

# ALKATRÉSZ REKONSTRUKCIÓS MEGOLDÁSOK TAPASZTALATAI 3D NYOMTATÁSSAL

## EXPERIENCE OF COMPONENT RECONSTRUCTION SOLUTIONS WITH 3D PRINTING

*Dr. Dömötör Csaba, egyetemi docens  
Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet*

**ABSTRACT** The article shows the experiences of component reconstruction supported using 3D printing through a few examples. It presents the profile copying technique that can be used as an alternative to traditional measuring methods and 3D scanners for relatively complicated parts.

### 1. BEVEZETÉS

A gépelemek rekonstrukciója a legalapvetőbb mérnöki feladatok közé tartozik. Ezzel összhangban a gépészmérnöki alapszakos hallgatók minden felsőoktatási intézményben találkozhatnak ilyen jellegű kihívásokkal a tanulmányaik során.

Ezen elemi alkotó tevékenység lényege, hogy egy kézzel fogható, de legtöbb esetben elhasználódott (kopott, törött) alkatrésznek kell meghatározni az eredeti geometriáját. A folyamat fontos része, hogy a kijelölt alkatrészről az újragyártáshoz szükséges méret-, tűrés- és alapanyag-információkat tartalmazó műszaki rajz készüljön, ha nem áll rendelkezésre a gyártási dokumentáció.

### 2. A REKONSTRUKCIÓ CÉLJA

#### 2.1 Elérhetetlen pótalkatrész

A gépelemek rekonstrukciójára több esetben is szükség lehet. Előfordul, hogy egy adott gép egyszerűen olyan régi, hogy terméktámogatással, illetve a pótalkatrészek beszerzésével nem számolhatunk. Viszont egy-egy meghibásodott, vagy elhasználódott alkatrész cseréjével a drága berendezés élettartama érdemben meghosszabbítható.

#### 2.2 Kieső idő csökkentése

Szintén visszatérő probléma, hogy a cserére szoruló alkatrész beszerezhető ugyan, de kiszállítása jóval több időbe telik, mint amennyit az érintett gép termelésből történő kiesésével megengedhetünk magunknak. Megoldás lehet ilyen esetben egy rövidebb élettartamú - akár szűkebb funkcionalitással bíró -, de az alkatrész

rekonstrukció segítségével gyorsan hozzáférhető gépelem átmeneti használata.

#### 2.3. Gazdaságos javítás

Az előzőhöz hasonló szituáció, amikor a gyári alkatrész olyan magas költségráfordítással vásárolható csak meg, ami az adott berendezés gazdaságos működtetésének ellentmond, viszont az érintett gépelem egy megfelelő gyors prototípusgyártás (RPT) technológiával előállított termékkel hosszú távon is tökéletesen helyettesíthető.

### 3. HAGYOMÁNYOS GYAKORLAT

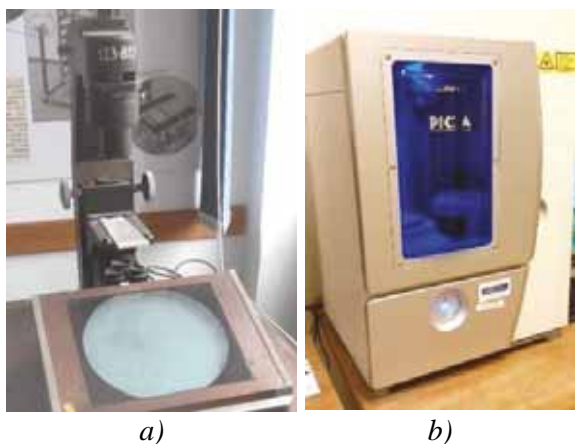
A 2. bekezdésekben felsorolt esetek mindegyikénél elengedhetetlen a szerelhetőség és működtetés szempontjait figyelembe vevő pontossággal bíró geometria meghatározása. [1]

A Miskolci Egyetem mérnök hallgatói a Gépelemek I. c. tantárgy gyakorlati kurzusain általában tengely, tárcsa, fogaskerék, illetve egyszerűbb öntvény jellegű alkatrészek rekonstrukciójának dokumentációs folyamatát kell elvégezzék. A másodéves hallgatóként elsősre nehéz feladatnak tűnő munka során gyakorlatot szerezhetnek a hagyományos mérőeszközök (tolómérő, mikrométer, rádiusz sablon, menetfésű, stb.) használatában, illetve alkalmazhatják a vetületi ábrázolásról addig elsajátított ismereteiket.

### 4. ÚJ TECHNIKÁK ALKALMAZÁSA

#### 4.1. Önálló modellalkotó berendezések

A hagyományos mérési módszerek mellett lehetőség van az alkatrészelekről korszerű berendezésekkel történő mintavételre is. Korábban a 2D vetületek meghatározására a mérnökök a - mostanra már technikátörténeti jelentőségű - profilprojektor eszközt használták. (1.a. ábra) Napjainkra viszont a 3D koordináta mérőgépek vagy az érintkezéssel, illetve érintkezés nélküli, optikai felület digitalizáló eszközök is elterjedt megoldásnak számítanak. [2] (1.b. ábra)



a)

b)

1. ábra.

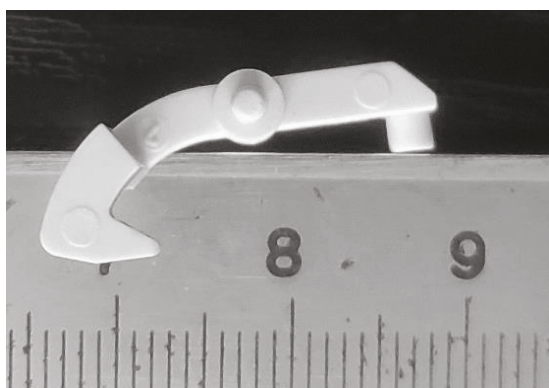
a) Múlt: CarlZeiss Projektor 320

b) Jelen: Roland LPX-1200 laser scanner

#### 4.2. Egy alternatív megoldás

Az említett korszerű geometria digitalizáló technikáknak is megvannak a maguk korlátai, illetve legtöbb esetben használatuk célirányos felkészültséget igényel. Ilyenkor jelent jó megoldást a régi módszerek modern technológiákkal támogatott alkalmazása.

Egy megfelelő felbontású és irányú digitális fotó készítése nagyban hasonlít a „korabeli” profilprojektoros elvhez, de a felvétel feldolgozása itt már számítógép segítségével történik. Minden esetben elengedhetetlen, hogy a rekonstruálni kívánt alkatrész fotóján (vagy mikroszkóp képén) szerepeljen egy pontos milliméter (vagy mikrométer) skála, amit a feldolgozás során etalonként használhatunk.



2. ábra.

Mechanikus időzítő óra kapcsolókarja

## 5. A FELDOLGOZÁS FOLYAMATA

### 5.1. Előkészítés és fotózás

Amennyiben az alkatrésznek nem határozzuk meg minden méretét, illetve szkennelés útján nem nyerünk belőle komplex CAD modellt, a végső geometria alakhelyes kialakítására az alkatrész vetületi fotóján látható élek és arányok

rekonstruálásával kerülhet sor. A feldolgozást segítheti az élek fotózás előtti színezése, ami világos alkatrészeknél pl. grafitporral, sötét gépelemeknél krétopporral megoldható. Fotózást követően még képmanipuláló programokkal (pl.: GIMP, PhotoShop) lehetséges az élek további kiemelése.

### 5.2. Feldolgozás CAD programban

Az előkészített és megfelelő képarányra vágott fotót egy arra alkalmas CAD szoftverben (pl.: Solid Edge, Creo) beállíthatjuk a szerkesztőfelület háttérképeként. Természetesen ekkor az alkatrész mérete még nincs meghatározva, ezért érdemes a fotót úgy körbevágni, hogy az minél jobban kitöltse a CAD program rajzterületét.

Ezt követően a látható vetület határoló görbéinek minél pontosabb átrajzolása következik. Ekkor a méretek még mindig rugalmasak és csak az alakhelyes vázlat megrajzolására törekszünk. Ebben a lépésben már felhasználjuk az alkatrész működéséből, illetve a hagyományos eszközökkel mérhető felületek méréséből származó információkat. Tehát amiről tudjuk, hogy pl. lekerekítés, azt nem tetszőleges szplájnnal közelítjük, hanem körívvel követjük le. Ugyanígy az egyenesek, a párhuzamosok és merőlegesek, az ismert szögek vagy éppen a koncentrikusság megtartása is az alkatrész funkcióinak ismeretéből következtetve, a mérnöki tapasztalataink útján állnak rendelkezésre. Az elkészült vázlaton érdemes jelölni az ismert méreteket, de nem kényszer szintű előírásként, hanem olyan rugalmas tájékoztató méretként, ami a szerkesztés további szakaszában szabadon változhat.

### 5.3. Skálázás

Miután elkészült az alakhelyes 2D vázlat, következik a folyamat kulcslépése: a skálázás. Minden CAD programban rendelkezésre áll olyan eszköz, ami a kijelölt rajzi elemeket képes úgy nagyítani és kicsinyíteni, hogy közben megtartja azok egymáshoz rögzített kapcsolatát.

Mivel egy ismert méretet tájékoztató méretként bejelöltünk, azt az eredeti alkatrész méréséből származó valós megfelelőjével elosztva meghatározhatjuk a nagyítás vagy kicsinyítés pontos arányszámát is, amit a skálázáshoz alkalmazva már megkaphatjuk a mérethelyes vetületet. Ebből a vázlatból kihúzás, vagy forgáskihúzás eszközzel elkészíthető a 3D testmodell, amelyen ezután további pontosításokat végezhetünk a korábbi méréseinket figyelembe véve.

#### 5.4. Módosítás, áttervezés

Miután megkaptuk az eredeti alkatrész-geometriát, legyártás előtt még lehetőségünk van az alkatrész fejlesztésére. Akár VEM segítségével vizsgálatokat végezve, akár csak a várható terheléseket, a bekövetkezett meghibásodást, illetve az alkatrész számára a gépben rendelkezésre álló helyet figyelembe véve - többnyire anyaghozzáadással - erősíthetünk a tönkremenetel szempontjából kritikus keresztmetszeteken.

### 6. 3D NYOMTATÁS

Az elkészült CAD modellt a 3D nyomtató által kezelt fájlformátumra (pl: STL) történő konvertálás után gyártásra kész. Jelen esetben az egyik legerjedtebb eljárásnak számító, filament szálként adagolt, hőre lágyuló polimer alapanyagot felhasználó FDM-nyomtatást vizsgáljuk.

#### 6.1. Építési struktúra és szálorientáció

A kutatások rávilágítottak, hogy az alkatrészek felépítésének iránya, vagyis az, hogy a nyomtatási rétegek mely síkkal párhuzamosan követik egymást, releváns hatással bírnak a késztermék mechanikai tulajdonságaira. [3] Könnyű belátni, hogy egy olyan technológiánál, ahol a rétegek szétválása egy létező probléma, az azok mechanikus szétválasztását eredményező terhelési irányokat kerülni kell.

Ugyanígy a szálorientáció és a belső kitöltés mértéke is olyan paraméterek, amelyeket tudatosan kell megválasztanunk. A GAMF Anyagtechnológia Tanszékén végzett mérési sorozat eredményei szerint például a 45°-os szálorientáció minden mért esetben nagyobb ütő-hajlító szilárdsággal, nagyobb szakító szilárdsággal és nagyobb szakadási nyúlással rendelkező próbatesteket eredményezett. [4]

#### 6.2. Anyagválasztás

Az FDM nyomtatás alapanyagának kiválasztása is döntő szempont, ha relatíve hosszú élettartamú termék készítése a cél. A leggyakrabban használt alapanyagok az ABS, ASA és PLA [5], illetve ezek adalékolt változatai. Ezek közül a könnyű (alacsonyabb hőmérsékletű) nyomtathatóságáról ismert PLA talán a legnépszerűbb. Persze ennek megfelelően a hőtűrése is a megszokottnál alacsonyabb, maximum 60°C-ra korlátozódik. Ezt szem előtt kell tartani olyan késztermékek nyomtatásánál, amelyek a beépítési helyükön, illetve működés közben ennél magasabb hőmérsékletnek lehetnek kitéve.

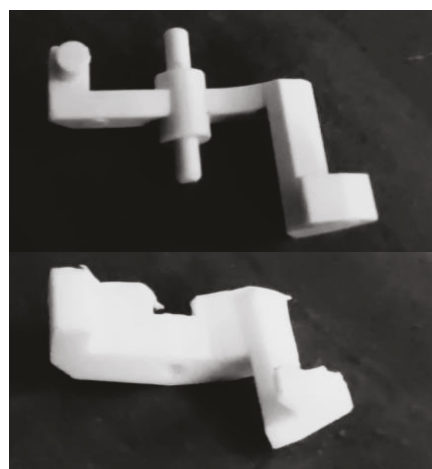
Megoldást jelenthet a CPLA (kristályos PLA), mely alapanyagot magasabb hőigényű termékekhez terveztek. A CPLA-ból nyomtatott munkadarabok hőállósága 80°C-ig terjed. [6]

Ha nagyobb igénybevételre számítunk, akkor a megnövelt mechanikai teljesítménnyel rendelkező TPLA (kemény PLA) jelent jó választást. A TPLA elnevezés talkummal adalékolt PLA-ra utal, ahol a talkum egy természetes ásvány, amely segít a PLA-nak keményebb anyag kialakításában. Így a könnyű nyomtathatóságot megőrizve kaphatunk megnövelt ütésállóságot, de csak a PLA-ra jellemző alacsonyabb hőállóság mellett. [7]

### 7. GYAKORLATI PÉLDÁK

#### 7.1. Kapcsolókar

Az első példa egy olyan alkatrész rekonstrukcióját mutatja be, melynek beszerzésére nincs mód, hiszen az a szerkezet sem kifejezetten drága termék, ami ezt az elemet tartalmazza, így nem is biztosítanak hozzá pótalkarészt. Viszont a meghibásodás okának felismerését követően (a 3D nyomtatás elérhetősége miatt is) magától értetődő volt ennek a kis alapanyagigényű billenőelemnek a rekonstrukciója.



3. ábra.

*Eredeti (felül) és áttervezett (alul) billenőkar*

Ahogy az a 3. ábrán látható, az eredeti geometria ezen billenőkar esetében több átalakításon is átesett. Az eltört kis keresztmetszetű kar a rendelkezésre álló hely figyelembevételével maximális vastagságot kapott. További változtatás, hogy a gyári alkatrészen ugyanazon anyagból fröccsöntött forgástengely helyére egy azonos átmérőjű furat került, amibe később egy acél pálca illeszkedett, ezzel növelve a gépelem élettartamát. (4. ábra)



4.ábra.

Nyomatott billenőkar beépített állapotban

Az így módon előállított pótalkatrész esetén magától értetődő, mégis fontos kiemelni, hogy a várható terheléseket figyelembe véve fektetett állapotban célszerű nyomtatni. Tapasztalatként elmondható, hogy az így legyártott darab a beépítéstől számítva már egy éve folyamatosan és megfelelően működik.

### 7.2. Hűtőventilátor

Ennél a példánál nagyobb hőhatásnak van kitéve az érintett gépelem. A feladat érdekessége, hogy speciális tengely egy kapcsolatot kellett rekonstruálni. Az 5.ábrán látható kompresszor ventilátor egy forgattyús mechanizmus excentrikus tengelyvégre illeszkedő alkatrész.



5.ábra.

Nyomatott ventilátor

Az ütésmentes járás érdekében a minél pontosabb furatpozíció meghatározása elengedhetetlen volt. Az agy merevítését szolgáló bordák kisebb átalakításon estek át annak érdekében, hogy a járókereket nagyobb alátéttel lehessen a helyén tartani. Mindezek eredményeként a termék időközönkénti használat mellett évek óta problémamentesen működik.

### 7.3. RC autó alkatrész

Az utolsó példa egy gyakran törő műanyag alkatrész, ami egy rádió távirányítású modellautó első lengővilla tengelyének játégmentes befogására szolgáló, egyik végén zárt hüvely. A futóműgeometria változtathatósága miatt a kialakítása nem szimmetrikus (5.a. ábra). A használati tapasztalat azt mutatja, hogy normál működés esetén hosszú élettartammal bír, ütközéskor viszont törőelemként megakadályozza a drágább alkatrészek sérülését.



a)



b)

6.ábra.

a) Tengely pozícionáló hüvely CAD modellje  
b) Több példányban nyomtatott pótalkatrészek

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Bihari Z; Sente J: Speciális geometriájú gépelemek rekonstrukciója, Multidiszciplináris Tudományok: A Miskolci Egyetem Közleménye 1: 1pp. 143-150. (2011)
- [2] Sarka, F.; Tóbis, Zs.: A 3D scannelés és prototípusgyártás alkalmazási lehetősége csomagoló szerszámok gyártásában – esettanulmány, GÉP 68: 4 pp. 47-52. (2017)
- [3] Konya G.; Ficzer P.: The Effect of Layer Thickness and Orientation of the Workpiece on the Micro- and Macrogeometric Properties and the Machining Time of the Part during 3D Printing, Periodica Polytechnica-Mechanical Engineering 67: 2 pp. 143-150. 10.3311/PPme.21473, (2023)
- [4] Ádám B., Polgár B.: 3D nyomtatott próbatetek mechanikai vizsgálata, Gradus Vol 6, No 1 2019 185-191 ISSN 2064-8014
- [5] Marada I.; Bihari J.: A kisméretű műanyag fogaskerekek FDM és SLA elven történő 3D nyomtatása során szerzett tapasztalatok, GÉP 73: 3-4 pp. 60-65. (2022)
- [6] <https://www.ecopulppak.com/info/what-s-the-difference-between-pla-and-cpla-74277848.html> (2022.08.22)
- [7] <https://support.makerbot.com/s/article/1667337612208> (2023.09.29)