

# Az elhasználdott gépjárművek újrahasznosítási lehetőségei, a keletkező shredderezési könnyűfrakció hasznosítása

Újsághy Zsófia\*. Dr. Lukács Pál\*\*

\*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépjárművek Tanszék, 1111 Budapest  
(email: ujsaghy.zsofia@auto.bme.hu)

\*\*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépjárművek Tanszék, 1111 Budapest  
(email: lukacs.pal@auto.bme.hu)

---

**Abstract:** A közlekedési szektor és a környezetvédelem metszete, kiemelt helyen kezelendő problémaköre a roncsautókból származó hatalmas mennyiségű és tömegű hulladék megfelelő begyűjtése, szállítása, kezelése és feldolgozása, amely egy komplex feldolgozó rendszert kíván. Elsődleges cél, minél nagyobb arányban visszavezetni az alkotóelemeket - akár változatlan formában újra felhasználva azt; akár másodlagos nyersanyag formájában újrahasznosítás révén - a körfolyamatba. A technológiai háttérrel a még tisztább alkotók, anyagfélék még nagyobb arányú visszanyeréséhez és újrahasznosításához, a shredder- és az azt követő szeparátor-technológia fejlesztések biztosítják. Ha az anyagában történő hasznosítás nem lehetséges, akkor kerülnek előtérbe az energetikai hasznosítás technológiái, a főként termikus úton történő bontásával az anyagoknak: azaz a pirolízis és az égetés korszerű technológiái. Mindegyik új technika lényege végső soron változtatni a jelenlegi gyakorlaton, csökkenteni a lerakókba kerülő hulladék mennyiségét.

---

## 1. BEVEZETÉS

A „zöld” illetve fenntartható felszíni közlekedés téma- és problémaköréhez kapcsolódik szervesen az elhasználdott gépjárművek sorsának elrendezése, kezelése, mely legalább olyan fontos területe környezetvédelmi szempontból a közlekedésnek, mint a gépjárművek még életük során keletkező emisszió problémáját kezelni. Évente 8-9 millió tonna hulladék keletkezik az Európai Unióban csak gépjárműroncsokból, Magyarországon pedig évente 100-120 ezer jármű kerül kiselejtezésre, ez közel 100-120 ezer tonna hulladékot jelent. Magyarország Uniós csatlakozása után a roncsautókról szóló irányelv harmonizálása és végrehajtása ránk nézve is kötelező érvényű lett. A legfontosabb célok között szerepelt a lerakókba kerülő, roncsautókból származó hulladékok mennyiségének csökkentése, megfogalmazásra kerültek a roncsautókból származó hulladékok előírt kezelési arányai.

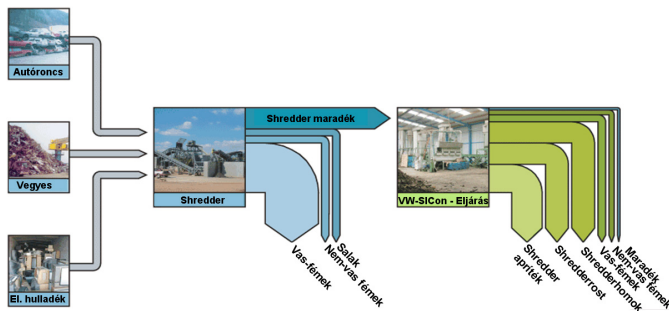
## 2. UNIÓS DIREKTÍVÁK

A gépjárművek újrahasznosításával kapcsolatban megjelent környezetvédelmi jogszabályok, és ezek szigorítása a járművekben található szerves anyagok (műanyag- és gumi alkatrészek) felértékeléséhez vezetnek. Elsődleges szempont a gépkocsik tömegcsökkentése lenne, köszönhetően az emissziós előírásoknak, azonban a közlekedésbiztonsági, újrahasznosítási, illetve a komfortigényeknek megfelelően átlagos súlygyarapodás figyelhető meg az elmúlt néhány évtizedben. A felhasznált anyagokat a tervezési, illetve gazdasági szempontok mellett a környezetvédelmi hatások is befolyásolják. [Lukács P. (2002)]

A gépjárművek újrahasznosítására vonatkozó 2000/53/EC Közösségi Direktíva, más néven az ún. Roncsautó-rendelet, megtiltja bizonyos anyagok járműgyártásban történő alkalmazását, illetve arányokat határoz meg az újrahasznosítás során. Ennek értelmében 2006. január 1.-től a jármű szerkezeti anyagmennyiségét 80%-ban anyagában, míg 5%-ában energetikailag kell hasznosítani, ami 85% hasznosított hányadot tesz ki összesen. Ezt tovább növelve 2015. január 1.-től már összesen 95% hasznosítási mértékkel kötelesek a gyártók számolni, melyből 85% az anyagában, és 10% az energetikailag hasznosuló rész. Más a helyzet az 1980. január 1. előtt gyártott járműveknél. Ott a 70/5% arálynak kell teljesülnie az anyagában és energetikailag történő hasznosítás folyamán. [Stakeholder consultation (2005)]

## 3. A JELENLEGI HELYZET ÉS A NAPJAINKBAN HASZNÁLT TECHNOLÓGIA

A roncsautók feldolgozásának jelenleg a legelterjedtebb módja az ún. shredderezés. A forgókalapácsos aprítóművekben ökolnyi darabokra őrlik a már előbontott, szárazrafektetett autóroncsokat, karosszériadarabokat, majd ezt követi az anyagfajták különböző eljárásokkal eltérő anyagtulajdonságokon (sűrűség, mágneses-, elektromos vezetőképesség) alapuló szeparálása, szétválasztják az egyes anyagfajtákat (1. ábra), és továbbküldik hasznosításra az azzal foglalkozó cégeknek.



1. ábra VW-SiCon eljárás, egy haladó technológia a különböző hulladékfrakciók szétválasztására [en.sicontechnology.com]

A fémtartalmú anyagoktól való elválasztás utáni maradvék az ún. shredderezési könnyűfrakció, melyet műanyag, gumi, üveg és textil alkot vegyesen, ezek adják a közel 18-22% problémás frakciót, melynek túlnyomó része szennyezett, vegyes műanyag- és gumihulladék. A probléma magja, hogy ezek anyagában történő hasznosítása annak ellenére, hogy erre lenne hazai feldolgozó kapacitás, a visszaforgatást elősegítő gazdasági és jogi ösztönzők hiányában, valamint a piac másodlagos nyersanyagokat elutasító álláspontja miatt nem működik.

Legjobb megoldás lenne az alapanyagok ismételt felhasználása (reuse), használat utáni visszaforgatása (recycling), vagy legalább a befektetett energia visszanyerése (recovery), de semmiképp a már meglévő gyakorlat folytatása, vagyis a bezúzási maradvékanyag monodeponiákba, lerakókba kerülése. Mivel ezeknek a lerakóba kerülő anyagoknak igen nagy százaléka műanyag, melynek a fajlagos térfogat/tömeg aránya nagy, lebomlási ideje hosszú, különösen fontos megoldást találni, hogyan lehetne hatékonyan csökkenteni ezek lerakóba kerülő mennyiségét.

Jelenleg a járművek döntő hányadát kitevő (70-75%) fémtartalom a shredderezési folyamat során nehézfракcióként anyagában hasznosul, míg az előzetesen kibontott műanyag és gumi alkatrészek, vagyis az őrlés utáni könnyűfrakciót főképpen alkotó elemek cementművekben történő égetésével az energiahasznosítás 4-5%-ot jelent, mellyel a teljes hasznosítási mennyiség a várt 85% helyett csak 80%-os.

A Roncsautó-rendeletre hasonlóan a lerakási direktíva az, ami az autógyártást jelentősen befolyásoló tényező. Ennek értelmében tilos az autóroncsokból származó szerves eredetű hulladékok deponálása, vagyis általános lerakása. Emiatt a gyártók kénytelenek más alternatívákat találni az aprítási könnyűfrakciók újrahasznosításáról szóló fejlesztésekben.

Hazánkban a járművek elhasználódása sokkal intenzívebb a rosszabb minőségű utak miatt. Az itt található, közel 3 millió jármű átlagéletkora is jóval magasabb, ezen túlmenően a hulladékkezelési és újrahasznosítási problémák miatt is - amely részben a lakosság hiányzó környezeti tudatosságát is tükrözi - rosszabb a helyzet, mint külföldön. Jelenleg Magyarországon közel 280 legális autóbontó, illetve hulladékkezelő cég van, melyek száma elenyészik az ötször

ennyi illegális telep mellett, akik a keletkező roncsautók több, mint felét veszik át a gazdáiktól.

Jelenleg a két budapesti shredder mellett nemrégiben épült harmadikként egy új üzem a Fejér megyei Fehérvárcsurgón az ALCUFER csoportnak köszönhetően. A 2. ábrán a shreddermű látható működés közben.



2. ábra A fehérvárcsurgói shreddermű

## 4. FEJLESZTÉSEK AZ ANYAGÁBAN TÖRTÉNŐ HASZNOSÍTÁSÁRA

### 4.1 A magnetohidrostatikus eljárás

A járművek tömegének növekedésével a bennük található műanyagok és elasztomerek aránya is egyre nő, köszönhetően a könnyűszerkezetek nyújtotta konstrukciós előnyöknek. Jelenleg a járművek közel 11-12%-ban tartalmaznak műanyag alkatrészeket, melyek nagyrészt poliolefin (polipropilén, polietilén), valamint sztirol-bázisú anyagok (polisztirol; akrilnitril butadién sztirol). A shredderezésből keletkező különböző, lakossági eredetű lemez hulladék illetve autóroncsok aprított szerves őrléményét az EU-s direktívák ellenére lerakókban helyezik el, amely ellentétes a szerves anyaggal kapcsolatos lerakási irányelvnek és így a kívánt hasznosítási értéket sem érjük el. Példaként szerepelhet Ausztria előttünk, ahol a lerakási tilalom egészében vonatkozik a teljes szerves hulladékmennyiségre és a könnyűfrakciót elsődlegesen erre szakosodott égetők 180 EUR/tonna díj ellenében szállítják el a shredder-üzemeltetőktől energetikai hasznosításra. A cél, más nyugati országhoz hasonlóan olyan fejlesztési folyamatok elindítása, mellyel az EU által kívánt értékek megvalósulhatnak.

Erre reagálva, az EU7 K+F keretprogramban támogatásra került W2Plastics projektben, olyan szeparációs technológiát fejlesztenek ki, ahol utáncapcsolt ultrahangos minőségbiztosítási rendszer segítségével poliolefinet tudnak kiválasztani a shredderezési könnyűfrakcióból, a magnetohidrostatikus szeparációs eljárásnak köszönhetően. További előnye a rendszernek, hogy egy lépésben képes akár nyolc különböző homogén frakciót is elkülöníteni egymástól, mely jelentős lehet az autóipari újrahasznosítás során is. Az

anyagokénti szétválasztás a szeparációs folyadék változtatható sűrűségével valósul meg.

A projekt hazai résztvevői: az ALCUFER Kft., valamint a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépjárművek, Polimertechnika, illetve Szerves Kémiai Technológia Tanszéke; a 13 tagú, a Delfti Műszaki Egyetem vezetésével 2009 januárjában indult négyéves fejlesztési projektben.

Az ALCUFER Kft. feladata a Fehérvárcsurgón épülő shreddermű könnyűfrakciójának, az anyagában nem hasznosítható szerves részek energetikai hasznosításának fejlesztése. A BME piaci elemzések készítésével, illetve a szeparált szerkezeti anyagok mechanikai vizsgálatával, az anyagminőség kémiai adalékolás által történő javításával, új termékletekkel segíti a projekt megvalósítását. [Lukács P., Ronkay F. (2009)]

#### 4.2 A kinyert műanyag újrahasznosítása, előállított termékek

Az újrahasznosított műanyag hulladékot általában regránulálva vagy darálás után közvetlenül fröccsöntve árulják. Az ezekből készült műanyag termékek időnként nemcsak minőségükben hanem esztétikai szempontból is messze elmaradnak az eredeti anyagból készített társaiktól. Ugyanakkor a másodlagos anyag granulátum formájában történő értékesítése igen nehézkes. Erre lenne megoldás az anyagnak olyan blendékké illetve kompozit mátrixokká történő alakítása, melyek piacképesek ellentétben az eredeti anyaggal, és az újrahasznosítás során létrejövő minőségromlással (down-cycling) szemben minőségjavulás (up-cycling) jöhetne létre. Hátrátja ezt a folyamatot, hogy a heterogén eloszlású műanyagkeverék a különböző anyagok határainál gyenge kapcsolatot létesít. Ennek segítésére másodlagos kötéseket szoktak létrehozni különböző adalékok, kompatibilizálószerke használataival. A másodlagos kötéseket erősebb kovalens kötésekkel is ki lehet váltani úgynevezett elektron besugárzásos technológiával. Az üvegszál erősítésű polimerek segítségével a blendék közötti kapcsolat erősíthető, ahol különböző kémiai adalékokkal az üvegszálakat az alkotóelemekhez kapcsolják. További gondot okoz a műanyag-újrahasznosítás terén az öregedés. Az újrahasznosítandó műanyagok életük során ért fárasztásokat az eljárás során még tovább erősítik. További adalékok szükségesek az UV sugárzással szembeni stabilitás fokozására.

Az autóiipari piac jelenleg még nem áll készen az újrahasznosított műanyagok alkalmazására. Éppen emiatt kell más ipari résztvevőket találni ezen anyagok ismételt körforgásba hozására. [Lukács P., Ronkay F. (2009)]

#### 4.3 Fejlesztések az energetikai hasznosításban – A hulladékkezelés termikus eljárásai: a hulladékégetés, ill. a hőbontás

A hőátadással járó termokémiai eljárások közül a két legfontosabb termikus eljárás: a hulladékégetés és a

hőbontás. Az anyagátalakítási folyamat itt döntő mértékben hő hatására következik be.

- Égetés: oxidatív lebontás sztöchiometrikus vagy többszörös oxigén (levegő) adagolásával.
- Pirolízis: redukzív lebontás a sztöchiometrikus aránynál kisebb oxigén biztosításával vagy annak teljes kizárása mellett. [Barótfi I. (2000)]

Az égetés során a hulladék szervesanyag komponensei a levegő oxigénjével reagálva gázokká, vízgőzzé alakulnak és füstgázként távoznak a rendszerből, míg az éghetetlen szervetlen anyag salak, ill. pernye alakjában marad vissza.

#### Előnyei:

- Jelentősen csökkenti a hulladékok térfogatát és tömegét;
- Az égetés energiatermeléssel jár és az így keletkezett hő hasznosítható;
- Közegészségügyi szempontból a leghatékonyabb, mivel a kórokozók elpusztulnak.

#### Hátrányai:

- Másodlagos környezetszennyezéssel jár (légszennyezés, pernye, salakelhelyezés problémái);
- Ökológiai szempontból kedvezőtlen: a termikusan bontott anyag kikerül a természetes körforgásból;
- Beruházási és üzemeltetési költségei lényegesen magasabbak a hagyományos eljárásoknál.

A pirolízis a szerves anyagú hulladék megfelelően kialakított reaktorban, hő hatására, oxigénszegény vagy oxigénmentes közegben – esetleg inert gáz, pl. nitrogén bevezetés közben –, szabályozott körülmények között bekövetkező kémiai lebontása. A folyamat során a szerves hulladékból pirolízisgáz; folyékony termék: olaj, kátrány, szerves savakat tartalmazó bomlási víz; és szilárd végtermék: pirolíziskoksz keletkeznek, melyek összetétele, aránya és mennyisége a kezelt hulladék összetételétől, a reaktor üzemi viszonyaitól és szerkezeti megoldásától függ. A végtermék elsősorban energiahordozóként (fűtőgáz, tüzelőolaj, koksz), ritkábban vegyipari másodnyersanyagként (pl. a gázterméket szintézisgázzá konvertálva metanol előállításához) hasznosítható. [Barótfi I. (2000)]

A hőbontás során döntőek a kémiai átalakulás reakció feltételei: hőmérséklet, felfűtési idő, reakcióidő, szemcse-, darabnagyság, az átkeveredés mértéke, hatékonysága. Az alkalmazott hőmérséklet-tartomány általában 450–550 °C, egyes eljárásoknál ennél magasabb. Használt reaktortípusok: vertikális vagy aknás reaktor, horizontális fix reaktor, forgódobos reaktor és fluidizációs reaktorok.

A szilárd maradékok a vízfürdős leválasztást követően különbözőképpen dolgozhatók fel. A gáz-és gőz állapotú termékek leválasztására és tisztítására különféle gáztisztítási és gáz-gőz szétválasztási módszereket és kombinációkat

(ciklonok, elektrofilterek, gázmosók, utóégető kamrák, krakkoló reaktorok) alkalmazzák.

#### Előnyei:

- Termékei értékesíthető alifás és aromás szénhidrogének;
- Légszennyező hatása jelentősen kisebb, mint a hulladékégetésé.

#### Hátrányai:

- A fokozott anyag-előkészítési igény;
- A kisebb hőmérsékletű eljárásokban a gáztisztítás összetettebb és komplikáltabb, az erősen szennyezett mosóvizet komplex módon tisztítani kell;
- Az égetéshez képest nagyobb a lehetősége a nehezen bomló, nem tökéletes égéstermékek képződésének.

Az eredményes fejlesztési eljárásokból az üzemi megvalósítás alatt álló négy legjellemzőbb technológia: Siemens-eljárás, Lurgi-eljárás, Noell-eljárás, Thermoselect-eljárás. Az eljárások gyakorlatilag többfokozatú termikus hulladékkezelést valósítanak meg, így biztosítva a részfolyamatok jobb szabályozhatóságát és az előzetes és köztes válogatással az inertanyagok mennyiségének csökkentését. A Siemens és a Lurgi-eljárásoknál a gázfázis tökéletes kiégetése a berendezésben megy végbe, míg a Noell és Thermoselect-eljárás olyan gázt állít elő, amely a hulladékkezelő berendezésen kívül is elégethető. [Barótfi I. (2000)]

Hazai oldalon is megjelent egy saját kezdeményezésű fejlesztés, mely az NKTH Nemzeti Technológiai Programjának része, és 2009-ben vette kezdetét. Célja olyan optimális szeparációs technológia kifejlesztése, ahol az anyagában nem hasznosítható szerves összetevőket pirolizáció útján hasznosítják. A RECYTECH nevű konzorciumban az ALCUFER Kft. koordinálása mellett a Polimertechnika Tanszék, a Szerves Kémiai Technológia Tanszék, az Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont, a dunaujvárosi E-Elektra Zrt., a miskolctapolcai Bay-Logi Intézet, a Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárás-technikai Intézete, valamint a solti Powerenergy Kft. vesz részt. Ez utóbbi feladata a pirolízis technika kifejlesztése. A cél egy-egy olyan szeparátor és pirolizátor berendezés elkészítése, melyet a fehérvárcsurgói shredder mellett, illetve a dunaujvárosi elektronikai hulladék feldolgozóban alkalmazva lehetővé tenné az energetikai hasznosítását a keletkezett könnyűfrakciónak. [Chrabák P., Lukács P. (2009)]

## 5. ÖSSZEFOGLALÓ

A pirolízis során a hulladékok gyakorlatilag melléktermékek keletkezése nélkül bonthatók szét olyan termékekre, melyek külön-külön felhasználhatók és értékesíthetők. A pirolízis üzemeltetési költségei a végtermékek kedvező értékesítése következtében még fedezhetőek is. Az égetéshez képest kisebb káros emisszióval és sokkal nagyobb mennyiségű hasznosítható anyagmennyiséggel szolgál, gazdaságossága

azonban jelentősen függ a végtermékek piaci eladhatóságától. Ma a legjobb megoldásnak az kínálkozik, ha a piroolajat belsőégésű aggregátokban „zöld áram” termelésére használják fel, mert ez a támogatott energia a technológia gyorsabb megtérülését eredményezi. A jelenlegi olajár-szintnél azonban már érdemes a piroolajat az olajforgalmazó cégeknek továbbadni, a továbbfinomítás különböző lépéseinek alávétnei. A pirogázt gázturbinákban áramtermelésre vagy fűtőművekben használják fel, a pirokokszt pedig festékiparban színezékként, vagy filterek szűrőanyagként. A hőbontás maradékát olaj formájában, vagy magát a kevert műanyag hulladékot az égetőbe vitt hulladék alkotórészeként hasznosíthatjuk, mint energiahordozót igen jó hatásfokkal. A műanyag hulladék fő alkotói, a tiszta PE, PP, PS, PET energiataralma gyakorlatilag megegyezik a legjobb fűtőolaj 44 MJ/kg fűtőenergiájával, és teljes mértékben hasznosul. Egyedül a PVC fűtőenergiája kisebb (22 MJ/kg) a viszonylag magas klórtartalom és a kisebb „kőolajtartalom” miatt. [Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J. (2003)]

Míndezenk mellett vagy ellenére továbbra is - az EU által is támogatott - elsődleges cél a minél nagyobb arányú anyagában történő hasznosítása a hulladékoknak.

## IRODALOM

- Barótfi I. (2000). *Környezettechnika*, Mezőgazda Kiadó; Budapest.
- Chrabák P., Lukács P. (2009). *Elaboration of recycling technologies for non-metallic automotive and electronic wastes avoiding further deposition of organic materials*, Bay-Logi Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet, Miskolc.
- Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J. (2003). *A polimertechnika alapjai* 430-439 old. Műegyetemi Kiadó, Budapest.
- Lukács P., Ronkay F. (2009). *A gépjármű-recycling aktuális feladatai a szerves hulladékok hasznosítása vonatkozásában*, 70-73 old. Műanyag és Gumi, 46.évf. 2.szám, Budapest.
- Lukács P. (2002). *Elhasznált gépjárművek és mobil gépek újrahasonosítása*, 1-88 old. BME - Doktori értekezés, Budapest.
- Stakeholder consultation on the review of the 2015-targets on reuse, recovery and recycling of end of life vehicles - Final Report*, (2005). Version of 4 November.
- En.sicontechnology.com, *VW-SiCon Process*, (Letöltve: 2008 márc.)