

Fröccsöntött politejsav biopolimer sorozatgyárthatóságának elemzése

Analysis of series production of injection molded polylactic acid biopolymer

Dr. TÁBI Tamás^{1,2*}

¹ Polimertechnika Tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.,

² MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, H-1111 Budapest,
Műegyetem rkp. 3. *tabi@pt.bme.hu

Abstract

During injection molding series production, during the separation of Poly Lactic Acid (PLA) biopolymer products from the injection molding tool (ejection process), they increasingly tend to be stuck into the mold, which process can increase until the ejection pins can even break it. In my work, I qualified this process and investigated the additives that can be used to achieve continuous series production of injection molded PLA products.

Keywords: biopolymer, injection molding, poly(lactic acid) (PLA), mold release, ejection process

Kivonat

Fröccsöntési sorozatgyártás során, a Politejsav (PLA - Poly Lactic Acid) biopolimer termékek fröccsöntő szerszámból való leválasztása (kidobási folyamat) közben hajlamosak egyre inkább befeszülni az alakadó szerszámba, amely folyamat addig fokozódhat, hogy a kidobócsapok akár el is törhetik azt. Munkámban minősítettem ezt a befeszülési folyamatot és azt vizsgáltam, hogy milyen adalékanyagokkal lehet a fröccsöntött PLA termékek folyamatos sorozatgyártását megvalósítani.

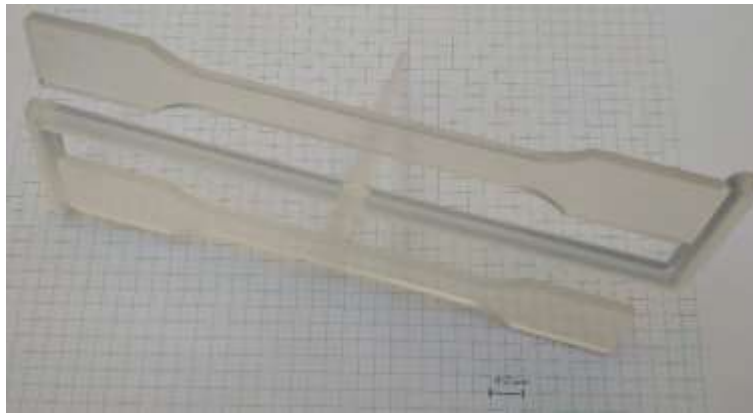
Kulcsszavak: biopolimer, fröccsöntés, politejsav (PLA), formaleválasztás, kidobási folyamat

1. BEVEZETÉS

Napjainkban a biopolimereket egyre nagyobb előszeretettel alkalmazzák a műanyagiparban a műanyagok helyettesítésére [1]. Amíg a műanyagokat kőolajszármazékokból állítják elő és nem képesek biológiai úton történő lebomlása, addig a biopolimereket megújuló erőforrásból létre lehet hozni és a belőlük gyártott termékek életútjuk végén megfelelő körülmények között (pl. komposzt) biológiai úton lebonthatóak [2]. Mivel a lebomlás során széndioxid, humusz és víz keletkezik, így a biopolimerek használata beilleszthető a természet körforgásába, tekintve hogy a komposztáláskor nyert humusz táptalajt jelent a növényeknek, amelyek pedig megkötik a levegő széndioxid tartalmát [3]. A biopolimerek közül a leginkább ígéretes a Politejsav (PLA - Poly Lactic Acid), amely egy lineáris, alifás, hőre lágyuló poliészter [4], és mint ilyen, feldolgozható hagyományos műanyagipari technológiákkal, mint a széles körben alkalmazott fröccsöntés [5-7]. Megfigyelhető ugyanakkor, hogy a fröccsöntés során, a PLA termékek fröccsöntő szerszámból való leválasztása (kidobási folyamat [8, 9]) közben hajlamosak befeszülni az alakadó szerszámba, amely addig fokozódhat, hogy a kidobócsapok akár el is törhetik azt. Munkámban minősítettem ezt a befeszülési folyamatot és azt vizsgáltam, hogy milyen adalékanyagokkal lehet a fröccsöntött PLA termékek folyamatos sorozatgyártását megvalósítani.

2. FELHASZNÁLT ANYAGOK, VIZSGÁLATOK

Munkánk során 3100HP (NatureWorks) típusú PLA biopolimert alkalmaztunk, amelyet előzetesen 80°C-on, 4 óráig szárítottunk. A granulátumhoz Labtech LTE 26-44 kétcsigás extrúder segítségével (L/D=44) 1, 2, 3 m%-ban Kalcium-sztearátot (Ca-ST) adtunk, ami a műanyagiparban széles körben alkalmazott csúsztatószer. Az extrúzió során 20 1/perc fordulatszámot, 190-185-180-175-170°C-os extrúder hengerhőmérsékletet alkalmaztunk. A kész extrudátumot 3 mm-es darabokra granuláltuk, majd ismételen szárítottuk a fröccsöntés előtt 80°C-on 4 órán át. A fröccsöntés során ISO 527-2/1A szabvány szerinti, 4 mm vastag szakító-próbatesteket gyártottunk (1. ábra).



1. ábra Fröccsöntött PLA szakítópróbatestek a beömlőkúppal és elosztórendszerrel együtt

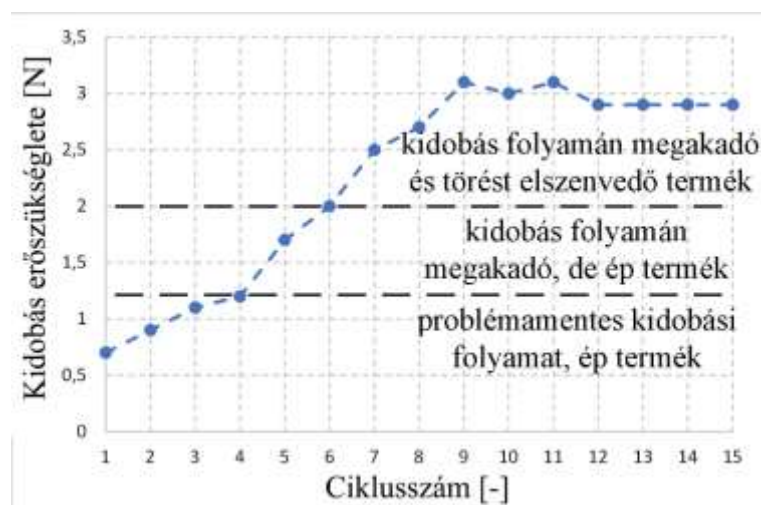
Azért esett a választás egy ilyen termékre, mivel a 4 mm vastagság és a szerszámüreg oldalferdeségének hiánya miatt nagy a termék befeszülésének esélye a kidobási folyamat alatt, így jól minősíthető a PLA termékek befeszülésének hajlama és a Ca-ST adalékanyag kidobási folyamatra gyakorolt hatása. A befeszülési hajlam vizsgálatára, minősítésére az alábbi módszert dolgoztuk ki:

- A szerszámüreg formaleválasztó spray-vel való befújása a sorozatgyártást megelőzően,
- Folyamatos fröccsöntési gyártás elindítása,
 - Minden ciklusban nyomon követni a terméket a formaüregből letoló kidobócsapok mozgásához szükséges erőértéket,
 - Minden ciklusban minősíteni a kidobás jellegét (problémamentes kidobás / kidobás folyamán megakadó, de ép termék / kidobás folyamán megakadó és törést elszenvedő termék).

A fröccsöntés során egy Arburg Allrounder Advance 270S 400-170 típusú fröccsöntőgépet használtunk (csigaátmérő 30 mm). 25°C-os szerszámhőmérsékletet, 190-185-180-175-170°C-os hengerhőmérsékletet, 50 cm³/s befecskentési sebességet, 600 bar utónyomást, 20 s utónyomási időt, 15 m/perc csiga kerületi sebességet, 30 bar torlónyomást és 30 mm/s kidobócsap sebességet alkalmaztunk. A kidobási folyamat megfigyelésére Keyence VW-9000 típusú nagysebességű kamerát használtunk.

3. EREDMÉNYEK

Kutatásunk első lépéseként a PLA próbatestek folyamatos fröccsöntésekor megfigyeltük, hogy a kidobáshoz szükséges erőérték folyamatosan, ciklusról ciklusra nőtt, aminek magyarázata a kezdeti formaleválasztó spray fogyása a szerszámüreg felületéről (2. ábra).



2. ábra PLA próbatest fröccsöntésekor mért kidobási erőszükséglet a ciklusszám függvényében

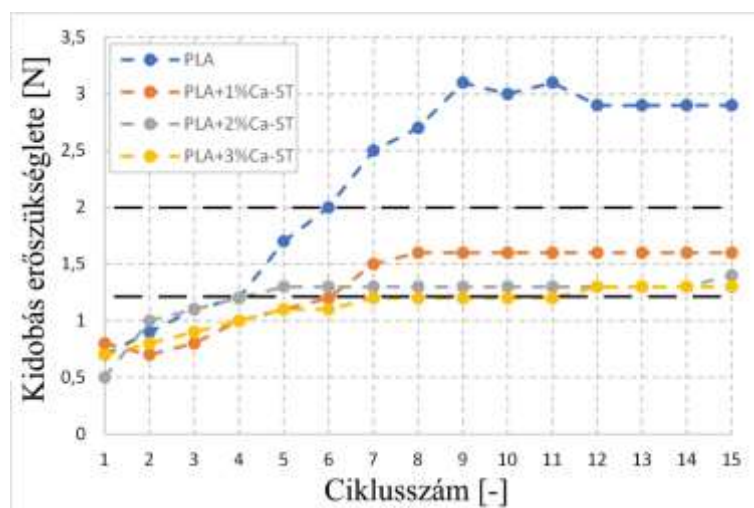
A folyamat során mért erőérték jól jellemzi a próbatest szerszámüregbe történő befeszülési hajlamát és lehetőséget ad, hogy a későbbiekben minősíteni lehessen a csúsztató, formaleválasztó adalékanyagok

hatékonyaságát. Az erőérték ciklusszám függvényében történő növekedését három tartományra osztottuk. ~1,2-1,3 kN erő alatt a próbatest kidobása problémamentes volt, azaz nem akadt, és ép terméket lehetett gyártani, ami a sorozatgyártás megkezdése utáni első négy ciklusra volt jellemző. ~1,3-2,0 kN közötti kidobási erő esetén a próbatest kidobáskor ugyan megszorult, de „kipattant” és így még ép terméket lehetett gyártani. Ilyen viselkedést az 5. és 6. ciklusban tapasztaltunk. Ezzel szemben, 2,0 kN kidobási erő felett nem csak megszorult a próbatest a kidobási folyamat során, hanem a kidobócsapok el is törték azt. Ez volt a jellemző kidobási folyamat a 7. ciklustól. A kidobáshoz szükséges erőérték végül 2,7 kN körül állandósult, de továbbra is eltörtek a próbatestek a kidobási folyamat során addig, amíg ismételten nem használtunk formaleválasztó spray-t. Nagysebességű kamerával rögzített, az egyes kidobási folyamatokra jellemző pillanatképet ábrázol a 3. ábra.



3. ábra Egyes kidobási folyamatok jellemző pillanatképei: ép termék a szerszámban (balra), ép termék és problémamentes kidobás (középen), kidobás folyamán megakadó/befeszülő termék (jobbra)

Természetesen ezek az erőértékek leginkább az adott szerszámialakítást és termékgeometriát jellemzik, ugyanakkor az erőértékek ciklusonkénti lefutásának összehasonlítása lehetőséget biztosít arra, hogy más alkalmazott alapanyagok esetében is jellemezzük és összehasonlítsuk az azokból készült termékek szerszámból való eltávolításának folyamatát. Ennek megfelelően megvizsgáltuk, hogy a Ca-ST csúsztató (formaleválasztó) milyen mértékben befolyásolja a PLA próbatestek kidobási folyamatának jellegét, valamint a kidobáshoz szükséges erőértéket (4. ábra).



4. ábra PLA és 1-2-3m% Ca-ST tartalmú PLA szakító-próbatest fröccsöntésekor mért kidobási erőszükséglet a ciklusszám függvényében

Az ábrán megfigyelhető, hogy már 1m% Ca-ST csúsztató alkalmazásával is jelentősen le lehetett csökkenteni a kidobáshoz szükséges erőértéket, amely ~1,6 kN körül állandósult a kezdeti formaleválasztó spray réteg elfogyását követően. Ehhez ez erőértékhez minőségben egy olyan kidobási folyamat tartozik, amelynél habár csekély mértékben megakadt a termék, de az minden esetben épen jutott ki a szerszámtérből.

Ennek megfelelően a csúsztató adalék alkalmazásával folyamatos sorozatgyártást tudunk elérni úgy, hogy emberi beavatkozásra nem volt szükség a gyártáshoz és megfelelő minőségű, tökéletesen ép fröccsöntött termékek jöttek létre. 2m% és 3m% Ca-ST alkalmazásával még tovább csökkent a kidobáshoz szükséges erőérték rendre 1,4 kN-ra és 1,3 kN-ra és a kidobás minősége is fokozatosan javult az egyre nagyobb csúsztató adalékanyag-tartalom alkalmazásával, azaz egyre kisebb befeszülés mellett ment végbe a kidobási folyamat ép termék gyártása mellett. Végül pedig megjegyzendő, hogy természetesen a szerszámüreg oldalferdeségének növelésével szerszámkonstrukciós szempontból önmagában jelentősen csökkenthető a fröccsöntött PLA termékek kidobásakor tapasztalt befeszülési hajlam, ugyanakkor jelen kutatásban pont ennek a befeszülési hajlamnak a minősítése volt a célunk csúsztatószeret tartalmazó és nem tartalmazó PLA biopolimer alapanyagok esetében.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munkát a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) PIACI-KFI pályázata (2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00205 és 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00335) támogatta. A munkát a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) OTKA (FK 134336) pályázata támogatta. A cikk a Bolyai János Kutatási ösztöndíj támogatásával készült. Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. A kiadvány a Magyar Tudományos Akadémia Magyarországi-Olaszország kétoldalú mobilitás pályázatának keretein belül készült (NKM2018-42).

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Flieger M., Kantorová M., Prell A., Rezanka T., Votruba J. *Biodegradable plastics from renewable resources*. Folia Microbiologica. 2003, 48, 27-44.
- [2] Srikanth P. *Handbook of bioplastics and biocomposites engineering applications*, first ed., John Wiley and Sons Inc., New Jersey 2011.
- [3] Kale G., Auras R., Singh S. P., Narayan R. *Biodegradability of polylactide bottles in real and simulated composting conditions*. Polymer Testing, 2007, 26, 1049-1061.
- [4] Garlotta D. *A literature review of poly(lactic acid)*. Journal of Polymers and the Environment. 2001, 9, 63-84.
- [5] Lim L-T., Auras R., Rubino M. *Processing technologies for poly(lactic acid)*. Progress in Polymer Science. 2008, 33, 820-852.
- [6] Rasal R. M., Janorkar A. V., Hirt D. E. *Poly(lactic acid) modifications*. Progress in Polymer Science. 2010, 35, 338-356.
- [7] Carrasco F., Pages P. Gámez-Pérez J., Santana O. O., MasPOCH M. L. *Processing of poly(lactic acid): Characterization of chemical structure, thermal stability and mechanical properties*. Polymer Degradation and Stability. 2010, 96, 116-125.
- [8] Correia M., Capela C., Pouzada A. S., Miranda A. S. *Contributions to the modelling of ejection in injection moulding*. International Conference on Polymers and Moulds Innovations, Ghent, Belgium. 2007, 1-6.
- [9] Correia M. S., Miranda A. S., Oliveira M. C., Capela C. A., Pouzada A. S. *Analysis of friction in the ejection of thermoplastic mouldings*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2012, 59, 977-986.