Fekete pontszerű elszíneződések és csíkok kiküszöbölése a fröccsöntött darabokon

A fröccsöntésnél jelentkező hibák, elszíneződések okainak feltárása, majd költséghatékony kijavítása komoly szakmai tapasztalatot igényel. Az alábbiakban ismertetett három esettanulmányban csak újratervezett csigával sikerült a minőségi problémákat megoldani.

Tárgyszavak: fröccsöntés; csigakonstrukció; elszíneződés; hibaelhárítás.

A versenyképes fröccstechnológiák alapvető követelménye a lehetséges legrövidebb ciklusidő és az adott berendezés maximális kihozatalának elérése. Egy optimumra beállított fröccstechnológiánál a kihozatal csökkenhet hibás termékek keletkezése következtében, például a megengedettnél nagyobb zsugorodással, vetemedéssel gyártott darabok esetében. Előfordulhatnak hiányos darabok, fekete szemcsék (foltok), elszíneződött csíkok is.

Az elszíneződések oka lehet például a felhasznált alapanyag és mesterkeverék nem kellő mértékű összeférhetősége, vagy gépészeti okok: a csiga, a csigán lévő szelep, illetve a beömlők nem megfelelő kialakítása.

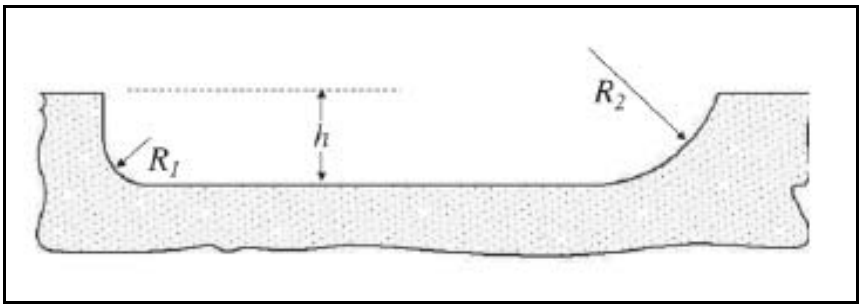
Hibakereső technikák segítségével könnyebb megállapítani az elszíneződés okát. Konkrét esettanulmányok is tanulságokkal szolgálhatnak. A fröccsöntött darabokon jelentkező hibák okainak feltárása sokszor hosszadalmas, ezért költséges feladat, de mindenképpen szisztematikus munkára van szükség. Először is a fröccsparaméterek helyességét kell ellenőrizni, ezután célszerű felállítani egy ún. erős hipotézist. A következő lépcsőben a hibakereső szakember elvégzi a szükséges fröccsöntési kísérleteket, hogy igazolja vagy cáfolja a hipotézist. Amikor meghatározza a szükséges technológiai módosítást, akkor még az azzal járó időkiesés és egyéb költségvonzatai (pl. a gép esetleges módosítása és annak rizikófaktorai) merülnek fel, amelyek a felsőbb szintű vezetés vagy a tulajdonos döntését igényli.

A sötét elszíneződések egyik rendszeresen előforduló oka, hogy a fröccshenger, illetve a beömlő egy vagy több pontján anyagpangás következtében a felhasznált alapanyag túlhevül és degradálódik, és az elszenesedett anyag időnként leválik a fémfelületekről, elszínezve az ömledéket. Ilyen eset például, amikor a csigaszárny túl kis sugárral csatlakozik a csigatesthez, ilyenkor nem marad más, mint a csiga modifikálása, a sugár megváltoztatása: a rádiusz és a csatornamélység aránya legyen nagyobb 0,2-nél. Abban az esetben, ha a csiga anyagtovábbító-plasztikáló szakasza helytelenül van ki-

alakítva és ezért nincs teljesen kitöltve anyaggal a csigacsatorna, ugyanúgy degradáció következhet be.

Fekete pontok előfordulása egy bézs színű terméknél (1. esettanulmány)

Termék: fröccsöntött autó belső borítás, gép jellemzői: 700 tonna záróerő, 105 mm átmérőjű csiga, alapanyag: PC-ABS, mesterkeverékkel bézs színre színezve. Probléma: a termékek 7%-án fekete pontok/foltok jelentkeznek, ami jelentős veszteséget okoz a feldolgozó cégnek. A problémakezelés első lépcsőjeként kimérik az anyagkihozatal aktuális sebességét, ezt összevetik a kalkulált értékkel. 3,2, ill. 2,7 kg(h/rpm) adódik, ez azt jelenti, hogy nincs anyagpangás a csigában. Ezután feltételezhető, hogy a csiga nem megfelelő geometriája lehet a hibaforrás. Ez beigazolódik, miután kihúzták a csigát, elszenesedett anyagmaradványok vannak olyan felületeken ahol a csigaszárny túlságosan kis sugárral csatlakozik a csigatesthez *(1. ábra).* A helyesen választott rádiusz legalább akkora kellett volna, hogy legyen, mint az aktuális csigacsatorna mélysége. Végül is egy megfelelően tervezett új csiga legyártása megoldotta a problémát, lényegében selejtmentessé vált a termelés.

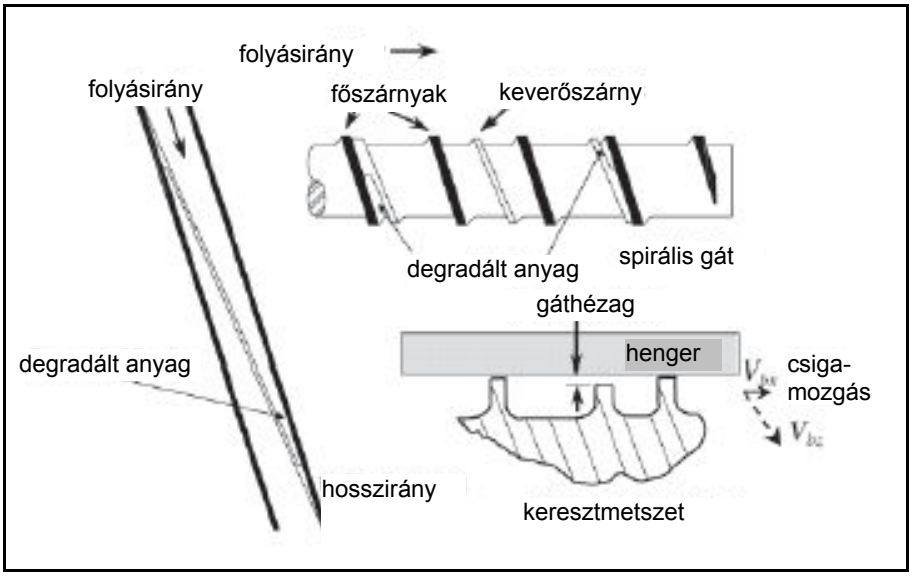


1. ábra Csigaszárny csatlakozása a csigatesthez:
R_1: túl kicsi sugár; R_2 megfelelő sugár; h: csigacsatorna mélysége

Fekete csíkok egy szürke terméken (2. esettanulmány)

Egy nagyméretű elektronikai berendezés fröccsöntött burkolatát natúr PS-HI (ütésálló PS) és szürke mesterkeverék elegyéből gyártva igen nagy százalékban feketés csíkok jelentkeztek a termékek felületén. Gyártógép: 2500 tonnás záróerő, 125 mm-es csigaátmérő, L/D viszony 21. Az alkalmazott csiga hagyományos egy bekezdéses volt, kiegészítve egy spirális gáttal a jobb keveredés érdekében *(2. ábra).* Számos kísérletet folytattak a termék elszíneződésének kiküszöbölésére: mesterkeverék helyett anyagában színezett PS-HI alkalmazásával, illetve statikus keverő illesztése a fröccsgép végébe, remélve egy jobb utókeveredést. A mesterkeverék százalékos arányának változtatása és a torlónyomás emelése sem hozott pozitív eredményt. A mesterkeverék nélküli gyártást is kipróbálták (PS-HI önmagában), akkor is jelentkezett a fekete elszíne-

ződés. Végül is a csigát kihúzva találták meg az alapanyag degradációjának főbb pontjait: a spirális gát indulópontjánál és végpontjánál volt olyan anyagpangás, hogy létrejött az alapanyag degradációja, részleges elszenesedése, ez fekete csíkokat eredményezett a terméken. Ugyanígy a csigán lévő szelep is feketés bőrszerű degradátummal volt szennyezett. A fenti degradációs jelenségeket egy módon lehetett kiküszöbölni: új, áramvonalasabb csigát kellett készíteni, megfelelő rádiuszokkal, szeleppel, a korábbinál nagyobb kompressziós rátával. Az új csigával elszíneződésmentesen lehetett gyártani a 2,69 kg-os darabokat, ugyanazzal a hőmérsékletprogrammal, 52 csigafordulat/min mellett 33,5 s plasztikálási idővel. Egy hónapig tartó szigorú megfigyelés alatt soha többé nem jelentkeztek a korábbi degradációs tünetek.



2. ábra Spirális gáttal kiegészített csiga sematikus rajza

Pigmentcsíkok egy szürke terméken (3. esettanulmány)

Egy nagyméretű fröccsöntött PP terméken (PP + szürke mesterkeverék, 35:1 arányban) jelentkezett kb. 50%-os gyakorisággal fekete csíkok jelentek meg a termék felületén. Amikor a torlónyomást 0,7-ről 2,5 MPa emelték, 10%-ra esett vissza a selejt. A gép 140 mm átmérőjű 20 L/D-s csigával van ellátva, tízszeres nyomásnöveléssel a henger végén, így 25 MPa végső nyomás érhető el a gép ürítésekor. A maximális csigafordulat 99 1/s volt. A tervezett selejt 1% volt 65 s ciklusidővel, ennek ellenére 10 % selejt és 82 s ciklus volt elérhető a 235 °C zónahőmérsékletnél (mind a 4 zóna), 99-es csigafordulatnál. Ráadásul lokális túlmelegedés is jelentkezett, 262 °C is mérhető volt az egyik zónában: a plasztikálás során a nyírás következtében keletkezett hőmennyiséget a fröccshenger nem tudta elvezetni. Ha csökkentették a torlónyomást 1,4 MPa-ra akkor a selejt 100% lett, az összes darabon jelentkeztek a fekete csíkok.

A következő lépésben csak a natúr PP-t fröccsöntötték, feltételezve, hogy a sötét csíkokat a mesterkeverékben rosszul eloszlatott fekete színezék okozza. Ez a hipotézis bevált: 50–90 csigafordulat és 0,7–2,5 MPa torlónyomás-tartományban végezve fröccsöntéseket, eltűntek a fekete csíkok. Amint újra elkezdték adagolni a mesterkeveréket, ismét jelentkeztek a hibás darabok. Amikor a torlónyomást 2,5 MPa-ra emelték, a nagyobb nyírás miatt javult a színezék diszperzója, ezért „csak" 10% selejt keletkezett. Tehát megoldást jelenthet, ha a mesterkeverék nem tartalmaz agglomerálódott színezékrészecskéket. Ugyanakkor érvényes a Benkreira- Britton szabály: eszerint a feldolgozás hőfokán az alapanyag és a mesterkeverék MFI-jének viszonya lehetőség szerint legyen minél nagyobb, így a plasztikálás során lesz olyan mértékű nyírás, hogy a színezékek eloszlása megfelelő lesz. Egyébként túl magas folyóképességű mesterkeverék azt is feltételezheti, hogy az előállításánál a kompaundálás során nem volt elég magas a nyírás a megfelelő pigmentdiszperzitás eléréséhez. Esetünkben a PP/mesterkeverék MFI-je (230 °C, 2,16 kg) 20 g:116 g/10 min volt, így a túl nagy folyóképesség-különbség miatt törvényszerűen bekövetkezett a rossz pigmenteloszlás, illetve a kompaundálásnál a túl alacsony viszkozitás nem biztosította a szükséges homogenizálást. Ellenkező esetben a mesterkeverék elvben bármilyen kondíció mellett is megfelelően színezhetne. A gyakorlat azt mutatja, hogy *jó kompromisszumként elfogadható, ha a mesterkeverék MFI-je fele a natúr anyag MFI-jének.* Esetünkben a PP/-mesterkeverék rendszer nyírással mért viszkozitásaránya 160:40 Pa.s, ez jóval nagyobb a javasolt 2:1 aránynál. Esettanulmányunkban a feldolgozó cég nem kívánta lecserélni a már rendelkezésére álló mesterkeveréket, inkább egy új, lényegesen jobban plasztikáló csigát terveztek, amellyel sikerült elérni a pigment megfelelő diszpergálását. Az új csiga több diszpergáló spirális gátat hordoz az anyagtovábbító csigaszárnyak közt, ezeknél a fröccshengergát rése mindössze 1,1 mm, szemben a korábbi 4,8 mm-rel, a csigaszárny-fröccshenger rést 1,5-ről 0,89 mm-re csökkentették. A fenti új csigageometriával tökéletessé vált a mesterkeverékben lévő fekete színezék diszpergálása, így fekete csíktól mentes, tökéletes darabokat lehetett gyártani 65 s ciklusidővel, 99-es csigafordulat és 0,7 MPa torlónyomás mellett.

Összeállította: Csutorka László

Spalding M. A.; Cambell G. A.: Troubleshooting black specks and color streaks in injection molded parts = Plastics Engineering, 69. k. 1. sz. 2013. p. 28–34.