

GYORS PROTOTÍPUSGYÁRTÁS, FORDÍTOTT MÉRNÖKI TEVÉKENYSÉG (REVERSE ENGINEERING), A FEGYVERALKATRÉSZ GYÁRTÁSBAN

Napjaink forgácsoló technikájában megszokott folyamatnak tekinthető a függvényekkel és különböző paramétertáblázatokkal meghatározott, nagy bonyolultságú felületek előállítása. Azonban jelentős területe a forgácsolásnak a szabadformájú felületek előállítása, gyártása. Egyre gyakrabban beszélünk a virtuális termékfejlesztésről, ahol a termék csak a számítógép monitorán jelenik meg, de sokszor elkerülhetetlen a kézzelfogható, kipróbálható és tesztelhető modellek elkészítése a sorozatgyártás megkezdése előtt.

FORDÍTOTT MÉRNÖKI TEVÉKENYSÉG

A gyors prototípusgyártáshoz 3D-s modell szükséges, melyet a következő módszerekkel tudunk előállítani:

1. Számítógéppel támogatott tervező rendszer (CAD), ahol egy szoftver segítségével a CAD modellt felszeleteljük és az így készített rétegekből a gyorsprototípust gyártó gép előállítja az alkatrészt. Ebből az alkatrészből könnyen lehet öntő- illetve fröccsszerszámot készíteni.

2. Sokszor ezeket a szabadformájú felületeket csak digitalizálással tudjuk előállítani. Digitalizáláson egy szabad felület pontjainak valamilyen rendszer szerinti megmérését és az így megállapított koordináták eltárolását értjük. Szabad felületen tetszőleges, akár matematikailag le nem írható felületet értünk. Ilyen felület lehet pl. egy szerszám famintája, egy fegyveralkatrész, vagy más katonai eszközök alkatrészeinek (pld. gázálarc) öntőszerszáma. A háromdimenziós geometriai adatnyerésnek két főbb vonala alakult ki. Az egyik a tapintással, tapintócsúcs segítségével történő adatnyerés, a másik megoldás az érintés nélküli, lézeres 3D-s adatgyűjtés. Mind a két esetben az adatnyerésre szolgáló eszközök (mind a tapintó, mind a lézerfej) a CNC-marógépek főorsójába rögzíthetők. A legkézenfekvőbb felhasználása a fordított mérnöki tevékenység (reverse engineering) során történő adatnyerés, mely folyamat esetén egy testben, fizikailag már legyártott tárgy méreteiről rögzítjük a pontos dokumentációt az adott tárgy reprodukálásához. Alapvetően a fizikai kiterjedéssel rendelkező, ismeretlen alakú tárgyak geometriailag helyes CAD-modelljének előállításához vezető műszaki folyamat a digitalizálás.

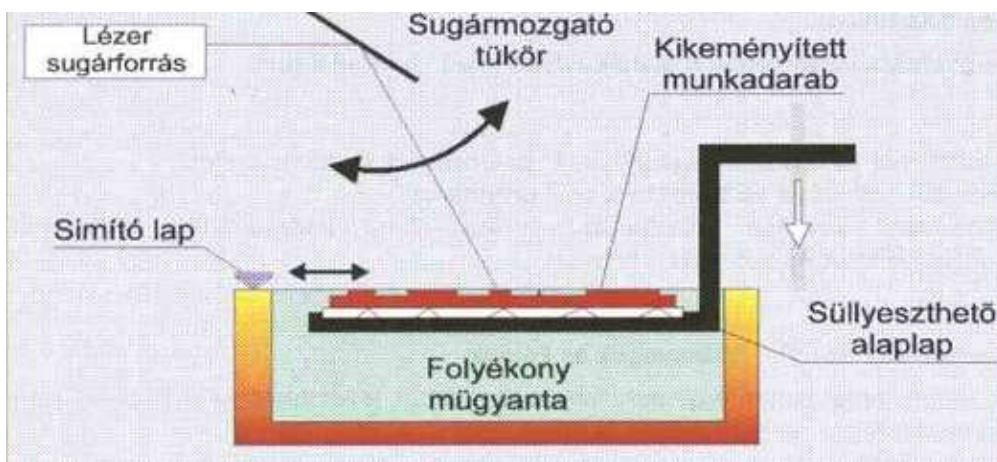
A két módszer alkalmazásának fontossága megmutatkozik napjainkban a következő területeken: alkatrészgyártás, ipari kémkedés, orvostudomány, optika, faipar.

A háromdimenziós geometriai adatnyerésnek két főbb csapásvonala alakult ki. Az egyik a tapintással, tapintócsúcs segítségével történő adatnyerés, a másik megoldás az érintés nélküli, lézeres 3D-s adatgyűjtés. Mind a két esetben az adatnyerésre szolgáló eszközök (mind a tapintó, mind a lézerfej) a CNC-marógépek főorsójába rögzíthetők. A következőkben néhány gyors prototípusgyártási módot mutatok be, majd ezt követően egy muzeális fegyver alkatrész-gyártási eljárását írom le, melyet a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Karon és a Budapesti Műszaki Főiskola Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Karon készítettünk el. A markolat digitalizálását tapintóval illetve lézeres letapogatással, majd gyártását CNC 5D-es megmunkáló központon, illetve rétegtechnológia felépítésével készítettük el.

Néhány gyors prototípusgyártási mód¹

1. Folyékony gyantából lézersugárral rétegenként felépített mintadarab jellemzői:

- Vizuális és funkcionális modell.
- Jó felületi minőség, kiváló részletpontosság.
- Az itt kapott alkatrész a vákuum-öntés, centrifugál-öntés és precíziós öntés alapjaként szolgál.
- Az így előállított alkatrészek ragaszthatók, polírozhatók, lakkozhatók.
- Az alkatrészek kevésbé terhelhetők.

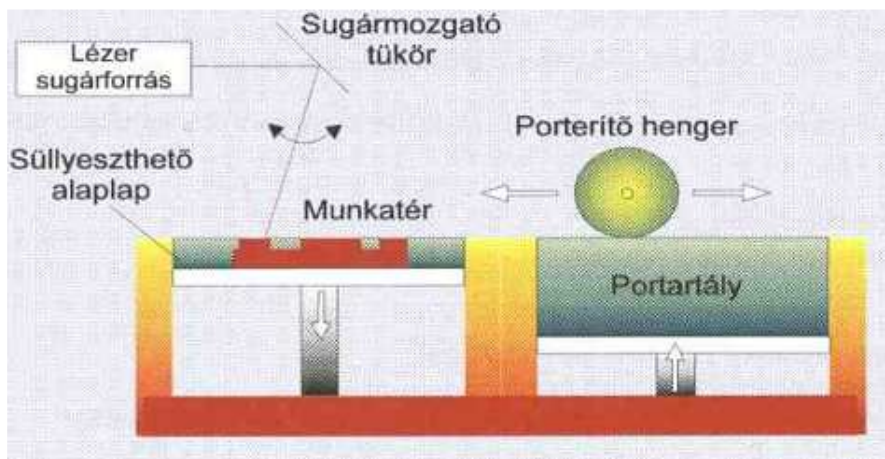


1. ábra: Sztereolitográfiai eljárás (SLA)

2. Lézeres szinterezés (Selective Laser-Sintering) – SLS jellemzői:

- Sokféle anyag megmunkálható: hőre lágyuló műanyag, fém, öntőhomok.
- A poliamidból készített alkatrészek jól terhelhetők és funkcionális modellként is használhatók.
- Homoköntő szerszámok és szerszámbetétek is előállíthatók.

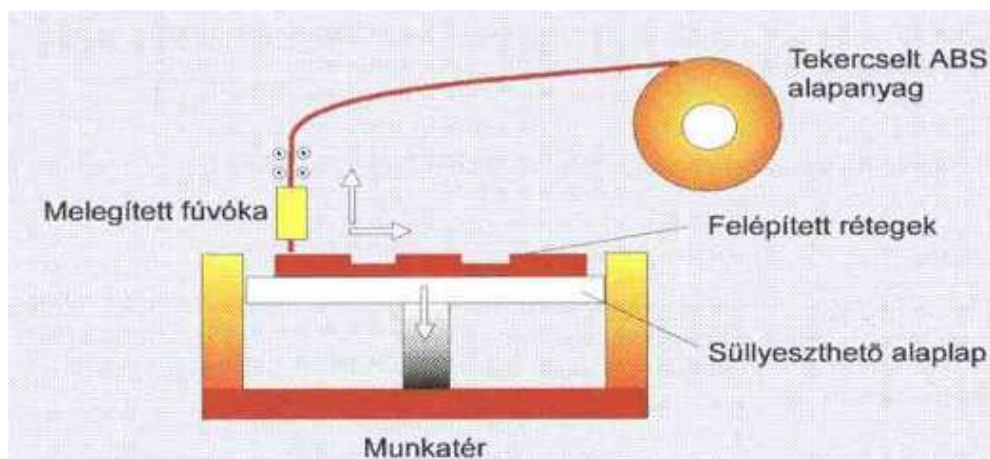
¹ <http://www.cadworks.hu/hun/rapid.html>



2. ábra: Lézeres szinterezés (SLS)

3. Műanyag-huzalfelrakás (Fused Deposition Modelling) – FDM jellemzői:

- Megömlesztett műanyaghuzalból rétegenként építik fel a mintadarabot.
- ABS-ből készült, nagy szilárdságú alkatrészek.
- Az alkatrészek terhelhetők, funkcionális modellként használhatók.
- Egyszerű eljárás, könnyen kezelhető berendezéssel.



3. ábra: Modellépítés huzalfelrakással (FDM)

A fegyvermarkolat digitalizálása lézer szkennerral. Roland LPX 250 3D szkennerral történő pontfelvétel

A szkennelendő objektumot mozgató körasztalból (körmozgásra) és a szkennelést biztosító modulból áll. Ez a blokk tartalmazza a lézerfejet, amit egy pozicionáló motor hajt, bordás gumiszíj segítségével (ez teszi lehetővé a Z irányú elmozdulást).

A szkennelés során az első szempont, hogy a munkadarab befogása a pontfelhő kialakításának szempontjából a leghatékosabb legyen. El kell dönteni, hogy milyen fő vonal mentén képezzük a szkennelési pályákat. Az alkalmazott szkennelő esetében ki kellett választani, hogy a kör- vagy a síkszkennelési stratégia felel-e meg a legjobban. Néhány próbálkozás után a kapott pontfelhőkből arra

jutottunk, hogy a síkszkennelési stratégiát választjuk. Ennél a technológiánál is nagy hangsúly van a lépésköz beállítás mértékén. A szkennelendő tárgy felületére merőlegesen vagy a Z tengely irányában alakíthatunk ki lépéstávolságokat. Mivel a jelenlegi munkadarab jellege nem követelte meg a legalacsonyabb felbontást, ezért az irreálisan nagy gépi fődő elkerülése érdekében a $0,6\text{mm} \times 0,6\text{mm}$ beállítást használtunk. A legtöbb esetben nem a mikron pontosság elérése a cél, sokkal inkább a test jellegének megőrzése, amihez a tízed mm-es pontosság tökéletesen megfelel.

A szkennelés Dr. Picza 3 Ver. 4.3 nevű programot használtunk, a felületek összeillesztésére pedig a Pixform 2001 szoftvert. A darabot elő kellett készíteni annak érdekében, hogy a lézer ne „tévedjen el” a felületen. Ezt a Diffutherm nevű spray segítségével tettük, mely a felületi repedésvizsgálatok során alkalmazott gázhajtóanyagos előhívószer. A markolat bepermetezése után kis légfújás hatására megszárad a felületen és apró szemcsés homogén bevonatot képez. Ez segít abban, hogy a lézer értékelhető mérést tudjon készíteni, mivel a lakkozott, csillogó felületről nem képes. Természetesen könnyen és tökéletesen eltávolítható volt a feladat elvégzése után.

Ezt követően egy kis pofatávolságú (240 mm) satuba (4. ábra) fogtuk, aminek hossza nem akadályozta a körasztal elfordulását a pásztázás során.



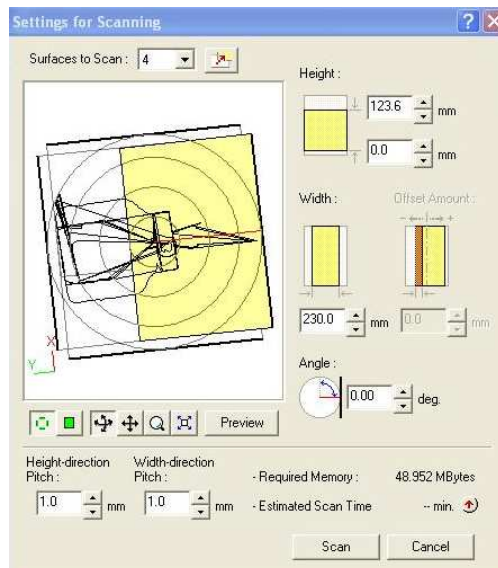
4. ábra: Munkadarab befogása

Majd behelyeztük a szkennelő gép asztalára a (satuba fogott, Diffutherm spray-el kezelt) markolatot. (5. ábra)



5. ábra: Előkezelt munkadarab

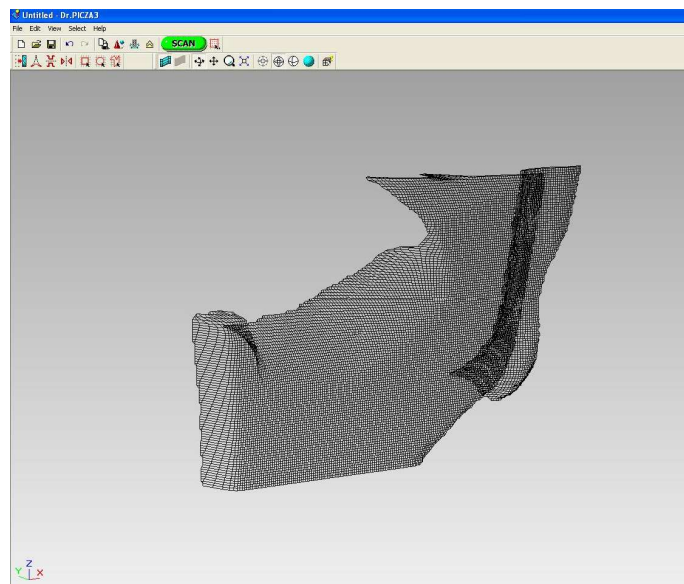
A 6. ábrán látható ablakban beállítottuk a szükséges paramétereket (pásztázási terület magassága, szélessége, a munkadarabra vetített lézer sugár szöge, léptetés értéke). Az alkalmazás kiszámolja a szükséges szkennelési időt. A valóságban másfélszer, néhány esetben kétszer annyi időt vett igénybe ez a folyamat, mint amennyit kiszámolt a szoftver.



6. ábra: Szkennelési beállítások

Több felfogást, magassági értéket, szöget vett igénybe a munkadarab pontos szkennelése, amit mindig a kapott pontfelhőből való következtetések, változtatások tarkítottak.

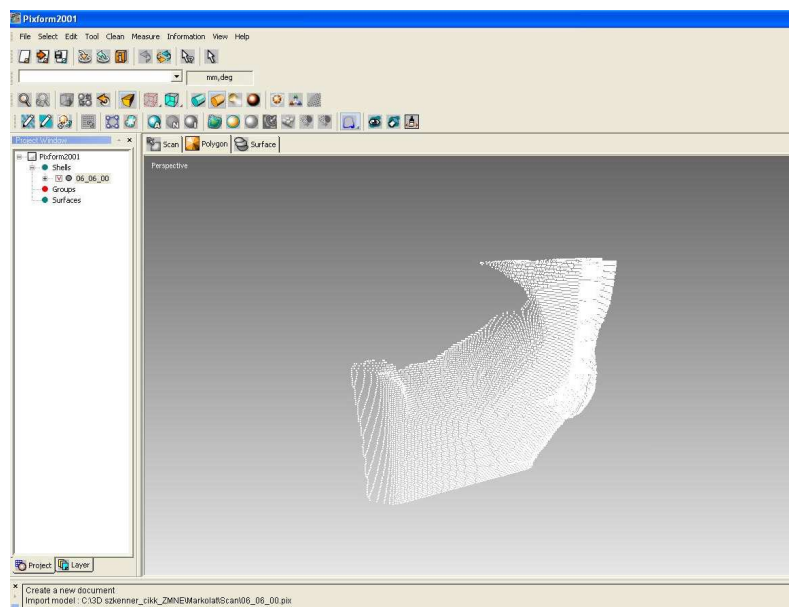
A markolat szabad felületének a Dr. Picza 3 szoftver által előállított pontfelhője a 7. ábrán látható.



7. ábra: Dr. Picza 3 környezet

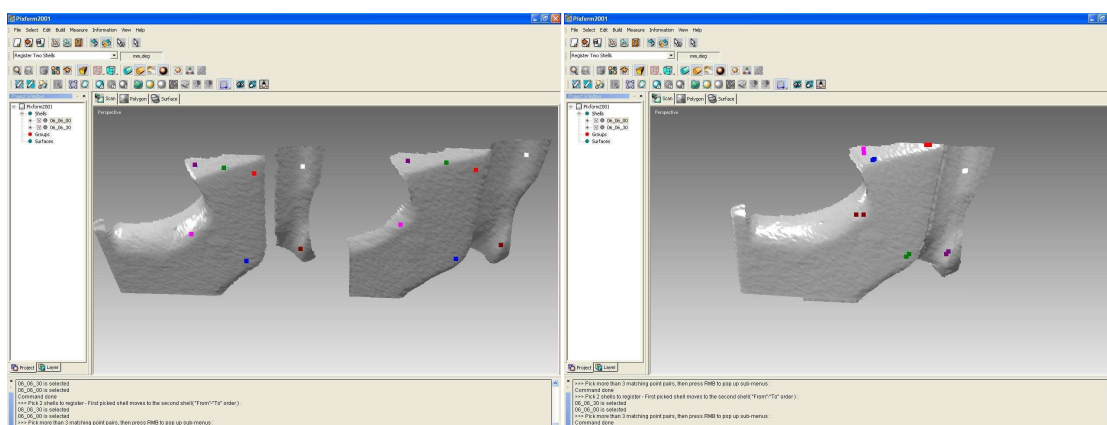
Minden egyes kapott felhő után kétszeri felületi zavarsszűrés (Remove Noise) következett. Ezáltal a durva eltérések könnyen kiküszöbölhetővé váltak, melyek egyenkénti eltávolítása igen sok időt vett volna időbe. Következett a kapott felület Pixform környezetbe történő exportálása (8. ábra). Ehhez a

File menü Export parancs kiválasztásával a PIX formátumot választottam. A felugró ablakban a Text opciót kellett megjelölni.



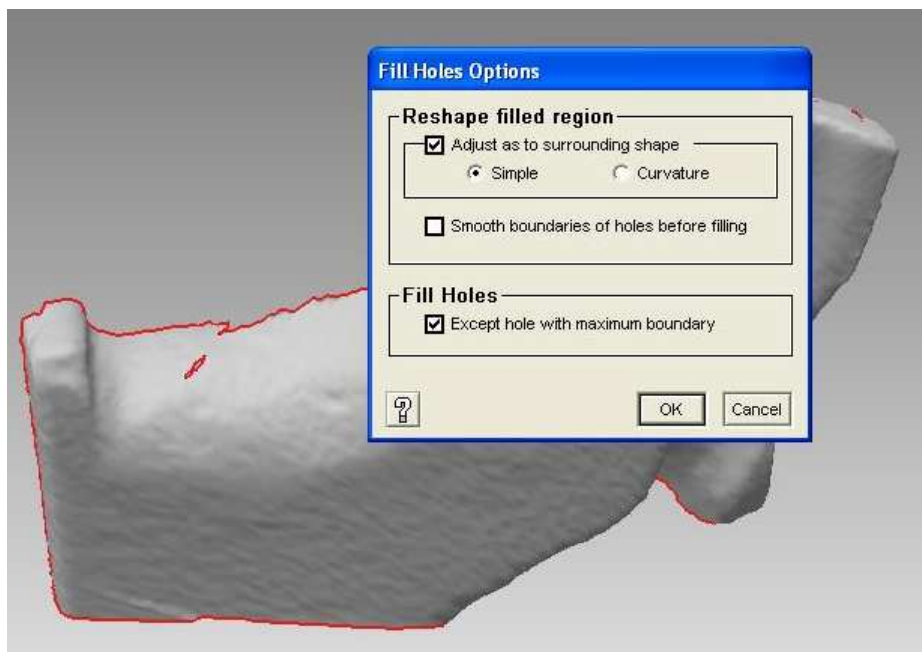
8. ábra: Pixform környezet

A feladat során a markolat oldalait többször is szkennelni kellett a pontos összeillesztés érdekében. Ezeket külön rétegekként kezeltük. Ezeknek egymáshoz képest történő mozgatására, az Edit → Transform → Shell Trackball menüpont alkalmazásával nyílt lehetőség. Miután eldöntöttük, milyen rétegeket egyesítettük, kijelöltük a közös pontokat a felhőn, a Scan munkaterületen a Build → Register → 2 shells → Initial paranccsal. Kijelöltük az egyesíteni kívánt rétegeket, és sorrendben megadtuk a pontpárokat (9. ábra), majd a Build → Merge shells paranccsal egyesítettük.



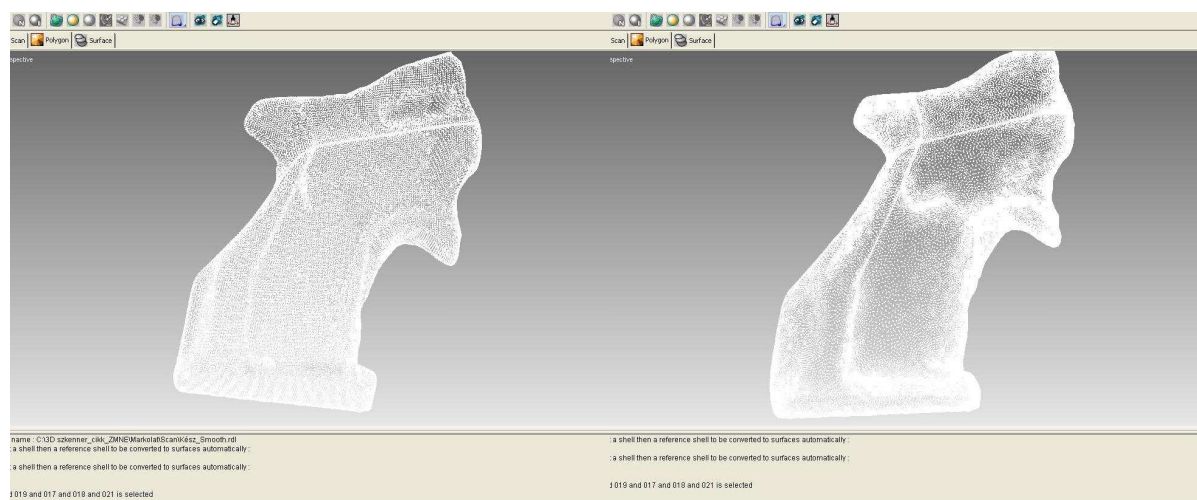
9. ábra: A pontpárok kijelölése majd egyesítése

A minél több megfelelően kijelölt pontpár segítségével szebb, optikailag eltérés nélküli, egyesített felületet kaptunk. A pontfelhő kezelése során többször előfordult, hogy manuálisan (nem szűrővel) távolítottuk el az abban a pillanatban zavart jelentő pontokat. Ezáltal sok esetben Hole (lyuk) keletkezett a felületen. Ezek befoltozására a szoftver Fill Holes Options biztosított lehetőséget (10. ábra).



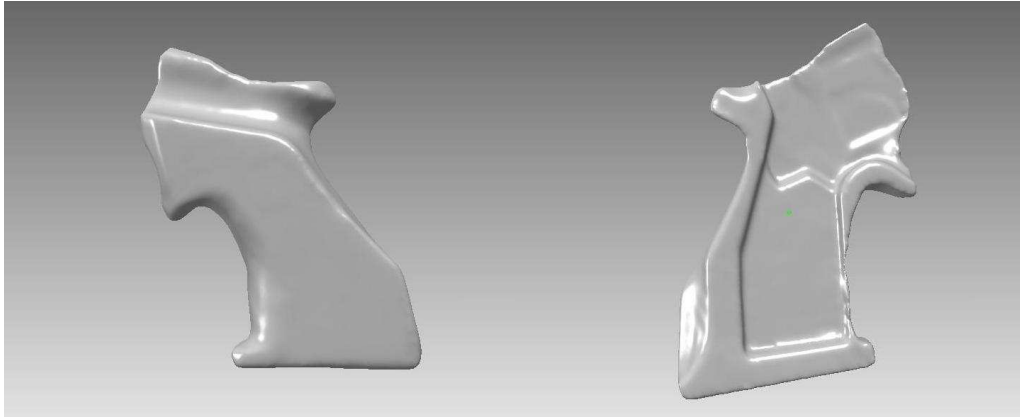
10. ábra: Lyukak kitöltése (kivéve a maximális peremen túl)

A folytonossági hibák kijavítása után következett a Global Remesh parancssal történő pontfelhő-újrahálózás. Ez a továbbiakban egy teljesen homogén ponteloszlást biztosított (11. ábra).



11. ábra: Újrahálózás előtt és után

A folyamat utolsó lépése egy NURBs (Non-Uniform Rational Basis splines) felületekkel határolt héj létrehozása. Miután minden oldal pásztázása megtörtént, a felület több szűrésen és egyesítésen átesett, elértük a kívánt modellfelületet (12. ábra).



12. ábra: A kívánt pontfelhő

3D Nyomtatás Dimension printerrel

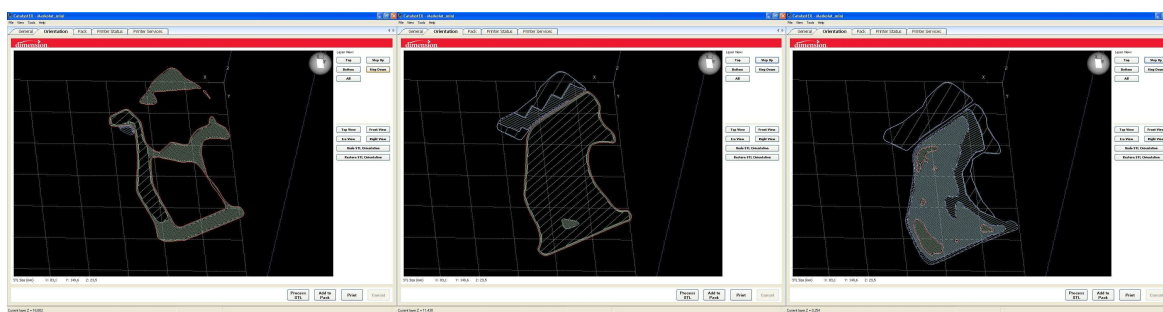
A szkennelés és a mérethű modellfelület leképezése után következett az utolsó fázis, a 3D nyomtatás. A nyomtatás lehetőséget biztosít arra, hogy olcsón, és minél gyorsabban reprodukálhassuk a kívánt modelleket műanyagból. A nyomtatás Dimension 3D Printeren (13. ábra) valósítottuk meg közel 5 óra alatt.



13. ábra: Dimension 3D printer

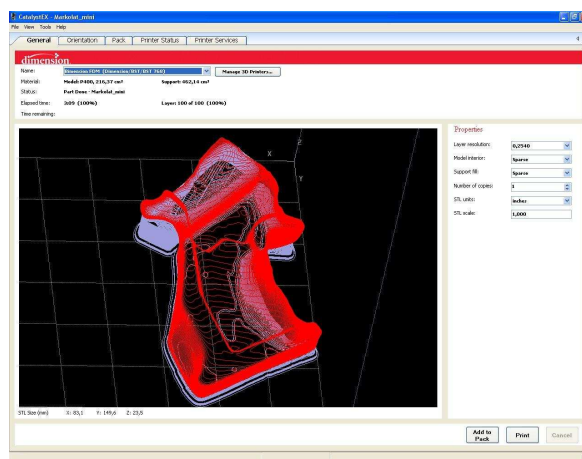
A printer a Stratasys által szabadalmaztatott FDM (Fused Deposition Modeling) eljárást használja. Az FDM technika lényege, hogy a modellt rétegről rétegre haladva építi fel. Az olvasztófej az olvasztott műanyag szálát nagy pontossággal irányítja a megfelelő helyre, ahol az előző réteghez tapadva megszilárdul.

A beolvasott fájlokat a Catalyst szoftver automatikusan felszeleteli és a megfelelő pozícióba rendezi, majd elkészíti a szükséges támaszrendszer struktúráját. Kiszámítja az egyes rétegek megépítéséhez szükséges fűvoka pályákat és a támasz-szerkezetet. A markolatot pontosan 100 darab réteg egymáson történő összeolvasztása eredményezte (14. ábra)



14. ábra: 3 réteg a 100-ból Catalyst környezetben

A Catalyst szoftver működik Windows NT, Windows 2000 és Windows XP operációs rendszereken is. A 15. ábrán látható oldalon teljes körű információkat kaphattunk a felhasznált alapanyagról, a rétegfelbontásról és a fontosabb paramétereiről. A szoftver automatikusan elkészíti az építési útvonalat, amit a Dimension olvasztófejének követnie kell.



15. ábra: Catalyst General fül

Az ABS (akrilonitril-butadién-sztirol) nevű anyag (amely tekercselve helyezkedik el egy öntöltő kazettában) az olvasztófejbe töltés után, félfolyékony állapotba hevítve kerül elhelyezésre, rendkívül pontos, vékony rétegekben. Az ABS-ből készült prototípus szilárdsági mutatói több mint 80%-os szintet érnek el a fröccsöntéssel előállított késztermékek mért jellemzőihez² viszonyítva. Az ABS több színben megrendelhető, a szabványos színek: fehér, vörös, kék, zöld és sárga.

Az alulról felfelé való építés során előfordul, hogy egy réteget - az építendő alkatrész formájából adódóan - a levegőben, az előző réteg felett kellene elkezdni. A problémát az ideiglenes támaszrendszer (13. kép) oldja meg, amelynek geometriáját a feldolgozó szoftver határozza meg önműködően. Ez a végén, az építőkamrából történő kivétel után, eltávolításra kerül kézzel (szárazon) (14. kép), vagy szappanos vízben, kioldással.

Ismerve az ABS tulajdonságait, marással, fűrassal, homokfújással, fémbefonással tovább alakítható lenne a reprodukált markolat, de utómunkálatra nem volt szükségünk.

² <http://www.muanyagesgumi.hu/archive/M399.pdf>

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Gépgyártás szaklap XLIX. Évfolyam, 2009. 1. szám 38. old.
- [2] http://www.technorg.hu/Ortoped_Hun.htm
- [3] FALK GYÖRGY: A Rapid Prototyping és 3D-s szkennelés a terméktervezés szolgálatában, 2004.
- [4] <http://ccd.mcse.hu/ccdalap/alap2.html>
- [5] <http://www.digitweb.hu/termékek/LPX-250>
- [6] <http://www.muanyagesgumi.hu/archive/M399.pdf>
- [7] <http://www.dimensionprinting.com/>