

Valódi újdonságok a fröccsöntésben

Valódi újdonság a fröccsöntésben egy új eljárás, amelyet exjektálásnak neveztek el, és amelyben egyetlen fröccsöntő gépet alkalmazva kombinálják az extrudálást a fröccsöntéssel. Az eljárással elvileg végtelen hosszú profilokat lehet gyártani. Ma már ipari méretekben is alkalmazzák a kofröccsöntést, de ez is még az újdonságok közé sorolható. Ezzel ugyanabban a szerszámban és munkaműveletben készítenek kétféle polimerből belső magot és külső héjat tartalmazó formadarabot, aminek számos előnye van.

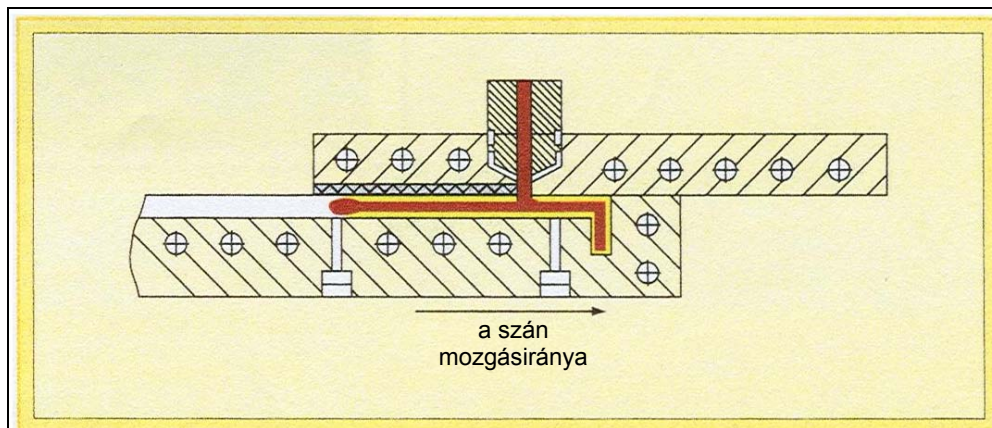
Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; új technikák; exjektálás; profilgyártás; kofröccsöntés.

Végtelen hosszú profilok gyártása exjektálással

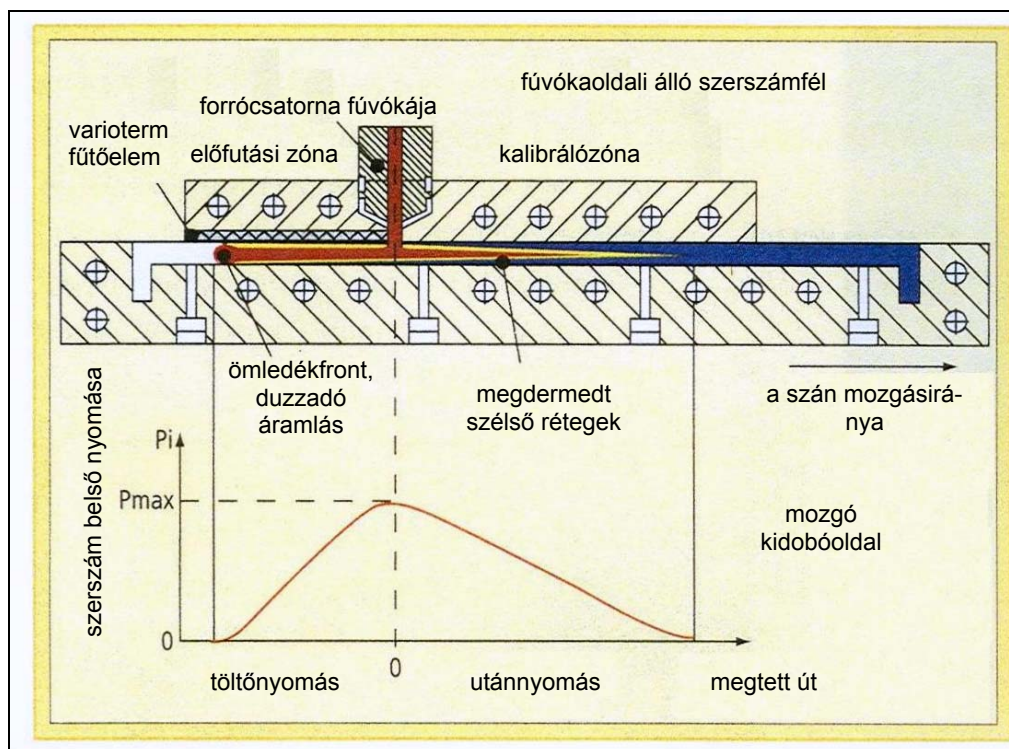
A **Steiner Mérnökiroda** (Spielberg, Ausztria) több jó nevű műanyag-feldolgozóval együttműködve fejlesztette ki az *exjektálásnak* elnevezett technológiát, amelyben *egyesítették a fröccsöntés és az extrudálás előnyeit ezek hátránya nélkül*. Ez a technológia lehetővé teszi, hogy nagyon hosszú (elméletileg végtelenül hosszú) formadarabokat készítsenek gazdaságosan kisméretű fröccsgépekkel. Az első exjekciós gyártóberendezés 2010 júliusában készült el rotációs szerszámcsereelővel. A szerszámok legfontosabb része a **Hasco Hasenclever GmbH + Co. KG**-nél (Lüdenscheid, Németország) kifejlesztett speciális fűvókarendszer. Ezen a gépen készítették a világon az első „végtelen” hosszú fröccsöntött darabot. Az eljárásban a tetszőlegesen hosszú profil funkcionális geometriája tökéletesen leképezi a szerszámot.

Az exjektálás szerszáma felső álló részből és alsó mozgó részből épül fel, de a mozgó rész nem a felső szerszám osztósjára merőlegesen távolodik, hanem azzal párhuzamosan siklik, ezért „szán”-nak nevezik (1. ábra). Az exjektálás úgy indul, mint egy hagyományos fröccsöntés. Ilyenkor a szán alapállásban és nyugalmi helyzetben van. A végén nyitott fészekbe behatoló ömledék megtölti a fészek egy részét, felveszi annak formáját; a fűvókát tartalmazó felső szerszámfelel egy dárdaszerű ütköző eközben részlegesen lezárja a nyitott csatornát, egyúttal az extrudáláshoz hasonlóan kalibrálóként is funkcionál. Eközben az ömledék továbbhalad a nyitott csatornában, de mielőtt túljutna a kb. 100 mm hosszú, varioterm fűtéssel melegen tartott előfutási zónán, a szán megindul az álló szerszám alatt a fröccsöntés irányával ellentétesen, és úgy mozog, hogy a friss ömledék sose jusson az előfutási zónánál tovább (2. ábra). A polimer beáramlását nyomással szabályozzák, az ömledékfront sebességét és az ellentétes irányban sikló szán sebességét össze kell hangolni. A hátrafelé haladó ömledék folyamatosan hűl, a stabil utánnomást az alacsony nyomással folyamatosan beáramló friss

ömledék közvetíti. Az állandó nyomás és a kis nyírósebesség következtében a hosszú szerszámfészek egyenletesen és összezsapó ömledék (ömledékvarrat) nélkül töltődik meg.



1. ábra Az exjektálás ciklusának kezdete

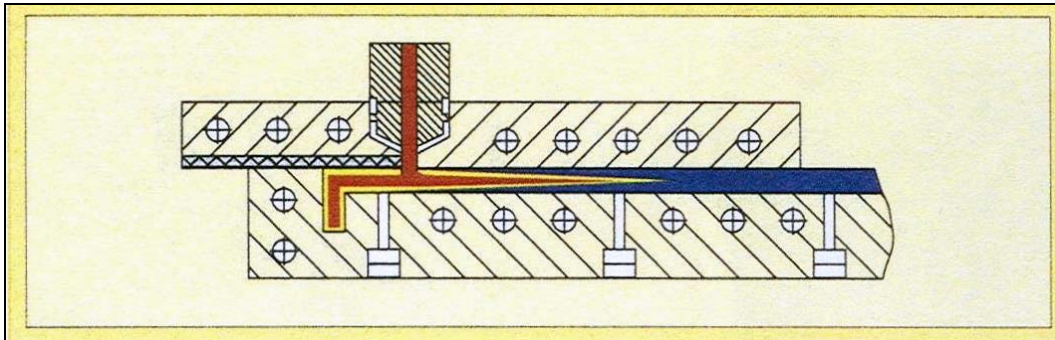


2. ábra Az exjektálás ciklusának köztes része

A szán sebességét és a befroccsentés profilját a teljes hosszra vonatkozóan előre betáplált adatokkal és sebességprofilal vezérik. Legfontosabb adatok ehhez a profil keresztmetszete és a gyártandó darab vastagsága, amelyek meghatározzák a fröccs-

anyagtól és a feldolgozási hőmérséklettől függő hűlési sebességet, azaz a szán sebességét. Az ömledék viszkozitásától, a töltés sebességétől és a formadarab vastagságától függően a fröccsnyomás (egyúttal az utánnomás is) 50–300 bar között van.

A kalibrálóban folyamatosan megdermedő profil a hátráló szánnal a szabadba jut (3. ábra). A ciklus akkor fejeződik be, amikor az ömledék eljut a szerszám végére. Ilyenkor a szán megáll, hogy megtörténjék az utánnomás és a profil végső szakaszának lehülése. A darab kivétele után a szán visszamegy az alaphelyzetbe.



3. ábra Az exjektálás ciklusának vége

Szerszámfelépítés szokásos elemekből

Az exjekciós szerszám felső, rögzített része tartalmazza a fűtött ömledécsatornát, a mozgó alsó részben van a formaadó vályú, a betétlécek, a kidobók. A szánt mozgató szerkezetet lehet közvetlenül a szárra szerelni, de lehet a fröccsgép része is. Az utóbbi megoldás esetében a szerszám mozgását a gép vezérlőrendszere irányítja, ezért többféle szerszámmal összehangolható. Ezáltal maga a szerszám olcsóbb lesz.

A szerszámtervezésben a tervezők igyekeztek a fröccsöntő szerszámok és a műanyag-feldolgozó gépek felépítéséhez használt szokásos vagy szabványos építőelemeket alkalmazni. Ennek megfelelően az exjekciós szerszám külső formáját a **Hasco** cég építőszekrényes elv alapján készített szerszámai határozzák meg. A felfogólap, a szerszám alaplapja, a vezetőoszlopok ugyanolyanok, mint más szerszámokban. A szán csapágyazásában sincs semmi újdonság. A szán sín pályán görgőkkel mozog. Ezáltal a szerszámnak a magas feldolgozási hőmérséklet mellett is hosszú az élettartama.

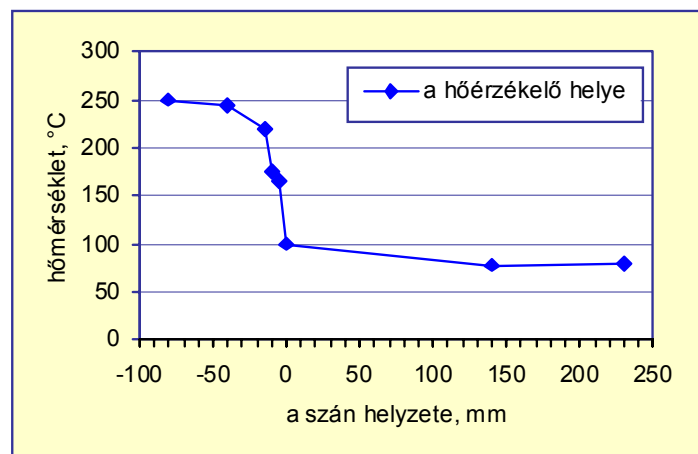
Azért ennek a szerszámnak is megvannak a maga trükkjei. Ahhoz, hogy a mozgó szerszámfészek és az álló fűvóka között tökéletes legyen az összhang, úgy hogy közben a két szerszámfél közötti tömítés kifogástalan legyen, de az érintkező felületek ne is koptassák egymást, kivételesen tapasztalt és kreatív szerszámkészítőkre volt szükség.

A fűvóka

A tervezők kiemelt figyelmet fordítottak a fűvókát tartalmazó álló szerszámfélre. Már a kezdetektől arra törekedtek, hogy azt a későbbiekben alapvető elemekből rak-

hassák össze. A Hasco cég exjekciós fúvókarendszerében vezérelt központi fúvóka van saját fűtéssel és speciálisan formázott kilépőnyílással (Düsenmündstück). A fúvóka funkciós betételeme lényegében egy továbbfejlesztett forrócsatornás fúvóka, amely össze van kötve az alaplapba beépített és varioterm fűtéssel ellátott betétléccel.

A friss ömledék az előfutási zónába jut, amelynek hőmérsékletét fűtőpatronokkal és hőérzékelővel szabályozzák. A kalibráló zónát ezzel szemben vízzel hűtik, hogy az ömledék megdermedjen, mielőtt az alsó szerszámfél a fészekben lévő polimerrel kifut alóla. A fúvókarendszerben a fűtött előfutási zónát és a hűtött kalibráló zónát úgy alakították ki, hogy egymástól jól el legyenek szigetelve, ezért amikor a hátrafelé mozgó szánban az ömledék áthalad a két zóna határvonalán, a 200 °C-os zónából hirtelen kerül a 90 °C-os zónába (4. ábra). Ezért a tömegműanyagok (ABS, SAN, PP, PVC) feldolgozása éppen olyan eredményes, mint a műszaki műanyagoké (POM, PBT, PC, PMMA, PA6, PA66) vagy a hőre lágyuló elasztomereké (TPU, ionomer, TPE). Olyan nagy teljesítményű műanyagokat (PEI-Ultem, PPSU-Radel R, Victrex PEEK), amelyeket hagyományos fröccsöntéssel és extrudálással nem lehet feldolgozni, *sikerrel formáztak exjekcióval*. A számos exjekciós próbához különböző forrócsatornás rendszereket fejlesztettek ki, és ma már nincs akadálya annak, hogy a fröccsgéphez igazodva az exjekciós szerszámra vízszintesen vagy függőlegesen juttassák be az ömledéket. Az eljáráshoz már szimulációs programot is készítettek.



4. ábra Hőmérsékletváltozás az előfutási zóna és a kalibráló zóna határán

Tényleg lehet „végtelen” profilt exjektálni

Az exjektálás nem állt meg a 2–3 méteres daraboknál. A „végtelen” hosszú formadarabok gyártásának elve elég kézenfekvő: a formaadó fészeket modulszerűen, több darabból készítik el. Amikor a hátrafelé mozgó szerszámából kiemelik a megdermedt profilrészletet, a kiürült szerszám visszavihető az aktív szerszám elé, és ismételten felhasználható formázásra. Ez elvileg korlátlanul ismételhető. A szerszámok cseréjét forgó asztallal oldották meg.

Az **Arburg GmbH + Co KG**-nél 2010 júliusában próbálták ki a végtelen exjektálást. Először egy *120 m hosszú funkcionizált profilszalagot készítettek*. A második kísérletben 1 km-es hosszúság elérése után állították le a gyártást. Ehhez egy kétkomponensű fröccsöntéshez rendszeresített gépet használtak, amelynek két fröccsaggregátja felváltva, de folyamatosan adagolta az ömledéket az exjektáló szerszámba. A csigadugattyús aggregátok révén az teljes folyamatot a nyomással lehetett szabályozni, és ez szavatolta a tökéletes szerszámkitöltést és a megfelelő minőséget.

A fészket hordozó szerszámfeleket szállító forgó asztal sebességét össze kellett hangolni a fészekbe fröccsentett ömledék áramlási sebességével. A formát adó vályú automatizált folyamatos nyitásával és zárásával rendben bekövetkezett a formázás, a lehűtés és a kész profil kiemelése a szerszámból, amelyet feltekercseltek. A nyomás alatti ömledék beömlésénél a tömítést egy ív alakban meghajlított fűvókarendszerrel oldották meg.

Az exjekciós eljárással nemcsak végtelen hosszú profilokat lehet gyártani, hanem hordozószalagon kialakított, sok egymás után sorba állított és egymással összekötött apró formadarabokat is (pl. szereléshez szükséges rögzítőelemeket), amelyeket később tekercselve, pozícionálva lehet forgalmazni. Hasonlókat ma fröccsöntéssel, szakaszosan állítanak elő.

Az exjektálás műszaki és gazdasági előnyei

A már működő exjekciós berendezéseken *hosszú ideig lehet kis záróerővel nagyon hosszú formadarabokat gyártani*. A hosszú darabok fröccsöntésére alkalmas és sokkal nagyobb záróerővel dolgozó gépekhez képest ugyanilyeneket 80%-os energiamegtakarítással exjektáltak. A beruházási költségek 40%-kal kisebbek.

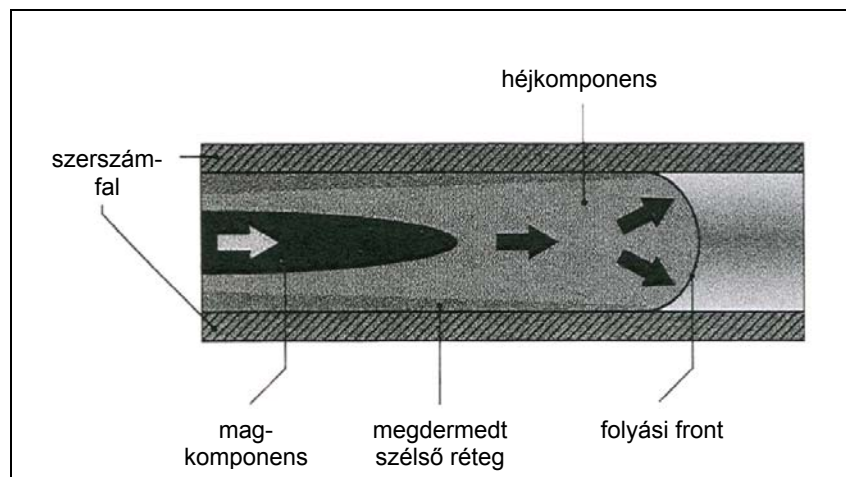
Az eljárás profilszerű alapformák gyártására javasolható, ahol a profilon végighaladó lineáris kötések vannak. A kísérletek folyamán a kutatók nem törekedtek korábbi termékek újratervezésére, inkább eddig sosem volt, újszerű termékeket igyekeztek előállítani. Felhasználóként mindenekelőtt a bútortiparra, az autó- és a repülőgépgyártásra, a gépgyártásra gondoltak. Termékként szóba jöhetnek építőipari és bútortipari profilok, LED-del világító lécek, kábelcsatornák, fogaslécek, díszítőlécek.

A kétkomponensű fröccsöntés újabb változata: a koinjektálás vagy kofröccsöntés

A többkomponensű fröccsöntés ma már nem tartozik a különleges feldolgozási eljárások közé. Megfelelő gép- és szerszámtechnikával egy gyártósoron funkció tulajdonságokat hordozó formadarabokat lehet előállítani. Egy előforma másik műanyaggal végzett rá-, hátra- vagy körülfröccsöntésével jelentősen növelhető a termék értéke, megtakarítható a kézi szerelés, nemesíthető a felület. Ehhez alapvetően több szerszám szükséges, az előformát egy másik szerszámba helyezve végzik el a második fröccsöntést. Bonyolult eszközökkel (forgóasztal, kettőnél több szerszámfél, két ömledékcsatorna-rendszer a szerszámban) az eljárás valamivel egyszerűbb. Az ilyen

eljárással készített darabok (a teljesen körbeöntötteket kivéve) ránézve is felismerhetők.

A kofróccsöntött darabokról csak alaposabb szemügyre vétel után lehet megállapítani, hogy kétféle anyagból készültek. Ha felvágják őket, látható, hogy magból és héjból épülnek fel. Ezeket egyetlen szerszámban állítják elő, amelybe először a héjat képező műanyagot fröccsentik be, a másodikként befröccsentett műanyag behatol az előző ömledékbe, és ott magot képez (5. ábra). Az eljárást speciális fúvókával hajtják végre, a két műanyag keveredését a lamináris áramlás akadályozza meg. A jelenség hasonló a gázzal segített fröccsöntéshez, amelyben a gázbuborék az ömledék belsejében marad. A kofróccsöntés egymáshoz közeli viszkozitású anyagokkal is végrehajtható.



5. ábra A kofróccsöntés elve: a héj anyagába késleltetve nyomják be a mag anyagát

Kofróccsöntéssel készített termékek

Két különböző anyaggal olyan kombinált tulajdonságú termékeket lehet készíteni, amelyek egyetlen anyaggal nem lennének elérhetők. A formadarab optikai tulajdonságai függetlenednek a mechanikai követelményektől. A héj anyaga felel a felület szépségéért, a vegyszerállóságért, az éghetőségért, a nyomtathatóságért. A mag készülhet olcsóbb műanyagból, akár reciklátumból is. A szendvicsszerű felépítés jelentősen befolyásolja a mechanikai tulajdonságokat, különösen a hajlíthatóságot. Elsősorban a magtól függenek a szilárdsági és az akusztikai jellemzők.

Az eljárással különböző variációk valósíthatók meg:

- tömör héjréteg habosított maggal,
- tömör héjréteg erősített maggal,
- lágy felület kemény maggal,
- formastabil darab lágy felülettel,
- funkcionális mag,
- visszaforgatott anyagból készített mag.

Tömör héjból és habosított magból álló szerkezetet csak vastagabb falú termékekben lehet kialakítani. Előnye a beszívódásmentes felület, a rezgés- és hangcsillapítás. Funkcionális magok antisztatikumot tartalmazhatnak vagy záróréteget alkothatnak.

Egy virágtartó edényeket gyártó cég tömör héjjal és habosított maggal készíti termékeit. Hogy a magkomponens az edények felső széléig eljusson, optimálták azok formáját és nagyon pontosan szabályozták a gyártási folyamat hőmérsékletprofilját. A két anyag eloszlását befolyásolta a beömlőnyílás kiképzése és az anyagok viszkozitása. Az optimálás után a közel forgásszimmetrikus edény héjrétegének és magrétegének tömegaránya 40:60 lett.

Egy nyolcfészkes szerszámban kefefejeket gyártottak, de az egyik fészekben csak nagyon pontos gépbeállítással és stabil paraméterekkel tudtak megfelelő darabokat kapni. A részben fűtött, részben hideg ömledékcsatornákat tartalmazó szerszámban iteratív lépésekkel sikerült kiegyensúlyozni a beömlőrendszert. A kisebb és nagyobb átmérőjű ömledékcsatornában azonos nyomást kellett elérni, hogy a fészkek kitöltése egyenletes legyen. A magkomponenshez habosítóanyagot keverték, ezáltal lényegesen csökkentették az utánnnyomás időtartamát, és a kefefejekhez szükséges sík felületet is elérték.

Az egyik takarítógépeket előállító cégnél csak kofróccsöntéssel tudták termékeik burkolatának műszaki, optikai és gazdaságossági követelményeit teljesíteni. A 8 mm vastag burkolatok külső része PP, magja habosított PP. Egy másik cégnél villamos szekrényeket készítenek hasonló módon. Itt követelmény a csökkentett éghetőség. Égésgátlót csak a héj anyagába kevernek, hogy a izzóhuzalos vizsgálaton megfeleljen a termék.

A kofróccsöntött termékeken a második műanyag beömlési pontjánál gyakran egy apró folt mutatja, hogy a termék kétféle anyagból készült. Ez a héjkomponenssel végzett „pecsételéssel” lefedhető.

Ha a maganyag a héjréteg felületén megjelenik, általában hibásnak minősül a termék. Néha azonban éppen erre törekszenek. Ilyen technikával készítenek pl. márványhatású sícipő-felsőrészeket.

Vannak olyan próbálkozások is, hogy a *kofróccsöntést gázzal segített fröccsöntéssel kombinálják*. Ilyen módon állítottak elő gépkocsik ajtajához kilincseket, amelyek külső rétege galvanizálható, magrétege erősített műanyag, a gázzal segített fröccsöntés pedig megakadályozza a beszívódásokat. Hasonló technikával készítették médiavezetékét, amelynek külső rétege üvegszálal műanyag, belső rétege sima felületű hőre lágyuló műanyag, amelyben kisebb nyomáscsökkenéssel áramlik a folyadék.

Mire kell vigyázni?

Mint minden eljárásnak, a kofróccsöntésnek is megvannak a maga szabályai. *Nem minden műanyagpárhoz alkalmazható ez a technológia.* Az eltérő zsugorodás vagy hőtágulás, a gyenge tapadás beszívódást, vetemedést okozhat, a héj és a mag szétválhat. A tapadás előrebecslésében támaszkodni lehet a kétkomponensű fröccsöntéskor szerzett tapasztalatokra.

Fontos a héjréteg és a magréteg aránya, amelynek ajánlott értéke a formától, az anyagtól és az eljárástól függően ~40–60%. A belső anyag áttörése a beömlő helyének változtatásával korrigálható. Célszerű a rúdbeömlés alkalmazása, mert ebben a maganyag egy része vissza tud maradni. Két fűtött ömledékcsatorna-rendszerrel elkülönítetten kezelhető a két ömledékáram. Többfészkes szerszámban a magkomponens ki-egyenlített szállítása döntő fontosságú, az elkövetett hiba utánnomással nem javítható. Ha egyes fészkekben a héjkomponens „előresiet”, a késedelmeskedő fészkekben könnyen bekövetkezik a magkomponens áttörése.

A falvastagság és a folyási út viszonyára ügyelni kell, mert a nyomás növelésével vékonyodik a héj. Ha a darabon bordák is vannak, azokba korábban kell a héjkomponenst eljuttatni, mert ettől függ, hogy mennyi magkomponens jut el ebbe a tartományba. Ha egy bordát teljesen kitölt a héjanyag, maganyag csak a zsugorodáskor képes ide benyomulni. Fordulópontoknál és a sarkokban hasonló jelenség figyelhető meg, mint a gázzal segített fröccsöntésben: a belső oldalon rosszabb hővezetés az anyag felmelegedését okozza, emiatt csökken a héjréteg vastagsága.

Az anyagpárok kiválasztásában viszkozitásuk egymáshoz viszonyított aránya a döntő. Ha a magkomponens viszkozitása kisebb, mint a héjkomponensé, torz mag alakulhat ki. Ha a maganyag a viszkózusabb, stabil áramlással hatol be a szerszámba előzőleg befröccsöntött héjanyagba. Ha vékonyabb héjréteget akarnak, a héjpolimert általában kicsit túlmelegítik, hogy kisebb legyen a viszkozitása. Ugyanezt a célt szolgálja a szerszám hőmérsékletének növelése. Ügyelni kell a kétféle ömledék térfogatának arányára. Ideális esetben az első polimerbe éppen annyi második polimert nyomnak be, hogy az áttörést elkerüljék.

A gépi berendezés

A két ömledéket kevés kivétellel (ilyenek a fűtött csatornás szerszámok) közös ömledékcsatornában vezetik. Ez lehet egy átkapcsoló szelep, egy magas műszaki színvonalú kofröccsöntő fej, egy kiegészítő lemez. A kofröccsöntő fejben többnyire tüelzáras található. Ez 2–3 beállítható helyzetbe hozható, és átkapcsolását hidraulikusan vagy pneumatikusan az ömledék nyomása vezérli. A cél az, hogy lehetőleg rövid folyási úton kevés anyagot juttasson a csatornába. Az ilyen kofröccsöntő fejek lehetővé teszik a beömlés helyének lepecsételését.

A fröccsöntés gazdaságosságában az energia és a beruházás költségein kívül fontos tényező az anyagköltség. Az utóbbit lehet mérsékelni regranulátum felhasználásával és a darab tömegének csökkentésével. Ezért előnyös olyan gyártóberendezés beszerzése, amellyel nagy térfogatú egykomponensű és kétkomponensű fröccsöntés végezhető, de felhasználható kofröccsöntéshez is.

Célszerű két fröccsaggregátot beszerezni, amelyek lehetnek azonos vagy különböző nagyságúak, és amelyeket egymás mellé, egymással párhuzamosan állítanak fel. Az álló szerszámfelfogó lapra szerelik fel a kofröccsöntő fejet, amely egyszerűen csatlakoztatható a szerszámmal.

A két gép úgy is használható, hogy az azonos anyagáramot bevezetik egy közös fúvókába, és az így megkettőzött térfogatot fröccsentik be a hagyományos fröccsszerszámba. Ilyen módon egy nagy fröccsöntő gép helyett két kisebbel dolgoznak, amelyek kevesebb helyet foglalnak, és rugalmasabbá teszik a vevők kiszolgálását.

Összeállította: Pál Károlyné

Steiner, G.; Pühl, T.: Exjection: Spritzgießen ohne Limit = Gummi, Asbest, Kunststoffe (GAK), 63. k. 11. sz. 2010. p. 680–684.

Egger, P.; Kralicek, M.; Zeidlhofer, H.: Starke Partner = Kunststoffe, 99. k. 11. sz. 2009. p. 26–29.