

ŠTÚDIA RECYKLÁCIE STARÝCH VOZIDIEL - DEZINTEGRAČNÉ A SEPARAČNÉ TECHNOLOGIE

ALENA PAULIKOVÁ

STUDY OF OLD VEHICLES RECYCLING - SHREDDING AND MEDIA SEPARATION TECHNOLOGIES

ABSTRAKT

Recyklácia starých vozidiel je stále aktuálnym problémom v našej krajine, pretože nemáme dostatočnú recyklačnú infraštruktúru. Tento systém zahŕňa dezintegračné prevádzky s rôznymi technologickými postupmi dezintegrácie a separácie jednotlivých frakcií starého vozidla.

KLúčové slová: recyklácia, staré vozidlá, dezintegrácia a separácia médiom

ABSTRACT

The old vehicle recycling is still the actual problem in our country because there is not sufficient recycling infrastructure. This system covers shredder operation plants with various technological techniques of disintegration and separation for individual fractions of old vehicle.

Key words: recycling, old vehicles, shredding and media separation

1. ÚVOD

Hospodárenie s odpadmi je hospodárenie podobné, ako pri akejkol'vek inej surovine. No napriek tomu, že sa automobil skladá zo súčiastok vyrobených prevažne z nerastných surovín, množstvo tejto „druhotnej suroviny“ sa každým rokom zvyšuje. S rastúcou výrobou a dovozom nových a použitých automobilov, narastá aj počet starých ojazdených automobilov určených na recykláciu.

Minulý rok sa automobilový priemysel vďaka výrobným závodom troch automobiliek – Volkswagen, PSA Peugeot-Citroën a KIA Motors, prepracoval na prvú pozíciu slovenského priemyslu. Počet vyrobených vozidiel sa zvýšil z predvlnajších 295 390 kusov na 571 071. Ak by sme hodnotili produkciu pri plnom nábehu výroby vo všetkých troch prevádzkach, Slovensko by sa stalo najväčším svetovým výrobcom automobilov v prepočte na 1 000 obyvateľov. V roku 2007 produkcia na 1 000 obyvateľov dosiahla takmer 106 vozidiel.

Napriek týmto priaznivým ukazovateľom, nemali by sme zabúdať na negatíva spojené s rozvojom automobilovej výroby a spotreby automobilov. Aby sme raz neskončili všetci „na skládke“, je potrebné dodržiavať povinnosti vyplývajúce zo zákona č. 409/2006 Z. z o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov, ktorým sa do slovenského právneho poriadku prebrali právne akty Európskych spoločenstiev. Celá šiesta časť zákona je venovaná starým vozidlám a upravuje

spracovanie starých vozidiel, nakladanie so starými vozidlami a nakladanie s odpadmi zo spracovania starých vozidiel, [1].

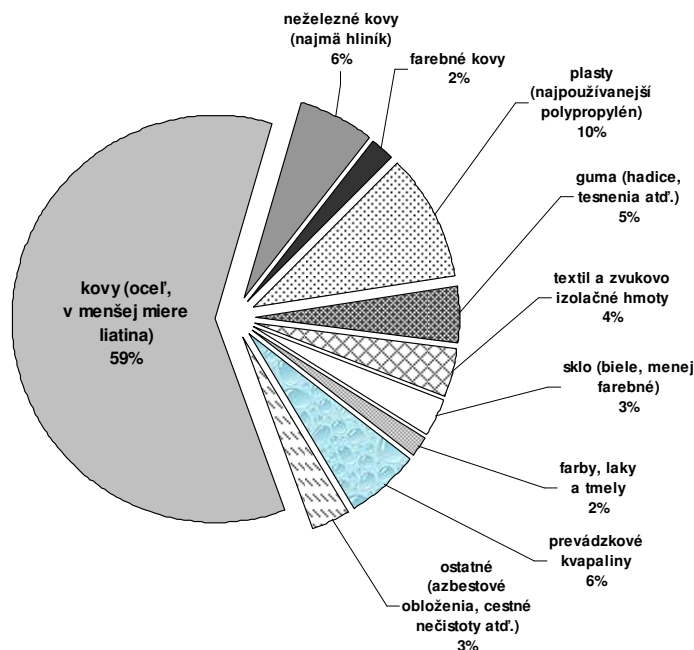
2. VYUŽITIE JEDNOTLIVÝCH KOMODÍT ZO STARÉHO VOZIDLA

Pre pochopenie technológie úpravy a spracovania odpadov pri recyklácii starých vozidiel po skončení ich životného cyklu a pre správne nakladanie s odpadom pri výrobe recyklovaných komponentov, je nutné poznať základné údaje o používaných materiáloch, o ich výrobe a vlastnostiach. Asi 75% hmotnosti vozidla je tvorených železnými a neželeznými kovmi. Zvyšok sú plasty (termoplasty a reaktoplasty), guma, sklo a náterové hmoty.

V súčasnosti je v systéme recyklácie starých vozidiel hlavným problémom využitie týchto komodít. Vozidlá, ktoré sa v súčasnosti bežne používajú, majú väčšiu časť karosérie vyrobenú z pozinkovaného oceľového plechu. Okrem ocele môžu obsahovať vysoký podiel neoznačených súčiastok z plastov, kompozitov na báze plastov, ako aj neoddeliteľné kombinácie materiálov.

Pri zhodnocovaní vyradených vozidiel má svoju úlohu akosť získanej druhotnej suroviny, v tomto prípade železného šrotu a vytváranie uzavretých materiálových tokov pre kovy, plasty, gumu, sklo, použité oleje, iné prevádzkové kvapaliny a ďalšie materiály, [2].

Ojazdené autá predstavujú veľmi rôznorodý zdroj ďalej využiteľných materiálov, ktorý je možné pri vhodnej separácii a následnom spracovaní použiť ako vstupnú surovinu pre ďalšiu výrobu, Obr.1.



Obr. 1 Materiálové zloženie starého vozidla

2.1 Ocele a liatiny

Hlavné konštrukčné bloky automobilov sú vyrobené z ocele a ich zliatin. Sú to predovšetkým bežné konštrukčné ocele, vysokopevné nízkoalloyované ocele, vanádové ocele, ocele vysokolegované a oceľové súčiastky, ktoré sú vyrobené postupmi práškovej metalurgie.

Podiel kovov na celkovej hmotnosti automobilu má klesajúcu tendenciu, budúce prognózy uvádzajú zníženie na 58% z celej hmotnosti vozidla. Oceľ, ako konštrukčný materiál, býva často nahradzovaná hliníkom a jeho zliatinami, ktoré majú nižšiumernú hmotnosť a dobrú tvárnosť.

2.2 Neželezné kovy

Hliník sa vyznačuje dobrou vodivosťou a nahradzuje meď (chladiče). Používajú sa zlievarenské zliatiny hliníka (napr. pre blok motora, hlavy valcov atď.).

Meď sa nachádza najmä v elektroinštalácii a elektromotoroch a ako súčasť zliatin (napríklad mosadze pre výrobu chladičov a výhrevných systémov; na pružiny, konektory a spínače sa používajú u niektorých typov automobilov berýliové bronzy).

Olovo a *antimón* sa nachádzajú v akumulátoroch, *zinok* sa používa pre antikoroziu úpravu karosérií a špeciálne pre výrobu súčiastok presným liatím.

S rastúcim rozvojom elektroniky automobilového priemyslu sa do vozidiel dostali popri medi, zinku, hliníku, kobaltu a molybdénu taktiež drahé kovy, menovite *zlato*, *striebro*, *platina* a *paládium*. Drahé kovy sa nachádzajú v katalyzátoroch s keramickými nosičmi alebo s nosičmi z antikorovej ocele.

Trendom je zvýšenie použitia *horčička*. Priemer by mal byť až okolo 7 kg horčička pre jedno vozidlo. Pre automatické prevodovky a systémy pérovania je možné využiť napríklad horčičkové zliatiny s tvarovou pamäťou.

2.3 Plasty

Ďalším významným materiálom používaným pri výrobe automobilov sú plasty. V 70. rokoch boli považované za materiál, ktorý výrazne obmedzí podiel kovov. Tento trend sa zabrzdil ich problematickou recykláciou a bezpečnostnými požiadavkami na prevádzku vozidiel. V súčasnosti sa podiel plastov na hmotnosti vozidla pohybuje medzi 8÷20%. Používajú sa predovšetkým termoplasty, ktoré sú často vystužené sklenenými, uhlíkovými alebo aramidovými vláknami. Ich použitie je najčastejšie v dieloch interiéru a niektorých častiach karosérie. Pri recyklácii starších automobilov je problémom, že diely nie sú označené dohodnutým značením.

V poslednej dobe sa plasty presadzujú vo vozidlách stále častejšie. A to aj ako materiály takých súčiastok, kde ich použitie nebolo predtým obvyklé. Sú to napr. sacie potrubia, niektoré ozubenia alebo rôzne veká.

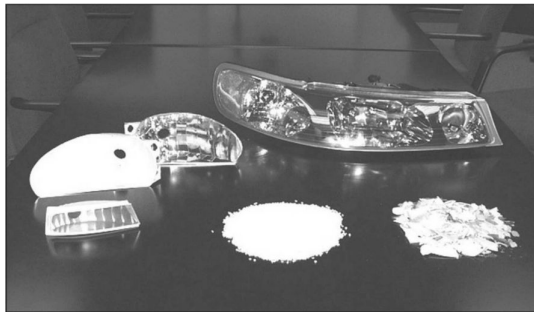
V súvislosti s používaním plastov na vonkajších dieloch karosérie je okrem jednoznačnej odolnosti voči korózii a vplyvom vonkajšieho prostredia aj ďalšia výhoda, ktorá však nesúvisí priamo s vlastnosťami vozidlových súčiastok, ale s ich výrobou. Plasty ponúkajú možnosť vytvorenia presne takého tvaru, aký vyžaduje konštrukcia alebo dizajn. Plastové diely znižujú spotrebu paliva s úsporou hmotnosti vozidla a pomocou zníženia odporu vzduchu na základe skúšok v aerodynamickom tuneli.

Použitím plastov vo vozidle sa znižuje jeho celková hmotnosť. Vo vozidlách strednej triedy je použitie tretiny až polovice plastových materiálov zdôvodňované priamo znížením hmotnosti. Nahradzujú také materiály, ktoré majú podstatne vyššiu mernú hmotnosť. Zvýšené množstvo plastov vo vozidle sa využíva na výplne dverí, ktoré znižujú vibrácie a na airbagy.

Použitie plastov zároveň umožňuje jednoduchšiu montáž. Moderné vozidlá majú diely karosérie vyrobené z plastových materiálov: nárazníky, blatníky, kapotu alebo veko batožinového priestoru, rôzne kryty (motora či spodný kryt) alebo ako dekoračné diely (puklice). Lepšia formovateľnosť plastu umožňuje tvarovať palivovú nádrž presne podľa priestorových možností. Plasty sú takmer v celom interiéru v podobe prístrojového panelu, výplní dverí, čalúnenia, ovládacích prvkov a pod. Predstavujú okolo 50% celkového množstva plastov vozidla.

Rôznorodosť použitia plastových materiálov je daná požiadavkami, ktoré majú plastové súčiastky spĺňať. Nárazník má byť pružný a odolávať slnečnému žiareniu, kým sacie potrubie z plastu musí udržiavať svoj tvar aj pri vysokých teplotách. Od rôznych kolenných vložiek sa zasa očakáva odolnosť voči pôsobeniu oleja a chladiacej kvapaliny.

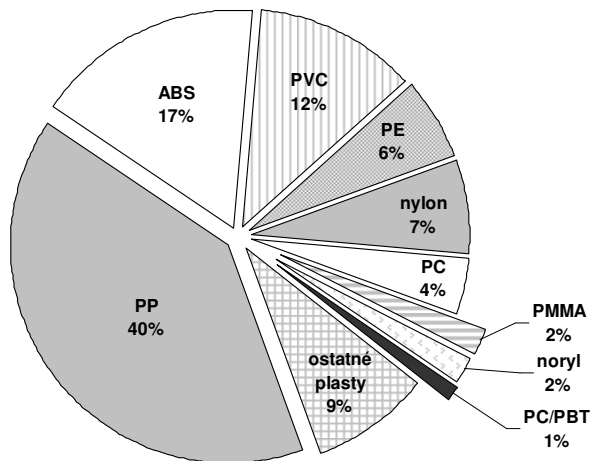
Na Obr. 2 sú znovu získané plastové materiály, ktoré môžu byť použité na výrobu nových plastových súčiastok alebo iných výrobkov [3].



Obr. 2 Príklady recyklačných frakcií plastových svetlometov vozidla

Plastové kryty svetlometov majú pri vhodnej povrchovej úprave podobnú odolnosť voči poškrabaniu ako sklenené kryty, pritom však majú podstatne nižšiu hmotnosť. Plastové kryty prinášajú so sebou aj také perspektívne riešenia, ako integrovanie zadných a brzdoých svetiel do zadného okna, či navigačnú "obrazovku" na čelné sklo, ktorá by pomáhala orientácii vodiča a v prípade potreby by signalizovalo priamo na čelnom skle niektoré mimoriadne informácie (prehriatie motora, defekt).

Vo vozidle je približne 180 dielov vyrobených z polymérov. Predstavu o druhovom zastúpení plastov poskytuje graf na Obr. 3. Vlastnosti a charakteristiky jednotlivých plastových materiálov sa upravujú obsahom rôznych aditív.



Obr. 3 Materiálové zloženie starého vozidla

Legenda: PP – polypropylén, ABS – akrylonitrilbutadiénstyrén, PVC – polyvinylchlorid, PE – polyetylén, nylon, PC – polykarbonát, PMMA - polymetylmakrylát, noryl, PC/PBT – zmes polykarbonátu a polybutyléntereftalátu.

2.4 Guma

Hlavný podiel gummy v automobiloch pripadá na pneumatiky (kombinácia gummy s textilom a oceľou), hadice, tesnenia, klinové remene a ďalšie diely. Ojazdené pneumatiky predstavujú významný zdroj druhotných surovín. Pri ich likvidácii drvením možno získať:

- ⊙ 56% gumenej drvininy,
- ⊙ 34% polyamidu,
- ⊙ 10% ocele.

Po termomechanickej alebo chemickej úprave môžeme gumenú drvinu použiť na výrobu technickej gumeny alebo ako prídavok do zmesi na výrobu gumených podlahových krytín.

Pri porovnaní výroby z prvotných prírodných zdrojov sa využitím jednej tony druhotných surovín, získaných spracovaním gumového odpadu pre výrobu gumových výrobkov, ušetrí 2 tony ropy vo forme suroviny a energie. Guma z pneumatík obsahuje 50÷80 % kaučuku a zvyšok tvoria prevažne sadze.

Zhodnocovanie opotrebovaných pneumatík protektorovaním sa týka najmä nákladných pneumatík. Z nich je po skončení prvého životného cyklu možné protektorovať 5÷10%. Kvalitný plášť je možné protektorovať i dvakrát.

Technologický proces recyklácie opotrebovaných pneumatík spočíva v ich postupnom drvení, mechanickej, magnetickej a pneumatickej separácii frakcií. V postupe sa nevyužívajú žiadne chemické procesy a nevznikajú emisie. Všetky produkty a medzi produkty sú využiteľné, preto považujeme tento technologický proces za málo odpadový a patriaci k ekologicky čistejším.

Gumový odpad sa môže využiť aj energeticky ako prídavné palivo. Ekonomický prínos pri energetickom využití gumového odpadu je však menší ako pri materiálovom využití.

2.5 Sklo

Sklo sa vyskytuje vo forme špeciálnych tvrdených alebo lepených čelných, bočných skiel, reflektorových a žiarovkových skiel. Technológia, zaoberajúca sa spracovaním skla, využíva hlavne tieto druhy skla:

- ⊙ vrstvené (lepené),
- ⊙ drôtené,
- ⊙ izolačné,
- ⊙ ploché.

Postup pri recyklácii má niekoľko technologických krokov. Sklo je najprv rozdrvené a vyčistené od organických nečistôt, magnetických kovov, keramiky, kameňov a porcelánu. Potom sa triedi separačnými sitami podľa daných granulometrických požiadaviek. Následne sa využíva pri spracovaní nových sklenených polotovarov alebo výrobkov.

2.6 Prevádzkové kvapaliny

Prevádzkové kvapaliny vozidla majú dané základné chemické vlastnosti. Väčšinou aspoň jedna z nich je nebezpečná, ktorá ich zaradí do kategórie nebezpečných odpadov. Základné rozdelenie prevádzkových kvapalín je:

- ⊙ zvyšky pohonných hmôt,
- ⊙ oleje,
- ⊙ brzdová kvapalina,
- ⊙ mazivá,
- ⊙ chladiaca kvapalina,
- ⊙ zmes do ostrekovačov.

Spôsob využitia alebo zneškodnenia sa určuje hlavne objemom sústredeného odpadu a stupňom jeho znečistenia (produkty nedokonalého spálenia paliva a iné). Málo znečistené odpadové pohonné hmoty a mazivá vo väčších množstvách sú prijímané k regenerácii výrobcami nových produktov.

Zhodnotiť sa dajú aj spaľovaním s využitím vzniknutého tepla. Ekonomickejšie a environmentálne je však vhodnejšie opotrebované oleje regenerovať. Ak je 100%-tný zber opotrebovaného oleja, tak po regenerácii sa až 30% využije na pokrytie spotreby mazacích olejov. Energetickým zhodnotením sa pokryje len asi 0,5% celkovej spotreby energie.

Odpadové oleje vznikajú z vyradeného vozidla alebo z pravidelných výmen počas prevádzky. Miestom ich vzniku sú najčastejšie servisné strediská automobilov, vrakovištia a recyklačné prevádzky. Sú to zvyčajne motorové, prevodovkové, hydraulické, elektroizolačné a ďalšie oleje,

ktoré sú kombinovane znečistené mechanickými nečistotami, vodou, inými prevádzkovými kvapalinami a produktmi degradácie spôsobenej oxidáciou alebo tepelným namáhaním nových (nepoužívaných) olejov a ich prísad.

Niektorí výrobcovia vozidiel používajú syntetické a polosyntetické oleje, ktoré môžu vyžadovať iný režim nakladania (zberu a zhodnocovania), ako ropné oleje. Tu patria napr. poly-alfa-oleínové oleje, ktoré sa vyrábajú z vybraných špecifických frakcií alfa-oleínov.

Podmienky preberania odpadových olejov určuje subjekt, ktorý s olejom nakladá, vo väzbe na používanú technológiu zhodnotenia. Zhodnotenie motorových a prevodových olejov na využiteľné mazacie oleje (iného určenia ako pôvodné čerstvé oleje) je určené podľa normy STN 656690 - Použitie ropné oleje regenerovateľné, [4].

2.7 Opatrebované batérie a akumulátory

Olovený akumulátor štartovací, trakčný alebo stacionárny sa stáva odpadom, ak stratí možnosť opakovaného nabíjania a vybíjania alebo keď jeho majiteľ oň neprejavuje záujem. Má charakteristické znaky nebezpečného odpadu a ohrozuje životné prostredie a zdravie obyvateľstva.

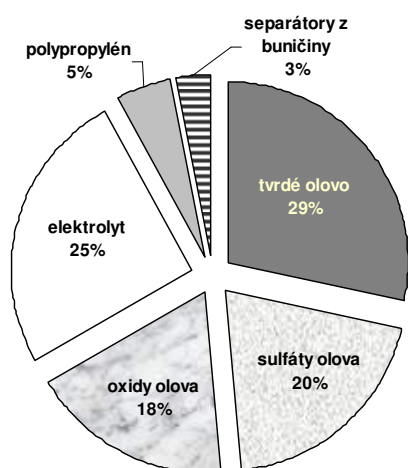
Automobilové batérie sú veľmi dôležitým zdrojom olova. Predstavujú až polovičnú spotrebu zo svetovej produkcie olova. V súčasnosti sa recykluje z batérií ekologicky čistejším postupom nielen olovo, ale aj ďalšie zložky, ako elektrolyt, PP, PVC a ebonit.

Olovená pasta je aktívnou hmotou elektród, ktorá je nositeľom elektrochemických procesov nabíjania a vybíjania batérií. Pozostáva z kovového olova, oxidov a sulfátov olova. Pasta obsahuje aj zvyšky konštrukčných materiálov batérie, ako je papier, PVC, PP, PS a guma. Spracovanie olovenej pasty je dosť problematické pre recyklačné a úpravnicke technológie.

Olovnatý výluh sa používa ako rozpúšťadlo zlúčením olova, ako prostriedok prepravy a ako elektrolyt pri galvanickom triedení olova.

Prevádzkové teploty olovených akumulátorov pri takmer rovnakých fyzikálnych a chemických vlastnostiach sú od -15°C do $+50^{\circ}\text{C}$.

Zloženie olovených akumulátorov tvorí tzv. tvrdé olovo a jeho zliatiny s obsahom do 3,5% antimónu, sulfáty a oxidy olova a jeho zliatin, odpadová akumulátorová kyselina, obaly z PP so zvyškami s obsahom škodlivín a filtračné materiály na báze papiera a buničiny znečistené škodlivinami. Percentuálne zastúpenie je na Obr. 4.



Obr. 4 Materiálové zloženie akumulátora

Podporovaný systém zberu a dopravy umožňuje zhodnotiť až 90% olovených akumulátorov. Slovenské zhodnocovacie kapacity umožňujú ročne spracovať približne 45 tisíc ton olovených

akumulátorov. Množstvo akumulátorov, ktoré sa za rok vyskytne na našom území, sa odhaduje na 10 až 15 tisíc ton ročne, [5].

2.8 Katalyzátory

Katalyzátor patrí v súčasnosti k bežnému vybaveniu moderných vozidiel. Vozidlové katalyzátory sú konštruované v troch typoch vyhotovenia podľa druhu nosiča, ktorý je tvorený:

- ⊙ keramickým monolitom,
- ⊙ keramickými peletami,
- ⊙ chrómnikovou oceľovou konštrukciou.

Aktívnu zložku katalyzátora tvorí modifikácia Al_2O_3 s obsahom ušľachtilých kovov (Pt, Pd a Rh). Z materiálového zloženia katalyzátorov vyplýva, že z hľadiska získavania druhotných surovín predstavuje veľmi hodnotnú komoditu. Existuje niekoľko technologických postupov získavania platiny, paládia a ródia z vyradených katalyzátorov, ktoré sa tak stávajú jedným z najvýznamnejších zdrojov získavania týchto kovov.

Pri hydrometalurgických metódach sa používa pri monolitoch prevažne selektívne rozpúšťanie kovov pomocou gama-alumínov s nasledovnou rafináciou výluhu a jeho tlakovou redukciou.

Pyrometalurgické metódy sú zamerané na tavnom spôsobe recyklácie. Je to tavenie so zberným kovom, najčastejšie meďou alebo plazmové tavenie.

2.9 Káblový šrot

Káblový šrot tvorí približne 5 kg celkovej hmotnosti vozidla. Spracovanie odpadových káblov z demontáže vyradeného vozidla je celené hlavne na opätovné získavanie kovov, predovšetkým medi. Ostatný odpad z kabeláže (plášte káblov, zástrčky a iné) končili väčšinou na skládkach.

V súčasnosti recyklačné technológie umožňujú použiť 50% podiel PVC a PE izolačného recyklátu pri výrobe káblových systémov pre automobilový priemysel.

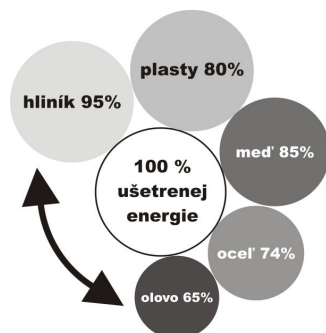
2.10 Iné materiály

Ďalej sa môže vo vozidle vyskytovať drevo, koža, papier, lepenka a keramika. Drevo je možné termicky využiť. Recyklačné papierenské technológie môžu spracovávať odpadový papier a lepenku. Keramika sa môže použiť pri stavebných prácach ako súčasť podložia stavieb. Materiálovú rôznorodosťou starých vozidiel zvyšujú mnohé amatérske zásahy do automobilov počas ich prevádzkovej doby, čo účinnú recykláciu značne sťažuje.

3. RECYKLAČNÉ TECHNOLOGIE

Niekoľko miliardový svetový recyklačný priemysel plní potrebné sociálne a environmentálne funkcie. Čo sa týka zachovávanía svetových surovinových zdrojov, tento druh priemyslu nemá konkurenciu a na druhej strane rôzne stupne recyklačných procesov poskytujú zamestnanie miliónom ľudí po celom svete.

Produkovanie druhotných surovín pomocou recyklácie tiež vyžaduje oveľa menej energie než výroba, ktorá je založená na spracovaní primárnych materiálov. Šetrenie energie pri spracovaní vybraných materiálov prostredníctvom recyklácie, v porovnaní k primárnemu spôsobu získavania, je na Obr.5.



Obr. 5 Energetická úspora pri recyklácii vybraných materiálov

Príspevok recyklačného priemyslu k ochrane životného prostredia by nebol možný bez značných investícií do často vysoko sofistikovaných prevádzok, strojov a vybavenia. Každoročne sa celosvetovo do nového vybavenia, výskumu a vývoja jednotlivých prevádzok investuje okolo 400 miliárd SK. Veľkú časť výrobkov pre získanie druhotných surovín tvoria staré vyradené vozidlá, [6].

4. DEZINTEGRÁCIA A SEPARÁCIA MÉDIOM

4.1 Koniec životného cyklu vozidla a jeho ďalšie spracovanie

Ďalšie spracovanie vyradených vozidiel poskytuje pre ne úsporné recyklačné riešenie. V členských štátoch Európskej únie prestane byť prevádzkyschopných každoročne vyše 14 miliónov motorových vozidiel.

Ale ich zneškodňovanie by pre európsku sieť účelovo navrhnutých recyklačných prevádzok predstavovalo problém gigantických rozmerov, [6].

4.2 Dezintegrátor vozidla

V Európskej únii vyše 220 automatizovaných recyklačných prevádzok pre vyradené vozidlá zamestnáva vyše 6000 ľudí (a vyše 700 ďalších vo svete). Každá prevádzka funguje ako integrovaná továreň, ktorá spracováva ojazdené vozidlá s tempom do 200 kusov za hodinu. Tieto prevádzky zabezpečujú recyklačnú infraštruktúru.

Pomocou výkonnej dezintegrácie sú vozidlá veľkokapacitne dezintegrované na časte vo veľkosti ľudskej päste. Takto získaný, separovaný, dezintegrovaný, železný šrot je ideálne upravený, aby mohol smerovať k plneniu oceliarskych vysokých pecí. Takýto materiál má vysokú materiálovú a chemickú kvalitu, s obsahom železa 98% a je vyhľadávaný oceliarmi po celom svete. Len samotná Európska únia produkuje ročne pomocou dezintegrátorov vyše 8 miliónov ton tej najkvalitnejšej vsádzky pre vysoké pece – okolo tretiny celkovej svetovej produkcie, [6].

4.3 Špičkové technologické riešenie pre separáciu materiálov

Dezintegrátory boli navrhnuté koncom 50-tych rokov, aby riešili rastúci počet vozidiel (po ukončení ich životnosti - *End of Life Vehicles (ELV)*), pretože predošlá prax ručnej demontáže nemohla v tom čase držať krok ani s relatívne nízkym objemom starých vozidiel.

Dezintegrátory boli konkrétne neustále vyvíjané, aby zvýšili účinnosť, zlepšili čistotu výroby a hlavne dosiahli optimálnu separáciu kovov, obsiahnutých vo vozidle. Mnoho vozidlových súčiastok je vyrobených z neželezných kovov, takých, akými sú meď, hliník a zinok. V dezintegračnom procese sa používa magnetické triedenie, aby sa odstránila magnetická železná frakcia od ostatných materiálov a vylúčené neželezné kovy potom prejdú do ďalších stupňov oddeľovania jedného typu kovu od iného.

Separátory s vírivým prúdom indukujú energiu, ktorá doslova odlučuje jeden neželezný kov od iného a od akýchkoľvek sprievodných materiálov. Iné špičkové technologické zariadenia sa tiež používajú na triedenie dezintegrovaných materiálov, [6].

4.4 Triedička so separačným médiom

V Európskej únii existuje viac ako 40 prevádzok s triediacim médiom. Tieto prevádzky používajú kvapaliny alebo minerálne suspenzie premenlivých špecifických hmotností, ktoré dovoľujú triedeným materiálom plávať, zatiaľ čo tým druhým klesnúť na dno.

Takáto postupnosť rôznych stupňov mediovej separácie v rámci jednej prevádzky môže efektívne oddeľovať materiály jeden od druhého. Triedičky s médiom v súčasnosti opätovne získavajú okolo 99,5% neželezných kovov z dezintegrovaných vozidiel a vývoj smeruje k podchytieniu zvyšného 0,5% [6].

4.5 Rezíduá

Nie všetky oddelené materiály sú bezprostredne využité, niektoré rezíduá sú zvyšné. Sú dva hlavné typy týchto rezíduí: polietavý prach (chuchvalce), zachytávaný prachovým zberným systémom dezintegrátora (tento prach obsahuje čalúnnické vlákna, nečistotu, hrdzu, farby atď.) a nekovové rezíduá (pozostávajúce z nepoužiteľnej gummy, plastov, kameňov atď.) oddeľované triedičkou s médiom od výrobných tokov znovu použiteľných materiálov.

Nasatý prach a oddelené rezíduá spolu predstavujú okolo 17 až 25% priemernej hmotnosti vozidla. To pri skládkovaní predstavuje nie viac než 0,2% celkového skládkovaného odpadu v Európskej únii. Avšak vývoj v technológiách triedenia médiom pokračuje a teraz je možné, aby sa znovu získavali niektoré ďalšie materiály, zatiaľ čo ostávajúce spáliteľné materiály by mohli byť považované za potenciálne palivo. V tejto oblasti pokračuje výskum a vývoj, [6].

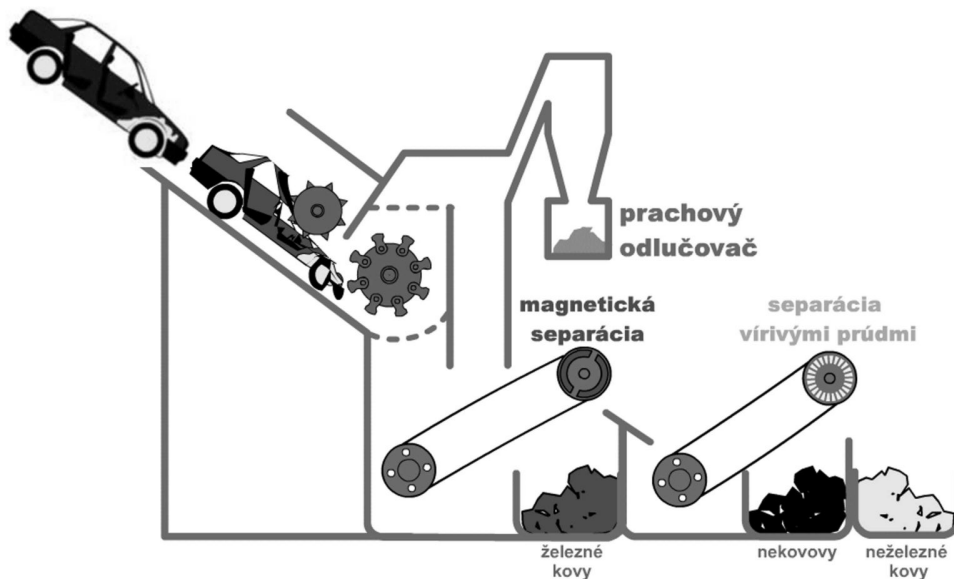
4.6 Ekonomicky efektívne riešenie

Dezintegračná a mediovo-triediaca infraštruktúra Európskej únie je ekonomicky nezávislá, navyše umožňuje spracovať milióny nepotrebných šporákov, práčok a podobných výrobkov dlhodobej spotreby, ktoré by sa inak stali vážnym skládkovacím problémom.

Tieto prevádzky poskytujú prístupne spracované materiály pre spotrebiteľov po celom svete. Tvorí príjem pre vyvážajúce krajiny a (ako druhotné materiály sú v skutočnosti lacnejšie ako základné suroviny). Pritom poskytujú finančný zisk, tomu priemyselnému odvetviu, ktoré ich spotrebúva. Použitie druhotných surovinových materiálov je vysoko prospešné tým, že poskytuje značné energetické úspory a znižuje produkciu emisií, [6].

5. DEZINTEGRÁCIA A MATERIÁLOVÁ SEPARÁCIA

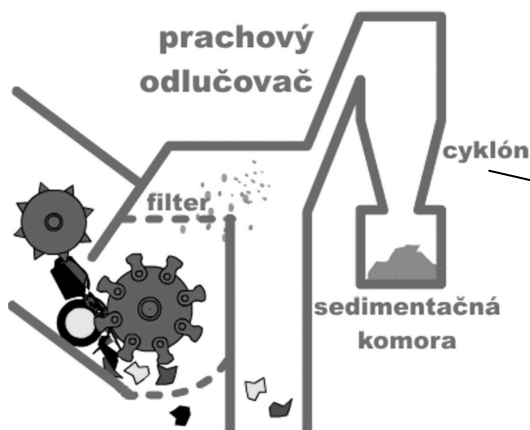
Prvým krokom pri recyklácii starých vozidiel je ich procesná dekontaminácia. Táto technológia recyklácie vyradených vozidiel pozostáva z vypustenia všetkých kvapalín, napr. paliva, motorového oleja, brzdovej kvapaliny, náplne do ostrekovačov, atď. Následne je demontovaný akumulátor, katalyzátor, všetky pneumatiky ako aj airbagy. Dekontaminované vozidlo postupuje na ďalšie spracovanie do dezintegračnej linky, ktorá je schematicky znázornená na Obr.6.



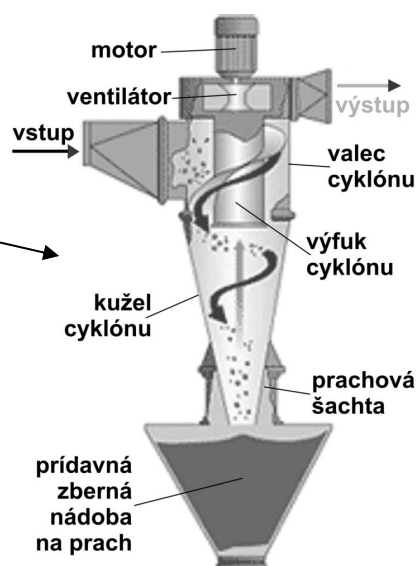
Obr. 6 Dezintegračná linka pre staré vyradené vozidlá [7]

5.1 Systém prachového odlučovania

Po procesnej dekontaminácii je staré vozidlo postupne dezintegrované v dezintegračnej linke, ktorá obsahuje sústavu zariadení, určenú na tento účel. Sústava pozostáva z drvičov, mlynov, perforátorov a sít, Obr.7. Jemné a ľahké dezintegrované materiály sú vzduchovo unášané do prachového odlučovača. Tieto materiály pochádzajú z výplne sedadiel, hlavových opierok, čalúnenia, jemných častíc skorodovaného materiálu, farieb, plastov a prachu. Jemné častice a textilné vlákna sú odsávané cez systém zachytných filtrov z hlavnej časti dezintegračnej linky do cyklónu so sedimentačnou nádržou, Obr.8. Vzduchovo unášané materiály sú zbierané, zhrnutené a prepravované na ďalšie spracovanie alebo na skládku. Uprednostňuje sa ich energetické zhodnotenie.



Obr. 7 Vírové prachové odlučovanie [7]



Obr. 8 Prierez cyklónového odlučovača

prachu [8]

5.2 Magnetická separácia

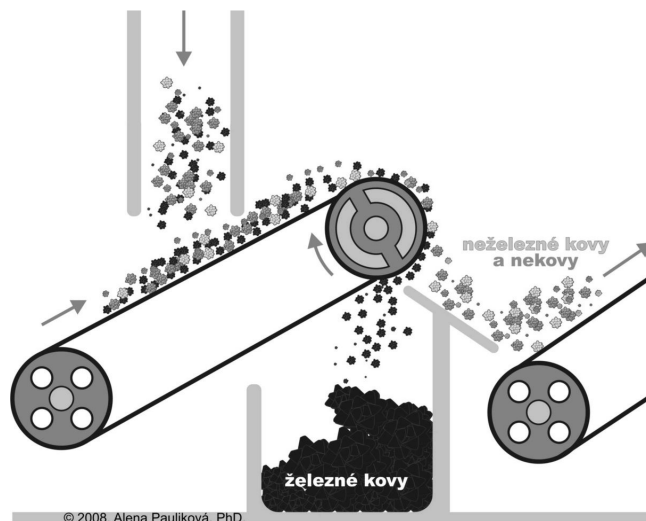
Tento spôsob separácie je založený na rozdielnej magnetickej susceptibilite spracovávaných materiálov. Na základe magnetickej susceptibility môžeme látky rozdeliť do dvoch skupín:

- ⊙ paramagnetické,
- ⊙ diamagnetické.

Paramagnetické látky sú magnetickým poľom priťahované a naopak diamagnetické látky sú magnetickým poľom odpudzované. Látky, ktoré sú silne paramagnetické (napr. železo) patria do zvláštnej skupiny – feromagnetické materiály, [9].

Pri magnetickej separácii v dezintegračnej linke stacionárne magnety separujú železné kovy od antikorovej ocele, neželezných kovov a nekovových materiálov, Obr.9.

Separované železné kovy tvoria veľmi kvalitný šrot pre vsádzku do oceliarskych vysokých pecí. Neželezné kovy (napr. ZORBA, rozsah od 40 do 95 jednotiek) a nekovy (napr. ZORBA, rozsah od 0 do 20 jednotiek) postupujú k ďalšiemu procesnému spracovaniu pomocou separátorov s vírivými prúdmi.



Obr. 9 Princíp magnetickej separácie

Magnetické separátory je možné rozdeliť na základe použitého média na:

- ⊙ suché,
- ⊙ mokré.

Podľa použitých magnetov:

- ⊙ permanentné,
- ⊙ elektromagnety,
- ⊙ supravodivé.

Podľa magnetickeho poľa :

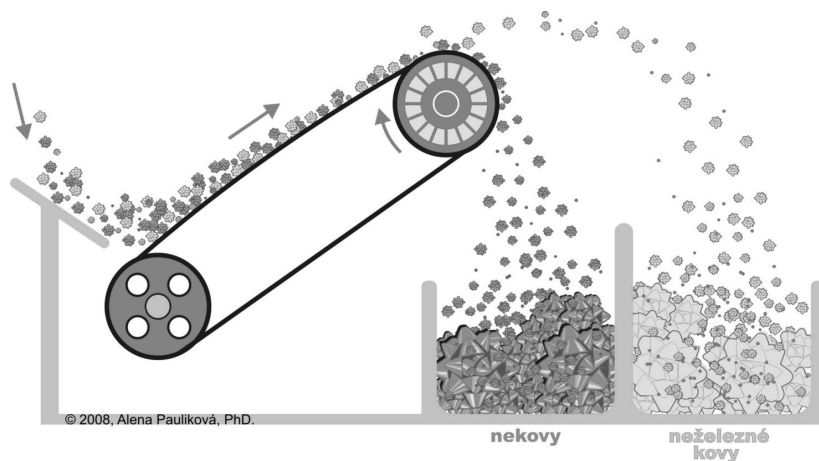
- ⊙ nízkointenzitné,
- ⊙ vysokointenzitné [10].

5.3 Separácia vírivými prúdmi (eddy current separation)

Metóda separácie vírivými prúdmi sa využíva pre získavanie neželezných kovov (Cu, Al, Pb, Zn) z tuhých odpadov a taktiež pre separáciu jednotlivých neželezných kovov zo zmesi neželezných kovov. Používa sa pre separáciu častíc väčších ako 2 mm.

Tieto metódy sú zložené na skutočnosti, že v prípade prechodu vodivej častice premenlivým (pulzujúcim) magnetickým poľom sa v častici indukujú vírivé prúdy. Vzájomné pôsobenie medzi týmito vírivými prúdmi a magnetickým poľom separátora má za následok vznik elektrodynamickej sily (Lorentzová sila), ktorá pôsobí na vodivé častice. V dôsledku pôsobenia tejto sily sa trajektórie častíc nečelezných kovov líšia od trajektórií nekovových častíc [11].

Rýchlo sa pohybujúce magnety oddeľujú jednotlivo nekovy a nečelezné kovy pomocou zdvihnutia a vrhnutia ich častíc do separačných kontajnerov, Obr.10.



Obr. 10 Princíp separácie vírivými prúdmi

Základné parametre, ktoré ovplyvňujú veľkosť Lorentzovej sily, sú:

- ⊙ veľkosť častice,
- ⊙ tvar častice,
- ⊙ pomer elektrickej vodivosti ku mernej hmotnosti [10].

Rozoznávame niekoľko typov separátorov s vírivými prúdmi:

- ⊙ vertikálny bubnový - *VDECS* (*vertical drum eddy-current separator*) [12],
- ⊙ pásovo-bubnový - *BDECS* (*beltdrum eddy-current separator*),
- ⊙ rotačno-bubnový - *RDECS* (*rotating drum eddy-current separator*),
- ⊙ jednodiskový - *SDECS* (*single disc eddy-current separator*),
- ⊙ silový - *HFECS* (*high-force eddy-current separator*) [13],
- ⊙ mokrý – *WECS* (*wet eddy-current separator*) [14].

Pred magnetickou separáciou a separáciou vírivými prúdmi je dôležitá rozmerová úprava materiálov (drvenie a mletie), ako aj triedenie jednotlivých frakcií na základe ich veľkosti (triedenie na sitách) [15].

5.4 Separácia kvapalným médiami

Patrí k mokrym metódam triedenia. Rôznorodé dezintegrované frakcie nekovov a nečelezných kovov, ktoré sme získali separáciou vírivými prúdmi, sa ďalej triedia, aby sa získala čo najväčšia čistota jednotlivých materiálov. Pri triedení využívame aj iné metódy, ale najčastejšie sa používa triedenie jednotlivých frakcií podľa ich hustoty.

Ako triediace médium používame solné roztoky NaCl a $ZnCl_2$, vodu, kvapalný CO_2 , SF_6 a etanol s vodou. Dezintegrované časti po separácii vírivými prúdmi sa nasypú do nádrže so solným

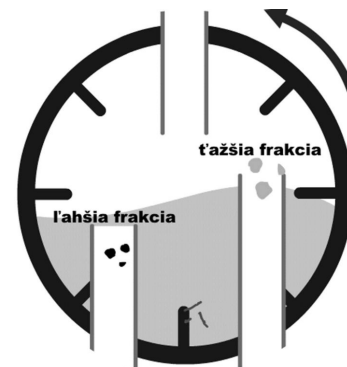
roztokom, kde sa zbavia nečistôt. V nádrži dochádza k oddeľovaniu guma, plastov, horčíka a tenkostenného hliníka ako ľahšej frakcie, tzv. flotátu, od ťažších zložiek: horninových kamienkov, hrubostenného hliníka, medených drôtov a ďalších neželezných kovov, ktoré sú opäť následne ručne alebo automaticky triedené.

Ťažšia usadzovaná frakcia (*sink*) klesá rýchlejšie ku dnu nádrže, kde sa zberá a presúva do inej nádrže so separačným médiom väčšej hustoty. Po oddeľovaní naplaveniny (flotátu, *float*) od usadeniny (*sink*) pokračuje ešte oddeľovanie tuhých častí materiálov od kvapalnej fázy. Výhodou tohto postupu je, že čistota jednotlivých frakcií sa blíži k maximu, t.j. k 99,9%.

Separácia médiom s pomerovou hustotou 2,0.

V prvej etape separácie používame regulovanú kvapalinu s pomerovou hustotou 2,0. V tomto separačnom médiu plávajú dezintegrované materiály nižšej mernej hmotnosti, ktoré sme získali separáciou vírivými prúdmi, [6]:

- ⊙ guma,
- ⊙ plasty,
- ⊙ horčík,
- ⊙ tenkostenný hliník.



obr. 11 Separácia ľahšej a ťažšej frakcie pomocou soľného roztoku [7]

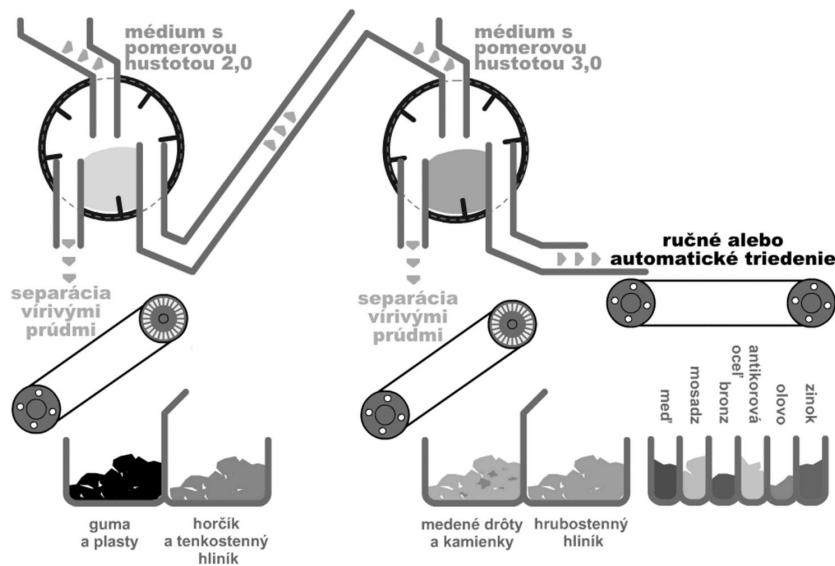
V regulovanej kvapaline ostatné materiály s vyššou mernou tiažou klesajú postupne ku dnu, ako je ilustrované na Obr.11.

V tejto prvej separačnej etape pomocou média sú dezintegrované ťažšie frakcie zo starého vozidla:

- | | |
|-----------------------|-----------------|
| ⊙ horninové kamienky, | ⊙ medené drôty, |
| ⊙ hrubostenný hliník, | ⊙ červená meď, |
| ⊙ mosadz, | ⊙ bronz, |
| ⊙ antikorová oceľ, | ⊙ olovo, |
| ⊙ zinok. | |

Materiály, ktoré patria k ľahšej frakcii, sú následne sušené a opäť triedené do separačných kontajnerov metódou separácie s vírivými prúdmi. Takto oddelíme gumu a plasty od kovov (horčíka a tenkostenného hliníka), [6].

Dezintegrované časti, ktoré patria k ťažšej frakcii, postupujú do susednej nádrže so separačným médiom s pomerovou hustotou 3,0 , ako je znázornené na Obr.12.



Obr. 12 Separácia médium s rozdielnymi pomerovými hustotami [7]

Separácia médium s pomerovou hustotou 3,0.

V druhej etape separácie používame regulovanú kvapalinu s pomerovou hustotou 3,0. V tomto separačnom médiu teraz plávajú dezintegrované materiály vyššej mernej hmotnosti, ktoré sme získali v prvej etape separácie médium.

Táto prvostupňová ťažšia frakcia sa médium soľného roztoku opäť rozdelí podľa svojej mernej hmotnosti na druhostupňovú ľahkú frakciu, ktorá je tvorená malými kamienkami, medenými drôťmi a hrubostenným hliníkom. Druhostupňová ťažká frakcia obsahuje červenú meď, antikorovú oceľ, mosadz, bronz, zinok a olovo.

Materiály, ktoré patria k ľahkej frakcii, sú následne sušené a znovu triedené do určených separačných kontajnerov pomocou metódy separácie s vírivými prúdmi. Takto oddelíme medené drôty a malé horninové kamienky od hrubostenného hliníka.

Dezintegrované časti, ktoré patria k najťažšej frakcii, postupujú smerom na pásový dopravník, kde môžu byť automaticky alebo ručne triedené na jednotlivé kovy a zliatiny kovov, [6].

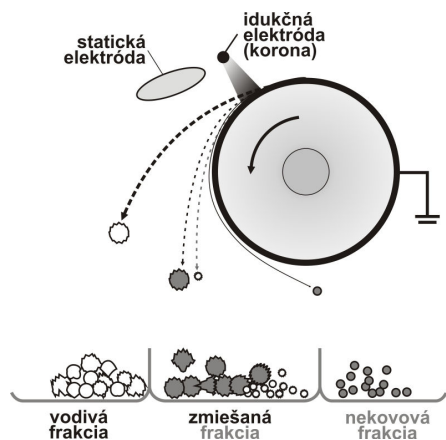
5.5 Elektrostatická separácia

Elektrostatická separácia je založená na rozdielnej elektrickej vodivosti rôznych materiálov. Princíp tejto separácie je znázornený na Obr. 13.

Elektrostatický separátor oddeľuje vodivú zložku od nevodivej. Tento spôsob separácie sa výhodne využíva pre jemné častice. Zariadenie obsahuje dve elektródy s jednosmerným elektrickým prúdom. Prvá elektróda je indukčná (indukuje vo vodivých časticách náboj) a druhá elektróda (statická) tieto nabitú častice priťahuje, čím mení trajektóriu ich pohybu pri separácii.

Extrémne rozdiely v elektrickej vodivosti alebo mernom elektrickom odpore poskytujú výborné podmienky pre implementáciu tohto spôsobu separácie pri spracovaní jemnej dezintegrovannej frakcie.

Táto separácia sa v súčasnosti využíva hlavne pri získavaní medi alebo hliníka z rozsekaných elektrických káblov a pri získavaní medi a ušľachtilých kovov [17].



Obr. 13 Elektrostatická separácia [16]

6. SPRACOVANIE STARÝCH VOZIDIEL

Spracovanie a nakladanie sa týka všetkých vozidiel, vrátane ich častí a materiálov, a to bez ohľadu na to, aká údržba a aké opravy sa vykonávali na vozidle počas jeho používania. Nezohľadňuje sa ani, či ide o auto v plnej výbave, ktorú dodal výrobca automobilu, alebo v takej výbave, ktorú si držiteľ prípadne užívateľ previedol sám v súlade s predpismi na údržbu alebo opravu motorových vozidiel.

Aby sa uvedené povinnosti riadne plnili, je potrebné poznať odpoveď aj na otázku: „Kedy je vozidlo staré?“ Ide o relatívny pojem, ale podľa zákona sa vozidlo považuje za staré vtedy, keď sa vyradí z evidencie vozidiel, respektíve vtedy, ak je bez štátnych poznávacích značiek odstavené dlhšie ako 30 dní na ceste alebo inom verejnom priestranstve. Ak držiteľ, alebo vo vymedzených prípadoch odvodný úrad životného prostredia, neurčí inak, staré vozidlo sa stáva odpadom.

Odovzdaním starého vozidla autorizovanému spracovateľovi začína proces jeho spracovania, teda činnosť, ktorá zabezpečuje odstránenie znečistenia týmto vozidlom, rozobratie, rozdelenie, zošrotovanie, zhodnotenie, prípravu na zneškodňovanie odpadov z dezintegračného zariadenia a ďalšie činnosti vykonávané za účelom zhodnotenia alebo zneškodnenia starého vozidla alebo jeho častí.

Ochranári životného prostredia sa usilujú o preventívne opatrenia smerujúce ku zníženiu množstva a škodlivosti starých vozidiel a materiálov a látok v nich obsiahnutých. Darí sa im to pomocou zberu pred odovzdaním na spracovanie spracovateľovi, [18].

7. ZÁVER

Vo vyspelých štátoch Európy je samozrejmosťou, že držiteľ starého vozidla sa sám postará o jeho odstránenie. Dobrovoľne znáša aj náklady na jeho „ekologické“ odstránenie, prípadne, ak to legislatíva členskej krajiny Európskej únie (EÚ) umožňuje, je táto služba zadarmo.

Na Slovensku je najväčším problémom myslenie slovenského občana. Ten je síce moderným Európanom zemepisne, ale nie svojím správaním – ak niečo nepotrebujem, tak odstránenie riešim sám, pretože beriem na seba zodpovednosť za vlastný majetok, ako aj za svoju budúcnosť, [18].

V súvislosti so životnosťou automobilov, bol v rámci EÚ prijatý legislatívny dokument, podľa ktorého sú od roku 2001 výrobcovia priamo zodpovední za recykláciu všetkých predaných vozidiel. Nová smernica EÚ o recyklácii starých vozidiel predpisuje, že všetky nové modely, ktoré sa dostanú na trh v EÚ po 1. 1. 2005, musia byť na 95% recyklovateľné. Maximálne 10 hmotnostných % z toho môže byť použitých na energetické využitie, pričom maximálne 5% môže zostať po spálení ako skládkový odpad.

Okrem toho EÚ predpisuje automobilovým výrobcam pevné recyklačné kvóty pre všetky už povolené motorové vozidlá. Do roku 2006 musí byť znovu zúžitkových minimálne 85 hmotnostných %, najviac 5% môže byť spálených, pričom maximálne 15% môže putovať na skládku odpadu. Do roku 2015 sú hranice stanovené dokonca na 95% pre recykláciu a len 5% na skládku. Tieto podmienky budú nútiť k výrobe komponentov s nižšou náročnosťou na demontáž, [2].

Vstupom Slovenska do EÚ a prijatím nových legislatívnych úprav v oblasti recyklačných technológií a environmentálnej ochrany vznikol stred záujmov, ktorý môžeme pomenovať: *slovenský automobilizmus* (so všetkými jeho dôsledkami) *kontra naše životné prostredie*.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] Zákona č. 409/2006 Z. z o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- [2] Badida, M. - Chovancová, J.: Recyklácia vozidiel : KEGA 3/2155/04. Košice: SJF-TU, 2006. 49 s.
- [3] Daniel, E.J.: New Recycling Process Reclaims More Usable Materials from End-of-Life Vehicles. CRADA for Sustainable Recycling of End-of-Life Vehicles, www.plastics-car.com; dostupné na internete: [7.7.2008]
- [4] STN 656690: Odpadové oleje; platná od 1. 6. 2007
- [5] Komoditný program sektora opotrebovaných batérií a akumulátorov, www.recfond.sk; dostupné na internete: [7.7.2008]
- [6] <http://www.bir.org/aboutrecycling/index.asp>; dostupné na internete, [23.06.2008]
- [7] <http://www.bir.org/aboutrecycling/EOLV/index.asp>; dostupné na internete, [20.06.2008]
- [8] <http://www.breathepureair.com/dust-collectors-cyclone.html>; dostupné na internete, [7.7.2008]
- [9] Ramachandra, R.S.: Resource Recovery and Recycling from Metallurgical wastes, Waste management series 7, ISBN-13: 978-0-08-045131-2, 2006
- [10] Tohka, A., Lehto, H.: Mechanical and Thermal Recycling of Waste from Electric and Electrical Equipment; <http://eny.hut.fi/library/publications/tkk-eny/TKK-ENY-25.pdf> , dostupné na internete [7.7.2008]
- [11] Schlett, Z., Lungu, M.: Eddy-current separator with inclined magnetic disc, Mineral Engineering 15 (2002); 365-367p.
- [12] Lungu, M., Schlett, Z.: Vertical drum eddy-current separator with permanent magnets, Int. Miner. Process. 63 (2001); 207-216p.
- [13] Zhang, S.a kol: Separation mechanisms and criteria rotating eddy-current separator operation, Resources, Conservation and Recycling 25 (1999); 215-232p.
- [14] Köhnlechner, R. a kol: A new wet Eddy-current separator, Resources, Conservation and Recycling 37 (2002); 55-60p.
- [15] Kukurugya, F. - Oráč, D. - Havlík, T.: Možnosti fyzikálnej separácie zložiek z vyradených dostiek plošných spojov.HF, TU v Košiciach, <http://web.tuke.sk/hf-knkaso/slovak/konferencie/stofko%20jubileum/pdf/Kukurugya2.pdf>; dostupné na internete: [23.06.2008]
- [16] Badida, M. - Pauliková, A.: Recyklácia plastov, KEGA 3/2155/04. Košice, SJF-TU, 2006. 63 s. ISBN 80-8073-577-8.
- [17] Veit, H.M.a kol.: Utilization of magnetic and electrostatic separation in the recycling of printed circuit boards scrap, Waste Management 25 (2005) 67 – 74p.
- [18] Pauliková, A.: Podľa práva: Keď vozidlo zostarne. Automotive Engineering Journal, 1/2008, 1. ročník, JF Media, Bratislava, s. 108-109. ISSN 1337-7671.

RUSKO, M. – BALOG, K. [Eds.] 2007:

Manažérstvo životného prostredia 2007 ▼▲▼ Management of Environment '2007
zo VII. konferencie so zahraničnou účasťou konanej 5. - 6. 1. 2007 v Jaslovských Bohuniach
Proceedings of the International Conference, Jaslovské Bohunice, 5-6 January 2007
Žilina: Strix et VeV. Prvé vydanie. ISBN 978-80-89281-18-3.

ADRESA AUTORA

doc. Ing. Alena Pauliková, PhD., Technická univerzita, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky a riadenia procesov, Park Komenského 5, 042 00 Košice, Slovenská republika, , e-mail: >alena.paulikova@tuke.sk<

RECENZENT

dr.h.c. prof. Dr. Janko Hodolič, University of Novi Sad, Faculty of Technical Science, Trg. Dositeja Obradoviča 6, 21000 Novi Sad, Serbia – Srbsko, e-mail: >hodolic@uns.ns.ac.yu<