

### ADDITÍV TECHNOLÓGIÁVAL GYÁRTOTT FÉM ALKATRÉSZ TERVEZÉSÉNEK AUTOMATIZÁLÁSA

#### Automated design of a metal 3D printed component

Málics Marcell, [marcellmalics@edu.bme.hu](mailto:marcellmalics@edu.bme.hu); Dr. Körtélyesi Gábor, [kortelyesi.gabor@gt3.bme.hu](mailto:kortelyesi.gabor@gt3.bme.hu)

#### ÖSSZEFOGLALÁS

Az alábbi cikk bemutatja az SLM fém 3D nyomtatási technológia előnyeit, hátrányait, valamint azt, hogy mire érdemes figyelni az ilyen gyártásra való tervezés során, milyen tervezési lépéseket kell betartani, hogy az alkatrész könnyen nyomtatható legyen.

Továbbá bemutatja, hogy milyen módszerekkel lehet a PTC Creo Parametrics CAD rendszert automatizálni és ez hogyan könnyítheti meg az additívan gyártott alkatrészek tervezését.

#### ABSTRACT

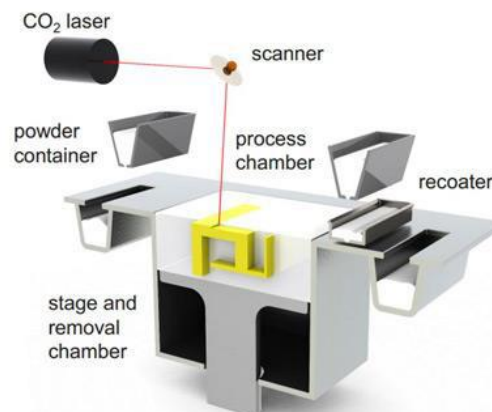
This article tries to present the advantages and the disadvantages of the SLM additive manufacturing process. It shows the details that needs to be paid attention during the design of a component with this kind of manufacturing. Furthermore, the article presents the methods to automate a CAD system such as PTC Creo Parametrics.

#### 1. BEVEZETÉS

Az additív technológiával gyártott alkatrészek egyre elterjedtebbek és egyre több cég próbálja felderíteni a technológia alkalmazhatóságát saját termékpalettájukra. A Knorr-Bremse-nél ez a folyamat 2018-ban elkezdődött, a kutatás folytán komoly eredményeket ért el a cég pneumatikus fékvezérlések alkatrészeinél. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gép- és Terméktervezés Tanszéke a céggel közösen azt vizsgálja, hogy lehet a fém additív gyártással készült alkatrészeknek a tervezését felgyorsítani, automatizálni.

#### 2. AZ SLM NYOMTATÁSI TECHNOLÓGIA

A cikkben bemutatott nyomtatási technológia a Selective Laser Melting (továbbiakban SLM). A technológia lényege, hogy egy fémport ágyban készül a kívánt alkatrész. A fémport egy nagy teljesítményű lézer olvasztja egybe a kívánt keresztmetszetben. Miután egy réteg



1. ábra: SLM eljárás elvi ábrája [1]

összeolvadt, a munkalap beállításától és anyagtól függően 20-200  $\mu\text{m}$  mértékben lesüllyed, majd egy porterítő kész új réteg port visz a munkafelületre. A gyártás elvi bemutatása az 1. ábrán látható.

Az SLM technológia alkalmazásával az egyéb fém nyomtatási technológiákhoz képest nagyobb gyártási pontosságot és az alkatrész belső részeiben is egyenletesen jó, közel homogén anyagminőséget lehet elérni. Ezeknek a jellemzőknek köszönhetően alkalmas a technológia műszaki alkalmazásokra. Nagy teherbírású és pontos alkatrészek gyárthatók vele. [2]

További előnyei a technológiának, hogy nagyon bonyolult geometriákat is gyárthatunk vele, így az lehetőséget ad optimalizált alkatrészek gyártására, ahogy azt Li Tang *et. al.* [3] is bemutatják tanulmányában. Ennek köszönhetően könnyebb és hatékonyabb alkatrészeket gyárthatunk kevesebb nyersanyag felhasználásával. Így a 3D nyomtatás környezetbarát megoldás is lehet megfelelő tervezés és gyártás mellett [4, 5].

A pontos és teherbíró alkatrészek gyártása azonban kompromisszumokkal jár. Ezért célszerű már a tervezés során alaposan figyelembe venni az alkalmazott speciális gyártási eljárást és ha ennek megfelelően

végezzük a tervezést, akkor a hátrányok nagy része kiküszöbölhető.

### 3. NYOMTATÁSI NEHÉZSÉGEK

A nyomtatás során három tényező nehezíti a gyártást. A rövid idő alatt kis helyre bevitt nagy energiasűrűség hatása, a porterítés egyenetlensége, valamint a hosszú gyártási idő. A hirtelen bevezetett nagy energiasűrűség majd hirtelen visszahülés nagy hőfeszültségeket okozhat az anyagban, ami maradó deformációhoz vezethet, vagy szélsőséges esetben akár károsodást (repedés) is okozhat. Ezzel összefügg a porterítőkés problémája is. A kés néhány mikrométerrel az összeolvasztott felület fölött húzza el a porréteget. Ha az alkatrész deformálódik, előfordulhat, hogy beleakad a kés és az eltöri az gyártmányt, vagy nem kerül megfelelő vastagságú friss por a következő rétegre.

### 4. TERVEZÉSI FELTÉTELEK

Annak érdekében, hogy az említett nehézségeket kiküszöböljük van néhány tervezési megkötés, amit figyelembe kell venni. Ezek a feltételek az alábbiak [6]:

- Max. furatátmérő 8 mm
  - Nagyobb furatoknál csepp forma ajánlott
- Lefelé néző felület vízszintessel bezárt szöge minimum 40°
- Magas elemek esetén a magasság és szélesség aránya maximum 8:1 legyen
- Porterítő késsel ne legyenek nagy párhuzamos felületek
- Nagy vízszintes felületek elkerülése
- Csúcsok élek helyett érdemes min 0,5 mm-es lekerekítést alkalmazni
- Támaszok használata elengedhetetlen

### 5. A TERVEZÉSI FOLYAMAT LÉPÉSEI

Annak érdekében, hogy a tervezési feltételeket biztosítani tudjuk és a tervezési-, valamint a gyártási folyamatok közötti iterálási szakasz minimális legyen, javasoljuk az alábbi öt tervezési lépést betartani:

#### 1. Skeleton készítés:

A Skeleton készítésénél már figyelni kell rá, hogy hogyan szeretnénk majd legyártani az alkatrészt. A skeleton méreteiből már megjósolhatók az alkatrész leendő befoglaló méretei. A méretből pedig a várható nyomtatási pozíció meghatározható. Ezt érdemes már a skeletonban feltüntetni, így a tervezés során

végig ennek megfelelően alakítható ki a geometria.

#### 2. Funkcionális geometria kialakítás:

A lényegi funkciót teljesítő geometria kialakításánál csak másodlagos a nyomtatás kikötései, mivel a későbbi lépéseknél még javítható az alkatrész.

#### 3. Optimalizálás, maradó támaszok kialakítása:

Mivel a nyomtatás lehetővé teszi a nagyon bonyolult optimalizált szerkezetek gyártását is, így mindenképpen érdemes valamilyen szintű szerkezetoptimalizálást végezni az alkatrészen. Ezen kívül azonban a kifejezetten nyomtatásra történő optimalizálás is elengedhetetlen. Ez ideális esetben kifejezetten erre a célra készített szoftverrel is történhet (ilyen például a Simufact Additive [7]), de ennek hiányában kézzel is javíthatjuk a geometriát, lefelé néző felületek módosításával, szükség esetén maradó támaszok betervezésével.

#### 4. Nyomtatás előkészítése:

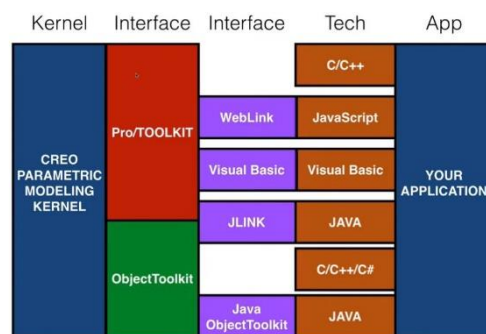
A nyomtatás előkészítése külön erre a célra készült szoftverben lehetséges, mint például a Materialise Magics [8]. Ezen eszközök optimalizálhatják az orientációt, segítenek elhelyezni a nyomtatási térben az alkatrészt, majd pedig kialakítható vele a támaszanyag struktúra.

#### 5. Utólagos munkálatok:

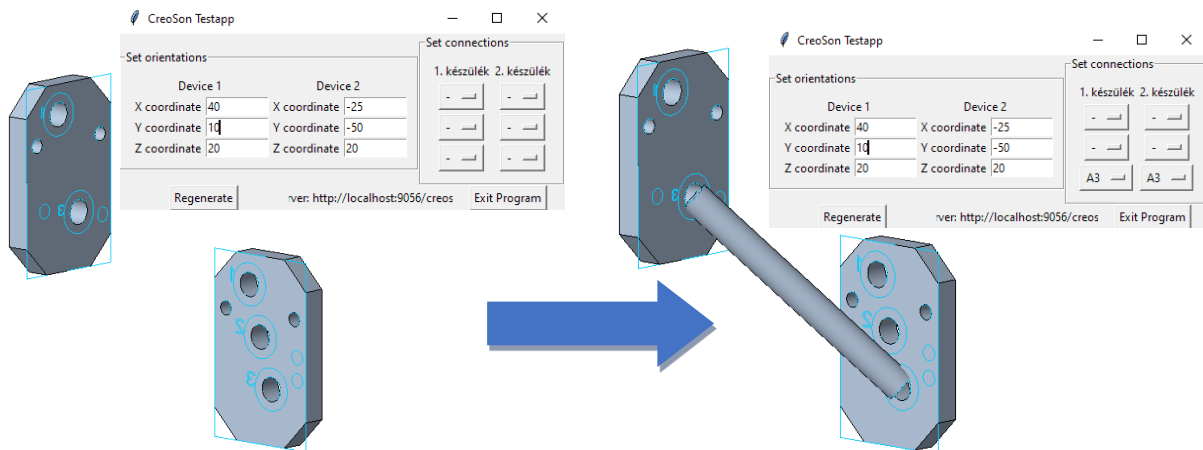
Megfelelő felületi minőség elérése érdekében, valamint menetek kialakítása miatt, utólag sok esetben meg kell munkálni az alkatrészt. Ezeknek a megmunkálásoknak a lehetőségét és módját a tervező feladata megtervezni és dokumentációt biztosítani hozzá.

### 6. CREO AUTOMATIZÁLÁSA

Annak érdekében, hogy az SLM technológiát nem ismerő mérnökök is gyorsan tudjanak erre a technológiára alkatrészt tervezni, valamint megtanulhassák a technológia tervezési



2. ábra: PTC Creo hozzáférési lehetőségei



3. ábra: CreoSon használatát bemutató teszt alkalmazás és a teszt modell regenerálás előtt és után

módszereit, szükség van a CAD rendszer automatizálására. Egy kiegészítő tervezőmodul segítségével sokkal gyorsabban tudják a 3D nyomtatás terén laikus mérnökök is felvenni a fonalat, sőt a technológiához értők munkáját is gyorsíthatja. Mivel a Knorr-Bremse-nél általánosan a PTC Creo Parametrics tervezőprogramot használják, így alábbi tanulmányban erre a rendszerre alkalmazható API (*Application Programing Interface*) megoldásokat mutatunk be.

A Creo-hoz több automatizálási megoldás is létezik, ahogy azt a 2. ábra is mutatja. A gyártó saját megoldása a feladatra a Creo TOOLKIT, ami egy saját beépített API modul. Ennek segítségével saját alkalmazások integrálhatók a CAD rendszerbe akár külső ablakos programként, akár beépített modulként. Szinte korlátlan lehetőségeket nyújt ez a megoldás, de komoly programozási háttértudást igényel a használata. Csak C nyelvben programozható, valamint bonyolult integrálási folyamatot igényel a fejlesztett programok CAD rendszerbe való beillesztése [9].

További API megoldások a PTC-től például a Pro/WebLink, vagy a J-Link. Ezek a megoldások kommunikációs lehetőséget biztosítanak saját, vagy harmadik fél által fejlesztett rendszerek számára. Ezen módszerek segítségével külső programok tudják írni és olvasni a Creo elemek adatait. [10]

Ilyen J-Link kapcsolaton keresztül kommunikál a CreoSon is és az ehhez kapcsolódó alkalmazás a Creo-val. Ez egy jóval könnyebben kezelhető megoldás, amihez bármely olyan programozási nyelvet választhatunk, ami támogatja a http kéréseket. Ilyen nyelvek például a Python, JavaScript, C/C++/C# stb.

A CreoSon használata csak alapvető programozási ismeretet igényel, de jelentősen kevesebb funkciót tud végrehajtani. Valamivel több mint 150 fajta parancsot képes intézni a Creo-hoz, ami jóval kevesebb, mint a TOOLKIT nyújtotta lehetőségek. Ennek ellenére a CreoSon megfelelően ki tudja elégíteni a szakértői rendszerhez szükséges feladatokat, így megfelelő eszköz a tervezést támogató rendszer fejlesztéséhez.

## 7. CREOSON BEMUTATÓ ALKALMAZÁS

Bemutató jelleggel elkészült egy egyszerű alkalmazás is, ami szemlélteti a tervezőprogram automatizálásának lehetőségeit. A program Python-ban íródott, a grafikus felhasználói felületet a tkinter csomag segítségével készült, és a CreoSon segítségével kommunikál a tervezőprogrammal. A 3. és 4. ábrákon látható a tesztprogram kezelőfelülete, valamint a próba modell. A próba modell egy két készülékből álló pneumatikus vezérlőpanel alaplap, ami megfelelően van paraméterezve annak érdekében, hogy a CreoSon által küldött parancsokat a program végre tudja hajtani.

A 3. ábra azt a folyamatot mutatja be, amikor a „Set Connections” ablakban kiválasztjuk, hogy az egyik készülék választott kimenetét a másik készülék kiválasztott kimenetével összekötjük egy csőszakasszal. Ehhez a legördülő lehetőségek közül kell kiválasztani az „A1” - „A3” jelzésű csatlakozási pontok valamelyikét, majd a „Regenerate” gombra kell kattintani.

A 4. ábrán a próba modellen található két pneumatikus készülék felfogatósi pont pozíciója kerül beállításra a modellterben. A „Set Coordinate” ablakon belül beállíthatók a készülékek koordinátái, majd a „Regenerate”

gomb megnyomásával a program végrehajtja a módosítást.

## 8. ÖSSZEGZÉS

A cikk első sorban az additívan gyártott alkatrész tervezési folyamatát szemlélteti. A gyártási technológia előnyeit és hátrányait mutatja be, valamint az SLM technológia gyártási korlátait. Ahhoz, hogy a tervező a technológia előnyeit megfelelő módon ki tudja használni pontokba foglalt tervezési javaslatokat készítettünk. Kiválasztásra került az a kommunikációs felület, amely alkalmas a PTC/Creo tervező rendszer automatizált tervezőeszközének elkészítésére. Elkészítettünk egy tesztalkalmazást, amely illusztrálja a választott CAD rendszer automatizálási lehetőségeit, valamint bemutatja annak alkalmazási módját is.

A továbbiakban elkezdődik egy szakértői rendszer fejlesztése, ami támogatja a mérnökök munkáját a fém nyomtatott alkatrészek tervezése során. Ennek kapcsán a javasolt tervezési tudáselemek implementálásra kerülnek a CAD rendszer kiválasztott kommunikációs felületének felhasználásával.

## 9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnénk megköszönni Nyíró Ferencnek az S&T Consulting Hungary Kft. munkatársának segítségét a PTC/Creo kommunikációs felületének használatához nyújtott segítségével.

## 10. IRODALOM

[1] Ludivine Cherdo: The 5 best professional desktop SLS 3D printers, 2018

[2] MachineDesign - Wendy Dessler: 5 Ways You Can Use 3D Printing to Create a Prototype, 2018

[3] Li Tang, ChunbingWu, Zhixiong Zhang, Jianzhong Shang, Chao Yan: A Lightweight Structure Redesign Method Based on Selective Laser Melting. 2016

[4] Van Thao Le, Henri Paris: A life cycle assessment-based approach for evaluating the influence of total build height and batch size on the environmental performance of electron beam melting, 2018

[5] Henri Paris et. al.: Comparative environmental impacts of additive and subtractive manufacturing technologies, 2016

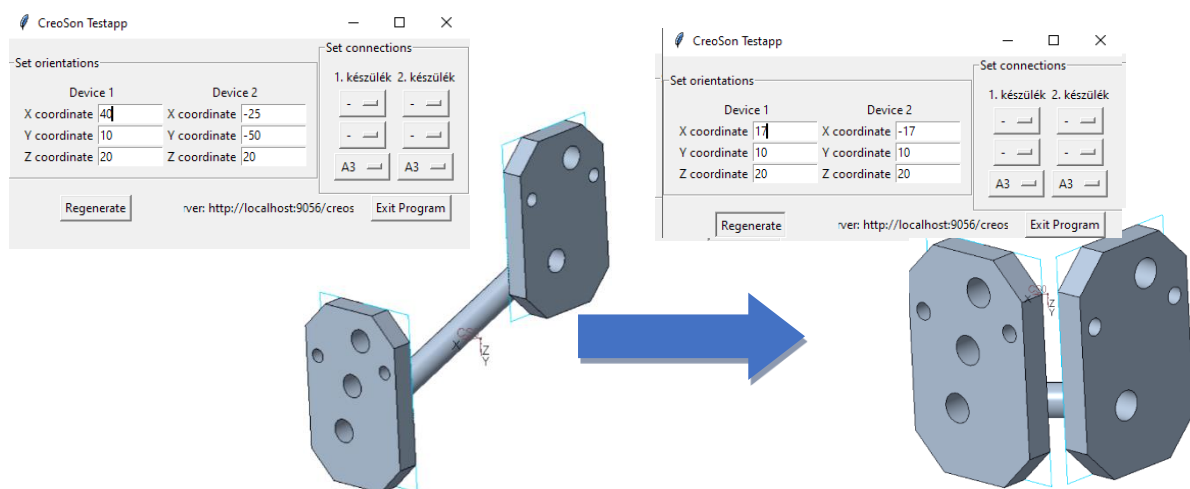
[6] Crucible industrial design: Design guidelines for Direct Metal Laser Sintering (DMLS), 2014

[7] Hexagon: Simufact Additive Brochure, 2020

[8] Materialise: Magics, [www.materialise.com/en/software/magic](http://www.materialise.com/en/software/magic), 2021

[9] PTC.: Creo® Parametric TOOLKIT 6.0.4.0., 2020

[10] CREOSON: <http://www.creoson.com>, 2021



4. ábra: CreoSon használatát bemutató alkalmazás készülékpozíció beállítása