

## PET palackok anyagának újrahasznosítása

*Tárgyszavak: hulladékhasznosítás; újrafeldolgozás; szupertiszta; élelmiszeripari minőség; gyűrűs extruder; palackból palack; feldolgozás regranulálás nélkül.*

Használat után a PET-ből gyártott termékek döntő hányadát a szálgyártásban hasznosítják. *A PET csomagolóeszközök felhasználásának gyors növekedése miatt azonban a textilipar már nem képes a nagy tömegben képződő hulladék fogadására. A megoldás egyik útja lehet, ha a például a PET palackokból ismét palackokat gyártanak („bottle to bottle”).* Vagyis a hulladékot oly módon kell visszaforgatni, hogy a regranulátum műszaki jellemzői megfeleljenek az eredeti termékekkel szemben támasztott követelményeknek. A cél érdekében *több ipari méretű, ún. „szupertiszta” eljárást fejlesztettek ki, amelyekkel élelmiszeripari minőségű, az eredetivel (közel) azonos anyag állítható elő.* A visszaforgatás azonban költséges, ezért a széles körben történő alkalmazás érdekében, főképp a beruházási költségek és az energiafelhasználás mérséklése révén javítani kell a hasznosítás gazdaságosságát.

A használat után az újrafeldolgozásra szánt PET gyártmányokat (palackokat, fóliákat, szálakat) összegyűjtik, megdarálják. A gyűjtés helye és a gyűjtés módszerei miatt a kapott őrlemény (ún. pehely) belső viszkozitása (IV-érték, intrinsische Viskosität) különböző, általában 0,72–0,78 dL/g között változik. A végső felhasználás érdekében végzendő műveletek során szem előtt kell tartani a felhasználási céloknak megfelelő IV érték elérését (1. táblázat).

*A PET hulladék újrafeldolgozásakor nem szabad elfeledkezni arról, hogy ennek polimerláncra hajlamos a leépülésre. Ilyen az előzetesen nem kellő mértékben megszáritott őrlemény erős hidrolízise, továbbá a hőbomlás, valamint az oxidációs lebontás.* Az őrlemény előszáritásának mellőzése révén azonban jelentős megtakarítás érhető el. Ebben az esetben fontos szerepe van az ömledék erőteljes kigázosításának a IV-érték jelentős csökkenése nélkül. Ezek a célok megkövetelik az extruderrendszertől, hogy

- csak kevéssé csökkentse a viszkozitást,
- nagyon jó hatásfokkal végezze a kigázosítást,
- jól homogenizáljon,
- száritás nélküli anyagot is fel tudjon dolgozni,
- kíméletesen dolgozza fel az anyagot (csekély mértékű nyírás, alacsony feldolgozási hőmérséklet).

1. táblázat

A különböző termékek gyártásához szükséges IV-értékek

| PET termék                               | IV-érték, dl/g |
|--|----------------|
| Szál (vágott szál, szőnyegfonal, fátyol) | 0,58–0,62      |
| Tűzött paplan                            | 0,5–0,7        |
| Hőformázható PET fólia                   | 0,65–0,75      |
| Palack                                   | 0,7–0,8        |
| Pántolószalag                            | 0,8–1,2        |
| Műszaki fonal                            | 0,8–1,2        |

## Hulladékfeldolgozás gyűrűs extruderrel

Az újrafeldolgozáshoz egy- és kétcsigás extruderek mellett újabban gyűrűs extrudereket (RingExtruder) is használnak, amelyek köpenyének mentén belül 12 bütykös tengely forog. Az egyes tengelyek egymástól azonos távolságban, azonos irányban és azonos sebességgel forognak. Az anyagáram 12 párhuzamos részre oszlik, ami előnyösen befolyásolja a kigázosítást és a kímélő anyagkezelést. Az anyagáramlás hasonlóan alakul, mint a kétcsigás extruderekben, de további előnyei

- az ömledékképző pontok nagy száma,
- a nagyobb felület/térfogatarány,
- a kisebb rétegvastagság,
- a rövid diffúziós út,
- a nagy kigázosítási teljesítmény,
- a több nyílás a kigázosításra,
- a nagy felület a kigázosításra,
- a nagy tömegre vonatkoztatott beadagolási/szállítási teljesítmény, különösen nagy felületű őrlemények, pelyhek esetében.

*Gyűrűs extrudert néhány helyen már folyamatos termelésbe állítottak. Közöttük van olyan, amely regranolátumot gyárt, amelyből közvetlenül fóliát, szálát, nemszőtt textilt gyártanak.*

## Palackból ismét palack közbenső granulálás nélkül

A visszagyűjtött palackok meglehetősen fajtatiszta hulladékot képeznek, de felületük szennyezett. Darálás után a pelyhet mossák, ezáltal eltávolítják a szennyeződés legnagyobb részét, de az ilyen alapanyag még nem elég tiszta, hogy élelmiszeripari csomagolóanyagként elfogadják. *Ha a pehelyből regranolátumot készítenek, az extrúzió folyamán az illékony szennyeződés elpárolog, de a kevésbé illékony szennyeződés belekerül a granulátumba, és csak újabb, magas hőmérsékleten, vákuum alatt végzett újabb extrudálással hajtható ki onnan.*

Felmerült az a gondolat, hogy könnyebben meg lehetne tisztítani a hulladékot a szennyezőanyagtól, ha elhagynák a granulálást, ami energiamegtakarítással is járna. Egy kísérletsorozat keretében az örlemény tisztításához az OHL Technologies cég „szupertiszta” visszaforgatási eljárásának módosított változatát alkalmazták, amelyben szakaszos utókondenzálással távolítják el a szennyeződést. Ennek hatásfokát különböző mértékben illékony anyagokkal szennyezett PET örleménnyel ellenőrizték, azaz azt vizsgálták, hogy az eljárás alkalmas-e a használat után összegyűjtött palackokból élelmiszeripari célokra felhasználható alapanyag előállítására.

A kísérletek során szennyezőanyagként toluolt, klór-benzolt, fenilciklohexánt, benzofenont és metil-sztearátot alkalmaztak. Kitént hogy a PET palackok örleményéből a szennyeződést 20–40 perc alatt el lehet távolítani, vagyis jóval gyorsabban, mint ha a hulladékot granulálás után tisztították volna meg. Az illékony szennyezőanyagok, mint a toluol, illetve a klór-benzol 2–3 perc alatt eredeti koncentrációjuknak 1%-ára csökkentek, elpárologtak; a legnehezebben eltávolítható benzofenon szennyeződés 20 perc elteltével eredeti koncentrációjának 20–30%-ára csökkent. A várakozásoktól eltérően viszont az eljárás során alkalmazott hőmérséklet csekély hatással volt a tisztítás hatékonyságára. Ebből azt a következtetést vonták le, hogy ez az eljárás alacsonyabb hőmérsékleten és rövidebb idő alatt végezhető el, mintha granulátumot használnának, aminek eredményeképpen csökken az energiafelhasználás. Az eljárás módosítása megköveteli, hogy az előformák gyártásakor ömledék-szűrőt alkalmazzanak a makroszkopikus szennyeződések visszatartására.

Az eljárás fejlesztése során kitént, hogy a PET palackok anyagának belső viszkozitása nagyon gyorsan változik, és ezért nehezen ellenőrizhető. A módosított eljárásban fontos a pelyhek nagysága. Minél kisebbek a pelyhek, annál jobb minőség várható.

További gondot jelent a visszanyert anyag sárga elszíneződése. Az eljárás során alkalmazott alacsonyabb hőmérséklet nem eredményez kisebb mértékű elszíneződést. Az elszíneződés mértékétől nem függ az élelmiszerek csomagolására való alkalmasság.

*Az újrahasznosítás érdekében kidolgozott eljárások közös hibája, hogy az újrafeldolgozásra alkalmasnak ítélt anyag sárga árnyalatát nem sikerült kiküszöbölni, márpedig egy ilyen anyagot nem igen lehet a piacon értékesíteni.* A fejlesztők arra a következtetésre jutottak, hogy ennek oka nem visszamaradó szennyeződés, hanem magának az eredeti anyagnak szerkezete. Az ok felderítése és a tünet megszüntetése további kutatást igényel.

**Dr. Szabó Ferenc**

Bauer, T.: Aus alt wird neu. = KunstStoffTrends, 2004. 2. sz. p. 12–13.

Welle, F.: Bottle to bottle. = KunstStoffTrends, 2004. 2. sz. p. 10–11.

## Röviden...

### PET/PA palackok újrahasznosítása pántolószalagként

A PA záróréteget tartalmazó PET palackok anyaga újrahasznosítható a német Műanyag-feldolgozó Intézetben (IKV) kifejlesztett eljárással. Az eljárás kulcsa egy új CBC (karbonil-bisz-kaprolaktám) a **DSM** cégtől, amelyet 2003-ban hoztak kereskedelmi forgalomba. Az IKV ennek segítségével állít elő PET/PA blokk-kopolimert az elhasznált palackokból két sorba kötött extruderben. A **DSM Allinco CBC** márkanévű terméke láncnövelő szerként hat, és a szilárd fázisú utókondenzáció alternatívája.

Az IKV felmérései szerint a műanyag pántolószalagok mennyisége 74%-kal növekedett 1987 és 1997 között, miközben az acél pántolószalagok mennyisége 12%-kal csökkent. Eddig csak tiszta PET-ből gyártottak pántolószalagot, de most már *visszanyert és kompatibilizált PET/PA-ból is megoldották a megfelelő színű és minőségű pántolószalagok előállítását.*

Az eljárás első változatában a CBC-t a polimerrel együtt adagolták az extruderbe. Most egy olyan megoldáson dolgoznak, amelyben a CBC-t akkor viszik be a rendszerbe, amikor már mindkét komponens megolvadt. Emellett egy CBC-t tartalmazó PET alapú kompatibilizáló mesterkeverék kifejlesztésén is dolgoznak, amelyet a PET/PA hulladékhoz lehet adagolni.

A munkában a **Reimotec** és az pántolószalagokat gyártó ausztriai **Teufelberger** cég is részt vesz.

*(European Plastics News, 31. k. 5. sz. 2004. p. 11.)*

### PEEK hab

A **Victrex** és a **Zotefoams** cég együttműködésének eredményeként megszületett a PEEK habosított változata, amelyből akár  $650 \text{ kg/m}^3$  sűrűségű termékek is gyárthatók. A Zotafoam eljárásával nitrogénnel telítik a PEEK granulátumot, amely ezután a szokott módon fröccsönthető vagy extrudálható, de a termék belseje felhabosodik. A habosított termék megtartja a PEEK eredeti jó tulajdonságait, azaz kevésbé ég, vegyszerálló, hőálló, sugárzásálló, rugalmas, emellett könnyű és hőszigetelő. Sokféle területen alkalmazható a vízen úszó tárgyaktól és a vegyipari szintmérőktől a könnyű hőformázott repülőgépi és szállítójárművi elemekig.

*(European Plastics News, 31. k. 4. sz. 2004. p. 39.)*

## **PUR újrahasznosítása az USA-ban**

Egy új eljárást mutattak be az előregedett, szétbontott autók belső poliuretán tetőborításának újrahasznosítására az Orlandóban, Floridában megrendezett *Poliuretán Expo 2003*-on. Az újrahasznosítási eljárás a poliuretán tetőborítás hulladékát a benne, ill. rajta lévő ragasztóréteggel, üveg- és természetes szálakkal, papírral és kemény poliuretánhabbal együtt kezeli, amelyeket különösen nehéz mechanikai úton újrafeldolgozni. Egy módosított újrakötő habosítási technika segítségével először nagy „pogácsákat” készítenek, amelyeket feldarabolnak, és újrafeldolgozva értékes új alkatrészeket állítanak elő. Ez a technológia hatásos és gazdaságos módja a kemény poliuretánhabok és kompozit tetőborítások újrahasznosításának. Míg Európában az autókban lévő poliuretán alkatrészek újrahasznosítását rendelet írja elő, addig az USA-ban erre az újrahasznosítás gazdaságtalansága miatt nem sok ügyet vetettek. Amíg ki nem fejlesztenek egy olcsó eljárást, addig valószínűleg nem lesz nagy az érdeklődés. Szükség van a késztermékgyártók és az állam támogatására is.

Az autóroncsokból kiszertelt anyaggal ellentétben a poliuretán ülés párnázatokból évente több mint 200 E t habot hasznosítanak darálékból összeragasztott előállított ülés párnázatként – ez azt jelenti, hogy az USA-ban az összes hab közel 90%-át ülés párnázatként használják.

A poliuretánipar aktívan keresi a lehetséges újrafeldolgozási és újrahasznosítási eljárásokat. Most éppen egy ágybetéteket újrahasznosító üzem beindításán fáradoznak Oaklandban, Kaliforniában, ahol 2002-ben több mint 50 E, 2003-ban pedig már több mint 60 E matracot dolgoztak fel. Az üzem, sikeres működése következtében, modellként szolgál a más városokban lévő újrahasznosító központok számára.

*(Macplas International, 2004. 2. sz. máj. p. 53.)*

## **A Ticona növeli PPS-gyártását**

A Fortron Industries cég, a Ticona és a Kureha Chemicals közös vállalata 25%-kal növeli Fortron PPS gyártó kapacitását 2005-ig. Megkezdték egy új PPS-gyártó üzem tervezését is, amelyet 5 éven belül szeretnének felépíteni. A Ticona nem nyilatkozott a majdani üzem kapacitásáról; 2001-ben, amikor először merült fel a bővítés, akkori kapacitását 7500 t/év-re becsülték.

*(Modern Plastics International, 34. k. 4. sz. 2004. p.13. )*

## Habhulladék feldolgozására alkalmas extruderek

A habok növekvő mennyiségű felhasználásának természetes következménye a több hulladék, ezért egyre inkább igényelik ennek újrahasznosítását. A feldolgozás alatt a cellákba zárt gáz eltávozik, ezért a visszanyert anyag ugyanazon körülmények között extrudálható, mint a friss anyag.

A **Davis-Standard** cég bejelentette, hogy *kifejlesztette Scrapper típusú extrudereinek habok újrafeldolgozására alkalmas változatát*. A *Foam Series Scrapper* nevet viselő berendezésben széles etetőhornyok vannak, amelyek könnyen behúzzák a kis, 8–128 kg/m<sup>3</sup> közötti sűrűségű PS, PE vagy PP habhulladékot. Az etetőzóna csigaátmérője nagyobb, mint a plasztikáló zónáé. Az új kettős átmérőjű extruder nagyobb teljesítményre képes, mint a szokásos típus.

A Foam Scrapper extrudert 4-féle méretben (150/90, 200/115, 250/165, 350/200 mm, ahol az első szám az etetőzóna, a második szám a plasztikáló zóna csigaátmérője) gyártják. A hengeren öntött alumíniumbordázott fűtőtest és nagy fűvőkapacitású levegővel hűtő zóna található. Vízhűtés is választható. A fogaskerékszekrényt, az etetőberendezést és a motort stabil hegesztett acélváz tartja, a kisebb méretű extruderek vezérlőegységét és szűrőit mozgatható vázra szerelték. A csiga etetőzónáját és a henger nagy átmérőjű szakaszát edzett borítás fedi a hosszabb élettartam és jobb kopásállóság érdekében. (További információ: [www.davis-standard.com](http://www.davis-standard.com)),

*(Plastics Engineering, 2004. máj. p. 35.)*

## A Bayer cég vizsgálólaboratóriuma hőre lágyuló műanyagok számára

A **Bayer** cég Krefeld-Uerdingenben lévő központi vizsgáló laboratóriuma a (**TTC, Thermoplastics Testing Center**) kompaundáló, extrudáló és fröccsöntő vállalatok részére mintegy 200-féle vizsgálatot kínál hőre lágyuló műanyagokhoz, azonkívül mind granulátumok, mind termékek teljes gyártási folyamatát képes végigvezetni. ABS-ből, polikarbonátból és más hőre lágyuló kereskedelmi műanyagokból keverékeket tudnak készíteni 1,3 kg-tól 100 kg mennyiségig. A központban 100 fröccsszerszám áll rendelkezésre, hogy gyakorlatilag bármilyen vizsgálatot elvégezzenek az ISO, UL szabványok és a CAMPUS adatbank követelményeinek megfelelően. A vizsgálatokat nagymértékben automatizálták.

*(Modern Plastics International, 34. k. 4. sz. 2004. p.13.)*

## Szívós klórozott PVC csövek

A forró, vegyileg agresszív folyadékok szállítására az **Ever Tuff Industrial** cég gyárt, a **Coastline Plastics** cég forgalmaz klórozott PVC (CPVC) csöveket. Az alapanyag keverésétől kezdve a késztermékek ellenőrzéséig minden műveletet házon belül végeznek. A minőség vizsgálatához forgó, elektronikus letapogató technológiát alkalmaznak, amellyel 100%-ban végigmérik a falvastagságot, kimutatják a felületi egyenetlenségeket és a cső alakeltérését. A csövek átmérője 12,7–203,2 mm átmérő között van, és közel 100 °C-ig használhatók. A minősítést egy független cég, a National Sanitation Foundation International végezte. Megállapítása szerint a csövek megfelelnek az ASTM F441 szabvány követelményeinek, és alkalmasak ivóvíz szállítására.

Narancsszínű csíkkal jelzik, hogy a cső korrózióálló, nem található rajta bemarkolat, könnyen szerelhető, nagyon szívós, a benne áramló folyadékoknak akadálytalan áramlást biztosít és csendesen dolgozik.

További információ: [www.victualic.com](http://www.victualic.com)

*(Plastics Engineering, 59. k.12. sz. 2003. p. 6.)*

## Színes átlátszó akrilátlemezek

A kereskedelmi reklámtáblák figyelemfelhívó tulajdonságának fokozására olyan akrilátlemezeket forgalmaznak, amelyek szélük élénk színeivel megfogják a szemet (*Plexiglas MC edge-color acrylic sheet* és *Plexiglas clear-edge frosted sheet*). Az **Atofina Chemicals** cég ehhez a felhasználáshoz a régiék mellett (*33030 Green*, *3120 Blue*) új színezékeit ajánlja: *3215 Blue*, *3217 Red*, *3218 Orange* és *3219 Orange* jelzéssel. A ragyogó színű lemezek egyik vagy másik oldalát különleges felületkezeléssel, jégvirágos mintázattal is elláthatják. Ezeket a lemezeket 3,0, 4,5, 6,0 és 9,0 mm vastagságban, korlátozott mennyiségben lehet megrendelni. Matt kikészítéssel is forgalmazzák őket. További felvilágosítás: [www.atoglas.com](http://www.atoglas.com)

*(Plastics Engineering, 59. k. 11. sz. 2003. p. 10.)*