

A 3D NYOMTATÁS EGYES PARAMÉTEREINEK HATÁSA A NYOMTATOTT ANYAG SZILÁRDSÁGI JELLEMZŐIRE

EFFECTS OF 3D PRINTING PARAMETERS ON STRENGTH CHARACTERISTICS OF PRINTED MATERIAL

*Dr. Kátai László PhD, Dr. Szabó István PhD., Lágymányosi Péter, Dr. Szakál Zoltán PhD.
Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar*

ABSTRACT

The main objective of this paper is to analyse the mechanical behaviour of two type of 3D printed materials (ABSplus-P430 and PET-G010), produced by different orientation in the printer working area. We performed a tensile test of specimens printed with different orientations. It can be stated that the relative directions of the printed layers and the load has a significant effect on the load capacity of the printed material. The best value for tensile strength is obtained under fiber load direction. In case of PET-G010 material the rate of decrease relative to the raw fiber material can be even 90% in worse case, when the load direction is perpendicular to the printed layer direction.

Keywords: Additive manufacturing, FDM technology, strength property, orientation, 3D printing

1. BEVEZETÉS

A 3D nyomtatás napjaink egyik olyan szegmense, amely a legizgalmasabb gazdasági és technológiai kérdéseket hordozza magában. Egy rendkívül gyorsan fejlődő technológia, amely jelen van számos ipari szektorban, az egészségügyben, az oktatás és a szolgáltató piac világában és még további térnyerésre van esély. Amíg néhány évvel ezelőtt elsősorban a prototípus gyártásban alkalmazták, addig mára már egyre nagyobb a jelentősége a késztermék előállítás területén is, egyre több anyag használható és növekszik a gyártási sebesség, valamint csökken a termékre vetített gyártási költség. Az egyre nagyobb népszerűség miatt mindenképpen célszerű foglalkozni a végtermék minőségét is meghatározó egyik tulajdonsággal a teherbíró képességgel. Korábbi vizsgálataink során azt elemeztük, hogy az alkalmazott térkitöltés milyen hatást gyakorol a szilárdsági jellemzőkre, ugyanakkor további vizsgálatokat érdemes végezni abból az aspektusból, hogy a rétegenként történő alkatrész felépítés és a terhelés egymáshoz

viszonyított iránya befolyásolja-e és hogyan a terhelhetőséget. [1,2,3,4]

A kísérleteink célja annak vizsgálata, hogy az alkatrész (próbatest) nyomtatási orientációja (rétegépítés iránya) és a terhelés egymáshoz viszonyított iránya hogyan befolyásolja a terhelhetőséget. Ennek meghatározása igen fontos paraméter lehet a terméktervezés során.

2. A VIZSGÁLATHOZ VÁLASZTOTT ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

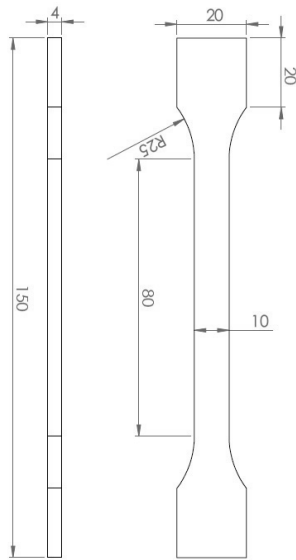
A polietilén-tereftalát (PET) az egyik legelterjedtebb polikondenzációs műanyag, ennek egyik glikol módosított változata a PET-G. Ez az anyag ötvözi PLA (Polylactic acid, politejsav) és az ABS (Akrinitil-Butadién-Sztirol) alapanyagok előnyeit. Alkalmazásával nagyon erős, ütésálló tárgyakat lehet készíteni, melyek kedvezőbb rugalmassági tulajdonságokkal rendelkeznek, mint a hagyományos PLA-val nyomtatott társaiké, továbbá a nyomtatás befejeztével a modellek zsugorodása elenyésző, szemben az ABS alapanyagú alkatrészekkel. Hasonlóan a többi alapanyaghoz tekercselve tudjuk megvásárolni, 1,75mm-es és 3mm-es huzalátmérővel. Nyomtatási paramétereit tekintve az ideális szórófej hőmérséklet 245°C ~ 250°C, a tárgyasztal hőmérséklete 60°C ~ 90°C. Az anyag további előnye a hidrofób (víztaszító) tulajdonsága, valamint nyomtatása közben nem keletkezik kellemetlen szag, a felesleges (pl. támaszanyag) vagy fel nem használt kinyomtatott anyag pedig a későbbiekben újra felhasználható, mivel a nyomtatás hatására nem következik be semmiféle anyagszerkezeti átalakulás. Emellett az FDM (amerikai élelmiszer és gyógyszer engedélyezett hivatal) jóváhagyta az élelmiszerrel való érintkezést és a tárolást. Vizsgálatainkhoz a Filament gyártmányú PETG010-es alapanyagot használtuk.

A vizsgálatba vont másik anyag az ABS volt, amelyet széles körben alkalmaznak mind az iparban, mind a szálhúzásos nyomtatás területén. Három alkotó molekulája az Akrilnitril, a Butadién és a Sztién, melynek keverési aránya

befolyásolja az anyag tulajdonságait, rugalmasságát, szilárdságát és felületi keménységét. Erős, könnyű és nagyon tartós és ütésálló műanyag (pl. a legtöbb LEGO blokk is ilyen anyagból készül a nagy ütésállóság miatt). További előnye a rendkívül jó rétegek közötti tapadás és a magas lágyulási hőmérséklet (kb. 97°C). Hátránya viszont a nyomtatáskor elszenvedett jelentős zsugorodás. [5, 6]

Próbatest:

A szakítási vizsgálathoz szabványos próbatesteket alkalmaztunk, ennek megfelelően a polimerek szakításvizsgálatára vonatkozó MSZ EN ISO 527-2-1993(E) szabványt alapul véve 1A testet választottuk (1. ábra)



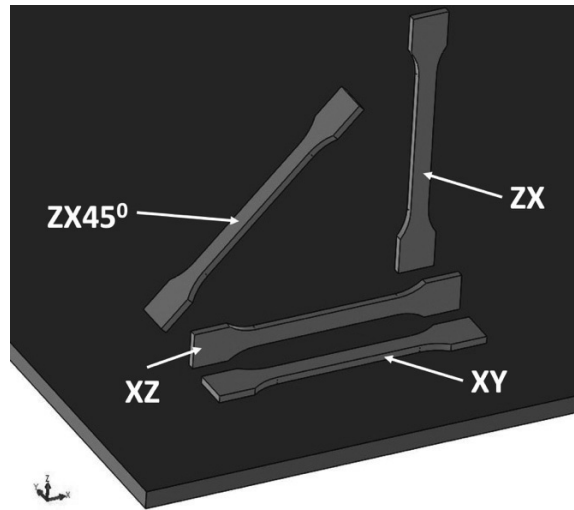
1. ábra. A szabványos szakító próbatest méretei

Alkalmazott nyomtató és nyomtatási orientációk:

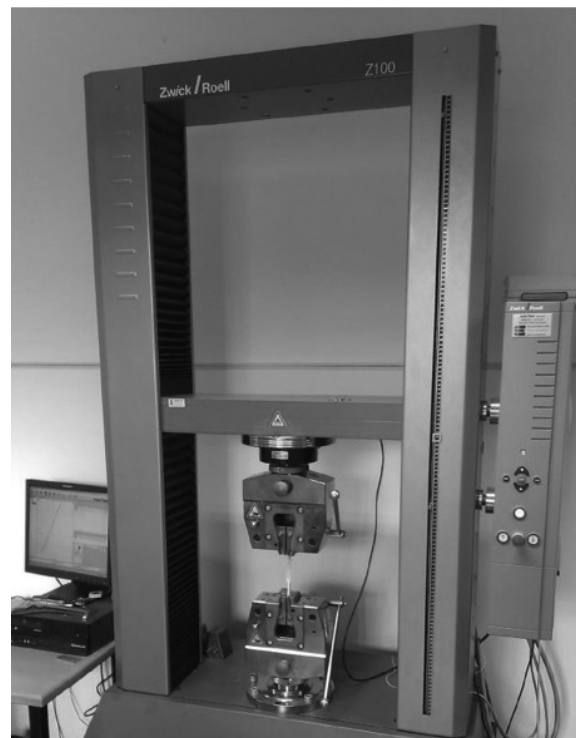
A próbatestek előállítására Stratatys Dimension Elite típusú FDM nyomtatót használunk. A nyomtatási térben alkalmazott nyomtatási orientációkat, és annak értelmezését a 2. ábra szemlélteti.

A térkitöltés valamennyi vizsgálat esetén azonos volt.

A szakító vizsgálatok Zwick/Roell Z100 típusú szakítógéppel történtek, a méréseket 5-szörös ismétléssel végeztük el (3. ábra).



2. ábra. A nyomtatási orientációk a 3D modell térben, illetve a kinyomtatott próbatestek



3. ábra. A vizsgálat során használt Zwick/Roell Z100 típusú szakító gép

3. A VIZSGÁLAT ÉRTÉKELÉSE, EREDMÉNYEK

A szakítási vizsgálatok eredményeit a szakító gép mérési programja szolgáltatja.

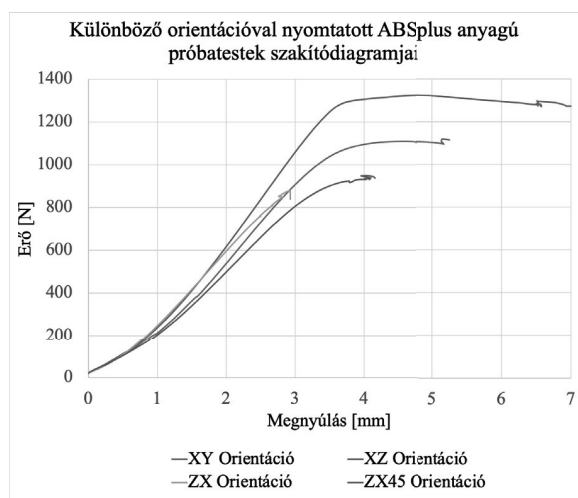
Az eredmények feldolgozására, értékelésére excel programba történő exportálást követően került sor.

Az ABSplus-P430 anyag vizsgálata:

Az adott nyomtatási orientációval előállított próbatestekre külön-külön végeztük el a szakító vizsgálatokat, amelyek során a megnyúlás-erő diagram adatait rögzítettük. Az különböző nyomtatási orientációval készített próbatestek

szakító diagramjait a legszemléletesebben akkor tudjuk összehasonlítani, ha azokat egy közös diagramban ábrázoljuk. Az egyes görbék lefutásának jellege jól tükrözi a próbatest előállítási orientációját, azaz, hogy a rétegeképzés és az aktuális terhelés milyen irányú egymáshoz viszonyítva (4. ábra).

A legnagyobb terhelhetőség az XZ (élén fekvő próbatest), illetve XY (lapján fekvő próbatest) irányú nyomtatással érhető el, ami azzal magyarázható, hogy a terhelés a szál irányában történik. Ezekben az esetekben közelíti a szakítódiaagram karakterisztikája a legjobban az ABS anyagokra a szakirodalomban közölt karakterisztikát.



4. ábra. A különböző orientációval nyomtatott ABSplus-P430 próbatestek szakítódiaagramjai

A ZX (függőlegesen álló próbatest) orientáció szintén jellegzetes eredményt mutat, hiszen a nyomtatott rétegek a terhelés irányára merőlegesen helyezkednek el, így a terhelhetőséget a rétegek közötti „tapadás” határozza meg leginkább, az adott anyag rugalmassági tulajdonsága kevésbé tud érvényesülni.

Végezetül a ZX45 (45^o-os szögben álló orientáció) esetében az előzőekben említett eredmények közötti jellegű diagramot kaptunk eredményül.

Az PET-G anyag vizsgálata:

A PET-G anyag esetében is az előzőekben ismertetett módon és nyomtatási verziókban történtek a vizsgálatok.

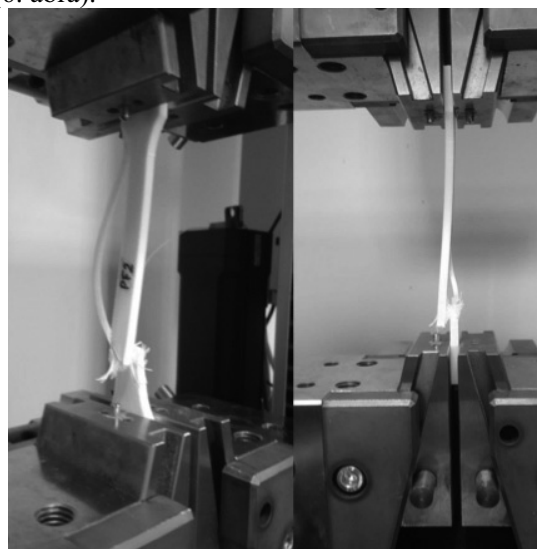
A ZX (nyomtatási rétegekre merőleges terhelés) esetében látható, hogy a teherbírás igen kis mértékű, az alapanyag szakítószilárdság értékének csupán közel 20%-a.

Fontos megemlíteni, hogy a XZ (élén fekvő) nyomtatással készült próbatest szakítóvizsgálata során a szélső falréteg leválik, nem szenved törést (5 ábra).



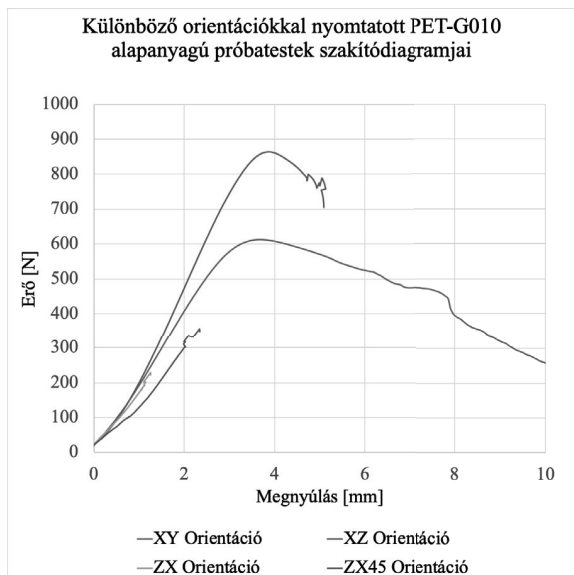
5. ábra. Az XZ orientációval nyomtatott PET-G alapanyagú próbatest szakítás utáni állapota

A nyomtatási orientációk (terhelési irányok) közötti további különbség, hogy a XY orientáció (lapján fekvő próbatest) esetében a törés nem egyszerre a teljes keresztmetszetben, hanem a nyomtatási szálakban fokozatosan következett be (6. ábra).



6. ábra. A PET-G anyag XY orientációval készült próbatest szakítóvizsgálatát követő állapota

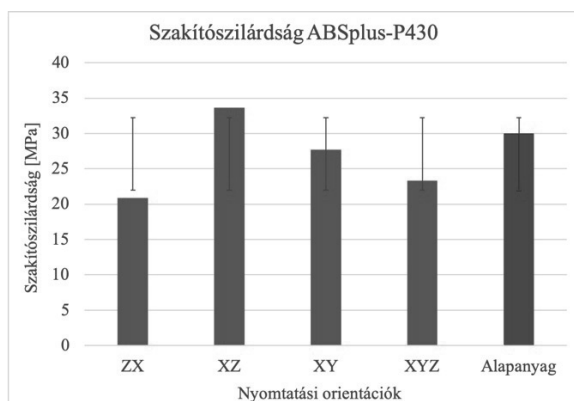
A különböző orientációkkal nyomtatott próbatest vizsgálatok szakító diagramjait szemlélteti az alábbi ábra.



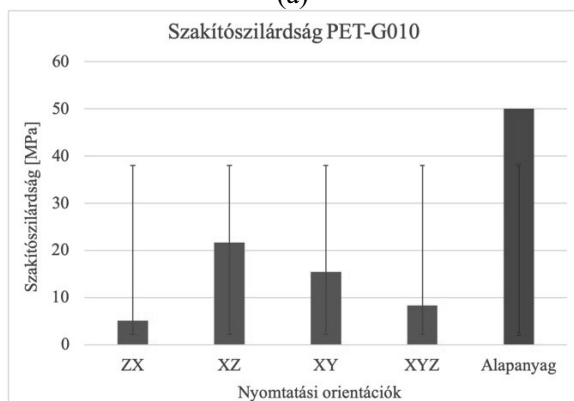
7. ábra. A különböző orientációval nyomtatott PET-G010 alapanyagú próbatetek szakítódíagramjai

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Az elvégzett vizsgálatok eredményeit összesítve megállapítható, hogy a 3D nyomtatáskor a nyomtatási térben elhelyezett próbatest (alkatrész) orientációja és az alkalmazás során keletkező terhelés iránya közötti kapcsolat lényegesen befolyásolja a teherbírást.



(a)



(b)

8. ábra. A vizsgált anyagok és nyomtatási orientációk esetében szakítószilárdság értékek összevetése (a) ABSplus-P430, (b) PET-G010

Általánosságban megállapítható, hogy a legjobb teherbírás a nyomtatási szál irányába eső igénybevétel esetén tapasztalható, a legkedvezőtlenebb pedig a rétegekre merőleges terhelés, amely esetében az ABS anyagnál kb. 30%-os, míg a PET-G anyagnál akár közel 90%-os szakítószilárdság csökkenés következik be (8. ábra).

Összességében az is megállapítható, hogy az adott nyomtató a PET-G alapanyag nyomtatására nem ideális választás, hiszen a legjobb orientáció által biztosított szakítószilárdság érték is több mint 50%-kal marad el az alapanyagra megadott értéktől.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] KÁTAI et.al.: CAD tankönyv. Typotex Kiadó, Budapest, 2012. ISBN 978-963-279-534-8
- [2] KÁTAI L., SZABÓ I., LÁGYMÁNYOSI A., LÁGYMÁNYOSI P., SZAKÁL Z.: Additív gyártástechnológiában alkalmazott anyag szilárdsági jellemzőinek vizsgálata a 3D nyomtatás paramétereinek függvényében In: Gép, LXIX. évf. 4. szám, Miskolc, 2018, 45-48. o., ISSN 0016-8572
- [3] JOE MICALLEF: BEGINNING DESIGN FOR 3D PRINTING, 2015. ISBN 978-1-4842-0946-2
- [4] B. RANKOUHI, S. JAVADPOUR, F. DELFANIANM T. LETCHERM: Failure analysis and mechanical characterization of 3D printed ABS with respect to layer thickness and orientation. J. Fail. Anal. Prev. 16 (3) (2016) 467-481.
- [5] S. JUNK, M. BAMBACH: APPLICATION OF 3D (COLOR) PRINTING FOR THE VISUALIZATION AND OPTIMIZATION OF COMPLEX METAL FORMING PROCESS, PROEDIA ENGINEERING 207 (2017) 1081-1086.
- [6] A. GEBHARDT, J.-S. HÖTTER, ADDITIVE Manufacturing - 3D Printing for Prototyping and Manufacturing, Hanser, Munich, 2016

A cikk az EFOP-3.6.1.-16-2016-0016 projekt támogatásával készült