

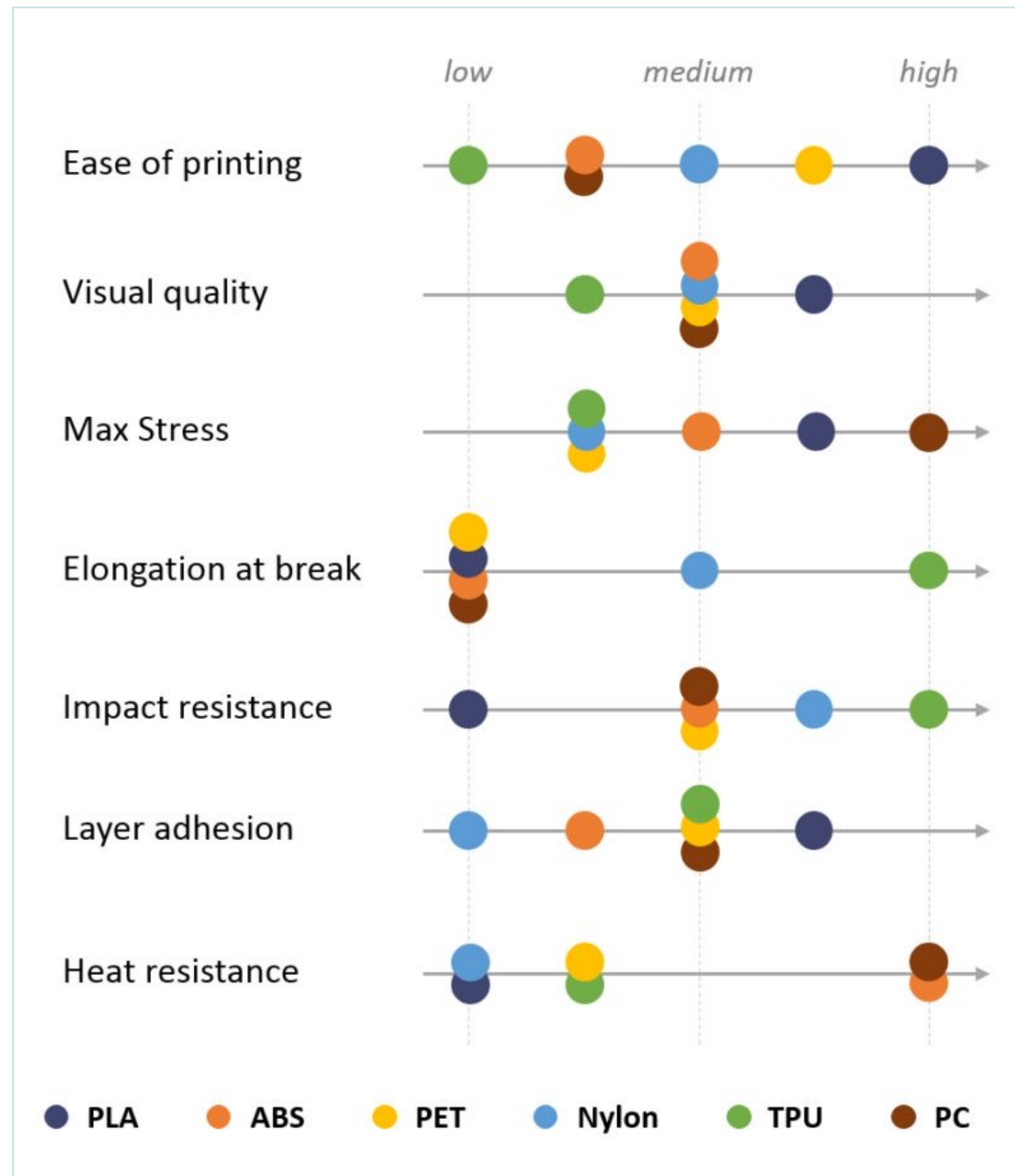
Dr. Palaszkó Dénes



A 3D nyomtatásban használt anyagok

Az FDM technológia anyagainak tulajdonságai

- Ugye milyen egyszerű 😊
- és ezek ötvözetei is kapható

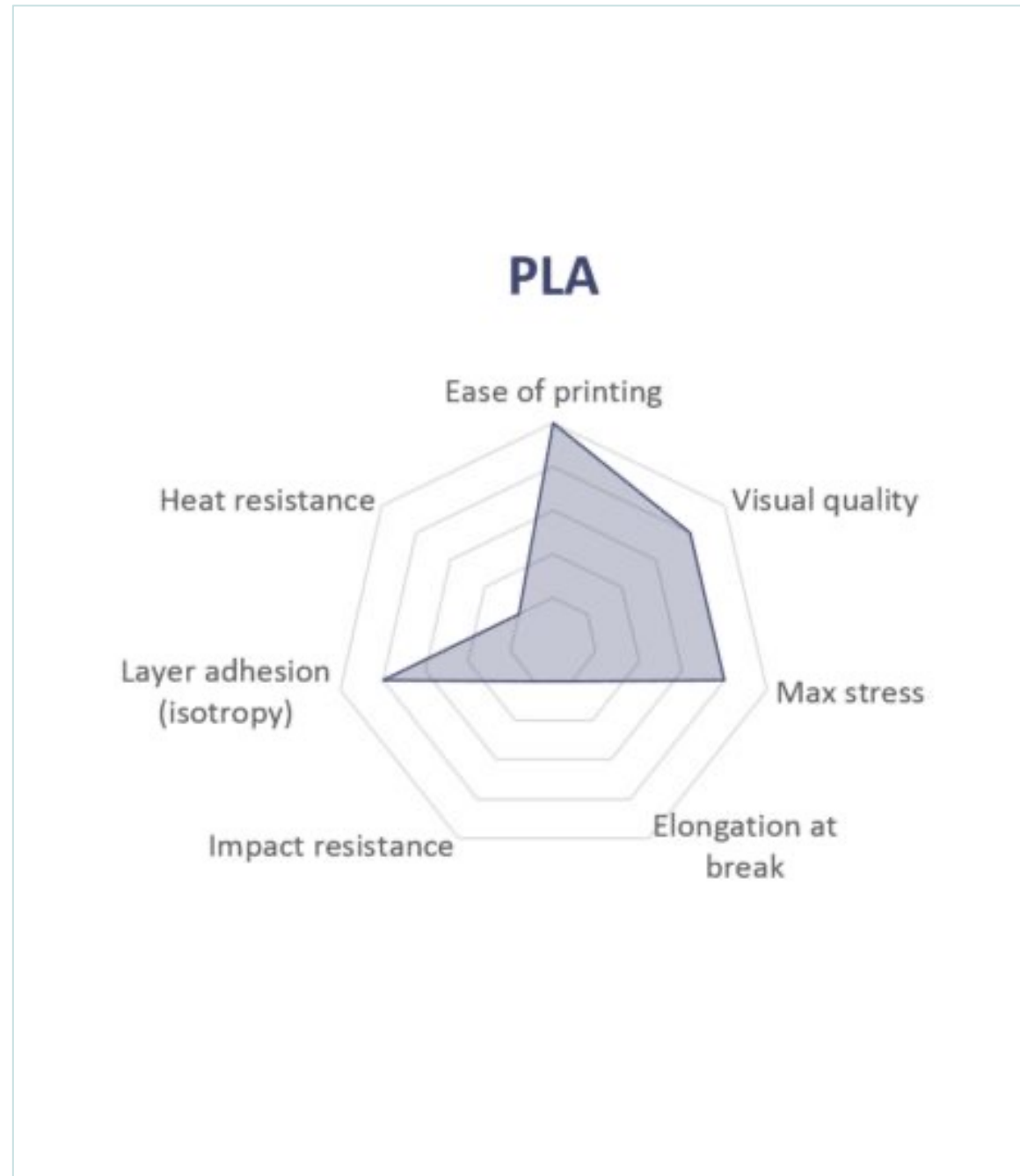


PLA

- Mi az a PLA?
- A PLA a legkönnyebben nyomtatható polimer, és jó vizuális minőséget biztosít. Nagyon merev és valójában elég erős, de nagyon törékeny.
- A PLA biológiai eredetű és biológiailag lebomló, jó UV-állósággal rendelkezik, csiszolópapírral utómunkálható és akrillal festhető. Kifejezetten szagtalan is. A másik oldalon a PLA alacsony nedvességállósággal rendelkezik, és nem ragasztható könnyen

politejsav

- <https://www.hubs.com/knowledge-base/fdm-3d-printing-materials-compared/>



ABS

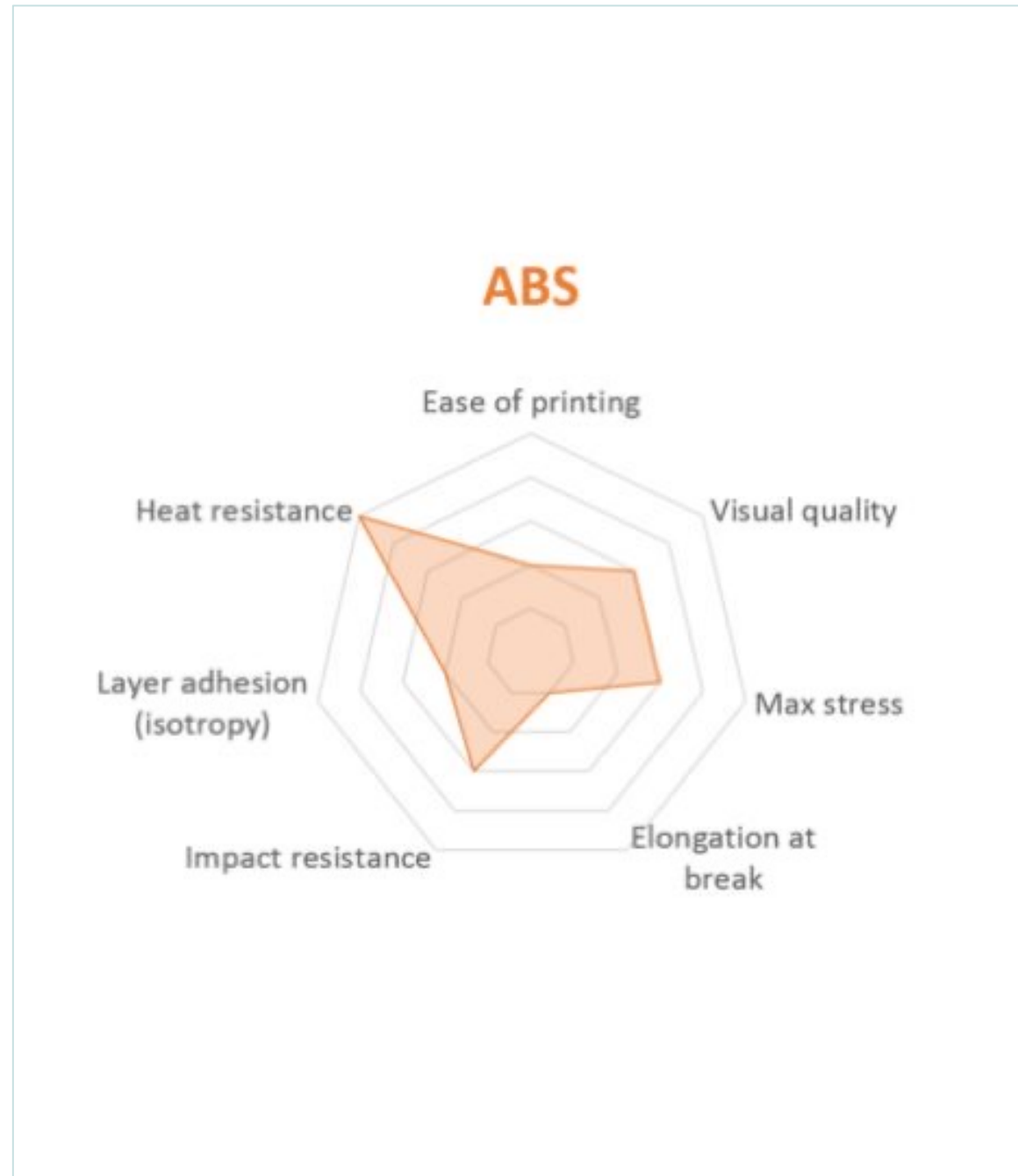
Mi az ABS?

Az ABS-t általában a PLA helyett választják, ha nagyobb hőállóságra és nagyobb szívósságra van szükség. Jó a kopásállósága, acetongőzökkel utómegmunkálható a fényes felület érdekében, valamint csiszolópapírral utómunkálható és akrillal festhető.

Az ABS érzékeny az UV-sugárzásra, és potenciálisan magas füst kibocsátással jár. A nyomtatási folyamat során szagot fejleszt.

(akrilnitril-butadién-sztirol),

- <https://www.hubs.com/knowledge-base/fdm-3d-printing-materials-compared/>



PET

- A PET egy kissé lágyabb polimer, amely jól lekerekített, és érdekes további tulajdonságokkal rendelkezik, néhány jelentősebb hátránnyal.
- A nedvességgel és vegyszerekkel szembeni nagy ellenállása mellett a PET élelmiszerekkel is biztonságosan érintkezik, újrahasznosítható, és figyelemre méltó kopásállósággal rendelkezik. A korábban felsorolt anyagokhoz hasonlóan csiszolópapírral utómunkálható és akrillal festhető.
- Az egyetlen figyelemre méltó hátránya, hogy nehezebb, mint a PLA és az ABS.

polietilén-tereftalát

- <https://www.hubs.com/knowledge-base/fdm-3d-printing-materials-compared/>

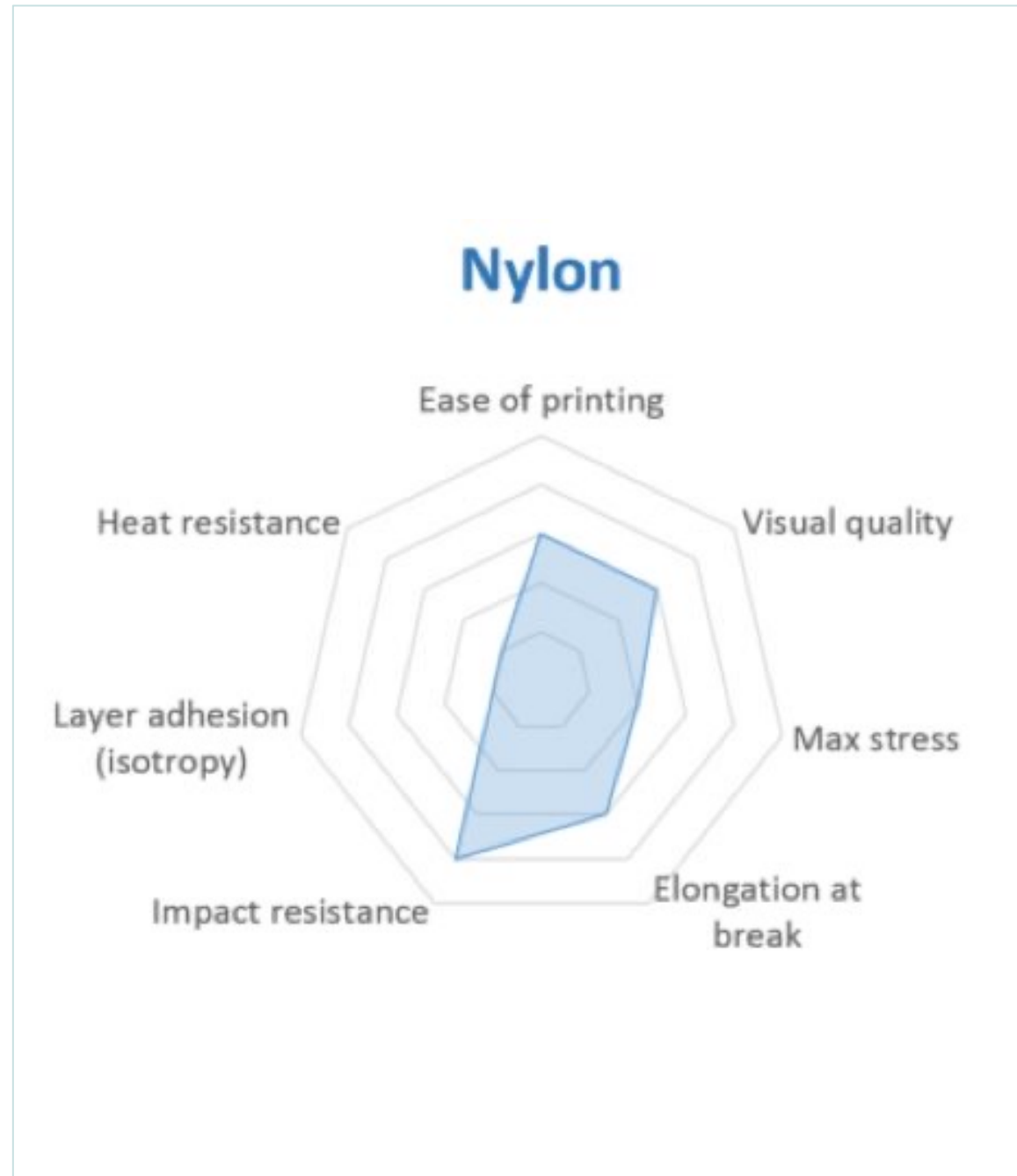


Nylon

- Mi az a nylon?
- A nylon kiváló mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik, és különösen a legjobb ütésállósággal rendelkezik a nem rugalmas szálak esetében. Kiváló vegyszerállósággal rendelkezik és nagyon erős.
- A nylon esetében a réteg tapadása problémát jelenthet. Az anyag felszívja a nedvességet, és a vele való nyomtatás károsanyag kibocsátással járhat.

Lássuk a legendákat az MTI anyagából:

- “A nyilont első ízben a New York-i világkiállításon mutatták be, így az eredeti elnevezés állítólag a ‘New York Pylon’, azaz a kiállítás védjegyéül is szolgáló szabadságszobor nevéből származott. Az angolszász világban makacsul tartja magát az a névmagyarázat is (valójában csak legenda), hogy a nylon szó a New York (NY) és London (Lon) szavak összevonásából ered. Valószínűbbnek tetszik az a szófejtés, mely szerint a nylon nevét az anyagot előállító kutatóvegyészek feleségeinek kezdőbetűiből – Nancy, Yvonne, Lovella, Olivia, Niha – állították össze a figyelmes férjek. Egy tréfás etimológia pedig, feltételezván, hogy a tudósoknak is lehet humoruk, a következő meghökkentő magyarázattal szolgál: a nylon elnevezés valószínűleg a ‘Now You Lousy Old Nipponese’ (No, ti tetves, vén japánok) szavak kezdőbetűinek összevonásából keletkezett. Állítólag így kiáltott fel volna a feltaláló, azt a meggyőződését akarván kifejezni ezzel, hogy a műszál versenyképes lesz a valódi japán selyemmel. Más feltételezés szerint ugyanez a tréfás rövidítés az első tömeges felhasználás során, a második világháborúban kaphatott szárnyra, amikor az amerikai pilóták nylonból készítettek ejtőernyőt, mivel a japánok nem szállítottak nekik selymet”.

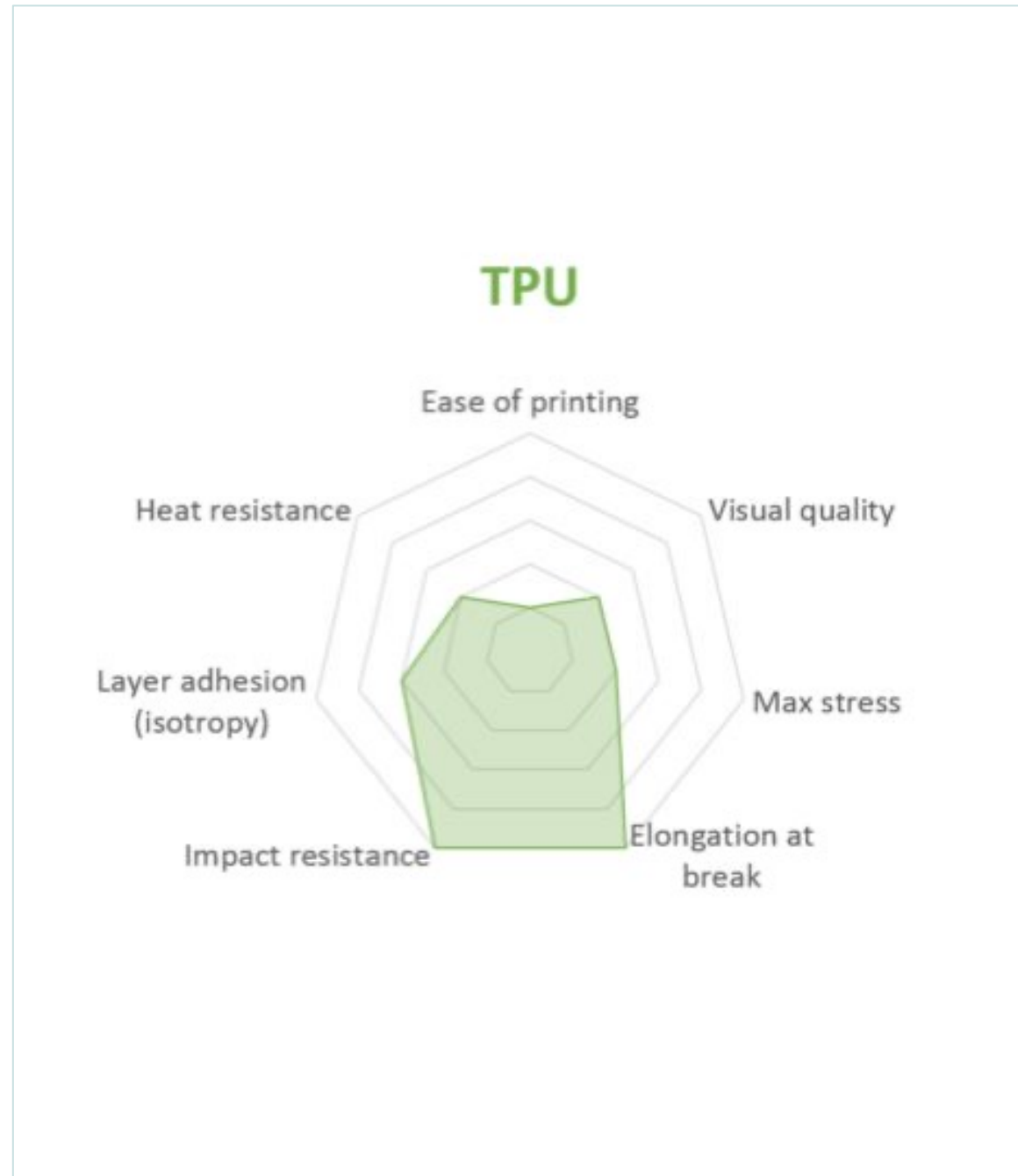


TPU

- Mi az a TPU?
- A TPU-t leggyakrabban olyan alkalmazásokhoz használják, ahol anyagi rugalmasságra van szükség, bár nagyon magas ütésállósággal is rendelkezik. Meglehetősen kopásálló, és nem befolyásolja jelentősen az olajjal és zsírral való érintkezés.
- A TPU azonban nehéz, ha utófeldolgozásról van szó, és nem lehet könnyen ragasztani.

termoplasztikus poliuretán

- <https://www.hubs.com/knowledge-base/fdm-3d-printing-materials-compared/>

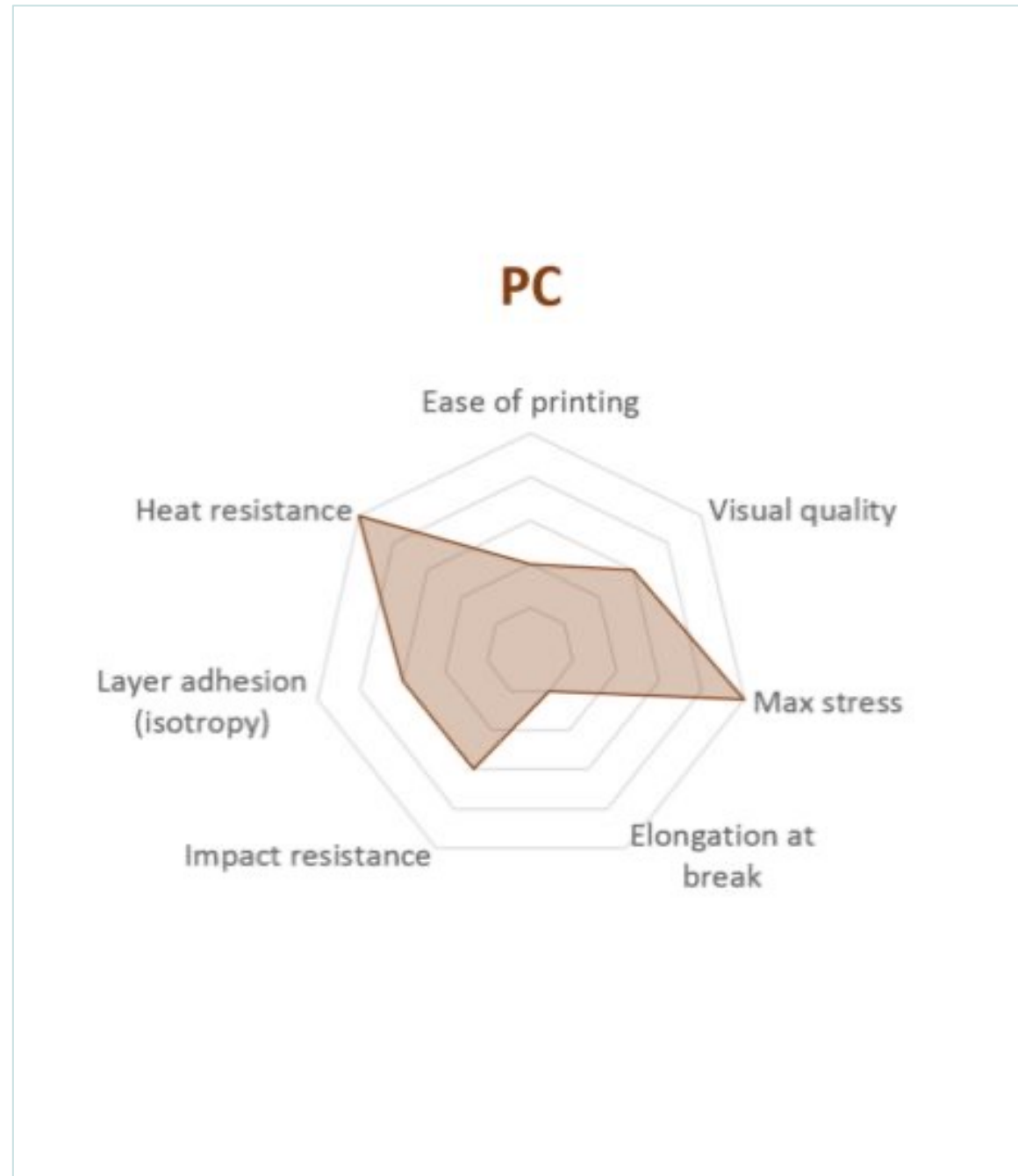


PC

- Mi az a PC?
- A PC (polikarbonát) az egyik legerősebb anyag az FDM 3D nyomtatáshoz, és érdekes alternatívája lehet az ABS-nek, mivel a tulajdonságai meglehetősen hasonlóak.
- Az anyag sterilizálható és könnyen utómunkálható, bár UV-érzékeny.

polikarbonát

- <https://www.hubs.com/knowledge-base/fdm-3d-printing-materials-compared/>



Melyek a leggyakoribb filamentanyagok az FDM-mel történő 3D nyomtatáshoz?

- Az FDM-hez a leggyakoribb szálal anyagok közé tartozik az ABS (akrilnitril-butadién-sztirol), PETG (polietilén-tereftalát), TPU (termoplasztikus poliuretán), PLA (politejsav), PEEK (poliéter-ke-ton) és PC (polikarbonát).

Milyen anyagokat nem használnak az FDM 3D nyomtatásban?

- FDM-mel nem lehet előállítani hőre keményedő anyagokból, mivel azok hevítéskor lebomlanak, nem pedig megolvadnak.

A különböző technológiák összehasonlítása

- A tartályos polimerizáció: SLA, DLP és LCD.
- A három technológia mindegyike fényforrást használ a fotopolimerek gyógyításához/keményítéséhez, de a következő különbségekkel:
 - A sztereolitográfia (SLA) UV-sugárzást használ fényforrásként a polimer gyanta szelektív kikeményítéséhez
 - A digitális fényfeldolgozás (DLP) egy digitális projektort használ UV-fényforrásként a gyantaréteg kikeményítéséhez
 - A folyadékkristályos kijelző (LCD) egy LCD-kijelző modult használ meghatározott fényminták kivetítésére
-

A különböző technológiák összehasonlítása -SLA

- A lézersugarat egy előre meghatározott útvonalra fókuszáljuk egy tükörkészlet segítségével. A modell teljes keresztmetszeti területét letapogatják, így az előállított alkatrész majdhogynem teljesen megszilárdul.
- Az SLA termékeinek melegítése olvadás helyett égést okoz. Ez azért van, mert az SLA-val előállított anyagok hőre keményedő polimerekből készülnek, szemben a hőre lágyuló műanyagokkal, amelyeket az FDM technológia használ.

A különböző technológiák összehasonlítása -SLA

- Görbület
- Az SLA eljárással előállított alkatrészek pontosságával kapcsolatos egyik legnagyobb probléma a görbület. A görbülés hasonló az FDM-ben előforduló vetemedéshez.

A kikeményedési folyamat során a gyanta a nyomtató fényforrásának hatására kissé összemegy. Ha a zsugorodás jelentős, nagy belső feszültségek alakulnak ki az új réteg és a korábban megszilárdult anyag között, ami az alkatrész görbülését eredményezi.

Az alátámasztás fontos, hogy a nyomtatás veszélyeztetett részeit az alapréteghez rögzítse, és csökkentse a görbülés valószínűségét. Az alkatrész tájolása és a nagyméretű lapos rétegek korlátozása szintén fontos.

A görbülés megelőzésének legjobb módja, ha a tervezési folyamat során szem előtt tartjuk, hogy ahol csak lehetséges, kerüljük a nagy, vékony és lapos területeket és adjunk hozzá olyan szerkezeteket, amelyek megakadályozzák az alkatrész görbületét.

A különböző technológiák összehasonlítása -SLA

- Rétegtapadás
- Az SLA nyomtatott alkatrészek izotróp mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek. Ez azért van, mert az adott UV-sugár áthaladása nem elegendő a folyékony gyanta teljes kikeményítéséhez. A későbbi kezelések elősegítik a korábban megszilárdult rétegek nagyfokú összeolvadását. Valójában a kikeményedés a nyomtatási folyamat befejezése után is folytatódik.

A különböző technológiák összehasonlítása -SLA

- **Izotróp** - Térbeli iránytól független.
Egy olyan közeget jelöl, amelynek bizonyos fizikai tulajdonságai különböző irányokban megegyeznek.
- **Anizotróp** - Térbeli iránytól függő.
Egy olyan közeget jelöl, amelynek bizonyos fizikai tulajdonságai különböző irányokban különbözőek.

Isotropic vs Anisotropic

Isotropic

Properties are the same in all directions



plastic



glass



metal



diamond

Anisotropic

Properties vary depending on direction



wood



slate



ice



tourmaline

A különböző technológiák összehasonlítása -SLA

- Az utó-keményítési folyamat eredményei a következőket jelentik:
- SLA nyomtatóval, standard gyantával nyomtatott alkatrészek tesztadarabjai majdnem kétszer akkora szakítószilárdsággal rendelkeznek a kikeményítés után (65 MPa a 38 MPa-hoz képest).
- Az alkatrészek magasabb hőmérsékleten is terhelhetők (max. 58 °C-os hőmérsékleten, szemben a 42 °C-os értékkel)
- A szakítószilárdsága csaknem a felére esik vissza (6,2% a 12%-kal szemben)

-

A különböző technológiák összehasonlítása -SLA

- Az SLA alkatrészek mechanikai tulajdonságai és vizuális megjelenése idővel romlani fog, ha az alkatrészeket hosszasan napfény hatásának tesszük ki.

Forrás:Frankli Márk
3D Nyomtatás, SLA, Sztereolitográfia

Resinek az SLA világában

- Polikarbonát-szerű anyagok
- A PC-szerű Advanced High Temp anyag a legjobban olyan alkatrészekhez használható, amelyeknek szilárdságra és merevségre van szükségük magas hőmérséklet-állósággal kombinálva, mint például a gépjárművek motortere- vagy elektromos alkatrészek. Termikus utókezeléssel az alkatrész hőelviselése még tovább javítható, de a tartósság rovására. Vegye figyelembe, hogy a termikus utókezelés az alkatrész színét enyhén borostyánsárga árnyalatúvá változtatja.

Resinek az SLA világában

- ABS-szerű anyagok
- Az ABS-szerű anyagok nagy szilárdsággal és jó méretstabilitással rendelkeznek, még magas páratartalom mellett is. Az anyag lehet fekete, és ütésállósága valamint a gyártási minőség látszatát kölcsönző megjelenése miatt könnyű másodlagos bevonatok készítésére gyakran használják.
- PI.: autóalkatrészekben, fogyasztási cikkek csomagolására, elektromos szigetelésre, takarásra és játékokhoz,

Resinek az SLA világában

- Polipropilén-szerű anyag
- A PP-Like Translucent White áttetsző megjelenésű, kiváló felbontást és finom részleteket biztosít. Vékony falú vagy kis lyukú alkatrészek esetén érdemes megfontolni a használatát.
- A PC-szerű anyag a Protolabs legrugalmasabb SLA-anyaga is, miközben megőrzi tartósságát. A lehetséges alkalmazások közé tartoznak az autóiipari alkatrészek, az elektromos szigetelő bevonatok és az orvosi eszközök.

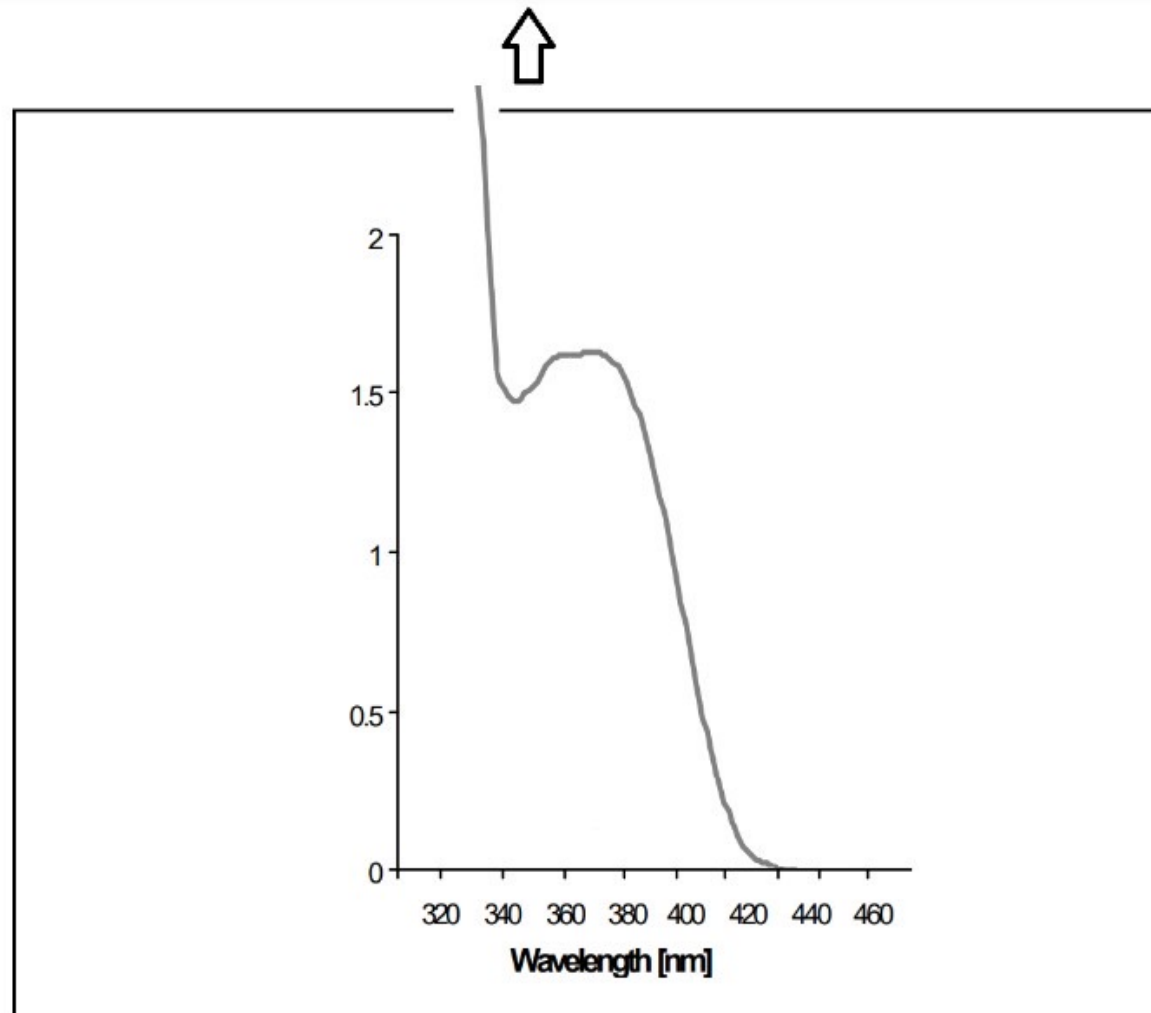
Rubber-like anyagok TPE - Thermoplasztic Elastomer

- Melyik a jobb TPU vagy TPE?
- Általában a TPE-k lágyabbak és rugalmasabbak a TPU-khoz képest.
- Kádas nyomtatókkal feldolgozható verziói jelen vannak a piacon
- A jelentősége az orvoslásban inkább a művégtagok és más szervprotézisek előállítása


405 nm vs. 385 nm

- A 405 nm-es gyanták széles körben elérhetők mind DLP, mind MLSA (LCD) és SLA 3D-nyomtatókhoz. Ezek a nyomtatók általában 405 nm-es LED-del vagy 405 nm-es lézerdiódával működnek. A 405 nm-es hullámhosszú gyanták általában sokkal kevésbé sárgák, mint a nappali fényű gyanták a blokkolók és iniciátorok színe miatt. A 405 nm-es gyanták nem működnek nappali fényű nyomtatókon, és reakcióképességük néha akár 420-440 nm is lehet. Nagyobb hullámhosszon ezek a gyanták egyáltalán nem kötnek ki, amint az az alábbi reaktivitási görbén látható. A 405 nm-es gyanták széles körben elérhetők mind DLP, mind MLSA (LCD) és SLA 3D-nyomtatókhoz. Ezek a nyomtatók általában 405 nm-es LED-del vagy 405 nm-es lézerdiódával működnek. A 405 nm-es hullámhosszú gyanták általában sokkal kevésbé sárgák, mint a nappali fényű gyanták a blokkolók és iniciátorok színe miatt. A 405 nm-es gyanták nem működnek nappali fényű nyomtatókon, és reakcióképességük néha akár 420-440 nm is lehet. Nagyobb hullámhosszon ezek a gyanták egyáltalán nem kötnek ki, amint az az alábbi reaktivitási görbén látható.

405 nm vs. 385 nm



- <https://www.liqcreate.com/supportarticles/resin-3dprinting-385nm-405nm/>

- 
- A 405 nm-es gyanták kompatibilisek egy 385 nm-es 3D nyomtatóval?
 - Minden 405 nm-es gyanta 385 nm-en is reaktív. Azonban a gyanta típusától és az alkatrészeiktől függ, hogy valóban sikerül-e sikeres nyomtatásokat készíteni egy 385 nm-es műgyanta 3D nyomtatón. A Liqcreate resins gyantákat sikeresen nyomtatták 405 nm-es és 385 nm-es 3D nyomtatókon. Ha tanácsra van szüksége a műgyanta és a nyomtató kompatibilitásával kapcsolatban, írjon nekünk az info@liqcreate.com címre.

405 nm vs. 385 nm

- Mi a helyzet a 385 nm-es gyantákkal?
- A 385 nm-es gyanták bizonyos szempontból hasonlóak a 405 nm-es gyantákhoz. A legtöbb ilyen gyanta 400 nm-ig reaktív, és a legtöbb esetben túl nehéz kinyomtatni őket nagyobb hullámhosszon, például 405 nm-en. Ezeket a 385 nm-es gyantákat gyakran kifejezetten 385 nm-en működő nyomtatókhoz tervezték. A 385 nm-es gyanta fő előnye, hogy a gyanta megfelelő kifejllesztésével ténylegesen tiszta, nem sárguló terméket lehet kapni.

-

■ Mi a helyzet a 385 nm-es 3D nyomtatókkal?

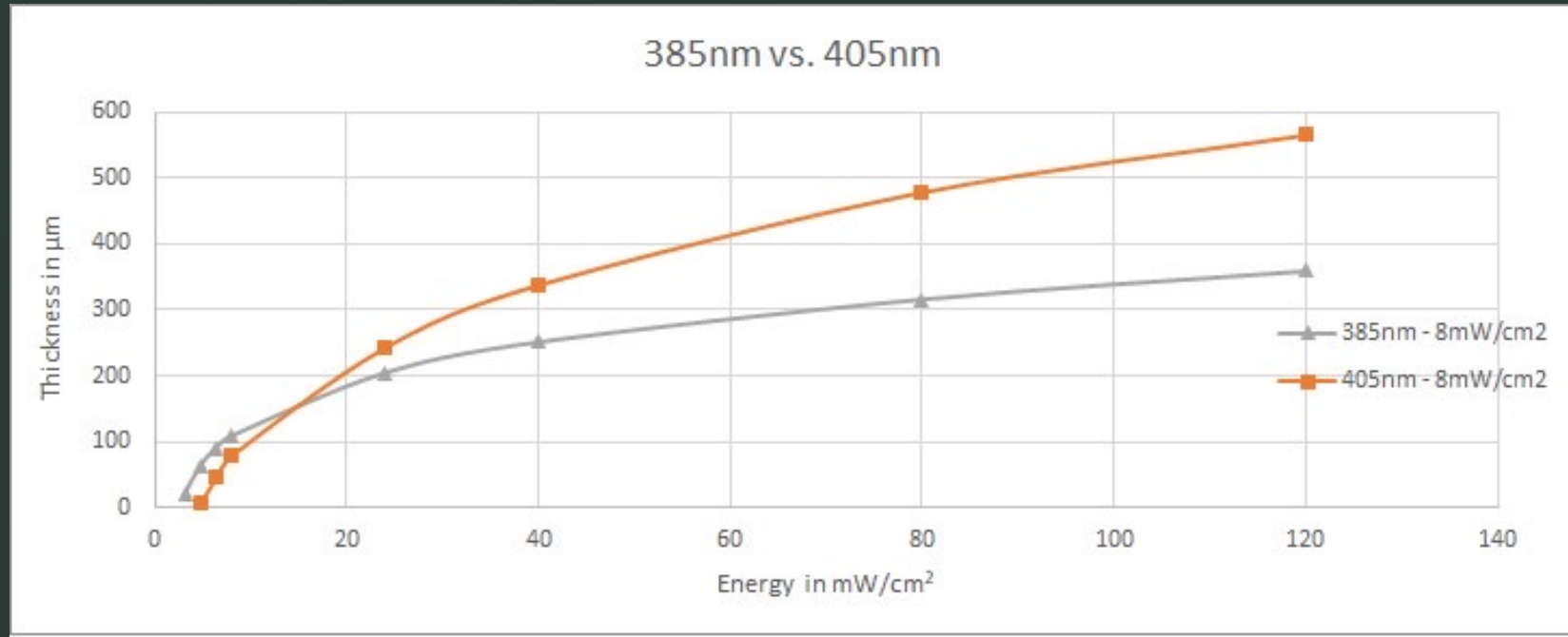
- Nos, rengeteg gyanta 3D nyomtató található a környéken, amelyek 385 nm-en működnek. Tudomásunk szerint ezek mind DLP alapú nyomtatók, mint az Asiga, Genera3D, Origin, Atum3D – 385 nm-es verzió. Ezen a hullámhosszon nem láttunk lézer- vagy LCD-alapú nyomtatót. A 385 nm hullámhosszú fénnel nehezebb dolgozni, mivel speciális optikára van szüksége a projektorban, amely nem nyeli el ezt a hullámhosszt. 405 nm-en az optikai út kevésbé kritikus. Ezenkívül az LCD-képernyők nem szeretik a 400 nm-nél kisebb hullámhosszt, mivel túl sok fényt nyel el, és korai degradációt okoz.

405 nm vs. 385 nm

- Miért működik a 3D-nyomtató hardverek többsége 405 nm-en?
- Először is azért, mert széles körben elérhető, megfizethetőbb, könnyebben kezelhető, és a legtöbb gyanta is jól működik rajta. Így néhány speciális esetet leszámítva nincs szükség bonyolultabb és drágább 385 nm-es rendszer kiépítésére.

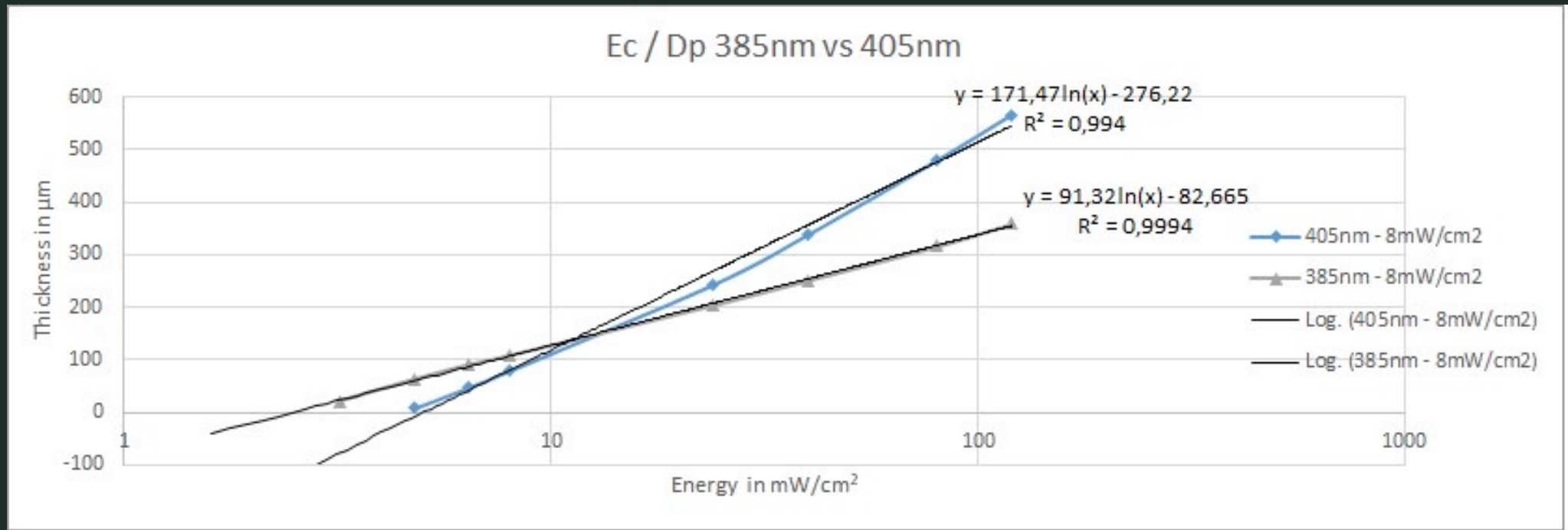
Gyantatesztek 405 nm vs 385 nm hullámhosszon

- Mérnökeink végeztek néhány kísérletet Liqcreate Premium Black gyantával 405 nm és 385 nm (mindkettő 8mW/cm² teljesítményű) DLP nyomtatókkal. A Premium Black olyan gyanta, amely mindkét hullámhosszon jól működik. Az alábbi grafikonon láthatja a különbségeket, mivel a gyanta eltérően viselkedik 385 nm és 405 nm hullámhosszon.



Három dolgot tanulhatsz meg a speciális gyantán végzett tesztekől:

- 385 nm hatékonyabb a kikeményedés kezdetével (alacsonyabb E_c)
- 405 nm hatékonyabb a vastag rétegek kikeményítésében (magasabb D_p)
- A 405 nm-es teszt meredeksége meredekebb, így érzékenyebb az átkeményedésre, de vastagabb rétegeknél is növelheti a nyomtatási sebességet.

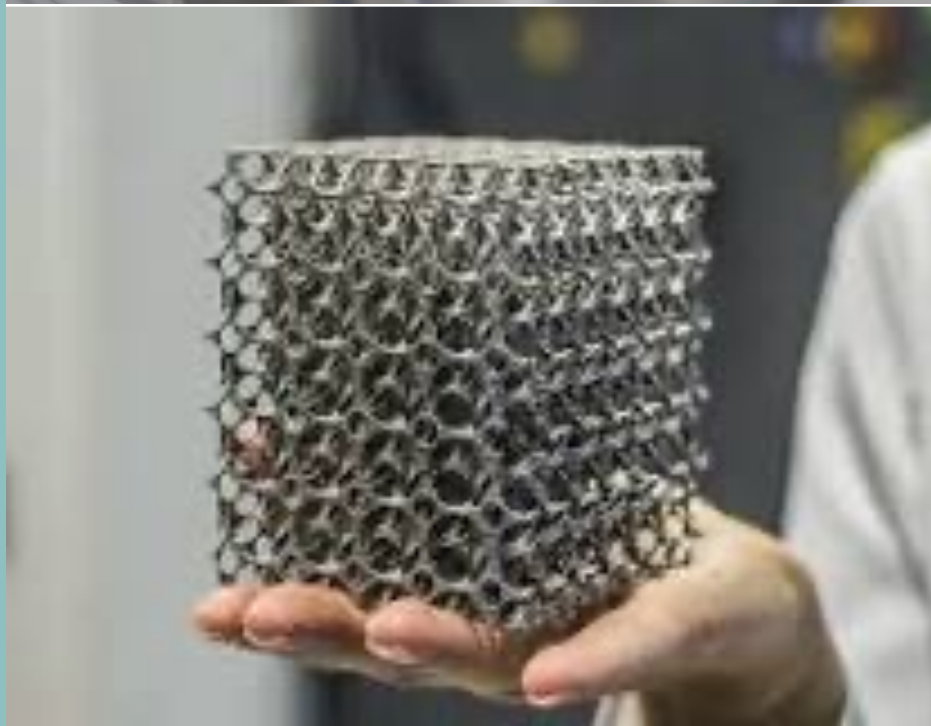


<https://www.liqcreate.com/supportarticles/resin-3dprinting-385nm-405nm/>

| | 405nm | 385nm |
|------------|-------------|-------------|
| Ec | 5,00 mJ/cm² | 2,47 mJ/cm² |
| Dp | 0,1714 mm | 0,0932 mm |
| Cure depth | ~ 0,60 mm | ~ 0,40 mm |

A resinek tulajdonságainak módosítása

- Fém bevonat
- A fémbevonat egy másodlagos eljárás, amelynek során vékony réz-nikkel bevonatot adnak hozzá, amely hozzáadott súly nélkül biztosítja a fémrész megjelenését, érzetét és szilárdságát.
- A fémbevonat olyan szilárdságot, tartósságot, merevséget, kopásállóságot és hőállóságot ad az SLA alkatrészeknek, amelyek korábban nem voltak elérhetőek. Vegye figyelembe, hogy általában 0,002 hüvelyk vagy 0,004 hüvelyk bevonatvastagságot rétegzünk az alkatrészekre.
- Esztétikailag a kész alkatrészek nagyon hasonlítanak az alumínium alkatrészekhez.



Por állagú anyagok feldolgozása additív
módon
Selective laser Sintering(SLS) /
Direct metal Laser sintering (DMLS)

<https://www.youtube.com/watch?v=fzBRYsiyxjI&t=671>

SLS

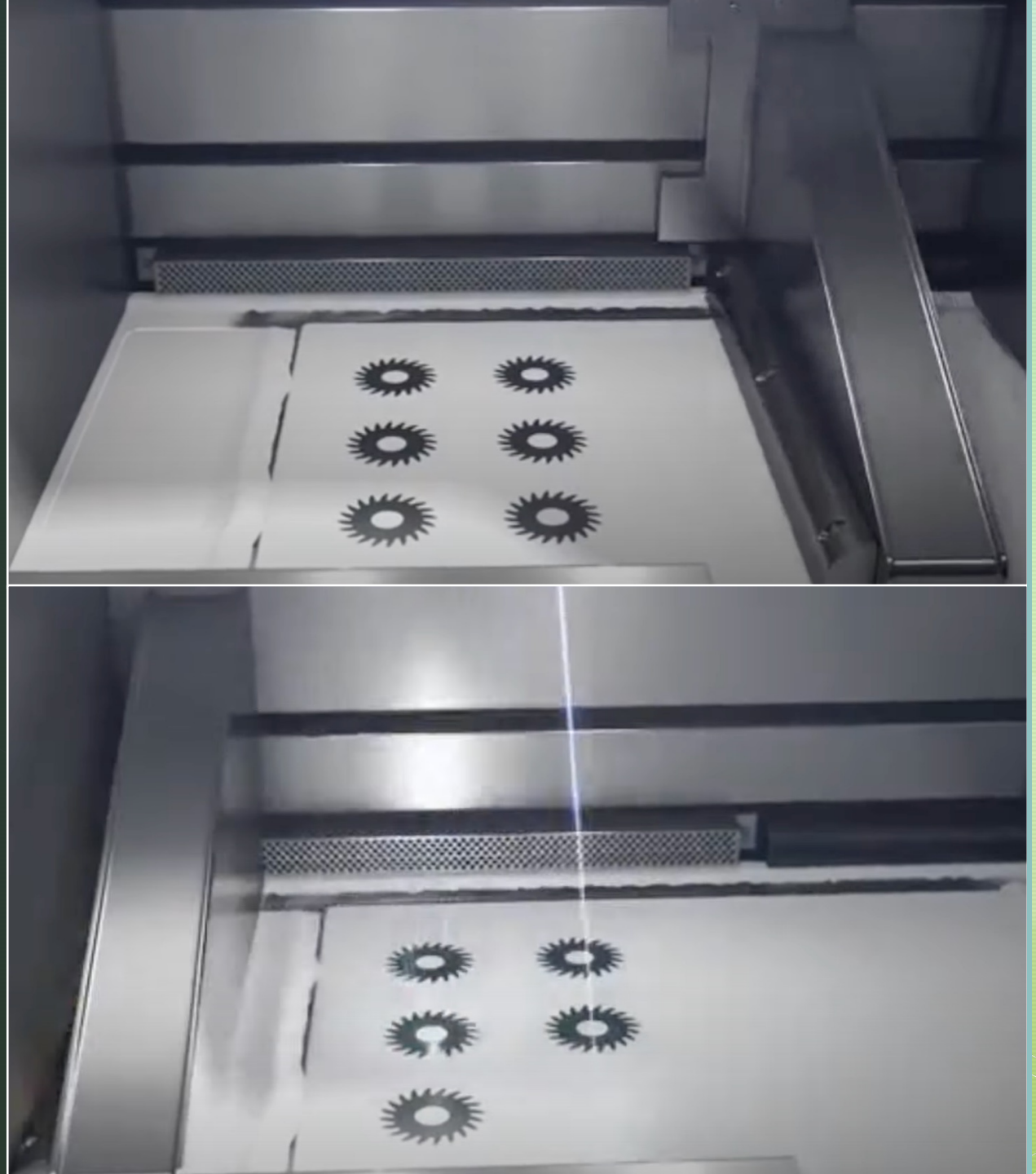
- Alapanyag lehet bármilyen por állagú dolog ami hegeszthető, vagyis energia közvetítéssel egynemű olvadékot alkot
- Pl.: Nylon, Műanyagok-prototípus gyártás céllal



DMLS-Az alapanyag leggyakrabban por

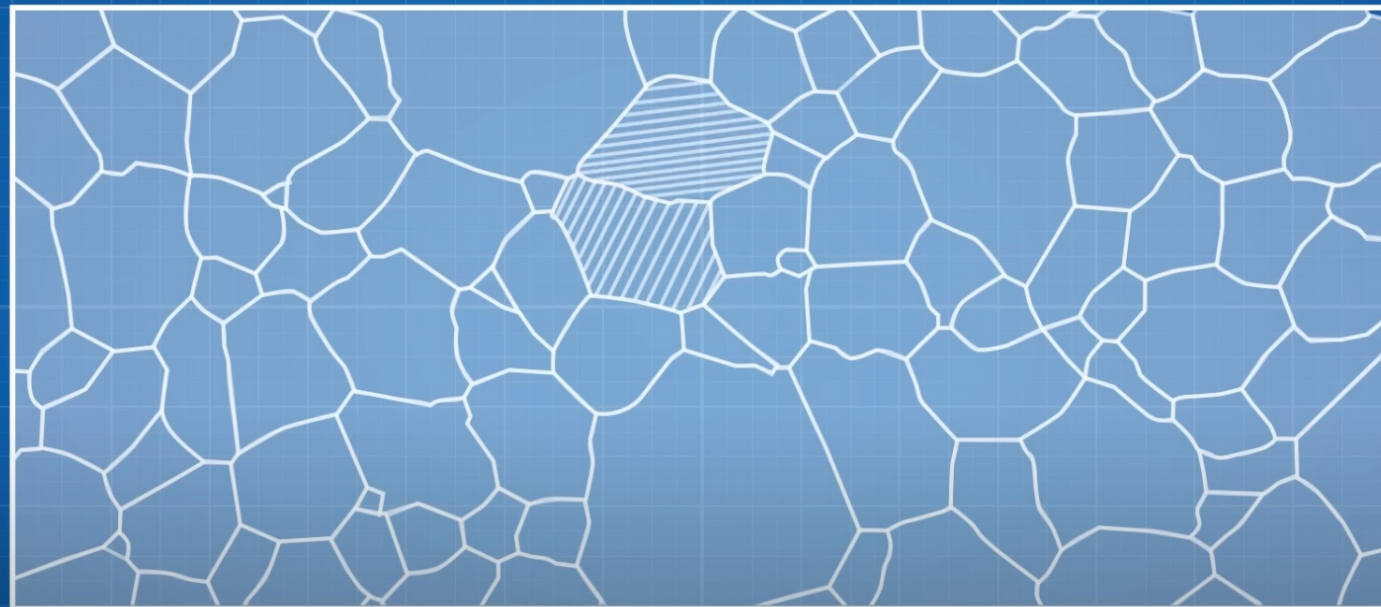
- - **MILYEN FÉMEKET SZOKTAK GYAKRAN 3D NYOMTATNI?**
 - Stainless Steels - ROZSDAMENTES(17-4 PH, 316L, 304)
 - Tool Steels –SZERSZÁM ACÉL(H13, A2, D2)
 - Specialty Alloys –SPECIÁLIS ÖTVÖZETEK(Inconel, Cobalt Chromium, and others)
 - Titanium- TITÁN (Ti64)
 - Aluminum (4047, 6061, 7075)
 - (Inconel -krómot és vasat tartalmazó nikkelőtvözet, amely ellenáll a magas hőmérsékleten történő korróziónak.)

<https://www.youtube.com/watch?v=fzBRYsiyxjl&t=671>

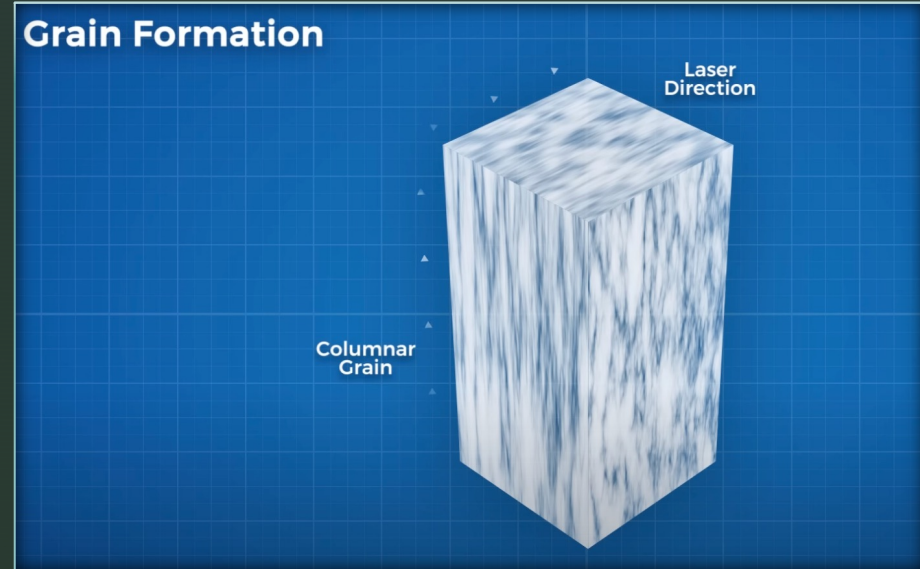


A hagyományos fémszerkezet

Iron Crystal Structure 100x Magnification



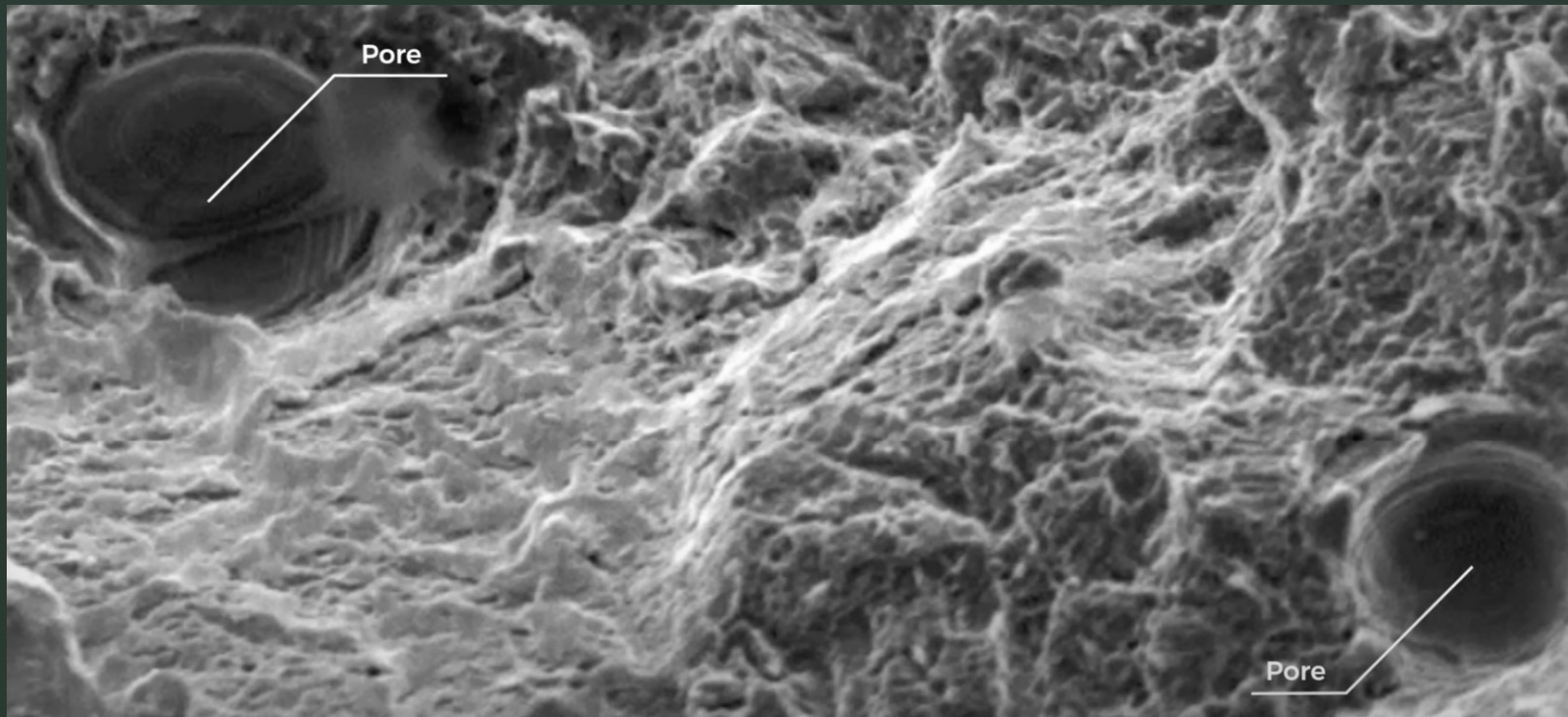
A lézer hatására kialakuló szerkezet



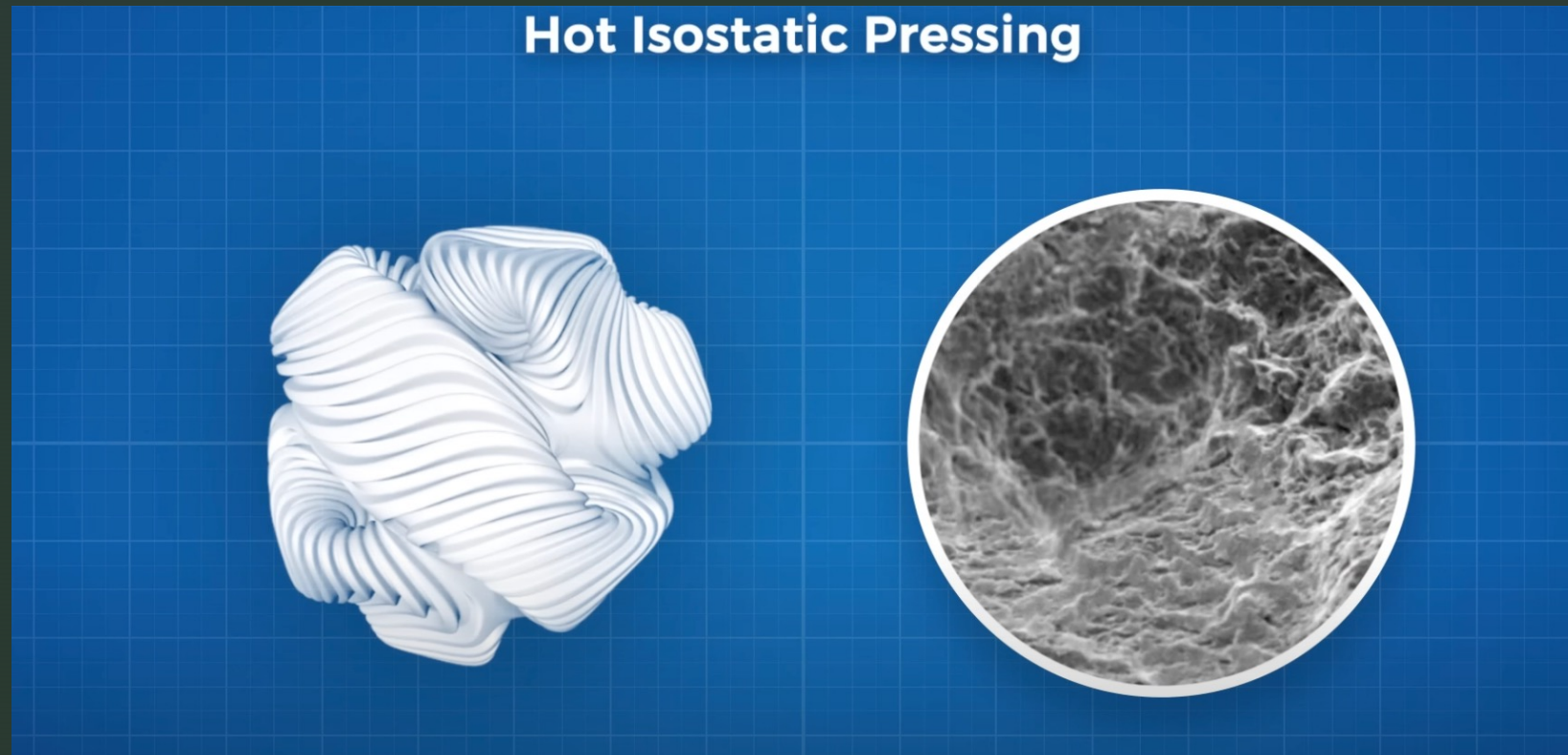
- <https://www.youtube.com/watch?v=fzBRYsiyxjl&t=671>



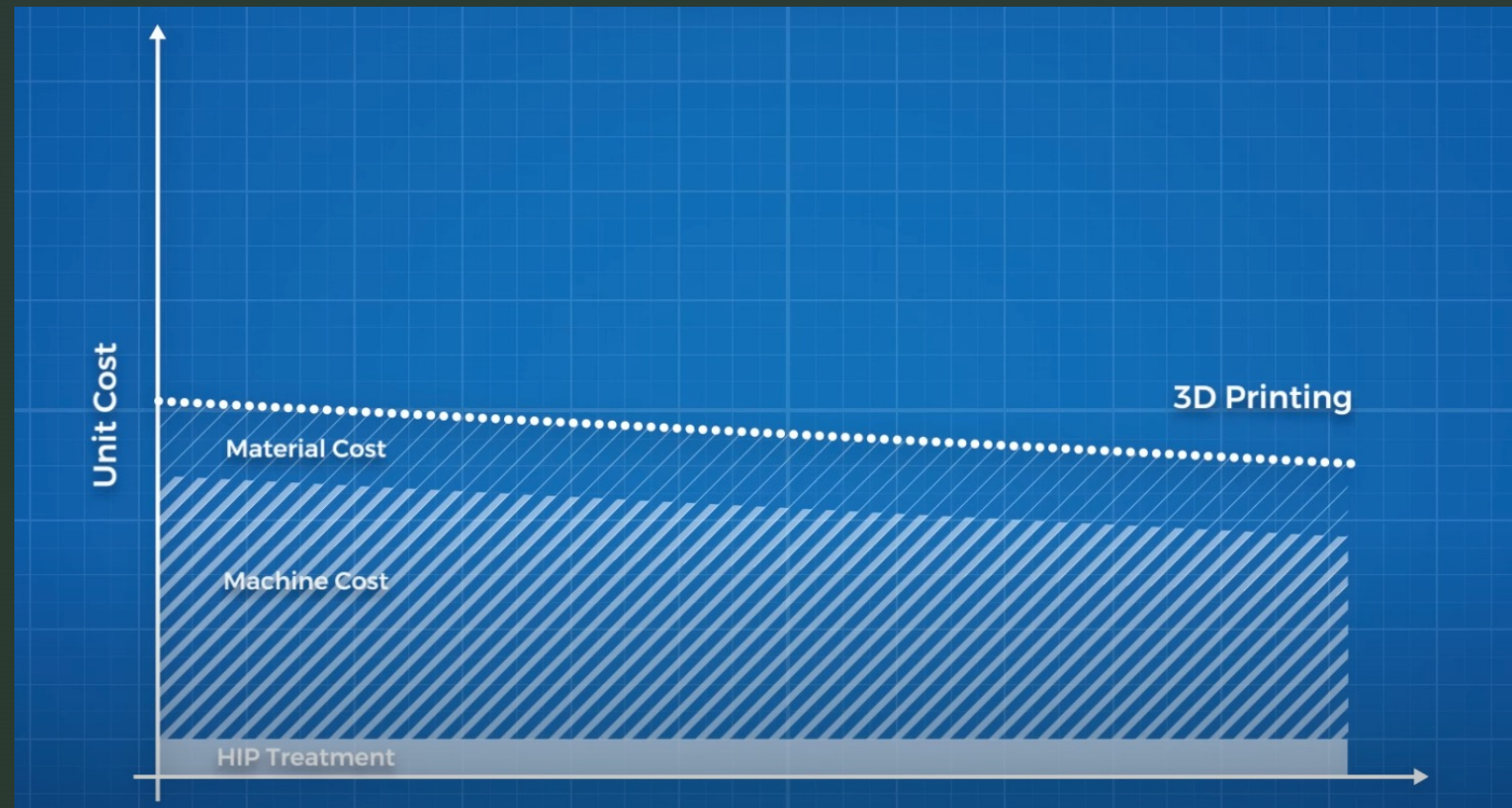
A legnagyobb gond az inhomogén szerkezet



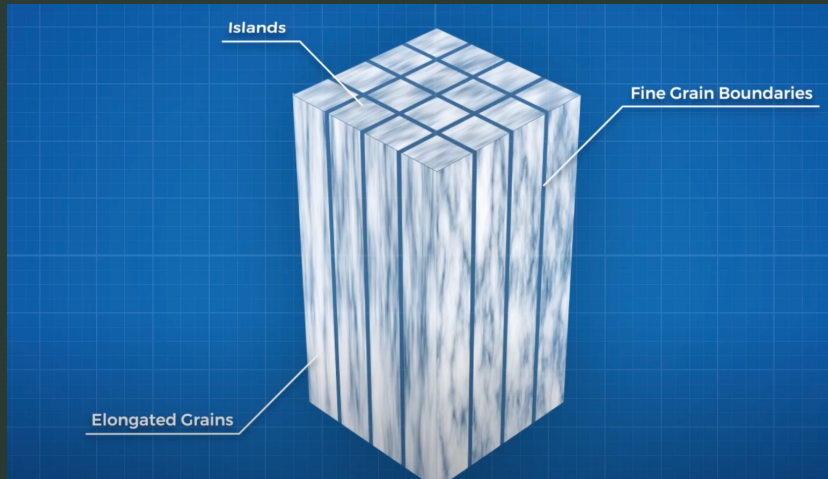
Megoldása az utólagos speciális (HIP) hőkezelés



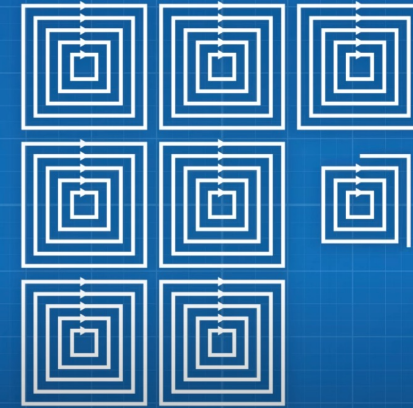
Mindennek ára van



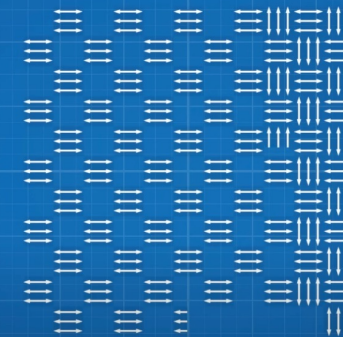
Megoldás lehet az olvasztás időzítése és alakjának tervezése



Helical Scan Strategy



Island Scan Strategy



3d nyomtatás fajtái

- <https://www.youtube.com/watch?v=DMWzMpjSJLM>



Lézer szinter

- <https://www.youtube.com/watch?v=fzBRYsiyxjI&t=671>

Marható alapanyagok

- PMMA
- PEEK
- Cirkon
- Titán-Egyéb fém ötvözetek
- Kerámia
- Viasz és kiégethető resin modellek anyagok

PMMA –Poli-(metakrilát –metilészter)

- 1877-ben Rudolph Fittig német kémikus felfedezte a metil-metakrilát polimerizációs folyamatát.
- Reverzibilis a polimerizáció hőhatásra
- Aceton és cianoakrilát elfehéříti, de benzín és más vegyszereknek ellenáll

PMMA= plexi, PLexiglass

- fogászati alkalmazás: hosszú távon (több hónapon át) érzékeny a nyálra (az anyag törékennyé válik),
- klórhexidin (orális fertőtlenítő) vagy bizonyos ételfesték (színező) jelenlétére



Köszönöm a figyelmet!

