

## Műanyag fóliák: melyiket válasszuk?

Az ENSZ becslései szerint a világon megtermelt élelmiszer harmada veszendőbe megy. A veszteséget alkalmas csomagolással jelentősen lehetne mérsékelni. A csomagolás legjobb hatásfokú eszközei a műanyag fóliák, amelyek óriási választékában meg lehet találni az adott célnak legmegfelelőbbet.

*Tárgyszavak: csomagolástechnika; műanyag fólia; öntött fólia; fújó fólia; vízhűtés; (biorientált) BO-fólia.*

A fejlett térségekben ma már csak a legidősebb emberek emlékeznek arra, hogy a bonbont a sarki üzletben valamikor kimérve árulták, és a sajtot vagy a húst sem lehetett előre kimért és becsomagolt adagban megvásárolni. Manapság a szuper-, hiper- vagy megaáruházakban az áru a polcokon és a hűtővitrinekben rafinált csomagolásban kelletti magát, amely nemcsak a figyelemfelkeltést szolgálja, hanem a szorgalmas (és jó szemű) vevő mindent megtudhat a csomag tartalmának tulajdonságairól. A csomagolásnak ezeken kívül persze védenie is kell az árut, és a lehető leghosszabb ideig szavatolnia kell eltarthatóságát. Ezek a körülmények elsősorban a „telített piacokra” igazak, de a feltörekvő, ún. küszöbállamokban is egyre inkább efelé tartanak.

A fejlett országokban az élelmiszerek egy részét a végfelhasználók pocskolják el: kidobják mert lejárt a szavatossági idő vagy többet vettek, mint amennyire szükségük volt. A fejlődő országokban a termelők és a fogyasztók közötti út minden szakaszán elszóródik, elvész valamennyi az értékes élelmiszerből. Megfelelő csomagolással sokat meg lehetne menteni belőle. A fejlett országokban testre szabott, pl. egyszemélyes háztartásoknak szánt adagokkal, a fejlődő országokban pedig az ömlesztett szállítás helyett pl. zsákokba csomagolással.

Az urbanizáció, a politikai és piacgazdasági viszonyok is támogatják a kereskedelem ilyen irányú átalakulását. *A korszerű csomagoláshoz mindenekelőtt sok műanyag fólia kell.*

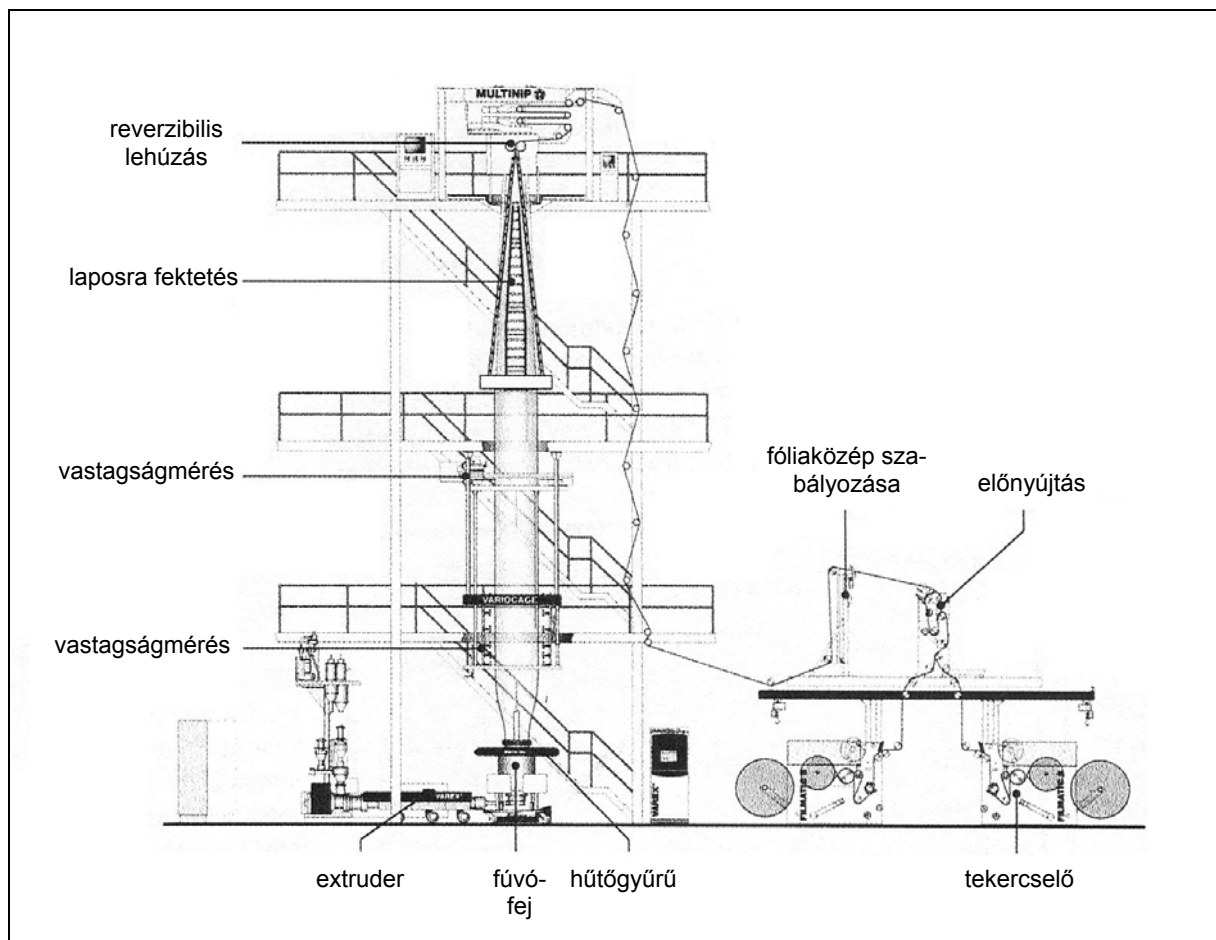
Csomagolóanyagként legtöbbször papírt, üveget, fémet vagy műanyagot használnak. Egy felmérés során kiderült, hogy egy azonos mennyiségű kávé csomagolóeszközei közül a fémdoboz tömege 96,4 g, a műanyag dobozé 59,5 g, a flexibilis fóliából készített zacskóé 11,3 g volt. *Nem kétséges, hogy a flexibilis csomagolás igényli a legkevesebb természeti forrást, a legkevesebb energiát és ez hagyja vissza a legkisebb „CO<sub>2</sub>-lábnyomot”.*

A flexibilis csomagolás alapanyagai a műanyag fóliák. Ezeket extrudálással, ill. ezt követő öntéssel, levegőhűtéses fújással, új változatként vizes hűtéssel, ill. a fóliák két tengely irányába végzett nyújtásával (BO-fóliák) állítják elő.

## Öntött fóliák

Öntéssel záróréteges, higiéniai, feszítő- (stretch), védőfóliákat állítanak elő. A fólia rétegeit képező különböző műanyagokat több extruderben készítik elő (plasztikálják), az ömledékáramokat koextrúziós tápegységben rétegelik egymásra, amelyből megfelelő szélességben szétterülve a szélesrésű szerszámba kerülnek. A szerszám résén kilépő réteges ömledékszalag enyhe gyártásirányú húzással jut a hűtőhengerre (chill-roll), ahol az ömledék megszilárdul. A vastagságeloszlás mérése és korona-kisüléses felületkezelés után a fóliát feltekerceslik.

A **Windmüller & Hölscher AG (W&H, Lengerich, Németország)** *Filmex* öntőberendezésével *maximálisan 11-rétegű fólia állítható elő*. A legnagyobb nettó szélesség 4000 mm, a vastagságtartomány 8–300  $\mu\text{m}$ . *Ún. nanoréteges tápblokkos technológiával 30-nál több réteget tartalmazó fólia is készíthető*. A hűtőhenger jó hatásfoka 3000 kg/h polimer kihozatalát is lehetővé teszi; az ömledékek jól meghatározott rétegzésének, a fúvókarés pontos szabályozásának eredménye a fólia teljes vastagságának szűk tűréshatára. Egy keretrendszer segítségével a fóliagyártás helyén egyszerűen beállítható a fólia kívánt szélessége. A fóliagyártás gazdaságosságát javítja a szélhulladék közvetlen visszavezetése a folyamatba.



1. ábra *Varex* típusú záróréteges fújó fólia gyártása levegővel hűtve

## Fújtt fóliák gyártása levegőhűtéssel

A többrétegű fóliák fújásához is több extruder szállítja a különböző műanyag-ömledékeket a csigavonalas elosztófejbe, ahonnan az ömledékek a gyűrű alakú, többrétegű fúvófejen keresztül lépnek ki a szabadba. Az ömledékáramot általában alulról felfelé vezetik, miközben belülről bevezetett levegővel tömlővé fújják fel, egyidejűleg a tömlő külső felületét ugyancsak levegővel hűtik. Miután az ömledék megszilárdult, a felfelé haladó tömlőt síkba lapítva a tekercselőhöz vezetik, ahol tömlő formájában vagy a tömlő egyik vagy mindkét oldalát felhasítva síkfólia formájában feltekercselik (1. ábra).

A W&H *Varex* márkanévű levegőhűtésű fóliafúvó berendezéseinek 8–250 µm vastagságú, 1–9 rétegből felépülő fóliákat lehet gyártani. Az elérhető legmagasabb kihozatal 1500 kg/h, a maximális munkaszélesség 3600 mm, ami 7200 mm-es tömlőkerületet eredményez. A jó ömledékelosztás és a különböző ömledékek késői összevezetése következtében az egyes ömledékrétegek vastagságtűrése nagyon kicsi. A fúvófej kompakt tervezése széles tartományban teszi lehetővé az egyes rétegek egymáshoz viszonyított arányának változtatását. *A fújtt fóliák jellegzetessége, hogy a hosszirányú lehúzás és a keresztirányú felfújás két irányban nyújtja meg a fóliát, ezáltal kiegyenlítetté teszi a két irányban mért mechanikai tulajdonságokat.* A felfújás mértékével szabályozható a fólia végső szélessége. A tömlő felhasításával kapott fólia gyártásakor elhanyagolható mennyiségű szélhulladék képződik.

A fújtt fóliákat elsősorban csomagolási, mezőgazdasági és higiéniai célokra alkalmazzák.

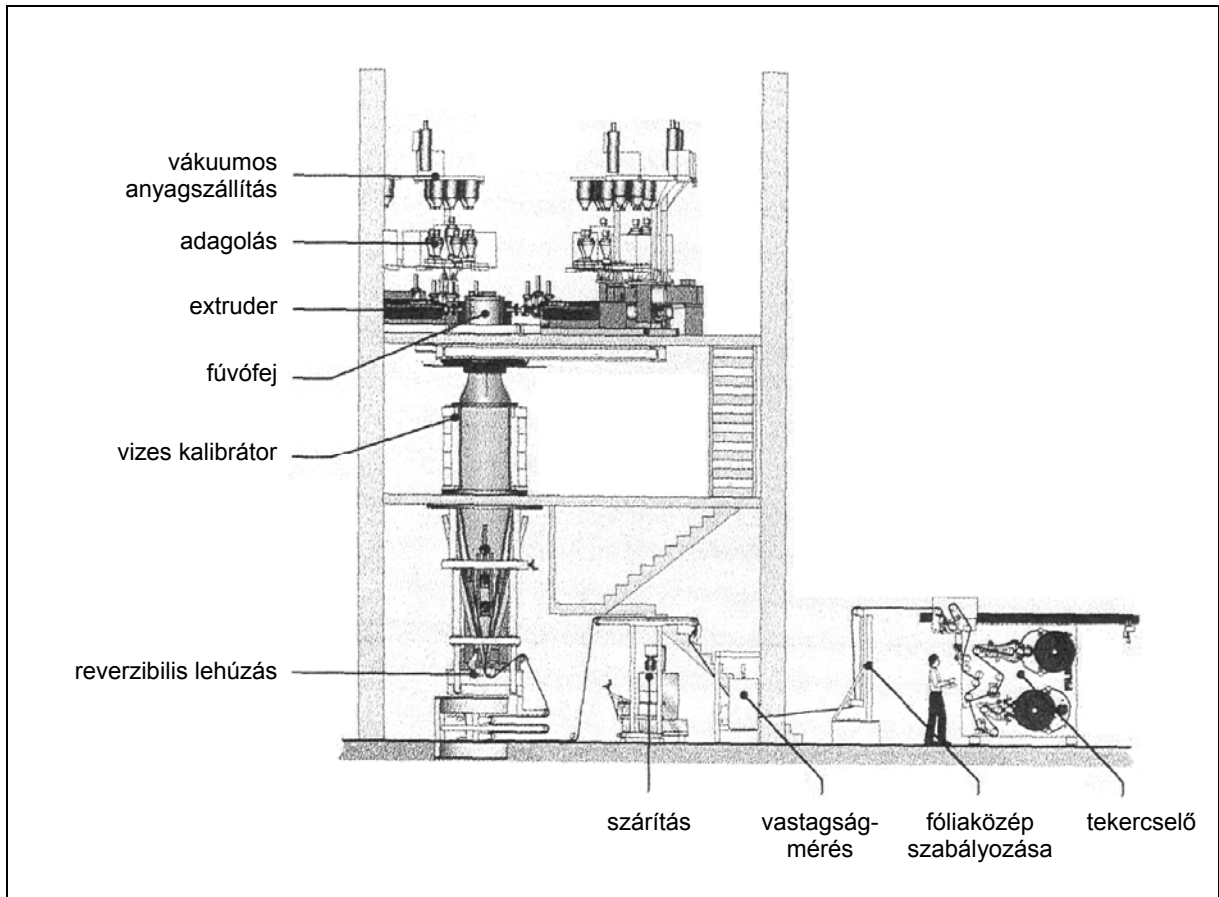
## Fújtt fóliák gyártása vízhűtéssel

A W&H cég *Aquarex* márkanévvel vízhűtésű fóliafúvó berendezést fejlesztett ki. Ennek jellegzetessége, hogy a felfújtt tömlőt nem felfelé, hanem lefelé húzzák (2. ábra). Itt is több extruder plasztikálja a polimereket, amelyeket ugyancsak csavarvonalú elosztófejbe táplálnak, és többrétegű gyűrű alakú fúvófejen keresztül lefelé bocsátanak ki. A levegővel felfújtt tömlő a szabályozott hőmérsékletű vizes kalibrálóba jut. A víz erőteljes hűtő hatása következtében a fólia nagyon gyorsan lehül, majd továbbhalad a síkba fektető és a tekercselő berendezés felé. A berendezéshez a vizes kalibráló kivételével a *Varex* rendszer építőelemeit használták fel.

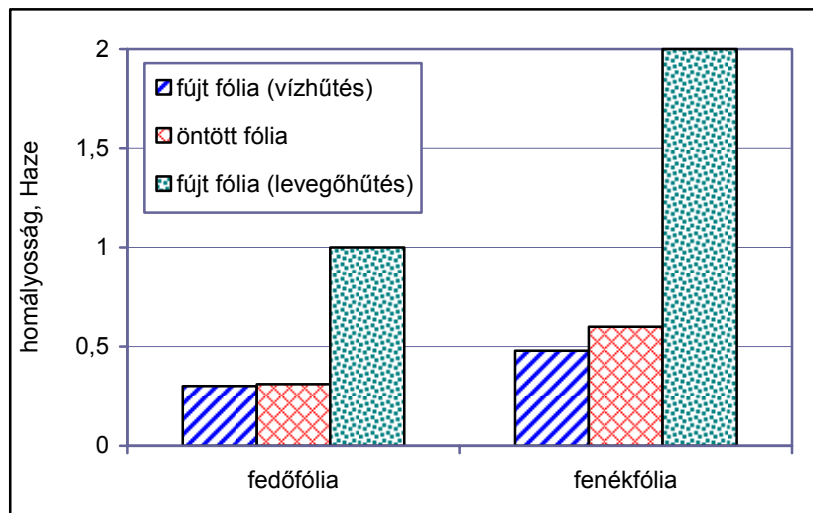
Az *Aquarex* berendezésen max. 9-rétegű fólia gyártható, a munkaszélesség 1600 mm, a vastagságtartomány 30–300 µm. Az új hűtőrendszernek köszönhetően a gyártóberendezés viszonylag kis magassága ellenére magas kitermelést lehet elérni rajta.

A hirtelen lehűtés miatt szinte pillanatszerűen megdermedő fóliában nem tud kialakulni a kristályos fázis, a fólia molekulaszervezete túlnyomóan amorf. Ennek következménye az erős átlátszóság, a magas fény, a könnyű hőformázhatóság és a jó hegeszthetőség. Egy kísérletben különböző technológiával gyártott 7-rétegű szimmetrikus zárórétegű 100 µm vastag fedőfóliák és 230 µm vastag fenékfóliák tulajdonságait hasonlították össze. A 3. ábra a fóliák homályosságát mutatja (ASTM D 1003). Látha-

tó, hogy a levegővel hűtött fűjt fóliák homályossága jelentősen meghaladja az öntött és a vízzel hűtött fűjt fóliák homályosságát.



2. ábra Aquaex típusú fűjt fólia gyártása vízhűtéssel



3. ábra A különböző technológiával előállított csomagolófóliák homályossága

A felsorolt tulajdonságegyüttes új alkalmazási területeket nyit meg a vízzel hűtött fűjt fóliák számára. Helyettesítői lehetnek pl. a vérkészítmények infúziójában alkalmazott és lágyítótartalma miatt erős kritikával illetett PVC vérszakoknak és más orvosi folyadékok tárolására használt tasakoknak, de a dialízisben is áttérhetnek a fűjt fóliából készített tasakok alkalmazására. Jó mechanikai tulajdonságaik és nagyobb záróképességük révén a vízhűtésű fűjt fóliákból készített orvosi tasakok falvastagsága akár 50%-kal is csökkenthető.

## **BO-fóliák**

A két irányban nyújtott polipropilénfólia (BOPP fólia) sikertörténete az 1960-as évek közepén kezdődött, korábban átlátszó hajlékony csomagolóanyagként a cellofánt használták. A csomagolóipar 1967-ben a világon kb. 600 ezer tonna cellofánfóliát, emellett kb. 100 ezer tonna BOPP fóliát igényelt. A cellofán 1973–1975 között érte el a csúcst kb. 750 ezer tonnával, a BOPP ebben az időszakban kb. 150 ezer tonna volt. 1983-ben fordult meg a két fóliafajta aránya (400/500), ezután az előbbi felhasználása fokozatosan minimálisra csökkent (2009-ben kb. 200 ezer tonnára), az utóbbié meredeken nőtt és 2009-ben elérte az 5,55 millió tonnát. *Ma már nem csak PP-ből készítenek két irányban nyújtott fóliát, létezik BOPET, BOPA és BOPS fólia is.*

A BO-fóliákat különböző eljárásokban fémmel vonják be, nyomtatják, rétegelik, laminálják.

### *A BO-fóliákkal szemben támasztott elvárások*

A fóliákkal szembeni igények fokozatosan növekednek. A fóliák egyre vékonyabbak, emellett meg kell őrizniük vagy éppen meg kell haladniuk korábbi mechanikai, optikai tulajdonságaikat és egyre jobb gáz- és gőzzáró képességgel kell rendelkezniük, mert ezáltal növelhető a becsomagolt élelmiszerek eltarthatósága. A követelményeket a fóliagyártók többrétegű, kisebb tömegű vagy vastagságú fóliákkal, esetenként ugyanazon feldolgozási lépésben különféle műanyagokból felépített fóliával próbálják meg kielégíteni. A többrétegű fóliák gyártására alkalmas berendezésekkel egészen újszerű fóliákat lehet gyártani. *Ma már nem számít különlegességnek az 5-, 7- vagy akár 9-rétegű öntött vagy fűjt fólia.*

A **Brückner Maschienenbau** (Siegsdorf) kutató-fejlesztő központjában 5-rétegű fóliát állít elő, amelyet külön eljárásban nagy felületi energiájú speciális polimer (HSE, high surface energy polymer) segítségével a szokásosnál vastagabb fémréteggel lát el. Ettől a fólia oxigénzáró képessége  $0,33 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{bar}$ -ra, vízgőzáteresztő képessége  $0,45 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ -re mérséklődik. Összehasonlításként: egy „közönséges” BOPP fólia oxigénáteresztése kb. 2000, egyszerű rágőzölt fémbevonattal 100, fém záróréteggel 20,  $\text{SiO}_x$  záróréteggel  $8-9 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{bar}$ . Az áteresztőképesség drasztikus csökkenése lehetővé teszi, hogy ezt az új fóliát bizonyos helyeken alumíniumfólia helyett alkalmazzák. További ígéretes fejlesztések:

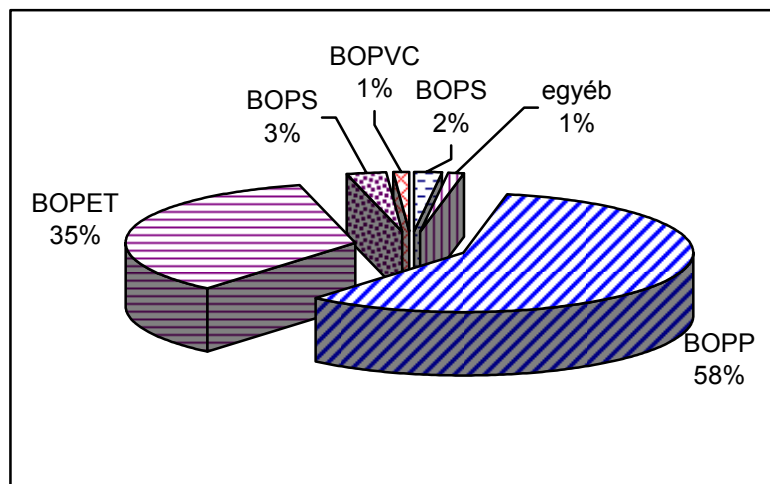
- 7-rétegű átlátszó fólia EVOH záróréteggel,
- biaxiális PE-fóliák kis zsugorodású csomagolóeszközként,

- biológiailag lebomló politejsav (PLA) alapú csomagolóipari fóliák, zsugorfóliák és hőformázható fóliák.

Közülük néhány típusnak már megvan a maga alkalmazási területe, más speciális fóliák iránt jelenleg még korlátozott a kereslet.

## A BO-fóliák piaci helyzete

A BO-fóliák közül a piacon a BOPP fóliák részaránya a legnagyobb, a BOPET-é alig több mint ennek a fele, a többi éppen csak nyomokban van jelen (4. ábra). Az egyes térségekben és országokban az arányok erősen eltérőek lehetnek, amit főképpen az határoz meg, hogy a térségben telítettek-e a piacok, feltörekvő piacokat (küszöbálmokat) vagy fejlődő országokat vizsgálnak-e.

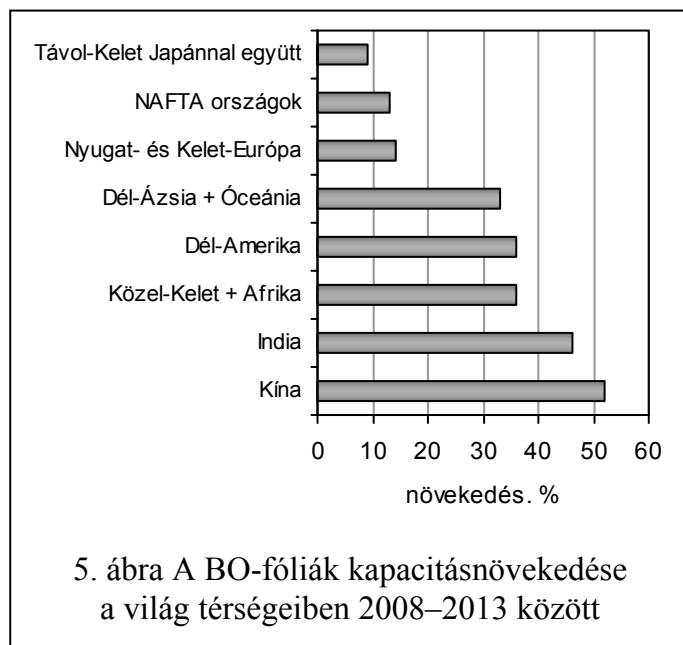


4. ábra A különböző BO-fóliák piaci aránya

*A telített piacokon* (Európa, USA, Japán) a népességszám növekedése által meghatározott igénynövekedés elhanyagolható. A fokozódó egészségtudatosság, az öregező lakosság, az egyszemélyes háztartások gyakoribbá válása, a nők munkába állása miatt azonban egyre jobban keresik a kényelmesebben felhasználható előre csomagolt élelmiszereket, amiktől a BO-fóliák piaca <3%-kal bővíthet. A standard fóliákat egyre inkább az olyan országokból importálják, amelyekben kisebbek a gyártási költségek. Emiatt a telített piacú országokban a fóliagyártók kénytelenek átalakítani berendezéseiket, hogy nagyobb hozzáadott értékű fóliákat – többrétegű, speciális bevonatú, zsugorodó vagy biológiailag lebomló fóliákat – tudjanak előállítani.

*A feltörekvő piacokon* (Kelet-Európa, Ázsia, Dél-Amerika, a Közel-Kelet) évi >10%-os növekedésre számítanak. 2013-ban Kína meg fogja előzni Japánt és a világ második legnagyobb csomagolófólia-felhasználójává válik. Indiában a következő években kétszámjegyű növekedésre számítanak. Jelentős fejlődés várható a Közel-Keleten és Latin-Amerikában.

A *fejlődő országok* egy több évtizedes fejlődésnek még a kezdeténél tartanak. A nagyon alacsony életszínvonal és a hiányzó infrastruktúra miatt beláthatatlan, mennyi idő szükséges ahhoz, hogy a csomagolótechnikában megközelítsék a fejlett országokat.



2007–2011 között a világon rendre 1610, 654, 1002, 2340, 2200 ezer tonna új kapacitás épült ki. Ennek megoszlását az egyes térségekben a felvázolt piaci helyzet határozta meg. Legkisebb volt a részarány Nyugat-Európában, Dél-Amerikában és a 2007-es kicsit nagyobb részarányon kívül a NAFTA államokban (Mexikó, USA, Kanada). Valamivel többet ruháztak be BO-fóliák gyártására Délkelet-Ázsiában és a Távol-Keleten, jelentős beruházások voltak Kelet-Európában, Indiában és a Közel-Keleten, a legtöbb új kapacitást viszont Kínában eszközöl-

ték. Az egyes térségekben 2008–2013 között bekövetkezett kapacitásnövekedést százalékosan az 5. ábra mutatja.

#### *BO-fóliák várható piaci helyzete a következő években*

A BOPP fóliák jelenlegi gyártókapacitása és a tényleges felhasználás egyensúlyban van. Az utóbbi évek új beruházásai révén 2013-ra kialakult évi 8 millió tonnás kapacitás sem okoz majd túltermelést, sőt a növekedő igények miatt további kapacitásbővítés indokolt.

Más a helyzet a BOPET esetében. Az Ázsiában 2010-ben és 2011-ben eladott gyártóberendezések az eladhatónál több fóliát képesek termelni, további beruházások a következő három-négy évben nem várhatók.

A BO-fóliák gyártásában az ilyen előrefutás nem szokatlan. A fejlesztések nyomán túlkapacitás alakul ki, emiatt alapanyaghiány lép fel, ami az alapanyag árának növekedésével jár. A megnövekedett kínálattal szemben a kereslet kevésbé bővül, a fóliák ára csökken, a fóliagyártók nyeresége mérséklődik. Ebben a periódusban születnek az új ötletek, amelyek egyrészt a fóliák értéknövelésére, másrészt az új piaci területek felderítésére irányulnak. Az eredmény a kereslet élénkülése, a túlkapacitások zsugorodása, majd újabb beruházások indokoltsága.

A fogyasztási cikkek gyártásának időbeli folyamatát egy ún. S-görbe jellemzi. Ennek kezdeti szakasza lassú emelkedést, középső szakasza meredek felfutást mutat, majd a görbe ismét ellaposodik, végül eléri a telített szakaszt, amely egyre inkább közelít a vízszinteshez. A feltörekvő piacok (Kína, India, Délkelet-Ázsia, Dél-Amerika

stb.) a növekedési szakasz kezdeténél tartanak, az USA, Európa és Japán viszont már az érett vagy telítési szakaszban van.

*Van, aki kétli, hogy 20 év múlva még lesz Európában és Észak-Amerikában fóliagyártás.* Mások biztosak abban, hogy lesz, mert a fóliagyártás nem globalizálható teljesen. A fóliák további feldolgozói ugyanis szeretik, ha fóliaszállítóik elérhető közelségben vannak. További kérdés, hogy kik lesznek a fóliagyártók. Éppen a telített piacokon kerülnek a gyártóüzemek olyan szervezetek tulajdonába, amelyeknek nincsenek szakmai szempontjaik, őket kizárólag a haszon érdekli. Ha számításaik nem válnak be, gyorsan leállítják az új beruházásokat vagy továbbadják az üzemet.

A specialitások és a magasabb értéket képviselő fóliák előállításával lehet jó hírnevet szerezni és jobb piaci pozíciót elérni. Ehhez fel kell újítani a régi gyártóberendezéseket, eredményes kutató-fejlesztő munkát és erőteljes piackutatást kell végezni és megfelelő piaci stratégiát kell kidolgozni.

A növekedési szakaszban lévő Kínában és Indiában néhány évig még két számjegyű lesz a fogyasztási cikkek bővülése, ami kihat a csomagolóiparra is, de idővel itt is lassul majd az ütem, és ezekben az országokban is fontosabbá válik a megújuló energia, az áru tartóssága, a CO<sub>2</sub>-emisszió, ami növeli a fóliagyártás költségeit.

Kína mellett India a leggyorsabban növekedő gazdaság. A BO-fóliák gyártásának kapacitásnövelésével a világon a második helyen áll. Az indiai vállalatok azonban nagyon bölcsen nem csak Indiában terjeszkednek, hanem a Közel-Keleten (Oman, Egyesült Arab Emírátság, Egyiptom), Európában (Törökország) és a NAFTA államokban (Mexikó) építenek új gyárat. Ennek a stratégiának az előnye a közelség a partnerekhez, a rövidebb szállítási határidő; sikerét az indiai vállalatok új külföldi beruházásai igazolják.

A két irányban nyújtott speciális fóliák egyre gyakrabban jelennek meg műszaki cikkekben is. *Gyorsan bővülő piacuk a képernyők, a napelempanelek, a nagy teljesítményű lítiumionos elemek (szeparátor)fóliáinak gyártása.* Ezeknek a termékeknek az előállításában Japán és Korea az éllovas. Az utóbbi országokban készített speciális fóliákat többnyire belföldön használják fel. A gyártásukhoz szükséges speciális berendezéseket is célirányosan maguk tervezték és építették. A gyors igénynövekedés és a nyomott árak miatt azonban a tömeggyártást legtöbbször a térség alacsony munkabérű országaiban (Kína, Dél-Ázsia) végeztetik. Emiatt Kína vált a napelemek és a lapos képernyők legnagyobb gyártójává. A nagyszámú gyártóhely következtében az ilyen termékek „know-how”-ja sokkal átláthatóbbá vált.

A gyors növekedés ellenére a felsorolt termékek termelése nem igényel nagyszámú gyártóberendezést. Ez azonban rövid idő alatt megváltozhat, ha politikai döntések nyomása felgyorsul a megújuló energia (napelemek alapuló áramtermelés) vagy az „E-mobilitás” (villamos hajtású gépkocsik és kerékpárok) tömeggyártása.

Összeállította: Pál Károlyné

Leopold, Th.: Anlagevarianten für hauhdünnen Schutz = Kunststoffe, 102. k. 7. sz. 2012. p. 64–68.

Aigner, Ch.: Unsichtbare Barrierfunktionen = Kunststoffe, 102. k. 7. sz. 2012. p. 26–30.