

Fröccsöntési paraméterek hatása a hosszú cellulóz szállal erősített politejsav kompozitokra

EFFECT OF INJECTION MOLDING PARAMETERS ON LONG CELLULOSE FIBRE REINFORCED POLY(LACTIC ACID) COMPOSITES

HAJBA Sándor^{1,*}, Dr. TÁBI Tamás^{1,2}, Dr. BAKONYI Péter¹

¹ Polimerteknika Tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
H-1111 Budapest, Műgyetem rkp. 3.

² MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, H-1111 Budapest,
Műgyetem rkp. 3. *hajba@pt.bme.hu

ABSTRACT

In our work, long cellulose fibre reinforced poly (lactic acid) composites were prepared by extrusion and injection molding with fibre content of 15 and 30 wt%. The effect of injection molding parameters were investigated. We found that the higher injection temperature and lower injection speed had positive effect on the tensile and mechanical properties. In the case of 30 wt% composites the distribution of the fibre were not adequate, which results in a little drop in tensile strength.

ÖSSZEFOGLALÓ

Munkánk során 15 és 30 m%-os cellulóz erősítésű politejsav kompozitokat állítottunk elő hosszúszálas fröccsöntéssel. Vizsgáltuk a fröccsöntési paraméterek hatását a kompozitok tulajdonságaira. Megállapítottuk, hogy a nagyobb ömledék-hőmérséklet, illetve a kisebb fröccsöntési sebesség pozitív hatással van a kompozitok tulajdonságaira, illetve, hogy a nagyobb 30 m%-os esetben a szálak nehezebb eloszlása kis-mértékű húzószilárdság csökkenést okozott.

Kulcsszavak: politejsav, cellulóz, biokompozitok, fröccsöntés

1. BEVEZETÉS

Napjainkban a csökkenő kőolajárak ellenére a bioműanyagok fejlesztése és mennyiségi növekedése töretlen. Egyre több fejlesztés középpontjában áll valamilyen biopolimer. Becslések szerint a kőolajkészletek közel 40 évig még elegendők, de a tartalékok fogyásával az árának emelkedése is várható. Habár a világ műanyagipara a kitermelt kőolaj 5-6%-át használja fel, fontos alternatív lehetőségeket kutatni az egyes kőolaj alapú polimerek kiváltására. További probléma a műanyag hulladékok mennyisége és kezelése is, a hagyományos polimerek nem vagy csak hosszú idő alatt bomlanak le, ezáltal nagymértékben terhelik a környezetet. A szigorodó előírások mellett erre a problémára jelenthet egy megoldást a megújuló erőforrásból előállítható, egyben biológiai úton lebontható polimerek, más néven biopolimerek csoportja, amelyek élelciklusuk végén megfelelő környezetben humuszra, vízre és szén-dioxidra bomlanak. A biopolimerek szélesebb körben történő elterjedésének gátat szab, hogy egyes típusaiknak jellemzői még elmaradnak a hagyományos polimerekhez képest, vagy ha el is éri azt, akkor magas árak miatt kerülnek hátrányba. A biopolimerek egyik kiemelkedő képviselője a politejsav (PLA) amely leginkább a polietilén-tereftaláthoz (PET) és polisztirolhoz (PS) hasonlítható. Nagy szilárdsága (60 MPa) és merevsége (3-4 GPa) kiemeli biopolimer társai közül, ennek ellenére legelterjedtebb alkalmazási területe a csomagolóipar [1-4]. A kompozit készítése egy lehetséges mód, hogy a PLA műszaki alkalmazásokban is szerepet kapjon. Ha mindezt cellulóz alapú szálak segítségével tesszük, akkor a kompozit teljes egészében megőrzi a politejsav biológiailag lebontható jellegét [5-10]. A hőre lágyuló kompozitok egyik leggyakoribb gyártástechnológiája a fröccsöntés. Munkánk során vizsgáltuk a különféle technológiai beállítások hatását a hosszú cellulóz szállal erősített politejsav kompozitok esetében.

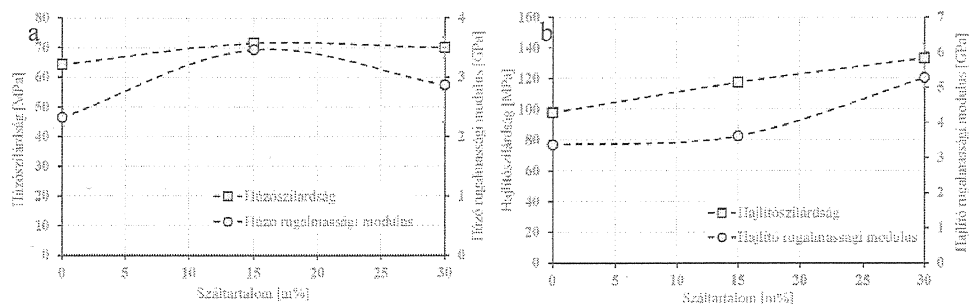
2. FELHASZNÁLT ANYAGOK, VIZSGÁLATOK

Munkánk során mátrixanyagként PLA 3052D (NatureWorks) típusú politejsavat, erősítőanyagként pedig VISCORD Bohemia Super 2 (Glanzstoff Bohemia) típusú cellulózszálat alkalmaztunk. Extrúziós bevonatolással előállítottuk a hosszúszálas kompozit előgyártmányt, amelyet 10 mm-re daraboltunk, majd fröccsöntéssel 15 és 30 m% száltartalmú kompozit próbatesteket gyártottunk a vizsgálatokhoz. A referencia

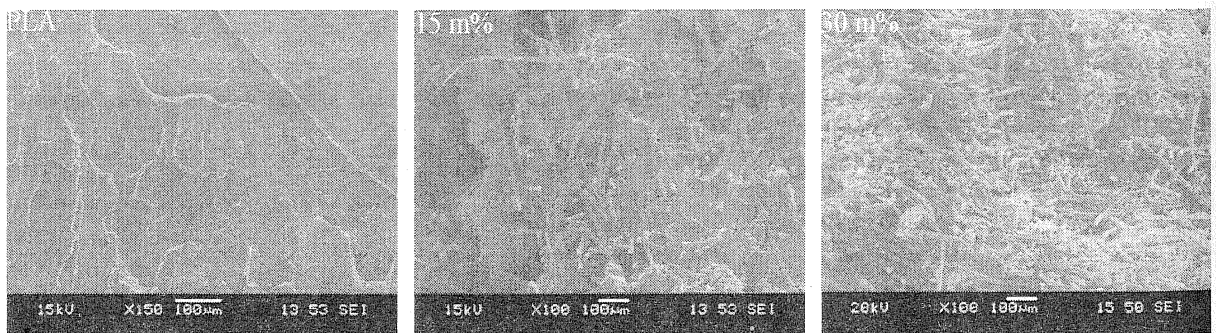
fröccsöntési paraméterek: 190°C-os ömledék-hőmérséklet, 50 cm³/s-os fröccsöntési sebesség, 600 bar utónyomás, 40 s hűtési idő 15 m/perc csigafordulat, 30 bar torlónyomás és 25°C-os szerszámhőmérséklet volt. A próbatesteken szakító-, hajlító-, Charpy-, és elektronmikroszkópos vizsgálatokat hajtottunk végre. A vizsgálatokhoz 10 mm széles és 4 mm vastag fröccsöntött próbatesteket használtunk. A befogási hossz 115 mm a vizsgálati sebesség 5 mm/perc volt. A hajlítóvizsgálatok esetén szintén 10 mm széles és 4 mm vastag próbatesteket alkalmaztunk 64 mm-es alátámasztási távolság és 5 mm/perc vizsgálati sebesség mellett. A Charpy ütőszilárdsági vizsgálatokhoz 80 mm hosszú 10 mm széles 4 mm vastag, a közepén 2 mm mély V-alakú bemetszést tartalmazó próbatesteket készítettünk. A méréshez 2 J-os kalapácsot használtunk 150°-os helyzetből indítva.

3. EREDMÉNYEK

A hosszúszálas fröccsöntött PLA/cellulóz kompozitokon első körben szakító-, hajlító-, és Charpy ütvehajlító vizsgálatokat végeztük. A kompozitok átlagos száltartalma 15 és 30 m% volt, így a megállapítható, hogy már kis száltartalom (~15 m%) esetén is javulást sikerült elérnem a szilárdsági és ütőszilárdsági jellemzőkben cellulózsálak alkalmazásával. A cellulózsál alkalmazása szakítószilárdságot és modulust csak kis mértékben, ellenben a hajlítószilárdságot 100 MPa-ról 130 MPa-ra a modulust pedig 3,5 GPa-ról 5,5 GPa-ra növelte (1. ábra). A nagyobb száltartalomnál a húzó rugalmassági modulusban tapasztalható csökkenés a szálak nem megfelelő eloszlása miatt csökkent (2. ábra).

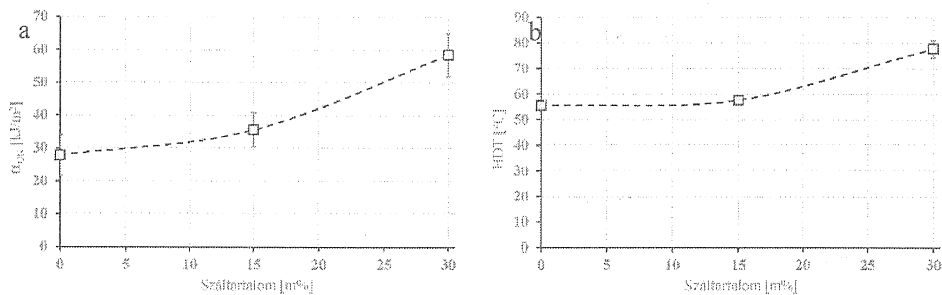


1. ábra. PLA/cellulóz kompozitok a) húzó, b) hajlítási jellemzői



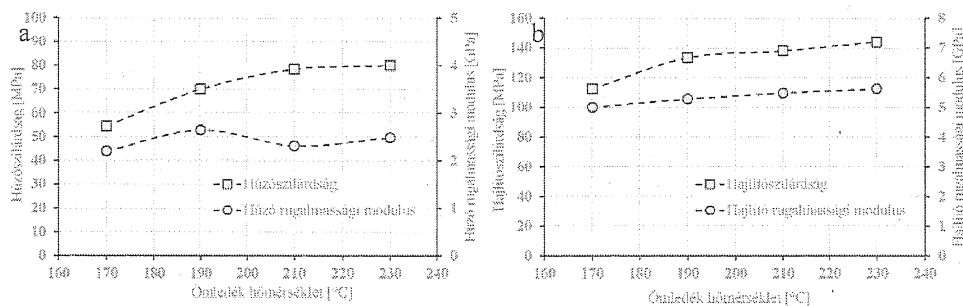
2. ábra. PLA és PLA/cellulóz kompozitok töretfelülete

A cellulóz alkalmazása pozitív hatással volt mind a Charpy ütőszilárdságra, mind a hőalaktartásra. Mindkét tulajdonság esetében a 15 m%-ig közel azonos érték jellemző a PLA-ra és a kompozitra, amíg a 30 m% szál tartalmú esetben a kompozit szívóssága és hőalaktartása is nő. A Charpy ütőszilárdság a duplájára, a hőalaktartás pedig 25°C-kal nőtt (3. ábra).



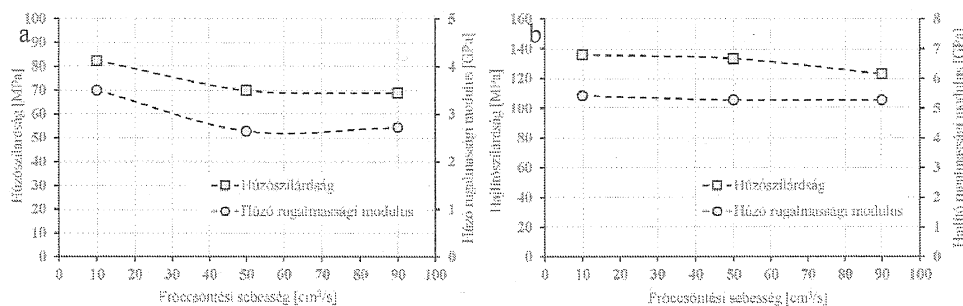
3. ábra. PLA/cellulóz kompozitok a) Charpy ütőszilárdsága b) hőalaktartási hőmérséklete (HDT)

A kompozitok esetében vizsgáltam a fröccsöntési paraméterek (ömledékhőmérséklet, fröccsöntési sebesség, torlónyomás, csigafordulatszám, kiindulási granulátum hossz) hatását a kompozitok tulajdonságaira. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az ömledék-hőmérséklet növelése (4. ábra), illetve a fröccsöntési sebesség (5. ábra) valamint a kiindulási granulátumhossz csökkentése (6. ábra) esetén a szilárdsági jellemzők értéke nőtt, viszont a Charpy ütőszilárdságot nem befolyásolta. Az ömledék hőmérséklet 170°C-ról 230°C-ra történő változtatásával mind a szakító- és hajlítószilárdság esetében közel 30 MPa növekedést lehet elérni. A modulus értékeire a beállítás kevésbé van hatással.



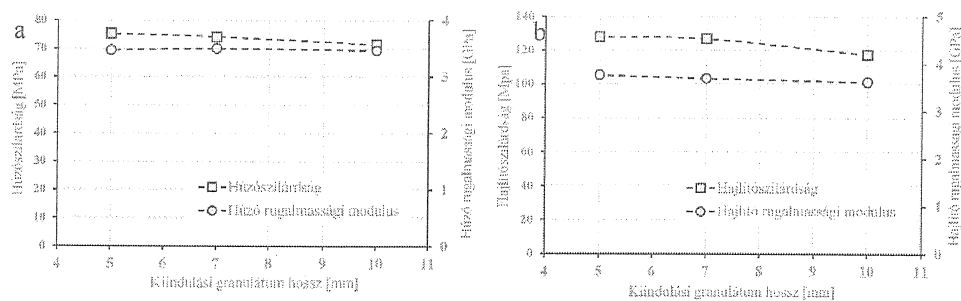
4. ábra. Az ömledék-hőmérséklet hatása a) a húzó- és b) a hajlítószilárdságra, illetve moduluszra

A fröccsöntési sebesség csökkentése is pozitív hatással van a kompozit szilárdsági jellemzőire, feltételezhetően csökken a szálltöredeződés. A fröccsöntési sebesség 10 cm³/s-ra csökkentésével a szilárdsági értékek tekintetében közel 15 MPa növekedés érhető el.



5. ábra. Fröccsöntési sebesség hatása a) a húzó- és b) hajlítószilárdságra, illetve moduluszra

A hosszúszálas granulátum kiindulási hossza a várakozásokkal ellentétesen befolyásolta a kompozit jellemzőit. Ha kis értékben is (kb 10 MPa) de a rövidebb 5 mm-es granulátumból fröccsöntött kompozitok szakító- és hajlítószilárdsága jobb, mint a 10 mm-es granulátumból fröccsöntötté. A jelenségre magyarázat lehet, hogy a cellulózsál hajlékonyságának következtében a szálltöredeződés hatása kisebb, ezért a 10 mm kiindulási hosszából fröccsöntött kompozitoknál a hosszabb szálakat nehezebb megfelelően elosztatni.



6. ábra. A kiindulási granulátum hosszának hatása a) a húzó- és b) hajlítási szilárdságra, illetve modulusra

4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk a Bolyai János Kutatási ösztöndíj támogatásával készült. A szerzők köszönetüket fejezik ki az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA K105257 és K112644) anyagi támogatásáért. A kiadvány a Magyar Tudományos Akadémia Magyarország-Mexikó és Magyarország-Olaszország kétoldalú mobilitás pályázatának keretein belül készült. A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az Új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

5. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Garlotta D.: A Literature review of poly(lactic acid). *Journal of Polymers and the Environment*, 9, 63-84 (2001).
- [2] Lim L-T., Auras R., Rubino M.: Processing technologies for poly(lactic acid). *Progress in Polymer Science*, 33, 820-852 (2008).
- [3] Rasal R. M., Janorkar A. V., Hirt D. E.: Poly(lactic acid) modifications. *Progress in Polymer Science*, 35, 338-356 (2010).
- [4] Carrasco F., Pages P., Gámez-Pérez J., Santana O. O., Maspocho M. L.: Processing of poly(lactic acid): Characterization of chemical structure, thermal stability and mechanical properties. *Polymer Degradation and Stability*, 96, 116-125 (2010).
- [5] Bismarck A., Mishra S., Lampke T.: Plant Fibers as Reinforcement for green composites in 'Natural fibers, biopolymers, and biocomposites' (eds.: Mohanty A. K., Misra M., Drzal L. T.), Taylor and Francis Group Boca Raton (2005).
- [6] Ho M., Wang H., Lee J. H., Ho C., Lau K., Leng J., Hui D.: Critical factors on manufacturing process of natural fiber composites. *Composites: Part B*, 43, 3549-3562 (2012).
- [7] Graupner N., Herrmann A. S., Müssig J.: Natural man-made cellulose fibre-reinforced poly(lactic acid) (PLA) composites: An overview about mechanical characteristic and application areas. *Composites: Part A*, 40, 810-821 (2009).
- [8] Kowalczyk M., Piorkowska E., Kulpinski P., Pracella M.: Mechanical and thermal properties of PLA composites with cellulose nanofibers and standard size fibers. *Composites: Part A*, 42, 1509-1514 (2011).
- [9] Jonoobi M., Harun J., Mathew A. P., Oksman K.: Mechanical properties of cellulose nanofiber (CNF) reinforced polylactic acid (PLA) prepared by twin screw extrusion. *Composites Science and Technology*, 70, 1742-1747 (2010).
- [10] Hajba S., Czigány T., Tábi T.: Development of cellulose-reinforced Poly(Lactic Acid) (PLA) for engineering applications. *Materials Science Forum*, 812, 59-64 (2015).