

## Elektronikus eszközök és más műanyagtermékek hulladékának újrahasznosítása

Az elhasznált elektronikai készülékek alkatrészeinek újrahasznosítása a különböző anyagfélések miatt bonyolult és költséges folyamat. Az újrahasznosításnak lendületet adott az Európai Unió – az elektromos és elektronikus hulladékok begyűjtésére vonatkozó – direktívája. A műanyag hulladékok újrahasznosítási technológiáival más területen is egyre jobb minőségű termékeket lehet gazdaságosan előállítani.

*Tárgyszavak: elektronikai hulladékok; újrahasznosítás; fóliahulladékok; PVC; papírtartalmú műanyag hulladék; fejlesztés.*

### Az elektronikus eszközökbe beépített műanyagok újrahasznosítása

„E-műanyagok” – ezzel a gyűjtőnévvel emlegetik a különböző használaton kívül helyezett elektronikai eszközök – a számítógépek, a monitorok, a nyomtatók, a televíziók, telefonok stb. – műanyag alkatrészeit. Két tényező ösztönzi jelenleg az ilyen műanyagok újrafeldolgozását. Amellett, hogy az államok világszerte támogatják, sőt megkövetelik, a vállalatok érdeke is az, hogy a kidobott komputerek adatai valóban megsemmisüljenek. A cégek fizetni is hajlandók azért, hogy az átvevő garantálja az adatok megsemmisítését. Ez lehetővé teszi, hogy újrahasznosítsák a mikrocsipeket, a kártyákat, amelyekből nagyon értékes anyagok nyerhetők vissza. Mindezek után nem marad más vissza, mint a különböző eszközök műanyag házai, amelyek azonban egyre növekvő halmokban gyűlnek. Ezenkívül az újrahasznosítással foglalkozó cégek abban is üzletet látnak, hogy a teljesen elhasznált komputerek egy részét felújítsák és egy jól kiválasztott vevői rétegnek eladják.

*Az e-műanyagok többféle mérgező anyagot tartalmaznak. Ezek közül az egyik leggyakoribbak a különböző brómtartalmú égésgátlók. Az e-műanyagok tömege hatalmas. Egyedül az USA-ban 57 millió számítógépet adtak el az utóbbi évben. A gépek átlagos használati időtartama 2–3 év. Az Európai Unió 2006-ban új szabályozást fogadott el, az RoHS-t, amely korlátozza az elektromos és az elektronikai eszközökben a kockázatot jelentő anyagok használatát. Ennek alapján a felhasznált műanyagokban nem lehet 0,1%-nál több brómozott bifenol, ill. difenil-éter (PBB, PBDE). Emiatt megnehezedik a visszanyert műanyagok újrafelhasználása az új komputerekben, vagyis romlik az értékesítési lehetőség. Egy amerikai cég, pl. arról számolt be, hogy az elekt-*

ronikai hulladékból visszanyert kevert műanyag hulladékot mindössze 2 cent/font (kb. 7 forint/kg) áron adták el egy autóbontónak, amely a saját hulladékával együtt talajfeltöltésre használta. Vannak cégek, amelyek bevizsgálják a bejövő hulladékot, és csak azokat használják fel, amelyek nem tartalmazzak tiltott anyagokat. Nagy-Britanniában államilag támogatott kísérleteket folytatnak arra, hogy miként lehetne a káros brómtartalmú anyagokat eltávolítani a hulladékból. Erre a német **Fraunhofer Intézetben** kidolgozott *CreSolve* technológiát alkalmazták, amellyel a brómozott égésgátlók koncentrációját 0,055%-ra lehet csökkenteni. Az eljárást jelenleg kísérleti üzemben tesztelik, nagyüzemi megvalósítására minimum két évet még várni kell.

Az elektronikai hulladékok újrahasznosításának elkülönített figyelése mindössze az utóbbi években indult meg. Az USA különböző államaiban készített felmérés szerint az e-hulladékok újrafeldolgozása kb. 10%-ban valósul meg. Az Európai Unióban az elektromos és elektronikus hulladékok begyűjtésére vonatkozó, ún. *WEEE direktívát* 2006-ban fogadták el. A szigorú előírások és a hulladék szétválasztásának nagy kézimunkaigénye miatt a hulladék túlnyomó része (több mint 90%-a) Kínába kerül. Több amerikai cég létesített vegyes vállalatot Kínában az e-hulladékok feldolgozására. Az Illinois államban található **Parc Corp.**, pl. a kibelezett, és az üvegtől is megszabadított házakat Kínába küldi. Ott az anyagot szétválogatják, a fémrészeket eltávolítják, majd a műanyagdarabokat kézzel mossák. A műanyagok megkülönböztetése vizuálisan történik, a cég szerint 80%-os biztonsággal. A végeredmény granulátum, amelyet Kínában használnak fel kisebb értékű, ill. igényű eszközök gyártására.

Míg Kínában az olcsó kézi munkát hasznosítják, már *vannak fejlesztések az e-hulladék feldolgozásának automatizálására*. A **Butler MacDonald** több módszerrel választja el a polimereket: hidrociklonokkal, elektrosztatikus feltöltődés, sűrűség és szín alapján egy darálékot kapnak, amely kiválogatott, de különböző műanyagokat tartalmaz. Ahhoz azonban, hogy ezt a technológiát az e-hulladékoknál használni lehessen, a cég szerint az elsődleges begyűjtőknek el kellene távolítani az üveget és a billentyűzetet. Az amerikai **MBA Polymers** kínai és ausztriai üzemeiben alkalmazott berendezés az alábbi részegységekből áll: fémkiválasztó, őrlőberendezés, porleválasztó a por, fa és üveg elkülönítésére, majd végül a polimereket automatikusan szétválasztó berendezés. A londoni **Plas-Sep Ltd.** elektrosztatikus elven alapuló technológiával választja szét a polimereket egy nagy forgódobban. Különböző módszerekkel dolgoznak az európai feldolgozók. A német **Electrocycling GmbH** kézi munkával választja el az égésgátlót nem tartalmazó telefonokat a többi eszköztől. A holland **Plastic Herverwerking Brabant** mechanikusan választja szét a begyűjtött hulladékokat. Az angol **Axion Polymers** 2006-ban létesített üzemében 14 000 tonna e-műanyagot tudnak granulátummá feldolgozni a megfelelő műveletek után.

## **Papír- és a műanyaggal társított papírhulladékok újrahasznosítása – profilok Tetra Pak hulladékból**

Az utóbbi időben egyre többet foglalkoznak a fa és a műanyag kombinálásával, a fa-műanyag kompozitok (WPC) előállításával. Ebből jött a gondolat, hogy a faforgács

helyett a papír rostjai is alkalmasak lehetnek erre a célra, sőt előnyöket is jelenthet ezek alkalmazása a fával szemben. Mivel a papír a feldolgozásának köszönhetően kevesebb lignint és szilikátot tartalmaz, mint a fa, lényegesen stabilabb, nem válik me-revvé, nem szürkül, nem duzzad, és a feldolgozó szerszámokban nem okoz kopást. *A cellulóztartalmú kompozitok előállítására ráadásul jól használhatók a papírhulladékból kinyerhető szálak.* Ennél a hasznosításnál, a csomagolóanyagoknál gyakran alkalmazott – és a más újrafeldolgozásnál kifejezetten káros – műanyagbevonat is kifejezetten előnyös. A bécsi egyetem és a német **Institut für Naturstofftechnik** közös témája keretében olyan *papírtartalmú hulladékokból gyártottak értékes nyersanyagot*, amelyek egyébként papírtermékek gyártására nem alkalmasak, és amelyek lerakására még díjat is kellene fizetni. Az ilyen hulladékokból egyszerűen aprítással erősítésre alkalmas szálakat nyernek. A papíron kívül polietilént vagy polisztirolt is tartalmazó papírokból kapott hulladékokat tömegműanyagokkal (30%) keverték. A tiszta papírhulladékok – kartonok, írópapírok, plakátok stb. – és a műanyaggal bevont papírok aprításával előállított szálak feldolgozása egyformán problémamentes volt. A kísérletben kapott kompaundok mechanikai tulajdonságait az *1. táblázat* mutatja.

1. táblázat

Különböző hulladékokból kapott kompaundok tulajdonságai

| Erősítésre használt anyag eredete | Max. hajlítófeszültség, MPa | Hajlítómodulus MPa | Ütőszilárdság kJ/m <sup>2</sup> |
|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Papír és karton                   | 28                          | 2500               | 9,2                             |
| Papír polietilénnel               | 21                          | 1350               | 10,7                            |
| Papír polisztirollal              | 40                          | 3300               | 7,7                             |

Az erősítés nélküli műanyag hajlítási modulusa 1200 MPa körül volt, vagyis a papírhulladékból kapott szálak erősítőszálként működnek. A hatás az extrudálási technológia optimalizálásával, esetleg tapadást fokozó anyagokkal tovább javítható. A téma keretében a német partner és a **MAS Maschinen- und Anlagenbau Schulz GmbH** kifejlesztett egy *új kónuszos kétcsigás extrudert, amelyben a csigák egyirányban forognak.* Ebben a berendezésben a behúzási teljesítmény felülmúlja a kitolási teljesítményt, aminek eredményeképpen nagyon jó a csiga töltöttsége. Az új extrudálási technológiával lényegesen jobb keveredés és teljesítmény érhető el a hagyományos kétcsigás extruderekhez képest. *Az új berendezéssel akár egy lépésben is piacképes profilokat lehet előállítani a műanyaggal kevert papírhulladékokból, például a Tetra-Pak dobozok nagy mennyiségben képződő hulladékából is.*

## Mosás víz nélkül – új tisztítási technológia a fóliahulladékok regranulálásánál

A csehországi **Reoplast** 2000 tonna polietiléngranulátumot állít elő kizárólag fóliahulladékból. A hulladék ipari és ún. áruházi eredetű. A hulladékbálákban az anyag 80% felett – sokszor 100%-ban – sztreccsfólia-hulladékot tartalmaz, amelyben szennyezésként papírcímkék, PP- és PS pántok, ragasztószalagok, fadarabok és élelmiszermaradékok fordulhatnak elő. A szállítás során további szennyezésként homok és föld is kerülhet a kiindulási anyagba. Az összes szennyezés mennyisége átlagosan 5%. Ehhez adódik még 10–25% nedvesség. Az extruderés feldolgozásban a szennyezések által okozott problémák kiküszöbölésére a feldolgozó sorba egy tisztító berendezést építettek be utólag. A berendezést az ausztriai **MAS Maschinen- und Anlagenbau Schulz GmbH** szállította. A berendezés a MAS-partner **Ekuma GmbH** által kifejlesztett *DRD technikával* (dupla rotortárcsa) dolgozik. Ez a technika egyesíti magában a tisztító centrifugát és a termikus szárítást és egyben kíméli az anyagot. Az aprított műanyag egy hengeres kamrában forog, az anyagot forró levegő tartja lebegve. A forró levegő hatására 2%-ra csökken a nedvességtartalom, a szennyeződéseket szítán keresztül kiválasztják, és egy porkamrában gyűjtik, majd kiürítik. Hetenként mintegy négy m<sup>3</sup> szennyezőanyagot távolítanak el. A tisztítóberendezésből az anyag közvetlenül az extruderbe kerül. Az anyag már meleg, és így csökken az energiaigény, az alacsony egyenletes nedvességtartalom pedig a folyamat stabilitását eredményezi. Mindezeknek köszönhetően az extruder állandó teljesítménnyel és hőmérséklettel dolgozik, a szűrés és a gáztalanítás zavartalan.

A tisztítóberendezés beállításával a teljesítményt 30%-kal sikerült növelni (390 kg/óráról 500 kg/óra), és javult a regranulátum minősége is. Jelentős költségmegtakarítást érnek el azzal, hogy szennyezettebb, tehát olcsóbb nyersanyagot is fel tudnak dolgozni. Csökkentek a karbantartási költségek, könnyebb és kevesebb lett a gépkezelők munkája. *Mindent összevéve a beruházás 18 hónap alatt megtérült.*

## PVC újrahasznosítása

2007 szeptemberében Amsterdamban kongresszust tartott az **ISWA** (szilárd hulladékok nemzetközi szövetsége – International Solid Waste Association). Ezen a **Vinyl 2010** szervezet, – amely a fenntartható fejlődés érdekében tevékenykedik a PVC szakmán belül – beszámolt a *Recovinyl* projektről, amelynek keretében 2006-ban a fogyasztóktól 44 690 tonna PVC hulladékot gyűjtöttek be, amely jelentős mértékben meghaladta az előző évi mennyiséget. *2010-re Európában 75 000 tonnát terveznek begyűjteni.* A szervezet megvalósíthatósági tanulmányt készített egy új begyűjtési rendszerről, amelyet Olaszország római tartományában próbáltak ki. Bemutatták, hogy *egy célzott PVC gyűjtési-újrafeldolgozási rendszer működtetése, beleértve a szállítási költségeket is, akár 40%-kal is gazdaságosabb, mint a hulladék egyszerű lerakása a szemétyűjtőkben.*

## Kevert műanyagok feldolgozása fröccsajtolással

A transzferfröccsajtolás az a technológia, amely a többféle műanyagból álló keverékek, tehát a reciklátumok feldolgozására leginkább alkalmas. *A fröccsöntéssel szemben a beadagolásnál itt jóval kisebbek a nyomásértékek: 200–250 bar 1000–2500 bar helyett.* Ennél az eljárásnál lényegesen kisebbek a nyíróerők is az olvadékban, és kisebb a maradó feszültség a termékben, amelynek így kisebb a zsugorodása és a vetemedése, mint a fröccsöntött termékeké. A felsorolt előnyök miatt a fröccsajtolás néhány speciális területen, pl. optikai eszközök előállításánál szinte kizárólagos technológia.

A transzferfröccsajtolást az ipari hulladékok gazdaságos feldolgozására fejlesztették ki. Az eljárásban az olvadékot extruder vezet egy dugattyús fröccsegységhez. Az eljárás előnyös a vegyes műanyagok feldolgozásánál, mivel az egymással nem összeférhető polimerek stabilitása a magasabb hőmérsékleten az olvadék lamináris folyása révén megnövekszik.

2. táblázat

Polietilénhulladék hajlítási tulajdonságainak javítása  
kalcium-karbonáttal

| Tulajdonság                              | PE-HD hulladék | PE-HD + 8,1% CaCO <sub>3</sub> | PE-HD + 11,12% CaCO <sub>3</sub> | PE-HD + 14,33% CaCO <sub>3</sub> | PE-HD + 17,08% CaCO <sub>3</sub> |
|--|----------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Hajlítómodulus, MPa                      | 763            | 853                            | 899                              | 937                              | 991                              |
| Hajlítószilárdság, MPa                   | 22,41          | 23,92                          | 23,85                            | 24,92                            | 25,71                            |
| Maximális nyúlás, %                      | 6,04           | 5,92                           | 5,92                             | 5,8                              | 5,77                             |
| Charpy ütésállóság, kJ/m <sup>2</sup>    | 34,15          | 38,74                          | 39,97                            | 34,87                            | 32,81                            |
| Hornycolt ütésállóság, kJ/m <sup>2</sup> | 64,28          | 55,65                          | 43,11                            | 54,17                            | 49,33                            |
| Shore D-keménység, °Sh                   | 56,77          | 57,39                          | 61,41                            | 62,08                            | 64,05                            |

Ezen az elven működő berendezéseket az **MBM Maschinenbau GmbH** gyárt, amelyeket világszerte használnak raklapok gyártására reciklált polimerekből, ill. azok keverékeiből. A berendezés óránként 50–60 raklapot gyárt mintegy 1000 kg/h teljesítménnyel. A fóliabálákat hengeres behúzóberendezéssel, a nagyobb darabokat szállítószalaggal juttatják fémkiválasztás után az aprító-tömörítő egységbe. Ebben a hulladékot az aprítás és tömörítés közben elő is melegítik és gáztalanítják. Ezt az anyagot extruderben megolvasztják, majd az olvadékot két injektorba vezetik, miközben az olvadékot szűrik. Az injektorokból az olvadékot – a megfelelő mennyiség elérése után – a dugattyú a szerszámba nyomja. A befroccsöntés befejezése után a szerszám záró-

dik, és az olvadékot a prés a szerszámban elosztja. Lehűlés után a szerszám ismét nyílik.

A cég know-how-ja számos poliolefinkeverék feldolgozására alkalmas anélkül, hogy összeférhetőséget növelő adalékot kelljen hozzákeverni. Az így kapott kompaundok homogenitását elektronmikroszkópos felvételekkel is igazolták. A poliolefinkeverékeket ugyanakkor tölteni vagy erősíteni lehet ásványi vagy szerves anyagokkal. Kalcium-karbonáttal a polietilénhulladék hajlítómódulusát jelentősen, a hajlítószilárdságát kismértékben lehet javítani, miközben a keverék ütésállósága csökken (2. táblázat).

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Schut, J. H.: Recycling E-Plastics – new material stream brings its own set of problems. = *Plastics Technology*, 53. k. 8. sz. 2007. p. 48–53.

Bittermann, R.; Sykacek, E.: Aus Tetra-Pak wird Rohstoff. = *Kunststoffe* 97. k. 10. sz. 2007. p. 292–293.

Klammer, G.: Waschen ohne Wasser. = *Kunststoffe* 97. k. 8. sz. 2007. p. 120–120.

PVC recycling. = *Macplas International*, 4. sz. 2007. dec. p. 16.

Levermann, M.; Naday, P.; Friedrich, W.: Transferspritzpressen von gemischten Thermoplasten. = *Kunststoffe*, 97. k. 4. sz. 2007. p. 98–100.

## Röviden...

### Dán csomagolóanyag-gyártó beruházása Csehországban

Az Európában egyik vezető élelmiszer-csomagoló eszközöket gyártó vállalat, a dán Faerch Plast A/S a csehországi Liberecben – a német határhoz közel – épített 13 500 m<sup>2</sup> alapterületű üzemében megindította a gyártást. A gyárban PP poharakat és edényzeteket állítanak elő, évente mintegy 10 000 tonnát. Elsősorban a szlovák, cseh és lengyel piacot akarják innen ellátni, de Dél-Európába is szállítanak majd, ahol az anyacégnek kiterjedt elosztó hálózata van. Az új gyár üzembe helyezése lehetővé teszi, hogy a Faerch dániai üzemében az élelmiszeripari PET csomagolásokra koncentráljon, és kapacitását évi 15 000 tonnára bővítse.

*European Plastics News*, 35. k. 5. sz. 2008. p. 21.

O. S.

### Vezetékösszekötő kupplungok részben kristályos poliamidból

A francia autóiipari beszállító, az A Raymond gyors kötőelemeket gyárt fröccsöntéssel üzemanyag-vezetékek összekapcsolásához. A mindössze 15 g tömegű alkatrésznek 130 °C-ig hőállónak, üzemanyag és cink-klorid-állóknak kell lennie. Alapanyagként a BASF Ultramid T KR 4357 G6 jelű poliamidját választották. Az európai autógyárak többsége már elfogadta az új kupplungokat.

A BASF véleménye szerint ez a kristályos 6/6T PA tulajdonságprofilja egy sor más terméknel lehetővé teszi az eddig használt PA12 kiváltását.

10. 11. 2008 KI (212196)

O. S.

[www.quattroplast.hu](http://www.quattroplast.hu)