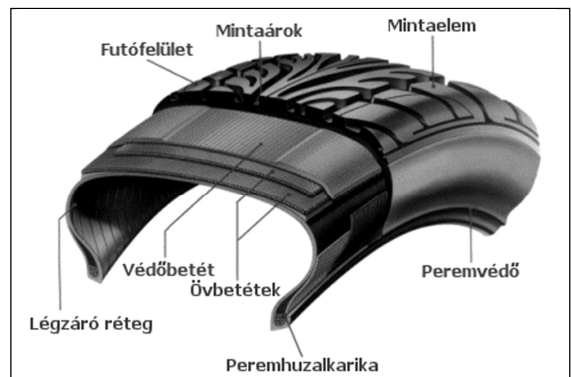


KÁROLY GYULA – LENGYEL ATTILA – GYERÁK TAMÁS – SZABÓ ZOLTÁN

A gumiabroncsok újrahasznosítása során elkülöníthető cordacélhuzal-hulladékok kohászati hasznosíthatósága

A termékdíj bevezetésével a hulladékok újrahasznosítása hazánkban is felgyorsult aktuális feladat. A gumiabroncsok újrahasznosítása során hazánkban évente képződő mintegy 5 000 tonnányi cordhuzal-hulladék hasznosítása azonban máig megoldatlan. Jelen cikkben röviden összefoglaljuk e téren az Ózdi Acélművek Kft.-ben ill. a Dunaferr Zrt.-ben végzett kísérleteink eredményeit, melyek alapján látunk esélyt arra, hogy adott újrahasznosítási technológia mellett a cordhuzal-hulladékok költségtakarékos betétanyagként a jövőben hasznosíthatók acélgyártásunkban.



1. ábra. A járművek gumiabroncsának szerkezete [2]

Bevezetés

Világszerte gond a használt gumiabroncsok újrahasznosítása. A termékdíj bevezetése arra ösztönzi az újrahasznosítással foglalkozó szakembereket, hogy a gumiabroncsok pirolízissel történő ártalmatlanítása helyett egyre inkább abba az irányba menjenek el [1], hogy a használt gumiabroncsok alkotó elemeit (1. ábra) anyagában hasznosítsák: a burkolatokat adó, többnyire vegyi adalékanyagokkal gyártott gumit, a szilárdságot biztosító acélhuzalt, s a vázba beépített textilanyagokat.

Gumiabroncs hasznosító technológiák

Dr. Károly Gyula szakmai életrajzát 2011/5. számunkban közzéltük.

Dr. Lengyel Attila 1969-ben szerzett vas- és fémkohómérnöki oklevelet a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán. 1975-ig a Csepeli Fémmű kutatója volt, 1975–1988 között a Fémkohászattani Tanszéken dolgozott különböző kutatói beosztásban. 1988-ban kandidátusi címet szerzett. 1988-tól a Kémiai Intézet docense, 2008-tól nyug-

Napjainkban a gumiabroncsok hasznosítására az alábbi technológiák használatosak (1, 3–8):

- együttes égetés klinkerégető kemencékben
- szedrezés, őrlés atmoszférikus nyomáson és hőmérsékleten, atmoszférikus nyomáson folyékony nitrogénnel hűtve (kriogén technika), ultrahangos aprítás
- pirolízis
- nagynyomású vízszugaras lefejtés
- gumibitumen előállítás

A felsoroltak közül az első két megoldás a leginkább elterjedt a világban. A klinkerégető kemencéket, mint hatékony energiahasznosító berendezéseket az USA-ban előszeretettel használják a gumihulla-

dék hasznosítására, Európában azonban egyre inkább terjed az anyagában történő hasznosítás. Mind a kriogén, mind az ultrahangos technika drága, leginkább atmoszférikus nyomáson és környezeti hőmérsékleten aprítják és őrlik a gumiabroncsot.

Figyelemre méltó technikai megoldásában a nagynyomású vízszugaras leválasztás, már csak azért is, mert hazai szellemi termék [7]. A leválasztott por morfológiája miatt műanyag adalékként használható, sőt a pár μm -es szemnagyságú frakció a gumiabroncsgyártásba is visszajáratható (vulkanizálható).

A pirolízis inkább tekinthető a gumiabroncsra is kiterjesztett adaptált

dijazásáig (2011) az intézet igazgatója, 2001–2008-ban a Mechatronikai és Anyagtudományi Kooperációs Kutatási Központ igazgatója volt. Szakmai/kutatói területe: ipari (veszélyes) hulladékok hasznosítása.

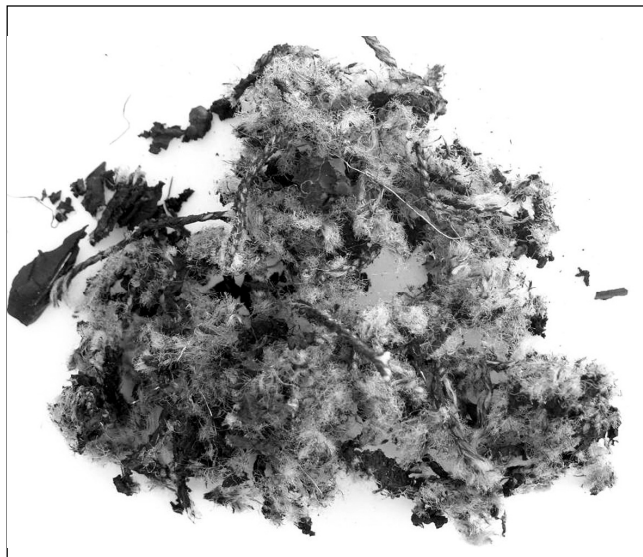
Gyerák Tamás 1979-ben Miskolcon a Nehézipari Műszaki Egyetemen szerzett kohómérnöki oklevelet a metallurgus szak vas- és fémkohász ágazatán. A Dunai Vasműben dolgozik, 2007-től az ISD Du-

nafer Zrt.-ben – gyárvezető titulussal – az Acélmű vezetője.

Szabó Zoltán a Dunaujvárosi Főiskolán szerzett metallurgus kohómérnöki diplomát, majd egy fél éves mérnöktovábbképző tanfolyamon vett részt a Freibergi Akadémián. 1985-től a diósgyőri kohászatban dolgozott különböző beosztásban, végül 2000-ben üzemvezetőként ment át az ÓAM-ba, ahol ma az acélmű vezetője.



■ **2. ábra.** Szedderezett cordhuzal-hulladék a hulladéktárolóból kiemelve



■ **3. ábra.** Szedderezett cordhuzal-hulladék nemfémes része (gumi + textil)

ciónak, mint gazdaságosan működtethető technológiának [8].

A gumibitumen vélhetőleg fényes karrier előtt áll. A nagyterhelésű utakon végzett kísérletek szerint nyomvályúsodás-mentesen legalább kétszeres élettartam érhető el, miközben a járművek fékútjai is csökkennek [6].

Hazánkban napjainkban útjainkon mintegy 3–3,5 millió hazai gépjármű közlekedik. Ha a broncsaik harmadanegyede évente cserére szorul, az újrahasznosítandó gumiabroncs mennyisége az évenkénti 40-50 kt-t is eléri, melynek mintegy 12-15%-a acél, tehát összességében 5-6 ezer tonna cordhuzal-hulladék újrahasznosíthatósága a feladat.

A hazánkban környezeti hőmérsékleten működő gumi-szedderező üzemekből (Újszilvás, Pécs, Tamási) kikerülő cordhuzal-hulladékok jelen állapotukban alkalmatlanok vaskohászati felhasználásra. Alkalmatlanok, mert a cordacélok Fe-tartalma ugyan 97-98%, vagyis ötvözetlen C-acélnak minősülnek (0,7-1,1%-nyi C-tartalom mellett 0,2-0,5%-nyi Mn-t tartalmaznak csupán, szennyezőelem-tartalmuk elenyésző, ill. acélgártás során kezelhető), viszont a gumiőrlés során a cordhuzalokra tapadó nemfémes (gumi és textil) anyagok maradványa jelentős [3]. Mivel a gumimaradvány károsan befolyásolhatja a füstgázsűrítők működését, ha a rajtuk maradó C-maradék meghaladja a 4-5%-ot; laza hulladékként várhatólag tonnánként csak 50–80 USD áron adha-

tók el acélműveinknek, ha egyáltalán átveszik. Ez olyan eszmei ár, ami nem teszi lehetővé további költséges tisztító műveletek alkalmazását, kellő színvonalú bálázást, költséges szállítást. (Megjegyzendő, hogy a termékár jelenleg 52 Ft/kg gumiabroncs [9]).

Üzemi kísérletsorozat alapján Ózdon és Dunaújvárosban felmértük, hogyan lehet hazánkban a felhasználhatóságot egyáltalán biztosítani, a kereskedők és a felhasználók egyidejű érdekeltségét szem előtt tartva.

A cordhuzal-hulladékok vizsgálata

A gumiabroncsoknál használatos cordhuzal-hulladékok viszonylag egyszerű acélösszetétellel, de változó nemfémes (textil + gumi) tartalommal bírnak. Nyilván ez azzal függ össze, hogy az újrahasznosításhoz sokféle típusú és főleg sokféle méretű gumiabroncs kerül, aminek válogatása a nemfémes anyag tartalma szerint lehetetlen feladat. Napjainkban már adott gyártó különböző típusú broncsait is válogatva, külön-külön szedderozik, őrlik és osztályozzák, a speciálisabb tulajdonságok biztosítása céljából.

A gumiőrlés során szedderozéssel összegyűjtött cordhuzal-hulladékokban (2. ábra) a tipikus cordhuzal-fonatok mellett vékonyabb-vastagabb kör-, ill. lapos huzaldarabok találhatók, sok huzaldarab fémes ragyogású, ami a bevonat hatásaként (is)

jelentkezik. A huzaldarabokra tapadva gyakori a gumimaradvány, a textilmaradvány pedig többnyire szétfoszlódva pamacsokként jelenik meg a huzalhulladékok között.

A fémösszetétel meghatározása ilyen mintából nem lehetetlen, de nagy hibával terhelt, hiszen közel sem tekinthető homogénnek. Az MTA Anyag- és Környezetkémiai Intézetben (Bp., Pusztaszeri út 59–67.) a következő átlageredmény adódott:

Fe:	97,80%
C:	0,91%
Mn:	0,59%
Cr:	0,17%
Cu:	0,28%
Zn:	0,17%
egyéb:	0,08%

Az adatok közül kiemelendő a nagy Cu- ill. a Zn-tartalom, aminek oka, hogy a huzalok felületét beépítés előtt bevonatolják.

A hulladéktárolóból kiemelt minta nemfémes anyagtartalmának meghatározása ugyancsak nem könnyű, hiszen a gumi részben a fémes részhez tapadt, részben a textilanyagfoszlányokhoz (2. ábra). A minta egy részének aprólékos megtisztítása adott lehetőséget a nemfémes anyag rész tömegarányának közelítőleges meghatározásához, mely szerint a nemfémes anyag rész tömegaránya (mennyisége) 8–12%-nyi.

A 3. ábra mutatja a fémes hulladékokból kiemelt nemfémes anyag részét. Becsléssel megállapítható, hogy a gumi és a textil tömegaránya hason-

ló, azaz 5-8%-nyi a cordhuzal-hulladékokban. (Meg kell jegyezni, hogy sok-sok mintánál ezt a vizsgálatot elvégezve adódik, hogy a gumimaradvány inkább a felső határértéken van, a textilmaradvány mennyisége pedig többnyire az alsó értéken). És a probléma ebből is adódik!

Az 5-8%-nyi gumimaradvány mellett a cordhuzal-hulladék kohászati hasznosítása kockázatos, főleg azért, mert a kereskedők, akik ilyen betétanyagot kínálnak az üzemek számára, közel sem tudják a reprodukálhatóságot biztosítani, ami pedig az acélműi technológia kialakításának elengedhetetlen feltétele! Ezért a hasznosíthatóság vizsgálatának kezdetekor a gumimaradvány csökkentését tűztük ki célul. Ez valamilyen tisztítóberendezéssel, vagy annak hiányában ismételt (azaz kétszeres) szredderezéssel biztosítható.

Kétszeresen szredderezett cordhuzal-hulladékok viselkedése elektroacél-gyártás során

A kétszeres szredderezéstől azt vártuk, hogy a megismételt szredderezés letördeli a huzalokhoz tapadt gumimaradványok egy részét, így a gumimaradvány mennyisége csökkenthető. Ennek ellenére a kétszeresen szredderezett cordhuzal-hulladékok (4. ábra) a 2. ábrához hasonlóan néznek ki.

A minta egy részének aprólékos válogatásával jól szétválasztható a fém (5. ábra) és nemfém (6. ábra) rész.



■ 4. ábra. Kétszeresen szredderezett cordhuzal-hulladékok

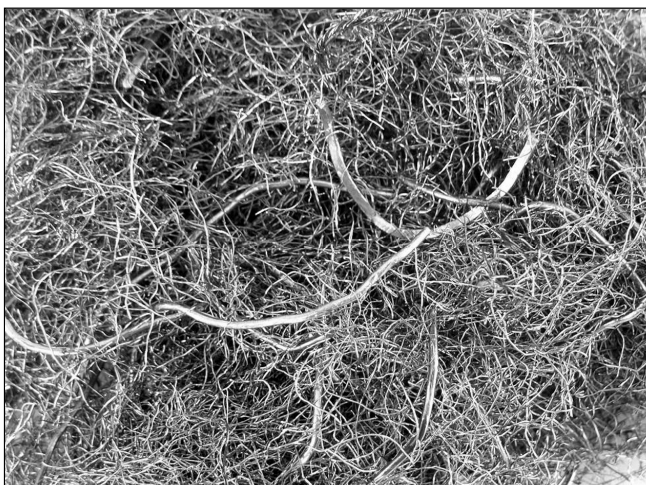
A fém rész rendkívül tiszta, összetételében az egyszer szredderezett cordhuzal-hulladékokhoz képest érdemi és jellegszerű eltérés nincs, nem mutatható ki. Az viszont megfigyelhető, hogy az acélhuzalra tapadt gumi mennyisége lényegesen csökkent (a megismételt szredderezés során letöredező gumidarabok leperregnek, eltávolíthatók a szredderezőgépnél). Viszont az 5. ábra szerint a kétszeres szredderezés sem távolította el teljesen a textilmaradványokat és a gumit, így a kétszer szredderezett cordhuzal-hulladékoknál összességében a gumitartalom ugyan 1,5-3% alá csökkenthető, de teljesen el nem távolítható, a textilmaradvány mennyisége pedig változatlanul magas, 2-8% közötti.

Ózdra 19,7 tonna kétszeresen szredderezett cordhuzal-hulladék jutott

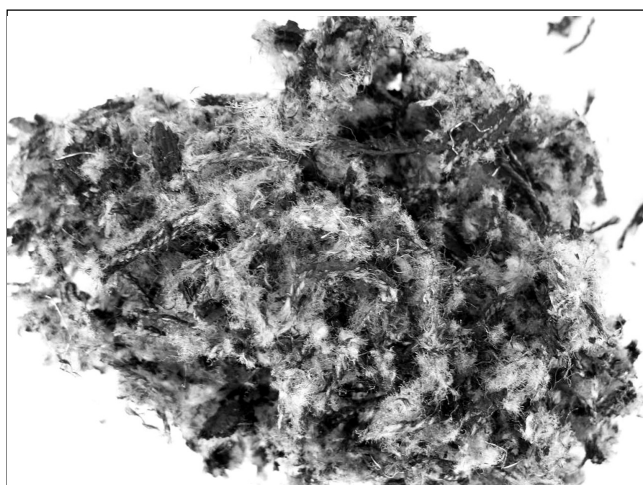
el, szemrevételezés alapján nedvesgéttartalom mentesen, 1,5-3%-nyi gumimaradvánnyal, s 2-3%-nyi textilmaradvánnyal.

2012. február 24-én éjszaka egy adagban felhasználtak az MGU Gumihasznosító Kft.-től próbaszállítmányként beérkezett mintegy 20 tonnányi cordhuzal-hulladékot. A felhasználás az acélmű vezetője szerint [10] problémamentes volt, csupán 20-30 °C-os füstgázhőmérséklet-emelkedés volt észlelhető a huzalon lévő 1-2%-nyi gumimaradvány hatására, egyébként minden tekintetben lehetségesnek látszik a próbaolvasztás alapján az ilyen tisztaságú cordhuzal-hulladék felhasználása.

Kétszeresen szredderezett cordhuzal-hulladékok viselkedése konverteracél-gyártás során



■ 5. ábra. Kétszeresen szredderezett cordhuzal-hulladékok fém része



■ 6. ábra. Kétszeresen szredderezett cordhuzal-hulladékok nemfém része



■ 7. ábra. Cordhuzal-hulladékok pakettálása (oldalnézet)



■ 8. ábra. Cordhuzal-hulladékok pakettálása (felülnézet)

2012. április 4-én 17,3 t kétszeresen szedredezett cordhuzal-hulladékot a Dunaferre is eljuttattunk, s ott a konverterben felhasználták. Az eredmények [11] pozitívek; bár az analízis csak tájékoztató jellegű volt, de egyértelműen arra utalt, hogy a gumi + textilmaradvány 3-5% közötti lehetett. Az viszont megnyugtató, hogy olvasztás során a szokásoshoz képest semmi rendkívüli nem volt tapasztalható, s a gyártott acélok összetételére sem mutatott semmiféle kedvezőtlen hatást a felhasznált cordhuzal-hulladék.

Tehát a konverteres acélgyártás során is jól hasznosítható a cordhuzal-hulladék, valószínűleg itt kisebb arányú betétként semmilyen negatív hatás nem jelentkezhet. Elvben adott a lehetőség a térfogatsúly növelésére brikettálással, erre végeztünk is próbabrikettálásokat (a térfogatsúly kb. ötszörösére növelhető, 7–8. ábra). Viszont a brikettálással csökken a lehetősége a szennyezettség ellenőrzésének, s mivel a dunaújvárosi kísérleteknél igazolódott, hogy ezen cordhuzal-hulladékok berakása egyszerű, gyors, nincs szükség a költségeket növelő brikettálásra. Mindkét üzemünkben belátták, hogy a cordhuzal-hulladékok ugyan lazák (térfogatsúlyuk ~ 0,4-0,7 t/m³), ez brikettálással 2,2-3,2 t/m³-re növelhető, viszont e laza hulladékok – ha a tárolás során nem gabalyodtak össze – jól adagolhatóak, s összetételük egyértelműen jól ellenőrizhető. A brikettálástól ezért nem várható olyan felhasználásbeli előny, ami a költségeket ellensúlyozná, viszont kizárható minden összetételbeli meglepetés.

Összefoglalás:

- Gyakran hirdetjük büszkén, hogy a vaskohászat minden vastartalmú hulladéka hasznosítható, a cordhuzal-hulladékok ennek ellenére máig nem kívánatos betétanyagok kohászati üzemeinkben, mert eredeti állapotukban adagolhatóságuk kedvezőtlen, összetételük ellenőrizhetetlen, a reájuk tapadt gumimaradvány a porszűrők károsodását okozhatja.
- Igazoltuk, hogy a gumiőrlés során kellő figyelemmel a cordhuzal-hulladékok gumí + textilmaradványa 5% alá csökkenthető. Ekkor akár brikettálás nélkül is minden káros hatás nélkül hasznosítható vagy az elektroacélgyártásban, vagy a konverterezésnél a laza hulladékokra kialakult árnál is kedvezőbb árszínvonalon.

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott tanulmány a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- [1.] G. Ramos, F. J. Alguacil, F. A. López: The recycling of end-of-life tyres. Technological review, Rev.metal, 47.(3), 273–284 (2011)
- [2.] www.tyretrans.hu /Gumi ABC
- [3.] B. Husson-Tissier, P. Russo, B.

Gros, C. Clauzale: A new scrap grade for the steel industry: steel wire recycling from the treatment of end-of-life tires. Revue de Metallurgie 107, 345–351 (2010)

- [4.] Evaluation of Health Effects of Recycled Waste Tires in Playground and Track Products. Contractor's Report to the Integrated Waste Management Board. California Environmental Protection Agency, Publication #622-06-013
- [5.] *Silvestraviciūtė I, Karaliūnaitė I: Comparison of End-of-life Tyre Treatment Technologies: Life Cycle Inventory Analysis.* Environmental research, engineering and management, 2006. No. 1(35). p. 52–60.
- [6.] *Bartha L: Gumibitumenek előállítása és alkalmazása.* Innovációs lehetőségek a Petrol-kémiában. Tiszaújváros (TVK), 2012. 04. 24
- [7.] *Moldovan Gy: An outstanding technology.* EU-Recycling, April 2011. www.eu-recycling.com
- [8.] Hőbontáson alapuló gumi- és műanyag hulladék hasznosítása, hazai fejlesztésű pirolízis üzem bemutatása (Charmol-pirolízis). Magyar Találmányok Napja, Dunaharaszti, 2011. 09. 29.
- [9.] 2011. évi LXXXV. törvény a környezetvédelmi termékdíjról
- [10.] *Szabó Zoltán* acélműi vezető szóbeli értékelése, Ózd, 2012. febr. 27.
- [11.] *Csőregi L.: A Cord-huzalhulladékok hatásainak elemzése.* Dunaferre, 2012. 04. 10