

## Beszívódások és sorja a fröccsöntött termékeken

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; beszívódás; sorjaképződés; szerszámmódosítás; hőelvezetés; gázzal segített fröccsöntés; habosítás; sorjamentes gyártás.*

A fröccsöntött darabok küllemét erősen rontják az esetleges beszívódások és a sorja. Az utóbbi eltávolítása a költségeket is növeli. Megfelelő feldolgozási „trükkökkel” jelentősen csökkenthetők ezek a kellemetlen jelenségek.

### A beszívódások mérséklése

Beszívódási nyomok a fröccsöntött alkatrészek olyan részein alakulnak ki, ahol a műanyagömladék hűlése nem egyenletes. *Hirtelen falvastagságváltozásnál (pl. bordázott felületen) a több anyagot tartalmazó részek zsugorodása nagyobb, a kisebb hűtési sebesség hatására a környező felületeken benyomódások keletkeznek.* Emiatt a fröccsöntéssel készíthető műanyagtermékek geometriáját ennek függvényében kell kialakítani. A jelenség különösen vékony falú termékek gyártásakor okozhat gondot. A különböző termékekkel szembeni elvárások nem azonosak. Míg a szórakoztató elektronikai cikkek burkolatának kifogástalan minőségűnek kell lenni, műanyag gyerekjátékoknál akár szemmel látható felületi hibák is elfogadhatónak minősülnek.

A beszívódásokat egy vagy akár több tényező egyidejű jelenléte okozhatja. A szerszám geometriája, a legyártandó alkatrész alakja, a műanyag típusa vagy a feldolgozás körülményei mind hatással vannak a végtermék minőségére.

Jól megtervezett szerszámmal jelentősen csökkenthető a beszívódás. A hűtőcsatorna gondos kialakításával, a beömlő típusának és méretének helyes megválasztásával jobb eredmény érhető el. *Kisméretű beömlőt alkalmazva – ilyen pl. az alagútbeömlő – az ömladék rövidebb idő alatt szilárdul meg, ennek következtében csökken a szerszámkitöltés időtartama, ezáltal nagyobb a felületi hibák előfordulásának valószínűsége.*

A feldolgozás paramétereinek gondos beállításával is javítható a fröccsöntött darab felülete; ezen belül a fröccsnyomásnak, és a fröccsöntési időnek van leginkább jelentősége. Ha a leképezést követően nagyobb mennyiségű

anyag áramolhat az alakadó üregbe, a darab zsugorodása csökkenthető. *Rövid fröccsöntési fázis mellett nő a zsugorodás, ami több vagy nagyobb beszívódást eredményez.* Bár a feldolgozási folyamat optimalizálásával jobb termékminőség érhető el, a felületi hibák teljes mértékű megszüntetéséhez szükség lehet kisebb szerszámkorrekcióra, esetleg egyéb feldolgozási eljárások alkalmazására (pl: habosítás, gázbefúvásos fröccsöntés).

A **General Electric (GE)** cég polimerfeldolgozási folyamatok továbbfejlesztésével foglalkozó csoportja műanyag alkatrészek beszívódását csökkentő, illetve azt *megelőző módszerek hatékonyságát vizsgálta.* Egy tanulmányban két alapelv felhasználásával nyolc különböző műszaki megoldás eredményeit mutatták be. Az első kategóriába az anyagmennyiség egyenetlenségeiből adódó problémák megoldására irányuló eljárások sorolhatók. Ide tartoznak *az üregképző csap geometriájával és működtetésével kapcsolatos módszerek, a gázbefúvásos fröccsöntés és a kémiai habosítás.* Ezekben az esetekben a deformációra hajlamos területeken az ömledék mennyiségének szabályozásával csökkentik az alkatrész beszívódását. A következő csoportot a *hővezetésre épülő technikák* képezik, ami azt jelenti, hogy a beszívódásra érzékeny területek hőelvonását növelik, ezáltal *javítják a fröccsöntött darab vastagabb, illetve vékonyabb részeinek hőmérsékleti egyensúlyát.* A hőelvonás növelésére hagyományos acél helyett berillium/réz illetve speciális hőszabályzott csapot alkalmaztak.

A kísérletek során fröccsöntött darab egy 2,5 mm vastag négyzet alakú lap volt, amelynek központjához merőlegesen 1,9 mm falvastagságú csőidom csatlakozott; a négyzet és a csőrész külső felülete között négy egymástól egyenlő távolságra merevítő bordákat helyeztek el. A vizsgált alkatrészeket a szórakoztató elektronikai eszközök gyártásához alkalmazott *PC/ABS Cycloy CU 6800*, valamint *PPE/PS Noryl PX 5622* anyagból 350 tonnás, vízszintes hidraulikus zárószervezetű géppel készítették. A technikai adatlapok által előírt feldolgozási körülményeket betartva mindkét típusnál csak kismértékű beszívódás jelentkezett. A mérhető változások jobb nyomon követhetősége érdekében a szerszámkitöltést szándékosan csökkentették (alulfröccsöntés), így a különböző módszerekkel elért eredmények könnyebben összevethetők. A szokásos üzemi gyakorlattól eltérően, szemrevételezés helyett méréssel állapították meg a beszívódás mélységét.

## **Az alkalmazott műszaki eljárások**

Az első vizsgálat sorozatban az eredeti szerszámkonstrukcióhoz képest az alkatrész csőüregét kialakító csap méretét változtatták meg oly módon, hogy annak hossza túlnyúljon a cső és a lemez illesztési síkján. Ezen a területen a lemez vastagságát 25%-kal, majd 50%-kal csökkentették, így az anyag-többletből adódó negatív hatások kevésbé jelentkeztek.

Egy másik, ugyancsak a darab formáját érintő változtatás volt az eredeti hossz mérettel rendelkező csap végének lekerekítése. Ennek következtében a

fennálló anyag többlet továbbra is megmarad, az íves átmenet azonban kedvezőbb zsugorodást eredményez.

A csap és a kidobólap közé szerelt rugó alkalmazásával az anyagáramlás szabályozható. A szerszámkitöltést követően a csap ellentétes irányban nyomást gyakorol, és kompenzálja a kedvezőtlen alakváltozást. A módszer hatássossága nagyban függ a rugó előfeszített állapotától. A vizsgálat során két eltérő merevségű rugót használtak.

Kipróbálták a kémiai habosítás hatását is. Feltételezték, hogy a habosítás az alkatrész nagyobb anyagmennyiséget tartalmazó részeinél lesz erőteljesebb, ennek következtében elegendő helyi nyomás fejlődik ahhoz, hogy beszívódás ne keletkezzék. Habosításhoz csekély mennyiségű (0,25%) *Safoam RPC-40* habosítószeret használtak (gyártja **Reedy International Corp.**)

Gázbefúvásos fröccsöntéskor a módosított csap furatán keresztül nitrogént juttatnak a beszívódásra hajlamos területre, így az ömledékben kifejlődő gázbuborék akadályozta meg az anyag többlet kialakulását.

A hőelvonás elvén működő eljárások közül elsőként a berillium/réz (Be/Cu) ötvözetből készült csap hatását vizsgálták. Mivel az ötvözet az acél hővezető képességének többszöröse, arra számítottak, hogy a hűtési sebesség növelése révén az alkatrész alakhűsége javulni fog. Be/Cu csap alkalmazásakor gondoskodni kell a folyamatos hőelvonásról. A hőelvonás növelésének bonyolultabb és egyben költségesebb útja, ha a fröccsöntött darab problémás részeinél a szerszámot Be/Cu ötvözetből készítik. Ehhez az eredeti szerszám alakadó üregét úgy kell kimunkálni, hogy a jobb hővezető képességgel rendelkező fémből készített betét beilleszthető legyen. Ez esetben a csap standard acéلبól készül. A módszer előnye, hogy a szerszámban egyenes hűvelvonást tesz lehetővé.

Az említett, passzív hőelvonásra épülő eljárások mellett hűtőközeg keringtetésére alkalmas csap teljesítményét is vizsgálták.

## **A vizsgálati eredmények**

*A PC/ABS keverékből fröccsöntött darabokon az eredeti szerszámmal gyártott alkatrészekhez képest 5 különböző módszerrel sikerült csökkenteni a beszívódási nyomok mélységét. A hőelvonás elvén működő eljárások mindegyike javulást eredményezett, az anyagmennyiséget szabályozó technikák közül csak a rugós csap vált be. Ez utóbbinál meg kell jegyezni, hogy a gyakorlatban is bebizonyosodott, miszerint a hatékonyságot a rugó előfeszített állapota befolyásolja. A gázbefúvásos fröccsöntésnél az eredmény nem volt meggyőző. Adott szerszám- és anyagpárosításánál a kis falvastagságból adódóan az ömledék túl gyorsan szilárdult meg, aminek hatására nehézkessé vált a gáz egyenes beinjektálása. Hasonlóan vegyes eredmények adódtak a habosítás során is. A felületen jelentkező elváltozások a habosítás túlzott mértékére utaltak.*

*A PPE/PS fröccsöntése során mindkét hosszított csap, a rugós, illetve a Be/Cu ötvözetből készült csap alkalmazása és a gázbefúvásos eljárás egyaránt kedvező eredményt hozott. A kerekített végű csap mindkét anyagnál növelte a beszívódás mértékét.*

Meglepetésnek számított a hosszított csapok gyenge teljesítménye PC/ABS feldolgozás esetén annál is inkább, mivel a módszert két évtizede javasolják hasonló problémák megoldására. A vizsgálatok alapján arra lehet következtetni, hogy az eljárás hatékonysága erősen anyagfüggő.

Mindent összevetve *a leginkább figyelemre méltó eredmények a rugós csap alkalmazásával születtek. Mindkét anyag fröccsöntésekor az eredeti konstrukcióval gyártott darabhoz képest 50% javulás mutatkozott.* A rugók merevségénél fontosabbnak bizonyult az előfeszítés mértékének helyes beállítása. Kis előfeszítés esetén az ömledék nyomására a csap hátramozdul, így az anyag többlet kialakulását nem lehet kellően szabályozni. Megfelelően nagy előfeszítést alkalmazva minimális deformáció volt tapasztalható. Amellett, hogy a módszert a műanyag alkatrész lemezének és csőidomának illesztésénél előforduló beszívódás minimalizálására dolgozták ki, PPE/PS fröccsöntésekor a merevítő bordák deformációja is jelentősen csökkent.

A habosítással és a gázbefúvással fröccsöntött termékekről az eljárásra vonatkozóan egyértelmű következtetéseket nem lehet levonni. Igaz ugyan, hogy a minőséget nem sikerült javítani, azonban ennek fő oka, hogy a feldolgozási folyamathoz képest a szerszám optimalizálása nem volt tökéletes.

## **Sorjaképződés**

A fröccsöntött alkatrészek sorjásodását a feldolgozási körülményektől kezdve a műanyag tulajdonságai és a szerszámproblémák mellett számos egyéb tényező is befolyásolja. Sorjaképződés leggyakrabban a szerszámfelek osztósíkja mentén alakul ki, de gyakorlatilag bárhol jelentkezhethet, ahol a gyártott darab felületét szerszámrészek illesztése határoolja. A gyakorlatban a hibaforrás leginkább a szerszám elégtelen működésére vezethető vissza. A sorja típusának meghatározása, valamint annak felismerése, hogy a fröccsöntés mely szakaszában fejlődik ki, a probléma feltárásának időigényét jelentősen lerövidíti.

Általánosan elfogadott módszer, hogy a fröccssebesség mérséklésével növelik az ömledék viszkozitását, ami a sorja csökkenéséhez vezethet ugyan, de nem oldja meg az eredeti problémát, ráadásul növeli a ciklusidőt. A szerszámkitöltési folyamat alatt a fröccsöntési és az utónyomási fázisban egyaránt bekövetkezhethet sorjaképződés; ami hagyományos és vékony falú termékek gyártásakor egyaránt előfordulhat.

*A sorjaképződés kimutatásának egyszerű módszere, ha az utónyomást a gépen beállítható legkisebb értékre állítják, így láthatóvá válik, hogy teljes szerszámkitöltés nélkül fennáll-e a sorjásodás.* Befröccsöntési fázisban a szerszámüreg 92–99,9%-a töltődik ki. Ha minimális utónyomás mellett is kép-

zódik sorja, a megoldás a befroccsöntési fázis körülményeire korlátozódik. Ez esetben nagy a valószínűsége, hogy a szerszámfelek illeszkedési hibája okozza a hibát. A jó szerszámzárás érdekében ellenőrizni kell az illeszkedő felületek tisztaságát, szükség esetén el kell távolítani a szennyeződést, továbbá gondoskodni kell a záróerő helyes beállításáról.

Többfészkés szerszámoknál a sorjaképződést gyakran az ömledék egyenetlen eloszlása okozza, emiatt előfordulhat, hogy azonos cikluson belül a különböző alakadó üregekből kikerülő alkatrészek egyike sorjás, a másik anyaghiányos, esetleg beszívódások találhatóak a felületen. *Hőtágulási szempontból rosszul tervezett szerszám is előidézhethet sorjásodást.*

A szerszám középpontja irányában koncentrálódó sorja a túl nagy záróerő alkalmazásának tipikus példája. A jelenség különösen nagyméretű gép és kis befoglaló méretekkel rendelkező szerszám párosításánál fordul elő. Ilyenkor *a szerszámlapok terhelése nem egyenletes*, a sarkok és a szélek nagyobb terhelésnek vannak kitéve. A helyes beállításhoz meg kell bizonyosodni arról, hogy a fröccsöntő gép szerszámzáró egységének vezetőoszlopai közötti távolság legalább 70%-át elfoglalja a szerszám.

*A kis záróerő szintén vezethet sorjaképződéshez.* Ha minimális utónyomás mellett a fröccsöntés hiba nélkül megtörténik, és csak az utónyomás beállításával arányosan képződik sorja, akkor a záróerő növelésével kiküszöbölhető a probléma. A fröccsöntő gép zárószerkezetének deformációja helytelen szerszámzárást eredményezhet, ez esetben a szerszám rögzítő lapok párhuzamosságát célszerű ellenőrizni.

*Feldolgozástechnikai szempontból sorjaképződést kiváltó leggyakoribb ok a műanyag kis viszkozitása.* Az ömledék túl folyós állapotát idézheti elő a magas ömledékhőmérséklet, a hengerben tartózkodás időtartamának hossza, ami akár degradációhoz is vezethet; a nem megfelelő szárításból adódó nedvességtartalom; esetleg a színezékek túlzott mértékű alkalmazása. Amennyiben az említett paraméterek korrekcióját végrehajtva a sorjásodás továbbra is fennáll, érdemes nagyobb viszkozitású anyaggal fröccsöntési próbát végezni.

**Huszár Zoltán**

Zuber. P.: How to reduce sinks. = *Plastics Technology*, 50. k. 7. sz. 2004. p. 61–64.

Bozzelli, J.: An expert tells how to stop flash. = *Plastics Technology*, 50. k. 7. sz. 2004. p. 50–51.

## **EGYÉB IRODALOM**

Haijun Li; Shiang Law; Mohini Sain: Process rheology and mechanical property correlationship of wood flour-polypropylene composites. (A faliszttel töltött polipropilén-kompozitok mechanikai tulajdonságai és feldolgozás alatti reológiai tulajdonságai közötti összefüggés.) = *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 23. k. 11. sz. 2004. p. 1153–1158.