

## 2.2 | Kerámia és fém feldolgozása műanyagok segítségével

*Tárgyszavak: kerámiapor; fémpor; műanyagmátrix; fröccsöntés; szinterezés; lézersugár; gyors szerszámgyártás.*

A „high-tech” anyagok kifejlesztése ellenére ma sem lehet nélkülözni az olyan ősi szerkezeti anyagokat, mint a kerámia és a fémek. A korszerű eszközökben viszont gyakran alkalmaznak nagyon bonyolult formájú elemeket, amelyek kimunkálása kerámiából vagy fémből nehézkes és főképpen nagyon időigényes, emiatt a XXI. századi tömegtermelés számára elfogadhatatlan. A megoldás: a műanyagok feldolgozásához alkalmazott termelékeny fröccsöntés ötvözése a kerámia-, ill. fémfeldolgozással.

### **Kerámiaporok fröccsöntése**

A kerámiák kemények, kopás-, hő- és korrózióállóak, emellett sűrűségük viszonylag kicsi. Emiatt számtalan műszaki célra kitűnően beváltak. A műszaki kerámiákat ugyanakkor legtöbbször por alakú szintetikus anyagokból – oxidokból, karbidokból, nitridekből stb. – készítik.

A kerámiákat ősi idők óta úgy dolgozzák fel, hogy a nyers alapanyagokból készített képlékeny masszából elkészítik az előformát, amely zsugorodással járó szárítás és hőkezelés után nyeri el végső formáját. A formaadáshoz sokféle eljárást használnak (1. táblázat). A módszerek egy része nem teszi lehetővé bonyolult formák előállítását, ezért a kiégetett anyagot utómegmunkálásnak kell alávetni. A fröccsöntésnek nincsenek formai korlátai, és ez az eljárás nagyon termelékeny is, viszont nagyon költséges a gyártószerszám, ezért csak nagy sorozatok gyártásához gazdaságos.

Az ún. porfröccsöntés (powder injection molding, PIM) a következő lépésekből áll:

- a kerámiaporok hozzákeverése a kötőanyaghoz, majd a kerámiamassza ezt követő granulálása,
- fröccsöntés (a kapott előformát „zöld formá”-nak is nevezik),
- a kötőanyag eltávolítása (ezáltal jön létre a „barna forma”),
- kiégetés (szinterezés) után kapják meg a készterméket.

A kerámiamasszák feldolgozási eljárásainak  
összehasonlítása

Eljárás	Forma bonyolultsága	Felület	Izo-trópia	Darab-szám	Szerszám -költség	Gép-költség
Egyirányú sajtolás	4	2	2	3	5	4
Izotaktikus sajtolás	3	4	1	5	1	5
Extrudálás	5	5	6	1	4	2
Fröccsöntés	1	1	4	2	6	3
Iszapöntés	2	6	5	6	2	1
Fóliaöntés	6	3	3	4	3	6

1 = nagyon kedvező, 6 = nagyon kedvezőtlen

A legtöbb formázási eljárásban a kerámiapor minősége a legfontosabb, fröccsöntéskor viszont ugyanilyen fontos a kötőanyag helyes megválasztása. A kerámiamassza összetételének kialakításakor két ellentétes követelménynek kell eleget tenni:

- egyrészt kevés kerámiaport kell a polimer kötőanyaghoz keverni, hogy a massa könnyen feldolgozható legyen,
- másrészt kevés polimert szabad a kerámiaporhoz adni, hogy az jól szintereződjék.

Az ellentmondást az alapanyagok helyes megválasztásával lehet feloldani.

A *kerámiaporok* kiválasztásakor arra kell ügyelni, hogy azok kevés kötőanyaggal is jól folyjanak, hogy (lehetőleg alacsony hőmérsékleten is) könnyen szintereződjenek, és hogy folyamatos és egyenletesen zsugorodjanak. A poroknak egyenletesen kell eloszolniuk a mátrixban. Szemcseméretük a végtermék szilárdságát befolyásolja. Minél finomabb a kerámiapor, annál szilárdabb lesz a kész darab.

A *kötőanyagnak* többféle funkciót kell betölteni. Mindenekelőtt megfelelő folyóképességet kell adnia a kerámiamasszának, hogy könnyen fel lehessen dolgozni. De ez a kötőanyag adja a fröccsöntés után kapott „zöld forma” szilárdságát is. Követelmény továbbá, hogy az ezt szolgáló technológiai lépésben könnyű legyen eltávolítani. A kötőanyag ezért általában három komponensből áll: fő alkotója egy polimer, amelyhez a folyást könnyítő lágyítót és a kerámiaszemcsék polimer általi nedvesítését segítő adalékot kevernek.

A *kerámiamassza elkészítése* erősen befolyásolja a végtermék minőségét, bár erre a munkaműveletre gyakran kevés ügyet vetnek. Fő célja

- a kerámiaszemcsék agglomerátumainak szétosztása,

- a szemcsék felületének nedvesítése és a felületi feszültség megváltoztatása,
- a szemcsék bevonása műanyagmátrixszal,
- granulálás.

A *formaadás* kevésbé különbözik a műanyagok szokásos feldolgozásától. A magas portartalom miatt azonban a masszának nagyobb a viszkozitása, emiatt kisebb fröccssebességgel és rövidebb utónyomással kell dolgozni. A kerámiaporok erős koptató hatása miatt a fröccsszerszámot kemény fémből kell elkészíteni, ami nagyon megnöveli az árát.

A *kötőanyag eltávolítása* a gyártás legkényesebb és legidőigényesebb lépése. A kötőanyagnak széles (50–400 °C-os) hőmérséklet-tartományban kell elillannia. Rosszul végzett művelet eredményeképpen a darab deformálódhat, rajta repedések, pórusok képződhetnek. A folyamat során a „zöld forma” „barna formá”-vá alakul, amellyel nagyon óvatosan kell bánni, hiszen szilárdságát csupán a kevés maradék szerves kötőanyag és a szervesetlen kerámiaszemcsék laza érintkezése adja.

A *szinterező kemencében* a darabot fő alkotói olvadáspontjának közelébe, 1350–1750 °C-ra hevítik. Ennek következtében az erősen pórusos anyag tömörödik (a darab zsugorodik) és szilárdsága erősen megnő. A három tulajdonság változása révén követhető és szabályozható a szinterezés mértéke.

A szinterezés gyorsasága függ a kerámiapor anyagi minőségétől, szemcseméretétől és a szinterezés hőmérsékletétől. A finomabb szemcséjű kerámiapor gyorsabban szintereződik. A szinterezés elméleti végpontján tömör, pórusmentes, durván kristályos, de polikristályos anyag keletkezik. Ún. száraz szinterezéskor az eredeti kerámiapor valamennyi alkotója szilárd fázist képez. Ún. ömledékállapotú szinterezéskor egyes komponensek megolvadhatnak.

## **Fémszerszámok fröccsöntése**

A műanyag-feldolgozó iparban is csak az a cég marad versenyképes, amely új gyártmányait rövid időn belül képes forgalomba hozni. A fejlesztésre, ezen belül a prototípusgyártáshoz alkalmas szerszám elkészítésére emiatt a korábbi időnek csak töredéke áll rendelkezésre. Gyors szerszámkészítéshez (rapid tooling) sokféle eljárást dolgoztak ki, és ezekkel különféle minőségű szerszámokat lehet gyártani. Fémporok fröccsöntésével és ezt követő lézeres szinterezéssel olyan szerszámokat lehet előállítani, amelyek nem csak néhány prototípus elkészítésére, hanem kisebb sorozatok (pl. 100 E db) gyártására is alkalmasak.

Az EOS GmbH (Planegg, Németország) többféle módszert kínál gyors szerszámkészítéshez. Lézeres szinterező eljárásuk (Direktes Metall Laser-Sintern, DMLS), Direct-Tool nevű szerszámgyártó eljárásuk és DirectSteel 20

nevű fémporos fröccsanyaguk felhasználásával rövid idő alatt lehet fémszerszámokat fröccsöntéssel előállítani.

Egy nagy-britanniai egyetem a Volvo gyár részére szerszámbetéteket készített. A betétek átmérője 60 mm, magassága 22 mm volt, és belső részükben 90°-os görbületet tartalmaztak, amelyet nem lehetett hagyományos módon kimunkálni. A darabokat ezért az EOS cég Eosint 250 M Xtended nevű, teljesen automatikus berendezésén, DirectSteel 20 anyagból 16 óra alatt, rétegenként felépítve állították elő, majd nem egészen egy óra hosszat lézersugár hatásának tették ki őket. 4 óra hosszat tartott a kikészítés, további 4 óra hosszat beillesztésük és beszerelésük a fröccsöntő szerszámba. A szerszám ezután munkára kész volt, és vele (kidobók és polírozás nélkül) több száz formadarabot fröccsöntöttek polipropilénből.

Ez a munka is igazolta, hogy a számítógépes tervezés során előállított 3D-CAD adatok birtokában 3 nap alatt elkészíthetők az első fröccsöntött mintadarabok. A minőségben nem kell engedményeket tenni. A kérdéses betétek méreteit pl. 6 helyen ellenőrizték. A névleges méretekől a legnagyobb eltérés 0,068 mm, az átlagérték 0,032 mm volt. A felületi finomságot a következő adatok jellemzik: Rz = 20 µm, Ra = 3 µm.

A kísérletet megismételték, ezúttal magasabb követelményekkel. Egy másik, több kidobót tartalmazó szerszámhoz készítettek kiegészítő elemeket. A nagyon rövid idő alatt előkészített szerszámban több száz ABS formadarabot fröccsöntöttek az előbbieknél még jobb minőségben.

Hasonló kísérleteket végeztek a Siemens VDO Automotive cégnél is.

Egy prototípusgyártással foglalkozó finnországi vállalatnak (Rapid Product Innovation, Rusko) egy megrendelője kívánságára néhány hét alatt 10 E műanyag elosztóházat kellett elkészítenie. Az elosztóházak két részből álltak. A rendelkezésre álló rövid idő miatt a cég DMLS eljárással, DirectSteel 20-ból készített szerszámbetétet, és sikeresen teljesítette a megrendelést. Az elosztóházak sikeres kipróbálása után a vásárló egy másik cégnél megrendelte a gyártószerszámot, amely nem készült el időben. Ezért a sorozatgyártást is a kísérleti szerszámban kezdték meg, és rövidesen túl lesznek a 100 E darab fröccsöntésén. Közben elkészítették az elosztódoboz fedelének két újabb változatához a szükséges szerszámbetéteket is. A finn cég a DMLS eljárást besorolta más szerszámgyártó eljárásai sorába, és nagy jövőt lát ezeknek az eljárásoknak a kombinálásában.

Az EOS cég 1994-ben teremtett munkakapcsolatot a finnországi Electrolux céggel, amely Európában az elsők között kezdett gyors szerszámkészítéssel foglalkozni. Az Electrolux kifejlesztett egy nyomásmentesen szinterezhető fémport, az EOS-nak viszont volt egy műanyagok lézeres szinterezésére alkalmas eljárása. A két eljárás társításából született meg a DMLS eljárás és az Eosint M 250 berendezés. Az első fröccsönthető és lézeresen szinterezhető fémpor, a DirectMetal 100 bronzport tartalmazott, és egyszerre

100 µm vastag réteget lehetett felvinni. A következő termék a DirectMetal 50 (bronz, 50 µm), majd a DirectSteel 50 (acél, 50 µm) volt. A DirectSteel 20, a legújabb termék, 20 µm-es rétegekben vihető fel, emiatt sokkal finomabb részletek és szebb felület alakítható ki vele. Szilárdsága nagyobb az alumíniuménál, 600 N/mm<sup>2</sup>, emiatt nagy igénybevételnek kitett szerszámokat is lehet belőle készíteni. Ilyen szerszámban készítettek el pl. nyomás alatti öntéssel 500 alumínium formadarabot.

**(Pál Károlyné)**

Kollenberg, W.; von Witzleben, M.: Keramikpulver spritzgießen. = Kunststoffe, 91. k. 9. sz. 2001. p. 53–56.

Fritz, E.; Shellabear, M.: Spritzgießwerkzeuge direkt per Laser. = Kunststoffe, 91. k. 9. sz. 2001. p. 69, 71, 74.