

Značaj valorizacije i načini prerade sekundarnih sirovina obojenih metala

MIROSLAV D. SOKIĆ, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

BRANISLAV R. MARKOVIĆ, ITNMS, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

VLADISLAV LJ. MATKOVIĆ, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

ZVONKO P. GULIŠIJA, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

VASO D. MANOJLOVIĆ, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

NADA D. ŠTRBAC, Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor

Pregledni rad

UDC: 669.2/8.054.8

DOI:10.5937/tehnika1702212S

Proizvodnja obojenih metala iz sekundarnih sirovina daleko je jeftinija od njihove proizvodnje iz primarnih sirovina, prvenstveno zbog manje potrošnje energije. Pored toga, reciklažom obojenih metala iz sekundarnih sirovina racionalnije se koriste prirodni resursi i smanjuje količina otpadnih materijala, čime se direktno štiti životna sredina. Sekundarne sirovine obojenih metala nastaju u procesu proizvodnje i prerade metala do njihove ugradnje u gotove proizvode i izbacivanjem tih proizvoda iz upotrebe usled njihove dotrajalosti ili tehnološke zastarelosti. U zavisnosti od vrste sekundarne sirovine, koriste se različiti postupci pripreme i metalurške prerade. Pojedine se veoma jednostavno recikliraju pretapanjem u metalurškim agregatima, dok druge moraju proći komplikovane operacije pripreme pre metalurške prerade.

Ključne reči: sekundarne sirovine obojenih metala, izvori i recikliranje

1. UVOD

Problem zaštite životne sredine je jedan od glavnih problema naše planete. Zbog toga je neophodno odnos prema prirodnim resursima vratiti iz domena zloupotrebe u oblast razumne upotrebe, sto se, između ostalog, može postići intenzivnijim korišćenjem sekundarnih sirovina.

Intenzivan tehnološki razvoj je nametnuo nekoliko problema među kojima su [1]:

- ubrzana potrošnja i iscrpljivanje primarnih sirovina,
- povećana potrošnja energije,
- progresivno zagađivanje životne sredine.

Shodno tome, industrija daje sve veći značaj tzv.

"unutrašnjim rezervama", odnosno sekundarnim sirovinama, ulažući u istraživanja mogućnosti njihove prerade u korisne proizvode.

Zbog toga sakupljanje, priprema i prerada sekundarnih sirovina ima poseban društveni značaj. Iz tih razloga, u svetu se usavršava organizacija, tehnologije prerade i potrebna oprema za sakupljanje, pripremu i preradu sekundarnih sirovina.

2. ZNAČAJ VALORIZACIJE SEKUNDARNIH SIROVINA OBOJENIH METALA

Značaj korišćenja sekundarnih sirovina obojenih metala ogleđa se u ekonomskim efektima kroz očuvanje primarnih resursa, povećanju proizvodnje roba proizvedenih potpuno ili pretežno učešćem sekundarnih sirovina, u povećanju uposlenosti kapaciteta koji prerađuju sekundarne sirovine, uštede u energiji i sprečavanju zagađenja životne sredine.

Usled dugogodišnje eksploatacije, rezerve ruda obojenih metala se smanjuju. Na bazi količina rudnih ležišta, u tabeli 1 je prikazano procenjeno vreme trajanja sirovina pojedinih metala bez recikliranja [2-3].

Adresa autora: Miroslav Sokić, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd, Bulevar Franša d'Eperea 86

e-mail: m.sokic@itnms.ac.rs

Rad primljen: 24.02.2017.

Rad prihvaćen: 14.03.2017.

Istovremeno, usled smanjenja sadržaja metala u njima, dobijanje metala i koncentrata iz ruda postaje sve skuplje.

Intenzivan industrijski razvoj poslednjih decenija dovodi do stalnog rasta metalnog fonda što za posledicu ima konstantan rast količina nastalih sekundarnih sirovina obojenih metala. To je lako razumljivo ako imamo u vidu činjenicu da proizvodnja obojenih metala kontinuirano raste i da se u periodu 1990-2015.

god. povećala oko 2 puta [4-6]. Istovremeno se povećavala i proizvodnja obojenih metala iz sekundarnih sirovina, koja je za navedeni dvadesetpetogodišnji period takođe porasla prosečno 2 puta, za neke metale čak i preko 3 puta. Udeo obojenih metala proizvedenih iz sekundarnih sirovina u ukupnoj proizvodnji obojenih metala u svetu iznosi oko 25%, dok se u visoko razvijenim zemljama kreće oko 35-40%.

Tabela 1. Procenjeno vreme trajanja pojedinih sirovina metala bez recikliranja, energetske zahtevi i brzina recikliranja nekih materijala [2]

Metal	Rezerve (milioni tona)	Godišnja potrošnja (milioni tona)	Vreme trajanja bez recikliranja (god.)
Fe	93 600,00	500,00	190
Ni	100,00	0,78	105
Al	6 000,00	16,01	375
Mg	1 410,00	0,31	4 503
Cu	1 200,08	9,83	56
Zn	241,02	6,33	38
Pb	156,70	-	29
Sn	-	-	14
Materijal	Neophodna energija za proizvodnju (MJ kg ⁻¹)		
	Primarne sirovine	Sekundarne sirovine	
Al	140	14	
Cu	75	19	
Sn	30	18-20	

Kod platinskih metala stepen recikliranja iznosi čak 85%, što je i razumljivo zbog njihove visoke cene. Najvažnije primena platinskih metala je u automobilskim katalizatorima. Njihova potrošnja u tu svrhu

kretala se od 11,4 t u 1975. god, do 67 t u 1990, odnosno 93 t u 2000. god. U tabeli 2 dati su podaci o dinamici proizvodnje obojenih metala iz primarnih i sekundarnih sirovina u svetu.

Tabela 2. Proizvodnja obojenih metala od 1990. - 2015. u svetu u milionima tona [4-6]

Metal	1990.	2000.	2005.	2010.	2015.
Aluminijum	27,600	36,720	49,000	63,750	82,690
Primarni Al	19,300	24,300	31,900	42,350	57,890
Sekundarni Al	8,300	12,420	17,100	21,400	24,800
Udeo sekundarnog Al, %	30,07	33,82	34,90	33,56	30,00
Bakar	10,804	14,759	16,588	18,981	22,513
Primarni Cu	8,954	12,634	14,411	15,744	18,568
Sekundarni Cu	1,850	2,125	2,177	3,236	3,954
Udeo sekundarnog Cu, %	17,12	14,44	13,12	17,04	17,56
Olovo	5,524	6,665	7,627	9,854	10,380
Primarno Pb	3,209	3,370	3,127	4,077	4,460
Sekundarni Pb	2,315	3,295	4,500	5,777	5,920
Udeo sekundarnog Pb, %	41,90	49,44	59,00	58,63	57,03
Cink	7,000	9,100	10,221	12,450	13,651
Primarni Zn	5,480	7,230	7,963	9,870	10,816
Sekundarni Zn	1,520	1,870	2,258	2,580	2,835
Udeo sekundarnog Zn, %	21,71	20,55	22,09	20,72	20,76
Kalaj	0,245	0,288	0,334	0,337	0,351
Primarni Sn	0,227	0,272	0,314	0,320	0,331
Sekundarni Sn	0,018	0,016	0,020	0,017	0,020
Udeo sekundarnog Sn, %	7,34	5,55	6,00	5,04	5,70

Važnost korišćenja sekundarnih resursa, pored zaštite resursa i životne sredine, je u tome što su mali troškovi prerade i relativno mala investiciona ulaganja. Tako su troškovi proizvodnje pojedinih metala iz sekundarnih sirovina i do 10 puta niži od proizvodnje istih iz ruda, prvenstveno zbog manje potrošnje goriva i električne energije.

Potrošnja energije pri dobijanju metala iz sekundarnih sirovina se kreće od 13 GJ/t za aluminijum, magnezijum i olovo, do 19GJ/t za bakar i cink. Ušteda u potrošnji energije je utoliko veća što je veća potrebna energije za dobijanje jedne tone metala iz rude. Količinom energije potrebnom za dobijanje jedne tone aluminijuma iz primarnih sirovina može se proizvesti do 23 tone aluminijuma iz sekundarnih sirovina. Slično, energijom potrebnom za proizvodnju jedne tone primarnog bakra moguće je dobiti do 4,5 tona sekundarnog bakra.

3. IZVORI NASTAJANJA I PRERADA SEKUNDARNIH SIROVINA OBOJENIH METALA

Sekundarne sirovine obojenih i retkih metala se, prema načinu i mestu nastajanja, mogu podeliti u tri osnovne grupe:

- Sekundarne sirovine koje se u ekstraktivnoj metalurgiji javljaju kao sporedni produkti, najčešće pri preradi polimetalčnih ruda i koncentrata. Obzirom na njihov sastav, mogu imati veliku komercijalnu vrednost.
- Sekundarne sirovine koje nastaju u prerađivačkoj metalurgiji i drugim granama industrije (mašinskoj, elektro, elektronskoj, hemijskoj, vojnoj i dr.)
- Sekundarne sirovine nastale dotrajalošću mašina, aparata, uređaja, odnosno njihovih delova (automobili, aparati za domaćinstvo, građevinske konstrukcije, vazduhoplovi, amortizovane mašine, uređaji i oprema iz industrije i dr).

Sekundarne sirovine iz prve grupe se najčešće ne recikliraju i kao takve završavaju na deponijama kao bazvredni otpadni materijali. Retko, neke od njih predstavljaju sirovine u drugim granama metalurgije. Odbačene na deponije, ove sirovine po količini i sastavu predstavljaju najveće zagađivače životne sredine. Iz tog razloga je njihova valorizacija veliki izazov, pogotovu ako sa zna činjenica da često imaju visok sadržaj obojenih, plemenitih i retkih metala.

Sekundarne sirovine obojenih metala iz druge i treće grupe se najvećim delom recikliraju. Način njihove prerade zavisi od stepena zaprljanosti: neke se veoma jednostavno recikliraju pretapanjem u metalurškim agregatima (npr. otpadak i škart u livnicama i valjaonicama), dok druge (najčešće amortizacioni

otpadak) moraju proći komplikovane operacije pripreme pre metalurške prerade.

Sekundarne sirovine na bazi bakra

Bakar je metal koji ima veliku primenu, pa kvalitet sekundarnih sirovina bakra u pogledu sastava i krupnoće varira u širokim granicama [7]. Visokokvalitetan bakarni otpadak, kao što je već rečeno, sadrži najviše do 3% nečistoća. Niskokvalitetan otpadak, prema našim istraživanjima, pored bakra (7-50%), sadrži olovo (3-6%), cink (3-65%), kalaj (2-5%) i druge elemente i jedinjenja u manjim koncentracijama. Sastoji se iz metalnog i nemetalnog dela.

Nemetalni deo (oksidi Cu, Zn, Fe, Si, i dr.; hloridi; petrogeni minerali) u najvećem procentu je zastupljen u sitnim klasama krupnoće (ispod 1,5 mm). Ove klase krupnoće sadrže 60-90% nemetalnog dela, zavisno od vrste otpadaka. Metalni deo čine sitne čestice bakra, mesinga i bronz.

Najznačajnije sekundarne sirovine bakra su:

- metalni otpaci bakra koji nastaju u procesu proizvodnje i prerade bakra i bakarnih legura,
- dotrajali kablovi, žica, limovi i sl.
- šljake, strugotine i prašine iz prerade katodnog bakra i legura bakra, prvenstveno mesinga,
- amortizovani proizvodi namenske industrije, komunalnih delatnosti i dr.

Pored ovoga, sekundarne sirovine bakra nastaju kao međuprodukti u ekstraktivnoj metalurgiji olova i cinka:

- međuprodukti metalurgije olova (bakarni kamen, špajza),
- međuprodukti metalurgije cinka (tzv. bakarni mulj).

U zavisnosti od vrste sekundarne sirovine, koriste se različiti postupci pripreme i metalurške prerade.

Otpaci bogati bakrom se mogu pretapati i rafinisati u metalurškim pećima bez prethodne pripreme. Priprema bakarnih provodnika obuhvata rezanje, drobljenje, vazdusnu separaciju i prosejavanje sa ciljem odvajanja bakra od izolacije.

Mesingana šljaka se melje, a potom postupkom sive ili mokre separacije odvaja metal od oksidne komponente [8]. Postupak pripreme strugotine je složeniji i sastoji se od sortiranja, prosejavanja, odmašćivanja, magnetna separacije i briketiranja. Sve operacije pripreme utiču na kvalitet metalurške prerade, odnosno kvalitet proizvoda.

Za metaluršku preradu pripremljenih sirovina u cilju dobijanja bakra i bakarnih legura koriste se šah-tne, plamene i kratko-bubnjaste peći, konvertori i električne peći (elektrootporne, elektrolučne i indukcione peći).

Sekundarne sirovine na bazi cinka

Široka primena cinka uslovljava stvaranje sekundarnih sirovina cinka različitog sastava i oblika. U pogledu osnovnih karakteristika i načina prerade, sekundarne sirovine cinka i njegovih legura su razvrstane u dve osnovne grupe [1, 9-10]:

- metalne otpatke cinka i njegovih legura i
- cinkovi ostaci (šljake, prašine sl).

U metalne otpatke cinka i njegovih legura spadaju otpaci iz prerade cinka i legura cinka, otpaci cinka iz cinkografije, tvrdi cink i strugotine cinkovih legura. Otpaci iz prerade cinka, otpaci cinka iz cinkografije i tvrdi cink su otpaci u kojima je cink u metalnom i komadastom obliku. Otpaci koji nastaju pri preradi cinka su čisti otpaci cinkovih limova, žica i odlivaka i nastaju pri njihovoj proizvodnji. Sadržaj nečistoća je do 1%.

Kod tvrdog cinka osnovna nečistoća je železo sa sadržajem do 7%. Osim železa, kao primese pojavljuju se olovo i aluminijum.

Otpaci nastali preradom legura cinka sadrže minimum 88% cinka. Maksimalan sadržaj aluminijuma je 10% i bakra 3%, a može sadržati i druge primese. Strugotine cinkovih legura imaju sastav sličan sastavu otpadaka nastalih preradom legura cinka i nastaju pri njihovoj mehaničkoj obradi. Cinkovi ostaci čine uglavnom šljake i prašine u kojima je cink pretežno u oksidnom obliku. Za amortizacioni otpad koji sadrži cink je karakterističan nizak sadržaj cinka, tako da se on po pravilu prerađuje u pogonima crne metalurgije.

U pogledu tehnologije prerade primenjuju se različiti postupci u zavisnosti od vrste sirovine. Waelz-postupak je danas vodeći postupak za tretiranje široke palete sekundarnih sirovina cinka kao što su prašine iz elektrolučne peći, muljevi, talozi i sl. [11]. Dobija se cink-oksidi koji se dalje prerađuju, najčešće hidrometalurški. Iskorišćenje cinka iz sekundara u Waelz postupku prelazi 95%.

Prerada otpadaka cinka i njegovih legura može se vršiti i pretapanjem u plamenim ili indukcionim pećima, uz korekciju sastava legiranjem u zavisnosti od vrste legure. Direktno iskorišćenje cinka iznosi oko 90%. Šljake od pretapanja cinka i mesinga sadrže cink u elementarnom i oksidnom obliku [8]. Mlevenjem i prosejavanjem vrši se njihovo razdvajanje. Krupna, pretežno metalna faza sadrži 90-98% metala, direktno se pretapa i dobija cink, odnosno mesing. Sitna, pretežno oksidna faza se prerađuje primenom hidrometalurških postupaka, pri čemu se cink valorizuje u obliku cink-sulfata ili cink-hlorida.

Sekundarne sirovine na bazi olova

Istrošeni olovni akumulatori su najznačajnija sekundarna sirovina olova. Činjenice da se 60-70% od

ukupne svetske proizvodnje olova koristi za proizvodnju akumulatora i da su akumulatori proizvodi sa kratkim vekom trajanja, ukazuju da su oni dominantni olovni otpad. Radi regeneracije olova u SAD se sakupi oko 85% istrošenih akumulatora, a u Italiji, Nemačkoj i Japanu preko 90%.

Pored akumulatorskog otpada pojavljuju se i druge sekundarne sirovine olova kao što su cevi, kablovi, limovi, legure grafičke industrije, delovi aparata i uređaja hemijske i namenske industrije itd. Jedan deo otpada predstavlja i proizvodni otpad koji nastaje u fabrikama akumulatora (neispravni akumulatori, škart raznih vrsta međuproizvoda itd.).

Akumulatorski otpad predstavlja heterogenu sirovinu i sastoji se od metalnog olova i olovnih legura, olovnih oksida, olovo-sulfata, polipropilena, kiseline itd [12].

Direktno topljenje je najstariji način prerade akumulatorskog otpada. Danas se direktno topljenje realizuje u šahtnim pećima, elektropećima i kratkim bubnjastim pećima. Suština ovih postupaka je da se metalne komponente pretope, oksidne se redukuju do metala, a sulfatne se prevode u sulfide. Njihov najveći nedostatak je što u procesu topljenja sagorevaju PVC-separatori, pa gasovi sadrže prašinu sa velikim sadržajem hlora.

Savremeni postupci prerade akumulatorskog otpada uključuju postupke separacije pre njegove prerade u metalurškim agregatima. Oni obuhvataju usitnjavanje i razdvajanje različitih komponenata koje ulaze u sastav akumulatora. Olovni mulj (pasta) se izdvaja prosejavanjem, a olovo se od plastike razdvaja hidroseparacijom u tečnostima visoke gustine. Proizvodi separacije su metalna frakcija, olovna pasta (mulj) i izlomljena kutije sa separatorima. Metalno olovo i olovna pasta se prerađuju u kratkim bubnjastim pećima, uz dodatak reducenta i topitelja.

Danas su u svetu razvijeni brojni postupci separacije akumulatorskog otpada primenom hidroseparacije u tečnostima visoke gustine, pri čemu su tehnologije italijanske firme "Engitek Impianti S.p.A." i američke "M.A. Industries Inc." najsavremenije.

Tehnološki postupak "Engitek Impianti" [13] sastoji od četiri zaokružene celine. Prva faza je drobljenje i hidroseparacija kojom se stari akumulatori najpre drobe, a potom komponente akumulatora razdvajaju ispiranjem vodom na vibracionoj rešeci, hidrodinamičkom separatoru i hidrostatičkom razdvajaju. Kao rezultat ove faze dobija se: profiltriran elektrolit sa 15-25 tež.% H₂SO₄, separisani olovni delovi, profiltrirana olovna pasta, separisani polipropilen i plastika.

Druga faza procesa je desulfuracija olovne paste natrijum-karbonatom. Na ovaj način se, pored

dobijenog Na_2SO_4 , neutrališe slobodna sumporna kiselina i rešava zaštita okoline.

Treća faza prerade obuhvata topljenje i rafinaciju desulfurizovane olovne paste i metalnog olova u cilju dobijanja sekundarnog rafinisanog olova ili olovnih legura.

Četvrta faza je prerada lomljenog polipropilena dobijenog u prvoj fazi, pri čemu se kao finalni, komercijalni proizvod dobijaju granule polipropilena.

Sekundarne sirovine na bazi nikla

Najveći deo proizvedenog nikla koristi se za legiranje i proizvodnju čelika, te se stoga i čelični otpadak pojavljuje kao najznačajnija sekundarna sirovina nikla. On se obično direktno pretapa do feronikla uz korekciju sastava ili sa koristi za legiranje u crnoj metalurgiji [14].

Pored crne metalurgije, najznačajnije sekundarne sirovine nikla su istrošene Ni-Cd baterije i nusprodukti njihove proizvodnje, istrošeni katalizatori iz hemijske i petrohemijske industrije, otpadni rastvori iz galvanizacije i dr.

Tehnologija prerade Ni-Cd akumulatora sastoji se iz pripreme akumulatora, prerade pozitivnog bloka do feronikla ili niklsulfata i prerade negativnog bloka do kadmijuma ili kadmijumoksida [15]. Pirometalurški postupak prerade pozitivnog bloka se zasniva na topljenju u elektrolučnim pećima. Dobija se feronikl sa oko 25% nikla, uz iskorišćenje nikla od 92%. Hidrometalurški postupak bazira na rastvaranju nikl praha u sumpornoj kiselini i njegovoj kristalizaciji u obliku nikl-sulfata uz prethodno prečišćavanje rastvora od železa.

Pri proizvodnji pozitivne ploče Ni-Cd baterija kao nusprodukt nastaje nikl-grafitni prah koji sadrži 35-40% nikla [16]. On se prerađuje hidrometalurški dvo-stepenim luženjem rastvorom sumporne kiseline. Nakon filtriranja dobija se grafitni prah i rastvor iz koga se kristalizacijom dobija nikl-sulfat. Zbog povišenog sadržaja kadmijuma i železa, potrebno je vršiti prekrystalizaciju, što stepen iskorišćenja nikla smanjuje ispod 85%.

Istrošeni katalizatori na bazi nikla su takođe pogodni za hidrometalurški tretman [17]. Najpre se ispiraju vodom, a potom se vrši dvostepeno luženje sumpornom kiselinom, filtriranje i kristalizacija niklsulfata. Stepenn valorizacije nikla u procesu dvostepenog luženja iznosi oko 90%.

Sekundarne sirovine na bazi kalaja

Od sekundarnih sirovina na bazi kalaja, najznačajnije su [18]:

- beli limovi, konzerve, folije i sl,
- kalajne šljake,

- kalajni mulj, sunder i prašina iz industrije belih limova,
- olovo-kalajne legure,
- olovo-kalajne šljake itd.

Otpadni beli lim iz proizvodnje belih limova i iz proizvodnje bele metalne ambalaže predstavlja osnovnu sirovinsku bazu za regeneraciju kalaja. Amortizovani otpad od ove ambalaže (stare konzerve i sl.) predstavlja značajnu sirovinsku bazu, ali su njegovo prikupljanje i priprema dosta složeni, što može bitno da utiče na ekonomske efekte prerade.

Priprema otpadnog belog lima je jednostavna usled lakog sakupljanja i male zaprljanosti. Priprema metalne ambalaže je mnogo složenija i obuhvata veliki broj tehnoloških operacija, kao sto su: sakupljanje, sortiranje, pranje, usitnjavanje, odmašćivanje, pakiranje i dr.

Za regeneraciju kalaja iz otpadnog belog lima primenjuju se postupci hlorovanja, elektrolitičkog rastvaranja i taloženja i alkalnog luženja i elektrolize [18].

Postupak hlorovanja se retko primenjuje zbog primene gasovitog hlora. Elektrolitičko rastvaranje i taloženje je prvi industrijski primenjen postupak za izdvajanje kalaja iz belog lima. Mane su mu visok sadržaj kalaja u prerađenom otpadu i manja čistoća dobijenog kalaja. Prednost je jednostavna aparatura, jer se rastvaranje i elektrolitičko taloženje odvija u jednom agregatu.

Najsavremeniji i danas najzasupljeniji je postupak alkalnog luženja i elektrolitičkog taloženja. Njegovom primenom se dobija visoka čistoća kalaja i prerađenog otpada, uz relativno visoko iskorišćenje. Proces se može izvoditi kontinualno i diskontinualno, uz fleksibilnost postrojenja u pogledu kapaciteta. Uz adekvatnu pripremu, u proces se mogu uvoditi i upotrebljene konzerve.

Postupak prerada kalajne šljake, mulja i sundera koji nastaju kao međuprodukti u proizvodnji belih limova, bazira na redukcijom topljenju i rafinaciji dobijenog sirovog kalaja [18]. Njegovom primenom se dobija kalaj visoke čistoće pogodan za izradu lakotopivih legura.

4. ZAKLJUČAK

Kontinuirani rast proizvodnje i potrošnje obojenih metala dovodi do porasta količina generisanih sekundarnih sirovina obojenih metala. Porast količina proizvodnog i amortizacionog otpada obojenih metala sa jedne strane i istovremeno smanjenje bogatih rudnih ležišta sa druge, ukazuje na sve veći značaj sekundarnih sirovina kao resursa. Značaj korišćenja sekundarnih resursa, pored zaštite životne sredine, je u niskim troškovima prerade zbog manje potrošnje

goriva i električne energije i malim investicionim ulaganjima.

Efikasnost iskorišćenja sekundarnih sirovina zavisi, ne samo od organizacije sakupljanja po vidovima i vrstama, već i od njene pripreme i dalje metalurške prerade. Iz tih razloga, poslednjih godina se intenzivno usavršava organizacija, tehnologije i potrebna oprema za sakupljanje, pripremu i preradu sekundarnih sirovina, pa ovoj problematici i u budućnosti treba posvetiti maksimalnu pažnju.

ZAHVALNICA

Rezultati prikazani u radu predstavljaju deo istraživanja na projektima TR34023 i TR34002 čiju realizaciju finansira Ministarstvo za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Ilić I, Gulišija Z, Sokić M, *Reciklaža metaličnih sekundarnih sirovina*, ITNMS, Beograd, 2010.
- [2] Ilić I, Gulišija Z, Kamberović Ž, Reciklaža metala iz amortizovanog i proizvodnog metalnog otpada, in Proc. *I Simpozijum o reciklažnim tehnologijama i održivom razvoju sa međunarodnim učešćem*, Soko Banja, Serbia, pp. 142-155, 2006.
- [3] Ilić I, Radovanović N, Stopić S, Recovery of Metals from Amortized and Metal Waste Obtained in Production, in Proc. *Wastes from and for the Metallurgy*, Varna, Bulgaria, pp. 46-53, 2001.
- [4] International Lead Association; [citirano 20.01.2017]. Dostupno na: <http://www.ila-lead.org/lead-facts/lead-production--statistics>
- [5] International Lead and Zinc Study Group, [citirano 24.01.2017]; Dostupno na: <http://www.ilzsg.org/static/statistics.aspx>
- [6] USGS National Minerals Information Center; [citirano 18.01.2017] Dostupno na: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/>
- [7] Ilić I, Stopić S, Radovanović N, Anđić Z, Tasić M, Prerada nestandardnog metalnog otpada niskog kvaliteta u cilju valorizacije bakra i njegovih legura, *Tehnika*, 3, pp. 13-19, 2000.
- [8] Matković V, Šaljić L, Sokić M, Ratković S, Pašalić S., Valorizacija cinka iz mesinganih šljaka, in: Barbić F. (Ed.), *Recikliranje otpadnog materijala i sekundarnih sirovina u funkciji zaštite životne sredine*, ITNMS, Beograd, 1995.
- [9] Shamsuddin M, Metal Recovery from Scrap and Waste, *Journal of metals*, Vol. 38, No. 2, pp. 24-31, 1986.
- [10] Stanojević D, Filipović-Petrović L, Antonijević-Nikolić M, Narastajući problemi nedostatka cinka u XXI veku i uloga reciklaže u rešavanju ovog problema, *Reciklaža i održivi razvoj*, Vol. 3, No. 1, pp. 9-21, 2010.
- [11] Waelz Kiln technology; [citirano 18.01.2017]. Dostupno na: http://www.globalsteeldust.com/waelz_kiln_technology
- [12] Ilić I, Gulišija Z, Sokić M, Postupci prerade akumulatorskog otpada, in Proc. *Stručni skup opasan, inertan i biološki otpad u životnoj sredini i radnoj okolini sa međunarodnim učešćem*, Banja Vrdnik, Serbia, pp. 78-84, 2007.
- [13] Kamberović Ž, Korać M, Ilić I, Best Available Techniques (BAT) for Lead Recycling, in Proc. *XX International Serbian Symposium on Mineral Processing*, Soko Banja, Serbia, pp. 26-32, 2006.
- [14] Matković V, Gulišija Z, M Sokić, The Secondary Nickel Application for Alloying of Wear Resistant Cast Iron, *Acta Metallurgica Slovaca*, Special Issue Vol. 12, No. 1, pp. 277-283, 2006.
- [15] Gulišija Z, Sokić M., Matković V, Marković B, Postupci pripreme i prerade otpadaka nikla i legura nikla, in Proc. *I Simpozijum o reciklažnim tehnologijama i održivom razvoju sa međunarodnim učešćem*, Soko Banja, Serbia, pp. 85-90, 2006.
- [16] Sokić M, Matković V, Gulišija Z, Marković B, Vučković N, Nickel-Sulphate Reclamation from By-Products of Ni-Cd Batteries Production, in Proc. *35th IOC on Mining and metallurgy*, Bor Lake, Serbia and Montenegro, pp. 392-397, 2003.
- [17] Matković V, Marković B, Sokić M, Vučković N, Recycling of Spent Nickel Based Catalysts, *Acta Metallurgica Slovaca*, Special Issue Vol. 12, No. 1, pp. 284-288, 2006.
- [18] Sokić M, Ilić I, Vučković N, Marković B, Procedures for Primary Pretreatment and Processing of Waste Tin Plates and Metallic Packages, *Acta Metallurgica Slovaca*, Special Issue Vol. 12, No. 1, pp. 354-361, 2006.
- [19] Marković B, Matković V, Sokić M, Vučković N, Recovery of tin from the scrap using reduction melting process, In Proc. *5th Congress of the society of metallurgists of Macedonia with international participation*, Ohrid, FYRM, M2-03-E, 2008.
- [20] Ilić I, Sokić M, Vučković N, Matković V, Postupci primarne pripreme i prerade otpadnih belih limova i metalne ambalaže, *Tehnika*, Vol. 56, No. 3, pp. 9-14, 2005.

SUMMARY

THE VALORIZATION IMPACT AND METHODS FOR TREATMENT OF NON FERROUS SECONDARY RAW MATERIALS

Production of non ferrous metals from secondary raw materials is far less costly than its production from primary raw materials, due to lower energy consumption. Besides, by recycling of non ferrous metals from secondary raw materials, the natural resources are saved and the amount of waste materials is reduced, directly protecting the environment. The secondary raw materials can originate in metal production and treatment, accompanied by their incorporation into the final product and its elimination due to amortization. The different methods of preparation and metallurgical treatment are used depending on secondary raw materials type. Some of them are very easy to be recycled by remelting in metallurgical furnace, while others must pass through complicated preparation before metallurgical treatment.

Key words: *non ferrous secondary raw metals, sources and recycling*