

2.1 | Vékony habosított fóliák

Tárgyszavak: habfólia; polietilén; polipropilén; polisztirol; PET; gyártás; szalagok; tömlők; védőfóliák; térhálósítás; szívós fóliák.

Vékony habosított poliolefinfóliákat már kb. 30 év óta gyártanak dekoratív szalagok, csomagolófóliák, a palackra rázsugorodó tömlő alakú címkék céljára. Az utóbbi évtizedben ez a viszonylag szűk alkalmazási terület egyre jobban bővül, és az ilyen fóliák egyre népszerűbbek. Ennek megfelelően a felhasznált alapanyagok és a feldolgozási technológiák is folyamatosan fejlődnek. A hagyományos polipropilén és polisztirol mellett egyre több polietilénből készítenek habosított vékony fóliát, és nem csak csomagolóeszközök, hanem pl. mobiltelefonok és más elektronikus eszközök szigetelésére, tömítésére is.

Habosítással a fólia vastagsága 20–100%-kal növelhető, sűrűsége 40–60%-kal csökkenthető. A habosított fóliákhoz ugyan kevesebb alapanyag kell, mint a tömör falúakhoz, de a 0,5–0,75 mm-es fóliák habosítása bonyolult és drága technológiát igényel, ezért ezt az eljárást csak akkor alkalmazzák, ha a cél a termék nemesítése. A habosított fólia falában kialakuló mikrobuborékok megváltoztatják a fólia eredeti merevségét – lágyabbá vagy merevebbé teszik –, de módosítható ezáltal a fólia átlátszósága is, vagy többrétegű fóliák felületi rétegének habosításával ma egyre népszerűbb lágy tapintású felületek alakíthatók ki.

Habosítással adalék nélkül csökkenthető a fóliák nem kívánatos megcsúszása, nő a hőszigetelő képességük, kisebb lesz a tépőszilárdságuk (ami az alkalmazástól függően előnyös vagy hátrányos). A habszerkezet gyöngyházfényt kölcsönözhet a fóliának, de a fehéritő hatás révén fakóbbak lesznek a színek, ill. erőteljes színhez több pigment szükséges.

Habosított fóliák gyártása

A habosított fóliák gyártásához sokféle eljárást alkalmaznak. Vannak közöttük gázosítással vagy gázbevitellel járó bonyolult, többlépcsős technológiák, és vannak gázmentes módszerek, amikor a töltőanyagot tartalmazó fólia nyújtásával alakítanak ki mikroüregeket a fólia falában.

A vékony öntött fóliákat kémiai – nitrogénalapú exoterm vagy bikarbonát-alapú endoterm – habosítószerekkel gyártják. Az ömledék itt is szélesrésű extruderszerszámon keresztül jut rá az öntőhengerre, majd a fóliát orientáló

többi hengerre. Ha a habosított fóliát erőteljesebben akarják nyújtani, ezt meleg vizes fürdőben vagy meleg levegős kemencében végzik el.

Habosított fúvott fóliát fizikai vagy kémiai habosítószerrel is készítenek, legtöbbször vízszintes tömlővezetéssel. Nagyon vékony fóliát függőleges tömlővel is gyártanak. A fizikai habosítószerekkel (nitrogén, szén-dioxid, izopentán, fluor-szénhidrogének) sokkal kisebb sűrűségű habot lehet előállítani, mint kémiai habosítószerekkel, amelyek legfeljebb felére csökkentik a fólia eredeti sűrűségét. Gócképző adalékkal (pl. talkummal vagy gócképző hatású kémiai habosítószerrel) nagyon finom cellaszerkezetet lehet kialakítani. (Az utóbbira példa a Clariant cég Hydrocerol CF40T és a Reedy cég Safoam FPN3049 jelű készítménye PS-hez és a Reedy cég FPE50 jelű készítménye poliolefinekhez.)

Öntött vagy fúvott habosított fóliát gyártanak egycsigás, kétcsigás és ún. tandem extruderrel is. A valaha gyártott legvékonyabb, mindössze 75 µm-es habosított fóliát az Ampacet cégnél konvencionális fóliafúvó berendezésen készítették a cég 703061-H jelű habosítószerevel.

Németországban az Oldenburg cég évente 1000 t Microcell PE habfóliát állít elő, ami a német piac 30–35%-át fedi le. A gyártást a bécsi SMS Folientechnik (korábban Battenfeld Gloucester Europe) két tandem rendszerű habfóliafúvó berendezésén végzik heti 5 munkanapon át két 12 órás műszakban. A habfóliáknak nagyon szép és nyomtatható a felülete. A habosításhoz izobutánt használnak. A habfóliák sűrűsége legtöbbször 0,017 g/cm³, de gyártottak már 0,015 g/cm³ sűrűségű habot is. A habfóliák gyártás után azonnal szállíthatók, nincs szükség átmeneti tárolásra és gáztalanításra.

A vékony habosított fóliákat az alappolimertől, a habosítószertől, a gyártástechnológiától függően valamilyen módon merevíteni kell vagy alá kell támasztani. Ezt orientálással, térhálósítással, koextrudálással vagy laminálással érik el. Leggyakrabban az orientálást alkalmazzák, amit öntött fóliákon külön gépsoron végeznek, fúvott fóliákon viszont a kétirányú orientáció a tömlő felfúvásakor automatikusan bekövetkezik. Habosított fóliákat két lépésben nem lehet gyártani, mert a cellaszerkezet megsérül és a fólia keresztirányban meggyengül.

Selyemfényű PP-szalagok

Selyemfényű díszítő PP-szalagokat az 1970-es évek óta gyártanak. Ezek 2% kémiai habosítószerevel gyártott öntött fóliák, amelyek vastagsága habosítás után kb. 0,5 mm, és a 4:1 arányú nyújtás után 0,125 mm. Az erős nyújtás következtében a szalagok gyártásirányban nagyon erősek, de keresztirányban gyengék, ezért könnyen hasíthatók, hasonlóan a textilekhez. A fóliákat általában 1500 mm szélességben gyártják, és hasítással nyerik belőlük a kívánt szélességű szalagokat.

Hasonló technológiával készülnek a kábelszigeteléshez használt, egy irányban nyújtott egyrétegű PP szalagok. Ezeket spirálformában tekerik rá a vezetőre, vastagságuk 0,05–0,5 mm, sűrűségük 0,55–0,70 g/cm³. Az ilyen szalagokat legtöbbször ugyanott gyártják, ahol a díszítő szalagokat. A Lenzing cég (Ausztria) választékában a kétféle habosított szalagon kívül egy papírra laminált vékony PP-hab is szerepel, amelyet gyümölcsös zsákok címkéjeként használnak. A cég ezt a termékét egycsigás extruderekre épülő tandem gyártósoron állítja elő.

Habszerkezetű zsugorodó tömlők

A habszerkezetű körkörös címkéket is az 1970-es évek óta alkalmazzák üdítőitalos palackokon, ahol a nedvesség hatására könnyen leázó papírcímkéket helyettesítik. Alapanyaguk polisztirol, amelyet fizikai habosítószerrel habosítanak, és nyomtatható papírra koextrudálnak. A hab lágy, rugalmas; a tömlő alakú címke rázsugorodik a palackra, és hőszigetelő hatása révén hosszabb ideig hidegen tartja annak tartalmát.

Az Owens-Illinois (O-I) cég (Bardstown, Ky, USA) is kb. 30 éve gyárt tömlő alakú címkéket egycsigás tandem fúvóberendezésén, amelyen vízszintesen vezetik a tömlőt, és szabadalommal védett hibrid eljárással (kémiai habosítószer + gázinjektálás) habosítják a fóliát, amely a kialakuló buborékoktól opakká és fehér színűvé válik. Csupán a felületi rétegbe kevernek kevés TiO₂-t. A Plasti-shield márkanevű tömlőfóliák kezdetben egyrétegűek és 0,3 mm vastagok voltak, de az 1980-as évek óta kétrétegűek. Az első kétrétegű címke még 0,325 mm vastag volt, a mai címkék mindössze 0,100–0,150 mm vastagok. A habréteggel végzett koextrudálás nem könnyű, mert a tömör réteg melegebb, mint a habos, és a habszerkezet könnyen összeomlik.

Az eredetileg polisztirolra kifejlesztett hibridtechnológiát az Owens-Illinois cég polietilénre is kiterjesztette. A PE jobb nyújthatósága a függőleges tömlőfúvást és a nagyobb nyújtási arányt is lehetővé teszi. A cég ezeket a lehetőségeket kihasználva kifejlesztett egy habosított magvú, háromrétegű, DuraCore nevű fóliát, amelyet szerszámban díszítéshez lehet alkalmazni.

Az O-I időközben eladta címkegyártó részlegét az American Fuji Seal cégnek, amely folytatja a koextrudált habos fóliák fejlesztését. Egy 0,15 mm vastag kétrétegű fóliában Japánban kávét forgalmaznak. Egy háromrétegű fóliából (Duraplas) felragasztható címkék készülnek. Az opak, fehér belső PS habot két átlátszó PP réteg fedi. A fólia mindössze 0,375 mm, középső habos rétege 0,125 mm vastag.

Habosított vékony védőfóliák

A Sealed Air Corp. (Saddlebrook, N.J. USA) 0,500 mm vastag habosított lágy PE-LD fóliákat készít bútorok szállítás alatti védelmére. Az ilyen fóliák

feltekeréselése azonban nehezebb feladat, mint a PS fóliáké, mert jobban nyúlnak, néhány nap múlva azonban a relaxáció révén a feszültség csökken bennük, emiatt vastagságuk nő, és a tekercsen belül a növekedő nyomás összeroppantja a habcellákat. A habosított PE-fóliákhoz azért speciális feltekeréselőt kell használni. Ilyet a Battenfeld Gloucester cég kínál. A Sealed Air cég azonban túlságosan költségesnek találta a speciális tekercselők beszerzését, ezért inkább növelte habfóliái sűrűségét, a 0,500 mm vastag fóliáét 0,020 g/cm³-ről 0,025 g/cm³-re, a 3,125 mm vastag fóliáét 0,0176 g/cm³-re.

Térhálósítással szilárdított habfóliák

Az ipari célra használt poliolefinhaboktól elvárják, hogy egyre vékonyabbak és egyre erősebbek legyenek. Ultravékony térhálós habfóliákat növekedő mennyiségben használnak elektronikus szabályozókban, mobiltelefonokban, számítógépes monitorokban tömítő/szigetelő anyagként.

2000-ben az Alveo cég (Lucen, Svájc) elkezdte gyártani a világon a legvékonyabb, 0,400 mm-es térhálós poliolefinfóliát mobiltelefonok lencsájének tömítéséhez. 2001 áprilisában a cégnél 0,318 mm-es, a düsseldorfi kiállításra 0,247 mm-es fóliát is sikerült előállítani, az utóbbit $\pm 10\%$ -os szórással. Szakadási nyúlása gyártásirányban 313%, keresztirányban 412%, sűrűsége 0,33 g/cm³ (az eredeti polietiléné 0,91 g/cm³). A sűrűségcsökkenés a kémiai habosítószerrel készített díszítő szalagok 50%-ával szemben 64%. A fólia-vastagságot 0,2 mm-ig tovább akarják csökkenteni.

Az Alveo cégnél szokatlan eljárással dolgozzák fel a polietilént. Egycsigás tandem habosítóberendezésen először öntött fóliát készítenek, amelyet elektronsugárral térhálósítanak, és ezután vezetik be a fóliát egy kemencébe, ahol habosítják és megnyújtják.

A Collect LLC cég (Hyannis, Mass. USA) Senflex T néven 0,500 mm-es habot gyárt, de tervbe vették 0,375 mm-es habfólia gyártását is.

Egy új-zélandi cég, az EvolutionFoam Moulding (EFM) egyszerű és olcsó eljárást fejlesztett ki zárt cellás, térhálós poliolefinhabok gyártására. A két félből álló szerszámban 150 bar nyomással henger alakú előformát sajtolnak, amelyet egy másik, expandáló szerszámban olyan hőmérsékletre melegítenek, ahol a habosítószer egy része elbomlik, és a térhálósítás is végbemegy. Az előforma ilyenkor eredeti térfogatának 3–4-szeresére növekszik. A félig habosított hengert ezután forgó magra helyezik, és a habosító kemence második fokozatán szabadon, további 3-4-szeres térfogatára duzzasztják. A hengert ezután két félbe vágják, és kiterítve, nyomás alatt lehűtik. A kapott hablemezek mérete 1x4,2 m, vastagsága 8 cm. Vékonyabb lemezeket felvágással készítenek belőle.

Alappolimerek

Vékony habfóliák gyártásához rendkívül nagy ömledékszilárdságú és nagy sűrűségű polimer szükséges. Számos poliolefin gyártó kínál habosítható polipropilént. A Borealis cég a közelmúltban javította Daploy márkanévű termékeinek ömledékszilárdságát oly módon, hogy reaktív extrúzióval hosszú oldalláncokat épített a PP főláncára. Az egyik Daploy típust kifejezetten arra a célra ajánlja, hogy habok alapanyagához adagolják az ömledékszilárdság növelésére.

A Cellect cég habosítás előtt egy szabadalmaztatott eljárással reaktív szilán segítségével visz be hosszú, elágazó molekulaláncokat metalloceenes polietilénjeibe a reológiai tulajdonságok beállítására. Ezáltal bimodális polimert kapnak, amelyet könnyebb habosítani, és amelynek nagyobb a szakítószilárdsága és kisebb a maradó deformációja.

A habosítás azonban nem csak az alappolimer sűrűségétől és ömledékszilárdságától függ. Ügyelni kell arra, hogy a polimer ne tartalmazzon olyan adalékot, amely kölcsönhatásba lép a habosítószerrel. Ilyen lehet a PP-ben katalizátorbontó adalékként előforduló kalcium-sztearát, amelynek erős habtörő tulajdonsága van. Ez az adalék színezékkoncentrátumoknak is gyakori alkotója. Elég nehéz finom cellás fehér habokat gyártani, mert a titán-dioxid diszpergálásához használt adalékok durva pórusokat hoznak létre. Fehér habokhoz legtöbbször egyáltalán nem használnak pigmentet, de ha csökkenteni kell az átlátszóságot, a habosítatlan felső rétegekbe kevernek kevés TiO_2 -t. A mesterkeverékekbe vitt viaszok javítják a habfóliák nyújthatóságát.

A habosítás halványítja a színeket. Ezért ha pl. a 2% pigmenttel élénk pirosra színezett tömör műanyaghoz hasonló színű habot akarnak készíteni ugyanabból az alappolimerből, a színezék mennyiségét 5%-ra kell növelni.

„Habosítás” hajtógáz nélkül

Színjátszó vagy áttetsző fehér fóliát úgy is lehet készíteni, hogy a mikrométernél kisebb átmérőjű töltőanyagokat tartalmazó fóliát megnyújtják, aminek következtében beágyazásuk körzetében mikrorepedések, mikroüregek keletkeznek, amelyek révén csökken a polimer sűrűsége. Ilyen pl. a Melinex márkanévű öntött PET fólia, amelyet az ICI szabadalmaztatott, és jelenleg a DuPont gyártja. A nyújtott PP (OPP) fóliát ásványi töltőanyaggal ugyancsak gyöngyházfényűvé lehet tenni.

A Dor Film cég (Karmel, Izrael) fémbevonatú BOPP fóliája háromrétegű koextrudált termék, amelynek középső rétege tartalmaz kalcium-karbonátot. A kétirányú nyújtás hatására a fólia sűrűsége $0,91 \text{ g/cm}^3$ -ről $0,76 \text{ g/cm}^3$ -re csökken, azaz a fólia 25%-kal könnyebbé válik. Az ilyen fóliák sűrűsége azonban általában nagyobb, mint a gázzal habosított fóliáké.

Szívós habfóliák

A habosított fóliákban levő habcellák általában nem viselik el a két lépésben elvégzett kétirányú nyújtást. Kivételt képez az Alveo cég nyújtás előtt térhálósított habfóliája.

Viszonylag új módszer a Bruckner Maschinenbau GmbH (Németország) LISIM eljárása, amelyben egyetlen lépésben végzik el a kétirányú nyújtást. Az eljárást habosított fóliákon is kipróbálták, és a gyártó szerint az így kezelt öntött fóliák sokkal erősebbek, mint a fúvással nyújtott fóliák. A habosított PP fóliákat LISIM eljárással hosszirányban 3,5:1 arányban, keresztirányban 4,5:1 arányban nyújtották meg a fúvott fóliák 3:1, ill. 4:1 arányával szemben. Az előbbieket szilárdsága nem csak a nagyobb nyújtási arány miatt nagyobb, hanem azért is, mert azokat már szilárd állapotban orientálták a fúvott fóliák meglehetősen nagy deformációjával ellentétben.

A Bruckner cégnél többféle vékony habfólia fejlesztése folyik, pl.

- egyrétegű PP fólia 2% endoterm kémiai habosítószerrel;
- háromrétegű PP-fólia habosított középső és töltőanyagot tartalmazó fedőrétegekkel;
- PP+PA keverékből készített, $0,25 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű, 0,25 mm vastag egyrétegű fólia;
- 0,112 mm vastag, $0,31 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű PP homopolimer fólia;
- átlagos PP és hosszú oldalláncokat tartalmazó PP-ből készített habosított fólia;
- 12% etilénelasztomert tartalmazó blokk-kopolimerekből készített fóliák.

Az utóbbiaknak különösen finom a cellaszerkezete és textilszerű a fogása.

Kísérleti szinten van egy 0,2 mm vastag, magas fényű habosított PP fólia, amely hasonlóan szakad és hasonlóan nyomtatható, mint a papír, de nagyon kicsi ($10 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$) a vízáteresztése. A Bruckner cég vékony PET habfóliát is előállított már.

(Pál Károlyné)

Schut, J. H.: Foamed films find new niches. = *Plastics Technology*, 48. k. 2. sz. 2002. p. 48–55.

Götz, W.: Verpackte Luft. Polyethylen-Schaumfolienextrusion bei Oldenburg. = *Plastverarbeiter*, 53. k. 4. sz. 2002. p. 24–27.

Schut, J. H.: Low-cost process makes crosslinked PE foam. = *Plastics Technology*, 48. k. 4. sz. 2002. p. 41.