

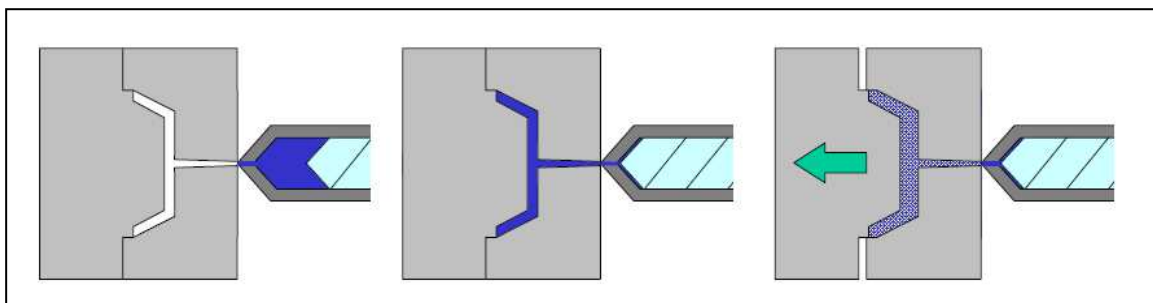
Speciális fröccsöntési technikák: habmagvú termékek és üreges formadarabok gyártása gáz segítségével

A speciális fröccsöntési technikák közül figyelemre méltók a gázzal segített eljárások. A következőkben bemutatjuk a habfröccsöntést, az ezzel gyártott termékek a külső tömör réteg alatt mikropórusos szerkezetet tartalmaznak. A GIT eljárásban a fröccsöntött darabok belsejében gáznyomással üreget képeznek. Mindkét technológiával csökken az anyagfelhasználás, könnyebbek lesznek a termékek, ami gazdaságilag előnyös és kedvezően hat a környezetre is.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; habfröccsöntés; GIT eljárás.

Habmagvú termékek fröccsöntése

A közelmúlt évek óta számos műanyag-feldolgozó üzemben alkalmazzák az ún. habfröccsöntést (FIM, foam injection molding), amellyel a tömör formadaraboknál 10-30%-kal könnyebb termékeket tudnak előállítani, emellett a fröccsöntött ömledék folyóképessége is növekszik, ami megkönnyíti a feldolgozást, a kisebb tömeg révén pedig anyagot, azaz költséget takarítanak meg. A FIM eljárással gyártott termékek szilárdsága semmivel sem kisebb, mint a tömör daraboké, mert külső rétegüket tömör műanyag alkotja, és csak belső magjuk tartalmaz finom mikropórusokat. Ezt úgy érik el, hogy befröccsöntéskor a szuperkritikus gázt tartalmazó, magas nyomás alatt tartott ömledék fallal érintkező felületi rétege habosodás nélkül dermed meg, de mielőtt a teljes formadarab lehülne, előre meghatározott mértékben kicsit megnyitják a szerszámot, a nyomáscsökkenés hatására a még lágy ömledékben a gáz buborékokat, ill. cellákat képez, amelyek a teljes lehülés után mikropórusos szerkezetet alkotnak (1. ábra).



1. ábra A szuperkritikus gázzal végzett habfröccsöntés folyamata (részleteket lásd a szövegben)



2. ábra A Trexel cég *MuCell* plasztikáló egysége

A habfröccsöntéshez alkalmazott technológiák közül a legismertebb a Trexel cég *MuCell* márkanevű eljárása, amelyet eredetileg az USA-ban a Massachusettsi Technológiai Intézet fejlesztett ki, és amely a Trexel cég *MuCell* plasztikáló egységének kiegészítésével (2. ábra) bármilyen szokásos fröccsöntő gépen alkalmazható. Sokféle polimer (PE-HD, PVC, ABS stb.) feldolgozható ilyen módon, a habosítást szuperkritikus gázzal, N_2 -vel vagy CO_2 -vel végzik. A plasztikáló egység segítségével közvetlenül az ömledékbe injektált gázok feloldódnak a polimerben, azzal egyfázisú, homogén elegyet képeznek, az elegyre ható nyomás csökkenésekor pedig egyenletesen eloszló apró buborékokat, megdermedés után magas minőségű mikropórusos habszerkezetet hoznak létre még benn a szerszámban. A Trexelnek számos fröccsöntő gépet gyártó vállalattal (Milacron, Engel, Arburg stb.) van szoros kapcsolata, amelyek kínálatában a Trexel *MuCell* FIM technológiájának alkalmazására alkalmas kiegészítéssel ellátott gépek is megtalálhatók.

Habfröccsöntést szokásos fröccsgépeken ilyen speciális kiegészítés nélkül is lehet végezni. Ilyenkor nem az ömledékbe nyomnak gázt, hanem a gépbe adagolt granulátumhoz kevernek szilárd halmazállapotú kémiai habosítóanyagot, amely a plasztikáló hengerben felmelegedve gázképződéssel – legtöbbször ugyancsak N_2 vagy CO_2 – bomlik. Ezek a gázok is összekeverednek az ömledékkel befroccsentes előtt. Ilyen habosítószernek nagy variációját gyártja a Bergen International (USA), amelyek közül a polimerfajta és a kívánt buborékméret

szerint lehet a legalkalmasabbat kiválasztani. Vannak közöttük exoterm bomlásúak, ezek többnyire hidrazint vagy azovegyületeket tartalmaznak és nitrogént szabadítanak fel, és vannak endoterm bomlásúak, ezek hatóanyaga bikarbonát és citromsav, belőlük szén-dioxid fejlődik.

A FIM típusú fröccsöntést számos iparágban alkalmazzák, az autógyártástól az élelmiszer-csomagolásig. Az autógyárakban a tömegcsökkentés előnyeit értékelik elsősorban, más iparágakban a formázás nagyobb szabadsága, a bonyolultabb formák megvalósításának lehetősége és az anyagmegtakarítás miatt kedvelik.

Széles körű alkalmazása ellenére a FIM eljárás „titkait” még nem tárták fel teljes mélységükben, ezért akadémiai és ipari kutatóhelyeken próbálják ezeket felfedni, mert úgy gondolják, hogy ebben a technológiában ott rejlik a további fejlesztés lehetősége. Azt mindenki tudja, hogy a buborékképződés akkor indul meg, amikor az ömledék és a gáz keveréke bejut a szerszámba, ahol csökken a keverékre a hengerben ható nagy

nyomás. Az ömledékben oldott gáz ilyenkor buborékokat képez, hasonlóan, mint a szódavízben, ha lenyomják az üveget zárva tartó, ill. a vizet kiengedő kart.

A buborékképződés lényegében egy meglehetősen bonyolult gócképző folyamat eredménye. Ebben a buborékok a szerszámban előre haladva folyamatosan növekednek és a buborékok egyesülésre is hajlamosak. A folyamat részleteit még nem ismerik, pedig ez határozza meg a termék szilárdságát és minőségét. A gyártók számára az volna az ideális termék, amelyben a buborékok a teljes tömegben egyenletesen oszlanának el és azonos méretűek lennének. A jelenleg gyártott termékekre ez nem jellemző, mert a buborékképződés és -növekedés az adott helyen és adott pillanatban a nyomástól és a hőmérséklettől függ, amely a szerszámkitöltés alatt időtől és helytől függően állandóan változik. Ezért a beömléshez közel finomabbak, attól távolabb nagyobbak a termékekben a pórusok.

Laboratóriumi körülmények között számítógépes modellezéssel már több helyen tanulmányozták a buborékképződést. A közelmúltban a Torontói Egyetem (Kanada) kutatói egy szaklapban jelentettek meg cikket (European Polymer Journal, 76. k. p. 2-13. 2016.), amelyben egy átlátszó ablakkal ellátott szerszámot hordozó valódi üzemi fröccsgépen végzett megfigyeléseikről számoltak be. A kísérletben PS-t fröccsöntöttek szuperkritikus CO₂-vel. A fröccsgép MuCell plasztikáló egységgel volt felszerelve. Vizsgálataikban arra koncentráltak, hogy a hengerben alkalmazott nyomás nagyságának hatását tisztázzák. Az ipari gyakorlatban alkalmazott kisebb nyomással szemben a nagyobb nyomással végzett FIM fröccsöntéskor homogénebb habot és egyenletesebb pórusméretet kaptak. Ennek okát abban vélték megtalálni, hogy nagyobb nyomás mellett a szerszámba lépés után a buborékméret növekedésének sebességét nem a kitöltés alatti nyomáscsökkenés (amely nem túlságosan nagy) határozza meg, hanem a polimer/gáz keverék hűlése és az ennek nyomán bekövetkező zsugorodás okozta nyomáscsökkenés szabályozza. Mivel a zsugorodás sebessége a szerszámban mindenütt viszonylag egyforma, nagy nyomás mellett ez a hatás erősebben érvényesül. A kutatók azt is észlelték, hogy optimálisan megválasztott nagy nyomással végzett fröccsöntéskor a beömlés közelében képződő apró buborékok az ömledékkel továbbhaladva ismét feloldódtak a polimerben, ezért a termék pórusainak méretét végül mindenütt a zsugorodás szabta meg.

A buborékok méretének hasonlóságát szilárd részecskékkel, gócképző adalékokkal lehet kézben tartani. 2015-ben az SPE habokkal foglalkozó kyotoi konferenciáján a Mazda autógyártó cég előadója számolt be arról, hogy egy szorbitolbázisú gócképzőt (Gel All MD, a New Japan Chemical Co., Ltd gyártmánya) keverték PP-hez, amelyet az ömledékbe injektált szuperkritikus N₂-vel fröccsöntöttek. Az adalék hatására a termékekben kisebbek és hasonlóbb méretűek lettek a pórusok, a termék rugalmassága pedig 30%-kal nőtt.

A Trexel cégnél kifejlesztettek egy olyan adalékot, amelyben kombinálták a gócképző és habosító hatást. A szabadalmaztatott *TecoCell* nagyon finom szemcseméretű CaCO₃, amely CO₂ felszabadításával végzi el a habosítást.

A Kyotoi Egyetem és hongkongi Hitachi Maxwell cég a konferencián mutatta be közösen kidolgozott új FIM technológiáját, amelyben egy szeleppel szabályozni tudják

a N_2 nyomását a fröccsgép hengerében, ez által a gáz oldhatóságát az ömledékben és a cellaméretet a termékben.

Akad javítani való a habfröccsöntéssel gyártott termékek felületi minőségén is. A termék felületén a felület hibátlanságát zavaró csíkok jelenhetnek meg, amelyeket néha texturálással el lehet fedni. A csíkokat azok a buborékok okozzák, amelyeket az ömledék a hideg szerszámfalhoz szorít. A németországi Fraunhofer Intézetekhez tartozó Kémiai Technológiai Intézet (ICT, Institute for Chemical Technology) ezt a hibát a szerszám egyes részeinek differenciált fűtésével próbálja megoldani. A melegebb felületeken a polimer tovább marad formázható, ezért arra számítanak, hogy mivel a buborék nem válik azonnal rideggé, a polimernek lesz annyi ideje, hogy behatoljon a buborék helyére és kisimítsa a felületet.

Fröccsöntött üreges testek gyártása CO_2 segítségével

A németországi Engel Formenbau und Spritzguss GmbH-ban két Engel testvér már 25 éve foglalkozik olyan fröccsöntött formadarabok gyártásával, amelyek belsejében gáznyomással üreget alakítanak ki. *Ez a technológia (GIT, Gasinnendrucktechnik) különösen alkalmas vastag falú, bonyolult körvonalú termékek előállítására, amelyekre jellemző a tetszetős fényes külső felület.* Az eljárás lényege, hogy a már szerszámüregbe töltött ömledékbe gázt injektálnak, ennek nyomása kiszorítja az ömledék egy részét az anyag belsejéből, a maradékot pedig a szerszám falához nyomja. Az ömledék megdermedése után a gázt eltávolítják a kész darabból. Az ilyen módon előállított formadarab előnyei a tömör formadarabhoz képest a kisebb anyagfelhasználás, a tömegcsökkenés, a termék nagyobb stabilitása és méretállandósága, továbbá a beszívódások elmaradása.

A cég már korábban is szorosan együttműködött a gázspecialista Linde és a nagynyomású technikában járatos Maximator céggel, és többször módosítottak a GIT technológián a jobb hatásfok érdekében, mindenekelőtt a kezdetben alkalmazott N_2 hűtő hatásának a növelése érdekében, de voltak megoldásaik az oxidáció okozta gázinjektor-elszennyeződés meggátlására is.

Az N_2 gáz kis sűrűsége és alacsony fajlagos hőkapacitása miatt hosszú ciklusidőket kellett alkalmazni, mert a belső hűtés lassú volt, a darab szinte kizárólag a szerszámoldal felől hűlt le. A néhány éve alkalmazható vízinjektálással el lehet ugyan érni rövid ciklusidőket, de az eljárás komplikált, gyakran lépnek fel üzemzavarok, sok bosszúságot okoz a csepegés és az eszközök is költségesek.

Mivel elsősorban az autógyártásban továbbra is szorgalmazták a rövidebb ciklusidők megvalósítását, az üreg kialakítására bevezették a CO_2 gázt. Ez a GIT technológiában alkalmazott nyomáson sokkal sűrűbb a N_2 -nél, jóval nagyobb a hőkapacitása, emellett a nyomás levételekor kitáguló gáznak jelentős hűtő hatása is van.

A gáz alakú N_2 -vel ellentétben a CO_2 -t folyékony halmazállapotban injektálják az ömledékbe, de ez a gázvezetékben szuperkritikus állapotba kerül a környezetéből felvett hőtől. A nyomásnak 150 bar fölé kell emelkednie, mert csak ekkora nyomáson haladja meg a CO_2 sűrűsége jelentősen a N_2 -ét. A nagyobb nyomás miatt a gázfo-

gyasztás is elég nagy mértékben megemelkedik, de az eljárás előnyei ezt bőségesen ellensúlyozzák.

A CO₂ alkalmazása miatti nagyobb nyomás és a nyomásszabályozás miatt módosítani kell a gyártóeszközöket, és CO₂-re optimalizált fúvókát kell használni. Ezek kipróbálására a Linde és a Maximator cég kísérleti berendezést épített. Ezen az Engel cég teljesen gyakorlati körülmények között hűtőgépfogantyúkat fröccsöntött. CO₂-vel a ciklusidő 36%-kal volt rövidebb, mint N₂-vel.

A CO₂ a műanyag-feldolgozásban hasznos lehet. Például célirányosan hűthetők vele a szerszámok bizonyos pontokon. Ahol azonban nagy mennyiségű CO₂ kerülhet a levegőbe, ott koncentrációmérést kell bevezetni és megfelelő biztonsági intézkedéseket is kell hozni.

A Linde és a Maximator cég aktuális fejlesztéseinek eredménye a *Platinum GIM C* rendszer. A felhasználók számára – ezek egyike az Engel Formenbau und Spritzguss GmbH – a két cég elkészített egy CO₂-sűrítő-szabályozó modult, amellyel a jelenlegi palackos gázellátásról egyszerűen áttérhetnek majd a jövőben megvalósítandó tartályos gázellátásra. A rendszer tartozékai között megtalálhatók a speciális CO₂-injektorok is.

Az Engel cégnél mindössze négy hétig tartott az áttérés az N₂-t használó GIT eljárásról a CO₂-t alkalmazó GIT eljárásra. Az átállás közben semmiféle probléma nem lépett fel, a fröccsöntő szerszámokat nem kellett módosítani.

Összeállította: Pál Károlyné

Evans, J.: Foaming up nicely. Injection foams are worth their weight in resin savings, but still have much room for improvement = *Plastics Engineering*, 72. k. 5. sz. 2016. p. 22–25.

Strawbridge, B.: MuCell injection molding: Unique process solutions for light weighting plastic parts = *Lightweighting custom eNewsletter*, www.trexel.com/-injection-molding-solutions/pdfs

Praller, A.; Himmelstein, R.: GID-Spritzgießen mit Kohlendioxid = *Kunststoffe*, 106. k. 2. sz. 2016. p. 6. 50–53.

Röviden ...

Krómozott hatású műanyag felület kialakítása

A krómozott felületű elemek nem csak előnyös esztétikai megjelenésük, hanem kellemes hűvös érzetű tapintásuk okán is népszerűek a felhasználók körében. Króm-trioxiddal készült dekoratív bevonatok készítése azonban az *EU 895/2014 REACH* környezetvédelmi rendelet XIV. függelékében rögzítettek alapján 2017. szeptemberétől nem engedélyezett.

A Kunststoff Heimbrechts AG új *Cool Brush* eljárást dolgozott ki, amellyel megfelelő vastagságú termékeknél a nagyobb hővezető képesség létrehozásával a kívánt „hideg tapintás” érzete valósítható meg. A kívánt hatást a fröccsszerszámban lézeres megmunkálással kialakított kefeszerkezetű felületre két-háromszoros rétegben felvitt lakkbevonattal érik el.

P. M.

Kunststoffe, 107. k. 1. sz. 2017. p. 21.

www.quattroplast.hu