



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## POLIMERTECHNIKA

Helyszín: Polimertechnika Tanszék MT előadó  
Időpont: 2014. november 11. 8:30  
Elnök: Prof. Dr. Vas László Mihály, címzetes egyetemi tanár  
Titkár: Dr. Molnár Kolos, adjunktus  
Tagok: Dr. Meiszler László, tanácsadó, Polinvent Kft.  
Dr. Czél Gergely, adjunktus

### **8:30 Morapitiye Sunil**

Polimerhálók deformációjának diszkretizált vizsgálata

Konzulens: Dr. Károlyi György, egyetemi tanár

### **8:50 Török Dániel**

Töltőanyagok hatása fröccsöntött polimerek mechanikai és hőtani tulajdonságaira

Konzulensek: Dr. Kovács József Gábor, egyetemi docens  
Suplicz András, tanársegéd  
Dr. Hargitai Hajnalka, egyetemi docens

### **9:10 Budinszki Balázs**

Kompatibilizálószer újfajta minősítése centrifugális erőterben

Konzulensek: Dr. Ronkay Ferenc György, egyetemi docens  
Dobrovsky Károly, doktorandusz

### **9:30 Tatár Nikoletta**

Kiértékelési módszer fejlesztése képelemzéses hajlításméréshez

Konzulensek: Dr. Tamás Péter, egyetemi docens  
Dr. Halász Marianna, egyetemi docens  
Prof. Dr. Vas László Mihály, címzetes egyetemi tanár

**9:50 Gere Dániel, Iván Georgina**

PET degradációjának nyomon követése az újrahasznosítás során

Konzulensek: Dr. Ronkay Ferenc György, egyetemi docens  
Molnár Béla, doktorandusz

**10:10 Vargyas András**

Vízüveg-gyanta időfüggő mechanikai tulajdonságainak elemzése

Konzulensek: Bakonyi Péter, tudományos segédmunkatárs  
Bartha Tibor Gábor, fejlesztőmérnök

**10:30 Silye Anett**

Vágott bazalt és cellulóz erősítésű PLA vizsgálata

Konzulens: Dr. Tábi Tamás, adjunktus

**10:50 Szabó Diána Katalin**

Szövet erősítésű hajlékony kompozitok biaxiális húzóvizsgálata

Konzulensek: Dr. Szebényi Gábor, adjunktus  
Dr. Halász Marianna, egyetemi docens,  
Prof. Dr. Vas László Mihály, címzetes egyetemi tanár

**11:10 Réti Dániel Norbert, Kálnay Zsolt**

Grafén hatása a kompozitok hosszú távú és dinamikus viselkedésére

Konzulensek: Dr. Mészáros László, adjunktus  
Szakács József, doktorandusz

## **Polimerhálók deformációjának diszkretizált vizsgálata (Deformation of discrete cross-linked polymer networks)**

**Morapitiye Sunil, BSc IV. évf.**  
**sunil@mailbox.hu**

**Konzulens: Dr. Károlyi György, egyetemi tanár, Nukleáris Technikai Intézet**

Polimerhálók vizsgálata eredetileg nem mérnöki, hanem biológiai területen merült fel, például a sejteket érő mechanikai igénybevételek vizsgálata kapcsán. A korábbi modell, amely szerint egy sejtet úgy tekintünk, mintha egy tömör gumitömb lenne, nem írja le megfelelően a valóságot.

Egy sejt mechanikai viselkedését lényeges részben a sejtvázas, a cytoskeleton határozza meg. Ezt hosszú, vékony makromolekulák szétágazása és keresztezése jellemzi, így természetes modellje hosszú, vékony, deformálható rudakból áll. Ezen rudak véletlenszerűen, szétszórtan helyezkednek el, akár a marokkó nevű játék pálcikái. Ahol két rúd összeér, oda csuklós kapcsolatot feltételeznek. Ezzel az eljárással felépíthető egy véges számú elemből álló, rendezetlen diszkrét háló. A mechanikai modell részleteinek ismeretében a háló deformációi számíthatók, és sokkal jobban közelítik a valóságot a korábbi, tömbi sejtmodellnél.

Megjegyzendő, hogy ezt a modellt nemcsak sejtek esetén, hanem bármilyen hasonló szerkezetű anyag esetében lehet használni, például a mérnöki alkalmazásokhoz közelebb álló polimerek, kompozitok mechanikai viselkedésénél is.

Az hálómodellt felhasználva már a valósághoz sokkal közelebb álló eredmények nyerhetők külső mechanikai igénybevétel vizsgálata esetén. Összevethetők a mikroszkópikus és makroszkópikus rugalmassági együtthatók, figyelemmel kísérhető a hálót alkotó egyes rudak deformációja és a nyúlás és a hajlítás közötti viszony. Azt tapasztalták, hogy a rúdháló sűrűségének függvényében jól meghatározott átmenet található a nyúlási illetve a hajlítási igénybevételek által dominált esetek között.

Első lépésként a szakirodalomból ismert eredményeket egy általam MATLAB környezetben megírt program segítségével reprodukálom. Ezt követően az szakirodalomból ismert modellt kiegészítjük azzal, hogy a fent említett csuklós rúdkapcsolatokban figyelembe vesszük torziós merevséget. Ezzel egyrészt még valóságghűbb modellt hozunk létre, másrészt megvizsgálható, hogy a nyúlási és hajlítási igénybevételek mellett milyen szerepet kap a nyírás alakváltozás, látható-e a szakirodalomból ismert átmenet a nyírás alakváltozás által dominált tartományok vonatkozásában is.

### Irodalom:

- [1] David A. Head, Alex J. Levine: F.C. MacKintosh, Deformation of Cross-Linked Semiflexible Polymer Networks. *Physical Review Letters* E 91 108102 (2003)
- [2] David A. Head, Alex J. Levine: F.C. MacKintosh, Distinct regimes of elastic response and deformation modes of cross-linked cytoskeletal and semiflexible polymer networks. *Physical Review E* 68 061907 (2003)
- [3] Moumita Das, F.C. MacKintosh, Alex J. Levine: Effective Medium Theory of Semiflexible Filamentous Networks. *Physical Review Letters* PRL 99 038101 (2007)
- [4] Sitikantha Roy, H. Jerry Qi: Micromechanical model for elasticity of the cell cytoskeleton. *Physical Review E* 77 061916 (2008)

## **Töltőanyagok hatása fröccsöntött polimerek mechanikai és hőtani tulajdonságaira**

**(Effects of fillers on mechanical and thermal properties)**

**Török Dániel, MSc II. évf.  
trkdani@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Kovács József Gábor, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék  
Suplicz András, tanársegéd, Polimertechnika Tanszék  
Dr. Hargitai Hajnalka, egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék**

A fröccsöntés a 21. század műanyagiparának legjelentősebb tömegtermelési eljárása. A fröccsöntött termékek felhasználása igen széleskörű, a számítástechnikától kezdve a jármű iparon keresztül, a csomagolótechnikáig szinte minden iparág használ műanyag alkatrészeket. Fröccsöntéssel általában hőre lágyuló műanyagokat szokás feldolgozni. A fröccsöntés fontosságát az is mutatja, hogy Magyarországon a fröccsöntés a műanyagipar 30%-át teszi ki. Az előző évek alapján elmondható, hogy részesedése a piacból növekvő tendenciát mutat. 2007 előtt a fóliatermékek vezették a rangsort, azonban mára a fröccsöntés vezető pozícióba került.

A feldolgozott műanyag termékek legnagyobb felvevő piacai Magyarországon az elektronikai és az autó ipar. A két iparág közös jellemzője, hogy nagyon szigorú minőségi előírásokat szabnak. A megrendelt termékek sok esetben speciális funkciókat látnak el. Ezek a termékek sok esetben speciális anyagokból készülnek, hogy ezeket a funkciókat képesek legyenek ellátni. Ilyen speciális anyagok lehetnek például az erősítőanyagot tartalmazó polimerek és a hővezető polimerek.

Az ilyen speciális anyagok általában tartalmaznak adalékokat. Az adalékok eloszlása, elkeverése a polimer mátrixban fontos feladat. A termék anyagának homogenitása jelentősen befolyásolhatja a mechanikai és hővezetési tulajdonságokat. Az iparban léteznek speciális keverőelemek, amelyek megfelelő körülmények között biztosítani tudják a feldolgozott anyag homogenitását.

Dolgozatomban célul tűztem ki az adalékanyagok eloszlottságának a mechanikai és a hővezetési tulajdonságokra gyakorolt hatásának a vizsgálatát. Ennek érdekében mechanikai vizsgálatokat végeztem különböző mértékben töltött anyagokból gyártott próbatesteken. A mechanikai tulajdonságok vizsgálata mellett mérések segítségével meghatároztam a töltőanyagok mennyiségének és eloszlottságának hatását a hővezetési paraméterekre.

## **Kompatibilizálószer újfajta minősítése centrifugális erőterben** **(Examination of the compatibilizers adequacy in centrifugal force field)**

**Budinszki Balázs, MSc I. évf.**  
**balabud@freemail.hu**

**Konzulensek: Dr. Ronkay Ferenc György, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék**  
**Dobrovsky Károly, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

A polimerek legtöbb esetben inkompatibilisek, termodinamikai értelemben nem összeférhetőek egymással. Az ilyen nem elegyedő polimerekből előállított keverékek a kialakuló heterogén szerkezet miatt nem rendelkeznek megfelelő mechanikai és fizikai tulajdonságokkal. A polimer keverékek alkotóinak kapcsolódásának javítására az egyik elterjedt megoldás a kompatibilizálószer alkalmazása, amelyek mindkét fázissal képesek kapcsolódásokat kialakítani, így javítva a keverékek összeférhetőségét. Sokféle kompatibilizálószer létezik, így egy-egy anyagpár esetén - attól függően, hogy mely tulajdonság javítása a cél: a merevség, vagy éppen a szívósság - akár több adalékanyag is megfelelő lehet. Fontos ellenőrizni, hogy a kiválasztott kompatibilizálószer alkalmas-e a kapcsolódások kialakítására, javítja-e a fázisok közötti homogenitást, ugyanis a nem megfelelő adalékanyag akár a keverékek tulajdonságait is ronthatja.

A kompatibilizálószer megfelelőségének vizsgálata komoly erőforrásokat igényel, a keverékek előállítása után a mechanikai vizsgálatokhoz és a töretfelületek pásztázó elektronmikroszkópos felvételeinek elkészítéséhez szabványos próbatestek szükségesek. Továbbá a mérései eredmények kiértékelése, értelmezése komoly szaktudást igényel. Tehát a kompatibilizálószer megfelelőségének vizsgálata idő, energia és pénz igényes.

A TDK dolgozat célja olyan alternatív módszer fejlesztése, amellyel gyors és egyértelmű válasz adható a kompatibilizálószer megfelelőségére a kiválasztott keverékek esetén. A fejlesztett módszert 50/50tf%-os PS/HDPE polimer keverék ömledékállapotú szétválaszthatósága során vizsgálom egy ömledékcentrifuga segítségével előállított centrifugális erőterben, három különböző kompatibilizálószer esetén. A kapott eredményeket összehasonlítom a hagyományosnak tekinthető elektronmikroszkópos-, reológiai- és mechanikai vizsgálatok eredményeivel, és vizsgálom a különböző kiértékelési módszerek hatékonyságát.

### Irodalom:

- [1] Sahnoune F., Lopez Cuesta J. M., Crespy A.: Improvement of the mechanical properties of an HDPE/PS blend by compatibilization and incorporation of CaCO<sub>3</sub>. Polymer Engineering and Science 43, 647-660 (2003).
- [2] Ha C. S., Park H. D., Kim Y., Kwon S. K., Cho J. W.: Compatibilizer in polymer blends for the recycling of plastics waste I: Preliminary studies on 50/50 wt% virgin polyblends. Polymers for Advanced Technologies 7, 483-492 (1995).
- [3] Xu S. A., Tjong S. C.: Polystyrene/High density polyethylene blends compatibilized by a tri-block copolymer I. properties and morphology. Polymer Journal 30, 552-558 (1998).

## **Kiértékelési módszer fejlesztése képelemzéses hajlításméréshez (Improved evaluation for bending test with image processing)**

**Tatár Nikoletta, MSc III. évf.  
tatarnikoletta@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Tamás Péter, egyetemi docens, Mechatronika, Optika és Gépészeti  
Informatika Tanszék**

**Dr. Halász Marianna, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék**

**Prof. Dr. Vas László Mihály, címzetes egyetemi tanár, Polimertechnika Tanszék**

Hajlékony lapszerű anyagok, pl. kompozit-erősítő szövetek, ponyvák, műszaki textíliák, stb. hajlító tulajdonságának meghatározására jelenleg két elterjedt módszer áll rendelkezésre [1]. Humán textíliák mechanikai tulajdonságai átfogóan meghatározhatók a Kawabata Kelmeelemző Rendszer segítségével [2]. Azonban, ez a berendezés amellett, hogy igen drága és kevés helyen elérhető, kis mérési tartományai miatt nem, vagy csak korlátozottan alkalmas műszaki textíliák vizsgálatára. Kelmék hajlítómerevségének szabványosított mérési eljárása a Peirce-féle Cantilever Teszten alapuló, különböző kialakítású Flexometerek. A Flexometerrel meghatározott hajlítómerevség kellően pontos textilipari felhasználásra, azonban pl. textíliák mechanikai tulajdonságainak modellezéséhez még pontosabb eredményekre van szükség [3]. A Polimertechnika Tanszék és a Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék által közösen fejlesztett Sylvie 3D BendingTester berendezés egy újszerű mérési elvet alkalmaz, amellyel nem csak a humán textíliák, hanem a hagyományosnál merevebb és vastagabb lapszerű anyagok hajlítómerevsége is meghatározható. A dolgozat célja a Sylvie 3D BendingTester berendezés kiértékelési módszerének továbbfejlesztése.

### Irodalom:

- [1] Al-Gaadi B.: Szőtt kompozit-erősítő szerkezetek 3D-s deformációs tulajdonságainak elemzése, PhD értekezés, 2012
- [2] Vas L. M.: Textilanyagok szerkezeti elemzése számítógépes modellezéshez. BME Kutatási tanulmány, (2003)
- [3] De Bilbao E.: Bending test of composite reinforcements. International Journal of Material Forming, 1. (1) PP. 835-838, ISSN 1960-6206 (2008)

## **PET degradációjának nyomon követése az újrahasznosítás során (The effect of molecular degradation on the recycling of PET)**

**Gere Dániel, BSc IV. évf., Iván Georgina, BSc IV. évf.  
geredani92@gmail.com, georgina92.05@hotmail.com**

**Konzulensek: Dr. Ronkay Ferenc György, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék  
Molnár Béla, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

A polietilén-tereftalát (PET), 1970-es megjelenése óta robbanásszerűen hódított teret a folyékony élelmiszer-csomagolások piacán, felhasználása becslések szerint néhány éven belül meg fogja haladni a 20 millió tonnát [1]. Európában jelenleg hozzávetőlegesen 3,5 millió tonna a PET-et dolgozzák fel évente, míg Magyarországon ez a mennyiség 70 ezer tonna/év körül alakul [2].

Az, hogy az anyagból minden évben közel egymillió tonnával többet használnak palackgyártásra, kiváló optikai tulajdonságainak, gázzáró-képességének és ütésállóságának, valamint kis sűrűségének köszönhető. Csomagolóipari felhasználásuk miatt azonban a palackok élettartama nagyon rövid, így gyakorlatilag a teljes felhasznált mennyiség még az adott évben hulladékként jelentkezik.

Az elmúlt két évtizedben a világ legtöbb táján egyre nagyobb figyelmet fordítanak a hulladékká vált palackok elkülönített, szelektív gyűjtésére, ami az újrahasznosítás folyamatának alapvető feltétele. A visszagyűjtött palackok legfőbb felvevőpiaca világszerte még mindig a szálgyártás, azonban Európában és az Amerikai Egyesült Államokban a palackból-palack technológia és a lemezgyártás (szintén elsősorban csomagolástechnikai célokra) az utóbbi 10 évben több, mint 10%-kal növelte a részesedését. Magyarországon a palackból-palack technológia és a lemezgyártás területén az utóbbi években szintén erőteljesen bővült, illetve bővül a termelési kapacitás.

A másodlagos PET felhasználhatóságát elsődlegesen az alkotó molekulaláncok hossza határozza meg, amely a gyártás és az újrafeldolgozás során jelentősen csökken. Az újrafeldolgozás során a termikus- és nyírás okozta igénybevétel jelentős degradációt okoz, amelyet tovább fokozhatnak az esetlegesen jelenlévő szennyeződések és a nedvességtartalom [3]. A molekulaláncok hosszának csökkenése erősen befolyásolja a PET kristályosodását, ami kihat a fröccsöntés ciklusidejére és a termék mechanikai tulajdonságaira.

TDK munkánk során a PET molekulaszervezetének változását és annak tulajdonságokra gyakorolt hatásait vizsgáltuk az újrafeldolgozás során, különböző a nedvességtartalomnál, illetve eltérő gyártási paraméterek alkalmazásánál.

### Irodalom:

- [1] Hua Zhang, Zong-Guo Wen: The consumption and recycling collection system of PET bottles: A case study of Beijing, China. Waste Management, in press
- [2] Búzasi Lajosné: Műanyagfeldolgozás Magyarországon 2012-ben. Műanyag és Gumi 50 (2013), 241-249.
- [3] Firas Awaja, Dumitru Pavel: Recycling of PET. European Polymer Journal 41 (2005) 1453-1477

## **Vízüveg-gyanta időfüggő mechanikai tulajdonságainak elemzése (Analysis of the time dependent mechanical properties of waterglass-resin)**

**Vargyas András, MSc I. évf.  
andrew029vargyas@gmail.com**

**Konzulensek: Bakonyi Péter, tudományos segédmunkatárs, Polimertechnika tanszék  
Bartha Tibor Gábor, fejlesztőmérnök, Polinvent Kft.**

A mai fejlett társadalmakban a kompozitok felhasználása rohamosan növekszik, mind a high-tech, mind a hétköznapi, műszaki műanyagok körében. Ezen termékek mátrixanyagául leggyakrabban hőre keményedő gyantákat használnak fel. Munkám során egy kevésbé elterjedt, kisebb volumenben gyártott gyantával, a vízüveg-gyantával foglalkoztam. Ennek a gyantának egyik legnagyobb előnye a többihez képest, hogy nedves környezetben, vízben is képes kitérhálósodni, ami alkalmassá teszi például vízvezeték csövek javítására.

Ahhoz hogy a vízüveg-gyanta kúszásáról ne csak pusztá eredményeket kapjak, de azt el is tudjam helyezni, viszonyítani a többi tömeggyantához képest, két referenciagyantát is választottam, és rajtuk is ugyanazokat a vizsgálatokat végeztem el. Erre a célra két nagyon elterjedt anyagra, a poliészter és az epoxi gyantára esett a választásom. A mérések elkezdése előtt szükség volt próbatestek gyártására, melyekhez szilikonból készítettem szerszámokat, majd ezek felhasználásával kezdtem meg a gyártást. Mindhárom anyagból 60-60 próbatestet készítettem el.

Az időfüggő mechanikai tulajdonságok vizsgálati elrendezéseként húzó elrendezést választottam. Az egytengelyű húzó irányú kúszásmérések terhelési szintjeinek meghatározásához megmértem a különböző gyanták szakítószilárdságát. Az átlagos szakítószilárdság meghatározásához vizsgálandó anyagonként 10-10 mérést végeztem el, és a kapott eredményeket átlagoltam. A szakítószilárdság értékének 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 és 90 %-ánál egy órán át tartó kúszásméréseket végeztem. Azokban az esetekben, amikor a próbatest egy óra alatt nem szakadt el, egy mérést, míg azokon a magasabb terhelési szinteken, amikor a próbatest az egy órás vizsgálati időn belül elszakadtak, 5-5 mérést végeztem.

A kapott eredmények kiértékelése után összevettem a három különböző gyanta kúszási tulajdonságait, és hosszútávú kúszásbecsléseket végeztem különböző, a mérési hossz alapján megválasztott kúszási modellek felhasználásával. Célszerű más-más modellt alkalmazni a rövidebb idejű, pár napos, pár hetes és a hosszabb távú, akár több éves kúszási eredmények becsléséhez. Mivel a hosszabb idejű mérések kivitelezése nehézkes és költséges, ezért ezeket csak megbecsülni tudjuk. Az egyik legelterjedtebb módszer a hőmérséklet-idő ekvivalencián alapuló mestergörbe szerkesztés, amellyel különböző hőmérsékleteken mért rövidtávú kúszásmérések alapján lehet a hosszútávú viselkedést előre jelezni, míg egyetlen mérés alapján az egyszerűen és könnyen használható, gyors eredményt adó Burgers-modellt szokták alkalmazni.

Az elvégzett vizsgálatok és kiértékelések jó alapot adnak a vizsgált gyanták kúszási tulajdonságainak összevetésére, és a későbbi, kompozit anyagokon végzendő vizsgálatok kiindulásául szolgálnak.



**Vágott bazalt és cellulóz erősítésű PLA vizsgálata**  
**(Examination of the basalt and cellulose reinforced Polylactic acid)**

**Silye Anett, BSc IV. évf.**  
**anett.silye@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Tábi Tamás, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**

Manapság egyre nagyobb teret ölt a „zöld”, vagyis környezetbarát életszemlélet. Mivel a különböző gyártási folyamatok illetve azok végtermékei károsak lehetnek környezetünkre nézve, ebből kifolyólag a mérnökök már egyre inkább azon dolgoznak, hogyan állítsanak elő újrafelhasználható illetve biológiai úton lebontható termékeket.

Jelen dolgozatomban szeretnék erre a problémára megoldást találni. Egyik legnagyobb mértékben újrahasznosítható anyagok a polimerek. Kizárólag a természetben is megtalálható, megújuló erőforrás alapú és egyben lebontható anyagokból szeretnék egy olyan kompozitot előállítani, amelynek mechanikai tulajdonságai kedvezőek akár egy PET palack legyártásához. Egyik közkedvelt biopolimer a keményítóből előállított politejsav (PLA). Sajnos hőállóságát tekintve nem megfelelő. Hiszen ki szeretne egy olyan PET palackot, amibe reggel beleönti a meleg teát és az eldeformálódik? Ezért szálerősítéssel tervezem javítani a termikus és mechanikus tulajdonságait.

Munkámban a politejsavhoz cellulózt és bazaltszálat adtam külön-külön és együttesen is, különböző arányokban. Abból kifolyólag, hogy a cellulóznak jelentős a nedvességfelvétele, a feldolgozást egy szárítás előzte meg. Ezután próbatesteket fröccsöntöttem és azokat mechanikai vizsgálatoknak vettem alá. Az eredmények alapján sikerült egy, megnövelt mechanikai tulajdonságokkal rendelkező, felhasználásra alkalmas kompozitot előállítani.

## **Szövet erősítésű hajlékony kompozitok biaxiális húzóvizsgálata** **(Biaxial tensile testing of fiber reinforced flexible composites)**

**Szabó Diána Katalin, MSc I. évf.**  
**dianatailor@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Szabó Gábor, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**  
**Dr. Halász Marianna, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék**  
**Prof. Dr. Vas László Mihály, címzetes egyetemi tanár, Polimertechnika Tanszék**

A szövetek, valamint a velük erősített kompozitok használata igen széles körben elterjedt. Alkalmazzák őket ruhák (például védőruhák), sporteszközök anyagaként (pl. vitorlák), az orvostechikában (pl. géz) és számos műszaki területen is. Elterjedtek továbbá a ponyvák is, melyek hőre lágyuló polimerrel (leggyakrabban PVC) kent szövetből készített kompozitok. A ponyvák műszaki szempontból a legnagyobb jelentőségük a könnyűszerkezetes épületek kapcsán van (például sátrak és épületek tetőszerkezetei). Használatuk során ezek többtengelyű feszültségnek vannak kitéve, ezért tervezésükhöz elengedhetetlen ismernünk a mechanikai tulajdonságokat.

A szövetek és ponyvák jellemzőit különböző mechanikai módszerekkel vizsgálhatjuk. Ilyen a húzó-, a szakító-, valamint a nyíró- és a hajlítóvizsgálat is, azonban ezekkel a vizsgált anyagnak csupán egy-egy irányban mérhető (uniaxiális) tulajdonságairól kaphatunk jellemzést. Léteznek olyan vizsgálati módszerek is, amelyekkel multiaxiális terhelést adnak a próbatestre, mint például a golyós repesztés, azonban ezek hátránya, hogy csupán egyetlen mérőszámmal jellemzik a szövetet, így annak irányfüggő tulajdonságai nem fedhetők fel. A műszaki szövetek és ponyvák irányfüggő tulajdonságainak vizsgálatára alkalmas mérési módszer a biaxiális húzás, amellyel egyszerre két, egymásra merőleges irány mechanikai tulajdonságait írhatjuk le, és ezzel a tervezéshez és méretezéshez szükséges, fontos információkat nyerhetünk a szőtt szerkezetek és kompozitjaik anizotróp tulajdonságairól [1].

A biaxiális húzóvizsgálati eredmények szükségesek a szőtt erősítő szerkezetek és hajlékony kompozitjaik végelesemes szimulációjához is. A programok ugyanis az unidirekcionális tulajdonságok alapján a biaxiális teherbírást jelenleg nem tudják megfelelően kiszámítani (nem tudják figyelembe venni például a hullámosság hatását, szálak laposodását, stb), így a biaxiális mérések eredményeit a programba táplálva sokkal pontosabb számítást érhetünk el [2].

Jelen dolgozat célja a biaxiális mérési módszerek és vizsgálatok elemzése, az értékelési módszerek megismerése, továbbá egy univerzális szakítógépre szerelhető, speciális biaxiális befogófejjel mérések végzése, majd ezek alapján a különböző befolyásoló tényezők hatásának elemzése.

### Irodalom:

- [1] Vas L. M.: Textilanyagok szerkezetének elemzése számítógépes modellezéshez, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2003
- [2] T-W. Chou, F. K. Ko: Textile structural composites, Elsevier Science Publishing Company, Amsterdam, 1989

**Grafén hatása a kompozitok hosszú távú és dinamikus viselkedésére**  
**(The effect of graphene on the long-term and dynamic behaviour of composites)**

**Réti Dániel Norbert, BSc IV. évf., Kálnay Zsolt, BSc IV. évf.**  
**reti.daniel92@gmail.com, k.zsolt36@hotmail.com**

**Konzulensek: Dr. Mészáros László, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**  
**Szakács József, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

A kompozitok ipari felhasználása a sűrűségükhöz viszonyított kiváló mechanikai tulajdonságaiknak és jó csillapító képességüknek köszönhetően egyre szélesebb körben terjed. A polimer kompozitok legelterjedtebb alkalmazási területei a gépkocsigyártás és a repülőgépipar. A fejlesztéseknek köszönhetően a kompozitok mechanikai tulajdonságai javulnak, miközben előállási költségeik csökkennek. A kompozitok fejlesztésében a nanokompozitok jelenthetik a következő lépcsőfokot. Ezekkel az anyagokkal jelenleg is számos kutató foglalkozik, hiszen a nanoméretű erősítőanyagokat tartalmazó kompozitok előállítása még mindignehézkes a nano erősítőanyag a mátrixban történő egyenletes eloszlása miatt.

Kutatásunkban kompozitjaink és hibridkompozitjaink megalkotására használt egyik erősítőanyag a grafén, melynek előállításáért 2010-ben Andrej Geim és Konsztantyin Novoszelovnak Nobel-díjat kapott, mint azóta kiderült ez világ általunk ismert legerősebb anyaga. Ez az alkotó rendkívül különleges, ezért a tudomány számos területén nagy érdeklődés övezi. Kiemelve a kitűnő húzószilárdságát, amelyre kutatásunkban alapoztunk. E mellett hő- és elektromos vezető képessége is kiugró, ami az elektronikai ipar számára kecsegtető. A másik erősítőanyag pedig bazaltszál, amely nagyban hasonlít az üvegszálhoz, és várhatóan annak komoly vetélytársa lesz az elméletben olcsóbb előállítása miatt. Az egyik legtöbbet használt műszaki polimert, a poliamidot választottuk mátrix anyagnak, amelyet nagy mennyiségben használ az autóipar is. Jelen dolgozat során a célunk, hogy nano méretű erősítőanyagot tartalmazó kompozitokat, valamint hibridkompozitokat vizsgáljunk, azon belül is azok időfüggő tulajdonságait. A kutatás során meghatározásra kerül az optimális erősítőanyag tartalom, ahol a kompozit szilárdsága elegendően magas, ugyanakkor nem viselkedik túl ridegen az anyag, hosszú távú vizsgálatok során is megbízhatóan alkalmazható. A hosszú távú viselkedést kúszás, míg a dinamikus viselkedést Charpy-féle ütővizsgálat segítségével vizsgáltuk.





BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## POLIMER KOMPOZITOK

Helyszín: Polimertechnika Tanszék MT laboratórium  
Időpont: 2014. november 11. 8:30  
Elnök: Dr. Bárány Tamás, egyetemi docens  
Titkár: Dr. Kmetty Ákos, adjunktus  
Tagok: Dr. Pölöskei Kornél, ügyvezető igazgató, Revideal Kft.  
de Rivo Balázs, fejlesztési csoportvezető, Zoltek Zrt.

### **8:30 Rév Tamás**

Nagy energiaelnyelő képességű hibrid kompozit panelek fejlesztése ballisztikai alkalmazásokhoz

Konzulens: Dr. Szabó Gábor, adjunktus

### **8:50 Kovács Dávid**

Szálerősítés hatása a hibrid gyanta morfológiájára

Konzulensek: Dr. Mészáros László, adjunktus  
Turcsán Tamás, doktorandusz

### **9:10 Vermes Brúnó**

Kompozit szerkezetek tönkremenetelének nyomonkövetése mikrokapszulák segítségével

Konzulens: Prof. Dr. Czirány Tibor, egyetemi tanár

### **9:30 Radovics Kata Bianka**

Növényi kaucsukkal társított, politejsav alapú biokompozitok fejlesztése

Konzulensek: Dr. Kmetty Ákos, adjunktus  
Prof. Dr. h.c. Karger-Kocsis József

**9:50 Ráczkevi Mátyás**

Elektro-szálképzett nanoszálakkal társított polimer mátrixú hibrid kompozitok előállítása és vizsgálata

Konzulens: Dr. Molnár Kolos, adjunktus

**10:10 Tóth Levente Ferenc**

Szénszál/szén nanocső/szén nanoszál erősítésű, égésgátolt kompozitok vizsgálata

Konzulensek: Dr. Szabó Gábor, adjunktus  
Dr. Molnár Kolos, adjunktus  
Szolnoki Beáta, doktorandusz  
Dr. Toldy Andrea, adjunktus

**10:30 Wilde József**

Szén nanocső és szénszál tartalmú hibrid kompozitok fejlesztése

Konzulensek: Dr. Mészáros László, adjunktus  
Szakács József, doktorandusz

**10:50 Kovács Alexandra Csilla**

Műszaki szövetek húzóigénybevételre mutatott irányfüggő viselkedése és modellezése

Konzulensek: Dr. Halász Marianna, egyetemi docens  
Prof. Dr. Vas László Mihály, címzetes egyetemi tanár

## **Nagy energiaelnyelő képességű hibrid kompozit panelek fejlesztése ballisztikai alkalmazásokhoz**

**(Development of highly energy absorbing hybrid composite panels for  
ballistic applications)**

**Rév Tamás, BSc IV. évf.  
revtomee@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Szebényi Gábor, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**

Napjainkban egyre gyakrabban használnak szálerősített kompozitokat amikor könnyű, de mégis nagy teherbírású szerkezetekre van szükség, úgymint repüléstechnikai, és autóiipari szerkezetek gyártása, alkalmazása során, köszönhetően a kiemelkedően magas szilárdság/sűrűség aránynak. Az elmúlt évtizedekben a katonák, rendvédelmi szervek alkalmazottai, civil biztonsági szolgálatok emberei, és testőrök védelme ill. különböző nagy sebességű tárgyak becsapódása által okozott sérülések elkerülésének érdekében újból fellendülő ballisztikai kutatások kezdődtek meg a nagy energiaelnyelő képességű kompozitok területén.

Ez többek között annak is tudható be, hogy a felhasznált természetes és mesterséges alapanyagok rendkívül kedvező mechanikai tulajdonságokkal (szilárdság, rugalmassági modulus, szívósság, energiaelnyelő képesség) rendelkeznek, a fémekhez viszonyított sokkal kisebb sűrűségük mellett. A ballisztikai alkalmazások között jelentős szerepet tölt be a lövedékálló mellények tervezése, folyamatos fejlesztése, és gyártása. Ez a hadiipar robbanásszerű fejlődésének, és az egyre korszerűbb fegyverek elterjedésének köszönhető.

Alapvetően a lövedékálló mellények témakörében a rendészeti és katonai kutatások túlnyomó része nem hozzáférhető, ill. titkosított. Ezen kutatás célja, hogy visszafele elindulva, a már létező és hozzáférhető ismeretekből, anyagokból merítve, laboratóriumi körülmények között hozzunk létre egy olyan kompozitot, amely képes egy 9 mm-es lövedék megállítására. Az így létrehozott, dinamikus vizsgálóberendezés által megvizsgált próbatesteket jellemezzük energiaelnyelés szempontjából, összehasonlítjuk őket, megvizsgáljuk a releváns mechanikai jellemzőiket.

A kutatás egy másik célja, hogy a kapott eredményeket összemérjük a valósággal, azaz, hogy az ejtődárdás vizsgáló berendezéssel valójában milyen "hatékonysággal" tudjuk "modellezni" a valós körülmények között becsapódó lövedéket. Ennek alátámasztására ballisztikai kísérleteket is végeztem.

**Szálerősítés hatása a hibrid gyanta morfológiájára**  
**(Influence of fiber reinforcement on the morphology of hybrid resins)**

**Kovács Dávid, MSc I. évf.**  
**davekov1989@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Mészáros László, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**  
**Turcsán Tamás, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

Polimerek szerkezeti anyagként való alkalmazása esetén erősítőanyagok társításával, azaz kompozitok létrehozásával kaphatunk az egyre fokozódó mechanikai követelményeket kielégítő termékeket. Az elmúlt néhány évtizedben az anyagokban rejlő lehetőségek jobb kihasználása érdekében egyre intenzívebb kutatások folynak az úgynevezett hibrid kompozitokkal kapcsolatban. A hibridizáció mind az erősítő-, mind a befoglaló anyag oldaláról megvalósítható. Ez utóbbi, azaz a mátrix módosítása esetén polimer blendeket, kopolimereket és hőre nem lágyuló hibridgyantákat is alkalmaztak a korábbi kutatások során. Mindezek eredményei alapján a hibridgyanták alkalmazása megoldást nyújthat a hőre nem lágyuló mátrixú kompozitok képlékenyen alakítható fémekhez, illetve termoplasztikus polimerekhez viszonyított kisebb szívósságának fokozására [1, 2, 3].

Jelen kutatás során epoxi-vinilészter és epoxi-poliészter hibridgyanták előállítása, majd ezek vágott szénszállal való társítása történt meg. Az előállított anyagok morfológiai és mechanikai szempontból kerültek minősítésre.

Irodalom:

- [1] T. Czvikovszky, P. Nagy, J. Gaál: A polimertechnika alapjai, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2006.
- [2] T. Czigány: Hibrid szálerősítésű polimer kompozitok, Anyagvizsgálók lapja, 59-62, 2004
- [3] A. Subagia, Y. Kim, L. D. Tijing, C. S. Kim, H. K. Shon: Effect of stacking sequence on the flexural properties of hybrid composites reinforced with carbon and basalt fibers, Composites: Part B, 58, 251-258, 2014.



**Kompozit szerkezetek tönkremenetelének nyomonkövetése  
mikrokapszulák segítségével**  
**(Follow-up of composite structures' failures by microcapsules)**

**Vermes Brúnó, BSc III. évf.**  
**vermesbruno@gmail.com**

**Konzulens: Prof. Dr. Czigány Tibor, egyetemi tanár, Polimertechnika Tanszék**

A szerkezeti anyagként egyre inkább előtérbe kerülő polimer kompozitok számos kedvező tulajdonságuknak köszönhetik az alkalmazásukban mutatkozó növekvő tendenciát. Mindezen tulajdonságok azonban csak az anyag degradálódásáig, pontosabban annak kezdetéig válnak előnyükre a többi szerkezeti anyaggal szemben. Nagy kihívást jelent a kompozitokban megjelenő hibák gyors és könnyű detektálásának megoldása, hiszen azok eleinte szabad szemmel láthatatlanok apró méretük és a mátrix belsejében való megjelenésük miatt. A repedések, törések, és egyéb, a kompozitot károsító folyamatok vizsgálata, esetleg megállítása és megjavítása céljából elengedhetetlen azonban, hogy kellő időben, pontossággal, valamint kellően egyszerű módszerrel tudjuk megfigyelni és követni azokat. Az irodalomban fellelhető módszerek közül igen ígéretesek a valamilyen indikátort tartalmazó mikrokapszulák használata erre a célra, hiszen a mátrixban, akár a mechanikai tulajdonságok csekély mértékű változása mellett, homogéneen, és nagy számban tudjuk eloszlatni azokat. Ezzel a legkisebb mikrorepedéseket is meg tudjuk figyelni, mivel ahogy azok haladnak, és felnyitják a kapszulák falát, a belőlük kiáramló jelző folyadék a kapilláris-hatásnak megfelelően a résekbe befolyva láthatóvá teszi a hibát, így rajzolva "hibatérképet". Ennek jelentőségét számos példán lehetne érzékeltetni, de ha csak a repülőgépiparra gondolunk, és arra, hogy a szárnyakban keletkező mikrorepedések miatt nem kellene szétszerelni az egész gépet, elég lenne csupán helyi javításokat eszközölni, rögtön látszik a módszer gazdasági előnye is.

A TDK dolgozat célja UV érzékeny indikátorral színezett PETMP térhálósító tartalmú mikrokapszulák előállítási lehetőségének bemutatása. Ezzel a módszerrel átlátszó mátrix esetén, azt UV lámpával megvilágítva, információt szerezhetünk a tönkremenetel formájáról és mértékéről gyorsan, egyszerűen.

**Irodalom:**

- [1] Zhang M.Q., Rong M.Z., Yin T.: Self healing polymers and polymer composites in "Self-healing materials" (ed.: Gosh S.K.) Wiley-VHC, Weinheim (2009).
- [2] Yuan Y.C., Rong M.Z., Zhang M.Q.: Preparation and characterization of microencapsulated polythiol. *Polymer*, 49, 2531-2541 (2008).
- [3] Czeller A., Czigány T.: Effect of healing agent-loaded microcapsules on the mechanical properties of self-healing epoxy composites. ECCM15 – 15th European Conference on Composite Materials, Venice, Italy, 24-28 June 2012, paper: 1353

**Növényi kaucsukkal társított, politejsav alapú biokompozitok fejlesztése  
(Poly(lactic acid)/natural rubber biocomposites: Morphology and  
mechanical properties)**

**Radovics Kata Bianka, MSc II. évf.  
kata.radovics@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Kmetty Ákos, adjunktus, Polimertechnika Tanszék  
Prof. Dr. h.c. Karger-Kocsis József, egyetemi tanár, Polimertechnika Tanszék**

Napjainkban a biológiai úton lebomló úgynevezett biodegradábilis és biokompatibilis polimerekre nagy figyelem helyeződik. A fosszilis energiahordozók (pl. kőolaj, földgáz) csökkenésének és a növekvő környezetterhelés és szennyezés következtében a megújuló nyersanyagforrásból származó, lebomló polimerekre, azok blendjeire és kompozitjaik fejlesztésére, illetve tulajdonságaik megismerésére intenzív érdeklődés mutatkozik. Jelenleg az egyik legjelentősebb biológiai úton (komposztálással) lebontható polimer a politejsav (polylactic-acid (PLA)). A PLA egy lineáris alifás termoplasztikus poliészter, amely mechanikailag és optikailag a polietilén-tereftaláthoz (PET) hasonlít, de annál törékenyebb, kevésbé hőálló és nagyobb gázáteresztő képességgel rendelkezik. A PLA-t jelenleg főként a csomagolótechnikában alkalmazzák. A PLA alapjában egy rideg, lassú kristályosodásra képes alapanyag, amelyet különböző lágyítókkal (pl. polietilén-glikol), kristályos gócképzőkkel (pl. természetes szálakkal) és szívósságot javító anyagokkal (pl. növényi kaucsuk) javíthatunk [1,2].

TDK dolgozatomban célul tűztem ki, hogy a PLA rideg tulajdonságát, növényi kaucsukkal való társítással javítsam. Az előre meghatározott kísérletterv szerint különböző PLA alapú növényi kaucsukkal társított biokompozitokat állítottam elő ikeresigás kompaundálással. A biokompozitok erősítőanyagául mikro-fibrilláris cellulózt választottam. Dolgozatomban részletesen bemutatom az általam felhasznált alapanyagokat, gyártástechnológiai és vizsgálati módszereket, továbbá az előállított biokompozitok mechanikai és morfológiai tulajdonságait.

Irodalom:

- [1] Xu C., Yuan D., Fu L., Chen Y.: Physical blend of PLA/NR with co-continuous phase structure: Preparation, rheology property, mechanical properties and morphology. *Polymer Testing*, vol. 37, 94-101 (2014).
- [2] Yuan D., Xu C., Chen Z., Chen Y.: Crosslinked bicontinuous biobased polylactide/natural rubber materials: Supertoughness, “net-like”-structure of NR phase and excellent interfacial adhesion. *Polymer Testing*, vol. 38, 73-80 (2014).

## **Elektro-szálképzett nanoszálakkal társított polimer mátrixú hibrid kompozitok előállítása és vizsgálata**

**(Processing and investigation of polymer matrix hybrid composites reinforced with electrospun nanofibers)**

**Ráczkevi Mátyás, BSc III. évf.  
gutriqper@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Molnár Kolos, adjunktus, PolimertechnikaTanszék**

A polimer kompozitok jelentősége az utóbbi évtizedekben jelentősen megnövekedett, számos kutatás irányul kedvező tulajdonságaiknak további kihasználására. A technológia fejlettségének köszönhetően lehetőség nyílik nanométeres mérettartományba eső különböző anyagú szálak, nanocsövek és egyéb részecskék felhasználására is. Ezeket rendszerint hibrid kompozitokban, kis mennyiségben, másodlagos erősítésként alkalmazzák. A „nanoméretű” erősítőanyagok jelentősége nagy szilárdságuk mellett abban rejlik, hogy rendkívül nagy fajlagos felülettel rendelkeznek, ezért kiváló adhéziós kapcsolatot tudnak kialakítani a kompozit mátrixával, illetve fontos, hogy képesek az elsődleges erősítőszálak hatásosságát javítani a terhelés felvételében.

A réteges felépítésű kompozitokban (laminátokban) gyakran probléma hogy a nem síkbeli terhelések hatására az egyes rétegek elválnak egymástól, hiszen keresztirányban nincsenek szálak, a rétegeket csupán gyantadús részek kapcsolják össze, amelyek sokkal kevésbé szilárdak. Annak érdekében, hogy a rétegek közötti kapcsolatot javítsák, számos kutatás született az utóbbi években. A rétegek közé például rugalmas filmeket lehet helyezni, de a rétegek tűzése, vagy összevarrása is egy népszerű lehetőség. Az előbbi módszerek hatására a kompozit tömege növekszik meg számottevően, míg az utóbbi esetben az erősítőszálak roncfolódnak. Az elsődleges erősítőanyag rétegei között másodlagos erősítésként alkalmazhatók vékony nanoszál rétegek is, amelyek egyik legnagyobb előnye, hogy érdemben nem változtatják meg a próbatestek méretét, tömegét, mert a gyantadús rétegbe ágyazódnak, ugyanakkor gátolják a repedések terjedését és javítják a rétegek kapcsolódását. A megfelelő eredményt azonban az anyagválasztás mellett befolyásolja a nanoszál-réteg vastagsága és az impregnálási körülmények is. Nem megfelelő impregnálás esetén a mátrixban légbuborékok keletkezhetnek, amelyek a próbatestek mechanikai tulajdonságait nagymértékben rontják, ellehetetlenítve a másodlagos erősítőszálak szerepét.

A dolgozatban elektro-szálképzett nanoszál társítású hibrid kompozit vizsgálati minták előállítására tettem kísérletet. Az elektro-szálképzési eljárással poliakrilnitrilnanoszálás mintákat állítottam elő, amelyeket üvegszál erősítésű kompozitok rétegei közé lamináltam. A dolgozat bemutatja a nanoszálak alkalmazásának a kompozitok főbb mechanikai tulajdonságaira gyakorolt hatását. A kutatás jövőbeli célja, hogy meghatározható legyen a próbatestek mechanikai tulajdonságának legjelentősebb javulását eredményező technológia és annak optimális paraméterei.

### Irodalom:

- [1] Molnar, K. et al.: The effect of needleless electrospun nanofibrous interleaves on mechanical properties of CF/EP laminates. Express Polymer Letters, vol. 8, no. 1, 62-72 (2014).

## **Szénszál/szén nanocső/szén nanoszál erősítésű, égésgátolt kompozitok vizsgálata**

**(Investigation of carbon fiber/carbon nanotube/carbon nanofiber reinforced flame retarded composites)**

**Tóth Levente Ferenc, MSc I. évf.  
levente8912@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Szabó Gábor, adjunktus, Polimertechnika Tanszék  
Dr. Molnár Kolos, adjunktus, Polimertechnika Tanszék  
Szolnoki Beáta, doktorandusz, Szerves Kémia és Technológia Tanszék  
Dr. Toldy Andrea, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**

TDK dolgozatomban szénszál/szén nanocső/szén nanoszál erősítésű, égésgátolt hibrid kompozitokat készítettem el, melyeknek megmértem a sűrűségét és a száltartalmát, majd éghetőségi szempontból is megvizsgáltam a mintákat. A kompozitok éghetőségének összehasonlításához UL94-es és MassLoss kaloriméteres vizsgálatot alkalmaztam.

Ezenfelül, különböző típusú és koncentrációjú égésgátlóval ellátott, hagyományos szénszál erősítésű kompozitok mechanikai jellemzőit is vizsgáltam szakító-, illetve hajlító vizsgálatokkal.

A nanoszál rétegeket magam állítottam elő PAN prekursor anyagból elektrosztatikus szálképzés, stabilizálás és karbonizálás útján.

**Szén nanocső és szénszál tartalmú hibrid kompozitok fejlesztése**  
**(Development of carbon nanotube and carbon fiber**  
**containing hibrid composites)**

**Wilde József, BSc IV. évf.**  
**jozsefwilde@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Mészáros László, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**  
**Szakács József, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

Hosszú időn keresztül a jelentős mechanikai igénybevételnek kitett szerkezetek kizárólag fémötvözetekből készültek, azonban a műanyagtudomány fejlődésével egyre inkább lehetőség nyílik sok esetben az ilyen elemek kompozitokkal való kiváltására. Ezeket az anyagokat közel azonos mechanikai tulajdonságok mellett sok szempontból előnyösebb bizonyos esetekben alkalmazni (például könnyűségük miatt), így fejlesztésük manapság időszerű. A polimer kompozitok merőben új fejlesztési területe a hibrid kompozitok előállítása, amelyek esetében legalább három különböző fázis van jelen. Az ilyen újfajta anyagok egyik kevésbé kutatott területe a mikro,- és nano méretű erősítőanyagot is tartalmazó rendszerek. Napjainkban számos kutatás folyik a hibrid kompozitok felhasználási területeinek bővítésével kapcsolatban, így nanoméretű áramköri elemként alkalmazva, üzemanyagcellában proton áteresztő membránként, fogászati tömőanyagként, karcmentes hidrofób páratlanító felületi bevonatként, antisztatikus felületeken, vagy éppen korrózióvédelemre. Kutatásomban poliamid 6 mátrixú szénszál és szén nanocső erősítésű kompozitokat vizsgálok. A poliamidok kitűnő műszaki tulajdonságaik miatt tűnnek ki a részben kristályos polimerek közül. A szénszál egy körülbelül 5-10 mikron átmérőjű mesterséges erősítőanyag. A szálak az acélnál akár tízszer nagyobb rugalmassági moduluszal is rendelkezhetnek, míg tömegük az egy ötöde. A repülőiparban, űrtechnológiában, versenyautó vázokban, golfütőkben vagy kerékpáros sisakokban ma már elengedhetetlen alapanyag. A szén nanocsövek, mint nevük is mutatja nano méretű, belül üres henger alakú szerkezetek, aminek oldalát azonos, egymással kovalens kötéssel összekapcsolódó szénatomok alkotják. Pár nanométeres átmérőjükhöz képest a hosszuk tízezerszer vagy akár százezerszer is nagyobb lehet, ennek köszönhetően fajlagos felületük nagy, amely segíti a megfelelő adhézió kialakítását. Mechanikai tulajdonságai egy nagyságrenddel jobbak lehetnek a mikroméretű erősítőszálakhoz képest, ezért a szén nanocsövet a mai anyagtudományban előszeretettel alkalmazzák. A mikroméretű erősítőszálak hatását nem rontják, hanem együtt várhatóan még jobb mechanikai tulajdonságokat eredményezhetnek, hibrid hatás léphet fel, már kis erősítőanyag tartalom esetén is. Ezen indokok miatt különös figyelmet érdemelnek a polimertechnológiai kutatások terén.

Vizsgálataim során céloim a hibrid kompozitok hagyományos technológiákkal való előállítása, majd ezek mechanikai és morfológiai minősítése.

**Műszaki szövetek húzóigénybevételre mutatott irányfüggő viselkedése és modellezése**

**(Behavior and modeling of technical fabrics according to the different directions of tensile stress)**

**Kovács Alexandra Csilla, MSc II. évf.  
kov.ale29@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Halász Marianna, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék  
Prof. Dr. Vas László Mihály, címzetes egyetemi tanár, Polimertechnika Tanszék**

Annak ellenére, hogy a textíliák nem csak esztétikailag, de funkcionálisan is az ember közvetlen környezetéhez tartoznak, a bennük rejlő lehetőségek nincsenek teljes mértékben kiaknázva. A hétköznapi ruházati textíliákon kívül számos lakberendezésben használt funkciójuk mellett műszaki jellegű feladatot is elláthatnak. Épp ebből kifolyólag szükség van ezen erősítőszervezetek modellezhetőségére a tervezés megkönnyítése céljából.

Jelen TDK dolgozat témája egy multifilament poliészter szálból szőtt műszaki textília modellezési lehetőségének vizsgálata. A modell felállításához a szövet alapadatának meghatározása után, fonal- és szövetszakító vizsgálatokat, illetve fonalkihúzó vizsgálatot végeztem. Feltérképeztem a szövet húzóigénybevételre mutatott irányfüggő viselkedését.

A mérések kiértékelése során meghatároztam a rugalmassági, szilárdsági és deformációs jellemzőket. Majd kísérletet tettem az elemzett szövet kötegmodellezésének lehetőségére. Ehhez felhasználtam a FiberSpaceszálkötegcellák modelljét.

Irodalom:

- [1] Vas L. M.: Textilanyagok szerkezetének elemzése számítógépes modellezéshez, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2003
- [2] T-W. Chou, F. K. Ko: Textile structural composites, Elsevier Science Publishing Company, Amsterdam, 1989
- [3] Vas L. M., Tamás P.: FiberSpace szálkötegcellák – nemlineáris szálkarakterisztikával, kézirat, BME, Budapest, 2014



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## POLIMER TECHNOLÓGIA

Helyszín: Polimertechnika Tanszék Könyvtár T. ép. 301.  
Időpont: 2014. november 11. 8:30  
Elnök: Prof. Dr. Czvikovszky Tibor, professor emeritus  
Titkár: Dr. Morlin Bálint, adjunktus  
Tagok: Dr. Dogossy Gábor, egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem,  
Anyagtudományi és Technológiai Tanszék  
Dr. Mészáros László, adjunktus

### **8:30 Hajdu Sándor Mihály**

Az elosztatást segítő technológia optimalása elasztomermátrixú nanokompozitoknál

Konzulensek: Dr. Bárány Tamás, egyetemi docens  
Halász István, doktorandusz

### **8:50 Kollár Viktória**

Ciklikus butilén tereftalát hatása az EPDM alapú elasztomerek vulkanizációs és mechanikai tulajdonságaira

Konzulensek: Dr. Bárány Tamás, egyetemi docens  
Halász István, doktorandusz

### **9:10 Szabó Diána Katalin**

Természetes és mesterséges polimerek ömledékállapotban történő szétválaszthatósága

Konzulensek: Dr. Ronkay Ferenc György, egyetemi docens  
Dobrovsky Károly, doktorandusz

**9:30 Fehér Máté**

Bazalttal erősített politejsav kompozit kötéstechológiai lehetőségei és vizsgálatauk

Konzulens: Dr. Kiss Zoltán, adjunktus

**9:50 Budai Gábor**

Emelt folyóképességű olajálló elasztomerek fejlesztése

Konzulensek: Dr. Bárány Tamás, egyetemi docens  
Halász István, doktorandusz

**10:10 Török Dániel**

Statikus keverők hatásfokának elemzése

Konzulensek: Dr. Kovács József Gábor, egyetemi docens  
Suplicz András, tanársegéd  
Szabó Ferenc, tanársegéd

**10:30 Emri Ákos**

Polimerek és fémek egyesítése kavarázó dörzshegesztéssel

Konzulens: Dr. Kiss Zoltán, adjunktus

**10:50 Feketű Dániel**

PLA/TCP interferencia csavarok vizsgálata és összehasonlítása kiműtött darabokkal

Konzulens: Dr. Kiss Zoltán, adjunktus

**11:10 Göbl Richárd**

Pirolízis útján előállított korom hatása elasztomerek tulajdonságaira

Konzulensek: Prof. Dr. h.c. Karger-Kocsis József, egyetemi tanár  
Berki Péter, doktorandusz



## **Az elosztatást segítő technológia optimalálása elasztomermátrixú nanokompozitoknál**

**(Optimalisation of dispersion improvement technique in elastomer-based nanocomposites)**

**Hajdu Sándor Mihály, MSc I. évf.  
horormaci@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Bárány Tamás, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék  
Halász István, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

A nanokompozitok egyik legnehezebben megoldható problémája a jelenleg elérhető nanoméretű töltőanyagok egyenletes elosztatása. A piacon kapható szén-nanocsövet (MWCNT) por formájában kapjuk, mikroszerkezetét nézve aggregátumok alkotják a port, statisztikus nanocső-gombolyagok. Az MWCNT szakítószilárdsága óriási, viszont egy kompozitban ez csak akkor használható ki, ha a töltőanyag és a mátrix közötti adhéziós erőt maximalizáljuk és ennek egy kulcsfontosságú összetevője a kapcsolódó felületek növelése. A szokásos kompozitkészítési eljárások során általában a töltőanyag aggregátumokba nem jut be elégséges mértékben a mátrixanyag, ezért valamilyen speciális technikára van szükség az aggregátumok szétválasztására. Romhány Gábor és társai munkája [1] alapján a ciklikus butilén-tereftalátoligomer (CBT) jó hordozóanyaga lehet az MWCNT-nek, és a CBT és MWCNT együttes őrlése segíthet a nanocső aggregátumok szétválasztásában. Munkám során különböző őrlési időket használva vizsgáltam a CBT/MWCNT porkeverék erősítő hatását SBR gumira. Egy új keverékkészítési módszer is összehasonlításra kerül a hagyományossal, miszerint a kaucsukot a CBT olvadási hőmérsékletére fűtjük keverés közben. A CBT ömledékvizkozitása rendkívül alacsony, emiatt várható, hogy a töltőanyag elosztatását javítani fogja az eljárás.

### Irodalom:

- [1] Romhány G., Vígh J., Thomann R., Karger-Kocsis J., Sajó I. E.: pCBT/MWCNT Nanocomposites Prepared by In situ Polymerization of CBT After Solid-Phase High-Energy Ball Milling of CBT with MWCNT. *Macromol. Mater. Eng.*, 296, 544-550 (2011).

## **Ciklikus butiléntereftalát hatása a EPDM alapú elasztomerek vulkanizációs és mechanikai tulajdonságaira**

**(Effect of cyclic butylene terephthalate on the vulcanization and mechanical properties of EPDM based elastomers)**

**Kollár Viktória, BSc IV. évf.  
vyckikollar@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Bárány Tamás, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék  
Halász István, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

Különböző gumikeverékek fejlesztése esetén a majdani felhasználás közbeni igénybevételek által támasztott követelmények alapvetően meghatározzák az egyes keverékek összetételét. Ezeken kívül azonban figyelembe kell venni gyártástechnológiai szempontokat is és abból kifolyólag, hogy sok esetben az egyes tulajdonságok javítása, csak mások romlása mellett valósítható meg, előfordul, hogy kompromisszumokat kell kötni. Elasztomerek esetén általában ez a jellemző a mechanikai és kopási tulajdonságokat javító töltőanyagok és a feldolgozhatóságot elősegítő lágyítók és csúsztatók esetén, ugyanis általában ezek egymás hatását csökkentik. Korábban már bizonyítást nyert, hogy CBT hozzáadásával egyszerre javítható az elasztomer nyerskeverékek feldolgozhatósága, valamint a térhálósítás után a kész elasztomer mechanikai tulajdonságai.

Munkám célja a CBT mechanikai és vulkanizációs tulajdonságokra gyakorolt hatásának részletes feltérképezése EPDM alapú elasztomerek esetén.

## **Természetes és mesterséges polimerek ömledékállapotban történő szétválaszthatósága**

**(Separation of natural and synthetic polymers in a melted state)**

**Szabó Diána Katalin, MSc I. évf.  
dianatailor@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Ronkay Ferenc György, egyetemi docens, PolimertechnikaTanszék  
Dobrovsky Károly, doktorandusz, PolimertechnikaTanszék**

Napjainkban a különböző nyersanyagok egyre nagyobb volumenű ipari feldolgozása, valamint az újrahasznosítás területén az egyre növekvő társadalmi elvárások és hatósági szabályozások miatt fontos a fém, az üveg, a papír és a műanyag egymástól történő szétválasztása. Azonban a műanyagok egymástól történő szétválasztása is kulcskérdés azok újrahasznosítása során, mivel a különböző műanyagok együttes feldolgozása rossz mechanikai tulajdonságokat eredményez a termékgyártáskor [1].

Az iparban elterjedt műanyag szétválasztási módszerek esetében gondot okoznak a reciklási folyamat során az olyan típusú termékek, amelyek több műanyagfajta keverékéből állnak (blend), ugyanis ezek a köztes sűrűségű, vagy különleges morfológiai szerkezetű anyagok szennyezőként jelennek meg a már leválasztott, tisztított frakciókban [2]. Ha a műanyag hulladék jelentős mennyiségű blendet tartalmaz, a szétválasztás eredménye nem lesz megfelelő tisztaságú, ezért a kutatás során a felhasznált műanyagok és a belőlük készített blendek minél nagyobb tisztaságú szétválaszthatóságát vizsgáltam, különböző szétválasztási hőmérsékleteken.

Az autó-, építő- és a csomagolóiparból nagy mennyiségű habosított hulladék keletkezik, ezek hasznosítása szintén bonyolult a jelenleg alkalmazott ipari szétválasztó berendezésekkel, hiszen a sűrűségük nagyban eltér az alapanyagok sűrűségétől. Emiatt vizsgáltam a hulladékáramban megtalálható habosított anyagok újrahasznosíthatóságát centrifugális erőtérben, ömledékállapotban.

A természetes alapú biopolimer termékek is egyre nagyobb mennyiségben jelennek meg a piacon. Ez a környezet szempontjából azonban csak akkor lehet hasznos, ha a biopolimereket teljesen elkülönítve gyűjtik a többi, újrahasznosítandó szintetikus műanyagtól, és komposztálva, speciális környezetben bomlanak le [3]. Ellenkező esetben (a hasonló sűrűségük miatt) ezek is szennyezőként jelennek meg a szétválasztás során a válogatott műanyagfázisokban, amely megnehezíti a szintetikus műanyagok újrahasznosítását, ugyanis a biopolimerek könnyebben degradálódnak a feldolgozás során. Ezért meg kell akadályozni, hogy ez a kétféle hulladéktípus egymással keveredjen. Ennek érdekében a kutatás során kísérletet tettem a biopolimerek és a mesterséges műanyagok szétválasztására is.

### Irodalom:

- [1] Wilson I.D.: Encyclopedia of Separation Science. Academic Press, London, Egyesült Királyság, 17-343, 2000.
- [2] Ronkay F., Dobrovsky K.: Alternative polymer separation technology by centrifugal force in a melted state, Waste Management, in press, 2014. DOI: 10.1016/j.wasman.2014.05.006
- [3] Torrijos M., Sousbie P., Rouez M.: Treatment of the biodegradable fraction of used disposable diapers by co-digestion with waste activated sludge. Waste Management 34, 669-675, 2014.

## **Bazalttal erősített politejsav kompozit kötéstechológiai lehetőségei és vizsgálatuk**

**(The ways of join and the examination of basalt fiber reinforced polylactic-acid)**

**Fehér Máté, MSc I. évf.  
mathieu12500@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Kiss Zoltán, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**

„Földünk, a műanyag bolygó” 2009-ben vászonra került film címe is arról tesz bizonyosságot, hogy manapság már az életünk szinte elképzelhetetlen műanyagok nélkül. Talán már észre sem vesszük, de gondoljunk csak bele: reggel a polimer burkolatú ébresztőóra vagy telefon csörgésére kelünk és este lefekvéskor a lámpát szintén műanyag kapcsolóval oltjuk le. Életünk részévé váltak, nem lehet megkerülni őket. Azonban a nagymértékű elterjedésük nagy felelősséggel is jár: fel tudjuk-e úgy használni a kedvező tulajdonságú polimereket, hogy közbe ne veszélyeztessük környezetünket? A válasz: igen, a megfelelő alapanyagok megválasztásával és a helyes gondolkodásmód kialakításával.

Napjainkban kiemelten fontos, hogy környezettudatos gondolkodásmód kialakításával Földünket védjük és a fenntartható fejlődés elve alapján éljük a mindennapjainkat. A biológiailag lebontható polimerek bár beleillenek ebbe a filozófiába, azonban vannak olyan felhasználási területek, ahol elengedhetetlenek a nagyobb teherbírású, szívósabb vagy szilárdabb polimerek, és ezeket az igényeket sok esetben a biopolimerek nem, vagy csak nagyon magas áron tudják kielégíteni. Ennek megoldása a biokompozitok gyártása, ahol a szívós mátrix egy biodegradábilis polimer, az erősítőanyag pedig ideális esetben valamilyen természetes szál, szövet, pamut, stb.

Az egyre komplexebb műanyag termékek gyártásának következtében napjainkra már iparágak épültek ki a sok kis alkatrész egy terméké váló egyesítésére, így jelentőségüket nem lehet kétségbe vonni, lényeges ezen technológiák (illesztések, ragasztások, hegesztések) ismerete, fejlesztése is.

Dolgozatomban bazaltszállal erősített politejsavbiopolimer kompozit bemutatásával és kötéstechológiájával foglalkozom. A dolgozat első részében a megújuló energiaforrásokból előállított biológiailag lebomló polimerek, azon belül is részletesen a kukoricakeményítóből készült politejsav műanyag ismertetését tűztem ki célul. Ezt követően a bazaltszál tulajdonságainak és a fent említett „zöld” polimerrel alkotott kompozitjának ismertetése következik. A műanyagok kötéstípusai közül nagyító alá kerülnek a hegesztett kötések, továbbá a ragasztás is, mint manapság a polimereknél széles körben alkalmazott kötéstechológia. Munkám második részében az erősítetlen, valamint 30 tömegszázalékban bazaltszállal erősített PLA (polylactic-acid, magyarul politejsav) hegesztésének, valamint ragasztásának eredményességére, hajlító- és szakítóvizsgálati eredményeinek közlésére, következtetések levonására kerül sor.

### Irodalom:

- [1] Jordan Rotheiser: Joining of Plastics - Handbook for Designers and Engineers, Carl Hanser Verlag GmbH & Co, 2004.
- [2] R. Klein: Laser welding of plastic, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, 2011.

**Emelt folyóképességű olajálló elasztomerek fejlesztése**  
**(Development of oil resistant elastomers with improved processability)**

**Budai Gábor, BSc III. évf.**  
**budaig@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Bárány Tamás, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék**  
**Halász István, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

Az elasztomerek széleskörű felhasználása miatt különböző igényeknek kell megfelelniük. A gyártás során ezeket az anyagokat különböző receptúrák alapján készítik, így érhetőek el a kívánt tulajdonságok kombinációi, amik azonban negatív hatással lehetnek egymásra. Ez abból adódik, hogy míg a szilárdsági tulajdonságok javítása érdekében használt adalékok a feldolgozhatóságot, addig a feldolgozhatóságot elősegítő összetevők a kész gumi mechanikai tulajdonságait ronthatják. Ezen a területen kerül előtérbe a ciklikus butilén-tereftalát (CBT) oligomer alkalmazása, amely a gumikeverékek jellemző feldolgozási hőmérsékletén alacsony viszkozitású ömledék, a térhálósítás után viszont a hőmérséklet csökkenésével újrakristályosodik és erősítő anyagként funkcionál.

A TDK dolgozat célja NBR kaucsuk keverékek előállítása többféle CBT tartalommal, és ezek vizsgálata nyers, majd térhálósított állapotban. Az előállított keverékek reológiai, és mechanikai tulajdonságainak, valamint az olajállóságának a vizsgálata.

## **Statikus keverők hatásfokának elemzése** **(Efficiency analysis of static mixers)**

**Török Dániel, MSc II. évf.**  
**trkdani@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Kovács József Gábor, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék**  
**Suplicz András, tanársegéd, Polimertechnika Tanszék**  
**Szabó Ferenc, tanársegéd, Polimertechnika Tanszék**

A fröccsöntés a műanyagipar egyik legmeghatározóbb tömegtermelésre alkalmas gyártástechnológiája. Fröccsöntéssel bonyolult 3D-s termékeket tudunk előállítani. Az alig több mint 100 éve létező eljárás az utóbbi években egyre nagyobb mértékű szerepet játszik a polimer termékek gyártásában. A világon feldolgozott műanyagok körülbelül negyedét fröccsöntéssel állítják elő és Magyarországon is a termékek körülbelül 30%-a így készül. Az így készült termékeket különböző területeken alkalmazzák, mint például az autóipar, csomagolóipar, orvostechika, játékipar. Sok esetben a legyártott termékeknek magas minőségi előírásoknak kell megfelelnie nem csupán műszaki, de esztétikai, funkcionális, ergonómiai szempontból is.

Az esztétikai hibák közül a termék színében lévő inhomogenitások a legszembeötlőbbek. Az inhomogenitások megjelenésének egyik fő oka a színezőanyagok nem megfelelő eloszlása a polimer mátrixban. A színezőanyagok olyan pigmenteket és elegyedő színezékeket tartalmaznak, amelyek megváltoztatják az alapanyag optikai tulajdonságait. Ezek nagy előnye, hogy csökkentik a termék gyártásának költségeit, mivel így nincs szükség utómunkálatokra (festés, matricázás stb.). A színezőanyagok megfelelő eloszlására különböző eszközök és módszerek állnak rendelkezésünkre. A termék homogenitására hatással van maga a fröccsöntő gép, a technológiai paraméterek megválasztása, keverőelemek, a csiga kialakítása, a szerszám geometriája és az alap- és színezőanyag tulajdonságai.

Az iparban a keverőelemek alkalmazása elterjedt. A keverőelemek két nagy típusba sorolhatók, a dinamikus és a statikus keverők csoportjába. Mindkét típusnak megvannak a maga előnyei és hátrányai. A statikus keverők előnye, hogy az aggregátba a csiga elé beépítve nem csökkentik annak hasznos hosszát, így nem rontva a plasztikálási teljesítményt. A dinamikus keverők nagy előnye, hogy jóval nagyobb nyírást vihetünk bele az alapanyagba, ami a keveredés alap feltétele. A keverők hátránya azonban, hogy az ömledék szerszámba juttatásához szükséges nyomásigényt növelik. Ez a nyomásesés függ a keverő kialakításától, annak méretétől, az alkalmazott keverőelemek számától, a keverőelemek geometriájától, az ömledék folyóképességétől stb.

Dolgozatomban célul tűztem ki a statikus keverők minősítését. Ezen belül vizsgáltam a statikus keverőelemek számának növelésével és a keverő geometriájának megváltoztatásával együtt járó nyomásszükséglet növekedését. A nyomásszükséglet változását a fröccsöntőgépre felszerelt szenzorok segítségével mértem, illetve szimulációs programok segítségével határoztam meg. A mérések segítségével validáltam a szimulációs eredményeket, majd a számításokat kiterjesztettem más geometriájú statikus keverőkre is. A statikus keverő keverési hatékonyságát. A keveredés minősítésére a tanszéken kifejlesztett színegyenletlenség mérő programot, valamint szimulációs programokat használtam.

## **Polimerek és fémek egyesítése kavaráó dörzshegesztéssel (Fusion of polymers and metals with friction stir welding)**

**Emri Ákos, BSc IV. évf.  
emriakos@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Kiss Zoltán, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**

A XXI. században egy termékre már nem elég ha azt mondják, működik. Legyen az könnyű, kompakt és szép is. Ebben nagy segítségünkre vannak a polimerek kiváló alakíthatóságuk, áruk és egyszerű újrahasznosíthatóságuk miatt, így egyre nagyobb teret hódítanak a legkülönbébb mérnöki területeken. Napjaink gépeiben előszeretettel cserélik le a tervezők a fém alkatrészeket műanyagra, hiszen azok ugyanúgy megállják a helyüket.

Néha viszont elkerülhetetlen, hogy egy polimer alkatrészt egy fém alkatrésszel kelljen összekötni. Ugyan erre a problémára léteznek megoldások, ám ezeknek megvannak a maguk hátrányai. A csavarkötés újabb tervezési munkát ad a mérnököknek, növeli a termék súlyát, ki kell fizetni a csavarok árát és nem is túl esztétikus. A ragasztás mindamelllett, hogy drága, káros a környezetre és a kipárolgott oldószer ártalmas az egészségre, de még az idő is -amely alatt ez a párolgás végbe megy- veszteséget okoz a tömeggyártás során.

A dolgozatomban egy harmadik módszerrel, a mindennapi életben ritkán említett kavaráó dörzshegesztéssel foglalkozom. Ez a technika a súrlódás hőfejlesztő hatását használja fel az anyagok megolvasztásához és ezáltal az összehegesztésükhöz. A megfelelő hőmérséklet eléréséhez egy marószerszámot forgat a marással ellentétes irányban, így egy „tompá” marással jelentős súrlódást idéz elő. A módszert eredetileg fém és fém vagy polimer és polimer lemezek hegesztéséhez használták. Habár kohéziós kötés nem létesíthető, de biztató eredményeket kaptunk a polimer-fém páros egyesítésénél is. Ez az eljárás egy olcsóbb, gyorsabb és tisztább módját kínálja a polimer és fém lemezek összekapcsolásának. A kutatásom során utánajárok, hogy mi okozza a kötést létrehozó erőket és hogy hogyan lehet elérni a lehető legnagyobb szakítószilárdságot. Megvizsgálom továbbá, hogy miként kapcsolódnak a különböző polimerek az alumínium lemezekhez, valamint egyéb módosításokat is elvégzek, hogy minél erősebb kötést hozzak létre. A végső cél az, hogy akár egy ragasztással is mechanikailag versenyképes eljárás jöjjön létre.

## **PLA/TCP interferencia csavarok vizsgálata és összehasonlítása kiműtött darabokkal**

**(Examination of PLA/TCP interference screws and  
comparasion of removed ones)**

**Feketű Dániel, MSc I. évf.  
daniel.feketu@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Kiss Zoltán, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**

Az orvostechikai alkalmazások és eljárások terén egyre nagyobb szerepet kapnak polimerekből előállított eszközök. A megelőzéstől a műtétekig, az egyszer használatos fecskendőktől az implantátumokig, több és több eszköz alapanyagaként szolgálnak.

A műtétek során használt, az emberbe „beépített” biokompatibilis polimerek legnagyobb előnye, fém implantátumokkal szemben, hogy mechanikai tulajdonságaik közelebb állnak az emberi szövetekhez (pl. csontszövet). Ezáltal jobb egyenszilárdságot lehet elérni, mint fémek használata esetén. Másik nagy előnyük, hogy szükség esetén biodegradálható tulajdonságúak is lehetnek, mely által az eszközt a test szabályozott idő alatt le tudja bontani.

Egyik felhasználási lehetőségük az ún. interferencia csavarok használata elülső keresztszalag (anteriorcruciate ligament, ACL) rekonstrukcióhoz. A műtétet Hamstring technikával végzik, mely során az elszakadt szalagot pótolják az azonos lábban lévő inakkal, melyet a tibián (sípcsont) és a femuron (combcsont) keresztül fűrt furaton vezetnek a végekhez. Az ellentétes oldalakon pedig rögzítik a szalagokat felszívódó polimer csavarokkal.

A felszívódás időtartamára 2-3 évet jelölnek meg, de esetekben ez ennél több évet is igénybe vehet. Manapság látnak napvilágot olyan tanulmányok, melyek az évekkel ezelőtt elvégzett műtétek során behelyezett csavarokat vizsgálják. Bizonyos publikációk arról számolnak be, hogy a műtét után 7, vagy szélsőséges esetekben csak 10 évvel szívódnak fel teljesen a csavarok (PLLA) és alakulnak ki a helyükben csontszövetek.

Ilyen típusú PLA/TCP interferencia csavar elemzésével foglalkozom a tatai Kastélypark Klinika megbízásából. Az említett csavarok a gyártó által megadott 2-3 év alatt nem bomlottak le, az esetek 2%-ban ciszta alakult ki, gyulladás keletkezett, a páciensek panasszal fordultak az orvosukhoz. A le nem bomlott darabokat kiműtötték, melynek hatására a probléma megszűnt. Vizsgálatunk ennek a kiszámú előfordulás okára próbált választ találni.

A kiműtött darabokat kísérletek céljából rendelkezésünkre bocsátották. A TDK dolgozatomban a steril, még nem használt, valamint a kiműtött darabkák közötti különbséget vizsgálok thermoanalitikai (DSC, DMA) vizsgálatokkal, pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM) és Raman spektroszkóppal. A cél meghatározni, mely anyagrész maradt vissza a bomlás során, miért nem bomlott el teljesen és ez közrejátszhatott-e a második műtét szükségességében.

### Irodalom:

- [1] V. R. Sastri, Platics in Medical Devices, Burlington, MA: Elsevier Inc., 2010.
- [2] A. P. Sprowson, S. E. Aldridge, J. Noakes, J. W. Read és D. G. Wood, „Bio-interference screw cyst formation in anterior cruciate ligament reconstruction - 10-year follow up,” The Knee 19, pp. 644-647, 2012.



## **Pirolízis útján előállított korom hatása elasztomerek tulajdonságaira (Influence of pyrolytic carbon blacks on elastomers' properties)**

**Göbl Richárd, MSc I. évf.**  
**richard.gobl@outlook.com**

**Konzulensek: Prof. Dr. Karger-Kocsis József, egyetemi tanár, Polimertechnika Tanszék**  
**Berki Péter, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

Napjainkban évente mintegy 1,5 milliárd elhasznált gumiabroncs keletkezik világszerte [1], ezért elhelyezésük a hulladékkezelés egyik legfontosabb témakörévé vált. Az EU hulladékok lerakásáról szóló rendelete [2] megtiltja az abroncsok hulladéklerakóba helyezését, ezért ma már 100%-ban újra kell hasznosítani. A gumiabroncs nagy részét kitevő gumi fázis jelenleg főként energetikai célra hasznosul, de környezetvédelmi szempontok alapján kedvezőbb az anyagában újrahasznosítás. A problémára megoldást nyújthat a pirolízis alkalmazása. Az eljárást ipari méretekben még nem alkalmazzák, de jelentős kutatás folyik a témában. Pirolízis során a gumi oxigéntől elzárt térben hevítve termikusan bomlik, magas energiataralmú gázokat és olajokat valamint kormot alkotva [3]. Az így kapott olajok és gázok üzemanyagként értékesíthetők, a korom pedig kiegészítheti vagy akár helyettesítheti is a kereskedelemben kapható kormokat gumitermékek előállításánál.

Dolgozatom célja megvizsgálni, hogyan változnak a gumi mechanikai tulajdonságai standard és pirolízis útján előállított kormok, valamint ezek keverékeinek alkalmazása hatására. A vizsgálataim főként a klasszikus statikus mechanikai tesztekre korlátozódnak ugyan, de kísérlet tesztek mellett a dinamikus és ismétlődő igénybevételekre adott válaszok feltárására is, valamint a töltött elasztomerekre jellemző terhelés alatti lágyulás (Mullins-hatás) alakulását is vizsgálom.

### Irodalom:

- [1] Dr. Sinka G.: Elhasznált gumiabroncsok hasznosítása I., Műanyag és Gumi, vol. 6, 237-239, 2013
- [2] The Council of the European Union: Council Directive 1999/31/EC, Official Journal of the European Communities, vol. 42, L182/1-19, 1999
- [3] Martínez, J. D. et al.: Waste tyre pyrolysis – A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 23, 179-213, 2013