

Additív gyártástechnológiák alkalmazása a környezettudatos prototípus gyártásban

Nyári Péter *. Kerekes Ferenc Attila.**
Szabó József Zoltán***

* Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki kar
Budapest (Tel: +36-1-666-5361; e-mail: nyari.peter@bgk.uni-obuda.hu).

** Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki kar
Budapest (Tel: +36-1-666-5361; e-mail: kerekes.attila@bgk.uni-obuda.hu)

*** Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki kar
Budapest (Tel: +36-1-666-5451; e-mail: szabo.jozsef@bgk.uni-obuda.hu)

Az additív gyártástechnológiák (közismert nevén 3D nyomtatás) fejlődése egyre inkább gyorsul a mai ipari standardokat követve. A technológia, és az anyagtudomány fejlődésének segítségével az ilyen módon legyártott elemek működő alkatrészként üzemelhetnek prototípus-, de akár szériában gyártott járművekben is. Ezen technológiák alkalmazásával növelhető a kis szériák produktivitása, amellett, hogy csökken a gyártás során felhasznált anyagmennyiség, és energia. A modern, környezetbarát anyagoknak köszönhetően az ilyen módon legyártott alkatrészek könnyedén újrahasznosíthatóak, vagy akár a természetben rövid időn belül lebomlanak, szennyezés okozása nélkül. Ilyen tárgyakat akár otthoni, irodai körülmények között is gyárthatunk a szálfektetési eljárással dolgozó 3D nyomtatók segítségével, amiknek beszerzési ára, üzemeltetési költsége, és helyigénye eltörpül egy egyszerűbb CNC vezérelt marógéphez képest. A kiadvány célja, hogy bemutassa a környezettudatos anyaghasználat lehetőségeit a járműfejlesztés, és gyártás során.

1. BEVEZETÉS

A tervezéssel, és gyártással foglalkozó vállalatok régóta érdeklődnek a gyors prototípus gyártás megvalósítása iránt. A felmerült igényeket a polimer alapanyagokat felhasználó additív technológiákkal tudták kielégíteni leginkább. Ennek, a később „3D nyomtatás” néven elterjedt technológiának a történelme a 80-as évek elejére nyúlik vissza, amikor megjelent az első forgalomban kapható additív eljárással működő nyomtató. Ahhoz, hogy ezzel a technológiával bármilyen szabad test felépíthető legyen, az előállítani kívánt formát rétegekre kell bontani, és így keresztmetszetként



nyomtathatóvá válik. Mivel az üres tárgyasztalról kiindulva, rétegről rétegre épül fel a kívánt modell, ezért nevezzük ezeket a módszereket additív technológiáknak, mely során a darabot csak további anyag hozzáadásával formáljuk. A kiadvány célja, hogy bemutassa az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki karán működő OEKO csapat környezettudatos járműfejlesztési, és járműépítési munkásságát.

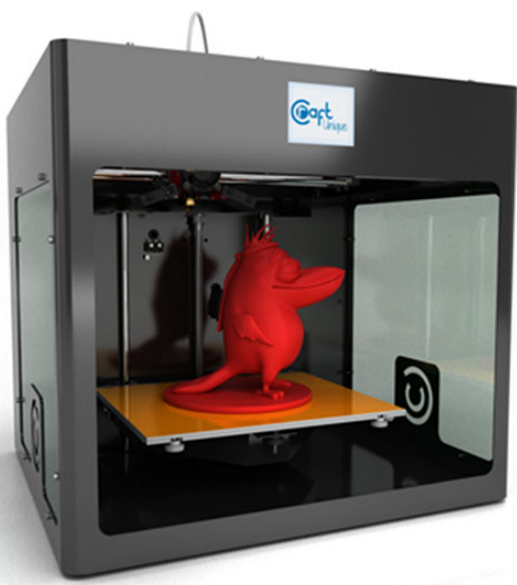
2. POLIMER ALAPÚ 3D NYOMTATÁS TÖRTÉNELME

A fejlődés, és fejlesztés természetesen ezt az iparágat sem kerülte el, A 80-as évek elején, mikor a nagoya-i intézetben kidolgozták a foto-polimer elven működő gyártást. Lényegében egy fényérzékeny anyagból, rétegről rétegre történő felépítő eljárás kidolgozásával megteremtette a mai sztereolitográf (SLA) 3D nyomtatók alapjait. Az SLA eljárás lényege, hogy a térbeli modelleket fényre keményedő műgyanta alapanyagból állítja elő. A 80-as évek közepén már bemutatták a következő generációs 3D nyomtatókat. Ezek már por alapanyagból dolgoztak lézeres szinterelés (SLS) eljárásával. Gyakorlatilag egy számítógéppel vezérelt lézersugár segítségével polimer por rétegeket szelektíven olvaszt össze, szintén rétegről-rétegre haladva. Bár ez a technológia a frissebb, az SLA technológiához képest kisebb pontosság, de nagyobb produktivitás érhető el azzal együtt,

hogy az így készült darabok szívósabban viselkednek, akár működő alkatrészeket is gyárthatunk így.

A 80-as évek végén megkezdtek a kísérleteket a fémponból történő szintereléssel kapcsolatosan, mely mára az ipari környezetből leszivárgott kisvállalatok szintjére. Segítségével bármilyen szabadtest előállítható porkohászati acél minőségben, ~100 mikron pontossággal, minimális anyagfelesleggel, és hulladékkal.

A 80-as évek végén a költség, és energiahatékonyság jegyében kifejlesztették a szálfektetési (FDM) technológiát. Ennél a módszernél egy olvasztófejen keresztülvezetett hőre lágyuló polimer huzalból alakítja ki a gép a kívánt formát. Bár ez a technológia kevésbé pontos, és az így készült alkatrészek kevésbé ellenállóak mint az SLS eljárással készülő, lényegesen olcsóbb a darabok előállítása. Hála a 2006-ban létrejött nyílt projektnek, a Replicating Rapid Prototyper (RepRap)-nak, amely elérhetővé tette a 3D nyomtatást privát felhasználását. Ennek hatására kezdődtek el különféle FDM technológiás, kisméretű otthoni alkalmazásra is megfelelő nyomtatók fejlődni. Napjainkban már 1000 Eurós áron kaphatóak jó minőségű, kisméretű szálfektetéssel dolgozó nyomtatók. A feltekereselt polimer szálanyag kilogrammja ~30 Eurós áron vásárolható, így igazán költséghatékonyá, és mindenki számára elérhetővé téve a gyors prototípus gyártást.



1. ábra. CraftBot PLUS FDM nyomtató

3. FDM TECHNOLOGIA A PROTOTÍPUS GYÁRTÁSBAN

Egyetemünkön működő hallgatói projektek során számtalanszor felmerült már az egyedileg tervezett alkatrészek esetén a gyors reprodukálás igénye. Az alkatrészek többségénél a végső felhasználáshoz megfelelő anyagok megmunkálhatóak, legyárthatóak leválasztó

technológiákkal. Viszont ennek hátránya, hogy az adott darab lassan, drága gépeken, drága szerszámokkal készül, a gyártás nagy energiaigényű, és a folyamatok során sok, nehezen kezelhető hulladék keletkezik. Ezen hulladékok jórészt újrahasznosíthatóak, például a leválasztott forgácsok, de ezek szeparálása, tárolása, és további logisztikája költséges, és bonyolult folyamat. Rosszabb eset a veszélyes hulladékként keletkező anyagok kezelése. Ilyen például a gépolajjal, és különböző kopadékokkal szennyezett emulzió melynek elszállítása, és utólagos kezelése szintén komoly költséget, és környezeti veszélyt jelent.

A fent részletezett problémák nagy részére megoldás a szálfektetési gyors prototípus gyártás alkalmazása. Ennél a technológiánál egy kis bekerülési költségű géppel dolgozunk melynek nincs szüksége különböző speciális geometriájú, anyagminőségű drága szerszámokra, és az additív technológiának köszönhetően a felhasznált alapanyag mennyisége minimalizálható, mindemellett gyakorlatilag nem keletkezik hulladék a gyártás során. A gyors reprodukálás segítségével a tervezői programban elkészült 3D modellt akár órákon belül a kezünkben tarthatjuk, kipróbálhatjuk, ezzel könnyedén, gyorsan, és kis költséggel gyárthatunk próbadarabokat, ezzel gyorsítva, és egyszerűsítve a tervezést.

4. PROTOTÍPUS GYÁRTÁS ALAPANYAGAI

Az FDM technológiával feldolgozható alapanyagok tárháza folyamatosan bővül, a műszaki célokra optimalizált anyagoktól kezdve a dizájn célokot szolgálóig nagyon széles palettáról válogathatunk. Az alapanyagot filamentnek nevezzük, ez általában 1,75 mm átmérőjű huzalból hordozó dobra feltekereselve kapható. Egy tekeres kb 330m hosszú, tömege hozzávetőleg 1 kg.



2. ábra: Filament tekercek

A filament gyártása nagy pontosságot igényel, hiszen az átmérő pontatlansága miatt a szál könnyen elakadhat az olvasztófejben, mellyel az egész munkadarab nyomtatása meghiúsulhat. A homogén, zárvány, és légbuborék mentesség ugyanilyen fontos, hiszen az olvasztófej végén egy 0,4mm átmérőjű fúvókán halad át a szál, amit könnyedén eltömíthet egy kis szennyeződés, a folytonossági hibák pedig rontják a nyomtatott darab minőségét.

A végső darab felhasználásától függően választhatunk rugalmas, szilikonhoz hasonló tulajdonságú anyagot, akár bőrhöz hasonló textúrával.

Dizájn, vagy bemutató célokra alkalmazható természetes faörleménnyel dúsított filamentet, mely nyomtatás után valódi faragott fához hasonló felületet ad. A legújabb fejlesztések a fémek anyagok felé mutatnak, melyek a kis hőmérsékleten folyékonyvá váló ötvözetek fejlesztésével elérhetővé válik akár a szálfektetéses nyomtatókhoz is.

A fenti anyagok speciális feladatokra lettek kifejlesztve, a legtöbbet használt anyagok az alábbiak:

- **ABS:** Az akrilnitril-butadién-sztirol (ABS) egy amorf polimer, amely akrilnitril és sztirol emulziós-, vagy tömb polimerizációjával készül polibutadién jelenlétében. Az ABS legfontosabb tulajdonsága az ütésállóság és a keménység. A sztirol monomer biztosítja, hogy az ABS jól feldolgozható legyen, az akrilnitril adja a keménységet, a hőállóságot és a kémiai ellenállóságot, míg a butadiéntől a termék keményebb és rugalmasabb lesz még alacsonyabb hőmérsékleteken is.
- **HIPS:** A HIPS (High Impact Polisztirol), egy sokoldalú, gazdaságos és ütésálló műanyag, amely könnyen megmunkálható és gyártható. Az erős ütésállósága abból fakad, hogy a polisztirolhoz (PS) butadién kaucsuk molekula van hozzáadva. Ennek hatására viszont az anyag elveszti az átlátszóságát. A HIPS-et gyakran alkalmazzák alacsony szilárdságú szerkezeteknél, ha az ütésállóság, a megmunkálhatóság, és az alacsony ár mind fontos. Ez a polimer gyakran használt a tényleges gyártás előtti prototípusok alapanyagaként kiváló méretstabilitása és könnyű megmunkálhatósága, festhetősége, és ragaszthatósága miatt.

3.1 Környezetbarát alapanyagok

A környezettudatos gondolkodásnak, és a környezetvédelmi előírásoknak köszönhetően egyre inkább teret nyernek a biológiai úton, szennyezés nélkül lebomló műanyagok. Az

anyagforgalom zárt rendszerben történik a lebomló műanyagok esetében, azaz nem képződik hulladék, ezért ezek az anyagok nagy potenciállal rendelkeznek a hulladékgazdálkodási stratégiáknál. A lebomló műanyagok lehetnek vízdoldhatók, fotokémiai úton lebomló vagy biológiailag lebomló. Minden lebomlási folyamatban az eredeti anyagszerkezet szétesik, a molekula építőköveire bomlik; ez a folyamat mikroorganizmusok vagy fény hatására következik be.

Az FDM nyomtatási eljárásoknál lehetőségünk van ilyen anyagokat választani, így az elkészült munkadarabunk a felhasználás után sem szennyezőként jelenik meg, hanem nyom nélkül elbomlik a megfelelő környezetben, ezzel is csökkentve az ökológiai lábnyomunkat. A legelterjedtebb bio-polimerek az alábbiak:

- **PVA:** A vízdoldható polimerek jeles képviselője a PVA (polivinil-alkohol). A polimer külső megjelenése alapján sárgás-fehér por, granulátum vagy 3D nyomtatás esetén ugyanilyen színű huzal. Hideg és meleg vízben is oldódik. Vízben és a talajban egyaránt mikroorganizmusok hatására bomlik le a polimer, és égetéskor is széndioxid és víz lesz belőle. Nem mérgező és nem okoz irritációt. Az oldékonyság természetesen függ a polimerizáció fokától és a hőmérséklettől. Minél hosszabb a molekulalánc, annál kevésbé oldódik.
- **PLA:** A PLA vagy polilaktosav biológiai alapú anyagokból kivont dextrózból (cukorból) készül. Ez a legnépszerűbb bio-műanyag vagy biopolimer, és az egyetlen, amelyet ipari méretekben gyártanak. Ez a biopolimer nagyon jól használható szálhúzásra is, ahol helyettesítheti a polipropilént (PP). A PLA bizonyos körülmények között képes a biológiai lebomlásra. A PLA (polilaktosav) termékek ipari létesítményekben komposztálhatók, ahol a hőmérséklet (70°C, vagy afelett) és a nedvesség (min 70% relatív páratartalom) kontrollálható. Az anyag nedvszívó tulajdonságú, ezért feldolgozás előtt a legtöbb esetben előszáritást igényel. Minden típushoz kapható EN12342 biológiai komposztálhatósági tanúsítvány. Az anyag alkalmazása gyakran kompozitokban történik, hogy tulajdonságai még erőteljesebbek legyenek. A standard PLA típusok átlátszóak és fényesek.

5. PROTOTÍPUS GYÁRTÁS

Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki karán működő OEKO csapat a minden évben megrendezésre kerülő Shell-Eco Marathon üzemanyagtakarékossági versenyre épít prototípus járművet.

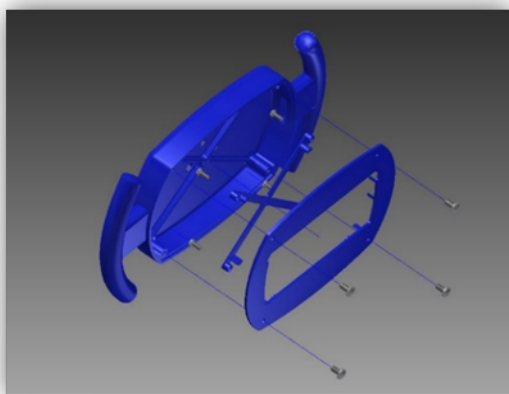
Jövő évben teljesen új fejlesztésű autóval indulnak a nemzetközi verseny európai helyszínén. A prototípus fejlesztés természetes velejárója, hogy rengeteg egyedi alkatrésze van szükség, amik előállítására nagy segítség egy gyors prototípus gyártásra alkalmas eszköz.

2015 második felében a budapesti székhelyű, magyar vállalat a Craftunique Kft. a csapat rendelkezésére bocsájtott egy saját tervezésű CraftBot PLUS típusú szálfektetéses eljárással dolgozó 3D nyomtatót.



3. ábra: 3D nyomtatással készült kormányközép, beépített okostelefonnal

Ezzel megnyílt a csapat előtt az additív gyártás világa, ahol a kidolgozott alkatrészek formájának csak a képzelet, és az optimalizálás szab határt. Mivel az Eco-Marathon verseny fő mondanivalója az innováció, a fenntartható fejlődés, és a környezettudatosság, így fontos, hogy kompakt méretű, könnyű, és akár biológiai úton lebomló alkatrészek gyárthatók a 3D nyomtató segítségével.



4. ábra: Prototípus jármű kormányának robbantott ábrája

Az új járműhöz tervezett egyik ilyen alkatrész a pilóta kezéhez igazított egyedi kormány, melynek középebe egy okostelefon illeszthető, amin a jármű, és a verseny fontos információi láthatóak a pilóta számára. Mivel az alkatrész

teljesen egyedi, és emellett nagyon bonyolult geometriával rendelkezik ezért forgács leválasztó eljárásokkal bonyolult, időigényes és lényegesen költségesebb lenne előállítani, sok részletben pedig a technológiához kellene igazítani a darab formáját, hogy megmunkálható legyen.

Egy ilyen geometriájú alkatrész legyártásának másik módja a fröccsöntés lenne, de ez a kis darabszám miatt irreális költséget jelentene 1 darabra vetítve. Továbbá ehhez a technológiához is szükség lenne a modell változtatására, hogy önthető, és a formáról leválasztható legyen. Ezekon kívül a fenti technológiák esetén nem, vagy csak részben használható biopolimer alapanyag, tehát az előállított darab kevésbé lenne környezetbarát.

6. KONKLÚZIÓ

Napjaink mobilizációs fejlődését tekintve a járművek száma folyamatosan növekszik, a modellciklusuk csökken, a fejlesztések egyre gyorsulnak. A tervezési időszakban sok prototípus születik melynek élettartama órákban mérhető, a megfelelő mérések elvégzése után már csak hulladékként van jelen környezetünkben. Ezen prototípusok, illetve a későbbi végleges jármű esetén is fontos számításba venni a környezetbarát anyagok alkalmazását, így csökkentve a fejlesztés, és a gyártás környezetkárosító hatásait.

Az OECO projektjeiben is fontos szerepet kap a környezettudatos szemléletmód, így igyekszünk a lehető legtöbb alkatrész esetén környezetbarát alapanyagot használni. Például ABS helyett PLA-t a kormány esetében, vagy karbonszál és poliészter gyanta helyett lenszövetet tejsav alapú bio gyantával, mely a természetes körülmények között lebomlik, és nem szennyezi a környezetet.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Járműfejlesztési tevékenységünket támogatta a

Craftunique Kft.

A Szerzők ezúton köszönik meg az általuk nyújtott önzetlen támogatást.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Czvikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János (2007). A polimertechnika alapjai. Kempelen Farkas Hallgatói Információs Központ
- Craftunique Kft. (2016). Why PLA is so awesome (<https://blog.craftunique.com/why-pla-is-so-awesome/>) (Letöltve : 2016.07.16)
- Gigamax Helpdesk (2014). Az FDM nyomtatók által használt műanyagszálak és azok kémiai tulajdonságai (<http://support.gigamax.hu/support/solutions/articles/>) (Letöltve: 2016.07.14)

Sipos Petra (2016). 3 dimenziós nyomtató tervezése
több fejes alkalmazási lehetőséggel
(diplomamunka).