

MŰANYAGOK FELDOLGOZÁSA, ADDITÍV TECHNOLÓGIÁK

3D nyomtatás az ipari gyakorlatban

A nagy műanyag alapanyaggyártók és kompaundáló cégek egyre nagyobb része kezdett bele a 3D nyomtatáshoz szükséges alapanyagok fejlesztésébe és gyártásába, ami jól jelzi, hogy a technológia elérte az ipari érettséget. Ezzel párhuzamosan a nyomtatókat gyártó cégek is egyre újabb, a tömegtermelést is lehetővé tevő berendezéseket fejlesztenek, gyakran stratégiai szövetségre lépve az alapanyag gyártókkal.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; 3D nyomtatás; PLA; ABS; PA; PHB.

Azt, hogy a 3D nyomtatásként ismert additív gyártástechnológia bekerült a műanyag-feldolgozás fő sodrába, az is jelzi, hogy a fröccsöntéshez szükséges műanyagokat forgalmazó nagy alapanyaggyártó cégek és kompaundáló vállalatok zöme megkezdte az ilyen technológiával feldolgozható anyagok fejlesztését, gyártását. Ezek közé tartozik például a Covestro, az Evonik és a LeVoss. Ennek megjelenési formái lehetnek termékfejlesztések, együttműködés kisebb, de az iparágban már jó pozíciókkal rendelkező cégekkel, vagy az ilyenek felvásárlása.

A dinamikus előre nyomulás nem csak az anyagok frontján zajlik, hasonló fejlődés tapasztalható a technológiai cégeknél is, ahol a fő fejlesztési irány a termelő célú 3D nyomtatók jelentik. Ugyanakkor a 3D nyomtatás továbbra is a prototípus- készítés legfontosabb eszköze maradt. Azonban, ma már számos fröccsöntő vállalat használ kis volumenű termeléshez 3D nyomtatást, főként a huzalolvasztási (FFF) eljárást, vagy vásárolnak ilyen termékeket belső fogyasztásukhoz. Ez utóbbi alkalmazások közé tartoznak a prototípusok, funkcionális alkatrészek, utóműveletekhez pozicionáló eszközök, rögzítők és a fröccsszerszámok alakadó fészkei.

LeVoss Csoport fejlesztései

Az egyik vezető kompaundáló cég, a LeVoss Csoport által gyártott *Luvocom 3F* huzal felhasználásával egy Ultimaker 3D nyomtatóval készített próbatestet a TÜV Süd auditáló cég minőségi bizonylattal látta el, amely tartalmazza az anyagi tulajdonságokat, a gyártási folyamatot, beleértve a mérettoleranciákat, a huzal előállítását és a nyomtatási eljárást. Mérték a nyomtatási folyamat során kibocsátott emissziókat is. Ez az első minőségi bizonylattal ellátott 3D nyomtatási folyamat, ami nagyban segíti a 3D nyomtatás iparosítását, mivel a nyomtatási eljárás mindenben kielégítette a TÜV előírásait.

A minősítő eljárásban szereplő *Luvocom 3F* huzal típus a *PAHT 9825 NT* egy erősítés nélküli nagyteljesítményű poliamid volt. A nyomtató pedig egy *Ultimaker S5 Pro Bundle*, amely az első TÜV által bizonylatolt az FFF technológia terén. Ez egy fontos lépés a 3D nyomtatás széleskörű ipari elfogadtatásához, mivel a minőségi tanúsítvány jelzi az ilyen termékek megbízhatóságát.

Az FFF technológia kezdeti szakaszában a PLA (politejsav) biopolimer (az ABS mellett) nagy szerepet játszott az a 3D nyomtatás elterjedésében és ma is a hobbi felhasználók kedvence. A PLA felhasználása, jó feldolgozhatósága révén, ma is növekszik, mind az ipari, mind a lakossági termékek körében. A Nature Work cég például nemrég egészítette ki ezzel termék portfólióját az Ingeo családnál az *Ingeo 3D700* típusal, amelyet a nagyméretű 3D nyomtatású termékekhez ajánl.

Nature Works fejlesztései

A 3D nyomtatású nagyméretű daraboknál a nagy sebesség és a nagy tömeg gyakran a termék vetemedéséhez vezet bizonyos anyagoknál, mint amilyen pl. az ABS, vagy szignifikáns zsugorodáshoz, mint bizonyos poliolefinok, vagy akár néhány általános célú PLA típus. Ezért a nagyméretű termékeknel fontos a polimer mikroszerkezetének kontrollálása, ami a Nature Works esetében amorf PLA-t előállítását jelenti, amelynek kicsi a zsugorodása, és a megolvasztott cseppek jól tapadnak egymáshoz.

Ahogy a 3D nyomtatott termékek egyre nagyobbak és komplexebbek lesznek, egyre nő az igény az adott alkalmazáshoz specifikusan alkalmas anyagok iránt. Amikor szükség van erősített típusokra, a cég cellulóz alapú adalékokat kever be az *Ingeo 3D700* típusú PLA-ba. Ez biológiai alapú alternatívát nyújt a petrokémiai módszerekkel előállított szénszál erősítésű ABS típusokhoz. A szálakat előállító MCPP (Mitsubisi Chemical Performance Polymers) demonstrálta, hogy ez az anyag 11-13%-kal nagyobb folyásarányú, mint az általános célú PLA az optimalizált ömledékvizkozitás következtében.

A NatureWorks egy másik partnere a kanadai Nexce cég, amely kompaundálással és műanyag-feldolgozással foglalkozik, termékfejlesztő tevékenységét 3D nyomtatással készült prototípusok készítésével erősítette meg.

Fillamentum fejlesztései

A cseh Fillamentum huzalgyártó cég *NonOilen* márkanéven piacra dobta első 100 %-ban biológiailag lebomló 3D nyomtatásra szolgáló termékét. Ez a PLA mellett polihidroxi-butirátot (PHB) tartalmaz. A vállalat egyik fő működési elve a fenntarthatóság. Azonban a 3D nyomtatásnál ez nem lehet az egyetlen szempont, ezért a termékükből készült alkatrészek nagy szilárdságúak, 110 °C-ig hőállóak, szívósak, kemények és tartósak. A *NonOilen* a PLA-hoz hasonlóan könnyen feldolgozható, a termékek felülete sima selyemfényű. Az így gyártott termékek érintkezhetnek élelmiszerekkel és mosogatógépben tisztíthatók. Életciklusuk végén komposztálhatók, vagy reciklálhatók.

Evonik fejlesztései

A nagy alapanyaggyártók közül az Evonik cég stratégiai fókuszja a nagyteljesítményű anyagokra irányul valamennyi jelentős 3D nyomtatási technológia terén. A 3D nyomtatásra kifejlesztett anyagaik új márkanéve az *Infinam*. A cég több új terméket dobott piacra a közelmúltban, ezek között a legújabbat a legnagyobb kínai SLS (szelektív lézer szinterezés) 3D nyomtató céggel, a Farsoon-nal, kooperációban. Ez a cég SLS technológiával por formátumú,

nagy hőállóságú anyagokat dolgoz fel, különös tekintettel a nagy volumenű ipari alkalmazásokra.

Az Evonik információi szerint már sikeresen próbálták ki az *Infanam PA 6005 P* típust, amely egy poliamid 613 polimer, 213 °C olvadásponttal, egy Farsoon *ST252P* és *HT403P* típusú 3D nyomtatóval. A Farsoon nyomtatók feldolgozó kamrái elérhetik a 280 °C-ot. Gyors pásztázást valósítanak meg nagyenergiájú lézerekkel. Az *Infanam 6005P* jó szilárdságú és vegyszerállósága is jó. Emellett a többi poliamidhoz képest vízabszorpciója is csekély, <3 %, amely kedvező mind feldolgozhatósága, mind pedig a termékek méretstabilitása szempontjából.

Korábban az Evonik piacra dobott egy PEEK (poliéter-éter-keton) típusú FFF huzalt. Az *Infinam PEEK 9359 F* típus ipari célokra szolgál, miután már korábban kifejlesztettek egy gyógyászati célú PEEK típusú FFF huzalt. Az új PEEK típus nagy hőállóságú (>300 °C), nagy szilárdságú, hidrolízisálló és adalékok nélkül is jó éghetőségi jellemzőkkel bír. A megcélzott alkalmazási területek közé tartozik a repülőgép- és űrhajógyártás, az autóipar, az olaj- és gázbányászat, különös tekintettel a fémek kiváltására. A súly és szívósság terén jelentkező előnyök mellett a *PEEK 9359F* nagyon jó kopásállósággal és alacsony sűrűdési együtthatóval rendelkezik.

Az Evonik harmadik bejelentése két új ipari célú fotopolimerre vonatkozik, az *Infinam TI 3100L* és az *Infinam ST 6100L* típusokra. Ezek egy új termékcsaládot képviselnek és SLA (lézeres sztereo-litográfia), vagy DLP (közvetlen fény feldolgozás) technológiával dolgozhatók fel. Az *Infinam TI 3100L* segítségével ultraerős és szívós termékeket lehet előállítani, míg az *Infinam ST 6100L* típust olyan alkalmazásokhoz ajánlják, ahol nagy hőállóságra és hajlítósilárdságra van szükség.

DSM & Covestro fejlesztései

A DSM cég az additív gyártástechnológia úttörői közé tartozik, mely folyamat a *Somos SLA* gyantákkal kezdődött. Az első sztereo-litográfias nyomtatóval *Somos* gyantát dolgoztak fel. A múlt év közepén a DSM felvásárolta a Clariant cég 3D nyomtatási üzletágának részeit, ami megerősítette a DSM huzal, granulátum és szinterpor portfólióját. Azonban három hónappal később eladta *Resins & Functional Materials* üzletágát annak csatolt részeivel együtt, amely magába foglalta a DSM additív gyártástechnológia részlegét is, a Covestro cégnek.

Az új felvásárlást követően a Covestro, amely nagy hangsúlyt fektet valamennyi üzletágánál (elsősorban polikarbonát és poliuretán) a fenntarthatóságra, piacra dobta 3D nyomtatásra szolgáló üvegszállal erősített reciklált (lakósságtól visszagyűjtött) PET típusát, az *Arnite AM2001 GF* típust, amelyet még a DSM fejlesztett ki a felvásárlás előtt, az FGF technológiához. Ez az anyag jól példázza a körkörös gazdaság megvalósíthatóságát. Az *Arnite AM2001 GF (G)* rPET jó mechanikai jellemzőkkel rendelkezik, széles technológiai ablakkal dolgozható fel és jól használható nagy szerkezeti termékekhez számos iparágban, mint például a gyalogos hidak gyártása, burkolati elemek kerékpáros, vagy gyalogos alagutakhoz, olyan építészeti elemekhez, mint a bélések és elválasztó falak, kül- és beltéri bútorok, továbbá kisebb csónakok csomagoló rekeszek gyártására.

A Polymaker cég, amely szintén a jelentős 3D nyomtató alapanyag gyártó vállalatok közé tartozik kifejlesztett egy reciklált polikarbonát anyagot, amelyet az elhasznált kínai vizes

ballonokból készítenek. Ez utóbbiakat többszörös felhasználás után begyűjtik és a Polymaker 3D nyomtatáshoz alkalmas huzalokat extrudál belőlük azt követően, hogy a Covestro eredeti polikarbonáttal keverte össze a hulladékot. A feladatot megkönnyíti, hogy a kellően nagy mennyiségű hulladék polikarbonát egyféle forrásból származik, vagyis nincs szükség hulladék szétválogatására.

A kínai székhelyű Intamsys cég, amely 3D nyomtatókat gyárt, és megrendelésre 3D nyomtatást is végez, *Funmat Pro 410* típusú nyomtatóján bevizsgálta a Polymaker reciklált polikarbonát huzalját. Ez a nyomtató, kétféle ömledéksugárral képes egyszerre dolgozni, amelyek hőmérséklete elérheti 500 °C-ot, míg a munkaasztalé elérheti a 160 °C-ot. A vizsgálat azt mutatta, hogy a reciklált PC könnyen feldolgozható, és az így előállított termék jó mechanikai jellemzőkkel rendelkezik, alig elmaradva az eredeti polikarbonát tulajdonságaitól.

Mocom fejlesztései

A Mocom kompaundáló cég képviselője szerint jelentős felhasználói igények jelentkeznek a részben kristályos műszaki műanyagokból készült 3D nyomtató alapanyagokra, amelyek felhasználása a prototípuskészítéstől elmozdult a kisszériás gyártás felé. Ugyanakkor, az SLS technológiával készített termékek kivételével, ezeknél komoly gondot okozhat az anizotróp viselkedésű anyag vetemedése. A cég *Alcom 3D* elnevezésű anyaga PA6 és aromás poliamid ötvözet, és viszonylag nagy kristályos tartalma mellett mégis jól feldolgozható akár 3D nyomtatással, akár fröccsöntéssel.

Az *Alcom 3D* tulajdonságai nagyon hasonlítanak a PA6-éhoz. Eredetileg az Arburg cég számára fejlesztették ki, amely fröccsöntő gépei mellett évekkel ezelőtt piacra dobta *Freeformer* 3D nyomtató berendezés családját. A *Freeformer* gépekkel normál műanyag granulátumot lehet feldolgozni 3D nyomtatással. Az így előállított termékek a fröccsöntött darabokhoz hasonló jellemzőkkel rendelkeznek. A 3D nyomtatással komplex formákat lehet kialakítani az *Alcom* poliamid ötvözet és egy vízoldható támasztó anyagok felhasználásával. A *Freeformer 300-3X* típus háromféle anyaggal képes egyszerre dolgozni, így jól használható a keményebb és a lágy, illetve eltérő színű anyagokat is tartalmazó termékek sorozatban történő gyártására, illetve funkcionális prototípusok készítésére.

AddiFab fejlesztései

Az Arburg cég *Freeformer* termékcsaládjának potenciális versenytára az AddiFab cég *Freeform Injection Molding (FIM)* technológia (az angol név fordítása: szabad formájú fröccsöntés). Noha mindkét vállalat fröccsöntő gépeket is gyárt, 3D nyomtatójuk eltérő megoldásokat tartalmaz. A *Freeformer* gépek normál granulátummal dolgoznak, de nagy formaszabadságú alakformáló működésük hasonlít az FFF huzal feldolgozó berendezésekéhez. Az FIM ezzel szemben fröccsöntő szerszámok alakadó fészkeket állítja elő UV fényre térhálósodó akrilát gyantából (*AddLine* márkanevvel), amelyeket ezután behelyeznek a fröccsszerszámba. Ezután tetszés szerinti műanyaggal elvégzik a fröccsöntést, majd a formaadó szerszám-fészkeket kiemelik a fröccsszerszámból és feloldják. A visszamaradó műanyag termékek jóval nagyobb formaszabadságúak lehetnek, mint a normál szerszámgyártással készült darabok (*1. ábra*).



1. ábra Az AddiFab cég FIM technológiájával gyártott termékek

A FIM nagy sikert aratott, a Mitsubishi Chemical vállalat Advanced Materials cége például szolgáltatásként kínálja FIM eljárással, néhány nap alatt elkészíthető funkcionális prototípusokat Belgiumban, Japánban és az USA-ban. E szolgáltatás neve *Sprint*, az angol *Soluble Printed Injection Tooling* szavak kezdőbetűiből. Emellett az AddiFab cég bevezette eljárását a mikrofröccsöntés területére is, *AddLine Micro* néven. Olyan kis szerszámüregeket is képesek legyártani, amely kisebb, mint egy fehér véresejt.

3D Systems fejlesztései

A 3D nyomtatók egyik vezető gyártója a 3D Systems cég, amely az év elején bevezette új, nagysebességű huzalolvasztási technológiával (*High Speed Fusion*) működő ipari célú 3D nyomtató platformját, amelyet a Jabil céggel, egy jelentős 3D nyomtatással foglalkozó vállalattal kooperációban fejlesztett ki. Az ilyen nyomtatók közé tartozik a *Roadrunner FFF* nyomtató, amellyel gazdaságosan gyárthatók nagyobb sorozatok is.

A *Roadrunner* nyomtatót elsősorban a repülőgépek beltéri alkatrészeinek és légsatornáinak, továbbá a műszerfal mögötti és a motortérben elhelyezkedő autóalkatrészek, illetve általános ipari célú termékek gyártására szánják. Ez utóbbiak közé tartoznak az összeszerelő soroknál alkalmazott különböző rögzítő és pozícionáló termékek, öntőformák és prototípusok.

A *Roadrunner* nagyon gyors, jó méretpontosságú termékeket készít, szinte bármilyen huzal alapanyagból. A fejlesztést folytatják, a berendezések piacra kerülése 2022-ben várható.

Stratasys fejlesztései

A Stratasys cég felvásárolta a kaliforniai Origin vállalatot. Az Origin egy szoftvercentrikus additív gyártástechnológiával foglalkozó cég, amely digitális eljárásokkal, fényre térhálósodó anyagokból állít elő termékeket. Az Origin gyártási orientációjú, új berendezése a *Programmable Photo Polimerisation* (Programozható Fotó Polimerizáció), amely precízen kontrollálja, más paraméterek mellett, a fényt, a hőt és az erőt, hogy kivételes pontossággal és

következetességgel állítson elő termékeket. Az így elkészülő fotopolimer termékek szívósak és rugalmasok.

Még 2014-ben az USA Energiaügyi Minisztériumához tartozó ORNL intézet kifejlesztett egy nagyméretű, additív gyártástechnológiával működő berendezést, amely az akkori lehetőségekhez képest 10-szer nagyobb termékeket tudott előállítani, méghozzá 200-500-szor gyorsabban, mint versenytársai. E technológia a *BAAM* (nagy alapterületű fejlett gyártás) elnevezést kapta. A BAAM normál műanyag granulátumot használt, amelyet a tárgyasztalra extrudáltak, és képes volt közel 2,5x6,1x2 m nagyságú termékeket előállítani. Noha ez csak réspiaci alkalmazásokat szolgált, mégis elindította a 3D nyomtatás egy új ágát, amely a megolvasztott granulátum nyomtatás, vagyis az *FGF* nevet kapta.

JuggerBot 3D fejlesztései

Az amerikai JuggerBot 3D már egy ideje FFF nyomtatókat gyárt, de most élére állt az FGF nyomtatókat népszerűsítő mozgalomnak. Olyan berendezéseket forgalmaz, amelyek némileg lekicsinyített BAAM nyomtatók: a cég *Tradesman Series P3-44* készüléke 0,9x1,2x1,2 m nagyságú termékeket képes előállítani (2. ábra). Ez a berendezés gyors, a nyomtatófej vízszintes mozgása eléri az 1m/s, nyomtatási kapacitása pedig a 9 kg/ó értéket, amely sokkal gyorsabb, mint az FFF nyomtatóké. Noha az FGF közönséges granulátumokkal dolgozik, de jobb eredmények érhetők el a kimondottan ehhez a technológiához kifejlesztett típusokkal, mint például a DSM által gyártott PP, PET és PA411 anyagokkal.



2. ábra FGF technológiával, a *Tradesman Series P3-44* berendezéssel *EcoPaXX PA411* márkájú DSM poliamidból nyomtatott termék

Ez a teljesítmény új távlatokat nyit meg a 3D nyomtatás ipari alkalmazásai számára, noha nem vetekedhet a nagyszériás fröccsöntéssel. A cég továbbra is gyárt FFF nyomtatókat, mivel noha ezek lassabbak, részletgazdagságuk nagyobb és jobb felületi minőséget és kisebb falvastagságot képesek produkálni. A nagy, kevésbé komplex termékeknél azonban az FGF a nyerő megoldás.

Összeállította: Dr. Füzes László

Mapleston P.: Material majors drive deep into additive manufacturing = www.injectionworld.com , 2021. június, p.29–39.