

Hulladékkal erősített műanyagok az autóipar számára

A világ különböző térségeiben nagy mennyiségben képződik olyan rostos mezőgazdasági vagy másfajta hulladék, amelyet elégetnek vagy hulladéklerakókban helyeznek el. Ezek egy része töltő- és erősítőanyagként műanyagokban is felhasználható volna. Az autógyártás szívesen alkalmazna ilyen – akár visszanyert műanyagokból – gyártott elemeket, mert olcsóbbak, csökkentik a gépkocsi tömegét, a bennük megkötött szén-dioxid nem kerül vissza a levegőbe, a hulladék nem szennyezi a környezetet, a vele kapcsolatos teendők pedig munkahelyeket teremthetnek a fejlődő országokban.

Tárgyszavak: hulladékhasznosítás; körkörös gazdaság; autógyártás; műanyagok újrafeldolgozása; növényi hulladék; egyéb hulladék.

Műanyagok erősítésére több évtized óta használnak növényi rostokat: gyapotot, kendert, lent, kenafot (magyar neve rostmályva vagy gombóckender, latin neve *Hibiscus cannabicus*), szizált (szizálagáve, latin neve *Agave sisalana*) önmagában vagy egymással kombinálva. Ezekből a műanyagokból gépkocsik belső felületéhez fedőburkolatokat fröccsöntenek vagy pótkerékfedőket sajtolnak, de a csomagolóipar számára tálcákat is gyártanak. Az ilyen termékeknek előnye, hogy könnyűek, olcsók, mechanikai tulajdonságaik kielégítőek; a gépkocsikban pedig csökkentik a zajt és energiát nyelnek el. Emellett újrafeldolgozásuk is egyszerűbb, mint a sokkal törékenyebb mesterséges szálakat tartalmazó, pl. az üveg- és szénszálas műanyagoké. A növényi szálaknál azonban figyelembe kell venni, hogy tulajdonságaikat befolyásolhatja a betakarítás évszaka és a termelés földrajzi helye, minőségük pedig évről-évre változó lehet. Ezért célszerű a szálakat meghatározott, lehetőleg helyi partnertől megvásárolni, és erősítőanyagként többféle növényi szál vagy növényi és mesterséges szálak keverékét alkalmazni. Kiderült az is, hogy szerves (,ásványi”) anyagokhoz nem csak bányászattal lehet hozzájutni: ilyeneket vulkáni kőzetek őrlésével vagy kagylóhéjakból is elő lehet állítani.

Kókuszdióból kinyert erősítőanyagok

Egy idő óta az olyan, eddig semmire se jó, szemétnak tekintett, növényi eredetű erősítőanyagok iránt is felébredt az érdeklődés, mint amilyenek a kókuszdióból nyerhetők ki. Ebből a gyümölcsből kétféle erősítőanyagot is lehet készíteni, *kókuszrostot a kókuszháncsból és talkumot helyettesítő őrleményt a kókuszdió héjából*. A kókuszdiót a Ráktérítő és a Baktérítő közé eső trópusi országokban mindenütt nagy mennyiségben termelik. A kókuszháncs és a dió héja emberi táplálékként, állati takarmányként és alomként sem hasznosítható. Ezek az anyagok nehezen égnek, nagyon lassan komposztálódnak, ezért többnyire óriási szeméthegek formájában halmozódnak fel a kókuszdiót forgalmazásra előkészítő helyeken. Az éretlen kókuszdión a háncs fehér, az érett dión barna színű. A fehér háncsot cellulóz alkotja, az elemi

szálak üregesek, hosszuk kb. 1 mm, átmérőjük 10–20 μm . A lefejthető szálak hossza 10–30 cm. Az érési folyamat alatt a kókuszszálakon ligninréteg képződik, ezért az ilyen barna háncsban csökken a cellulóz és növekszik a lignin mennyisége. A belőle kinyert szálak vastagabbak, erősebbek, kopásállóbbak a fehér háncs szálainál, lignintartalmuk pedig nehezen éghetővé teszi őket. Mivel hosszabbak, mint a legtöbb növényi és mesterséges szál, azoknál hajlékonyabbak, de vastagságuk miatt erősebbek, merevebbek a len- és gyapotszálaknál. További előnyük, hogy nedves környezetben kevésbé duzzadnak, mikroorganizmusoknak jól ellenállnak, ami által mérsékelt szaguk van. Egyetemi vizsgálatok eredményeivel bizonyították, hogy a kókuszdiókból nyert szálak tulajdonságai nagyon kevésbé függenek a dió fajtájától, a termőtalajtól, a vízellátástól és a termelés földrajzi helyétől. A dió héjából kapott örlemény hasonlóan jól alkalmazható töltőanyagként; ennek előnye, hogy könnyebb és kevésbé koptatja a fröccsszerszámot, mint az ásványi töltőanyag.

A Ford Motor Co. (Dearborn, Mich. USA) elszánt támogatója a növényi eredetű töltőanyagokat tartalmazó műanyagok alkalmazásának. Az autógyár egy texasi beszállítójával, az Essentium Materials LLC-vel együtt több évig dolgozott azon, hogy délkelet-ázsiai helyi közösségek bevonásával kiépítsenek egy ellátórendszert, amelynek keretében azok összegyűjtik, szétválogatják, becsomagolják a kókuszdiók háncsát és héját, majd Észak-Amerikába küldik, ahol azt az autóiparban és más iparágakban felhasználják. Az ilyen töltő- és erősítőanyagot tartalmazó első termék 2012-ben jelent meg. Ez egy többrétegű szendvicslemez volt, amelyet a gépkocsi belsejébe épített, csomaggal, áruval terhelhető vízszintes felületként (load floor) vagy az utasok háta mögötti „kalaptartóként” (package shelf) szándékoztak alkalmazni. A Ford legelőször a 2012-ben bemutatott Ford Focus nevű villamos hajtású modelljében az akkumulátorok burkolására használta ezt a lemezt. A terhelésre szánt szendvicslemezek gyártásakor nem alkalmaztak sajtolást, hogy a polipropilén-szálakkal kevert kókuszszálak porozitása megmaradjon. Ezért a lemezek nemcsak merevek és könnyűek, hanem tompítják is a zajt a gépkocsi belsejében.

A kókuszdió megőrölt héját használt autógumik örleményével elegyítve termoplasztikus elasztomerbe (TPE) keverték, és ebből az erősített TPE-ből fröccsöntötték 2013-ban a *Ford F-250 Super Duty* kisteherautó elejére szerelt védőrácstot (1. ábra). Ez valamivel könnyebb, olcsóbb és kevésbé koptatja a szerszámot, mint a korábban ugyanennek az elemnek a gyártásához használt, ásványi anyaggal töltött TPE. A sikeren felbuzdulva 2015-ben a *Ford Mustang* sportkocsi csomagtartó fedelére építettek be egy erősítő elemet, amelyet termoplasztikus poliolefinből (TPO) fröccsöntöttek. Ez kókuszhéjörleményt, akkumulátorházakból visszanyert örleményt és a Milliken & Co. szintetikus magnézium-szilikát szálainak keverékét tartalmazta erősítőanyagként. Ugyanebből az anyagból készült az oldalajtók burkolata is, amelynek alkalmazása csökkentette a gyártott elemek sűrűségét, falvastagságát, ciklusidejét és költségeit is.

Egyéb növényi hulladékok hasznosítása

A Fordnál más növényi hulladékokat is kipróbáltak műanyagok erősítésére. Pl. a *szalmát*, amelyet az állattenyésztésben alomnak használnak, egy részét komposztálják, de így is marad belőle felesleg, amelyet korábban szemétlerakókban helyeztek el. Michigani és kanadai farmerek kezdeményezték a főlös szalma felhasználását erősítőanyagként. A Ford 2010-ben *Ford Flex CUV* (crossover-utility vehicle) modelljében alkalmazott először szalmával erősített PP-ből fröccsöntött elemet (quarter-trim bins). A CUV olyan gépkocsitípus, amelyben a kényelmes személygépkocsi és a városi terepjáró előnyeit egyesítették.



1. ábra. A Ford *F-250 Super Duty* kisteherautója az elejére szerelt, kókuszörleménnyel erősített védőrácscsal



2. ábra. A Ford *F-sorozatú* kisteherautóiba rizshéjat tartalmazó PP-ből fröccsöntött elektromos konzolok burkolata

Egy másik növényi hulladék, a *rizshéj* is felkeltette az autógyári fejlesztők érdeklődését. Ez is olyan anyag, amelynek tulajdonságai kevésbé függenek a termelés helyétől, az aratás évszakától (a gyorsan növény rizs évente többször aratható), ezért bármikor könnyen beszerezhető. Rizshéjjal erősített PP-ből a Ford 2014-ben *F-típusú* kisteherautóiba elektromos konzolok burkolatait fröccsöntötte (2. ábra). A fröccsanyag 25% lakossági hulladékból visszanyert PP reciklátumot is tartalmazott. A feldolgozáshoz a korábban talkummal töltött PP-hez gyártott szerszámokat használták.

A fafeldolgozás mellékterméke a *cellulózszál*. A papírfelhasználás tudatos csökkentése miatt a papírgyártók egyre kevesebb papírpépet igényelnek, ezért az értékes cellulózszálaknak újabb piacokat keresnek. A Ford 2013-as *Lincoln MKX* luxus autóiban egy korábban üvegszálal PP-ből fröccsöntött konzolkarfa anyagát cellulózzal erősített PP-vel helyettesítette (3. ábra). A csere nem érintette a gyártási költségeket, a karfa azonban 6%-kal könnyebb lett, a CO₂-emisszió 11%-kal csökkent és a gépkocsik élettartamuk alatt kb. 9500 literrel kevesebb üzemanyagot fognak felhasználni.

Az autógyártó további terveiben szerepel a paradicsomhéj, a pitypang, az algák, az agave, sőt az elhasználandó pénzből visszanyert pamutszálak kipróbálása is.



3. ábra. A Ford *Lincoln MKX* központi konzuljára helyezett, cellulózszálal PP-ből fröccsöntött karfa



4. ábra. A Hyundai *Azera* gépkocsi elegáns parafaburkolata a műszerfalon

A *parafa ugyan nem hulladék*, de a dél-koreai Hyundai Motor Group 2017-ben ennek az anyagnak a felhasználásával keltette fel a figyelmet Hyundai *Azera* márkanévű közepes méretű hibrid villamos hajtású, sedan típusú gépkocsija iránt. A luxuskocsikban korábban alkalmazott bőr helyett a kipárolgás csökkentése miatt az autógyárak a belső felületeken gyakran faborítást használnak. A Hyundai is többreteges keményfa furnírlémezzel díszítette a műszerfalat. Ennek a lemeznek a gyártása a fa őrlésétől a feldolgozáson, ragasztáson, lamináláson át a bépítéséig 20 munkaműveletet igényelt. 2017 óta helyette parafafóliával növelik a gépkocsi eleganciáját, amelyet inzerit fröccsöntéssel építenek be a műszerfalba (4. ábra). A cég szerint a parafa felhasználása többféle előnnyel jár. Az új műszerfal ettől könnyebbé és olcsóbbá vált. A parafa alkalmazása nem jár együtt a fa kivágásával, mert a belső parafahéj egy részének lehántolása után a fa életben marad, és kb. 10 év alatt kérge is regenerálódik, tehát megújuló forrásnak tekinthető. Mivel a kéreg csak kézi munkával fejthető le, betakarításakor nincs szükség füstgázokat kibocsátó gépekre. A parafa méhsejtszerű szerkezete mindezek mellett rugalmassá, hő- és hangszigetelővé teszi a burkolatot.

Ásványi töltőanyagok bányászat nélkül

Az ásványi anyagokat erősítő és színező adalékként kezdetük óta alkalmazzák a műanyagokban. A hőre lágyuló keverékekben főleg *talkumot* (amely egy szilikátfajta), a hőre keményedő sajtolómasszákból főleg *kalcium-karbonátot*. A *titán-dioxid* a polimerek és festékek fehér színezéke; a csillám fémes csillogást ad a felületeknek. Ezek mind a bányászat termékei.

A Hyundai cég felfedezett egy bányák nélkül is hozzáférhető töltőanyagot, a *vulkáni kőzetet*, amelyet őrlés után PET [poli(etilén-tereftalát)] szálkötegekkel és üveg mikrogöngyökkel elegyít és polipropilénbe keverve 2011 óta támasztó/merevítő elemeket fröccsönt belőle a Kia *Pride*, *Optima* és a Hyundai *Elantra* márkájú autói számára. A kőzetek színe a fekete, barna és piros között váltakozik, ezért adott esetben még színezéket is meg lehet takarítani. A korábban talkummal töltött elemek tömege 10%-kal, közvetlen gyártási költségük 50%-kal csökkent. Az új töltőanyag alkalmazása révén nemcsak a bányászat környezetkárosító hatását küszöbölték ki, hanem a színezék gyártása és alkalmazása révén a gyártmányok ökológiai lábnyoma is mérséklődött. A feldolgozáshoz a korábbi szerszámokat használták, de a gyártási folyamatokat szorosabban kell ellenőrizni, pl. azt, hogy a PET kötegek egyenletesen oszlanak-e el az ömledékben, vagy nem törnek-e össze a mikrogömbök.

A *Ford a homárok, rákok, csigák kagylóhéjaival kísérletezik*. Ezek a héjak zömében kalcium-karbonátból épülnek fel, emellett kitint (N-acetál-glukózamin) is tartalmaznak. A kagylóhéjak anyaga nagyon könnyű, erős hidrogénkötései és kristályos nanoszálai (whisker) nagyon szilárdá, szívóssá és baktériumállóvá teszik ezt a töltőanyagot.

Egyéb hasznosítható hulladékok

A Ford hét évvel ezelőtt nagyon ambiciózus célt tűzött ki: *a lágy poliuretánhab gyártásához CO₂-t akar felhasználni*. Jelenleg ott tart, hogy *vannak habjai, amelyek poliolkomponse 50%-ban szén-dioxidból készült*.

2010-ben a Mexikói-öbölben egy mélytengeri olajkutató állomás felrobbant, leégett és öt hónapig akadálytalanul folyt a nyersolaj a vízbe. Az USA ún. öbölmenti országainak partjait az olaj tökéletesen elszennyezte, majd megtisztításuk is sokféle hulladékot hagyott ott. Ezt a hulladékot újabban több autógyártó próbálja újra hasznosítani. A General Motors (Detroit)

Chevrolet Bolt márkájú elektromos hajtású gépkocsijába légtelítő elemeket gyártott, amelyek anyaga 100%-ban az öbölmenti partokon olajmentesítéshez használt hulladékból: polipropilénből (PP), polietilénből (PE), sztírol-butadién gumiból (SBR), továbbá autógumik őrlémenyéből, a GM-nél felhasznált csomagolóanyagokból és a lakossági hulladékból kiválogatott PE palackokból származott. Szándékai szerint így kifejezte azt a törekvését, hogy hozzájárul a partok megtisztításához, a helyi települések jólétéhez és az anyagok körforgásához.

Ezek a példák is azt bizonyítják, hogy az autóipar erősen érdeklődik az erősítőanyagok, töltőanyagok, polimerek szokatlan forrásai iránt, amelyek ismételt felhasználása csökkentheti termékei tömegét, árát, ciklusidejét, emellett megmentheti a korábban szemétnek tartott értékes alapanyagokat és új életet adhat nekik akár a legelegánsabb gépkocsiban is.

Összeállította: Pál Károlyné

Malnati, P.: Recycled waste products get new life as lightweight, cost-effective auto parts = *Plastics Engineering*, 74. k. 6. sz. 2018. p. 18–25.

Coxworth, B.: Lincoln to use wood-based fiberglass substitute in new MKX = *New Atlas*, <https://newatlas.com/lincoln-mkx-cellulose-reinforced-polypropylene/30207/>

Hyatt, K.: Luxury cars should ditch wood veneers for cork, and here's why = *Road/Show* by CNET, 2019. aug. 14. <https://www.cnet.com/roadshow/news/luxury-car-interiors-wood-veneer-cork-eco-friendly/>