

## Új módszerek alkalmazása a fröccsöntő üzemben

A szerszámpróba és a gyártástechnológia optimalizálása komplex és több részleg szakembereinek együttműködését igénylő feladat. Egyes lépéseinek elhagyása később komoly problémákat és anyagi veszteségeket okozhat. Egy új szoftver segít a feladat szisztematikus megközelítésében és a projekt résztvevői számára jól áttekinthető, strukturált formában történő bemutatásában, valamint az adatok tárolásában. Az erősített/töltött műanyagok fröccsöntése erős szerszámkopással jár, aminek meggátlására nanorészecskéből álló új bevonatot fejlesztettek ki, amely megsokszorozza a szerszám élettartamát. Az élő-zsanéros fröccstermékekénél döntő fontosságú a termék és szerszám kialakítása, továbbá az anyag kiválasztás és a fröccsparaméterek megfelelő összhangja.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; folyamat optimalizálása; felületkezelés; kompozitok; szerszámkopás; PP; PA; PE.*

### A szerszámpróbát és a fröccstechnológia optimalizálását segítő programcsomag

Egy fröccsöntő üzemben gyakran kerül sor egy új vagy felújított gyártószerszám kipróbálására. Ez komplex és több részleg (mint pl. a technológia, termelés, minőségbiztosítás, karbantartás stb.) szakembereinek együttműködését igénylő feladat. A sikeres próbát követően szinte mindig szükséges a gyártástechnológia optimalizálása is. A fröccsöntött műanyag termékek egyre bonyolultabbá válnak és egyre nagyobb követelményeknek kell megfelelniük, az ötlettől a piacra kerülés időpontja közötti idő azonban egyre rövidül. Ez a pszichikai nyomás sajnos gyakran oda vezet, hogy a szerszámpróbát (és a gyártástechnológia optimalizálását) elkapkodják, fontos lépéseit kihagyják vagy nem kellő alaposítással végzik el. Gyakori hiba, hogy nem kielégítő az információcsere az érintett részlegek, illetve az azokban dolgozó szakemberek között. Számos üzemben nincs erre a feladatra kidolgozott általános ellenőrzési lista, írásban lefektetett, szisztematikus eljárás. Az itt elkövetett hibák, elhanyagolások gyakran instabil termeléshez, állandósuló minőségi problémákhoz, több selejthez, az optimálisnál lassúbb és végső soron költségesebb gyártáshoz vezetnek.

Ennek a problémának a megoldására fejlesztette ki a német Ingenierbüro Schötz Kunststofftechnik GmbH azt az *Injection Molding Guide (IMG)* (fröccsöntési útmutató) elnevezésű programcsomagját, amely gyakorlati tapasztalatokon alapulva, szisztematikusán végigvezeti a szerszámpróbát végző (vagy a gyártástechnológiát optimalizáló, reklamációt vizsgáló, új anyagot kipróbáló) munkacsoportot az összes szükséges

lépésen, befogadja és visszakereshető módon tárolja az összes adatot, információt, illetve támogatja a belső és a vevőnek átadandó dokumentáció elkészítését.

A moduláris felépítésű programcsomag egy ellenőrző lista szerint vezeti végig a munkacsoportot a szerszámpróba valamennyi fázisán, és lépésenként egy SQL adatbázisba viszi be az összes információt; a gép, a szerszám és a kiegészítő felszerelés (pl. szerszámtemperálás, szárító) adatait, továbbá a gyártott termék paramétereit mellett az ábrákat, fotókat, a munkacsoport tagjainak javaslatait is. Ezeket az adatokat később jól felhasználhatják egyrészt a gyártási hibák elemzésekor, másrészt az üzemi dolgozók (tovább)képzésében is. Lehetőség van az adott üzemre specifikus plusz elemek beépítésére is. Használatával a munkacsoport valamennyi tagja azonnal megkapja az összes információt, ugyanakkor az adatokat jelszóval védik az illetéktelenektől. A fröccsgépre, a szerszámra és a termékre vonatkozó alapadatokat, illetve a technológia kiindulási paramétereit a szerszámpróba megkezdése előtt be lehet táplálni a rendszerbe.

Az IMG program kezdőlapján az kezelőnek az alábbi öt lehetőség közül kell választania:

- első szerszámpróba,
- megismételt szerszámpróba,
- gyártástechnológia optimálása,
- anyagpróba,
- reklamáció.

A megfelelő feladat kiválasztása után a program jól felépített szerkezetben, lépésenként vezeti végig a munkacsoportot a feladatokon. Szerszámpróba esetén ennek fő témakörei:

- a szerszám felfogása előtti feladatok,
- a szerszám felszerelése a fröccsgépre,
- a záróegység alapbeállításai,
- kitöltési vizsgálat, utónyomás és utónyomási idő, illetve a szükséges záróerő,
- az alap gépbeállítások elemzése,
- az alapbeállítások optimálása,
- folyamatoptimalás,
- minőségbiztosítás,
- dokumentálás.

A rendszer tárolja az összes adatot, ami a későbbi, hasonló feladatoknál jó kiindulási pontként szolgálhat, illetve a dolgozók képzésénél is jól hasznosítható. A programcsomag egy hibakereső algoritmust, *Injection Molding Doctor* (fröccsöntő doktor) programot is tartalmaz, amelynek segítségével szisztematikus módon, általában gyorsan megtalálható a probléma oka és elhárításának módja(i) is. A szokásos optikai hibamegjelenítés mellett mód van hőterképek használatára, és ennek segítségével a termikus problémaforrások gyorsabb felderítésére is. Az egyes fröccshibákról készített dokumentáció és a fényképek a későbbi gyors hibafelismerést támogatják.

Az IMG programcsomag alkalmazásának főbb előnyeit az 1. táblázat foglalja össze.

## Az IMG előnyei és hasznossága egy fröccsöntő vállalatnál

|   |   |
|---|---|
| Egy standardizált szerszámpróba-eljárás alkalmazása | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ A teljes szerszámpróba idő- és költségcsökkentése <ul style="list-style-type: none"> <li>– csökken a sorozatgyártásig szükséges idő</li> <li>– erőforrások takaríthatók meg</li> </ul> </li> <li>▶ Nagyobb folyamatbiztonság és jobb minőség a későbbi sorozatgyártásnál</li> <li>▶ Jobb kommunikáció és dokumentálás a részlegek között és a vevőkkel</li> <li>▶ Áttekinthetőség, átláthatóság és strukturált folyamat</li> </ul>   |
| Egy standardizált folyamatoptimalás végrehajtása    | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Strukturált és elemző előrehaladás</li> <li>▶ Integrált számítástechnikai műveletek a gyorsabb folyamat szakvéleményezéséhez</li> <li>▶ Javul a fröccsöntési folyamat termelékenység, gazdaságossága és energiahatékonysága</li> </ul>   |
| A kommunikáció és dokumentáció javítása             | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Hiánytalan dokumentáció csekély időfelhasználással</li> <li>▶ Az egyéni szükségletek szerint kibővített ellenőrzési lista</li> <li>▶ Lehetséges az egyéni javaslatok/melléletek integrációja</li> <li>▶ Grafikonok, fotók, szövegek és megjegyzések könnyen beépíthetők</li> </ul>   |
| Átlátható dokumentumkezelés                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ A vállalatnál lehetséges lesz az összes folyamatlépés közös, központi feldolgozása és az információcsere</li> <li>▶ A feldolgozott IMG adatok külső telephelyen (pl. Kínában) végzett szerszámpróba esetén továbbfelhasználásra gyorsan, pl. e-mailben visszaküldhetők</li> <li>▶ A szerszámpróba-melléletek mindenkor rendelkezésre állnak PDF formátumban</li> </ul>   |
| A dolgozó képzése és továbbképzése                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ A munkacsoport minden tagja azonos és magas informáltsági szinten dolgozik</li> <li>▶ A szerszámpróba minden fázisában a dolgozók részletes útmutatást kapnak</li> <li>▶ Nagy adatbank megoldási stratégiákkal segíti a termékek optikai és termikus hibáinak elhárítását a beépített „Fröccsöntő doktor”alkalmazásával</li> <li>▶ Integrált tudásmenedzsment - öntanuló szoftver, saját, védett adatbázissal</li> <li>▶ A rendszer tartalma a belső képzés tananyaga lehet</li> </ul> |

**A szerszámfelület felkeményítése**

A gépkocsigyártásnál, de más területeken is egyre erősebben megfigyelhető, hogy a fém alkatrészeket könnyebb és általában költséghatékonyabb fröccsöntött műanyag alkatrészekkel váltják ki. Az 1-85 % (m/m) töltő/erősítő anyagot tartalmazó műanyagok azonban legtöbbször erősen koptatják a fröccsöntő szerszámokat, különösen a nagyobb fröccssebességeknél fellépő 1000–2500 bar nyomástartományban, illetve az egyre növekvő, a korábbi 30–50 % (m/m) helyett már 60–85 % (m/m) mennyiségben

alkalmazott töltő/erősítő anyaghányad következtében. *Már 1 %(m/m) üvegszál is 20%-kal csökkentheti a fröccsszerszám élettartamát.*

Az üvegszálak Vickers keménysége 650–1250 HV, a titán-dioxidé pedig 2400–2600 HV. Ezzel szemben a szerszámacéloké csak kb. 740 HV. A kézenfekvő megoldást a szerszám felületének keményítése jelenti, voltak is erre már korábban is különböző eljárások, mint amilyen pl. a fizikai gőzkicsapás (PVD). Ez a módszer azonban nem alkalmas a mély hornyok és furatok felületének bevonására, furatok esetén legfeljebb az átmérőnek megfelelő mélységig hatásos. Miután a fröccsöntött alkatrészek és következésképpen a gyártószerszámok komplexitása is egyre nő, *a PVD technikával eredményesen kezelhető szerszámok aránya csak 15%-ra becsülhető.* Ezért német kutatók (Technisches F&E Zentrum) és fröccsöntő szakemberek (Kurz Gruppe) közös fejlesztésbe kezdtek, aminek eredményeképpen kidolgozták azt a *nanorészecskéből álló felületbevonó eljárást*, amely drámaian megnöveli a felület keménységét (akár 3200 HV-ig), emellett gyenge felületi tapadása következtében megkönnyíti a fröccsdarabok kidobását, ezáltal csökkenti a ciklusidőt és a termékek deformálódását. A *3D-HAUQ-CVD-II* elnevezésű eljárásban *kémiai gőzkicsapással*, a szerszám tagoltságától függetlenül, 1,2–1,5 µm vastagságú réteget visznek fel, 12 kémiai elem ( $Al_aFe_bCr_cMo_dTi_eV_fW_g$ ) $S_xO_yC_qN_uSi_z$  nanorészecskéi formájában. A bevonat 32 eltérő vastagságú rétegből tevődik össze, amelyek együttes, teljes vastagsága 1,2–1,5 µm. Ezzel az eljárással a furatok akár átmérőjük húszszorosának mélységéig is jól bevonhatók.

A bevonat alkalmazásának példája: amíg 65 %(m/m) üvegszálat tartalmazó poli-propilénből a felületkezelés nélküli szerszámmal 90 000 darab fröccsterméket tudtak a szerszám felújítása nélkül legyártani, a hagyományos PVD felületkezeléssel ez a szám 170 000-re volt emelhető, a *3D-HAUQ-CVD-II* módszerrel pedig 4,5 milliót készíthettek.

A bevonat elkészítésének ideje és ezzel párhuzamosan költségei a szerszám komplexitásától függnek. Egy négyfészkes, 100 000 EUR értékű fröccsszerszám esetén például ez 10–15 ezer EUR. Ebből kiszámítható, hogy a fenti példában a 4,5 millió darab mindegyikére csupán 0,33 cent (0,0033 EUR) plusz költség jut, amivel szemben mintegy 3 millió EUR profitnövekedéssel lehet számolni. Ha egy 25 %(m/m) üvegszálat tartalmazó anyag feldolgozását vesszük példaként, amelyet 1000 bar fröccsnyomással dolgoznak fel és 500 000 darabot készítenek, a felületkezeléssel 3–6 új szerszámot vagy szerszámfelújítást takaríthatnak meg.

A *3D-HAUQ-CVD-II* módszer alkalmazása a következő területeken eredményez megtakarításokat:

- új szerszám gyártása (vagy a meglévő felújítása),
- a gyártási költségek csökkentése a kevesebb állásidő (a felújítandó vagy kicserélendő szerszám le- és felszerelése miatt),
- a kopás okozta károk javítási költségei elmaradnak,
- a másodlagos javítási költségek (tisztítás, kis felületi hibák javítása, csapágyak, kidobók, fröccsfúvókák) csökkentése,
- csökkenő karbantartási, beszerzési, szállítási és raktározási költségek,

- energiaköltségek akár 18%-os csökkentése,
- bérköltség csökkenése,
- anyagmegtakarítás,
- csökkenő hűtőfolyadék- és préslevegő-felhasználás,
- a ciklusidő csökkenése a kisebb kidobóerő-igény következtében.

Az új felületkezelő módszert a fröccsszerszámok mellett eredményesen lehet más fémfelületeken, pl. forgácsolószerszámokon vagy éppen az üvegszálgyártáshoz alkalmazni.

## Élő-zsanérok helyes gyártása



1. ábra Érszorító,  
az élő-zsanér komplex  
alkalmazásának példája

A fröccsöntéssel kialakított ún. élő-zsanérok (1. ábra) már elég régóta ismertek, mégis gyakran lehet találkozni kevésbé jól kialakított változataikkal. Ehhez – az esetenként nem optimális tervezés mellett – a fröccsüzemben tapasztalható hibák is hozzájárulnak. Noha a legtöbb fröccsöntő szakember tevékenységét inkább művészetnek, mint tudománynak tekintik, a minőség érdekében mégis célszerű néhány egyszerű szabályt betartani. A sikeres termékfejlesztéshez az alábbi öt lépés szükséges:

- alkatrésztervezés,
- alapanyag kiválasztása és kezelése,
- szerszámtervezés és –készítés,
- feldolgozás,
- vizsgálatok.

Ezek mindegyike összefügg a többivel, és csak együttes, komplex kezelésük vezet sikeres gyártáshoz. Az élő-zsanéros termékek gyártásánál fontos, hogy ne kelljen a zsanért a kidobás után az üzemben meghajlítani, mivel ez időt vesz igénybe és – mint plusz technológiai lépés – növeli a költségeket. A fröccsöntött terméknek enélkül is megbízhatóan kell a felhasználónál működnie, számos hajlítást gyengülés, és pláne törés nélkül elviselnie.

Az élő-zsanérok tervezésével Beall korábbi publikációjában (lásd *Plastics Technology*) részletesen foglalkozott.

Alapanyagként általában a polipropilén homopolimereket ajánlják, de egyes szakemberek inkább a polipropilén random és a kismértékben módosított blokk-kopolimerjeit részesítik előnyben. A cél a minél szívósabb anyag használata. A nagyobb molekulatömeg jobb terméktulajdonságokat eredményez, de a rosszabb folyóképesség miatt nehezebb feldolgozni. Emellett fontos, hogy minél kevésbé legyenek az alapanyagban göcképzők, a lassú kristályosodás alapvetően fontos. A kristályosodás és a polimerláncok orientálódása egyaránt függ az alapanyagtól és a feldolgozási eljárástól. A színezék típusa és a mesterkeverékben használt hordozóanyag is jelentős hatás-



sal lehet pl. a göcképződésre, illetve a kristályosodásra. Ezért érdemes többféle színezéket kipróbálni (a termék hőciklusos tesztelésével) és a gyártókkal egyeztetni. Mindig célszerű összehasonlítani a natúr és a színezett alapanyaggal kapott eredményeket. A polipropilén helyett, az alkalmazástól függően, lehet használni más műanyagokat is, pl. poliamidot vagy polietilént.

*Az élő-zsanéros termékek szerszámtervezése speciális ismereteket igényel. A beömlési pont(ok) elhelyezésénél és kialakításánál a következőkre kell mindenképpen ügyelni:*

- ne legyen összecsapási hely a zsanérnál,
- az ömledék szimmetrikusan áramoljon a zsanéron át,
- az ömledék a zsanérra merőlegesen áramoljon a molekulák orientációjának optimalizálása érdekében
- amikor az ömledék eléri a zsanért (erős szűkülés) elég nagy nyomást kell kifejteni ahhoz, hogy az ömledék megtorpanás nélkül folytassa útját ezen keresztül (vagyis ne álljon meg addig, amíg a szerszám többi része megtelik). A folyamatos áramlás döntő fontosságú a jó orientáció és ezáltal a zsanér minősége szempontjából.

A szerszámkitöltés szimulációjával célszerű meggyőződni nemcsak a fenti követelmények teljesüléséről, de arról is, hogy hogyan tölti ki az ömledék a szerszámot, hol alakulnak ki összecsapások és hol kell szellőzőréseket kialakítani. A szimuláció során a zsanér közelében finom felbontást kell alkalmazni. A terméknek azokon a részein, amelyeket az ömledék a zsanéron áthaladva ér el, lehetőleg ne legyenek bordák vagy szemek/perselyek, mert ezeknél jelentős beszívódások fognak megjelenni. A zsanér a gátnál hamarabb fog megdermedni, ezért az utána elhelyezkedő részeknél az utónyomás nem lesz képes anyagbetáplálással a zsugorodást (részben) kompenzálni. Fontos szempont a hűtőrendszer kialakítása is, különösen a zsanér környezetében. A zsanérnál általában egy második, plusz hűtőkört kell létrehozni, amelynek csatornája minél közelebb legyen a zsanérhoz. Az intenzív hűtés ugyanis csökkenti a kristályosodás mértékét, ezáltal javítja a zsanér szilárdságát és élettartamát.

A feldolgozási folyamat során fontos az egyenletes, homogén ömledék, ezért kerülni kell az általános célú csigák alkalmazását. A csiga L/D viszonya legalább 20:1 legyen, keverőelemek nélkül. Maximum a csigahenger 60%-ának megfelelő adagtérfogatokat alkalmazzanak, a csiga fordulatszámát úgy állítsák be, hogy a hűtési idő legnagyobb része a plasztikálásra fordítódjon. A PP, PA és PE részben kristályos polimerek, amelyek megömlésztéséhez kb. kétszer annyi energia kell, mint az amorf műanyagokhoz. A zsanérszűkületnél (~0,2 mm) az ömledék átáramlásához nagy nyomás szükséges, ezért a műveletre csak olyan fröccsöntő gép alkalmas, amely legalább 2000 bar ömledéknyomást képes kifejteni. A szerszámkitöltést nagy fröccssebességgel kell végezni. A jó minőségű zsanér készítéséhez a polimermolekuláknak merőlegesen kell a zsanéron át orientálódniuk, nem párhuzamosan arra. Lassú szerszámkitöltés vagy az ömledék megtorpanása a zsanérnál alaposan lerontja a zsanér minőségét. A gyors szerszámkitöltés azonban jó levegőelvezetést igényel, esetenként a szerszám vákuumozása is szükséges lehet. A szerszámkitöltés megfelelő folyásképét részleges szerszámkitöl-

tést eredményező kis adagokkal végzett próbákkal lehet ellenőrizni a teljes kitöltést eredményező adagsúlytól visszafelé haladva. A hűtés teszi ki a teljes ciklusidőnek mintegy 95%-át, és fontos, hogy „befagyassza” a molekulaorientációt és meggátolja a jelentős mértékű kristályosodást a zsanérban. A hatékony, gyors hűtés a zsanérnál 15 °C körüli vízhőmérsékletet igényel.

Fontos, hogy a technológia beállításakor a terméket hőciklusos kezeléseknek vessék alá, és ellenőrizzék, hogy a hajlítgatási feszültség hatására nem lép-e fel kifehéredés a zsanéron. Az esetleges degradáció a granulátum és a ledarált termék folyóképességének (MFI) összehasonlításával (max. 30–40% csökkenés elfogadható) ellenőrizhető.

Összeállította: Dr. Füzes László

Schötz A.: Spritzgießwerkzeuge effizienter abmustern = Kunststoffe, 107. k. 4. sz. 2017. p. 66–70.

Paterok L. J., Paterok L. F.: Neue Generation von Hochleistungsspritzgießwerkzeugen = Kunststoffe, 107. k. 2. sz. 2017. p. 33–36.

Bozellí J.: Injection Molding: How to mold living hinges with no flexing required = Plastics Technology, [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com) 2016. szeptember

## **Négymilliárdos beruházás Pásztón**

Az EGLO Magyarország Kft. új gyártó- és raktárcsarnokát adták át júniusban Pásztón. A világítástechnikai elemeket gyártó osztrák tulajdonú cég telephelyének bővítése négymilliárd forintos beruházásban valósult meg.

A pásztói barnamezős beruházásban 5600 m<sup>2</sup>, automatizált árumozgatású magasraktár és egy 14 ezer m<sup>2</sup> alapterületű, négyszintes termelési csarnok készült el. Az EGLO Magyarország Kft., Nógrád megye egyik legjelentősebb munkaadója, múlt évi forgalma meghaladta a 30 milliárd forintot, a cég 800 embert foglalkoztat. A mostani beruházással összefüggő 125 fős létszámvállalást is kétszeresen túlteljesítik. A fejlesztést egyedi kormánydöntés alapján 650 millió forinttal támogatta a kormány.

O. S.

[www.mmonline.hu](http://www.mmonline.hu) 2017.június 22.

[www.quattroplast.hu](http://www.quattroplast.hu)