

Új habosítási eljárás és további fejlesztések

Számos végtermék gyártó vállalat igyekszik csökkenteni termékeinek tömegét. Ennek egyik jól bevált eszköze a fröccsöntött műanyag alkatrészek habosítása. A hagyományos eljárások hátrányait küszöböli ki a Lüdenschied Intézet és a Linde cég új eljárása. Más műanyag-feldolgozási eljárások (pl. extrúzió) is használják a habosítást, a könnyű, merev és nagy hőszigetelő képességű termékek gyártására. A habosítási módszerek fejlesztése mellett új, habosításra alkalmas műanyag alapanyagok és habosító szerek is folyamatosan jelennek meg a piacon.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; habosítás; PC; PP; PA; ABS; TPE; PLA; vezetőképes hab.

Számos vállalat igyekszik csökkenteni termékeinek tömegét. Erre részben a hatósági szabályozás (az autóiparban), részben a felhasználók kényelme (hordozható eszközök), részben pedig a kevesebb anyag felhasználásából eredő költségmegtakarítás vagy ezek kombinációja ösztönzi őket. Az elektromos járművek esetében további igény a hatótávolság növelése. *A tömegcsökkentés egyik jól bevált eszköze a műanyag alkatrészek habosítása, amelynek többféle módszere ismert.*

Kémiai és fizikai habosítás

Alapvetően kétféle habosítási módszer ismeretes, *a kémiai és a fizikai habosítás.* A kémiai eljárásoknál valamilyen hajtóanyagot kevernek be a granulátumba, általában 0,5–2% arányban, mesterkeverék formájában. E hajtóanyag azután a fröccshenger plasztikáló részében a hő hatására intenzív gázfejlődés mellett elbomlik. A kémiai habosítás előnye, hogy alkalmazása egyszerű és nem igényel változtatásokat a fröccsöntő gépen. Hátránya a fizikai habosítással szemben, hogy a habosodást létrehozó gáznyomás kisebb, ezért az elérhető sűrűségcsökkenés (habosodási fok) is kisebb lesz, különösen a vékonyabb falvastagságok esetében. További probléma, hogy a bomlás közben keletkező melléktermékek kirakódhatnak a szerszám felületén és ezért időnként tisztítási műveletekre is szükség van.

Fizikai habosításnál gázt (vagy alacsony forráspontú folyadékot) vezetnek a csigahengerbe. Ennél a módszernél a fröccsgép fúvókájának zárhatónak kell lennie, különben a felhabosodó anyag egy része kiszökik. Célszerű továbbá a csigát pozícionáló szabályozással ellátni, hogy a gáznyomás ne tolja hátrább a csigát, ami a folyamat rep-

rodukálhatóságát lerontja. A fröccsgépen és perifériáin további átalakítások szükségesek, hogy a szabályozott gázbevezetést megoldják. Jelenleg a piacon hozzáférhető fizikai habosító módszerek közül a *ProFoam* eljárás (Arburg/IKV) esetében a műanyag granulátumot a fröccsegység előtt egy zsiliprendszerben hajtófolyadékkal dúsítják és nyomás alatt juttatják be a hátrafelé letömített csigához a fröccshengerbe. A *MuCell* eljárásnál (Trexel) pedig a hajtóanyagot egy módosított plasztikáló egységen keresztül juttatják be a műanyagömlékbe. Mivel itt nincs kémiai reakció, nem képződnek hasadási melléktermékek sem, vagyis nem kell lerakódásokkal számolni. *A fizikai habosítás előnye a nagy habosodási fok még a kisebb falvastagságoknál is.*

A német Lüdenscheid Kutató Intézet és a Linde cég által kifejlesztett új fizikai habosítási eljárás számos előnnyel rendelkezik, azaz *egyesíti a kémiai habosítás egyszerűségét a fizikai habosítás nagyobb hatékonyságával.* Ennél a módszernél a műanyag granulátumot annak feldolgozása előtt egy autoklávban néhány órán át szén-dioxid nyomás alatt tartják. *A szén-dioxid beivódik a granulátumba (1. táblázat), amelyet a kezelést követő 1-2 órán belül betáplálnak a fröccsöntő gépbe. A különböző műanyag granulátumok meglepő módon sokáig (órákig) teljesen megtartják az elnyelt szén-dioxidot, és azt követően is csak fokozatosan veszítik el. Ezért, a fröccsöntő gépbe jutva – különösen a polikarbonát – nagymértékben kihabosodnak (2. táblázat). A technológiát 2018-ban kívánják piacra dobni.*

1. táblázat

100 g műanyag granulátum tömegnövekedése nyomás alatt szén-dioxidban történő tárolás hatására

Műanyag	Gramm, 1 óra, 15 bar CO ₂	Gramm, 4 óra, 55 bar CO ₂
Poliamid	0,111	0,332
Polietilén	0,271	1,446
Polikarbonát	0,933	4,880

2. táblázat

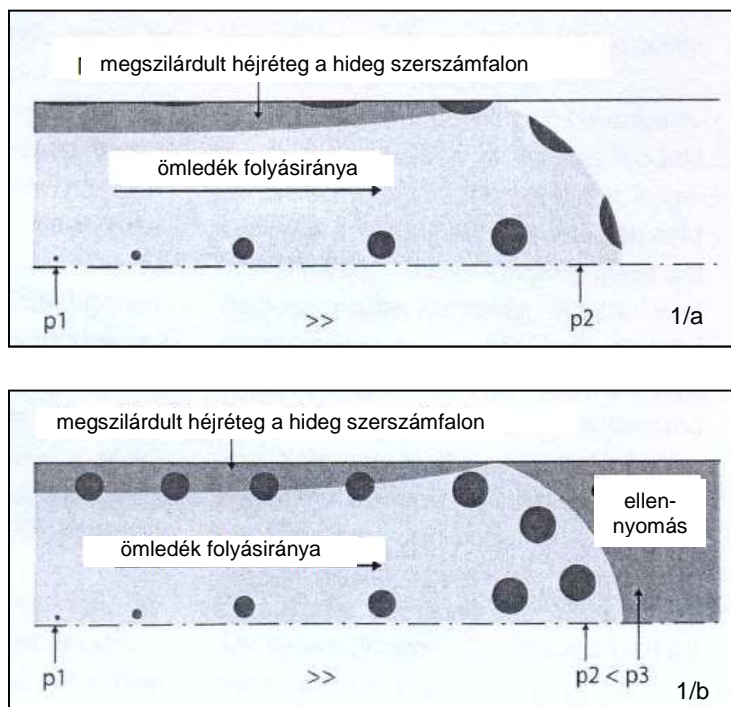
Különböző műanyagoknál elért habosodási fok

Műanyag	Márkanév	Referencia-tömeg g	Hab-termék g	Tömeg-csökkenés %
PC	Mitsubishi Xantar	25,604	10,196	60,2
ABS	Regran R	24,838	19,218	22,6
PA-GF30	Altech PA62030/109 GF30	31,913	26,957	15,5
PP	Moplen EP 448T	31,321	22,930	26,8
PP	Hifax TSOP EM1 R299	22,803	14,396	36,9
PP	Finalloy	26,473	18,596	29,8
TPE	Bexloy GPV6385	28,532	20,997	26,4
PLA	RTP 2099 X 124790 A	35,413	30,633	13,5
PTT-GF15	Sorona 3015G BK001	33,551	30,710	8,5

A habosítás előnyei és hátrányai

A fröccsöntésnél a műanyag alkatrészek habosításának további előnye a csökkenő viszkozitás, vagyis a műanyagömledék nagyobb folyóképessége, ami kisebb fröccsnyomást és az utónyomási időszak egy részének elhagyhatóságát eredményezi. Továbbá kisebb záróerejű gép használatát és kevésbé merev, robosztus szerszámkiépítést is lehetővé tesz. *A kisebb fröccsöntő gép és az, ha az acél szerszámokat alumíniumra lehet cserélni, jelentős költségmegtakarítást eredményez.* A habosítás – mivel a gázbuborékok az ömledékre belső nyomást fejtenek ki – ráadásul csökkenti a műanyag fröccstermékek zsugorodását, a zsugorodás irányfüggését és a termék vetemedési hajlamát is, vagyis nő a termék méretpontossága.

A habosítás hátránya, hogy a termék felülete az ömledékfronton kipukkadó gázbuborékok miatt egyenetlen lesz (1/a ábra). Jelenleg két megoldás kínálkozik e hátrány kiküszöbölésére. Az egyik, amikor a *Variotherm* eljárás során a szerszám alakadó részeit közvetlenül a befroccsöntés előtt felmelegítik, és a befroccsöntés és az utónyomás ideje alatt magas hőmérsékleten tartják, és így a kipukkadó buborékok helye még a dermedés előtt kitöltődve ki tud simulni. Az eredmény egy zárt, a tömör termékhez hasonló sima felület lesz, ami az összecsapási és beszívódásos helyeken még jobb is lesz, mint a habosítás nélküli fröccsdaraboké. Ugyanakkor azoknak a speciális kialakításoknak, amelyeket a szerszámon, a kiegészítő berendezéseken kell megvalósítani, továbbá a megnövelt ciklusidőnek jelentős költségvonzata van.



1/a ábra A felületre érő gázbuborékok kipukkadva egyenetlenségeket okoznak

1/b ábra A gáz-ellennyomásos eljárás (lent) meggátolja a gázbuborékok kipukkadását

A másik megoldás a viszonylag ritkán alkalmazott gáz-ellennyomásos módszer (*1/b ábra*). Ennek során a normál szerszámtemperálás mellett is sima felületet lehet kapni, noha a habosodási fok némileg csökken. A működési elv egyszerűsége azonban megtévesztő, mivel a nagy nyomáson a szerszámba bevezetett nitrogén gáz nyomását folyamatosan, nagy sebességgel és reprodukálhatósággal szabályozni kell, és a szerszám tömítése sem könnyű feladat.

A Lüdenscheid Intézet és a Linde által kifejlesztett új módszer e hátrányok nélkül nyújtja, viszonylag kis beruházással, a habosítás előnyeit.

Anyagfejlesztések

A különböző habosítási eljárások fejlesztése mellett az alapanyag- és habosítószer-gyártók is folyamatos fejlesztésekkel igyekeznek a növekvő piaci igényeket kielégíteni. A Borealis már évek óta gyárt nagy ömledékszilárdságú polipropilént (HMS PP), de most már a Braskem, a SABIC és a Lyondell Basell is hamarosan piacra juttatja megfelelő termékeit. Az olyan kompaundáló cégek, mint az Asahi Kasei is kínál habosításra alkalmas PP alapanyagokat, elsősorban az élelmiszeripari csomagolások és az autóiipari felhasználások számára. A nagy ömledékszilárdság segítségével nagyobb mértékű habosítást lehet elérni, lecsökkentve a termék tömegét, de megtartva a fizikai jellemzőit.

A kémiai habosítóanyagok jelentős előrelépést biztosítanak precíziós feldolgozást igénylő autóiipari és gyógyászati termékeknel illetve az élelmiszeripari csomagolásoknál és fűjt palackoknál. Az autóiipar számára a tömegcsökkentés jelenti a prioritást, de a fröccstermékeknel minden alkalmazási területen 25%-os csökkenést sikerült elérni a ciklusidőkben a fizikai tulajdonságok romlása nélkül.

Azokon a területeken, ahol a termék élelmiszerekkel vagy gyerekekkel kerül érintkezésbe, a klasszikusnak számító *azodikarbonamid (ADC) kémiai habosítószer toxicitási megfontolásokról és a REACH előírásai miatt egyre inkább háttérbe szorult*. A karbonát bázisú kémiai habosítószer, amelyek megkapják az élelmiszeripari, gyógyászati és gyerekjátékokhoz a felhasználói minősítést, elfogadott helyettesítők a legtöbb merev falú terméknel, de az elasztikus termékeknel használatuk gyakran nehézségeket okoz. A karbonát alapú habosítószer bekeverése – nyírásérzékenységük miatt – nagyobb feladat elé állítja a kompaundáló cégeket.

A Reedy Chemical Foam cég kifejlesztette a *Safoam P* és *Safoam HT* kémiai habosítóporokat, amelyeket könnyebb kompaundálni, és amelyek jobban megközelítik az ADC habosítószer gázbomlási és feldolgozási pontjait. Az új anyag in-situ fejleszt szén-dioxidot, ami finomabb cellaszerkezetet eredményez a késztermékben. A *Safoam P* por és a *Safoam RAZ-70* granulátum a karbonát alapú és az ADC habosítószer hibridje. Ez a kombináció az ADC robusztus gáz felszabadítását eredményezi a karbonát hűtőgáz kibocsátása mellett. A *Safoam RAZ-70* alkalmazásával extrudált polisztirol habokat állítottak elő, fizikai habosítószer használata nélkül. Ezzel a technikával kép- és tükörkereteket, termékkijelzőket készítettek. A 0,35% arányban bekevert habosítószerrel készült anyag tulajdonságait a 3. táblázat szemlélteti. A cég

folyamatban lévő fejlesztései a PET és az olyan biopolimerek, mint a PLA és PHA habosítás közbeni ömledékszilárdságának növelésére irányulnak, hogy nagyobb habosítási fokot érjenek el, és egyszerűbben tudják feldolgozni a kompaundokat.

3. táblázat

0,35% *Safoam RAZ-70* bekeverésével extrudált polisztirol hab tulajdonságai

Habosítatlan sűrűség, g/cm ³	1,035
Habosított sűrűség, g/cm ³	0,608
Sűrűségcsökkenés, %	48
Átlagos cellaméret, µm	114

A SABIC is megjelent egy ultra nagy ömledékszilárdságú PP típusal, amelyet számos ipari alkalmazásra ajánl. A *PP-UMS* típusjelzésű anyag ömledék-szilárdsága több mint 65 cN, és jól habosítható. Elsősorban autóiipari, csomagolási és építészeti alkalmazásokra szánják.

A Clariant számára a fenntarthatóság stratégiai kérdés, és a műanyag termékek tömegcsökkentése az egyik olyan terület, ahol *Hydrocerol* márkanévű kémiai habosítószerük ezt segítenek megvalósítani. A habosítási technológiában az adagolás pontossága, a jó diszperzió, továbbá a kémiai habosítóágensek gyors és teljes mértékű elbomlása egyaránt követelmény. A *legfinomabb cellaszerkezet nagy mechanikai szilárdsággal kombinálva egyre inkább alapkövetelmény*. Az új generációs *Hydrocerol* endoterm habosítószerük folyékony halmazállapotúak. A folyadék hordozóanyag gyorsabb elbomlást tesz lehetővé az aktív komponensek számára, ami csökkentheti a hab sűrűségét. A termék rendelkezik élelmiszeripari minősítéssel. A termékhez teljeskörű szállítási szolgáltatást nyújtanak, ami színezék-üzletáguknál már jól bevált. Ez magába foglalja a szivattyúzási technológiát, az adagoló felszerelést és a műszaki tanácsadást is. A lemezextrúzióban sikerrel alkalmazott termék szignifikáns javulást okozott a cellaméretben és méreteloszlásban, illetve a hőformázott végtermékek mechanikai teljesítményében.

Noha az ADC-re vonatkozó tiltás egész Európában érvényben van, az még mindig fenyegetést jelent az iparág számára. A Clariant készen áll arra, hogy endoterm helyettesítő anyagokat szállítson az ADC helyettesítésére a plasztiszol-, kábel- és profilgyártóknak.

A Dow három új, nagy ömledékszilárdságú típusal bővítette *Agility* PE-LD habosítható termékcsaládját. E típusok sűrűsége a 0,916–0,919 tartományban van és jobb a cellastabilitásuk, mint a hagyományos anyagoké. Jól feldolgozhatók a korábbiaknál kisebb sűrűségű habokká, a jó habminőség gyorsan beállítható. Tartós terhelés után is hamar visszanyerik eredet méretüket, felületük sima és fényes. Emellett jó emissziós értékekkel is rendelkeznek a *VDA 278 (VOC/FOG)* mérések szerint.

Az Arkema új, kis sűrűségű *Pebax* habokat fejleszt, amelyek energia-visszanyerése jobb, mint a legtöbb TPE elasztomeré. Az anyag megőrzi jó flexibilitá-

sát alacsony hőmérsékleteken is, mechanikai tulajdonságai széles határok között változtatható és elérhető lesz a bio alapú változat is, amelynek megújuló hányada 28–97%-ig terjed. Az összes *Pebax* típus habosítható fröccsöntéssel szuperkritikus nitrogén (0,2 sűrűség) használatával, 80% körüli tömegcsökkentést biztosítva.

A Cabot *vezetőképes habok* létrehozásával foglalkozik, amelyekhez korom felhasználásával vezetőképes mesterkeverékeket fejlesztenek ki. A közelmúltban dobták piacra *Cabelec XS6455A* típusjelzésű vezetőképes koncentrátumukat, amelyet egy különösen vezetőképes korom felhasználásával gyártanak úgy, hogy a kormot egy speciális, térhálós habok gyártására alkalmas hordozóanyagban diszpergálják. A korom költséghatékonyan növeli meg a habok villamos- és hővezető képességét. A cég fontosnak tartja a habok funkcionalitásának fejlesztését, különösen a biztonsági előírások kielégítése terén. A *Cabelec XS6455A* típusjelzésű mesterkeveréket különböző polimerekből készített habokhoz lehet használni és a vevő sűrűsége és keménysége vonatkozó igényeihez lehet igazítani. A potenciális hígítási arány elérheti a 40%-ot, a feldolgozás módja és a termékkel szembeni követelményektől függően.

A spanyol CellMat Technologies cég multifunkciós nyílt cellaszerkezetű habokat fejlesztett ki. A nyílt cellaszerkezetű poliolefin habok egy kétlépcsős sajtolási eljárással állíthatók elő, amelynek során a nyitott cellák hányada és az azok összekötésével létrejövő csatornák tekervényessége a kémiai összetételtől és a feldolgozási, illetve utófeldolgozási paraméterektől függ. Az ilyen habok számos kulcsfontosságú jellemzővel rendelkeznek, melyek közé tartozik a *jó hangelnyelés*. A nyújtási sebességtől függő viselkedésük kényelmi és ütésvédelmi előnyöket biztosít. Alkalmazhatók olajkifolyások felitatására is, emellett újra hasznosíthatók.

Összeállította: Dr. Füzes László

Szych P., Kürten A.: Die neue leichte Art zu Schäumen = Kunststoffe, 107. k. 9. sz. 2017. p.124–128.

Holmes M.: Developments in polymer foams = Compounding World, jan. 2018. p. 59–64.