

MŰANYAGOK FELDOLGOZÁSA, ADDITÍV TECHNOLÓGIÁK

A 3D nyomtatás alkalmazásainak bővítése

A 3D nyomtatásként közismert additív gyártástechnológiákat egyre újabb területeken kívánják alkalmazni. Ezek egyike a gyógyászati eszközök előállítására, ahol a páciensek anatómiáját figyelembe vevő egyedi megoldások terjednek. A hosszú szénzálakkal erősített autó- és repülőgép-alkatrészek terén is folynak az additív gyártástechnológiára alapozott eredményes fejlesztések.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; 3D nyomtatás; FDM; lézerlitográfia; SLS; kompozitok; PLA; ABS; PA; epoxigyanta; szénszál.

Az általában 3D nyomtatásként emlegetett additív gyártástechnológiák alkalmazása a gyógyászatban is rohamosan terjed, noha még ma is gyakran csak a K+F területre szorítkozik. A német Otto Bock HealthCare GmbH fejlesztési programjainak középpontjában például az olyan termékek állnak, amelyek közvetlenül érintkeznek a páciensekkel, mint a protézisek és az ortézisek. Gyors prototípusgyártó programjuk keretében egyedi termékeket készítenek, mint a kéz- és lábprotéziseknél alkalmazott tartók és kozmetikai burkolatok. Elsősorban a hőre lágyuló polimerek cseppjeiből felépített rétegelési technológiát (FDM) alkalmazzák politejsav (PLA), poliamid (PA) és ABS felhasználásával. Amikor más additív gyártási technológiákra van szükség, pl. a szelektív lézerszinterezésre (SLS), külső cégeket vesznek igénybe.

Az ipari 3D nyomtatók vezető gyártói közé tartozik a német EOS GmbH, amely – az amerikai Stratasys és 3D Systems céghez hasonlóan – termékeit gyógyászati alkalmazásokhoz is kínálja. Elsősorban két részterületen aktívak: komplett protézisek és ortézisek, illetve ezek alkatrészei, továbbá az operációs segédeszközök és kiegészítők, mégpedig elsősorban a különböző vágó és fúró művelek pozicionálásához szükséges eszközök. Az ilyen eszközök segítik az olyan komplikált sebészeti beavatkozások precizitását, mint amilyen a térdízületek pótlása vagy a koponya- és arcoperációk.

Testreszabott megoldások

A páciensek csak viszonylag kevés 3D nyomtatással készült termékkel kerülnek hosszabb időre érintkezésbe, kivéve az implantátumokat. Ezért meglepő arról hallani, hogy a német Sivantos cég már 2001 óta dolgozik ezzel a technológiával. A Sivantos a világ egyik vezető hallókészülék-gyártója, és egyebek között a Siemens és Signia márkanevű termékcsaládoké is. *Évente mintegy 100 000 hallókészüléket készítenek,*



1. ábra A kb. 1 cm átmérőjű, testre-szabott hallókészülék a fül belsejében helyezkedik el

mégpedig szinte kizárólag 3D nyomtatással (1. ábra). Az általában mélyen a fül belsejében elhelyezkedő (idOs) készülékek alig észrevehetők, nélkülözik a hagyományos hallókészülékek tartófülét. Ma már a hallókészülék-gyártók szinte csakis az additív gyártástechnológiát alkalmazzák, míg ez a gyógyászati eszközök számos más területén még mindig csak a gyors prototípusgyártás eszköze. A hallójáratba illesztéshez pontosan követni kell a páciens egyéni anatómiáját; a korábbi próbaöntéseken alapuló eljárások hosszadalmasak és drágák voltak, az esetleges hibák, eltérések korrigálása sok időt és költséget emésztett fel. A 3D nyomtatással olcsóbb és gyorsabb megoldások váltak lehetségessé. Jelenleg erre szakosodott alkalmazottak CAD szoftverek segítségével tervezik az egyénre szabott piciny hallókészülékek burkolatát, amelyekben bizonyos standard eljárások és módszerek segítségével kell elhelyezniük a mikrofont, a hangszórót, az erősítőt, a kiszolgáló elemeket és

a rádiórendszert.

Anyagkövetelmények

A gyógyászati eszközök gyakran nagyon komoly követelményeket támasztanak az alapanyagokkal szemben. Az műanyag-feldolgozással foglalkozó aacheni IKV Intézet képviselője hangsúlyozta, mennyire fontos, hogy az alkalmazandó anyagok bevizsgálással és alkalmassági tanúsítvánnyal rendelkezzenek. Az új alkalmazások engedélyeztetése drága és nagyon időigényes. Különösen az implantátumokhoz és más olyan eszközökhöz, amelyek hosszabb ideig maradnak a páciens testében vagy annak felületén, kívánatos a biológiailag felszívódó lebomló anyagok alkalmazása, amelyeket az emberi szervezet saját maga képes leépíteni. Ilyen anyagok lehetnek pl. a PLA és a PGA típusok.

A testen kívül elhelyezett szerkezetek esetében a sterilizálhatóság (különösen gőzzel), az egyszerű tisztíthatóság és a mechanikai tulajdonságok fontosak. A szerkezeti anyagként felhasznált 3D alapanyagok mechanikai szilárdságának növelése még fejlesztésre szorul. Noha a rövid szálakkal erősített műanyagok 3D nyomtatása már sikeresen megvalósítható, a hosszú („végtelen”) szálakkal végzett erősítés ma még csak két dimenzióban lehetséges. Ugyanakkor a protézisek és az ortézisek szerkezete háromdimenziós erőhatásoknak van kitéve. A 3D nyomtatással előállított termékektől az is elvárható, hogy utólagos megmunkálásuk könnyen kivitelezhető legyen.

Az IKV „Termékfejlesztés a műanyagok additív gyártásában” címmel áprilisban kezdte meg egy komoly piaci és technológiai tanulmány összeállítását. Ebben nagy hangsúlyt kapnak az anyagtulajdonságok, a modellezési alapelvek és a konstrukciós szabályok. A kiadvány emellett foglalkozik stratégiai kérdésekkel és az egész fejlesztési folyamat automatizálásának lehetőségeivel is.

Komplex megoldásokra van szükség

Az egész iparág digitális lesz, jelentette ki a legnagyobb európai egészséghálózat, a Forums MedTech Pharma e.V. vezetője, a 3D nyomtatás példájára hivatkozva. A 3D nyomtatás nem csak a gyártás módját és formáját változtatta meg: az orvosi eszköz létrehozásának folyamata már jóval azelőtt elkezdődik, hogy a gyártó megnyitna bármilyen programablakot. Ahhoz, hogy a páciens méreteihez illesszék az adott terméket, rengeteg mérést kell a testén elvégezni. Ezeket az adatokat biztonságosan és megbízhatóan kell összegyűjteni és tárolni, és a később elérhető jó eredményhez a fejlett additív gyártástechnológia mellett a nagy teljesítményű anyagok és 3D nyomtatók is szükségesek. Ezért az egészségügyi cégeknek erőforrásaikat nem csak a műszaki eszközökre kell koncentrálniuk, a betegek szakszerű kiszolgálása, képzést és továbbképzést igényel.

Aki tíz évvel ezelőtt fejezte be egyetemi tanulmányait, az az additív gyártástechnológiákról csak gyors prototípus-előállító módszerként hallhatott. Ezek viszont ma már szinte korlátlan lehetőségeket nyitottak meg és felszabadították a tervező fantáziáját, amelyet korábban a gyártástechnológiához igazodás korlátozott. A 3D nyomtatás a gyógyászati iparban, más területekhez hasonlóan, új lehetőségeket teremtett, amelyeket érdemes kihasználni.

Hosszú szénszálas kompozitok 3D nyomtatása

A hosszú szénszállal erősített műanyag kompozitok (CFK) iránti igény egyre növekszik a minél könnyebb szerkezeteket alkalmazni kívánó iparágakban, pl. az autó- és repülőgépgyártásban, mivel a CFK szerkezetekkel a fémekhez képest 30–50%-kal könnyebb termékeket lehet előállítani. A jelenlegi gyártástechnológiák, mint amilyen a gyanta-transzferöntés (RTM) kevésbé termelékeny, drága eljárás. Az RTM eljárás hosszadalmas, sok lépésből álló technológia, a gyanta hőhatással végzett térhálósítása különösen sok időt vesz igénybe.

A CFK termékek előállítása additív gyártástechnológiával ma még megoldatlan feladat. Az Augsburgi Egyetem kutatói és a BMW AG közös MAI SFE jelzésű projekt keretében ezért olyan gyors eljárást kívánnak kifejleszteni, amely UV fényre térhálósodó gyanták és additív gyártástechnológia felhasználásával kevesebb lépésből áll és sokkal gyorsabb. Egyelőre még csak az eljárás alkalmazhatóságának lehetőségeit, vagyis az alapanyagok körét és a feldolgozási paraméterek hatásait kívánták felmérni, hogy ezek a későbbi fázisban kiindulási értékeket szolgáltatassanak egy gazdaságosan alkalmazható technológia kidolgozásához.

A projekt a következő fő lépéseket tartalmazta:

- a technológiák szakirodalmának áttekintése és a piac felmérése,
- szabadalmi helyzet felmérése,
- termék,
- eljárás,
- lehetőségek és kockázatok elemzése,
- a következő fázis tervezése.

A módszer lehetőségeit először egyrétegű, gyantával átitatott rovingból kialakított lamináton vizsgálták, amelyet folyamatos elhúzással UV besugárással térhálósítottak. A roving fektetésének gyorsasága és a besugárási idő között fordított arányú összefüggés van. A lehúzás sebességét 0,06, 0,31 és 1 m/s értékre állították be, ami 30, 100 és 500 ms besugárási időnek felelt meg. A vizsgálandó UV térhálósodású gyanták körét 1–3 másodperc alatt kikeményedő epoxi- és akrilátgyantákra korlátozták, az első vizsgálatokat kationos mechanizmussal térhálósodó, *Delo Katiobond VE113740* jelzésű epoxigyantával végezték, amelyet a Delo Industrie Klebstoffe GmbH & Co. gyárt. Az anyagtulajdonságokat különböző analitikai módszerekkel követték (pl. térhálósodási fok: infravörös spektroszkópia, T_g : DMA)

A szénszál kiválasztásánál a gazdaságossági szempontok alapján nem sok lehetőség maradt (50 k). Az UV fényvel végzett térhálósodáshoz az adott hullámhossztartományban érzékeny fotóiniciátor-rendszerre van szükség. A térhálósodás sebessége függ az iniciátor koncentrációjától és a besugárási intenzitásától.

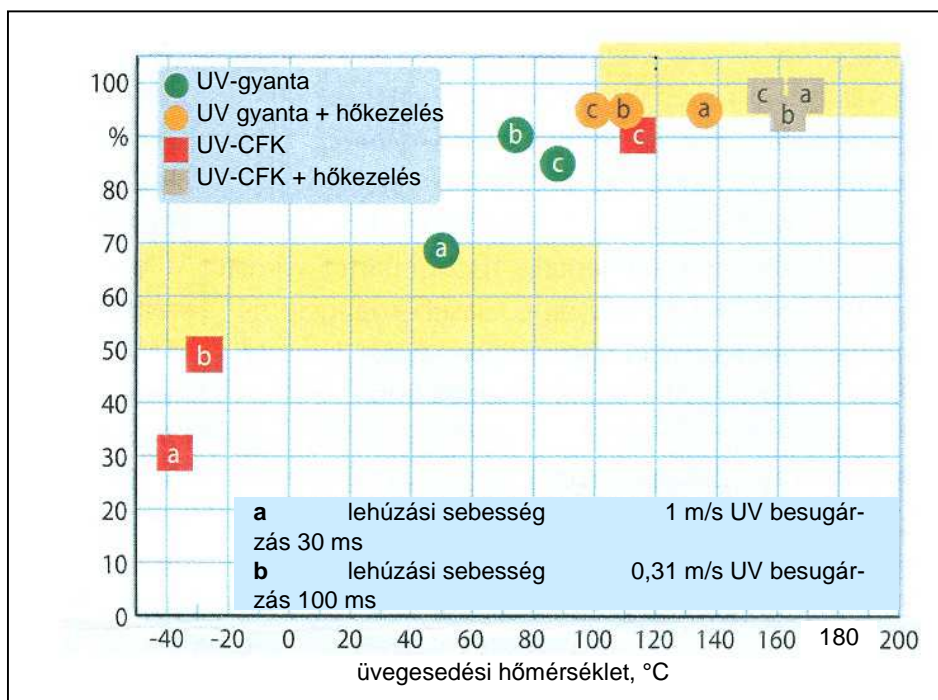
A réteg kialakítása előtti műveleteknél a közismerteken kívül három további szempont merült fel:

- a térhálósodás mértéke a rétegfektetés előtt: a rovingokat legalább 60% konverziós fokra kell térhálósítani, mielőtt a következő réteget ráfektetik, hogy a maximális rétegfelépítési sebességet elérhessék,
- az újabb rétegeknek kémiaiilag hozzá kell kötődniük az alattuk lévőhöz,
- az alkalmazási körülményektől függő nagyságú, késztermék állapothoz tartozó T_g (120 °C az autóiparban) biztosítását utólagos hőkezeléssel térhálósítással (konverzió >95 %) kell elérni.

UV fényforrásként hagyományos higanygőzlámpát és LED lámpákat alkalmaztak. A higanygőzlámpák több hullámhosszszávon sugároznak ki UV fényt (továbbá hőt és látható fényt is), a LED lámpák viszont általában csak egy viszonylag keskeny UV sávban. Végül egy olyan LED fényforrás használata mellett döntöttek, amely az UV A tartományban (315–380 nm) és ezen belül is a 365 nm-es sáv környékén (350–380 nm) dolgozik; a besugárási intenzitása 3,7 W/cm² volt. A LED fényforrás ki/bekapcsolásának egyszerűsége is jobban illeszkedik az additív gyártástechnológia rétegenkénti és gyakori megszakításokkal járó jellegéhez.

Az egyrétegű laminátok tulajdonságait (konverziós fok, T_g , száltartalom, laminát minősége) többféle módszerrel vizsgálták, majd ezeket kiterjesztették a többrétegű laminátokra is.

Későbbi munkájukhoz egy egyszerű nyitott, azaz egyrészes szerszámot alkalmaztak, amelyre egy számítógép-vezérlésű robotfej fekteti le a kívánt helyekre az UV fényre térhálósodó gyantával előzetesen átitatott hosszú szénszálal rovingot. Egyszerre mindig csak egy réteget fektettek le, ezt követően rövid ideig UV fényvel sugározták be a réteget, hogy részleges térhálósodást (kb. 60% konverzió) érjenek el. Ezután fektették le rá a következő réteget és ezt ismételték, a végső forma eléréséig. Ezután a darabot kiemelték a szerszámból és 120 °C-os hőkezelést alkalmaztak, hogy a térhálósítást befejezzék (cél: min. 95% konverzió).



2. ábra. A konverziós fok alakulása az üvegesedési átmeneti hőmérséklet (T_g) függvényében különböző besugárzási időknél

Az eddigi vizsgálatokból megállapították, hogy 30, 100 és 500 ms besugárzási idők alkalmazásakor:

- a besugárzási idő döntő hatással van a konverziós fokra,
- az egyrétegű laminátokon kapott mérési eredmények erősen eltérnek a tiszta gyantáknál kapottaktól,
- csak UV besugárzással nem érhető el teljes konverzió,
- az utóhőkezelés teszi lehetővé, hogy elérjék a kívánt magas konverziós fokot és T_g értéket (2. ábra),
- a kísérletekben használt gyanta 30 ms időtartamú UV besugárzása nem volt elegendő, a követelmények teljesítéséhez 100 ms besugárzási időre volt szükség.

Noha a megcélzott termelékenység nem sikerült elérni, mégis nagyságrendileg sikerült lecsökkenteni a gyártási időt, és valószínűleg sikerül majd az UV lámpák felületének vagy számának növelésével ezt még tovább javítani. Az adatok birtokában fel lehet majd állítani egy eljárási modellt és azt további gyantákra is ki lehet terjeszteni.

Összeállította Dr. Füzes László

Halang V.: Auf dem Sprungbrett = Kunststoffe, 107. k. 6. sz. 2017. p. 48–50.

Hofmann R, et.al.: Superhirn im Ablegekopf = Kunststoffe, 107. k. 9. sz. 2017. p. 162–168.

Röviden ...

A LEGO csoport eredményei és tervei

A LEGO Csoport 2017. évi bevétele 8%-kal, 35 milliárd dán koronára csökkent. A devizapiaci hatások kizárásával a csökkenés ennél 1%-kal kisebb. Az üzemi nyereség (vagyis a pénzügyi tételek és az adó előtti eredmény) 10,4 milliárd dán korona volt, szemben a 2016-os 12,4 milliárddal, ami 17% csökkenést jelent.

A teljes üzleti évre vonatkozó nyereség 7,8 milliárd dán korona volt, szemben a 2016-os 9,4 milliárddal. 2017-ben csökkentették készleteiket, átalakították és egyszerűsítették szervezetüket.

Az idei évet már kedvezőbb helyzetből indították, és az elkövetkező évben stabilizálni fogják a céget (termékfejlesztés, hatékony globális marketing, végrehajtási folyamatok optimalizálása). Míg Észak-Amerikában és Európában a meglévő piacokon elért bevételek 2017-ben csökkentek, az értékesítés több piacon bővült.

A Csoport egyik nagy potenciális piaca Kína, ahol 2017-ben a bevételek két számjegyű mértékben növekedtek. A cég nemrégiben aláírt egy partnerségi megállapodást az egyik legnagyobb internetes kereskedelmi céggel, a Tencent-tel.

A vállalat ez év végéig irodát nyit Dubaiban.

A LEGO portfóliójában a klasszikus LEGO készletek teljesítménye kielégítő volt, és a LEGO City, a LEGO DUPLO, a LEGO Creator és a LEGO Friends folyamatosan jól teljesítettek. A LEGO Ninjago profitált a szeptemberben megjelent filmből is. A LEGO Star Wars termékek, amelyek 2017 második felében jelentek meg, az elvárásoknak megfelelő sikereket értek el.

O. S.

www.mmonline.hu, 2018. március 7.