

A MŰANYAGOK ALKALMAZÁSA

3.1 | A PET alkalmazásának lehetőségei 5.3 | a csomagolásban 5.4

Tárgyszavak: PET; fólia; palack; csomagolóeszköz; fejlesztés; gázáteresztés; hulladékhasznosítás; másodnyersanyag.

A PET csomagolóipari felhasználása három területen jelentős: fóliaként régóta és elterjedten alkalmazzák, ezt követi a buborék- vagy blistercsomagolásban bevezetett hőformázott fólia, és viszonylag újnak számít a PET palackok megjelenése.

A két irányban nyújtott PET fóliát (BOPET) 12 µm vastagságban állítják elő. A területegységre vonatkoztatott igen kis tömegű fóliából készült tasakoknak (pl. tömlőtasak, talpas zacskó) jó gáz- és vízgőzzáró képessége van. Mélyhúzásra a vastagabb amorf PET (A-PET) fólia alkalmas, amely lassan teljesen felváltja a gyógyszeripar által korábban használt PVC alapú buborékcsomagolást. A kristálytiszta, magas fényű fóliát a gyógyszeripar mellett az élelmiszeripar is bevezette olyan készételek csomagolására, ahol fontos a jó gáz- és vízgőzzáró képesség. A PET fólia a kombinált csomagolóanyagok egyik fő alkotóeleme. A kombinált csomagolóanyagok kedvező tulajdonságuknak köszönhetően egyre népszerűbbek, de a felhasználásra vonatkozó adatok hiányosak, amint az az 1. táblázatból is látható.

1. táblázat

A csomagolási célú PET-felhasználás 2000-ben
és növekedése 1999-hez viszonyítva

PET csomagoló- eszköz	A világon		Nyugat-Európában		Németországban	
	2000, E t	növekedés, %	2000, E t	növekedés, %	2000, E t	növekedés, %
Nyújtott fólia	1200	6–8	250	2–15	40	–
Nyújtatlan fólia	–	–	kb. 150	–	25	–
Palack	6000	10–15	1700	10–15	100	10–15

– : nincs adat.

Mennyiségileg és alkalmazás szempontjából legígéretesebb PET csomagolóeszköz a palack. Eddig a forgalomba kerülő palackok szinte

kizárólag normál alapanyagból készültek, de már megjelentek a glikollal módosított PET (PET-G) alapanyagból előállított palackok is. A PET-G palackok a hagyományos palackokkal összehasonlítva még átlátszóbbak, bár gázzáró tulajdonságuk gyengébb.

Németországban egy- és többutas palackokat is forgalmaznak. Az egy- és többutas PET palackok részesedése a teljes német ásványvízpiacon az 1999-es 8%-ról 2000-ben 15%-ra emelkedett. A többutas ásványvizes palackok 70%-a készül PET-ből. A Német Ásványvíz Szövetség (Genossenschaft deutscher Brunnen, GdB) előrejelzése szerint 2001-re a PET palackba töltött ásványvíz mennyisége eléri az 1 Mrd litert. 2000-ben az üdítőitalipar által felhasznált összes csomagolóeszköz 55%-a PET volt.

Fejlesztési irányzatok

A *nyújtott fóliák* fő felhasználói a hajlékony csomagolóeszközöket előállító cégek. Az ilyen csomagolóeszközök rendszerint kombinált csomagolóanyagból készülnek. A korábban szinte egyeduralmú alumíniumfólia-tartalmú kombinációkat fokozatosan felváltják a fémgőzölt PET-et tartalmazó szerkezetek. A váltás fő oka a költségcsökkentésre való törekvés, ugyanis míg a kombinációkban alkalmazott Al-fólia vastagsága legalább 7 μm , addig a vákuumban előállított alumíniumbevonat vastagsága mindössze 40 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-6} \text{ mm}$), vagyis a fólia vastagságának kevesebb, mint 100-ad része. A kisebb rétegvastagság egyúttal csekélyebb záróképességet is jelent.

Még néhány évvel ezelőtt a fémgőzölt műanyag fóliák oxigénáteresztő képessége $1 \text{ cm}^3 / \text{m}^2 \cdot 24 \text{ óra} \cdot \text{bar}$, vízgőzáteresztő képessége $0,8 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ óra}$ volt a feldolgozás előtt. A nagy fóliagyártó cégeknél folytatott fejlesztések (mint pl. az alapfólia felületi érdességének beállítása adalékok segítségével vagy a fémgőzölés előtt alkalmazott plazmakezelés, valamint a fémgőzölési technológia tökéletesítése) lehetővé tették, hogy a korábbi áteresztési értékeket akár ötödükre is lecsökkentsék.

Megfigyelhető a merev falú fém és üveg csomagolóeszközök fokozatos háttérbe szorulása és a hajlékony falú álló tasakok (talpas zacskók) térhódítása. A konstrukciós és gépészeti jellegű fejlesztések lehetővé tették az álló tasak bonyolult szerkezetű varratának hibátlan hegesztését. Az álló tasak látványos előretörését nagymértékben elősegítette az átlátszó bevonatok kifejlesztése. A SiO_x bevonat mellett megjelentek az alumínium-oxid bevonatok. A sterilizhető (autoklávozható) kombinációkkal pedig megnyílt az út az egészségügyi alkalmazások előtt.

Az egyes rétegek lézeres perforálása különleges megoldásokra nyújt lehetőséget azáltal, hogy pl. a CO_2 lézerral csak a PET fóliát perforálják, míg a poliolefin hegedőréteg (PE vagy PP) érintetlen marad.

A csomagolóiparban alkalmazott műanyag fóliák között a PET olvadáspontja a legmagasabb, ezt a tulajdonságát a készételek

csomagolásához használt kombinált menütálcák kialakításában lehet hasznosítani. A mikrohullámú sütőben a készétel a menütálcával együtt melegíthető fel.

A European Metallizers Association (EMA) 2001. évi első díját egy speciális eljárással előállított fémgőzölt fóliából készült mikrohullámozható csomagolóeszköz nyerte el. Az ún. szuszceptorfólia igen vékony alumíniummal gőzölt PET fólia. A sugárzás hatására az ultravékony Al réteg és vele együtt a PET fólia annyira átmelegszik, hogy a belehelyezett termék felülete ropogós barnára sül benne. A fóliakombináció harmadik tagja egy cellofánfólia. A melegítés hatására a termékből vízgőz képződik, ezt a cellofánfólia átengedi, és egyúttal rázsugorodik a termékre. Következésképp a növekvő belső nyomás ellenére a fólia szorosan rásimul a termékre. Mihelyt a termék elérte a kívánt hőfokot, a belső gőznyomás a hegesztési varratnál felnyitja a csomagolóeszközt.

A *nyújtás nélküli fóliák* térhódítása a PVC fóliák fokozatos háttérbe szorulásának köszönhető. Az 1990-es évektől kezdődően egyre nagyobb nyomás nehezedett a PVC-re, ezért a buborékcsoomagolásban addig szinte egyedülálló PVC pozícióját fokozatosan a jó mechanikai és optikai tulajdonsággal rendelkező A-PET fólia vette át. Emellett még jelentős a karton felhasználása a buborékcsoomagolásban. Az élelmiszeripar a készételek iránti növekvő kereslet hatására szintén bevezette az A-PET-ből készült menütálcákat. Természetesen ezekhez a termékekhez csak az igen jó záróképességű csomagolóeszközök alkalmazhatók, különösen ha ezeket módosított légterű csomagolásban kívánják forgalomba hozni. A nagy záróképességű E/VAL–PET fóliakombináció eleget tesz ezeknek a magas igényeknek is.

Az üdítőitaliparban és az ásványvízpiacon az üveg mellett már jó ideje jelentős szerepet játszik a *PET palack*. Kezdetben a szénsavas ásványvíz csomagolásában nehézséget okozott az acetaldehid jelenléte, amely a PET bomlásterméke, mivel az ásványvíz rendkívül érzékeny idegen íz- és szaganyagokra. A helyzet javulása olyan adalékok alkalmazásának köszönhető, amelyek vagy megkötötték az acetaldehidet, vagy gátolták annak migrációját az ásványvízbe. A GdB adatai szerint Németországban 1,8 Mrd többutas üvegpalack mellett 150 M egyliteres többutas PET palack van forgalomban. 2001-ben a PET palackok számának megkétszereződésére számítanak annak ellenére, hogy a 0,5 és 1,5 literes PET palackok már forgalomba kerültek.

A gyümölcslevek és a sör csomagolásakor figyelembe kell venni, hogy ezek az italok oxigénre érzékenyek. Önmagában a PET palack gázzáró képessége nem elégíti ki a követelményeket, ezért a fejlesztés a különböző bevonatok és a koextrúziós technológia felé fordult. Elsőként a Siedel cég ACTIS (Amorphous Carbon Treatment on Internal Surface) eljárása vált ismertté. A módszer lényege, hogy a palack belsejét kisnyomású

acetilénplazma segítségével szénatomokból álló igen vékony (0,1 µm-nél vékonyabb) amorf réteggel vonják be. A cég adatai szerint a bevonat a PET palack oxigénzáró képességét harmincszorosára növeli, széndioxid-záró képességét pedig meghétszerezi. A Kronenbourg sörgyár a francia piacra kerülő sört 2000 szeptemberétől ACTIS bevonatú PET palackokban hozza forgalomba.

A Tetra Pak és Kronen sörgyár közös fejlesztéssel a Siedel cégéhez hasonló eljárást dolgozott ki. A „Glaskin” módszerrel kisnyomású szilícium- és oxigéntartalmú gázkeverékkel a palack belső falán nagy tömörségű, ultravékony, üveghez hasonló bevonatot hoznak létre.

Míg az ACTIS és „Glaskin” eljárás a palack belső bevonására alkalmas, addig a Kronen és az Applied Films cég a palack külső bevonására szolgáló eljárást dolgozott ki. A BESTPET (Barrier Enhanced Silica Treated PET) technológia plazmakezelés segítségével szilíciumból és oxigénből álló vékony bevonatot képez a palack külső palástján. A külső vagy belső felületen kialakított vékony bevonat kétségtelenül javítja a PET palack gázzáró képességét,

ugyanakkor a végső érték a bevonat hibahelyeinek számától függ. Ez a technológia tökéletesítésével csökkenthető, de teljesen nem küszöbölhető ki. Emiatt a céginformációkban szereplő adatokat bizonyos fenntartással kell kezelni. Mértékadó szakmai vélemények szerint reálisan 2–5-szörös javulással lehet számolni. A szerves bevonat mellett érvelők a műanyag-kombinációkkal szemben a jól ismert kifogásokat hozzák fel, mint pl. az egyes rétegek szétválása („delaminálódása”), a magasabb előállítási költségek és az újrafeldolgozással kapcsolatos problémák. A bemutatott változatokról ma még nem tudható, hogy a gyakorlatban melyik válik be. A bizonytalanságot tovább növelik a beláthatatlan cégfelvásárlási folyamatok.

A szerves bevonatok mellett komoly eredményt értek el a műanyagok koinjektálásával is. Jó példa erre a Tetra Pak „Sealica” nevű palackja, amely PET és a Dow Chemicals „Biox” márkanévű nagy záróképességű műanyagrétegből áll. Az előformát az ún. „Overmold” eljárás során még egy külső bevonattal is ellátják. A Tetra Pak közlése szerint az egyes rétegek vastagságától függően az oxigénzáró képesség akár húszszorosra is növelhető. A piacvezető Schmalbach-Lubeca cég söröspalackja többrétegű PA-ból áll. A palack újdonságát a „Bind-Ox-Barriere” nevű „aktív” oxigénzáró réteg jelenti. A korábbi többrétegű szerkezetekben a záróréteg passzív védelmet nyújtott, azaz megakadályozta az oxigén bejutását a palackba. A Holstein sörgyár tavaly júliusa óta Németországban ilyen palackokban forgalmazza a sört. Jelenleg az újdonságokat csak szabadidős célra és rendezvényekre készült, rövid időn belül elfogyasztott söröknél alkalmazzák.

Ez év elején az Eastman cég olyan módosított PET alapanyagot állított elő, amelyből melegen tölthető („hotfill”) palackok készíthetők, és amely véd az ultraibolya sugárzástól. A szóba jövő termékek közé a gyümölcslevek, teák és

az ún. „New-Age” italok tartoznak. A jövő fejlesztési irányait valószínűleg az érzékenyebb termékek igényei fogják meghatározni.

Érdemes megemlíteni, hogy az eredetileg sörhöz kidolgozott BESTPET palackokat a Coca-Cola cég újabban szénsavas termékeinél alkalmazza. A széndioxid-veszteség csökkentése révén lehetővé válik az üdítőitalok minőségének hosszabb időtartamú megőrzése. Ennek előnye termelés-szervezési szempontból a szezonális csúcsok kiegyenlítése, mivel a nyári csúcsidezőszakra való felkészülést már tavasszal meg lehet kezdeni.

Az üdítőitalipar mellett a gyógyszeripar is profitál a nagy záróképességű csomagolóanyagokkal járó előnyből. A hatóanyag-veszteség jelentősen csökkenthető. Közismert, hogy a gyógyszerek kis kiszerelési egységeiben a felület/térfogat aránya kedvezőtlen, emiatt még ma is egyeduralkodó az üveg. A jövőben a PET javára változhat a helyzet, ha sikerül megfelelően oxigénzáró és hatóanyag-visszatartó kombinációkat kidolgozni.

A PET újrafeldolgozása

A PET piaci részesedésének növekedése felveti a megfelelő újrafeldolgozó kapacitás kiépítésének szükségességét. A begyűjtött használt palackokból eddig darálás és mosás után többnyire szálát készítettek, amelyből textíliát állítottak elő. Az utóbbi években az ún. „Super-Clean” technológia a fejlesztési fázisból eljutott a nagyüzemi megvalósításig. A technológia lehetővé teszi „palackból palack” előállítását. Az újrafeldolgozott másodnyersanyagot 10–50%-ban bedolgozzák az új palack alapanyagába anélkül, hogy az új palack zárótulajdonságai romlanának. Egy ilyen technológiát „Supercycle” néven a Schmalbach Lubeca cég dolgozott ki. A használt palackot aprítás után regranulálják, majd kondenzáltatják, ami lehetővé teszi a különböző szennyeződések eltávolítását és a másodnyersanyag anyagi és feldolgozástechnológiai jellemzőinek beállítását az új alapanyagéval teljesen megegyező értékre. Az első üzemet Franciaországban építették fel.

Az Ohl cég Stehning eljárása hasonló elven működik, és 1999-ben Németországban nagyüzemi kipróbálását is elvégezték. A használt PET palackokat mosás után megőrlik, extrudálják és végül szakaszosan utókondenzálják.

Az URRC „UnPET” eljárása kémiai módszert alkalmaz, amely a PET őrlemény felületén megtapadt szennyeződések, pl. címkét, feloldja. Az „UnPET” eljárást alkalmazó első üzem 2000 végén Svájcban adták át, Németországban jelenleg folyik egy ilyen üzem építése.

Az amerikai Élelmiszer- és Gyógyszerellenőrzési Hivatatól (FDA) nemrégiben két további újrafeldolgozási eljárás kapott engedélyt arra, hogy az általuk nyert PET másodnyersanyagból élelmiszerekkel közvetlenül érintkező csomagolóeszközöket állítsanak elő. Az Erema eljárás a tisztítást és extru-

dálást kombinálja. Mostanáig ez az egyetlen eljárás, amellyel a PET másodnyersanyagból közvetlenül új palackot vagy síkfóliát lehet előállítani.

A svájci Bühler AG eljárás a folyamatos kondenzációt és az extrúziót alkalmazza. Európában ma még nem követelmény a felhasználási engedély megszerzése, de ennek megléte jól használható az eljárás tisztítási határfokának igazolására, és elősegítheti a nagyüzemi kísérletek lefolytatásához szükséges beruházók megnyerését.

Európában az élelmiszerekkel közvetlenül érintkezésbe kerülő másodnyersanyagok felhasználásának szabályozásán még dolgoznak. Igen nagy a bizonytalanság az újrafeldolgozásra kerülő használt palackok szennyeződésének kérdésében, ezért vannak országok, ahol a másodnyersanyagok felhasználását kategorikusan tiltják. Más országokban igen szigorú követelményekhez kötik alkalmazásukat. A hiányosság megszüntetését célozza az az EU-program, amely a különböző országokból származó másodnyersanyagok minősítését végzi, és jelenleg a Fraunhofer Intézetben folyik. Németországban a Szövetségi Fogyasztóvédelmi és Állategészségügyi Intézet útmutatót bocsátott ki, amely a másodnyersanyagot előállító üzemek és a másodnyersanyagot felhasználók számára eligazítást nyújt arról, hogy a másodnyersanyag minősége és a fogyasztóvédelem hogyan egyeztethető össze.

A Fraunhofer Intézetben megindult és a Szövetségi Oktatási és Kutatási Minisztérium (BMBF) által támogatott program célja – amelyhez a PET palackot előállító cégek közül a Tetra Pak, a Rexam, az OHL A&V, a felhasználók közül a GdB, a PETcycle és a VMH Rosbach (Vereinte Mineral- und Heilquellen GmbH & Co. KG, Rosbach) csatlakoztak –, hogy elvégezzék a PET palack és a „palackból palackot” újrafeldolgozási eljárás optimalizálását gazdasági és környezeti szempontból. Tisztázni akarják azt is, hogy a beérkező palackok milyen előválogatása és szín szerinti osztályozása szükséges az egyenletes minőségű végtermék kibocsátásához. Úgy tűnik, hogy a sok vitát kiváltó betétdíjas egyutas palackok eddigi kedvezőtlen megítélése fordulóponthoz érkezett, mivel ez a kezelési mód a használt palackokat már osztályozottan szállítja a gyűjtőhelyre. Az elmúlt években a betétdíjas többutas palackok újrafeldolgozása bebizonyította, hogy ez a megoldás szolgálja legjobban a zárt láncú gazdaság megvalósítását.

A VMH Rosbach töltőüzemben 1998. április 1-je óta dolgozik a PET palackok körforgását végző töltővonal. A cég üdítőitala és ásványvize betétdíjas palackokban kerül forgalomba, majd a kereskedelemből az osztályozott göngyöleg visszaérkezik az üzembe. Az üres palackokat perforálják, bálákba préselik, és hitelesített eljárással másodnyersanyaggá dolgozzák fel. A másodnyersanyagból új előformát, majd kész palackot gyártanak.

Első ásványvíztöltőként a cég kezdetben heves ellenállásba ütközött az ásványvízpiacon, ezért később csak üdítőitalt töltöttek a másodnyersanyagból

előállított palackokba. A cég véleménye változatlanul az, hogy az egészségügyi szempontból kifogástalan, ugyanakkor a piaci igényeknek magas szinten megfelelő új palack alkalmazásának bevezetésével érdemes volt vállalni a kezdeti nehézségeket és kockázatot és a zárt láncú gazdálkodás mellett dönteni.

Az új palack előállításakor a másodnyersanyagot meghatározott százalékban keverik be, amit időről időre felülvizsgálják és módosítanak. A zárt láncú gazdálkodás bevezetésekor a körforgást 25%-kal lehetett fenntartani; 2000 áprilisától azonban 50%-ra emelték a másodnyersanyag részarányát. A PET beszerzési árától független gazdasági stabilitás mellett a beruházásban fokozottan érvényesült a környezeti szempont. A gazdaságossági számításoknál figyelembe vették az újrafeldolgozási technológiában rejlő, még kiaknázatlan lehetőségeket. Felmérték a Németországban működő töltőüzemekkel közösen létrehozott PET készletet, amelyből több mint 95%-os visszaforgatási arány várható. A palacktömeg csökkentésére irányuló fejlesztéseket is számításba véve, a jövőben a PET piaci helyzetét nagy valószínűséggel csak a másodnyersanyagból előállított PET palackok figyelembevételével lehet reálisan értékelni. A cég 2000 októberétől az üdítőitalok mellett az ásványvizet is PET palackban hozza forgalomba. Számításaik szerint a cég teljes forgalmából a PET részesedését 2001-ben 10%-ra, 2002-re 20-30% közöttire becsülik, mindezt összevetve az indulási 3%-al, igen biztatóak a jövőbeni kilátások.

A cég a PET palackokba töltött italok üveggel összehasonlított minőségmegőrzési idejére kiemelt figyelmet fordít. Az ezzel kapcsolatos feladatok között első helyen áll a PET gázzáró képessége, fényvédő hatása és a migráció kérdése. A másodnyersanyagok vonatkozásában cél az egységes minősítés és vizsgálati módszerek kidolgozása.

(Haidekker Borbála)

Langowski, H.-Chr.: PET in der Verpackung. = Kunststoffe, 91. k. 8. sz. 2001. p. 98–102.

Flexibel für PET-Preforms. = Kunststoffberater, 46. k. 9. sz. 2001. p. 18.

Mehr Kavitäten für PET. = Kunststoffberater, 46. k. 9. sz. 2001. p. 19.

MŰANYAG ÉS GUMI

a Gépipari Tudományos Egyesület,
a Magyar Kémikusok Egyesülete
és a magyar műanyag- és gumiipari vállalatok
havi műszaki folyóirata
Az 2002. 2. szám tartalmából:

A műszaki fejlesztés fő irányai a düsseldorfi
„K 2001” kiállítás tükrében I.

Újdonságok a Piovan cégtől a „K 2001” kiállításon
„K 2001”: vizsgálattechnikai újdonságok
Gyors prototípus-eljárások I.

A klórozott PE alkalmazástechnikai lehetőségei
A szénfejlesztésű epoximátrixú kompozit mechanikai
tulajdonságainak vizsgálata a gyantatartalom
függvényében

Műanyagipari hírek és újdonságok

Szerkesztőség: 1371 Budapest, Pf. 433.
Telefon: (36-1) 201-7819, 201-2011/1451
Telefax: (36-1) 202-0252

HÍREK

Tanulmány az európai lemezgyártásról és a polietilénfólia-extrudálásról

Az AMI cég (Nagy-Britannia) tanulmányai szerint az Európában felhasznált összes műanyag 30%-ából fólia vagy lemez készül. A fóliagyártó cégek 1999-ben 6,5 millió tonna polietilént dolgoztak fel; 2,7 millió tonna műanyagból pedig lemezt extrudáltak. A legtöbb fólia- és lemezextrudáló vállalat Olaszországban működik, de a legnagyobbak Németországban, és az utóbbi vezet ezeknek a termékeknek a felhasználásában is.

Az lemezextrudálás 1999-ben 5,2%-kal növekedett; a fóliagyártás bővülése 1995 óta évi 4%. 2004-ig előreláthatóan mindkét fajta termék iránt évente 3-4%-kal nő a kereslet.

A legtöbb lemezt polisztirolból gyártják – 1999-ben 1 millió tonnából – amelynek döntő mennyiségét hőformázáshoz használják fel. Nyugat-Európában a csomagolóipar „nyeli el” az extrudált lemezek 2/3-át. A PS és a PVC az utóbbi években piacokat veszített az évi 12%-kal feljövő PP-vel szemben.

A lemezextrudálás a műanyag-feldolgozás egyik legnyereségesebb ága. Számos felhasználó maga extrudálja a lemezeket, emiatt erős versenyre kényszeríti a műanyag-feldolgozó üzemeket.

A polietilénfóliákhoz felhasznált polimerek 55%-a PE-LD. A fóliák 40%-ából zacskó vagy zsák készül. A leggyorsabban növekszik a fóliagyártásban a PE-LLD, a PE-HD, a metallocénes polietilének alkalmazása, különösen az egyre népszerűbb zsugorfóliák, hidegen nyújtható feszítőfóliák (stretchfóliák) gyártásában. 1999-ben 12%-kal több PE-HD fóliát extrudáltak, mint az előző évben, és már 80 ezer tonna mPE-t dolgoztak fel fóliává.

(European Plastics News, 28. k. 2. sz. 2001. p. 45.)

DOW cég érdekelt a biokompozit gyártásában

A DOW Pipeline Ltd. (Calgary, Alberta), a Dow Chemical leányvállalata, megvette az Isobord Enterprises Inc. céget, amely finoman aprított búzaszalmából és Dow PUR-ból préselt lapokat. Az üzem területe 20 E m². A Dow 1998 óta dolgozik együtt az Isoboddal, és szerinte az új termék jól illeszkedik többi PUR-alapú termékéhez. Az itt készült polcokat, konyhai pultokat, szekrényeket, összeszerelhető bútorlapokat stb. a Home Dpot cég hozza
lomba. forga-

(Plastics Technology, 47. k. 7. sz. 2001. p. 70.)