

Különleges többrétegű fóliák

Mintegy két tucat gyártó van a világon, akik kilenc-, ill. tízrétegű fóliákat állítanak elő elsősorban a nagy gáz- és aromazárást igénylő élelmiszerek csomagolására. A felsorolt cégek sikeresen találták meg azokat a piaci réseket, ahol a megnövelt rétegszám gazdaságosan javította a fóliák tulajdonságait a hagyományos többrétegű, ill. metallizált fóliákhoz, laminátumokhoz képest. A mikrofóliák gyártása még speciálisabb, a világon mindössze három gyártó állít elő ilyen, néha több száz rétegből álló fóliákat.

Tárgyszavak: többrétegű fóliák; fóliafűvés; élelmiszercsomagolás; gázzáró képesség; mikrofóliák; öntési technológia.

Többrétegű fóliák fajtái, gyártók

A kilencrétegű fóliák gyártásának nehézségeivel napjainkig világszerte kevesebb, mint egy tucat cég volt képes megbirkózni. Ugyanakkor ezek a fóliák kedvező tulajdonságaiknak és viszonylagos olcsóságuknak köszönhetően messze felülmúlják a kevesebb rétegből felépülő már jól ismert fóliákat.

A kilencrétegű fóliákat számos területen lehet alkalmazni, ezért a gyártó cégek is különböző piaci szegmenseket céloznak meg új termékükkel. A kilencrétegű fóliák egymásnak nem támasztanak versenyt, a legfontosabb konkurensei a laminált és a fémréteggel bevont (metallizált) fóliák. Maguk a speciális fóliagyártók is gyakran laminátumokban használják saját kilencrétegű fóliáikat. Számos olyan alkalmazási terület kínálkozik, ahol jól záró fóliára van szükség (mint például a tejpor csomagolásánál), ezért az új fóliák minden előnyét remekül ki lehet használni.

Az első cég, amely sikerrel kezdte meg kilencrétegű fóliák gyártását, az új-zélandi **Rotorua** volt, amely 1997-ben egy, a **Brampton Engineering** által készített gyártósoron kezdte meg a termelést. A **Battenfeld Gloucester Engineering** 1998-ban adta el első kilencrétegű fóliafűvő szerszámát a szintén új-zélandi **Transpack Industries**-nak. A kilencrétegű fóliákkal szerzett tapasztalatok alapján még bonyolultabb fóliákat fejlesztettek ki: 2000 óta a **Brampton** három darab, tízrétegű fólia gyártására alkalmas fóliafűvő szerszámot adott el, egyet Ázsiában és kettőt Európában. A legutóbbi vásárlójuk a finn **Wipak** volt. A tízrétegű fóliák a kilencrétegűeknél is több lehetőséget biztosítanak különböző felépítésű szerkezetek, elrendezések kialakítására. Az izraeli **Plastopil Hazorea** cég 2001-ben indította el a kilencrétegű fűvott fóliák gyártását. Az új eljárás beindítása számos nehézséggel járt és sok időt vett igénybe. Ugyanakkor az új termék sikerét jól jellemzi, hogy a **Plastopil Hazorea** 2003-ban egy újabb gyártósort vásárolt.

Érdekes összehasonlítani a többrétegű fóliagyártó sorok számának alakulását. A kezdetben három rétegből álló fóliákat az öt- és hétrétegű fóliák váltották fel, az ilyen gyártósorokból a megjelenésüket követő néhány éven belül több száz berendezést állítottak üzembe. *A kilenc- és tízrétegű fóliák nem tudtak az iparban olyan gyorsan és széles körben elterjedni, mint az öt- és hétrétegű fóliák, hiszen nyolc év elteltével is csupán huszonöt kilencrétegű fóliagyártó berendezés működik a világon.* Ez utóbbiak lassabb elterjedésének okát a reológiai, technológiai eredetű nehézségek mellett abban kell keresni, hogy hasonlóan kedvező gázzárást a rétegek számának növelése mellett más módszerekkel, laminálással, fémréteggel ellátott (metallizált) fóliákkal és bevonatokkal is el lehet érni.

A gépgyártók közül szintén kevesen vágtak bele a kilenc- és tízrétegű fóliafúvó szerszámok fejlesztésébe: Európában például napjainkig egyetlen gyártó sem dobott piacra hétnél több rétegből álló fólia gyártására alkalmas gépsort, noha a német **Windmoeller & Hoelscher** és az olasz **Macchi** már megkezdte ezek fejlesztését. A **Brampton** jelenleg a többrétegű fóliafúvó berendezések legsikeresebb gyártója: eddig három darab tízrétegű és tizenhárom darab kilencrétegű gyártósort értékesítettek, melyek közül a legnagyobb 800 mm átmérőjű szerszámmal rendelkezik, kapacitása pedig eléri a 660 kg-ot óránként. A **Gloucester**-nek öt darab kilencrétegű berendezést sikerült eladnia. Négy lefelé működő, kilencrétegű fóliafúvó berendezést is szolgálatba állítottak, az egyiket a **Davis-Standard** készítette egy orosz megrendelő számára, aki EVOH/PA/PE-LD műbelet gyárt a segítségével. Ezt a berendezést összesen hat, egyenként 38 mm csigaátmérőjű extruder szolgálja ki. A **Macro Engineering** egy koreai cég számára fejlesztett ki egy kilenc extruderrel rendelkező gyártósort PVDC alapú szigetelőfólia gyártására. A **Brampton** nevéhez fűződik két, *Aquafrost* fantáziánévű, lefelé működő fóliafúvó berendezés kifejlesztése, amelyek vízhűtéssel állítanak elő PP/EVOH fóliákat. A **Brampton** és a **Gloucester** ipari méretű laborextruderek elkészítésén fáradozik, hogy megkönnyítse a fejlesztést, és a felhasználók átállását az új technológiára.

Kilenc- és tízrétegű fóliák gyártása és alkalmazása

A különösen jó záróképességű fóliákat hűtött (pl. hús, sajt, hal) és nem hűtött (pl. tejpor, mogyoró, állateledel, bor) élelmiszerek csomagolására, tárolására lehet kitűnően használni. Az ilyen fóliákkal szemben támasztott követelmények között minden felhasználási területen a záróképesség mellett a hajlékonyság a legfontosabb – a nagy zsákoktól és dobozbélésektől egészen a kis hőformázott poharakig. *A kilencrétegű, vékony poliamidréteget tartalmazó fóliák viszonylag hajlékonyak, ezzel szemben az öt- és hétrétegű fóliák merevebbek, mert a poliamidréteg sokkal vastagabb bennük.*

A többrétegű fóliák egyik új alkalmazási területe az előre gyártott ételadagok csomagolása, amelyeknek a forralást és a mélyhűtést is ki kell bírniuk. A kilencrétegű fóliák egyik nagy előnye, hogy lehetővé teszik a drága poliamid felhasználásának csökkentését. Egy vastag helyett több vékony poliamidréteget lehet a fóliába beépíteni, amihez egyrészt kevesebb poliamid szükséges, másrészt pedig javul az aromazáró ké-

pesség, különösen hőformázott csomagolóanyagok esetében, ahol az egyetlen PA-réteget felvonultató régebbi fóliatípusok gyakran hajlamosak elveszíteni gázzáró képességük jelentős részét a hőformázás során. A kilencrétegű fóliafűvő berendezéseket ritkán használják kilenc különböző anyagú rétegből álló fóliák gyártására, többnyire öt-nyolc különböző anyagból állítják össze a rétegrendet. A kilencrétegű fóliafűvő gépek egyenletesebb vastagságot szavatolnak. Míg egy hétrétegű berendezéssel a $\pm 6\%$ vastagságingadozás már jó eredménynek számít, addig a kilencrétegű fóliafűvő berendezéssel könnyedén el lehet érni $\pm 4\%$ eltérést, amely automatikus vastagságszabályozással $\pm 1,8\%$ -ra csökkenthető.

A kilencrétegű fóliafűvő szerszámok között gyűrű alakú és spirális ömledécszatornával rendelkezők egyaránt találhatóak. Mindkét megoldásnak vannak előnyei és hátrányai. Így például sok kilencrétegű fólia belseje tartalmaz egy PA/EVOH/PA szendvicset, mely tapadásközvetítő nélkül áll össze, ehhez azonban szükség van a $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű PA és a $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű EVOH ömledék szétválasztására megfelelő hőszigeteléssel. A gyűrű alakú szerszám kiválóan alkalmas erre a feladatra. Ugyanakkor a spirális szerszámban nincs lehetőség a különböző feldolgozási hőmérsékletű ömledékek hatékony elválasztására, itt a rövid tartózkodási idővel igyekeznek megóvni az EVOH-hoz hasonló érzékeny anyagokat a degradációtól. Az egyes szerszámtípusok közötti fő különbséget az úthossz jelenti, amelyet az egyes rétegeknek meg kell tenniük együtt, mielőtt kilépnének a szerszámból. Míg a spirális szerszámok esetében ez mindössze 200 mm , addig gyűrű alakú szerszámnál eléri a 450 mm -t. Mivel a legtöbb esetben az egyes csatornákat meghatározott anyagok feldolgozásához tervezik, a fólia rétegrendjének megváltoztatása (pl. PE-LLD helyett PA bevezetése) gyakran nehézségeket okoz, és csak a szerszám egyes részeinek kicserélésével válik lehetővé. Emiatt természetes a gyártók azon törekvése, hogy univerzális szerszámokat tervezzenek. *Az Optimum Plastics által alkalmazott kilencrétegű szerszám EVOH, PP, PA, PET és tapadásjavító rétegekből álló fóliákat képes előállítani, összesen 50 különféle variációban.*

Az új kilencrétegű fóliák fejlesztésében a fő nehézséget az jelenti, hogy a szomszédos rétegekben az eltérő folyási tulajdonságokkal rendelkező anyagokat hogyan lehet összeépíteni. Például egy vékony, alacsony viszkozitású poliamid vagy EVOH és egy nagyobb viszkozitású poliolefinréteg nem megfelelő egyesítése a fólia hullámosodását, felgyűrődését eredményezheti. A **Macro Engineering** szimulációs szoftvere nagymértékben megkönnyíti a különböző rétegrendek közötti váltást. Ennek csak a gyártani kívánt fólia egyes rétegeinek anyagát és tervezett vastagságát kell megadni, a program pedig javaslatot tesz az ömledék-hőmérsékletek és egyéb paraméterek beállítására.

A kilencrétegű fóliagyártó sorok alapanyag-kezelő rendszere többnyire rendkívül összetett, hiszen akár $30\text{--}40$ különböző alapanyag adagolását kell biztosítani, mivel az alkalmazott anyagok többsége keverék vagy ötvözet. Az extruderek közül kettő általában kicsit nagyobb méretű a többinél, ezek feladata az $5\text{--}6$ alapanyagból álló poliolefin ötvözetek összekeverése. A többi hét extruder $2\text{--}4$ alapanyagot elegyít. Az **Optimum Plastics** mindegyik extruderét egy-egy betűvel, az alapanyag-tároló tartályokat és az

anyagot továbbító csöveket pedig számokkal jelöli. Ennek megfelelően például az A jelű extruder az A1, A2, A3, A4 és A5 jelű csöveken keresztül kapja az alapanyagokat.

Az alapanyagok cseréje sok munkával jár. A különböző poliolefinek közötti átállítás minimális tisztítást igényel, ugyanakkor az EVOH, a poliamidok vagy az ionomek után alaposan ki kell tisztítani a rendszert. A tisztítás során az összes réteget folyamatosan extrudálják, hogy elkerüljék a ballon összeomlását. Az egyes rétegekhez tartozó csatornák megtisztítása fél órától akár órákig is eltarthat, ami nagy mennyiségű selejt keletkezésével jár együtt. A kockázatot az jelenti, hogyha némi PA marad egy olyan extruderben, amelyet polietilénre állítanak át: ebben az esetben a magasabb feldolgozási hőmérsékletű PA nem ürül ki, de fokozatosan degradálódik, és égett fekete szemcsék válnak le róla, amelyek elcsúfítják a fóliát. Az ilyen hiba kijavítása egyhetes leállást is okozhat. Mivel az ilyen gyártósorok igen nagy kapacitásúak, előfordul, hogy a rendelésre gyártott különleges fólia legyártása mindössze két vagy három óra alatt lezajlik, ezt azonban a másik termékre való átálláskor hasonló időtartamú vagy ennél hosszabb átállás követi. Ezért a feldolgozók a selejt mennyiségének csökkentése érdekében minél hosszabb sorozatok gyártására törekednek.

Mikrofóliák

A mikrofóliák szélesrésű extruderszerszámmal öntött fóliák, amelyek különös sajátossága, hogy igen sok (30–1000) rétegből épülnek fel. Az egyes rétegek vastagsága 0,02-től 5 µm-ig terjed. A sok vékony réteg összeházasításának problémáját úgy oldják meg, hogy néhány – gyakran csupán két vagy három – anyagáramot részekre osztanak és újra egyesítenek. Három évtizeden keresztül mindössze egy cég foglalkozott mikrofóliák gyártásával, amelyeket ajándécsomagoló papírok, szalagok és más dekorációs termékek készítéséhez használtak fel. *Az elmúlt néhány évben azonban számos új típusú mikrofólia jelent meg, új alkalmazási területeket hódítottak meg, mint például ablaküvegek, képernyők és lábbelik.* A mikrofóliákat két jelentős csoportra lehet osztani: az optikai fóliákra, melyek egyes rétegei a fény különböző hullámhosszú részeit másképp verik vissza vagy engedik át, valamint a bizonyos közegek áthatolását gátló szigetelőfóliákra (barrier fóliák), amelyek egyben kiváló mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek. Az optikai fóliákban kevesebb számú különböző alapanyagtípus és több réteg (100–1000) található, mint a szigetelőfóliákban. Az utóbbiakhoz gyakran hét vagy akár tizenegy extruder biztosítja az alapanyagokat.

A mikrofóliák előállításához két alapvető technológiát alkalmaznak. Az elsőt a **Dow Chemical Co.** fejlesztette ki a 60-as években, a másodikat pedig a **Cloeren** szerszámgyártó cég a 90-es évek elején. Kísérleti jelleggel a **Black Clawson** és az **Extrusion Dies Industries (EDI)** is kifejlesztett ilyen szerszámokat. A **Dow** rétegszorozó eljárásának az alapja az, hogy részekre osztja és egymásra vezeti az egyes rétegeket. A rétegek megszorozása egymást követő lépésekben, sorozatban történik, a rétegek számát pedig gyakorlatilag a végtelenségig lehet növelni. A Cloeren rendszerre megosztja az ömledékáramlást, majd 17 vagy 34 rétegből álló fóliák, úgynevezett

csomagok formájában egyesíti őket. A kész mikrofóliát több csomag egyesítésével hozzák létre. *Napjainkig így 452-re sikerült növelni a rétegek számát.*

A **Dow** eredeti technológiáját *Walter Schrenk* és munkatársai fejlesztették ki, akiknek sok szabadalmat köszönhet a cég. Nemcsak extrúziós, hanem fúvós eljárást is kidolgoztak több száz rétegből álló fóliák gyártására, ezt azonban máig nem alkalmazzák az iparban.

A **Cloeren** egy teljesen új technológia kifejlesztésén dolgozik: az egyes ömledékáramokat részekre osztják, amivel a szerszámon belül hoznak létre mikrofóliás szerkezetet. Az ömledékáramokat számos alkalommal meg lehet osztani. Az egyes áramokat függőlegesen vezetik össze, majd vastag felületi rétegek közé fogják őket.

A Cloeren ez idáig több mint fél tucat gyártósort adott el, amelyek 2,5 és 3,5 m közötti szélességű mikrofóliák előállítására alkalmasak. Ezek közül hármat olyan cégek állítottak üzembe, amelyek a poliamidot és EVOH-t tartalmazó kilencrétegű fóliáknál kétszer jobb gázzáró képességgel rendelkező EVOH alapú mikrofóliákat gyártanak. *A nagy szilárdság és a hajlékonyság is a mikrofóliák előnyei közé tartozik.* A **Cloeren** meglévő gyártósorok mikrofóliák előállítására való átalakítását is vállalja.

Jelenleg 3 cég foglalkozik *dekoratív színjátészó mikrofóliák* előállításával. Kezdetben ez volt a mikrofóliák kizárólagos rendeltetése. Az **Engelhard** 1976 óta számos 113 és 226 rétegű fóliát fejlesztett ki csomagolópapírok, szalagok, címkék, szövetek, tapéták díszítéséhez. A **Teijin DuPont** Japánban 200-nál több rétegből álló díszítőfóliákat gyárt 2001 óta. A taiwani **Rainbow Package Industrial Co.** szintén viszonylag új gyártó a piacon.

Az eredeti dekorációs fóliák egyenlő vastagságú, váltakozó rétegekből álló magból és az azt védő – egy külön extruder által képzett – kétoldali fedőrétegből álltak. Később a **3M**-nél felfedezték, hogy a *rétegek vastagságának változtatásával befolyásolni lehet a fólia által visszavert fény hullámhosszát.* Napjainkban ennek felhasználásával a **3M** tíznél is több különböző optikai fóliát gyárt *Vikuiti Films* márkanevvel. Néhány ezek közül biaxiálisan orientált. Ezen termékek között találjuk az ún. visszaverő polarizátorokat vagy fényességjavító szűrőket, amelyek a laptopok, mobiltelefonok, videokamerák, televíziók képernyőjének bevonataként az LCD képét világosabbá, egyenletesebbé és könnyebben olvashatóvá teszik. Erre kitűnő példa a *Palm kézi számítógép képernyőjét borító 900 rétegű fólia.* A *Mirror Film VM2000*-et olyan „napfényvezetőkben” használják, amelyek feladata a természetes fény továbbítása a tetőről az épületek alsó szintjeire. *A 3M optikai fóliáit ablaküvegeken is előszeretettel alkalmazzák.* A **Scotchshield Ultra** ablakfóliával az üveg csaknem törhetetlenné válik. A Scotchshield Ultrának 12, 24 és 36 rétegű változatai vannak, amelyeket 12 rétegű, biaxiálisan orientált mikrofóliákból állítanak össze.

A több száz vagy ezer réteges fóliákban az átmenő és a visszaverődő fény viselkedése a szomszédos polimerrétegek törésmutatójától függ. Minél nagyobb a szomszédos rétegek törésmutatójának különbsége, annál nagyobb mértékben verik vissza a fényt. A rétegek számának növelése szintén javítja a visszaverődést. A dekorációs fóliákban általában két polimertípusból készült rétegek váltakoznak. Ez a legtöbb esetben egy poliészter (pl. PET, törésmutatója 1,8) és egy akril (pl. PMMA, törésmutatója

1,5) réteget jelent. Az ilyen fólia változtatja a színét attól függően, hogy milyen szögből néznek rá. A **3M** mérnökei rájöttek, hogy eltérő vastagságú rétegek társításával el lehet érni, hogy a fólia bizonyos hullámhossz-tartományokban átengedje a fényt, más hullámhossz-tartományokban azonban visszaverje, illetve minden szögből nézve azonos megjelenést mutasson. Egyes fóliák csaknem tökéletes tükörként képesek funkcionálni.

A mikrofóliák előtt napjainkban új alkalmazási területek nyílnak meg. A **Nike** edzőcipők gázzal töltött bélésének szigetelésére használja őket, ahol sűrített nitrogént kell elválasztaniuk a külvilágtól. A **Nike** legújabb, *Air Max 360* fantázianevű cipőjének az egész talpa levegővel van töltve, ami aligha lenne lehetséges mikrofólia nélkül. A gázhólyagként működő bélés burkolata közel 1000 EVOH és termoplasztikus elasztomer rétegből áll, a rétegek vastagsága pedig körülbelül 0,1 μm . A Nike egy tucat különböző mikrofóliát gyárt három gyártósorán, amelyek közül a legnagyobb öt extruderrel rendelkezik. A legtöbb fólia 30–100 rétegből áll és a léghólyagok gázzárása mellett azok szilárdságát is javítják.

A mikrofóliák gázzáró képessége különösen kedvező a hagyományos fóliákhoz képest. A rétegek nagy száma segít az érzékeny EVOH-ból készült rétegek mechanikai sérülésektől való megóvásában.

Összeállította: Deák Tamás

Schut, J. H.: Microlayer films. = *Plastics Technology*, 52. k. 3. sz. 2006. p. 54–60.

Schut, J. H.: Nine-layer. = *Plastics Technology*, 51. k. 11. sz. 2005. p. 54–59.