

## Fejlesztések a habfröccsöntésben

A formadarabok fröccsöntésében arra törekszenek, hogy azok tömege lehetőleg kicsi, gyártásuk környezetkímélő és gazdaságos legyen. A fizikai habosítással végzett fröccsöntés mindhárom igényt kielégíti. Egyik változatát, a Mucell eljárást továbbfejlesztették, de bemutatták a teljesen új ötleten alapuló Profoam eljárást is.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; habfröccsöntés; Mucell eljárás; Profoam eljárás; poliftálamid; poliuretán.*

A fizikai habosítás egyik változata a már egy évtizede ismert *Mucell eljárás*, amelynek elterjedése eddig nem érte el a kezdeti várakozásokat, mert a formadarabok nem tökéletes felülete miatt azokat látható helyre nem lehetett beépíteni. A KraussMaffei és a Gealan cég közös erőfeszítései nyomán azonban sikerült ezt a hátrányt leküzdeni, sőt a *habok hegesztése is lehetővé vált*.

Az aacheni Műanyag-feldolgozó Intézetben (IKV, Institut für Kunststoffverarbeitung) egy egészen új fizikai habosítással végzett fröccsöntő technológiát fejlesztettek ki. Az Arburg cég más közreműködőkkel együtt megvalósította ennek ipari alkalmazhatóságát. A *Profoam eljárás* lényege, hogy nyomás alatt zárt rendszerben a habosító gázt a granulátummal keverik, és azzal együtt töltik be a fröccsgépbe. Az eljárást több helyen bemutatták már és hamarosan alkalmazható lesz a tömegtermelésben is.

### Kitágították a Mucell eljárás határait

A *Mucell* eljárást a Trexel Inc. (Wilmington, MA. USA) fejlesztette ki, és hivatalos partnereként a KraussMaffei GmbH (München) komplett fröccsöntő rendszereket kínál ennek az eljárásnak az alkalmazására.

Ebben az eljárásban a habosítást nitrogénnel vagy szén-dioxiddal végzik, úgy, hogy a gázt előzőleg folyadékszerű (fluid) szuperkritikus állapotba hozzák, amely emiatt összenyomhatatlan, de gázszerű diffúziós tulajdonságait megőrzi. Ezért a plasztikáló hengerben a műanyagömladékbe adagolva abban egyenletesen eloszlik. Amikor a polimer és a gáz keverékét befröccsöntik a szerszámba, a CO<sub>2</sub> vagy N<sub>2</sub> újra gázzá alakul, kitágul, és a formadarab belső része mikropórusos szerkezetű lesz. A hűtött szerszám falával közvetlenül érintkező ömladék a gyors lehűlés miatt tömör külső réteget képez. *Az ilyen fröccsöntött termékek tömege 20%-kal kisebb a tömör termékekénél*, ami különösen az autógyártók számára nagyon vonzóvá teszi ezt az eljárást, amelynek egyébként más előnyei is vannak.

A nagyon finom pórusméret eléréséhez nagyon gyorsan – a tömör termékekéhez képest 15–30%-kal gyorsabban – kell a befröccsentést elvégezni, ami által rövidül a ciklusidő. Még nagyobb mértékben rövidül ez az utánnyomás elmaradása miatt, mert a habosodás gondoskodik a tökéletes szerszámkitöltésről. Mivel a gáz csökkenti az ömledék viszkozitását és nincs utánnyomás, a fröccsöntést kisebb szerszámzáró erővel lehet végezni, azaz kisebb teljesítményű fröccsgépet lehet alkalmazni. Mivel a formadarab vékonyabb részeinél az ömledék hamarabb hűl le, itt tömörebb lesz a fal, a folyási utakat és a falakat szűkebbre, ill. vékonyabbra lehet tervezni. A habosodás a szerszámon belül kiegyenlíti a nyomást és megakadályozza a beszívódásokat, továbbá kiegyenlíti a hossz- és keresztirányú zsugorodást, és mérsékli a belső feszültséget.

*Az eljárás előnyeit csak akkor lehet maximálisan kihasználni, ha arra alkalmas speciális szerszámot alkalmaznak.* Különös gonddal kell a szellőztetést és a hűtést végezni, mert a szerszámhőmérséklet alacsonyabb, mint a tömör formadarabok fröccsöntésekor.

Ha valaki ki akarja terjeszteni a *Mucell* eljárás határait, annak nagyon jól kell ismernie ezt az eljárást. Ilyen a Gealan Formteile GmbH (Oberkotzau), amely a KraussMaffei gyártórendszereivel jelenleg 15 különböző formadarabot gyárt sorozatban ezzel a technológiával. A cég alaposan tanulmányozza a *Mucell* eljárást, folyamatosan próbálja ennek határait bővíteni. Számára *nem probléma a habfröccsöntéssel készített darabok hegesztése, és a felületüket sem kell már elrejtteni.*

A kulcsra kész *Mucell* gyártósort teljes egészében a KraussMaffei gyártotta. A gép intuitív módon kezelhető *MC6* vezérlésével a gép kezelője a minőség-ellenőrzés valamennyi ismert lehetőségét és dokumentálását alkalmazhatja. Ellenőrizheti pl. a superkritikus fluid nyomását, és ha az a tūrés határokon kívül lenne, ezt a kezelési utasításnak megfelelően helyre tudja állítani.

A *Mucell* eljárást a kiválasztott formadarabok gyártásához a cég különböző megfontolásokból választotta. A *Ford Lincoln* típusú gépkocsi középkonzoljának tartókeretéhez pl. azért, mert ezáltal az 50% üvegszálat tartalmazó poliftálamidből (PPA) készített keret elülső részén csökkent a feszültség és 70%-kal kisebb lett a vetemedés. Emellett 8%-kal kevesebbet kellett felhasználni ebből a drága alapanyagból.

A gyártósor plasztikáló csigája is a KraussMaffeinél készült, amelynek kopásállóságát különleges bevonattal növelték, és fokozott záróképeségével gátolták az ömledék visszaáramlását.

A *Mucell* eljárás előnyeinek teljes kihasználása érdekében a Gealan cég 35 mérnököt foglalkoztató CAXsolution nevű leányvállalatánál teljesen átkonstruálták a Mini ajtómodulját. A formadarab és a szerszám újratervezésében igénybe vették a számítógépes tervező- és szimulációs programokat, ill. a 3D-s prototípusgyártást is. Teljesen átalakították a belső oldal méhsejtszerkezetét, mert a *Mucell* eljárás lehetővé tette, hogy a falvastagság és a bordák vastagságának eredeti 2:1 arányát 1:1-re módosítsák. A habfröccsöntés alatt menetes csatlakozóelemeket ágyaznak a modulba a későbbi szerelés megkönnyítésére, a formadást követően pedig azonnal *FIPFG* (formed in place foam gasket) eljárással ugyancsak felhabosított poliuretán szigetelőszalagot

fröccsöntenek a szélére. Utolsó lépésként szigetelőpaplant ragasztanak a modul belső oldalára. Az elkészült modul ezután beépíthető az ajtóburkolat mögé.



1. ábra A BMW Mini gépkocsi Mucell technológiával készített autómodulja.

A modul szélére tömítőszalagot fröccsöntöttek, szereléséhez fém csatlakozóelemeket ágyaztak be

A Gealan cég nagyobb darabok gyártására is be van rendezkedve. Egy 25 000 kN záróerejű gépen csomagtartóbélést gyártanak, és ezt a gépet is át lehet állítani a *Mucell* eljárás alkalmazására.

A sorozatgyártás egyik legfontosabb feltétele a stabilitás. Ezért fokozott az izgalom, ha olyan dolgot akarnak megvalósítani, amit talán nem is lehet. A Gealan cég fejlesztői ezért tudatosan próbálták megismerni és lehetőség szerint kiterjeszteni a *Mucell* eljárás határait. 12 szokásosan tervezett terméket próbáltak *Mucell* eljárással legyártani, eközben mérték a záróerőket és a ciklusidőket. A termékek között voltak olyanok, amelyek felületét a gépkocsiban utazók láthatják (pl. kesztyűtartó doboz), és voltak köztük folyadékot (vizet vagy olajat) szállító rendszerek elemei. A cég ugyanis az autógyártók mellett az ún. fluidrendszerek gyártóinak is jól ismert partnere. Azt kutatja, hogy milyen fém alkatrészeket lehetne műanyaggal helyettesíteni pl. fali gázmelegítők hőcserélőjében, háromállású szelepekben vagy áramlásmérőkben. A habfröccsöntés azért vonzó a számukra, mert egyrészt kevés feszültséget tartalmazó és kevésbé vetemedő formadarabokat lehet általa előállítani, másrészt mert a fémek helyettesítésére alkalmas műanyagok – pl. a térhálósítható poli(fenilén-szulfid) (PPS) vagy a poliftálamid (PPA) – ára akár a 7 EUR/kg-ot is meghaladhatja, a habosítással pedig anyagot lehet megtakarítani. Az elemeknek egy fűtőrendszer teljes élettartama (~15 év) alatt ellen kell állniuk a meleg víz, a levegő oxigénje és az esetleges vegyi anyagok hatásának. Ilyen elemek várható élettartamát ugyancsak a CAXsolution „vizes” laboratóriumában vizsgálják.

A kutatások részét képezi a fizikai habosítással készült formadarabok utómegmunkálása is. Az már bebizonyosodott, hogy a *Mucell* technológiával készített darabok bizonyos feltételek mellett hegeszthetők. A cég ezen a területen sok tapasztalattal rendelkezik, amelyeket további projektjeiben hasznosíthat.

Elsősorban gazdasági megfontolásból választotta a Gealan cég a *Mucell* eljárást a BMW Mini gépkocsi ajtómoduljához (1. ábra), amelyet 2012 óta sorozatban gyárt. A habosítás itt is 8%-os tömegcsökkenést eredményezett. A gyártáshoz egy meglévő 10 000 kN-os gépet tudtak beállítani; habosítás nélkül 15 000 kN-osra lett volna szükség. A kisebb záróerő kíméli a szerszámot és kevesebb energiát fogyaszt. A ciklusidő rövidülése is figyelemre méltó. Az *üvegszálas ABS befroccsentése a szerzámba mindössze 1 s-ig tart, ez harmada a tömör formadarabénak.*

A KraussMaffei is keményen dolgozik a habfröccsöntés fejlesztésén. A hegeszthetőség mellett elsősorban a felület minőségének javítását tűzte ki célként. Dinamikus szerszámtemperálással már sikerült tükörfényes felületet előállítani, de strukturált matt felülettel vagy utólagos felületkezeléssel is készítettek kifogástalan küllemű *Mucell* formadarabokat.

## Egy vadonatúj technológia: a Profoam eljárás

Az aacheni Műanyag-feldolgozó Intézetben a műanyagok fizikai habosításának egy egészen újszerű ötleten alapuló eljárását fejlesztették ki, amelynek lényege, hogy a habosításhoz használt gázt nem az ömledékbe adagolják, hanem már a fröccsgépbe adagolás előtt, közvetlenül a granulátummal keverik össze. Az ötletből ipari eljárás lett, amelyhez a gyártórendszert az Arburg GmbH & Co (Loßburg) fejlesztette ki, de részt vett a fejlesztésben a Basell Polyolefine GmbH (Frankfurt), a Bayer MaterialScience AG (Leverkusen), a Ticona GmbH (Kelsterbach) és a Volkswagen AG (Wolfsburg) is.



2. ábra Az Arburg szabadalmaztatott kétkamrás zsilipje, amelyben a gázt és a granulátumot egymással keverik

A habosításhoz – hasonlóan a *Mucell* eljáráshoz –  $N_2$  vagy  $CO_2$  gázt használnak, de itt a gáz a maga természetes halmazállapotában van. A granulátum egy szabadalmaztatott kétkamrás zsilipen keresztül jut be a gépbe. A zsilip a plasztikáló egységhez hasonló túszeleppel van ellátva, hátsó részén ugyancsak megfelelő tömítést tartalmaz. Ezzel az egyszerű kiegészítő elemmel bármelyik szokásos fröccsgépben gázzal töltött homogén műanyagömledéket lehet előállítani más kiegészítő berendezés nélkül. Maga a zsilip a 2. ábrán, fröccsgépre felszerelve a 3. ábrán látható.

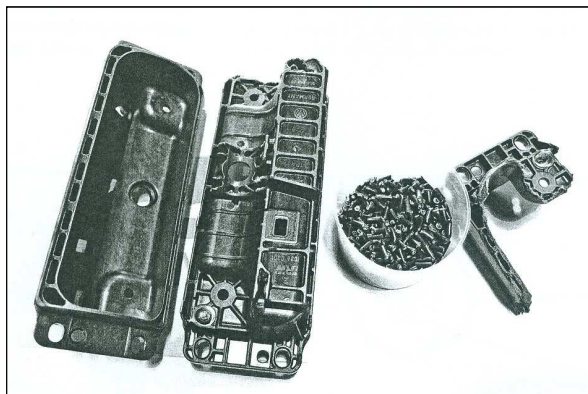
A granulátum gépbe lépésekor a gáz nyomása 50 bar körül van, ez elegendő ahhoz, hogy az ömledéket telítse. A plasztikáló egységben a három zóna és az ezekben szokásos hőmérséklet elegendő ahhoz, hogy a gáz egyenletesen oszoljon el. Amikor az ömledéket befröccsentik a fészekbe, a kitáguló gáz létrehozza a célás szerkezetet. A habosítás itt is szavatolja a más módszerekkel habosított formadarabok előnyeit: tömegcsökkenés, cse-



kély belső feszültségek, mérsékelt vetemedés és beszívódás, egyenletes zsugorodás. Ennek az eljárásnak a más habosító technológiákkal szemben külön előnye, hogy a plasztikáló csigának nincs nyíró vagy keverő szakasza, ezért a hosszú szálakkal erősített műanyagok is gyakorlatilag száltördelés nélkül tudnak végighaladni benne, a habosítás nem gyöngíti meg a formadarabot.



3. ábra A kétkamrás zsilip a fröccsgépre szerelve



4. ábra Az Arburg Technológiai Napokon *Profoam* technológiával fröccsöntött légsákház belső és külső oldala (balra); a ház keresztmetszete (jobbra) és a rúd alakú granulátum (középen)



5. ábra Az Arburg cég a 2015-ös Fakuma kiállításon egy szinematikus rendszer dobozát fröccsöntötte *Profoam* technológiával

Az Arburg cég 2015 márciusában Technológiai Napok (Technologie Tagen) nevű rendezvényén egy *Allrounder 820A* típusú villamos hajtású gépen a Sabic Innovative Plastics cég (Bergen op Zoom, Hollandia) *PP-LF10* márkanevű hosszú

üvegszálalás granulátumából kétfézeszes szerszámban 70 s ciklusidővel vastag falú légzsákházat (4. ábra) fröccsöntött *Profoam* technológiával. A légzsákház hossza 280 mm, tömege mindössze 272 g, 18%-kal kevesebb, mint a tömör falú változat.

Az Arburg cég a 2015-ös Fakuma kiállításon egy szinematikus rendszer dobozát (5. ábra) fröccsöntötte az új technológiával.

Összeállította: Pál Károlyné

Handsche, A.; Laubmann, G.: Weil Stickstoff (fast) nichts wiegt = Kunststoffe, 105. k. 5. sz. 2015. p. 30-33. vagy <http://www.trexel.com/images/pdfs/Kunststoffe%205-2015G.pdf>

Kob, S.; Meyer, A.-M: Weil Stickstoff (fast) nichts wiegt = AHEAD KraussMaffei Kundenmagazin, 2015. 01., <http://www.gealan.com/de/549-weil-stickstoff-fast-nichts-wiegt>

Doriat, C.: Gemeinsame Granulat- und Gaszuführung = Kunststoffe, 105. k. 5. sz. 2015. p. 34–35.

Knights, M.: Arburg offers 3 processes for lightweight molding = Plastics Machinery, 2015. aug. <http://www.plasticsmachinerymagazine.com/technology/compounding/arburg-offers-3-processes-for-lightweight-molding.html>

Vin, D.: New and optimized processes = Plastics News, 2016. márc. 10. <http://www.plasticsnews.com/article/20160211/PNE/160219961/new-and-optimised-plastics-processes>