

CNC ÜVEGFESTŐ BERENDEZÉS TERVEZÉSE

DESIGN OF CNC GLASS PAINTING EQUIPMENT

Váradi Martina, BSc géptervező hallgató, Miskolci Egyetem
Bihari Zoltán, PhD egyetemi docens, Miskolci Egyetem

ABSTRACT

The advance of CNC technology in our century offers a wealth of automation and computer control possibilities that were previously unavailable to mankind. Machines are being used in more and more areas of our lives, and the arts are no exception. We can argue about whether the products created by machines can be considered true art, but let us not forget that behind all of them lies the work of the creative artist.

The goal of this publication is to present the design of a computer-controlled glass painting machine. Using this equipment, it is possible to draw the contours of an arbitrary pattern in a predefined colour.

1. BEVEZETÉS

A CNC technológia előretörése századunkban számtalan olyan automatizálási, számítógépes vezérlési lehetőséget kínál, amely eddig elérhetetlen volt az emberiség számára. Életünk egyre több területén találkozhatunk a gépek alkotásaival, nem képeznek kivételt ez alól a művészetek sem.

Vita tárgyát képezheti ugyan, hogy tekintendő-e valódi művészetnek a gépek által létrehozott termék, viszont ne felejtjük el azt, hogy ezek mindegyike mögött a kreatív művész munkája is ott van. Csupán az eszközök és az alkotás létrehozásának sebessége változott. Tudomásul kell azonban venni azt is, hogy az egyedi termékek, azok egyedi kézjegyeivel háttérbe szorultak.

Ennek a publikációnak a célja egy számítógéppel vezérelt üvegfestő berendezés megtervezésének bemutatása. A szerkezet működése egy 3D nyomtató berendezéshez nagyon hasonló lesz azzal a különbséggel, hogy egy extruder speciális üvegfestéket fog az üveglapra felvinni, egyetlen rétegben. Ez az ún. kontúr festék ellenáll a kémiai és fizikai hatásoknak egyaránt. Alkalmazásával lehetővé válik egy adott kép vagy minta körvonalának a megrajzolása a betöltött árnyalatú festékkel. A kontúron belüli színezés a száradást követően vékony ecsettel viszonylag gyorsan, esztétikusan elvégezhető.

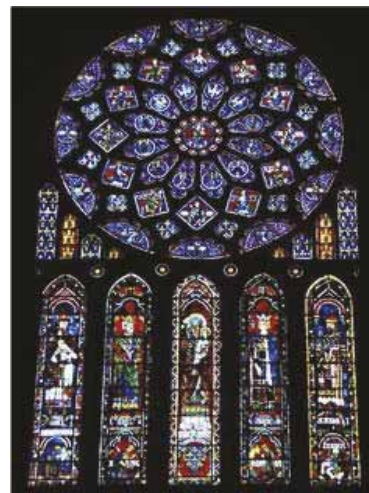
2. TÖRTÉNETI VISSZATEKINTÉS

Az üvegfestés egyes technikái már az egyiptomiak számára is ismertek voltak. Egyedi dísz tárgyak az aranyfóliás üvegamulett volt, amely a legegyszerűbb „üvegfestő technikával” készült. Két áttetsző üveglap közé egy olyan aranyfóliát helyeztek el, ami ábrázolt valamit, így tulajdonképpen nem is került sor az üvegfestésre [3]. Az ókori bizánciak viszont már festett kis méretű üvegdarabokból készítettek falmozaikokat. Egyes darabokat arany vagy ezüst zománcreteggel is bevonják, így mikor átszűrődött rajtuk a napfény, még különlegesebb hatást értek el [3].



1. ábra- Üvegmozaik kép

Az üvegfestés művészete megfigyelhető a 13. századi gótikus katedrálisok üveglapjain is.



2. ábra - Gótikus üveglapok

Itt azonban eltérő üvegfestő technikát alkalmaztak. „Az üveget porrá tört, könnyen olvadó üvegréteggel vonták be, mely felhevítve már oly alacsony hőfoknál olvad, melynél az alapul szolgáló üvegtárgy még nem puhul meg. A színes üveglakok elkészítésének legrégebb módja az volt, hogy a festményt rajz szerint kivágott, színes üvegdarabokból az úgynevezett ablaklómmal illesztették össze.” [3]

Később elkezdtek többféle festékkel is dolgozni és árnyékolni a színeket. A festett ablakok a 19. század végén és a századfordulón éltek virágkorukat.

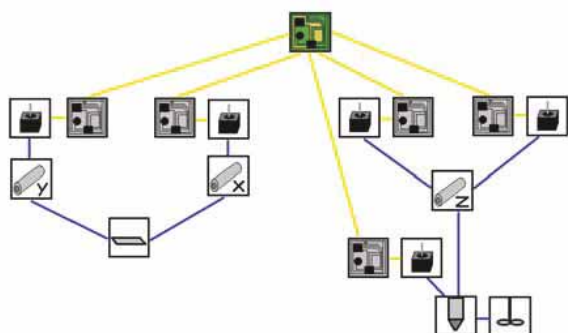
3. KONCEPCIONÁLIS TERVEZÉS

I. változat

Az első megoldásváltozat esetében a munkaasztal XY (vízszintes) tengelyek mentén mozog. Mind az X, mind az Y irányú mozgás megvalósításához szükség van egy-egy léptetőmotorra és ezek vezérlőegységeire, amelyek egy központi vezérlőegységre vannak kapcsolva. Ez a vízszintes mozgás megvalósítható fogasszíf hajtással és lineáris csúszó - vagy gördülő csapágyakkal.

A festékadagoló fej ebben az esetben a Z (függőleges) tengely mentén mozog. A mozgáshoz szükség van két léptetőmotorra és ezek vezérlőegységeire, amelyek szintén a központi vezérlőegységre kapcsolódnak. Ez a mozgás menetes orsó-anya kapcsolattal megoldható.

A festékadagolás csigás adagolóval és festékkeverő beépítésével valósítható meg. Ebben az esetben is szükség van egy léptetőmotorra és annak vezérlőegységére.

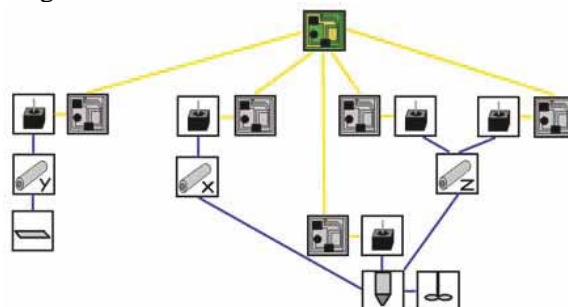


3. ábra - I. megoldásváltozat

II. változat

A második megoldásváltozat esetében a munkaasztal csak az Y tengely mentén mozog. Megvalósítása az első megoldásváltozatban leírtak szerint történik.

A festékadagoló fej a X és a Z tengelyek mentén mozog ebben az esetben. Megvalósítása az első megoldásváltozatban leírtakhoz hasonlóan történik. A festékadagolás szintén az első megoldásváltozatban leírtak szerint csigás adagolóval és festékkeverő beépítésével valósítható meg.

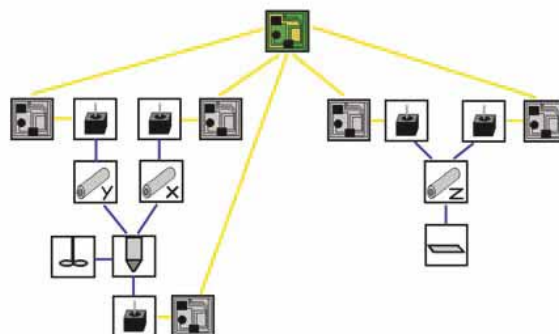


4. ábra - II. megoldásváltozat

III. változat

A harmadik megoldásváltozat esetében a munkaasztal a Z tengely mentén mozog. Megvalósításához szükség van két léptetőmotorra és azok vezérlőegységeire. Ez a mozgás a korábbi megoldásokhoz hasonlóan kivitelezhető menetes orsó-anya kapcsolattal, illetve egy-egy tengelykapcsolóval, ami a léptetőmotor nyomatékát továbbítja az orsó tengelyére. A mozgás pontossága, finomsága a menetemelkedés megfelelő megválasztásával befolyásolható.

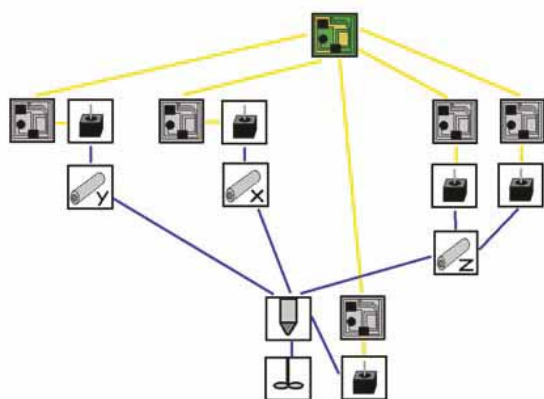
A festékadagoló fej az X és Y tengelyek mentén mozog. A vízszintes irányú mozgások léptetőmotorral megvalósíthatók. A lineáris mozgás megoldható fogasszíf hajtással és lineáris csúszó vagy gördülő csapágyakkal, amint az első megoldásváltozat esetében az asztal mozgásánál már láhattuk. A festék-adagolás szintén az első megoldásváltozatban leírtak szerint csigás adagolóval és festékkeverő beépítésével történik.



5. ábra - III. megoldásváltozat

IV. változat

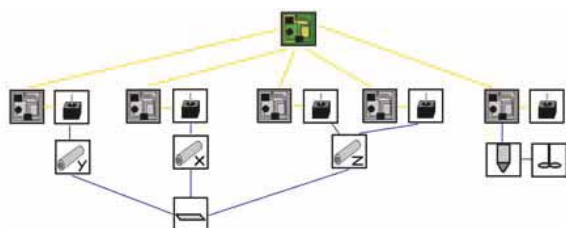
A negyedik megoldásváltozat esetében a munkasztal rögzített, nem végez semmilyen irányú mozgást. A festékadagoló fej végzi az X, Y és Z tengely menti mozgást is. A vízszintes irányú mozgások megvalósítása a korábbi megoldásokban leírtak szerint történik. A festékadagolás szintén az első megoldásváltozatban leírtak szerint csigás adagolóval és festékkeverő beépítésével történik.



6. ábra - IV. megoldásváltozat

V. változat

Az ötödik megoldásváltozat esetében a festékadagoló fejet rögzítettem, így nem végez semmilyen irányú mozgást. A festékadagolás ebben az esetben is az első megoldásváltozatban leírtak szerinti csigás adagolóval és festékkeverő beépítésével történik. Ekkor a munkasztal végzi az X, Y és Z tengely menti mozgást. A vízszintes irányú mozgások megvalósítása a korábbi megoldásokban leírtak szerint történik.



7. ábra - V. megoldásváltozat

4. ÉRTÉKELÉS [1]

Az értékelés a súlyozásos értékelés módszerével történt. A módszer szerint az értékelő szempontokat rangsorolni kell úgy, hogy 0-1 (vagy 0-100) közötti értékekkel minősítjük az egyes szempontokat olyan módon, hogy az így szétosztott pontszámok összértéke nem haladhatja meg az 1-et (vagy 100-at). Az egyes megoldásváltozatokat az

értékelő szempontok szerint 1-5-ig osztályozzuk. Ezután a megoldásokra az egyes szempontok szerint adott pontszámokat megszorozzuk a szempontok előzetesen megállapított értékeivel. Így az ún. súlyozott értékelemzését végezzük el. A módszer részletes bemutatásától terjedelmi korlátok miatt eltekintünk.

4.1. Az értékelés szempontjai

- **Pontosság:** a festés pontosságát kifejező adat
- **Egyszerűség:** a berendezés összetettségét jellemző adat
- **Gazdaságosság:** a berendezés gyártási és összeállítási költségeit kifejező adat
- **Kezelhetőség:** a berendezés használatának, kezelésének a bonyolultságát jellemző adat
- **Karbantarthatóság:** a karbantartás költségeit és gyakoriságát kifejező adat

Az értékelemzés eredménye alapján a negyedik megoldásváltozat bizonyult a leginkább megfelelőnek annál is inkább, mert ebben az esetben nagyobb méretű, fix helyzetű ablaktáblák előfestésére is alkalmas lesz a berendezés.

Az elemzés szerint a IV. változat maximális pontszámot kapott a pontosságra, egyszerűsége és a kezelhetőségre, viszont alacsonyabb pontszámot a gazdaságosságra, illetve a karbantarthatóságra.

5. KONSTRUKCIÓS TERVEZÉS

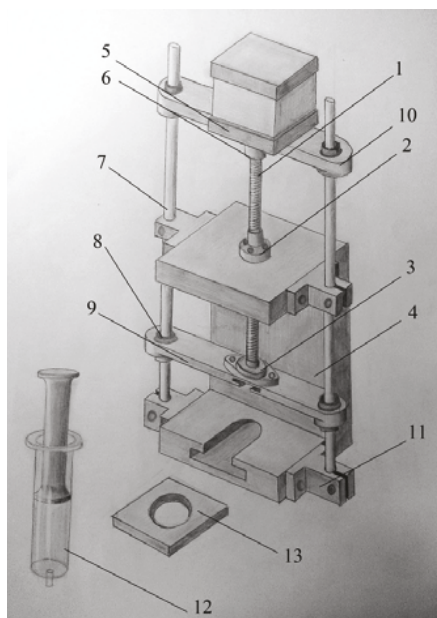
A konstrukciós tervezés során 4 fő területre javasolt koncentrálni: a festékadagoló fej, a vázszerkezet, mozgásmegvalósító elemek és a vezérlés.

5.1. Festékadagoló

A festékadagoló fej első változatának konstrukciós kialakítása egy szabadkézi vázlat formájában készült el. A festékadagolást egy dugattyús szerkezet (12) végzi, amely egy léptetőmotorra (5) csatlakoztatott trapézmenetes orsó anyá kapcsolattal (1), (2) mozgatható. A megfelelő megvezetésekről a (7) jelű köracél tengelyek, valamint (8) jelű lineáris csapágyak gondoskodnak. A trapézmenetes orsó (1) felső vége egy rugalmas tengelykapcsolóval (6) csatlakozik a léptetőmotor tengelyéhez, az alsó vége pedig egy talpcsapágyban (3) végződik.

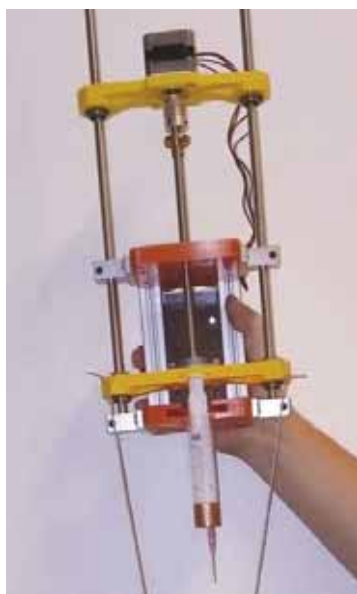
A Miskolci Egyetemen működő Prototípusgyártók Öntevékeny Köre támogatásával a

szükséges alkatrészek 3D nyomtatás technológiával készültek el. A megfelelő merevséget 2020 méretű Bosch kompatibilis alumínium gépépítő profilok biztosították. Az alumínium profilok, valamint a 3D nyomtatott műanyag alkatrészek szinte kivétel nélkül feszített kötéssel csatlakoznak egymáshoz, amelyeket belső kulcsnyílású csavarok biztosítanak.



8. ábra - Előzetes szabadkézi vázlat

Az összeszerelt adagoló esetén méréssel, illetve számítással határoztuk meg azt a szükséges erőt és nyomatékot, amely a festék kipréseléséhez szükséges.



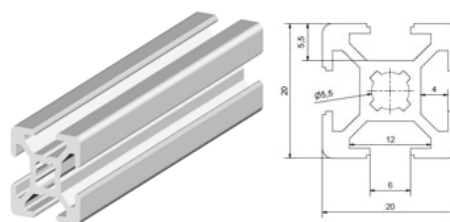
9. ábra – A terhelőerő mérésének folyamata

A mérésre digitális erőmérőt alkalmaztunk, a tervezési nyomaték meghatározásához

az egymás után elvégzett mérések eredményei közül a legnagyobb értéket vettük referenciának. Ez alapján történt a léptetőmotor kiválasztása oly módon, hogy a motor névleges nyomatéka a szükséges terhelő nyomaték legalább háromszorosa legyen. Ezzel biztosítottuk, a különböző viszkozitású festékek használata esetén is az üzembiztos extrudálást.

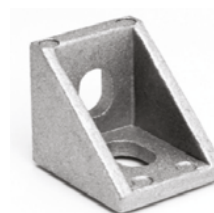
5.2. A vázszerkezet

Az üvegfestő berendezés vázszerkezete 20x20 mm-es alumínium profilokból áll. Ez azért előnyös, mert az alumínium profilok rendkívül könnyűek és viszonylag nagy merevség mellett a legjelentősebb tulajdonságuk az egyszerű szerelhetőségük. Ez a rajtuk kialakított szabványos hornyoknak és központi furatnak köszönhető. Anyaguk és geometriájuk miatt könnyen darabolhatók és szükség esetén furatot is létre lehet hozni rajtuk.



10. ábra - Alumínium profil és méretei

A szerelést még is egyszerűbbé teszik a kifejezetten ehhez a profilhoz gyártott kötőelemek. A kereskedelmi forgalomban ezeknek a kötőelemeknek széles választéka megtalálható. A profilok sarkainak összekötésére szolgáló kötőelemek közül többfajta megoldás is létezik. Egyik a derékszögű összekötő elem vagy más néven sarokelem. Ennek többféle funkciója is lehet, azonban a klasszikus, gyártói katalógus által javasolt megoldás alkalmazása nem hoz létre feszített kötést az alumínium profilok között, ezért alkalmazása kerülendő minden olyan esetben, amikor létezik alternatív megoldás, amely az egyes elemeket egymáshoz feszítve erősebb kötést eredményezhet.



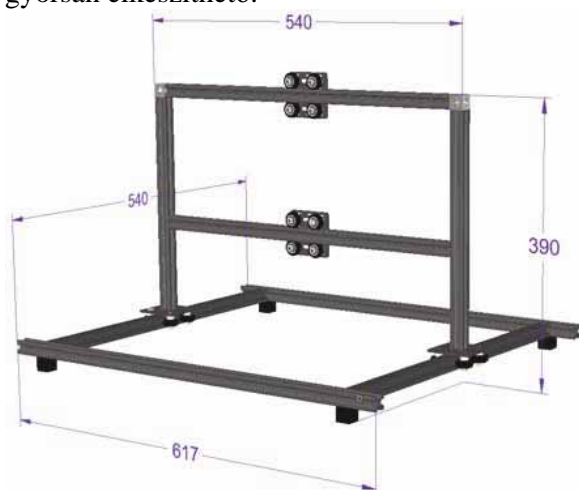
11. ábra – Sarokelem

A sarokelem helyett kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkezik az ún. 3D, vagy 2D kocka összekötő. Ez az összekötő elem lehetővé teszi, hogy kettő, vagy akár három alumínium profilt összekössünk.



12. ábra - Kocka összekötő elem és szerelése

A katalógusból választott elemek segítségével a vázszerkezet számítógépes modellje gyorsan elkészíthető.



13. ábra - A vázszerkezet és befoglaló méretei

5.3. A mozgások megvalósítása

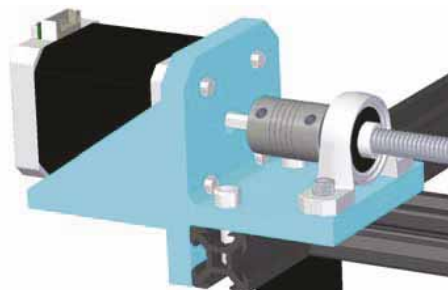
A megtervezett üvegfestő mindhárom irányú mozgását (X, Y és Z) a festékadagoló fej végzi. A vízszintes mozgásokat trapézmenetes orsó és anya kapcsolattal oldottuk meg, amelyeket léptetőmotorok hajtanak meg. A megfelelő megvezetésről KP08 típusú csapágyházba épített 608ZZ számú csapágyak gondoskodnak.



14. ábra - KP08 csapágyház mélyhornyú golyóscsapággal

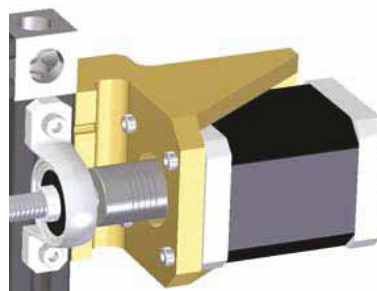
Az orsó forgatásához szükséges nyomatékot léptetőmotor biztosítja. A nyomaték továbbítására, valamint a tengelyhibák kiküszöbölésére rugalmas tengelykapcsolót alkalmaztunk.

A mozgások megvezetését kereskedelmi forgalomban megvásárolható görgő egységek biztosítják (13. ábra). Ezek egy speciális alumínium profil, az ún. V-slot profil hornyában futnak, excenterrel, valamint csavarkötés segítségével holtjáték mentesíthető a két elem kapcsolata.



15. ábra - Léptetőmotor csatlakoztatása

Az Y irányú vízszintes mozgás lényeges részei az előzőekhez hasonlóan egy darab léptetőmotor, egy trapézmenetes orsó, egy anya, egy tengelykapcsoló, egy görgő és egy-egy csapágy.



16. ábra - Léptetőmotor tartó

A nyomatékot biztosító léptetőmotor rögzítéséhez egy egyedi gyártású és 3D nyomtatott tartóelemre volt szükség (16. ábra).



17. ábra - A festékadagoló fej rögzítése

A 17. ábrán a festékadagoló fej csatlakozása látható a görgőkhöz, illetve a vázszerkezethez. Stabilitási problémák miatt dupla sines megoldást kellett alkalmazni. A két görgő egy alumínium lemezzel mereven egymáshoz kötött, a festékadagoló fej pedig ehhez a lemezhez csatlakozik. A kész szerkezet 3D-s modellje a 18. ábrán látható.



18. ábra – Az elkészült modell

6. ÖSSZEGZÉS

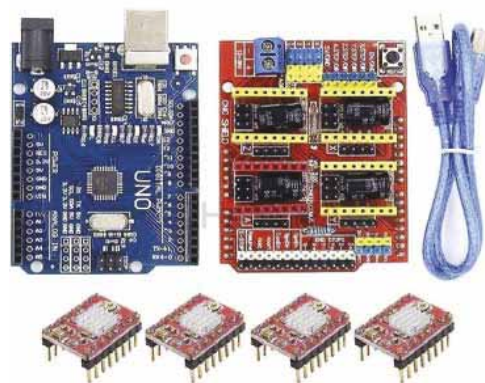
A bemutatott munka egy újszerű, kereskedelmi forgalomban nem kapható üvegfestő robot mechanikai felépítését tartalmazza. A működőképes prototípus megvalósítása folyamatban van (19. ábra).



19. ábra – A megépült prototípus

A használathoz szükséges vezérlés megvalósítható akár egy viszonylag olcsóbb árfekvésű Arduino mikrokontroller alkalmazásával is.

Az elegánsabb megoldás azonban – amely a felhasználóbarát felületet is biztosítja – egy bármilyen típusú 3D nyomtató vezérlője lehet. Az erre telepített nyílt forráskódú Marlin szoftver segítségével a mozgás paraméterei (pozíció, sebesség, gyorsulás) érintőképernyős kezelőfelületen keresztül könnyen beállíthatók, illetve működés közben felülbírálnak, módosíthatók.



20. ábra - Arduino UNO mikrokontroller és motorvezérlők [13]

IRODALOM

- [1] Kamondi, L.: Tervezélmélet, Phare HU0008-02, Miskolc 2003.
- [2] <https://palyaorientacio.munka.hu/Files/Mappak/uevegfesto.pdf>
- [3] <https://tutigaleria.freewb.hu/az-uevegfestes-tortenete/>
- [4] <https://www.ceglass.eu/hu/festesi-eljarasok>
- [5] http://moodle.autolab.unipanon.hu/Mecha_tananyag/mikrovezerlo_programozasa/ch24.html
- [6] http://qtp.hu/elektro/leptetomotor_mukodese.php
- [7] https://variometrum.hu/leptetomotor-kategoria/3Nm_Leptetomotor_Bipolaris_Hibrid
- [8] <https://cserviktamas.wordpress.com/2019/02/02/csavarkotesek/>
- [9] <https://www.cncworld.hu>
- [10] <https://eur.vevor.com/wood-engraving-machine-c>
- [11] <https://www.3djake.hu/creality-3d-nyomtatok-es-alkatreszek/>
- [12] <https://www.3dprintingmedia.network/mycusini-print2taste-chocolate-3d-printer/>
- [13] <https://www.doitsmart.hu/index.php/termek/cnc-shield-v3-leptetomotor-vezerlo-arduino-uno-hoz/>

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ézúton szeretném megköszönni a Fath Kft. eddigi támogatását, valamint a Miskolci Egyetem Terplán Zénó Szakkollégiumának a prototípus legyártásához nyújtott anyagi segítségét.

Ez a cikk a Hallgatói Tudományos Diákköri (TDK) tevékenységhez köthető publikációs pályázat támogatásával készült.