

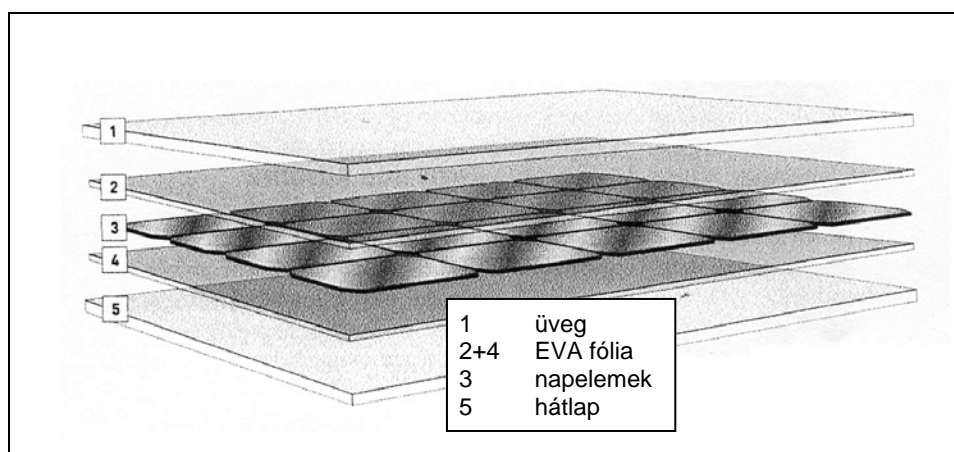
Különleges fóliák gyártási technológiái

Az EVA fóliák iránt jelentős mértékben megnövekedtek az igények, elsősorban a napelemek növekvő népszerűsége miatt. Az egyik vezető gépgyártó erre új berendezéssel, a fóliagyártás teljesítményének növelésével válaszolt. A fóliagyártás másik újdonsága a mikroréteges fűvott fóliák előállítása.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fóliafűvás; poli(etilén/vinil-acetát) (EVA); mikroréteges fólia; napelem.

Új berendezés EVA fólia gyártására

Az poli(etilén/vinil-acetát) (EVA) fóliák egyre keresettebbek, felhasználásuk nő a napelemek és a többrétegű biztonsági ablakok gyártásában. A napelemek szilíciumcelláit ugyanis a nedvesség és a korrózió elleni védelem érdekében EVA fóliába ágyazzák be, ahogy ez az 1. ábrán látható. Az itt alkalmazott fóliának elektromosan szigetelőnek, a fény számára transzparensnek kell lennie és nagy mechanikai szilárdsággal kell rendelkeznie. Követelmény még az UV fény elleni stabilitás és a jó feldolgozhatóság. Mivel ezeket a követelményeket legjobban az EVA elégíti ki, a szilíciumcellákkal ellátott modulok 95%-ánál ezt használják. A biztonsági üvegeknél is növekedéssel számolnak, mert az EVA kiszorítja az eddig használt poli(vinil-butirál) (PVB) fóliát.



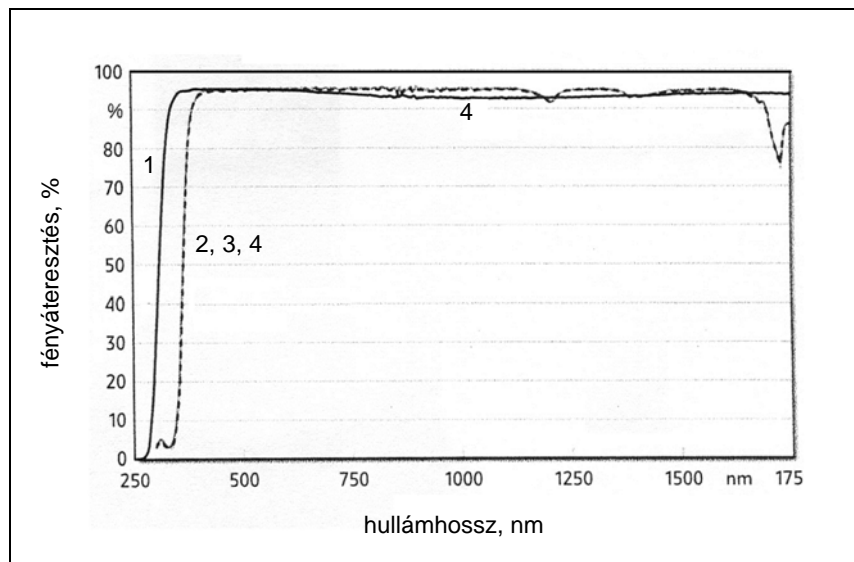
1. ábra Fotovoltaikus modul felépítése

A növekvő igények egyre újabb kapacitások létesítését és a technológiai kutatások élénkülését eredményezik. Az EVA fóliákat jelenleg síkfóliagyártó berendezésen

állítják elő, amellyel azonban csak maximum 1,3 m szélesség volt elérhető viszonylag kis teljesítménnyel. Ráadásul az így gyártott fóliák nem tudják maradéktalanul kielégíteni a zsugorodásra vonatkozó követelményeket.

A **Krauss Maffei** új, szabadalmaztatás alatt álló berendezésével és technológiájával *nagy kihozattal az eddigieknél jobb minőségű, akár 3 m széles EVA fólia gyártható*. Az új technológiával dolgozó berendezéseket egyelőre 2 m munkaszélességgel szállítják, ami lehetővé teszi, hogy két 1 m szélességű fóliával burkolják a napelem-modulokat. A 3 m vagy ennél is szélesebb fóliát a biztonsági üvegekhez igénylik. Extruderként nagyon kíméletesen, de *hatásosan homogenizáló kétcsigás extrudert alkalmaznak*, amely nem igényli a komponensek előzetes kompaundálását, és a receptúrákat rugalmasan lehet változtatni. Megoldották a levágott szélek azonnali visszavezetését is a gyártásba, mégpedig úgy, hogy a minőség akár többszöri feldolgozás után is megfelelő marad.

Az új technológiával elérhető kitűnő minőség bizonyítására a cég hannoveri technikumában felállított kísérleti berendezésen különböző mintákat gyártottak, amelyeket az egyik Fraunhofer intézetben (**Center für Silizium Photovoltaik, Halle**) minősítettek. A tiszta EVA fólia mellett – amely szilánt, peroxidokat és néhány más tipikus adalékot tartalmazott – készítettek 20% darált fóliaszél is tartalmazó, sőt egy háromszor regranulált mintából extrudált fóliát is. Ezt a három fóliát egyenként két 2,9 mm vastag üveglap közé helyezték, és az így kapott laminátum átlátszóságát a tiszta üvegéhez hasonlították. A 2. ábrán látható, hogy a három minta lényegében azonos eredményt adott. A spektrum 420–1100 nm-es tartományában az átteresztés az üveghez képest 99% volt. Az 1% veszteség az üveg/fólia határfelületeken fellépő reflexióra vezethető vissza. Ez a vizsgálat egyértelműen mutatja az EVA fólia jó reciklál-hatóságát, amelyet az új berendezés jól kihasznál a gazdaságosság és a fenntarthatóság érdekében.



1. üveg; 2. EVA fólia 20% regranulátummal; 3. tiszta EVA fólia; 4. háromszor regranulált EVA fólia.

2. ábra A kísérleti minták fényáteresztése

A másik fontos kritérium a feldolgozási paraméterek meghatározásánál a zsugorodás. A cél a fólia zsugorodásának csökkentése, hogy a használat során végbemenő zsugorodás ne okozzon mikrorepedéseket, amelyek a szolárcella hatásfokát és élettartamát csökkenthetnék. A zsugorodást két módon is vizsgálták: egyfelől 85 °C hőmérsékletű vízfürdőben, másfelől előmelegített üveglapra felvitt talkumrétegben, amelyet 160 °C-os kemencébe helyeztek öt percre. A zsugorodás mindkét esetben 5% alatt volt, ami lényegesen jobb a korábbi technológiákkal gyártott fóliáknál, amelyeknél akár 45%-os zsugorodás is fellépett.

Forradalmi újítás: mikroréteges fűvott fólia

Nagy teljesítményű, akár 500 mikroréteget is tartalmazó síkfóliát már több mint egy évtizede gyártanak, de eddig csak vízszintes résszerszámot használtak ezek előállítására. A mikroréteges fűvóformázás fejlesztésén is régóta dolgoznak, de ez sokkal nagyobb nehézséget jelent, mivel a kör alakú szerszámban a folyás során a mikrorétegeket nehéz fenntartani. A fűvási technológiának több előnye is van a síkfóliával szemben: nincs vágási hulladék a széleken, egyenletesebb a kétirányú orientáció és gyorsabb a termékváltás.

Érdekes módon nem keltett különösebb feltűnést, hogy az élelmiszer-csomagoló ipar egy fontos szereplője, a **Sealed Air** (Duncan, Dél-Karolina, USA) **Cryovac** részlege *a világon elsőként megoldotta a fűvott mikroréteges fólia nagyüzemi gyártását*. A *Cryovac CT-301* és a *CT-501* fóliák első adatlapja 2009. májusi, a *CT-701* típusé 2010. decemberi keltezésű.

Az új fóliákat a Sealed Air szabadalmazás alatt álló eljárása szerint gyártják. Az információk szerint a fóliák 25 mikroréteget és mindkét oldalon további két réteget, vagyis összesen 29 réteget tartalmaznak. A zsugorfóliákat kétlépéses eljárásban gyártják: először egy vastag, szalag formájú fóliát extrudálnak, amelyet vízben szilárdítanak meg. Ezt ezután újra felmelegítik és fűvással nyújtják, ezzel beépítik a fóliába a zsugorodáshoz vezető feszültséget. A Cryovac eljárás szabadalma szakaszos kétlépéses folyamatot ír le, amelyben az első lépés után a szalagszerű fóliát feltekercselik, és később nyújtják. A feltalálók szerint a mikroréteges fóliát az eredeti méretének 36-szorosára lehet nyújtani, míg ugyanez az érték a hagyományos fóliáknál csak 25-szörös. A *Cryovac CT* fóliák maximális szélessége 1610 mm. A szabadalom szerint a mikrorétegek kialakításának köszönhetően a megfelelő Elmendorf tépőszilárdság olcsó polietilénnel is elérhető, és megfelelő minőség tartható hulladékok visszaadagolásakor is. Egyik példájukban 12,5% reciklátumarányt érnek el úgy, hogy a fóliában váltakozva fóliareciklátum és PE-LLD mikrorétegeket hoznak létre.

A mikroréteges fűvott fóliák Elmendorf tépőszilárdsága már 7µm vastagság mellett eléri a hagyományos 15µm vastag fóliák értékét, vagyis gyakorlatilag 50%-os anyagmegtakarítás érhető el velük. Az új fóliákból hosszabb tekercset – például a korábbi 1332 m helyett 2667 méterest – lehet előállítani, így ritkábban kell a hengereket cserélni. A fűvott mikroréteges fóliák használhatók az automata zsugorcsoomagoló gépeken is, ami az eddigi zsugorfóliákkal még nem sikerült. A *CT 301* és a *CT 701* fóliák

záróképesek mind vízgőzzel, mind oxigénnel szemben. A *CT 501-et* a prospektus „puhábban zsugorodónak” nevezi, a *CT 701* merevebb és így alkalmasabb a nagy sebességű csomagolóautomatákhoz. A három Cryovac fólia tulajdonságait az *1. táblázat* mutatja be.

1. táblázat

Cryovac polietilén csomagolási fóliák tulajdonságai

Tulajdonság	CT-301	CT-501	CT-701
Vastagság, μm	7	7	7
Felület/tömeg, m^2/kg	14 140	140 045	n.a.
Max. ütési erő, kg	3,7	2,6	1,9
Homályosság, %	3,2	5,8	2,7
Átlátszóság, %	85,5	82	88,5
Fényesség, %	86	70	82
Surlódási tényező (fólia a fóliához)	0,17	0,30	0,25
Vízgőzáteresztés, $\text{g}/\text{m}^2/24$ óra**	34	n.a.	31
Oxigénáteresztés, $\text{cm}^3/\text{m}^2/24$ óra***	17 000	n.a.	13 000
Szakítószilárdság, kg/cm^2 *	1470/1520	1315/1350	1020/1090
Szakadási nyúlás, %*	88/105	92/110	75/90
Rugalmassági modulus, kg/cm^2 *	4850/4860	6470/5835	5274/6330
Elmendorf szilárdság, g^*	15,9/11,8	17/16,6	8,0/3,0
Zsugorodási feszültség, kg/cm^2 *			
93 °C	33/47	34/35	33/41
104 °C	35/45	36/33	34/41
115 °C	39/41	34/30	34/38
127 °C	n.a.	28/24	n.a.
Zsugorodás, %*			
93 °C	11/17	19/22	11/14
104 °C	20/30	36/42	17/25
115 °C	53/57	71/70	39/50
127 °C	n.a.	79/77	n.a.

* A két adat közül az első a hosszirányban, a második a keresztirányban mért adat.

** 100% rel. légnedvesség, 38 °C.

*** 1 bar, 23 °C.

A fenti eljárásen kívül eddig egyetlen hasonló mikroréteges fóliafűvási technológia ismert, a **BBS Corp.** (Spartanburg, Dél-Carolina, USA) cég *Modular Disk Die* (moduláris tárcsás szerszám) eljárása, amelynek feltalálója a Cryovac cégtől nyugdíjba

ment szakember. Ezzel a szerszámmal 30 réteggig tudnak elmenni. Ez a szabadalom is vízszintes lemezek segítségével „folyatja” egymásra a mikrorétegeket. A BBS szabadalmaztatott egy *Layer Sequence Repeater* (rétegsokszorozó) berendezést is, amellyel a szerszám belsejében a mikrorétegek közé nanoréteget is be lehet építeni. A BBS a közelmúltban készítette el 18 inch (kb. 450 mm) átmérőjű szerszámát, és 2010 óta üzemi méretű kísérleteket ajánl partnereinek a **Jin Ming North America** (Tryon, Észak-Karolina, USA) céggel együttműködve.

Mikroréteges fűvott fóliát gyárt a **Dow Chemical Co.** (Midland, Michigan, USA) cég is, de mikroréteges szerszám nélkül. A Dow Chemical több mint 100 mikrorétegből álló fűvott fóliát gyárt egy módosított keresztfejes fűvószerszámmal, amelynél a mikroréteges szerkezet már a szerszám elérése előtt kialakul. Ezt az új – szintén szabadalmazás alatt álló – technológiát 2011 májusában mutatták be az SPE (Society of Plastics Engineers) ANTEC konferenciáján. A Dow technológiájában koextruderes betáplálással először réteges szerkezetet állítanak elő, amelyből a Dow korábban szabadalmaztatott *Layer Multiplier* (rétegsokszorozó) berendezésén alakul ki a mikroréteges szerkezet. Az így kialakult szerkezetet két oldalról védőréteggel lehet ellátni azzal a Dow technológiával, illetve berendezéssel, amelyet korábban a korrozív PVDC gyanta fűvás előtti bevonására fejlesztettek ki. Ezután ezt a védőréteggel bevont – hagyományos módon előállított – mikroréteges lemezt kettéosztják, és a csőforma kialakítása érdekében betáplálják egy kör alakú elosztóba két oldalról úgy, hogy a két anyagáram átlapolva találkozzon megőrizve, sőt megduplázva ezáltal a mikroréteges szerkezetet.

Ezt a módosított elosztót egy hagyományos fóliafűvő szerszámban is lehet alkalmazni. Például egy ötréteges fűvő szerszámban az egyik elosztót ezzel helyettesítik, míg a másik négyen keresztül más rétegek (pl. ragasztó- vagy védőréteg) alakíthatók ki. Ezzel az eljárással a Dow most egy 7 inch (177,8 mm) átmérőjű laboratóriumi fóliafűvő berendezésén 34 réteggű fűvott PE fólia előállítására végzett kísérleteket. A 34 rétegből 27 mikroréteg és öt koextrudált réteg, kettő az egyik oldalon és három a másikon volt. A kísérletben a 27 mikroréteg alapanyagaként a Dow *PE-LD 501* típusát használták. Az egymást váltó rétegeket színezték, hogy láthatóvá tegyék azokat, és ellenőrizhető legyen a folytonosságuk. A végső fóliaszerkezetben a mikroréteges mag 25%-ot tesz ki. Még egy további rétegsokszorozót hozzátéve a berendezéshez, 108 mikroréteges szerkezetet értek el, amelyben PE-LD és más hőre lágyuló műanyag rétegek váltogatják egymást. Ehhez a szerkezethez további négy más réteg és két külső réteg jöhet hozzá. Előnye a Dow technológiának, hogy habosított rétegek is beépíthetők.

A fenti sikeres fejlesztések azt jelzik, hogy a mikroréteges fóliák gyártásában az elmúlt 30 évben uralkodó síkfóliagyártás után a fűvós technológia is teret nyer a közeljövőben.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Nippe, T.; Schaarschmidt, H.; Poltersdorf, B.: EVA-Folie – ein High-End-Produkt = Kunststoffe, 102. k. 4. sz. 2012. p. 66–68.

Schut, J. H.: Revolutionary microlayer films from round dies = Plastics Engineering, 67. k. 7. sz. 2011. p. 6–9.

Mikroréteges technológia a fűvőformázásban = Műanyagipari Szemle, 2012. 3. szám.

MŰANYAG ÉS GUMI

a Gépipari Tudományos Egyesület, a Magyar Kémikusok Egyesülete és a magyar műanyag-
és gumiipari vállalatok havi műszaki folyóirata

2012. november: Műanyagok az elektromos és elektronikai iparban

*14 éve az innováció szolgálatában az Elektrolux
jászberényi porszívógyára*
*Tóth. L., dr. Horváthné Bóte E.: Vízszűrő kancsó
anyagválasztása, szerszámozása és költséghaté-
konyság-növelő újratervezése*
*Kisdeák L.: Ne legyenek meglepetések! WearCheck
olajdiagnosztikán alapuló gépállapot-figyelés*
*Borosné dr. Ivicz M.: 60 éves a Magyar Kémikusok
Gumiipari Szakosztálya*
*Dr. Bánhegyi Gy.: Funkcionális polimerek az
elektronika és az energetika területén*
*Dr. Lehoczki L.: Műanyagok az E+E
alkalmazásokban*
Dr. Maros L-né: 20 éves az EMSZ
*Király A., dr. Ronkay F.: Üzemanyagcellák
bipoláris lemezének gyártástechnológia-fejlesztése*

2012. december: Sporteszközök, játékok és szabadidő cikkek műanyagokból

*Velük igazán gömbölyű a világ. Interjú Mosonyi A.
ügyvezető igazgatóval*
*Magyar kenus az Atlanti-óceánon. Interjú Rakonczay
Gáborral*
Ollár P.: Műanyagok a sportban
*Kling S.: Kompozit ülés tervezése és gyártása a BME
Formula Student 2012-es versenyautójába*
*Kutasi Z., dr. Bagány M.: Versenyautó szénszál-
kompozitból*
*Paniti I.: Polietilén alapú extrém sporteszköz és
gyógyászati segédeszköz alternatív gyártási módszere
online minőségellenőrzéssel*
Toroczky K.: a 2012. évi Fakuma vásár tapasztalatai I.
*Eitler T., Salamon K., Varga A.: Moduláris szerkezetű,
variálható lámpabúra*

Szerkesztőség: 1371 Budapest, Pf. 433.

Telefon: +36 1 201-7818, 201-7580 Fax: +36 1 202-0252