

Prototípus-készítés és kisszériás gyártás különböző rétegfelépítő technológiákkal

A műanyag-feldolgozás hagyományos technológiai csak tömegtermelés esetén gazdaságosak, mivel a termék gyártószerszáma igen drága, elkészítése pedig hosszadalmas. A műanyag alkatrészek funkcionális kipróbálásához, illetve formájuk véglegesítéséhez gyakran prototípus(ok) elkészítésére is szükség van, ami további költség- és időtartam növekedést okoz. A különböző rétegfelépítő technológiák e probléma megoldását kínálják gyors, olcsó módszerekkel.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; komputeres tervezés – CAD; fröccsöntés; gyors prototípusgyártás; lézerszinterezés; fejlesztés; 3D nyomtatás; tömegműanyagok; akrilpolimerek; poliamid; PEEK; PEI.

A műanyag-feldolgozás technológiai, és ezen belül különösen a fröccsöntés, csak tömegtermelés esetén gazdaságosak, mivel a termék gyártószerszáma igen drága, és ezért csak több százezer vagy több millió darab legyártása esetén térül meg. További probléma, hogy az ilyen szerszámok előállítása általában több hónapot vesz igénybe. A műanyag alkatrészek funkcionális kipróbálásához, illetve formájuk véglegesítéséhez gyakran prototípus(ok) elkészítésére is szükség van, ami további költség- és időtartam-növekedést okoz. Ugyanakkor manapság az egyes termékek életciklusa jelentősen lerövidült és az éles verseny miatt nagyon fontos a minél rövidebb idejű termékfejlesztés és a gyors piacra jutás.

A fenti problémák megoldására többféle eljárást dolgoztak ki, ezek közül a legígéretesebbeknek azok a technológiák bizonyultak, amelyek *a terméket vagy annak prototípusgyártásra alkalmas szerszámát a termék számítógépes megtervezése (CAD) után a digitális formátumú 3D dokumentációból közvetlenül és gyorsan képesek előállítani úgy, hogy azt alulról felfelé, nagyon vékony rétegenként építik fel.* E módszerek közül az alábbiakban hármat mutatunk be. Az ilyen eljárások korlátai jelenleg elsősorban az adott berendezéssel előállítható legnagyobb geometriai méret (bár esetenként a prototípus több kisebb darabból is összeerősíthető), az eljárás felbontóképessége (pontosság, felületi minőség), az X-Y-Z irányban eltérő mechanikai szilárdság (anizotropia) és az alkalmazható anyagok választéka. Mindegyik eljárásnál lehetséges egy időben többféle terméket előállítani, ha a tárgyasztal elég nagy azok befogadására.

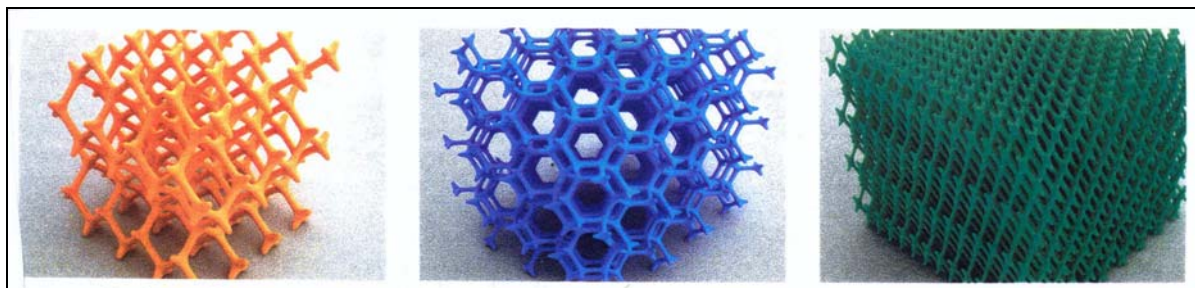
A lézerszinterezési eljárásnál egy lefelé mozgatható tárgyasztalra a termék alapanyagát finom por formájában vékonyan ráterítik, és a számítógép által vezérelt lézersugár a megfelelő helyeken megolvasztja azt, létrehozva a termék legalsó rétegét. Ez-

után újabb porréteget felhelyezve és a tárgyasztalt egy rétegnyire lefelé elmozdítva az eljárást megismétlik, így a termék egy újabb rétege épül fel, amely emellett hozzáheged az előző rétegehez. Mindezt addig ismétlik, amíg a termék teljesen el nem készül. Ezután a terméket a tárgyasztalról leemelik és az össze nem szinterezett port eltávolítják (újra felhasználható). Üreges testek kialakításakor gondoskodni kell egy (vagy több) olyan nyílás kialakításáról, ahol a fel nem használt por kiönthető. Alapanyagként a legtöbb hőre lágyuló műanyag, fémek vagy formahomok is használható.

Ezzel az eljárással fémporok alkalmazása esetén lehetséges olyan fröccsöntő (vagy extrúziós, sajtoló, üreges testet fúvó stb.) szerszámot előállítani, amellyel azután a megfelelő műanyagból a prototípus (esetleg egy kis sorozat is) legyártható.

A módszer azonban közvetlenül is alkalmazható prototípusgyártásra mind műanyag, mind pedig fémtermékek esetében. Fontos szempont, hogy – néhány más módszerrel ellentétben – ebben az eljárásban azt a műanyagot, illetve azt a fémet lehet alkalmazni, amelyet a tervező a tömegtermeléshez előírt. Ezért a funkcionális próbák is elvégezhetők. Meg kell azonban jegyezni, hogy az így előállított prototípus mechanikai szilárdsága némileg kisebb, mint a fröccsöntött termékeké. Ugyanakkor többi tulajdonsága, mint pl. a hőállóság, vegyszer- és időjárás-állóság, az éghetőségi és villamos jellemzők megfelelnek a fröccsöntött tömegtermékeknek.

A lézerszinterezés alkalmas műanyag és fémtermékek kisszériás gazdaságos gyártására is. Ilyenkor további előny, hogy segítségével rendkívül bonyolult geometriák is kialakíthatók. Így például a természettől elcsúszott struktúrák (1. ábra), mint a csontok, fűszálak, méhsejtek bonyolult térhálós, üreges szerkezete, amelynek révén minimális anyagmennyiséggel is nagy szilárdság és merevség biztosítható, illetve lehetséges olyan megoldás is, amikor az adott szerkezet az egyik irányban merev, egy másik irányban pedig rugalmas viselkedést mutat. A rácsszerkezet alkalmazása emellett komoly tömegcsökkentést is eredményez, ami a légiközlekedésben és más területeken is fontos tényező. Természetesen lehetséges a rács és a tömör szerkezet kombinálása is.

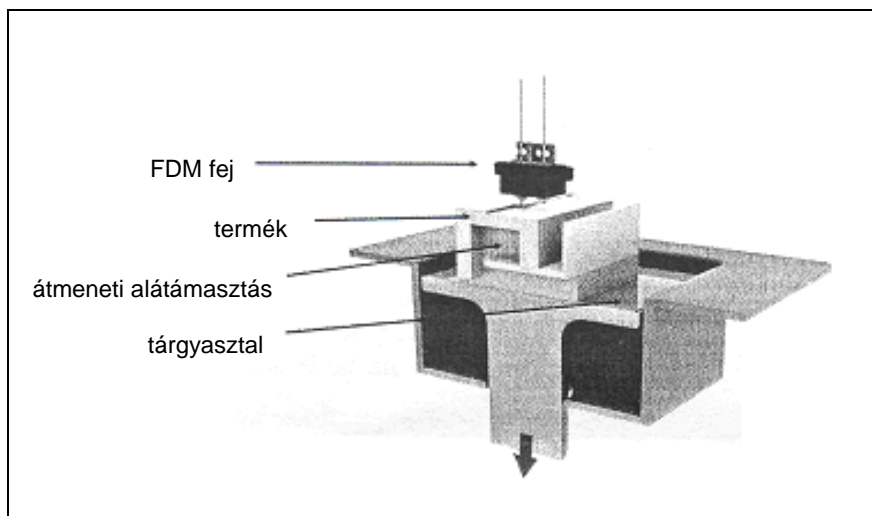


1. ábra Lézerszintereléssel kialakított bonyolult rácsszerkezetek a tömör szerkezethez képest jelentős tömegcsökkenést és kisebb anyagfelhasználást biztosítanak

A kisszériás gyártás rácsszerkezetet is alkalmazó példajaként az élsportolók számára készült sportcipő talpbetéte PA12-ből, ortopédiai betétek gyártása vagy a speciá-

lis sisakok és testpáncélok ütéselelyelő rétege említhető. A kisszériás gyártás további példája a gyógyászatban használatos titán gerincimplantátumok elkészítése, repülőgépek légkondicionáló rendszerének levegőelosztó egységeinek gyártása a korábbi fém alkatrész helyett PEEK-ből [poli(éter-éter-keton)], kihasználva annak kitűnő mechanikai szilárdságát, kisebb tömegét és csekély éghetőségét. A bonyolult geometriájú, viszonylag kis darabszámban vagy különösen egyedileg gyártott fém alkatrészek (pl. implantátumok) esetében a lézerszinterezés gyakran bizonyulhat előnyösnek mind költség, mind az átfutási idő csökkentése szempontjából. Ahol pedig a tömegcsökkentés is fontos, ott megfontolandó, hogy a fémeket speciális műszaki műanyagokkal (pl. PEEK, PEI) helyettesítsék.

A zsinórszinterezés, vagyis angol elnevezésének (*Fused Deposit Modeling*) rövidítése szerint *FDM eljárás* szintén a CAD dokumentációt használja prototípusok gyártása, illetve kisszériás termelés céljára. A művelet során egy hőre lágyuló műanyagból készült vékony, „végtelen hosszú” zsinórt vezetnek be egy X-Y koordináták szerint számítógép által mozgatott fűtött etetőfejbe, amely a műanyag zsinórt megolvasztja és a termék alsó rétegének megfelelő koordinátákban a tárgyasztalra juttatja. Ezáltal előáll a termék legalsó rétege. Ezután a tárgyasztalt egy rétegvastagságnak megfelelő mértékben lefelé elmozdítják és a műveletet megismételve létrehozzák a második réteget, ami rögtön hozzáheged az első réteghez. Mindezt addig ismétlik, amíg az összes réteg el nem készül. Bizonyos geometriáknál (pl. peremeknél) később eltávolítható alátámasztásokat is alkalmaznak (2. ábra).



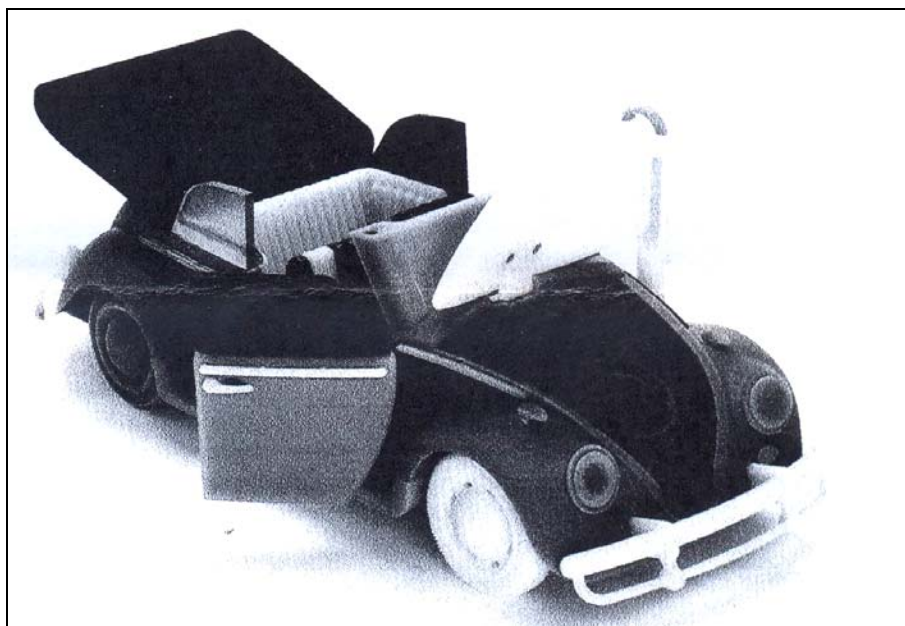
2. ábra Az FDM eljárás sematikus rajza

Az eljárás során a nagyobb összefüggő felületeket úgy készítik el, hogy először a külső kontúrjait hozzák létre, majd ezt cikk-cakk minta alapján mozgatott etetőfejjel töltik ki. Fontos paraméter a megömlesztett zsinórból létrejött csík szélessége (pl. 500 μm), vastagsága, azaz a rétegvastagság (pl. 250 μm), a csíkok közti távolság (lehetőleg

nulla) és a cikk-cakkok egymással, illetve a kontúrkerettel bezárt szöge (ált. 90° , illetve 45°). Az így előállított termékek szilárdsága a Z irányban a legkisebb. A gyártási paraméterek optimalizálásával a mechanikai szilárdság javítható, de csak megközelíteni tudja a fröccsöntött termékek szilárdságát.

Az FDM eljárás alkalmas a legtöbb hőre lágyuló műanyagból készült prototípus elkészítésére, illetve kisszériás gyártására is.

A 3D nyomtatás folyékony halmazállapotú, térhálósítható, elsősorban akril-polimer-bázisú alapanyagokat használ. A tintasugaras nyomtatókhoz hasonló módon a tárgyasztal adott koordinátaíra kilövelt fényérzékeny gyantára azonnal UV sugárzást bocsátanak, és ennek hatására az anyag megszilárdul (polimerizáció, térhálósítás). Így hozzák létre a legalsó réteget, amire azután a korábban ismertetett eljárásokhoz hasonlóan a következő rétegek ráépülnek (3. ábra).



3. ábra 3D nyomtatóval készített különböző elemekből előállított játékautó-modell

A technológiát korábban elsősorban geometriailag pontos modellek előállítására használták, de amióta megoldották azt, hogy két (vagy több) eltérő tulajdonságú akril-gyantát tetszés szerinti arányban elegyíthetnek, nagyon eltérő mechanikai tulajdonságokkal rendelkező (a ridegtől a nagyon rugalmasig) terméket állíthatnak elő, ráadásul az anyagjellemzőket egy terméken belül is tetszés szerinti helyeken változtathatják, ezáltal pl. a kétkomponensű fröccsöntés kitűnően modellezhető. Hasonlóképpen lehetséges a színeket változtatni, és pl. egy víztiszta, átlátszó réteg alatt fedett alakzatokat lehet létrehozni (pl. átlátszó „hús” alatt „csontokat” egy anatómiai modellben).

A korszerű 3D nyomtatók 2–8 nyomófejjel rendelkeznek és azokon több tucat fűvóka található, amelyek egyenként vezérelhetők mind aktivitásuk, mind az összeke-

verendő anyagok arányát tekintve. Általában két különböző (folyékony halmazállapotú) alapanyagot tartalmazó, könnyen cserélhető patronnal dolgoznak, amelyek mérete (3-4 kg) hosszabb idejű automatikus működést tesz lehetővé.

Tipikus 3D nyomtatóval óránként 12–20 mm vastagságban lehet termékeket előállítani 15–30 µm rétegvastagsággal és 600x600 dpi X–Y felbontással. A legkisebb, még biztonsággal megvalósítható falvastagság 0,3–0,6 mm.

1. táblázat

Különböző rétegfelépítő eljárások összehasonlítása

Alkalmazhatóság	Lézerszinterezés	FDM	3D nyomtatás
Fémek	+	–	–
Hőre lágyuló műanyagok	+	+	–
Protoszerszám-készítés	+	–	+
A tömegtermeléssel azonos anyagból készült prototípus	+	+	–
Egy terméken belül változtatható anyagtulajdonságok	–	–	+
Több kis alkatrész egyidejű gyártása	+	+	+

Az eljárással mérethű modellek és bizonyos esetekben fröccsöntő prototípus-szerszámok is előállíthatók és kisszériás termelés is végezhető. Hátránya, hogy prototípusgyártásnál csak a nyomtatópatronokban található anyagokat lehet alkalmazni, ezért az így elkészített termék tulajdonságai nem lesznek azonosak a tömegtermeléshez alkalmazott műanyagokéval.

Az 1. táblázatban a különböző rétegfelépítő eljárások alkalmazhatósága látható.

Összeállította: Dr. Füzes László

Mahdavi S. H.; Bullemer M.; Behrendt U.: Die Natur als Vorbild = Kunststoffe, 101. k. 3. sz. 2011. p. 46–48.

Bagsik A.; Schöppner V.; Klemp E.: Schicht für Schicht = Kunststoffe, 101. k. 10. sz. 2011. p. 178–182.

Warum 3D-Druck die Produktentwicklung beflügelte = Kunststoffe, 102. k. 11. sz. 2012. p. 24–28. (Forrás: Objet Ltd., Rehovot/Israel)