

Új additív technológiák

Az Arburg cég új additív technológiája normál műanyag granulátumból kiindulva, apró cseppekből építi fel a terméket. Az így előállított darabok kémiai és legtöbb fizikai tulajdonsága hasonló az ugyanilyen anyagból fröccsöntöttekével.

Egy német kutatócsoport olvasztott depozíciós eljárással (FDM) készített poli(éter-imid) próbatesteket. Szakítószilárdságuk jól reprodukálható és megközelíti a fröccstermékéét, de függ a rétegfelépítés és a húzófeszültség relatív irányától. UV besugárzás hatására hosszú távon elszíneződés és ridegedés lép fel. A minták hősokkal szemben érzéketlennek mutatkoztak.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; additív technológia; műanyagok vizsgálata; PA; PC; ABS; poli(éter-imid).

Az additív termékgyártó technológia egyre nagyobb szerepet játszik életünkben. A korai időszakban 3D nyomtatás néven is ismert, háromdimenziós modellek készítésére alkalmas módszerből ma már az egyedi és a kisszériás gyártás lehetőségét kínáló ipari eljárássá fejlődött. Az additív technológiák különböző válfajai ismertek, de ezek mindegyike azon az elven alapul, hogy az elkészítendő termék számítógépes (CAD) tervrajzának adataiból egy számítógép vezérlésének segítségével rétegről rétegre építi fel a darabot. Definíciószerűen e téren különféle eljárásokat lehet megkülönböztetni:

- A 3D nyomtatás három dimenziós modellek nem túl nagy méretpontosságú készítésére alkalmas. Az ilyen berendezések néhány száz vagy néhány ezer EUR-ért kaphatók. Alapanyagként elég drága és korlátozott típusválasztékú polimerszálakat használnak, amelyeket megolvasztva cseppekből építik fel a (nem túl nagy) modelleket. A módszert ma már magánemberek is elég elterjedten használják.
- A gyors prototípusgyártó berendezések ipari termékek gyártásának fejlesztési fázisához használható modelleket készítenek amelyek esztétikai megítélésre (pl. kozmetikai flakonokhoz) vagy akár funkcionális próbákhoz is használhatóak (pl. egy gépkocsi új ablakmosófolyadék-tartályát sivatagi és sarkkörüli viszonyok között is kipróbálhatják), amivel sok időt és költséget takaríthatnak meg.
- A gyors gyártómódszerekkel az ipari szinten alkalmazott additív technológiákra épülve magas minőségű termékeket készítenek. Az ilyen megoldások ideálisak, ha egy műanyag terméket gyorsan, a fröccsöntött változathoz képest kissé gyengébb minőségben kell kis darabszámmal előállítani.

Az iparilag alkalmazott gyors, additív módszerek különböző anyagokat és technológiákat használnak. A módszereket a felhasznált alapanyagok szerint is lehet csoportosítani vagy aszerint, hogy a terméket kémiai vagy fizikai eljárások alkalmazásával építik fel.

Additív eljárások fajtái

Sztereolitográfia (STL): egy epoxigyantával (vagy más alkalmas műgyantával) töltött folyadéktartályban a folyadék felületét egy mozgatható tükör segítségével irányított lézersugárral a megfelelő, egymással érintkező pontokon kikeményítik, és így vékony rétegről rétegre építik fel a céltárgyat. A kész termékről a gyantát lecsepegtetik, az esetleges támasztószerkezettől megszabadítják, oldószerrel lemosják és UV fényel teljesen kikeményítik.

Szelektív lézerszinterezés (SLS): ez az eljárás is lézert alkalmaz, de folyadék helyett a nyersanyag por formájában van jelen a tárgyasztal tartályában. A lézersugár hatására a por (fém vagy műanyag) felhevülve kissé megolvad és szintereződik, létrehozva az adott réteget. A megszilárdult réteg felületére újabb porréteg kerül, és az eljárást megismétlik. A meg nem olvasztott por támasztó szerkezetként is szolgál. A végén a terméket kiemelik és a portól megtisztítják.

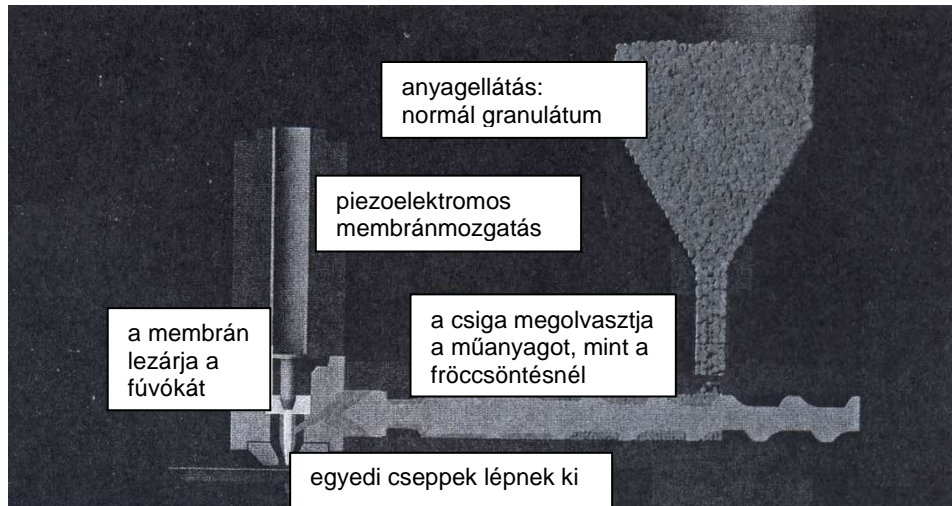
Olvasztott depozíciós eljárás (FDM): a kiindulási anyag egy feltekerceselt műanyag szál, amelyet fűtött extruderhengerbe vezetve megolvasztanak. A folyékony műanyag cseppeket a fúvóka vagy a tárgyasztal mozgatásával a tárgyasztal felületére juttatva építik fel az első réteget, majd erre viszik fel a következő rétegeket. A forró folyékony cseppek lehülve megszilárdulnak és hozzáhegednek az alattuk (már korábban megszilárdult) és a mellettük lévő cseppekhez. Ha két fúvókát használnak, alátámasztó szerkezetet vagy többféle anyag kombinációjából felépülő tárgyakat hozhatnak létre.

Új additív technológia az Arburgtól

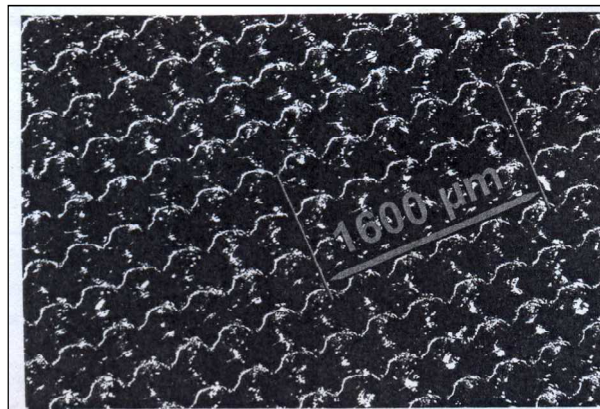
Az Arburg cég újdonsága hogy *additív technológiája normál műanyag granulátumokat használ*, ami egyrészt sokkal olcsóbb, mintha speciális modellkészítő anyagokat alkalmaznának, másrészt az így előállított termék kémiai és legtöbb fizikai tulajdonsága azonos lesz, vagy csak kismértékben marad el az ugyanilyen anyagból fröccsöntött termékétől. Az „*Arburg Kunststoff-Freiformen*” (azaz műanyag szabadformák) elnevezésű módszer (1. ábra), nem igényel gyártószerszámot. *Egyedi és kisszériás termékek készítésére ideális*, nagy sorozatokat továbbra is fröccsöntéssel célszerű elkészíteni. A berendezés a fröccsöntő gépekéhez hasonló csigahengerben először megolvasztja a műanyag granulátumot, amely egy piezoelektromosan működtetett dugattyúval ellátott segédhengerbe jut. A dugattyú a műanyagömlédeket apró cseppek formájában juttatja 80–200 Hz frekvenciával a mozgatható tárgyasztalra. A fix pozíciójú fúvókát egy szintén piezoelektromos membrán zárja és nyitja. A tárgyasztalra kerülő

cseppek egymáshoz hegedve megszilárdulnak, és így kialakítják az első réteget. Erre kerülnek rá a második réteget alkotó cseppek, és így tovább.

A jelenlegi modell max. 230x130x250 mm méretű terméket képes előállítani. Egy 2014-es kiállításon 12 ABS dugaljházat állítottak elő vele 18 óra alatt. A cseppek-ből álló felület nagyon egyenletes, de nem teljesen sima szerkezetű (2. ábra). Noha a felület tagoltnak látszik, a termék fala teljesen tömör, légzáró. A fúvóka átmérőjének csökkentésével a cseppek mérete (jelenleg: 0,18–0,3 mm) is csökkenthető. A cseppméret csökkentésével a felület simasága javul, az egyes rétegek vékonyabbak és tömörebbek lesznek, azonban a folyamat lelassul (3. ábra).



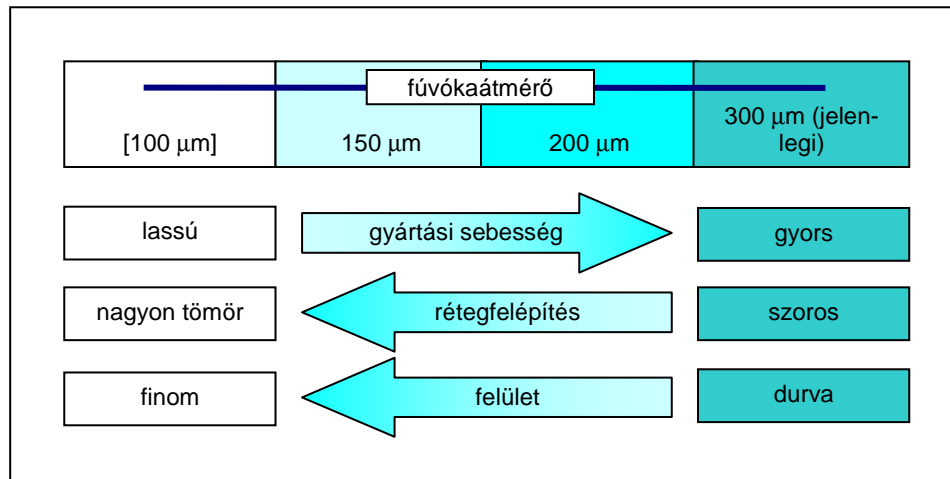
1. ábra Az Arburg új eljárásának (Kunststoff-Freiformen – AKF) lépései



2. ábra AKF eljárással készített termék felületének fotója 48-szoros nagyításban. Jól látszanak az egyedi (0,3 mm-es) cseppek okozta domborulatok

Az így előállított termékek kémiai jellemzői, villamos ellenállása és hőállósága azonos az adott anyagból fröccsöntött termékekével. Mechanikai tulajdonságai azon-

ban némileg gyengébbek. Húzóvizsgálatok során nem tapasztaltak a szakadás előtt megnyúlást. Az igazi kihívást a 0,6 mm-es vagy ennél is vékonyabb falú termékek gyártása jelenti. Jelenleg az AKF technikával már sikeresen dolgoztak fel ABS, PC, PA alapanyagot és hőre lágyuló elasztomereket is, további anyagok bevonása folyamatban van. A módszer hátránya, hogy üvegszállal erősített műanyagokat nem lehet használni, mert a szálak eltömik a fúvókát.



3. ábra A fúvókaátmérő hatása a termékjellemzőkre és a termelékenységre

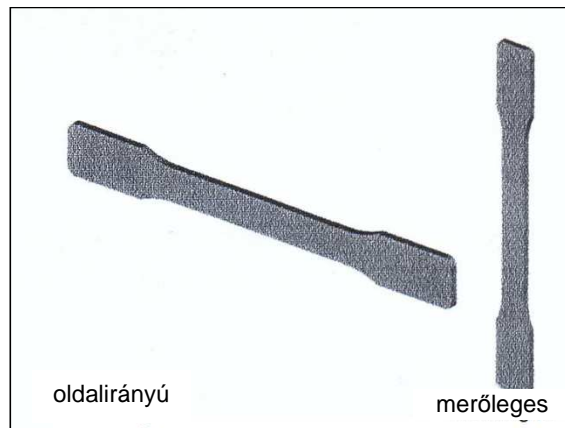
Két csigahenger és fúvóka használatával kétkomponensű rendszert is fel lehet dolgozni, pl. eltérő színek kombinációja valósítható meg azonos anyagból, vagy eltérő anyagokkal kemény/lágy haptikai hatást érhető el. A második komponenst alátámasztó szerkezet készítésére is használhatják. A tárgyasztal alap kivitelben 3 tengelyű mozgást tesz lehetővé, de opcióként kapható 5 tengelyes változat is. Ezzel túlfedéses és alámetszéseket tartalmazó termékek is gyárthatók megtámasztó szerkezet nélkül.

Miután a nem túl nagy berendezés működtetéséhez nincs szükség hűtővízre, elszívásra vagy sűrített levegőre, csupán egy elektromos konnectorral, irodai környezetben is működtethető. Kezelése 1–2 napos tanfolyamon elsajátítható. A gyártó cég olyan szoftvertámogatást biztosít, hogy a CAD tervek birtokában a felhasználónak elegendő az STL adatokat betáplálnia és megadnia a felhasználandó anyag típusát, a többi paramétert a gép automatikusan generálja. Magasabb szintű oktatás után a felhasználó képes lesz új anyagokkal is kísérletezni, ha ezek tulajdonságait betáplálja a berendezésbe.

Olvasztott depozíciós eljárás (FDM)

Olvasztott depozíciós eljárással (FDM) dolgoztak fel poli(éter-imid)-et (PEI) német kutatók a paderborni egyetemen abból a célból, hogy kimérjék az így előállított termékek mechanikai tulajdonságait különböző környezeti igénybevételek mellett. A PEI a nagyteljesítményű műszaki műanyagok közé tartozik, sikeresen használják a

repülőgépek és a gépkocsik számos termékéhez. A húzóvizsgálatokhoz az amerikai *ASTM D638* szabvány szerinti piskóta alakú próbatesteket készítettek, mégpedig kétféle gyártási elrendezésben, azaz a húzás irányára nézve oldalirányú és azzal párhuzamos rétegfelépítéssel (4. ábra). A próbatesteket 52 héten át részben 23 °C-on és 50% relatív nedvességtartalmú térben, részben szobahőmérsékleten víz alá merítve tárolták. Időnként 10–10 próbatestet kiemeltek és elvégezték a szakítóvizsgálatot. Jól látható, hogy a tárolás időtartama nem befolyásolja a minták szilárdságát, még a víz alatt tárolt próbatesteket sem. Ugyanakkor a rétegfelépítés iránya szignifikáns eltérést okoz, az oldalirányú felépítéssel 70 MPa szilárdságot lehet elérni, míg a merőlegessel 40–45 MPa-t. Ez azzal magyarázható, hogy az ömledékcseppekből kialakuló rétegek hővezetéssel hegednek egymáshoz, és a szakítószilárdság tulajdonképpen az egyes rétegek közötti kötés minőségét jelenti. A merőleges rétegfelépítésnél az értékek nagyobb szórása azt jelzi, hogy ilyen esetben a rendszer érzékenyebb az eljárás ingadozásaira. Ugyanakkor a mért adatok azt is jelzik, hogy az eljárásnak jó a reprodukálhatósága.

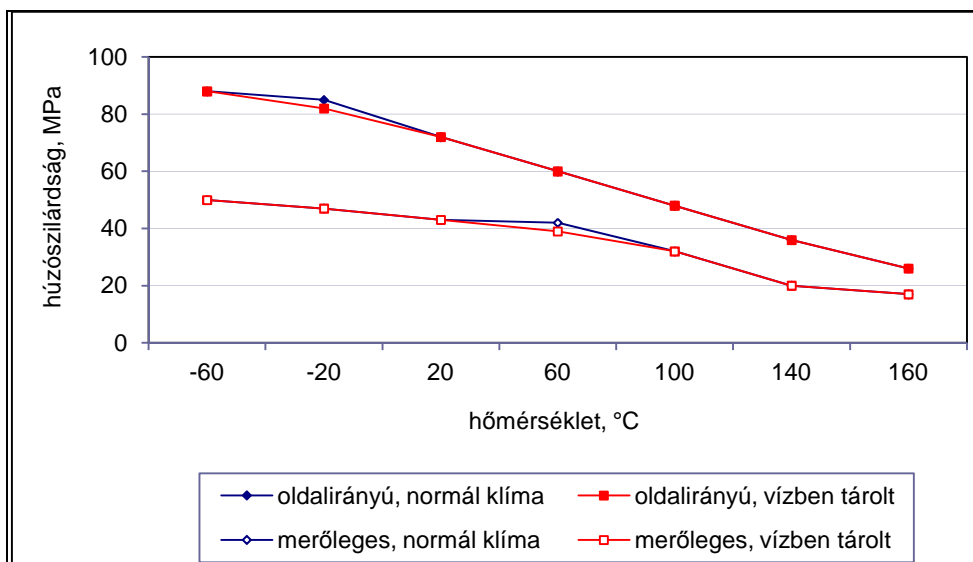


4. ábra A húzóvizsgálatokhoz használt próbatestek előállításánál alkalmazott rétegfelépítés elrendezése

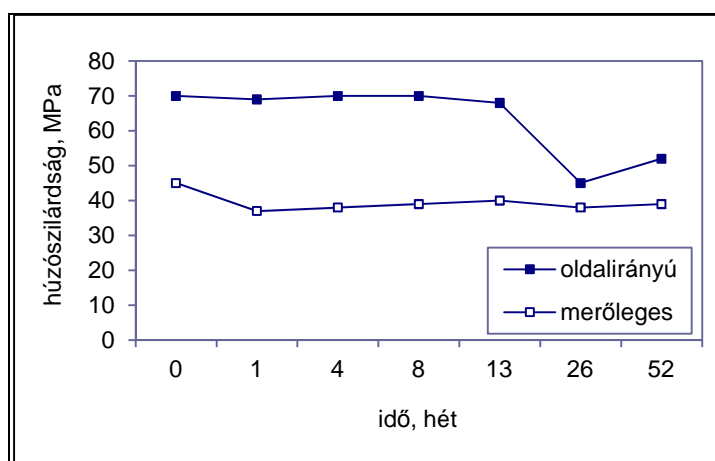
Az eltérő hőmérsékleteken (–60 °C és +160 °C között) végzett szakítószilárdságmérések is kis szórást mutattak (5. ábra). A várt módon a hőmérséklet emelkedésével a szakítószilárdság csökkent. A tárolás körülményei és ideje az eredményeket nem befolyásolta szignifikánsan.

A minták időjárással szembeni ellenállását kétféle módszerrel ellenőrizték. Egyrészt mesterséges körülmények között, egy UV (300–400 nm hullámhossz) lámpával sugározták be 100–500 óra időtartammal. Ennek eredményeként (6. ábra) a merőleges rétegfelépítésű minták húzószilárdsága 100 óra után némileg csökkent, de azután állandósult, míg az oldalirányú rétegfelépítésűeké egyáltalán nem változott.

Ugyanakkor a szakadási nyúlás értéke mindkét esetben kissé csökkent, azaz az anyag ridegebb lett, és a minták felülete elszíneződött, ami az UV sugárzás károsító hatását jelzi.



5. ábra A PEI húzószilárdságának hőmérsékletfüggése a tárolási körülmények, illetve a rétegfelépítés és a húzófeszültség relatív irányának függvényében



6. ábra Az időjárás hatásának kitett PEI próbatestek húzószilárdsága a kitétel idejének, illetve a rétegfelépítés és a húzófeszültség relatív irányának függvényében

A természetes körülmények között elvégzett időjárás-állóság vizsgálata során a mintákat 2012 márciusa és 2013 márciusa között az egyetem területén elhelyezkedő kitételi állomáson tartóállványra helyezték. A viszonyítási alapot az ugyanilyen időtartamra normál klímájú sötét dobozban elhelyezett minták képviselték. Az oldalirányú rétegfelépítésű minták 26 hét eltelté, azaz a nyári napsugárzás elviselése után szignifikáns szilárdságcsökkenést mutattak. A merőleges rétegfelépítésűeknél már az első hét elteltével kismértékben csökkent a szilárdság, de ezt követően csak az eredeti körül ingadozó értékeket mértek. A próbatesteken elszíneződés lépett fel, azaz az anyag nem teljesen ellenálló az időjárás hatásaival szemben.

Olyan vizsgálatokat is végeztek, melyek során 6 órás ciklusokkal $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $+175\text{ }^{\circ}\text{C}$ között változtatták a minták tárolási hőmérsékletét a légnedvesség szabályozása nélkül. A hősokkteszt során azonban még négy hét elteltével sem lehetett szignifikáns szilárdságsökkenést észlelni.

Összeállította: Dr. Füzes László

Neff M.; Keßling O.: Geschichtete Funktionsteile im industriellen Maßstab = Kunststoffe, 104. k. 8. sz. 2014. p. 64–67.

Bagsik A.; Schöppner V.; et. al.: Beständig in jeder Lage = Kunststoffe, 104. k. 5. sz. 2014. p. 62–66.