

ASZTALI 3D NYOMTATÓ FEJLESZTÉSE

Derekas Csaba

MSc hallgató, Miskolci Egyetem, Szerszámgépezési és Mechatronikai Intézet, Szerszámgépek Intézeti Tanszék
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: abrcsabi@gmail.com

Kiss Dániel

egyetemi tanársegéd, Miskolci Egyetem, Szerszámgépezési és Mechatronikai Intézet,
Szerszámgépek Intézeti Tanszék
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: kiss.daniel@uni-miskolc.hu

Absztrakt

Ebben a cikkben bemutatjuk egy, az FDM (Fused Deposition Modeling) technológián alapuló gyors prototípus gép tervezését és kivitelezését, valamint az ezzel készült próbadarabok nyomtatásának eredményeit. A gép tervezési alapját egy meglévő ISEL 5D marógép biztosította, amelyből eltávolítottuk az orientációs mozgásokat megvalósító két tengelyt, majd egy Arduino Uno mikrovezérlővel megvalósítottuk a lineáris mozgásokat biztosító három tengely mozgásvezérlését. Az elkészült 3D nyomtatóval különböző alapanyagokból és nyomtatási paraméterekkel próbadarabokat nyomtattunk ki a tesztelés során, amelyek eredményeiről ismertetjük.

Kulcsszavak: 3D nyomtató, FDM, mikrovezérlő

Abstract

In this paper, we present the design and construction of a rapid prototyping machine based on FDM (Fused Deposition Modeling) technology and the results of the test pieces made with it. The design basis of the machine was provided by an existing ISEL 5D milling machine, from which the two axes realizing the orientation movements were removed, and then the motion control of the three axes realizing the linear movements was realized with an Arduino Uno microcontroller. With the completed 3D printer, we printed test pieces from different raw materials and printing parameters during the testing, the results of which are reported.

Keywords: 3D printer, FDM, microcontroller

1. Bevezetés

A 3D nyomtatás ötlete már az 1970-es években felmerült, de az első kísérletek 1981-ből származnak. Dr. Hideo Kodama elsőként írta le a rétegenkénti gyártást, létrehozva az SLA (StereoLithoGraphy) elődjét, ahol a fényérzékeny gyantát ultraibolya fényben polimerizálták. 1984-ben Alain Le Méhauté, Olivier de Witte és Jean-Claude André érdeklődését felkeltette a sztereolitográfia alkalmazása, de az üzleti perspektíva hiánya miatt azt elvetették. Charles Hull is érdeklődött a technológia iránt, és 1986-ban benyújtotta az első szabadalmat a sztereolitográfiához. Megalapította a 3D Systems Corporation-t, majd 1988-ban kiadta az SLA-1-et, az első kereskedelmi terméküket. 1988-ban Carl Deckard, a Texasi Egyetemen szabadalmat nyújtott be az SLS (Selective Laser Sintering) technológiára, egy másik 3D nyomtatási technikára, amelyben a porszemeket lézerrel helyileg összeolvasztják. Időközben Scott Crump, a Stratasys Inc. társalapítója szabadalmat nyújtott be az FDM-re (Fused Deposition Modeling)

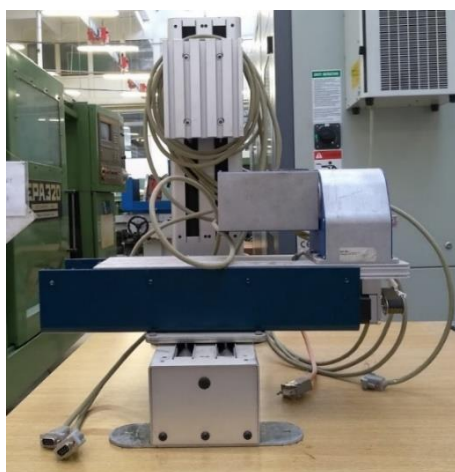
[1]. Az elmúlt évek nagyon fontosak voltak a 3D nyomtatás szempontjából. Az FDM szabadalmi lejártával az évtized első éve a 3D nyomtatás éve lett. Az adalékanyagok gyártása ekkor vált valódi és megfizethető prototípus- és gyártástechnikává a vállalkozások számára, új lehetőségeket nyitva meg. Ezen okok miatt a hobbi célokra használható 3D nyomtatási folyamatok széles körben elérhetővé váltak, így ezek az eszközök egyszerű és költséghatékony alkatrészekből építhetők fel. A Miskolci Egyetem Szerszámgépek Intézeti Tanszéke a tervezési módszertani irányelvek felhasználásával javaslatot tett több eszköz tervezésére [2]. Ide tartoznak a hegesztett földmunkagépkarok mérőállomáskonceptiói [3], az ipari mérőgépek [4], a mechatronikai rendszerek tervezése [5], a gördülőcsapágyak kopásának és a maradandó élettartamának meghatározásához alkalmas vizsgálóberendezés [6], valamint marógépek forgácskihordójának tervezése [7]. A fenti tapasztalatok és a tervezésmódszertani elvek felhasználásával egy 3D-s nyomtatót építettünk az FDM nyomtatási technológiával. A gép mérete miatt annak munkatere kisméretű alkatrészek nyomtatását valósíthatja meg.

2. A fejlesztés lépései

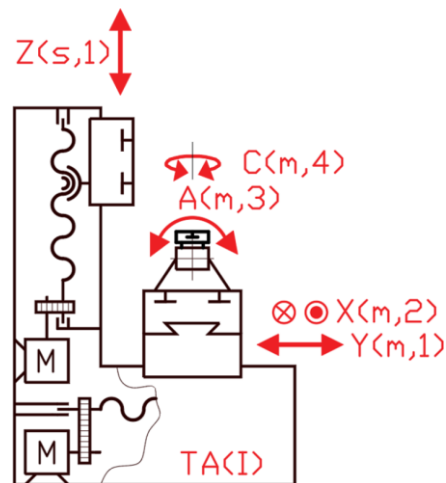
Ebben a részben a fejlesztési folyamat lépéseit ismertetjük. Az új asztali 3D nyomtató alapja egy ISEL 5D marógép volt, mely szerkezetének elemzését a következő alfejezet tárgyalja.

2.1. A gép szerkezetének elemzése

Az 5D marógép három lineáris tengellyel (X , Y , Z) és két forgástengellyel (A , C) rendelkezik. Mind-egyik lineáris tengelyt egy léptetőmotor és egy golyósorsó-anya mechanizmus hajtja, míg a forgótengelyeken egy-egy léptetőmotor hajt, vezérműszíjjal. A tengelyek mozgástartományát végálláskapcsolók, a hajtásokat pedig az ISEL öttengelyes vezérlője vezérli (1. ábra).



a) Az eredeti 5D-s marógép



b) Gép struktúra

1. ábra. Az eredeti gép és struktúrája

A gép szerkezetének azonosítása:

- TA (I) bázis,
- Z (s, 1) Z tengely, a szerszám lineáris mozgása, 1. prioritás,
- Y (m, 1) Y tengely, az alkatrész lineáris mozgása, 1. prioritás,

- X (m, 2) X tengely, az alkatrész lineáris mozgása, 2. prioritás,
- A (m, 3) A tengely, az X tengely körüli forgatás az alkatrésznél, 3. prioritás,
- C (m, 4) C tengely, forgatás az alkatrész Z / Y tengelye körül, 4. prioritás.

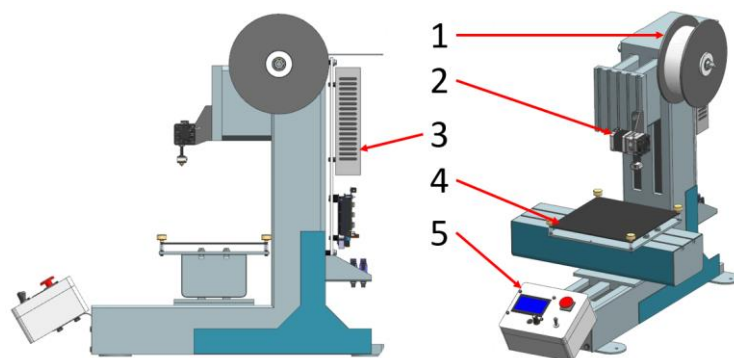
Értékelemző módszert alkalmaztunk a 3D asztali nyomtató új funkcióinak megtalálásához. A fő szempont az ár, a vezérlés bonyolultsága és a fejlesztési folyamat ideje volt. Az értékelemzés eredményeként bebizonyosodott, hogy a legjobb új megoldások a háromtengelyes 3D nyomtató és a háromtengelyes CNC marógép lenne (1. táblázat). Az öttengelyes CNC marógépet, a háromtengelyes lézervágó gravírozógépet és az öttengelyes 3D nyomtatót túl nehéz lett volna megvalósítani.

1. táblázat. Értékelemző módszer eredménye

	értékelési szempontok			Σ
	ár	összetettség	ráfordított munka	
szempont súlya	40	30	20	
öttengelyes marógép pontszáma	4	3	7	
pontszám*súly	160	90	140	390
háromtengelyes marógép pontszáma	6	8	8	
pontszám*súly	240	240	160	640
lézervágó- gravírozógép pontszáma	3	6	5	
pontszám*súly	120	180	100	400
háromtengelyes alakra hegesztő-gép pontszáma	6	8	6	
pontszám*súly	240	240	120	600
öttengelyes alakra hegesztő-gép pontszáma	3	3	4	
pontszám*súly	120	90	80	290
revolverfejes többfunkciós gép pontszáma	2	2	3	
pontszám*súly	80	60	60	200

2.2. Az eszköz számítógépes tervezése

Az értékelemzés után a következő mérföldkő a 3D asztali nyomtató számítógéppel segített tervezése volt. Az alkatrészek 3D geometriai modellezését és a termék összeszerelésének modellezését a Siemens NX PLM 11 szoftverrel végeztük. Mérnöki elemzéseket hajtottunk végre, például kinematikai szimulációkat, ütközés detektálást a különböző tengelyek mozgatása során. A 2. ábra a tervezett 3D asztali nyomtató összeszerelési modelljét mutatja.



2. ábra. A 3D nyomtató végső modellje

Az új berendezés végleges kialakítása (2. ábra):

1. száladagoló,
2. extruder,
3. tápegység,
4. fűthető ágy,
5. vezérlő.

Ezek az új alkatrészek kereskedelmi és szabványosított termékek. A megvásárolt cikkek költség-számítását a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. Költségkalkuláció eredménye

<u>sorszám</u>	<u>megnevezés</u>	<u>menyiség</u>	<u>darabár [Ft]</u>
1	MK8 komplett extrúder 1,75+0,4	1	12700
2	MK3 ALU-fűtött asztal	1	5080
3	ABS-Filament natúr 1,75	1	6700
4	thermistor	2	65
5	Jumper, piros, RM=2,54mm	30	5,08
6	Krimp. érintkező	200	4,74
7	Csatlakozó ház 1p NSR-01	50	8,62
8	Csatlakozó ház 2p NSR-02	50	10,19
9	Csatlakozó ház 3p NSR-03	50	4,5
10	Csatlakozó ház 4p NSR-04	20	6,45
11	D-SUB aljzat, lengő, 9pól. (mama)	5	36
12	Zsugorcső, kék 4/2mm BL	3	28
13	Zsugorcső, kék 6/3mm BL	3	38,1
14	Zsugorcső, kék 10/5mm BL	3	91,44
15	RepRap grafikus Smart Controller 12864	1	5842
16	Arduino Mega+Ramps 1.4+ A4988 csomag	1	10795
17	Tápegység 360W 12V 30A S-360-12	1	8200
			Σ 52494,52 HUF

3. Az összeszerelt nyomtató tesztelése

Az újonnan összeállított alkatrészek alkotják a 3D asztali nyomtatót. Az *Arduino Uno* mikrokontrolleren alapul a hardver vezérlő, amely nyílt forráskódú szoftverfejlesztő platformmal rendelkezik. *Ramps 1.4* egységgel van összekötve, amely a léptető motorokat vezérli az *A4988* léptető motor vezérlőkön keresztül.

A gépet függetlenül a számítógéptől a *12864* típusú grafikus intelligens vezérlővel is lehet üzemeltetni. Az adatokat egy *secure digital (SD)* kártya segítségével lehet feltölteni a gépre. A hardverrel való kommunikációhoz a *Marlin 1.1* nyílt forráskódú szoftvert alkalmaztuk. A meghajtók tesztelése és finomhangolása után a háromtengelyes 3D asztali nyomtató készen állt a különböző mintadarabok nyomtatásához. A géphez a kódot a *Cura 4.0* szoftver generálja a *3D STL* modell alapján. A teszt során *ABS (akrilnitril-butadién-sztírol)* és *PLA (politejsav)* szálat is alkalmaztunk. A gép felépítése nem optimális az *ABS*-sel történő nyomtatáshoz, mivel az anyag érzékeny a kis légáramokra is. Néhány *ABS* alkatrész megrepedt a nyomtatási folyamat során. A vizsgálati eredmények sokkal jobbak voltak a *PLA* alapanyaggal. A *3D* nyomtatás után az alkatrészek szilárdsága nagyobb volt, a felület simább és a rétegek kötése erősebb volt.



3. ábra. Az összeszerelt 3D nyomtató



4. ábra. Különböző alapanyagból nyomtató próbadarabok

Néhány *ABS* anyagból nyomtatott apró alkatrész megfelelő termékeket eredményezett (4. ábra). Amikor azonban a nyomtatott alkatrészek méretei elérték a kritikus mérethatárt, a nyomtatási folyamat után repedezni kezdtek. A *PLA*-szálból nyomtatott alkatrészek jobb termékeket eredményeztek, az egyik anyagtulajdonságának köszönhetően, amely kevésbé érzékeny a nyomtatás közbeni légáramra (a repedés hajlam nem jelent meg a nyomtatás után). Az 5. ábra egy 3D nyomtatott részt mutat, *PLA*-szállal.



5. ábra. PLA alapanyagból nyomtatott próbadarab

4. Összegzés

Az elmúlt években az *FDM* technológiát alkalmazó *3D* nyomtatók nagyon elterjedtek egyszerű felépítésük miatt. Ezek az eszközök már megjelentek a mindennapi használatban is. Ebben a cikkben megvizsgáltuk egy rendelkezésre álló *ISEL 5D* marógép átalakításának lehetőségét arra, hogy alkalmas legyen *3D* asztali nyomtató építésére. A folyamat előtt értékelemzést végeztünk, amely megerősítette, hogy a rendelkezésre álló eszközök biztosítják az optimális kiindulópontot a nyomtató felépítéséhez. A nyomtató *3D* tervezését és elemzését követte a hiányzó alkatrészek beszerzése és összeszerelése, majd a nyomtatási paraméterek és azok hatásainak vizsgálata, valamint a *3D* asztali nyomtató tesztelése. Megállapítható, hogy a jelenlegi eredmények megerősítették a tervezés előtti feltételezést, miszerint az elkészített nyomtató jól használható olyan esetekben, ahol az *FDM* technológia pontossága elegendő.

5. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatallodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- [1] *The Ultimate Guide to Stereolithography (SLA) 3D printing – white paper*, Marc 2017, form-labs.com
- [2] Takács, Gy.; Zsiga, Z.; Makó, I.; Hegedűs, Gy.: *Gyártóeszközök módszeres tervezése*, Budapest, Hungary: Nemzeti Tankönyvkiadó (2011), 187 p.
- [3] Jakab, E.; Takács, Gy.; Hegedűs, Gy.: *Mérőállomás koncepciók hegesztett földmunkagépekhez*, GÉP 53: 6-7 pp. 45-48., 4 p. (2002), ISSN 0016-8572
- [4] Hegedűs, Gy.: *A módszeres géptervezés alkalmazása ipari mérőgép fejlesztése estén*, PhD Students Conference 2002, Section publication of the Faculty of Mechanical Engineering, Miskolc, Hungary: University of Miskolc Innovation and Technology Transfer Center, (2003) pp. 98-103., 6 p.

-
- [5] Takács, Gy.; Patkó, Gy.; Csáki, T.; Szilágyi, A.; Hegedűs, Gy.: *Development of Mechatronic Systems at the Institute for Mechatronics at the University of Miskolc*, 2006 IEEE International Conference on Mechatronics, pp. 326-331. <https://doi.org/10.1109/ICMECH.2006.252548>
- [6] Hegedűs, Gy.; Barak, A.; Barna, B.; Demeter, P.; Simon, G.; Szilágyi, A.; Takács, Gy.: *Development of analyzing equipment of the remanent lifetime on roller bearings*, MicroCAD 2010: XXIV. microCad International Scientific Conference: Section L: Machine and structure design, Miskolc, Hungary: University of Miskolc, (2010) pp. 47-52.
- [7] Szabó, K.; Takács, Gy.; Hegedűs, Gy.; Tóth, S. G.: *Examination of Design Methodology of Screw Conveyors*, Design of Machines and Structures 9: 1 pp. 58-63., (2019)