

KITÖLTÉSSEL TÖRTÉNŐ SZILÁRDSÁG-MÓDOSÍTÁS LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA ADDITÍV GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁK ESETÉN

EXAMINATION OF POSSIBILITIES FOR MODIFICATION OF STRENGTH DEPENDS ON INFILL PARAMETERS IN CASE OF ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES

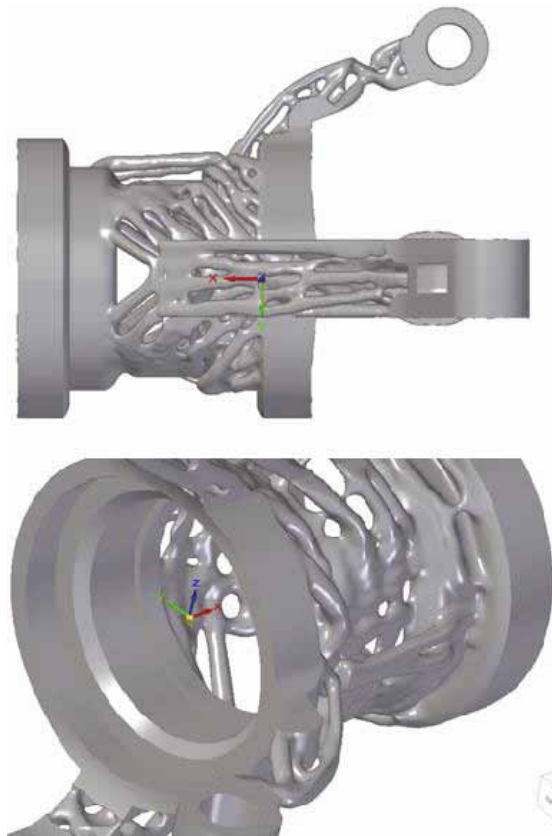
DR. FICZERE PÉTER, PHD, LUKÁCS NORBERT LÁSZLÓ

ÖSSZEFOGLALÁS (ABSTRACT, INHALT).
In many cases, the results of topology optimization or generative design can only be produced with additive manufacturing technology. However, it is also important to examine how the optimal shape in terms of rigidity behaves in terms of manufacturing technology and manufacturing cost. The two seemingly opposite goals can be combined by modifying and optimizing the infill parameters only inside the part.

1. BEVEZETÉS

Az additív gyártástechnológiák egyre több területen válnak nélkülözhetlenné. Napjainkban rendkívül széleskörű a felhasználási területe, az ékszerektől kezdve, az egyénre szabott orvosi implantátumokon keresztül, számos helyen megtalálhatók a 3D nyomtatott darabok [1], [2], [3]. Egyre több esetben elvárás, hogy ezeknek az alkatrészeknek teherviselőknek is kell lenniük. Ahhoz, hogy megfelelően teherviselő alkatrészeket tervezzünk szükség van terheléses szimulációkra is. Ehhez rendelkezniünk kell egy 3D geometriával, ismernünk kell a beépítési környezetet és az abból adódó kényszereket, a várható terheléseket, valamint az alkalmazható anyagmodellt és az anyagjellemzőket [4], [5], [6]. Ezek ismeretében a numerikus szimulációk segítségével meg tudjuk határozni a vizsgált alkatrészünk gyenge pontjait és túlméretezett részeit. A szimuláció eredményei alapján pedig módosíthatunk a geometrián, úgy, hogy az könnyebb, merevebb, stb. legyen. Ezt a lépést az újabb CAD és végelelemes szoftverek segítségével már automatizálhatjuk is, továbbá alakoptimalást, topológia optimalást is végezhetünk az alkatrészünkön [7]. A mérnöki tervezőrendszerek ma már lehetővé teszik a

mesterséges intelligencián alapuló ún. generatív designt is, amivel egy az igénybevételekkel szemben leginkább merev és legkisebb (vagy adott célértékű) tömegű alkatrész-kialakítást hozunk létre. Egy ilyen generatív tervezés eredménye látható az 1. ábrán.



1. ábra. Tengelycsonk kialakítás generatív design után

Az ábrán jól megfigyelhető, az eredményül kapott geometria komplex alakja. Csekély gyártástechnológiai ismeretekkel is azonnal belátható, hogy ezt az alakot kizárólag additív gyártástechnológiával lehet megvalósítani. Érdeemes ugyanakkor azt is megvizsgálni, hogy bár a darab legyártható, a geometriai méretek

pontos betartásához jelentős mértékű támaszanyag generálása is szükséges. Ez jelentősen növeli a gyártási idő- és anyagszükségletet egyaránt, ami a költségek növekedéséhez vezet [8]. Túl a költségek növekedésén további nehézséget okozhat a támaszték eltávolítása is. Tehát a túl sok finom és apró részlet ezáltal rendkívül gazdaságtalanná teszi a gyártást és megkérdőjelezi a gyárthatóságot is (vékony részek eltörhetnek a támaszték eltávolítása során). Ezért adott esetben célszerűbb lehet a megfelelő szilárdság és tömeg arány elérése érdekében inkább a belső kitöltés megfelelő módosításával operálni.

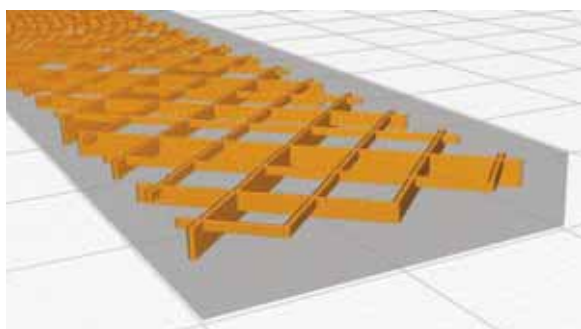
2. MÓDSZER

Egy egyszerű hajlított tartó esetét megvizsgálva a 2. ábrán is látható, hogy a szélső szálak (húzott illetve nyomott szálak) környezetében a feszültségek igen nagyok, míg középen, a semleges szál környékén a feszültségek értéke szinte zérus.



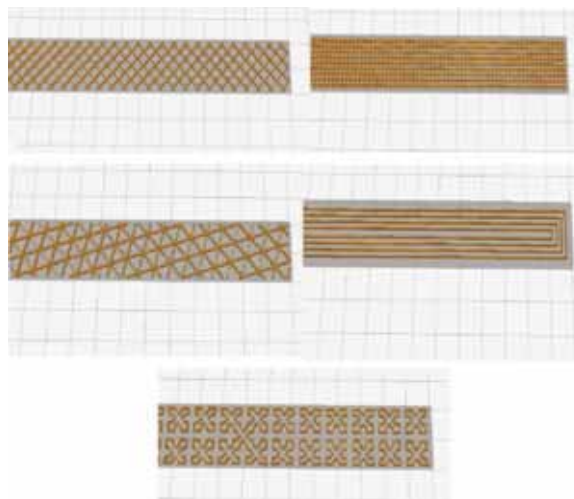
2. ábra. Feszültségeloszlás hajlított tartón

Ez alapján logikusnak tűnik, hogy a terheletlen részeket akár üresen hagyjuk (üreges kialakítás), míg a terhelt részeket tömör anyagból nyomtassuk. Ugyanakkor van lehetőség a belső kitöltöttség változtatására is.



3. ábra. Lépcsőzetes kitöltés

További szabadságot ad számunkra a kitöltés mintázatának, irányultságának változtatási lehetősége is.



4. ábra. Azonos sűrűségű, de különböző irányultságú és mintázatú kitöltések

Fontos azonban megjegyezni, hogy ezeket a kitöltési paramétereket csak a gyártásszimulációs, kódgeneráló szoftverben tudjuk megadni, így csak távoli becsléseket tehetünk a várható merevséggel kapcsolatban. A pontos számításokhoz szükséges lenne a kitöltési mintázatot egy CAD szoftverrel létrehozni, majd numerikus szimulációkkal validálni annak megfelelőségét.

Egyes kitöltési mintázatok és azok paramétereinek szilárdságra gyakorolt hatásának ismeretében lehetőség van a lépcsőzetes kitöltöttség megfelelő elhelyezésével az optimális kitöltést generálni. Ehhez először a végeelemes analízis során kapott eredményekből az ún. iso surfaceket (azonos feszültségintű felületek) kell megjeleníteni, majd ezen felületek által meghatározott helyen kell a kitöltési szinteket váltani.



5. ábra. Azonos feszültségértékhez tartozó szintek megjelenítése

A belső kitöltéssel történő szilárdság-módosítás nagy előnye, hogy így nem lesznek apró részletek a darabon, amiről a támaszték eltávolítása igen nehézkes és költséges lehet [9].

3. EREDMÉNYEK

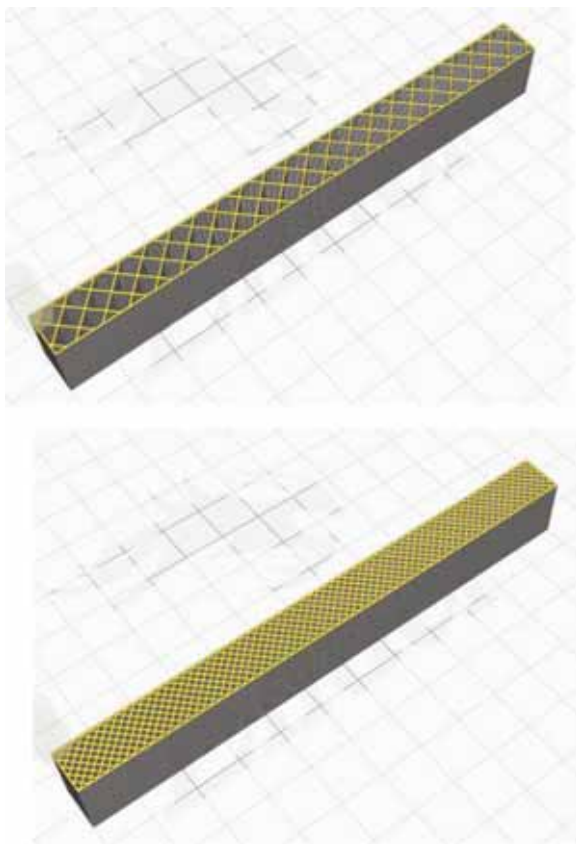
Ugyanezen vizsgált próbatest generatív designnal létrehozott topológiája látható a 6. ábrán.



6. ábra. Generatív design után kapott geometria

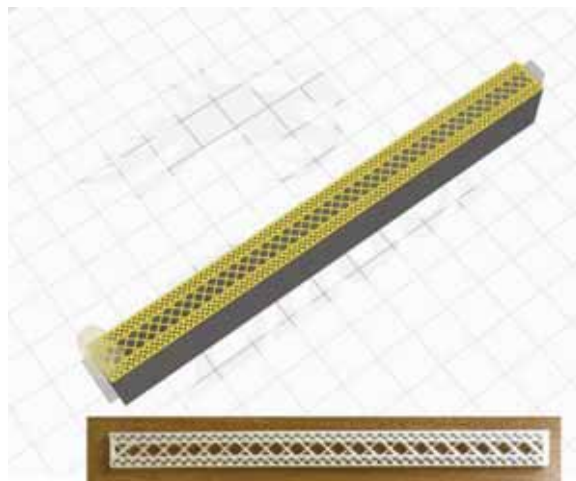
A 6. ábrán jól megfigyelhető, hogy a kapott geometria - bár mechanikai szempontból valószínűleg megfelelő - gyártástechnológiai szempontból sok nehézséget okozhat. Additív gyártástechnológiával ugyan létrehozható a geometria, valószínűleg a vékony részek sok támasztékot igényelnek, aminek kettős hatása van. Egyrészt növeli a gyártási költségeket (több anyag, több idő, másrészt annak utólagos eltávolítása nem biztos, hogy megoldható az alkatrész sérülése nélkül).

A 7. ábrán látható néhány különböző mértékű kitöltéssel tervezett hajlító próbatest.



7. ábra. Különböző mértékben történő kitöltés

Ugyanakkor, ha megvizsgáljuk pl. a 2. ábrán látható próbatestet, akkor láthatjuk, hogy nem egyenletes kitöltésre lenne szükségünk, hiszen a szélső szálakban nagy, míg a semleges szál környezetében kis feszültségek lépnek fel. Ezt felismerve létrehoztunk egy hibrid (több különböző kitöltéssel rendelkező) próbatestet, amint azt a 7. ábrán is láthatjuk.



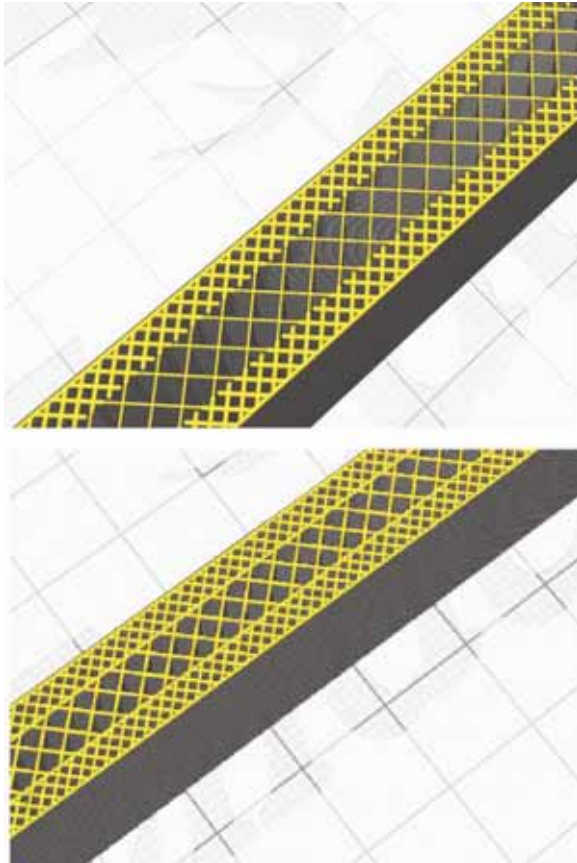
8. ábra. Hibrid kitöltés a gyártásszimulációs szoftverben és egy valós kinyomtatott darab esetében

A 8. ábrán jól megfigyelhető, hogy míg a széleken sűrűbbre vettük a kitöltést, addig a belső, kevésbé terhelt részekben ritkásabb a kitöltés.

4. ANALÍZIS

Az eredményeket megvizsgálva megállapíthatjuk, hogy az alkatrészek teherbírását és tömegét egyaránt jelentős mértékben befolyásoló kitöltés szinte tetszőlegesen kialakítható. Ezáltal gyakorlatilag egy optimalizálást tudunk végezni úgy, hogy a gyártás utáni, igen költségigényes lépések (támasztékok eltávolítása, tisztítás) idő- és munkaigényét nagy mértékben le tudjuk csökkenteni. Fontos megjegyezni ugyanakkor, hogy a megfelelő optimalizálás elvégzéséhez a kitöltés tulajdonságainak szilárdságra gyakorolt hatását pontosan kell ismerni.

Továbbá ezeken felül olyan nagy valószínűséggel döntő kérdésekre is választ kell tudjunk adni, hogy a különböző kitöltések közés szeretnénk falat húzni vagy sem. A 9. ábrán látható módon jelentős különbségek lehetnek a fallal és fal nélkül történő kitöltésbeli átmenetnél.



9. ábra. Hibrid kitöltés a gyártásszimulációs szoftverben és egy valós kinyomtatott darab esetében

Érdemes megfigyelni, hogy a fal nélküli esetben a váltásnál a kitöltés nem csatlakozik semmihez. Ezáltal valószínűsíthetően a terhelés felvételben, átadásban ez gondot fog okozni. A fal nélküli esetben létrejövő - valószínűsíthető - terhelhetőség csökkenés egy érdekes kísérlet lehet a jövőre nézve, azaz a fal nélküli átmenet használata előtt annak részletesebb vizsgálata szükséges.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az additív gyártástechnológiák folyamatos térnyerésének köszönhetően a technológia folyamatosan fejlődik, ezért újabb és újabb megoldáselvek válnak elérhetővé a felhasználók számára. Napjainkban az egyedi, vagy kis szériás gyártás esetén is egyre gyakrabban alkalmazzuk a 3D nyomtatást. Cél, hogy minél egyszerűbben, gyorsabban és olcsóbban gyártsunk megfelelő teherbírással rendelkező alkatrészeket. Ehhez a kitöltés módosítási lehetőségeit vizsgáltuk meg, azoknak a tömegre, szilárdságra, költségekre gyakorolt várható hatásait elemeztük. Fontos, megjegyezni, hogy rendkívül sok módosítási lehetőség adott, a megfelelő méretezéshez sok szimulációra, valamint a szimulációk valós

modelleken történő validálására van még szükség, mindezek mellett fontos a lehetőségek teljeskörű kihasználása illetve az ehhez szükséges gondolkodásmód oktatása és elsajátítása.

6. IRODALOM

- [1] Ficzer P., Horváth Á. M., Sipos T.: Elalvásos balesetek csökkentési lehetősége additív gyártási eljárással fejlesztett kapszulák segítségével, *Közlekedéstudományi Szemle* 70 : 1 pp. 77-85., (2020), <http://doi.org/10.24228/KTSZ.2020.1.3>
- [2] Ficzer P.: Design Questions of the Individual Medical Implants, In: Háber, István Ervin; Bogdán, Csaba; Szőke, András (szerk.) *Proceedings of the 4th International Interdisciplinary 3D Conference : Engineering Section - Pécs, Hungary, October 5-6, 2018*, Pécs, Magyarország : University of Pécs, (2018) pp. 57-67.
- [3] Ficzer P., Borbás L., Falk Gy.: Csont anyagtulajdonságainak megfelelő anyagmodellek előállítása additív gyártástechnológiákkal, *BIOMECHANICA HUNGARICA* 11 : 2 pp. 77-83., (2018), DOI: 10.17489/2018/2/1
- [4] Ficzer P., Borbás L., Falk Gy., Szebenyi G.: Experimental determination of material model of machine parts produced by Selective laser sintering (SLS) technology, *Materials Today: Proceedings* 5 : 13 pp. 26489-26494., (2018), <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.08.104>
- [5] Ficzer P.: Experimental Dynamical Analysis and Numerical Simulation of the Material Properties of Parts Made by Fused Deposition Modelling Technologies, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 48(3), pp. 221-225. (2020), <https://doi.org/10.3311/PPtr.13947>
- [6] Ficzer P., Lukács N. L.: Influence of 3D printing parameters, *IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING* 903 Paper: 012008 , 7 p. (2020), doi:10.1088/1757-899X/903/1/012008
- [7] Györi M., Ficzer P.: Use of Sections in the Engineering Practice, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 45(1), pp. 21-24. (2017), <https://doi.org/10.3311/PPtr.9144>
- [8] Ficzer P., Borbás L., Török Á.: Economical Investigation of Rapid Prototyping, *International Journal for Traffic and Transport Engineering* 3 : 3 pp. 344-350.,(2013), DOI: 10.7708/ijt.2013.3(3).09
- [9] Ficzer P.: Alkatrészek munkatérben történő elhelyezésének a gyártási költségekre gyakorolt hatása additív gyártástechnológiák esetén, *GÉP* 70 : 3 pp. 26-29. , 4 p. (2019)