

Fröccsszerszámok tervezésének elhanyagolt kérdései

A fröccsöntés folyamán a szerszámüregbe zárt levegőt el kell vezetni, különben beégések, elégtelen formakitöltés és más problémák következnek be. A megoldást a megfelelően kialakított szellőzőrések helyes méretezése szolgáltatja. A szerszámok hideg elosztócsatornái jóval nagyobb hatást gyakorolnak a gyártás stabilitására, mint azt általában feltételezik. Ezek hanyag tervezése/kivitelezése vagy a szerszámgyártás ezen költségeinek lefaragása súlyos gyártási problémákhoz vezethetnek.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; szerszámtervezés; ABS; PA.

A szerszámok szellőzőnyílásainak méretezése

A fröccsöntési folyamat során, miközben a műanyagömladék beáramlik a zárt szerszámüregbe és kitölti azt, szükség van a benne lévő levegő eltávolítására. Ha ez nem, vagy csak részlegesen sikerül a teljes kitöltés befejezésekor, számos probléma léphet fel (1. ábra), mint amilyen a hiányos kitöltés, felületi beégés(ek), sorja megjelenése, illetve ezek kombinációi. Hosszabb üzemeltetés esetén még a szerszám is károsodhat a helyi túlnyomások kialakulása következtében. Ennek elkerülése érdekében ún. szellőzőréseket alakítanak ki, amelyeken át a szerszámüregbe zárt levegőt a beáramló műanyagömladék kiszoríthatja az üzem légterébe.

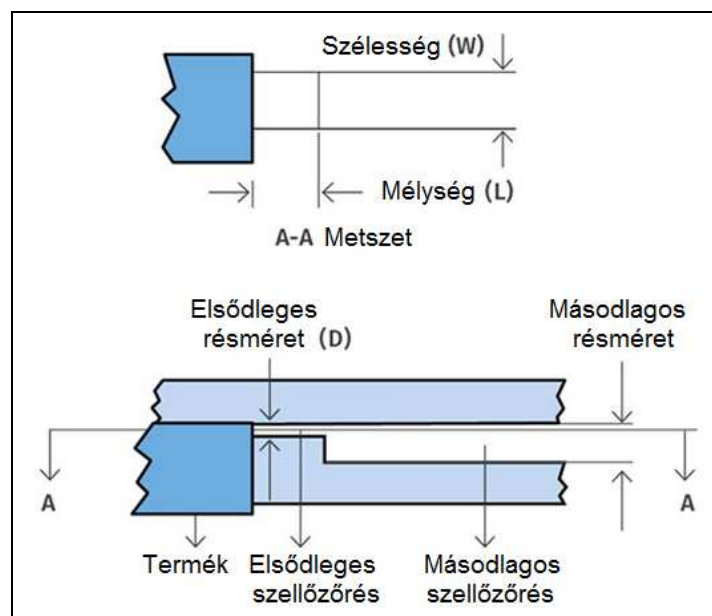


1. ábra A szellőzés hatása a termék minőségére

A szellőzőréseket tipikusan a szerszám osztásainál, illesztéseinél alakítják ki, lehetőleg azokon a szakaszokon, ahol a műanyagömladék befejezi a szerszámüreg egy-

egy adott részének kitöltését. Ez a kitöltés nem keverendő össze azzal, amelyet teljes szerszámkitöltésként definiálnak. Kitöltés alatt itt azt kell érteni, hogy az adott szerszámrészen a műanyag áramlása egy adott ponton befejeződik. Ugyanakkor a műanyagömladék viszkozitásának elég nagynak kell lennie ahhoz, hogy ne jusson ki a szellőzőrésen (sorjaképződés).

A szellőzőrések kialakításánál (2. ábra) több szempontot is figyelembe kell venni. Az *elsődleges szellőzőrés* köti össze a szerszámüreget a külvilággal, helyes kialakítása döntő fontosságú. A *másodlagos szellőzőrés* méretei jóval nagyobbak, ez köti össze az elsődleges rés kimenetét az üzem légterével a fröccsszerszám testén keresztül. Az elsődleges rés mérete (D) elég nagy kell, hogy legyen ahhoz, hogy rajta keresztül a gyorsan beáramló műanyag kiszoríthassa a levegőt, de ugyanakkor ne legyen képes maga is átfolyani rajta. A rés szélessége (W) legtöbbször minimum 5 mm, de lehet ennél sokkal hosszabb is, esetenként az osztósík teljes kerületén végigfuthat (gyűrűrés). A rés mélysége (L), vagyis annak a távolságnak, amelyet a kiáramló levegőnek meg kell tennie, mielőtt a másodlagos szellőzőrésbe jut, elég kicsinek kell lennie ahhoz, hogy ne okozzon túl nagy nyomáscsökkenést a levegő áramlásánál, de elég nagy ahhoz, hogy a műanyagömladék ne tudjon kiáramolni a levegőt követően. A leggyakrabban $L = 1,2-1,5$ mm értéket használnak (ha D értékét helyesen állították be).



2. ábra A szellőzőrések alapvető méretei

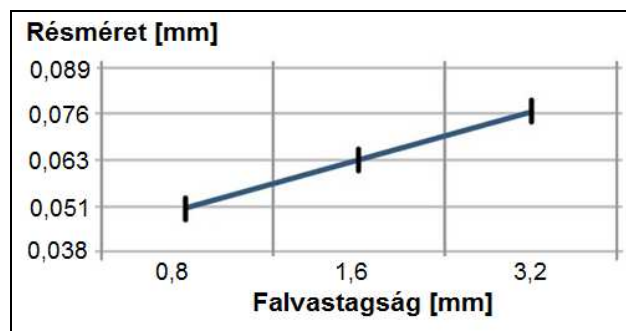
A másodlagos szellőzőrések méretei mindig lényegesen nagyobbak, mint az elsődlegeseké, hogy megkönnyítsék a kiszorított levegő áramlását. Résméretük legalább 0,25 mm legyen. Fontos, hogy a szellőzőrések felületét simára polírozzák, nehogy a kiszorított levegőből részecskék rakódjanak ki rájuk. A polírozás iránya legyen azonos a levegő áramlásáéval.

A stabil, jól kézben tartható fröccsöntési folyamat biztosítása érdekében a lehető legnagyobb méretű szellőzőréseket úgy célszerű kialakítani, hogy azok még ne vezessenek sorjaképződéshez. Mivel a rés méretének növelése viszonylag egyszerű műveleteket igényel, a túl nagy rés méretének csökkentése viszont drága és időigényes folyamat, a szerszámgyártók általában igyekeznek alulról megközelíteni a résméret kialakítását. A műanyag alapanyaggyártó cégek termékismertetőikben általában megadják az adott típushoz ajánlott résméreteket. Ugyanakkor fontos tudni, hogy a fröccsöntött termék falvastagsága a szellőzőrésnél szintén befolyásolja a műanyagömledék viszkozitását, és ezen keresztül a megengedhető legnagyobb résméret értékét is. Nagyobb falvastagság esetén a műanyag áramlása ugyanis kisebb nyíróerők hatására következik be, és a kisebb nyíróerők nagyobb ömledékviszkózitást eredményeznek, vagyis nagyobb résméret esetén sem képződik sorja.



3. ábra Központi beömléses kísérleti fröccsszerszám, amelynél az egyes „nyelvek” eltérő falvastagsággal és eltérő méretű szellőzőréssel lettek kialakítva

E jelenség tanulmányozására amerikai kutatók egy kísérleti fröccsszerszámot készítettek (3. ábra), amelynek segítségével vizsgálható volt a falvastagság hatása a még megengedhető legnagyobb szellőzőrésméretre. Három különböző falvastagságot használtak (4. ábra) és hatféle résméretet (0,0127–0,076 mm). Különböző alapanyagokat fröccsöntöttek, és rögzítették, hogy az egyes falvastagságoknál mekkora maximális résméretnél nem lépett fel sorjaképződés. Például ABS esetében (4. ábra) az összefüggés lineáris, de ez csak egy bizonyos falvastagságig érvényes, e felett a maximálisan megengedhető résméret értékének növekedése lelassul és végül egy állandó szintre áll be. Poliamid esetében a szakirodalomban található ajánlott résméret vékony falú termékeknel 0,0127–0,017 mm, de nagyobb falvastagságoknál 0,038 mm is használható.



4. ábra Különböző falvastagságoknál még megengedhető maximális szellőzőrés méret ABS fröccsöntése esetén

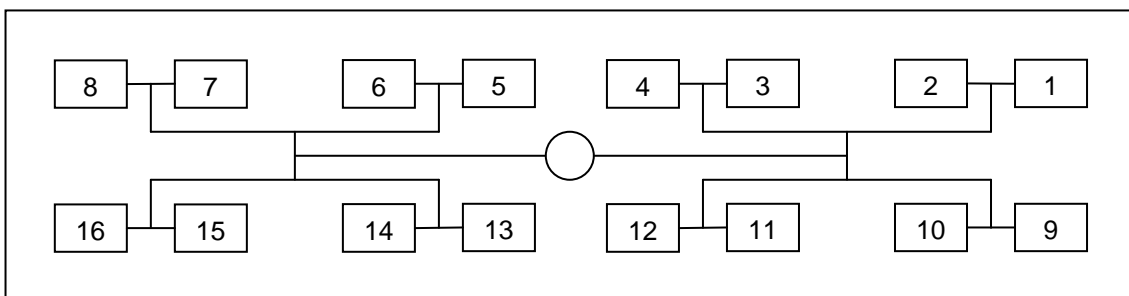
Az elosztócsatornák hatása a termékminőségre

Egy fröccstermék készítésekor a darab megtervezése, a műanyag kiválasztása, a gyártószerszám megtervezése és elkészítése után a műanyag-feldolgozó feladata a gyártástechnológia beállítása, hogy lehetőleg széles technológiai ablakkal, reprodukálható jó minőséggel, nyereségesen tudja gyártani az adott terméket. A fenti feladatokat végző szakembereknek e folyamat során végig szorosan együtt kell működniük, és a különböző szempontokat egyeztetni kell. Gyakori jelenség azonban, hogy ahelyett, hogy megfelelően alátámasztott tudományos ismeretekre támaszkodnának a problémák elkerülése érdekében, igyekeznek a problémákat átlapátolni a következő fázisban résztvevőkhöz, ami végül a fröccsöntő üzem problémájaként csapódik le.

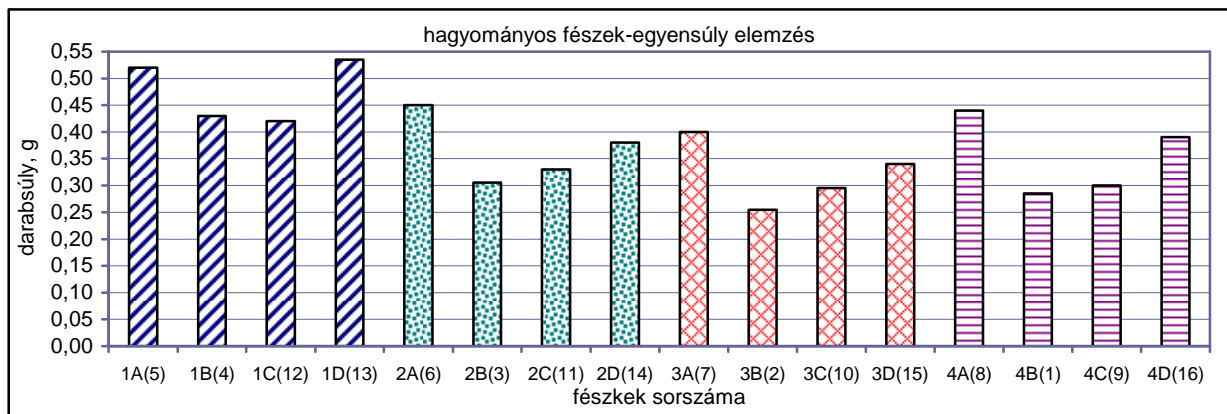
Noha a fröccsöntés elterjedését követően már több millió fröccsszerszámot gyártottak le és alkalmaztak, még ma is nagyon sokszor előfordul, hogy elhanyagolják a (legelterjedtebben használt) hideg elosztócsatornák megfelelő kialakítását, illetve ezek elkészítését hanyagul, rossz minőségben végzik el. Gyakori, hogy az ilyen hibákat a feldolgozási paraméterek hosszadalmas állítgatásával próbálják kompenzálni, ahelyett, hogy a baj gyökerét keresnék meg. Az ilyen szerszámhibák kijavítása sokszor hetekig, hónapokig is tarthat, és jelentősen rontja az adott projekt nyereségtermelő képességét.

Esettanulmány

A rosszul kiegyensúlyozott elosztócsatornák hatását egy esettanulmányon keresztül mutatjuk be. Egy geometriailag kiegyensúlyozott folyási utakkal rendelkező 16 fészkes szerszám (5. ábra) próbájánál részleges kitöltés esetén nagyon jelentős (max. 50,8%) tömegkülönbségeket mértek az egyes fészkek között. Ennek alapján megállapítható volt, hogy az egyes fészkek áramlástanilag nincsenek jól kiegyensúlyozva. Az eredmények elemzése során kiderült, hogy minél távolabb volt egy fészkek a szerszám középpontjától (legtávolabbi fészkek: 1, 8, 9, 16) annál kisebb volt a darab tömege (6. ábra). Tehát bebizonyosodott, hogy a geometriailag egyforma elosztócsatornák alkalmazása nem jelenti egyúttal az áramlástanilag is egységes kiegyensúlyozást, figyelembe kell venni a nyíróerők okozta viszkozitásbeli eltéréseket is.



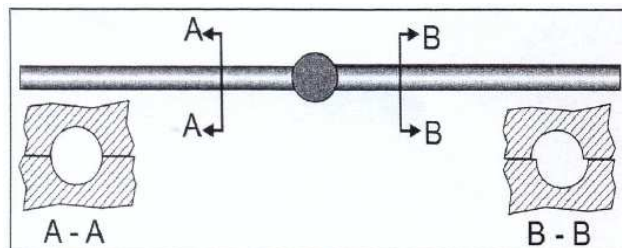
5. ábra Egy 16 fészkes szerszám elosztócsatornáinak elrendezése a fészkek azonosító számainak feltüntetésével



6. ábra Az 5. ábra szerinti szerszám próbájának eredménye (részleges kitöltés mellett)

A további eltérések vizsgálatánál az is kiderült, hogy a szerszám jobb és bal oldalán, azonos geometriai pozícióban lévő fészkek között szignifikáns eltérés van. Ennek az volt az oka, hogy a jobb oldali elosztócsatorna 0,15 mm-rel kisebb átmérőjű volt, mint a bal oldali, amit a szerszámgyártónál nem ellenőriztek le.

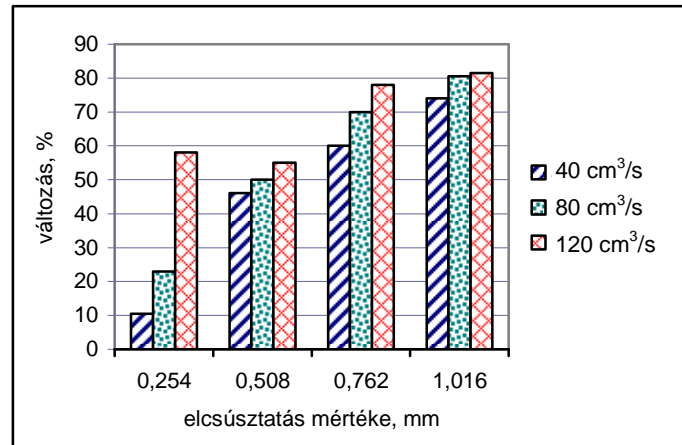
Egy korábbi (Neely A., Hennebicque M., ANTEC 2003) kísérleti munka arra irányult, hogy feltárja, milyen hatást gyakorol az áramlási ellenállás növelésére, ha egy kör keresztmetszetű elosztócsatorna két félkör keresztmetszetű része nincs pontosan illesztve (7. ábra), illetve ha kör keresztmetszet helyett más geometriájú csatornát alkalmaznak (9. ábra).



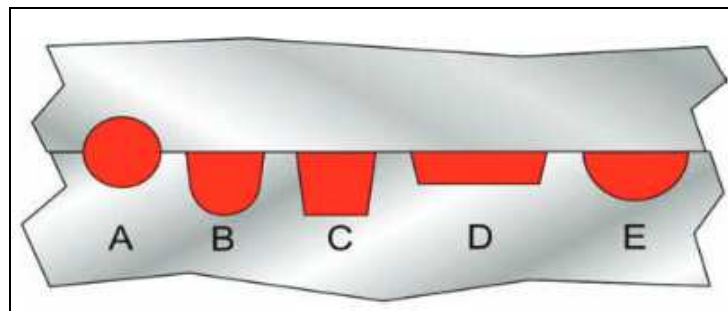
7. ábra A kör keresztmetszetű csatorna két felének elcsúsztatása a szerszám jobb oldalán (B-B metszet) megnöveli a csatorna áramlási ellenállását

Az első esetben a két szerszámfélbe mart félkör keresztmetszetű csatornákat a központi beömlésű szerszám jobb oldalán szándékosan úgy alakították ki, hogy azok a 3,175 mm átmérőjű csatorna esetén 0,254, 0,508, 0,762 és 1,016 mm elcsúsztatással találkozzanak. A jobb és bal oldali elosztócsatorna a szerszám teljes szélességén átfutott és a szabadba nyílt, hogy ezáltal elkerüljék a szerszámfészkek kitöltése okozta eltéréseket. A fröccsöntési kísérletek során mérték a jobb és bal oldali csatornákból

kifolyt anyag mennyiségét. A fröccsöntést 40, 80 és 120 cm³/s térfogati sebességgel végezték, ami 6,4, 12,7 és 19,1 s⁻¹ nyírósebességeknek felelt meg. A mért eredményeket a 8. ábra mutatja be. Látható, hogy a nagyobb beinjektálási sebességeknél az eltoló illeszkedésű csatorna ellenállása még a legkisebb eltolásnál is jelentősen megnő.



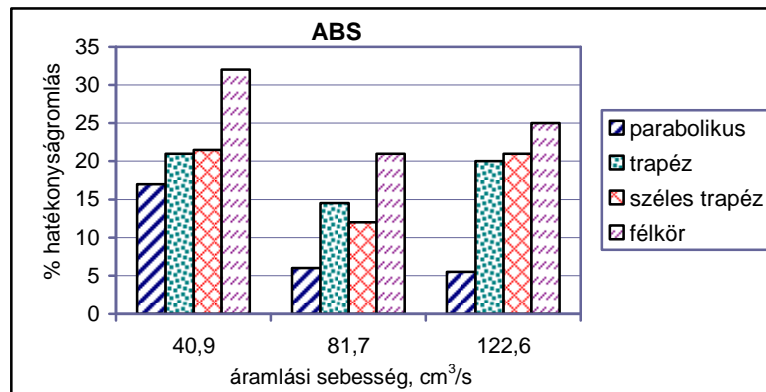
8. ábra Az átáramlott mennyiségek különbsége a kör keresztmetszet és az elcsúsztatott csatornafelek (ld. 7. ábra) között különböző áramlási sebességek esetén



9. ábra A vizsgálatnál alkalmazott különböző alakú, de azonos nagyságú keresztmetszettel rendelkező elosztócsatornák

A második kísérletsorozatnál azt vizsgálták, hogy hogyan befolyásolja az elosztócsatorna keresztmetszetének alakja a csatorna áramlási ellenállását. A 9. ábrán szemléltetett azonos nagyságú keresztmetszetek (A: kör, B: parabolikus, C: trapéz, D: széles trapéz, E: félkör) hatását ABS és PBT anyagokkal, 40, 80 és 120 cm³/s fröccssebességgel vizsgálták, a mért ellenállási nyomás eredményeket a kör keresztmetszettel, mint a legkisebb ellenállással összehasonlítva. A csatorna-keresztmetszet alakjának hatása szerint a kör keresztmetszet utáni legkisebb ellenállás sorrendje: B, C, D és E. Az ABS esetére a részletes eredményeket a 10. ábra mutatja be. Eszerint a növekvő

áramlási (fröccs) sebességeknél a hatékonyságrómlás csökken. PBT-t is vizsgáltak, amelynél viszont a hatékonyságrómlás mértéke növekszik.



10. ábra A különböző keresztmetszet alakú elosztócsatornák szállítási hatékonyságvesztése az azonos méretű, kör keresztmetszetűéhez viszonyítva ABS esetén

Noha a két szerszámfélbe bemart csatornarészek elcsúszása látszólag nem gyakorlati probléma, a szerző által legutóbb megvizsgált 15 termelőszerzőszám esetében ezek fele mutatott 0,08 mm-nél nagyobb elcsúszást, és ezek egyikénél ez az érték 0,25 mm volt. *A szerzők az elosztócsatorna kialakítását nem tekintik kritikus műveletnek*, gyakran ipari tanulókra bízják: ennek eredménye lehet a pontatlanság. Mivel a kör keresztmetszetű elosztócsatorna létrehozásához mindkét szerszámfélbe be kell marni a csatorna félköröit, gyakran ezen a viszonylag kis értékű forgácsolási munkán akarnak költségmegtakarítást elérni, és helyette a többi, csak az egyik szerszámfél megmunkálásával járó alakot választanak. A nagyobb áramlási ellenállás miatt azonban ez sokszor megbosszulja magát.

Összeállította: Dr. Füzes László

Kulkarni S.: Determining vent depths in injection molding = www.ptonline.com. febr. 1. 2018.

Beaumont J.: 'Simple' problems cause big headaches for molders = *Plastics Engineering*, 73.k. 8. sz. 2017. p.44–48.