

3D NYOMTATÓ ÉPÍTÉSE ÉS FEJLESZTÉSE

3D PRINTER: CONSTRUCTION AND DEVELOPMENT

Kun Krisztián¹, Miskolczi István², Fodor Antal³

Járműtechnológia Tanszék, Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskolai Kar, Kecskeméti Főiskola, Magyarország

Kulcsszavak:

3D nyomtatás, FDM eljárás, Reverse Engineering

Keywords:

3D printing, FDM technology, RE

Cikktörténet:

Beérkezett 2015. október 10.

Átdolgozva 2015. november 30.

Elfogadva 2015. november 30.

Összefoglalás

Cikkünkben egy FDM (Fused Deposition Modeling) technológiával dolgozó gép konstrukciós kiválasztását és megépítésének lépéseit mutatjuk be. A műszaki dokumentáció visszaállítása (Reverse Engineering) után, a nyomtató megépítésébe is bepillantást nyerhet az olvasó. Az építésből tanultak után saját nyomtatóegységet terveztünk, amely egy kompakt, felhasználói igényekhez igazodó tengelymozgató egység és fejtartó konzol. Az új konstrukció előre mutatóan alkalmazható a rugalmas tervezési feladatokhoz.

Abstract

In our research, we introduce the technology of 3D printing. After that, we detail the milestones of the building process of a machine which operates with FDM (Fused Deposition Modeling) technology: the restoration of the technical documentation (Reverse Engineering), the construction of the printer. Based on constructional studies, we started the design of our own printing unit, which is a compact, user-friendly jog unit and a head-holder console.

1. Bevezetés

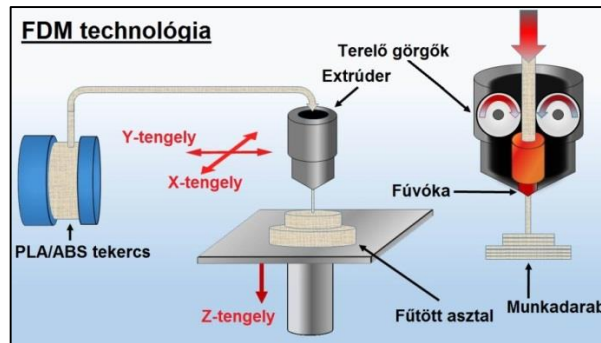
A 3D nyomtatás manapság már egy egész technológiai ágazat gyűjtőneve. Számos, egymástól akár nagymértékben eltérő eljárásokat sorolhatunk ebbe a megmunkálási csoportba. Kutatásunk során a ma létező összes módszerrel megismerkedtünk, majd ezt követően döntöttünk az FDM eljárás (1. ábra) mellett. Célunk, hogy a technológiai sajátosságok megismerése után egy olyan nyomtatót építsünk, amelyből tapasztalatokat gyűjtve képesek leszünk egy, a korábbi hibákat kiküszöbölő, saját gép tervezésére.

Az FDM eljárás előnye az áttekinthetőség, az egyszerű, emberközelű szerkezet és a kiterjedt, széleskörű fórumhálózat. Alapelve, hogy egy termoplasztikus szál anyagot egy extrúderhez hasonló berendezés az anyag olvadáspontja fölé melegít. Ezzel elérhető, hogy az anyag ömledék állapotba kerülve hozzátapadjon az előző réteghez, valamint, hogy könnyen alakítható legyen. További előny, hogy az anyag gyorsan, külön hűtés nélkül, a másodperc tizede alatt képes ismét megszilárdulni. Az extrúder fejet X-Y irányban, valamint Z irányban is vezérelni kell. Az előbbi az adott síkban a forma kialakításához, Z-irányban pedig az új réteg magasságának meghatározásához. Előfordul, hogy a Z-tengelyen nem az extrúder, hanem az asztal süllyed. A leírtakból látszik, hogy a technika igen érzékeny az anyagtulajdonságok változására és precíz vezérlést igényel.

¹ kun.krisztian@gamf.kefo.hu

² miskolczi.istvan@gamf.kefo.hu

³ fodor.antal@gamf.kefo.hu



1. ábra. Az FDM technológia elvi vázlatja

A konstrukcióválasztás legelső szempontja az volt, hogy minél kisebb költségből, minél jobb minőségű és pontosságú 3D nyomtatót tudjunk építeni. Olyan konstrukciót kerestünk, aminek a felépítése lehetővé teszi a testközeli szemléltetést. További feltétel az egyszerű szállíthatóság, így a nyomtató képességeit könnyen prezentálhatjuk nyílt napokon, bemutatókon.

Cél volt, hogy a nyomtató egyszerű alkatrészekből álljon, annak érdekében, hogy könnyen szerelhető és egyszerűen karbantartható legyen. Előnyös szempontként értékeltük a T-horonyok használhatóságát az elemek pontos rögzítésére. Elvárás volt továbbá, hogy kompatibilis legyen olyan elektronikai alkatrészekkel, mint a szabványos végállás kapcsolók.

Az alábbi piacvezető nyomtatók teljesítették az elvárásainkat:

- 3D systems nyomtató: CUBEX,
- Makerbot nyomtató: Replicator 2,
- Velleman K8200,
- Felix 2.0.

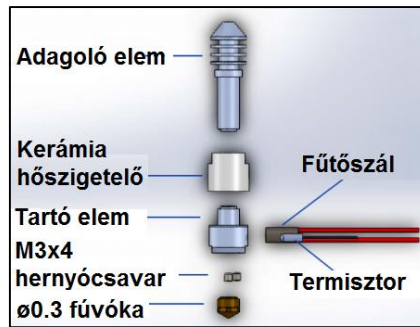
A választott konstrukció a felsorolt nyomtatók közül a FELIX 2.0 (2. ábra). A feltételeinket ez a nyomtató elégítette ki leginkább.



2. ábra. A Felix 2.0 nyomtató

A nyomtató építése előtt felvázoltuk mely alkatrészek megvétele szükséges és melyeket tudjuk saját kezűleg elkészíteni. A Főiskola műhelye lehetőséget adott a forgácsolható alkatrészek legyártására, így azokat mi magunk készítettük el.

A váz elkészítéséhez Bosch Rexroth 40x40 mm keresztmetszetű alumínium profilokat használtunk, amiket megfelelő méretre vágunk. A profilokat ezután önmetsző belső kulcsnyílású torx csavarokkal rögzítettük egymáshoz, így alakítva ki a nyomtató vázát. A kész vázra lineáris elemeket szereltünk a tengely irányú mozgások megvezetésére, mivel ezek könnyen rögzíthetőek voltak az alumínium profilba. Felix 2.0 nyomtatott alkatrészeit megvásároltuk, hogy el tudjuk kezdeni a nyomtatófej megépítését és a szükséges alkatrészek átalakítását. Az extrúder kerámia elemét és a fúvókát rendeltük, míg a hengeres alumínium felületeket (adagoló, tartó elem) magunk forgácsoltuk. A termisztor és a fűtőszál szabványos elemek (3. ábra).



3. ábra. A Felix 2.0 nyomtató

2. A 3D nyomtató megépítése

A szíjat, a csapágyakat és a végállaskapcsolókat különböző üzletekből vásároltuk, figyelve azt, hogy azok kompatibilisek legyenek a konstrukcióval. A végállaskapcsolókat át kellett alakítani, hogy a csatlakozók a megfelelő irányba álljanak. A tárgyasztal alumínium szendvics lap. Az alaplap egy Arduino rendszerű, a Felix cég által erre a célra kialakított nyáklap, amely két extrúder fej vezérlésére is alkalmas. Az említett alkatrészeket felhasználva így elkészítettük a Felix konstrukciójára alapuló FDM nyomtatónkat.

A 3D nyomtatót virtuális formában is el akartuk készíteni. Ennek célja a digitális gyártás szimulációja volt. Mind emellett, mivel a nyomtatott alkatrészeket a forgalmazótól vásároltuk, így azok pontos dokumentációja hiányzott. Ha minden alkatrészről méretpontos modell állna rendelkezésre, azok felhasználhatók lennének pótalkatrészek gyártására vagy egy esetleges második nyomtató elkészítésére. Ahhoz, hogy ezt meg tudjuk valósítani, a Reverse Engineering módszerét kellett alkalmaznunk.

3. Reverse Engineering

A Reverse Engineering magyar fordításban fordított mérnöki tevékenységet jelent. Mindezt pontosítva egy olyan mérnöki munkafolyamat, amelynek során egy fizikailag létező tárgy számítógépes CAD geometriáját határozzuk meg 3D-s digitalizálással. A Reverse Engineering a végtermékből indul ki. Feladata a rekonstrukció.

A Reverse Engineering lépései:

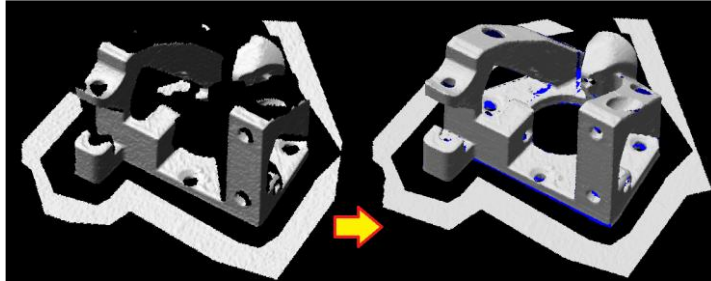
- szkennelés,
- pontfelhő létrehozása,
- burkolás, felületillesztés,
- ellenőrzés, korrigálás,
- gyártás.

Egy Steinbichler Optotechnik VarioZoom 200-400 3D szkennerek segítségével végeztük a méréseket. A meglévő alkatrészek számítógépes dokumentációit ezzel az eljárással tudtuk reprodukálni. A technológiát az extrúder fej tartó elemén (4. ábra) keresztül szemléltetjük.



4. ábra. Extrúder fej tartó elem

A felület menti letapogatásra alkalmas szkennelő-berendezés vetítője fekete-fehér, párhuzamos fénycsíkokat vetít az objektum felületére, amelyek azon deformálódnak. A szkennerek CCD kamerája érzékeli a visszavert fénycsíkok törését. A számítógépes kiértékelő rendszer kiszámolja a csíkokban sorakozó pontok térbeli helyzetét, ez alapján alkotva meg a pontfelhőt. A végleges felhő összeállításához 34 fotóra volt szükség (5. ábra), amelyeket az egyező pontjaik megkeresésével egyesítettünk.

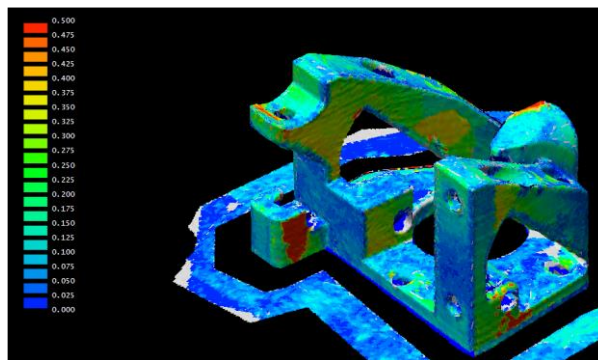


5. ábra. A felvételek összeillesztése: baloldalon az első felvétel, míg a jobb oldalon a 34 kép összeillesztése

Amikor elkészült a pontfelhő, szükséges volt az objektumhoz nem tartozó részek (felfogó elemek, tárgyasztal, alátétek, stb.) levágása a képről, továbbá a redundáns⁴ pontok eltávolítása.

A korrigált pontfelhőre felületelemek illeszthetők, amik lehetnek analitikusak (sík, gömb, paraboloid), paraméteresek (Bézier vagy B-spline) és egyszerű háromszögek. A reprodukcióhoz a legelterjedtebb módszer a háromszögekkel, vagyis az STL formátumban való burkolás, mivel ez egy egyszerű és minden tervező program számára beolvasható fájlhoz létre. A háromszögek csúcspontjai a pontfelhő szomszédos pontjai.

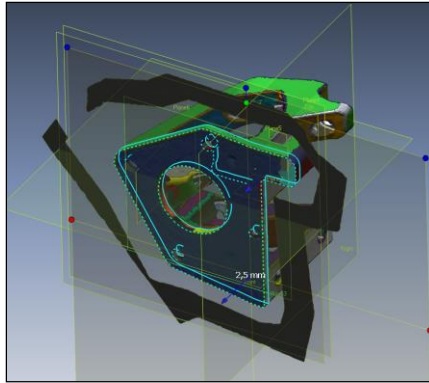
Az előbbieken előállított modell még nem használható fel közvetlenül CNC megmunkálásra vagy 3D nyomtatásra, mivel a háromszögekkel való burkolás során a felületek nem illeszkedtek tökéletesen a pontfelhőkre, amiből mérethibák adódtak. A szkennelő berendezés szoftvere a háromszöggel való burkolás során ezeket a hibákat a 6. ábra képe szerint analizálta.



6. ábra. A háromszöggel való burkolás során keletkező hibák nagysága

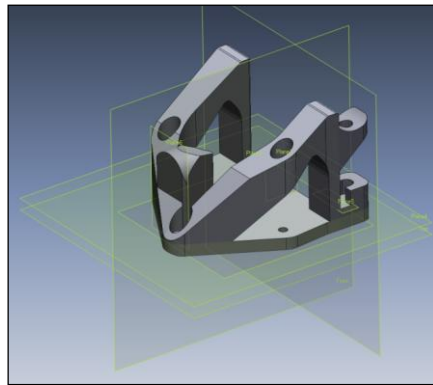
A szkennerek szoftverével generált STL fájlt egy külön erre a célra specializálódott Reverse Engineering programba importáltuk (Geomagic Design X RapidForm XOR). A programban felvettük a modell alapsíkjait. Fontos felismernünk a program használata közben, hogy a darab korábbi tervezője milyen lépéseket követve alkotta meg a kész modellt. Ezt követően az úgynevezett Mesh Sketch paranccsal a felületről keresztmetszeti vázlatokat vettünk fel (7. ábra). Ezeket a vázlatokat közelítő vonalakkal körberajzolva, majd azokat egy adott bázistól beméretezve meghatározhatóvá vált a vázlat valós mérethálója.

⁴ A 3D-s szkennelés területén a *redundancia* mindig valamiféle többszörözést jelent, jelen esetben az azonos helyen szereplő felhalmozott pontokat.



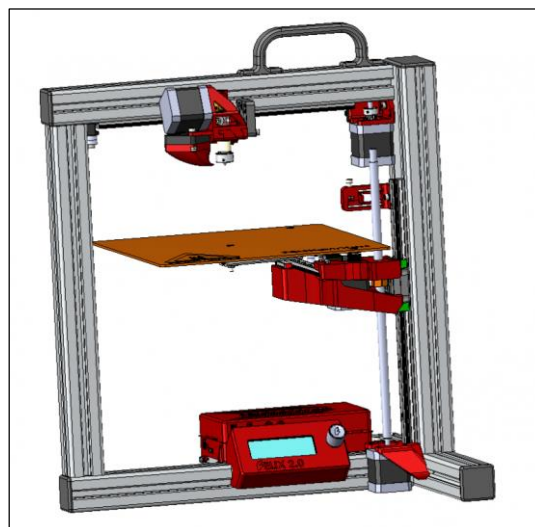
7. ábra. A Mesh Sketch parancs használata

Az így kapott vázlatokkal a szokásos kihúzás (extrude) és kivágás (cut) parancsok segítségével rekonstruáltuk a 3D-s CAD modellt. Ezen folyamatok eredményeképp kaptuk meg a változtatható méretű és minden felületén mérhető CAD modellt (8. ábra).



8. ábra. Az extrúder fej tartó CAD modellje

Ezt követően az Autodesk Inventor szoftverben egy összeállítási környezetben belül létrehoztuk a nyomtató virtuális konstrukcióját. Így a nyomtató paramétereit 3D modell formájában is mérni tudtuk, valamint digitális gyártás szimulációjára is megfelelt. Az összeállítási modell a 9. ábrán látható.



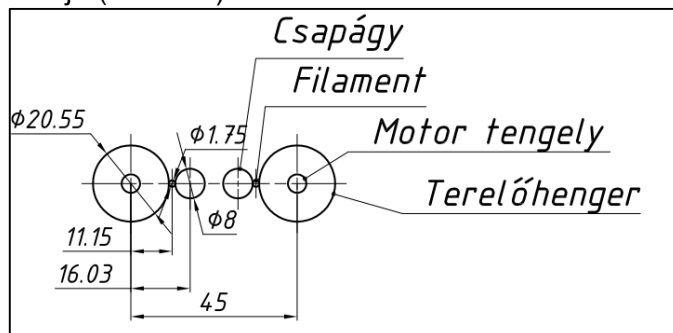
9. ábra. Felix 2.0 összeállítási 3D modellje

4. Parametrizálható munkaterületű nyomtatóegység konstrukciós tervezése

A megépített nyomtatóból számos konklúziót vontunk. Hibáiként felsorolhatóak, a korlátozott nyomtatási terület és az alap konstrukcióból adódó nehézségek. Utóbbi között a leglényegesebb az asztal végezte Y-tengelyen történő elmozdulás. Ez a munkaterület növelésével hatványozottan jelent problémát. Célunk tehát egy olyan egység fejlesztésére irányult, mely reagál a munkaterület rugalmas változására, ezzel egyidejűleg pedig az asztal Y elmozdulását helyettesíti.

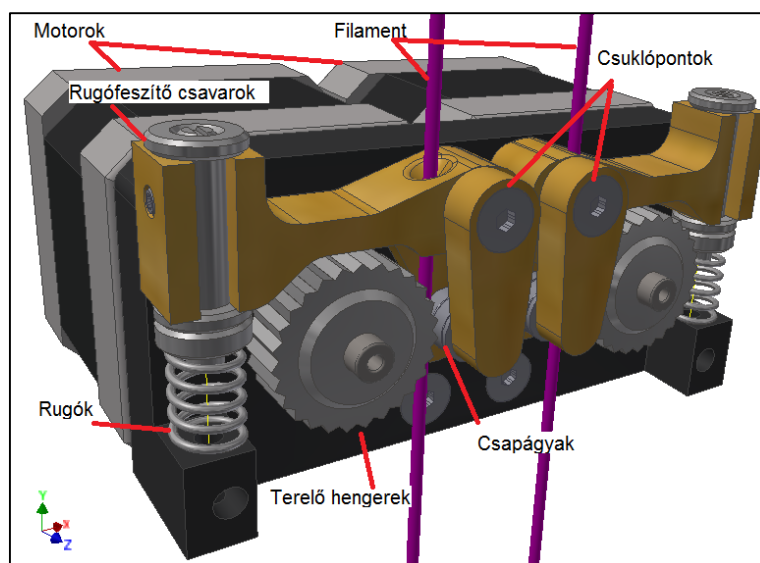
4.1. A behajtó-egység tervezése

A tervezést a behajtó-egységgel kezdtük, mivel fontos volt, hogy a két motor egymás melletti elhelyezésekor azok kihajtó tengelyei milyen távolságban vannak egymástól. Ezen adatokra épült a behajtó egység mérethálója (10. ábra)



10. ábra. A behajtó egység mérethálója

A mérethálóra alapozva terveztük meg a behajtó-egységet, amelynek modellje a 11. ábrán látható.



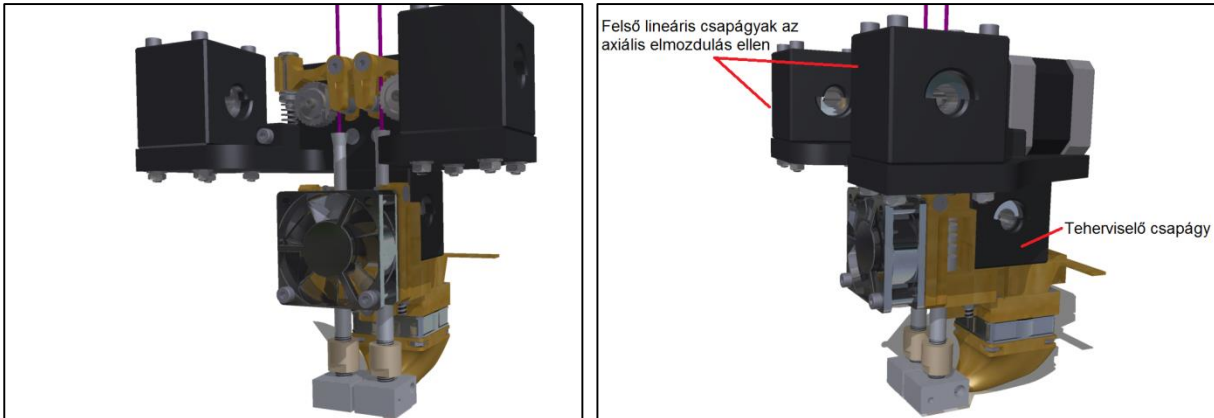
11. ábra. A behajtó-egység összeállítási modellje

4.2. Az extrúder-fej kialakítása

Mivel a behajtó-egység kialakításánál már az extrúderek tengelyének egymástól mért távolsága is meghatározásra került, ezen méreteket felhasználva kezdtük meg az extrúder-fej felépítését.

Fontos szempontok voltak (12. ábra):

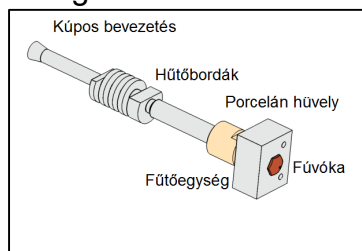
- a méretek minimalizálása,
- a lineáris csapágyak elhelyezése,
- a hűtés biztosítása a fűtött egységgel kapcsolatban lévő elemek védelmére.



12. ábra. Az extrúder-fej felépítése

A hűtést többféleképpen valósítottuk meg:

- szabványos ventilátorokat alkalmaztunk,
- a fűtött egységet porcelán hüvelyekkel választottuk el, így is gátolva a visszavezető hőáramot (13. ábra),
- hűtőbordákat alakítottunk ki az extrúder szárán, amit több darabból szerelhetünk össze, a könnyű tisztántartás érdekében (13. ábra),
- a levegőt a kívánt helyre terelő felületeket képeztünk ki,
- a tárgyasztalon, már kinyomtatott anyag azonnali hűtésére egy, áramlástanilag ideális felülettel rendelkező légtérrelőt terveztünk.

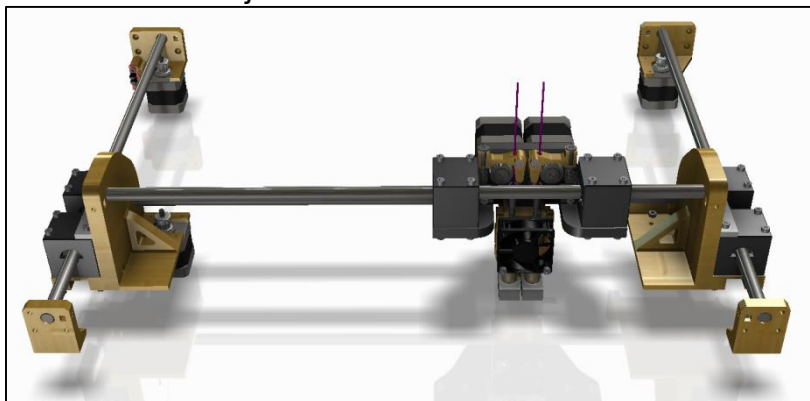


13. ábra. A módosított extrúder

4.3. A parametrizálható mozgás megvalósítása

A konstrukció legnagyobb kihívása a fej két tengelyen történő mozgatása volt. Célunk egy olyan parametrizálható munkatér létrehozása volt, amely a kívánt igényeknek megfelelően állíthatjuk be a nyomtatható területet, így megkönnyítve a 3D nyomtató építését. Ezt úgy értük el, hogy a lineáris elemeket az X-tengelyen is köszörült rudakon vezetett lineáris csapágyakra cseréltük. A méret szerinti parametrizálás mind az X, mind az Y tengelyen működik, a megfelelő rudak méretváltoztatásával.

A 14. ábrán látható ennek módja.



14. ábra. A módosított extrúder

5. Összegzés

Összegzésként elmondható, hogy az előzetes célkitűzéseket teljes mértékben abszolváltuk. Részletes, átfogó ismereteket szereztünk a 3D szkennelés módszeréből, aminek segítségével rekonstruáltunk egy már meglévő, dokumentáció nélküli konstrukciót. Megépítettük a saját FDM nyomtatónkat, méréseket végeztünk rajta, majd a hibáiból tanulva terveztünk egy minden tekintetben egyedi nyomtatóegységet.

További célkitűzés lehet, a nyomtató egységet felhasználva egy zárt, szabályozható hőmérsékletű munkatérrel rendelkező komplett 3D nyomtató tervezése és annak megépítése.

Az FDM technológia térhódítása és beszivárgása háztartásunkba mindennapos téma. Az általunk tervezett parametrizálható nyomtatóegység egyszerű összeszerelése, változtatható munkaterülete és könnyű karbantartása miatt remek részegysége lehet egy meglévő konstrukciónak vagy egy komplett új gépnek.

6. Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését a TÁMOP 4.2.1C-14/1/Konv számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- [1] Kun Krisztián, Miskolczi István – 3D nyomtató építése és fejlesztése (OTDK dolgozat és előadás 2014-2015)
- [2] Kodácsy János, Pintér Zsuzsanna, Pokriva Péter: RE módszerrel előállított felületek minősége – GAMF 2003
- [3] Mátyási Gyula – CAM Tankönyv – BME, ÓE, SZIE Egyetemi tananyag 2012, 615-634.o
- [4] http://www.protec3d.de/rapid-prototyping_3d-drucken/technologiedetails/ 2015. 07. 10.
- [5] Kovács József Gábor, Falk György – RPT/RP, BME Polimer technika Tanszék, Budapest, 2006, 1-13.o
- [6] Kovács József Gábor: Gyors prototípus eljárások II. Gyakorlati megvalósítások, Műanyag és Gumi, 39, 2002, 103-107.o
- [7] <http://shop.felixprinters.com/> 2014. 08.10.
- [8] <http://www.dimensionprinting.com/> 2014.09. 12.
- [9] <http://www.varinex.hu> 2014.10 01.
- [10] <http://www.3ders.org/pricecompare/3dprinters> 2014.09. 12