

## Eszközök PET palackok gyártásához és újrahasznosításához

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; hulladékhasznosítás; PET palack; gépgyártók; feldolgozógépek; kiegészítő berendezések; UV-védő adalék.*

Az alapanyaggyártók szerint a PET iránti kereslet világszerte nő, amit a feldolgozók növekvő érdeklődése generál, mivel a PET más hagyományos anyagokat vagy polimereket helyettesít. *A felhasználás növekedési üteme Nyugat-Európában 2002-ben 12%, 2003-ban 10% volt. A fejlődés egyik leglátványosabb jele, hogy egyre nagyobb mennyiségben használnak fel visszaforgatott PET-et.* Valójában az egyik oldalon a piacot kell egyensúlyban tartani, míg a másik oldalon gazdaságos módszert kell találni a nagy mennyiségű PET termék újrahasznosítására. Mindezek maguk után vonják a technológiai újításokat, a PET-et feldolgozó és újrafeldolgozó berendezések fejlesztését. Ezekből mutatunk be néhányat.

### Feldolgozóberendezések

Az **AMUT** cég **AMU** nevű leányvállalatával együttműködve új koextrudáló gépsort és kalanderegységet fejlesztett ki ötrétegű A-PET és PET-G lemez gyártásához, élelmiszereknek szánt és ipari célú csomagolóanyagok hőformázásához. 3 extruderrel az óránkénti kihozatal akár 600 kg is lehet. Az extruderekbe (L/D=28) 60 és 70 mm-es csigákat építettek be. A behúzó zónában hornyolt persely biztosítja a maximális kihozatalt. Az ömledéket folyamatosan szűrik dupla lemezes szűrővel, majd fogaskerék-szivattyún és statikus keverőkön keresztül kerül az anyag a szerszámba. A gyártott lemez maximális szélessége 1000 mm lehet. Az állítható felső ajakú szerszám ömledékcsatornáinak geometriáját a különböző PET típusok reológiai jellemzőinek megfelelően alakították ki.

A függőlegesen felépített kalanderegység 3 hengerből áll; a zárás hidraulikus, a szinkronizált forgatást AC elektromotorok végzik független hajtással. A hengerkamrák hőcserélő felülete nagy, ezek egységes hőmérsékleteloszlást szavatolnak. A hengerek keménysége és felületi kialakítása lehetővé teszi átlátszó PET lemezek gyártását is. Amikor a hengerek záródnak, a moto-

rikus pozicionálást a réstávolság digitális kijelzése segíti. Az utóműveletek során a lemezt szilikonemulziós, antisztatikus folyadékon vezetik keresztül, majd szárítják. Ezzel párhuzamosan a terméket hosszirányban 5 tekercsre vágják fel.

A **Kortec** cég a *többrétegű szénsavas üdítőitalos és sörös palackok gyártásának „tökéletes megoldását” mutatta be a világ legnagyobb, többrétegű előformát és PET palackot gyártó gépsorán.* A gyártósor az *Ultra 144* típusú többrétegű kofrócsöntő rendszeren alapul, amelyet a világ egyik vezető üdítőitalgyártója is használ. A 144-fészkés szerszámmal 576 PET előforma gyártható percenként, ami 288 millió darabot jelent évente. Az *Ultra 144*-et elsősorban 28 mm nyakátmérőjű előformák fröccsöntéséhez ajánlják. A háromrétegű előformát képező anyagokba gázzáró és oxigénmegkötő anyagok is bekeverhetők. A többrétegű PET palacknak hatvanszor nagyobb az oxigénzárása, mint az egyrétegű PET-nek, így a betöltött termék eltarthatósága is hosszabb lesz.

A **Sipa** cég a *lineáris és forgóasztalos fúvógépek, valamint az előformát fröccsöntő berendezések széles skáláját kínálja.* Az *SFR 9/27* jelzésű rotációs berendezésnek 9 fúvótüskéje van, a háromfészkés szerszámmal kisebb, egyadagos méretű palackokat, az egyfészkés szerszámmal nagyobb, családi palackokat gyártanak. A gépnek egyszerű a mechanikai felépítése és kis helyen elfér.

## **Kiegészítő berendezések**

A **Piovan** cég PET részlegében részletesen tanulmányozták a PET feldolgozásának egyes lépéseit a gazdaságosság és a teljesítmény szempontjából. A *gépsorok számos kiegészítő berendezést tartalmaznak, amelyek a granulátum szárításához, a kristályosításhoz, a szállításhoz, a mesterkeverékek, folyékony színezékek és regranulátumok adagolásához, a granuláláshoz, a hűtéshez és a szerszám szárításához szükségesek.*

A PET feldolgozásában a legkritikusabb fázis az anyag szárítása. A Piovan cég magas hőmérsékleten működő kéttornyos szárítót tervezett erre a célra, ahol a szárítóanyag a tornyokban helyezkedik el. Egyedi megoldással, a felmelegedett levegő visszaáramoltatásával csökkentették az energiafelhasználást. Harmatpontmérő szenzorok segítségével irányítják a folyamatot és a regenerálási ciklusokat.

Az *EMK-nak (Energy Management Kit)* elnevezett megoldással optimalizálható az energiafogyasztás a szárítási fázisban, és elkerülhetők a nem kívánt energiaveszteségek. Az EMK-t speciálisan PET rendszerekhez (újakhoz és meglévőkhöz) tervezték, a száraz levegő áramlásának beállításával a feldolgozógép hatásosan működtethető. A felhasználónál elvégzett vizsgálatok szerint 48-fészkés fröccsöntő gépen, 550 kg/h tömegű előforma gyártásakor ezzel a rendszerrel szárításkor 38% energiamegtakarítást is elértek.

A PET szárítók elektromos árammal és gázzal fűtött kamrákkal is felszerelhetők. A gázfűtés alkalmazása főleg Olaszországban népszerű. Ha a szárító maximális teljesítménnyel működik, a gázfűtés 80%-os energiacsökkenést eredményez, éves szinten pedig 45%-kal mérsékli a gép működési költségeit. A szárítótartályt 100 mm vastag szigetelőréteggel vették körül, és a speciális tervezés szavatolja a levegő és a hőmérséklet egyenletes belső eloszlását.

A standard PET rendszerek egy szárítótartályt tartalmaznak, amelyen keresztül közvetlenül jut az anyag a feldolgozógéphez. Alternatív megoldásként választható megosztott, ún. „split” rendszer, amellyel a berendezés magassága csökkenthető: az egyik szárítótartályt a földön helyezik el, a másikat, a kisebb kapacitásút a gép adagológaratjára szerelik fel. Az utóbbinál gondoskodnak arról, hogy amikor a PET az egyik tartályból a másikba jut, ne legyen hőveszteség, ill. ne vegyen fel újra nedvességet. Ezért a szívószelepeket hőszigetelik, a granulátumot zárt rendszerben, meleg levegővel szállítják. A második tartályon elhelyezett felszívókat szintén hőszigeteléssel látják el.

A feldolgozósort a *PETes AA Analyzer* teszi teljessé, amely *folyamatosan figyeli a gyártást és méri az acetaldehidtartalmat*. Az acetaldehid a PET előforma gyártásakor keletkezik az ömledék degradációja következtében, megengedett koncentrációja néhány ppm. Ha ezt a határértéket meghaladja, a paklackból az italba kerülhet, és furcsa utóíz eredményez. Az acetaldehidtartalmat az előformában hagyományosan gázkromatográfiával mérik, ami több tényező miatt bizonytalanná teszi a mérési eredmények reprodukálhatóságát, és képzett kezelőszemélyzetet igényel. A *PETes AA Analyzer* segítségével egyszerűbbé és reprodukálhatóbbá válik az előforma vizsgálata.

Az **Engin Plast** cég *CWS 3001* típusú gravimetrikus és *AF kényszeradagolóival a könnyű őrlt hulladék visszadolgozását teszi egyszerűbbé*. Segítségükkel akár 100%-os PET hulladékőrleményt is fel lehet dolgozni a meglévő extrudereken, pl. pántolószalagá.

A *CWS 3001* jelzésű gravimetrikus adagoló extrudereket, fúvó és fröccsöntő gépeket szolgál ki legfeljebb 6 komponens (polimergranulátumok, mesterkeverékek, 0,25 kg/dm<sup>3</sup>-nél nagyobb sűrűségű őrlemények) bekeverésével. A *CWS* közvetlenül a feldolgozógépre szerelhető az adagolótölcsér helyett, vagy a földön egy vagy több egységet elhelyezve oldható meg a betáplálás. Mindegyik komponens tömege egyedileg mérhető. A PET őrleményhez speciális adagoló tartozik, amely az anyag jellemzőinek figyelembevételével működik. Az egyes alkotórészek a tömegmérés után az adagoló alatt elhelyezett keverőbe kerülnek.

Az *AF* egységet azokhoz a folyamatokhoz ajánlják, ahol az extruder táplálásának homogénebbnek kell lenni, főleg ha nagy százalékban használnak könnyű PET pelyhet. A kényszeradagoló, amelyet a feldolgozó gép adagolótölcsérére szerelnek, tulajdonképpen egycsigás extruder, tölcsérrel és szervomotoros hajtással. Az *AF* adagoló a *CWS 3001* gravimetrikus adagolóval kombinálva 80–100%-ban PET regranulátumot tartalmazó anyag betáplálására

szolgál. Szigetelt tölcseérek használata ideális megoldás ott, ahol extrudálás előtt szükség van a PET szárítására.

## PET hulladékot feldolgozó berendezések

A PET palackok anyagának hasznosítása az első helyen áll a csomagolóanyagok mechanikai újrafeldolgozásában, és számos olyan tényező van, amely meghatározza a technológia iránti növekvő érdeklődést. *A palackokból visszanyert PET (R-PET) pelyhek már szinte tömegcikknek tekinthetők, amelyeket pontosan meghatározott minőségi szabványok szerint állítanak elő. A meglévő technológiák lehetővé teszik, hogy ezeket az anyagokat minőségi kompromisszumok nélkül, közvetlenül használják fel a termékek gyártásában.* A PET tulajdonságai szilárd fázisú polimerizációs reakcióval (SSP eljárással) is javíthatók. A használt palackok összegyűjtését megfelelő módon megoldották, ezeket gyakran különböző szervezeteken keresztül irányítják, amelyek gondoskodnak az „ökológiai” újrafeldolgozásról. Valójában a minőség az, amely meghatározza az R-PET felhasználását a jövedelmező piacokon, nevezetesen a lemezextrudálásban és a palackgyártásban (bottle-to-bottle, palackból palack eljárás).

Más anyagoktól (pl. a polietiléntől vagy a polisztiroltól) eltérően *a visszanyert PET helyi piaci értékét 40–45%-kal csökkentheti a tökéletlen mosás. Azok a cégek, amelyek értékesítik a hulladékból visszanyert PET-et (pl. az olasz **Sorema**), nagyméretű üzemeket hoznak létre az anyagok kifogástalan mosására.* Az így megtisztított PET pelyhet a feldolgozók közvetlenül használják fel; az **Amtcor**, a **Visy** és a **Plastipak** cég használt palackok anyagából ismét palackokat (bottle-to-bottle eljárás), az **ORV** és az **Industrie Maurizio Peruzzo** cég szálakat, az **ITW** pedig pántolószalagot gyárt.

A PET visszaforgatása Európában és az USA-ban is erősödik, piaci növekedése közvetlenül összefügg a palackok nagyobb arányú begyűjtésével. (A rendszerből azok a palackok eltűnnek, amelyeket a Távol-Keletre exportálnak). *Figyelemre méltó azoknak az országoknak a helyzete, ahol a fogyasztás gyorsan nő, és a környezetvédelemre, valamint a szociális fejlődésre való érzékenység szükségszerűvé válik. Ilyen helyeken (Kelet-Európa, a volt szovjet tagköztársaságok, a Közel-Kelet, Észak-Afrika stb.) az összegyűjtött mennyiség gyakran kisebb, mint az európai átlag. Ezek számára fejlesztette ki a **Sorema** cég kis és közepes méretű integrált eljárásait, amelyekkel a felhasználók technológiai és gazdasági szempontból is kis kockázattal vehetnek részt az újrahasznosításban.*

Mindegyik visszaforgatási eljárás 5 szakaszra osztható. Az első gondok a bejövő anyagokkal lehetnek, ezért speciális vizsgálati módszereket dolgoztak ki a palackok minősítésére és a kritikus szennyeződési szint megállapítására.

A második szakasz a reciklátumok minőségi jellemzőit határozza meg, figyelembe véve a piaci igényeket és a vevők minőségi követelményeit. Ezután az üzem kiválasztására kerül sor, ahol moduláris technológiával biztosít-

ható a nagyfokú rugalmasság. Mindegyik üzem bővíthető új elemekkel/modulokkal, és emelhető az automatizáltság szintje, ha nőnek a munkaerő és gyártás költségei, illetve ha tágul a piac.

A rendszer a következő nyolc alapegységből épül fel:

- tápegység, amely biztosítja a palackok szabályozott és folyamatos áramlását;
- válogatás, a PET palackok elkülönítése az egyéb hulladéktól;
- a palack aprítása, őrlése;
- forró és intenzív mosás, a ragasztó, a papír és a felületi szennyeződés eltávolítása;
- hideg mosás, a poliolefinok elválasztása;
- mechanikus és termikus szárítás;
- aerodinamikus elválasztás, finom szemcsék és könnyű PS, PA, PET, PVC fóliadarabok (ha vannak) eltávolítása;
- keverés és csomagolás.

Ha fontos a víztakarékosság, akkor a keletkező szennyvizet kezelni kell. A mosóüzem egy „fekete doboz”-nak is tekinthető, ahova piszkos palackot és tiszta vizet táplálnak be, és ahonnan tiszta PET pehely és szennyvíz kerül ki.

A **Tria** cégnél kifejlesztett palackdarálóból folyamatosan áramoltatható az alapanyag a mosáshoz és az újrahasznosításhoz. A hét 6 napján, 24 óras üzemben óránként 2800–3000 kg PET palack is felaprítható a kívánt minőség betartásával. Az összepréselt, de még teljes palackokat először egy vizes aprítóberendezésen vezetik keresztül, ahol a méretcsökkentés lehetővé teszi a különválasztást a papírtól, a ragasztótól és más szennyező anyagoktól. Amikor a darabok mérete eléri a 20 mm-t, az anyagot mossák és száraz malomban szárítják, ahol a darálék nagysága 10 mm-re csökken. A tisztított és szárított anyagot egy szeparálórendszeren vezetik keresztül, ahol tökéletesen szennyeződésmentessé válik.

Az első granulálóegység („vizes őrlés”) betöltő nyílása 1500x900 mm méretű, a motor teljesítménye 250 kW. A rotor átmérője 800 mm, 5 forgó és 4 álló kést tartalmaz, a berendezésben 20 mm lyukméretű szitát helyeztek el. A második granuláló adagolónyílása 1500x800 mm, a motor 160 kW-os. A rotor 620 mm, a forgó kések száma 5, az állóké 3, a szitaméret 10 mm. A darálékból átlátszó lemezek és erős szálak is gyárthatók.

A **CMG** cég 30–1500 kg/h teljesítményű darálói közül 3 modell alkalmas a fröccsfúváshoz és extrudáláshoz használható PET pehely előállítására. A kozmetikai PET flakonok elterjedése nyomán felmerült az igény a kis mennyiségben megjelenő előformák és flakonok újrahasznosítására, mégpedig viszonylag gyorsan, kevés porképződéssel és egyszerű tisztítási eljárással. Erre a célra a cég S25-30-3K-C jelű berendezése lehet a legalkalmasabb, az átlagkapacitás 40–80 kg/h (100 kg/h maximális teljesítménnyel) az előformák és palackok gyártásakor. Ez a típus a vágókamrákban elhelyezett forgó tárcsáknak köszönhetően csak kis mennyiségű port bocsát ki. A betáplálás automata

és kézi módszerrel is végezhető (előformák és flakonok külön-külön és együtt). A berendezést kis és közepes méretű üzemeknek ajánlják. Speciális acélkésekkel a karbantartások közötti idő megnövelhető. Kis ráfordítással külön pormentesítő is beépíthető, ami az életlen kések miatt keletkező port távolítja el, mivel ez esztétikai hibákat okoz a végterméken.

Hőformázott élelmiszeripari tálcák gyártásához az **CMG** cég *S25-30-ET1* típusú on-line szélhulladék-darálóját ajánlja. A darálék minősége nagyon fontos, főleg akkor, ha gravimetrikus adagolót használnak, mivel ez az eszköz igen érzékeny a részecskeméret-eloszlásra és a portartalomra.

Az *S30-50-F* modell 15–30 µm vastagságú CPET fóliák off-line reciklálására alkalmas. Ezeket a fóliákat mikrohullámozható élelmiszeres tálcák zárófóliájaként használják. A beépített lehúzóhenger-rendszerrel 3 tekercs hulladékfólia darálható egyszerre anélkül, hogy a fóliák összetekerednének.

## **Adalékanyag az UV-fény okozta károk csökkentésére**

A PET-be csomagolt termékeket ért különböző hatások közül a legkevésbé tanulmányozott terület az UV-fény okozta jelenségek vizsgálata. Az új termékek és csomagolások kifejlesztése új fogyasztási szokásokat generál, ezért lényeges az UV-fény üdítőitalokra, élelmiszerekre és kozmetikai termékekre gyakorolt károsító folyamatainak a megértése.

A **Milliken Chemical** cég kutatásainak egyik legfontosabb felfedezése volt, hogy *az UV-fény és az üdítőital összetevői közötti kapcsolat igen bonyolult, és az UV-fény negatívan, gyakran a nem várt módon hat a színre, az ízre és a tápértékre.* A Milliken cég főleg a PET palackokat vizsgálta ebből a szempontból hűtött kamrákban, mesterséges UV-fényben, gyorsított eljárással. A komplex hatást bizonyította a vizsgálatok során pl. az, hogy a citromsav a fém nyomelemekkel együtt UV-fényben destabilizálja a színt, vagy az, hogy míg a B<sub>12</sub> vitamin önmagában egészen stabil, addig a C vitaminnal kombinálva UV-fény hatására degradálódik.

Másik fontos kutatási eredmény, hogy az ízanyagok és a vitaminok sokkal jobban bomlanak UV-fényben, mint a színezékek. Míg a színváltozás besugárzás hatására igen intenzív és könnyen megfigyelhető folyamat, addig a színezékek általában nem a legbomlékonyabb alkotórészei az üdítőitaloknak. A megfigyelések alapján megállapítható, hogy UV-fény hatására az ízanyagok a legkevésbé stabilak, őket követik a vitaminok, majd a színezékek. A kutatás rámutatott arra is, hogy a PET palackok UV-védelmi szintje nagyon fontos abból a szempontból, hogy a termék megfelelően védett-e az eltarthatósági idő alatt.

Az ipar ugyanakkor nem hozott létre általános szabványt a PET palackok UV-védelmére. *Míg a PET adalékanyagok általában 370 nm-es tartományban abszorbeálják az UV-fényt, addig a Milliken eredményei megmutatták, hogy csak 390 nm-en érhető el teljes védelem az ártalmas UV-hatással szemben.*

Ez utóbbi védelemmel a csomagolóanyag fala a 390 nm hullámhosszú fénynek csak az 5%-át engedi át. A színezékek, az ízanyagok és a vitaminok jelentősen károsodnak 370 nm-nél nagyobb hullámhosszú UV-fényben. A 370-től 390-ig tartó védelem az üdítőital több összetevőjénél gyakran 100%-kal jobb eredményt ad, mivel ezek a komponensek érzékenyebbek a 370–390 nm hullámhosszú fényre.

A kutatás eredményeként a Milliken Chemical kifejlesztette a *ClearShield* márkanévű adalékanyagot, amely *390 nm-en nyújt UV-védelmet*. Az adalék élelmiszeripari FDA engedéllyel rendelkezik, hatékonyan bekeverhető, akár a PET alapanyaggyártás, akár a feldolgozás során.

A Milliken szerint az UV-fény hatása ellen védő anyagok használata a PET palackokban valószínűleg nőni fog. Ez gazdasági előnyöket kínál mind a fogyasztási termékek előállítóinak, mind az alapanyag- és palackgyártóknak. A PET palackok UV-védelme lényeges a termék eltarthatósága szempontjából is olyankor, amikor az alkotórészek UV-fényre érzékenyek. A csomagolt termék összetétele rugalmasabban változtatható, megengedi UV-érzékeny alkotóelemek használatát, ezáltal csökkenthető a stabilizálószer alkalmazása.

**Dr. Lehoczki László**

PET processing and recycling machines. = Macplas, 2004. 3. sz. aug. p. 21–24.

Ultra-high preform production. = European Plastics News, 31. k. 9. sz. 2004. okt. p. 43.

Rotary solution for PET bottles. = European Plastics News, 31. k. 9. sz. 2004. okt. p. 43.

PET protection: containing UV light. = Plastics Engineering EUROPE, 2. k. 2. sz. 2004. jún. p. 38–40.