

Aktív hűtés hatásának vizsgálata hőálló műanyagok nyomtatása során

Investigation of the effect of active cooling in the printing of heat-resistant polymers

Dr. FICZERE Péter^{1} PhD, egyetemi adjunktus*

LUKÁCS Norbert László², BSc hallgató

^{1*} Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem - Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Járműelemek és Jármű-szerkezetanalízis Tanszék, 1111 Budapest, Stoczek utca 2., admin@kge.bme.hu

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem - Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék, 1111, Budapest, Műegyetem rkp. 3., T épület III. emelet, pt@pt.bme.hu

Abstract

The rise of additive manufacturing technologies is becoming more prominent. It has more and more applications, where the requirements for components are also more stringent. One of the main disadvantages of the most widely used FDM (Fused Deposition Modeling) method was that it could only be used at low temperatures, up to a maximum of 40-50 °C. This problem is eliminated by a new heat-resistant material called HT PLA. During the production of such materials, the effect of active cooling on strength was investigated.

Keywords: heat-resistant plastics, active cooling, additive manufacturing, mechanical strength, 3D printing

Kivonat

Az additív gyártástechnológiák térnyerése egyre szembe tűnőbb. Mind több alkalmazási területe van, ahol az alkatrészekkel szemben támasztott követelmények is egyre szigorúbbak. A legelterjedtebben használt FDM (Fused Deposition Modelling) eljárás egyik legfőbb hátránya volt, hogy csak alacsony hőmérsékleten, maximum 40-50°C-ig lehetett alkalmazni. Ezt a problémát küszöböli ki egy új, hőálló anyag az ún. HT PLA. Ilyen anyagok gyártása során vizsgáltuk az aktív hűtés szilárdságra gyakorolt hatását.

Kulcsszavak: hőálló műanyagok, aktív hűtés, additív gyártás, mechanikai szilárdság, 3D nyomtatás

1. BEVEZETÉS

Napjainkban az additív gyártástechnológiák az élet számos területén megjelentek. Az egyre önvezetés egyre növekvő szerepe [1] és az automatizáció térnyerése az autópárhuzamban [2] nagy keresletet támaszt a hőálló műanyagok gyártási folyamatának fejlesztésére. A különböző helyeken történő alkalmazások különböző igényeket támasztanak a felhasznált anyagokkal szemben is [3], [3], [5]. A legolcsóbb és egyben legelterjedtebb additív gyártástechnológia az FDM (Fused Deposition Modelling, huzallerakásos) eljárás. Ezen eljáráson belül is az egyik legnépszerűbb anyag a PLA (polilaktikus tejsav). Ez az anyag mind a felhasználást illetően, mind pedig a gyártást illetően nagyon kedvező paraméterekkel rendelkező, biodegradálható (biológiailag lebomló), újrafelhasználható, környezetbarát anyag. Fontos megjegyezni, hogy a huzallerakásos (FDM) technológiával előállított alkatrész méretezését, az alkatrész felületi minőségét, szilárdságát jelentős mértékben befolyásolják a gyártási paraméterek is [6], [7]. Egy komoly hátránya ugyanakkor, hogy magasabb hőmérsékleten – 40-50 °C felett – már nem alkalmazható. Ez jelentős mértékben csökkenti a felhasználási lehetőségeit [8]. Egy új anyag került forgalomba az elmúlt évben az ún. HT PLA, ami hőálló alkatrészek gyártását is lehetővé teszi. Ezzel az anyaggal a gyártó állítása szerint akár 100 °C hőmérsékleten is megfelelően üzemelő és teherbíró alkatrészeket lehet készíteni [9]. Az aktív hűtés alkalmazása sok esetben elengedhetetlen az FDM nyomtatás során, különösen a nagy túllógásokkal tűzdelt alkatrészek esetében, ahol szükséges az anyag mielőbbi megszilárdulása a megfelelő felületminőség eléréséhez. Kutatásunk során vizsgáljuk a hőkezelés hatását különböző gyártási orientációban elkészített

modellek esetében. Ebben a tanulmányban a gyártás során folyamatos hűtéssel és hűtés nélkül történő gyártás következtében fellépő különbségeket vizsgáljuk.

2. MÓDSZER

Az aktív hűtés alkalmazásának hatását a mechanikai szilárdságra kívántuk megvizsgálni. Szemrevételezéssel a hűtéssel, illetve hűtés nélkül gyártott daraboknál különbséget nem tapasztaltunk. A mechanikai szilárdság vizsgálatára szabványos szakítóvizsgálatot végeztünk. Miután ismert, hogy az anyagjellemzők függenek a gyártási orientációtól, így több orientációban is meg kell vizsgálni a hűtés szilárdságra gyakorolt hatását. A szabványos rövid szakítópróbatesteket fekvő- és álló helyzetben is legyártottuk, folyamatos hűtéssel és hűtés nélkül is (1. ábra).



1. ábra Fekvő és álló helyzetben nyomtatott próbatestek

A fekvő helyzetű gyártás során semmilyen támaszanyagra nem volt szükség. Ugyanakkor fontos megemlíteni, hogy a szakító próbatestek méretei miatt (2 mm-es vastagság) fokozott óvatossággal kell eljárni a daraboknak a platformtól való eltávolítása során. Az álló próbatestek gyártása során szintén a próbatestek csekély vastagsága miatt (2 mm-es élen kéne megállnia) már szükség volt egy megfelelő, stabilizáló alagra is, ami a platformhoz történő tapadást is biztosítja.

A gyártási paramétereket a korábbi vizsgálataink alapján az optimálisnak tűnő beállításoknak megfelelően [10] állítottuk be:

- 215 °C-os fej, illetve 60 °C-os asztal hőmérséklet;
- 40 mm/s-os sebesség;
- 100%-os belső kitöltöttség;
- 0,2 mm-es rétegvastagság.

A szakítóvizsgálatokat a BME Polimertechnika Tanszék laboratóriumában végeztük egy Zwick Z005-ös berendezésén, a szakítási sebesség a műanyagok esetében a szabványnak megfelelő 5 mm/min volt.

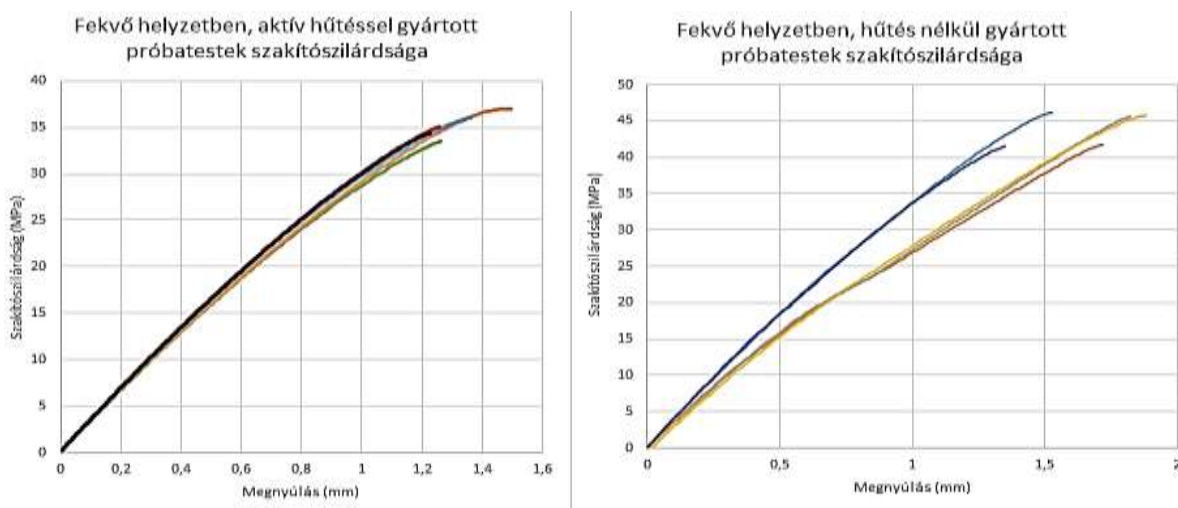
3. EREDMÉNYEK

A vizsgálatok során mértük a keresztfej-elmozdulást az erő függvényében. Mindkét esetben (fekvő- és álló helyzetben nyomtatott darabok) 5-5 darab próbatesten végeztük el a mérést, külön-külön folyamatos aktív hűtéssel gyártott és hűtés nélkül gyártott próbatesteken.

A fekvő helyzetben gyártott próbatestek szakítóvizsgálatának eredményei láthatók a 3. ábrán.



2. ábra Szakítóvizsgálat (Zwick Z005, HT-PLA, BME Polimertechnika Tanszék)

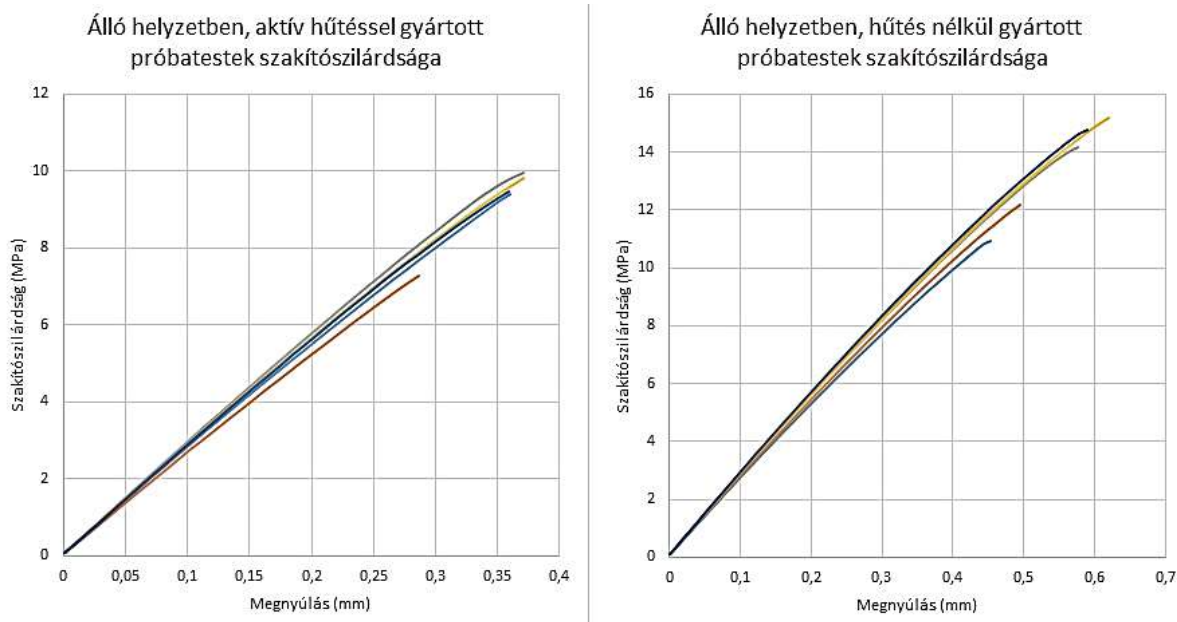


3. ábra Fekvő helyzetben hűtéssel és hűtés nélkül nyomtatott próbatetek szakítódíagramjai

Az álló helyzetben gyártott próbatetek szakítóvizsgálatának eredményei láthatók a 4. ábrán.

4. VIZSGÁLAT

Feltételezésünk – miszerint az anyagjellemzők irányfüggőek – egyértelműen beigazolódtott, a fekvő- és az álló helyzetben nyomtatott próbatetek szilárdságai jelentős eltéréseket mutatnak. A 3. és a 4. ábrán látható diagramokat összevetve jól látható, hogy a szakítószilárdság és a szakadási nyúlás értéke is csökken a hűtés hatására. Számszerűen azt mondhatjuk, hogy az aktív hűtés használata kb. 30%-kal csökkenti a szakítószilárdságot minden irányban.



4. ábra Álló helyzetben hűtéssel és hűtés nélkül nyomtatott próbatestek szakítódíagramjai

A merevségeket megvizsgálva viszont már nem találunk érdemi eltéréseket a hűtéssel, valamint a hűtés nélkül gyártott darabok között. A kapott rugalmassági (Young) modulus értékeket mutatja az 1. táblázat.

Rugalmassági modulusok fekvő és álló helyzetben gyártott próbatestek esetén

1. táblázat

	E [MPa]	Szórás [MPa]
Álló hűtve	1113,69	41,59
Álló hűtés nélkül	1105,73	31,78
Fekvő hűtve	1378,19	23,02
Fekvő hűtés nélkül	1466,29	95,89

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A vizsgálatok alapján elmondható, hogy a hűtés hatására jelentősen csökkent a próbatestek szakítószilárdsága – fekvő helyzetben az átlagos 44 MPa-ról körülbelül 35 MPa-ra, ami körülbelül 30%-os csökkenést jelent – így az FDM technológiával előállítani kívánt alkatrészeket ajánlott úgy megtervezni, hogy azok ne igényeljenek hűtést. Ezt a jelenséget magyarázhatja az, hogy hűtés hatására a fűvókából kiáramló anyag már az előtt elkezd megszilárdulni, hogy összeolvadna az előző rétegekkel.

Ugyanakkor megállapítható az is, hogy a rugalmassági modulusok értékeire nincs hatással a hűtés használata.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK:

- [1] Derenda, T., Torok, A., Zanne, M., Zoldy, M. (2018). Automatization in road transport: a review. Production Engineering Archives 20, 20, 3-7, Available From: Sciendo <https://doi.org/10.30657/pea.2018.20.01> [Accessed 14 July 2020].
- [2] Zöldy, M. Investigation Of Autonomous Vehicles Fit Into Traditional Type Approval Process. Olja, Cokorilo (szerk.): International Conference on Traffic and Transport Engineering, Belgrád, Szerbia, University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, (2018) pp. 428-432, 5 p.

- [3] Ficzer, P., Borbás, L., Török, Á., Usage of rapid prototyping in vehicle manufacturing. Stanislaw, Borkowski, Dorota, Klimecka-Tatar (szerk.) Toyotarity: Elements of the organization's mission, Dnipropetrovsk, Ukrajna: Yurii V Makovetsky, (2011) pp. 182-193.
- [4] Ficzer, P. (ONLINE) Experimental Dynamical Analysis and Numerical Simulation of the Material Properties of Parts Made by Fused Deposition Modelling Technologies, Periodica Polytechnica Transportation Engineering. <https://doi.org/10.3311/PPtr.13947>.
- [5] Ficzer, P., Borbás, L., Experimental Investigation of the Shear Modulus in the Case of Pure Tensile Test, TRANSACTIONS OF FAMENA 42: 1 pp. 27-36, 10 p. (2018)
- [6] Ficzer, P., Borbás, L., Falk, Gy., Csont anyagtulajdonságainak megfelelő anyagmodellek előállítása additív gyártástechnológiákkal, Biomechanica Hungarica 11:2 pp. 77-83. (2018).
- [7] Tisza, M., Tóth, D., Kovács, P. Z.: A 3D nyomtatás (FDM) paramétereinek vizsgálata, optimalizálása, GÉP 67:1-2 pp. 29-32, 4 p. (2016).
- [8] Janoch, Á., Ficzer, P., Additív gyártástechnológiák szerepe a veterán gépjárművek alkatrészellátásában, GÉP 70:3, p. 38 (2019).
- [9] <https://3dee.hu/termek/ht-pla-001/> (Letöltve: 2020. február 13.).
- [10] Ficzer, P., Lukács, N.L., Evaluation Opportunities of SEM Pictures by CAD Software, Design of Machines and Structures 9: 2 pp. 20-24, 5 p. (2019).