

# SLS ELJÁRÁSSAL ELÉRHETŐ ANYAGJELLEMZŐK EGYÉNRE SZABOTT ORVOSI IMPLANTÁTUMOK MÉRETEZÉSÉHEZ

## MECHANICAL STRESSING OF INDIVIDUAL MEDICAL- BIOLOGICAL IMPLANTATIONS MADE BY SELECTIVE LASER SYNTERING

*Ficzere Péter, PhD, ficzere@kge.bme.hu*  
*Szebenyi Gábor, PhD, szebenyi@pt.bme.hu*  
*Lovas László, PhD, lovas@kge.bme.hu*  
*Borbás Lajos, PhD, borbas@kge.bme.hu*

**ABSTRACT.** By the additive manufacturing procedures we can create the geometry of an individual medical- biological implantation. To the mechanical stressing we need to know which material law can be used. According to the expected stresses we investigated the behavior and the load capacity of models made by selective laser syntering.

### 1. BEVEZETÉS

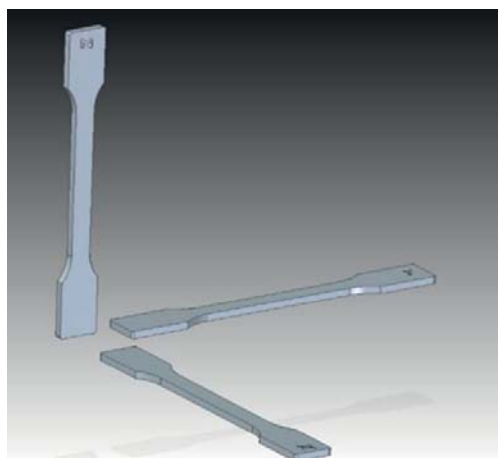
Az additív gyártástechnológiák térnyerésével és fejlődésével felhasználási területük is egyre széleskörűbbé vált. Az egyik legdinamikusabban fejlődő terület az orvosi alkalmazás, ahol többek között egyénre szabható implantátumok fejlesztéséhez használnák. Ilyen célra való felhasználáshoz lényeges, hogy a megfelelő geometria adott pontossággal legyen előállítható és az implantátum anyaga is megfeleljen bizonyos elvárásoknak. Ez azt jelenti, hogy azon túl, hogy adott, várható igénybevételeket elvisel, az anyag rugalmasságának is közelítenie kell az eredeti pótlandó csont, vagy csont rész rugalmassági modulusát. Amennyiben rugalmassági szempontból alul méretezzük az implantátumot, úgy a terhelés hatására a deformációk mértéke túl nagy lesz, ezzel az ember elveszítheti stabilitását. Túl merev protézis esetén pedig annak környezete kell, hogy felvegye a deformációt, ami hosszútávon az implantátum környezetének tönkremeneteléhez vezet. Ezért különösen fontos, hogy az implantátumok anyagtulajdonságaival tisztában legyünk.

A szükséges geometria sok esetben csak additív gyártástechnológiával valósítható meg, így az adott eljárással elérhető

anyagminőségekkel is tisztában kell lennünk. Az egyik leginkább megbízható technológia a SLS (szelektív lézer szinterezés), ezért az ilyen eljárással elérhető anyagmodellt és anyagjellemzőket vizsgáljuk PA alapanyag esetén.

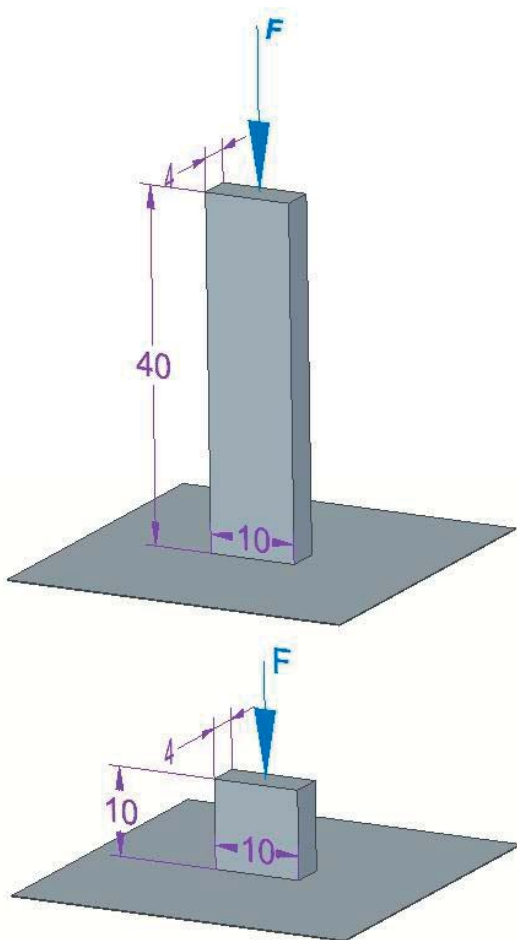
### 2. MÓDSZER

Az additív gyártás lényege a rétegről rétegre történő építkezés. Korábbi tapasztalataink alapján feltételezzük, hogy az anyagjellemzők egy rétegen belül azonosak, de az erre merőleges irányban, az építés irányában már ettől eltérőek [1], [2]. Ilyen esetekben az alkatrészek méretezéséhez orthotrop anyagmodell használandó [3]. Ahhoz, hogy el tudjuk dönteni, hogy egy adott technológia, adott anyaggal milyen anyagmodellel leírható viselkedésű alkatrészt eredményez, szükségünk van az anyagjellemzők meghatározására a fő építési irányokban. Ehhez szabványos szakítópróbatesteket készítettünk x, y és z irányokban (1. ábra).



1. ábra Fő építési irányokban gyártott próbatestek

Az így kapott próbatesteken szakítóvizsgálatokat végezve megkaphatjuk az anyag viselkedésének leírására alkalmas rugalmassági modulus, és a terhelhetőségre jellemző szakítószilárdságot. Az implantátumok esetében a fő igénybevétel leggyakrabban a nyomóterhelés, ezért hasznos lehet az anyag nyomó igénybevételi jellemzőinek meghatározása is. A nyomóirányban a rugalmassági modulus elvileg azonos a húzó rugalmassági modulussal, de - a rétegről rétegre való építkezés miatt - a nyomószilárdság értéke a szakítószilárdság értékétől eltérhet. Ennek tisztázásához a 2. ábrán látható szabványos nyomó próbatesteket készítettünk.



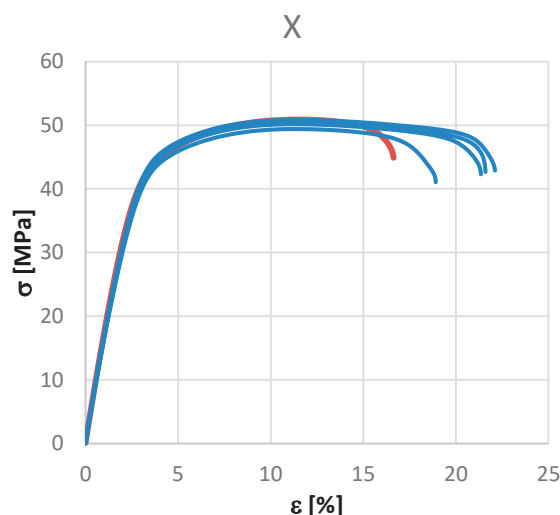
2. ábra Nyomópróbatestek modulushoz és szilárdsághoz

A 2. ábrán látható, hogy a szilárdság, valamint a rugalmassági modulus méréséhez különböző próbatesteket használtunk. A szilárdság méréséhez tartozó próbatest kicsi és merev, csak kis deformációt szenved, így a modulus érték leolvashatósága nem mindig megfelelő. A modulus

méréséhez készített próbatest pedig - alakjának köszönhetően - adott esetben még a szilárdsági határ elérése előtt kihajlik, így szilárdsági szempontból valótlán eredményt szolgáltat.

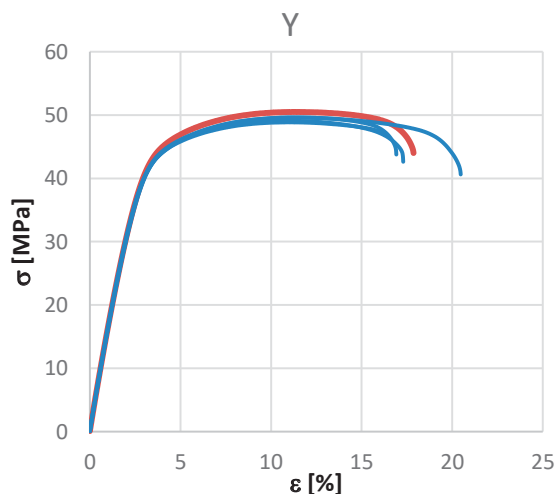
### 3. EREDMÉNYEK

A vizsgálatok elvégzése során az alábbi diagramokat kaptuk:



3. ábra X-irányban nyomtatott próbatest szakítódiagramjai

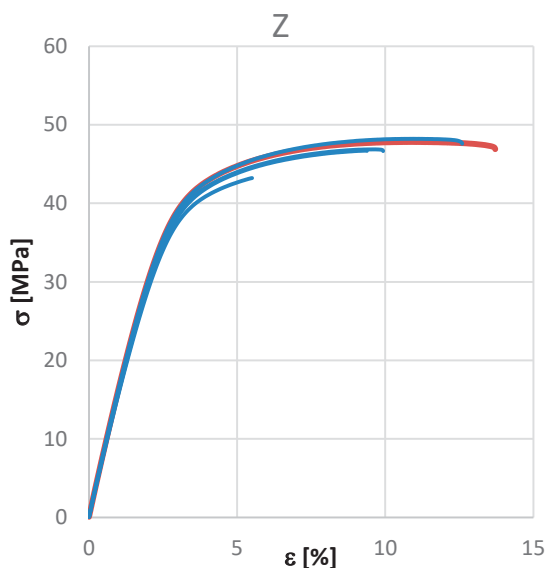
Az ábrán jól megfigyelhető a lineáris szakaszon az anyag homogenitása, a Hooke-egyenes részén a görbék gyakorlatilag azonosak.



4. ábra Y-irányban nyomtatott próbatest szakítódiagramjai

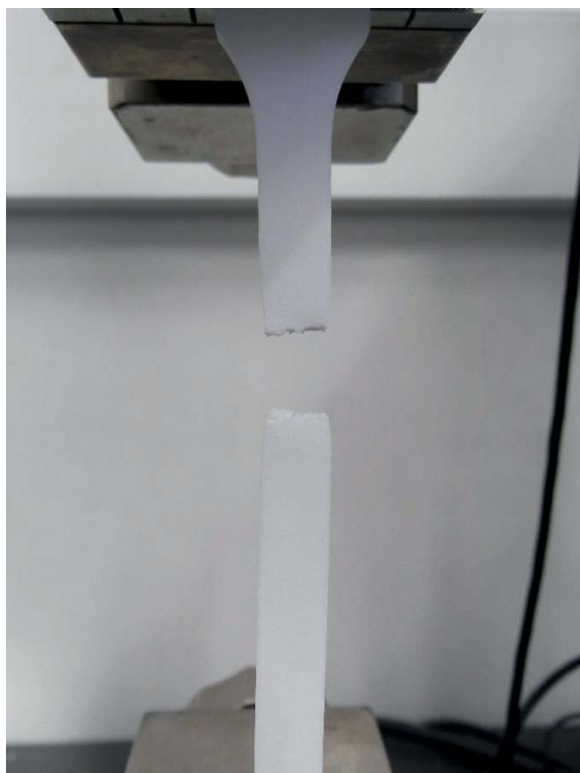
Az y irányban végzett vizsgálatok eredményei gyakorlatilag egybevágnak az x-irányban mért adatokkal mind jellegré, mind

pedig mértéküket illetően. Ezzel az anyagot – a feltételezésnek megfelelően - a síkban izotropnak tekinthetjük.



5. ábra Z-irányban nyomtatott próbatest szakítódiagramjai

Az 5. ábrán látható, hogy a z irányban végzett kísérletek esetében is hasonló jellegű eredményeket kaptunk, ugyanakkor a szakadási nyúlás esetében mértékbeli és jellegbeli eltérések is láthatóak.



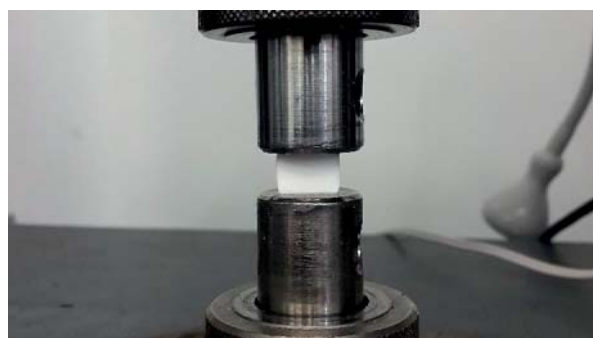
6. ábra SLS próbatest szakítóvizsgálata

A kapott eredményeket számszerűen összefoglaltuk az 1. táblázatban.

1. táblázat SLS eljárással készített anyag szakítóvizsgálati eredményei

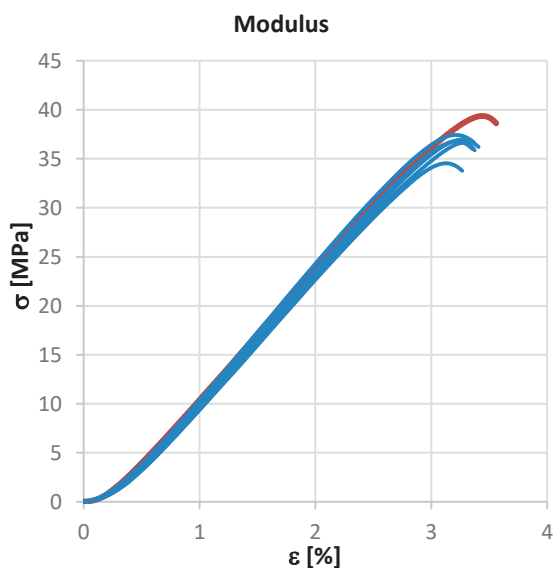
	Szakítószilárdság $R_m$ [MPa]	Rugalmassági modulus $E$ [MPa]
Fekvő (x-y)	$49.93615 \pm 0.9$	$1713.48 \pm 40$
Álló (z)	$47.4045 \pm 0.8$	$1661.039 \pm 30$

A nyomóvizsgálatok során elvileg hasonló eredményekre kellene jutnunk, mint a szakítás során.



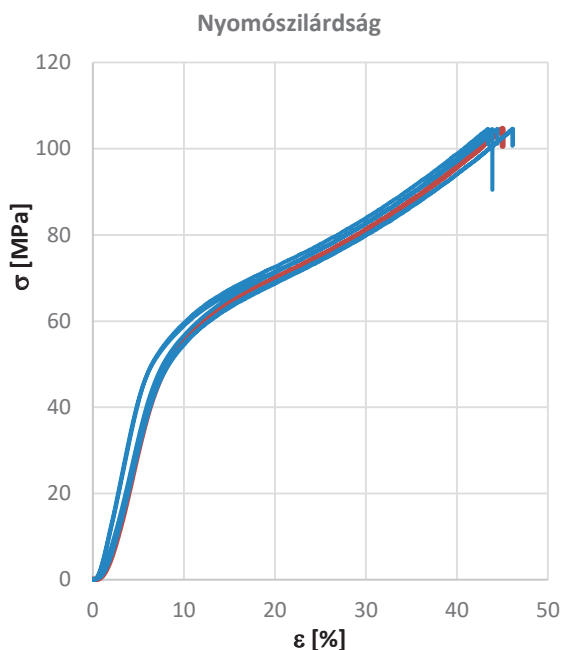
7. ábra Nyomószilárdság mérése

A nyomóvizsgálatokhoz csak egyféle irányban (függőlegesen álló, z) gyártottuk le a próbatesteket, mert a szakítóvizsgálatok során megállapítottuk, hogy az anyag gyakorlatilag izotropnak tekinthető.



8. ábra Nyomóvizsgálat során mért modulusok

A mért eredmények a modulus tekintetében a 8. ábrán láthatók. A szilárdsági vizsgálat (7. ábra) során kapott eredményeket a 9. ábrán látható diagramok reprezentálják.



9. ábra Nyomószilárdság mérése során felvett diagramok

A kapott értékeket számszerűen a 2. táblázat tartalmazza. A nyomószilárdságra vonatkozó értékeket az első, „kvázi” lineáris szakasz felső határánál állapítottuk meg.

2. táblázat SLS eljárással készített anyag nyomóvizsgálati eredményei

	Nyomószilárdság R <sub>m</sub> [MPa]	Nyomó rugalmassági modulus E [MPa]
Álló (z)	48,26 ± 2	1363 ± 27

#### 4. KÖVETKEZTETÉSEK

Megállapíthatjuk, hogy a nyomó rugalmassági modulus, valamint a nyomó szilárdság meghatározása során felvett diagramok kezdeti kiinduló szakaszán - a nyomott felületek tökéletlenségéből adódó – beállási pontatlanság látható.

Fontos megemlíteni, hogy a nyomóvizsgálat során a szilárdság értékének meghatározásánál nem következett be az anyag katasztrofális tönkremenetele (9. ábra), de egy bizonyos szint után

már a próbatest maradó alakváltozást (plasztikus zóna) szenvedett (7. ábra), ami egy beépítés esetén a szerkezet, vagy implantátum funkcionális tönkremeneteléhez vezethet.

A modulusok közti eltérést okozhatja az anyag porozitása, de a mérési pontatlanság is. Célszerű lenne a méréseket kersztfej elmozdulás helyett nyúlásmérő bélyegekkel megismételni.

Az SLS eljárás PA alapanyag felhasználása esetén, a húzó- és nyomóvizsgálatok eredményeképpen a következő megállapítások tehetők:

- A mérési eredmények a különböző irányokban gyártott próbatestek esetében nem mutattak lényeges eltérést, így az ilyen elven előállított alkatrészek, implantátumok anyagi jellemzői irányfüggetlenek. Ez azt jelenti, hogy a méretezés során használhatjuk az izotrop anyagok viselkedését leíró modellt. Ez a korábban vizsgált additív gyártástechnológiákkal szemben egyértelmű előnyt jelent.
- Az orvosi implantátumok esetében gyakran előforduló nyomóterhelésekre való méretezésénél a húzás során meghatározott szilárdsággal azonos értékkel számolhatunk. Ez azt is jelenti egyben, hogy az adott implantátum húzó-, illetve nyomó irányban azonos mértékben terhelhető.

#### 5. 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.

#### 6. IRODALOM

- [1] Ficzer, P., & Borbás, L.: (2010, September). Material law for numerical analysis of rapid prototype products. In Youth Symposium on Experimental Solid Mechanics.
- [2] Ficzer, P., & Borbás, L.: (2009). Gyorsprototípus készítő eljárással gyártott termékek anyagtulajdonságainak meghatározása végelemes analízis számára. GÉP, 60, 10-11.
- [3] Ficzer P.: Orthotrop anyagmodell alkalmazása additív gyártástechnológiával előállított alkatrész méretezése során [Usage of orthotrop material law for additive manufacturing in part design], GÉP LXVII:(5-6) pp. 78-81. (2016)