

Belső kitöltés hatása 3D nyomtatott alkatrészek mechanikai tulajdonságaira

Effect of different infills of the mechanical properties of 3D printed parts

BALOGH Gábor¹, GILLANI Syed Musa Hassan¹

¹Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Debrecen, Ótemető utca 2-4.
<https://mecheng.unideb.hu/>

Abstract

Nowadays, due to the extreme development of additive manufacturing technologies, there is a demand on both research and production side that these components are used as load-wearing elements for a given structure in the prototype stage, as well as in the so-called pre-production stage of the production process. Since we now have sophisticated 3D simulation program systems that can handle the material problems arising from additive manufacturing, it is possible to model the entire mechanical behaviour of the component manufactured with additive technology, as well as thermal and dimensional analysis. During the analysis, we can change the internal space filling of the material in the zones exposed to particularly high loads - thanks to the flexibility of the production technology, thereby modifying the mechanical properties, both locally and on average. As a result, it becomes necessary to create a database based on material test results, which can form the parameters related to the various internal fillings, and later a parameter system.

Keywords: 3D printing, Mechanical testing, Simulation, Measurement, Additive manufacturing

Kivonat

Napjainkban az additív gyártási technológiák robbanásszerű fejlődésének okán felvetődik olyan irányú igény is mind kutatási, mind gyártási oldalon, hogy ezek az alkatrészek, mint teherviselő elemek legyenek felhasználva egy adott szerkezetenél a prototípus szakaszban, valamint az ún. pre-production szakaszban a gyártási folyamatnál. Mivel ma már rendelkezünk olyan szofisztikált 3D szimulációs programrendszerekkel, melyek képesek kezelni az additív gyártásból adódó anyagproblémákat, így megvalósítható az additív technológiával gyártott alkatrész teljes mechanikai viselkedésének modellezése, továbbá hőtani és dimenzióanalízise is. Az elemzések során a különösen nagy terheléseknek kitett zónákban tudjuk változtatni – a gyártási technológia flexibilitásának köszönhetően – az anyag belső térkitöltését, ezzel módosítva a mechanikai tulajdonságokat, mind lokálisan, mind átlagban is. Ezáltal szükségessé válik egy olyan anyagvizsgálati eredményeken alapuló adatbázis létrehozása, mely a különböző belső kitöltésekkel kapcsolatos paramétereket, később már paraméterrendszert alkothat.

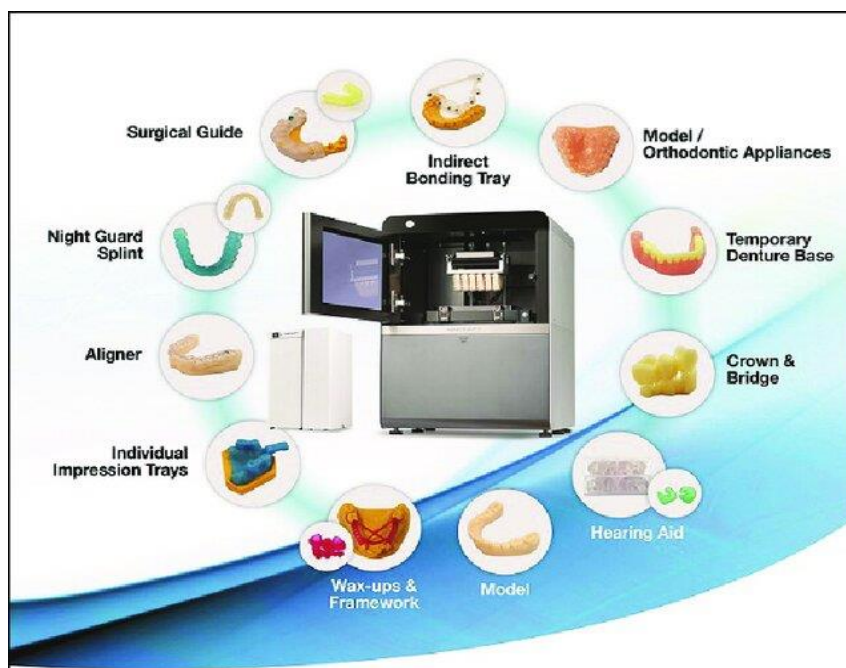
Kulcsszavak: 3D nyomtatás, Mechanikai anyagvizsgálatok, Szimuláció, Mérés, Additív gyártás

1. IRODALMI HÁTTÉR, A TÉMA KUTATHATÓSÁGA

Az utóbbi években az additív gyártás elterjedése felgyorsult, a technológia egyre érdekesebbé válik az orvostudomány számára is. A humán implantátumoknál az additív gyártási technológia csökkenti a költségeket, és egyre több ember számára könnyíti meg a protézishez jutást. Az ilyen protézisek tömeggyártása nem megoldható (szem, fül, orr) emiatt az egyedi gyártás az árat erősen befolyásolta. Minden protézist egyénre kell szabni a beteg egyéni sajátosságaihoz. A 3D nyomtatás használata számos más területen is elterjedt, mivel lehetővé teszi a felhasználó számára, hogy nagy pontossággal összetett formákat készítsen. A 3D nyomtatás jövője, hogy akár az emberi bőr is kinyomtatható vele, a szív és érrendszeri betegségek gyógyításában használhatóvá válhat, ezáltal a technológia jövője biztosított. A 3D szkennelés nem csak az orvostudományban használható, jelenleg a fogászatban is használják a 3D nyomtatás mellett protézis csapok készítésére. Ez a technológia az ellátási lánc problémáit is kezelheti az orvosi berendezésekkel kapcsolatban, ami gyorsabb és

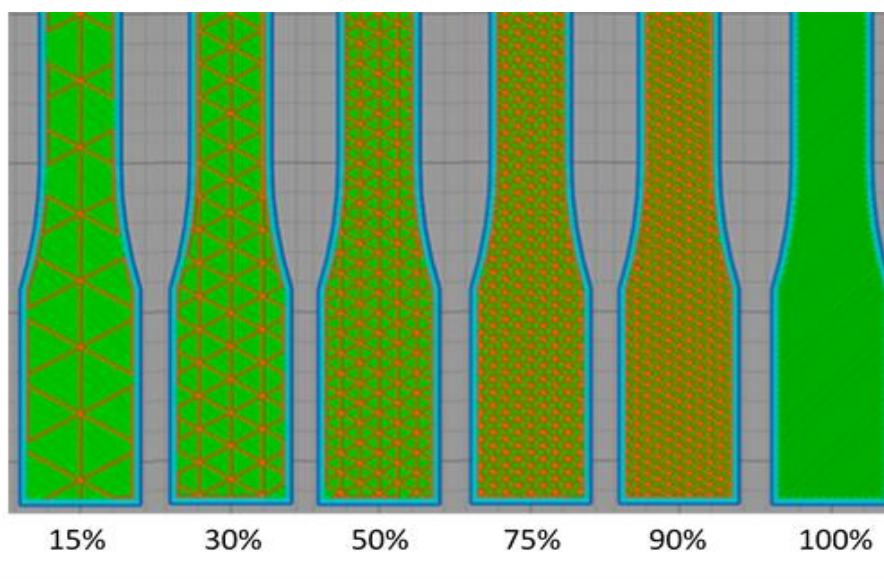
olcsóbb gyártást tesz lehetővé. Az Oregon Health & Science University csapata olyan olcsó modellt hozott létre, amely 3D nyomtatási technológiákkal gyártható. A lélegeztetőgép költsége 10 dollárra csökkenhet az anyaggal együtt.[1][2][3]

Az építőiparban is hasznos, lehetővé téve a házak gyorsabb és olcsóbb gyártását. Az építőiparban az additív gyártás megoldhatja a hidak készítésének problémáját, és lehetővé teszi gyorsabb és olcsóbban előállítható hidak építését. Hamarosan a 3D nyomtatási technológiák fejlődése lehetővé teszi számunkra, hogy fejlesszük az autóipart, lehetővé téve azt, hogy gyorsabb, olcsóbb és könnyebb autókat készítsünk. Sok haladó szellemű vállalat igazolja a koncepciót a hibrid gyártás használatával, amely az additív gyártás és a hagyományos gyártási módszerek kombinációja. Néhány csúskategóriás autógyártó cég 3D nyomtatást használ erősebb és könnyebb alkatrészek előállításához. Példa erre az új Bugatti Bolide, amelynek néhány 3D-nyomtatott alkatrésze 0,1 mm-es pontossággal nyomtatott. [1][2][3]



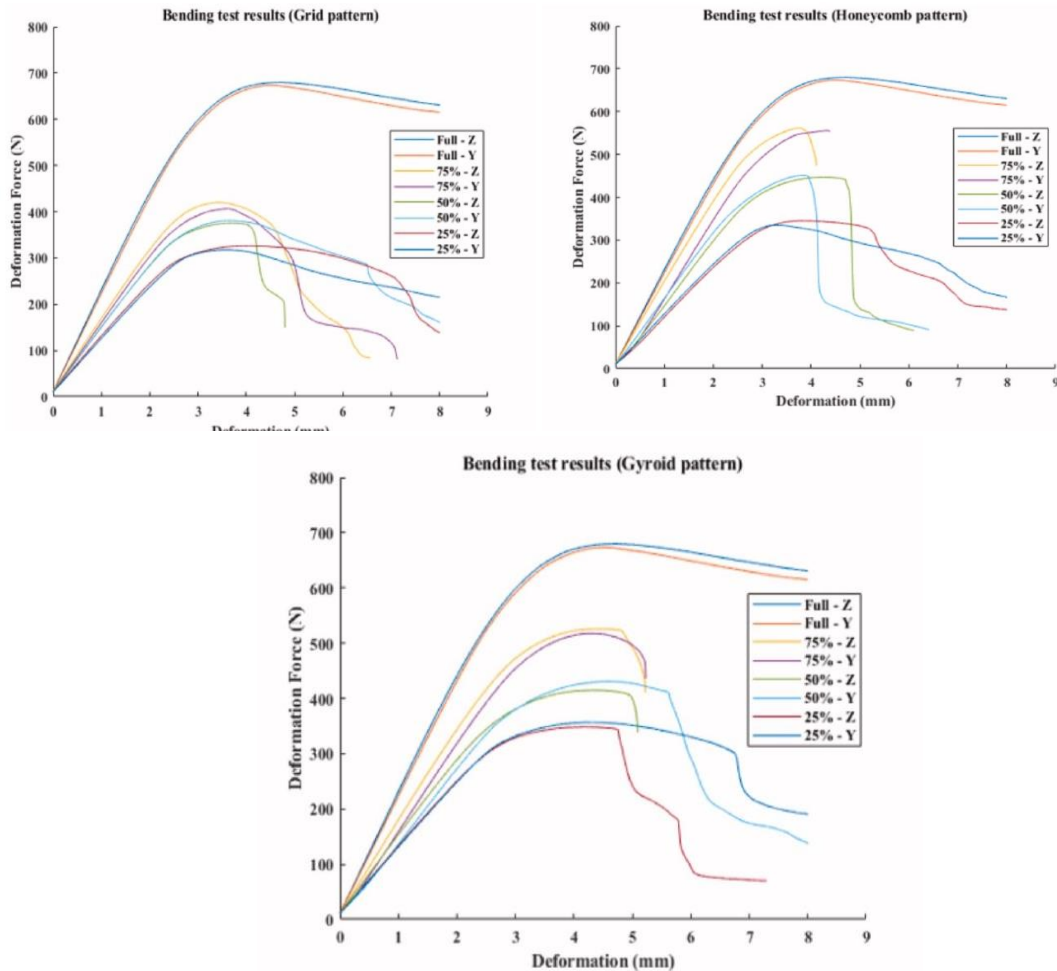
1. ábra
3D nyomtatás alkalmazási területei [3]

2. A BELSŐ KITÖLTÉS HATÁSA A SZILÁRDSÁGRA



2. ábra
Különböző százalékarányú belső kitöltések [6]

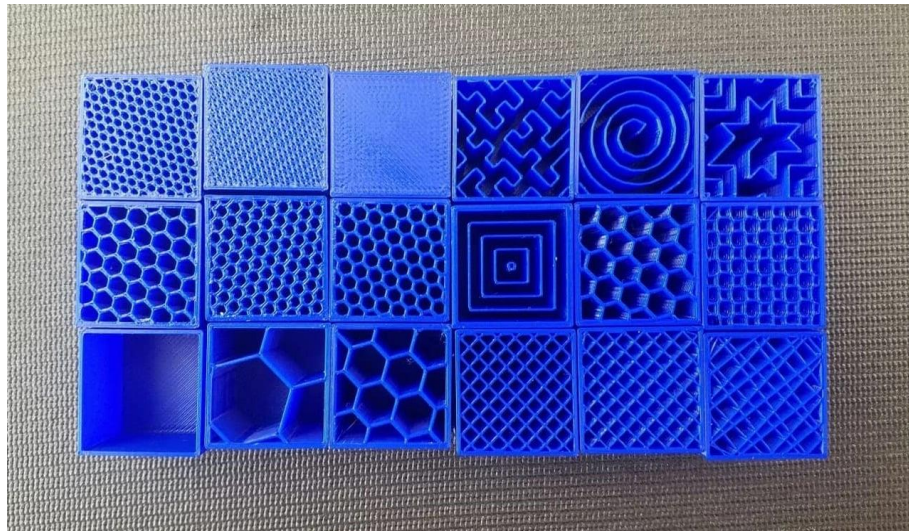
A 3D nyomtatás lehetőségei szinte végtelenek. Az belső kitöltéshez (infill) használt anyagok különbözőek is lehetnek és a kitöltés alakrajzosságai is eltérhetnek. A kitöltési sűrűség a 3D modell szoftverrel való szeletelése során választható ki. A belső kitöltéssűrűség és a mechanikai szilárdság összehasonlítása során kiderült, hogy az anyag nyomtatása tovább tart a kitöltés sűrűségének növekedésével. A kitöltési sűrűség növekedésével az alkatrész mechanikai szilárdsága is nő; a nagyobb kitöltési százalékok javítják a mechanikai paramétereket ám növelik a felhasznált anyag mennyiségét. Néhány kísérletet is végeztek annak felmérésére, hogy a kitöltési sűrűség változása milyen hatással van a 3D-nyomtatott anyag szilárdságára. A mechanikai tulajdonságokban jelentős változást nem észleltek. Az anyag rugalmassága a rétegvastagság növekedésével csökken. A húzó- és hajlítószilárdság az nyomtatási sebesség növekedésével csökken. Ahogy a vizsgálati minta és az alap építőlemez közötti szög nő, a minta mechanikai ellenállása csökken. Az alábbiakban szemléltetjük a kitöltési sűrűség hajlítószilárdságra gyakorolt hatását. [4][5][6][7]



3. ábra

A Szilárdsági jellemzők változása a kitöltés és a különböző kitöltésgeometria függvényében[4]

A különböző kitöltések esetén az eredményekben szereplő Hilbert-görbe az anyagok szilárdságát mutatja 80%-os kitöltési sűrűségnél, archimédeszi (70,07 MPa), vonal (73,84 MPa), egyenes vonalú (78,88 MPa), méhsejt (62,56 MPa), oktagram spirál (60,01 MPa). A változó sűrűségű próbatesteket elemezték, ahol ellenőrizték a mechanikai tulajdonságokat, és elvégezték a kis sebességű kompressziós vizsgálatokat, valamint az ütőpróbákat és hajlító próbákat. A kitöltés szilárdsága az érintkezési pontoktól függ. [3][4][5][6][7]



4. ábra

A Ultimaker CURA szoftverrel elérhető kitöltési geometriák [5]

3. AZ ELSŐ KÍSÉRLETEINKHEZ HASZNÁLT PRÓBATESTEK VIZSGÁLATA

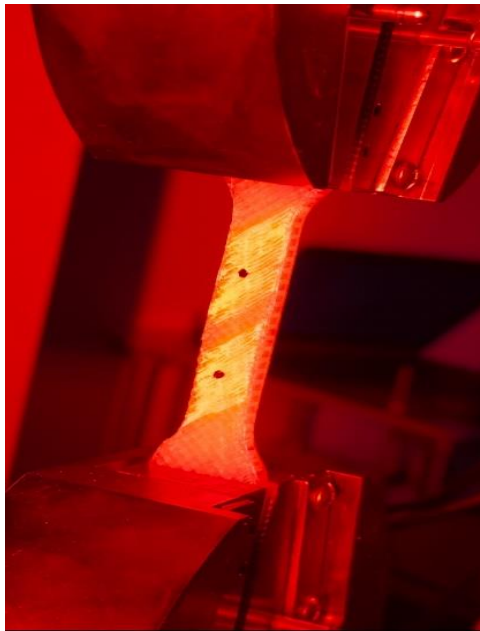
Összesen 14 féle belső kitöltést vizsgáltunk meg, 10x3 mintával kitöltéssűrűségként. A szakirodalmi kutatások alapján ilyen átfogó vizsgálatot nem végeztek még el, többnyire néhány kitöltési típusra korlátozták a vizsgálati sort. Valamennyi mintát mindkét végén megjelöltük, a relatív nagy mintaszám miatt, hogy biztosítsuk az utólagos azonosíthatóságot. Minden mintánál megmértük, és az Instron Bluehill szoftverben minden esetben rögzítettük a jelöltük a kiindulási hosszmeretet, szélességet és magasságot, a vizsgálat közbeni hosszváltozást érintésmentes (Instron AVE 2) extenzométerrel mértük.



5. ábra

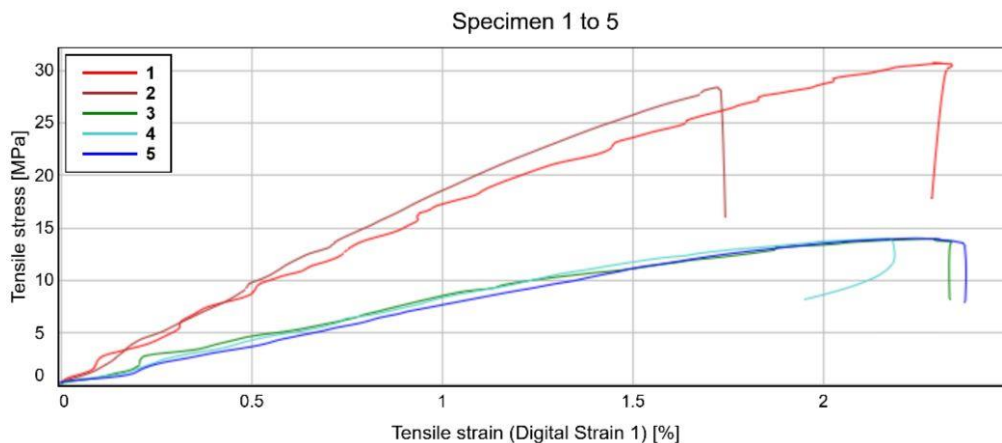
Vizsgálati próbatest

Az előkészítés és az adatok bevitele után a próbatesteket a szakítógépbe helyeztük, majd előfeszítettük és elvégeztük az erőmérő cella nullázását. Miután az extenzométer észlelte a megfelelő pontokat, megtörtént a kalibrálás, elvégeztük a szakítóvizsgálatot. A szakítógép szoftvere minden adatot rögzített. Az adatokat ezután tudtuk összesíteni és kiértékelni.



6. ábra
Szakítóvizsgálat

Az első próbamérések során már értékelhető különbségek adódtak a különböző belső kitöltések esetén. Az alábbi ábrán egy példa látható a jelenségre.



7. ábra
A belső kitöltés hatása a szakítószilárdságra

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A kezdeti vizsgálatok rendkívül biztató eredménnyel zárultak, így tovább fogjuk folytatni ebben az irányban végzett kutatómunkát, ezáltal egy adatbázis is elkészülhet a vizsgálatok végeztével (természetesen figyelembe kell venni az additív gyártóeszköz, és az alapanyag egyedi sajátosságait is) így a későbbiekben a különböző kitöltések optimalizálva kombinálhatóak már az additív gyártással gyártandó alkatrész tervezési fázisában.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Bugatti. (n.d.). Bugatti refines 3D printing to perfection. {online} <https://www.bugatti.com/media/news/2021/bugatti-refines-3d-printing-perfection-with-accuracy-as-fine-as-01mm/>
- [2] Hamill, S. (2020). How 3D Printing is Key to The Automotive Industry's Future - 3DSourced. 3DSourced. {online} <https://www.3dsourced.com/feature-stories/3d-printing-automotive-industry/>
- [3] 3D Printing in Dentistry-Sculpting the Way It Is. (2018, July 4). ResearchGate. {online} https://www.researchgate.net/publication/326173534_3D_Printing_in_Dentistry-Sculpting_the_Way_It_Is/citations
- [4] Birosz, M. T., Ledenyák, D., & Andó, M. (2022). Effect of FDM infill patterns on mechanical properties. *Polymer Testing*, 113, 107654. {online} <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2022.107654>
- [5] Effect of infill pattern and infill density on mechanical behavior of FDM 3D printed Parts- a current review. (2022, March 1). ResearchGate. {online} https://www.researchgate.net/publication/359098773_Effect_of_infill_pattern_and_infill_density_on_mechanical_behaviour_of_FDM_3D_printed_Parts-_a_current_review
- [6] Hickey, K. (2021). Tensile Testing. AHSS Guidelines. {online} <https://ahssinsights.org/forming/testing-characterization-forming/tensile-testing/>
- [7] Johnson, G. A. (2018, July 30). Evaluation of Infill Effect on Mechanical Properties of Consumer 3D Printing Materials. {online} <https://ojs.imeti.org/index.php/AITI/article/view/1010>