

XIV.

Országos Anyagtudományi

Konferencia

2023. október 8-10.

ABSZTRAKTOK

Tartalomjegyzék

Plenáris előadások.....	8
<i>Trampus Péter</i>	
A jelen és a jövő kihívásai az atomerőmű szerkezeti anyagai terén.....	9
<i>Benczúr András</i>	
Adatvezérelt megközelítés és mesterséges intelligencia fizikai, műszaki problémákban.....	10
Szóbeli előadások	11
<i>Holger Schnarr</i>	
Metallográfiai maratásnál használt veszélyes anyagok mennyiségének minimalizálása	12
<i>Kazup Ágota, Molnár Zsolt, Fegyverneki György, Gácsi Zoltán</i>	
Alumínium öntvények mechanikai és pórus szerkezeti jellemzőinek vizsgálata	14
<i>Kondás Béla, Mertinger Valéria</i>	
Lágyacélok öregedett állapotának újradefiniálása.....	15
<i>Tatár Levente, Bereczki Péter</i>	
Folyásgörbe, kontrakció és végelemek	16
<i>Veres Zsolt Kassab Al-Omari, Dimah Zakaraia, Rónaföldi Arnold, Svéda Mária Roósz András</i>	
Mágneses keverés hatása a kristályosodott Al-Si eutektikum szerkezetére.....	17
<i>Gál Viktor, Rózsahegyi Péter, Lukács Zsolt</i>	
Az alakítási határgörbe kiterjesztésének lehetősége a nyíró igénybevétellel terhelt alakváltozási tartományra	18
<i>Marton Gergő Zsolt, Fendrik Ármin, Szabó Gábor</i>	
Tervezhető tönkremenetelű kompozitok előállítás.....	19
<i>Hatos István</i>	
Gyártási paraméterek hatása az additív PBF darabok minőségére	20
<i>Alpár Tibor L., Bejő László, Horváth Péter György, Kóczán Zsófia, Bak Miklós, K. M. Faridul Hasan</i>	
Fenntartható kompozit fejlesztése szénszál erősítésű faipari hulladék alapon epoxi ragasztó felhasználásával	21
<i>Nánai Lilla, Hernádi Klára</i>	
Függőlegesen rendezett szén nanocsövek szintézise vezető szubsztrátokon katalitikus kémiai gőzfázisú leválasztásos módszerrel.....	22
<i>Mészáros László, Petrény Roland</i>	
Polimer mátrixú nano- és hibridkompozitok lineárisan viszkoelasztikus viselkedésének határa.....	23
<i>Kocsis Bence</i>	
Különleges anyagok egyedi 3D lézerszinterézése.....	24

Szoboszlai András, Budai István

Cellás szerkezetek gyógyszerészeti alkalmazása 25

Bubonyi Tamás, Barkóczy Péter, Kemény Alexandra, Gácsi Zoltán

Kompozit fémhab szerkezetének kvantitatív vizsgálata 26

Mertinger Valéria, Kárpáti Viktor, Nagy Erzsébet, Szabó Gábor, Koncz-Horváth Dániel, Barna Dániel

Újgenerációs szupravezető kompozit fejlesztése SuShi szeptum mágneshoz 27

*Kárpáti Viktor, Kaptay György, Végh Ádám, Koncz-Horváth Dániel, Nagy Erzsébet, Barna Dániel,
Szabó Gábor, Mertinger Valéria*

Keresztdiffúziós határfelületi folyamatok NbTi/Cu szupravezető kompozitban 28

Petrik Péter

Határfelületi jelenségek folyamatkövető mérése ellipszometriával..... 29

*Windisch Márk, Maloveczky Anna, Szabó T. József, Rigó István, Veres Miklós, Fürjes Péter,
Dankházi Zoltán, Vida Ádám*

Lézeres anyagmegmunkálással létrehozott, felületerősített Raman-spektroszkópiában alkalmazott hordozó vizsgálata 30

Dankházi Zoltán, Windisch Márk

Szilárdtest felületen kisenergiás ionokkal kialakított mikro- és nano-struktúrák vizsgálata..... 31

János Kónya, Kovács Tünde Anna, Hargitai Hajnalka

Felületkezelési technológia fejlesztése, 3D nyomtatással gyártott Titán ötvözet implantátum, szöveti integráció javítására 32

Czagány Máté, Hompoth Szabolcs, Baumli Péter

Kémiai redukciós Ni-B bevonatok szuperkapacitív tulajdonságaink vizsgálata 33

Gillemot Ferenc, Horváth Márta, Cinger Dávid, Hargitai Balázs, Szenthe Ildikó, Mórítz Szilvia

Mestergörbe meghatározása mini CT próbatesten 34

*Szenthe Ildikó, Cinger Dávid, Mórítz Szilvia, Hargitai Balázs, Csikós Kristóf Andor, Gillemot Ferenc,
Horváth Márta*

Fúziós célú anyagtudományi kutatások Magyarországon 35

Mórítz Szilvia, Szenthe Ildikó, Csikós Kristóf Andor, Hargitai Balázs, Cinger Dávid

Termikus öregítési program a DELISA-LTO projekt keretében 36

Cinger Dávid, Hargitai Balázs, Szenthe Ildikó, Csikós Kristóf Andor, Mórítz Szilvia

Mini szakító próbatestek fejlesztése fúziós anyagtudományi kutatásokhoz 37

Fekete Tamás

Nagyméretű, biztonság-kritikus energetikai nyomástartó rendszerek szerkezetintegritási problémáiról..... 38

Mészáros István Attila, Berecz Tibor, Kemény Dávid

Vas-króm ötvözet és duplex korrózióálló acél spinodális bomlási folyamatának roncsolásmentes vizsgálata39

Nagy Attila Gábor, Gémes György András

Akusztikus emissziós mérések a paksi atomerőmű reaktortartályain 40

László István

Szoros kötésű módszerek alkalmazása anyagszerkezeti számításokban 41

Lukács Zsolt, Jemal Ebrahim Dessie

Finomlemezek visszarugózásának kísérleti vizsgálata 42

Kaptay György

A párhuzamos érintők módszereinek továbbfejlesztése 43

Réti Tamás, Réger Mihály

Molekulák topológiai szerkezetének modellezése és konstrukciója gráf elméleti módszerrel..... 44

Nagy Erzsébet, Tóth László, Daróczi Lajos, Beke Dezső, Mertinger Valéria

Akusztikus emissziós vizsgálatok fémötvözetek képlékeny alakváltozása során 45

Antók Dániel, Fekete Tamás, Tatár Levente, Bereczki Péter

Szakító próbatestek geometriai tökéletlenségeinek vizsgálata optikai „full-field” mérések és digitális pár alapú szimulációk segítségével 46

Szederkényi Bence, Rácz Imre, Czigány Tibor, Kovács Norbert Krisztián

Folytonos szálerősített, automatizált gyártással előállított kompozitok végeelemes modellezése 47

S. Tóth László Anthony Rollett

Az alakítási keményedés IV szakaszának modellezése a rácsgörbület által indukált diszlokációk és a szemcsék fregmentációja alapján 48

Réger Mihály, Horváth Richárd, Fábián Enikő Réka, Réti Tamás

Alumíniumötvény impregnálási problémái 49

Görbe Ákos, Halász-Kutasi István Zoltán, Bárány Tamás

Gumiabroncsok anyagában történő újrahasznosítására alkalmas devulkanizációs technológia továbbfejlesztése 50

Máté Sepsi, Surya Nilamegam Kumaran, Máté Szücs, Viet Q. Vuc, Abhishek Pariyar, Naveen S. Kailas, Satish Vasu Kailas, Laszlo S. Toth

Friction-Assisted Lateral Extrusion Process (FALEP)..... 51

Varga László József, Bárány Tamás

Titán-dioxiddal társított nyújtott polipropilén szalagok fejlesztése 52

Kohlheb Róbert, Réger Mihály Antal, Horváth Richárd

Fém-polimer és polimer-polimer anyagpárok közötti súrlódás 53

Sepsi Máté, Baksa Attila, Kiss László Péter, Mertinger Valéria, Barkóczy Péter

Vezeték sodratok kosarasodását és szerelési problémáit előre jelző vizsgálati eljárás 54

Rövid szóbeli előadások poszterrel 55

Nour El Imane Djimaoui, Valéria Mertinger, Yoni Adonyi, Jeroen De Backer

Physical Simulations of the Tool Degradation in Friction Stir Welding (SO-01) 56

<i>Ali Amininejad, Máté Sepsi, Máté Szücs, Laszlo S. Toth, Valéria Mertinger</i> Modeling of deformation field in the friction-assisted lateral extrusion process (SO-02)	57
<i>Balázs Hegedűs, Zsolt Dobó</i> Üzemanyagelőállítás lehetősége műanyag hulladékból (SO-03)	58
<i>Hompoth Szabolcs, Czagány Máté, Baumli Péter</i> Bevonatok fejlesztése nagy hatékonyságú pszeudokondenzátorokhoz (SO-04)	59
<i>Szovák Benedek, Kemény Alexandra, Maróti János Endre</i> Irányított szénszállal erősített szintaktikus fémhab gyártása és vizsgálata (SO-05)	60
<i>Nagyné Fekete Mónika</i> Vasalapú ötvözetek felületén kialakított vasfoszfát réteg vizsgálata (SO-06)	61
<i>Nyeste Viktor, Kárpáti Viktor, Mende Tamás, Mertinger Valéria</i> Utántömörítés hatásának fémtani vonatkozásai alumínium ötvözet nyomásos öntésekor (SO-07)	62
<i>Szabó Péter Imre, Tóth Zsolt, Ugi Dávid</i> Flat-top nyalábprofilú femtoszekundumos lézerrel mikromegmunkálás (SO-08)	63
<i>Vaczko Dániel, Szabó Valentin</i> Szálerősített kompozit anyagok ragasztott kötéseinek a vizsgálata (SO-09)	64
<i>Kovács Sándor Endre, Mikó Tamás, Troiani Enrico, Markatos Dionysios, Pethő Dániel, Gréta Gergely, Varga László, Gácsi Zoltán</i> 3D nyomtatott 17-4PH rozsdamentes acél ötvözet mechanikai tulajdonságainak optimalizálása, lehetséges repüléstechnikai alkalmazásra (SO-10)	65
Poszter előadások	66
<i>Kovács Tünde Anna, Daruka Norbert, Kugyela Lóránd, Nyikes Zoltán</i> Eltérő fémek robbantásos hegesztése (P-01)	67
<i>Nagy Péter, Kaszás Bálint, Csabai István, Hegedűs Zoltán, Michler Johann, Pethő László, Gubicza Jenő</i> Kombinatorikus nagyentrópiás ötvözetek röntgen vonalprofil analízise újszerű gépi tanuláson alapuló módszerrel (P-02)	68
<i>Szlancsik Attila, Varga Dorottya</i> Durvaszemcsés vékony alumínium lemezek szakítása és végeelemes szimulációja (P-03)	69
<i>György Ledniczky, Weltsch Zoltán</i> 17-4PH huzalextrúziós alapanyag feldolgozásának javítása lézersugaras felületkezeléssel (P-04)	70
<i>László Noémi, Hussein Alzyod, Ficzer Péter, Nagy Balázs</i> A vasalási paraméterek hatása 3D nyomtatással gyártott PLA alkatrészek felületi jellemzőire (P-05)	71
<i>Kemény Alexandra, Pados Gábor, Májlinger Kornél, Orbulov Imre Norbert</i> Egylépésben előállított, csőbe töltött szintaktikus fémhabok hegesztése (P-06)	72
<i>Tóth Csenge Emese, Nagy Gábor</i> Gumihulladék kopírolízisének termogravimetriás és laboratóriumi mértékű modellezése (P-07)	73

Svéda Mária, Kristály Ferenc, Koncz-Horváth Dániel, Sycheva Anna, Karacs Gábor, Janovszky Dóra AlFeTiNiCo típusú nagy entrópiájú ötvözetek előállítás (P-08)	74
Pór Gábor, Szabados Ottó, Pór Gábor, Morvai Tibor, Molnár János, Koroknai László, Kocsó Endre, Gárdonyi Gábor, Csincsi Zsuzsa, Balázs Krisztián, Agócs Mihály Páztázó akusztikus mérőgép (P-09)	75
Balázs Barnabás Zoltán, Tura Diriba Amanuel, Jacsó Ádám, Takács Márton Hibrid megmunkálások: a 3D fémnyomtatás kihívásai és az additív úton előállított anyagok forgácsolhatósági sajátosságai (P-10)	76
Lendvai László, Rigotti Daniele, Pegoretti Alessandro ABS alapú hővezető polimerek fejlesztése elektrotechnikai célokra (P-11).....	77
<i>Rozgonyi Áron</i> Qubit-oszcillátor kölcsönhatás egy nanoelektromechanikai rendszerben (P-12)	78
<i>Szabó Ádám István, Hargitai Hajnalka</i> Különböző oxid nanorészecskék hatásának vizsgálata olajozott alkatrészpár kopására és tribofilm összetételére (P-13)	79
Csikós Kristóf Andor, Hargitai Balázs, Mórítz Szilvia, Cinger Dávid, Szenthe Ildikó, Horváth Márta, Gillemot Ferenc Eurofer 97 anyag besugárzása a Bagira besugárzó szondában (P-14).....	80
<i>Csikós Kristóf Andor, Hargitai Balázs, Mórítz Szilvia, Cinger Dávid, Szenthe Ildikó</i> Anyagvizsgálati minták szikraforgácsolt (WEDM: Wire Electric Discharge Machine) felületeinek vizsgálata (P-15).....	81
<i>Pór Gábor, Koroknai László, Szabó Szabaszián, Szabados Ottó</i> Hengerelt acéllemezek anizotrópiájának jellemzése akusztikus és EMAT mérésekkel (P-16)	82
Kovács Péter, Weltsch Zoltán, Berczeli Miklós Alumínium lemezek plazmasugaras felületkezelése (P-17).....	83
Hareancz Ferenc, Juhász Gergely, Vida Ádám Lézeres felrakóhegesztéssel készített Co-Cr ötvözetréteg vizsgálata (P-18).....	84
Berczeli Miklós, Tajti Ferenc, Kovács Péter, Körömi Benjamin, Weltsch Zoltán Alumínium ragasztástechnológiájának javítása felületkezelési eljárásokkal (P-19)	85
Juhász Gergely, Hareancz Ferenc, Vida Ádám Laser Metal Deposition technológiával készült test szilárdsági vizsgálata (P-20).....	86
Huri Dávid, Mankovits Tamás Nyomó igénybevételnek kitett gumiütköző viselkedésének numerikus modellezésére alkalmas hiperelasztikus anyagmodell (P-21)	87
Őze Csilla, Makó Éva Optimális őrlési paraméterek meghatározása kaolin és trassz keverékek mechanokémiai aktiválásánál (P-22)	88

Kónya Gábor, Kovács Zsolt Ferenc

Új megközelítés a forgácsoló szerszámok kopásának mérésére (P-23)..... 89

Tajti Ferenc, Weltsch Zoltán, Berczeli Miklós

Li-ION akkumulátor cella kötése technológiájának fejlesztése (P-24)..... 90

Verő Balázs, **Dobránszky János**

A mikrooszlop-nyomóvizsgálatok fémtani elemzése (P-25)..... 91

Mara Józsefné, Bodnár Attila-Ede, **Telegdi Judit**

Infravörös reflexiós festékek jelentősége és jellemzése (P-26) 92

Kókai Ákos Levente, Marosné Berkes Mária

Termikus plazmaszórás során fejlődő oxid vegyületek hatása hengerfurat bevonatok hónolási folyamataira (P-27)..... 93

Balázs Barnabás Zoltán, Adizue Loveday Ugonna, Elly Isaya Ogutu, **Takács Márton**

Mesterséges intelligencia alapú prediktív modellekkel támogatott folyamatfelügyelet korszerű anyagok forgácsoló megmunkálása terén (P- 28)..... 94

Oláh Ferenc, Réger Mihály, Horváth Richárd

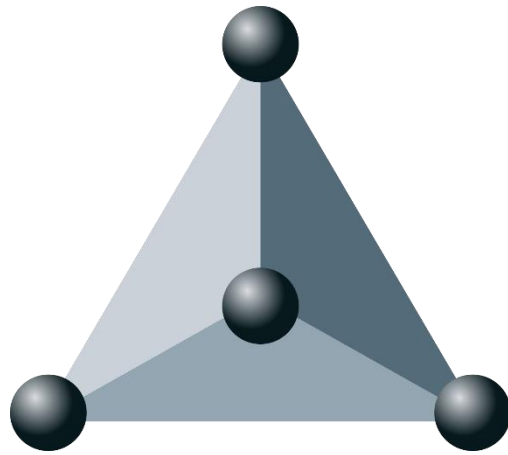
Keménysegmérés végelelemes vizsgálata (P-29) 95

Baumli Péter, Somlyai-Sipos László

Fémfelületek nedvesíthetősége desztillált vízzel (P-30)..... 96

Hlavács Adrienn, Benke Márton

Aszimmetrikusan hengerelt alumínium lemezek mélységi textúra vizsgálata (P-31) 97



Plenáris előadások

Trampus Péter

A jelen és a jövő kihívásai az atomerőmű szerkezeti anyagai terén

Közel húsz ezer reaktorév világméretű tapasztalata birtokában akár ki is jelenthetnénk, hogy elegendő tudásunk van az atomerőművek szerkezeti anyagainak a viselkedéséről. Az utóbbi évtizedekben azonban egyre újabb kérdések merültek fel, amelyek szorosan összefüggenek az atomerőművek hosszútávú üzemeltetésével. Ezért a világban továbbra is szisztematikus kutatómunka folyik a reaktor szerkezeti anyagok tulajdonságainak az üzemi terhelés és a környezeti hatások eredményeként bekövetkező károsodása mélyebb megértése, valamint a hatás monitorozása céljából. Ezeknek a kutatásoknak az eredményei természetesen kihatnak a jövő atomerőművei szerkezeti anyagaira. A kutatások eredményeinek és az üzemelési tapasztalatoknak a birtokában az anyagtudomány művelői egyetértenek abban, hogy a jelenleg üzemelő és az épülő reaktorok szerkezeti anyagai hosszú távon két jelentős kihívással néznek szembe. Az egyik a reaktortartály acélok gyorsneutron-sugárzás okozta ridegdedése és az ezzel egyidejűleg

bekövetkező szívósságvesztése, a másik a sugárzás segítette feszültségkorrózió. Ezek mellett még természetesen számos egyéb anyagkárosodási hatás kezelése igényel kutatómunkát, mint például a korróziós fáradás, a radiációs duzzadás, a mikrobiológiai korrózió.

A hazánkban üzemelő és épülő nyomottvizes atomerőművek orosz (VVER) technológiát alkalmaznak. Az üzemelő, második generációs VVER-440 blokkok szerkezeti anyagai az 1960-70-es évek tudására épülnek, a létesítés alatt álló, 3+ generációs VVER-1200 blokkok az 1970-80-as években kifejlesztett szerkezeti anyagok üzemelési tapasztatait hasznosító és evolúciós úton továbbfejlesztett szerkezeti anyagait alkalmazzák. Az előadás áttekinti a reaktor hűtőkör berendezései anyagainak fejlődési folyamatát, a fejlődés eredményeként megvalósult anyagtulajdonságokat, a terhelésből és a környezeti hatásokból adódó igénybevételeket és károsodási hatásokat, ezek vizsgálatát, valamint a kérdéskör legfontosabb anyagtudományi kihívásait.

Benczúr András

Adatvezérelt megközelítés és mesterséges intelligencia fizikai, műszaki problémákban

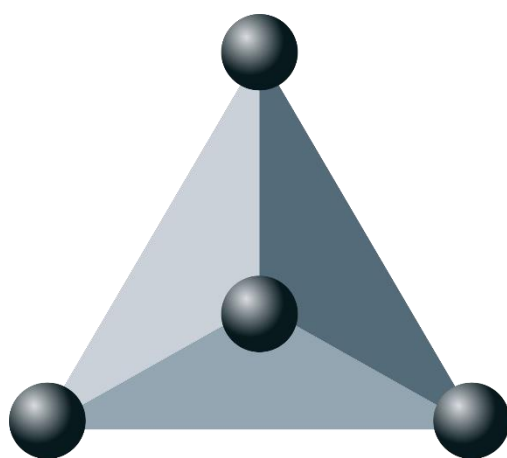
A mesterséges intelligencia (MI) ígérete, hogy nagy mennyiségű adat elemzésével tulajdonságok előrejelzésére, optimalizációra, hatékonyabb munkavégzésre ad eszközt. A MI alkalmazásakor bizonyos folyamatokat a hagyományos fizikai modellek helyett adat alapon elemezhetjük. Szenzorok, folyamatnaplók segítségével gyűjthetünk hőmérséklet, nyomás, sebesség, rezgés és más adatokat. Az adatokat meg kell tisztítani mérési zajoktól, hibáktól, kiugró és hiányzó értékektől, majd ad hoc elemzésekkel, statisztikai, és gépi tanulási modellekkel tárhatunk fel jellemzőket és potenciális mintázatokat, bizonyos viselkedések gyökér okainak megállapítását, vagy korábban ismeretlen összefüggéseket.

Az adatok elemzésére az utóbbi időben a Jupyter Notebook lett a de facto sztenderd eszköz. Python programnyelven programozható, amely gyorsan megtanulható és szinte minden alkalmazási területhez kiforrott programcsomag található, amelyek között kiemelkednek a deep learning keretrendszerek. A Notebook technológia

könnyű szerver elérést jelent, mivel a kliens böngészőből indíthatunk ad hoc lekérdezéseket, elemzéseket távoli szervereken, GPU rendszereken.

MI alkalmazásokra fontos lehetőséget biztosítanak a digitális iker (DI) technológiák. Egy DI szimulációban különböző körülmények között méréseket végezhetünk, így előrejelzéseket, optimalizációt végezhetünk a fizikai tesztelés előtt. Például egy megerősítéses tanulással optimalizált rendszer a fizikai környezetben már közelítőleg megfelelő konfigurációból indul, kevesebb kísérlettel, méréssel meg lehet találni az optimumot. DI modellben tipikusan véges elem módszereket alkalmazhatunk a törés, meghibásodás és megelőző karbantartás tanulmányozására. Ezekben az esetekben alkalmazhatunk helyettesítő modelleket, amelyre új lehetőség mély neuronháló tanítása.

Összefoglalva, az anyagtudomány területén várhatóan számos potenciálisan új MI alkalmazás jöhet létre.



Szóbeli előadások

Holger Schnarr

Metallográfiai maratásnál használt veszélyes anyagok mennyiségének minimalizálása

A metallográfiai maratáshoz olyan vegyszerek használata szükséges, amelyek a legtöbb esetben károsak az egészségre. Ez magas szintű biztonsági óvintézkedéseket igényel, valamint többletfeladatot jelent a maratóanyagok tárolására és ártalmatlanítására, valamint az alkalmazottak képzésére vonatkozóan.

A maratásnál használt, erősen hígított marató elegyek számos előnnyel járnak. A tárolás, kezelés és ártalmatlanítás sokkal könnyebben kivitelezhető, mivel kevesebb veszélyes anyagot kell tárolni a laboratóriumban, és kevesebb vegyszert kell ártalmatlanítani. Anyagoktól függően a munkahelyi egészségvédelem és biztonság követelményei jóval alacsonyabbak lehetnek, ami szintén a munka kényelmét szolgálja.

Emellett a hosszabb maratási idő miatt csökken a túlmarás veszélye, hiszen feszültség szabályozott indításával és leállításával jobban szabályozható a maratási folyamat. A mintát anódként kapcsolódik a katódhoz egy elektrolitikus cellában – ez az úgynevezett

elektrolitikus előkészítési eljárás. Az elektrolitikus polírozás és a maratás kombinációja ugyanazon a készüléken nagyon gyors és reprodukálható eredményeket biztosít, és nem hoz létre akkora feszültséget, deformációt az anyagban, mint a mechanikus csiszolás és polírozás. A elektrolitikus maratáshoz szükséges tapasztalat tehát alacsonyabb szintű lehet mind a veszélyes anyagok kezelésében, mind a maratás elvégzésében, ami egy könnyen irányítható automatikus folyamatot eredményezhet.

A maratási előtt standard maratófolyadékokat használtak a referenciaképekhez.

Egyes anyagoknál jó eredményeket lehetett elérni hígított vagy enyhén módosított maratóoldatokkal. Ezek a kísérletek bebizonyították, hogy a gyengén hígított oldatok is (feszültség rákapcsolása nélkül) megfelelő eredményt adnak (1. ábra). Ez egy üdvözlendő alternatíva az elektrolitikus maratáshoz szükséges berendezésekhez képest, különösen kis számú minta esetén.

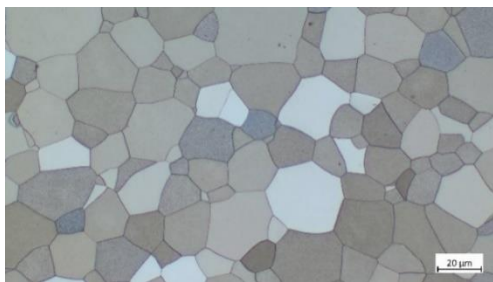


Fig. 1 (balra): Tiszta titán elektrolitikus polírozás után. Hagyományos maratás feszültség nélkül hígított Weck' reagenssel (0.5 % vízben oldott ammónium hidrogén bifluorid).



Fig. 2 (jobbra): 3D nyomtatott CoCr-ötvözet, elektrolitikusan maratva 1 ml salétromsav és 0,5 ml sósav vizes oldatában.

Az elektrolitikus maratás alkalmazása összetettebb paramétermezőt eredményez, mint például a feszültség, a koncentráció, a hőmérséklet és az idő. De lehetséges néhány klasszikus maratási eljárást kiváltása elektrolitikus maratással, kevésbé veszélyes anyagokat alkalmazva. A 2. ábra egy példát mutat be erre, ahol egy CoCr-ötvözet elektrolitikus úton, alacsony koncentrációjú anyagokkal maratható.

Végül a különféle anyagokkal végzett vizsgálatok megmutatták, hogy lehetőség nyílik a veszélyes anyagok csökkentésére a materialográfiai maratási eljárásokban a standard maratószerek hígításával és módosításával, vagy módosított maratószerek alkalmazásával az elektrolitikus maratás alkalmazása mellett.

Kazup Ágota¹, Molnár Zsolt², Fegyverneki György³, Gácsi Zoltán⁴

Alumínium öntvények mechanikai és pórusszerkezeti jellemzőinek vizsgálata

Az anyagok mechanikai tulajdonságait nagymértékben meghatározzák a szövetszerkezetük, így a porozitás is. A pórusok mennyisége, mérete, eloszlása és morfológiája jelentősen befolyásolja az anyagban kialakuló mechanikai feszültségállapotokat, ami a termékek tönkremeneteléhez vezethetnek. A pórusszerkezet jellemzőinek vizsgálatával a törés helye megbecsülhető. Kutatásunkban alumínium öntvényekben előforduló pórusok jellemzőinek a mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatását vizsgáljuk, ugyanis a szakirodalomban nincs egységes álláspont arra vonatkozóan, hogy mely pórusjellemző, és milyen módon van leginkább hatással a szakítószilárdságra és az alakváltozás mértékére.

A kutatás során pórusszerkezeti (CT: 3D, illetve SEM: 2D), illetve húzó mechanikai vizsgálatokat végeztünk. A szakítóvizsgálatok után meghatároztuk a törés helyét, valamint a helyi porozitást is jellemeztük. Emellett vizsgáltuk a töretfelületeken látható pórusokat is. Az eredményeket összehasonlítottuk, majd meghatároztuk a közöttük fennálló kapcsolatokat.

A kutatás eredményeképpen javaslatot teszünk, hogy mely pórusjellemzőkkel lehet a legmegbízhatóbban vizsgálni a pórusszerkezeti és mechanikai összefüggéseket. Feltárjuk, hogy mely pórusjellemző milyen feltételekkel idézi elő a repedést és a tönkremenetelt a szakítóvizsgálat során. A kutatást a NEMAK Győr Kft. támogatja, ugyanis a kutatómunka elősegíti az ipari technológiai folyamatok fejlesztését.

¹ Miskolci Egyetem, Miskolc

² NEMAK Győr Kft., Győr

³ ME-FOI ill. NEMAK Győr Kft., Győr

⁴ ME-FKNI, Miskolc

Kondás Béla, Mertinger Valéria

Lágyacélok öregedett állapotának újradefiniálása

A lágyacélok öregedése rendkívül káros a feldolgozóipar számára, mivel a megváltozó mechanikai tulajdonságok sok esetben megnövekedett belső selejt képződéshez vezetnek. A keletkező többletköltségek veszélyeztetik a vállalatok versenyképességét, gazdaságos működését. Lényeges ezért a lágyacélok ipari környezetben végbemenő öregedési folyamatát minél alaposabban megismerni.

Cél: Kutatásom céljából tűztem ki az öregedés annak a fokának a megállapítását, amely az alakíthatóságot kritikus módon lerontja.

Eredmények: A szakirodalomban az öregedett állapot kialakulását elsősorban a szakító

diagramban megjelenő alsó és felső folyáshatár megjelenéséhez kötik. A modern szakítógépek és azok vezérlései ma már lehetőséget nyújtanak a szakítási paraméterek finom beállítására. Az egyes paraméterek változtatásával ugyanazon minta folyáshatárának kialakulása könnyen manipulálható ezért az öregedés klasszikus módon történő meghatározását ma már nem nevezhetjük kellően egzaktoknak. Az öregedett állapotot sokkal pontosabban definiálhatjuk, ha megtaláljuk azt a pontot, ahol az alakíthatóság kritikus módon leromlik. Ezt az állapotot technológiai próbák eredményei alapján lehet a legpontosabban definiálni.

Tatár Levente¹, Bereczki Péter²

Folyásgörbe, kontrakció és végelemek

Fémek folyásgörbáját általában sima (nem bemetszett) próbatestek szakítóvizsgálatával határozzák meg, a próbatest nyúlását extenzométerrel mérve. Ebben az elrendezésben a folyásgörbét az extenzométer által mért nyúlásból, illetve az anyagvizsgáló berendezés által szolgáltatott erőből származtatjuk. A próbatest megnyúlását a szakítóvizsgálat jelentős szakaszán a mérőhosszon jó közelítéssel egyenletesnek tekinthetjük és a folyásgörbe meghatározására egyszerű analitikus formulákat használhatunk.

Szívós anyagoknál a szakítási folyamat vége felé fellép a kontrakció jelensége, ami az egyszerű analitikus formulák további alkalmazását lehetetlenné teszi. A szakítógörbe további szakaszának meghatározásához szükség van a próbatest legkisebb keresztmetszete megfelelő keresztirányú méreteinek mérésére. A mérési zajok miatt az így kapott nyers görbe még további simításra – szűrésre, egyszerűsítésre, görbeillesztésre – szorul. A feszültség- és nyúlásállapot háromtengelyűvé válása miatt a görbe végső szakaszára valamilyen korrekciót is alkalmazni kell.

Egy anyag jellemzésére több mérés szükséges, általánosan elfogadott vélekedés szerint: „egy mérés nem mérés”, az előadásban viszont egyetlen mérés jelenti a kiindulópontot. A mérést a Dunaújvárosi Egyetemen végeztük, az Innovációs és Technológiai Minisztérium által támogatott Tématerületi Kiválósági Program 2020 (2020-4.1.1.-TKP2020) keretén belül.

A mérés során S460 jelű acélból készült próbatestet használtunk, melyről a szakítási folyamat közben digitális kamerával fényképsorozatot készítettünk. A próbatest nyúlását hagyományos módon, hosszirányú extenzométerrel is mértük. A folyásgörbét kétféle módszerrel határoztuk meg: az erőmérő cella és az extenzométer jeléből

kiindulva, a térfogatállandóság elvét figyelembe véve, illetve az erőt felhasználva és a keresztmetszet-csökkenést a fotók alapján meghatározva. A kétféle eljárással meghatározott folyásgörbe a kontrakció fellépéséig jól illeszkedik egymáshoz, utána az eltérések egyre jelentősebbé válnak.

A továbbiakban a fotók segítségével meghatározott folyásgörbét kiindulási alapnak tekintve axiálszimmetrikus modelleken számos végeelemes számítást végeztünk, különféle L/D arányú, hengeres próbatestekre. A modellek a nagy elmozdulások és nagy alakváltozások követésére alkalmas kinematikai modellre, rugalmas-képlékeny anyagmodellre épültek. Geometriájuk kezdeti állapotban idealizált, anyaguk homogén és izotróp. A szimulációk eredményei szerint a próbatest hengeres szakaszának eredetileg egyenes kontúrja a teljes folyamat során többé-kevésbé eltér az egyenestől. Következésképpen sem a feszültség, sem a nyúlás eloszlása nem tökéletesen egyenletes. Példaként említhetjük a fejrészek közelében fellépő, elkerülhetetlen kezdeti feszültségkoncentrációt. Az, hogy a nyúlás és feszültségmező kis fluktuációi hová fejlődnek, igen jelentősen függ a kezdeti geometriai arányoktól és a folyásgörbétől. A vizsgálatból kiderült továbbá, hogy a folyásgörbe kismértékben eltérő közelítése ugyanazon a geometrián akár teljesen más eredményre is vezethet. A mérésekből meghatározott folyásgörbék mellett elméleti folyásgörbéket alkalmazva közelebb kerültünk a kontrakció jelenségének megértéséhez és fellépésének előrejelzéséhez. Az eredmények arra is rámutatnak, hogy a tökéletesen ideális kiinduló alak, valamint az anyag inhomogenitásának és a tönkremeneteli folyamatoknak az elhanyagolása miatt a végeelemes számítások eredményeit érdemes jelentős fenntartásokkal kezelni.

¹ HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

² Dunaújvárosi Egyetem, Dunaújváros

Veres Zsolt^{1,2}, Kassab Al-Omari¹, Dimah Zakaraia¹, Rónaföldi Arnold²,
Svéda Mária^{1,2}, Roósz András²

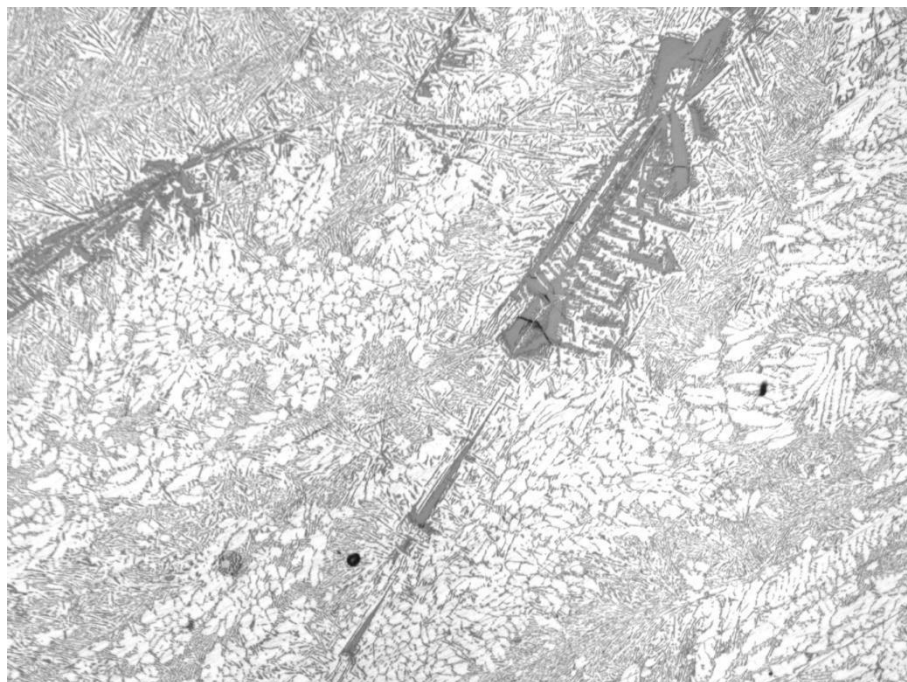
Mágneses keverés hatása a kristályosodott Al-Si eutektikum szerkezetére

A jó mechanikai tulajdonságaik és a jó formakitöltési képességük miatt az Al-Si ötvözeteket nagy mennyiségben használják az öntészetben. Az öntött alkatrészek mechanikai és fizikai tulajdonságait, az összetétel mellett, a kialakuló mikro- és makroszerkezet nagy mértékben befolyásolja. A kialakuló szövetszerkezetre, a kristályosítási paraméterek, mint a kristályosodás sebessége vagy a hőmérsékletgradiens, mellett hatással van az olvadék áramlása is.

Az olvadékáramlásnak több oka is lehet, melyek hatását úgy vizsgáljuk, hogy az áramlások mértékét igyekszünk megszüntetni vagy legalább lecsökkenteni és/vagy

megnövelni. Előbbire jó példa a mikrogravitációs környezetben történő kristályosítás, mint pl. ejtőtoronyban, parabolapályán történő repülés vagy a Föld körül keringő űreszközökben történő kristályosítás. Utóbbiak megvalósíthatók pl. centrifugában, mechanikus vagy mágneses keverés segítségével.

Forgó mágneses tér segítségével áramlásokat hoztunk létre eutektikus és hipereutektikus Al-Si ötvözetek kristályosodása közben és vizsgáltuk a kialakuló szerkezetet, különös tekintettel az eutektikum szerkezetére (1.ábra).



1. ábra Hipereutektikus Al18Si ötvözet mikroszerkezete

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

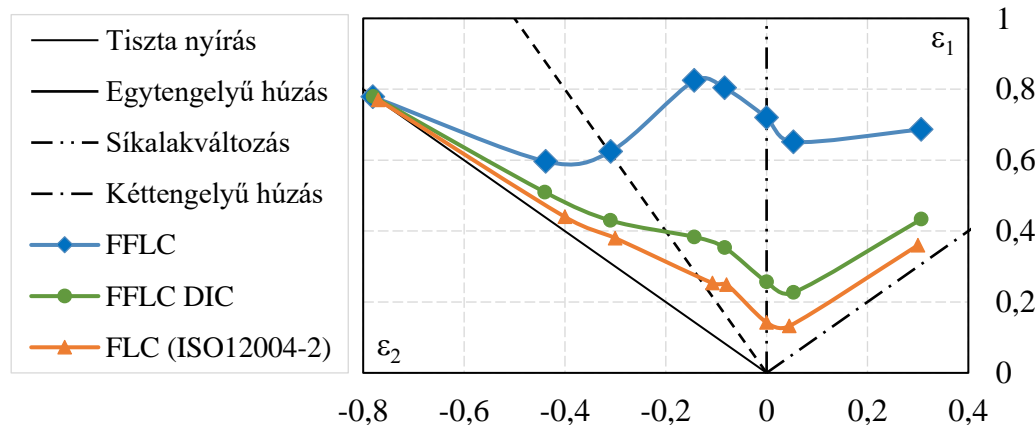
² MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport, Budapest

Gál Viktor¹, Rózsahegyi Péter¹, Lukács Zsolt²

Az alakítási határgörbe kiterjesztésének lehetősége a nyíró igénybevétellel terhelt alakváltozási tartományra

Napjainkban az elmúlt évtizedek fejlesztéseinek köszönhetően nagy mennyiségben állnak rendelkezésre a különböző nagyszilárdságú autóipari alapanyagok. Ahhoz, hogy a növekvő szilárdsággal egyre csökkenő alakváltozó képességű alapanyagokkal is komplikációktól mentesen lehessen képlékenyalakítással alkatrészeket gyártani, az alakító szerszámok tervezése mára túlnyomó többségben vége-selemes modellező szoftverek segítségével folyik. Ezek alkalmazásához szükséges az anyag alakításra adott válaszána-k definiálása, ami a rugalmas és képlékeny tartományban már nem jelent problémát. Összetettebb kérdés azonban az alakítás határállapotának γ - vagyis lemezalkatrészeknél a szakadásnak γ - a definiálása, illetve előrejelzése. Napjainkban lemezalkatrészek alakítási folyamatainál a károsodás előrejelzésére az alakítási határgörbét (Forming Limit Curve - FLC) alkalmazzák leggyakrabban. Ennek egyik legnagyobb hátránya azonban, hogy nem definiál pontokat az egytengelyű húzó illetve a tiszta nyíró igénybevétel közötti tartományban, ami a kisrádiuszú, egyenesfalú mélyhúzott alkatrészek esetén meghatározó. Ennek a tartománynak a leírására újabb és újabb vizsgálati eljárások, illetve próbatetek kerültek kidolgozásra. Az ilyen

- jellemzően egytengelyű húzó igénybevétellel terhelt - próbatetek gyártása, azok összetett geometriája miatt költség és időigényes folyamat. Vizsgálatuk kiértékelése során pedig jellemzően csak a szakadás előtti utolsó pillanatban megfigyelhető (FFLCDIC), illetve az ebből a vastagság változásának figyelembe vételével származtatott (FFLC) pontokkal definiálják a károsodást. Ezek felismerése után korábbi kutatásaink során vége-selemes modellezéssel kifejlesztésre került egy új, költséghatékonyan gyártható próbatet, mely a korszerű próbateteknek megfelelő eredményt ad. Jelen publikációban elsősorban az FLC felvételénél alkalmazott ISO 12004-2 szabványban megfogalmazott módszer alapján vizsgáljuk az egytengelyű húzó igénybevétellel terhelt nyíró és nyíró-szakító próbatetek esetében az FLC kiterjesztését tehát a szakadás előrejelzésének lehetőségét a kisebbik főalakváltozások kérdéses tartományára. A módszer felállítása után, korábbi vizsgálatainkkal együtt ábrázolva mutatjuk be az alakítási határállapot különböző értelmezéseit 1 mm vastagságú DP 800 nagyszilárdságú acélra vonatkozóan, az autóipar számára releváns alakváltozási tartományban.



1. ábra - A károsodási határ különböző megközelítései 1 mm vastagságú DP 800 acél esetén

¹ Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Miskolc

² Miskolci Egyetem, Anyagszerkezettani és Anyagtechnológiai Intézet, Miskolc

Marton Gergő Zsolt¹, Fendrik Ármin², Szebényi Gábor¹

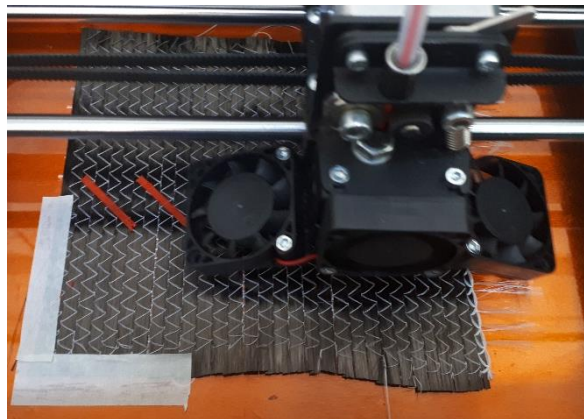
Tervezhető tönkremenetelű kompozitok előállítása

Napjainkban a polimer kompozitok egyre növekvő népszerűségnek örvendenek, amelyet leginkább kiváló tömegré vonatkoztatott, fajlagos mechanikai tulajdonságaiknak – szilárdság, merevség –, illetve tervezhetően anizotóp jellemzőiknek köszönhetnek. A hétköznapi tömegtermékek mellett alkalmazási területeik közé tartoznak a jelentős igénybevételnek kitett szerkezeti elemek is. Utóbbiak esetében azonban gátat szabhat további elterjedésüknek előnytelennek tekinthető tönkremenetelük. A kompozitok tönkremenetele rendkívül komplex folyamat, amely többnyire a különböző – az alapanyagban jelenlévő, gyártás során kialakuló, illetve üzem közben keletkező – károsodások kölcsönhatásainak eredményeként, gyakran véletlenszerű helyen, különösebb előjelek nélkül következik be.

A kompozitok megbízhatóságának növeléséhez, biztonságilag kritikus alkatrészekben történő szélesebb körű

alkalmazásához kulcsfontosságú tönkremeneteli folyamataik kontrollálhatóbbá tétele, tervezhetőségének megvalósítása, amelynek egy lehetséges módját a határfelületi adhézió lokális módosítása jelenti.

Jelen kutatásunk célja egy, a polimer kompozitok tönkremenetelének tervezhetővé tételére alkalmas eljárás kifejlesztése és vizsgálata, amellyel befolyásolható a tönkremenetel helye és módja. Ennek érdekében gyengített adhéziójú zónát tartalmazó kompozit lemezeket állítottunk polikaprolakton (PCL) termoplasztikus rétegek közötti anyag hozzáadásával, amelyet 3D nyomtatással, FDM technológiával vittünk fel az erősítőanyag felületére. Ezután a lemezekből kialakított próbatesteken mechanikai anyagvizsgálatokat végeztünk, majd a rétegek közötti anyag geometriájának függvényében értékeltük a kialakuló tönkremeneteli módot és pozíciót a különböző igénybevételi módok esetén.



1. ábra – PCL rétegek közötti anyag felvitele az erősítőanyag felületére 3D nyomtatással, FDM technológiával

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

² MouldTech Systems Kft., Zalaegerszeg

Hatos István

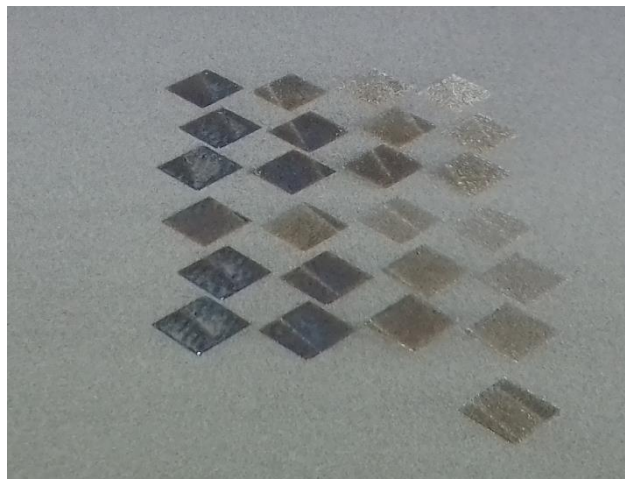
Gyártási paraméterek hatása az additív PBF darabok minőségére

Az additív gyártás közismert nevén 3D nyomtatás napjaink talán legdivatosabb és leginkább fejlődő gyártástechnológiája. Polimer additív gyártással ellentétben a fémek 3D nyomtatására nem állnak rendelkezésre általánosan hozzáférhető technológiák. A legelterjedtebb Powder Bed Fusion (PBF) eljárás vékonyan terített fémporrétegeket olvaszt össze. Az építési folyamat porterítések és lokális olvasztások sorozata. A fém nyomtatás technológiai szempontból összetett, a felépített darabok minőségét (tulajdonságait) számos paraméter befolyásolja. A legfontosabb technológiai jellemzők: por méret és alak, rétegvastagság, lézer teljesítmény, pásztázási sebesség, munkatér hőmérséklet, védőgáz összetétel, nyomtatási elhelyezés, támaszok stb.

Kutatásomban 1.2709 fémporból a lézerteljesítmény, rétegvastagság és a pásztázási sebesség paraméterek változtatásával próbatesteket készítettem, szakító- és ütve hajlító vizsgálathoz, illetve porozitás- és deformációméréshez. Próbatest

sorozaton mértem a lokális réteghagyás hatását. A porozitást 2D (mikroszkópi) és 3D (CT) módszerrel is meghatároztam. A deformáció méréshez kis merevségű mintákat készítettem, optikai digitalizálás után meghatároztam a deformálódott referencia felület egy metszetére illeszthető kör sugarát.

Megállapítottam, hogy nyomtatási paraméter változtatás hatása jól mérhető. A bevitt fajlagos energia függvényében megállapítható a legjobb mechanikai tulajdonságokat eredményező lézerteljesítmény, pásztázási sebesség és rétegvastagság összetartozó értékek. Nemcsak az alacsony, hanem az optimális értéken felüli bevitt energia is káros, növeli a porozitást és rontja a mechanikai tulajdonságokat. Az energia bevétel mértékére vizuálisan is lehet következtetni (1. ábra), míg az optimális energia bevittel készülő darab a porhoz hasonló árnyalatú, addig a túl nagy energia bevitelnél a darab túlhevül, színe sötét, felülete érdes. A fajlagos bevitt energia értékében történt kismértékű változás szakító vizsgálattal rosszul kimutatható.



1. ábra – Eltérő fajlagos energia bevittel készülő próbatestek

**Alpár Tibor L., Bejó László, Horváth Péter György, Kóczán Zsófia,
Bak Miklós, K. M. Faridul Hasan**

Fenntartható kompozit fejlesztése szénszál erősítésű faipari hulladék alapon epoxi ragasztó felhasználásával

Az elmúlt években egyre nagyobb az érdeklődés a fenntartható anyagok és kompozitok fejlesztése iránt, amelyek célja a különböző iparágak környezeti hatásainak mérséklése. A faipari műveletek során különösen nagy mennyiségű (30-60%) hulladék keletkezik, aminek felhasználására számos lehetőség kínálkozik, és könnyen alkalmas hulladékmentes technológiák megvalósítására [1]. Jelen tanulmány célja epoxigyanta kötésű kompozit termékek fejlesztése, hazai faipari gyártóhelyek mellékterméke és szénszálak felhasználásával.

Célok: A tanulmány elsődleges célja új, fokozott tűzállóságú hibrid kompozitok kifejlesztése, amelyhez szénszálakat használunk a lignocellulóz alapanyag tűzállóságának javítására. A kísérleti rostlemezek hőprésben, epoxigyantával készülnek. A konkrét célok között szerepel:

- A kompozit gyártási folyamatban használt lignocellulóz és szénszálak mérettartományának jellemzése.
- A kifejlesztett lemezek mechanikai jellemzőinek értékelése lapsíkra merőleges szakítószilárdság és a hajlítási tulajdonságok vizsgálatával.
- A kompozitok morfológiájának vizsgálata törés előtt és után pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM).
- A lignocellulóz, a szénszálak és a hőre keményedő epoxi polimerek közötti kémiai kölcsönhatások vizsgálata Fourier

transzformációs infravörös spektroszkópiával (FTIR).

- A kompozit anyag égési tulajdonságainak és hőstabilitásának felmérése.
- Változó mennyiségű szénszál erősítéssel rendelkező kompozitok méretstabilitásának elemzése.

Eredmények: A húzószilárdság és hajlítási jellemzők vizsgálata azt mutatta, hogy a kifejlesztett hibrid kompozitoknak kedvezőek a mechanikai jellemzőik. A SEM vizsgálat a lignocellulóz és a szénszálak szignifikáns jelenlétét mutatta ki a kompozit rendszerben, ezáltal fokozva annak szerkezeti integritását. Az FTIR mérések jelentős kémiai kölcsönhatásokat mutattak ki a lignocellulóz- és szénszálak, valamint az epoxi polimerek között. Ezenkívül az égésgátlási vizsgálatok jó hőstabilitást mutattak, különösen szénszálak alkalmazása esetén. Ezenkívül a kompozitok méretstabilitása a szénszálak arányának növelésével nőtt. Végül soron a lignocellulóz- és szénszálak epoxigyantával való kombinációja új megközelítést jelent a kivételes mechanikai teljesítménnyel és jelentős égésgátlással rendelkező kompozitok létrehozásához. Ezek az eredmények rávilágítanak a faipari hulladék és a szénszálak hasznosításában rejlő lehetőségekre fenntartható kompozit termékek előállítására, ezáltal hozzájárulva a hulladékcsökkentéshez és a környezeti hatások minimalizálásához az iparban.

Hivatkozás:

1. Hasan, K.F., et al., Flame-retardant hybrid composite manufacturing through reinforcing lignocellulosic and carbon fibers reinforced with epoxy resin (F@ LC), Cellulose (2023) 1-16. doi:<https://doi.org/10.1007/s10570-023-05159-y>

Nánai Lilla, Hernádi Klára

Függőlegesen rendezett szén nanocsövek szintézise vezető szubsztrátokon katalitikus kémiai gőzfázisú leválasztásos módszerrel

A függőlegesen rendezett szén nanocsövek (VACNT) kiemelkedő felületi és elektromos tulajdonságainak köszönhetően a jövőben szerves részei lehetnek kompozit anyagoknak és számos mikroelektronikai eszköznek. A tudomány jelen állása szerint a VACNT-k előállítása kizárólag katalitikus kémiai gőzfázisú leválasztásos (CCVD) eljárással valósítható meg, amely nagy mértékben függ mind a katalizátor vékonyréteg kialakításának, mind a CCVD szintézis körülményeitől.

Jelen kísérleti munkánk célja az volt, hogy információt kapjunk arról milyen hatással van a VACNT k szerkezetére az egyszerű és költséghatékony rétegépítési (bemerítéses (dip coating) és kézi porlasztásos (manual spray coating)) eljárásokkal kialakított, különböző összetételű vas-kobalt katalizátorrétegek, valamint a katalizátorréteg kialakítása előtt kialakított hordozórétegek (Al_2O_3 , TiO_2). Továbbá vizsgálni kívántuk, hogy a kísérletek során, mind a rétegépítéskor, mind a szintézis során az egyes paraméterek (szubsztrát, hőkezelés, összetétel, reakcióhőmérséklet, reakcióidő, alkalmazott gázok áramlási sebessége, vízgőz stb.) hogyan befolyásolják a szintézis végeredményét. A CCVD szintéziseket vezető szubsztrátokon

(titán és alumíniummal adalékolt cink-oxid (AZO)) kívántuk kivitelezni. Az előállított mintákat pásztázó elektronmikroszkópiával (SEM), transzmissziós elektronmikroszkópiával és Raman-spektroszkópiával terveztük jellemezni.

A kísérleti eredmények alapján megállapítottuk, hogy az egyszerű rétegépítési eljárások, mint a bemerítéses és kézi porlasztásos eljárások alkalmasak a VACNT-k szintéziséhez nélkülözhetetlen katalizátorréteg kialakítására. A titán szubsztrát esetében megállapítottuk, hogy a hőkezelés alkalmazása hozzájárult a magasabb és jobb grafitos tulajdonságokkal rendelkező szén nanocsövek előállításához. Az AZO szubsztrát esetében megállapítottuk, hogy a $650\text{ }^\circ\text{C}$ -os hőmérsékleten szintetizált szén nanocsövek szerkezete és orientációja kiemelkedőbb a többi mintához képest, valamint az Al_2O_3 hordozó réteg elengedhetetlen a katalizátor nanorészecskék egyenletes eloszlásához és megtapadásához az AZO felületén, illetve közvetetten a VACNT-k növekedéséhez. A kísérletek során az AZO esetében $5\text{-}9\text{ }\mu\text{m}$ magas, míg a titán esetében $15\text{-}25\text{ }\mu\text{m}$ magas, többfalú VACNT-eket sikerült előállítanunk.

Mészáros László^{1,2}, Petrény Roland¹

Polimer mátrixú nano- és hibridkompozitok lineárisan viszkoelasztikus viselkedésének határa

A polimer mátrixú nano- és hibridkompozitok kiemelkedő jelentőséggel bírnak a modern anyagtechnológiában. Ezek az összetett anyagok rendkívül széles körben alkalmazhatók. Az ilyen kompozitok kombinálják a polimerek és a nanorészecskék, illetve mikroméretű erősítőanyagok különleges tulajdonságait, mint például a nagy szilárdság, merevség vagy vezetőképesség. Ezáltal lehetőséget teremtenek az új generációs könnyű, erős és funkcionális anyagok fejlesztésére, amelyek előnyös hatást gyakorolhatnak az ipar, az energetika, a járművek és más területek fejlődésére. Ahhoz, hogy a műszaki gyakorlatba egyre szélesebb körben elterjedjenek ezek a kompozitok, a mechanikai viselkedésüket alaposan fel kell tárni, majd ez alapján gyakorlatban használható modelleket kell létrehozni.

A polimerek szilárdsági méretezéséhez használt összefüggések jellemzően a lineárisan viszkoelasztikus tartományban érvényesek, ekkor ugyanis a feszültség és a deformáció között lineáris összefüggés van. A viszkoelasztikus tartomány határára a polimerben lévő adalékanyagok hatást gyakorolnak. Különösen nagy hatása lehet a nanorészecskéknek, ugyanis azon nagy fajlagos felülettel rendelkeznek, így számos molekulával lépnek kapcsolatba, és ez által

megváltoztatják azok molekuláris szintű viselkedését, amely hatással van a makroszintű tulajdonságokra is.

Célok: A kutatás során célunk volt feltárni a csak szén nanocsövet, valamint szén nanocsövet és szénszálat is tartalmazó nano- és hibridkompozitok terhelésfüggő mechanikai viselkedését feltárni a lineárisan viszkoelasztikus viselkedés határának megállapítása érdekében. A kutatásainkat poliamid 6 és politejsav mátrixok esetén végeztük.

Eredmények: A csak nanocsövet tartalmazó kompozitokban a lineárisan viszkoelasztikus viselkedés határa csökkent, amely várható is volt révén a nanorészecskék eloszlottsága ebben az esetben nem egyenletes, az aggregátumok jelenléte kedvezőtlen hatású. Ugyan így a szénszál jelenléte is csökkentette a tartományt. Itt meg kell jegyezni, hogy bár a tartomány szélessége csökkent, de a terhelés nagysága egy nagyságrenddel nagyobb volt ebben az esetben, mint a nanokompozitoknál. Hibridkompozitok esetén azonban a határ kiszélesedett a szénszálalás kompozitokhoz képest. Ez a nanorészecskék egyenletes eloszlásának, és ez által a feszültség-homogenizáló szerepüknek köszönhető.

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

² HUN-REN-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, Budapest

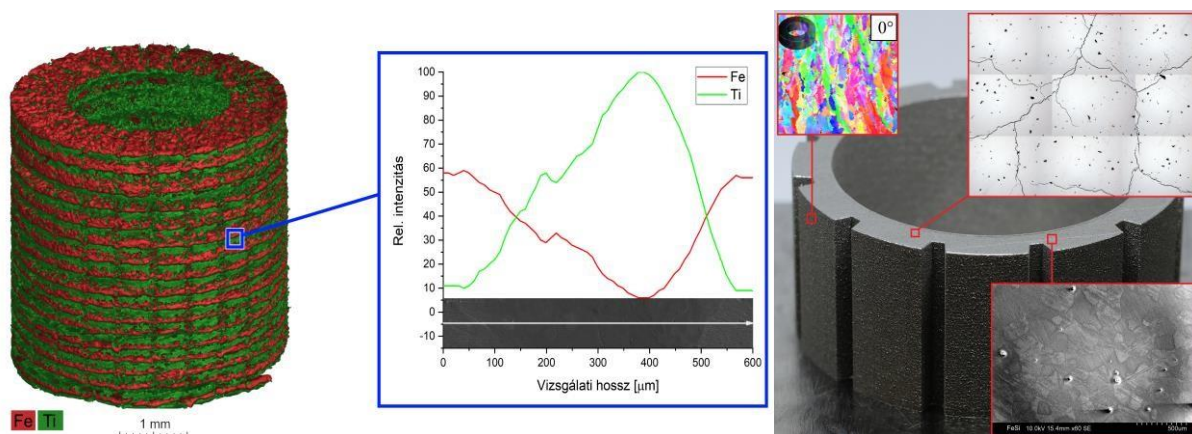
Kocsis Bence

Különleges anyagok egyedi 3D lézerszinterezése

A korszerű elektromos berendezések fenntartható és környezetbarát megvalósítása, üzemeltetése a modern mágneses anyagok fejlesztése és az új technológiák alkalmazása nélkül nem valósíthatók meg. A szervesetlen szigetelőfázissal ellátott lágymágneses kompozitok (SMC) és a fém 3D nyomtatás szinergiája új szintre emelheti a személyi közlekedésben zajló elektrifikációt.

A kutatásom célja egy olyan fém-szigetelő lágymágneses kompozit megalkotása volt, amelynek szigetelő fázisa valamilyen szervesetlen anyagból áll annak érdekében, hogy képes legyen az elektromotorok tengelyén fellépő magas hőmérsékletnek ellenállni. A két anyag szerkezeti integritásának biztosítása pedig kulcsfontosságú szerepet játszik ezen anyagok forgó villamos gépekben történő alkalmazhatóság szempontjából. A kompozitok megfelelő anyagválasztás esetén mag-héj és réteges szerkezetben is előállíthatók 3D lézerszinterezési eljárással.

A 3D nyomtatási eljárást egyedi módon átalakítva egy saját szabadalmaztatott eljárás és anyagösszetétel révén sikerült előállítanom Fe-TiN réteges szerkezetű lágymágneses kompozitot. A rétegvastagság a klasszikus lemezelte vasmagokhoz képest akár 20 – 40 μm -re is lecsökkenthető. Az additív gyártás alkalmazásának előnyei közül kiemelendő, hogy nagyfokú geometriai szabadságot biztosít az egyes komponensek tervezése esetén, valamint olyan ötvözetek is megmunkálhatóvá válnak, amelyek klasszikus gyártástechnológiákkal nem vagy csak nehezen kezelhetők. A lézerszinterezési paraméterek és egyedi pályagenerálás révén lokálisan módosítható akár rétegen belül is az anyag mágneses tulajdonsága (doménszerkezete). Az így előállított vasmagokban lecsökkenthetővé válik az örvényáramú veszteség, amely magasabb működési frekvenciatartományt, nagyobb energiasűrűséget és további miniatürizálást enged meg a mérnököknek, a teljesítmény csökkenése nélkül.



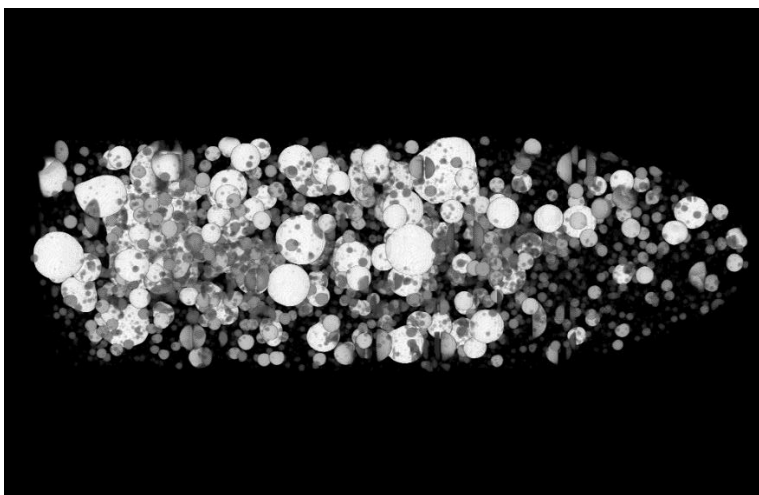
1. ábra – Rétegelt szerkezetű Fe-TiN SMC (bal) és lézerszinterezett Fe-6,5wt%Si sztátor (jobb).

Szoboszlai András, Budai István

Cellás szerkezetek gyógyszerészeti alkalmazása

A celluláris anyagoknak számos ismert alkalmazási területe van, a repülőgépipartól az élelmiszer-előállításán át a gyógyszeriparig. Az ilyen típusú szerkezetek felhasználói számára a hasznos alkalmazások széles skálája áll rendelkezésre. A gyógyszeripar is felismerte az előnyöket, pl. alacsony sűrűség, felhajtóerő, hordozó- és gyógyszer mennyiség csökkentése, szabályozható hatóanyag-leadás, hosszabb tartózkodási idő. Az alacsony sűrűségű lebegő

formulák megnövelhetik a gyomorban a gyógyszerek tartózkodási idejét; ezért a hatóanyag-felszabadulás tartós lesz. Célunk volt stabil lebegő gyógyszerforma előállítása habosítással. A mátrix kiválasztásának fő szempontja a minimális irritáció továbbá természetes növényi forrás. A cellás szerkezet előállítására (1 percnél rövidebb idő alatt) szonokémiai módszert alkalmaztunk.



1. ábra – Szilárd lebegő habkapszula és mikroCT-felvétel a buborékeloszlásról

- G. Vasvári, Á. Haimhoffer, L. Horváth, I. Budai, et al. AAPS PharmSciTech, 2019, 20:290
Á. Haimhoffer, G. Vasvári, I. Budai, F. Fenyvesi, et al. AAPS PHARMSCITECH 2021, 22:5, 187,
Á. Haimhoffer, G. Vasvári, J. Tóth, I. Budai, et al. PHARMACEUTICS, 2021, 13:10, 1571
A. Szoboszlai, I. Budai, Nyíregyházi Egyetem 2022 138-144

Bubonyi Tamás¹, Barkóczy Péter², Kemény Alexandra³, Gácsi Zoltán²

Kompozit fémhab szerkezetének kvantitatív vizsgálata

A kompozit fémhabok (CMF-ek) vizsgálata számítógépes tomográfia (CT) segítségével új lehetőségeket nyit meg a kutatók előtt. A röntgensugarak segítségével az anyag belső szerkezetéről is kaphatunk információkat, anélkül, hogy bármiféle fizikai roncsolás torzítaná a kialakított habszerkezetet. A vizsgáló technika nagy előnye, hogy nagy felbontású vetületi képek sorozatát készíti el a mintáról, amelyből később számítógépi rekonstrukció segítségével lehet a teljes digitális háromdimenziós szerkezetet előállítani. Első körben a teljes belső szerkezet feltérképezhető a vizsgálat segítségével, így információk lesz a habot alkotó belső szerkezetről, a pórusok méretéről, alakjáról, illetve a helyéről.

Modern képelemző eljárások segítségével további hasznos információkat lehet meghatározni a szerkezetről, amelyben már

akár számszerű (kvantitatív) adatokat ismerhetünk meg az erősítő fázis térbeli eloszlásáról, miszerint található-e valamilyen szabályozott rendeződés vagy csoportosulás a szerkezetben. Az így kapott szerkezeti jellemzők kulcsfontosságú információkat hordoznak a további vizsgálati lehetőségek szempontjából, hiszen a csoportosult pórusok mechanikai viselkedése eltérő lehet a szerkezet többi részéhez képest. A CT vizsgálat eredményei gyakran valamilyen bemenő paraméterként szolgálnak valamilyen mechanikai viselkedést szimuláló szoftver számára is.

A kereskedelmi forgalomban elérhető képfeldolgozó, képelemző eljárások azonban sokszor limitált funkcionalitással rendelkeznek, így a minősítésekhez szükséges képi információk kinyerése és feldolgozása új kihívásokat állít fel.

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

² Miskolci Egyetem, Miskolc

³ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest

**Mertinger Valéria¹, Kárpáti Viktor^{1,2}, Nagy Erzsébet¹, Szabó Gábor³,
Koncz-Horváth Dániel¹, Barna Dániel²**

Újgenerációs szupravezető kompozit fejlesztése SuShi szeptum mágneshez

Az Európai Nukleáris Kutatási Szervezet (CERN), a Wigner Kutatóközpont és a Miskolci Egyetem egy közös kutatási tevékenységének célja egy újgenerációs szeptum mágnes, szupravezető lemezes kompozit alkatrészének előállítása. NbTi/Nb/Cu rétegrendű szupravezető lemezes kompozitot már állítottak elő a múlt században, viszont a kompozit előállítási technológiájáról csak rendkívül korlátozott mennyiségű információ áll rendelkezésre. A gyártó – a Nippon Steel Ltd. – nem érdekelt az ismeret átadásában, viszont a termékre szükség van a szeptum mágnes megépítéséhez. A kutatómunka célja egy a múlt században előállított kompozit struktúrától

jobb/olcsóbb lemezes kompozit előállítása. A projekt keretében már sikerült előállítani eltérő szekvenciájú NbTi/Nb/Cu lemezes kompozitokat az eredeti japán technológia ismerete nélkül. Az új tudományos és technológiai kihívást a nióbium - mint diffúzió gátló réteg - elhagyása jelentette költségcsökkentés céljából úgy, hogy szupravezető és alakíthatósági tulajdonságok jelentős mértékben ne romoljanak. A NbTi/Cu lemezes kompozit előállítása során felmerült kérdés: melyik az a technológiai paraméter együttes, amely a megfelelő szerkezetet biztosítja?

¹ Miskolci Egyetem Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

² Wigner Fizikai Kutatóközpont, Nagyenergiás Fizikai Osztály, Budapest

³ Miskolci Egyetem Fémtani, Fémelőállítási és Öntészeti Intézet, Miskolc

**Kárpáti Viktor^{1,2}, Kaptay György¹, Végh Ádám¹, Koncz-Horváth Dániel¹,
Nagy Erzsébet¹, Barna Dániel², Szabó Gábor³, Mertinger Valéria¹**

Keresztdiffúziós határfelületi folyamatok NbTi/Cu szupravezető kompozitban

A CERN, a Wigner Fizikai Kutatóközpont és a Miskolci Egyetem közös együttműködésének célja árnyékoló lemezes kompozit előállítása. A szupravezető kompozit előállítását meleg és hideghengerléssel végezzük, a funkcionalitást biztosító szövetszerkezetet pedig különböző hőkezelésekkel hozható létre. Kutatómunkánk során vizsgáltuk, hogy milyen

vegyületképződési folyamatok mennek végbe a NbTi/Cu határfelületén abban az esetben, ha a meleghengerlés során az diffúzió gátló Nb réteg felszakad, vagy költségcsökkentés céljából elhagyjuk azt. Kis alakváltozás okozta mechanikus kötés esetén termodinamikai számításaink és kísérletei eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a különböző hőmérsékletű hőkezelések hatására a NbTi/Cu réteghatáron minőségi változás nem

következik 820°C-ig. A hőmérséklet további emelésével viszont az olvadékfázis megjelenésének következményeként a

határfelületen különböző sztöchiometriájú Cu-Ti vegyületek keletkeztek. Jelen kutatómunkában bemutatjuk, hogy mi történik abban az esetben, ha a különböző hőmérsékletű hőkezeléseket úgy végezzük, hogy a NbTi és Cu rétegek között nagy alakváltozás hatására fémes kötés alakul ki. Továbbá ismertetjük, hogyan állítottunk elő saját ötleten alapuló nióbium mentes kompozit lemez hengerléssel úgy, hogy a réteghatár egybefüggő vegyültreteget nem tartalmaz. Tudományos nyitott kérdés, hogy milyen hatása van a szupravezető tulajdonságokat biztosító α -Ti képző hőkezeléseknek a NbTi/Cu határfelületre?

¹ Miskolci Egyetem Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

² Wigner Fizikai Kutatóközpont, Nagyenergiás Fizikai Osztály, Budapest

³ Miskolci Egyetem Fémtani, Fémelőállítási és Öntészeti Intézet, Miskolc

Petrik Péter^{1,2}

Határfelületi jelenségek folyamatkövető mérése ellipszometriával

Az előadás célja az ellipszometria legfontosabb tulajdonságainak, és az azokhoz kötődő lehetőségeknek a bemutatása az anyagtudományban, különös tekintettel a folyamatkövető mérésekre. A határfelületi struktúrák tulajdonságai (kémiai, elektromos, optikai, stb.) jelentős hatással vannak az érzékelő eszközök teljesítményére. Ezeknek a tulajdonságoknak nemcsak az optikai érzékenységet kell növelniük, hanem kémiailag is kompatibilisnek kell lenniük a határfelületi folyamatokkal, például a célmolekulák adszorpciójával. Az határfelületi reakcióképesség és elektromos tér növelésének egyik hatékony módja a plazmonika alkalmazása (Kalas et al., Appl. Surf. Sci. 421, 585), amely forró elektronokat hoz létre (Budai et al., Nat. Comm. 13, 6695). Az adszorbeált molekulák abszorpciós csúcsaihoz Bragg multiréteg szerkezetek tervezhetők, amelyek alkalmazásával lehetővé válik a rezonancia spektrális helyzetének a hangolása (Kalas et al., Appl. Surf. Sci. 536, 147869). Az összetétel és az anyagi tulajdonságok széles skálájának feltárására kombinatorikus módszerek alkalmazhatók (Kalas et al., Sci. Rep.

10, 19266), ami a plazmonikával egyesítve új folyamatkövető folyadékcellás mérési lehetőségeket teremt (Kalas et al., Appl. Surf. Sci. 606, 154770). A szilárd-folyadék határfelület vizsgálatának hullámhossztartománya szilícium membránt használó folyadékcellával kiterjeszhető a közép infravörös tartományba (Romanenko et al., Anal. Chem. 93, 981). Továbbá a szelektív affinitást mutató, genetikai mérnökség alkalmazásával létrehozott flagelláris filamentumok felületre való rögzítésével Ni (Labadi et al., ACS Biomat. Sci. Eng. 6, 3811) és As (Jankovics et al., Sci. Rep. 11, 3497) detektálás valósítható meg folyadékfázisban. A határfelületi jelenségek általunk alkalmazott új módszere a ciklikus voltammetria és a spektroszkópiai ellipszometria együttes folyamatkövető alkalmazása. A nanométer alatti érzékenység különösen hasznos az elektrokémiai folyamatok tömegtranszport jelenségeinek és a 2D rétegek képződésének jellemzésére (Pálinkás et al., Nat. Comm. 13, 6770), kihasználva az in-situ képességeket még magas hőmérsékleten is (Mukherjee et al., ACS Omega 8, 3684).

¹ Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet, Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

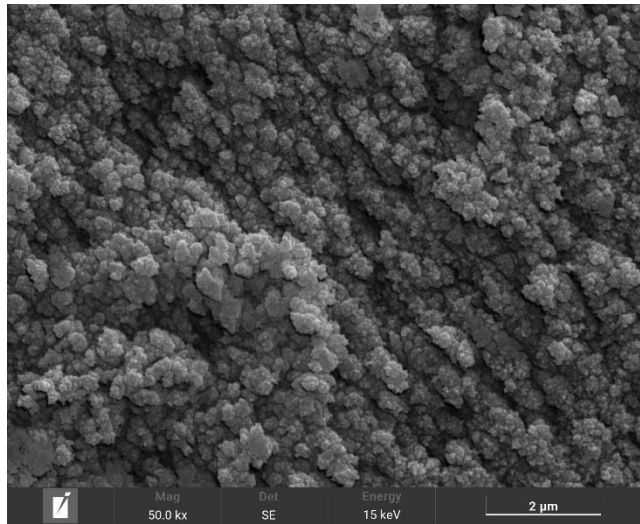
² Debreceni Egyetem, Villamosmérnöki Tanszék, Debrecen

Windisch Márk^{1,2}, Maloveczky Anna¹, Szabó T. József¹, Rigó István³,
Veres Miklós³, Fürjes Péter⁴, Dankházi Zoltán², Vida Ádám¹

Lézeres anyagmegmunkálással létrehozott, felületerősített Raman-spektroszkópiában alkalmazott hordozó vizsgálata

A lézeres anyagmegmunkálás egyik kevésbé elterjedt, ugyanakkor számos lehetőséget magában rejtő területe a lézeres felületkezelés. A lézeres megmunkálás e típusa során különböző méretű és formájú periodikus struktúrák, röviden LIPSS-ek (Laser-induced Periodic Surface Structures) hozhatók létre. A kialakított periodikus felületek sokszínű

morfológiai és anyagszerkezeti tulajdonságaik révén számos ipari felhasználással bírnak. Az egyik lehetséges alkalmazás, a felületerősített Raman-spektroszkópiában (Surface-enhanced Raman Spectroscopy) alkalmazott SERS-hordozó. Az előadás során, az általunk kifejlesztett hordozó SERS-erősítésével kapcsolatos eredményeinket mutatom be.



Szilícium egykristályon kialakított aranyozott SERS hordozó felülete.

A kísérleti munka során szilícium egykristály felszínén femtoszekundumos idejű impulzslézerrel hoztunk létre mikro- és nanoméretű felületi mintázatokat. A strukturált felszínt — SERS-hez szükséges plazmonikus tulajdonságok eléréséhez — aranyréteggel vontuk be. A létrehozott SERS-hordozó erősítését Rodamin 6G/B oldat segítségével vizsgáltuk. A Raman-mérések során megállapítottuk a szóban forgó vizsgált anyagok kimutatási határát, illetve

összehasonlítottuk néhány, a kereskedelmi forgalomban kapható termék SERS-erősítésével is.

A létrehozott SERS-hordozón mért eredmények ismertetését követően a hordozó folyamatban lévő fejlesztéseit mutatom be, külön kitérve a strukturált felület kémiai úton történő ezüst réteggel való bevonására.

¹ Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest

² Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Anyagfizikai Tanszék, Budapest

³ Wigner Fizikai Kutatóközpont, Alkalmazott és Nemlineáris Optika Osztály, Budapest

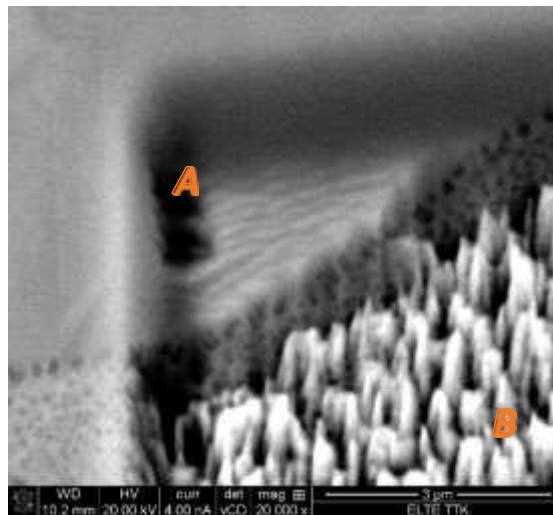
⁴ Energiatudományi Kutatóközpont, MFA Mikrorendszerek Laboratórium, Budapest

Dankházi Zoltán¹, Windisch Márk^{1,2}

Szilárdtest felületen kisenergiás ionokkal kialakított mikro- és nanostruktúrák vizsgálata

Az 1960-as évek elején jelent meg az első ionsugaras kezeléssel kialakított felületi hullámosságról szóló publikáció. Azóta egyre szélesebb körben terjed ez a megmunkálási technológia, és ahogy fejlődik, egyre nagyobb körben alkalmazzák. A felületi hullámosság kialakulása, alkalmazástól függően, hasznos és nem kívánt jelenség is lehet. A periodikus struktúrák kontrollált létrehozása, illetve elkerülése érdekében az elmúlt évtizedekben számos elméleti leírás született. A mikro- és nanotechnológia fellendülésének következményeként a 20. század végétől az

ionbombázással kialakított felületi struktúrák vizsgálatához kapcsolódó publikációk száma megsokszorozódott. A kísérleti munkákat csoportosíthatjuk az alkalmazott ionok fajtája, energiája vagy a besugárzott anyag elektromos vezetőképessége, továbbá összetétele, szerkezete és morfológiája szerint. Ez utóbbi szempontok szerinti viselkedés figyelhető meg az ábrán, ahol Ga^+ besugárzás hatására ugyanazon minta szomszédos részeiben, teljesen eltérő mintázat alakult ki.



Nagyentrópiájú ötvözet két szemcséjének eltérő viselkedése 30 keV-os Ga^+ nyaláb használatakor: A) hullámok keletkezése; B) oszlopos szerkezet.

100 eV és 30 keV energia- valamint 0° – 85° szögterományban Ar^+ és Ga^+ besugárzással hoztunk létre felületi struktúrákat hagyományos ionágyú, illetve fókuszált ionnyaláb segítségével, többnyire Si egykristályon. A felületi morfológiát pásztázó elektronmikroszkóppal és atomierő-mikroszkóppal vizsgáltuk.

Az előadás első részében röviden áttekintem a tárgyban megjelent legfontosabb kísérleti- és elméleti eredményeket, majd saját méréseink bemutatása után összehasonlítom azokat az irodalomban található adatokkal.

¹ Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Anyagfizikai Tanszék, Budapest
² Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest

János Kónya¹, Kovács Tünde Anna² Hargitai Hajnalka³

Felületkezelési technológia fejlesztése, 3D nyomtatással gyártott Titán ötvözet implantátum, szöveti integráció javítására

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 a különböző technológiákkal gyártott és eltérő felületi minőségű implantátumok szövetintegrációs hatásának vizsgálata volt a cél. Titán ötvözet alapanyag esetén a felületkezelési technológia és a szövetintegráció közötti kapcsolatot tártam fel és a felületkezelési technológiát optimalizáltam 3D nyomtatás esetén. A

különböző technológiákkal előállított Ti6Al4V ötvözetek felületi érdességét vizsgáltam polírozás, homokszórás (Al₂O₃ és ZrO₂), savmaratás és ez utóbbi két eljárás egymást követő alkalmazásával. Minden gyártási technológia esetén a felületelőkészítés, illetve felületkezelést azonos paraméterekkel végeztem.

Célok: A kutatásom fő célkitűzése, hogy a 3D nyomtatás során megvizsgáljam a nyomtatási orientációk függvényében a hagyományos SLA felületek felületérdességét a szöveti integráció szempontjából.

Eredmények: A vizsgálatok eredménye alapján megállapítottam, hogy mely (0°, 45°, 90°) 3D nyomtatási orientáció ideális a legmegfelelőbb a szöveti integráció eléréséhez.

¹ Dent-Art-Technik Kft., Győr

² Óbudai Egyetem, Budapest

³ Széchenyi István Egyetem, Győr

Czagány Máté, Hompoth Szabolcs, Baumli Péter

Kémiai redukciós Ni-B bevonatok szuperkapacitív tulajdonságaink vizsgálata

A környezettudatos modern társadalmunk egyik legfontosabb törekvése a megújuló energiaforrások alkalmazására történő átállás. Ezen alternatív energiaforrások változékony természetének kiegyensúlyozása, illetve a mindennapi életünkben a napról-napra fejlődő elektronikai eszközök, elektromos járművek energiaellátása az energiatárolás hatékonyságának korszerűsítését igényli. Ennek leghatékonyabb eszköze az elektrokémiai energiatárolás, melynek uralkodó képviselői napjainkig a lítium-ion akkumulátorok. Ezen akkumulátorok feltöltési ideje a sajátos működési mechanizmusok miatt meglehetősen sok időt vesz igénybe, illetve csak relatíve kis teljesítmény leadására képesek (500-2000 W/kg) korlátozott élettartammal (~1000 ciklus). Ezen hátrányok kiküszöbölésének ígéretes képviselői a szuperkondenzátorok, melyek energiasűrűségük, illetve teljesítményleadásuk alapján az akkumulátorok, illetve a hagyományos kondenzátorok közötti kiemelt helyet töltik be, energiatároló képességük azonban alulmarad az akkumulátorokkal szemben [1-2]. A tématerületen belül született

legújabb kutatások ezen probléma megoldására törekednek [3-4].

Kutatásunk során amorf szerkezetű kémiai redukciós Ni-B bevonatokat hoztunk létre AISI 1345 acél felületén. A bevonatok felületi morfológiája, illetve B-tartalma a bevonatképző fürdő hőmérsékletének, illetve a fürdők összetételének változtatásával módosítható volt. Ezt követően ciklikus voltammetria (CV) illetve galvanosztatisztikus töltés-kisülés (GCD) mérési módszerekkel vizsgáltuk a bevonatok szuperkapacitív viselkedését. Megállapítottuk, hogy egyértelmű kapcsolat van a bevonatok mikroszerkezete, B-tartalma és kapacitív viselkedése között. Az elérhető maximális kapacitást alapvetően a bevonatban található B ötvözőelem mennyisége határozza meg, amihez a bevonat felületének nagysága és a bevonatot felépítő részecskék mérete szintén hozzájárul. Megállapítható volt továbbá, hogy a bevonatok részecskeméretét a fürdő hőmérséklete és a B-tartalom együttesen határozza meg.

Irodalom

- [1] Poonam, K. Sharma, A. Arora, S.K. Tripathi, Review of supercapacitors: Materials and devices, Journal of Energy Storage. 21 (2019) 801-825.
- [2] P. Bhojane, Recent advances and fundamentals of Pseudocapacitors: Materials, mechanism, and its understanding, Journal of Energy Storage. 45 (2022) 103654.
- [3] K. Nuilek, W. Wongwiriyan, V. Sattayarut, A. Simon, D. Koncz-Horváth, T. Ferenczi, F. Kristály, P. Baumli, Comparison of acid exfoliators in carbon nanosheets synthesis from stinging nettle (*Urtica dioica*) for electrochemical applications, Sci Rep. 10 (2020) 17270.
- [4] J. Yus, Z. Gonzalez, A.J. Sanchez-Herencia, A. Sangiorgi, N. Sangiorgi, D. Gardini, A. Sanson, C. Galassi, A. Caballero, J. Morales, B. Ferrari, Semiconductor water-based inks: Miniaturized NiO pseudocapacitor electrodes by inkjet printing, Journal of the European Ceramic Society. 39 (2019) 2908-2914.

**Gillemot Ferenc, Horváth Márta, Cinger Dávid, Hargitai Balázs,
Szenethe Ildikó, Móritz Szilvia**

Mestergörbe meghatározása mini CT próbatesten

A "Mestergörbét" a ferrit-martenzites acélok vizsgálatára fejlesztette ki Kim Wallin. A félempirikus vizsgálati módszer lényege, hogy kisméretű próbatesteken meg tudja határozni a törési szívósságot, átszámolni nagyobb méretre és a képlékeny-rideg átmenet tartományában a hőmérséklet függvényében felrajzolni.

8 db 0.16 CT próbatest kivágható egy Charpy próbatest maradékából. Ez azt jelenti, hogy két Charpy próbatest maradékai elegendőek lehetnek egy teljes Mestergörbe meghatározásához.

A kis próbatestek megbízható használatára körvizsgálatot szerveztünk az EK, a finn VTT, a holland NRG, és a cseh UJV intézetek részvételével. A vizsgálatokhoz az EK biztosított törött Charpy próbatesteket 1000 MW-os WWER reaktor kovácsolt anyagából. A négy intézet által elvégzett vizsgálatok eredményei meglepően jó egyezést mutattak, ugyanakkor számos olyan vizsgálati nehézség adódott, ami nagyobb próbatestek esetén nem szokványos:

A 0.16CT (10*9,6*4 mm) próbatesteket 2 mm átmérőjű csapokon lehet megterhelni. A csapok furatainak a felületre merőlegesnek kell lennie,

különben a nagyszilárdságú acél csapok meghajlanak, vagy törnek. Nagyobb méretű próbatesteknél a csapok vastagabbak, és a csap deformációja, törése nem jellemző. Hasonlóan kisméretű eltérés a merőlegességtől sem okoz problémát, a 0.16 CT próbatestek furatai azonban csak NC marógépen készíthetők el megfelelő minőségben.

A próbatestek előrepszítése is problémás, gömbcsuklós befogók használata célszerű, mert a merev befogók esetében sok a féloldalas fáradt repedés.

Az előrepszítés tűrése $\pm 0,4$ mm. Ennek mérése akár optikai úton, vagy a próbatest deformációjából számítva is nehézkes, a mérőműszerek (extenzométerek) érzékenysége nek alsó határán van a fárasztási ciklus által okozott repedés kinyílás

A próbatest mini mérete miatt az egyes mérések szórása megnő. A Mestergörbe szabványa (ASTM-E-1921) a szórásból határozza meg az anyag inhomogenitását, ennek következtében inhomogénnek ítélt meg anyagokat, holott csak mérési szórásról van szó.

Az előadás bemutatja ezeket a problémákat és a megoldás módjait is

**Szenthe Ildikó, Cinger Dávid, Móritz Szilvia, Hargitai Balázs,
Csikós Kristóf Andor, Gillemot Ferenc, Horváth Márta**

Fúziós célú anyagtudományi kutatások Magyarországon

A fúziós reaktorok működési körülményei között a magas hőmérséklet, a felszabaduló elemi részecskék fizikai és kémiai hatásai a jelenleg tervezett működési élettartam alatt korábban nem tapasztalt mértékben és módon öregítik az anyagokat, ezért a kiválasztásuk hosszú ideig tartó feladat. Az európai fúziós kutatási program koordinálását végző konzorcium, az EUROfusion a "Fúziós útiterv" lépéseiként épülő ITER és a tervezés alatt álló DEMO fúziós reaktorok megvalósításához a "MAT" munkacsomagban végzi az anyagtudományi kutatásokat. Magyarországon az Energiatudományi Kutatóközpont vesz részt ebben a munkában, korábban az ITER, jelenleg a DEMO fúziós reaktor számára végez a Fűtőelem- és Reaktoranyagok Laboratórium Reaktoranyagok kutató csoportja anyagtudományi kutatásokat.

Az utóbbi évtizedben vizsgáltuk alapállapotú és besugárzással öregített anyagok, diagnosztikai elemek tulajdonságait, elvégezve a szükséges besugárzásokat is. Több kampányban

sugároztunk be fúziós célú alkalmazásra fejlesztett alacsony aktiválódású acél, wolfram és réz-króm-cirkónium ötvözeteket, a diagnosztikai rendszerekben, különböző funkciójú, optikai és dielektrikus tulajdonságaik révén használni kívánt anyagokat, vizsgáljuk a mechanikai és mikroszerkezeti károsodás mértékét. Az anyagcsoportok szintjén is részt veszünk a mérési eredmények értékelésében és validálásában: a tervezők számára szükséges anyagtulajdonságok összefoglalására szolgáló ún. Anyagtudományi Kézikönyvek szerkezetének kialakításában, az anyagtulajdonságok adatbázisának fejlesztésében, kezelésében, a validált adatok Anyagtudományi Kézikönyvekben történő összefoglalásában.

Kutatásainkkal részt veszünk az ITER és DEMO fúziós reaktorok tervezéséhez szükséges anyagok kodifikálásának folyamatában, evvel is lehetővé téve a későbbiekben a beépítésükhöz szükséges technológiai rendelkezési állás fokának elérését.

**Móritz Szilvia, Szenthe Ildikó, Csikós Kristóf Andor, Hargitai Balázs,
Cinger Dávid**

Termikus öregítési program a DELISA-LTO projekt keretében

A DELISA-LTO (DEscription of the extended Lifetime and its influence on the SAFety operation and construction materials performance – Long Term Operation with no compromises in the safety) projekt célja a VVER típusú reaktorok hosszú távú üzemeltetése során termikus öregedésnek, valamint duzzadásnak leginkább kitett alkatrészek és berendezések meghatározása és az anyagtulajdonságok változásának előrejelzése. A projekt eredménye hozzájárul a VVER reaktorok élettartam meghosszabításához, valamint az üzembiztonság növeléséhez.

A termikus öregedés az atomerőmű alkatrészeit érintő anyagdegradációs folyamatainak egyike, amely alaposabb megismerése a projekten belül szimulációs eszközök és anyagvizsgálati technikák

(mechanikai vizsgálatok és roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerek) együttes alkalmazásával valósul meg. A kísérleti teszt mátrix alapanyag készlete a primer kör különböző részeiről származik. Legnagyobb volumenben a Bohunicei atomerőmű alapállapotú és az első valamint második blokk 28 év üzemeltetés után leszerelt primer köri rendszerelemei állnak rendelkezésre, kiegészülve kisebb mennyiségben az IPP Centre (Ukrajna) által biztosított mintákkal és az EK-CER-ben lévő paksi mintákkal.

A laboratóriumi körülmények közötti gyorsított termikus öregítés célja, a valós LTO állapotok reprezentálása. A közel 30 év üzemidőt megélt alkatrészek további emelt hőmérsékletű kezelésével lehetővé válik a 60-90 év távlatú LTO termikus degradációjának előrejelzése.

**Cinger Dávid, Hargitai Balázs, Szenthe Ildikó, Csikós Kristóf Andor,
Móritz Szilvia**

Mini szakító próbatestek fejlesztése fúziós anyagtudományi kutatásokhoz

A szabályozott magfúziót használó nagyberendezésekkel kapcsolatban számos kutatás-fejlesztési feladat áll előttünk. Ennek egy jelentős szeletét képviselik a felhasznált szerkezeti anyagok fejlesztése, tesztelése és élettartam vizsgálata. A fúziós nagyberendezések nem csak a neutronspektrum profiljában térnek el a fissionos erőművektől, de a gyorsneutron ($E > 1$ MeV) fluenciájuk is jóval magasabb. Az olyan sugárforrás, ami képes reprodukálni ezeket a körülményeket azonban csak maximum néhány cm átmérőjű sugárnyaláb előállítására képes.

A problémát elsősorban az jelenti, hogy a kívánalmaknak megfelelő - max. 20 mm hosszúságú, max. 1 x 1 mm keresztmetszetű - próbatestekre nem létezik szabvány. Az Energiatudományi Kutatóközpont öt másik európai kutatóintézetrel együtt az tűzte ki célul, hogy megalkossa a kisméretű szakító vizsgálatok keretrendszerét. Ehhez minden

intézet a EUROFER97 nevű acélötvözetet használja, ami a fúziós erőművi felhasználás egyik jelöltje. A kutatást három különféle geometriájú próbatesten fogják elvégezni a laborok.

Kisméretű próbatestek esetén a megmunkálásból származó defektusok és anyagban lévő inhomogenitások (zárványok, gázbuborékok) hatása jelentősen megnövelik a mérési eredmények szórását. Egy szíktóvizsgálat során az anyagban uniaxiális feszültség jön létre, azonban egy zárvány körül multiaxiális feszültség keletkezik. Kis keresztmetszetenél még egy néhány tized mm-es zárvány is jelentősen befolyásolhatja a mérési eredményeket. Fontos kérdés még, hogy mi az a szemcseméret, ami ilyen kis keresztmetszetenél még érvényes adattal szolgál. A kutatás célja meghatározni, azokat a peremfeltételeket, melyek betartásával érvényes és reális eredményekkel szolgálhatnak a kisméretű szakító próbatestek.

Fekete Tamás

Nagyméretű, biztonság-kritikus energetikai nyomástartó rendszerek szerkezetintegritási problémáiról

Ősi emberi tapasztalat, hogy minden rendszer korlátos méretű és véges élettartamú. A véges élettartam meghatározása különös gondot igényel a nagyméretű, nagy igénybevételnek kitett, nagyteljesítményű energetikai rendszerek esetén, amelyek legnagyobb részét egyedi igényekre kialakított, egyedileg gyártott rendszerek. Tervezett élettartamuk általában több évtized. Ezek a rendszerek általában biztonsági szempontból kritikusak, ami azt jelenti, hogy amennyiben velük valamilyen váratlan baleseti esemény történik, akkor annak az emberi életre és a természeti környezetre gyakorolt hatása katasztrófálissá válhat.

Napjaink egyik időszerű témája üzemelő atomerőművi blokkok élettartamának 60-80 üzemévre történő meghosszabbítása. A feladat több tisztázandó problémát hordoz magában, ugyanis az elemzésekhez sokkal kevesebb közvetlenül használható kísérleti információ áll rendelkezésre, mint az eddig teljesített projektekhez. Mindez felveti annak igényét, hogy a szerkezetintegritási számítások metodológiáját az alaptudományok újabb eredményeinek fényében/ismeretében újragondoljuk. A szerkezetintegritási számítások eredményessége ugyanis elsősorban a biztonság szempontjából releváns jelenségeket leíró elméleti fizikai modellekre épített számítási eszközök prediktív képességeitől függ. Bár a kísérleti módszerek (pl. roncsolásos és roncsolásmentes anyagvizsgáló módszerek) és az információs technológia (adatgyűjtő rendszerek, nagy teljesítményű számítástechnika) újabb eredményeinek a modellekbe történő beépítése nagymértékben hozzájárul a nagyméretű nyomástartó edények szerkezetintegritási számításai pontosságának javulásához, a szabványokon alapuló elemzési módszertan előrejelző képessége nem sokat javult. A törésmechanikai számítások során döntően a mérnöki törésmechanika globális modelljeit alkalmazzák. Ezen túlmenően, az

elemzések a biztonság szempontjából kritikus rendszerek hosszú távú üzemeltetés utáni viselkedése előrejelzésére való képességét nagymértékben korlátozza az a tény, hogy a számítások nagymértékben függenek a szerkezeti anyagok öregedését leíró – jelen pillanatban tudományosan nem megalapozott – empirikus modellektől.

Az Energiatudományi Kutatóközpontban évek óta zajlanak olyan kutatások, amelyek célja a nagyméretű energetikai/atomerőművi nyomástartó rendszerek szerkezetintegritási számításai olyan, általánosított módszertanának kidolgozása, amely az öregedési számításokat is integrálni képes. A hosszú távú kutatási cél a szerkezeti anyagok általánosabb, az öregedést leírni képes konstitutív modelljeinek beépítése a számítási módszerekbe. A módszertan megbízhatóságának általánosabb – filozófiailag és tudományosan mélyebben megalapozott – elveken kell alapulnia, mint a mai, szabvány bázisú módszertanok. A metodika kiindulópontja a modern nemegyensúlyi termodinamika. Az elméleti keretrendszer egy szorosan csatolt modellen alapul, amely inhomogén szilárd testekben egyszerre képes számot adni a termikus és a mechanikai kölcsönhatásokról, továbbá a kölcsönhatások öregedésre gyakorolt hatásáról. A modell törésmechanikai modulja az inhomogén anyagokra is érvényes, általánosított J -integrálon alapul. Mivel az elmélet nagyon általános hipotézisekre épül, megfelelő eszköznek tűnik komplex, alkalmazásorientált, termodinamikailag konzisztens károsodási és törési modellek levezetésére is. A termodinamikai megközelítés gyakorlati jelentősége abban áll, hogy utat nyithat az öregedő anyagok szisztematikusabb modellezéséhez a jövő törésmechanikai/károsodásmechanikai számításaiban, amire a digitális iker alapú rendszerekben egyre fokozódó igény mutatkozik.

Mészáros István Attila, Berecz Tibor, Kemény Dávid

Vas-króm ötvözet és duplex korrózióálló acél spinodális bomlási folyamatának roncsolásmentes vizsgálata

Számos nagy króm tartalmú ötvözetben hőbevitel hatására végbemegy a spinodális bomlás nevű fázisátalakulási folyamat. A spinodális bomlás egy speciális diffúziós fázisátalakulási folyamat, aminek során néhány tíz nm méretű, egymástól koherens fázishatárral elválasztott atomi klaszterek jönnek létre. Ennek megfelelően a folyamat által okozott szerkezeti változások csak egyes atomi felbontású mikroszerkezet vizsgálati eljárásokkal mutathatók ki. A korrózióálló acélok esetén a spinodális bomlás hozzávetőleg a 250-500 °C hőmérséklet tartományban történik, aminek során a δ -ferrit vasban gazdag α és krómban gazdag α_1 fázissá alakul. Az irodalmi közlések szerint e folyamat a leggyorsabb közel 475 °C hőmérsékleten, ami megfelel az izotermikus átalakulási diagram (TTT) orrpontjának. Az említett fázisátalakulás drámai mértékben változtatja meg a korrózióálló acél tulajdonságait. Az acél rideggé válik és korrózióállósága romlik. Ezért e leromlási folyamat az ipari gyakorlatban „475 °C-os elridegedés” néven ismert.

Az említett fémtani folyamat a hosszú időn át emelt hőmérsékleten üzemeltetett ipari berendezések esetén gyakori, és gyakran okoz problémát. Ezért nagy jelentősége van azoknak a roncsolásmentes vizsgálati eljárásoknak, amelyek segítségével e leromlási folyamat

nyomon követhető és az ipari berendezések állapotromlása nyomon követhető.

Vizsgálataink során porágyas additív technológiával gyártott Fe55%Cr ötvözetet és 2209 típusú duplex korrózióálló acél mintákat vizsgáltunk, amelyeket 475 és 525 °C hőmérsékleten izotermikus hőkezelésnek vettünk alá. A hőkezelések időtartama 3, 6, 12, 36, 60, 175, 343 és 675 óra volt.

A mintákon mágneses, termofeszültség (TEP), Vickers keménység és mikroszerkezeti vizsgálatokat végeztünk. A mágneses tulajdonságok méréséhez AC magnetométert és DC koercimétert használtunk.

Várakozásainknak és elméleti megfontolásainknak megfelelően a vizsgált FeCr ötvözetben és duplex korrózióálló acélban a spinodális bomlás egyaránt a koercitív tér, a veszteségi tényező és a Seebeck együttható jelentős növekedését eredményezte, ugyanakkor a keménység értéke és a szövetszerkezet lényegében nem változott.

Eredményeink szerint a spinodális bomlás hatására bekövetkező szerkezeti változások jelentős mértékben megváltoztatták a minták mágneses és termoelektromos tulajdonságait, aminek alapján kidolgoztunk egy vizsgálati metodikát, ami lehetőséget ad e leromlási folyamat roncsolásmentes vizsgálatára és monitorozására.

Nagy Attila Gábor¹, Gémes György András²

Akusztikus emissziós mérések a paksi atomerőmű reaktortartályain

A szerzők többtizedes 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. 2021-ben az HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont egy új, modern eszköz beszerzésével ill. részbeni fejlesztésével tudta a mérések műszaki

hátterét biztosítani, kiváltva ezzel a korábbi, több mint 30 éves műszerparkot és megbízhatóbb alapot teremtve a további mérésekhez. E fejlesztőmunkában szövetségesre talált a TAM CERT Magyarország Kft.-ben. E kooperáció keretében hajtottuk végre a 2021-es és immáron a 2023-as mérést is sikeresen. Az új műszerrel végrehajtott két reaktortartálymérés részeltiről a felhalmozott tapasztalatainkról szól az előadásunk, melynek keretében kitekintést adunk egyéb felhasználási területekről is.

¹ HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

² Tamcert Kft., Budapest

László István

Szoros kötésű módszerek alkalmazása anyagszerkezeti számításokban

A szoros kötésű módszer, vagy rövidítve TB módszer (Tight Binding Method) egy egyszerű közelítő módszer molekulák, szilárdtestek és más atomi szerkezetek geometriai és elektronszerkezeti tulajdonságainak a leírására. Ez egy kvantummechanikai eljárás, mely atomi pályák lineáris kombinációján alapul. Az egyszerűbb változat atomi helyenként egy pályát használ, míg a bonyolultabb változatok több pályát is figyelembe vesznek atomonként. A Hamilton mátrixokat az atomtávolság függvényében adják meg. Vannak első- és másodsomszéd kölcsönhatásoktól függő módszerek, de van, amikor egy adott távolságon belül figyelembe veszik az összes atommal való kölcsönhatást. Van amikor a parametrizáció kísérleti adatokon alapul, de van, amikor kifinomult ab initio számolásokat közelít a módszer. A TB

módszerrel általában nagy atomszámú (több ezer atom) struktúrákat vizsgálnak, vagy olyan szerkezeteket, ahol kis atomszámú (legfeljebb kb. 100 atomos) atomcsoportoknak kell sokszor (esetleg milliószor) kiszámítani a tulajdonságait. A számolási eredmény minősége erősen függ az alkalmazott parametrizációtól, de létezik olyan parametrizáció is, amely megközelíti az ab initio számolások pontosságát.

Korábbi munkáink alapján [1-4] a jelen előadásban bemutatjuk a szoros kötésű módszer alkalmazását anyagszerkezeti számításokban. Példát mutatunk olyan esetre, amikor még bonyolultabb potenciálfüggvény sem alkalmazható, de a szoros kötésű módszer jó eredményt ad.

- [1] I. László, Formation of cage-like C60 clusters in molecular dynamics simulations, *Europhysics Lett.* **1998**, 44, 741.
- [2] I. László, I. Zsoldos, Graphene-based molecular dynamics nanolithography of fullerenes, nanotubes, and other carbon structures. *Europhysics Lett.* **2012**, 99, 63001.
- [3] I. László, B. Gyimesi, J. Koltai, J. Kürti, Molecular dynamics simulation of carbon structures inside small diameter carbon nanotubes. *Physica Status Solidi (b)* **2017**, 254, 1700206.
- [4] S. Eskandari, J. Koltai, I. László, M. Vaezi, J. Kürti: Formation of nanoribbons by carbon atoms confined in single-walled carbon nanotube – a molecular dynamics study. *The Journal of Chemical Physics* **2023** nyomdában. <http://arxiv.org/abs/2303.10248>

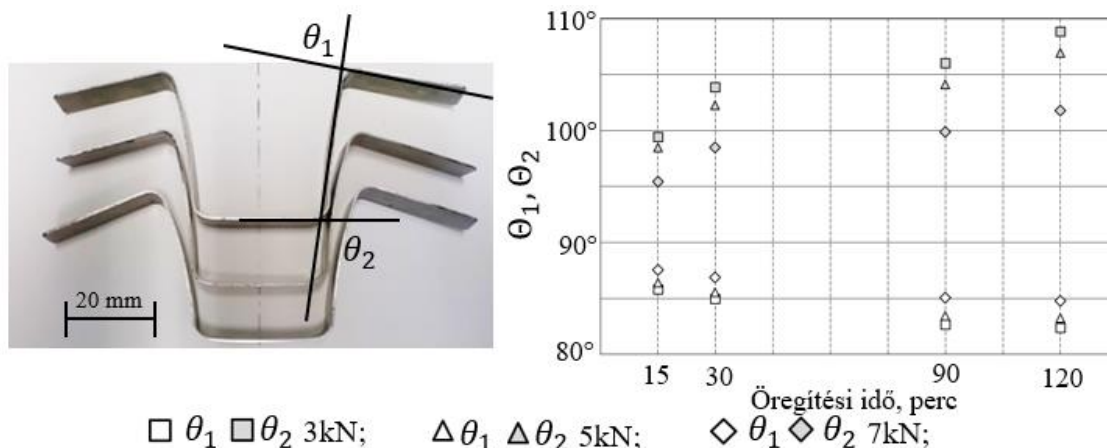
Lukács Zsolt, Jemal Ebrahim Dessie

Finomlemezek visszarugózásának kísérleti vizsgálata

A nagyszilárdságú autóiipari finomlemezek alakítási nehézségeit a szilárdsági tulajdonságok növelésével ellentétes hatású alakváltozási tulajdonságok csökkenése okozza. Ennek egyik lehetséges megoldása, hogy a lemezek alakíthatóságát megnöveljük oldó izzítás alkalmazásával, majd az alakítási folyamat után végzett hőkezeléssel visszanyerjük eredeti szilárdsági tulajdonságait (W-temper-forming). A lemezalakító szerszámok geometriai kialakítása során a visszarugózás hatását visszarugózásra kompenzált szerszámfelületekkel vesszük figyelembe. Ezek tervezésénél alapvető a visszarugózást befolyásoló anyagparaméterek ismerete. Ha ezen paraméterek a technológiai paraméterektől nem függetlenek (pl. pihentetési idő) akkor az befolyásolhatja a geometriai kompenzáció sikerességét.

Célkitűzések: Fizikai U-alakú hajlító vizsgálatokkal és numerikus modellezéssel vizsgáljuk az un. W-temper forming lemezalakítási folyamat oldó izzítás (SHT) és az alakítás közötti pihentetési idők (15-30-90-120 perc) milyen hatással vannak a szerszámnyitást követő visszarugózás értékére.

Eredmények: Az 1. ábra nagyszilárdságú, hőkezelhető AA6082-es alumínium ötvözet szerszámnyitás utáni visszarugózását szemlélteti az oldó izzítás és az U-alakú hajlítási lépés közötti különböző pihentetési (természetes öregítési) idők függvényében. Az ábra és a diagram alapján kijelenthető, hogy a pihentetési idők növelésével a visszarugózás mértéke növekszik. a természetes öregedési folyamat szilárdságnövelő hatása miatt.



1. ábra – Visszarugózási szögek változása szerszámnyitás után különböző természetes öregítési idők után, különböző ránc tartó erők esetén

Kaptay György

A párhuzamos érintők módszereinek továbbfejlesztése

Az anyagtudományban két „párhuzamos érintők módszere” is ismert és mindkettő Mats Hillert nevéhez fűződik [1], aki tavaly hunyt el. Ezt az előadást az Ő emlékének szentelem. Matsnak jelentős hozzájárulása volt a Calphad és a DICTRA (fázisegyensúlyok és diffúziós átalakulások modellezése) módszerek kifejlesztésében. Én mindkét párhuzamos érintők módszert továbbfejlesztettem, de tettem mindezt Mats előtt tisztelegve.

Az egyik „párhuzamos érintők módszere” arról szól, hogy hogyan lehet a moláris Gibbs energiadiagramok ismeretében (és azon párhuzamos érintőket húzígálva) megbecsülni a binér ötvözetekben a szemcsehatárok egyensúlyi összetételét. Ezt a módszert én a Butler egyenlet kiterjesztésével fejlesztettem tovább és bemutattam, hogy az én megoldásom megegyezik Hillert megoldásával abban az esetben, amikor a komponenseknek azonos a moláris térfogata. Ez azonban általában nem így van és ilyenkor az általam kidolgozott módszer adja a pontosabb eredményeket (legalábbis szerintem) [2].

A másik „párhuzamos érintők módszere” arról szól, hogy hogyan lehet a moláris Gibbs energia diagramok ismeretében (és azon párhuzamos

érintőket húzígálva) megbecsülni a binér, túltelített ötvözetekben kiváló első csírák összetételét. Hillert módszere valójában nem erre, hanem „csak” arra ad egy elegáns megoldást, hogy hogyan lehet azon első csíra összetételét megtalálni, amelyhez a csíráképződés maximális térfogati hajtóereje tartozik, ami a csíra és a mátrix térfogati moláris Gibbs energiáinak különbsége. Ez a módszer azonban csak akkor ad valós eredményt, ha a csíra/mátrix határfelület határfelületi energiája és a csíráképződést megelőző embrió kialakulásának valószínűsége független a csíra összetételétől adott mátrix összetétel és hőmérséklet mellett. Sajnos ezek a feltételek sosem teljesülnek, így Hillert ezen módszerét ugyan sokan használják, de ennek eredménye általában a frusztráció. Ezért külön modellt készítettem a fenti két problémára, azokat összekombináltam az eredeti párhuzamos érintők módszerével és így egy olyan, továbbfejlesztett módszert kaptam, ami már megfelel a mért értékeknek és (legalábbis szerintem) korrektebb is az előzőnél [3].

1. M.Hillert. Phase equilibria, phase diagrams and phase transformations. Their thermodynamic basis. 2nd ed. Cambridge University Press 2008.
2. G.Kaptay. A correction to “parallel tangent” method for modelling segregation to grain boundaries and other interfaces for components of different atomic sizes. Scripta Mater 172 (2019) 47 – 50.
3. G.Kaptay. Beyond the parallel tangent method to predict the composition of the first nucleating phase from oversaturated solutions. J Phase Equil Diff (2023) accepted.

Réti Tamás, Réger Mihály

Molekulák topológiai szerkezetének modellezése és konstrukciója gráf elméleti módszerrel

Az elmúlt két évtizedben számos tudományos publikáció jelent meg, amelyek a matematika és a kémia témakörében merőben új kutatási irányzatot, szemléletet képviseltek és egyúttal új eredményekhez vezettek. A matematikai módszerek alapjául döntően a gráfelmélet szolgált, az alkalmazás főként a szerves kémiai vegyületek kutatására irányult. Időközben kiderült, hogy kidolgozott módszerek egyéb területeken is sikerrel használhatók, ezek között említendő az anyagtudományi molekuláris modellezés gyakorlata valamint a

vírusok szerkezetének megismerése. A nagyobb méretű szerves molekulák és a vírusok topológiai szerkezetének kutatásakor számos közös tulajdonságra, hasonlóságra derült fény, ezt a felismerést megerősíti az a tény, hogy kellően alacsony hőmérsékleten a vírusok kristályos szerkezettel rendelkeznek. Ismeretes, hogy a karbon-bázisú óriás molekulák (fullerének) és a HIV vírus topológiai szerkezete szignifikáns hasonlóságról tanúskodik.

Nagy Erzsébet^{1,2}, **Tóth László**³, **Daróczy Lajos**³, **Beke Dezső**³,
Mertinger Valéria²

Akusztikus emissziós vizsgálatok fémötvözetek képlékeny alakváltozása során

A fémötvözetekben képlékeny alakváltozások során lejátszódó folyamatok gyakran szakaszos és lavinaszerű akusztikus emissziós (AE) jeleket mutatnak. A képlékeny deformáció során mind a diszlokációk kollektív mozgása, mind a deformációs ikrek képződése domináns akusztikus emissziós-forrás, ugyanakkor a két deformációs mechanizmus közötti átmenet is gyakran megfigyelhető, amely függ a hőmérséklettől, szemcsemérettől, a terhelés típusától, az alakváltozási sebességtől, a kristálytani anizotrópiától.

A képlékeny alakváltozás során egyes ötvözetekben fellépő fűrészfogszerű folyási jelenség, az alakváltozási sebesség és a hőmérséklet bizonyos tartomány végbemenő Portevin-Le Chatelier-effektus, léphet fel, amely az oldott atomok és a mozgó diszlokáció közötti kölcsönhatásnak köszönhetőek a képlékeny alakváltozás során. A PLC-hatás is

tipikusan szakaszos folyamat és ez akusztikus emissziós lavinák kibocsátását eredményezi.

A kutatómunka során fémes anyagokban követtük a képlékeny alakítás kiváltotta folyamat által okozott akusztikus emissziós aktivitást. A nem termoelasztikus martenzites átalakulásokat mutató TWIP/TRIP acélokban a képlékenyalakítást és a fázisátalakulást kísérő, míg nem vasalapú ötvözetek esetében a képlékeny alakítás okozta akusztikus emissziós tevékenységet vizsgáltuk. Az akusztikus emissziós jel vizsgálata során az előzetes termomechanikus kezelések paramétereinek változtatásával, valamint a deformációsebesség és a vizsgálati hőmérsékletek megválasztásával lehetőség nyílik az átalakulást kísérő, in situ mért, akusztikus emissziós tevékenység karakterisztikájának, illetve ennek a mechanizmus-váltás okozta megváltozásának, leírására.

¹ HUN-REN -ME Anyagtudományi Kutatócsoport, Miskolci Egyetem, Miskolc

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

³ Debreceni Egyetem, Szilárdtest Fizikai Tanszék, Fizika Intézet, Debrecen

Antók Dániel¹, Fekete Tamás¹, Tatár Levente¹, Bereczki Péter²

Szakító próbatestek geometriai tökéletlenségeinek vizsgálata optikai „full-field” mérések és digitális pár alapú szimulációk segítségével

Sima próbatesteken végzett szakítóvizsgálatok szabvány-alapú kiértékelése során azt feltételezik, hogy a próbatest kezdeti geometriája tökéletes, az anyaga homogén és izotróp. Az elmúlt években végzett kutatások során, a digitális pár koncepció felhasználásával, felépítettünk egy olyan egységes mérő- és mérést kiértékelő rendszert, amely egyfelől lehetővé tette, hogy a szakítókísérleteket igen finom időfelosztással és „full-field” adatgyűjtő technológiával kövessük, másrészt a digitális párt fejlett, másodrendű kontinuummechanikai elméleti apparátusra építettük. A mérési eljárás lehetővé teszi, hogy sokkal több és részletesebb információt gyűjtsünk a próbatestek geometriájának időfejlődéséről, mint az a szabványos felműszerezettséggel elérhető. Ilyen mennyiségű és minőségű információhalmazon már követhető a próbatest geometriájának és a rajta megfigyelhető mintázatok időfejlődése, a digitális pár elegendően finom a geometria és a mintázatok időfejlődésének követésére.

A bemutatott kutatás célja annak a kérdésnek a megválaszolása volt, hogy alkalmas-e a digitális párban felhasznált és implementált elméleti modell arra, hogy azzal egy próbatest reális geometriája és annak idealizált modellje közötti különbségek vizsgálhatók legyenek, és használható-e a modell néhány, eddig nehezen értett jelenségek magyarázatára. A

próbatesteket digitális vezérlésű, nagy pontosságú megmunkálóközponton gyártották le. A gyártás végén azokról nagy pontosságú koordináta-mérő rendszerrel finom felbontású koordinátatérképet készítettek. A próbatestek modelljeit két különböző megközelítéssel építettük fel. A próbatest kezdeti geometriája: (1) idealizált: a megfelelő mérési eredmények átlagolásával meghatározott élhosszúságú, téglalap alapú, derékszögű hasáb; (2) reális: a megfelelő mérési eredményekre legjobban illeszkedő felületekkel meghatározott alakzat. Az idealizált geometria és a reális geometria közötti lokális eltérések a geometriai imperfekciók (tökéletlenségek). Az elkészített próbatestek geometriai imperfekciói jóval a megengedett gyártási tűrési sávon belül helyezkednek el. A kétféle modellen elvégzett szimulációk eredményei alapján megállapítható, hogy a geometriai imperfekciókat figyelembe vevő, reális geometriai modelleken alapuló elemzések sokkal pontosabban követik a próbatestek geometriájának a mérések során megfigyelt időfejlődését – beleértve a befűződési zóna elhelyezkedését –, mint az idealizált geometriára épített számítások. Az eredmények azt igazolják, hogy a digitális párban használt algoritmus és az annak segítségével felépített modellek segítségével olyan finom effektusok is modellezhetők, mint a gyártási pontatlanságok hatása a mérések kiértékeléseinek eredményeire.

¹ HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

² Dunaújvárosi Egyetem, Dunaújváros

Szederkényi Bence¹, Rácz Imre¹, Czigány Tibor^{1,2},
Kovács Norbert Krisztián^{1,3}

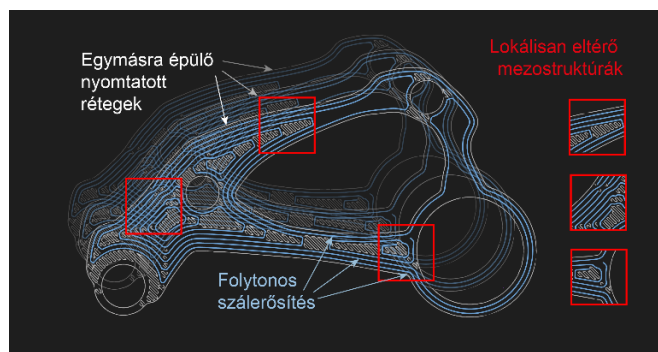
Folytonos szálerősített, automatizált gyártással előállított kompozitok vége-selemes modellezése

Napjainkban a könnyű, nagyteljesítményű szerkezeti anyagok egyre nagyobb jelentőséggel bírnak a modern gép- és járműtervezésben, valamint az energetikában egyaránt. A mozgatott tömeg és az ehhez szükséges energia csökkentésében a korszerű kompozitgyártás élen járó technológia. Ezekre a módszerekre jellemző a nagyfokú automatizáltság, illetve a folytonos szálköteggel vagy szalaggal történő rétegelt alkatrészgyártás. A hagyományos kompozitelőállításához képest ez nagy szabadságot ad a tervezésben, mivel az erősítés pályája a rétegen belül is folytonosan változtatható, amivel sokkal hatékonyabb erősítést tudunk megvalósítani ez pedig a szerkezet tömegének további csökkenését eredményezi. Ugyanakkor ez komoly kihívást is jelent az alkatrészek méretezésében, mivel a hagyományos kompozitokra kifejlesztett, homogenizáción alapuló szimulációs módszerek ebben az esetben nem használhatóak a szerkezet struktúrájának nem periodikus, mezo szinten folytonosan változó

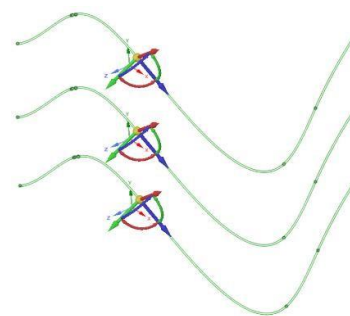
jellegéből adódóan (1. ábra: (a)). Munkánkban ezt a problémát járjuk körül, és a báziskoordináta söprés (BCS) eljárás segítségével mutatunk be egy megoldási lehetőséget.

Célunk a folytonos szálfektetési eljárásokkal, azon belül is az extrúzió alapú additív gyártástechnológiával létrehozott (3D nyomtatott) kompozitok vége-selem módszerrel történő méretezési módszerének a kifejlesztése Ansys szimulációs környezetben.

Munkánkban a BCS eljárás segítségével olyan módszert fejlesztettünk, amely képes a szálak irányultságának változását a rétegen belül is figyelembe venni (1. ábra: (b)), így pontosabb előrejelzést adni az alkatrészben lejátszódó folyamatokra vonatkozóan. Az elvégzett szimulációk és mérési eredmények alapján igazoltuk, hogy ez a módszer alkalmas a folytonos szálerősített 3D nyomtatott kompozitok mérnöki modellezésére, illetve a folyamat automatizálására is javaslatot teszünk.



(a)



(b)

1. ábra – Az automatizált módszerekkel előállított kompozitok jellemző felépítése, ahol a mezostruktúra nem ad lehetőséget a réteg szintű homogenizációra (a), illetve az erősítést reprezentáló görbék mentén a báziskoordináta söprését bemutató sematikus ábra (b)

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

² HUN-REN-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, Budapest

³ MTA-BME Lendület Könnyűszerkezeti Polimer Kompozitok Kutatócsoport, Budapest

S. Tóth László^{1,2} Anthony Rollett³

Az alakítási keményedés IV szakaszának modellezése a rácsgörbület által indukált diszlokációk és a szemcsék fregmentációja alapján

Alacsony deformációs hőmérsékleten, nagyjából az olvadáspont 1/3-a alatt, 100% feletti deformáció után a fémek alakítási keményedési görbéjén megfigyelhető a IV. szakasz. Erre az jellemző, hogy a feszültség-deformáció görbe közelítően lineáris lesz, a meredeksége kb. $2 \times 10^{-4} G$, ahol G a nyírási modulus. A IV szakasz végén az alakítási keményedési sebesség fokozatos, de gyorsuló csökkenése figyelhető meg, amelyet V. szakasznak nevezünk. Végül megszűnik a

keményedés, elérjük a VI. szakaszt, ahol a folyásfeszültség konstans.

Ebben az előadásban a IV. szakasz új modelljét mutatjuk be, amely a deformáció által okozott rácsgörbületen alapszik. A rácsgörbület geometriailag szükséges diszlokációkat hoz létre és szemcsefinomítást eredményez. Az ehhez szükséges diszlokáció sűrűség felelős a IV szakaszért. Az új modell sikeresen reprodukálja az alakítási keményedés IV. szakaszát nikkal, réz és alumínium fémekben.

¹ LEM3 Laboratory, Université de Lorraine, Metz, Franciaország

² Fizikai Kohászati, Fémformálási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolci Egyetem, Miskolc

³ Carnegie Mellon Egyetem, Anyagtudományi Mérnöki Tanszék, Pittsburgh, USA

Réger Mihály, Horváth Richárd, Fábián Enikő Réka, Réti Tamás

Alumíniumöntvény impregnálási problémái

Az alumíniumöntvözet nyomásos öntvényekben kialakuló porozitás a megmunkálásoknak köszönhetően több öntvényfelületet összekötő átmenő üregrendszerre alakulhat. Az így létrejött potenciális szivárgási útvonal tág határok között változó lineáris és keresztmetszeti méretű folytonossági hiányok sorozataként fogható fel, melyben a különböző térfogatú üregeket kisebb keresztmetszetű csatornák kötik össze. Bár a gáztömorség biztosítására alkalmazott vákuumimpregnálás robosztus technológia, az átmenő üregrendszerek az impregnálást követően is okozhatnak szivárgást. A dolgozat az összetett geometriájú, folytonossági hiányok impregnálhatósági kérdéseivel foglalkozik. Az összetett üreggeometria elemi része egy üregből és egy kapilláris csatornából áll. A kapilláris szakasz korlátozott áteresztőképességének becslése a

Hagen - Poiseuille egyenletre épülő matematikai modellel történt. A számítási eredmények azt bizonyítják, hogy a kapilláris szakaszt is tartalmazó üreg feltöltésének eredménye alapvetően az üreg geometriai jellemzőinek, ezen belül is elsősorban a kapilláris sugarának függvénye. Ha az üregrendszer $28\ \mu\text{m}$ alatti átmérőjű szakaszt is tartalmaz, akkor az impregnálás nem feltétlenül biztosítja az öntvény gáztömorségét. Egy adott térfogatú, a felülethez adott hosszúságú kapilláris szakaszon keresztül kapcsolódó üreg impregnálása a kapilláris sugara függvényében háromféle eredménnyel zárulhat: bizonyos kapilláris sugár felett teljes telítés történik, egy adott határérték alatti kapilláris sugárnál csak maga a kapilláris foggyantát tartalmazni, a két határérték között pedig az üreg részleges impregnálódása várható a kapilláris szakasz kitöltése nélkül.

Görbe Ákos, Halász-Kutasi István Zoltán, Bárány Tamás

Gumiabroncsok anyagában történő újrahasznosítására alkalmas devulkanizációs technológia továbbfejlesztése

Napjaink egyik legnagyobb kihívása a gumitermékek, azon belül pedig a gumiabroncsok anyagában történő, értéknövelt újrahasznosítása. A gumiabroncsok olyan összetett, kompozit termékek, amelyekben többféle kaucsukból készült, erősítő-és töltőanyagokkal (korom, szilika) társított elasztomer (tipikusan természetes, sztirol-butadién, butadién, valamint butil kaucsukok) és különféle anyagú (acél, polimer) erősítőbetétek egyesülnek. Amíg a jellemzően fém szilárdsághordozók abroncsbontás után újrahasznosíthatók megolvasztás útján, addig az abroncs gumirészeire ez nem igaz: a gyártásuk során létrejött térhálós szerkezet miatt nem vihetők ömledék állapotba. Éppen ezért a gumiabroncsok újrafelhasználása jellemzően energetikai jellegű, vagy pedig szekunder típusú, tehát az eredeti termékhez képest gyengébb minőségű termék készítésére felhasználható. Az elasztomerek anyagában történő újrahasznosításának legmodernebb és leginkább előremutató iránya a devulkanizálás és a regenerálás, amely folyamatok a keresztkötések felbontását célozzák meg. A kettő közötti különbség abban áll, hogy a devulkanizálás esetén cél, hogy a keresztkötések bontásával párhuzamosan a lánctördelődés mértéke a lehető legkisebb legyen.

Korábban rengeteg sikeres kutatás folyt annak felderítésére, hogy az ilyen, jellemzően többféle elasztomerből felépülő gumitermékek devulkanizációja miként lehetséges. A legelterjedtebb módszerek a termomechanikai és a termokémiai eljárás, mely során a gumiabroncs egyszerre van kitéve hőnek és mechanikai vagy kémiai kezelésnek.

A kutatásom célja a termomechanikai devulkanizáció során alkalmazható adalékanyagok devulkanizátumra gyakorolt hatásának vizsgálata, ezáltal egy kombinált termomechanikai és termokémiai devulkanizációs módszer fejlesztése, amely során a gumiabroncsőrlet hő-, nyíró igénybevétel, valamint kémiai kezelés hatásának van kitéve. A kísérleteket a nagy termelékenység érdekében egy irányban forgó ikercsigás extruderen tervezem lefolytatni. A megfelelő devulkanizálási paraméterek megtalálása érdekében vizsgálom a feldolgozástechnológiai paraméterek (csigakonfiguráció, hőmérséklet) hatását, valamint az alkalmazható segédanyagok hatását. A megfelelő paraméterek meghatározása után a devulkanizációt elvégzem többféle gumiabroncs-őrleten, vizsgálom a szemcseméret-eloszlás, valamint a gumiabroncs-őrlet anyagösszetételének hatását. A kapott devulkanizátumot önmagában, valamint visszavulkanizálás után is minősítem.

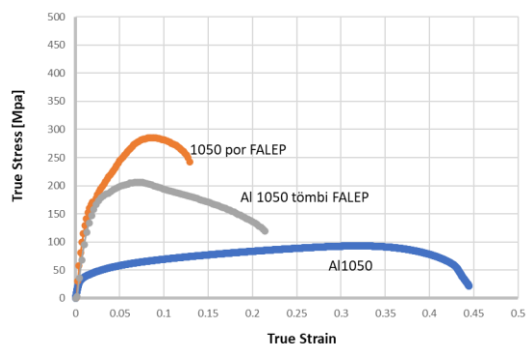
Máté Seps^{1,2,3}, Surya Nilamegam Kumaran^{2,3}, **Máté Szücs**^{1,3*}, Viet Q. Vuc⁴,
Abhishek Pariyar^{2,3}, Naveen S. Kailas², Satish Vasu Kailas⁵, Laszlo S. Toth^{1,2,3}

Friction-Assisted Lateral Extrusion Process (FALEP)

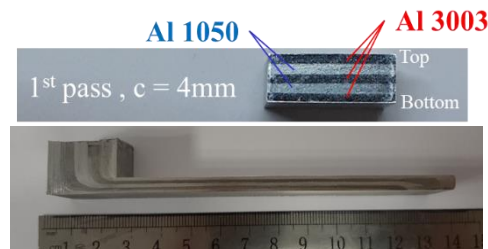
Az intenzív képlékenyalakítás (IK) jelenleg is az egyik legaktívabban kutatott terület az anyagtudományon belül, hiszen az ilyen eljárással előállított anyagok speciális mikroszerkezetéhez olyan kedvező fizikai – és mechanikai tulajdonságok párosulnak, amelyek egyedivé teszik fémeket (1.ábra a.). Az IK közben, a fémek deformációja nagy mértékű nyírással valósul meg, aminek köszönhetően a megmunkált anyag szemcseszerkezete ultrafinommá válik, amit különféle eljárásokkal biztosíthatunk. Jelen munkában a Friction-Assisted Lateral Extrusion (FALEP) technológia kerül bemutatásra, ami lehetővé teszi korlátlan hosszúságú rúd- vagy lemezanyagok előállítását is a felhasznált anyagok nagymértékű nyírása mellett. A FALEP

folyamat közben elért alakváltozás mértéke 4÷5-szöröse az ECAP-val elért deformációnak. A FALEP eljárás előnyeinek számát tovább gyarapítja az a tény, hogy annak segítségével tömbi- vagy por anyagokat egyaránt képesek vagyunk feldolgozni, akár egy lépésben. A kutatómunkánk során, alkalmazva a FALEP eljárást, olyan többrétegű lemezstruktúrákat is létrehoztunk, amelyek egynemű vagy eltérő alumíniumötvözeteket foglalnak magukba. A FALEP eljárással előállított porkompozitok, lemezkompozitok és tömbi anyagok mikroszerkezeti- és mechanikai tulajdonságainak jellemzése illetve a FALEP technológiai folyamatának részletes megismerése többéves, aktív kutatómunkát fog megkívánni a jövőben.

Kulcsszavak: FALEP, intenzív képlékenyalakítás, por-, lemez-, tömbianyagok



(a)



(b)

1. ábra FALEP (a): Valódi feszültség - nyúlás diagram por-, tömbi alumínium FALEP után

(b): Al1050-Al3003, Al5052-Al1050 kompozit FALEP után

¹ Physical Metallurgy, Metal-forming and Nanotechnology, University of Miskolc, Hungary

² Laboratory of Excellence on Design of Alloy Metals for Low-Mass Structure (Labex-DAMAS), Université de Lorraine, Metz, France

³ Laboratoire d'Etude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux (LEM3), Université de Lorraine, CNRS, ENSAM, Metz, France

⁴ Thai Nguyen University of Technology, Thai Nguyen, Vietnam

⁵ Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Science, Bangalore, India

* Szücs Máté: mate.szucs@uni-miskolc.hu

Varga László József, Bárány Tamás

Titán-dioxiddal társított nyújtott polipropilén szalagok fejlesztése

A polipropilén (PP) nagyon elterjedt polimer. Sok iparágban nagy mennyiségben alkalmazzák a csomagolóipartól az autóiparig, mert olcsó, könnyű és jól feldolgozható. A polipropilén sokoldalú anyag, mert bizonyos változtatásokkal olyan kedvező tulajdonságokkal is felruházható, amelyek megkülönböztetik a tömegműanyagoktól, és lehetővé teszik, hogy magas hozzáadott értékű, műszaki célú termékekhez használják. Ilyen technológia például a nyújtás, amely során a polipropilén orientálódik, és így szilárdsága és modulusa nagymértékben növekszik, de szakadási nyúlása csökken. A nyújtott polimereket először a textiliparban használták az 1930-as években a természetes szálak helyettesítésére vagy kiegészítésére, de a polipropilén nyújtásával műszaki célú termékek – például rögzítópántok, bálamadzagok, gyorskötözők, nagyszilárdságú szalagok – is előállíthatók, amelyeket az utóbbi évtizedekben sok területen alkalmaznak. A nyújtás azonban rideggé teszi a szálakat és csökkenti a szakadási nyúlásukat, ami

korlátozhatja a használhatóságukat bizonyos területeken. Ez különösen olyan ágazatokra vonatkozik, ahol az orientált szerkezeteket használat közben megcsomózzák, mert a csomózás helyén a szál ridegsége miatt gyenge pont alakul ki, ami miatt a szálak szilárdsága nem használható ki teljesen sok esetben.

A titán-dioxidot (TiO_2) régóta használják a polimerek adalékanyagaként. Elsősorban fehér színezékként, vagy UV-stabilizáló hatása miatt keverik a polimerekhez. Azt azonban csak nemrég ismerték fel, hogy a titán-dioxid hatására az erősen nyújtott polipropilén szalagok szívósabbá válnak, ami egyes felhasználási területeken jelentős előnyökkel járhat. A hatásmechanizmus, amellyel a titán-dioxid ezeket az előnyös tulajdonságokat kialakítja, ugyanakkor egyelőre nem ismert. A kutatás célja a titán-dioxidnak és a nyújtott polipropilén szalagok tulajdonságaira gyakorolt hatásának feltárása és a TiO_2 hatásmechanizmusának vizsgálata.

Kohlhéb Róbert, Réger Mihály Antal, Horváth Richárd

Fém-polimer és polimer-polimer anyagpárok közötti súrlódás

A műszaki berendezésekben nagy számban előfordulnak olyan fém-polimer, vagy polimer-polimer anyagkapcsolatok, melyek között a berendezés üzemszerű működése közben relatív elmozdulás lép fel. Ezekben az esetekben az anyagpárok közötti tapadó és csúszó súrlódásnak kiemelkedő szerepe van, így azt a felületi igénybevételi méretezésben figyelembe kell venni. A szerkezeti elemek közötti felületi terhelés, a relatív elmozdulási sebesség, a környezeti tényezők, a felületek állapota stb. alapvetően befolyásolja a súrlódási viszonyokat, illetve a súrlódás következtében kialakuló makro- és mikroszerkezeti változásokat. Az érintkező felületek között ténylegesen kialakuló viszonyokra érvényes súrlódási együttható értékének ismerete, illetve ennek a súrlódási folyamat következtében bekövetkező változása meghatározó jelentőségű már a berendezések tervezési és méretezési szakaszában is. A hazai és nemzetközi szakirodalmak, valamint a gyártói adatbázisok a polimer-polimer és

polimer-fém anyagpárok közötti súrlódási együtthatóról, annak felületi terhelés és elmozdulási sebesség függéséről igen kevés adatot tartalmaznak.

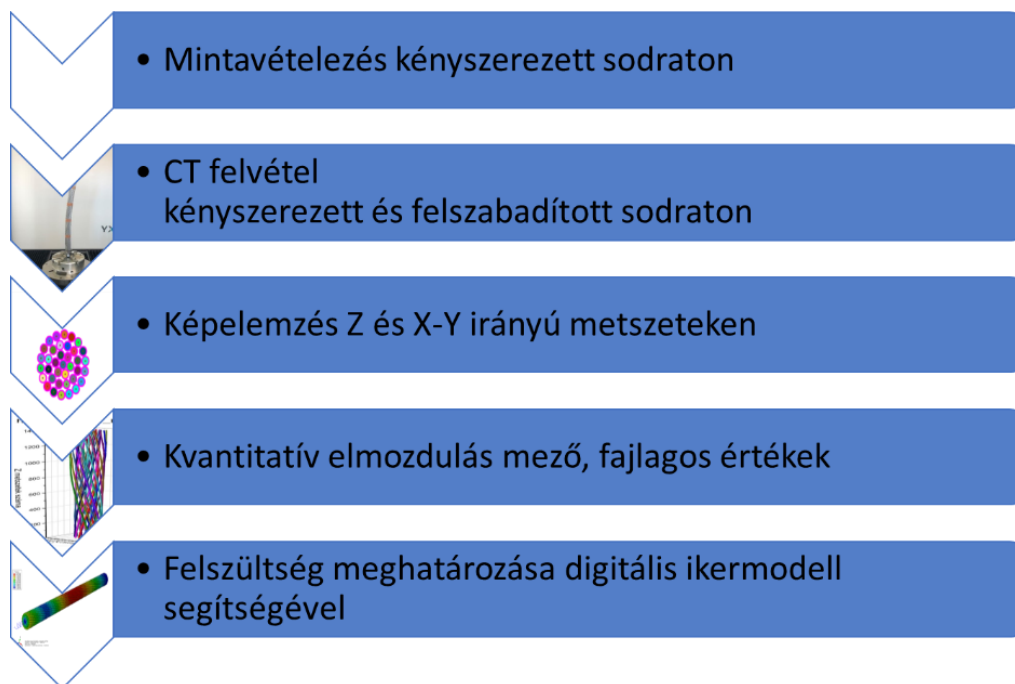
A gépészeti berendezésekben előforduló nagy felületi terheléssel és kicsi relatív elmozdulási sebességgel jellemezhető polimer-polimer és fém-polimer anyagkapcsolatokban kialakuló tapadó és csúszó súrlódási viszonyok részletes vizsgálata céljából egyedi mérőeszköz tervezése és fejlesztésére került sor. A szakítógépre szerelhető eszközzel 1-40 MPa felületi terhelési tartományban vizsgálható a jól definiált felületű kapcsolódó anyagpárok súrlódási együtthatója, illetve annak változása a súrlódásos érintkezési folyamat során. A kísérleti berendezés alkalmazhatóságát egy korszerű, gépészeti berendezésekben széles körben alkalmazott polimer és egy 6082 T6 minőségű alumínium felület közötti súrlódásos kapcsolat részletes elemzésén keresztül mutatjuk be.

Sepsi Máté^{1,3}, Baksa Attila², Kiss László Péter², Mertinger Valéria¹,
Barkóczy Péter^{1,3}

Vezeték sodratok kosarasodását és szerelési problémáit előre jelző vizsgálati eljárás

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. Ezért szükséges a késztermék mechanikai állapotának meghatározása a maradó feszültségek és a várható alakváltozások részletes megismerése érdekében. Ennek vizsgálatára a termékszabványok nem adnak egyértelmű módszert és elfogadási kritériumot, ami a gyártó és a vezeték telepítő cég között tisztázná a hiba forrását. A szerkezet komplex jellege nem teszi lehetővé

egyszerű vizsgálati eljárás alkalmazását, de a modern szimulációs módszerek lehetőségei megoldást jelenthetnek. A kutatómunka keretében egy vizsgálati eljárást dolgoztunk ki mellyel a sodrony feszültségállapota jellemezhető és az esetleges szerelési probléma előre jelezhető. A prezentációban megmutatjuk, hogy komputer tomográfias vizsgálat és végeselemes szimuláción alapuló ikermodellre épülő vizsgálati eljárás alkalmas vezeték sodratok szerelés közbeni viselkedésének az előre jelzésére. Az eljárás a következő lépésekből épül fel:

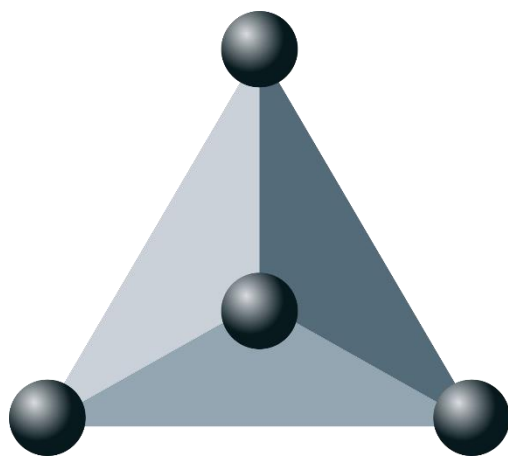


1. ábra Ikermodellre épülő eljárás folyamatábrája

¹ Miskolci Egyetem, Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

² Miskolci Egyetem, Mechanika Intézet, Miskolc

³ Fux Zrt., Miskolc



Rövid szóbeli
előadások poszterrel

Nour El Imane Djimaoui¹, Valéria Mertinger¹, Yoni Adonyi²,
Jeroen De Backer^{2,3}

Physical Simulations of the Tool Degradation in Friction Stir Welding (SO-01)

Friction Stir Welding (FSW) is a solid-state welding process which has revolutionized the welding industry in the past decades. Aerospace, nuclear, transportation and other applications have shown that as the materials are joined without reaching the melting point, many fusion-welding potential flaws are eliminated such as porosity, solidification cracking and distortion. While most applications were related to aluminum alloys, other materials have successfully been joined by FSW, as steel, Titanium, Copper and Ni-base superalloys. One generic concern in FSW is the accelerated tool degradation and wear, especially as base metal thicknesses increase, and welding speeds are pushed to higher limits.

Aim: The present investigation is part of a comprehensive FSW tool wear study, where experimental non-destructive and destructive evaluations are combined with analytical- and physical- simulations of tool wear mechanisms.

The presentation will discuss in detail the results of Gleeble simulations of thermal- and mechanical- cycle effects on an H13 tool steel material (insert European/ISO equivalent), widely used for FSW tools for welding aluminum and magnesium alloys, as compared to actual FSW tools used in service.

Results: The effects of multiple heating/cooling thermal cycles were compared with long-term steady-state effects on the tool steel properties, separate from the high temperature thermal strength exhibited by the material. This metallographic and fractographic evidence, compared with actual FSW tool failures, is expected to bring us closer to a better understanding of tool wear and possible tool life improvement recommendations. The same methodology is intended to be repeated for other FSW materials such as the MP 159 Cobalt-base superalloy used for Stationary Shoulder FSW of aluminum.

¹ *Institute of Physical Metallurgy, Metal-forming and Nanotechnology, University of Miskolc, Hungary*

² *Welding Technology Center, University West, Sweden*

³ *Robotic Friction Stir Welding Group, TWI Ltd, Sheffield Labs, UK*

**Ali Amininejad¹, Máté Sepsi¹, Máté Szücs¹, Laszlo S. Toth^{1,2,3},
Valéria Mertinger¹**

Modeling of deformation field in the friction-assisted lateral extrusion process (SO-02)

A nearly forgotten severe plastic deformation (SPD) technique [1,2] was recently promoted and named now friction-assisted lateral extrusion process (FALEP) for producing metal sheets from initial bulk metal or powder [3,4]. Similar to the ECAP-SPD process, there are two channels in FALEP in a 90° die. However, the thickness of the exit channel is much smaller than the ingoing channel, which permits to apply a very large shear strain (up to 200) to the material in a single step at room temperature. The other unique feature of the FALEP process is the addition of a second driving punch, which is moving on the bottom side of the exit channel in the direction of the material flow. The friction force between the driving punch and the extruding material surface plays a positive role during the

deformation and facilitates material extrusion. There is a lack on modeling of material deformation during this process. Thus, this research aims to investigate and model the plastic deformation of metallic materials during FALEP processing. To address this issue, a capable modeling named flow line function approach can be used, which was successfully applied already for modeling T-ECAP [5]. In this work the T-ECAP-type flow line function model is modified and improved in order to obtain the strain field in the plastic deformation zone, from which the evolution of the crystallographic texture and the stress response of the material can be simulated via the viscoplastic self-consistent polycrystal approach.

References

- [1] T. Nakamura, S. Tanaka, M. Hiraiwa, H. Imaizumi, Y. Tomizawa, and K. Osakada, 'Friction—Assisted Extrusion of Thin Strips of Aluminium Composite Material from Powder Metals', *CIRP Annals*, vol. 41, no. 1, pp. 281–284, 1992, doi: 10.1016/S0007-8506(07)61204-9.
- [2] T. Nakamura, M. Hiraiwa, H. Imaizumi, and Y. Tomizawa, 'Development of Friction-Assisted Extrusion Process for Producing Thin Metal Strips', *JSME international journal. Ser. C, Dynamics, control, robotics, design and manufacturing*, vol. 38, no. 1, pp. 143–148, 1995, doi: 10.1299/jsmec1993.38.143.
- [3] V. Q. Vu, L. S. Toth, Y. Beygelzimer, and Y. Zhao, 'Microstructure, Texture and Mechanical Properties in Aluminum Produced by Friction-Assisted Lateral Extrusion', *Materials*, vol. 14, no. 9, p. 2465, Jan. 2021, doi: 10.3390/ma14092465.
- [4] A. Pariyar, V. Q. Vu, S. V. Kailas, and L. S. Toth, 'Room-temperature single-step production of ultrafine-grained bulk metallic sheets from Al powder', *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, pp. 1-18, May. 2023, doi: 10.1115/1.4062582.
- [5] A. Hasani, M. Sepsi, S. Feyzi, and L. S. Toth, 'Deformation field and texture analysis in T-ECAP using a flow function', *Materials Characterization*, vol. 173, p. 110912, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.matchar.2021.110912.

¹ Institute of Physical Metallurgy, Metal-forming and Nanotechnology, University of Miskolc, Hungary

² Laboratory of Excellence on Design of Alloy Metals for Low-Mass Structure (Labex-DAMAS), Université de Lorraine, Metz, France

³ Laboratoire d'Etude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux (LEM3), Université de Lorraine, Metz, France

Balázs Hegedűs*, Zsolt Dobó

Üzemanyagelőállítás lehetősége műanyag hulladékból (SO-03)

Napjainkban a műanyagtermékek éves termelése drasztikusan növekszik. Az egyre nagyobb termelés és az anyagában történő újrahasznosítás korlátjai miatt a fenntarthatóság új, alternatív feldolgozási módszerekkel érhető el. Ilyen módszer lehet a pirolízis, mely során a polimerek termikus bomlásából értékes szénhidrogén olaj nyerhető, ami amellet, hogy kiváló vegyipari alapanyag, akár üzemanyagként is használható lehet. Alapanyag tekintetében csak az Európai Unió (EU) területén megközelítőleg éves 29,5 Mt műanyag hulladék kerül összegyűjtésre. Termelési statisztikák alapján megállapítható, hogy a fő műanyag típusok a kis- és nagy-sűrűségű

polietilén (LDPE, HDPE), a polipropilén (PP), a polisztirol (PS), a polietilén-tereftalát (PET) és a polivinil-klorid (PVC). Habár ezek közül nem mindegyik eredményez a fosszilis üzemanyagokéhoz hasonló összetételű olajokat, az LDPE, HDPE, PP és PS hulladékok felhasználásával az EU éves benzinfelhasználásának közel 6%-a is fedezhető lenne. A pirolízis másik fő terméke a pirolízis gáz. A pirolízis gáz alapanyag típus szerint eltérő, de a fölgázénál nagyobb égéshővel rendelkező gáz elegyeket jelent. A gáz amellet, hogy kiváló fűtőanyag, képes lehet részben vagy akár egészben fedezni a pirolízis folyamatok energiaigényét.

Hompoth Szabolcs, Czagány Máté, Baumli Péter

Bevonatok fejlesztése nagy hatékonyságú pszeudokondenzátorokhoz (SO-04)

Az energiafelhasználásunkat exponenciálisan növelő fejlődő technológia évről évre több energia mennyiséget igényel az eszközeink működtetéséhez. Bár hatékony elektromos energia előállítási módszereket fejlesztettünk ki, a tárolás terén további fejlesztésekre van szükségünk. Korábban az akkumulátorok ideális megoldást nyújtottak az energia tárolására, azonban most olyan funkciókra van szükségünk, mint például a gyorsabb töltés és kisütés sebessége, valamint az újrafelhasználhatóság, hogy lépést tudjunk tartani az eszközeink növekvő energiafogyasztásával és a modern elvárásokkal. Az újabb igényeket figyelembe véve megjelentek innovatív megoldások, például a fém-levegő cellás akkumulátorok és a szuperkondenzátorok.

Kutatásom során a kémiai redukciós módszerrel előállított Ni-P ötvözetet használtam szuperkondenzátorok létrehozásához, majd ezek tulajdonságait

elemeztem. Az aktív anyagot a szuperkondenzátor működése szempontjából szilárd hordozóra helyeztem. A kutatás során acél (AISI 1345) szilárd hordozót használtam, amelyre nikkel-foszfor (Ni-P) ötvözetet vittem fel, majd aktív szénnel kombináltam a szuperkondenzátor kialakításához. Az aktív szén előállításához természetes anyagok hulladékát használtam, mint például mogyoróhéj, kávézacc, dióhéj stb., amelyeket pirolízissel és kémiai aktiválással, KOH felhasználásával állítottam elő. Ezáltal nagy fajlagos felületet értem el, ami kiemelkedően fontos a szuperkondenzátorok készítésében. Az elkészült szuperkondenzátorokat potenciosztát segítségével vizsgáltam. A végzett vizsgálatok közé tartozott a ciklikus voltammetria és a galvanosztatisztikus töltés-kisütés vizsgálat. Ezek alapján fontos paramétereket határoztam meg, mint például az energiasűrűség és a teljesítménysűrűség, amelyek mindkét esetben ígéretes eredményeket mutattak.

Szovák Benedek^{1,2}, Kemény Alexandra^{1,2}, Maróti János Endre^{1,2}

Irányított szénszállal erősített szintaktikus fémhab gyártása és vizsgálata (SO-05)

A mérnöki anyagok fejlesztésének egyik fő irányvonala a szilárdság növelése a tömeg jelentős mértékű növelése nélkül, vagy más szóval a sűrűséggel normált mechanikai tulajdonságok növelése. Ennek egyik lehetősége a kompozit anyagok alkalmazása, amelynek során nagy szilárdságú, (általában) nagy sűrűségű erősítőanyagot ágyaznak kis szilárdságú és általában az erősítőanyaghoz képest viszonyítva kis sűrűségű mátrixanyagba. Az erősítőanyag lehet szemcse vagy szál formában, a felhasznált anyagtól függően. Szemcsés erősítőanyagot a nyomó igénybevétellel szembeni, szál as anyagot a húzó igénybevétellel szembeni ellenállás növelése érdekében alkalmaznak. A szál as erősítőanyagok alkalmazásának előnye, hogy adott irányokban módosíthatóak a mechanikai tulajdonságok, ezzel, ha szükséges, tervezett anizotrópia hozható létre.

Másik lehetőség a sűrűség csökkentése, amelyre széles körben alkalmaznak porózus szerkezetű anyagokat, például fémhabokat. Ezek az anyagok kis sűrűségűek, a tömbi mátrix anyag sűrűsége közel a felére csökkenthető. Emellett nagy fajlagos mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek, például zömítő szilárdsággal és energiaelnyelő képességgel.

A kutatás célja: Ennek a kutatásnak a célja irányított hosszú szénszállal erősített szintaktikus fémhab gyártása és vizsgálata. A kutatás során (a Kelly-Tyson összefüggés [1] értelmében vett) rézzel bevont szénszálat ágyaztunk duzzasztott agyagkavicsal töltött szintaktikus, alumíniumhab mátrixba a húzó igénybevétellel szembeni ellenállás növelése érdekében. A szénszál kötegek a szakító próbatestek teljes hosszán végig értek.

Eredmények: Az ISO 6892 szabványnak megfelelő próbatesteket kvázi statikus szakítóvizsgálatnak vetettük alá. A vizsgálatok eredményei alapján azt a konklúziót vontuk le, hogy az általunk felhasznált anyagok és módszerek nem alkalmasak a szintaktikus fémhabok húzó igénybevétellel szembeni ellenállásának növelésére. Ennek okaként további vizsgálatok alapján azt határoztuk meg, hogy a felhasznált szénszál nem képes megfelelő mértékű alakváltozást elviselni. E mellett nem alakul ki megfelelő kötés a rézzel bevont szénszál és az alumínium mátrix között, ebből kifolyólag a kritikus szálhossz megléte ellenére szálkihúzó dás történt.

- [1] Thodsaratpreeyakul W, Uawongsuwan P, Kataoka A, Negoro T, Hamada H. The Determination of Interfacial Shear Strength in Short Fiber Reinforced Poly Ethylene Terephthalate by Kelly-Tyson Theory. *Open J Compos Mater* 2017;07:218–26., <https://doi.org/10.4236/ojcm.2017.74015>.

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest

² MTA-BME Lendület Kompozit Fémhabok Kutatócsoport, Budapest

Nagyné Fekete Mónika^{1,2}

Vasalapú ötvözetek felületén kialakított vasfoszfát réteg vizsgálata (SO-06)

Vasalapú ötvözetekből készült alkatrészek szerves bevonattal vannak ellátva esztétikai szempontból és a korrózióval szembeni védelem miatt. Az elektroforetikus festéssel kikészített acél- és öntöttvas alkatrészeknél a felület-előkezelési eljárás a foszfátózás. Kültéri és autóiipari alkatrészeknél a leginkább elfogadott és széles körben alkalmazott előkezelési technológia a trikationos cinkfoszfátózás. A cinkfoszfátózó oldat viszont nehézfémek vízoldható vegyületeit is tartalmazza, úgymint cinket, mangánt és nikkelt. A REACH rendelet értelmében a nikkel felkerült a rákkeltő anyagok listájára is. A vasfoszfátózás viszont, ami szintén alkalmas elektroforetikus festés előtti felület-előkezelésre és nem tartalmaz erősen mérgező anyagokat, egy olyan eljárás, amely éppen ezért napjainkban tovább-fejlesztésre érdemes és környezet-védelmi szempontból is kedvezőbb eljárás lehet.

Cél: Az autóiiparban, a mezőgazdasági gépek és berendezések gyártásánál nem csak acéllemez, hanem öntöttvas alkatrészek felületvédelmét is biztosítani kell. A foszfátózásra vonatkozó szabványok, szakirodalmak elsősorban az acéllemez

hordozó felületén kialakított foszfát konverziós rétegek tulajdonságaira térnek ki, viszont a vasöntvény hordó felületén kialakított rétegre nem található irodalmi adat. A cél összehasonlítani az acél és a vasöntvény hordozó felületén kialakított foszfát konverziós réteget, és a konverziós rétegek tulajdonságait, mint például a bevonatok rétegtömegét.

Eredmények: A vasöntvény lemez és az acélhordozó felületén kialakított vasfoszfátos konverziós rétegtömeg adatok jelentős eltérést mutatnak. A hordozó felületen kialakult konverziós réteget befolyásolja a szubsztrátum (hordozó felület) alapanyaga, a foszfátózás technológiai ideje, a foszfátózó oldat koncentrációja, valamint a foszfátózó oldatban levő gyorsító hatású adalékok is. A rétegtömeg értékek meghatározása elsődlegesen szelektív kémiai leoldással történt. Az eredmények tudományos alátámasztása, valamint a rétegtömegképzési folyamatok részletesebb feltárása és értelmezése érdekében nagyműszeres felületanalitikai (SEM-EDS, GD-OES) módszerekkel is történtek vizsgálatok a kiépült foszfátos rétegek finomszerkezetét és mélységi elemeloszlását illetően.



1. ábra – Azonos paraméterekkel vasfoszfátózott acéllemez és vasöntvény

¹ KNOTT-Technik-flex Kft., Cegléd

² Miskolci Egyetem, Fémelőállítási és Öntészeti Tanszék, Miskolc

Nyeste Viktor^{1,2}, Kárpáti Viktor², Mende Tamás², Mertinger Valéria²

Utántömörítés hatásának fémtani vonatkozásai alumínium ötvözet nyomásos öntésekor (SO-07)

Napjainkban az egyre szigorodó autóipari előírások egyre nagyobb kihívások elé állítják az öntvény gyártókat, az öntvény geometriák egyre komplexebbek lesznek. A több funkció integrálása egyéb területeken, például szerelés előnyt jelentenek, de az alumínium öntvényeket esetén jelentősen nehezítik az öntvények hibamentes gyártását. Ezen új geometriák nagyon eltérő falvastagságokkal rendelkeznek, ahogy a funkció megköveteli. Az eltérő falvastagságok megnövelik a selejtes öntvény gyártásának a kockázatát, ugyanis az eltérő falvastagságok eltérő dermedési

körülményeket idéznek elő. Az eltérő falvastagságokra megoldás lehet nyomásos öntés során a helyi utántömörítés. A kutatási munka az utántömörítési paraméterek hatását vizsgálja a kialakult szövetszerkezetre és annak mechanikai tulajdonságaira. Az ipari környezetben, különböző utántömörítési beállítással készült öntvények fény-, elektronmikroszkópos és CT vizsgálatát végeztük el, a szövetszerkezeti jellemzők és a porozitás jellemzésére. A mechanikai tulajdonságokat szakító és nyomó vizsgálatokkal jellemeztük.

¹ Hanon Systems Hungary Kft., Székesfehérvár

² Miskolci Egyetem, Fémtani Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

Szabó Péter Imre¹, Tóth Zsolt², Ugi Dávid³

Flat-top nyalábprofilú femtoszekundumos lézerrel mikromegmunkálás (SO-08)

Rengeteg lézer berendezés térbeli nyalábprofilja nem homogén, sokszor gaussi. Ezeketől eltérően léteznek flat-top nyalábprofilú lézerberendezések is. Ezek előnye, hogy ha eltekintünk a nyaláb fókuszálásának következményei elhanyagolhatóak, anyagmegmunkáláskor állandó energiasűrűséget tudunk alkalmazni. Tehát a nyaláb bármely pontján ugyanolyan jelenségek mennek végbe, például mindenütt ugyanúgy történik abláció, a nyaláb szélén is.

Femtoszekundumos lézerek esetén a megmunkálás, például abláció nagyon jól lokalizált: az impulzus rövidege miatt a

hővezetés elhanyagolható, a heat-affected-zone nagyon vékony.

Nagyenergiás (impulzusonként több tíz mJ), flat-top nyalábprofilú, femtoszekundumos lézerrel végeztünk megmunkálást: oszlopot faragtunk. Megmértük a megmunkálás következtében létrejövő heat-affected-zone vastagságát: 1 mikrométernél vékonyabbnak találtuk. Tehát a berendezés kiválóan alkalmas pontos, nagyenergiás megmunkálásra.

A témában megjelent publikáció címe: Micromachining using the high energy flat-top beam of a femtosecond pulse UV laser system: micropillar prefabrication.

¹ NKE, HHK Természettudományi Tanszék, Budapest

² SZTE, HILL Laboratórium, Szeged

³ ELTE, Anyagfizika Tanszék, Budapest

Vaczkó Dániel, Szabó Valentin

Szálerősített kompozit anyagok ragasztott kötéseinek a vizsgálata (SO-09)

Napjainkban a nyersanyaghiány egy jellegzetes probléma, amely az ipar minden területén jelentkezik. A pultrúziós eljárással gyártott üvegszál erősítésű kompozitok rendkívül kedvező tulajdonságokkal rendelkeznek. A jelenlegi kompozit kötéstechológiák sok esetben a csavarozásra és szegecselésre fókuszálnak az iparákban, azok már ismert tervezhetősége során. A szálerősítésű kompozitok esetén azonban a csavarozás és szegecselés során átszakítjuk az erősítő szálakat, így elveszítve a technológia egyik legnagyobb előnyét. Továbbá a szerkezetek előnye a kompozit miatti kis tömeg, amely előny a nagyobb méretű szerkezetek esetén a sok kiegészítő csavar és szegecs tömege okán teljesen elveszik. Ennek elkerülése érdekében az erősítőszálakat összetartó adhéziós kapcsolatot terjesztenénk ki a profilok felszínére, hogy azokat is, egymáshoz képest ragasztva kapcsoljuk össze.

A kutatás során pultrudált profilokon felületkezelések alkalmazását vizsgáltuk a felületi energia növelése érdekében. Kézi csiszolással és homokszórással érdesítettük a ragasztani kívánt felületeket, majd különböző zsírtalanítószereket alkalmazva nedvesíthetőségi méréseket végeztünk el. A felületkezelés létrejöttének bizonyítására és nagyságának a meghatározására a felületeket érdességmérővel ellenőriztük. A ragasztásokat két különböző szerkezeti ragasztóval, valamint epoxi gyantával készítettük el. A lapos profilok nyírószilárdsági értékét szakítóvizsgálaton hasonlítottuk össze, majd meghatároztuk a felületkezelések hatását. Az eredmények alapján a megfelelő felületkezelés, illetve a ragasztó típusa nagymértékben befolyásolja a kialakult kötésszilárdságot.

**Kovács Sándor Endre^{1,2}, Mikó Tamás¹, Troiani Enrico³,
Markatos Dionysios⁴, Pethő Dániel¹, Gréta Gergely¹, Varga László¹,
Gácsi Zoltán¹**

3D nyomtatott 17-4PH rozsdamentes acél ötvözet mechanikai tulajdonságainak optimalizálása, lehetséges repüléstechnikai alkalmazásra (SO-10)

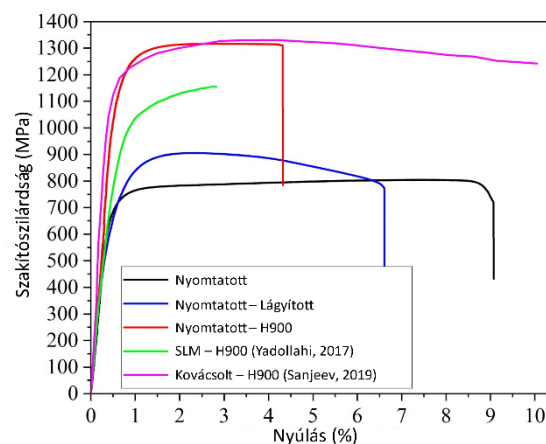
Az additív gyártástechnológiák napjaink egyik leggyorsabban fejlődő iparága. Fő jellemzői, melyeken az utóbbi harminc évben rengeteg kutatás alapult, hogy rendkívül komplex geometriákat képes előállítani, melyek nincsenek lekorlátozva a szerszámkészítés limitált megvalósíthatóságával. Ez a gyártási rugalmasság képes olyan mérnöki megoldások létrehozására, melyek statikailag és tömeg szempontjából is áttöréseket mutathatnak.

Kutatás célja: A repülőgép ipar számos területen alkalmaz acél alkatrészeket, melyek általában tömbanyagból kerülnek kimunkálásra. Ez a megközelítés kevésbé állja meg a helyét, minél nagyobb bonyolultságú a kívánt geometria. Erre kínál megoldást az additív gyártástechnológia, vagy hétköznapi nevén 3D nyomtatási eljárás. Mivel köztudott, hogy a jelenleg előállított 3D

nyomtatott alkatrészek jelentősen függenek a tárgyasztalhoz számított relatív helyzetüktől,

melyet számos írás részletez, továbbá repüléstechnikai felhasználásuk megkérdőjelezett, tekintettel az egyre szigorúbb előírásokra. Repülés közben azonban ritka, hogy egy alkatrész a tér minden irányában ugyanolyan terhelést szenvedjen el, így a 3D nyomtatott alkatrészek orientációját erre a terhelés-eloszlásra lehet tervezni.

Eredmények: A vizsgálat során felhasznált szakítószilárdság próbatestek kiértékelését elvégeztük nyomtatott, illetve hőkezelt állapotban is. Ennek az volt a célja, hogy a kinyomtatott próbatesteket a hőkezelési folyamat után, az öregítés hatására, ridegebbé tegyünk, mivel ahogyan azt a MIL-STD-1530D amerikai haditechnológiai szabvány kimondja, maximális terhelésnél nem történhet rugalmas alakváltozás. Ennek eredményeit mutatja be az 1. ábra



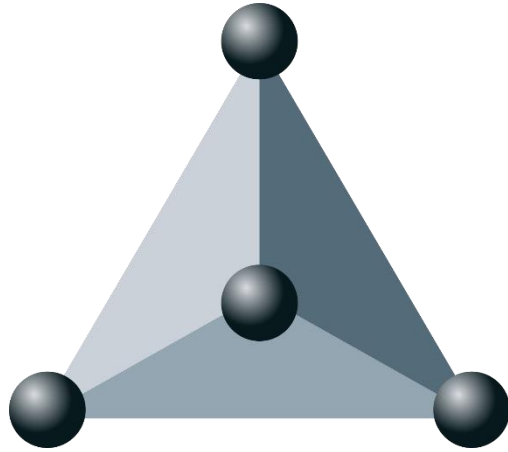
1. ábra - 17-4PH szakítószilárdsági értékek különböző állapotokban

¹ Miskolci Egyetem, Anyag- és Vegyészmérnöki Kar, Miskolc

² Diehl Aviation Hungary Kft., Debrecen

³ Bolognai Egyetem, Iparmérnöki Kar, Forlì, Olaszország

⁴ Pátrai Egyetem, Gépészmérnöki és Repüléstechnikai Tanszék, Pátra, Görögország



Poszter előadások

Kovács Tünde Anna¹, Daruka Norbert¹, Kugyela Lóránd², Nyikes Zoltán³

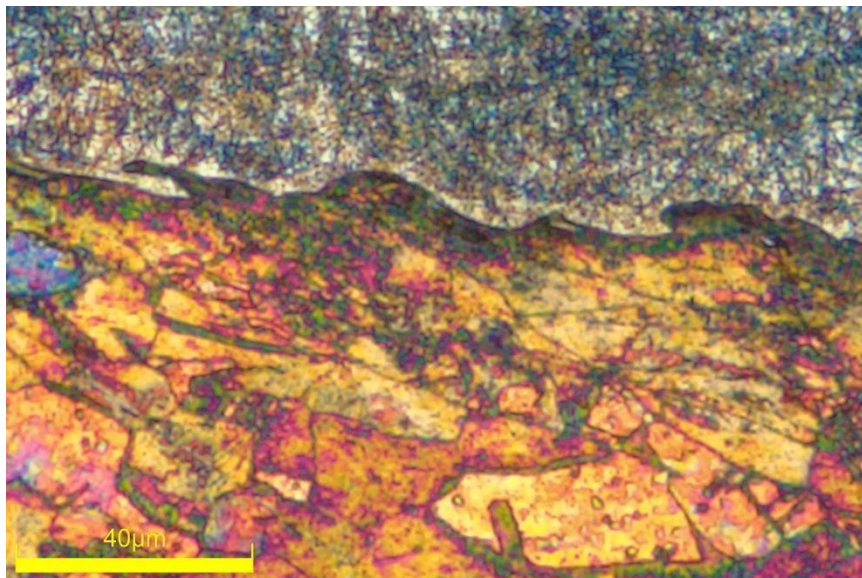
Eltérő fémek robbantásos hegesztése (P-01)

A hegesztés egy igen régi technológia a fémek nem oldható, kohéziós kötéseinek kialakítására. Jól ismert, hogy ömlesztő hegesztéssel egymással összekapcsolható fémek kombinációja korlátozott. Az eltérő fémek hegesztésére általában több sajtoló eljárás is ismert. Az eltérő fémek hegesztéssel történő összekapcsolása ipari igény. A robbantásos hegesztés jó megoldás az eltérő kötések kialakításához. Ezzel az aljárassal létrehozott kötések a robbanóanyagok sokfélesége és a technológia biztonsági korlátai miatt még nem teljeskörűen ismert. A robbantásos hegesztés sajtoló hegesztési eljárás, amely lökeshullám által létrehozott képlékeny alakváltozással történik.

Cél: A munka célja, esettanulmányokon keresztül megismertetni a robbantásos

hegesztési eljárást, a technológiai paraméterek meghatározásának alapjait.

Eredmények: Több éves kísérleti munka eredményeit mutatjuk be. Néhány eltérő fém robbantásos hegesztéssel létrehozott kötéseinek elemzésével, például alumínium-acél, acéltitán, acél-réz. Bemutatjuk a robbantásos hegesztéssel létrehozott kötés vizsgálati módszereit is, és bemutatjuk a kötés hegesztés utáni elérhető mechanikai tulajdonságait. A robbantásos hegesztés egyszerű, de számos körülmény nehezíti, mint például a robbanóanyag és a detonátor beszerzése, kezelése, illetve a folyamat helyének megválasztása. A robbantásos hegesztés jó lehetőség egyedi, eltérő hegesztési feladatokhoz.



1. ábra – Vörösréz-acél robbantásos hegesztéssel létrehozott kötés metszete (maratás: Ammonium peroxidsulfate)

¹ Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest

² Óbuai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest

³ Milton Friedman Egyetem, Budapest

**Nagy Péter¹, Kaszás Bálint², Csabai István³, Hegedűs Zoltán⁴,
Michler Johann⁵, Pethő László⁵, Gubicza Jenő⁶**

Kombinatorikus nagyentrópiás ötvözetek röntgen vonalprofil analízise újszerű gépi tanuláson alapuló módszerrel (P-02)

Jelen munkában egy gépi tanuláson alapuló módszert mutatunk be, amely alkalmas a röntgen diffrakcióból származó vonalprofilok kiértékelésével becslést adni az anyag mikroszerkezeti paramétereire. A módszer hatékonyságát egy Co-Cr-Fe-Ni kombinatorikus mintán demonstráljuk. A minta egy újszerű fizikai gázfázisú leválasztás (PVD) technikával lett előállítva egy 10 cm átmérőjű Si hordozón. Ez a PVD technika abban különleges, hogy sok különálló targetet használ, ezáltal lehetővé téve azt, hogy a mintán erős összetételi gradienst lehessen kialakítani. Az ilyen minták kiváló lehetőséget biztosítanak egy adott ötvözetcsalád különböző összetételű tagjainak a vizsgálatára egy adott mintán belül, lehetővé téve a mikroszerkezeti paraméterek és a kémiai összetétel kapcsolatának feltérképezését. Jelen munkában a Co-Cr-Fe-Ni kombinatorikus minta legnagyobb egybefüggő egyfázisú

lapcentrált köbös (FCC) területét vizsgáltuk, aminek a felülete több száz pontban lett karakterizálva szinkrotronos röntgendiffrakciós mérésel. A röntgen vonalprofil analízissel (X-ray line profile analysis - XLPA) az adott mérési pontban meghatározhatók a mikroszerkezetre jellemző főbb paraméterek, úgymint kristallitméret és a rácshibák (diszlokációk és ikerhibák) sűrűsége. A nagy mennyiségű diffraktogram kiértékelése hagyományos eljárásokkal sok időt igényelne (több hónap). A szerzők által fejlesztett és jelen munkában bemutatott gépi tanulással támogatott röntgen vonalprofil analízis (ML-XLPA) módszer nagyon gyorsan képes az adott felület mikroszerkezeti paramétereiből álló térkép előállítására (másodpercek alatt). A szerzők tudomása szerint ez az első gépi tanulás alapú röntgen vonalprofil analízis eljárás.

¹ ELTE, TTK Fizikai és Csillagászati Intézet, Anyagfizikai Tanszék, Budapest

² Institute for Mechanical Systems, ETH Zürich, Zürich, Switzerland

³ Department of Physics of Complex Systems, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary

⁴ Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg, Germany

⁵ Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, Laboratory for Mechanics of Materials and Nanostructures, Thun, Switzerland

⁶ Department of Materials Physics, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary

Szlancsik Attila, Varga Dorottya

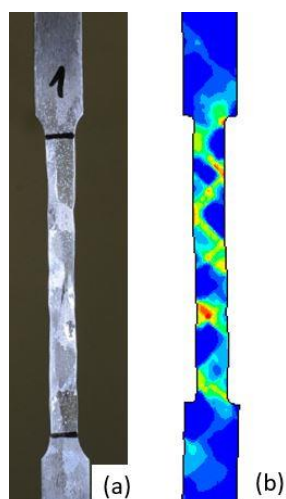
Durvaszemcsés vékony alumínium lemezek szakítása és végeelemes szimulációja (P-03)

Manapság egyre nagyobb az igény az iparban a minél kisebb próbatestek vizsgálatai iránt, mivel ezáltal csökkenteni lehet a vizsgálatokhoz szükséges anyagmennyiséget, illetve ha már egy működő berendezést vizsgálunk akár olyan kismértékű anyageltávolítással is vizsgálható, hogy a szerkezet integritása ne sérüljön. Ebből fakadóan előáll az a jelenség, hogy a próbatest keresztmetszetében csak pár szemcse található, amely esetben a hagyományosan meghatározott mechanikai jellemzők, nem fogják kellőképpen reprezentálni a tömör anyag tulajdonságait. Ezen kisméretű – sub-size – próbatestek vizsgálata azonban sok kihívást hordoz magában, a kellőképpen pontos kimunkálástól kezdve a megfelelő felbontással rendelkező erő és elmozdulásmérő berendezésekig.

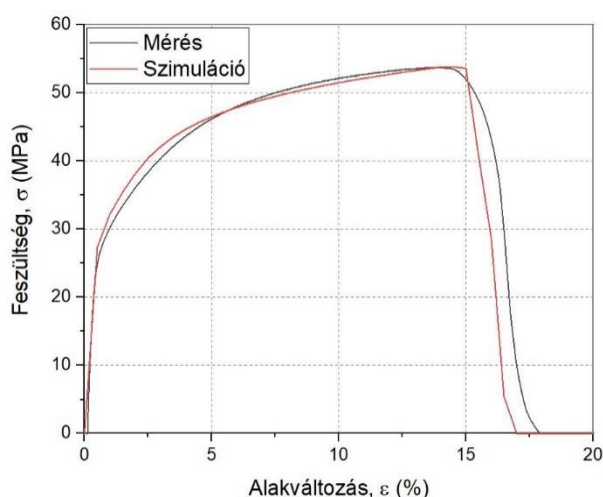
A célunk az volt, hogy felnagyítsuk a sub-size próbatesteknél megfigyelhető jelenségeket olyan méretekre, amelyek már a hagyományos szakítógépekkel és berendezésekkel

vizsgálhatók. Ennek érdekében Al99.8 szalagokat hőkezeltünk úgy, hogy a durvaszemcsés újrakristályosodás játszódjon le, amely által biztosítható, hogy a próbatest keresztmetszetében csak pár szemcse legyen jelen. Ezt követően a szemcseszerkezetet alumínium makromarószerral tesszük láthatóvá, majd az így megfigyelhető szemcseszerkezetet végeelemes szimulációval is replikáljuk. Az így előkészített mintákat szakítóvizsgálatnak vetettük alá, amelyeket reprodukáltunk szimuláció segítségével is.

Az így elvégzett szakítóvizsgálatokból meghatároztuk a folyáshatárt, a szakítószilárdságot és a szakadási nyúlást. Ugyanezen eredményeket meghatároztuk a végeelemes szimulációkból is. Az 1. ábra mutatja be a mért és szimulált szakító próbatesteket a szakítás során, míg a 2. ábra a kapott feszültség – alakváltozás diagrammokat ábrázolja.



1. ábra – A durva szemcsés próbatest szakítás közben (a), illetve a szakítás szimulációja során fellépő képlékeny alakváltozás mértéke (b)



2. ábra – A mért és szimulált szakítások feszültség – alakváltozás görbéi

György Ledniczky, Weltsch Zoltán

17-4PH huzalextrúziós alapanyag feldolgozásának javítása lézersugaras felületkezeléssel (P-04)

A műszaki köztudatban legismertebb és legkorábban kifejlesztett additív gyártási eljárás fémek előállítására a lézersugaras porágyfúzió. Az eljárás során a fém részecskéket egy lézersugárral összeolvasztjuk, így előállítva a fém alkatrészt. Az elmúlt évek során az említett technológia mellett körülbelül húsz eljárás fejlődött ki, amely eljárásokkal hatékonyságot vagy költségeket lehet csökkenteni. Korábban már ismert működési elvű, illetve teljesen új elvű eljárások is kifejlesztésre kerültek, köszönhetően a különböző gyártók nagyszámú részvétele miatt. A cikkben egy szinterelés

elvén működő eljárást mutatunk be, ami egy nagy fémpor tartalmú huzal anyagextrúziós rétegeképzésen alapuló (FDM) eljárás. Az anyag felhasználása során komoly problémát jelent az első néhány réteg kötésének biztosítása, ami miatt első próbálkozásunkra nem sikerült előállítanunk az ún. zöld terméket. Ezt követően az asztal felületét speciális ragasztóval kezeltük és különböző felületkezelési módszereket alkalmaztunk a jobb kötés biztosítása érdekében. Az így készült alkatrészek eltávolíthatóságát és kötési erejét vizsgáltuk.

László Noémi¹, Hussein Alzyod², Ficzer Péter², Nagy Balázs¹

A vasalási paraméterek hatása 3D nyomtatással gyártott PLA alkatrészek felületi jellemzőire (P-05)

Az additív gyártás – így például az FDM technológia széleskörben alkalmazott eljárás, a technológia viszonylagos egyszerűségének és gazdaságos mivoltának köszönhetően. A 3D nyomtatással gyártott alkatrészek esetén azonban a nyomtatás gyakran nem megfelelő felületminőséget eredményez, amely sokszor akár tapintható érdesség formájában jelentkezik. Ez a felhasználó szempontjából egyrészt esztétikai problémát jelenthet, másrészt az alkalmazási területtől függően (pl. kopásnak kitett, beépülő alkatrészek esetén) akár kritikus tényező is lehet, például a pontosság tekintetében. Különösképpen igaz ez a politejsavból (PLA) gyártott termékek esetén.

A felületminőség javítására számos utókezelési módszer – így például mechanikai vagy vegyi kezelések, polírozási eljárások – áll rendelkezésre. A vasalás egy olyan korszerű a felületminőség javítására szolgáló felületmódosító „kezelés”, amellyel a felületi érdesség csökkenthető a nyomtatás során, a legfelső réteg nyomtatófej által történő átolvasztásával.

A vasalási paraméterek átolvasztott réteg felületi morfológiájára, a kezelés által elérhető rétegvastagságra, továbbá felületi érdességre gyakorolt hatásairól viszonylag csekély a rendelkezésre álló ismeretek mind a hazai, mind a nemzetközi szakirodalmak tekintetében.

A kutatás fő célkitűzése a vasalási paraméterek (áramlási sebesség, a vasalás sebessége, -stb.) felületi karakterisztikára gyakorolt hatásainak vizsgálata, PLA alkatrészek esetén. A nyomtatást követően a vasalt réteg morfológiai jellemzése és rétegvastagság meghatározása pásztázó elektronmikroszkóppal (FE-SEM), a 2D és 3D felületi érdességi paraméterek profilometriás és atomerőmikroszkópos (AFM) vizsgálatokkal, a réteg keménysége mikrokeménység-mérés segítségével került meghatározásra. Az elvégzett vizsgálatok információtartama alkalmas a rétegek karakterisztikájának jellemzésére és összehasonlítására, ugyanakkor megfelelő információk nyerhetők a felületi érdesség csökkentésének módjára, a vasalási paraméterek optimalálásán keresztül.

¹ H-ION Kutató, Fejlesztő és Innovációs Kft., Budapest

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Vasúti Járművek és Járműrendszeranalízis Tanszék, Budapest

**Kemény Alexandra^{1,2}, Pados Gábor^{1,2}, Májlinger Kornél^{1,2},
Orbulov Imre Norbert^{1,2}**

Egylépésben előállított, csőbe töltött szintaktikus fémhabok hegesztése (P-06)

A különböző fémhabok önmagukban általában nem jelentenek optimális anyagot egy adott mérnöki probléma megoldásához. Merevségük jelentős mértékben növelhető – így hatékonyabban alkalmazhatók – ha az egyszerű fémhabok helyett tömör határolólapokkal készített szendvicspaneleket gyártanak [1], vagy, ha zártszelvényekbe, üreges öntvénydarabokba töltik őket, amelyeket a hab belülről megtámaszt [2,3].

A gyártástechnológiából fakadóan ezen duplakompozitok mérete korlátos [4], ezért a gyártmány méretétől és bonyolultságától függően szükség lehet összekapcsolásukra. Célunk ezért kis alapanyagköltségű duplakompozitokból fémhabszerkezetek előállítása különböző kötési technológiákkal, amelyekből jelen kutatásunkban az ömlesztő hegesztések közül a TIG-hegesztésre térünk ki.

A csőbe töltött szintaktikus fémhabokat egylépésben állítottuk elő kisnyomásos

infiltrálással. A 2 mm falvastagságú cső $\varnothing 32$ mm külső átmérőjű, anyaga AlMgSi0.5 ötvözet. A fémhab mag mátrixanyaga AlSi12 közel eutektikus öntészeti ötvözet, töltőanyaga pedig $\varnothing 2,5 - 3,0$ mm méretű duzzasztott anyagkavics részecske halmaz volt. A duplakompozit szerkezetek költségét minimalizálendő a hegesztésekhez először a könnyen elérhető és egyszerűen kivitelezhető eljárások kerültek vizsgálatra. Az élelőkészített darabok TIG-hegesztéssel kerültek hegesztésre, argon védőgáz, $\varnothing 2,4$ mm-es AlSi12 hozaganyag és váltóáram alkalmazása mellett.

A létrehozott hegesztett kötések metszetéről optikai mikroszkópi felvételeket készítettünk a mikroszerkezet elemzése érdekében és keménységtérképet vettünk fel a varratról és a hőhatásövezetről, mikrokeménységmérés segítségével.

Hivatkozások:

- [1] P. Capone, M. Latour, M. D’Aniello, N. Babcsan, R. Landolfo, G. Rizzano, Ce/Papers 4 (2021) 1688–1694.
- [2] J. Banhart, in: Front. Des. Mater., Taylor & Francis, 2007, pp. 279–289.
- [3] M. Taherishargh, M. Vesenjak, I.V. Belova, L. Krstulović-Opara, G.E. Murch, T. Fiedler, Mater. Des. 99 (2016) 356–368.
- [4] G. Pados, A. Kemény, B. Szovák, D. Károly, I.N. Orbulov, Acta Mater. Transylvanica 6 (2023) 38–41.

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

² MTA-BME Lendület Nagyteljesítményű Kompozit Fémhabok Kutatócsoport, Budapest

Tóth Csenge Emese*, Nagy Gábor**

Gumihulladék kopiolízisének termogravimetriás és laboratóriumi mértékű modellezése (P-07)

A hulladékká vált gumiabroncsok egyre nagyobb mértékű megjelenése, illetve a belőlük származó hulladékok kezelése és hasznosítása számos kutatási lehetőséget rejt magában. Kísérleteink során a pirolízist, mint lehetséges hulladékkezelési módszert vizsgáltunk termogravimetriás méréseken és laboratóriumi pirolizáló berendezésben végzett kísérleteken keresztül.

Az aprított gumi alapanyaghoz különböző adalékanyagokat (tojáshéj, kagylóhéj, dolomit, alginít, zeolit, kalcinált kagylóhéj, kalcinált tojáshéj, kalcinált dolomit, kalcinált alginít, kalcinált zeolit) kevertünk 1:1 tömegarányban

annak érdekében, hogy feltárjuk az anyagok között létrejövő szinergikus hatásokat.

A keverékek termogravimetriás vizsgálatát egy MOM Derivatograph-C termoanalitikai mérőberendezést használtunk 1000 °C-ig történő felfűtéssel, 30 ± 1 mg minta bemérésével. A laboratóriumi pirolízis során egy hőálló acélcsőből készült reaktort villamos fűtésű csőkemencében hevítettünk. A reaktorba 60 ± 1 g keverékeket töltöttünk be, majd inert atmoszférában hevítettük 1 órán keresztül. A kísérletek során képződő olaj- és gáz termékeket is gyűjtöttük a későbbi vizsgálatokra.

Svéda Mária¹, Kristály Ferenc², Koncz-Horváth Dániel³, Sycheva Anna¹,
Karacs Gábor¹, Janovszky Dóra¹

AlFeTiNiCo típusú nagy entrópiájú ötvözetek előállítás (P-08)

Yeh és munkatársai 2004-ben az ötvözetek egy új osztályát fejlesztették ki, amelyet nagy entrópiájú ötvözeteknek (High Entropy Alloys, HEA) neveztek el. A hagyományos ötvözetektől eltérően a HEA-k öt vagy több elemet tartalmaznak egyenlő vagy közel egyenlő atomi arányban, 5 és 35 tömegszázalék közötti elemkoncentrációval. Ezek az ötvözetek számos egyedi tulajdonsággal rendelkeznek, mint például a nagy szilárdság, keménység, kopásállóság és magas hőmérséklet állóság.

Az $\text{Al}_{20}\text{Fe}_{20}\text{Ti}_{20}\text{Ni}_{20}\text{Co}_{20}$ és $\text{Al}_{20}\text{Fe}_{20}\text{Ti}_{20}\text{Ni}_{20}\text{Co}_{15}\text{Mo}_5$ nagy entrópiájú porok előállítása nagy energiájú bolygóműves malomban történő őrlésével valósult meg.

Az őrlött porok mikroszerkezetét és fázisátalakulását röntgendiffrakcióval (XRD),

pásztázó elektronmikroszkópiával (SEM), transzmissziós elektronmikroszkópiával (TEM) és differenciális pásztázó kalorimetriával (DSC) vizsgáltuk.

Az $\text{Al}_{20}\text{Fe}_{20}\text{Ti}_{20}\text{Ni}_{20}\text{Co}_{20}$ porok BCC Fe-típusú mikroszerkezete volt 35 órás őrlést követően. Az $\text{Al}_{20}\text{Fe}_{20}\text{Ti}_{20}\text{Ni}_{20}\text{Co}_{15}\text{Mo}_5$ összetételű poroknál a Co részleges helyettesítését Mo-nel valósítottuk meg és ennek hatására BCC Fe-típusú, BCC Mo-típusú és BCC Ti-típusú fázisok alakultak ki 80 órás őrlést követően. Mindhárom fázisnál a kristályméret 10-20 nm alatti. A Mo nélküli porok olvadáspontja 1333 °C, míg a Mo tartalmú porok olvadáspontja 1368 °C.

¹ HUN-REN ME Anyagtudományi Kutatócsoport, Miskolc

² Nyersanyagkutató Földtudományi Intézet, Miskolc

³ Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet, Miskolc

**Pór Gábor, Szabados Ottó, Pór Gábor, Morvai Tibor, Molnár János,
Koroknai László, Kocsó Endre, Gárdonyi Gábor, Csincsi Zsuzsa,
Balázs Krisztián, Agócs Mihály**

Pásztázó akusztikus mérőgép (P-09)

A pásztázó ultrahangos vizsgáló berendezésben, amelyet történeti okok miatt pásztázó akusztikus mikroszkópnak is szokás hívni, számítógép vezérelt pásztázással készülnek az ultrahangos A-képek, lépésről lépésre, amelyekből 2D s 3D képeket tudunk összeszerkeszteni. A mérést megrendelő nem csupán egy minősített okiratot kap, hogy a megfelelő tudással felvértezett anyagvizsgáló talált-e anyagfolytonossági hiányt, hanem valódi képeket nyer a hiányok (hibák) elhelyezkedéséről, alakjáról orientációjáról; egy röntgenszerű átvilágítási kép áll rendelkezésére, amelynek felbontása akár a 0,1mm-nél is jobb lehet. A felbontás miatt szokás ezeket a mérőberendezéseket

mikroszkópnak is nevezni. Az általunk frissen kifejlesztett és bemutatott mérőberendezés már nagy méretű tárgyakat is képes lepásztázni, mivel sebességét jelentősen megnöveltük. A berendezést már ipari feladatokra és követelményekre tekintettel hoztuk létre, és az alapfeladatok mellett, viszonylag kis adaptációval képessé lehet tenni különböző célfeladatok elvégzésére. Sikeresen demonstráltuk képességeit, keményforrasztáson, extrudált vasúti sín alapanyagon, alumínium öntvényen. Különös hangsúlyt fektettünk arra, hogy az immersion fejből jövő ultrahang sugár minél merőlegesebben érje el a vizsgálati tárgyat, ami jelentősen javítja a képalkotást.

Balázs Barnabás Zoltán, Tura Diriba Amanuel, Jacsó Ádám, Takács Márton

Hibrid megmunkálások: a 3D fémnyomtatás kihívásai és az additív úton előállított anyagok forgácsolhatósági sajátosságai (P-10)

Napjainkban a 3D fémnyomtatási technológiák egyre nagyobb teret hódítanak, azonban jelenleg még csak korlátozottan alkalmazhatóak késztermék előállítására a limitáltan elérhető geometriai pontosság és felületi minőség miatt, ezért számos esetben továbbra is megkerülhetetlen a forgácsolással történő befejező művelet. A hibrid technológia egy gépi műveletté egyesíti az additív eljárást és a forgácsleválasztást, ami számos új lehetőséget rejt magában. Lehetővé válik például olyan alkatrészeknek a legyártása, mely a hagyományos gyártástechnológia, illetve szemlélet mellett egyáltalán nem, vagy csak nagyon körülményesen, nem megtérülő módon volt előállítható.

A hibrid megmunkálógépek rétegről rétegre építik fel az alkatrészt, melyen az adott számú és meghatározott vastagságú réteg elkészültét követően megmunkálja az újonnan létrehozott geometriát egy kisméretű marószerszám beváltásával, hogy majd a forgácsolást követően folytatódjon a geometriaépítés. Ezzel a módszerrel csökkenthetőek/kiküszöbölhetőek az additív technológiából adódó olyan nehézségek, mint a munkadarab jellemzően inhomogén felületi minősége (beleértve a felületi réteg inhomogén anyagszerkezetét) és a munkadarab hőterhelés okozta vetemedése. Továbbá létrehozhatóak speciális alakzatok – melyek gyakran előfordulnak vezető ipari alkalmazásokban is – , mint például alámetszések, nem egyenes tengelyvonalú furatok, vékonyfalú, karcsú (a szélességéhez képest mély) zseb jellegű elemek is. Egy további jelentős területet képvisel a fröccsöntőszerszámok hűtőfuratainak

elkészítése is, mely hozzájárul a hatékonyabb hűtéshez és a folyamat ciklusidejének rövidítéséhez is.

Jelen tanulmány célja a hibrid megmunkálások sajátosságainak az áttekintése, ideértve az additív geometriaépítés nehézségeit, valamint a mikroméretű forgácsleválasztás kihívásait. A tanulmányban feltárjuk, hogy a fémnyomtatás beállításai (pásztázási sebesség, pásztázási szög, pályatávolság, nyomtatási irányok, energiasűrűség, rétegvastagság) milyen hatást gyakorolnak az előállított anyag tulajdonságaira (sűrűség, porozitás, mikrokeménység, szemcseméret, szövetszerkezet). A kapcsolódó másik kurrens terület pedig a mikromarás témaköre, ahol a kis méretekből adódóan a hagyományos úton előállított fémek esetében is számos kihívással találkozhatunk. Az additív úton előállított fémek mikroforgácsolhatósága – a technológiának, valamint a változatos nyomtatási beállításoknak köszönhetően – eltért a hagyományos úton előállított fémekétől. A 3D fémnyomtatás körülményeitől függő anyagi tulajdonságok és inhomogenitásuk nagymértékben befolyásolja az utólagos megmunkáláshoz szükséges forgácsolási erők nagyságát, valamint az elérhető felületi minőséget. Ennek következtében az optimális forgácsolási körülmények is jelentős eltéréseket mutatnak a hagyományos úton előállított anyagokhoz képest. Mivel ebben az esetben nem válik külön az alapanyag előállítása, így már célszerű egészen a nyomtatási paramétereiből kiindulva tervezni a teljes folyamatot.

Lendvai László¹, Rigotti Daniele², Pegoretti Alessandro²

ABS alapú hővezető polimerek fejlesztése elektrotechnikai célokra (P-11)

Az elmúlt években jelentős fejlődés volt tapasztalható a kommunikációs, elektronikai és energiátárolási eszközök területén. A fent említett iparágakban egyre jellemző lett az alkalmazott készülékek miniaturizálása, ami miatt a megfelelő hőelvezetés elérése az egyik legkomolyabb kihívássá vált. A túlhevülés jelentősen csökkentheti az érintett eszközök teljesítményét, élettartamát, kritikus esetben pedig akár tönkremenetelhez is vezethet. Ennek kiküszöbölésére olyan anyagokra van szükség, amelyek kiváló elektromos szigetelőképeségük mellett megfelelő hővezető-képességgel is rendelkeznek, miközben nagy mennyiségben, kis energia-befektetéssel feldolgozhatók.

Különböző műanyagokat már régóta alkalmaznak hővezető és elektromosan szigetelő készülékek burkolati elemeként,

azonban az elmúlt években tapasztalt trendek miatt a hővezető-képességük egyre kevésbé alkalmas erre a feladatra. A problémára megoldást jelenthet célszerűen kiválasztott adalékanyagok beágyazása a polimerbe. Az említett tulajdonságok elérésére a szakirodalomban jellemzően különböző kerámia nanorészecskéket javasolnak, amelyek hatékonysága azonban változó.

Munkánk során hexagonális bór-nitrid szemcsékkel társított akrilnitril-butadién-sztirol (ABS) alapanyagok tulajdonságait vizsgáltuk. Ehhez különböző mennyiségű bór-nitridet tartalmazó ABS alapú kompozitokat állítottunk elő ömledék keveréses eljárással, majd sajtolással. Ezt követően megvizsgáltuk a létrehozott kompozitok mechanikai, fizikai, és morfológiai tulajdonságait, valamint termikus és elektromos vezetőképességét.

¹ Széchenyi István Egyetem, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék, Győr

² University of Trento, Department of Industrial Engineering, Trento, Italy

Rozgonyi Áron

Qubit-oszcillátor kölcsönhatás egy nanoelektromechanikai rendszerben (P-12)

Egy kvantumbit és egy harmonikus oszcillátor által alkotott kölcsönható kvantumrendszer sokféleképpen alkalmazható kvantuminformáció-feldolgozási sémák megvalósítására. Kutatómunkámban elméletileg vizsgálom egy ilyen rendszert, ahol a kvantumbitet egy szén nanocsőben csapdázott elektron töltés szabadsági foka reprezentálja, míg az oszcillátor szerepét a nanocső egy rezgési módusa játssza. Ez a kölcsönható kvantumrendszer elektronikusan, a közelébe helyezett kapuelektrodákra kapcsolt feszültségekkel vezérelhető. A dolgozatban a rendszert alkotó elektronikai komponensek geometriájának és kapacitásviszonyainak ismeretében meghatározom a töltés-qubit és a rezgési módus együttes dinamikáját leíró effektív Hamilton-operátort, analitikusan kifejezem a

Hamilton-operátorban szereplő paramétereket, és realiztikus értékeket használva megbecsülöm azok nagyságrendjét. Az egyik ilyen fontos paraméter az elektron-fonon (qubit-oszcillátor) kölcsönhatás erőssége; a dolgozatban diszkutálom, hogy milyen feltételek esetén érhető el az ún. erős illetve ultraerős kölcsönhatás tartománya. Egy disszipatív kvantum-mechanikai modell (Lindblad-egyenlet) alkalmazásával demonstrálom, hogy az erős csatolás tartományában a qubitben tárolt információt hogyan lehet átvinni az oszcillátor rezgési állapotára, így módon lehetővé téve a qubit indirekt kiolvasását. Az eredmények hasznosíthatók például a kvantuminformációfeldolgozási sémák demonstrálását célzó kísérleti elrendezések tervezésénél.

Szabó Ádám István^{1*}, Hargitai Hajnalka²

Különböző oxid nanorészecskék hatásának vizsgálata olajozott alkatrészpár kopására és tribofilm összetételére (P-13)

A kutatásban cirkónium-dioxid, réz(II)-oxid, titán-dioxid és ittrium(III)-oxid nanorészecskéket Group III típusú bázisolajban homogenizáltunk 0,4 tömegszázalék arányban. A nanorészecskéket előzetesen etil-oleátos felületmódosítással kezeltük. A homogenizált olajmintákat lineáris oszcilláló tribométeren vizsgáltuk. A kopott mintákon felületanalízist végeztünk: digitális optikai és konfokális mikroszkóp segítségével határoztuk meg a kopás mértékét. A kopás típusát pásztázó elektronmikroszkóppal, míg a felületre került nanorészecskéket energiadiszipatív röntgenspektroszkópiával vizsgáltuk.

A mérési eredményekből arra lehet következtetni, hogy a felületmódosított nanorészecskék jól működtek és eltérő mértékben mind csökkentették a kopást. Mindegyik vizsgált oxid nanoadalék csökkentette a kopás nagyságát. Az oxid nanorészecskék használatával a kopástérfogat is csökkenthető. Megállapításra kerültek a különböző nanorészecskék adalékként történő használata mellett előforduló leggyakoribb kopások típusai. Az oxid kerámia nanorészecskék kopásgátló határreteget képeznek a kopott felületeken. A kopott felületen kialakult tribofilmekben különböző mértékben megtalálhatóak a nanorészecskék.

A kutatáshoz a „Tématerületi Kiválósági Program 2021 (TKP2021) – Nemzeti kutatások alprogram – Digitális ipari technológiák kutatása a Széchenyi István Egyetemen (TKP2021- NKTA-48)” biztosított forrást.

¹ Széchenyi István Egyetem, Járműhajtás Technológia Tanszék, Győr

² Széchenyi István Egyetem, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék, Győr

Csikós Kristóf Andor, Hargitai Balázs, Móritz Szilvia, Cinger Dávid,
Szenhe Ildikó, Horváth Márta, Gillemot Ferenc

Eurofer 97 anyag besugárzása a Bagira besugárzó szondában (P-14)

A Budapesti Neutron Centrum keretein belül működő besugárzó szonda, a BAGIRA (Budapest Advanced Gas-cooled Irradiation Rig with Aluminium structure) a Budapesti Kutatóreaktorban a kapcsolódó, radioaktív anyag vizsgálatára alkalmas, minősített laboratóriumi területtel együtt egyedülálló lehetőség a magyar anyagtudományi kutatások számára.

A besugárzó szondában 39 kampányban számos fissziós és fúziós felhasználású anyagot sugároztak be, különböző hőmérsékleteken, fluenssel, különböző károsodási szintekig.

A fúziós reaktorok tervezése és építése során felmerülő probléma, hogy a jövőbeni működési körülmények: magas hőmérséklet, különböző típusú részecskesugárzás, korróziós körülmények stb. által okozott károsodásnak ellenálló anyagokat építsenek be. Ezeknek az anyagoknak az ipari méretekben történő

gyárthatósága, az öregedés jellege és mértéke több esetben kérdéses.

Ilyen anyag a fúziós reaktorok egyik szerkezeti anyagaként jelölt Eurofer97 nevű ferrit-martenzites acél is. A HUN-REN Energiatudományi Kutatóintézet Fűtőelem és Reaktoranyagok Laboratóriuma kapta a feladatot, hogy vizsgálja az Eurofer 97 anyag több különböző hőmérsékleten és különböző neutron fluenssel besugárzott mintáit.

A minták besugárzását három kampányban végezzük el. A besugárzási kampányok megtervezésekor figyelembe vettük a későbbi anyagszerkezeti vizsgálatok jellegét, a kisméretű minták megfelelő egységekbe rendezését, megfelelő besugárzási hőmérsékleten tartását, és a károsodás mértékének biztosítását.

Csikós Kristóf Andor, **Hargitai Balázs**, Móritz Szilvia, Cinger Dávid, Szenthe Ildikó

Anyagvizsgálati minták szikraforgácsolt (WEDM: Wire Electric Discharge Machine) felületeinek vizsgálata (P-15)

A szikraforgácsolás egy olyan anyagleválasztási technológia, ahol az elektróda és a munkadarab között létrejövő ívkisülések választják le az anyagot. Az elektróda nem érintkezik a munkadarabbal. A közöttük lévő rést dielektrummal (pl.: desztillált víz) töltjük meg. Az elektróda és a munkadarab közötti kisülés során a feszültség leesik, az áram jelentős hőmérsékletemelkedést eredményez és az ívbecsapódás helyén megolvastja, majd elpárologtatja az anyagot.

Bár a technológia jelentős hátránya, hogy jóval lassabb megmunkálást tesz lehetővé, mint a hagyományos forgácsolási technológiák, de nagy pontosságú próbatetek készíthetők vele, alacsony hulladékhányad mellett.

Fentebb említett előnyei miatt használja ezt a technológiát a HUN-REN Energiatudományi

Kutatóközpont Fűtőelem és Reaktoranyagok Laboratóriuma több kutatási projektjében is.

A szikraforgácsolási technológia - mind a fúziós, mind a fissionos kutatásokban - megkerülhetlenné vált a small-size / sub-size próbatetek nagy pontosságú legyártásánál és az egzotikus, csupán kis mennyiségben előállított, kereskedelmi forgalomban még nem kapható ötvözetek megmunkálásánál (Cu, W-alapú ötvözetek, ODS)

A szikraforgácsolás során használt áramerősség, frekvencia, előtolás sebessége kritikus paraméterei a megmunkálásnak. Ezek helyes megválasztása teszi lehetővé, hogy a szikraforgácsolás okozta szerkezeti változások (felületi minőség, mikroszerkezet) ne befolyásolják a későbbi mechanikai és mikroszerkezeti vizsgálatok eredményét.

Pór Gábor¹, **Koroknai László**^{1,2}, Szabó Szabasztián¹, Szabados Ottó¹

Hengerelt acéllemezek anizotrópiájának jellemzése akusztikus és EMAT mérésekkel (P-16)

A hengerelt acéllemezekben a hengerlés következtében elnyújtott kristályszerkezet alakul ki, ami anizotrópiához vezet. Az anizotrópia különböző szakító-szilárdságot jelent a különböző irányokban. Ezt elsősorban a Lankford féle számmal szokták jellemezni. Ugyanakkor az elnyújtott kristályszerkezet a merőleges irányban sűrűbb rétegeket jelent, ezért a hangterjedési sebesség is különböző lesz. Ezt a hangterjedési sebességet mértünk meg akusztikus emissziós távadókkal és mérőberendezéssel, aminek eredménye jellemzi az anizotrópia mértékét. Az

ElektroMágneses Akusztikus Távadóval (EMAT) lehetőség van polarizált transzverzális ultrahang hullámok keltésére. Mivel a polarizáció síkja egybeeshet az elnyújtás irányával és/vagy a merőleges iránnyal, a két, keresztirányúban polarizált ultrahanggal lehetőség van az anyag kettőtörésének (birefrigence) meghatározására. Megmutatjuk, hogy a birefrigence irányfüggése szintén jól követi az anyag anizotrópiáját. Megfelelő szakítóvizsgálatok sorozatával a birefrigence értékeket a maradó feszültség mérésére lehet használni.

¹ Dunaújvárosi Egyetem, Dunaújváros

² Miskolci Egyetem, Miskolc

Kovács Péter¹, Weltsch Zoltán², Berczeli Miklós¹

Alumínium lemezek plazmasugaras felületkezelése (P-17)

Minden gépészeti terület fontos témáját alkotja a tömegcsökkentés. Ehhez tartozik az állandóan fejlődő járműipar, ahol a különböző alkalmazásokban elengedhetetlen a járművek tömegének csökkentése. Ennek egyik oka az Európai Unió szabályozása évről évre egyre szigorúbb károsanyag kibocsátási követelményeket ró a gyártókra. A szennyezettség csökkentésének elérése érdekében több, különböző megközelítésű mérnöki megoldás létezik. A járműfelépítmények tömegének csökkentésére egyik megfelelő módszer, ha modern, alapanyagpárosításokat alkalmazunk. Ezeknek az anyagoknak a mérnöki felhasználását korlátozhatja a különböző beépítések követelménye. Így kiemelt figyelmet kell fordítani az anyagok fejlesztése mellett, azok kötéstechológiájára is. Például alumínium lemezek alkalmazása esetén problémát jelenthet a különböző anyagok felületi állapota.

Ezért lehet a ragasztás egy optimális technológia, azonos vagy különböző anyagok összekötéséhez. A felületi elemek összekötéséhez más és más előkészítés lehet szükséges. A kísérletek során célokom a felületek fizikai, topográfiai, kémia jellemzőit vizsgáljam. Ennek segítségével tudom feltárni az anyagtudományi összefüggéseket, hogyan tudom befolyásolni a felületeken az adhéziós kötés minőségét. A kutatásom során nem csak a gyártásból érkező alapanyagok felületi fizikai, kémiai elváltoztatása a cél, hanem e jellemzők tudatos, mérnöki igényeknek megfelelő módosítása. Szeretném kitölteni azt a nemzetközi szakirodalomban is található tudományos hiányt, hogy mi az összefüggés az alapanyagok felületének megváltoztatása és kötéstechológia között. A konkrét fizikai és kémiai folyamatok lezajlása, ezek hatásidőtartama milyen, szerepük a kötéstechológiákban hogyan nyilvánul meg.

Hareancz Ferenc^{1,2}, Juhász Gergely^{1,2}, Vida Ádám¹

Lézeres felrakóhegesztéssel készített Co-Cr ötvözetréteg vizsgálata (P-18)

Az additív technológiák napjainkban széles körben elterjedtek az alkatrészek előállításában és javításában. Ezen eljárások egy csoportja a lézeres fémforszórásos felrakóhegesztések, mellyel lehetséges létrehozni új testeket, illetve már meglévő alkatrészeire is új kiegészítő elemeket készíteni. Ez a technológia lehetővé teszi, hogy a felrakóhegesztéssel létrehozott réteg kémiai és anyagszerkezeti jellemzői folyamatosan, céljainknak megfelelően változzanak, mivel a lézersugaras felrakóhegesztés során például az ötvöző por kis térfogatú tócsában oldódik fel és keveredik el. Ily módon egyes szerkezeti anyagok az alkalmazási célnak ideálisan megfelelő tulajdonság együttesek létrehozását teszik lehetővé. A lézersugaras felrakóhegesztési folyamathoz kapcsolódó

gyakran extrém gyors hevítési és hűlési sebességek lehetővé teszik, hogy az adagolt por szemcsék csak részlegesen vagy egyáltalán ne oldódjanak fel az olvadátkócsában, illetve olyan nem egyensúlyi mikroszerkezet alakuljon ki, amelyeket hagyományos metallurgiai eljárásokkal nem lehet létrehozni. Ezzel a módszerrel tehát korábban nem létezett tulajdonság együttesű anyagokat lehet létrehozni. Jelen vizsgálatok esetében Co-Cr bevonatréteget hoztunk létre egy szerkezeti acél alaplemezsre. A paraméterek kombinációját a Taguchi féle kísérlettervezéssel generáltuk. A Taguchi módszer kiértékelése során kapcsolatot kerestünk a paraméterek és az elkészített réteg tulajdonságai között.

¹ Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest

² Neumann János Egyetem, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Innovatív Járművek és Anyagok Tanszék, Kecskemét

**Berczeli Miklós¹, Tajti Ferenc¹, Kovács Péter¹, Körömi Benjamin¹,
Weltsch Zoltán²**

Alumínium ragasztástechnológiájának javítása felületkezelési eljárásokkal (P-19)

Napjainkban a környezettudatosság, a gazdaságosság és a fenntarthatóság az emberiség és ezzel együtt a különböző iparágak fő céljai közé tartozik. Kutatásunk szempontjából is releváns, hiszen az autóiparban kiemelt szerepet kap a könnyűszerkezetes konstrukció, valamint a környezetbarát koncepciók tervezése és fejlesztése. A környezetbarát működéshez a járművek tömegének csökkentése is szükséges, ami a károsanyag-kibocsátás és az energiafogyasztás csökkenését eredményezi. A jármű tömegének csökkentésére számos lehetőség kínálkozik, például alumínium és különféle ötvözetek vagy vegyes anyagkombinációk alkalmazása. Ezen túlmenően a rögzítőelemek pontos és megtervezett kiválasztása is lehetséges megoldás lehet. Csavarozás, szegecselés, nagy mennyiségű kötőanyag hozzáadása tovább növeli a szerkezet súlyát. A ragasztás, mint rögzítési technológia megoldást jelent. A ragasztás napjaink legkorszerűbb anyagragasztó ragasztási technológiája. A ragasztás fő előnyei közé tartozik a jó tömítőképesség, a nagyobb fáradtságállóság, valamint a jó vibráció- és ütéselnyelő képesség. A ragasztással merev és rugalmas, gyorsan térhálósodó kötéseket tudunk kialakítani.

Kutatásunk elsősorban a különböző felületmódosítási eljárásokkal kezelt alumínium felületek ragasztási technológiájának kísérletezésével és fejlesztésével foglalkozik. Kutatómunkánk során elvégeztük a szükséges szakirodalmi kutatásokat, amelyek alapul szolgáltak a saját munkánk során elvégzendő felületkezelési és ragasztási technológiák, mérési feladatok kidolgozásához. Szakdolgozatunk bemutatja az

elvégzett mechanikai, kémiai és lézersugaras felületkezelési technológiákat, az elkészített ragasztott szakító- és nyíró próbatesteket, a kezelt felületeken mért érintkezési szög értékeket, a felületi energiát és annak időbeni változását, a felületi érdesség mérések eredményeit; makroszkópos és mikroszkópos felvételek, a ragasztott kötések szilárdsági vizsgálatainak eredményei és fényképek a kötések tönkremeneteli módjairól. Méréseink eredményeit nemcsak bemutatjuk és szemléltetjük, hanem magyarázzuk és indokoljuk is. Munkánk motivációja a téma aktualitása és fejlesztési igénye volt, mivel az alumínium ragasztott kötések még kiforratlan technológia, amelyet világszerte kutatnak és jelenleg is kísérleteznek. Ebből adódóan az alumínium autóipari ragasztási technológia szakító- és nyírószilárdsági értékeit különböző felületkezelési eljárások alkalmazásával szeretnénk növelni és megsokszorozni.

A nedvesítési peremszög és a szabad felületenergia kutatásában és vizsgálatában a legjelentősebb eredményeket a lézersugárral, lézersugárral és forró ioncserélt vízzel, valamint forró ionmentesített vízzel kezelt felületek kapták, amelyek 0°-os és maximum érintkezési szöget jelentettek. 88 mN/m-re nőtt a poláris komponens felületi energiaértékei. Ami az peremszög és a felületi energia értékeinek nagymértékű javulását, valamint a szakítószilárdság 182%-os és a szakítószilárdság 358%-os növekedését eredményezi a kezeletlen felületű alumíniumhoz képest. Ezzel képesek vagyunk ipari termelésben is gyorsan működő hatékony alumínium szerkezeti ragasztást létrehozni.

¹ Neumann János Egyetem, Kecskemét

² Széchenyi István Egyetem, Győr

Juhász Gergely^{1,2}, Hareancz Ferenc^{1,2}, Vida Ádám¹

Laser Metal Deposition technológiával készült test szilárdsági vizsgálata (P-20)

A lézeres fémportszórásos felrakóhegesztés széles körben elterjedt olyan ipari alkalmazásokban, mint a gyors-prototípus gyártás, alkatrészek javítása, felületi bevonatolás és innovatív ötvözetfejlesztés. A technológia megnevezésére legalább egy tucatnyi kifejezés van, például a „Laser Metal Deposition“ (LMD), „Direct Metal Deposition“ (DMD), „Direct Energy Deposition“ (DED) stb. A technológiát egyszerűen magyarázva a lézer a munkadarab felületén néhány mm³ térfogatú olvadékot hoz létre. A lézerrel létrehozott tócsába többnyire inert gáz árammal juttatjuk a port. A munkadarabhoz képest haladó lézer mentén így egy megváltoztatott kémiai összetételű sáv alakul ki. A részleges átfedéssel

kialakított egymás melletti sávokkal már tetszőleges kiterjedésű felületek lézerrel történő módosítása is lehetséges. A sávok és rétegek magassága kb. 0,1 és 2 mm között változtatható, leghatékonyabban a poráram intenzitásának változtatásával. Szükség esetén több réteg egymásra építhető, amellyel már testeket is létrehozhatunk, építhetünk. A kutatási munka során ausztenites acél porral tömböket készítünk különböző paraméterekkel szerkezeti acélra, melyből forgácsolással szakító próbatesteket munkálunk ki. Ezen próbatesteken végzünk szakítóvizsgálatokat és összefüggéseket keresünk a szilárdság és a paraméterek között.

¹ Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest

² Neumann János Egyetem, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Innovatív Járművek és Anyagok Tanszék, Kecskemét

Huri Dávid, Mankovits Tamás

Nyomó igénybevételnek kitett gumiütköző viselkedésének numerikus modellezésére alkalmas hiperelasztikus anyagmodell (P-21)

Célkitűzés: A gumi Treloar-féle egy- és kéttengelyű húzó, valamint nyíró feszültség-fajlagos nyúlás karakterisztikáinak becslésére a Mooney-Rivlin, a Yeoh, a Gent, az Arruda-Boyce és az Ogden hiperelasztikus anyagmodellek alkalmasak. A vizsgálathoz szükséges idő jelentősen csökkenthető, amennyiben a gumi fő terhelésére kerül meghatározásra az anyagi viselkedés, ami gumiütközők esetén a nyomó karakterisztika. Így kutatásom célkitűzése az anyagmodellek pontosságának meghatározása volt inhomogén alakváltozási állapotra, amihez egy adott keverékű, és összetett geometriával rendelkező gumiütköző kísérleti és numerikus vizsgálatát végeztem el. A légrugókban használt gumiütközők műszaki ellenőrzésekor az időfüggést nem veszik figyelembe, ezért a viszkózus és hiszterézis anyagi viselkedéseket, illetve a Mullins-hatást nem modelleztem.

Módszer: A termék gumikeverékének pontos összetétele ipari titok, keménysége az ISO 48-4 szabvány alapján 78 Shore A. A késztermékből gumi próbatesteket munkáltam ki az ISO 23529 alapján, melyeken laboratóriumi méréseket végeztem az ISO 7743 szabványban leírt 'A' módszer alapján. A méréssel meghatároztam a feszültség-fajlagos nyúlás karakterisztikát, melyre a hiperelasztikus anyagmodelleket (Mooney-Rivlin, Yeoh, Gent, Arruda-Boyce, Ogden) illesztettem.

Eredmények: Az anyagmodellek pontosságát először a gumi próbatestek egytengelyű nyomóvizsgálatának végeselemes szimulációjával ellenőriztem. A kapott

eredmények alapján a Mooney-Rivlin és a Yeoh anyagmodellek 2,5 [%]-os átlagos relatív hiba alatt közelítették a gumi próbatest nyomó terhelésre adott anyagi viselkedését. Az anyagmodellek pontosságát ezután a gumiütköző numerikus és laboratóriumi vizsgálatának összehasonlításával értékeltem ki. A szimulációs eredmények alapján a Yeoh anyagmodell átlagos relatív hibája 3 [%]-kal, míg a Mooney-Rivlin 7 [%]-kal romlott a nyomóvizsgálat végeselemes futtatása során tapasztalt értékekhez képest. Így tehát a Mooney-Rivlin és a Yeoh anyagmodellek jelentősen 10 [%] alatti hibával képesek becsülni az anyag választát inhomogén alakváltozási állapotra.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy ha csak a gumi próbatest nyomó igénybevételére rögzített mérési adatsor áll rendelkezésre az anyagmodell illesztéséhez, akkor a Yeoh modellt érdemes választani. A Yeoh anyagmodell képes a legpontosabban leírni a megvizsgált gumitermék nyomó terhelés alatti összetett alakváltozásának választát.

Köszönetnyilvánítás: A kutatás a Kulturális és Innovációs Minisztérium, valamint a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap ÚNKP-23-4 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával, továbbá az OMAA 11öu5 - Entwicklung von Materialmodellen für 3D-gedruckte elastomere und kurzfaseverstärkte Verbundwerkstoffe (DE-JKU) pályázat támogatásával készült.

Óze Csilla, Makó Éva

Optimális őrlési paraméterek meghatározása kaolin és trassz keverékek mechanokémiai aktiválásánál (P-22)

Jelenleg a cementiparban a CO₂ -kibocsátás további csökkentése érdekében elengedhetetlen az őrlési folyamatok hatékonyságának javítása és az energiaigény csökkentése. A mechanokémiai aktiválás alkalmazása gazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt ígéretes módszer a cement kiegészítőanyagok előállítására, illetve a reaktivitásuk növelésére.

Aims: Ez a tanulmány a különböző őrlési paraméterek (trassz hozzáadása, őrlőtest:minta tömegarány (BPR), őrlőtestek és -tégelyek anyaga, fordulatszám és malomtípus) hatását vizsgálja a kaolinit mechanokémiai aktiválásához szükséges energiaigény minimalizálása érdekében.

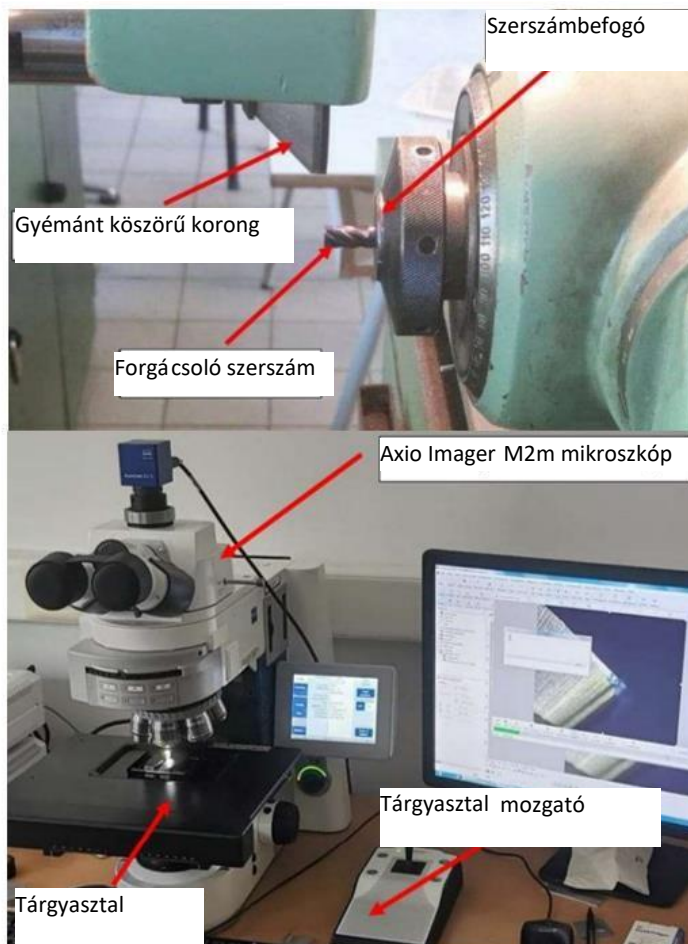
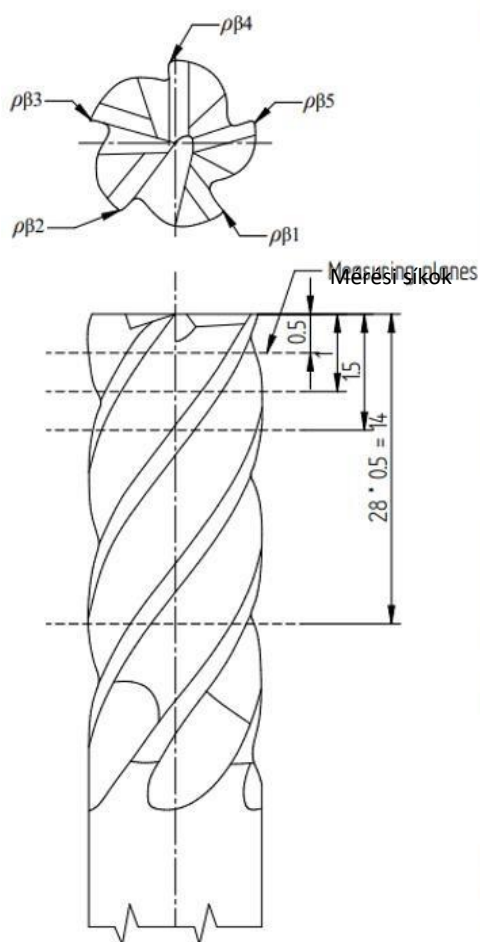
Results: Megállapítottuk, hogy már 25 m/m% trassz hozzáadása 56%-kal csökkentette a kaolinit teljes amorfizációjához szükséges fajlagos energiaigényt. Az acél őrlőtestek alkalmazása (ZrO₂ helyett) csekély mértékben befolyásolta a kaolinit amorfizációs kinetikáját, de azonos BPR és fajlagos energiaigény mellett 30%-kal több mintát lehetett mechanokémiailag aktiválni. A négy tégelyes őrlés alkalmazása az egy tégelyes helyett jelentősen csökkentette a kaolinit teljes és részleges ($\alpha = 0,9$) amorfizációjának fajlagos energiaigényét. Összességében 94%-os csökkenést sikerült elérni a fajlagos energiaigényben acél őrlőtest, 14:1 BPR, négy tégelyes őrlés és a kaolinit részleges amorfizációja esetén.

Kónya Gábor, Kovács Zsolt Ferenc

Új megközelítés a forgácsoló szerszámok kopásának mérésére (P-23)

A forgácsoló szerszámok kopásának mérésére számos módszer, szabvány létezik, azonban ezen eljárások többsége rendkívül bonyolult és költséges. A szakirodalmak többségében a kopási kritériumként a hátkopást szokták említeni, melynek mérése monolit hosszlyukmaró szerszámok esetén rendkívül nehézkes. Többnyire normál irányból szokták ránézni a szerszám élére, azonban ez pontatlan, mivel a spirál a térben folyamatosan változik, így a kapott eredmény csak összehasonlító mérések során használható fel.

Az általunk kidolgozott mérési módszer elvi ábrája az 1. ábrán látható. A mérési módszerrel az élrádiusz (ρ_β) lekerekedésének mértékét vizsgáljuk. A mérés során a szerszámot tengely irányban megegyező távolságban elkészítjük, majd az így kapott síkokban az egyes élek sugarait már tudjuk mérni. Ezen mérési metodika segítségével további többlet információt tudunk a szerszám kopásáról a fogásmélység függvényében is.



1. ábra: Mérési eljárás ábrázolása

Tajti Ferenc¹, Weltsch Zoltán², Berczeli Miklós¹

Li-ION akkumulátor cella kötéstechológiájának fejlesztése (P-24)

A Li-ION akkumulátor cellák felhasználhatók akkumulátor pakkok készítésére, akár járművekhez, akár kisebb elektromos háztartási eszközök üzemeltetésére. Az akkumulátor pakkok készítése során a Li-ION cellákat egységekbe rendezik, majd összekötik őket. Az összekötéshez használt elemeknek rögzíteniük kell a cellákat és biztosítaniuk kell a megfelelő áramvezetést. A szükséges elektromos és rögzítő kötések elkészítése számos kihívást jelent, beleértve a többszörös és különböző vastagságú, anyagok összeillesztését, az összeillesztés során fellépő esetleges sérüléseket (termikus, mechanikai vagy vibrációs). A kutatásaink során különböző kötéstechológiák lehetőségeit vizsgáljuk, melyek használhatók Li-ION cellák összekötéséhez. A legelterjedtebb összekötési

mód az ellenállás hegesztés, de vizsgáljuk a lézersugaras hegesztés, forrasztás és az elektromos vezető ragasztók használhatóságát. A megfelelő mechanikai szilárdság elérése érdekében vizsgáljuk az összekötendő munkadarabok felületkezelhetőségét, hagyományos és nagy energiasűrűségű technológiákkal. Továbbá vizsgáljuk a létrehozott kötések ellenállását és terhelés közben fellépő termikus tulajdonságait.

Kisebb méretű és teljesítményű akkupakkok készítésére alkalmas lehet az elektromos vezető ragasztók használata, mely könnyen automatizálható, és nincs költséges gépigénye. Azonban a szilárdság növelése és elektromos ellenállás csökkentése érdekében szükséges a ragasztandó felületek felületkezelése.

¹ Neumann János Egyetem, Kecskemét

² Széchenyi István Egyetem, Győr

Verő Balázs, **Dobránszky János**

A mikrooszlop-nyomóvizsgálatok fémtani elemzése (P-25)

A képlékeny alakváltozás mechanizmusainak fémtani leírása a huszadik század közepe óta alig változott. Meglehet ugyan, hogy a fémtani-képlékenységtani értelmezések tökéletesre sikerültek, de az sem zárható ki, hogy az általánosan ismert, elfogadott és kőbe vésve oktatott elméleteken nem lehetetlen, sőt, talán nem is ártana, némi ráncfelvarrás.

Az egyetemi tankönyvek a képlékeny alakváltozás mechanizmusai közül főleg a diszlokációcsúszással foglalkoznak, és az ebben kitüntetett szerepet kapó

diszlokációtermelést alapvetően a Frank-Read-forrásokkal magyarázzák. Ez az elmélet azonban számos kérdést vet fel, amelyek közül néhányat a mindentudás instrumentumának is feltettünk, és igazán tanulságos válaszokat kaptunk.

A mikrooszlopok nyomóvizsgálatának terjedésével a már vagy három generáció óta szinte érintetlen diszlokációtermelési elméleteket is elkezdtek cizellálni az új generáció kutatói; ezekből is igyekszünk néhányra felhívni a figyelmet.

Kókai Ákos Levente¹, Marosné Berkes Mária²

Termikus plazmaszórás során fejlődő oxid vegyületek hatása hengerfurat bevonatok hónolási folyamataira (P-27)

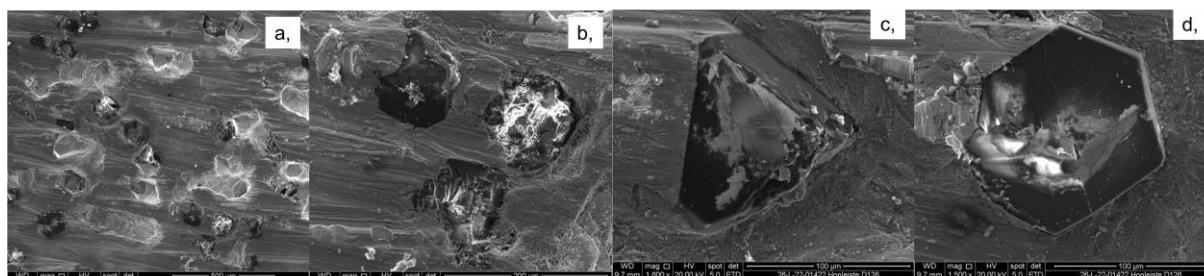
A klímaváltozás következtében, a belsőégésű motorok károsanyag kibocsátása központi szerepet kapott a környezeti terhelés csökkentéséért vívott küzdelemben. A tüzelőanyag fogyasztás – és ezen keresztül a károsanyag kibocsátás – redukálása érdekében különféle termikus plazmaszórás bevonatú hengerfuratokat elterjedten alkalmaznak a mai modern belsőégésű motorok gyártása során. Számos eljárást fejlesztettek ki a bevonatok kialakítására, amelyek közül a legköltséghatékonyabb és ezért a legelterjedtebb az atmoszférikus plazmaszórás. Mivel a bevonatolási folyamat atmoszférikus körülmények között végzik, így a folyamat során az olvadék állapotú fém nagymértékű oxidációja elkerülhetetlen. Ezen fejlődő oxid vegyületek döntően befolyásolják a bevonatolást követő megmunkálás során végzett hónolási folyamatot.

Célok: A hengerfuratok megmunkálása során, a nagymennyiségű oxidok következtében drasztikusan megnő a hónoló szerszámok

kopása. E kopás csökkenti a szerszámok forgácsolóképeségét, amely így megnöveli a megmunkálási időket, valamint az ezzel járó költségeket. A kutatási sorozat célja, hogy felderítse a szerszám megnövekedett mértékű kopásának pontos okát, majd optimalizálja a hónolási folyamatot, úgy, hogy a gyártás az ipari gyártás során elvárt gazdaságossági követelményeket is teljesítse.

Eredmények: A kutatás során meghatározásra kerültek a bevonatokban jelenlévő nagy mennyiségű oxidvegyületek fázisai és azok mennyiségi mutatói. Bizonyos esetekben az oxidok fázisaránya eléri a 40%-ot. A bevonatokban jelenlévő oxidvegyületek kísérleti úton megvalósított csökkentésével egyértelmű összefüggést találtunk az oxidok mennyisége és a hónolási idő között.

A problémát a hónolóléceken található mono-kristályos abrazív gyémánszemcsék gyors kopása jelentette, amelyet poli-kristályos gyémántok alkalmazásával sikerült javítani.



1. ábra – A kopott hónoló lécc felületének pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálata az 1. sz. kísérlet után a szerszám felületének különböző tartományaiban. Ép szemcsék és kifordult szemcsék nyomai (a), repedezett és kitért gyémánt szemcse (b), abrazívan kopott szemcse (c), szemcsén átívelő repedés (d)

¹ Miskolci Egyetem, Miskolc

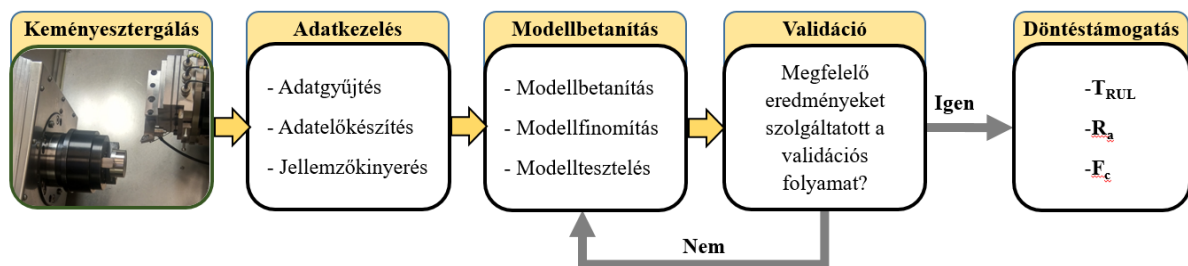
² Óbudai Egyetem, Budapest

Balázs Barnabás Zoltán, Adizue Loveday Ugonna, Elly Isaya Ogutu,
Takács Márton

Mesterséges intelligencia alapú prediktív modellekkel támogatott folyamatfelügyelet korszerű anyagok forgácsoló megmunkálása terén (P- 28)

A korszerű gyártástechnológiában elengedhetetlen a megmunkálások hatékonyságának folyamatos fejlesztése az elvárt termékminőség biztosítása mellett. Ez mindenekelőtt a különböző forgácsleválasztási eljárások Ipar4.0 keretrendszerébe történő megfelelő integrálásával lehetséges. Ehhez megfelelő szenzorok (erőmérő, akusztikus emisszió, rezgésmérő, hangnyomás) segítségével történő folyamatos adatgyűjtésre, majd adatfeldolgozásra és jellemzőkinyerésre van szükség. Az adatok felhasználásával mesterséges intelligencia alapú prediktív

modellek fejleszthetők, amik a megmunkálási folyamattal kapcsolatos jellemzők (T_{RUL} – maradék hasznos szerszáméltartam, R_a – felületi érdesség, F_c – forgácsoló erő) előrejelzését nyújtják. Ezeknek az információknak a birtokában lehetőség nyílik a folyamatok hatékonyabb felügyeletére és optimalizálására, ami javítja a termelékenységet és csökkenti a hibák számát. A prediktív modellek betanításához szükséges adatok célzott kísérletek segítségével biztosíthatók.



1. ábra: Mesterséges Intelligencia alapú prediktív modellalkotás

A kutatás keretében szisztematikus kísérletsorozatot végeztünk 62 HRC keménységű AISI D2-es anyag keménysztergálása révén. A kísérleteket egy Hembrug-Mikroturn 50 típusú precíziós esztergával végeztük a következő paramétertartományokban: $v_c=50-200$ m/min, $f=0,5-0,125$ mm, $a_p=0,05-0,1$ mm. A megmunkálás során rögzítettük a különböző irányú erőkomponensek, az akusztikus emisszió és a rezgés jeleit, valamint vizsgáltuk a szerszám elhasználódását. Valamennyi paraméterkombináció esetén mértük a

munkadarabok felületi érdességét. A bemeneti, valamint a mért és feldolgozott kimeneti adatok segítségével különböző prediktív modelleket fejlesztettünk a MATLAB R2022b Machine Learning Toolbox moduljának a segítségével. A modelleket validáltuk, majd értékeltük a becslési hatékonyságuk alapján. A kifejlesztett modellek a forgácsolási folyamatok hatékonyságának növelése, pl. a szerszámcsere ideális időpontjának megállapítására vonatkozó döntések támogatásául szolgálhatnak.

Oláh Ferenc, Réger Mihály, Horváth Richárd

Keménységmérés végeselemes vizsgálata (P-29)

A keménységvizsgálat a mechanikai vizsgálatok egyik legalapvetőbb típusa. A keménységet az anyag behatolással szembeni ellenállásának vizsgálatával határozzák meg, végrehajtása többféle szabványosított formában történhet. Jelen dolgozatban egy keménységmérés során a behatoló test alatt a vizsgált darabban kialakuló viszonyokat tárgyaljuk. A keménységmérés Johnson féle megközelítése feltételezi, hogy az indenter alatti térrészben adott geometriájú hidrosztatikus mag és képlékeny alakváltozási zóna alakul ki. Ha a vizsgált tartományban az

Poisson tényező, szilárdsági jellemzők) nem változnak a hely függvényében, akkor félgömb alakú képlékenyen alakváltozott térrész kialakulása tételezhető fel. Ennek egy – közvetlenül az indenter alatt lévő tartománya – hidrosztatikus feszültségállapottal jellemezhető. Az indentáció végeselemes modellezésével a csomópontokban képződő feszültségek, illetve a csomópontok elmozdulása számítható, így a hidrosztatikus és képlékeny alakváltozási zónák alakja és mérete pontosítható a korábbi eredményekhez képest.

Baumli Péter, Somlyai-Sipos László

Fémfelületek nedvesíthetősége desztillált vízzel (P-30)

A víz (desztillált víz) fémfelületeken való nedvesedési tulajdonsága az ipar számára is fontos kérdés, például fém nanorészecskék előállításánál, vizes oldatokból elektrokémiai vagy kémiai redukciós módszerrel történő bevonatok készítésekor, továbbá az építőiparban (pl. öntisztuló fémfelületek) és az olajiparban, víz-olaj elválasztási, illetve korróziós problémák esetén, valamint szuperkondenzátorok fejlesztése vizsgálata során. A víz/fém rendszerek nedvesítési tulajdonságát az irodalomban vizsgálták már korábban, ennek ellenére az eredményekben ellentmondások fedezhetők fel. Egyes tanulmányok még víz/nemesfém rendszerekben is tökéletes nedvesítésről számoltak be, míg más kutatók

azt állítják, hogy a víz nem nedvesíti a fémek felületét, és a peremszöget átlagosan 60° körülire becsülik.

Munkánk során célunk ennek az ellentmondásnak a feloldása, és összefüggések keresése a különböző fémek felületén a víz kontakt szögének becsülésére. Kutatásunkban a desztillált víz nedvesedési viselkedését Ag, Au, Cu, Fe, Nb, Ni, Sn, Ti és W szubsztrátok frissen polírozott felületén nyugvócsepp módszerrel vizsgáltuk. A víz peremszögét KSV szoftverrel határoztuk meg. A víz peremszöge 50° és 80° között változik fémeken. Megállapítottuk, hogy a víz peremszöge lineárisan csökken a szubsztrátként használt fémek atomsugarának növekedésével.

Hlavács Adrienn, Benke Márton

Aszimmetrikusan hengerelt alumínium lemezek mélységi textúra vizsgálata (P-31)

Az alakított (hideg- vagy melegalakított) félkész termékek tulajdonságainál meghatározó szerepet játszik a kristálytani textúra. Nagymértékben befolyásolja a kialakított kristálytani textúra minőségét a hengerlés minősége. Amennyiben a lemez alsó és felső része azonos (szimmetrikus) alakítással készül, akkor a lemezben keresztmetszet mentén azonos textúra alakul ki. Azonban vannak eset amikor aszimmetrikusan alakul a lemez (eltérő súrlódási viszonyok, eltérő sebesség a két henger között).

Jelen kutatásban az aszimmetrikusan hengerelt lemezekben kialakult kristálytani textúra változását vizsgáltuk a teljes keresztmetszet mentén. A kísérletek során az alsó és felső henger sebességét módosítottuk. Az

aszimmetria hatását rétegtávoltítás segítségével mélységben is megvizsgáltuk.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy az aszimmetrikusan hengerlés hatására a felületen mért textúra eltér a mélyebb réteget textúrájától. A hideghengerlésre jellemző C, S és B komponensek kis térfogathányadban vannak jelen az aszimmetria mértékétől függetlenül. A felülettől mélyebben lévő rétegekben kisebb aszimmetria esetén a hideghengerlési C, S és B komponensek viszonylag nagy térfogathányadban vannak jelen, nagyobb aszimmetria esetében ezek térfogathányada drasztikusan lecsökken. Az aszimmetrikusan hengerelt lemezek textúrájának jellemzéséhez szükséges a többi orientációt is magába foglaló szál (skeleton) jellemzése.

ABSZTRAKTOK

ISBN 978-615-5270-81-9

Szerkesztette:

Szabó Péter János, Kónya Ildikó, Szakáts Gergely, Krasznai Tamás

XIV. Országos Anyagtudományi Konferencia, Balatonalmádi, 2023. október 8-10.

Ez a kötet az XIV. Országos Anyagtudományi Konferencia munkaanyaga.

Az összefoglalók tartalmáért kizárólag a szerzők felelősek.

Minden jog fenntartva.

A kötet kizárólag elektronikus úton került kiadásra.