

## Nagy teljesítményű leheletvékony fóliák

Öntéssel nagy értékű, nagyon sok rétegből felépülő, ugyanakkor meglepően vékony fóliákat lehet előállítani. Ezek legtöbbször raklapokra felhalmozott áru biztosítására, feszítőfóliaként használják fel, de újabban a gázok és a vízgőz áteresztését gátló rétegeket is ilyen módon viszik be a fóliákba. Ezzel a technológiával képernyőkhöz védőfóliát is készítenek.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; extrudálás; fóliaöntés; multiréteges fóliák; nanoréteges fóliák.*

Az öntött vagy síkfóliák gyártásának legfontosabb lépései a különböző alapanyagok megömlesztése a megfelelő extruderekben, a polimerek egymásra rétegzése a tápblokkban, a polimerrétegek vízszintes irányú elosztatása, felvitele a szélesrésű extruderszerszámon keresztül az öntőhengerre, a fóliavastagság beállítása a hengerek közötti réssel, a fólia lehűtése, a vastagságellenőrzés, a feltekercselés. Speciális fóliák (felületvédő, higiéniai célú, feszítő-, öntött PP (CPP)-, zárófóliák) gyártásakor további lépéseket kell beiktatni. *A többretegű fóliák rétegfelépítésének tervezése komoly szakmai ismereteket igényel,* és célszerű azt kipróbálni a gyártóberendezés elkészítőjének segítségével, annak egy sokoldalú kísérleti berendezésén.

## Öntött feszítőfóliák

Feszítőfóliákkal (stretchfóliákkal) raklapra felhalmozott árut rögzítenek a szállítás és tárolás biztonsága érdekében. Az ilyen fóliák belső felületükön tapadóréteget, külső felületükön antitapadó réteget hordoznak. Alapanyaguk legtöbbször többféle lineáris kis sűrűségű polietilén (PE-LLD). A feszítőfóliát az árunak és a helyi sajátságoknak megfelelően kézi erővel vagy automataberendezéssel tekerik a raklapra halmozott áru köré.

*Kézi erővel végzett rögzítéshez* általában 500 mm széles, 300 m hosszú 3-rétegű fóliát alkalmaznak, amelynek vastagsága 8–30 µm, és 50 mm átmérőjű hüvelyre van rátekerve. A fóliák alapanyaga legtöbbször a PE-LLD-k legolcsóbb változata, butén/etilén kopolimer. Ilyen tekercsek gyártásához gyakori tekercscserére alkalmas feltekerő berendezést célszerű választani, de néha először 400 mm átmérőjű tekercset készítenek a fóliákból, és egy második lépésben készítik el a kézi használatra alkalmas kisebb tekercset.

A kézi erővel nyújtott fóliák maximális nyúlása kb. 100%, de az árura tekerés után jelentősen vissza kell zsugorodniuk, hogy a rögzítéshez elegendő feszítőerőt kifejthessék. Itt figyelembe kell venni, hogy a munkát végző emberek fizikai ereje eltérő, és a fóliának erőteljesebb vagy gyengébb nyújtás után is össze kell tartania a rakodólapon lévő csomagokat.

A piacon forgalmazott feszítőfóliák minősége és vastagsága erősen eltérő. Míg a japán fóliák vastagsága 10–12 µm, az utolsó cm-ig felhasználhatók, optikailag makulátlanok, más országokban néha a gyengébb minőségű fóliákat tekerik rá a papírhüvelyekre és forgalmazzák kézi erővel nyújtható feszítőfóliaként. A világ nagyobb részén súlyra árulják a feszítőfóliákat, az USA-ban és Ázsia egyes részein a felület nagysága vagy a teljesítmény az ár alapja. Ezért a világon néhol kis átmérőjű hüvelyekre tekerve kínálják a fóliákat, másutt a nagyobb profit érdekében, műszakilag teljesen szükségtelenül növelik a hüvely átmérőjét.

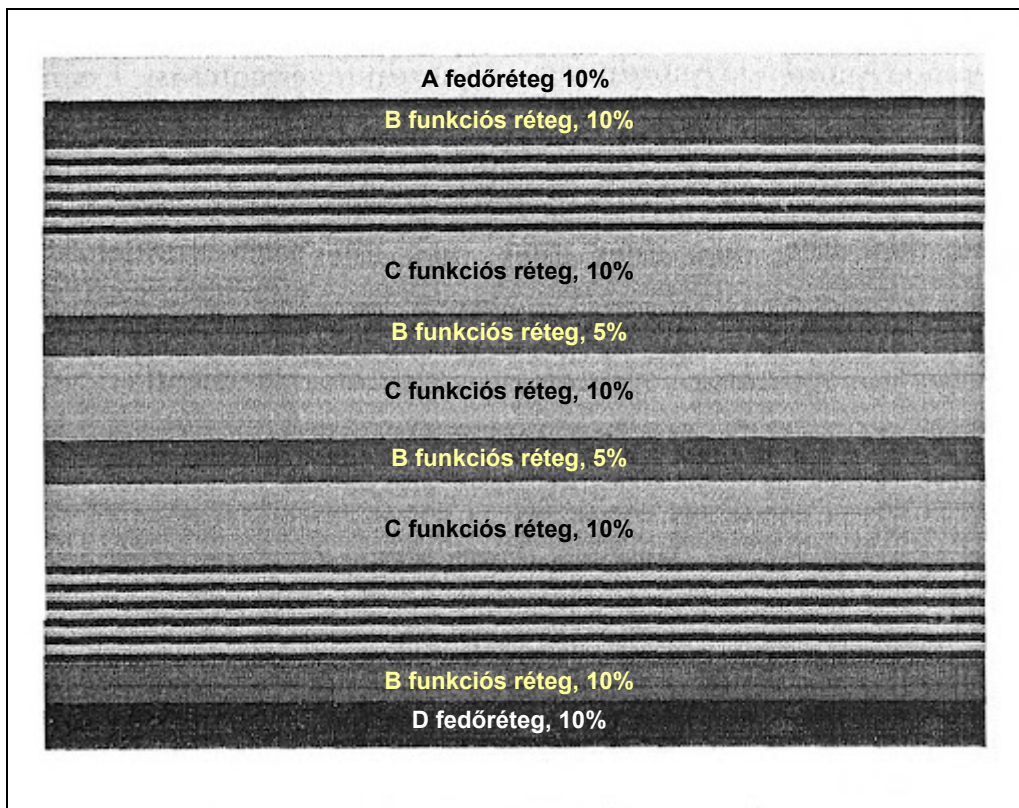
*A gépi erővel végzett rögzítéshez 500 mm széles, 75 mm átmérőjű hüvelyen 250 mm átmérőjű tekerés formájában kínálják a 3-5-rétegű fóliákat. Vastagságuk 12–30 µm. Alapanyaguk a butén/etilén kopolimer mellett hexén- és okténkopolimer (részben metallocén katalizátorral kopolimerizált változatok), továbbá kis sűrűségű polietilén (PE-LD), nagyon kis sűrűségű polietilén (PE-VLD) és ultra kis sűrűségű polietilén (PE-ULD) vagy ezek keveréke. A fóliatekerceket palettázóautomatákra helyezik, amelyek 100–300%-os előnyújtás után tekerik a fóliát az előttük forgó rakodólapra. A fólia minőségét a nyújthatóság, a visszaalakulási képesség, az átszúrással szembeni ellenállás, a letekerési sebesség, a zajosság és a szakadások száma jellemzi.*

*A fóliagyártók sokan vannak, erős a piaci verseny, ezért sokan kénytelenek termékeiket olcsón adni. Emiatt a gépgyártóktól is szerényebb gépeket vásároltak. Korábban elsősorban a nagy ömledékteljesítményű gyártóberendezéseket keresték, négy extruderrel és 5-rétegű tápblokkal. Ma ilyen gépekkel nem versenyképes a feldolgozó. Az USA-ban, ahol nagyon magas színvonalú a feszítőfólia-gyártás, megindult az egyre több rétegű fóliák gyártása. 1995-ben kezdte meg a termelést egy 7-rétegű fóliát gyártó berendezés, 2000-ben már 9-rétegűt, 2005-ben 21-rétegűt öntöttek. Az utóbbi megkapta a „nanoréteges” elnevezést. Így nevezik azokat a fóliákat, amelyekben különböző helyeken két egymást váltó anyagból alakítanak ki szupervékony rétegeket (1. ábra). 2008-ban már 30-réteges fólia is megjelent a piacon.*

A sokrétegű fóliák gyártása Európára is áterjedt. Az olaszországi **Colines** cég (Novara) 2011 elején mutatta be *2 m széles, 50-rétegű öntött feszítőfóliát gyártó extruderét*, amelyhez a tápblokkokat, a rétegrendezőt vagy rétegsokszorozót (layer multiplier) és a szélesrésű szerszámot az USA-ban az **EDI (Extrusion Dies Industries)** cégnél (Chippewa Falls, WI) rendelte meg. A *HandRollEx* sorozatba tartozó berendezéshez négy extruder (két 80 mm-es és két 140 mm-es), két tápblokk, egy rétegrendező tartozik. A berendezésen 5, 8, 14, 26 és 50 mikrorétegből felépülő fóliát lehet gyártani.

A hollandiai **Apeldoorn Flexible Packagig** (korábban **AEP Flexible Packaging**, Apeldoorn) az USA 2009-es műanyag-kiállításán, az NPE-n mutatta be 29-rétegű feszítőfóliák gyártására alkalmas gyártóberendezését a texasi **Cloeren** cég (Orange) standján. A rajta gyártott *Katan-Ex* márkanevű feszítőfóliát gépi felhasználásra fejleszt-

tették ki. Ebben felhasználták a Cloeren cég *NanoLayer multiplier* technológiáját, a kísérleti gyártást pedig Németországban, a **Windmüller & Hölscher (W&H)** cég öntött fóliák gyártására szolgáló lengerichi laboratóriumában végezték.



1. ábra Nanorétegeket tartalmazó sokréteges fólia felépítése

A **W&H** cég maga is három éve foglalkozik sokrétegű fóliák gyártásával. Saját fóliaöntő berendezésén egy *17-réteges, NanoLayer*-elven felépített tápblokkot alkalmaz. A *NanoLayer* technika azonban a teljes fóliaszerkezet legfeljebb 30%-ában teszi lehetővé a vékony multirétegek kialakítását, míg a **EDI** eljárásával a fólia akár 80%-a is felépülhet ilyen nanorétegekből. A **W&H** saját fejlesztése egy *33-réteges feszítőfóliát gyártó rendszer*, amely az USA-ban dolgozik egy olyan üzemben, amely piacra gyárt fóliákat, de lehetővé teszi más fóliagyártók számára a kísérleti gyártást is.

A sokrétegű fóliákkal foglalkozó szakemberek azonban rámutatnak arra, hogy pusztán a rétegszám növelése nem teszi feltétlenül jobbá a fóliát. Egy buténkopolimer rétegeinek a megsokszorozása nem teszi a fóliát egyenértékűvé egy hexénkopolimer tartalmazó fóliával. A sokrétegű fóliák gyártása meglehetősen költséges, és nem „köznap” fóliák gyártására való. Elsősorban akkor van létjogosultsága, ha a rétegek bevitelével valamilyen plusz jó tulajdonságot is kap a fólia.

Szabadalmak és ipari alkalmazások bizonyítják, hogy a sok réteg közé be lehet építeni speciális funkciót hordozó rétege(ke)t is. *Felesleges az anyagkeverékek alkal-*

*mazása*, mert a tapasztalatok szerint az ilyen keverékek tulajdonságai gyengébbek, mint a két anyagé külön-külön rétegben. Különleges hatást lehet elérni néha, ha a szokásos receptektől eltérő anyagokat társítanak a fóliában, pl. polipropilént propilén-etilén interpolimerrel. Ilyen esetben azonban a gyártás megindítása előtt célszerű a gépgyártóval és az anyaggyártóval közösen átgondolni a receptúrát, és kísérleti berendezésen kipróbálni, hogy igazolja-e a várakozásokat.

Az egyre több réteg mellett a felhasználók a változatlan teljesítmény mellett is egyre vékonyabb fóliákat keresnek. Különösen a nagyobb vállalatok törekszenek arra, hogy költségeik mellett a terhükre rótt szén-dioxid mennyisége is tovább csökkenjen, és egy-egy paletta becsomagolásához egyre kisebb tömegű fóliát használjanak fel. Ez az irányzat különösen erősen sújtja azokat a fóliagyártókat, akik korábban nagy ömledékhozamú gépeket vásároltak, és ezeken csak viszonylag vastag fóliákat tudnak önteni.

### **Záróréteget tartalmazó fóliák**

Az egyre több réteg, a szokatlan anyagok alkalmazása és a fóliák összvastagságának csökkenése megfigyelhető a zárófóliák gyártásában is. *Záróréteget tartalmazó koextrudált fóliák nélkül a mai zacskós-fóliás, ún. flexibilis csomagolás nem képzelhető el.* Ilyeneket alkalmaznak mélyhűzött csomagolóeszközök, fedelek, zacskók gyártásához, mert meghosszabbítják a becsomagolt élelmiszer eltarthatóságát. Korábban poliamid (PA) és polietilén (PE) fóliákat kasíroztak egymásra, jó néhány éve *szimmetrikus vagy aszimmetrikus felépítésű koextrudált PA/PE fóliákat használ a csomagolóipar.*

A PA hőállósága és hőformázhatósága előnyösen befolyásolja a koextrudált fólia tulajdonságait, emellett gátolja az oxigén áthatolását. A vízgőz áteresztését a PE hordozófólia akadályozza meg, egyúttal a hegesztést is lehetővé teszi. *Fokozott oxigénzáró képességet poli(vinil-alkohol) (EVOH) réteggel lehet elérni.* Ilyen fóliák fűvással és öntéssel is gyárthatók, a gyártás feltételeinek és a fólia alkalmazásának megfelelően. Az öntött fóliák előnye a nagyobb (600–2500 kg/h) kihozatal, a nagyobb fóliavastagság, a hőformázhatóság, a szebb optikai tulajdonságok és a fóliarétegek felépítésének nagyobb szabadsága. A rétegfelépítés rugalmassága a koextrúziós adaptertől függ. A korszerű fóliaöntő berendezésekbe olyan univerzális csigákat építenek be, amelyekkel bármilyen öntőfóliákban alkalmazott polimer feldolgozható.

A **W&H** cég az öntött fóliák anyagválasztékát poli(etilén-tereftalát)-tal (PET) kívánja növelni. Az öntött fóliák gyártására kínált *Filmex* típusú extrúziós gyártósora extrudereibe épített *Smooth Barrier (SMB)* csigák jól elboldogulnak a PET-tel is. Ebből a műanyagból elsősorban palackokat fűjnek, de készül belőle vékony, két irányban nyújtott PET-BO fólia és 150–2000 µm vastag fólia is. A vastagabb kasírozott fóliákból általában merev falú csomagolóeszközöket állítanak elő, a PET-BO fóliákból zacskókat gyártanak.

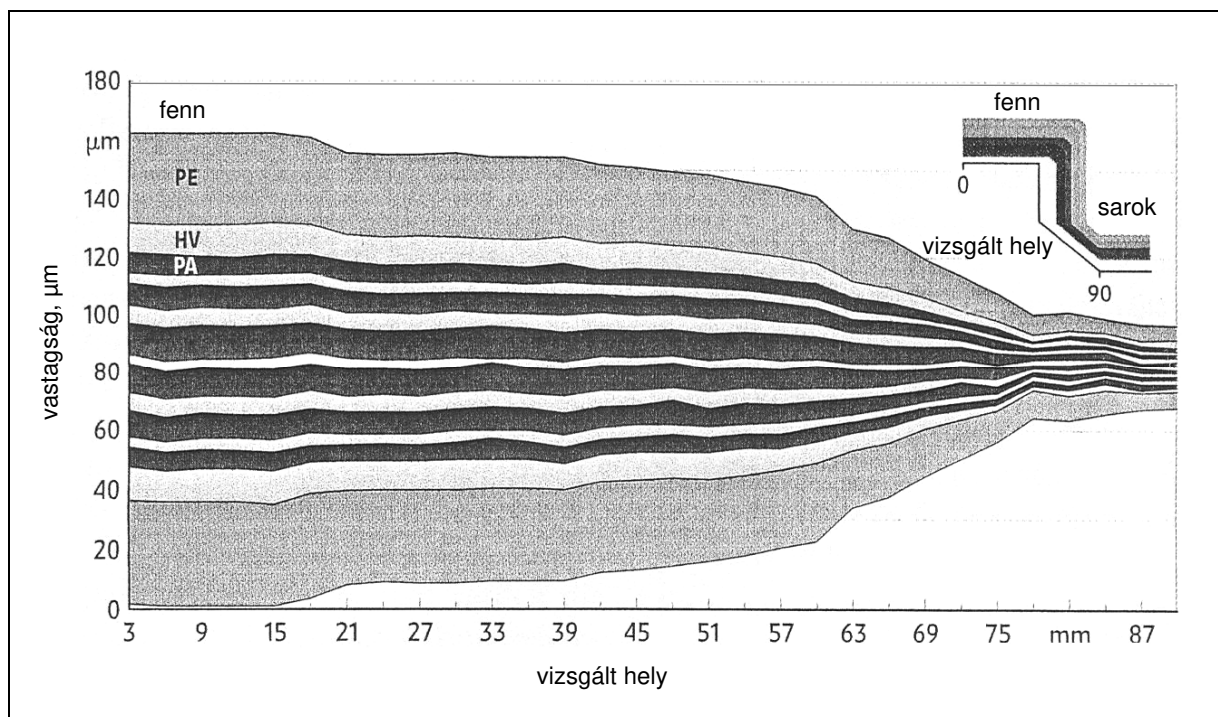
*A PA-val szemben a PET átlátszóbb, jól nyomtatható, könnyen hőformázható, és olcsóbb a PA-nál. Nagyobb gondot kell azonban a feldolgozására fordítani.* Közvetle-

nül feldolgozás előtt magas hőmérsékleten ki kell szárítani, extrudálása is magasabb hőmérsékletet igényel, viszkozitását és az alkalmazott tapadóanyagot össze kell hangolni a többi koextrudált anyaggal.

Számos előkísérlet eredményeképpen a düsseldorfi K'2010 műanyag-kiállításra megszületett a PET réteget tartalmazó öntött fóliák gyártásának technológiája („know-how”-ja), és a kiállításon többféle fólia gyártását mutatták be az egyszerű PET/PE-től a nagy záróképeségű PET/PA/EVOH-ig. Az ilyen fóliák szépségét és használhatóságát a cég egy 250 µm-es PET/PE fóliából hőformázott tállal demonstrálta, amely tökéletes átlátszóságával és nagy merevségével aratott sikert.

Az új technológia további előnye, hogy míg a vékony PET-BO fóliák és a kasírozáshoz gyártott, viszonylag vastag fóliák közötti tartományban nem kínáltak PET-fóliát, az öntött PET/PE fóliák összvastagsága kb. 300 µm lehet. Ezáltal anyagot lehet megtakarítani és új csomagolási formák is kialakulhatnak.

A **W&H** cég „házi” kiállításán bemutatott egy 17-rétegű PA/PE fóliát extrudáló berendezést is. A fóliából az említett PET/PE tál fedelét kívánják gyártani. A fólia ugyanolyan átlátszó, mint a tál, és tökéletesen hegeszthető. Hasonló fóliákat poli(butilén-tereftalát)-tal (PBT) is készítettek, amelyeknek a PBT alkotta a külső réteget. A PBT előnye a PET-hez képest nagyobb hőállósága és magasabb hegesztési hőmérséklete.



2. ábra A rétegek eloszlása egy hőformázott PA/PE fóliában

A feszítőfóliákhoz hasonlóan a záróréteget tartalmazó fóliákban is alkalmazható a *Nanolayer* technika, amellyel növelhető pl. a merevség, a záróképeség vagy a

hőformázhatóság. A 2. *ábra* egy ilyen multiréteges fólia rétegeloszlását mutatja. Az eredeti felvétel egy hőformázott csomagolóeszközből mikrotommal kivágott metszetről készült. Látható, hogy a hőformázás alatt sem szakadtak meg az egyes rétegek. Receptúrafejlesztéssel a hőformázhatóság és az egyes rétegek eloszlása tovább javítható, eddig azonban nem sikerült a 11-nél nagyobb rétegszámú fóliákban a javulás mértékét mennyiségileg meghatározni.

## Felületvédő fóliák

A feszítő- és a zárófóliák gyártói ma az egyre több réteget tartalmazó és az egyre vékonyabb fóliák előállítására törekszenek. A felületvédő fóliák gyártóinál más irányzat figyelhető meg. A védőfóliákkal szemben egyre fokozódnak a minőségi követelmények, amelyeket elsősorban a lapos képernyők gyártói határoznak meg. Az LCD panelek elkészítésekor sokféle különböző minőségű és tulajdonságú poliolefinalapú védőfóliát használnak fel. Közös tulajdonságuk, hogy tökéletes síkot kell alkotniuk, utózsugorodásuk minimális, csak pontosan meghatározott nagyon kevés pontszerű hibát tartalmazhatnak és az alappal összehangoltan tapadniuk kell. A hibahelyek száma azért ilyen szigorúan korlátozott, mert a hibák megsérthetik az alaplapot vagy optikai torzulást okozhatnak. A védőfóliák gyártósorai általában három extruderrel dolgoznak, amelyekre jellemző a kíméletes és jó homogenizálás, a rövid ömledékút, a speciális szűrés. A gyártósor további követelménye a hibátlan feltekeresés és a tisztaüzemi környezet. Ilyen fóliák gyártására elsősorban Korea rendezkedett be, amelyeket elsősorban az itt előállított nagy számú tv-készülék képernyőinek védelmére használnak fel.

## Összefoglalás

A fóliaöntés gazdaságos módszer nagy értékű fóliák gyártására. Ezeknek a fóliáknak a felhasználása folyamatosan terjed ki olyan területekre, ahol korábban más technológiával előállított fóliákat alkalmaztak. A fóliagyártó sikere a hozzáférhető technológia elemzésétől és a helyi adottságok figyelembevételétől, továbbá a gépgyártóval kialakított szoros együttműködéstől függ. Ha döntött egy technológia alkalmazásáról, a megfelelő gyártóberendezést még a tervezés időszakában a megrendelő kívánásaihoz kell igazítani. A fólia, az alapanyag és a fóliaöntő berendezés gyártójának szoros kapcsolata megkönnyíti az optimális megoldás megvalósítását. Nagy segítséget jelent ebben a munkában egy olyan kísérleti berendezés, amelyen a tervezés időszakában kipróbálhatók az elképzelések, és amelyen meg lehet győződni arról, hogy a gyártás megvalósítható. Nem utolsó szempont, hogy egy ilyen 0-szériás próbán a személyzet is begyakorolhatja a tennivalókat.

Összeállította: Pál Károlyné

Schmitz, T.: Hauchdünne Schichten für große Aufgaben = Kunststoffe, 101. k. 5. sz. 2011. p. 48–52.

Schmith, Ch.: Stretching the benefits of multiplication = European Plastics News, 38. k. 4. sz. 2011. p. 32.