forgácsolás erőinél mindenképpen szükséges a komplex 3D-s szimulációk alkalmazása.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gyártástudomány és –technológia Tanszék, Budapest

Bali Dóra, Szabó Dávid, Vida Ádám, Dr. Kaptay György, Windisch Márk

Titánhab-alapú, csontsűrűség-kompatibilis implantátum anyagok fejlesztése, NaF spaceholder segítségével (P-02)

A titán és ötvözetei az orvostudomány területén széleskörben (pl. fogászat, ortopédia) alkalmazott implantátumalapanyagok. A bioinert titán ismeretes előnyös mechanikai tulajdonságairól: flexibilitás, kiváló szilárdság – tömeg arány, nagy mechanikai teherbírás és keménység. A felületén kialakuló védőoxidrétegnek köszönhetően biokompatibilis és korrózióálló. Bár kiváló paraméterekkel rendelkezik, tömbi formában való alkalmazásának több, a csontpótlás szempontjából hátrányos tulajdonsága van, ilyen a csontoknál nagyobb rugalmassági modulus, melynek következtében az implantátum és a csont közötti illesztés kilazulhat. A titán-alapú fémhabok megfelelő alternatívát jelenthetnek, a csontokkal való kompatibilitás növelésének szempontjából, melyek mechanikai tulajdonságai (pl. merevség, szívósság), illetve szerkezetük megközelíti az emberi csontokét. Mechanikai tulajdonságai széles tartományban módosíthatók a pórusok mennyiségének, méretének módosításával. Könnyű, pórusos szerkezete csökkenti a rugalmassági modulust, ezáltal – az eltérő rugalmassági modulusokból fakadó – problémákat, mint az implantátum és a csont közötti illesztés kilazulása, vagy az implantátum körüli csontreszorpció.

Képesek létrehozni olyan összefüggő vázat, amely teret biztosít a stabil vérellátás fenntartásához és az új csontszövetek növekedéséhez. A pórusokba való csontintegráció a terhelésmegosztás és a feszültség eloszlása révén javítja az implantátum teljesítményét, elősegíti a szövetek képződését, továbbá növeli az oszteointegrációt és az implantátum stabilitását. A nyitott pórusú fémhabok további előnye, hogy a csonttal megegyező merevség, szilárdság, szívósság alakítható ki.

A kutatás célja különböző sűrűségű titánhab implantátumok előállítása volt nátrium-fluorid spaceholdert alkalmazva. Az előállított titánhabminták tisztasága pásztázó elektronmikroszkópos (SEM), míg a mechanikai tulajdonságok megismerésére nyomóvizsgálat segítségével történt. Az elektronmikroszkópos felvételeken megfigyelhető, hogy a csontintegrációhoz szükséges nyitott pórusok minden esetben szépen kialakultak.

A NaF spaceholder szublimációja, vagyis annak monitorozása, hogy maradt-e spaceholder a rendszerben szintén elektronmikroszkópos analízissel történt. A minta azonos területéről az ultrahangos, desztillált vizes fürdő előtt és után elemtérképet készítettünk. Mosást követően a vízben jól oldódó NaF spaceholder maradék kimosódott a pórusok közül. Vagyis a minta mosásával lehetőség volt a visszamaradt üregképző eltávolítására.

A vizsgálati eredmények alapján megállapítható, hogy a sűrűségértékek növekvő tendenciát mutattak a titánpor arányának növekedésével. Az előállított különböző sűrűségű titánhabimplantátumok – kizárólag a sűrűséget vizsgálva – eltérő csontsűrűséggel rendelkező páciensek esetén alkalmazhatók. A nyomóvizsgálatok során a legígéretesebb eredményt a minták közül az 50 V/V%-os (50 % Ti – 50 % NaF) adta.

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest–Miskolc

Balogh Diána[1], Szalai István[1,2]

Magnetoreológiai elasztomer minták külső mágneses tér hatására történő deformációjának vizsgálata (P-03)

A magnetoreológiai elasztomerek (MRE) az intelligens anyagok egy olyan csoportját alkotják, melyek a környezetük mágneses terének módosítására mechanikai tulajdonságaik megváltoztatásával reagálnak. Ezek a kompozitanyagok elasztikus polimer mátrixba ágyazott mágnesezhető részecskéket tartalmaznak, amelyek típusa, alakja, átlagos szemcsemérete, méreteloszlása és kémiai jellemzői számottevően befolyásolják az elasztomer mechanikai tulajdonságait. MRE diszperz fázisának részecskeeloszlása lehet véletlenszerű (izotrop) vagy rendezett (anizotrop). Az ipari környezetben leggyakrabban megjelenő MRE-k szilikon elasztomer alapúak, és diszperz anyagként ferromágneses részecskéket tartalmaznak.

Kutatásunkhoz korong alakú, izotrop MRE preparátumokat készítettünk, melyeket különböző koncentrációjú (*c= 5 m/m%* és *c= 30 m/m%* között) magnetit (Fe_3O_4) töltőanyaggal láttunk el. A két-komponensű poli(dimetil-sziloxán) (PDMS) folyadék elegyben diszpergált magnetit (d ≈ 2,80 μm) részecskék zsákfuratos henger alakú alumínium mintatartóba töltve, 350 K hőmérsékleten tartva, 20 perc alatt kötöttek meg. A homogén diszperziójú minták (d ≈ 20 mm, h ≈ 9,5 mm) tömeg összemérés alapján különböző tömegszázalékos összetételben 5%-os eltérésekkel készültek. Minden kompozit mintából 2 darabot készítettünk a visszaellenőrizhetőség miatt. A korongok deformációjának vizsgálatához összeállítottunk egy mérőrendszert, amely segítségével B=0 mT és B=177,6 mT között változtatott külső mágneses tér hatására bekövetkező magasságváltozás nagyságát egy lézeres szenzorral 5 °C és 30 °C között mértük. Ezen kívül vizsgáltuk 2 darab egymáson elhelyezett (sorosan kapcsolt), azonos mennyiségű diszperz fázist tartalmazó (20 m/m%-os és 30 m/m%-os) minta relatív hosszváltozását is.

Megállapítottuk, hogy a különböző koncentrációjú MRE korongok magasságváltozása dilatációt mutat, melynek nagysága függ a koncentráció mértékétől és a hőmérséklettől. A nagyobb térfogatszázalékú diszperz részecskéket tartalmazó minták a növekvő külső mágneses tér hatására nagyobb relatív megnyúlást mutattak, mint a kevesebb töltőanyagot tartalmazó kompozit társaik. A megegyező töltöttségű, egymáson elhelyezett kompozitok (2 db) közel ugyanakkora relatív megnyúlást mutattak, mint külön-külön mérve.

A mérési eredmények arra engednek következtetni, hogy a közeljövőben magnetit (Fe_3O_4) MRE-ekkel működtetett aktuátort tudunk kifejleszteni.

A közlemény megjelenését a TKP2020-NKA-10 sz. projekt keretében a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap 2020-4.1.1-TKP2020 sz. Tématerületi Kiválóság Programja finanszírozta.

[1] *Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Mechatronikai Képzési és Kutatási Intézet, Zalaegerszeg*
[2] *Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Funkcionális Lágy anyagok Kutatócsoport, Veszprém*

Bársony Zsombor Zsolt

Vibrációs feszültségmentesítési eljárás hatásának a kimutatása fémöntvények esetén, akusztikusan készített mérésképekben (P-04)

A fémöntvények feszültségmentesítési eljárásai sok szempontból különbözőek lehetnek, de a cél minden esetben a visszamaradó feszültségek minél kisebbre csökkentése. A megfelelő eljárás kiválasztásánál figyelembe kell vennünk számos tényezőt, így például a kezelés időtartamát, a tartósságát, a költségeket, az energiaigényt, a környezetszennyező hatásokat és munkadarab állapotára (p. korrózió) vonatkozó hatásokat. A hőkezelés ma is a legelterjedtebben alkalmazott feszültségmentesítő eljárás, de ha az előbb felsorolt tényezőket vizsgáljuk, akkor kiderül, hogy az egyik legkedvezőtlenebb is lehet. A vibrációs feszültségmentesítés ezzel szemben összességében a legkedvezőbb a feszültségmentesítési eljárások közül. A vibrációs feszültségmentesítés elve, hogy a fémes anyagot, az adott anyag sajátfrekvenciájának rezgéstartományában rezgessük meghatározott ideig, melynek hatására az eltorzult fémrács képes rendeződni, így csökken a feszültség a darabban. Ezt az eredményt kimutatni több lehetséges módon lehet. Az általunk kifejlesztett akusztikus eljáráson alapuló diagnosztika képes kimutatni az adott alkatrész sajátfrekvencia tartományait. Egy adott ideig, egy meghatározott frekvencián rezgetett alkatrész sajátfrekvencia tartományai a rázatás ideje alatt elmozdulnak, mely változásokból következtetni lehet a maradó feszültségekre, ami az előbb említett módszerrel szignifikánsan kimutatható. A vibrációs feszültségmentesítés akkor nevezhető befejezettnek, ha a mérésképekben nem mutatható ki további változás.

T.E.T.T. Mérnökiroda Kft., Baja

Cinger Dávid, Horváthné Márta, Hargitai Balázs

Lézerhegesztés során létrejövő szemcseszerkezet változások acélokban (P-06)

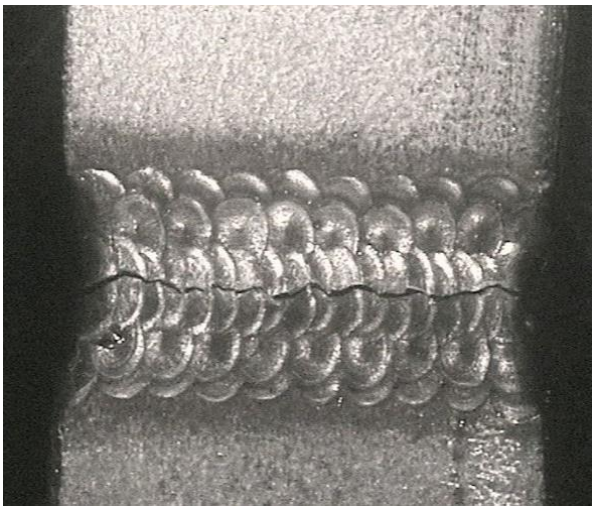
Az Energiatudományi Kutatóközpontban kifejlesztettünk egy lézerhegesztési technológiát besugárzott 15H2MFA tartályacél inzertek önmagához való, valamint szintén besugárzott plattírozott anyag és 1.4301 rozsdamentes acél hegesztéséhez. A varratok mechanikai tulajdonságainak (szakítószilárdság, dinamikus behatással szembeni ellenálló képesség) vizsgálata mellett sor került a hegesztés során bevitt hő terjedésének monitorozására, az illesztéstől 2, 3 és 4 mm-re elhelyezett termoelemek mérési adatai alapján; valamint finomszerkezeti vizsgálatokra. A lézerhegesztés nagy előnye, hogy vékony és tiszta varratot eredményez és nagyon keskeny a hő által érintett zóna (HAZ) nagysága.

Első körben a varrat felszínének lemunkálása után a varratra merőleges vonalban keménységmérést végeztünk. Ezzel egy körülbelüli képet kaphatunk az alapanyag-HAZ, HAZvarratanyag átmenetek nagyságáról és milyenségéről (pl.: káros felkeményedés).

A lemunkált felületeken maratással a varratanyag belsejében a hegesztési mintázat nyomon követhetővé vált. Ez a jelenség az irodalomban alig tárgyalt. Pontos mechanizmusa további kutatások tárgya lehet.

A varratokról készültek metallográfia keresztcsiszolatok. Ezeken a varrat, a koronától a gyökig és a hő által érintett zóna jól megfigyelhető és vizsgálható. Mivel az alapanyag, még inkább a varratanyag nagyon finom szemcseeloszlású és a HAZ is igen keskeny, ezért a metallográfiai csiszolatokon a megfelelő minta-előkészítés után pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) vizsgálatokat is végeztünk.

Eredményeink azt mutatják, hogy az EK által kifejlesztett lézerhegesztési technológia alkalmas arra, hogy besugárzott inzertekből a két végükre toldatokat hegesztve, rekonstruált próbatesteket állítsunk elő.



Két darab 10 mm széles rozsdamentes acél összehegesztése során keletkezett varrat szakító próba után

Energiatudományi Kutatóközpont, Fűtőelem és Reaktoranyagok Laboratórium

Decsi Péter[1], Szalai István[2]

Szuszceptométer mágneses folyadékok frekvencia- és hőmérsékletfüggő komplex mágneses szuszceptibilitásának mérésére (P-07)

A mágneses folyadékokat intelligens anyagoknak tekinthetjük. Egy kis permeabilitású folyadékban nanométeres nagyságrendű ferromágneses részecskéket diszpergálva olyan anyagot kapunk, amely reagál a rá ható mágneses térrel, az anyag tulajdonságai megváltoznak. Kis mágneses térerősség esetén a részecskék orientálódnak, a térerősség növekedésével eleinte láncokba, majd összetettebb struktúrákba rendeződnek. Ezen tulajdonságaik számos alkalmazásban kihasználhatók, többek között az orvostudományban célzott hatóanyag célba juttatásra, daganatok célzott kezelésére hipertermiával, illetve a gépészetben tömítésekben, tengelykapcsolókban vagy lengéscsillapítókban. A részecskék dinamikai tulajdonságainak, a köztük lévő kölcsönhatásnak és a részecskék energiaszintjének meghatározására alkalmas módszer a frekvenciafüggő komplex mágneses szuszceptibilitás mérése.

A poszteren egy mérőműszert mutatunk be, amellyel mágneses kolloidok és magnetoreológiai folyadékok komplex mágneses szuszceptibilitása mérhető 263 K és 313 K között, valamint 1 Hz és 100 kHz közötti frekvenciaskálán. A mérési elv egy differenciál-transzformátoros cellán alapul, amelyben a szekunder tekercsekben indukált feszültséget lock-in technikával mérjük, így meghatározható a szuszceptibilitás valós (a mágnesezettségre vonatkozó) és képzetes (a veszteségeket jellemző) része is.

A mérési sorozatokra a Debye-féle relaxációelmélet modelljeit illesztve megkapjuk a kezdeti és maradó szuszceptibilitás értékeket és a relaxációs időt. Az eredményeken megfigyelhető a Brown-féle hőmozgás okozta relaxáció, annak eltolódása a folyadék hőmérsékletének változtatásával.

Bemutatjuk a mérőműszer felépítését, a mérések és a számítások menetét. Az eredmények között két Ferrotec ferrofluidum és két Lord magnetoreológiai folyadék méréseivel szemléltetjük a műszer és a mérési módszer alkalmazhatóságát. Mérési adataink jól korrelálnak a Debye elmélet egyenleteivel és megfelelő egyezést mutatnak más mágneses szuszceptibilitás mérési eredményekkel.

A közlemény megjelenését a TKP2020-NKA-10 sz. projekt keretében a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap 2020-4.1.1-TKP2020 sz. Tématerületi Kiválóság Programja finanszírozta.

[1] *Pannon Egyetem, Mechatronikai Képzési és Kutatási Intézet, Zalaegerszeg*
[2] *Pannon Egyetem, Műszaki Tudományok Kutató-Fejlesztő Központ, Veszprém*

Viktor Gonda, Richárd Horváth, Mihály Réger, Imre Felde

Inherent strain based estimate of the residual deformations for printed MS1 and 316L parts (P-09)

Common processes for additive manufacturing technology for metal components are laser heating/melting processes, such as selective laser melting (SLM). In this process, a metal powder layer is applied to the heated surface of the base plate of same material quality, and the corresponding layer of the model geometry is irradiated to melting by a laser. It continues layer-to-layer until the part is completely built. The unused metal powder is removed from the working area, the base plate is unmounted, and the printed part is cut. Finally, the supporting structure is removed from the workpiece.

During the process, different thermal loads are exposed to different parts of the workpiece, in some locations there is less constrain towards thermal expansion than in others, resulting in a distribution of inhomogeneous residual stresses over the piece, causing the printed geometry may deviate from the designed one. It is worth estimating the deformations before printing by simulation, which makes it possible to adjust the geometry for the workpiece and/or supports based on these estimated deformation results.

Simulations of additive manufacturing processes require high computational power, therefore simplifications and assumptions are established about modeling, to the extent that the accuracy of the estimate is still correct. Related to the geometry, meso/macro simulations are considered for the simulations of the printing process, and from a physical point of view it is possible to use solely a mechanical model to estimate the deformations within a relatively short computational time. The key to the physical simplification is the application of inherent strain, that is the source of the residual stresses, and it can be considered as a calibration parameter for a specific material quality, machine, and process parameter set.

In this study, the effect of the magnitude of inherent strain is examined for the deformations of a printed specimen, where the material grade is either of MS1 or 316 steel powders. Even both material qualities are steel, and the same sets of inherent strain values with different magnitude and directional variations are chosen, allowing isotropic and orthotropic behavior too, the resulting deformation in the printed part may also strongly influenced by the elastic/plastic mechanical properties of the different steel grades.

Óbuda University, Budapest, Hungary

Oláh Ferenc, Réger Mihály, **Horváth Richárd**

Keménységmérés végeselemes szimulációja eltérő anyagmodellek esetén (P-10)

A végeselemes modellezés a korszerű és hatékony módja az összetett szerkezetek, valamint az egyszerű alkatrészek vizsgálatának elvégzésére, mint összetett, mind pedig egyszerűbb terhelések esetén. Az anyagjellemzők megfelelő beállítása mellett ezekkel a szoftverekkel jól modellezhető a darabok alakváltozása is. A legfontosabb jellemzők az anyag szilárdsága folyáshatára, és keményedési kitevője. A szabványos próbatestek segítségével a szakítóvizsgálat elvégzése során a feszültség-alakváltozás függvényt ábrázolják. A feszültség értéke tehát nem konstans az alakváltozás során, ezért ezeket függvény segítségével lehet meghatározni a végeselemes szoftverekben. Az iparban sok helyen alkalmaznak bilineáris modelt, mely egyszerűsíti ezt a függvényt. Jelen cikk célja bemutatni azt, hogy mekkora eltérés figyelhető meg a bilineáris modell, multilineáris modell (több szakaszra bontott modell), valamint a valós függvény között keménységmérés alakváltozásának a vizsgálatával.

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Juhász Zsombor, Bíró Tamás, Renkó József Bálint

Zárt üregű multiaxiális zömítőszerszám tervezése és gyártása (P-11)

A többtengelyű kovácsolás megvalósítására készített műszaki megoldások közül kiemelkedő a Gleeble termofizikai szimulátor Maxstrain egységén megvalósítható kétutas eljárás. A vizsgálatban a négyzet keresztmetszetű, hasáb alakú próbatest középső, 12×12×12 mm-es részét alakíthatjuk síkfelületű, 10 mm széles keményfém szerszámmal. Bár a Gleeble rendszeren végzett kísérletek a kifejezetten ehhez definiált mechanikai modellek állandó alakítási sebességek mellett jól használhatók voltak, az ezekben használt számítási módokkal kapcsolatban felmerült némi bizonytalanság is. A megfelelő rögzítés érdekében ugyanis nagyméretű, 85 mm-es szárakat kellett minkét irányba kialakítani. A próbatest befogásához kialakított szárak irányába azonban anyagáramlás indul meg. Ennek következtében egy 18 lépéses kovácsolási ciklus alatt az alakított térfogat akár 35%-át is elveszítheti [1]

Ezen probléma megoldására olyan rendszer kiépítésére volt szükség, amely képes kiküszöbölni a korábbi rendszer mérési hibáit. Ha a térfogatcsökkenést el tudnánk kerülni azzal, hogy a munkadarab befogására nem alakítunk ki szárakat, lehetőségünk lenne a nem monoton anyagi viselkedés direkt vizsgálatára. Ehhez viszont egy új szerszám megépítése szükséges, amiben a próbatest teljes térfogata szenvedi el a képlékeny alakváltozást.

Munkánk során olyan zárt üregű többtengelyű kovácsszerszám tervezését tűztük ki célul, amellyel a szárak okozta probléma megszüntethető.

[1] P. Bereczki, V. Szombathelyi, G. Krállics, „Determination of flow curve at large cyclic plastic strain by multiaxial forging on MaxStrain System”, International Journal of Mechanical Sciences 84, 2014, pp. 182-188.

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

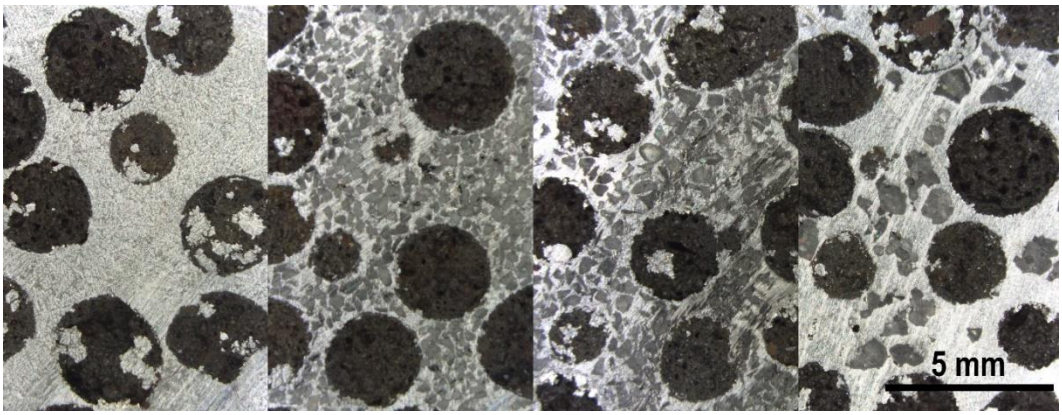
Károly Dóra[1,2], Kemény Alexandra[1,2], Lolbert-Szabó Júlia[2], Szovák Benedek[2], Orbulov Imre Norbert[1,2]

Mátrixanyagában erősített szintaktikus fémhabok (P-12)

A kompozit fémhabokat különböző módon lehet erősíteni. A mátrixanyag a szokásos módon erősíthető más alapanyagú (általában keményebb) szemcsékkel.

Kutatásunk célja olyan eljárás kidolgozása, amellyel lehetséges kisnyomásos infiltrálás segítségével mátrixanyagában erősített fémhabokat gyártani egy öntési lépéssel. Erősítőanyagnak különböző típusú SiC szemcséket, rézzel bevont szénszálat és Al_2O_3 szemcséket használunk. Vizsgáltuk, hogy a töltőanyag méretéhez képest az erősítő szemcsék mérete hogyan befolyásolja a duzzasztott agyagkavics töltőanyagú kompozit gfémhabok mechanikai tulajdonságait, valamint, hogy az erősítőanyag és a töltőanyag aránya milyen hatással van ezen tulajdonságokra. Az eredmények értékelésekor figyelembe kell venni a gyártási költségeket, az alkalmazhatóságot és a gazdasági tényezőket, összefüggésben a mechanikai teljesítménnyel.

A kidolgozott eljárással sikerült olcsó megoldással mátrixanyagában erősített fémhabokat előállítani. Nagyobb méretű erősítőanyag esetén a gyártás egyszerűen megoldható, viszont minél nagyobb a különbség a töltőanyag és az erősítőanyag átlagos méretében, annál nagyobb szerepet kap az előzetes keverés minősége, hogy megfelelően homogén legyen az erősítő szemcsék eloszlása a mátrixanyagban.



1. ábra – SiC szemcsékkel mátrixanyagában erősített kompozit fémhabok

[1] *MTA-BME Lendület Kompozit Fémhabok Kutatócsoport, Budapest*
[2] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapest*

Kemény Alexandra[1,2], Leveles Borbála[1,2], Szabó Péter János[1,2], Orbulov Imre Norbert[1,2]

Csőbe ragasztott kis alapanyagköltségű szintaktikus fémhabok előállítása (P-13)

Különböző fémhabokat már a világon több kutatócsoport fejleszt napjainkban. A fémhabok alkalmazása esetén nagy energiaelnyelő képességük miatt jelentős tömegcsökkentés érhető el az ütközőelemekben történő alkalmazáshoz. A mechanikai tulajdonságok folyamatos javítása mellett fontos szempont az előállítási összköltség, amely szintaktikus fémhabok esetében jelentősen befolyásolható a töltőanyag megválasztásával.

Kutatásunkban Ø3,5–4 mm méretű duzzasztott agyagkaviccsal töltött, AlSi7Mg (A356) mátrixú szintaktikus fémhabtömböket gyártottunk kisnyomásos infiltrálással, majd a kimunkált és kiválásosan keményített Ø27×40 mm méretű hengereket egy-egy kiválásosan keményített Ø32×40 mm befoglaló méretű, 2 mm falvastagságú AlMgSi0,5 anyagú csőbe rögzítettük.

A kísérletek során a fémhabok csőbe rögzítéséhez epoxy és uretán bázisú ragasztót alkalmaztunk, majd 24 óra elteltével megmértük a minták látszólagos sűrűségét és mikroszkópi felvételeket készítettünk sík felületekről. Ezeket az adatokat összehasonlítva a ragasztás előtti sűrűségértékekkel meghatározható a ragasztás minősége első közelítésben. További, számszerű értékeléshez axiális és laterális irányú zömítéseket végeztünk, amellyel a csőbe rögzített habszerkezet mechanikai tulajdonságait vizsgáltuk.

[1] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapest*
[2] *MTA-BME Lendület Kompozit Fémhabok Kutatócsoport, Budapest*

Kincses Domonkos Balázs[1,2], Károly Dóra[1,2], Bubonyi Tamás[3], Orbulov Imre Norbert[1,2]

Kis költségű gradiens fémhabok sűrűségeloszlásának vizsgálata (P-14)

A szintaktikus fémhabok előnyei közé tartozik kis sűrűségük és rendkívüli energiaelnyelő képességük. Ezen tulajdonságaikat jelentősen befolyásolja az alapfémbe kevert töltőanyag térfogataránya, így ennek változtatásával lehetőség nyílik akár egy adott alkatrészen belül megváltoztatni az anyag tulajdonságait. Azokat a szintaktikus fémhabokat, amelyekben a töltőanyag koncentrációja nem egyenletes gradiens szintaktikus fémhaboknak nevezzük.

A kutatás során a próbatesteket kisnyomásos infiltrálással állítottuk elő. Ehhez először a megfelelő térfogatarányú és mennyiségű, mátrixanyaghoz hasonló méretű és alaki sajátosságokkal rendelkező granulátum és a töltőanyag keverése szükséges, majd előmelegítést követően az olvadék öntése egy zárt szelvényből hegesztett acél formába. A gradiens térkitöltésű próbatesteket úgy gyártottuk, hogy több homogén térkitöltésű réteget megfelelő sorrendben helyeztünk be a formába, így kialakítva a kívánt inhomogén szerkezetet. Töltőanyagként elsősorban 2,5-3 milliméter átmérőjű duzzasztott agyagkavicsot alkalmaztunk. Az alumínium granulátum ipari tisztaságú alumíniumból, Al99,5-ből készült, amelynek olvadáspontja magasabb, mint az alapfém anyagául szolgáló AlSi10MgMn ötvözet közel, így öntés során nem olvad meg és nem engedi elmozdulni a töltőanyag szemcséit.

Célunk a megfelelő térkitöltés létrehozása után a gradiens fémhabok sűrűségeloszlásának pontos meghatározása számítógépes tomográfia (CT) segítségével, valamint zömítővizsgálatokkal az energiaelnyelőképesség és a tönkremenetel módjának megfigyelése.

1. ábra – Közönséges és gradiens szintaktikus fémhabok

[1] *MTA-BME Lendület Kompozit Fémhabok Kutatócsoport, Budapest*
[2] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapest*
[3] *Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar, Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc*

Svéda Mária[1], Tranta Ferenc[1], Roósz András[1,2], Veres Zsolt[1,2]

Különböző összetételű Al-Cu ötvözetek mikroszerkezeti vizsgálata (P-15)

A kísérleti munka során három különböző összetételű (Al-4 tömeg% Cu, Al-10 tömeg% és Al-20 tömeg% Cu) Al-Cu ötvözeteket vizsgáltuk, különböző hűtési sebességgel (1; 2,5; 5 és 10 K/s) differenciális termikus elemzéssel (DTA). Az ábrákból meghatároztuk a likvidusz és az eutektikus hőmérsékletet. Az adatok felhasználásával saját modell alapján meghatároztuk az α/eutektikus fázisok mennyiségét. A finomszerkezet vizsgálatok a Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Komplex Képelemző és Szerkezetvizsgáló Laboratóriumában végeztük el Az elemzéshez C. Zeiss Discovery V.12 típusú fénymikroszkópot alkalmaztunk. A vizsgálatok eredményéhez fénymikroszkópos felvételeket készítettünk. Ezen képeket felhasználva Zeiss Axiovison 4.2 típusú program segítségével meghatároztuk a szekunder dendrit ág távolságot (SDAS).

[1] MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport, ELKH
[2]Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet

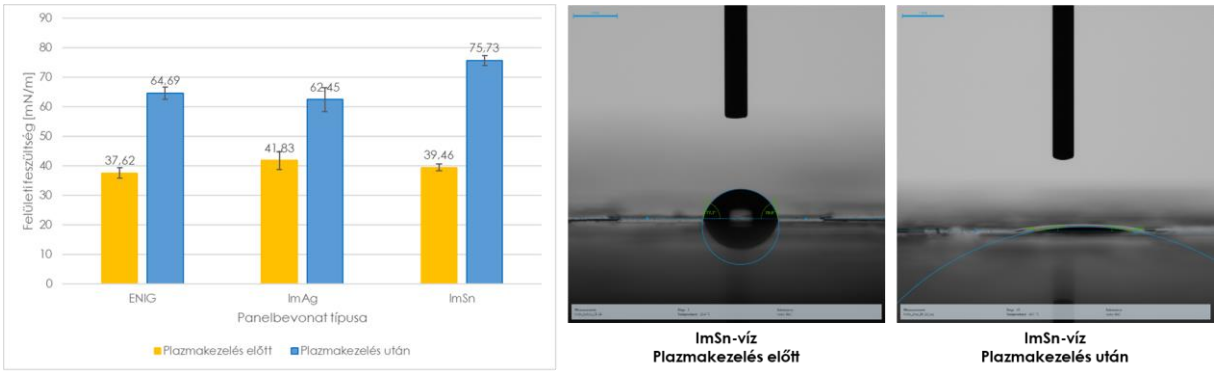
Kocsis Eszter, Lukács Attila, Szalai István

Plazmakezelés hatásvizsgálata nyomtatott áramköri panelek forraszthatóságára (P-16)

Az elektronikai szerelvények ólommentes forrasztásának folyamata során szükség van a fémfelületek oxidmentesítésére, valamint a nedvesítés elősegítésére. Ehhez jelenleg nélkülözhetetlen a különböző folyasztószerek használata. Folyasztószer alkalmazásával azonban megbízhatósági kockázatnak tesszük ki a termékeket. Kutatásom célja az ólommentes forrasztás során alkalmazott folyasztószer használatának minimalizálása, új, alternatív felületkezelési módszer bevezetése és értékelése.

A felületkezelés atmoszférikus nyomású, formálógázból (5% H_2) előállított nagyfeszültségű plazmával történt. Munkám során három különböző anyagi minőségű, az elektronikai gyártásban széles körben használt panelbevonatot vizsgáltam: immerziós ón (ImSn), immerziós ezüst (ImAg) és kémiai nikkel-arany (ENIG). A plazmakezelés hatékonyságának szemléltetése érdekében a mintákat felületkezelés előtt és után is vizsgáltam. A felületi feszültség változását kontaktszögméréssel határoztam meg, az ülőcsepp módszer segítségével. Ipari felhasználhatóság szempontjából, a plazmakezelés hatékonyságát befolyásoló fontos tényező a levegőn való tárolhatósága, ezért az idő függvényében is tanulmányoztam a felületkezelés hatását.

A mért kontaktszögek mindhárom panelbevonat esetében csökkentek, a felületi feszültség értékek pedig nőttek a plazmakezelés hatására. Szignifikáns változás tapasztalható, főként az immerziós ón panelbevonat esetén. Szabad levegőn 24 órával a plazmakezelés után a kontaktszög és felületi feszültség értékek a kiindulási állapothoz közelítenek. Folyasztószer alkalmazásával a plazmakezelés előtti és utáni állapot is forraszthető, a nedvesítési erő értékekben azonban növekedés figyelhető meg, amely a plazmakezelés pozitív hatásának köszönhető. A vizsgált bevonatok közül az immerziós ezüst bevonat esetén tapasztalható a legjelentősebb változás.



1. ábra – Felületi feszültség és kontaktszög értékek változása a plazmakezelés hatására

Ez a munka az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Veszprém

Kovács Péter, Berczeli Miklós

Lítium akkumulátorcellák dióda lézeres hegesztésének kísérlete (P-17)

Számos eltérő technológiával legyártott akkumulátorokat alkalmaznak gépjárművek gyártásakor. A piacon egyre több jármű található, amelyek gyártásánál a hibrid, illetve villamos hajtás kialakításra törekednek. A hajtás típusától függően különböző elvárásokkal állnak szemben a járművek akkumulátorai a futásteljesítmény, élettartam, költség, és biztonság szempontjait figyelembevéve. A követelmények teljesítésére a Li-ion cella kiváló megoldás, ezért ez a típus a legelterjedtebb. Minél nagyobb villamosítással rendelkezik a jármű, annál nagyobb követelményekkel áll szemben. Az akkumulátorok előállítandó teljesítményt, és tartósságát több egymással összekötött cella pakk segítségével érik el. Felépítését tekintve a cellák összekapcsolásával pakkokat alakítanak ki, amiket összekötve blokkokat hoznak létre. A cellákat sorosan és párhuzamosan is összekapcsolnak, míg a pakkokat soros kapcsolásba rendezik. A párhuzamos összekapcsolás segítségével kapacitást és áramerősséget növelve, míg soros összekapcsolás esetén nagyobb teljesítmény és feszültség érhető el.

A kutatásom során a Li-ion cella hegesztéstechnológiájának fejlesztésével foglalkozom. Ellenállásdudorhegesztés technológiáját felváltó lézeres hegesztés lehetőségeit tárom fel.

Neumann János Egyetem GAMF, Kecskemét

Kovács Márton

Anyag - és technológiai modellekből feszültségtérképek meghatározása vibrációs feszültségmentesítő vizsgálatokhoz (P-18)

A vibrációs feszültségcsökkentő eljárás fém öntvények, illetve alkatrészek belső maradó feszültségének a csökkentésére szolgál. A feszültség a fémrács torzulásával jön létre, ami az öntés és megmunkálás során kerülhet a munkadarabba. Ezzel a módszerrel a hosszú, energiaigényes és rendkívül nagy precizitást igénylő hőkezelési eljárásokat lehetne kiváltani. A vibrációs feszültségmentesítés elve, hogy a fémes anyagot, az adott anyag sajátfrekvenciájának rezgéstartományában rezgessük meghatározott ideig, melynek hatására az eltorzult fémrács képes rendeződni, így csökken a feszültség a darabban.

Az eljárás egyik fontos eleme, hogy ismerjük a munkadarab feszültségeloszlását, amit egy feszültségtérkép segítségével tudunk szemléltetni. Ezt a térképet különböző módon tudjuk létrehozni. Az egyik lehetőség a röntgendiffrakciós vizsgálat. Ebben az esetben a munkadarabon meghatározott helyeken meghatározott mennyiségű mérési pontot veszünk fel, melyeket bizonyos ideig röntgensugárzásnak teszünk ki. Azon a helyen, ahol torzult az anyag szerkezete, tehát feszültség van benne, ott a hullám visszaverődési szöge változik, mely változásból a gép ki tudja számolni a feszültség mértékét. Ezek a mérési pontok összegzésével tudunk felállítani egy feszültségtérképet az adott darabról.

Az öntödékben a hőkezelési eljárást kiválthatja, így gyorsítva az öntés utáni feszültségmentesítést. Ezen felül még különböző fém megmunkálással (forgácsolással, hegesztéssel) foglalkozó cégnek lehetnek segítségére így is csökkentve a feszültség miatti vetemedett selejtek számát.

Neumann János Egyetem, Kecskemét

Omar Trabelsi[1], **Tünde Anna Kovács**[2]

Lightweight composite designing against dynamic load (P-19)

The industry goal the vehicles weight diminution. The required mechanical properties can assure by special composite material. The selection of the composite component and the process to prepare it can be supported by the FEM program. The composite material simulation can support establishing a suitable material and earning the required mechanical properties of them.

In the case of vehicles, the most dangerous load is the accident, the dynamic load. To design a new composite based on the CFRP and GFRP material is availement.

The FEM is a good tool for designing and modelling but it needs to do mechanical testing to qualify the composites. The goal of this research to introduce the composite material designing supported by FEM and testing by mechanical test.

[1]*Óbuda University, Doctoral School on Safety and Security Sciences, Budapest,*
[2]*Óbuda University, Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Budapest*

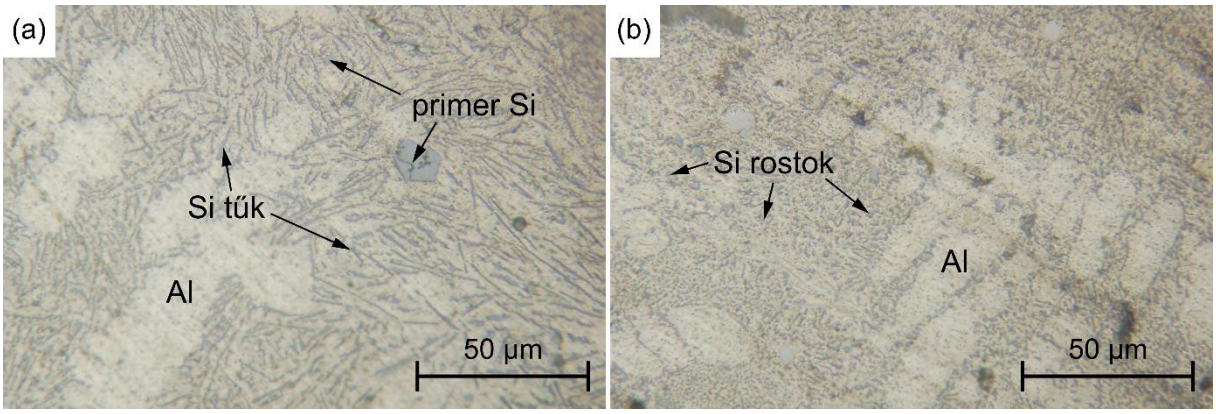
Leveles Borbála[1,2], Kemény Alexandra[1,2], Orbulov Imre Norbert[1,2]

AlSi12 mátrixú kompozit fémhabok gyártása és vizsgálata, a stroncium ötvözésének hatása (P-20)

A fémhabokat a járműiparban általában a lökhárítók energiaelnyelő paneleként vagy súlycsökkentés céljából tervezik használni. A kompozit fémhaboknál a második fázist általában kerámia vagy fém gömbhéjak illetve zárt falú porózus anyagok alkotják, amelyek felelnek a megfelelő porozitásért.

Jelen kutatásban a következő mintákat hasonlítjuk össze: unimodális kicsi, unimodális nagy és 1:1 arányú bimodális eloszlású kerámia gömbhéjakkal töltött kompozit fémhab minták, amelyeket kisnyomású infiltrálással állítottunk elő. A fémhabok mechanikai tulajdonságainak javításához stroncium módosítást alkalmaztunk az AlSi12 mátrixanyagban, az eutektikus ötvözetben lévő szilícium tűszerű mikroszerkezetének rövidebb, gömbszerű szerkezetűvé alakítása érdekében. Vizsgáljuk az stroncium módosítás hatását a mátrixanyag tulajdonságaira és a mátrix-töltőanyag határrétegre. A mintákat mikroszerkezeti-, és szabványos nyomóvizsgálatok alapján értékeljük és hasonlítjuk össze.

A kutatás célja nagy teljesítményű unimodális és bimodális kompozit fémhabok létrehozása, amelyek kedvezőbb mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek, mint a hagyományos fémhabok, valamint az stroncium módosítás hatásának vizsgálata az anyagtulajdonságokra. Ezekkel a fémhabokkal további súlycsökkentés és nagyobb energiaelnyelés érhető el, elsősorban lökhárító alkatrészek vagy egyéb autóalkatrészek formájában.



1. ábra – Stroncium ötvözés hatása az AlSi12 eutektikus ötvözet mátrix mikroszerkezetére

[1] *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapest*
[2] *MTA-BME Lendület Kompozit Fémhabok Kutatócsoport, Budapest*

Makó Éva, Őze Csilla

Puccolános nanorészecskék előállítása mechanokémiai aktiválással (P-21)

Mechanokémiai aktiválással a kaolinitből puccolánosan reaktív nanorészecskék (0D) állíthatók elő, melyek többek között környezetbarát cement kiegészítőanyagként jól alkalmazhatók. A mechanokémiai aktiválás alkalmazása (a termikus aktiválás helyett) gazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt ígéretes módszer a cement kiegészítőanyagok előállítására, illetve reaktivitásuk növelésére.

Célok: A mechanokémiai aktiválás hatékonyságát javító tényezők vizsgálata, különös tekintettel az abrazív szilikapor és diatomaföld adagolására, és az elemzések alapján a legkedvezőbb előállítási körülmények meghatározása.

Eredmények A mechanokémiai aktiválásnál a kaolinit fázis ~90%-os amorfizációjánál a teljesen amorfizáltnál kedvezőbb puccolános reaktivitású 0D nanorészecskéket állítottunk elő, mivel itt a másodlagos agglomerációs mechanokémiai folyamatok még elhanyagolhatók. A szilikapor és diatomaföld adagolása nagymértékben gyorsította a kaolinit mechanokémiai amorfizációját (aktiválását) és csökkentette az őrlés energiaigényét. Az aktivált keverékeknél is a kaolinit részleges amorfizációjával kaptuk a legkedvezőbb (a forgalmazott termikusan aktivált metakaolinnál jobb) puccolános reaktivitású cement kiegészítőanyagot.

Pannon Egyetem, Veszprém

Maloveczky Anna, Buza Gábor, Acél Artúr, Takács Sándor, Juhász Gergely, Windisch Márk

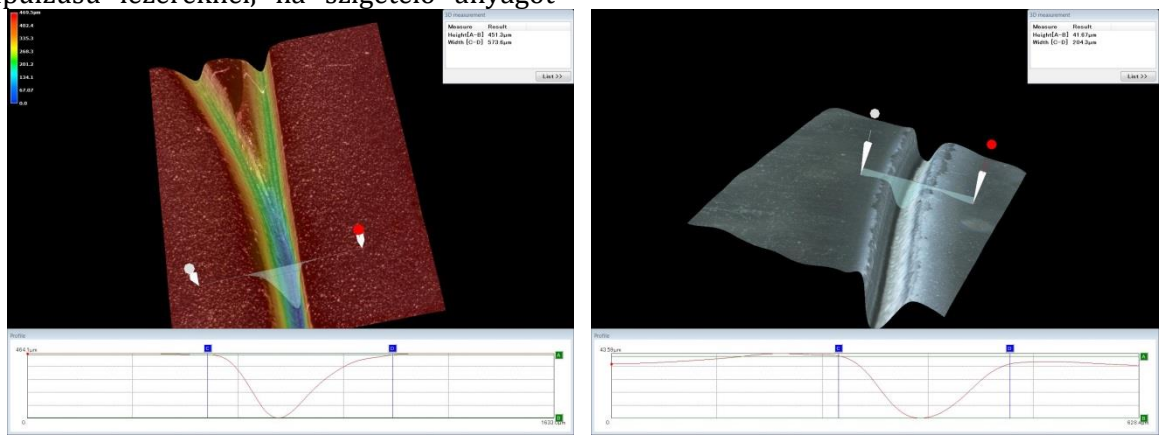
Szigetelő anyagok szublimációja ultrarövid lézersugár impulzusok hatására (P-22)

Az ultrarövid impulzushosszúságú lézerekkel jelentősen jobb minőségű anyagmegmunkálás érhető el, mint a hosszabb impulzusúakkal, továbbá, kiszélesíti a megmunkálható anyagok spektrumát.

Az ultrarövid impulzushosszúságú lézersugár–anyag kölcsönhatások eredményeinek áttekintését az anyagok szabadelektron sűrűségi csoportjai szerint végezzük: szigetelők, félvezetők, fémek. A poszterben a szigetelő anyagok, ezen belül polimerek, üveg, kerámiák megmunkálása a hangsúlyos.

A megmunkálási mechanizmusokon belül főként a szublimációra, egész pontosan a hiperszublimációra koncentrálunk. Ezen megmunkálási típusnál (ideális esetben) csak anyageltávolítás történik. A hosszabb impulzusú lézereknél, ha szigetelő anyagot munkálunk meg, akkor egyfoton abszorpció történik: így az elektronok nem „ugorják át" a tiltott sávot, nem kerülnek a vezetési sávba. A femtoszekundumos lézereknél azonban annyira nagy energiasűrűség „zsúfolódik bele" egy impulzusba, hogy az anyagban multifoton abszorpció játszódik le: így az elektronok átugorják a szigetelőkre jellemző széles vezetési sávot. Ez pedig lehetővé teszi a szigetelő anyagok jó minőségű megmunkálását, akár az adott hullámhosszon átlátszó anyagok esetében is.

Az kísérleteink során a femtoszekundumos lézer megmunkálási paramétereit változtatjuk. Megvizsgáljuk, hogy a paraméterek hogyan hatnak az anyagokra, valamint megkíséreljük megmagyarázni a tapasztalt hatásokat, jelenségeket.



Szublimációs anyageltávolítás PMMA (balra) és, üveg (jobbra) esetében

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest

Maróti János Endre, Szabó Péter János

A léces martenzit kompozit szerkezetének kialakulásának vizsgálata (P-23)

A martenzites acélnak több megjelenési formája is ismert, ezek egyike a léces martenzit. A fázisátalakulás során az ausztenitszemcsék szigorúan meghatározott orientációjú pakettekké alakulnak. Egy-egy pakettben blokkok alakulnak ki, ezeken belül kisszögű határral elválasztott léceket láthatunk. Az egyes blokkokon belül a lécek irányával párhuzamos Burgers-vektorú blokkoknak („lágy" blokkok) más mechanikai tulajdonságaik vannak, mint azoknak, amelyekben a Burgers-vektor iránya merőleges a lécek irányára („kemény" blokkok). A munkánk során arra a kérdésre keressük a választ, hogy a különböző széntartalom, alakítási mérték, valamint az ausztenites állapotból történő hűtési paraméterek hogyan befolyásolják a kialakuló kompozit szerkezet arányait, méreteit valamint mechanikai tulajdonságait. Ezekhez a vizsgálatokhoz fémmikroszkópot, pásztázó elektronmikroszkópot, transzmissziós elektronmikroszkópot és visszaszórtelektron-diffrakciót (EBSD) alkalmazunk.

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

Mester Sándor[1], Szalai István[1,2]

Többtárcsás magnetoreológiai tengelykapcsoló nyomatékátviteli időállandójának vizsgálata rámpafüggvény gerjesztés esetén (P-24)

A magnetoreológiai (MR) folyadékok olyan intelligens anyagok, melyek kis mágneses permeabilitású folyadékba diszpergált nagy permeabilitású részecskékből állnak. Különleges tulajdonságuk, hogy külső mágneses tér hatására megváltoznak reológiai tulajdonságaik: megnő a látszólagos viszkozitásuk. A hatás a tér kikapcsolásával reverzibilisen változtatható. Hordozó folyadékként ásványi vagy természetes olajokat, diszperz fázisként ferromágneses részekéket (*Ø1-10μm*) tartalmaznak. A látszólagos viszkozitás-növekedés miatt a magnetoreológiai folyadékok felhasználhatók többek között tengelykapcsolókban, rezgéscsillapítókban, és szuperfiniselésre is.

Kutatásaink keretében egy többtárcsás MR tengelykapcsolót terveztünk és építettünk, majd rámpafüggvény gerjesztés alkalmazásával vizsgáltuk a tengelykapcsoló nyomatékátviteli időállandóját. A tengelykapcsolóban a folyadék *6* darab, *s=1,5mm* szélességű, *d=42mm* és *D=120mm* hasznos átmérőjű résben helyezkedik el. A mágneses teret a tárcsarendszer körül elhelyezkedő (*N=1200* menet, *Ø1,5mm* rézhuzal) tekercs szolgáltatja. A hajtó oldalon frekvenciaváltóról táplált háromfázisú motor található, míg a hajtott oldal egy 5:1 áttételű fogasszíjas hajtással kapcsolódik a nyomatékmérő szenzorhoz. A kettős laboratóriumi tápegység és a frekvenciaváltó irányítása, valamint a szenzor jeleinek olvasása NI adatgyűjtő kártya segítségével saját fejlesztésű mérőprogrammal történik. A tengelykapcsolót Lord MRF-122EG magnetoreológiai folyadékkal töltöttük fel. A mérések során a mágneses térerősséget rámpafüggvény szerint, 6 különböző meredekséggel növeltük, és mértük az ezekre adott nyomatékválaszt és a gerjesztő jelet. A gerjesztés és válaszjelek normalizálása (azonos meredekségre hozás) után a két jel időbeli eltérése adja a nyomatékátviteli időállandókat. A méréseket 5 különböző forgási sebesség esetén végeztük el.

A nyomatékátviteli időállandókat a forgási sebesség és a rámpagerjesztés meredekségének függvényében vizsgáltuk. Megállapítható, hogy a forgási sebességtől csak kismértékben függnek az időállandók. A rámpafüggvény meredekségétől hiperbolikus függést mutatnak az időállandók, a nagyobb meredekségek irányába csökkenő tendenciával.

A közlemény megjelenését a TKP2020-NKA-10 sz. projekt keretében a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap 2020-4.1.1-TKP2020 sz. Tématerületi Kiválóság Programja finanszírozta.

[1] *Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Mechatronikai Képzési és Kutatási Intézet, Zalaegerszeg*
[2] *Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Funkcionális Lágy Anyagok Kutatócsoport, Veszprém*

Nagy Roland[1], Szalai István[1,2]

Magnetoreológiai fluidumok ülepedésének vizsgálata gravitációs és centrifugális erőtérben (P-25)

A magnetoreológiai (MR) folyadékok olyan fluidumok, amelyek külső mágneses terekben megváltoztatják viszkozitásukat. MR folyadékhoz juthatunk, ha mikron-méretű ferromágneses részecskéket kis mágneses permittivitású hordozófolyadékban diszpergálunk. A mágneses tér hatására a diszpergált részecskéknek dipólusmomentuma indukálódik, amelynek hatására azok láncokba szerveződnek, így megváltoztatva a fluidum reológiai tulajdonságait. Ezt az effektust a gépészetben és a mechatronikában többek között lengéscsillapításra, rezgéscsillapításra használják.

Kikapcsolt külső mágneses tér esetén a diszperziók idővel kiülepedhetnek, mely hosszú, hetekig tartó folyamat is lehet. A magnetoreológiai folyadékokon alapuló aktuátorok üzemszerű működtetését gátolhatja a diszperziók ülepedés következményeként megszűnő homogenitása. Az MR folyadékok stabilitásának ellenőrzése történhet gravitációs vagy centrifugális erőtérben. Előbbi módszer hátránya a mérés hosszú időszükséglete, a mérés időtartamát az ülepedési folyamat ideje határozza meg. A folyamat jelentősen gyorsítható a diszperzió centrifugális erőtérbe helyezésével, ez esetben az ülepedés-vizsgálati mérés akár 1 napon belül elvégezhető. Közleményünk ehhez kapcsolódóan a két vizsgálati módszer összehasonlítását mutatja be. Különös tekintettel arra, hogy a centrifugális erőtérben végzett mérések jól helyettesíthetik-e a gravitációs erőtérben végzett mérést.

Munkánk során elkészítettük a két különálló mérőberendezést. A készülékeknél az ülepedés detektálásának elve megegyezik, mindkét esetben LVDT (linear variable differential transformer) elvén működő mérőfejet alkalmaztunk. Az LVDT átalakító tekercsei közötti csatolást a magnetoreológiai folyadékban jelenlévő diszpergált mágneses részecskék biztosítják. A folyadékoszlop tetején a részecskék ülepedésével folyamatosan csökken a primer és szekunder tekercsek közötti csatolás mértéke, így az LVDT átalakító szekunder tekercseinek feszültségváltozása arányos a kiülepedett részecskék számával. A mérések során fontos szempont volt, hogy az ülepedés detektálása mellett követni tudjuk a folyadékoszlop alsóbb részein lejátszódó koncentrációváltozást. Ehhez mindkét készüléknél a folyadékminta mentén a mérőfejet egy lineáris egységgel mozgattuk. A folyadékmintákat egy üvegcsőbe töltöttük, melyet a gravitációs elvű mérésnél függőlegesen támasztottunk meg, míg a centrifuga elvű mérésnél a mintát egy aszinkronmotorral, szíjhajtáson keresztül hajtott forgórész helyeztük.

A mérőberendezésekkel Lord típusú kereskedelmi forgalomban kapható MR folyadékokkal végeztünk ülepedés-vizsgálatot. A gravitációs elvű készülékkel 70 nap, míg a centrifuga elvű berendezéssel 24 óra volt a mérés időtartama. Az eredményeket ábrázolva mindkét mérési elv esetében jól megfigyelhető a mágneses részecskék folyamatos ülepedése, a részecskéket tartalmazó folyadékoszlop magasságának csökkenése. Ugyanez elmondható a folyadékoszlop alsóbb rétegeiről, ahol a részecskék koncentrációjának folyamatos növekedése látható. Az ülepedési sebesség a két készülék esetén jellegében megegyezett, a mért sebesség ugyanis a mérési időtartam harmadánál és kétharmadánál volt kiemelkedő.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. EFOP-3.6.2-16-2017-00002

[1]*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Mechatronikai Képzési és Kutatási Intézet, Zalaegerszeg*
[2]*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Funkcionális Lágy anyagok Kutatócsoport, Veszprém*

Dr Nagy Attila Gábor[1], Dr Gémes György András[2]

Modern akusztikus emissziós (AE) mérések (P-26)

A szerzők évtizedes tapasztalattal rendelkeznek az akusztikus emissziós (továbbiakban AE) mérések terén részben a Paksi Atomerőmű reaktortartályain, részben pedig egyéb olajipari- és energetikai berendezéseken. Az Erőműben az AE mérések a reaktor tartály hatósági szilárdsági nyomáspróbájának felügyeletére szolgálnak, annak kötelező eleme. A felhasznált műszerek az egykori KFKI AEKI munkatársai által lettek kifejlesztve a 80-as években. Ezekkel a műszerekkel évtizedek óta sikerrel végeztünk méréseket, de ahogy az elektronikai eszközök fejlődtek, így ezek az eszközök egyre inkább elavulttá váltak. Az eszközök elöregedéséből származó hibák javítása egyre több időt vett igénybe, az alkatrészek és a hozzá értők kollégák elérhetősége is egyre nehezebbé vált. Ennek hatására merült fel a gondolat, hogy az ELKH EK egy új, modern eszköz beszerzésével ill. részbeni fejlesztésével tudná a mérések műszaki hátterét biztosítani. E fejlesztőmunkában szövetségesre talált a TAM CERT Magyarország Kft.-ben.

Célok: A célunk az volt, hogy egy olyan új AE műszert alkossunk, amely minden szempontból megfelel a reaktortartályok és olajipari kolonnák mérések céljára, és az elérhető legkorszerűbb technológiát képviseli, ill. az új műszer lehetővé teszi, hogy esetleg más területeken is méréseket tudjunk végezni. Az főbb elvárásaink a következők voltak: a műszer és tartozékai egy gyártótól származzanak, képesek legyenek kezelni 40 csatornát, az érzékelők kibírják a magas hőmérsékletet, kapjunk a műszerhez egy nagy tudású szoftvert, melyet bizonyos részeiben közösen tudtunk fejleszteni és ehhez támogatást.

Eredmények: A piackutatás eredményeként kapcsolatba léptünk a kínai illetőségű QingCheng AE Institute (Guangzhou) Co.,Ltd intézettel, akik évtizedes tapasztalatokkal rendelkeznek az AE műszerek fejlesztése és a mérések területén. A mindegy másfél éves egyeztetés eredménnyel járt, a beszerzett műszer minden várakozásunknak megfelelt, 2 műszer házban van 16 + 24 csatornánk, amelyekkel, akár külön, akár egy műszerként is lehetséges a mérés. A műszer 4 csatornás mérőkártyákat tartalmaz, minden egyes kártya nagy sebességű processzorokkal szerelt, 1Gb memória beépítésével. Az időbeli felbontása 1 milliomod másodperc, az összes csatorna teljesen független, a program az érzékelőket többféle geometriában képes kezelni, egyenes mentén, síkon, többféle hengeres kialakítás lehetséges, valamint gömb geometria. Egyszerre több geometriai elrendezés futtatására is képes egy mérésen belül, rögzíthetjük a hullámformákat, ezeket analizálhatjuk, a mérésekkor keletkező fájlok visszajátszhatók, hogy csak pár főbb tulajdonságot említsük. A műszerrel validációs mérést hajtottunk végre az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Karbantartó Gyakorló Központjában levő reaktortartályon sikerrel. A poszterünkön, a műszer részleteit, illetve a reaktortartályon szerzett mérési tapasztalatainkat fogjuk ismertetni.

1. ábra – 40 csatornás műszer

[1] *Energiatudományi Kutatóközpont (EK), Budapest*
[2] *TAM CERT Magyarország Kft, Budapest*

Horváth Richárd, **Réger Mihály**, Gáti József, Oláh Ferenc

Gáztömör öntvények porozitásának jellemzése (P-27)

A nyomásos alumíniumötvözet öntvények minőségének egyik legfontosabb jellemzője az öntvény porozitásának mértéke, mely sűrűségméréssel és számítással általában kielégítő pontossággal meghatározható. Fokozott minőségi, pl. gáztömörségi igény esetén nem elegendő a porozitás összmennyiségének ismerete, mivel a porózus részek öntvényen belüli elhelyezkedésének kiemelkedő jelentősége van. Az öntvény külső, gyorsan dermedő felülete, megfelelő nyomásos öntési technológia alkalmazása mellett általában porozitásmentes, de az öntvény belsejében többféle okból és változatos eloszlásban porózus anyagrészek jöhetnek létre. Az egyedi porozitási hibák elhelyezkedése általában komputertomográfos (CT) vizsgálattal megállapítható.

A dolgozat egy nyomásos alumíniumöntvény porozitástérképének roncsolásmentes és roncsolásos feltárási és elemzési lehetőségeit mutatja be, illetve hasonlítja össze. Az öntészeti alumíniumötvözetekben kialakuló szívódási üregek zöme az utólagos forgácsolási műveletben, vagyis a készre munkáláskor kerülhet a felszínre. A tanulmány – az adott öntvény CT vizsgálatának eredményeire építve – a részletesen elemzi a folytonossági hiányok felszínre kerülésének feltételeit. Egy kiválasztott térfogatrészben – a porozitások pozíciójának és alakjának pontosítása érdekében – roncsolásos hibafeltárást is végeztünk az öntvény szekvenciális finomesztergálásával. A forgácsolási paraméterek megválasztásának alapvető szempontja az volt, hogy a forgácsolási felületen a lehető legkisebb képlékeny alakváltozás (kenődés) jöjjön létre, vagyis a feltárt felületen a porozitás egyértelműen azonosítható legyen. Az ily módon létrehozott felületeken és metallográfiai csiszolatokon vizsgáltuk a porozitás jellemzőit. A roncsolásos és roncsolásmentes eljárással feltárt folytonossági hiányok feltérképezése lehetőséget ad egyrészt a megmunkált felületre, illetve annak közvetlen közelébe eső folytonossági hibák számának, alakjának és eloszlásának becslésére, másrészt a folytonossági hibák roncsolásmentesen és szekvenciális finomforgácsolással feltárt jellemzőinek összehasonlítására. A kutatás a kétféle hibafeltárási módszer alkalmazásából adódó eredményeket és eltéréseket is elemzi.

Kulcsszavak: nyomásos öntés, zsugorodás, porozitási térkép, hibaeloszlás

Óbudai Egyetem, Budapest

Rutscher András

Akusztikus mérésképek – Akusztikus spektrum felvétele belső feszültség meghatározásához és a saját frekvenciatartományok kijelölése vibrációs feszültségmentesítéshez (P-28)

A sajátfrekvencia az a frekvencia, amivel egy magára hagyott rendszer rezgést végez. Ha a kitérést ábrázoljuk a frekvencia függvényében, akkor a sajátfrekvenciánál kiugró amplitúdót látunk. Egy fém öntvény vagy hegesztett szerkezet több sajátfrekvenciával illetve sajátfrekvencia-sávval rendelkezhet. A rezonancia az a jelenség, amikor a gerjesztett frekvencia megközelíti a sajátfrekvenciát, vagy azonos lesz vele, ilyenkor a rendszer amplitúdója maximális, tehát egy öntvény vagy rendszer sajátfrekvenciájának a meghatározásához minél közelebbi frekvenciát kell gerjesztenünk, hogy a rezonancia létrejöhessen. A gerjesztés hatására bizonyos frekvenciákon az energia meghaladja a fém ellenállását és az amplitúdó hirtelen megnövekszik, vagy felugrik, miközben kialakul a rezonancia feltétele, ezáltal kimérhetővé válnak a munkadarab sajátfrekvenciái.

Sajátfrekvencia kimérésére hagyományosan érzékelőket, általában gyorsulásmérőt, vagy dinamikus nyúlásmérőt használnak. Az informatika műszaki fejlődése lehetővé tette – a T.E.T.T. Mérnökiroda Kft.-nél kifejlesztett és alkalmazott módszerrel – ezen érzékelők kiváltását akusztikai diagnosztikai rendszerrel és az ahhoz tartozó szoftverrel, melynek előnye a hagyományos gyorsulásérzékelős diagnosztikai rendszerrel szemben, hogy szélesebb tartományban gerjeszthető a munkadarab, nem okoz megoldhatatlan problémát a több kibontással rendelkező bonyolult geometriájú munkadarab diagnosztizálása sem.

Akusztikus spektrumfelvétellel készült mérésképek nem csak a sajátfrekvenciák meghatározására alkalmas, hanem következtetni lehet belőlük a kristályszerkezetben lévő diszlokációra, a belső maradó feszültség mértékére is, amely a deformációt okozhatja a későbbiekben. Továbbá a mérésképekből jól meghatározhatóvá válik a szükséges beviteli rázatási frekvenciák a vibrációs feszültségmentesítéshez.

A vibrációs feszültségcsökkentő eljárás fém öntvények, illetve hegesztett alkatrészek belső maradó feszültségének a csökkentésére alkalmas tevékenység. Ezzel a technológiával nem csak az anyag felső vagy hegesztési feszültségei egyenlíthetők ki, hanem a mélyen az anyag belsejében lévők is, úgy, hogy a mechanikai tulajdonságok nem sérülnek. A vibrációs feszültségmentesítés elve, hogy a fémes anyagot, az adott anyag sajátfrekvenciájának rezgéstartományában rezgessük meghatározott ideig, melynek hatására az eltorzult fémrács képes rendeződni, így csökken a feszültség a darabban. A vibráció beviteli frekvenciái felépülnek, így elég lehet alacsonyabb frekvenciával rázatni egy munkadarabot, mint ahol a sajátfrekvenciája van. A feszültségmentesítő eljárást akkor lehet sikeresnek és befejezettnek tekinteni, ha a diagnosztika mérésképe alapján a rezonancia csúcs egy idő után nem mozdul el a mérések során, ez akusztikus spektrumfelvétellel könnyen és gyorsan ellenőrizhető. A maradó feszültség változását is láthatjuk az akusztikus mérésképeken, a rezonanciacsúcsok száma csökken illetve keskenyednek a széles frekvenciatartományok.

T.E.T.T. Mérnökiroda Kft., Baja

Sinka Tamás, Hareancz Ferenc

Nikkel bevonatos acél szalagok kötéseinek vizsgálata (P-29)

Ismereteink szerint a dióda sugárforrással rendelkező lézerek a legjobb hatásfokúak és a technológia fejlődésével egyre több alkalmazásra válnak alkalmassá. A dióda hullámhosszából adódóan például, alumínium és ötvözetei esetében az elnyelődés elérheti a 20%-ot is. Azonban nem csak alumínium megmunkálására használhatóak. Szeretnénk rámutatni, hogy egyéb anyagok esetén is sikeresen alkalmazható kötések kialakítására. A kis teljesítményű lézerek nem csak jelölésre használhatóak. A megfelelő paraméterek mellett hegesztett kötés is létrehozható, főleg fóliák és vékony lemezek esetében. A fóliák felhasználási köre az iparban széles. Nem csak gépészeti területeken, hanem például a villamos iparban is alkalmaznak fóliát, mint áramvezető elemet. Az elektromos járművek megjelenésével, valamint az elektronikai ipar rohamos mértékű fejlődésének köszönhetően az akkumulátorok felhasználása nagymértékben növekedésnek indult. Ezzel párhuzamosan nagy hangsúlyt kapott a cellák és felhasznált csatlakozók kötéseinek kialakítása. Ezeknek a létrehozása során az akkumulátor cellák házát képző nikkel bevonatos acéllal kötnek össze egy ugyan olyan vagy hasonló anyagot. Egyes esetekben réz csatlakozó is előfordul. Ezt figyelembe véve nikkel bevonatos szalagokon hozunk létre kis teljesítményű dióda lézer segítségével (1. ábra) különböző átlapolt kötéseket, majd vizsgáljuk azok minőségét szilárdsági és metallográfiai szempontból.

1.ábra – A vizsgálatok során alkalmazott kis teljesítményű dióda lézer

Neumann János Egyetem GAMF IJAT, Kecskemét

Szabó Annamária

Additívan gyártott fogászati implantátumok bevonatolása (P-30)

Az egyik legdominánsan fejlődő területe az additív gyártási eljárásoknak a különböző orvostechnikai eszközök, implantátumok gyártása, amely így személyre szabott, egyedi, az adott páciens testéhez tökéletesen illeszkedő implantátumokat eredményez. Fogászati kezeléseknél különösen kedvelt, hiszen anyagtakarékosabb mint egy hagyományos öntési eljárás, és a fogpótlók kis mérete miatt a 3D nyomtatók mérete és teljesítménye is kis értékeken tarthatók, így kis- és középvállalkozók is gazdaságosan be tudnak ruházni a szükséges műszaki apparátusra. Továbbá az eljárás minden esetben inert gázban történik így nem kell tartani a gyártás során az implantátumba épülő esetleges szennyeződésektől, vagy például a titánötvözetek esetében a felületi porózus oxidréteg létrejöttétől.

Az orvostechnikai eszközök minőségi elvárásai évről évre növekednek. Napjainkban a modern orvostechnika elengedhetetlen részét képzik a nagy kopásállóságú, antibakteriális bevonatok. Folyamatosan elvárt magas minőség mellett ezen bevonatoknak biokompatibilisnak is kell lenniük. Ezen bevonatok anyaga igen változatos

Az orvostechnikai bevonatok nagy szerepet játszanak a kórházi fertőzések visszaszorításában is. A visszaverődésgátló felületeknek köszönhetően a sebész gyorsabban és pontosabban tud dolgozni. A kopásállósága és korrózióállósága megnöveli az implantátumok élettartamát.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapest

T. Szabó József[1], Török Mátyás[2], Vida Ádám[3], Kaptay György[1,4,5]

Hulladékká vált napelem panelek szilíciumtartalmának újrahasznosítása (P-31)

Több millió fotovoltaikus (PV) panelt üzemeltek be világszerte az elmúlt három évtizedben. Mivel a technológiának igen fontos szerepe van a klímaváltozás kihívásainak kezelésében, a napelemek piaca exponenciálisan emelkedik. Ez maga után vonja azt is, hogy a kb. 20-30 év használati idő után életciklusuk végére ért napelem panelek száma is hasonló ütemben nő. Az így keletkező új típusú hulladékfajta számos, visszanyerésre érdemes kritikus- és értékes alapanyagot tartalmaz (pl. ezüst, réz, szilícium, alumínium). A hulladékká váló napelem panelek újrahasznosításának innovatív megvalósítását tűzte ki célul a 3 év időtartamú (2017 – 2020), EIT által finanszírozott, KIC RawMaterials keretprogramban megvalósult nemzetközi ReSiELP (Recovery of Silicon and Other Materials from End-of-Life Photovoltaic Panels) projekt.

A ReSiELP különböző területekről gyűjtött össze technológiákat az értékes alapanyagok visszanyerésére és tisztítására, termékközpontú, nulla-hulladék megközelítésben környezetbarát és körkörös gazdasághoz illeszkedő eljárással, ipari környezetbe emeléssel. A konzorcium tagjaként a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. anyagfejlesztéssel foglalkozó laborjainak feladata a napelem panelekből fizikai és termikus módszerekkel szeparált szilícium további kezelése volt, melynek célja nagytisztaságú szilícium visszanyerése. A 6N tisztaságot elérő szilícium akár a napelem előállítás értékláncába is visszavezethető, vagy egyéb nagy hozzáadott értékű termék készítésének kiindulási anyaga lehet.

[1] *Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Ipari Anyagtechnológiai Osztály, Anyagfejlesztési Labor, Miskolc*
[2] *Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Ipari Anyagtechnológiai Osztály, Felületi Technológiák Csoport, Budapest*
[3] *Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Gyártási Divízió, Budapest,*
[4] *Miskolci Egyetem, Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc*
[5] *MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport, Miskolc*

Szenthe Ildikó[1], Csikós Kristóf Andor[1], Móritz Szilvia[1], Horváth Lászlóné[1], Felix Mackel[2]

Az ITER számára fejlesztett nyomásmérő érzékelők sugárállósági vizsgálata (P-32)

A fúziós reaktorban a működés vezérlésének egyik alapvető paramétere a megfelelő gáznyomás biztosítása. Az épülő fúziós reaktorban, az ITER-ben a diagnosztikai nyomásmérőknek (Diagnostic Pressure Gauges: DPG -k) 10 ± 20 Pa tartományban kell nyomást mérniük 20% -os pontossággal és 50 ms időfelbontással. A mérés előírt pontossága szükségessé teszi a különféle kialakítások tesztelését a diagnosztikai nyomásmérő rendszer fejlesztése során.

A validálást célzó tesztkampány részeként három féle érzékelő fej összeállítást sugároztunk be neutronokkal a Budapest Neutron Centrum keretein belül működő Budapesti Kutatóreaktorban. A neutronbesugárzást a reaktor gyorscsatornájában végeztük el, 5.44 1019 n/cm2 fluenciával, 70±5 °C hőmérsékleten. A neutronbesugárzás eredményeinek vizsgálatát két mintán végeztük el.

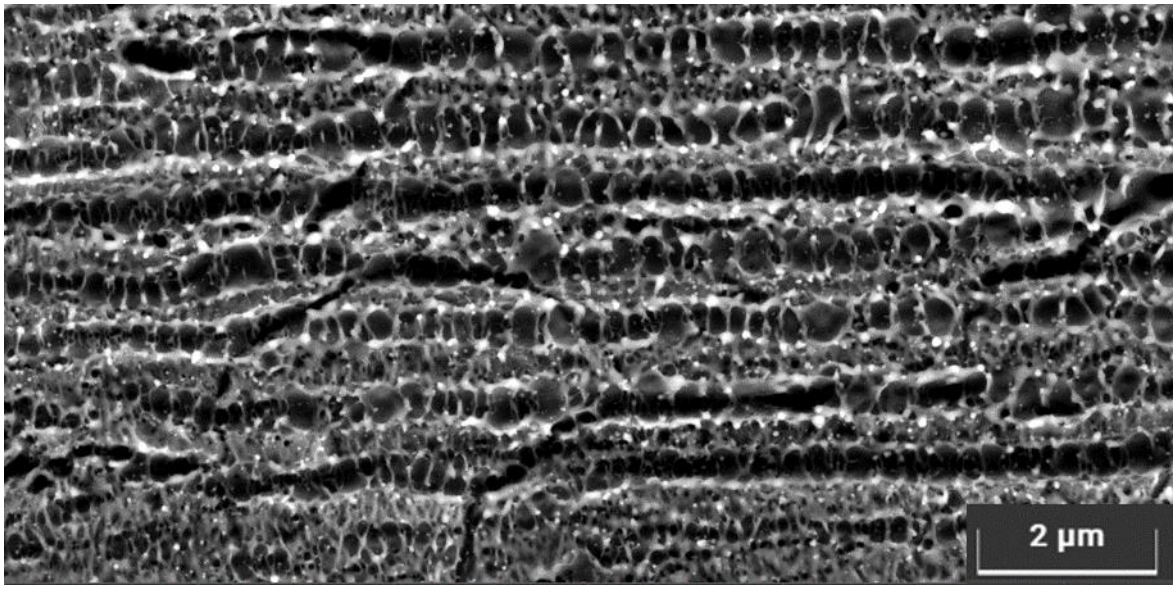
Az elvégzett elektromos ellenállás mérés szerint a minták ellenállása nagyságrendileg nem változott, az érzékelők bevonata azonban sérült, ami további kialakítások tesztelését teszi szükségessé.

[1] *Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest*
[2] *Max-Planck-Institut fur Plasmaphysik, Garching*

Tajti Ferenc, Berczeli Miklós

Felületkezelések hatásának vizsgálata a forrasztott kötéstechnológiákra magas hőmérsékletű nedvesítésméréssel (P-33)

Az egyre nagyobb mértékben használt adhéziós kötéstechnológiáknak köszönhetően, manapság egyre nagyobb jelentősége van a felületkezelési eljárásoknak. Nagy energiasűrűségű felületkezeléssel nagymértékben tudjuk módosítani a fémek határfelületi tulajdonságait és határfelületi energiáját. A határfelületi energiának nagy szerepe van a forrasztásos kötéstechnológiákban, mivel növeli a forraszanyag nedvesítő képességét, ami javíthatja a keletkező kötések szilárdságát. A forrasztás a járműiparban is egyre fontosabbá válik, ezért a fejlesztésének is nagy jelentősége van. Lézersugaras felületkezelés hatására a fémek felszínén létrehozható ismétlődő felületi struktúra (1.ábra).



1. ábra – Lézersugaras felületkezelés hatására létrejött felületi struktúra acélon

Korábbi kutatásaink kimutatták, hogy az ilyen struktúra nagymértékben tudja növelni a határfelületi energiát acélokon. A járműiparban egyre több helyen alkalmaznak forrasztást acéllemezek összekötésére. Célunk a különböző lézersugaras paraméterekkel megváltoztatott felületek energiájának vizsgálata magas hőmérsékletű nedvesítés méréssel. Feltételezzük, hogy ha szobahőmérsékleten a kezelt felületet desztillált vízzel vizsgálva sikerült hidrofil állapotot létrehozni acélon, akkor hasonló tendencia érhető el magas hőmérsékleten forrasztás esetén is. A vizsgálatokhoz egy új magas hőmérsékletű nedvesítésmérő berendezést használunk, amellyel kapcsolatot keresünk a lézersugaras felületkezelés és a nedvesítés között. Célunk, hogy lézersugaras felületkezeléssel javítsunk a meglévő járműipari technológiák minőségén és új, eddig nehezen forraszthető acélokkal bővítsük a felhasználható alapanyagok mennyiségét.

Neumann János Egyetem, Kecskemét

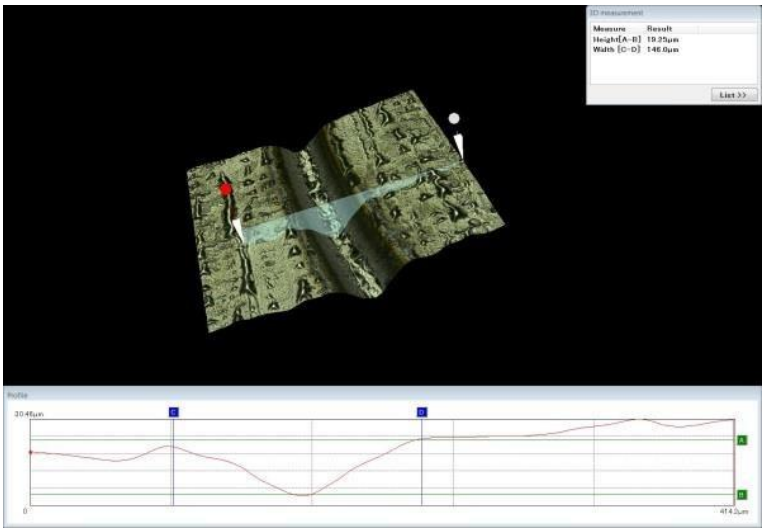
Takács Sándor, Buza Gábor, Acél Artúr, Juhász Gergely, Maloveczky Anna, Windisch Márk

Nehezen olvadó fémek szublimációja ultrarövid lézersugár impulzusok hatására (P-34)

Az ultrarövid impulzushosszúságú lézerek új utakat nyitnak meg az anyagok mikromegmunkálásában. Az impulzus rövidsége azt eredményezi, hogy az anyagba bevitt energiának csak a töredék része képes hővé alakulni, továbbá, nagyon nagy energiasűrűség jön létre.

A fémek, ezen belül pedig a nehezen olvadó fémek megmunkálása a hangsúlyos a poszterben. A megmunkálási területeken belül pedig csak az anyageltávolításra (vágás, fúrás) koncentrálunk. A hosszabb impulzusú lézereknél a vágás jellemzően úgy történik , hogy a lézersugár segítségével megolvasztjuk a fémet, majd a munkagáz segítségével kifújjuk a keletkezett olvadékot. A femtoszekundumos lézersugaras kezelésnél azonban teljesen más folyamatok játszódnak le: az óriási energiasűrűség miatt a kezelt anyagtérfogat szublimál: szilárd fázisból közvetlenül plazma, illetve gőz fázisba alakul. Az anyag hidegen „kirobban" a vágórésből. Ezen megmunkálási mechanizmus közel áll az ideálishoz - tehát szinte csak csak anyageltávolítás történik - olvadás, illetve felmelegedés alig. Ez az oka annak, hogy a hőhatás övezet minimálisra redukálódik. Ez azért előnyös, mert a HAZ (hőhatás övezet) általában a leggyengébb minőségű pont az összes anyag megmunkálási típusnál.

Az kísérleteink során a femtoszekundumos lézerberendezés megmunkálási paramétereit változtatjuk, majd ennek függvényében vizsgáljuk a keletkezett rés, illetve árok mélységét, morfológiáját, a rekondenzált anyag mennyiségét, stb.



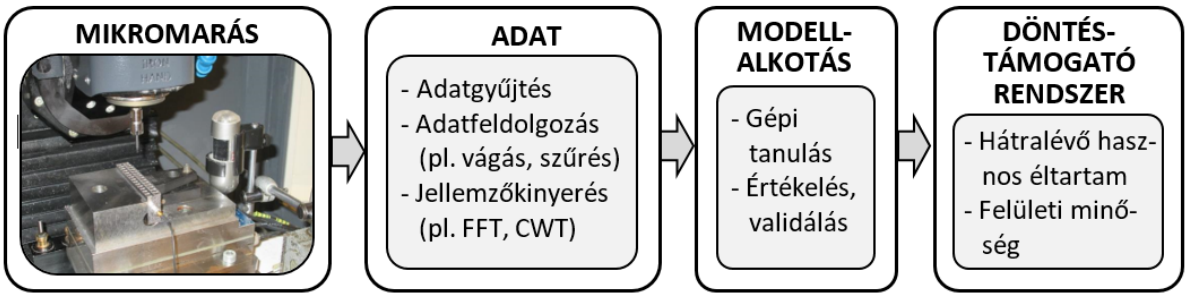
Fémbe femtoszekundumos lézersugaras kezelés segítségével szublimált árok

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest

Balázs Barnabás Zoltán, **Takács Márton**

Gépi tanulással támogatott szerszámállapot-felügyelet mikromegmunkálásnál az Ipar 4.0 szolgálatában (P-35)

A különböző mikromegmunkálási eljárások ma már szerves részét képezik a korszerű gyártástechnológiának. Ezért is fontos, hogy ezek a technológiák is egyre inkább illeszkedjenek az Ipar 4.0 keretrendszerébe, ezáltal biztosítva a termékek minél hatékonyabb és jobb minőségű gyártását. A forgácsleválasztási eljárásokkal kapcsolatban elsődleges szerepet játszik a szerszám kopottsági állapotának a nyomonkövethetősége, mivel ez közvetlen hatással van az alkatrész felületi minőségére, geometriai pontosságára és a gyártási költségekre is. A szerszám sem nem túl korán, sem nem túl későn történő cseréjének biztosítása az egyik legnagyobb kihívás a gyártás során. Az erről való döntés sokszor túlzott mentális terhelést jelent a gépkezelő számára. A döntést hatékonyan támogathatják gépi tanulási módszerekkel segített szerszámállapot-felügyeleti (TCM – Tool Condition Monitoring) rendszerek. Ezek mikromegmunkálással kapcsolatos folyamata az 1. ábrán látható.



1. ábra Gépi tanulással támogatott szerszámállapot-felügyeleti rendszer mikromarásnál

A mikromegmunkálásokon belül a legváltozatosabb forgácsleválasztási eljárást a mikromarás kínálja. Az eljárással többek között kisméretű fröccsöntő szerszámok megmunkálása lehetséges. Az akár nagyságrendekkel kisebb mérettartományban történő megmunkálás számos kihívást támaszt a megcélzott minőség biztosítása terén (pl. jelentős szerszámdeformáció, erőteljes sorjaképződés, a minimális forgácsvastagság problematikája).

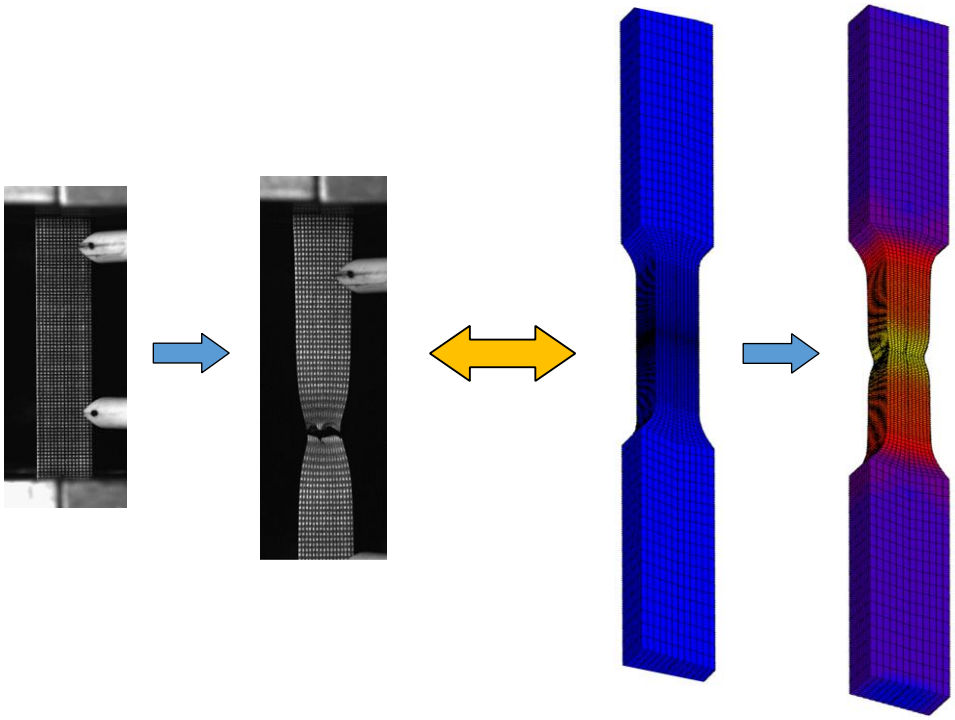
Jelen kutatás célja a gépi tanulási megoldásokat alapul vevő szerszámállapot-felügyeleti megoldások mikromarással kapcsolatban történő alkalmazhatóságának a vizsgálata. A kutatás eredményeként olyan módszert kívánunk kidolgozni, ami segítségével – a pillanatnyi szenzorjelek alapján – becsülhető a szerszám hátralévő hasznos éltartama (RUL – Remaining Useful Life), valamint a megmunkált felület minősége. Ennek elérése céljából célzott kísérleteket végeztünk 500 µm átmérőjű, kétélű keményfém mikromaró szerszámmal. A kísérletek keretében egyenes hornyok kerültek kimunkálására 50 HRC keménységű AISI H13-as anyagban, a következő forgácsolási paraméterekkel: v_c = 90 m/min, f_z = 1 - 14 µm, a_p = 0,025 - 0,150 mm. A mikromarási folyamat során háromkomponensű erőmérő platform és egykomponensű gyorsulásmérő szenzor jeleit rögzítettük, valamint utólag mértük a hornyok aljának felületi minőségét. A kapott jelek – az előkészítést és a feldolgozást követően – a szerszám éltartamára és a felületi minőségre vonatkozó előrejelző modell betanítására szolgálnak. Az így kapott becslési rendszer validálásra kerül, majd a szerszámcsere ideális idejével kapcsolatos döntéstámogató eszközként funkcionál.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gyártástudomány és –technológia Tanszék, Budapest

Tatár Levente[1], Fekete Tamás[1], Bereczky Péter[2], Kocsó Endre[2], Molnár János[2]

Anyagvizsgálati mérések támogatása optikai rendszerrel és a digitális pár koncepcióval (P-36)

A szimulációs technikák (és különösen a végeselemes rendszerek), valamint a számítási kapacitás fejlődésével egyre pontosabb előrejelzéseket tehetünk a műszaki szerkezetek valós (és várható) viselkedésére nézve. Ugyanakkor az elérhető pontosságot az anyagtulajdonságok nem kellően pontos ismerete, illetve nem kellően pontos meghatározása nagy mértékben rontja, így felmerül az igény arra, hogy az anyagtulajdonságokat a hagyományos, szabványos mérések során előírtaknál pontosabban határozzuk meg. Ennek érdekében a hagyományos műszerezéssel ellátott vizsgálatokat optikai mérésekkel egészítjük ki. A nyers mérési adatokból gyakran egyszerű formulákkal pontosnak tekinthető származtatott adatokat lehet meghatározni (pl. szakítás, zömítés esetén egytengelyű feszültség, nyúlás). Ugyanakkor az egyszerű formulák érvényessége korlátozott, a folyamat előrehaladtával már nem írják le pontosan az anyag viselkedését. Annak érdekében, hogy az egyszerű formulák érvényességi tartományán túl is pontosnak tekinthető származtatott adataink legyenek, az anyagvizsgálati méréseket a próbatestek digitális párján szimuláljuk. A digitális pár koncepció alapján a szimulált vizsgálatot – és annak eredményeit – hasonlítjuk össze a valós vizsgálattal, illetve annak eredményeivel. Az összehasonlítás alapját az optikai méréssel szolgáltatott adatok adják. A megfelelő összehasonlításhoz alkalmas interpolációs technikák kidolgozása folyamatban van.



1. ábra – Vizsgálat elve

[1]*Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest*
[2]*Dunaújvárosi Egyetem, Dunaújváros*

Tóth Zsolt, Lukács Attila, Szalai István

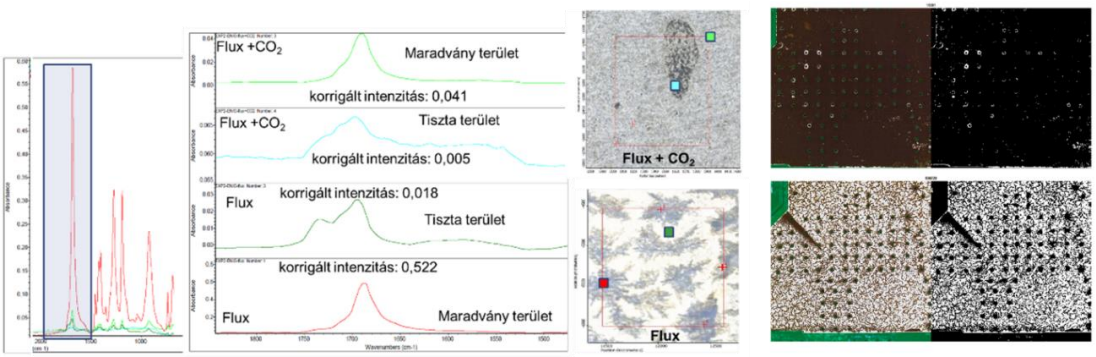
Ionos szennyezettség csökkentése szárazjeges tisztítással (P-37)

Az elektronikai gyártás során a forrasztott kötések kialakításához az összekötendő fémfelületeket általában folyasztószerrel kezelik. A folyasztószer a fémfelületeken levő oxidréteget eltávolítja, csökkenti a forraszanyag felületi feszültségét annak érdekében, hogy megfelelő forrasztási kötés alakulhasson ki. A forrasztási folyamat után visszamaradt ionos szennyeződés kockázatot jelenthet a termék életciklusa során. Hatására növekedhet a nem kívánt jelenségek (elektrokémiai migráció, korrózió) előfordulása. A forrasztási folyamatot követő szárazjeges (CO_2) lefúvás csökkentheti a felületen található maradványok mennyiségét. A hatás mechanikai és termikus jelenségek, valamint a szublimáció kombinációjának köszönhető. Jelen munkában a módszer hatékonyságának vizsgálata tisztított és kontrol minták lokális ionos szennyezettség (C.I. korrózivitási index) meghatározásával, kvantitatív FTIR spektroszkópiával, valamint mikroszkópos felvételek numerikus analízisével történik. A nedvesíthetőségi tulajdonságok vizsgálata ülőcsepp módszerrel meghatározott kontaktszög mérésen alapul.

A CO_2 tisztítás alkalmazása megfelel a folyasztószerekből származó ionos szennyeződések nagyfokú eltávolítására. A vizsgálatok kémiai- ón és nikkel-arany (electroless nickel immersion gold) bevonatok esetében is megerősítették ezt a felvetést. A nedvesíthetőségi vizsgálatok eredményeiből azt is meg lehet állapítani, hogy a szárazjeges tisztítás nem változtatja meg a bevonat nedvesíthetőségét.

A vizsgálatok alapján kijelenthető, hogy a szárazjeges tisztítás a forrasztásnál általánosan használt folyasztószer maradványok, a gyenge szerves savak (WOA), illetve más ionos szennyeződések eltávolítására hatékonyan alkalmazható. A minta hőmérsékletének szabályozásával és harmatpont felett tartásával mérsékelhető a párásodás, így a maradványok oldott formában nem szennyezik vissza a felületet. Megállapítható tovább, hogy a CO_2 kezelés nem növeli a folyasztószer nélküli fémbevonat nedvesíthetőségét. A tisztítási folyamat ipari környezetre való optimalizálása további kutatási témákat alapozhat meg.

EZ A MUNKA AZ INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI MINISZTÉRIUM KOOPERATÍV DOKTORI PROGRAM DOKTORI HALLGATÓI ÖSZTÖNDÍJ PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.



1. *ábra – A szárazjeges tisztítás hatékonyan távolítja el a maradványokat a felületről. A FTIR spektrum karboxil csúcs (~1690 cm-1) intenzitása csökkent (bal), valamint vizuálisan kevesebb szennyeződés detektálható (jobb) a kezelés után.*

[1]*Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Veszprém*

Wizner Krisztián[1], Dr. Kővári Attila[2]

ISD Dunaferr Zrt. öntőművében alkalmazott új adatfeldolgozó rendszer megbízhatóságának vizsgálata (P-38)

Az ISD Dunaferr Zrt. öntőművéhez fejlesztett új adatfeldolgozó és vizualizációs rendszer megnyitotta a lehetőséget számos eddig nem, vagy csak nehezen értékelhető öntési körülmény vizsgálatához. A megalkotott adatfeldolgozó rendszer által szolgáltatott eredmények megbízhatósága csak akkor ítélhető meg, ha azokat össze lehet hasonlítani tőle független, hiteles adatokkal, eredményekkel. A folyamatos öntés technológiájának jellegéből kifolyólag számos olyan adatra lehet támaszkodni, mely erre a vizsgálatra alkalmas. A nem-állandósult események (pl. jelentős kristályosítói szintingadozás) elhelyezkedése sok esetben kitüntetett helyet foglal el az öntött szálon (pl. öntés indítás, öntés vége) ezért az abban a szálszakaszban öntött brammák technológiából fakadóan érintettek az adott öntési eseménnyel. Ezt alapján történt meg a technológiából adódó, valamint az adatfeldolgozó rendszer által azonosított, nem-állandósult állapotú öntési szakasszal érintett brammák közötti korreláció vizsgálata. A vizsgálat kiterjedt az idő alapú (folyamat szemléletű) és az öntött hossz alapú (folyamat szemléletű) változások vizsgálatára is.

[1] *Széchenyi István Egyetem, Győr*
[2] *Dunaújvárosi Egyetem, Dunaújváros*

ABSZTRAKTOK

ISBN 978-615-5270-64-2

Szerkesztette:
Szabó Péter János, Kónya Ildikó, Szakáts Gergely

XIII. Országos Anyagtudományi Konferencia, Balatonkenese, 2021. október 10-12.
Ez a kötet az XIII. Országos Anyagtudományi Konferencia munkaanyaga.
Az összefoglalók tartalmáért kizárólag a szerzők felelősek.

Minden jog fenntartva.
A kötet kizárólag elektronikus úton került kiadásra.