

УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ

Катедра за термотехнику, термоенергетику
и процесну технику

ДИПЛОМСКИ РАД

САКУПЉАЊЕ, ПРИПРЕМА И ПРЕРАДА АЛУМИНИЈУМСКОГ ОТПАДА

Ментор:
ДР ЉУБИЦА ЋОЈБАШИЋ, РЕД. ПРОФ.

Кандидат:
АЛЕКСАНДАР ЋОРЂЕВИЋ, 8890

Ниш, 2007. год.

Садржај

1. УВОД.....	1
2. ПОРЕКЛО И КЛАСИФИКАЦИЈА АЛУМИНИЈУМСКОГ ОТПАДА	8
2.1. Врсте алуминијумског отпада	8
2.2. Класификација и стандардизација секундарних сировина на бази алуминијума	9
3. ТОК СЕКУНДАРНОГ АЛУМИНИЈУМА.....	13
3.1. Сакупљање, транспорт и складиштење отпада	15
3.2. Припрема отпада алуминијума за прераду. Производња секундарних легура алуминијума	17
4. ТЕХНОЛОШКЕ ОПЕРАЦИЈЕ ПРИПРЕМЕ ОТПАДА АЛУМИНИЈУМА ЗА ПЕРАДУ	20
4.1. Пакетирање	20
4.2. Уситњавање и класирање.....	21
4.3. Сортирање.....	25
4.4. Уклањање заштитних премаза	28
5. ПРИПРЕМА ОСНОВНИХ ГРУПА ОТПАДА АЛУМИНИЈУМА ЗА ПЕРАДУ	32
5.1. Припрема комадног отпада.....	33
5.2. Припрема струготине.....	35
5.3. Припрема фолије	37
5.4. Припрема шљаке	38
5.5. Припрема ингота	39
5.6. Припрема Al каблова и проводника	39
5.7. Поступак са токсичним и опасним материјалима	39
5.8. Анализа узорка	40
6. ПЕРАДА ОТПАДА	41
6.1. Пећи за топљење и процес топљења.....	42
6.2. Корекција хемијског састава течнокг метала	45
6.3. Рафинација, легирање и ливење	46
6.3.1. Узајамно дејство растопа и гасова	47
6.3.2. Врсте, порекло и карактеристике укључака у алуминијуму	48
6.3.3. Поступци рафинације и дегазације.....	49
6.3.4. Узајамно дејство растопа са облогом пећи	54
6.3.5. Средства и механизми уклањања укључака	55
6.3.5.1. Филтрирање растопа метала и спречавање уношења неметалних укључака у шупљину калупа	57
6.3.6. Процеси модификације, ливење и очвршћавање легура.....	58
6.3.6.1. Модификација натријумом	60
6.3.6.2. Модификација стронцијумом	61
6.3.6.3. Модификација антимоном	62
6.3.6.4. Ливење и очвршћавање	62
7. ЗАКЉУЧАК	65
8. ЛИТЕРАТУРА	66

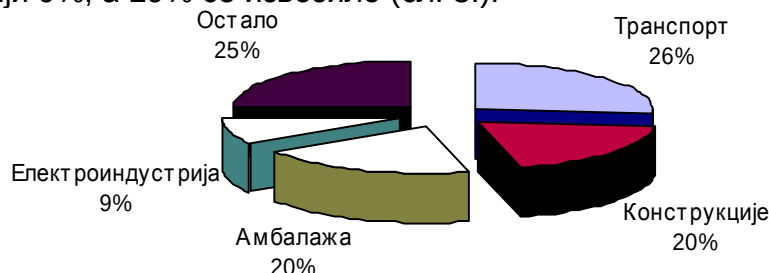
1. УВОД

Према литературним подацима о обиму производње и потрошње обојених метала у свету крајем двадесетог века, може се закључити да прво место заузима алуминијум, а друго бакар. Статистике показују да су највећи потрошачи обојених метала у свету САД, земље западне Европе и Јапан, на које отпада око 95% потрошње алуминијума и бакра, олова 85%, а цинка 78%. Убрзани темпо раста потрошње обојених метала, захтеви за високим квалитетом производа, као и економски и еколошки аспекти, свакако су утицали на измене и одређена усавршавања и иновације у технологијама производње.

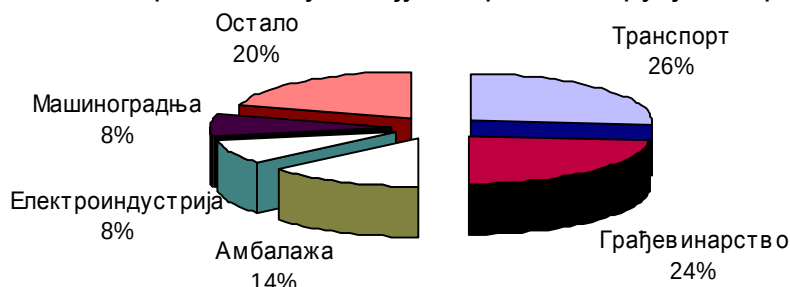
Процењује се да данас индустрија алуминијума у свету директно запошљава преко милион људи, док индиректно упошљава приближно четири пута више људи у гранама привреде и услужним делатностима које су последица базичне индустрије алуминијума (транспорт, израда готових производа, трговина и др.). У свету постоји око 3000 компанија алуминијумске индустрије, које запошљавају 235000 радника у Европи, 42000 у Јапану, 17500 у Аустралији и 21000 у Канади. У САД се индустрија алуминијума састоји од приближно 300 постројења у 40 држава која запошљавају 143000 радника, са укупним годишњим зарадама у износу од приближно 5 милијарди US \$. У Бразилу индустрија алуминијума учествује са 3% у извозу, генерише 51000 радних места и приближно 1 милијарду US \$ у виду пореза и такси. У овој земљи укупна улагања од 1997. до 1999. год. су износила 2,7 милијарди US \$. Канада је од извоза алуминијума током 1998. год. зарадила 4,3 милијарде канадских \$. Алуминијум представља други највећи извозни артикал у Аустралији са преко 6 милијарди аустралијских \$ у 1999. години, док у Норвешкој индустрија алуминијума ствара 2% бруто националног дохотка.

Подаци о расподели потрошње алуминијума према подручјима примене (слике 1.–3.) се разликују за разне земље и различите временске периоде због услова привређивања и локалних специфичности. Статистике говоре да се знатан део потрошње односи на производњу саобраћајних и транспортних средстава. Највећи део су путнички аутомобили¹ у којима се алуминијум уграђује у облику ливених делова мотора, носача, лајсни, рамова и остале галантерије.

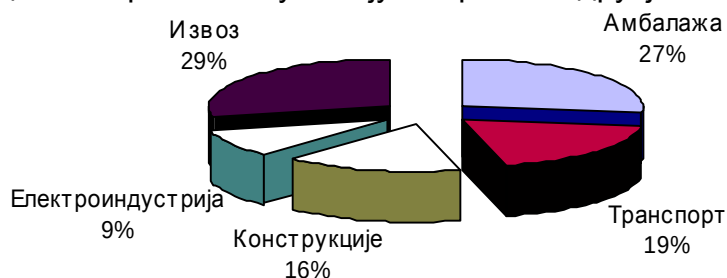
Према подацима Српског хемијског друштва, за тржиште бивше државне заједнице Србија и Црна Гора, у индустрији амбалаже се користило 27% укупне производње алуминијума, транспортној индустрији 19%, конструкцијама 16%, електроиндустрији 9%, а 29% се извозило (сл. 3.).



Слика 1. Расподела потрошње алуминијума према подручјима примене у свету



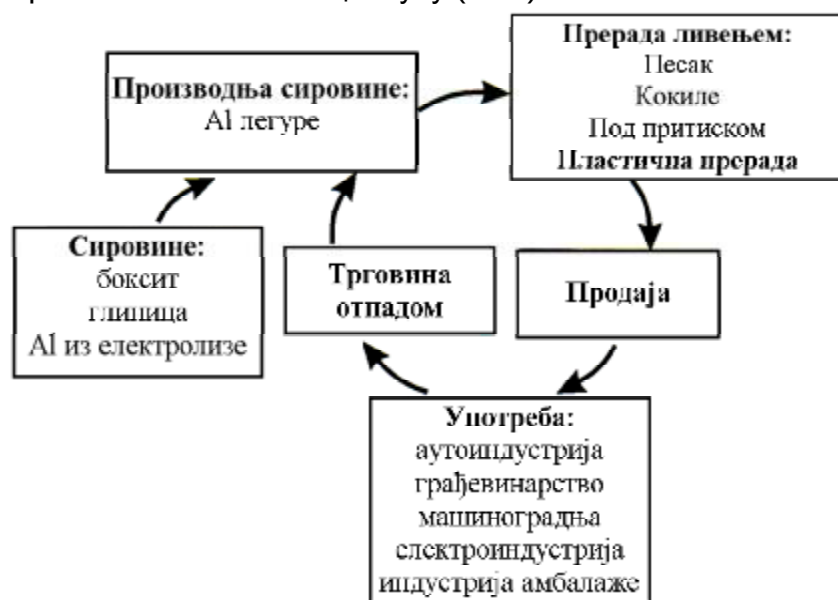
Слика 2. Расподела потрошње алуминијума према подручјима примене у Европи



Слика 3. Расподела потрошње алуминијума према подручјима примене (за тржиште бивше државне заједнице Србија и Црна Гора)

¹ Према Удружењу произвођача алуминијума, свако смањење тежине возила од 10% доноси уштеду у потрошњи горива од 6 до 8%. Поред тога, скоро 90% алуминијума из возила може да се рециклира. При судару није важна јачина конструкције већ апсорпција енергије удара. Алуминијум може да апсорбије чак двоструко више енергије од челика. Алуминијум је тренутно трећи материјал по степену употребе у аутоиндустрији, после челика и гвожђа. Стручњаци кажу да би у року од десет година алуминијум могао да претекне гвожђе ако произвођачи увиде потребу производње економичнијих и безбеднијих возила.

Код метала као што је алуминијум, у чијој производњи је утрошак енергије висок, од посебне важности је да се сав расположиви отпад врати у сировински круг. Рано је откривена могућност повратка материјала у процес производње након века трајања производа. Овај кружни ток за легуре алуминијума важи готово од почетка примене алуминијумских производа (алуминијумског посуђа, пре свега). У догледној будућности морају сви производни процеси бити заокружени у економско–енергетско–еколошком циклусу (сл.4).



Слика 4. Кружни циклус легура алуминијума

Рециклирање коришћених метала представља сложен, и са сировинског и економског аспекта, уносан посао. Пошто се алуминијум појављује на многим местима као отпад или остатак створена је потреба да се питању сакупљања, припреме и прераде односно искоришћења Al отпада посвети знатна пажња. Стога су истраживања и освајања технологија и опреме за сакупљање, припрему и прераду различитих врста Al отпада актуелна, како са економског аспекта, тако и са аспекта екологије – заштите животне средине, очувања природних ресурса и смањења деградације великих површина земљишта.

Алуминијум се рециклира још од почетка XX века. Данашњим технологијама, алуминијум и његове легуре могу да се рециклирају практично бесконачно много пута, а добијени алуминијум имаће исте физичке и хемијске особине као и примарни, који је добијен из руде боксита². Употребљени комад алуминијума и после свог века коришћења, још увек има високу вредност, захваљујући корозионој отпорности алуминијума³ и, самим тим, високом садржају метала.

² Данас се више и не постављају услови порекла метала, тако да се све више губи термин „секундарни метал“.

³ Тако је највећи део алуминијума који је до сада произведен још увек у употреби, а та количина износи између 400 и 500 милиона тона.

Одређени проценат алуминијума (око 5%) се употребљава за производе који се више не враћају у производњу као отпад (метални прах, жица за металзирање, метал за дезоксидацију челика итд.). Остатак алуминијума се употребљава за израду производа који се враћају у репродукциони циклус после дужег, средњег или краћег века употребе. Овај алуминијум се не враћа у целини, али може се рачунати са преко 75% повратка метала, који обогаћује тржиште алуминијума.

У табели 1. дат је преглед употребе алуминијума у разним гранама индустрије са просечним веком трајања производа и проценом поновног коришћења.

Табела 1. Употреба алуминијума у индустрији и повратак Al–отпада

Грана индустрије	Учешће у укупној употреби (%)	Поново искористиво (%)	Век трајања производа (год.)
Саобраћај	25–30	70–90	око 10*
Грађевинарство	20–25	50	10–30
Амбалажа	10–15	20	до 1
Електротехника	8–10	80	10–30
Алумотермија	3,5	–	–
Роба за домаћинство	5–10	70	5-10
Индустрија праха	0,8	–	–
Машиноградња	5–10	60	око 10
Хемија	1,6	80	5
Остало	5,4	60	5

* Напомена: Према другим подацима, предвиђени век трајања је за: путничке аутомобиле 20 год.; за делове за железницу 40 год.

Производња алуминијума из секундарних сировина има низ предности у односу на производњу примарног алуминијума (сл. 5.):

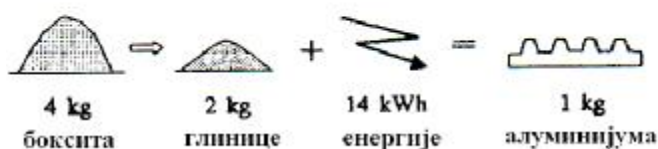
- мањи инвестициони трошкови – за производњу примарног алуминијума неопходно је обезбедити велика инвестициона улагања у рударске и металуршке капацитете;
- мања потрошња енергије – за добијање алуминијума из секундарних сировина потребно је само 5% енергије од оне која се троши у примарној производњи, чији је основ уштеда енергије екстракције⁴;
- смањење загађења животне средине – смањује се емисија CO₂ (гас ефекта стаклене баште) за 95%; спречава се настајање 4kg црвеног муља⁵ на сваки килограм произведеног алуминијума (сл. 6.);
- смањење потрошње природних ресурса минералних сировина – рециклирањем 1 kg алуминијума може да се уштеди 4–8 kg руде боксита;

⁴ Рециклирање захтева свега 0,7 kWh/kg у односу на 14 kWh/kg колико троше електролитичке пећи за производњу овог метала из руде боксита.

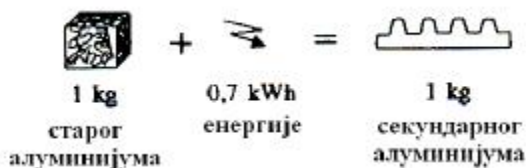
⁵ За сваку тону произведене глинице, потребно је ископати и прерадити између две и три тоне руде боксита. Отпадни материјал који настаје током процесирања се назива *црвени муљ*, који представља јаку базу са рН фактором често вишим од 13,2, и чије одлагање представља значајан еколошки проблем.

- смањење потрошње помоћних материјала – уштеда 4 kg хемијских производа⁶;
- нижи су трошкови транспорта и складиштења;
- постројења за рециклирање заузимају мање простора и флексибилнија су у односу на постројења за примарну производњу, а такође је таква постројења могуће изградити знатно ближе како сабирним центрима за сакупљање отпада, тако и потенцијалним корисницима рециклираног материјала;
- представља извор прихода за компаније које се баве рециклирањем, локалне самоуправе и добротворне организације.

Производња примарног алуминијума



Производња секундарног алуминијума



Слика 5. Упоредни преглед услова производње примарног и секундарног алуминијума



Слика 6. Искуства из тропских региона, где се иначе и налазе највећа налазишта боксита, показују да јаке атмосферске падавине могу веома да отежају исушивање базена у којима се одлаже црвени муљ

⁶ Каустична сода, угљеничне електроде, флуориди и вода.

У земљама које имају високоразвијену производњу алуминијумских производа настају и велике количине секундарног алуминијума. С обзиром на значај повољних ефеката прераде секундарних сировина на бази алуминијума високоразвијене земље имају добро организовано тржиште алуминијуског отпада, примењују високо профитабилне технологије прераде, уз максималну заштиту животне средине у сагласности са постојећим стандардима. То им омогућује да данас за производњу алуминијумских легура, поред чистог алуминијума из електролизе, користе велики део рециклираног алуминијума.

За разлику од високоразвијених земаља, код нас кружни циклус легура алуминијума није потпун. За то постоји више разлога, а пре свега неорганизованост тржишта алуминијумског отпада, као и застарелост опреме и технологија у припреми и преради отпада. Капацитети су углавном организовани за прераду алуминијумског отпада високог квалитета и то процесом претапања. Анализом тржишта види се да је таквог отпада све мање, тако да су прерађивачи приморани да прерађују алуминијумски отпад нижег квалитета уз велике губитке металног алуминијума.

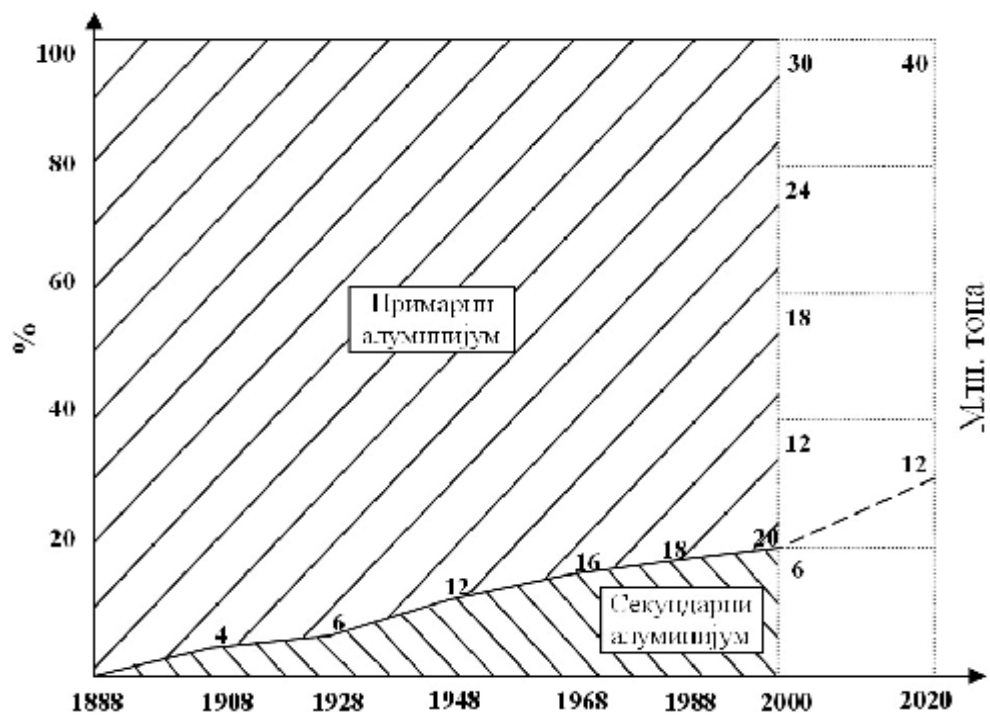
У Србији не постоје поуздани подаци о количинама сакупљеног и прерађеног алуминијумског отпада по категоријама, а узрок је слабо вођење евиденције. Посебан проблем представља извоз отпада, што смањује сировинску базу алуминијума, али и немогућност технолошког и тржишног повезивања са развијеним земљама света, што још више погоршава и отежава рад у индустрији алуминијума.

Агенција за рециклажу у Србији је 2002. год. изнела податке о количини отпада који се може рециклирати, а који се сакупи у Београду. Према извештају о стању животне средине за 2000. годину, количина алуминијумског отпада који се може рециклирати у Београду износила је 34 t.

Крајем XX века у укупној производњи алуминијума у развијеним земљама света одређени проценат потиче од отпада, на пример: у САД 20–30%, Енглеској 30–35%, Немачкој више од 45%, Француској 24–26%.

Последњих двадесет година прошлог века потрошња секундарног алуминијума, у зависности од степена развоја земље, расла је по стопи од 4,2–5,5%, док је у истом периоду, производња примарног алуминијума расла по далеко нижој стопи, од свега 2,8%. Из дијаграма (сл.7.), уочава се све већи удео секундарног алуминијума у укупној потрошњи. Предвиђања до 2020. године показују даљи пораст удела секундарног алуминијума у укупној потрошњи до око 30%.

IAI (International Aluminium Institute) и сличне организације које су укључене у индустрију рециклирања алуминијума су установиле Глобални комитет за рециклирање алуминијума, са представницима из свих крајева света, како би подстакли повећање удела рециклираног алуминијума у индустријској производњи. Комитет прати токове отпадног материјала и проценте његовог рециклирања како би могла да буду дата предвиђања будућих трендова у овој области. Статистике покушавају да предвиде тренутак када алуминијум који се тренутно користи треба да буде расходован и да поново уђе у циклус рециклаже и поновне производње. Осим тога, извесне студије се воде са циљем праћења садржаја отпада који се одлаже на депонијама.



Слика 7. Кретање односа примарног и секундарног алуминијума у светској производњи, од почетка индустријске производње алуминијума до 2000. год.

7. ЗАКЉУЧАК

За примарну производњу алуминијума потребне су основне сировине, помоћни материјали и знатне количине енергије. Данас се добијање алуминијума изводи у две фазе:

1. Одвајање довољно чистог алуминијум оксида (глинице) из руде боксита (састављене претежно од алуминијум хидроксида (хидраргилита, диаспора, бемита и спорогелита), најчешће *Bayer*-овим поступком; и
2. Електролизом тако добијеног алуминијум оксида по *Hall–Héroult*-овом поступку.

При производњи глинице по *Bayer*-овом поступку, потрошња електричне енергије у облику наизменичне струје износи 300–350 kWh/t. За електролизу глинице у алуминијум потребне су велике количине енергије у облику једносмерне струје. Електролитичке пећи троше око 14 MWh/t, а у старијим изведбама и преко 22 MWh/t. Топлотна енергија за производњу глинице потребна је у облику прегрејане паре и генераторског гаса (или мазута).

За добијање алуминијума из секундарних сировина потребно је свега 5% енергије од оне која се троши у примарној производњи. Уштеда боксита по 1 kg рециклираног алуминијума износи 4–8 kg. Имајући у виду како економски тако и еколошки аспект, од посебне важности је да се расположиви отпад врати у сировински круг.

Повратак алуминијумског отпада у репродукциони циклус представља процес од тренутка његовог настајања па до поновне употребе у индустрији. Овај процес дели се на три основне фазе: сакупљање са транспортом и складиштењем, припрема за прераду и прерада.

За неке земље секундарни алуминијум има велики привредни значај, а наша земља га јефтино извози.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1]. *Загорка С. Аћимовић–Павловић, Ђуро С. Симовић: Производња легура алуминијума из секундарних сировина*, Технолошко–металуршки факултет, Универзитет у Београду, Београд, 2005.г.
- [2]. *Божидар Т. Бранковић: Поступци и уређаји за рециклирање отпадног материјала*, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина (ИТНМС) – Београд, 2002.г.
- [3]. *Недељко Магдалиновић: Уситњавање и класирање минералних сировина*, Научна књига – Београд, 1991.г.
- [4]. *Александар Трипало: Технологија прераде алуминија*, Техничка књига, Београд, 1966.г.
- [5]. *Мартин Богнер: Механичке операције*, Научна књига, Београд, 1987.г.
- [6]. *Д.Симоновић, Д.Вуковић, С.Цвијовић, С.Кончар–Ђурђевић: Технолошке операције I – Механичке операције*, Технолошко–металуршки факултет, Универзитет у Београду, Београд, 1985.г.
- [7]. *Мартин Богнер: Термотехничар, Том 2*, Интерклима–графика, Врњачка Бања, 2004.г.
- [8]. *Франц Ф. Барбић: Рециклирање отпадног материјала и секундарних сировина у функцији заштите животне средине*, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина (ИТНМС), Београд, 1995.г.
- [9]. *Миленко Крстић: Механичке операције и уређаји процесних постројења*, Сарајево, 1970.г.
- [10]. www.gillespiepowers.com
- [11]. www.msm.cam.ac.uk
- [12]. www.metsominerals.com
- [13]. www.world-aluminium.org
- [14]. www.irn.org
- [15]. <http://lib.kier.re.kr>
- [16]. www.assurre.eu
- [17]. www.voanews.com
- [18]. www.pubs.usgs.gov