2.2 2.9 Új eljárások az egy és két irányban nyújtott habfólia, valamint a mikrocellás formadarab előállítására

Tárgyszavak: polietilén; polipropilén; PP-BO; PET-BO; LISIM eljárás; MuCell eljárás.

A polimerekből első megjelenésük óta gyártanak habokat. Az utóbbi időben azonban különösen divatossá vált a habosítás, mert általa alapanyag takarítható meg, csökkenthető a termék tömege és különleges tulajdonságokat kaphat. A következőkben a nyújtott habfóliák és a mikrocellás fröccsöntött formadarabok új gyártási eljárásait mutatjuk be.

Nyújtott habfóliák

A két irányban (biaxiálisan) nyújtott fóliákat két egymást követő lépésben vagy egyidejű művelettel állítják elő. A csomagolóiparban már régóta ismerik és széles körben alkalmazzák a PP-BO – biorientált PP – fóliát. Újabban egyre népszerűbbek a lélegző poliolefinfóliák (vízgőzáteresztő képesség 4 E-10 E $g/m^2 \cdot 24$ h), amelyekből főleg higiéniai cikkeket állítanak elő, de műszaki alkalmazásuk (pl. építőiparban szigeteléshez) is terjed. A lélegző fóliák gyártókapacitása világviszonylatban 150 E t/évre tehető, és előrejelzések szerint 2005-ben eléri a 250 E t/év mennyiséget.

A lélegző fóliák alapanyaga főképpen PE, mindössze 5–10% készül PP-ből. Az egy vagy két irányban nyújtott fóliát több lépésben állítják elő. A Brückner Maschinenbau GmbH cégnek a LISIM technológiával (linear motor simultaneous stretching) először sikerült lélegző PP fóliát előállítani. A cég ezenkívül kidolgozta az egylépéses nyújtással készült kis sűrűségű habfólia gyártástechnológiáját. A kísérletekhez különböző alapanyagokat, pl. polimerkeverékeket, kopolimereket és pigmentadalékokat használtak.

A kísérleti berendezések

Az egylépéses (szimultán) nyújtás kétféleképpen történik. Az előkísérleteket laboratóriumi méretű adagolóegységgel felszerelt kétcsigás extruderen végezték, amelyhez vízhűtéses henger csatlakozik. A berendezéssel kis mennyiségben különböző összetételű öntött fóliamintákat lehet előállítani. A szimultán nyújtáshoz szakaszos üzemű nyújtókeretet használnak,

amelyen különböző nyújtási paraméterek (nyújtási sebesség, nyújtási arány és hőmérséklet) állíthatók be. A fóliamintákból mechanikai, optikai és kémiai vizsgálatokat végeztek.

A másik berendezéssel valós gyártási körülményeket lehet modellezni, és a gépi feldolgozhatósággal kapcsolatos méréseket lehet végezni. A berendezéssel 150 m/min sebességgel 1270 mm széles 1–5 rétegű fóliát lehet előállítani. A különböző fóliatípusoknál alkalmazható beállításokat az *1. táblázat* foglalja össze.

1. táblázat

A kísérleti berendezésen beállítható paraméterek

Paraméter	**Egység**	**Feldolgozott polimer**		
		PET	**PP**	**PA**
Vastagság	µm	1–36	3–50 (80)	5–15
Szélesség	m	1,27	1,27	1,27
Nyújtási arány, MD		3–6	6–10	3–5
Nyújtási arány, TD		3–5	5–10	3–5
Sebesség	m/min	150	150	75
Kihozatal	kg/h	140	85	60

MD = gyártási irány
TD = keresztirány

A fóliák habosítása

A fóliák habosíthatók tisztán fizikai úton N_2- vagy CO_2-gázzal. A gázokat nyomással juttatják be a polimerömledékbe. A módszert továbbfejlesztették; szuperkritikus gázokat használva rendkívül finom mikrocellás szerkezetű hab állítható elő.

Ha a polimerbe kémiai habosítószert kevernek, az alkalmazott vegyületek extrudálás alatt egymással reakcióba lépnek, és a keletkező gáz habosítja fel az ömledéket közvetlenül az extruderből való kilépés után. Jól bevált erre a célra a nátrium-hidrogén-karbonátból és mononátrium-citrátból álló rendszer. A PP feldolgozási hőmérséklete 200 °C felett van, ezen a hőmérsékleten a két vegyületből szén-dioxid és vízgőz keletkezik.

A habszerkezet kialakításával jelentősen csökken a termék tömege és ezzel párhuzamosan az anyagigénye. A kémiai eljárással előállított habfóliák sűrűsége 0,6–0,7 g/cm^3 közé esik, a fizikai úton előállított fóliák sűrűsége akár 0,15 g/cm^3-ig csökkenthető. A Brückner cég kísérleti berendezéseiben kémiai eljárást alkalmaztak.

Gépészeti feltételek

A habfólia gyártásához legtöbbször egycsigás extrudert használnak. Az extrudálás alatt képződő gázok az extrudálás alatt fellépő nyomás hatására

egyenletesen bekeverednek az ömledékbe. Az ömledék csak az extruderből kilépve habosodhat fel, ugyanis az extruderben képződő cellák az extruderen kívül összeesnek. Ezt a célt szolgálja az ömledék nyomásingadozása, ami a hőmérséklet pontos betartásával érhető el. Az ajánlott nyomás >60 bar, ezen az értéken a hajtóanyag is teljesen elbomlik. A fúvókát a megfelelő nyomás kialakítása érdekében a lehető legkisebbre kell méretezni.

Nyújtás

Az öntött habfólia egymás utáni lépésekben végzett nyújtása azon hiúsult meg, hogy a gyártási irányban megnyújtott fólia keresztirányú nyújtásakor a fólia szétszakadozott. Két irányban nyújtott habfóliát lehet készíteni fúvással, mert amikor a tömlőfóliát a gyűrű alakú kiömlőnyílásról lehúzzák, megfelelő gáznyomás alkalmazásával, még ömledék állapotban a tömlő felfúvódik, és a fólia keresztirányban is megnyúlik. A tapasztalat szerint az így előállított fóliák mechanikai jellemzői gyengébbek a megszilárdult fólia nyújtásával előállított mintákénál.

A LISIM technológiával kis deformációs sebesség mellett stabil habszerkezetű, egyrétegű, két irányban nyújtott öntött fóliát sikerült előállítani. A nyújtási arány gyártási irányban 3,5-szeres, keresztirányban 4,5-szeres volt.

A laboratóriumi előkísérletekben a 2%-os hajtóanyag-koncentrációt találták optimálisnak. A kísérletekben a következő alapanyagokat vizsgálták:

- tiszta PP PP-BO előállításához,
- hosszú elágazó szénláncú PP-t tartalmazó PP-keverék; amelyben az adalékkal növelték az ömledék szilárdságát, és így finomabb pórusszerkezetet reméltek,
- kb. 12% etiléntartalmú blokk-kopolimer puhább, papírhoz ill. textilhez hasonló finom habszerkezetű anyag előállításához,
- erősen kristályos PP.

Ezen felül egyes mintákat megfestettek. További kísérleteket végeztek PET-el is.

Az öntött fóliák sűrűsége kb. 0,7 g/cm^3, az egy lépésben, két irányban nyújtott, öntött, színezetlen fóliák sűrűsége 0,4–0,5 g/cm^3, a színezett fóliáé még ennél is kisebb, 0,21 g/cm^3 volt.

A gyártási irányban 3,5-szeresre, keresztirányban 4,1-szeresre megnyújtott, ipari eljárással készített egynemű habfóliák rugalmassági modulusa (E-modulus) az alapanyag összetételétől és a gépbeállítástól függően gyártási irányban 470–730 N/mm^2, keresztirányban 630-1090 N/mm^2. A színezett habfóliák E-modulusát a hajtóanyag mennyisége (0,5–2%) határozza meg, és gyártási irányban 170-780 N/mm^2, keresztirányban 303–1600 N/mm^2. A cellaszerkezet a nyújtással deformálódik. A vizsgált minták néhány mechanikai és optikai jellemzőjét a *2. táblázat* tartalmazza.

Jellemző	Mérési irány	Egység	PP homo-polimer	PP blokk-kopolimer[1/]	Koextrudált fólia[2/]	PP-BO/PA6 fólia	PET-BO/PP fólia	Mérési módszer
Vastagság		µm	65	68	80	128	119	DIN 53370
Szakítószilárdság	MD	N/mm^2	21	28	38	45	78	DIN 53455
	TD	N/mm^2	29	47	48	56	84	DIN 53455
Szakadási nyúlás	MD	%	17	23	28	69	107	DIN 53455
	TD	%	12	11	18	40	106	DIN 53455
E-modulus	MD	N/mm^2	481	516	1350	597	2880	DIN 53457
	TD	N/mm^2	629	969	1590	770	2920	DIN 53457
Fényesség	T	–	87	49	20	16	8,4	ASTM 2457
	O	–	94	52	25	16	7,6	ASTM 2457
Fényáteresztés		%	36	68	74	98	82	DIN 53146
Sűrűség		g/cm^3	0,31	0,49	0,5	0,46	1,22[3/]	DIN 53420
Vízgőzáteresztés		$g/m^2.24\ h$	n.é.	13[4/]	n.é.	32	n.é.	DIN 53122
Hővezető képesség		W/mK	n.é.	0,0424	n.é.	–	–	DIN 52612
Gázáteresztő	O_2	$cm^3/$	–	–	–	>30 000	n.é.	IVV Freising
képesség	CO_2	$m^2.d.bar$	–	–	–	>30 000	n.é.	IVV Freising
Hajlítómerevség,	MD	N/mm	–	–	–	0,31[5/]	0,65	DIN 53121
38mm/20mm/7,5° B módszer	TD	N/mm	–	–	–	0,40[5/]	0,69	DIN 53121

[1/] Különleges tapintású, tépőtulajdonságai hasonlóak a papíréhoz; [2/] nagy kristályossági fokú PP-vel;
[3/] A tiszta PET-BO fólia sűrűsége 1,39 g/cm^3; [4/] lélegző fólia, vízgőzáteresztése kb. 6000 $g/m^2.24$ h;
[5/] A 80 g/m^2-es másolópapír értekei: MD - 0,75 N/mm, TD - 0,41 N/mm
MD = gyártási irány; TD = keresztirány; n.é. = nem értékelhető

A táblázatból jól látható, hogy a fólia sűrűségcsökkenésével romlanak a mechanikai jellemzők. Érdemes azonban megjegyezni, hogy a papírhoz hasonló, különleges tapintású fólia meglepően fényes. A kopolimeralapú habfólia szakadása nagyon hasonlít a cellulózpapíréhoz. A laboratóriumi kísérletben a habfóliák nyomtatása is sikeres volt. A PP blokk-kopolimerből készített habfólia vízgőzáteresztő képessége a viszonylag kis sűrűség ellenére nagyon kicsi. A jelenség a raszter-elektronmikroszkópos felvételeken jól megfigyelhető, a nyújtás során a felszínnel párhuzamosan futó, rétegszerű, pórusmentes üregek képződésére vezethető vissza, amelyek a vízgőz számára áthatolhatatlanok.

A 2% hajtóanyagot és hosszú elágazó láncú PP adalékot tartalmazó PP-BO habfólia (egyben a legfényesebb felületű minta) mikroszkópos felvétele jól mutatja a szilárdabb olvadékban kialakult finomabb és homogénebb pórusszerkezetet.

Egy 14% kalcium-karbonát töltőanyaggal készült, 0,21 g/cm^3 sűrűségű habfólia felületén különleges szerkezetet figyeltek meg, amely érdekes tapintást és optikai tulajdonságokat eredményezett. Feltételezés szerint a felérdesített felületet a viszonylag nagy méretű (2–3 μm-es) kalcium-karbonát szemcsék hozták létre.

Az új technológiával előállított két irányban nyújtott habfóliákkal számottevő tömeg és anyag takarítható meg. A 2% hajtóanyagot tartalmazó mesterkeverék alkalmazása elhanyagolható költségtöbbletet okoz. A szimultán LISIM technológiával számtalan fóliakombináció állítható elő, amelyek tulajdonságai az összetételtől, a gépbeállítástól és a technológiai paraméterektől függően széles határok között változtathatók. A felhasználás ennek függvényében tovább bővülhet, pl. az ajándékcsomagolás, a címkék, a szigetelőfóliák és papírhoz hasonló termékek területén. Külön érdeklődésre tarthat számot a perforált habfólia élelmiszeripari alkalmazása.

Mikrocellás formadarabok előállítása

A Trexel Inc. cég MuCell néven szabadalmaztatott eljárásával fizikai úton habosított formadarabok állíthatók elő. Az eljárással 14 elfogadott és 6 benyújtott, de még meg nem adott szabadalom, továbbá egy 55 tagból álló, függőben levő szabadalomcsalád foglalkozik. Ez utóbbi a különböző alkalmazási példákat tartalmazza.

A MuCell eljárás előnye elsősorban a 3 mm-nél vékonyabb falú formadaraboknál jelentkezik. A feldolgozás során javul az ömledék áramlása, a fröccsöntés kisebb nyomáson végezhető, a ciklusidő rövidebb, a kész formadarab mérettartása jobb, ennek révén csökkenthető a selejt, és lényegesen kisebb a kész formadarab tömege. A bonyolult formájú darabok előállítására is alkalmas eljárásban a habosítást szuperkritikus permanens gázokkal (nitrogén,

szén-dioxid, levegő) végzik. A MuCell eljárás licencdíja meglehetősen magas, pl. egy 90 tonnás gép esetében 10 E USD, 360 tonnás gépnél 25 E USD évente. Mégis egyre több cég hajlandó ezt az árat megfizetni az eljárásért, mert a selejt kb. 20%-kal, kb. 1% alá csökkenthető. Különösen jó eredményt értek el a kis űrtartalmú formadarabok előállításában. A MuCell eljárás segítségével az ömledékkel szemben közömbös nitrogén alkalmazásakor a szén-dioxidéval azonos habminőséget sikerült előállítani.

A MuCell eljárásnak köszönhetően megélénkült a habosított formadarabok előállítása iránti érdeklődés. A szabadalmaztatott eljárással előállított formadarabok felülete megfelel az „A osztályú" minősítésnek. További felületi minőségjavítást értek el a MuCell eljárás és a kémiai habosítás kombinációját alkalmazó Intellimold XtraLite habosítási technológiával. Az autóiparban különösen népszerűek a legmagasabb esztétikai igényt kielégítő habosított formadarabok, és ezen a területen még számtalan kiaknázatlan lehetőség rejlik. A végtermék minősége a kémiai eljárásnál döntő mértékben függ az ömledék egyenletes hőmérséklet-eloszlásától és a habképző megfelelő diszpergálásától. Az azonos méretű cellák egyenletes eloszlatása keverő alkalmazásával biztosítható, és így 100 µm-nél kisebb mikrocellákat tartalmazó habot tudtak előállítani. A MuCell eljárással a magas olvadáspontú ömledékek habosítását is megoldották, ami a kémiai eljárással azért nem sikerült, mert a vegyi anyagok hatására feltehetően megváltozott a polimer szerkezete.

(Haidekker Borbála)

Wolf, M.; Sänze, J.: Vielfältige Variationen. = Kunststoffe, 91. k. 11. sz. 2001. p. 68–73.

Moore, S.: Foam molding resurgence. = Modern Plastics International, 31. k. 11. sz. 2001. p. 29, 31, 33.

HÍR

Biztonságos zsák PP-szövetből

Az egyedi kiképzésű, PP szövetből készült doboz alakú zsák az 1990-es évek közepén jelent meg a piacon. Első felhasználója a cementipar volt, ezt követte a vegyipar és kőolajipar. A bécsi székhelyű Starlinger & Co. GmbH az Interpack-on mutatta be a már több országban szabadalmaztatott eljárással gyártott PP szövetzsákot. A különleges hegesztéssel előállított doboz formájú zsák szelepes és nyitott szájú kivitelben készül. A zsák valamennyi ismert töltő- és csomagológépen alkalmazható. A ragasztott papírzsákkal azonos méretű, de nagyobb szilárdságú zsák használatával csökken a sérülések száma.

(*Kunststoffe, 92. k. 4. sz. 2002. p. 55.)*