

Hibaelhárítás fröccsöntésnél

Ha egy új termék esetében nem megfelelő darabokat kapnak, a hiba elhárítása érdekében gondosan kell elemezni a termék és a szerszám kialakítását, és számítógépes modellezéssel kell megismerni az ömledék folyási jellemzőit a szerszám kitöltése során. Ez csapatmunka, fontos a feldolgozó és szerszámtervező, illetve az alapanyag tulajdonságait jól ismerő szakemberek bevonása. A szisztematikus munka elengedhetetlen. Egyszerre lehetőleg kevés dolgot változtassanak, használjanak tervezett kísérleti elrendezést és igyekezzenek a lehető legkisebb költségnövelést igénylő változtatásokkal célt érni.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; hibaelhárítás; PP; PC; ABS.

Gyakran előfordul, hogy egy termék szerszámpróbája során nem megfelelő darabokat kapnak, mivel a fröccsöntés rendkívül komplex folyamat, és a termék, illetve a szerszám kialakítása, a feldolgozási paraméterek és az anyag tulajdonságainak kölcsönhatásai még a leggyakorlottabb szakemberek számára is tartogatnak meglepetéseket, előre nem látható problémákat. A megoldás számos megközelítési móddal érhető el, az alábbiakban a gyakorlatban bevált eljárásokat ismertetünk. Ezek alkalmazásához azonban néhány alapfeltételt kell rögzíteni:

- a szerszám működőképes kialakítású (nem szorul be a darab, a felület minősége megfelelő, nincsenek nem tervezett alámetszések stb.),
- a termék kialakítását jó szakemberek végezték, az nem tartalmaz durva tervezési hibákat (ez a legkritikusabb tényező),
- a kiválasztott alapanyag nem cserélhető másikkra.

A probléma megoldása három fő lépésre bontható.

1. lépés. Gyűjtsenek információkat, hogy minél jobban megértsék a problémát

1/A Ismerjék meg az alapanyag jellemzőit

Az alapanyag ismerete kulcsfontosságú, és mivel sok ezer ilyen anyag van kereskedelmi forgalomban, gyakori az anyag fröccsöntési jellemzőinek hiányos ismeretéből adódó tervezési hiba. A termékismertető tanulmányozása után mélyebb ismereteket kell szerezni a következő kérdések tisztázása révén.

- A feldolgozó szakemberei ismerik-e az alapanyagot?

- Ha igen, van-e megfelelő műszaki szakember, aki tanácsaival támogatást tud nyújtani?
- Az anyag könnyen, vagy nehezen folyik? Hogyan befolyásolja a felület minőségét a szerszámkitöltés ideje? Sok alapanyag könnyebben feldolgozható gyors szerszámkitöltéssel, mint pl. a PP, a legtöbb TPE és a folyékony kristályos anyagok (LCP). Azonban más alapanyagok érzékenyek a nagy nyírási sebességre, mint pl. az olajbázisú adalékokkal ellátottak, a PVC és a hőre lágyuló poliuretánok.
- Milyen gyorsan adja le az anyag a hőt? A rövid ciklusidővel feldolgozható anyagok érzékenyebbek a szerszámkitöltés során a kitöltés egyenetlenségeire, ami a terméken belüli falvastagság-különbségekből (ha vannak ilyenek) adódik, mivel a polimerömladék először mindig a nagyobb falvastagságú részeket tölti ki és „tétovázva” csak ezután hatol be a vékonyabb falú részekbe. Milyen hosszú az adott falvastagságú termék hűlési ideje? Alaposan tanulmányozzák a gát méretére és az elosztócsatornák elrendezésére vonatkozó gyártói ajánlásokat.
- Hajlamos az anyag a vetemedésre? Általános szabály, hogy az üvegszál-erősítésű szemikristályos polimerek hajlamosabbak a vetemedésre a szálak orientációja miatt, míg az amorf anyagok esetében a darabon belüli falvastagság-különbségek okozhatnak vetemedést.
- A szerszámkitöltés során az anyag könnyen gáztalanodik-e, vagy inkább eltömi a légtelenítő réseket?
- Elég szilárd-e az anyag a kidobáshoz? Bizonyos műanyagok, mint pl. az üvegszál-erősítésű PP és PA hajlamosak hozzátapadni a szerszám felületéhez. Emellett a feldolgozók gyakran alkalmaznak nagy fröccs- és utónyomást a méretek beállításának céljából, ami tovább fokozza ezt a problémát.

1/B Végezzék el a számítógépes szerszámkitöltés analízisét és ennek eredményeit vessék össze a szerszámpróba során tapasztaltakkal.

Ez egy fontos lépés ahhoz, hogy megértsék, milyen széles „feldolgozási ablakkal” gyártható a darab. Ilyen elemzések során gyakran kibuknak a szignifikáns termék- és/vagy szerszámtervezési hibák. Néhány ezzel kapcsolatos jó tanács:

- a szerszámkitöltés modellezését mint kiindulási bázist használják a darab, a szerszám és a feldolgozási paraméterek lehetséges változtatásaihoz,
- vonjanak be egy, a modellezésben járatos, a termék- és szerszámtervezést és az anyagot is jól ismerő szakembert és biztosítsanak elegendő időt az alapos modellezéshez, továbbá megfelelő költségkeretet a különböző iterációk elvégzésére,
- győződjenek meg arról, hogy az alapanyag tulajdonságaira vonatkozó adatok korrektek,
- fordítsanak nagy figyelmet a gát lepecsételődésének idejére, a szükséges fröccsnyomásra és a légtelenítési követelményekre, Figyeljenek továbbá a fal-

vastagság-különbségek okozta kitöltési problémákra és a végkitöltésnél fellépő nagy sebességekre,

- kérdés, bevonják-e és ha igen, mikor a hűtési rendszert a modellezésbe; ez sok tényezőtől függ, de általánosabban igényelt a szemikristályos alapanyagoknál, ahol a ciklusidő, beszívódás és vetemedés kulcsszerepet játszik,
- a forrócsatornás elosztórendszert (ha van ilyen) lehetőleg mindig vonják be a modellezési folyamatba: hasonlítsák össze a modellezésből számított és a szerszámpróba során mért nyomásesést a forrócsatornás elosztón; fokozott figyelmet igényelnek a rövid ciklusidővel gyártható alapanyagok, mint amilyen a gócképzős PP, illetve a nehezen folyó polimerek, mint pl. a kis MFI-vel rendelkező PC típusok, továbbá amikor kis szelepes beömlőket szokás használni hosszú folyási úttal.

1/C Keressenek árulkodó jeleket a szerszámpróbánál alkalmazott technológiai lapon

A hibakereső szakember alaposan kérdezze ki a szerszámpróbát végzőt és gondosan figyelje meg a válaszokat. Mielőtt az adatlapot megvizsgálják, a következő kérdéseket kell tisztázni:

- győződjenek meg arról, hogy a szerszámpróbát elég hosszú ideig végezték ahhoz, hogy a szerszám hőmérséklete beálljon egyensúlyi állapotába,
- állapítsák meg a fúvóka típusát és belső átmérőjét,
- állapítsák meg a szerszám hűtőközeg-hőmérsékletének beállított értékét, és szerezzék be az aktuális mért értékeket a szerszámüreg csészéjének és magjának felületén,
- győződjenek meg a fröccsgép adagmértéről és az anyag tartózkodási idejéről a csigahengerben,
- ha forrócsatornás elosztórendszert használnak, állapítsák meg annak hőmérsékleti beállításait. Ellenőrizzék, hogy az adatlap tartalmazza-e a fúvóka nyomását (nem a hidraulikanyomást!),
- végül győződjenek meg arról, hogy pontosan milyen márkanévű, típusjelzésű és sarzsszámú alapanyagot használtak a szerszámpróbához.

A következő feladat a ténylegesen használt és a modellezésből származó ajánlott értékek összehasonlítása:

- a lassabb szerszámkitöltés légtelenítési problémákat és a kitöltés kiegyensúlyozatlanságát jelezheti,
- a túl rövid kitöltési és utónyomási szakasz kidobási problémákat valószínűsít; a túl hosszú és túl magas nyomásértékű kitöltési és utónyomási szakasz helytelen beömlési ponto(ka)t és/vagy mérete(ke)t jelezhet, illetve, hogy a helytelen terméktervezés miatt beszívódás vagy vetemedés lép fel; vagy gyenge hegedési varratok képződnek, vagy pedig a helytelen hűtés okoz vetemedést, de jelezheti azt is, hogy a fúvóka zárószelepe ereszt,

- ha túl hosszú időre van szükség a fröccsadag plasztikálására, az kopott csigát valószínűsít; emellett, ha a plasztikálás a folyamat szűk keresztmetszete, a hűtési idő is a szükségesnél nagyobb lesz és ezáltal a teljes ciklusidő is,
- a túl hosszú hűtési idő azt jelezheti, hogy ezzel a vetemedést igyekeztek viszszaosztítani vagy egyes kritikus méreteket beállítani, ami növeli a darab belső feszültségeit és a gyártási költségeket,
- a túl magas hőmérsékletek túl kis fűvóka-, elosztócsatorna- és/vagy gátke-resztmetszeteket, illetve gyenge hegedési varratokat, túl hosszú folyási utakat, vagy túl kis záróerőt jelezhetnek; a túl alacsony hőmérsékletek általában ciklusidő-csökkentési szándékot jeleznek, de ilyenkor a vetemedési hajlam nő, a felület kevésbé lesz fényes és esztétikus, a hegedési varratok jobban látszanak és a mechanikai tulajdonságok is romlanak,
- ha a fűvóka hőmérséklete túl magas, a fűvóka és/vagy a beömlés (angusz) keresztmetszete túl alacsony lehet; a felületi minőséget is ronthatja, ha a fűvóka hőmérsékletét a csigahengeréhez képest túl magasra emelik,
- ha a fröccsnyomás a vártnál magasabb, először meg kell állapítani, mekkora a tényleges nyomásesés az elosztócsatornákon és a beömlőnyílásokon; ellenőrizzék, hogy a fűvóka átmérője, a gát és a beömlőnyílás méretei elég nagyok-e az adott alapanyaghoz,
- forrócsatornás elosztórendszer esetén ellenőrizzék, nem lép-e fel túl nagy hővesztés benne, illetve a gátaknál (ez gyakoribb a nehezen folyó anyagoknál és a kis ciklusidejű PP típusoknál); ezután ellenőrizzék a hideg elosztócsatornák és a szerszámüreg légtelenítését, végül győződjenek meg az alkalmazott falvastagság megfelelőségéről.

A jól működő fröccsszerszám tervezése és elkészítése nagymértékű szaktudást és gyakorlatot igényel. Sok esetben a tervező kompromisszumot kénytelen kötni a szerszámköltségek csökkentése érdekében, de előfordul, hogy a termékkel kapcsolatos probléma egyszerűen a szerszámtervező hibája miatt lép fel. Igyekezzenek megtudni, hogy az olyan fontos döntések, mint amilyenek a zsugorodásra, az elosztók és beömlőnyílások méretezésére, a légtelenítésre, a kidobásra és a hűtésre vonatkoznak, hogyan születtek. Néhány fontos tételt az alábbiakban mutatunk be:

- a nem megfelelő hűtés forró pontok kialakulásához vezet, amelyek nagyobb beszívódást, vetemedést és hosszabb ciklusidőt eredményeznek,
- a nem megfelelő légtelenítés nagyobb fröccsnyomást, esetenként hiányos kitöltést, kiegyensúlyozatlan szerszámkitöltést, a felületen esztétikai hibákat és hosszabb kitöltési szakaszt eredményez; ilyenkor alkalmazzanak aktív légtelenítést, mint a mozgatható szellőztők vagy érintkező felületek; ne feledkezzenek el az elosztócsatornák légtelenítéséről sem,
- a helytelenül kialakított kidobórendszerrel ellátott szerszámok sérült darabokat, lassú kidobási szakaszt és ezáltal a szerszám nyitott állapotának meghosszabbodását okozza, továbbá növeli a belső feszültségeket és a hűtési időt; a darab az állórészben maradhat, ilyen esetben sokszor csak a szerszámfelek eltérő hőmérsékletével érik el, hogy megnyitásakor a darab a megfelelő

szerszámfélben maradjon, ami viszont a belső feszültségek növekedését és ve-
temedést okoz,

- a túl kis keresztmetszetű vagy helytelen kialakítású beömlőnyílás (gát) követ-
kezménye lehet a nem megfelelő kitöltés, a túl nagy fröccsnyomás, felületi hi-
bák jelentkezése a gát közelében; az elosztócsatornák, amelyek vagy túl hosz-
szúak vagy nem megfelelően nagy keresztmetszetűek, nagyobb nyomásesést
okoznak. A több beömlőnyílású, többfészkés, illetve több különböző terméket
egyszerre gyártó szerszámok esetében a helytelen elosztócsatorna-kialakítás
nagyobb fröccsnyomást, illetve túltöltött vagy pedig nehezen kitölthető termé-
keket eredményezhetnek,
- a szerszámvezető csapok hiánya és/vagy a szerszámfelek nem megfelelő ösz-
szevezetése és pozicionálása reprodukálhatatlan falvastagságú termékeket
eredményez, ami egyúttal kitöltési problémákhoz is vezet; a lágyabb szer-
számacélok használata arra kényszerítheti a feldolgozót, hogy lassú kitöltést és
kisebb töltőnyomást alkalmazzon, ami hatással lehet a darabok méreteire; a túl
karcsú, hosszú magok alkalmazása vagy a fúvóka hibás visszacsapó szelepe is
hasonló következményekkel jár.

2. lépés. Ellenőrizték az ötleteket, mielőtt végső döntést hoznak

Az előzőekben a fröccsöntési hibák okainak feltárását mutattuk be. Ha ez az in-
formációgyűjtési szakasz befejeződött, a kreatív megoldások keresése következik. A
cél az, hogy olyan megoldást találjanak, amely nagy valószínűséggel a legkisebb költ-
ségnövekedést okozza az egész projekt számára:

- először győződjenek meg arról, hogy csupán a feldolgozási paraméterek vál-
toztatásával orvosolható-e a probléma; ellenőrizték, hogy az adott fröccsgép
alkalmas-e a szerszám működtetésére; esetenként pusztán egy másik gépre át-
térve, amelynek nagyobb a fröccssebessége, illetve nagyobb a záróereje vagy
fröccsnyomása, megoldhatják a problémát,
- kerüljék el azt a szituációt, amikor a feldolgozóval vagy a szerszámkészítővel
történt gyors megbeszélés után hajtanak végre változtatásokat; az ötleteket
mindig ellenőrizték számítógépes folyási szimulációval, és az eredményeket
hasonlítsák össze a kiindulási értékekkel,
- koncentráljanak a beömlőnyílásokon és az elosztócsatornákon fellépő nyo-
másvesztésekre és ellenőrizték a fröccsgép nyomáshatárait; igyekezzenek
legalább 10% nyomástartalékkal dolgozni, hogy a feldolgozási folyamatban
bekövetkező változásokat kompenzálhassák,
- ne alkalmazzanak kellő körültekintés nélkül plusz beömlőnyílásokat; néha ez
nyújt megoldást, de a bonyolultabb anyagáramlási rendszer gondokat okozhat
a légtelenítésnél, a szükségesnél több hegedési varratot vagy esetleg túltöltött-
séget is eredményez,
- ha a termék geometriáját meg kell változtatni, ne csak azokat a megoldásokat
vizsgálják, amelyek során a szerszám anyagából egyes részeket el kell távolí-

tani; noha ez sokkal gyorsabb és olcsóbb, mint a hozzáépítés vagy az egyes részek cseréje, a gyártási költségek növekedése ezeket az előnyöket hosszú távon messze túlkompenzálhatja, illetve újabb vetemedési és beszívódási problémákat is okozhat,

- mindig csapatmunkában igyekezzenek megoldani a problémákat.

3. lépés. Határozzák meg a legköltséghatékonyabb változtatási irányt

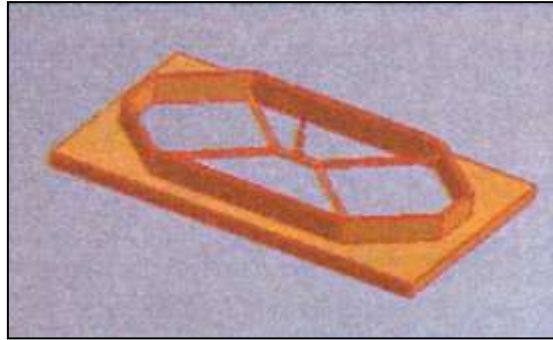
Ez olyan javító stratégia kidolgozását jelenti, ami a lehető legkisebb mértékű szerszámátalakítással jár. Amikor a korrekciós terv elfogadásáról a végső döntés megszületik, egyszerre lehetőleg csak kevés tényezőt változtassanak. Néhány egyszerű változtatás, mint pl. az elosztócsatorna vagy a beömlés módosítása vagy plusz légtelenítő rések kialakítása, vagy pedig a darabon elvégzett kismértékű változtatás megoldhatja a problémát. Ezért

- azokkal a módosításokkal kezdjenek, amelyek a legnagyobb valószínűséggel a legnagyobb hatást érik el a legkisebb szerszámmodosítási költséggel: ezek általában az elosztócsatornák, a beömlőnyílások és a fröccsgép fúvókájának változtatásai,
- győződjenek meg arról, hogy a szerszámpróbát kalibrált fröccsöntő gépen végzik; a próba során biztosítsanak elegendő időt arra, hogy a szerszám hőmérséklete elérje az egyensúlyi állapotot.
- alkalmazzanak tervezett kísérleteket annak megállapítására, milyen széles a feldolgozási ablak az új módosításokkal.

Az elmélet alkalmazását a következő három gyakorlati példán mutatjuk be:

1. példa: nagyméretű ipari termék hosszú ciklusidővel és vetemedési problémával

A kérdéses alkatrész (*1. ábra*) egy mintegy 600 mm hosszú, keretszerű ABS termék 6,4 mm falvastagsággal, négy, középről vezetett szimmetrikus elrendezésű alagútbeömléssel. A ciklusidő hosszú, a szerszám összezárt állapota 83 s. A vetemedés visszاسzorítására súlyterheléses hűtőszablonokat kellett alkalmazni.



1. ábra Az első példában szereplő ipari alkatrész sematikus rajza centrális elhelyezkedésű beömléssel és az elosztó csatornákkal

A megoldáshoz vezető út során figyelembe kellett venni, hogy a termék alakját és a szerszám hűtését nem lehet megváltoztatni. Ezért egyszerű változtatásokat vizsgáltak az elosztócsatornák, a légtelenítés és a feldolgozási paraméterek vonatkozásában a vetemedés visszaszorítása és a ciklusidő csökkentése érdekében.

Ami az anyagot illeti, az ABS a könnyen feldolgozható, jól folyó műanyagok közé tartozik, vetemedési hajlama csekély. Nagy nyírási sebesség használatakor a beömlés környezetében felületi hibák jelentkezhetnek. Ezért általában mérsékelt töltési idő és némileg hosszabb utónyomás volt ajánlatos.

A fröccsparaméterek kiindulási értékeit és a javulást eredményező beállításokét az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat

Az 1. példa szerinti termék feldolgozási paramétereinek változtatása

Paraméter	Kiindulási érték	Javasolt érték
Ömledékhőmérséklet, °C	254	216
Szerszámhőmérséklet, °C	18	38
Töltési idő, s	8	3
Utónyomás ideje, s	20	12
Utónyomás, MPa	76	38
Hűtési idő, s	55	40–50

A szerszám és az elosztó-csatornarendszer vizsgálata során megállapítható volt, hogy az elosztócsatornák és a beömlő kialakítása megfelelő. A trapéz keresztmetszetű 11,9 mm-es főcsatorna és a 7,6 mm segédcatornák keresztmetszete kielégítő, azonban a fröccsgép fűvókája és a beömlőnyílások alulméretezettek. Az alagútbeömlők átmérője 1,27 mm, a fűvókáé pedig 4,57 mm, ami a beömlőnyílás felső részének 7,62 mm-es átmérőjéhez képest az ajánlottnál jóval kisebb. Ráadásul a fűvóka a szokásosnál jóval hosszabb is volt. A légtelenítő nyílások is alulméretezettek voltak, az elosztócsatorna

pedig egyáltalán nem rendelkezett légtelenítéssel. A kiindulási értékeket és a javulást eredményező változtatásokat a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat

Az 1. példa szerinti termék szerszámán eszközölt változtatások

Szerszám jellemző	Kiindulási érték mm	Módosított érték mm
Beömlés hossza	51	OK
Beömlés felső átmérője	7,6	OK
Fúvóka belső átmérője	4,57	6,35
Fúvóka hossza	150	rövidebbre cserélni
Fő elosztócsatorna	11,9x9,9 trapéz	OK
Segédcsatornák	7,6x7,1 trapéz	OK
Gátak (alagút)	Ø 1,3	Ø3,8
Légtelenítő rések	0,013–0,02	0,04–0,05
Légtelenítő rések távolsága	150–200	76
Elosztócsatorna légtelenítése	nincs	megoldott

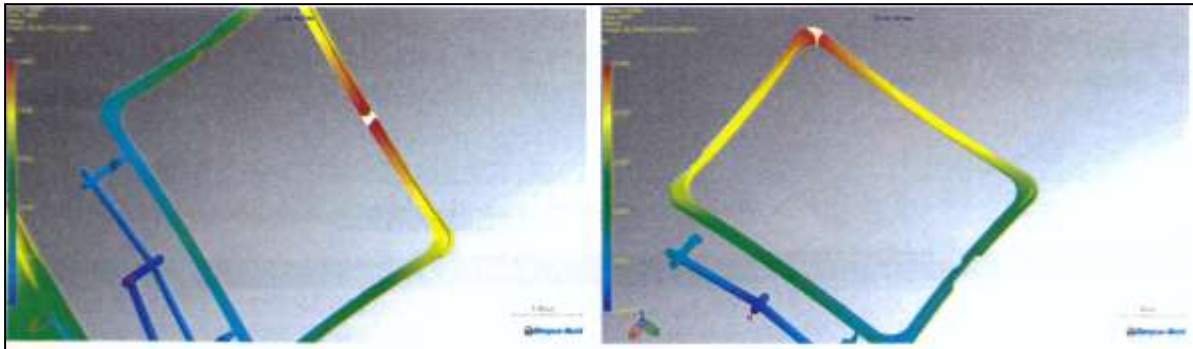
A fenti számítógépes folyási analízis alapján meghatározott változtatásokkal sikerült a ciklusidőt 18 másodperccel csökkenteni, és a darabok vetemedési hajlama is jelentősen csökkent.

2. példa: elektronikus eszköz képernyőjének kerete gyenge hegedési varrattal és felületi hibákkal

Ebben a példában egy elektronikus eszköz képernyőjének tokozását két darabból oldották meg, azaz egy hátlapból és egy arra ráerősített felső keretből, mely alkatrészeket egy szerszámon belül, 1–1 fészekkel fröccsöntötték ABS/PC keverék felhasználásával. A keretet (2. ábra) két, a keret egyik hosszabbik oldalán elhelyezett alagútbeömléssel gyártották, de a távolabbi összecsapási helynél a hegedési varrat túl gyengének bizonyult és a darab gyakran eltört. Emellett felülete sem volt eléggé esztétikus. A keret falvastagsága 2 mm volt, de egyes részein a 2,5 mm-t is elérte.

A fenti problémák megoldására irányuló tevékenység során különböző tényezőket vizsgáltak.

Az alkalmazott anyag amorf polimerek, azaz az ABS és a PC keveréke, amelyeknél nem célszerű a kis átlapolású homlokösszecsapás, mint hegedési varrat alkalmazása, mivel ez gyenge pont kialakulásához vezet. Ilyen helyeken a nem megfelelő légtelenítés miatt beégés (dízeleffektus) keletkezhet, és még ha ez nem is következik be, a hegedési varrat általában jól látható lesz.



2. ábra A 2. példában szereplő képernyőkeret áramlási modellezése az eredeti két beömlőnyílással (balra) és az optimalizált egy beömléssel (jobbra). A kritikus hegedési varrat helye fehér színnel kiemelve

A fröccsparaméterek vizsgálatánál kiderült, hogy az ömledék-hőmérsékletet a lehető legmagasabb értékre, 288 °C-ra állították be, és a fröccsnyomás is nagyon magas (110 MPa) volt. Ezek az értékek szerszámkitöltési problémákat és gyenge hegedési varratot jeleznek.

A szerszám és az elosztócsatornák vizsgálata során a hideg csatornák és a beömlő méretezése is megfelelőnek látszott. A beömlések szimmetrikus elhelyezése miatt a kritikus összecsapási hely a legkisebb falvastagságú és szem előtt lévő részre került, ezen változtatni kellett. A megoldást az jelentette, hogy az egyik beömlést lezárták, a másik beömlőnyílás átmérőjét 1,3 mm-ről 1,5 mm-re, a keret falvastagságát pedig 2 mm-ről 2,3 mm-re növelték meg. Ezáltal a kritikus összecsapási hely az egyik sarokba került, ahol a falvastagság a legnagyobb és a ferde szögben ütköző ömledékfrontok által létrehozott hegedési varrat a lehető leghosszabb méretű. A két beömlés közötti összecsapási hely pedig megszűnt.

3. táblázat

Az 2. példa szerinti termék feldolgozási paramétereinek változtatása

Paraméter	Kiindulási érték	Javasolt érték
Ömledék-hőmérséklet, °C	288	260
Szerszámhőmérséklet, °C	82	OK
Töltési idő, s	1,1	OK
Utónyomás ideje, s	8	6
Utónyomás, MPa	110	38
Hűtési idő, s	18	13

A folyási analízis alapján bevezetett változtatásokat a 3. táblázat szemlélteti. A teljes ciklusidő 27,1 másodpercről 20,1-re csökkent, a törési jelenség megszűnt és a felületi hibák is eltűntek.

3. példa: túl hosszú ciklusidő és nem elég merev alapanyag

Egy halkiemelő fogó (3. ábra) polipropilén kopolimerből készült, de a nagy falvastagság (ált. 6,1 mm, de helyenként 18,8 mm) miatt kevés kémiai habosítószer is bekevertek. A hidegcsatornás szerszámban valamennyi alkatrészt egyszerre gyártották. A gond az volt, hogy ha nagy halat akartak kiemelni, a nem elég merev anyag következtében a fogó szárai szétnyíltak. Emellett a hosszú ciklusidő a gyártás gazdaságosságát is kedvezőtlenül befolyásolta.

A megoldást az jelentette, hogy az alapanyagot lecserélték egy olyan polipropilénre, amely 20% cellulózt tartalmaz (*Thrive^M* a Weyerhaeuser cégtől). Emellett a leggyengébb résznél erősítő bordát alkalmaztak, illetve néhány éles saroknál megnövelték a lekerekítéseket. Az új fröccsparaméterek és az alapanyagok rugalmassági modulusát a 4. táblázat szemlélteti. A feltüntetett változtatások révén a funkcionális probléma megszűnt, és a ciklusidő jelentősen csökkent.



3. ábra Halkiemelő fogó



4. ábra Az etető eltömődését okozó szilárd műanyag labda

Egy speciális fröccsöntési probléma, ha a csigahenger etetőnyílása eltömődik. Ebben az esetben az első lépés, hogy a gépet leállítsák és megállapítsák, mi okozta a jelenséget, hogy megismétlődését a jövőben elkerüljék.

Azonban mielőtt bármilyen akciót elindítanának, készüljenek fel a munkabiztonság megteremtésére. A fröccsgépben ugyanis könnyen 100 bar feletti nyomás is kialakulhat, és ha az eltömődött etetőnyílást megnyitják, granulátumszemcsék vagy akár forró műanyagömladék is nagy sebességgel kilövellhet. Ezért mindig viseljenek arc- és szemvédő felszerelést.

Az eltömődésnek több oka is lehet, ezek közül a leggyakoribbak a következők:

- idegen anyagszennyeződés, mint pl. kartondoboz-darabok, papír, szálak,
- nem elég apróra darált visszavezetett hulladék,
- „angyalhaj”, vagyis a granulátum szemcséi közötti szál- és/vagy szalag formátumú alapanyag,
- enyhén összetapadt granulátumszemcsék képezte agglomerátumok, amelyeket viszonylag könnyen szét lehet bontani,

- szilárd műanyag „labda” (4. ábra), amelyben az egyes granulátumszemcsék nem, vagy csak alig láthatóak.

4. táblázat

A 3. példa szerinti termék feldolgozási paramétereinek változtatásai

Paraméter	PP kopolimer + 1% habosító	20% cellulózzal töltött PP
Ömledék-hőmérséklet, °C	216	177
Töltési idő, s	1,2	1,5
Utónyomás ideje, s	12	4
Utónyomás, MPa	28	OK
Hűtési idő, s	22	15
Szerszám zárva, s	35,2	20,5
Húzómodulus, GPa	1,0	2,3

Ha az okot tisztázták, az nagymértékben segíti a probléma elhárítását:

- idegenanyag-szennyeződés forrása a kitisztítás során kiemelt anyag vizsgálata révén általában könnyen megtalálható, és megisméltlődése egyszerű intézkedésekkel a jövőben elkerülhető lesz,
- a visszadolgozandó hulladék túl nagy darabjai a daráló meghibásodására utalnak: általában a rotorlapátok elkoptak vagy kitöredeztek, esetleg pozíciójukból elmozdultak,
- az angyalhaj viszonylag gyakori, ha az anyagot pneumatikus csővezetéseken szállítják, különösen hosszú vezetéseknél; keletkezésének okát tisztázni kell a megoldás érdekében, mivel az angyalhaj az eltömődésen túl az egész fröccsöntési folyamatot instabilizálhatja; az angyalhaj származhat az alapanyaggyártótól, de keletkezhet az anyagtovábbító rendszerükben is; keressék meg az okot és építsenek be megfelelő szűrőrendszert az etető elé,
- granulátumagglomerátumokkal viszonylag ritkán lehet találkozni; ilyenkor a feldolgozó reflexszerűen csökkenti az etető hőmérsékletét, ami nem mindig megfelelő intézkedés, mert az agglomerátumok gyakran máshol képződnek; az ok lehet a szárító túl magas üzemi hőmérséklete vagy az, ha a szárító szilikagél töltetének magas hőmérsékletű (kb. 260 °C) regenerálása után az oszlopváltás előtt nem hagynak elegendő időt a töltet lehülésére. Ilyenkor a granulátum itt az első percekben hősokkot kap és összetapad. Az első lépés a szárító ellenőrzése, és mérjék meg az etető tényleges hőmérsékletét is; ha az 65 °C alatt van, a granulátumok túlnyomó többségénél nem okozhat összetapadást. Célszerű az etető hőfokszabályozós hűtése a fröccsgép zónáihoz hasonló módon; ne feledkezzenek el arról, hogy sok üzemben a hűtővíz nem túl jó minőségű, és a vízkő és a rozsdá gyakran eltömi a vezetéseket, illetve rontja a hőátadást,

- a szilárd műanyag labda fellépte komoly problémára figyelmeztet. Keletkezésének leggyakoribb oka vagy az etetőzóna túl magas hőmérséklete, amikor a granulátum részben már itt megolvad vagy az erősen megkopott csiga/csigaház, ami a további zónákban keletkező műanyagömladék visszaáramlását teszi lehetővé a tömítőgyűrűnél; hasonló jelenséget okoz, ha a visszacsapó szelep szivárog. Ha – megfelelő védőfelszereléssel ellátva – az etető kitisztítása után a csiga hátramosztásakor benéznek az etetőnyíláson, és olvadt vagy összetapadt műanyagot is látnak a granulátumok mellett, akkor megtalálták a probléma okát.

Összeállította: Dr. Füzes László

Rosen M.: Injection molding trials gone bad = *Plastics Engineering*, 70. k. 7. sz. 2014. p. 28–32.

Rosen M.: IM troubleshooting methodology: three examples of getting it right = *Plastics Engineering*, 70. k. 8. sz. 2014. p. 32–36.

Bozzelli J.: Injection molding: troubleshooting bridging = *Plastics Technology* www.ptonline.com 2014. június