

Szélesedik a visszanyert és újrafeldolgozott műanyagok köre

A PET és a PE-HD után talán megindul más műanyagfajták nagyobb arányú újrafeldolgozása is. Az USA-ban néhány globális nagyvállalat szövetkezett az egészségügyi műanyag hulladék visszaforgatására, a Boeing cég a szénszálas műanyagok újrafeldolgozóit keresi, Németországban pedig oldószeres eljárással próbálják a kompozitok műanyag-komponensét visszanyerni.

Tárgyszavak: műanyag hulladék; újrafeldolgozás; orvosi műanyagok; szénszálas kompozitok; visszanyerés kioldással.

A műanyag csomagolóanyagok, elsősorban a PET és a PE-HD palackok visszagyűjtése és újrafeldolgozása anyagában számos országban meg van oldva, ezek ugyanis kielégítik a hulladékfeldolgozó azon igényét, hogy a hulladék legyen egynemű, és álljon rendelkezésre nagy mennyiségben. Energetikai, környezetvédelmi szempontból azonban kívánatos volna más műanyagfajtákat is bevonni a hulladékhasznosításnak ebbe a formájába, amit a törvényhozók is szorgalmazznak.

Vannak is erre utaló jelek. Az USA-ban pl. számos nagyvállalat, közöttük hulladékkezelők, műanyaggyártók és -feldolgozók, továbbá egészségügyi központok társultak arra, hogy megpróbálják megoldani az egészségügyben képződő műanyag hulladék visszaforgatását a műanyag-feldolgozásba.

Sok gondot okoznak a hulladékkezelésnek a társított műanyagok, az ún. kompozitok. Ezek komponensei ugyanis nehezen választhatók szét, ezért újrafeldolgozásuk nehézkes. A **Boeing** cég nagy mennyiségű szénszálas műanyagot használ fel repülőgépei gyártásához, eközben sok hulladék képződik ebből a drága anyagból. A cég tudatosan keresi a lehetséges hasznosítókat, és a **BMW**-vel szerződött a szénszálas műanyagok és hulladékok hasznosításának fejlesztésére. Jelenleg egy kiváló minőségű evezőlapát készül a szénszálas hulladékból, de a járműgyártásban is érdeklődnek iránta.

Érdekes új megoldást fejlesztett ki az egyik **Fraunhofer Intézet** a kompozitok műanyagtartalmának visszanyerésére. Koptatószemcséket hordozó poliamidsörték és galvanizált műanyagok polimerkomponensét oldással választja el, majd az oldószer elpárologtatása után dolgozza fel újra.

Az USA-ban vissza akarják forgatni az orvosi műanyagokat

Az USA-ban az egészségügy, a műanyaggyártás és -feldolgozás, a hulladékkezelés és az újrafeldolgozás területén működő néhány kiemelkedő vállalat és intézmény

2011-ben konzorciumot alapított az egészségügyben alkalmazott műanyagok hulladékának minél nagyobb arányú visszaforgatására. A gyógyászatban alkalmazott műanyagok újrafeldolgozási tanácsának (**HPRC, Healthcare Plastics Recycling Council**) tagjai jelenleg a következők: **Beckton, Dickinson and Co, Cardinal Health, DuPont, Hospira, Johnson & Johnson, Kimberley Clark, Waste Management, EPI Recycling Solutions, Eastman Chemical, Covidien, Sabic, Phillips Healthcare, Baxter International.**

Első három célkitűzésük a következő:

- az egészségügyben alkalmazott műanyagok feltérképezése, azok teljes életciklusának felmérése, eredetük azonosítása, a visszaforgatásukat gátló körülmények meghatározása;
- a visszaforgatásukra vonatkozó irányelvek elkészítése, amelyek magukban foglalják a műanyagtermékek előállítására és csomagolására vonatkozó tanácsokat is a könnyebb reciklálás érdekében;
- egészségügyi intézményekben végrehajtott kísérleti programok lebonyolítása, amelyek alapján számos adatot kapnak, és lehetségessé válik a műanyagok visszaforgatásának gazdaságossági elemzése is.

A tanács két évente összehívott gyűlését valamelyik HPRC tag szervezi meg, ennek keretében a résztvevők a helyszínen közvetlenül ismerhetik meg a fenntartható termelés legújabb módszereit, a korszerű csomagolási és hulladékhasznosítási eljárásokat.

Az USA-ban 2012-ben 6,55 milliárd USD értékű (2 millió tonna) műanyagot használtak fel a gyógyászatban, amelynek legnagyobb részét a fertőzések elkerülése miatt bevezetett egyszer használt eszközök, mindenekelőtt a fecskendők anyaga alkotta. Kisebbségi mennyiségű műszaki műanyagot is felhasználtak a tömegműanyagok kiváltására; ezek alkalmazásakor a csomagolóanyagokból képződik a legnagyobb tömegű hulladék. Előrejelzések szerint a világon 2015-ben az orvosi műanyagok tömege 4,5 millió tonna lesz. Alkalmazásuk fő hajtóereje, hogy megfelelő típusaik biokompatibilisek, autoklávba helyezhetők, vegyszerállóak, átlátszóak, bonyolult formák állíthatók elő belőlük és az elkészített eszközök könnyűek.

A Clevelandi Klinikán (**Cleveland Clinic**) a **Waste Management** céggel közösen végzett első kísérletből kiderült, hogy a műtőben képződő műanyag hulladék gazdaságosan visszaforgatható, és környezeti hatása sokkal kisebb, mint a vele azonos mennyiségű friss anyag felhasználása.

A HPRC 2012-re eljutott oda, hogy megszervezze nagyszabású második, hathónapos kísérleti programját. Ennek színhelye a Stanford Egyetem Orvosi Központja (**Stanford University Medical Center**), közelebbről a stanfordi kórház és klinika (**Stanford Hospital and Clinics**, Palo Alto, CA). A program célja, hogy megismerje a kórházi műanyag hulladék tulajdonságait – a műanyag típusokat, a hulladék mennyiségét és forrásait.

A stanfordi program keretében a következő területekről gyűjtenek adatokat: sebészet, behatolásos eljárások (katéterezés, angiográfia), altatás; gyógyszerellátás. A stanfordi kórházban a műtőből származik a hulladék 20–30%-a. A kórházban 2004-

ben a szikék és tük gyűjtésére bevezették az újrafeldolgozható műanyagból készített tartályok alkalmazását. 2005 óta az ambuláns sebészetben a leszívott testfolyadékokhoz is ilyen edényeket használnak. Alkalmazásuk nagyon jól bevált.

A Boeing cégnél alkalmazott szénszálas kompozitok hulladékának hasznosítása

A **Werner Paddles** cég (Sultan, WA, USA) magas igényeket kielégítő evezőket gyárt szénszállal erősített lapáttal. A kereskedelmi forgalomban kapható szénszállal erősített műanyagból készített evezők fizikai tulajdonságai tökéletesen kielégítették az elvárásokat, de felületük nem volt kifogástalan. A cég ezért olyan kompaundot keresett, amely az eredeti tulajdonságok megőrzése mellett vásárlóinak a küllemmel kapcsolatos igényét is kielégíti.

Egy szénszálas kompozitokat gyártó cég, az **RTP Company** (Winona, MN, USA) különböző szállítóktól beszerzett tucatnyi anyagot próbált ki, végül egy olyan kompozitot ajánlott a Werner Paddles-nek, amelybe a **Boeing** repülőgépgyártó cégtől származó szénszálas hulladékot kevert be. A *787 Dreamliner* repülőgéptípushoz használt szénszál különlegesen jó minősége lehetővé tette az evezőlapáthoz felhasznált kompaundban a szénszáltartalom csökkentését, ezáltal a lapát fizikai tulajdonságai nem romlottak, a felület viszont esztétikussá vált.

A Boeing cég (Seattle) tudatosan törekszik a gyártási hulladék hasznosítására. Ennek érdekében közreműködött a repülőgépipar hulladékainak visszaforgatására alapított szövetség, az **Aircraft Fleet Recycling Association** létrehozásában. Emellett együttműködési szerződést kötött a **BMW** Csoporttal (München), amelynek keretében közösen kutatják majd a szénszálas kompozitok újrafeldolgozhatóságát és megosztják egymással az ezzel kapcsolatos tapasztalataikat és ismereteiket.

Mindkét cég élen jár a szénszálas kompozitok alkalmazásában. A BMW 2013 második felében bocsátja ki *i3* típusú, később pedig *i8* típusú gépkocsiját, amelyekben az utasteret szénszálas elemekből alakítják ki. A Boeing *787 Dreamliner* típusú repülőgépében pedig 50% a szénszálas anyag. Mindkét vállalatnak fontos érdeke, hogy a gyártási hulladékot és a kiselejtezett gépkocsikból származó szénszálas anyagokat is vissza lehessen vezetni az anyagok körforgásába. A munka során szimulációs programokat is kifejlesztettek és automatizálni akarják a feldolgozást.

Az együttműködést Washington állam kormányzója azzal támogatta, hogy a közös munka céljából helyet adott a BMW-nek egy üzem építésére. A BMW cég Moses Lake-ben (Washington, USA) egyik közös vállalata, az **SGL Automotive Carbon Fibres LLC** részeként az **SGL** csoporttal együtt korszerű szénszálgyártó vállalatot alapít, amelyben ultrakönnyű szénszálas műanyagokat fognak gyártani a jövő járművei számára. Az itt gyártott szálakból a németországi Wackersdorfban szövetet készítenek, ebből Landshutban gyártják a beépítendő gépkocsielemeket, amelyeket a cég lipcsei gyárában építenek be a BMW *i3*-as modelljébe.

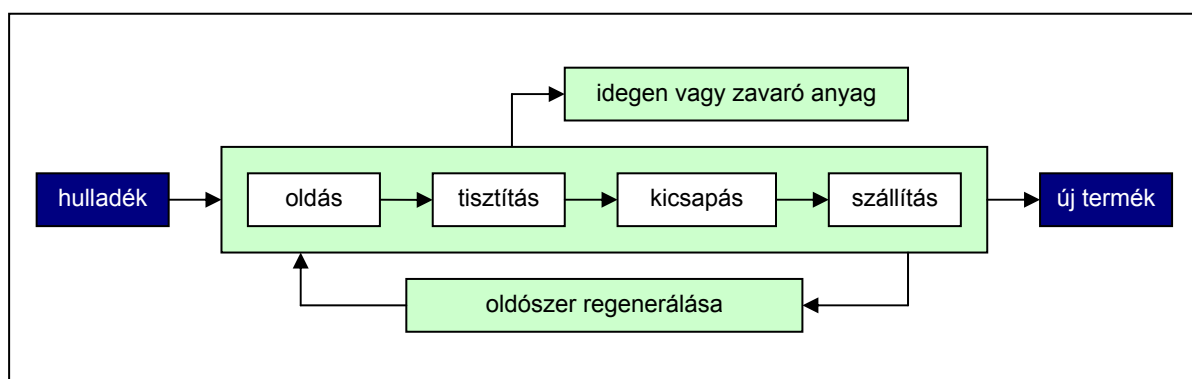
Társított anyagok visszanyerése és újrafeldolgozása oldószer segítségével

Vannak olyan hőre lágyuló műanyagot tartalmazó gyártmányok, amelyek előállítása során nagy mennyiségű hulladék képződik. Ha ez tiszta és egységes műanyag-hulladék, visszadolgozása nem jelent problémát. Többféle anyagot tartalmazó kompaund újrafeldolgozása jóval bonyolultabb feladat. A hagyományos őrlés és regranulálás a gyakran koptató hatású alkotók miatt nem járható út. Az ömledékszűrés nem eredményez kellően tiszta anyagot.

A **Fraunhofer Intézet** Eljárástechnikai és Csomagolási részlege (**IVV, Verfahrenstechnik und Verpackung**, Freising) már az 1990-es években a **CreaSolv GmbH**-val (Grevenbroich) közösen dolgozta ki a *CreaSolv* eljárást, amely összetett anyagokat szelektív oldással képes szétválasztani, és amely hőre lágyuló műanyag-kompozitok alkotóinak elkülönítésére is képes, amelyek mindegyike egyenértékű a friss anyaggal és ismét felhasználható az eredeti célra. Ennek az eljárásnak különleges változata a *Vinyloop-eljárás*, amelyet kiselejtezett PVC kábelek PVC-tartalmának visszanyerésére alkalmaznak a **Solvay Plastics** cégnél. A Fraunhofer Intézetben a galvanizált műanyagok újrafeldolgozására is kifejlesztettek egy eljárást, amelyben extrudálás közben a fémet az oldószerrel duzzasztott ömledékből ömledékszűrővel választják ki. A továbbiakban két példát mutatunk be az oldószeres reciklálásra.

A PA 612 és a koptatóanyag visszanyerése műszaki kefék gyártásakor

A **Hohl Filament GmbH** (Munderkingen) poliamid 612-ből gyárt műszálat, amelyre koptató hatású szemcséket (szilícium-karbidot, gyémántot, kerámiát) visz fel. Ezekből a szálaból műszaki keféket gyárt. Éves termelése 800 t ilyen szál, ebből 160 t a hulladék, amelynek 81,3%-a PA, 18%-a SiC, 0,2%-a gyémánt, 0,5%-a kerámia. Ennek a hulladéknak az értéke megközelíti az 1 millió EUR-t. A *CreaSolv* eljárással vissza lehet nyerni a koptatóanyagot és a nagy értékű PA 612-t is. Az eljárás vázlatát az 1. ábrán látható.



1. ábra A *CreaSolv* eljárás vázlatát. Ezzel az eljárással szelektíven elkülöníthető a műanyagfrakció a kompozitból

Összeállítottak egy olyan környezetkímélő oldószerkeveréket, amely 10 perc alatt képes a PA 612-ből 20%-os polimeroldatot készíteni. A PA 612 oldódása után a viszkózus oldat szuszpenziót képez a szabaddá vált koptatószemcsékkel. A koptatószálon található koptatóanyag szemcséinek 98%-a átlagosan 10 µm-nél nagyobb, ezért elválasztásukhoz ezt mint minimális méretet vették figyelembe. Az elválasztást kipróbálták ülepitéssel és szakaszos gyertyaszűrővel. Mindkét eljárással jó eredményt kaptak. A polimeroldat további tisztításához nem alkalmaztak kicsapást, erre a továbbiak miatt műszakilag nincs szükség, és ezáltal energiát lehet megtakarítani.

A poliamidoldat besűrítését és beszárítását, ill. az oldószer visszanyerését három fokozatban végzik, eközben felhasználják az oldat látens hőenergiáját és az oldószer nagyobb részét leválasztják. A megszáritott poliamidport granulálják, majd felhasználják újabb szálak gyártásához.

A próbák jó eredményei alapján a Hahn cég megkezdte a *CreaSolv* eljárás átültetését ipari méretekbe és megtervezte az első ipari referenciaberendezést. Ennek üzembe helyezése 2013 első felében várható. Mivel 1 kg koptatószál anyagainak visszanyeréséhez az új anyagok előállításakor felhasznált energiának csak 5%-ára van szükség, a gazdasági haszon mellett az energiahatékonyság 20-szorosára nő. Ennek következtében az éves hulladékmennyiséget figyelembe véve az üzem széndioxid-kibocsátása 900 tonna/évvel lesz kevesebb. Ha sikerülne az elhasznált keféket visszagyűjteni és azok sörtéit is feldolgozni, a CO₂-emisszió csökkenése elérné a 3600 t/év-et.

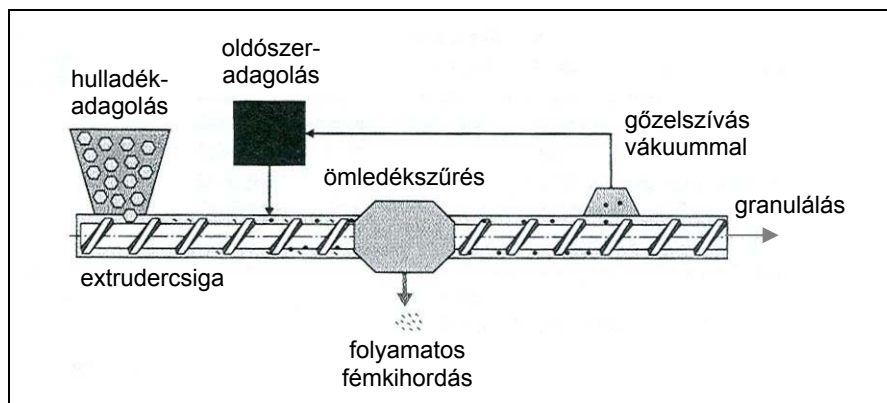
Galvanizált ABS visszanyerése oldószeres technikával

A galvanizált műanyagtermékekből a műanyag *CreaSolv* eljárással jó hatásfokkal nyerhető vissza, de az ehhez szükséges berendezés beruházási és üzemeltetési költségei viszonylag nagyok. A Fraunhofer Intézet a **Kunststoff-Compoundeur Sysplast GmbH & Co. KG**-vel (Nürnberg) közösen kisebb beruházással járó eljárást fejlesztett ki. Ennek lényege, hogy a galvanizált hulladékot plasztikálás közben viszonylag kis mennyiségű oldószerrel duzzasztják, majd az ömledékből kiszűrve, granulálva, a műanyagot extrudálják vagy fröccsöntik.

Az eljárást a **Wafa Kunststofftechnik GmbH** (Augsburg) kívánja alkalmazni, amely évente 2500 tonna krómozott műanyag alkatrészt gyárt a autóiparnak, és eközben 250 t galvanizált hulladék képződik. Termékeiben 80% az ABS (PC+ABS keverék), 12% a réz, 8% a nikkel és 0,4% a króm. Az éves hulladéknak csak a műanyagtartalma 210 ezer EUR-t ér. Az anyagok visszanyerésével a Wafa cég évente 400 ezer EUR értékű alapanyag megvásárlását takaríthatja meg, emellett 3000 t-val csökken a szén-dioxid-emisszió, amelybe a szállítás emisszióját nem is számították be.

A megőrölt galvanizált hulladékot extruderben megömlesztik, majd az ömledékhez speciális oldószert vagy lágyítót adagolnak, hogy a polimer duzzadása révén csökkentsék a viszkozitást. Az ömledéket ezután áthajtják az **Ettlinger Kunststoffmaschinen GmbH** (Königsbrunn) folyamatosan működő ömledékszűrőjén. A duzzasztott ömledék csekély nyomást fejt ki a szűrőnél, ezért kicsi az energiafelhasználás, az anyag igénybevétele és a szűrőteljesítmény is nagyon jó. A csekély nyíróterhelés miatt a galvánréteg nem aprózódik tovább. A szűrő után az oldószergő-

zöket vákuummal szívják el, a műanyagömléket pedig granulálják. A szűrőből folyamatosan kihordott fémet a galvanizáláshoz ismét felhasználják. Az eljárás vázlata a 2. ábrán látható.



2. ábra Az oldószerrel duzzasztott galvanizált hulladék műanyagtartalmának visszanyerése ömlékszűréssel

A visszanyert műanyagban röntgenfluoreszcenciás módszerrel vizsgálják az esetleges fémmaradványokat, gázkromatográffal pedig az oldószertartalmat. Méri a visszanyert polimer folyási indexét, golyóbenyomódási (Erichson) keménységét, Charpy-féle ütésállóságát. Ha ezek a vizsgálatok igazolják, hogy a fémet a kívánt mértékben ki lehet vonni a műanyagból, és ennek minősége megfelel az újrafeldolgozás követelményeinek, a Wafa cég egy évi 500 t kapacitású berendezést szándékozik felállítani üzemében. Ebben az esetben más fémtartalmú műanyag hulladék visszaforgatásával is megpróbálkoznak. Ilyenek lehetnek a polikarbonát alapú CD-k és DVD-k, az autóbontók zúzógépeinek nagy műanyag tartalmú ún. könnyű frakciója, a műanyag/fém kompozitok, az italok csomagolására alkalmazott alumínium/polietilén kompozitok.

Mindkét bemutatott oldószeres visszaforgatási eljárás költségei már közepes hulladékmennyiség esetében is jóval kisebbek, mint a visszanyert anyaggal azonos mennyiségű friss anyag ára. Ezek az eljárások a közepes méretű műanyagüzemek számára további lehetőségeket adhatnak a hulladék visszaforgatására, ennek révén a környezet kisebb mértékű terhelésére.

Összeállította: Pál Károlyné

Industry coalition takes on medical plastics recycling = *Plastics Today*, 2011. ápr. 11. www.PlasticsToday.com

Smock, D.: New recycling test focuses on Stanford Medical Center = *Plastics Today*, 2012. aug. 17. www.PlasticsToday.com

Recycled aircraft carbon fiber flows through to kayak paddle = *Plastics Today*, 2012. aug. 20. www.PlasticsToday.com

BMW, Boeing to collaborate on carbon fiber recycling = *Plastics Today*, 2012. dec. 19. www.PlasticsToday.com

Menz, V.; Lefèvre, J.; Schlummer, M.: Werte wiedergewinnen = *Kunststoffe*, 102. k. 7. sz. 2012. p. 72–75.