

PROBLEMATIKA RECIKLIRANJA ALUMINIJUMA U AUTOMOBILSKOJ INDUSTRIJI

Mr Goran Radulović, dipl. ing.

„CCMF“ - compagny construction metallique et fabrication limited, FRANCE

Aluminijum se u automobilskoj industriji smatra materijalom budućnosti. U današnje vreme povećane ekološke svesti i nepoštedne trke u ekonomičnosti, ovaj metal se, sa svojim izvanrednim tehničkim karakteristikama, uz ekološki prihvatljivu tehnologiju recikliranja, pokazao kao idealan materijal. Pa ipak, problematika u ovom domenu ostaje veoma složena.

Ključne reči : aluminijum, plan recikliranja, recikliranje automobila

UVOD

U poslednjih dvadesetak godina prosečna masa automobila se značajno povećala zahvaljujući raznim sistemima i uređajima ugrađenim u vozilo, u cilju povećanja sigurnosti i komfora. U isto vreme, usled konstantnog porasta cene nafte i sve veće zagađenosti atmosfere izduvnim gasovima, jedan od osnovnih zadataka postavljenih pred konstruktore automobila postala je redukcija prosečne potrošnje goriva. Pritisnuta ovim činjenicama, a da bi smanjila efekat „staklene bašte“, Asocijacija evropskih proizvođača automobila se obavezala na smanjenje emisije CO₂ do 2008. godine, na 140 g/km, što odgovara prosečnoj potrošnji goriva automobila od 5,6 l/100 km [EAA1 03].

Kao rešenje za zadovoljenje ovih uslova nametnulo se smanjenje težine vozila povećanom upotrebom lakih materijala. U prilog ovome govori činjenica da je za svako smanjenje mase vozila od 100 kg, moguće smanjiti njegovu potrošnju goriva za između 0,4 i 0,6 l/100km [EAA1 03].

Zahvaljujući svojim tehničkim karakteristikama, maloj specifičnoj masi i ekonomski i ekološki prihvatljivoj tehnologiji recikliranja, aluminijum se pokazao kao odlično rešenje. Prema podacima konstruktora automobila, korišćenjem aluminijuma umesto čelika moguće je reducirati masu pojedinih automobilskih delova za do 55% [GES 01].

Uz to, za recikliranje ovog materijala, koristi se samo oko 5% energije potrebne za proizvodnju primarnog aluminijuma elektrolizom boksita [EAA 03].

Evidentna posledica ovoga je značajan i konstantan porast količine aluminijuma u proizvodnji automobila u poslednjih dvadesetak godina, a to je naročito izraženo kod automobila viših kategorija. Prosečna količina aluminijuma ugrađena u novi automobil popela se sa 60 kg iz godine 1995., na 130 kg 2005., da bi očekivana količina trebala dostići 200 kg godine 2015. [EAA 03]. Kod automobila čija se noseća struktura izrađuje od aluminijuma (Audi, Jaguar), ta količina može premašiti i 500 kg. Evropska automobilska industrija danas utroši oko 3.9 miliona tona aluminijuma godišnje, od čega više od 60 % dolazi od sekundarnog aluminijuma dobijenog recikliranjem.

EVROPSKA DIREKTIVA 2000/53/CE

Veoma značajan uticaj na oblast recikliranja a i na celokupnu evropsku automobilsku industriju izvršila je Direktiva Evropske Unije 2000/53/CE od 18. septembra 2000. godine, koja se odnosi na automobile na kraju njihovog životnog veka. Direktivom je propisano da je svaki proizvođač, dakle zagađivač, odgovoran za adekvatni tretman automobila na kraju njegovog životnog veka. Propisane su norme sigurnosti tehnologija, te norme emisije u vazduh, vodu i tlo i emisije buke tokom svih faza životnog veka automobila. Između ostalog, od 1. jula 2003. zabranjeni su određeni elementi u proizvodnji novih automobila (olovo, merkur, kadmijum i hrom 6).

Nadalje su precizirani obavezni minimalni stepeni valorizacije (recikliranje ili ponovna upotreba + energetska iskorišćenje) i recikliranja za pojedine periode.

Prema direktivi, stepen valorizacije i stepen recikliranja, do godine 2006., moraju dostići respektivno 85% i 80%, (za vozila proizvedena pre 1980. godine respektivno 75% i 70%), te

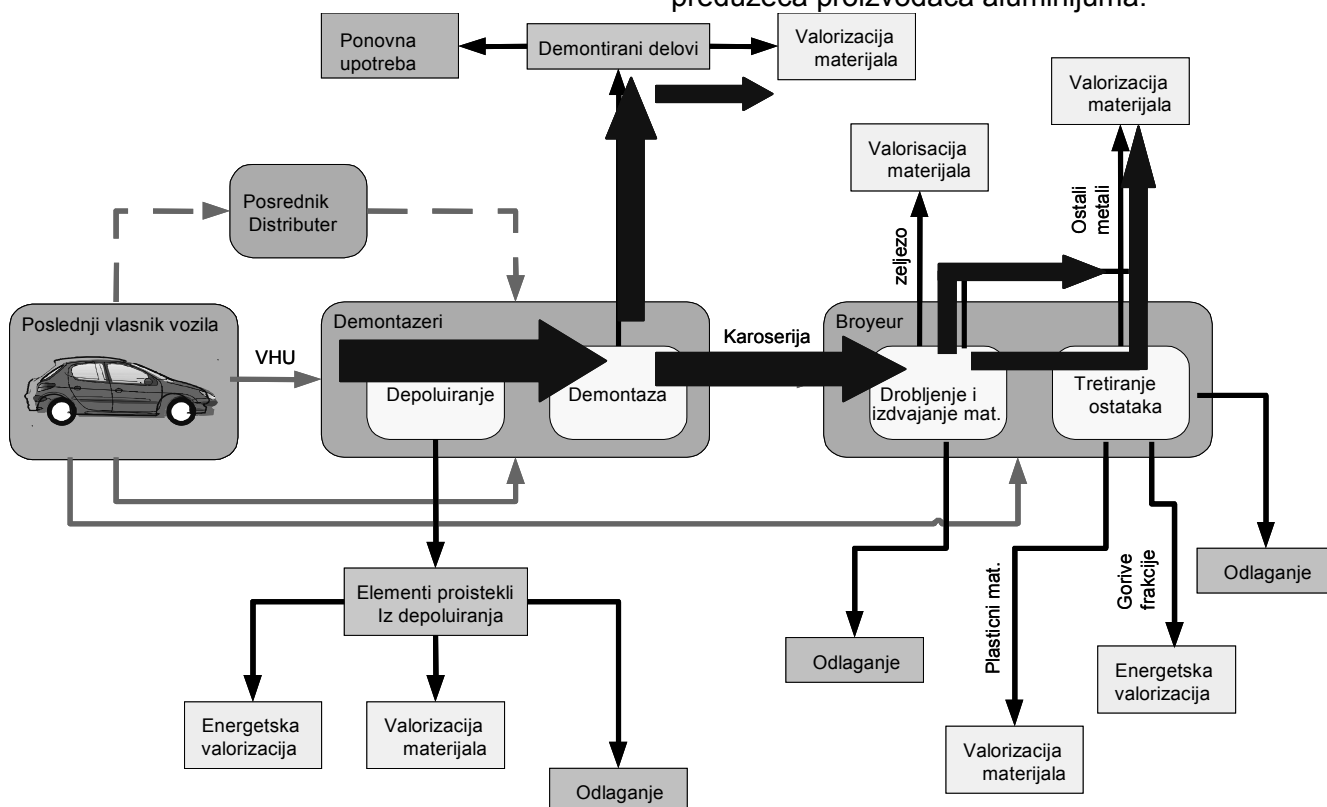
95% i 90% do godine 2012.. Za ispunjenje ovih normi i troškove tretmana, koji se po proceni kreću od 0 do 73 evra po vozilu [EUR 03], odgovoran je proizvođač. Da bi se osiguralo sprovođenje direktive, propisano je da zadnji vlasnik ne može ođaviti vozilo bez potvrde o njegovom daljem ekološki adekvatnom tretmanu. Ova direktiva je obavezujuća i nalazi se u svim lokalnim zakonima pojedinih država, a garant sprovođenja je sama država članica. [EUR 00], [EUR 03]

PROCES RECIKLIRANJA VOZILA

Prilikom sprovođenja analize životnog ciklusa aluminijuma u automobilske industriji (LCA-Life Cycle Analyses) razlikujemo sledeće osnovne faze: proizvodnja aluminijuma, proizvodnja automobila, korišćenje automobila, demontaža delova i priprema za drobljenje, drobljenje automobila (zajedno sa drugim metalnim otpadom) i izdvajanje sekundarnih sirovina, i rafiniranje izdvojenog aluminijuma.

Kao što je prikazano na shemi aktuelnog proce-

sa recikliranja (1), poslednji vlasnik vozila (privatno lice, preduzeće ili preprodavac) predaje automobil preduzećima koja se bave demontiranjem vozila i preprodajom rezervnih delova i sirovina. Ti demontažeri ispuštaju tehničke tečnosti iz vozila (gorivo, maziva, tečnosti za hlađenje i pranje stakala), demontiraju punjenja vazdušnih jastuka (zbog opasnosti od eksplozije u masini za drobljenje), skidaju akumulatore, katalitičke lonce i amortizere. Zatim demontiraju razne delove od kojih neki idu na doradu i prodaju se kao polovni, dok se drugi (bakar, aluminijum) prodaju direktno kao sekundarne sirovine. Usled smanjene potražnje za polovnim delovima, upravo ovaj vid demontaže sekundarnih sirovina poprima sve veće dimenzije. Nosača struktura vozila sa ostatkom delova odvozi se potom u firme koja se bave drobljenjem automobila, izdvajanjem materijala i preprodajom sekundarnih sirovina. Izdvojeni aluminijum se, pre ponovne upotrebe, tretira u postrojenjima za pročišćavanje, koja mogu biti u sklopu posebnih preduzeća ili u sklopu preduzeća proizvođača aluminijuma.



Shema 1: Proces recikliranja automobila i relevantni fluks aluminijuma

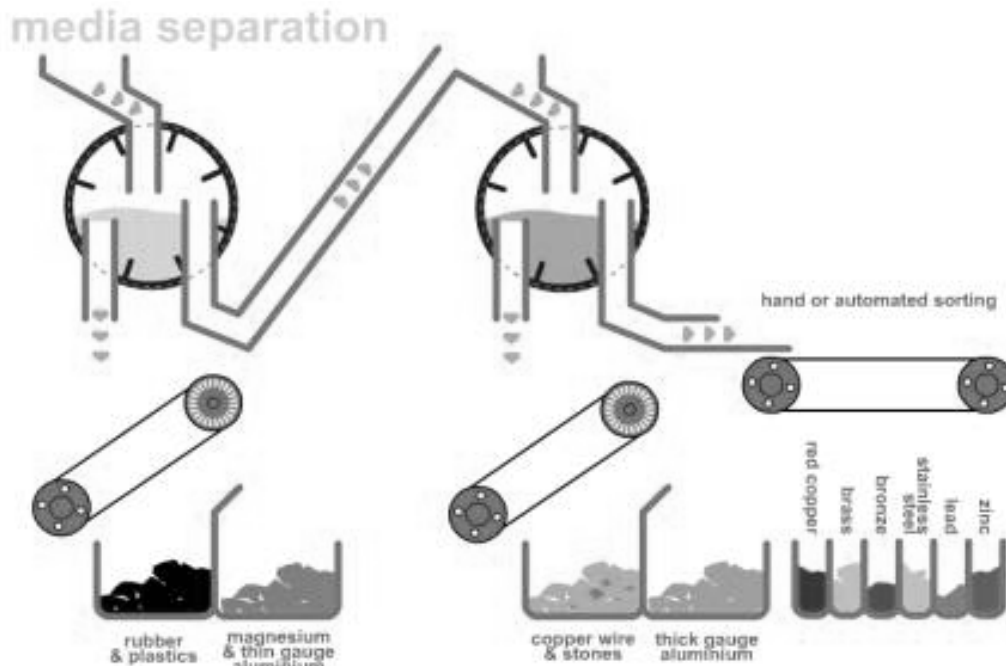
Na shemama (2, 3 i 4), prikazana je tehnologija izdvajanja sekundarnih sirovina koja se trenutno koristi u Evropskoj Uniji i Severnoj Americi. Automobili se drobe zajedno sa ostalim, takođe prethodno depoluiranim, metalnim otpadom (bela tehnika, metalne konstrukcije, razne mašine,

plovila itd.) u velikim drobilicama (broyeur, schredder). Nakon drobljenja najpre se izdvaja gvožđe uz pomoć elektromagnetnih separatora. Zatim se različiti materijali izdvajaju u posebnim kanalima sa tečnostima (likerima) različite gustine podešene po nivoima (gustina 2,7 za aluminijum).

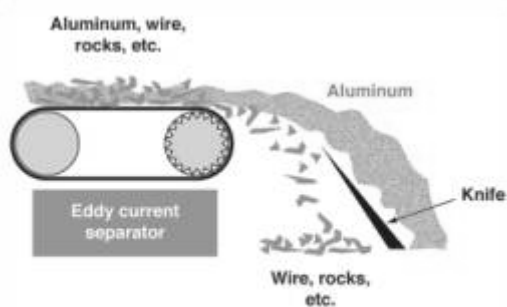
Nakon sušenja, izdvajanje metala gvožđa se vrši na separatorima koji rade na principu Fukoovih struja (Eddy current separators) (shema 4). Tu se induciranjem napona u različitim metalima oni odbacuju sa pokretnih traka na različite daljine, u odvojene kontejnere. Aluminijumski delovi još uvek spojeni sa drugim materijalima, ponovo se drobe i izdvajaju na se-

paratorima sa Fukoovim strujama.

Prethodno opisanim metodama, danas se izdvoji oko 98 % metala sadržanih u vozilima [FRA 02]. Trenutno je moguće izdvojiti između 50 i 60 kg aluminijuma po vozilu na kraju životnog veka, što predstavlja između 35 i 50 % njegove materijalne vrednosti [EAA03].

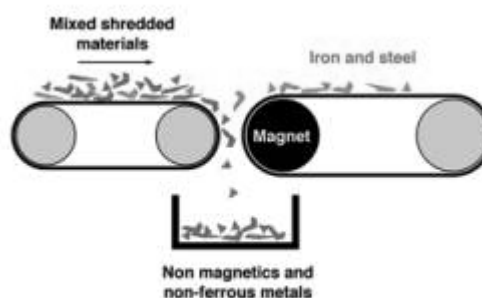


Shema 2: razdvajanje materijala uz pomoć « likera » različite gustoće



Source reference: Huron Valley Steel Corporation

Shema 3: elektromagnetni separatori za čelik



Source reference: Huron Valley Steel Corporation

Shema 4: Separatori Fukoovim strujama

Maksimalne dimenzije komada nakon procesa drobljenja danas su manje su od 100 milimetara, što podrazumeva da neki delovi od različitih materijala ostaju još uvek spojeni nakon izdvajanja. Ovo dovodi do pada kvaliteta rekuperiranih materijala.

Postoje razne, uglavnom eksperimentalne metode za tačnije izdvajanje metala od nečistoća i za razdvajanje različitih aluminijumskih legura od kojih možemo spomenuti one najznačajnije :

izdvajanje uz pomoć lasera, spektroskopijom, ili pomoću likera povećane tačnosti gustine. Ove tehnologije su, pored tehničkih i tehnoloških problema, još uvek samo u fazi prototipa iz razloga nepovoljnog odnosa potrebnih investicija i ostvarene dobiti podizanjem kvaliteta sekundarnog materijala. Razlog ovome je trenutna visoka cena sekundarnih metala nastala usled ogromne potražnje, prvenstveno iz zemalja istočne Azije.

PROBLEMATIKA REZIDUELNIH MATERIJALA

Automobilska industrija danas koristi veoma širok spektar aluminijumskih legura. U tabeli (1), prikazane su njihove osnovne familije i pri-meri primene raznih legura za automobilske delove.

Familije aluminijumskih legura		
Kovačke legure	Glavni legirajući element	Primeri primene
1XXX	nijedan	1050A - Hladnjaci
2XXX	Bakar	
3XXX	Mangan	3003 – Toplotni štitnici, 3103 - Cevi
4XXX	Silicijum	
5XXX	Magnezijum	5454 - Naplatci
6XXX	Magnezijum i Silicijum	6016 – Vrata, Krila, Poklopci motora
7XXX	Cink (i Bakar)	7072 – Hladnjaci
Legure za livenje		
1XXX0	nijedan	
2XXX0	Bakar	
4XXX0	Silicijum	46000 – Blok motora
5XXX0	Magnezijum	
7XXX0	Cink (i Bakar)	

Tabela 1: Vrste aluminijumskih legura

Postoji sedam osnovnih grupa kovačkih legura (tu spadaju legure za kovanje, presovanje i izvlačenje) i pet grupa legura za livenje, koje su određene prema glavnom legirajućem elementu (zastupljenom u nivou od 1 do 7 procenata). Kovačke legure u pravilu, zahtevaju relativno veliku čistoću i preciznost u pogledu hemijskog sastava, tako da se danas uglavnom proizvode od primarnog aluminijuma ili recikliranjem otpada nastalog pri procesu fabrikacije. Većina legura za livenje koje se upotrebljavaju u automobilskoj industriji (blokovi i glave motora) dopuštaju značajnu količinu raznih nečistoća. Te legure (na bazi Al-Si ili Al-Si-Cu) u velikoj se meri proizvode od sekundarnog aluminijuma i zadovoljavaju oko 80% potreba automobilske industrije, dok na kovačke legure danas otpada tek 20 %. Treba naglasiti, da u zadnje vreme, usled povećanih zahteva za performansama motora i većih radnih opterećenja raste potreba za upotrebom legura za livenje znatno preciznijeg hemijskog sastava.

Aluminijum izdvojen nakon drobljenja vozila i prethodnom demontažom je mešavina raznih aluminijumskih legura i raznih reziduelnih nečistoća proisteklih od prethodno spojenih delova. Pre ponovne upotrebe ovaj metal se dalje pročišćava od oksida i određenih reziduelnih elemenata različitim postupcima čiji troškovi, sa današnjom tehnologijom mogu dostići i do 30 % od prodajne cene legura [HER 03].

Usled pomenutih nečistoća, ali i mešanja raznih nekompatibilnih legura, izdvojeni aluminijum značajno gubi na tehničkim karakteristikama a time i na materijalnoj vrednosti. Budući da su mogućnosti pročišćavanja limitirane tehnološki i ekonomski, reciklirani aluminijum se danas upotrebljava za sekundarne livene legure koje ne zahtevaju visok stepen tačnosti hemijskog sastava. Najveći konzument ovakvog materijala upravo je automobilska industrija.

Od reziduelnih elemenata, najznačajniji zagađivač sekundarnog aluminijuma je svakako gvožđe, koje se lako i brzo otapa u tečnom aluminijumu kad temperatura pređe 750°C. Budući da je veoma teško i ekonomski nemoguće eliminisati gvožđe rastopljeno u sekundarnom aluminijumu, neophodno ga je izdvojiti iz Al ili u hladnom stanju ili selektivnim taljenjem tj. dilucijom. Ostali značajniji zagađivači su: bakar, cink, olovo, magnezijum i silicijum itd. U tabeli (2), dati su najvažniji reziduelni elementi, njihov uticaj na legure i mogućnosti njihovog odstranjivanja.

Pored reziduelnih elemenata, dodatni problem pri recikliranju aluminijuma je svakako mešanje raznih nekompatibilnih legura. Kao primer možemo uzeti aluminijumski poklopac motora, koji se najčešće izrađuje iz dva dela. Za spoljašnji deo, koji zahteva blagu zakrivljenost i visi kvalitet površine, kod evropskih proizvođača cesto se koristi legura tipa 6016T4.

Unutrašnji deo poklopca, koji je složenog geometrijskog oblika i zahteva veću deformabilnost, najčešće se izrađuju od legura 5182-O, 5052-O ili 5754-O. Iz tabele (3) hemijskih sastava ovih legura vidljivo je da količina silicijuma u leguri 6016T4 znatno premašuje dozvoljenu količinu u legura-ma serije 5000. U isto vreme, količina magne-zijuma u

legurama tipa 5000 također znatno premašuje dozvoljenu količinu u legura-ma tipa 6000. Kao rezultat, mešanje ove dve serije legura direktno onemogućava njihovo recikliranje u legure istog tipa sto podrazumeva upotrebu primarnog aluminijuma. Sličan problem se javlja kod ostalih delova karoserije (vrata, krilo), ali i kod drugih aluminijumskih delova.

Nečistoća	Uticao na legure	Mogućnosti odstranjivanja
Fe	Čini leguru lomljivom i omogućuje stvaranje šupljina u odlivku	Odstranjivanje u hladnom stanju ili dilucijom
Zn	Čini leguru lomljivom, povećava oksidaciju tečnog metala	Odstranjivanje u hladnom stanju ili dilucijom
Cu	Smanjuje otpornost na koroziju, smanjuje zavarljivost, smanjuje istezljivost	Odstranjivanje u hladnom stanju ili dilucijom
Pb	Čini leguru lomljivom, smanjuje sposobnost legiranja sa Sr i Na	Odstranjivanje u hladnom stanju ili dilucijom
Sn	Čini leguru lomljivom smanjuje sposobnost legiranja sa Sr i Na	Odstranjivanje u hladnom stanju ili dilucijom
Mg	Otvrdnjava leguru i povećava oksidaciju	Hloriranjem i tretman solima
Ca, Na	Povećava oksidaciju i lepljivost za kalup	Hloriranjem i tretman solima

Tabela 2: Rezidualni elementi i njihov uticaj na legure Al

Alliage	Mg	Si	Mn	Fe	Cu	Zn	Rest
6016	0.25-0.6	1-1.5	0.2	0.5	0.2	0.2	0.4
5052	2.2-2.8	0.25	0.1	0.4	0.1	0.1	0.45
5182	4-5	0.2	0.2-0.5	0.35	0.15	0.25	0.35
5754	2.3-3.6	0.4	0.5	0.4	0.1	0.2	0.6
6181	0.6-1	0.8-1.2	0.15	0.45	0.1	0.2	0.35
6111	0.5-1	0.6-1.1	0.1-0.45	0.4	0.5-0.9	0.15	0.55

Tabela 3: Hemijski sastav legura koje se koriste za izradu poklopca motora

EKONOMSKO POLITIČKA SITUACIJA

Iz prethodno pokazanog vidimo da usled niskog kvaliteta rekuperiranog aluminijuma nakon procesa drobljenja, nije moguće njegovo recikliranje u isti tip legura niti u legure koje zahtevaju precizan hemijski sastav.

Trenutna potražnja tržišta za sekundarnim aluminijumom postojećeg kvaliteta prevazilazi ukupne količine dobijene izvajanjem iz otpada (automobilskog, građevinskog, industrijski, itd.). Sa druge strane, zahtevi za smanjenjem mase vozila i povećanjem performansi motora stva-

raju rastuću potrebu za kovačkim legurama i legurama za livenje visokog kvaliteta. Prema raznim studijama [HUV01], [EAA04], u sledećih deset godina količina sekundarnog aluminijumskog miksa dobijenog iz otpada mogla bi prevazići potrebu automobilske industrije, ukoliko ne bi bilo izvoza. Američke studije [HUV01], [HUV02], pokazuju da se takva situacija može očekivati i ranije. Trenutna situacija je ipak takva da potražnja za sekundarnim metalima iz istočnih zemalja, a naročito Kine, ne samo da apsorbira sve postojeće količine sekundarnog aluminijuma već mu i podiže cenu na nivo koji

se približava ceni primarnog metala. Postojeće stanje je uslovljeno aktuelnim zakonima koji dozvoljavaju izvoz sekundarnih sirovina van Evropske Unije, a o kojima već nagoveštavaju debate. U ovim uslovima, proizvođači aluminijuma nisu spremni da plate razliku u ceni snabdevačima sekundarnim metalima za podizanje kvaliteta rekuperiranog aluminijuma. Budući da su u postrojenja za preradu boksita elektrolizom uložili ogromne investicije, njihov prvenstveni interes ostaje proizvodnja primarnog metala.

Nasuprot trenutnoj situaciji, a uzimajući u obzir direktivu 2000/53/CE, evidentan je interes proizvođača automobila da smanje troškove recikliranja i da povećaju vrednost materijala sadržanih u vozilima na kraju njihovog životnog veka. Postoje brojne akcije proizvođača aluminijuma i proizvođača automobila u vidu projekata poboljšanja kvaliteta recikliranog aluminijuma i mogućnostima njegove šire upotrebe u budućnosti (nove vrste legura pogodnih za recikliranje, nove metode recikliranja, nove metode koncepcije automobila) [EAA04]. Neophodnost ovih akcija poboljšanja je nesumnjiva imajući u vidu stalni porast materijalne vrednosti i potražnje ovog metala u miljeu sve strožijih ekoloških ograničenja.

KONCEPCIJA ZA RECIKLIRANJE

Kao jedno od rešenja, nametnulo se preventivno koncipiranje automobilskih delova i vozila u celini, u cilju olakšanja i poboljšanja recikliranja sekundarnih materijala.

Postoje razna uputstva za eko-koncepciju (poboljšanje recikliranja) u obliku kompjuterskih programa ili tabela. Možemo navesti neke primere: Advisor For Component Design – procena kompatibilnosti materijala i tehnika spajanja delova, DEMROP- evaluacija različitih scenarija recikliranja, Design For Environment et Ecodesign Tool, ELDA, LASER, The Cambridge Eco-Selector (CES), euroMAT, ImSelection, EIME, itd. [BUT04]. Ovi programi su danas još uvek malo primenjeni u automobilskoj industriji te se koncepcija za recikliranje svodi na znanja i iskustva inženjera konstruktora. Programi za olakšanje demontaže delova (AMETIDE, ReGrEd/DisPlay, ReStar, P2-EDGE), su u daleko većoj upotrebi [BUT04]. Da bi olakšali demontiranje automobila iz svoje ponude, određeni proizvođači su izradili posebna uputstva za demontažu u obliku CD-a (IDIS-CD ROM) [LUC01].

Da bi se odredila odgovarajuća pravila pri konstruisanju vozila koja će olakšati njihovo recikliranje na kraju životnog veka, što je u Evropskoj Uniji za oko 12 do 14 godina prosečno [EAA04], potrebno je poznavati budući scenario recikliranja. Ovo poslednje je veoma teško predvideti iz više razloga: brojne nove tehnologije recikliranja trenutno u fazi ispitivanja (recikliranje hladnom fuzijom [SAM03], totalna demontaža [NIS03], itd.), sve striktniji zakoni vezani za zaštitu okoline i trgovinu metalima, razvoj konkurentnih materijala (Mg, plastike, alu-kompoziti), ubrzana industrijalizacija, nepredvidiva tržišta nafte i automobila itd. Uz to različiti učesnici kružnog ciklusa aluminijuma imaju različite poglede i interese po pitanju budućeg scenarija recikliranja kao i raspodele troškova primene direktive 2000/53/CE.

U okviru projekta za poboljšanje recikliranja aluminijuma i čelika, nazvanog CR2A [RAD04], pokušano je da se pronađe rešenje za ovaj problem. Treba naglasiti da je projekat izrađen zajedničkom saradnjom fakulteta ENSAM-Pariz, proizvođača aluminijuma (Péchiney-Alcan) i čelika (Arcelor), proizvođača automobila i delova (PSA, Renault, Faurecia), te reciklatora (CFF, Galloo-Metal, INDRA) a pod pokroviteljstvom nacionalne agencije za zaštitu životne sredine ANVAR, upravo u cilju da se razmotre pogledi i uvažavaju stavovi svih učesnika ciklusa.

U sklopu pomenutog projekta, razmatrana su tri moguća buduća scenarija recikliranja:

Prvi pretpostavlja drobljenje kompletnog vozila, bez prethodne demontaže delova. Shematski, ovaj scenario odgovara trenutnom stanju uz pretpostavku poboljšanja metodologija drobljenja i izdvajanja različitih legura aluminijuma po grupama. Iako ne zahteva velika ulaganja i promene, ovaj scenario se analizom životnog ciklusa pokazao kao najnepovoljniji u ekološkom pogledu [IKP98]. Pored toga, delovi od aluminijuma visoke kvalitete, bivaju zagađeni nakon procesa drobljenja i izdvajanja.

Drugi scenario podrazumeva da se određeni delovi od aluminijuma organizovano demontiraju pre drobljenja vozila dok ostatak vozila podleže klasičnom tretmanu. Prema studiji univerziteta u Štuttgartu [IKP98] o različitim scenarijima recikliranja aluminijumskih delova, pokazano je da je kvalitet recikliranog metala dobijenog demontažom znatno viši od onog dobijenog drobljenjem. U istoj studiji, analizom životnog ciklusa, pokazano je da je metoda demontaže značajno povoljnija i u ekološkom pogledu.

Pored ovih argumenata, ovaj se scenario pokazuje možda i najizvesnijim u budućnosti i usled činjenice da se demontažeri sve više okreću aktivnostima demontiranja delova za prodaju u sekundarne sirovine. Ovi delovi tako izdvojeni mogu se direktno reciklirati u legure istog tipa. Sa druge strane, upravo usled ove demontaže, koja podrazumeva i dodatne troškove, vrednost ostatka vozila koje se podvrgava drobljenju se značajno smanjuje sto nije u interesu preduzeća koja se ovim bave. Uz to, zbog smanjene količine aluminijuma koji ulazi u proces drobljenja, gubi se interes za njegovo izvajanje po grupama.

Prema trećem scenariju, većina delova automobila se demontira, dok se ostatak drobi ili direktno valorizira. Ovaj scenario se bazira na činjenici da je kvalitet materijala dobijenog demontažom viši od onog dobijenog nakon drobljenja; na ekološkim argumentima te na sledeće dve mogućnosti :

- prva se zasniva na različitim studijama automatizovane i robotizovane demontaže ELV [NIS03], [BEL00], te na tendenciji modularne koncepcije vozila. Ovaj scenario, iako ekološki veoma povoljan, podrazumeva značajne i skupe promene u svim oblastima životnog ciklusa.

- druga se zasniva na činjenici da prosečni životni vek automobila u zemljama u razvoju, gde je cena radne snage veoma niska, dostiže i do 35 godina, dok se taj vek u Evropskoj Uniji kreće između 12 i 15 godina [BEL00].

Mogući budući scenario je sledeći : Automobili nakon 7 do 10 godina korišćenja u Evropi, organizovano se izvoze u zemlje u razvoju gde se koriste do kraja životnog veka. Tamo se vrši reciklaža vozila dok se sekundarne sirovine vraćaju proizvođačima. Upravo ovaj povratak sirovina proizvođačima omogućava upotrebu kvalitetnijih materijala [BEL00]. Problem koji bi se ovde mogao pojaviti je svakako reakcija tržišta, interesi različitih aktera obuhvaćenih ovim promenama kao i zakonske regulative.

U prilog ovom trećem scenariju također idu i sve striktniji ekološki zakoni.

Za svaki od navedenih scenarija recikliranja u sklopu projekta data su različita rešenja u obliku predviđenih akcija koje je poželjno sprovesti i preporuka u koncipiranju vozila. Zavisno od tipa scenarija, propisana su pravila pri konstruisanju i date tabele kompatibilnosti aluminijumskih legura sa ostalim materijalima kao i sa drugim legurama. [RAD04]

ZAKLJUČAK

Recikliranje automobila na kraju njihovog životnog veka je, nesumnjivo, neminovnost i obaveza, ali i ekonomski i ekološki veoma isplativa oblast delatnosti. Iako proizvođači aluminijuma i automobila, kao i preduzeća koja učestvuju u procesu reciklaže imaju različite stavove i interese u odnosu na budući proces recikliranja kao i na primenu direktive 2000/53/CE, neosporan zajednički interes u budućnosti je poboljšanje kvaliteta recikliranog aluminijuma. U tom cilju jedan od najpovoljnijih momenata aktivnosti je rana faza koncipiranja vozila. Ulaženje faktora pogodnosti za recikliranje u liste zahteva pri konstruisanju delova i vozila u celini je neminovnost, kakav god bio budući scenario recikliranja. Ovo dovodi do značajnog smanjenja troškova recikliranja koje je, prema direktivi, proizvođač obavezan preduzeti, kao i do značajnog podizanja materijalne vrednosti recikliranih materijala. Na ovaj način moguće je stvoriti pozitivan krug upotrebe i recikliranja kvalitetnih materijala u automobilskoj industriji uz ekološki veoma povoljne efekte.

LITERATURA

[ADE 02] ADEME – Bilan environnemental sur les filières de recyclage. : l'état des connaissances ACV.- Paris, ADEME, 2002.- 39 p.

[ADE 03] ADEME – Etude économique sur la filière de traitement des véhicules hors d'usage. - Rapport final, Paris, ADEME, Septembre 2003.

[BAR 93] BARTH David – Stratégies industrielles de production et de recyclage – Paris – Les Editions d'organisation, 1993. -248 p.

[BEA 01] BEAUFILS P., PSA – Préparer la fin de vie du véhicule Automobile dès sa conception chez PSA Peugeot-Citroën, Entretiens Européens de la Technologie, Paris, Novembre 2001.

[BEL 00] BELLMAN K., KHARE A. – Economic issues in end-of-life vehicles - In : Technovation, n° 20, 2000, pp 677 – 690.

[BER 96] BERTOLINI G., – Déchet mode d'emploi – Paris : Economica, 1996. – 166 p.

[BIG 03] BIGOURDAN E., Matériaux d'allègement : une lourde responsabilité. - In : Ingénieurs de l'automobile, n° 762,2003, pp 32 – 37.

- [BLA 03] BLAZY J.-S., Renault – Evaluation du potentiel d'utilisation des mousses d'aluminium dans les véhicules automobiles - In : Fonderie Fondateur d'aujourd'hui, n° 221, 2003, pp 09 – 26.
- [BLO 00] BLOMBERG J., HELLMER S. – Short-run demand and supply elasticities in the West European market for secondary aluminium - In : Resources Policy, n° 26, 2000, pp 39 – 50.
- [BOR 98] LE BORGNE R. – De l'usage des analyses de cycle de vie dans l'industrie automobile. – Thèse ENSAM, 1998. – 203 p.
- [BUT 04] BUTEL-BELLINI B., JANIN M. – Écoconception : état de l'art des outils disponibles. - In : Techniques de l'ingénieur, 2004
- [DEL 01] DELEFOSSE J. – Mémento du Cercle National du Recyclage. – Grenoble : SAP, 2001. – 51 p.
- [DUN 04] LES REFERENTIELS DUNOD – Pratique des matériaux industriels – Propriétés – Choix – Utilisation, 2004
- [EAA 03] European Aluminium Association : - The aluminium automotive manual – Brussels, 2003. Forme électronique
- [ENI 01] Energetics, Incorporated - A Roadmap for Recycling End-of-Life Vehicles of the Future, 2001., U.S. Department of Energy's
- [EUR 00] – LE PARLEMENT EUROPEEN ET LE CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE – Directive 2000/53/CE du Parlement Européen et du Conseil du 18 septembre 2000 relative aux véhicules hors d'usage, - In : Journal officiel des Communautés européennes.
- [FRA 02] FRANCOIS O., GALLOO Recycling – Mass-balance in Post-shredding Technology : Resultat of a Trial Based on the Shreding of 201 ELVs. - A joint work of Galloo, PSA and Renault, 2002 - 20 p.
- [FUN 03] FUNAZAKI A., TANEDA K., ... - Automobile life cycle assessment issues at end-of-life and recycling. - In : JSAE Review, n° 24, 2003, pp 381 – 386.
- [GUP 97] GUPTA S.M., ISAACS J.A. – Value Analysis of Disposal Strategies for Automobiles - In : Computers ind. Engng, n° 33, 1997.
- [HAN 01] HANDFIELD R. B., MELNYK S. A. , - Integrating Environmental Concerns into the Design Process : The Gap between Theory and Practice. - In : IEEE Transactions on engineering Management, Vol. 48 No. 2, May 2001
- [HER 03] HERBULOT F. - Récupération et recyclage de l'aluminium : Stratégie, Matières premières, Fusion et mise en forme. - In : Techniques de l'ingénieur, 2003
- [HUV 00] HURON VALEY STEEL CORPORATION – Scrap preparation for aluminium alloy sorting, Pitsburg, 2000 TMS Annual Meeting
- [HUV 01] HURON VALEY STEEL CORPORATION – Separation of wrought fraction of aluminium recovered from automobile shredder scrap, New Orleans, 2001 TMS Annual Meeting
- [HUV 02] HURON VALEY STEEL CORPORATION – Assuring continued recyclability of automotive aluminium alloys: Grouping of wrought alloys by color, X-ray absorption and chemical composition-based sorting, Seattle, 2002 TMS Annual Meeting, Automotive alloys
- [HUV1 02] HURON VALEY STEEL CORPORATION – Aluminium Scrap Alloy Sorting- Relevant published articles as of February 2002, Compiled by Renka Gessing
- [HYD 01] HYDRO ALUMINIUM RECYCLING, Pal Vigeland – Vice president – Aluminium Recycling, Metal Bulletin's 9th International Secondary Conference, November 2001, Prague
- [IKP 98] IKP Universität de Stuttgart – Life Cycle Assessment of Different Recycling Scenarios of Aluminium Car Body Sheet, IKP, Décembre 1998 (communication congrès SAE, 6 pp.
- [KHO 02] KHOEI A.R., MASTERS I., GETHIN D.T. – Design optimisation of aluminium recycling processes using Taguchi technique. - In : Journal of Materials Processing Technology, n° 127, 2002, pp 96 – 106.
- [KIM 04] KIM K.H., JOUNG H.T., NAM H., – Management status of end-of-life vehicles and characteristics of automobile shredder residues in Korea. - In : Waste Management 2004, available online at www.sciencedirect.com
- [KRI 95] KRIWET A., ZUSSMAN E., SELIGER G. – Systematic Integration of Design-for-Recycling into Product Design. - In : International journal of production economics, n° 38, 1995, pp 15 – 22.
- [LAP 99] LAPIN J., PELACHOVA T. – Microstructure and mechanical properties of wrought aluminium alloy prepared by recycling of aluminium matrix composites reinforced with

Inconel 601 fibres - In : Material Science and Engineering, n° A271, 1999, pp 266 – 274.

[LUC 01] LUCAS R., SCHWARTZE D. – End-of-life vehicle regulation in Germany and Europe – problems and perspectives, Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen – Institut Arbeit und Technik, May 2001 - In : <http://www.wupperinst.org/Publikationen/WP/WP113.pdf>

[MIL 00] MILLER E., ZHUANG L., ... - Recent development in aluminium alloys for the automotive industry. - In : Material science and Engineering A280, 2000, pp 37 – 49.

[MI 95] MILLET D.- Prise en compte de l'environnement en conception : proposition d'une démarche d'aide à la conception permettant de limiter les ponctions et rejets engendrés par le produit sur son cycle de vie. – Thèse ENSAM, 1995. – 95ENAM0015.- 190 p.

[MOK 97] MOK H.S., KIM H.J., MOON K.S. – Disassemblability of Mechanical Parts in Automobile for Recycling. - In : Computers ind. Engng, Vol. 33, 1997, pp 621 – 624.

[RAD 04] RADULOVIC G.– Etablissement des préconisations en conception pour l'amélioration de la valorisation des pièces d'aluminium dans le domaine automobile, Mémoire final du DEA ENSAM-Paris, 2004.

[SAB 95] SABSABI M. et CIELO P. – Quantitative Analysis of aluminium alloys by laser-induced breakdown spectroscopy and plasma characterisation, 1995., National Research of Canada, Industrial Materials Institute

[SAM 03] SAMUEL M. – A new technique for recycling aluminium scrap. - In : Journal of Materials Processing Technology , n° 135, 2003, pp 117 – 124.

[SCH 02] Van SCHAİK A., REUTER M. A., ... - Dynamic modelling and optimisation of the resource cycle of passenger vehicles. - In : Minerals Engineering , n° 15, 2002, pp 1001-1016.

[UME 00] UMEDA Y., NONOMURA A., TOMIYAMA T. – Study on life-cycle design for the post mass production paradigm. – In: Artificial Intelligence for Engineering Design, No 14, 149 – 161, 2000

[USE 01] U.S. DEPARTEMENT OF ENERGY, - A Roadmap for Recycling ELV of the Future, Energetics Incorporated, 2001

MAGAZINES :

Aluminium Today

Fonderie – Fondateur d'Aujourd'hui

Ingénieurs de l'automobile

SITES INTERNET :

[AL 03] Alcoa , Environnement, Products and Services, Site consultée le 08. Novembre 2003. <http://www.alcoa.com/global/en/home.asp>

[ALC 03] Alcan automotive, Global solutions for the automotive industry, Site consultée le 21.Octobre 2003. <http://www.alcanautomotive.com/home.html>

[CSA 04] Chambre Syndicale de l'Aluminium, Site consultée le 21 Avril 2004. <http://www.aluminium-info.com/fr/>

[COR 03] Corus Aluminium Duffel , Automotive, Site consultée le 28. Octobre 2003. <http://www.corusgroup-duffel.com/sites/2EFRAM3.htm>

[DEF 04] DEFRA - UK, Site consultée le 12. Mai 2004. <http://www.defra.gov.uk>

[EAA1 03] European Aluminium Association, Site consultée le 05. Octobre 2003. <http://www.eaa.net>

[EUR 03] Eurostaf – Les nouveaux enjeux du recyclage automobile, Site consultée le 12. Mai 2004. <http://www.eurostaf.fr>

[FAR 03] France Aluminium Recyclage, Comment évaluer mon gisement, Site consultée le 29. Octobre 2003. <http://www.france-alu-recyclage.com/fr/frt3.htm>

[HYD 03] Hydro, Automotive products, Site consultée le 17. Novembre 2003. <http://www.aluminium-extrusion.hydro.com/en/>

[IAI 03] International Aluminium Institute , Aluminium Sustainability, Site consultée le 11.Octobre 2003. <http://www.world-aluminium.org/environment/index.html>

[IGO 02] IGORA et Aluminium - L'aluminium, un matériau idéal pour le recyclage - Site consultée le 10 Juin 2004. <http://www.igora.ch/fr/recyclingmagazinsdd.pdf>

[ISR 03] Institute of Scrap Recycling Industries, Automobiles , Site consultée le 09. Novembre 2003. <http://www.isri.org/industryinfo/dfr/automobiles.htm>

[MIN 03] Ministère de l'écologie et du développement durable, Site consultée le 09. Novembre 2003. <http://www.environnement.gouv.fr>

[NIS 03] Nissan, Vehicle Recycling Activities, Site consultée le 07. Octobre 2003. <http://www.nissan.co.jp/INFO/RECYCLE/E/index.html>

[NIS 04] Nissan, Recycling, Sadao Sekiyama, Site consultée le 07. Mai 2004. http://www.nissan-global.com/PDF/ER/FY02/fy02er_18_en.pdf

[OEA 04] Organisation of European Aluminium Refiners et Remelters , Site consultée le 07. Mai 2004. <http://www.oea-alurecycling.org/f/index.html>

[PEC 03] Pechiney Automotive, Site consultée le 16. Novembre 2003. http://www.pechiney-automotive.com/Automotive/socle_fr_us.nsf/FWFG_INTER?ReadForm&HP=1&LG=0

[PEC1 03] Pechiney, Alliages de moulage, Site consultée le 18. Octobre 2003. http://www.alliages-moulage.pechiney.com/FMA/fma_alliages.nsf/FWFG_INTER?ReadForm&LG=0&HP=1

[PSA 04] PSA PEUGEOT CITROËN, Préserver l'environnement — Rapport du Directoire, Site consultée le 08. Mai 2004. www.psa-peugeot-citroen.com/document/publication/environnement_20031056026889.pdf

[REM 03] Remi Claeys Aluminium, Propriétés de l'aluminium, Site consultée le 02. Novembre

2003. http://www.remi-claeys.be/francais/aluminium20_f.html

[SCI 04] www.sciencedirect.com

[TCI 04] techniques de l'ingénieur, www.techniques-ingenieur.fr

[TOY 03] Toyota Recycling Techonology, Site consultée le 10. Novembre 2003. http://www.toyota.co.jp/IRweb/special_rep/raum/raum.html

[VOL 03] Volvo Environment-Design for Recycling , Site consultée le 09. Novembre 2003. http://www.volvocarcampaigns.co.uk/environment/design_for_recycling.html

ALUMINIUM RECYCLING PROBLEM WITHIN AUTOMOTIVE INDUSTRY

In automotive industry aluminium is consider for material of the future. In present time grow of ecologic concsciousness and unfair race in saving(economical) this material with its extraordinary tehcnical characteristic and ecology acceptable recycling tehcnology represents like ideal material. However, questions conserning this domain adhers highly compound.

Key words: aluminium, design for recycling, automotiverecycling