

## A 3D nyomtatás újdonságai

A 3D nyomtatást jelenleg elterjedten alkalmazzák a prototípusok és a bemutatásra szánt minták elkészítéséhez, illetve ma már a kis szériás gyártás területén is, ahol a fröccsöntés a fröccsszerszám elkészítésének hosszú ideje és magas költségei miatt túl időigényes és/vagy drága lenne. A kis szériás gyártásnál jelentkező idő- és költségelőnyei kiegészülnek a nagyobb formaszabadsággal. Ugyanakkor a felület gyengébb minősége a szűkebb alapanyag-választék és a kis gazdaságos sorozatnagyság behatárolja alkalmazhatóságát. Folyamatosan jelennek meg új, gyorsabb, nagyobb méreteket vagy finomabb felbontású szerkezeteket lehetővé tevő megoldások.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; 3D nyomtatás; fröccsöntés; fejlesztés; additív gyártástechnológia.*

A német műanyagipar az elsőként alkalmazta a 3D nyomtatásnak is nevezett additív gyártástechnológia különböző eljárásait és a mai napig hozzájárul ennek továbbfejlesztéséhez. Ugyanakkor egyes szakemberekben felmerül a kérdés, hogy mikor válik a 3D nyomtatás a hagyományos műanyag-feldolgozó eljárások – pl. a fröccsöntés – piaci versenytársává.

A 3D nyomtatást jelenleg elterjedten alkalmazzák a prototípusok és a bemutatásra szánt minták elkészítéséhez, illetve ma már a kis szériás gyártás területén is, ahol a fröccsöntés a fröccsszerszám elkészítésének hosszú ideje és magas költségei miatt túl időigényes és/vagy drága lenne. Funkcionális bevizsgálási célokra gyártanak 3D nyomtatással prototípusokat a gépkocsi- és járműgyártásnál, az elektrotechnikai berendezések és repülőgépek alkatrészeinél, a gépgyártásban és a gyógyászati termékek esetében.

## Előnyök és hátrányok

A 3D nyomtatás idő- és költségelőnyei a kis szériás gyártásnál kiegészülnek a nagyobb formaszabadsággal. Az *additív gyártástechnológiákkal olyan bonyolult geometriai kiképzéseket is meg lehet valósítani, amelyeket a fröccsöntéssel vagy csak nagyon drágán, vagy egyáltalán nem lehet megoldani.* A geometriai lehetőségek mellett további előny az egyedi szín- és anyagváloztatáson alapuló formaszabadság. Ugyanakkor a hagyományos technológiákat ismerő terméktervezők nincsenek még megfelelően kiképezve a 3D nyomtatás nyújtotta lehetőségek teljes körű kihasználására.

A 3D nyomtatást a fröccsöntéssel összehasonlítva, hátrányok is jelentkeznek. A legfontosabb, hogy nagy darabszámoknál a költség- és időelőny megfordul, ezért a 3D nyomtatás használata csak a kis sorozatoknál jöhet szóba. A 3D nyomtatással készülő termékek felülete az eljárástól függően különböző minőségű, de általában elmarad a fröccsöntéssel gyártottakétól. Az ilyen felület általában a rétegfelépítés irányában kissé lépcsőzetes, ami bizonyos esetekben hátrányos lehet. Emellett a 3D nyomtatással készült alkatrészek mechanikai tulajdonságai is elmaradnak a fröccsdarabokétól.

## Fejlesztések

Jelentős fejlődést jelenthet az additív gyártástechnológiákhoz használható új anyag típusok kifejlesztése. Ma az egyes technológiákhoz használható alapanyagok száma és a végfelhasználásokhoz igazodó optimalás felhasználása erősen behatárolt. A német Barlog csoport elsősorban a hőre lágyuló műanyag huzalokat alkalmazó FDM/FFF eljáráshoz fejleszt új típusú huzalokat, hogy ezeket a piaci réseket kitöltse. Stratégiájuk nem a fröccsöntéssel történő versengés, hanem annak kiegészítése. A cég támogatja vevői termékfejlesztését és segítséget nyújt annak eldöntéséhez, hogy a fröccsöntést, vagy a 3D nyomtatást válasszák egy adott termék kifejlesztéséhez.

A 2017-es frankfurti kiállításon a kis start-up cégek és a nagyvállalatok egyaránt megjelentek additív gyártástechnológiai újdonságaikkal.

Így például General Electric, amely az utóbbi évtizedben 1,5 milliárd USD-t költött e terület fejlesztésére; majd pedig 1,4 milliárdért felvásárolta a Concept Laser és az Arcam cégeket, és így 2016-ban megalapította a GE Additive vállalatot. A GE a novemberi kiállításon mutatta be *Atlas* (a Nagy Területű Additív Technológiai Rendszer angol nevének kezdőbetűi) fejlesztési programja keretében a berendezés első béta változatát, amely *1,1x1,1x0,3 m méretű terméket képes készíteni*. Ez a 3D nyomtató a Concept Laser cég technológiáján alapul, amely során lézersugárral fémport olvasztanak meg. Céljuk a nagy és komplex fémtermékek előállítása elsősorban a repülőgép- és autógyártás céljaira. A fejlesztés következő lépése a Z tengely 1 méteresre növelése. A Concept Laser korábbi fejlesztései olyan komplex geometriájú fröccsszerszám alkatrészek előállítására irányult, amelyekkel lehetővé válik a kontúr közeli hűtés megvalósítása. Az új berendezést mindössze kilenc hónap alatt készítették el, ami jelzi az e szakterületen folyó fejlesztések tempóját. A cég koncepciójának része a folyamat és a gép állapotának folyamatos monitorozása (a GE felhő alapú *Predix* szoftverével). A néhány kiválasztott cég általi tesztelést követően az új berendezést várhatóan 2018 folyamán dobják piacra.

A nagyméretű műanyag termékek additív gyártástechnológiával történő előállításának az utóbbi években egyik vezető vállalata a BigRep cég volt. Legújabb modelljük *világrekordnak számító 1 m<sup>3</sup> feletti nyomtatási térfogatot képes előállítani az FFF (megolvasztott műanyag huzalos) technológiával*. A 3D nyomtatási folyamat során két moduláris nyomtatófej mozog egymástól független irányítás mellett. A kiállításon egy PLA-ból készült hófehér fürdőkáddal demonstrálták a (gyártó Villeroy & Boch) a berendezés képességeit.

Példát mutatva arra, hogy hogyan válhat egy új ötletből termelő céggé valaki, az izraeli XJet vállalat bemutatta *Carmel* berendezését, amely a szabadalmaztatott *NPJ technológián* (nanorészecske tintaágyú) alapul. Két, nanorészecskét tartalmazó tintasugarat használnak, az egyik a terméket létrehozó anyaghoz, a másikat a megtámasztó anyaghoz. A berendezéssel komplex geometriájú fém- és kerámia termékeket lehet előállítani. Miután az eljárás során nem porból indulnak ki, módszerük forradalminak számít a fémek és kerámiák additív gyártástechnológiájában.

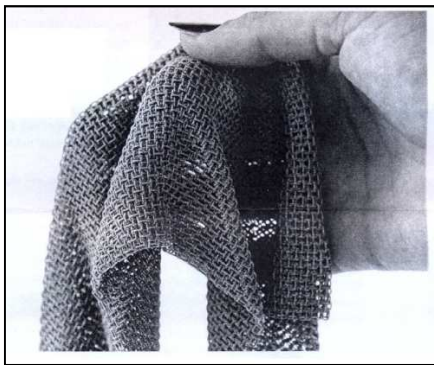
A Hewlett Packard cég *Multi Jet Fusion* (sok sugaras ömlesztés) technológiájával *tízszer gyorsabban lehet nagyméretű műanyag termékeket előállítani*, mint a hasonló célú *FDM (FFF)* és *SLS* technológiákkal működő berendezésekkel, ráadásul a beruházási költségek megfelelése mellett. A HP nyomtató úgy működik, hogy a ciklikusan felhordott műanyag (PA12) port szelektíven kétféle kötőanyaggal kezeli: az egyik (a „megömlesztő ágens”), amelyet precízen a létrehozandó termék kontúrájára hordanak fel, kikényszeríti a műanyag por megolvadását az infravörös besugárzás hatására, a másik (a „fékező ágens”) megakadályozza a hővezetést a többi helyen. A HP több gépgyártóval is együttműködik, eljárását többféle műanyagra és elasztomerre is ki szándékozik terjeszteni.

A Voxeljet cég is bemutatta új, *nagy sebességű szinterező (HSS) berendezését*. A HSS eljárás kombinálja két elterjedten használt additív eljárás előnyeit és lehetővé teszi nagyobb építőterület kihasználását nagyobb felépítési sebességgel (a tintaágyús megoldáshoz hasonlóan), és (a lézer szinterezéshez hasonlóan) sokféle anyaggal képes gazdaságosan dolgozni. Ennek során vékony műanyag (pl. PA12 vagy TPU) porréteget hordanak fel az előmelegített tárgyasztalra. Egy tintasugaras nyomtatófej mozog nagy felülettel a tárgyasztal fölött és az infravörös sugárzás intenzív elnyelésére képes tintával benedvesíteni a létrehozandó termék metszetének megfelelő felületeket. Az ezt követő infravörös besugárzás hatására a benedvesített részekben a műanyag por szintereződik az alatta lévő résszel. A szelektív lézer szinterezéssel (SLS) szemben itt a nyomtatófej csupán egyetlen átmozgatására van szükség, ami minden rétegnél azonos ciklusidőt biztosít, függetlenül a termék méretétől és komplexitásától. A nagy felületű tintaágyús nyomtatófej 3000 egymástól függetlenül vezérelt fűvókát tartalmaz, felbontó képessége 360 dpi, amely nagyon finom szerkezeteket képes létrehozni. A legkisebb megvalósítható falvastagság 0,15 mm, a finom részletek nagyon éles kontúrokkal gyárthatók le (*1. ábra*).

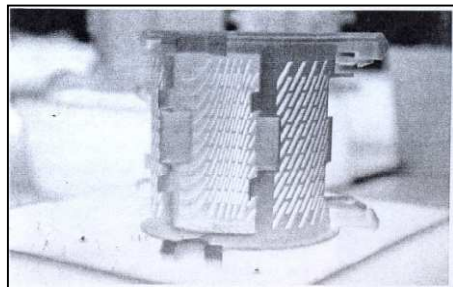
## **Ipari léptékű gyártás**

A lézerszinterező berendezések közt az új *EOS P 500* kétszer olyan gyorsan képes a termékeket előállítani, mint a korábbi leggyorsabb nyomtató (az *EOS P 360*). E berendezést azoknak a felhasználóknak ajánlják, akik igen jó minőségű műanyag termékeket kívánnak ipari méretekben 3D nyomtatással előállítani (*2. ábra*). A berendezés számos megoldást alkalmaz a folyamatellenőrzés és rendszerintegráció terén. Az *Esconnect* szoftver segítségével a berendezés a minőséggel összefüggő gép- és termékadatokat gyűjt össze és tárol, amelyek valós időben futnak és amelyeket már meg-

lévő IT rendszerekbe lehet integrálni. Hasonlóan fontos szerepet játszik a terméktervezés és gyártás szoftvereinek integrációja. A saját fejlesztésű *Eosprint 2* CAM rendszer támogatja az *EOS P 500* működését. E szoftver már több EOS fém feldolgozó rendszerhez elérhető, lehetővé téve a mérnökök számára a CAD adatok optimalizálását. Az additív gyártási folyamat előtti, közbeni és az azt követő időszakbeli összekapcsolhatóság meghatározó abban a folyamatban, amelyet egy automatizált gyártási környezet – a gépgyártók mai legmagasabb prioritása – megkövetel. Mivel az *EOS P 500* egészen 300 °C-ig terjedő hőmérséklet-tartományban képes dolgozni, új alkalmazási területek nyílnak meg az ipari 3D nyomtatási technológia előtt az autópárhuzamban vagy az elektrotechnikában.



1. ábra A nagy sebességű szinterelés (HSS) alkalmazásával komplex, nagy peremélességű, flexibilis műanyag termékek állíthatók elő nagy precizitással



2. ábra Poliamid szállítódoboz integrált kialakítása *EOS P 500* segítségével

Fontos előrelépést jelent annak a háromlépcsős szűrőegységnek a beépítése is, amely a 3D nyomtatás során keletkező gázokat és részecskéket kiszűri a levegőből. A berendezés két 70 W teljesítményű lézerrel dolgozik. A műanyag por elterítését a tárgyasztalon 600 m/s sebességgel végzi, ennek következtében már a felhordás pillanatában a feldolgozhatósági hőmérsékletre kerül, és ezáltal a ciklusidő lerövidül. A tényleges terméképítés előtti és utáni folyamatok szintén lerövidülnek a cserélhető munkakeret miatt, amelyet elő lehet melegíteni, és amelyen a kivett késztermék a berendezésen kívül hűlhet le. Így az egyik darab elkészülte után 15 perccel a felhasználó már egy újabb termék gyártását indíthatja.

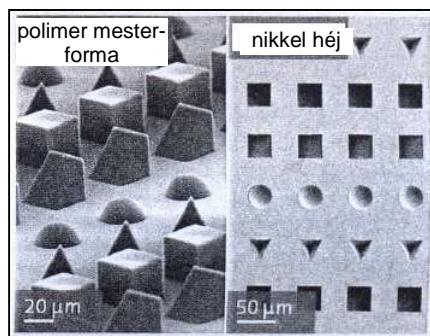
Az *EOS P 500* által feldolgozható nagy teljesítményű műszaki műanyagok közül először a PEKK lett hozzáférhető. Az Arkema céggel közös fejlesztés eredményeként ez az anyag kis tömegű alternatívát jelent számos fémhez viszonyítva. Nyílt platform lévén, lehetőség van más gyártók megfelelő anyagainak alkalmazására is. Ennek érdekében az EOS együttműködést kezdett az Evonik és a BASF céggel.

Mint általában, az alapanyagok itt is fontos szerepet játszanak. Az Arburg cég e téren normál PP feldolgozhatóságát mutatta be *Freiformen* berendezésével. A kiállítá-

son egy *Moplen* típusú polipropilént dolgoztak fel kábelszorítóvá egy új megtámasztó anyag, az *Armat 12* alkalmazásával, amelyet később vízfürdőben kioldottak a termékből. A filigrán, de egyúttal terhelhető szerkezet a fröccstermékekénél tipikus bepattanó effektussal rendelkezik. Az *Arburg eljárásának nagy előnye, hogy a folyamatot a követelményekhez lehet igazítani és nem megfordítva*. A felhasználó saját szokásos műanyag alapanyagait (pl. ABS, PA, PC, PLA, PEI, TPE) alkalmazhatja és a szabadon programozható feldolgozási paraméterek segítik a folyamat optimalizálását. Minél jobban sikerül a folyamatot beállítani, annál jobb minőségű lesz a termék. A jól beállított paraméterekkel a fröccsöntött termékekéhez hasonló mechanikai tulajdonságok érhetők el: a termék sűrűsége 95%-os, húzószilárdsága pedig a 97%-os szintet is elérhetik.

### Nagy precizitású 3D nyomtatású termékek

A nano- és mikroszerkezetek 3D előállítására szolgáló berendezések gyártására szakosodott Nanoscribe cég megmutatta, hogyan lehet kis méretek esetén eredményesen kombinálni a 3D nyomtatást hagyományos megmunkálási módszerekkel. A *Photonic Professional GT* berendezés segítségével mikro-



3. ábra Formaadási eljárás fröccsöntéshez: polimer mesterforma, mint kiindulási alap egy nikkel létrehozásához

szkópikus méretű termékek, mint a mikro-lencsék vagy retroreflektorok nagy formapontosággal gyárthatók additív technológiával. Ez pl. a gyógyászatban vagy az okostelefonok gyártásában új távlatokat nyit meg. A 3D nyomtatással elkészített mikrooptikákat függőleges emelkedésekkel, éles peremekkel, aszimmetrikus geometriával és elrendezéssel lehet különböző elemekből létrehozni, és mint polimer-mesterformát alkalmazni. Ennek során a CAD adatok segítségével létrehozott polimerszerkezetekre egy vékony fémréteget szórnak fel, amelyre egy nikkel réteget galvanizálnak. Ezt azután a műanyag felületről eltávolítva (3. ábra), egy fröccsszerszám vagy préglő szerszám alakadó részéhez jutunk.

A Nanoscribe berendezései a kétfotonos polimerizáció (2PP) alapján működnek, aminél egy lézersugár egy fotóérzékeny anyagot világít meg. Egy rétegről rétegre eljárás során szinte tetszőlegesen komplex 3D polimer szerkezetet lehet kinyomtatni. Ez a lézer litográfias módszer képes mikrométer alatti részleteket, egészen 200 nanométerig terjedő vonalszélességig feloldani, vagyis a legnagyobb precizitással néhány mm-es peremhosszt vagy a négyzetcentiméteres tartományba eső, mikrostrukturált felületeket megcélozni. Ahol a szokásos eljárások, mint a sztereolitográfia az 50–150 µm rétegvastagsággal már a határaikba ütköznek, ezzel a módszerrel olyan alkatrészek nyomtathatók, amelyeket mindeddig lehetetlen volt megvalósítani additív technológiával.

A mikroszerkezetnél is mélyebben, nevezetesen a nyomtatott termék belsejében tudtak a látogatók betekinteni az F & G Hachtel standján. A szerszámgyártó és CT szolgáltató egy virtuális valóság szemüveget dolgozott ki, amellyel a vevők a nyomtatott (vagy akár a fröccsöntött) alkatrészek számítógépes tomográfia pásztázási rétegeit a CAD modell adataival összehasonlíthatják, a minőségbiztosítás végső, legmagasabb lépcsőjeként.

## Új anyagok

### *A BASF új 3D nyomtatásra szánt PA6 és UV-reaktív anyagai*

A BASF 3D Printing Solutions GmbH számos új anyagot mutatott be az Additive Manufacturing Users Group (Additív Gyártás Felhasználói Csoport) áprilisi konferenciáján az USA-ban. A texasi Essentium Materials céggel közösen globális disztribúciós hálózatot építettek ki a 3D nyomtatókba való műanyag huzalok számára. A két cég *Ultrafuse* márkanéven közösen fejleszti és értékesíti egyeztetett termékválasztékát.

Valamennyi *Ultrafuse* termék ipari felhasználásra készül az *FFF* (Fused Filament Fabrication, azaz megolvasztott huzalos gyártás) eljárással működő 3D nyomtatókhoz. A két cég megállapodása számos ilyen termékre vonatkozik, köztük az *Ultrafuse Z* anyagra, amely egy speciális, az Essentium által továbbfejlesztett BASF alapanyagokra épülő extra erős huzal, amelyet az Essentium Materials cég *FlashFuse™* feldolgozási technológiájával együtt kínálnak. Ezáltal olyan speciális anyagot hoztak létre, amellyel a Z tengely irányában is optimális szilárdságú terméket lehet az *FFF* technológiával előállítani. Ebben az évben tervezik az anyag újabb, töltött és erősített változatait is piacra hozni.

### *Alacsony olvadáspontú PA6 standard 3D nyomtatókhoz*

Az *Ultrasint PA6 LM X085* egy új anyag a *szelektív lézerszinterezési (SLS)* eljáráshoz. A szürke, poliamid 6 bázisú por 193 °C körüli hőmérsékleten olvad meg, és a legtöbb *SLS* berendezéssel könnyen feldolgozható. A terméket elsősorban az autóiipari és háztartási termékek gyártóinak szánják, ahol jelenleg szinte csak PA11 és PA12 típusokat alkalmaznak. Az új, PA6 alapú termékkel nagy merevségű és szilárdságú alkatrészek állíthatók elő.

### *UV-reaktív anyagok*

A BASF 3D Printing Solutions GmbH az UV-reaktív anyagok terén is bemutatott újdonságokat. A *Phot-Resin X004M*, amely nemrég vált kereskedelmi terméké, speciálisan optimált a *sztereo litográfiás (SLA)*, a *digitális fény feldolgozási (DLP)* és az *LCD nyomtatók* számára, ahol a fényforrás a nyomtató anyag alatt helyezkedik el.

További UV-reaktív fotopolimerek forgalmazását is tervezik a rugalmasabb és nagyobb szilárdságú anyagokat igénylő piac kielégítésére. Egy másik irányzatot a kerámia fotopolimerek jelentik, amelyeket pl. additív eljárásokkal előállított fém öntőformákként lehet hasznosítani pl. a repülőgép- és autóalkatrészekhez.

A BASF 3D Printing Solutions GmbH fejlesztései során külön hangsúlyt helyez a piaci trendek kiszolgálására az autóipar, a repülőgépgyártás, a háztartási gépek, a gyógyászati és fogászati eszközök területén. Február óta a cég tagként társult a padeborni egyetem Direct Manufacturing Research Center (DMRC: Közvetlen Gyártási Kutatási Központ) szervezethez, ahol 2009 óta különböző szakterületek képviselői végeznek közös fejlesztő tevékenységet a 3D nyomtatás különböző alkalmazásainál.

Összeállította: dr. Füzes László

Kalenbach T.: 3D-Druck: Gefahr oder Zukunft der Kunststoffbranche? = K-Zeitung febr. 9. 2018. p. 12.

Doriat C.: Erhöhter Pulsschlag = Kunststoffe, 2018. 1. sz. p. 35–37.

3D-Druck von Kunststoffteilen im industriellen Maßstab = Kunststoffe, 2017. 12. sz. p. 13.

BASF launches low-melting PA6 & UV-reactive materials for industrial 3D printing = Omnexus Plastics & Elastomers Product Newsletter, 2018. ápr. 11.