

Tamás Péter  
BME Polimertechnika Tanszék  
szigorló gépészmérnök hallgató

## **Mágneses tulajdonságú polimerek fejlesztése és tulajdonságainak elemzése**

*Tárgyszavak: mágnesesség; ritkaföldfém mágnes; polimer; poliészter gyanta; töltött rendszer; tulajdonságok vizsgálata.*

### **Bevezetés**

Fejlődő társadalmunk újabb és újabb anyagokat igényel. A különleges polimerek alkalmazásával olyan tulajdonságok érhetőek el, melyek más anyagokkal nem lehetségesek. A különleges polimerek pl. lehetnek önjavítóak [1], önerősítők [2], biodegradábilisak [3] és alakemlékezőek [4] is.

A kutatásom célja egy mágneses tulajdonságú különleges polimer fejlesztése és tulajdonságainak elemzése volt.

### **Töltött mágneses polimerek előállítása**

A napjainkban használatos mágnesek anyagukat tekintve lehetnek fém, kerámia és polimer mágnesek [5]. Kutatásom során por alakú vas - bór - neodímium (FeBNd) ritkaföldfém mágnes adta a mágneses fázist (átlagos szemcseméret 100,71  $\mu\text{m}$ ), a polimer anyag hőre keményedő telítetlen poliészter gyanta (Novia forgalmazású VIAPAL UP 223 BS/65) volt. FeBNd típusú mágnesek kifejezett előnye, hogy kis méretben és alacsony tömeg mellett is nagyon megbízhatóak, valamint a mágneses tulajdonságaik is kiválóak. A

vizsgálatokhoz különböző mágnestartalmú mintákat készítettem, 10, 20, 30, 50 %(m/m) koncentrációval. A mechanikai vizsgálathoz szükséges próbatesteket szilikon szerszámban készítettem el öntéssel. A mágnesport mechanikus keveréssel oszlattam el a gyantában. A mágneses tulajdonságok vizsgálatokhoz rúd alakú próbatesteket készítettem, amelyek átmérője 3 mm, hossza 6 mm volt. A szükséges alapanyag mennyiségeket a mechanikai vizsgálatokhoz szükséges próbatestek mérete alapján számítottam ki az egyszerű keverékszabály segítségével.

### **Mágneses tulajdonságok vizsgálata**

A mágneses tulajdonságok mérését a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszéken kifejlesztett és megépített rezgőmintás magnetométerrel hajtottam végre. A berendezés különlegessége – a hagyományos ún. Foner-féle készülékkel szemben – az, hogy a minta a mágneses tér erővonalaival párhuzamosan rezeg. A kialakítás előnyei a nagyobb érzékenység, gyorsabb mintacsere és pozícionálás, egyszerűbb detektortekercs elrendezés, valamint az alacsonyabb teljesítményfelvétel [6].

A mérés kezdetén kalibráltam a mérőberendezést. A kalibráláshoz egy 367 g tömegű, 54,9 emu/g telítési mágnesezettségű nikkelt használtam. A referencia jel 600 mV nagyságú feszültség, a kalibrációs tényező 0,04108. A mérés előtt analitikai mérleggel meghatároztam az egyes minták tömegét, ami a kapott értékek összehasonlíthatósága miatt volt szükséges. A mérés során rögzítettem az egyes anyagok felmágnesezési görbéit, majd a görbék kiértékeléséből meghatároztam a vizsgált anyagok telítési mágnesezettségét. A mérés során kapott teljes felmágnesezési görbék (hiszterézis

görbék) egy ferro- és egy paramágneses görbe összegéből állnak, így a kiértékelés megkönnyítése végett csak a görbék első szakaszát vizsgáltam. A ferromágneses görbére illesztett érintő a telítési mágnesezettségnél ( $M_s$ ) metszi a függőleges tengelyt.

Anyag	Telítési mágnesezettség [emu/g]
UPM10	1,2
UPM20	2,1
UPM30	2,9
UPM50	14,9
FeBNd	N.T.

1. táblázat A vizsgált anyagok telítési mágnesezettsége (N.T. nem telíthető jelen mérés paraméterei mellett)

Az 1. ábra egy a mérés során kapott jellemző telítési görbe első ágát mutatja, a számított telítési mágnesezettségeket az 1. táblázat adja meg. A minták jelöléseiben az UP a poliészter gyantára, az M a mágneses anyagra, a betűk után álló szám pedig a mágneses anyag tömegegységre vonatkoztatott arányára [% (m/m)] utal. A görbék első szakasza a ferromágneses, az ezt követő lineáris szakasz a paramágneses rész. A görbék és a kapott értékek azt mutatják, hogy a mágneses anyag tartalmának növekedésével arányosan növekszik a telítési mágnesezettség, azonban ezek az értékek még mindig elég csekélyek. Az 50 % (m/m) mágneses anyag tartalmú minták esetében a telítési mágnesezettség már nem a lineáris trendnek megfelelően növekszik, értéke többszöröse az előző minták értékeinek. A 10, 20, 30 % (m/m) arányban töltött anyagok csekély mágneses tulajdonságainak magyarázata, hogy az egyes mágneses részecskék önmagukban rendelkeznek északi és déli pólusokkal, ezért az egymás mellett lévő részecskék mágneses terei kioltják

egymást. A vizsgálatok alapján kijelenthető, hogy 50 %(m/m) töltöttség esetén a mágneses részecskék már egybefüggő réteget alkotnak, ami meggátolja, hogy önmagukban dipólusokkal rendelkezzenek, ehelyett a réteg rendelkezik északi és déli pólussal.

### **Mechanikai tulajdonságok vizsgálata**

A mechanikai tulajdonságok meghatározásához húzó, ütve-hajlító és hárompontos hajlító vizsgálatokat végeztem. Minden egyes anyagnál öt mintát vizsgáltam és ezek átlagából határoztam meg a jellemző értékeket. A kapott eredményeket és szórásukat oszlopdigramban ábrázoltam.

A húzóvizsgálatokat az MSZ EN ISO 527 szabvány alapján, Zwick Z020 típusú terhelőgépen végeztem. A 150 mm hosszú és 20 mm széles, piskóta alakú próbatestek szakításakor felvett erő-elmozdulás görbéiből szakítószilárdságot ( $\sigma_m$ ), húzó rugalmassági modulust ( $E_m$ ) számoltam, 110 mm befogási hossz és 2 mm/min terhelési sebesség mellett. A méréseket szobahőmérsékleten 48% relatív páratartalom mellett végeztem. A diagramok (2. ábra) jól szemléltetik, hogy a töltetlen poliészter gyanta szakítószilárdsága meghaladja az összes minta szakítószilárdságát, ami várható volt, ugyanis a töltés a polimerek esetében rontja a mechanikai tulajdonságokat, csak a méretstabilitásra (zsugorodásra) és a hőállóságra gyakorol pozitív hatást. Megfigyelhető az is, hogy a 20 %(m/m) mágnesport tartalmazó minták szakítószilárdsága a legkisebb az összes minta közül. Az adatok alapján a 30 %(m/m) mágnesport tartalmazó minták merevsége a legnagyobb. Leolvasható a diagramról, hogy a 20 %(m/m) töltőanyagot tartalmazó minták modulusa a legkisebb, jóval alacsonyabb, mint a töltetlen poliészter gyantáé. A kapott értékek szórása nagy.

A hárompontos hajlító vizsgálatokat az MSZ EN ISO 14125 szabvány ajánlásai szerint Zwick Z020 típusú terhelőgépen végeztem. A mérésekhez alkalmazott próbatestek 70 mm hosszúak és 10 mm szélesek, az alátámasztási távolság 64 mm, a terhelési sebesség pedig 2 mm/min volt. Az erő-lehajlás görbékből hajlítoszilárdságot ( $\sigma_f$ ) és rugalmassági modulust ( $E_f$ ) számoltam. A méréseket szobahőmérsékleten 48% relatív páratartalom mellett végeztem. A vizsgálat során a próbatesteket egy bizonyos határlehajlás értékig (6,4 mm) terheltem. A kapott eredményeket oszlopdiagramban (3. ábra) ábrázoltam. A vizsgált anyagok közül a 10 %(m/m) töltőanyagot tartalmazó minta hajlítoszilárdsága mutatta a legmagasabb értéket. A hajlítoszilárdság a töltőanyag-tartalom növekedésével a 30 %(m/m) mágnеспort tartalmazó mintáig egyre csökkent. A tiszta gyanta hajlítoszilárdsága a 10 %(m/m) töltöttségű minta hajlítoszilárdságához hasonló mértékű. A hajlítómodulusnál is megfigyelhető ugyanaz a trend, ami a hajlítoszilárdság esetében, azonban a mátrixanyag modulusa már jóval kisebb, mint a 10 %(m/m) töltőanyag-tartalmúé. Az UPM10 jelű minta nagyon rideg és törékeny viselkedést mutatott.

A Charpy-féle ütve-hajlító méréseket *Resil Impactor Junior* típusú (CEAST) ingás ütőművön végeztem, amely hárompontos dinamikus hajlításnak felel meg. A vizsgálatoknál 15 J energiájú kalapácsot alkalmaztam, 3,3 m/s sebességgel. A méréseket szobahőmérsékleten 48% relatív páratartalom mellett végeztem. A mérési eredményekből fajlagos törési energiát számítottam és ennek értékét diagramban ábrázoltam (4. ábra). A mért értékek az mutatják, hogy a töltött minták közül a 20 %(m/m) mágnеспort tartalmazó minták fajlagos törési energiája a legnagyobb. A poliészter gyanta fajlagos törési energiája a legmagasabb az összes minta közül, ami azt jelenti, hogy a töltőanyag hatására az anyag ridegebbé válik. Ez a

jelenség nincs teljesen korrelációban a töltőanyag-tartalom növekedésével.

A mechanikai vizsgálatok során kapott eredmények nem a vártak megfelelően alakultak. A szakítószilárdságnak a töltőanyag-tartalom növekedésével csökkennie kellene, a rugalmassági modulusnak pedig növekednie, ennek ellenére nem figyelhető meg arányos változás.

### **Mikroszerkezet vizsgálata**

A mechanikai vizsgálatokhoz készített próbatestek törésfelületét JSM6380LA típusú (JEOL gyártmány) pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM) vizsgáltam. Az 5. ábra felvételeiről látható, hogy a mágneses anyag lemezes szerkezetű, valamint a határfelületi adhézió minősége megfelelő, azonban a lemezes szemcsék sima felülete miatt könnyebben kihúzódhat a mátrixanyagból.

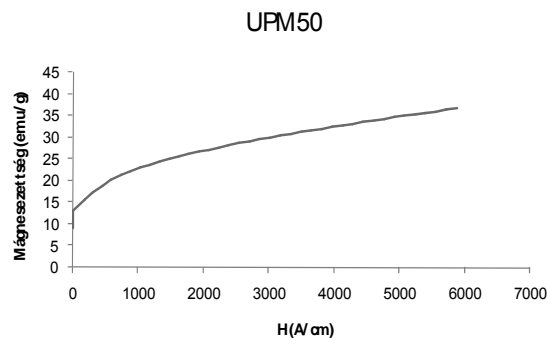
### **Összefoglalás**

Kutatásom célja mágneses tulajdonságú polimerek fejlesztése és tulajdonságaik vizsgálata volt.

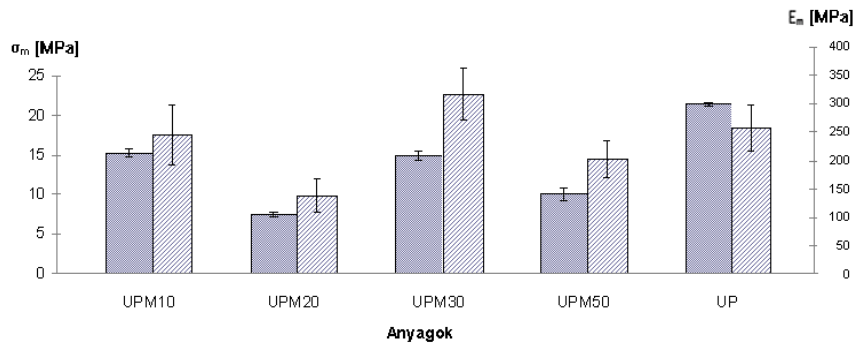
A rezgőmintás magnetométerrel végzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a 10, 20, 30 %(m/m) arányban töltött anyagok csekély mágneses tulajdonságokkal bírnak, ami azzal magyarázható, hogy az egyes mágneses részecskék önmagukban rendelkeznek északi és déli pólusokkal, ezért az egymás mellett lévő részecskék mágneses terei kioltják egymást. A vizsgálatok alapján kijelenthető, hogy 50 %(m/m) töltöttségnél a mágneses részecskék már egybefüggő réteget alkotnak, ami meggátolja, hogy önmagukban dipólusokkal rendelkezzenek, ehelyett a réteg rendelkezik északi és déli pólussal.

A mechanikai tulajdonságok vizsgálata alapján a szakítószilárdság és a rugalmassági modulus változása nincs összhangban a töltőanyag-tartalom növekedésével és a rugalmassági modulus értékeiben nagy szórás tapasztalható. A hajlítósilárdság és a hajlítómodulus értékei követik a húzóvizsgálat eredményeinél tapasztalt trendet: a minták a töltőanyag-tartalom növekedésével nem váltak rideggé. A kapott ellentmondásos eredményeknek több oka lehet. Az egyik, hogy a próbatestek szilikon szerszámban készültek függőleges öntéssel. Elképzelhető, hogy a mágneses részecskék – nagyobb fajtömegüknél fogva – lesüllyedtek, így az eloszlásuk inhomogén lett. A másik ok az, hogy a mágneses részecskék egyes próbatestek elkészítése során nem voltak teljesen lemágnesezve, ezáltal a polimerben összeállva nem töltőanyagként, hanem erősítőszálként viselkedtek. A mérési eredmények pontosításához újabb mérések, ehhez pedig újabb próbatestek szükségesek, melyek előállítása folyamatban van.

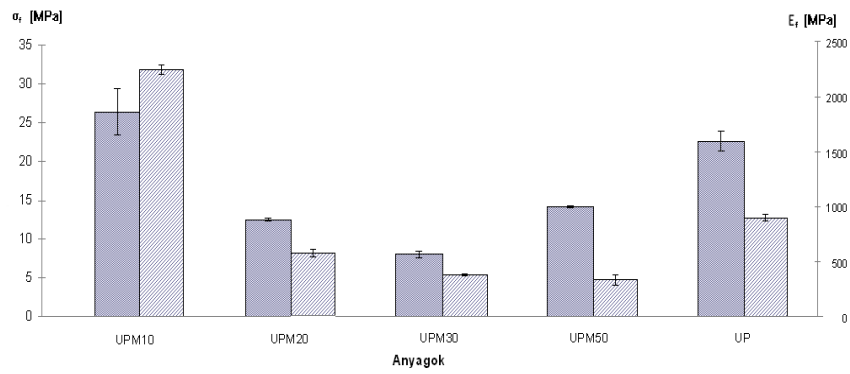
A vizsgálatok alapján kijelenthető, hogy a mágneses polimerek alkalmazásának nagyon szerteágazó lehetőségei vannak, azonban még sok vizsgálatra, kutatásra, van szükség a kifogástalan és megbízható működés eléréséhez.



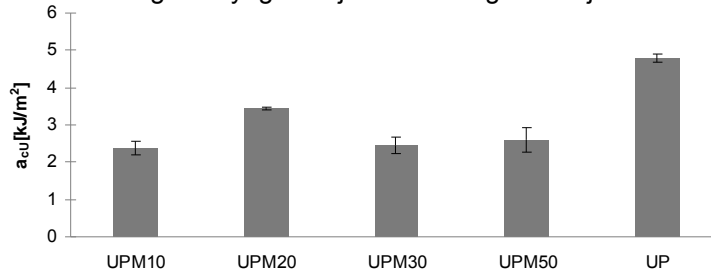
1. ábra Az 50%(m/m) mágnesport tartalmazó minta hiszterézis görbéjének kezdő szakasza



2. ábra A vizsgált anyagok szakítószilárdsága és rugalmassági modulusa

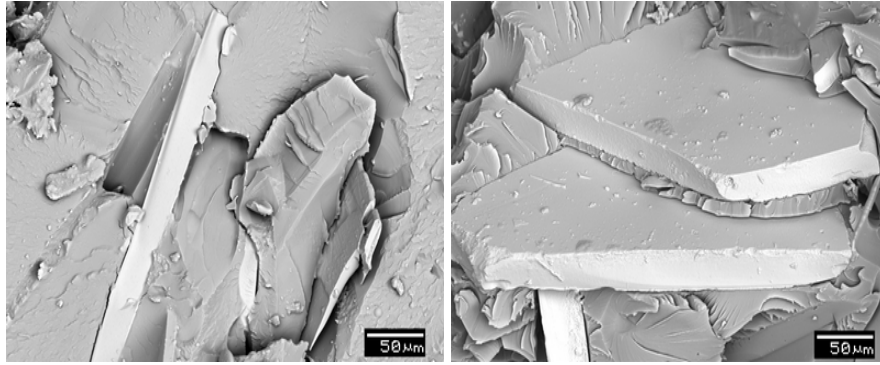


3. ábra A vizsgált anyagok hajítószilárdsága és hajító modulusa



4. ábra A vizsgált minták fajlagos törési energiái





5. ábra Az 50 %(m/m) mágnesport tartalmazó roncsolt próbatestek törésfelületéről készült SEM felvételek

### Hivatkozások

- [1] Yuan Y.C., Yin T., Rong M.Z., Zhang M.Q.: Self healing in polymers and polymer composites. Concepts, realization and outlook: A review. = *Express Polymer Letters*, 2. k. 2008. p. 238-250.
- [2] Bárány T., Karger-Kocsis J., Czigány T.: Development and characterization of self-reinforced polypropylene composites: carded mat reinforcement. = *Polymers for Advanced Technologies*, 17. k. 2006. p. 818-824.
- [3] Romhány G., Karger-Kocsis J., Czigány T.: Tensile fracture and failure behavior of thermoplastic starch with unidirectional and cross-ply flax fiber reinforcements. = *Macromolecular Materials and Engineering*, 288 k. 2003. p. 699-707.
- [4] Kolesov I. S., Radusch H.-J.: Multiple shape-memory behavior and thermal-mechanical properties of peroxide cross-linked blends of linear and short-chain branched polyethylenes. = *Express Polymer Letters*, 2. k. 2008. p. 461-473.
- [5] Bánhegyiné Dr. Tóth Á.: Félvezető és mágneses polimerek és kompozitok = *Műszaki információ. Műanyagok alkalmazása*, 11. k. 2002. p.
- [6] Mészáros I.: Development of a novel vibrating sample magnetometer. = *Materials Science Forum*, 537-538 k. 2007. p. 413-417.