

Fröccsöntés gáz és víz segítségével

A műanyag-feldolgozásban szinte a kezdetek óta alkalmaznak különféle gázokat, újabban folyadékokat. Gázokkal készítenek habosított szerkezetű műanyag gyártmányokat akár a fröccsöntő vagy az extrudáló üzemben, akár a speciális habosítóüzemekben, pl. poliuretánhabok előállításakor. Gázokat hűtőközegként is használnak. A fröccsöntés egy újabb, sokat ígérő változata pedig a gázzal segített vagy más megnevezés szerint a gázinjektálásos, gázellennyomásos fröccsöntés (GIT, Gasinjektionstechnik), amelyben egy fúvókán keresztül a szerszámüregbe nyomott gáz oszlatja el az ömledéket az üregben, amelynek megdermedése után az eltávolított gáz helyén a termék belsejében üreg marad. Nagyon hasonló ehhez a vízzel segített fröccsöntés (WIT, Wasserinjektionstechnik) vagy általánosabban a folyadékkal segített fröccsöntés (FIT, Fluidinjektionstechnik).

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; gázok alkalmazása; fröccsöntés; gázinjektálás; vízinjektálás; kétkomponensű fröccsöntés.

Gázok alkalmazása a műanyag-feldolgozásban

A gáz alkalmazásának célja lehet a termék tömegének vagy a ciklusidőnek a csökkentése, a termék minőségének javítása, habosításkor a kisebb sűrűség és a környezet kímélése.

Poliuretán habosításához jól bevált a szén-dioxid mind a folyamatos, mind pedig a szakaszos eljárásokban. Lágy poliuretán tömbhabok folyamatos gyártásakor folyékony CO₂-t vezetnek egyenletesen, nagy nyomás alatt a PUR-keverékbe. Szakaszos eljárásban a CO₂-t beinjektálják a zárt szerszámba. Ehhez többféle műszaki megoldás áll rendelkezésre. A folyékony CO₂-t minden esetben nagyon pontosan kell adagolni.

*Az extrúziós habosítás sem új eljárás. Közvetlenül bevezetett gázzal (fizikai habosítással) erőteljesebben felhabosodott terméket, könnyebb habokat lehet gyártani. Extrudált habokat számos területen használnak, pl. a csomagoló-, az építő-, a jármű-, a villamosiparban és a kábelgyártásban. Gyakori a szén-dioxid, de esetenként a nitrogén használata is. CO₂ alkalmazásakor különösen fontos az eljárási paraméterek betartása. A gázok nagy nyomás alatti pontos adagolásához, a CO₂ buborékmentes bejuttatásához a **Linde AG** (Unterschleißheim, Németország) kínál megfelelő berendezéseket.*

Fröccsöntéssel gyakran készítenek ún. mikropórusos szerkezetű terméket, amely lényegében egy finoman habosított szerkezetű darab, amelynek felületét pórusmentes fedőréteg, „bőr” takarja. A nagyon kis üregek és az egyenletes cellaszerkezet a hagyományos habokénál jobb mechanikai tulajdonságokat eredményez. A mikropórusos szerkezet kb. 30%-kal csökkenti a termék tömegét, és meggátolja a vetemedést.

*A szerszámokat általában folyadékkal temperálják, de a szerszám nehezen hozzáférhető elemeinek, pl. a vékony és hosszú magok kiegészítő hűtését eredményesen lehet gázzal végezni. Ezt az eljárást a **Linde** cég egy partnerével közösen fejlesztette ki *CO₂-Spot-Cooling* néven. A folyékony CO₂ kb. 60 bar nyomás alatt hajlékony kapillár-csőveken keresztül jut el a hűtendő szerszámelemhez. Itt elpárologva maga a párolgás is erőteljes hűtő hatást fejt ki. Az eljárással a hűtési idő, ezáltal a ciklusidő akár 50%-kal csökkenthető.*

Gázzal segített fröccsöntés

*Belső üregeket tartalmazó termékek (csövek, fogantyúk) gyártásához alkalmazzák a gázellennyomásos fröccsöntést. Ehhez nitrogént használnak, amelyet nagy nyomással injektálnak a szerszámüregbe, mielőtt azt az ömledék teljesen kitöltené. Az eljárással javítható a termék minősége, csökkenthető tömege és a felhasznált anyag mennyisége, rövidíthető a gyártás ciklusideje. A N₂ gáz összenyomásához (300 bar-ig) és pontos adagolásához ajánlja a **Linde** cég *Desy 300/100* jelű berendezését. A belső üreget tartalmazó formadarabok belső hűtéséhez is gyárt a cég alkalmas berendezést. Ha a belső hűtéshez nitrogént használnak, 100–300%-kal nő meg a N₂-felhasználás, de 30%-kal csökken a ciklusidő és méretpontosabbak, belső felületükön simábbak lesznek a darabok.*

A **Günther Heisskanal GmbH** (Frankenberg, Németország) 2004-ben szakmai napot rendezett a gázzal segített fröccsöntésről, amelyen több cég képviselője tartott előadást az eljárásról, annak alkalmazási lehetőségeiről, a szerszámkialakításról, a felhasználható műanyagokról. A rendező cég egyik munkatársa a gázinjektálás kivitelezésére kifejlesztett új módszert ismertette.

A szokásos eljárás szerint a szerszám egy tetszőleges részét megfűrik, és a furaton keresztül vezetik be a gázinjektáló tüt a szerszámüregbe. Ennek hátránya, hogy a beömlési pont mellett még egy szúrásnyom is látszik a kész darabon. A Günther cég *GaNaSys* (Gasnadelsystem) technológiája ezt a gondot megszünteti, és alkalmazásával *zárt üreges test is előállítható. A megoldás lényege egy tüelzáró szelep modulszerű fűvókával és a szelep és a fészek közötti termikus elválasztással. A gázinjektor működés közben a beömlőnyíláson keresztül a fűtött csatornába nyúlik be, és a gázt közvetlenül az ömledékbe vezeti.* Ennek az az előnye, hogy a gáznak nem kell a beömlőnyíláson keresztül utat törnie magának, és nem kell egy második furatot tenni a szerszámba. A fűtött csatorna és a szerszám hőtágulása nem okoz gondot. A gáz befűvése után a fűvóka lezáródik. A visszahúzódó tű helyét az utánáramló ömledék betölti. A formadás végére a tű kiindulási helyzetébe jut.

A zsugorodást kis nyomással lehet ellensúlyozni, ennek következtében kevés belső feszültséget tartalmaznak a formadarabok. További előny, hogy a fröccsöntő gép méreteit nem a szerszámzáráshoz, hanem a gyártandó darabnak megfelelő szerszámméret felfogásához kell megválasztani. A gázcsatornák az ömledék folyását is segítik.

Az üregek kialakításához legtöbbször nitrogént használnak. Ha egy mag visszahúzásával alakítják ki azt, túlnyomásos levegőt is lehet alkalmazni. Az új technika bi-

zonyos korlátozással a vízzel segített fröccsöntéshez és alapvetően minden olyan eljárásvariációban alkalmazható, ahol a gáz és az ömledék iránya azonos: részleges szerszámkitöltés (shortshot), zsugorodáskompenzáció (fullshot), mellékszerszámüreg (Nebenkavitätenverfahren), magvisszahúzás (Kernzugverfahren).

Az eljáráshoz kifejlesztettek egy olyan szabályozóberendezést, amely a gáztechnikai, a hidraulikus, az elektromos és a pneumatikus funkciókat egyaránt vezérli. Egy multifunkcionális szoftver és hardver gondoskodik arról, hogy a gázbevezetést összehangolja a fűtött csatorna ömledékellátó rendszerével. A moduláris felépítés lehetővé teszi, hogy a rendszert a vásárló egyéni igényeinek leginkább megfelelő módon építsék ki.

A vízzel segített fröccsöntés

A vízzel segített fröccsöntés elvében erősen hasonlít a gázzal segített fröccsöntéshez: a szerszámüregot megtöltik ömledékkel, majd miután a szerszámfallal érintkező réteg megdermed, vizet nyomnal az üregbe, amely egy időközben megnyíló szelepen keresztül egy melléküregbe nyomja a még folyékony ömledéket.

A vízzel segített fröccsöntés előnyei a gázzal segített fröccsöntéssel összehasonlítva:

- a rövidebb hűtési idő,
- 20–30%-kal rövidebb ciklusidő,
- nagyobb átmérőjű fomadarak készíthető,
- kisebb falvastagságot lehet elérni,
- szebb az üreg belső felülete,
- megfelelő szerszámkonstrukció esetén a gyártás nincs licencvásárláshoz kötve.

A vízzel segített fröccsöntés hátrányai a gázzal segített fröccsöntéssel összehasonlítva:

- összeszereléskor a kispriccelő víz veszélye,
- a szerszám nagyobb beruházást igényel,
- nem dolgozható fel bármilyen műanyag,
- a szerszámban korrózió léphet fel,
- látható minőségű felületeket nehéz előállítani,
- a folyamat közben tartása nehezebb.

A vízzel segített fröccsöntéssel sokan próbálkoznak, de még kevesen jutottak el a sorozatgyártásig. Ezek egyike a **Schneeganz Silicon GmbH** (Losenstein, Ausztria), amely 28 fröccsöntő gépén gyárt különböző autóalkatrészeket. A cégnél *az új technológiával olajsintmérő pálcát megvezető, három irányban görbített csövet készítenek szállal erősített poliamid 66-ból*. A fröccsöntött darab tömege 195 g, a beszerelendő alkatrész (a vele együtt gyártott és a beszereléshez szükséges szerelvényekkel együtt) 125 g. Ciklusideje 25 s. Ezt a háromdimenziós csövet a rendelkezésre álló hagyományos eljárásokkal műanyagból nem tudták előállítani, mert a szokásosan alkalmazott magot nem lehetett kihúzni. A PA 66-ból készített új gyártmány fémből gyártott előd-

jével szemben nem rozsdásodik, nem kell lakkozni, a szerelvényeket nem kell külön felerősíteni, tömege 50%-kal, gyártási költsége 30%-kal kisebb.

Nem volt könnyű a sorozatgyártásig eljutni. Próbálkoztak gázzal segített fröccsöntéssel is, de az egyenetlen falvastagság és a durva belső felület miatt erről le kellett mondani. A kereskedelmi forgalomban kapható anyagok között nem találtak minden tekintetben megfelelőt. Kiderült, hogy sem a túl száraz, sem a nedves poliamiddal nem boldogulnak. Végül a **DuPont** cég fejlesztett ki számukra egy ehhez a technológiához alkalmas, speciális üvegszálás PA 66-ot. Az **Engel** cég ugyancsak segítette a munkát. Vezetőoszlopok nélküli, 2000 kN-os gépet bocsátott a rendelkezésükre, alkalmas víz-injektáló szerkezetet fejlesztett ki, és a további kiegészítő berendezések, pl. a vízelőkészítő, a kiszolgáló berendezések is tőle származnak.

A vízzel segített fröccsöntés számítógépes szimulációja még kezdetleges, ezért nagyon sok üzemi kísérletet végeztek. Meg kellett küzdeniük a nem összefüggő belső üreggel, a víz-injektálás tömítetlenségeivel, az üvegszálak összekuszálódásával, a vízfúvóka eltömődésével stb. Kiderült, hogy rendkívül fontos a szerszám és a hengerben a zónák hőmérsékletének egyenletessége, és egyáltalán a paraméterek kényszerítő betartása.

A bonyolult háromdimenziós forma és az eljáráshoz szükséges melléküreg miatt nagyon nagy felületű szerszámra és nagy felületű felfogó felületre, de viszonylag kicsi szerszámzáró erőre volt szükség. Ezért volt elegendő az említett 2000 kN záróerejű, vezetőoszlopok nélküli gép. Vezetőoszlopos gép esetén 4000 kN záróerejűt kellett volna alkalmazni.

A gyártás teljes kapacitáskihasználással 2005 márciusa óta folyik. 2005-ben 240 ezer háromdimenziós csövet akarnak gyártani a BMW számára üvegszálás olajsztímérő megvezetésére.

Egy hollandiai cég, a **Schoeller Wawin Systems** (Vilsteren) ugyancsak sorozatgyártásban alkalmazza a vízzel segített fröccsöntést. A cég 2003 végén kezdett tervezni egy 600x400 mm alapterületű, 280 mm magas *összehajtogatható rekeszt zöldséggyümölcs szállítására*. Célkitűzés volt a termék stabilitása mellett a nagy termelékenység, azaz a rövid ciklusidő. Az oldalfalakat kezdettől fogva dupla falúnak képzelték, de az üregeknek a higiénia érdekében zártnak kellett lenni. A cégnek már voltak tapasztalatai a gázzal segített fröccsöntésről, de az ezzel elérhető ciklusidőt nem találták elég rövidnek. Úgy döntöttek, hogy megpróbálkoznak a vízzel segített fröccsöntéssel. Felvették a kapcsolatot a szerszámgyártó **Haidlmair** (Nußbach, Ausztria) céggel, amellyel már korábban is dolgoztak együtt, továbbá a fröccsöntő gépeket gyártó **Engel** (Schwertberg, Ausztria) céggel, amelynek voltak tapasztalatai a vízzel segített fröccsöntésben. Az Engel cég „*Watermelt*” elnevezésű víz-injektáló berendezését és szabályozástechnikáját adta a kifejlesztett technológiához. A Haidlmair cég pedig számtalan új ötlet felhasználásával olyan szerszámcsaládot tervezett, amelyben *egyetlen fröccsöntési ciklusban lehet előállítani a bordákkal erősített fenéklapot és a négy üreges oldallapot*. A négy oldallap víz-injektálással készül. A víz-injektáláskor azt a módszert alkalmazzák, amelyben a fészket megtöltő ömledék „felesleges” részét a víz egy melléküregbe nyomja. A melléküregbe áramló ömledéknek a hosszú oldallapokból maxi-

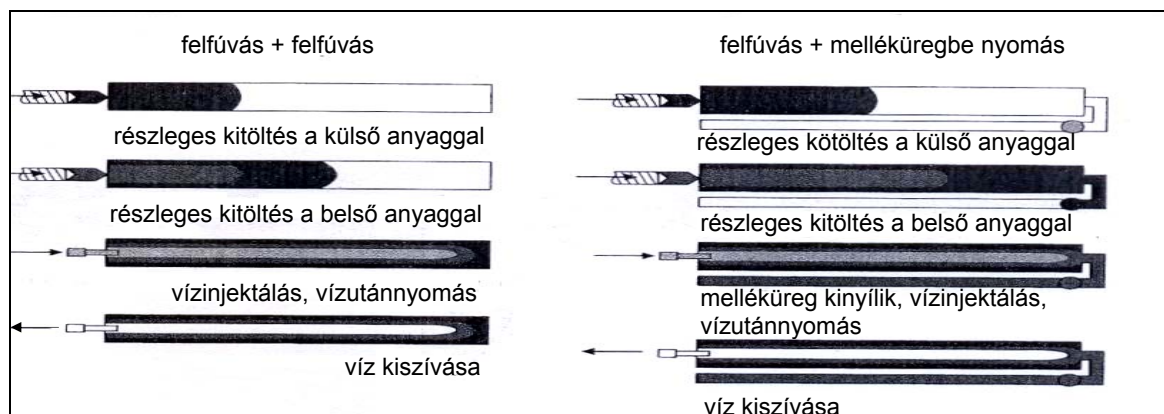
málsan 1100 mm-t, a homloklapokból csak 800 mm-t kell megtennie, aminek műszaki feltételeit is meg kellett oldani.

Az új technológiát a düsseldorfi K'2004 kiállításon az Engel cég mutatta be egy Duo 7050/1100 típusú 11000 kN záróerejű óriás fröccsöntő gépen. A gyártás teljesen automatikusan, emberi beavatkozás nélkül ment. Az ötfészkés szerszámból robot emelte ki a rekesz elemeit, leválasztotta a melléküregben megdermedt anyagot, majd „összeszerelte” az oldallapokat a fenéklappal. A gyártósorról tökéletesen kész rekeszek kerültek le.

A kétkomponensű és a vízzel segített fröccsöntés kombinálása

Míg a feldolgozók még csak „kóstolgatják” a vízzel segített fröccsöntést, az aacheni Műanyag-feldolgozó Intézetben (IKV, Institut für Kunststoffverarbeitung) már a kétkomponensű fröccsöntést (2K) próbálják kombinálni a folyadékbefúvással segített fröccsöntéssel (FIT). A 2K-FIT eljárást elsősorban dupla falú vezetékek gyártására szánják, ahol a belső réteg olyan műanyagból készülne, amely lehetővé teszi a folyadék (víz) injektálását, a külső réteg pedig a mechanikai vagy más elvárt tulajdonságokat biztosítja. Ilyen műanyagpár pl. egy 50% hosszú üvegszálat tartalmazó polipropilén (PP LGF50), amely nagyon nehezen fröccsönthető gáz vagy víz injektálása mellett, és az ilyen technológiával feldolgozható 15% ásványi töltőanyagot tartalmazó polipropilén (PP M15).

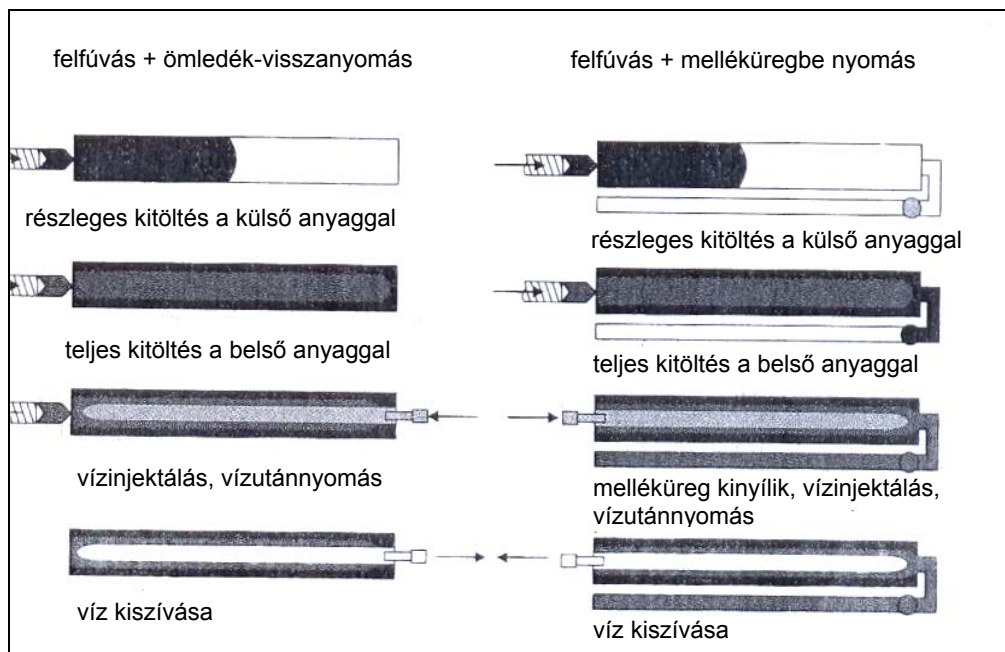
A kísérletekben egy 1000 mm hosszú, 20 mm átmérőjű, U-alakban meghajlított csövet állítottak elő a folyadékkal segített fröccsöntés különféle változataival.



1. ábra. 2K-WIT eljárás. A külső és a belső réteget alkotó műanyag is részlegesen tölti ki a szerszámüreget a víz befúvása előtt. A bal oldali képsorban a víz mindkét műanyagot felfújja; a jobb oldali képsorban a víz a belső réteget felfújja, a külső réteg „feleslegét” a kinyíló melléküregbe nyomja

Az első változatban csak részlegesen töltik meg a külső és a belső réteget adó műanyag ömledékével a szerszámüreget, mielőtt befecskendeznék a folyadékot. Az

eljárásnak van egy melléküreget alkalmazó és nélküli alváltozata (1. ábra). A második változatban a külső réteget adó műanyaggal részlegesen, a belső réteget adó műanyaggal teljesen kitöltik a szerszámüreget. Ennek a változatnak is két alváltozata alkalmazható (2. ábra). További változatokban mindkét műanyaggal teljesen kitöltik a szerszámüreget.



2. ábra. 2K-WIT-eljárás. A külső réteget alkotó műanyag teljesen, a belső réteget alkotó műanyag részlegesen tölti ki a szerszámüreget a víz befűvése előtt. A bal oldali képsorban a belső réteg felfűvésakor a víz a külső réteg „feleslegét” visszanyomja a fröccsöntő gép hengerébe; a jobb oldali képsorban a belső réteg felfűvésakor a víz a külső réteg „feleslegét” a kinyíló melléküregbe nyomja

Az eljárási változattól függetlenül a fröccsöntés első szakaszában a külső réteget alkotó műanyag („bőrréteg”) veszi körül az injektort, és ennek a műanyagnak a szerszámfallal érintkező rétegei megdermednek. A következő szakaszban beáramló, belső réteget alkotó műanyag („magréteg”) maga előtt kell tolni a bőrréteget úgy, hogy az ne jelenjen meg a majdani üreg felületén. Ehhez úgy kell elhelyezni az injektort, hogy azt a magréteg tökéletesen körülfolysa. Hogy elkerüljék a varratképződést, *egy dugattyú segítségével előre-hátra mozgatható, túszerű injektort készítettek, amelyet a fröccsfázisban hátrahúznak, majd a vízinjektálás fázisában előretolva átszúrják vele a már megdermedt szélső műanyagréteget és a vizet a még folyékony ömledékrétegbe nyomják.*

Az eljáráshoz összeillő anyagpárt kell választani és – a szendvics-fröccsöntéshez hasonlóan – figyelembe kell venni a műanyagok tapadását, tulajdonságait, feldolgozhatóságát. Fontos a viszkozitás, a feldolgozási hőmérséklet hasonlósága. A nyíróvisz-

kozitás aránya, k_η meghatározza a két réteg határfelületének parabolaformáját. Ha $k_\eta < 1$, azaz a kisebb viszkozitású anyag hatol be a nagyobb viszkozitásúba, az ömledékfront előrehaladásakor a határfelület tompa, ha $k_\eta > 1$, azaz a nagyobb viszkozitású műanyag hatol be a kisebb viszkozitásúba, a határfelület kerekesebb parabolaformát képez. Éles irányváltással tervezett darabok előállításakor nem célszerű $k_\eta > 1$ viszkozitásarányú műanyagpárral dolgozni.

Kétkomponensű feldolgozás esetében a gázzal és a vízzel segített fröccsöntés összehasonlításakor hasonlóak a tapasztalatok. A WIT kisebb falvastagságot eredményez. Ha a belső réteg PP-ből készül (más anyaggal eddig nem próbálkoztak), a belső felület minősége jobb, mint a GIT alkalmazásakor. *A vízinjektációs eljárás legnagyobb előnye azonban a hűtési idő jelentős csökkenése.*

Összeállította: Pál Károlyné

Resgren, U.; Praller, A.: *Industriegase in der Kunststoffverarbeitung.* = *Kunststoffe*, 94. k. 9. sz. 2004. p. 251–252.

Bremmer, H.-W.: *In Zukunft geschlossen. Heißkanaltechnik und Gasinjektion.* = *Plastverarbeiter*, 55. k. 7. sz. 2004. p. 62–63.

Götz, W.: *Wasserspiele. Ölmesstab-Führungsrohr aus Polyamid.* = *Plastverarbeiter*, 56. k. 7. sz. 2005. p. 16–18.

Erste WIT-Klappbox. Wasserinjektionstechnik vereint Stabilität und Schnelligkeit. = *Kunststoff Berater*, 2005. 1–2. sz. p. 12–14.

Michaeli, W.; Lettowsky, Ch.; Grönlund, O.: *Herstellung mehrschichtiger Medienleitungen.* = *Kunststoffe*, 2005. 9. sz. p. 126–131.