

GYÁRTÁSI PARAMÉTEREKTŐL FÜGGŐ RÉTEGKÖZI HIBÁK VIZSGÁLATA CAD SZOFTVEREKSEL

INVESTIGATION OF THE MANUFACTURING PARAMETER DEPENDENT INTERLAYER FAILURES BY CAD SOFTWARE

Lukács Norbert László – Dr. Ficzere Péter, PhD – Temesi Tamás

ABSTRACT

Nowadays the different 3D printed components are often produced for direct use. In this case the components need to be mechanical designed, therefore the material properties must be well known. It is a fact that the printing parameters have a significant effect on the printing quality. The interference between the printing parameters and the mechanical solidity is well known however the reason for this phenomenon is not. For an investigation a scanning electron microscope is needed. Our study is focused on the potential evaluation of results with the help of the CAD software.

1. BEVEZETÉS

Napjainkra az additív gyártástechnológiák túlnőtték azon, hogy csak marketingeszközként használják fel őket, így egyre gyakrabban fordulnak elő közvetlenül felhasználva szerszámként, vagy akár kis darabszámok esetén az alkatrészgyártásban is [1], [2]. A közvetlen beépítésre szánt alkatrészeket méretezni kell [3], melyhez az anyagjellemzők pontos ismerete szükséges. A legtöbb ilyen technológiára igaz, hogy a kész alkatrész tulajdonságait az orthotrop anyagmodellel lehet leírni [4], ami természetesen azt is jelenti, hogy az anyagjellemzők különböző irányokban eltérnek [5]. Természetesen a különböző gyártási eljárásokon és gyártási paramétereken túl, az adott alkatrész munkatérben történő elhelyezése (orientációja), valamint a felhasznált alapanyag is befolyásolja a végtermék mechanikai szilárdságát [6], [7].

Számos helyen foglalkoztak az anyagjellemzők meghatározásával, azonban annak mélyebb elemzése még várat magára. Az eddigi

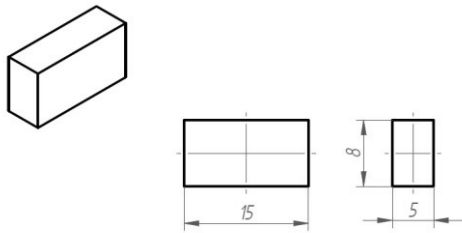
anyagvizsgálatok többnyire azt kutatták, hogy a lehetséges beállítási paraméterek közül a vizsgált tulajdonságokra miként hatnak, pl. a fúvóka hőmérsékletének változtatása hogyan befolyásolja az alkatrészek szilárdságát stb. Azzal általában már nem foglalkoztak, hogy miért van egy adott paraméternek ilyen vagy olyan hatása. Ennek vizsgálatához mélyebb elemzésre van szükség. A vizsgálat egy lehetséges módja, ha a különböző paraméterek mellett gyártott próbatesteket egy SEM (Scanning Electron Microscope) vizsgálatnak vetjük alá. Az elkészült felvételek kiértékelése jelentős rutint igényel. Néhány minta rögtön észrevehető a laikus számára is, a pontos számszerű eredmények elérése azonban nagyon időigényes feladat. Jelen tanulmány egy ilyen kiértékelés lehetséges módját mutatja be.

2. MÓDSZER

Vizsgálatainkhoz a legjobban elterjedt 3D nyomtatási eljárást, a Fused Deposition Modelling (FDM) választottuk. A próbatestek elkészítéséhez egy, a kereskedelmi forgalomban is kapható, népszerű nyomtatót használtunk (Prusa I3). Az eszköz lényeges tulajdonsága, hogy a nyomtatási paraméterek egymástól függetlenül széles tartományban változtathatók. Ezt a képességet kihasználva különböző hőmérsékletek, rétegvastagságok valamint nyomtatási sebességek mellett is elkészítettük ugyanazon geometriával rendelkező próbatestünket.

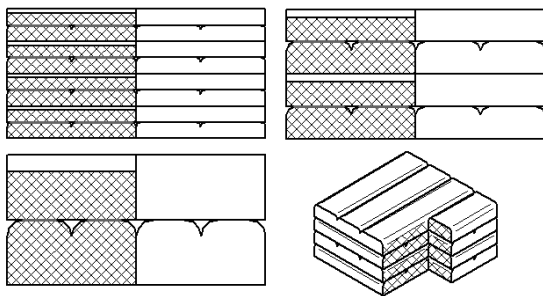
A próbatest geometriájának meghatározásánál fontos szempont volt, hogy abból gyorsan és egyszerűen lehessen előállítani a vizsgálatokhoz szükséges töreket. További szempont volt, hogy a próbatestek nagy száma

miatt azoknak a gyártása ne igényeljen irreálisan sok időt és ne használjunk feleslegesen sok anyagot.



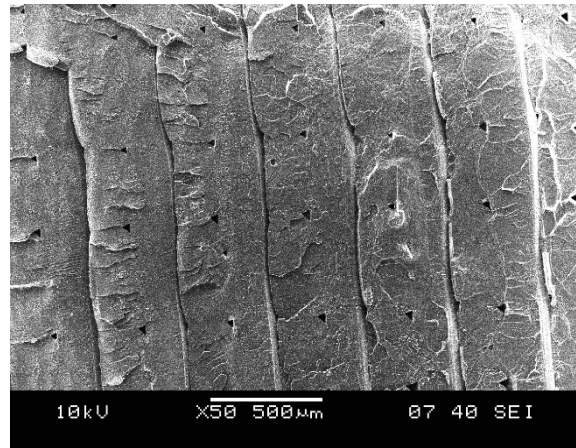
1. ábra. Próbatess méretei

A gyártás valamint a töretkészítés után minden darabról SEM felvételek készültek. A felvételek megértéséhez szükséges volt egy-egy értelmező ábra készítése, melyet az alábbi ábra mutat be.



2. ábra. A rétegvastagság növekedésével nő a rések nagysága (sorrendben 0,1, 0,2, 0,4 mm)

Ezt megfigyelve láthatjuk, hogy a nyomtató által lefektetett rétegek keresztmetszete nem teljesen téglalap alakú, pedig csak az biztosítaná a tökéletes térkitöltést. A lerakott szálak szélei mindkét oldalon „lekerekítettek”, ami alapvetően a fúvóka hengeres keresztmetszetéből adódik. A tökéletes térkitöltéshez ideálisabb lenne egy nem hengeres keresztmetszet, viszont az az ömledék áramlása és az egyenletes hőmérsékleteloszlás szempontjából problémás. Ezt figyelembe véve sejthető, hogy a rétegvastagság növekedésével a hibák átlagos nagysága is nőni fog, valamint könnyen felismerhetők a 3. ábrán látható minták is.

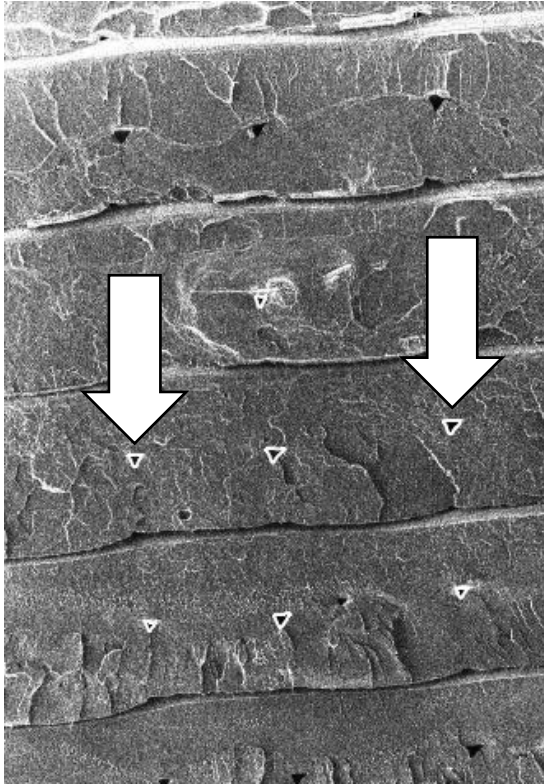


3. ábra. Egy 0,2mm-es rétegvastagsággal készült próbatess metszete. Jól láthatóak a szabályosan elhelyezkedő rések (a kép 90°-al elforgatva készült)

Vizsgálatunk célja az itt látható mintát alkotó hibák egzakt, számszerű méretének meghatározása, valamint ezen hibák hatásának megállapítása. Mivel az ábrán látható egy lépték, annak segítségével lehetséges a rések méreteinek pontos meghatározása. Képszerkesztő szoftverben megmérni az egyes hibák oldalainak nagyságát elvileg lehetséges, viszont nehezíti a dolgot a hibák szabálytalan alakja, a terület meghatározása pedig szintén problémás feladat.

A CAD rendszerekben azonban létezik egy olyan lehetőség, amivel zárt görbékkel határolt felület területét lehet meghatározni. Ráadásul a CAD rendszerek úgy vannak felépítve, hogy abban ún. NURBS (Non Uniform Rational Bezier Spline) görbékkel gyakorlatilag bármilyen görbe megfelelően közelíthető, így a réseket határoló görbék is. A 4. ábrán látható a rések közelítése NURBS görbékkel.

Fontos megjegyezni, hogy egzakt mérésekhez a vizsgálati síknak a szálakra merőlegesnek kell lennie. Csak így biztosítható, hogy a méretek valódi nagyságban látszódnak.



4. ábra. A NURBS görbékkel határolt rések

3. EREDMÉNYEK

A mérések a Solid Edge nevű CAD szoftverrel történtek, melynek műhelyrajz környezete megfelelő lehetőségeket biztosított az eredmények számszerűsítéséhez. A megfelelő méretűre nagyított képek, valamint a lépték segítségével a már körberajzolt réseket lehet mérni, a kapott értékeket összegezve és statisztikailag kiértékelve pedig megkapjuk az adott paraméterekhez tartozó átlagos résméreteket. A hibák egymáshoz képest egységesen ~0,4 mm-re helyezkednek el, ez pontosan a gyártáshoz használt fúvóka átmérője. A rések területének megállapításához hasonlóan megmérhetjük a rések azon hosszát is, amivel csökkentik az anyag a képhez képest merőleges irányú keresztmetszetét. Ezeket az értékeket számíthatjuk is, ha a réseket egyenlő oldalú háromszögnek vesszük (1).

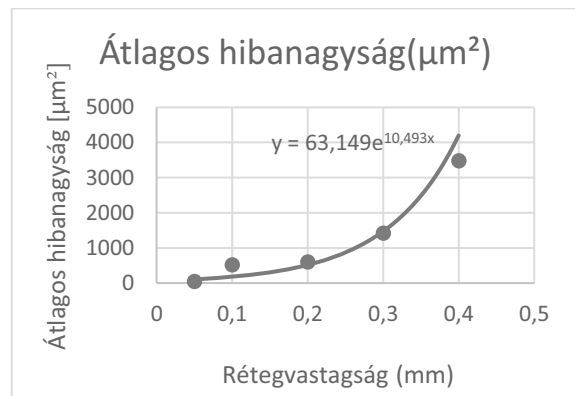
$$\text{oldalhossz} = \sqrt{4 \cdot \frac{\text{terület}}{\sqrt{3}}} \quad (1)$$

Ezekhez az értékekhez megállapíthatunk százalékos (a fúvóka átmérőhöz, próbatest keresztmetszethez mért) hibahosszokat. Mint ahogy azt az alábbi táblázat is megmutatja, a mért és számított eredmények között csak minimális eltérés tapasztalható. A táblázatban a szórás a mért hibanagyságokból számított hibahosszokra vonatkozik. Mint ahogy az adatokból is látszik, a hibák nagysága (területe), így hossza is jelentősen eltérhet a mintákon belül is.

	1	2	3	4	5
Átlagos hibanagyság (mm ²)	0,004	0,052	0,060	0,142	0,347
Átl. (számított) hibahossz (%)	2,451	8,277	9,164	13,91	21,50
Átl. (mért) hibahossz (%)	2,575	10,20	8,5	11,17	19,13
Átl. (sz.) hibahossz szórása (%)	17,38	32,55	20,64	25,86	33,37

5. ábra. A mért és számított eredmények között nincs jelentős eltérés

A következő ábra az átlagos résméret változását mutatja be a rétegvastagság változásának függvényében. Az itt látható eredmények hasonlóak ahhoz, mint amit előzetesen a magyarázó ábra alapján vártunk.



6. ábra. Az átlagos hibanagyság változása a rétegvastagság függvényében

4. KIÉRTÉKELÉS

A diagramot megvizsgálva láthatjuk, hogy a legkisebb átlagos résméret a 0,05 mm-es rétegvastagsággal készült próbatestre jellemző, e felett már folyamatos növekedés figyelhető meg.

A szakirodalmat kutatva találkozhatunk hasonló témában íródott kutatásokkal, melyek szakítóvizsgálatainak eredményei összefüggést mutatnak az általunk megmért hibák változásaival [8]. Jelen tanulmány konkrét mechanikai szilárdságot nem vizsgál, csak a hibák nagyságának változását írja le. Fontos megjegyezni, hogy a rétegvastagság csökkentésével a gyártási idő jelentősen megnő. Megjegyzendő továbbá, hogy a jelen tanulmányban feltárt hibáknak feltételezhetően – a statikus szilárdságon kívül – a dinamikus igénybevételek során is jelentős hatása van [9].

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az additív gyártástechnológiákkal gyártott alkatrészeket egyre gyakrabban közvetlen felhasználásra készítjük. Ilyen esetekben méreteznünk is kell, amihez az anyagjellemzők ismerete szükséges. Ismert tény, hogy a legtöbb eljárás meglehetősen érzékeny a gyártási paraméterekre. Azzal többnyire tisztában vagyunk, hogy egy bizonyos paraméter változtatása hogyan hat a mechanikai szilárdságra, de ennek okairól keveset tudunk. Egy mélyebb elemzéshez SEM vizsgálatra van szükség. Egy ilyen vizsgálat CAD rendszerek segítségével történő kiértékelési lehetőségeivel foglalkozik jelen tanulmány.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A projekt a Nemzeti Kutatási és Innovációs Hivatal támogatásával az NKIH Alapból valósul meg, a projekt címe: Egyénre szabott orvosi biológiai implantátumok és segédeszközök új generációs gyártási folyamatának kidolgozása additív technológiákra; a pályázat azonosító száma: NVKP_16-1-2016-0022.

7. IRODALOM

- [1] Kovács, N. K., Suplicz, A. Kovács, J. G.: Gyors prototípusgyártás, mint újszerű fröccsöntő szerszámozási technológia, műanyag- és gumipari évkönyv 9, pp. 45-53. 9 p. (2011)
- [2] Horváth, Á., M., Ficzere, P.: Rapid prototyping in medical sciences Production Engineering Archives / Archiwum Inżynierii Produkcji 8 : 3 pp. 28-31. , 4 p. (2015)
- [3] Ficzere, P., Kovács, N.K., Szebényi, G., Borbás, L.: Additív gyártástechnológiával előállított nagyrugalmasságú anyagok terhelhetőségi vizsgálata, GÉP LXX : 1 p. 43 (2019)
- [4] Ficzere, P., Borbás, L.: Experimental Investigation of the Shear Modulus in the Case of Pure Tensile Test Transactions of Fama 42 : 1 pp. 27-36. , 10 p. (2018)
- [5] Ficzere, P., Borbás, L.: Method to reduce the independent constants of orthotropic materials in rapid prototyping, In: 11th Youth Symposium on Experimental Solid Mechanics Brasov, Románia (2012) pp. 129-135. , 7 p.
- [6] Tisza, M., Tóth, D., Kovács, P. Z.: A 3D nyomtatás (FDM) paramétereinek vizsgálata, optimalizálása, GÉP 67 : 1-2 pp. 29-32. , 4 p. (2016)
- [7] Ficzere, P., Borbás, L., Falk, Gy.: Additív gyártástechnológiák alkalmazhatósági vizsgálata testreszabott orvosi implantátumok méretezéséhez, Biomechanica Hungarica 11 : 2 pp. 69-75. , 7 p. (2018)
- [8] Kuznetsov, V.E.; Solonin, A.N.; Urzhumtsev, O.D.; Schilling, R.; Tavitov, A.G. Strength of PLA Components Fabricated with Fused Deposition Technology Using a Desktop 3D Printer as a Function of Geometrical Parameters of the Process. Polymers 2018, 10, 313. DOI: doi:10.3390/polym10030313
- [9] Ficzere, Peter ; Borbás, Lajos, Experimental dynamical analysis of specimens' material properties manufactured by additive technologies, MATERIALS TODAY: PROCEEDINGS 12 pp. 352-357. , 6 p. (2019)
- [10] Ficzere, P. "Experimental Dynamical Analysis and Numerical Simulation of the Material Properties of Parts Made by Fused Deposition Modelling Technologies", Periodica Polytechnica Transportation Engineering. doi: https://doi.org/10.3311/PPtr.13947.