

## Kis sorozatú termékek gazdaságos gyártása

Bár a műanyagos technológiák egyik fő előnye a nagy sorozatú gazdaságos gyártás, néha épp ennek az ellenkezőjére, néhány száz darab vagy még ennél is kevesebb termék legyártására van szükség. Erre mutatunk be két különböző eljárást az alábbiakban.

*Tárgyszavak: prototípus; autóipar; poliamid; öntés; szilikongumi; szervezés; mobiltelefon-gyártás.*

### Prototípusok és kis sorozatú termékek gyors előállítás

Az autók motorterében egyre kevesebb a hely, egyre magasabb a hőmérséklet és a nyomás, nő a teljesítmény. Mindehhez járul a növekvő (pl. elektronikai) integráció, az alkatrészek egyre sűrűbb elhelyezkedése. A *modern szívómodulok*, amelyekben fojtó- és szabályozószelepek, valamint injektorok, adott esetben elektronikai elemek is találhatóak, már nem is emlékeztetnek a hajdani szívócsövekre. A magas hőmérséklet és nyomás mellett a közegek (üzemanyag, kenőanyag, tisztítószer stb.) korrozív hatásával is számolni kell – amit a hagyományos anyagok és megoldások már nem, vagy alig élnek túl. Ez alól kivételt képeztek a lézerszinterezéssel előállított poliamid prototípusok, amelyek legalább az első próbákat kibírták. Igaz, a porozitást itt utólagosan kellett megszüntetni, hogy a kipróbálandó alkatrész gáztömör legyen. Ezeket a prototípusokat azonban nem volt érdemes vizsgálni a valós alkalmazási körülmények között.

A komolyabb vizsgálatokhoz már úgynevezett *B-prototípust* szoktak használni, amely a végleges anyagból, fröccsöntéssel készül. A szerszám elkészítése viszont sok időt igényel. Még ha az általában használt acél helyett alumíniumból dolgoznak is, ami könnyebben forgácsolható, akkor is hetek telnek el, amíg a fröccsöntött próbadarab készen áll a vizsgálatokra. A mai tempóban azonban nem lehet ennyi időt várni, jelentősen lerövidült a fejlesztési ciklus. Ha megcsúszik a fejlesztés, csúszik a piaci bevezetés időpontja is, aminek komoly következményei lehetnek. Ezen próbál meg segíteni a „nylon öntési módszer” (*Nylon-Mold-Verfahren*), amelyben a prototípust PA6 öntéssel állítják elő, de a feldolgozás körülményeinek megfelelő megválasztásával elérhető, hogy a termék jellemzői összemérhetőek legyenek egy 30% üvegszál tartalmú fröccsöntött PA6 mintáéval. *A kis sorozatú termékek, amelyek valós motortérbeli körülmények között tesztelhetők, 14 napon belül szállíthatók.* A módszer gazdaságosan alkalmazható egyedi darabok vagy kis sorozatú termékek előállítására is például az egyedi autógyártásban vagy a korlátozott termékszámot igénylő orvosi alkalmazásokban.

## *Poliamid (nylon) öntés szilikonszerszámban*

A módszer nyomásmentes vagy kis nyomáskülönbséget igényel, és szilikongumi fröccsszerszám szükséges hozzá. A szerszám a termék alakjának bonyolultságától függően akár 30-szor is felhasználható. Egy pozitív modell segítségével állítják elő, amelyet valamilyen gyors prototípusteknikával (pl. lézerszinterezéssel, sztereolitográfiával stb.) állítanak elő. A pozitív mintának a felületét megfelelően lesimítják, majd megtervezik hozzá a szerszámsíkokat, beömlőnyílásokat stb., és végül körülöntik folyékony szilikongumival. A temperált szilikonszerszámba monomerkeveréket öntenek, amely a megfelelő adalékokat és katalizátorokat is tartalmazza. A kiindulási elegy viszkozitása igen kicsi, jól kitölti a szerszámot, és bizonyos határok között adalékokkal a poliamid keménysége is beállítható. A töltőanyagokat is tartalmazó, hőálló szilikongumi szerszám lehetővé teszi, hogy a polimerizációt termikusan, 150 °C fölötti hőmérsékleten indítsák be. A polimerizációs reakció befejeződése után a kész darabot ki lehet venni a szerszámból. A módszer alkalmas üreges testek előállítására is, ilyenkor olvadó magokat kell kialakítani a szerszámon belül.

Tekintettel arra, hogy a monomerből kiinduló eljárás során az anyag nyugalomban van, nincs áramlás, *jóval kisebbek a befagyott feszültségek is*. A létrejövő poliamid molekulatömege és kristályossága nagyobb, mint a hagyományos fröccsöntött terméké, ami növeli a mérettartósságot, a vegyszerállóságot és a szilárdságot. Beszívódások sem alakulhatnak ki, mint a hagyományos fröccsöntésnél olyan esetekben, ahol a falvastagság változik. Töltetlen poliamid 6 esetében is -40 és +140 °C között jó méretstabilitást lehet elérni, amit rövid ideig 180 °C-ig is növelni lehet. Az anyag szakítószilárdsága eléri a 70 MPa, húzómodulusa a 2200 MPa értéket. A próbadarabokon elvégezhető a vegyszerállósági, hegeszthetőségi/ragaszthatósági, mechanikai (többek között repesztési/nyomásállósági) vizsgálatok. *Ha töltött poliamidokat használnak, a modulus 4000–6000 MPa értékre is megnövelhető*. A prototípusokhoz rendelkezésre állnak olyan nyersanyagok is, amelyek a fröccsöntött poliamidokhoz hasonló akusztikai és szilárdsági tulajdonságokat mutatnak, és sűrűségük, hővezető képességük is közel áll ezekéhez.

*A szilikonszerszámokkal nem csak időt, hanem költségeket is meg lehet takarítani*: a nagyobb darabköltségeket ellensúlyozza a gyorsabb szállítási idő és az olcsóbb szerszám. 100 darab gyártásánál a költségek kb. 40%-kal kisebbek, mint a hagyományos fröccsöntésnél vagy fűválnál. Ezzel a módszerrel a fejlesztők hamarabb kapnak visszajelzést arra nézve, hogy az általuk tervezett darab megfelel-e a követelményeknek. Számítások szerint ez kb. 40 nappal csökkentheti a piacra jutás időtartamát.

Ha a komplex alakú termékből csak korlátozott számú darab készül, a drága szerzőkészítés teljesen elhagyható, és a típusváltás is egyszerűen, olcsón megoldható.

## **Kis sorozatú termelés – hatékonyabban**

A műanyagtermékek gyártásának piaca az utóbbi években sokat változott. Ez részben annak köszönhető, hogy pl. *a mobiltelefonok gyártásában megnőtt az igény a*

*gyorsan változó modellek iránt.* Nem csak a technológia változik folyamatosan, hanem a kapcsolódó szolgáltatások is. A design ugyanolyan fontos, mint a funkció, pl. a mobiltelefonok területén a színválaszték sokkal szélesebb, mint általában megszokott. Csökkent a készülékek használati ideje és az újonnan kifejlesztett típusoknak egyre gyorsabban kell eljutniuk a felhasználókhöz. A sorozatszámot sokszor előre nem is lehet tudni, és az érték 500 és 5000 között ingadozhat. Ez azt jelenti, hogy a szokásos fröccstechnológiákhoz képest nagyon alacsony darabszámú termékeket is elő kell tudni állítani. Ha aztán az újítás beválik, azonnal késznek kell lennie ugyanannak a terméknek a nagyobb sorozatú gyártására. Annak ellenére, hogy a tömegtermelés egyre inkább kitelepül a Távol-Keletre, a fejlesztés során helyben elő kell állítani kis sorozatú próbatermékeket is. Vannak azonban olyan késztermékek (különösen az ún. réspiacokon), ahol eleve csak korlátozott darabszámra lehet számítani. Olyan speciális feladatról van szó, amelyre érdemes specializálódni. Ezt ismerte fel a német **Modellbau Hofmann** cég, amikor a *Speed System Tooling (SST) – gyors szerszámgyártási rendszer* kifejlesztette.

A dolog egyik titka, hogy *lehetőleg csökkenteni kell a kis sorozatú termelésben részt vevő cégek számát.* Eddig a kis sorozatú gyártás azzal indult, hogy megkerestek egy fejlesztőt, megbeszélték a koncepciót, elfogadtak egy konstrukciót, megbíztak egy szerszámgyártót, amelynek probléma esetén ismét kapcsolatba kellett lépnie a megrendelővel és a konstruktőrrel. A fröccstermékeket ismét egy másik alvállalkozónál, egy fröccsöntőnél kellett legyártatni – ha esetleg felületnemesítésre volt szükség, lehet, hogy újabb alvállalkozót kellett bevonni. *Minden újabb résztvevő az értékteremtési láncban újabb kialakítandó kapcsolatokat, potenciális problémaforrást jelent.* A résztvevők között állandóan közvetíteni kell, ami legalábbis kommunikációs nehézséget, esetenként félreértéseket jelent. Mindez kemény koordinációs munkát követel a megrendelő részéről, és ő a felelős minden esetleges hibáért.

A Modellbau Hofmann cég átveszi az egész projekt terhet a megrendelőtől, és egységes módszerek szerint, saját hatáskörében „levezényli” a kis sorozatú gyártást. Ezzel minimalizálhatók a kommunikációs problémák és csökkenthető az idővesztés. A megrendelő elképzelését hivatásos szakértők felülvizsgálják, szükség esetén hozzáigazítják a műanyagból történő gyártáshoz és megkeresik a leghatékonyabb gyártás módját. A *SST-rendszer* keretében kisebb (legfeljebb 4 t-s) szerszámokat (amelyekkel akár 1,5 kg-s tömegű termékeket lehet fröccsönteni) helyben elő tudnak állítani bizonyos modulelemek felhasználásával. Ez csökkenti a szerszámkészítés idejét is. Az ennél nagyobb szerszámokat (15 tonnáig, amivel már 2 m-s darabokat is elő lehet állítani) alumínium szerszámkészítőknél gyártatják le.

A Modellbau Hofmann kísérleti üzemében tíz fröccsgép áll rendelkezésre a kis sorozatú termékek előállításához, amelyek záróereje 350 és 10 000 kN között változik. A cég fel van készítve a felület dekorálására (pl. lakkozására, dekorfóliázására) is. Az alábbi két példával mutatjuk be az SST-rendszer lehetőségeit.

## Hús szellőzőminta öt hét alatt

Az első példa egy 30 alkatrészből álló gépkocsiszellőzőre vonatkozik, amelyből 20 szerelt mintapéldányt szállítottak le öt hét alatt (1. táblázat). A szerszám kialakítására alig egy hét jut. Ezalatt elvégzik a szerszám szimulációs optimalizálását a *Moldflow* programmal, aminek során külön gondot fordítanak annak ellenőrzésére, hogy a műanyagömladék a szerszám minden részében eléri-e a kellő hőmérsékletet. Már a folyamat elején igyekeznek kiszűrni azokat a legfeltűnőbb problémákat, amelyek a későbbi folyamatokat is befolyásolnák. A szerszám elkészítésére két hetet szánnak. Ilyen rövid határidőt csak úgy lehet tartani, ha saját szerszámparkot és saját szerszámkészítő szakembereket alkalmaznak. *A gyorsaságot növeli a modulrendszer, a lézeres megmunkálás és az alumínium nyersanyag használata.* A szerszámok két vagy három műszakban készülnek. A legtöbb műveletet automatizálják. A darabok fröccsöntése ismét egy hetet igényel, amibe beleszámít a folyamat optimalizálása is. Itt is az az előny jelentkezik, hogy a szerszámgyártás és a szerszámpróba, valamint a próbagyártás is ugyanannak a cégnek a kezében van.

### 1. táblázat

20 darab szellőző gyártásának időbeosztása az SST-rendszer szerint

1. hét	2. hét	3. hét	4. hét	5. hét
Szerszámkonstrukció, beérkező adatok optimalizálása				
SST-szerszám elkészítése				
		Darabok fröccsöntése, előszerelése		
			Felületnemesítés és végső szerelés	

Az alatt az idő alatt, amíg a következő termék kiesik a fröccsgépből, a gépkezelő bizonyos előszerelést is végezhet a már kész darabon. A fröccsöntés és az előszerelés összekapcsolása sok előnnyel jár: nő a gyorsaság és a hatékonyság. A képzett munkatérőt így maximálisan ki tudják használni. Négy hét után tehát rendelkezésre állnak a próbagyártás termékei, amelyeket már csak a felületnemesítési műveleteknek (pl. lakkozás, nyomtatás, lézeres jelölés) kell alávetni.

Egy másik projekt keretében (amelynek időbeosztását a 2. táblázat mutatja) százas készletet állítottak elő mobiltelefon-burkolatokból háromféle kivitelben. A szerszám tervezése és kialakítása egy hét, a gyártás kb. 1,5 hét és a felületnemesítési művelet és a szerelés is kb. 1,5 hét, tehát összesen 4 hét alatt végezték el a feladatot.

Lehetséges tehát gyorsan próbadarabokat készíteni hagyományos (nem gyors prototípus) technológiákkal is, de akkor maximálisan ki kell használni azt, hogy minden műveletet egyetlen begyakorlott és erre specializált társaság végez.

100 darab mobiltelefon felső borítója gyártásának időbeosztása  
az SST-rendszer szerint

1. hét	2. hét	3. hét	4. hét
Szerszámkonstrukció, beérkező adatok optimalizálása			
SST-szerszám elkészítése, részek fröccsöntése			
Felületnemesítés			
			Szerelés

Összeállította: Dr. Bánhegyi György  
www.polygon-consulting.ini.hu

Ziehres, B.: Schneller auf dem Prüfstand. = Plastverarbeiter, 58. k. 9. sz. 2007. p. 144–145.  
Hofmann, R.: In der Kleinserienproduktion steckt Rationalisierungspotenzial. = MM Das IndustrieMagazin, 46. k. 2006. nov. p. 50–55.