

MODELI ZA PROCENU NASTAJANJA SEKUNDARNIH SIROVINA OBOJENIH METALA

Miroslav Sokić¹, Ilija Ilić², Zvonko Gulišija¹, Željko Kamberović²,
Nada Štrbac³, Vaso Manojlović¹
m.sokic@itnms.ac.rs

¹Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, 11000 Beograd, Srbija

²Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, 11000 Beograd, Srbija

³Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet, 19210 Bor, Srbija

Izvod

Za prognozu nastajanja procesnog i amortizacionog otpada obojenih metala mogu se koristiti model bilansiranja i model korelacije i regresione analize, dok se dinamički model može primenjivati samo za amortizacioni otpadak. Procene nastajanja pojedinih vrsta metalnih sekundarnih sirovina modelom bilansiranja baziraju na podacima o proizvodnji i potrošnji metala i na numeričkim vrednostima koeficijenta nastanka otpadaka. Primena metode korelacije i regresione analize za procenu metalnog otpatka bazira na iznalaženju funkcionalne zavisnosti između stvaranja metalnog otpatka i količine metala u ulaznim sirovinama za procesni otpadak i metalnog fonda za amortizacioni otpadak. Dinamički model povezuje uticaj sadržaja materijala i dizajna gotovog proizvoda na kraju životnog ciklusa na količinu gotovog proizvoda koja se reciklira tokom vremena, uključujući različite spoljne faktore.

Ključne reči: sekundarne sirovine obijenih metala, reciklaža, modeli za prognozu

UVOD

Značaj korišćenja sekundarnih sirovina obojenih metala ogleda 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 [1].

Usled dugogodišnje eksploatacije, rezerve ruda obojenih metala se smanjuju. Istovremeno, usled smanjenja sadržaja metala u njima, tehnologije dobijanja metala i koncentrata iz ruda postaju sve složenije, a troškovi veći. 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 1980-2005. god. povećala 1,77 puta [2-3]. Istovremeno se razvijala i proizvodnja obojenih metala iz sekundarnih sirovina, koja je za navedeni dvadesetpetogodišnji period porasla 1,72 puta. Udeo obojenih metala proizvedenih iz sekundarnih sirovina u ukupnoj proizvodnji obojenih metala u svetu iznosi oko 20%, dok se u visoko razvijenim zemljama kreće oko 35%. U tabeli 1 prikazan je udeo obojenih metala dobijenih iz sekundarnih sirovina u ukupnoj proizvodnji obojenih metala u visoko razvijenim zemljama sveta. Kod platinskih metala stepen recikliranja iznosi čak 85%, što je i razumljivo zbog njihove visoke cene. Po proizvodnji obojenih metala iz sekundarnih sirovina vodeći položaj u svetu zauzimaju SAD, koje polovinu ukupnog proizvedenog bakra i aluminijuma dobijaju iz sekundarnih sirovina.

Tabela 1: Udeo obojenih metala dobijenih iz sekundarnih sirovina u ukupnoj proizvodnji obojenih metala u visoko razvijenim zemljama sveta (u %)

Vrsta materijala	SAD	Nemačka	Japan
Bakar i njegove legure	47,8	54,7	35,7
Olovo i njegove legure	56,8	57,9	38,2
Cink i njegove legure	37,1	30,7	9,4

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.

Priprema i prerada metaličnih sekundarnih sirovina su osnovne operacije koje daju pripremljen otpad za metaluršku preradu i dobijanje gotovih proizvoda. Efikasnost iskorišćenja sekundarnih sirovina zavisi, ne samo od organizacije sakupljanja po vidovima i vrstama, već i od njene pripreme i dalje metalurške prerade.

Pri preradi pravilno razvrstanih i adekvatno pripremljenih sekundarnih sirovina troši se manje energije i manji su nepovratni gubici energije. Energetsko iskorišćenje zavisi i od pravilnog izbora tipa peći za topljenje i legiranje.

Široka primena obojenih metala uslovljava generisanje sekundarnih sirovina različitog kvaliteta u svim granama privrede.

Otpadak koji nastaje u procesu proizvodnje i prerade metala ili kao škart u proizvodnji naziva se procesni otpadak [1,4]. Procesni otpadak koji nastaje u procesu proizvodnje i prerade metala naziva se recirkulacioni (vlastiti) otpadak, a otpadak koji nastaje pri obradi proizvoda naziva se otpadak pri obradi. Drugu veliku grupu otpadaka čini amortizacioni (sabirni) otpadak i nastaje izbacivanjem iz upotrebe proizvoda usled njihove fizičke istrošenosti ili tehnološke zastarelosti.

Osnovni izvori nastajanja sekundarnih sirovina obojenih metala su sledeći: u proizvodnji metala i legura - šljake, muljevi, prašine; u proizvodnji livenih proizvoda-hranitelji i ulivni sistemi; u proizvodnji valjanih proizvoda- strugotina, ogorina, opiljci; šljake; u proizvodnji kablova-odresci i dr.; u hemijskoj industriji- iskorišćeni katalizatori, muljevi i talozi; kod nanošenja prevlaka- muljevi; kod mehaničke obrade polufabrikata- odresci, strugotina, opiljci; kod izrade i remonta alata tvrdog metala- prašina i komadasti otpadak i dr.

U izvore amortizacionog otpatka ubrajaju se rashodovana osnovna sredstva u industriji, transportu, građevinarstvu, seoskim gazdinstvima; otpadak od generalnog i tekućeg remonta mašina, opreme i konstrukcija; rashodovani predmeti široke potrošnje i dr.

METALNI FOND I SREDNJE VREME POVRATKA

Pod metalnim fondom se podrazumeva ukupna količina metala sadržana u svim vidovima osnovnih i obrtnih sredstava i predmetima lične potrošnje i predstavlja sumu parcijalnih metalnih fondova železa, bakra, aluminijuma, cinka, olova i drugih obojenih, retkih i plemenitih metala. Veličina fonda obojenih metala određuje se na osnovu ukupne godišnje količine metala prerađene u proizvod [5]. Pored toga, potrebno je znati i veličinu prirasta obojenih metala u metalni fond koja se dobija iz razlike gotovih proizvoda i stvorenog otpatka ili iz potrošnje primarnog metala i gubitaka metala u procesu proizvodnje.

Tako, npr. bakarni fond neke zemlje raste sa porastom potrošnje katodnog bakra umanjene za procesne bespovratne gubitke bakra, a uvećava se ili smanjuje za bilans uvoz-izvoz gotovih proizvoda koji sadrže bakar.

1) Bakarni fond je određen jednačinom koja se može koristiti i kod određivanja železnog fonda i principijelno je ista za crne i obojene metale:

$$M_{f_n} = M_{f_o} + \sum_{i=1}^n \Delta M_{f_i} \quad (1)$$

gde je: M_{f_n} - veličina bakarnog fonda u n-toj godini

M_{f_o} - bakarni fond u godini od koje se računa prirast bakarnog fonda

i - broj godina za koje se računa bakarni fond, ($i=1,2,3,\dots,n$).

Upotrebni put nekog metala počinje od momenta njegove proizvodnje. Vreme za koje se proizvedeni metal preradi u polufabrikat i ugradi u gotov proizvod; kao i vreme neophodno za transport, čuvanje, sakupljanje i metaluršku preradu otpadaka nakon amortizacije iznosi najviše godinu dana. Vek trajanja gotovog proizvoda je mnogo duži i on determiniše vreme povratka. Gotov proizvod jedne vrste može trajati različito vreme. Vreme za koje se najveći deo iste vrste proizvoda vrati kao sirovina u proizvodni ciklus naziva se srednje vreme povratka proizvoda, (V_a) [5].

Srednje vreme povratka proizvoda (aparata, mašina, uređaja, instrumenata i dr.) (V_a) razlikuje se od srednjeg vremena povratka metala koji je sadržan u aparatima, mašinama i uređajima, (V_p) .

Srednje vreme povratka proizvoda (V_a) karakteriše period od početka funkcionisanja aparata, mašina i uređaja do momenta njegovog ispadanja iz eksploatacije.

Srednje vreme povratka metala (V_p) karakteriše srednje vreme ukupnog korišćenja metala sadržanog u osnovnom predmetu zaključno sa uračunatim srednjim vremenom korišćenja aparata, mašina i uređaja.

Zavisnost između srednjeg vremena povratka metala i srednjeg vremena korišćenja aparata, mašina i uređaja jednog sektora proizvodnje prikazana je sledećom jednačinom:

$$V_p = \frac{V_a}{(1 + k_s \cdot V_a)} \quad (2)$$

Iz jednačine (2) proizilazi da je srednje vreme povratka metala (V_p) iz osnovnog fonda funkcija dva faktora: srednjeg vremena povratka opreme, mašine i uređaja (V_a) i koeficijenta prosečne godišnje količine obnovljenog metala (k_s) u njima.

MODELI ZA PROGNOZU NASTAJANJA SEKUNDARNIH SIROVINA OBOJENIH METALA

Za procenu količine nastajanja sekundarnih sirovina obojenih metala koriste se metode matematičke statistike. Nivo statističke analize u potpunosti zavisi od količine i tačnosti dostupnih informacija. Primenom metoda matematičke statistike moguće je, na osnovu statističkih podataka o količinama sekundarnih sirovina odgovarajućeg metala, njegovoj proizvodnji i potrošnji, uvozu i izvozu metala, polufabrikata i gotovih proizvoda, izvesti zaključke o kretanju količina otpadaka odabranog metala u prošlosti i prognozirati količine otpadaka u budućnosti. Za prognozu nastajanja proizvodnog i amortizacionog otpatka razvijeni su model bilansiranja, model korelacione i regresione analize i dinamički model.

Model bilansiranja

Bilansni metod procene sekundarnih sirovina obojenih metala zasnovan je na sastavljanju bilansa proizvodnje i potrošnje metala u preduzećima i predstavlja zbir parcijalnih bilansa za svaki metal. Količina metala u toku procesa proizvodnje koja je sadržana u ulaznim sirovinama, raznim materijalima i polufabrikatima, mora biti jednaka količini metala sadržanog u gotovim proizvodima, otpatku i bespovratnim gubicima [6-8]. Bilansiranje ukupno nastalog otpatka se sastoji od prostog zbira parcijalnih bilansa recirkulacionog otpatka, otpatka pri obradi i amortizacionog otpatka. Recirkulacioni otpadak nema kumulativni karakter, jer se odmah troši. Otpadak pri obradi se delimično akumulira, najviše do jedne godine, a amortizacioni otpadak je isključivo kumulativnog karaktera. Određivanje navedenih veličina je dosta složeno i zavisi od raspoloživih podataka.

Osnova za bilansiranje aktuelnih raspoloživih količina metalnih otpadaka i njihovog nastajanja u budućnosti je bilansiranje otpadaka unazad, a ima za cilj da utvrdi kretanje vrednosti koeficijenta nastajanja recirkulacionih otpadaka (K^R) i otpadaka pri obradi (K^O). Na osnovu vrednosti koeficijenata K^R i K^O , mogu se oceniti njihove raspoložive količine u datom trenutku i ekstrapolacijom doći do očekivanih vrednosti u narednim godinama. Pri određivanju koeficijenata, pored ekstrapolacije, moraju se uvažavati i tendencije nastupajućih promena pri modernizaciji proizvodnje, promeni tehnologije, strukture proizvodnje i dr.

Količina amortizacionog otpatka zavisi od veka trajanja opreme, a takođe i od zamene određenih detalja i uslova koje preduzeća propisuju oko zamene i remonta opreme.

Polazne vrednosti za ukupno nastajanje amortizacionog otpatka su podaci o proizvodnji odgovarajućeg metala, koji su ujedno i najpouzdaniji, pa se preko njih određuje njegova potrošnja. Pri proceni je od velikog značaja srednje vreme povratka (V_p) i koeficijent revalorizacije (η_r) pri sakupljanju i pripremi. Amortizacioni otpadak je najsloženiji za procenu, zbog većeg broja uticajnih faktora i slabijih mogućnosti da se pouzdano odrede i testiraju srednje vreme povratka i koeficijent revalorizacije.

Procena recirkulacionog otpatka i otpatka pri obradi zavisi od pouzdanosti prognoze buduće proizvodnje i potrošnje metala. Prognoza amortizacionog otpatka zavisi od procene metalnog fonda i njegove strukture u prethodnim godinama. Na količinu amortizacionog otpatka u posmatranoj godini utiče tekuća proizvodnja gotovih proizvoda u toj godini, i to samo onim delom kod kojih je vreme povratka kraće od jedne godine.

Bilansni metod za određivanje metalnih sekundarnih sirovina je jedan od najpouzdanijih, ali dosta težak zbog neophodnosti korišćenja velikog broja informacija koje ne mogu biti dobijene centralizovanim putem.

Ukupno nastala količina otpatka određenog metala u jednoj godini u svim mestima nastajanja jednaka je zbiru svih parcijalnih iznosa po pojedinim izvorima nastajanja:

$$O_u = \sum_{j=1}^l O_j \quad (3)$$

Kružni tok metala u procesu reprodukcije opisuje se sledećom jednačinom:

$$B_{u_s} = O^A + O_p^O + \sum_{i=1}^n g_i \quad (4)$$

gde je: B_{u_s} - kružni tok metala u procesu reprodukcije,

O^A – amortizacioni otpadak

O_p^O - recirkulacioni i otpadak pri obradi

$\sum_{i=1}^n g_i$ - bespovratni gubici metala.

Ukoliko bi bila dostupna detaljna statistika bilansa, jednačina (4) bi bila najpouzdanija osnova za modeliranje stvaranja metalnog otpatka. Pošto su ovakvi podaci retki, procena količine nastalog otpatka vrši se preko koeficijenta nastajanja otpatka:

$$O_p^O = P_p \cdot \frac{K_p}{100} \quad (5)$$

$$O^A = M_f \cdot \frac{K^A}{100} \quad (6)$$

Model korelacione i regresione analize

Za kvantitativnu procenu metalnih sekundarnih sirovina može se primeniti i korelaciono-regresiona analiza. Primena metode korelacione i regresione analize za procenu otpatka odgovarajućeg metala u budućnosti bazira na iznalaženju funkcionalne zavisnosti između stvaranja otpatka (zavisno promenljiva) i količine tog metala u ulaznim sirovinama za recirkulacioni otpadak i otpadak pri obradi i njegovog metalnog fonda za amortizacioni otpadak (nezavisno promenljiva) [1].

Model korelacione i regresione analize koristi statističke podatke o količinama nastalog otpatka i količinama prerađenih sirovina po tehnološkim jedinicama (tehnološka operacija, tehnološka celina, preduzeće, sektor proizvodnje ili država) za duži vremenski period unazad. Ekstrapolacijom dobijenih funkcionalnih zavisnosti dolazimo do procene njihovog nastajanja u budućnosti i procene količine otpatka za vremenski period koji nedostaje u osnovnim podacima.

Za prognozu stvaranja recirkulacionog metalnog otpatka i otpatka pri obradi, metodom korelacione i regresione analize, koriste se sledeće jednačine linearne regresije i regresije višeg stepena:

$$O_{p_{rl}}^O = K_{1p}^O + K_{2p}^O \cdot P_p \quad (7)$$

$$O_{p_{rk}}^O = K_{1p_k}^O + K_{2p_k}^O \cdot P_p + K_{3p_k}^O \cdot P_p^2 + \dots + K_{np_k}^O \cdot P_p^{n-1} \quad (8)$$

Za procenu stvaranja amortizacionog otpatka koriste se sledeće jednačine:

$$O_{rl}^A = K_1^A + K_2^A \cdot M_f \quad (9)$$

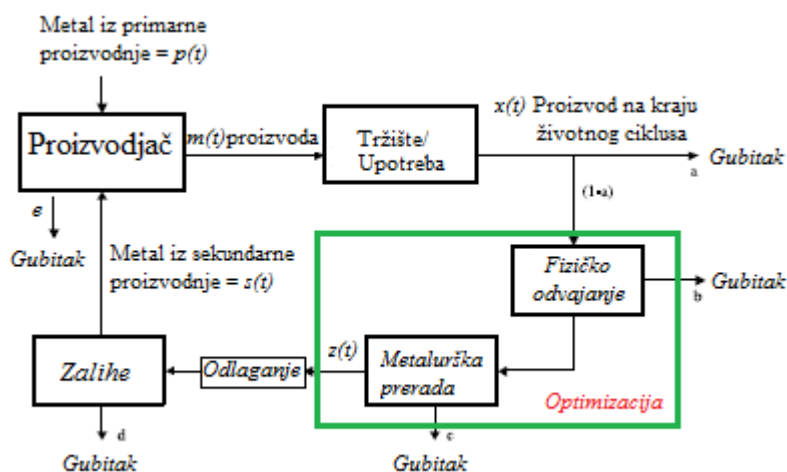
$$O_{rk}^A = K_{1k}^A + K_{2k}^A \cdot M_f + K_{3k}^A \cdot M_f^2 + \dots + K_{nk}^A \cdot M_f^{n-1} \quad (10)$$

Tačnost prognoze stvaranja metaličnog otpatka putem korelacione i regresione analize zavisi od tačnosti prikupljenih statističkih podataka.

Dinamički model

U reciklažnoj industriji mnoge vremenski zavisne promenjive (npr. uticaj dizajna na masu i sastav proizvoda) utiču na reciklabilnost proizvoda a time i ukupnu količinu koja se reciklira u kombinaciji sa vremenom zadržavanja proizvoda u sistemu (životni ciklus proizvoda). Dinamički model povezuje uticaj sadržaja materijala i dizajna gotovog proizvoda na kraju životnog ciklusa na količinu gotovog proizvoda koja se reciklira tokom vremena, uključujući različite spoljne faktore [9-10]. Šema dinamičkog modela za definisanje količine amortizacionog otpada obojenih metala koji se reciklira u zavisnosti sa vremenom, prikazan je na slici 1. Sličan model, koji je prikazao Van Schaik, primenjen je za reciklažu automobila.

Gubici (*a*, *b*, *c*, *d*, *e*) su izraženi u jedinicama mase i imaju vrednosti od 0 – 1. Ovim modelom predviđa se uticaj promene težine, materijala i životnog ciklusa proizvoda na reciklabilnost i količinu koja se reciklira u toku sa vremenom. Gubici unutar faze reciklaže prikazane na slici 1 (*b*, *c*) uzrokovane su porastom kompleksnosti proizvoda kao i promenom sastava materijala u proizvodu. Male promene u dizajnu proizvoda utiču na promene u materijalima proizvoda a time vrše i veliki uticaj na reciklabilnost i količinu koja će se reciklirati na kraju životnog ciklusa. Napredak tehnologije i zahtev potrošača utiče na kompleksnost proizvoda i sastava u materijalu čime se znatno otežava proces reciklaže i smanjuje reciklabilnost amortizacionog otpada, a pored toga i znatno smanjuje životni ciklus proizvoda.



Slika 1. Šema dinamičkog modela koja definiše srednje vreme povratka obojenih metala [10]

Reciklabilnost metala direktno zavisi od termodinamičkih i kinetičkih ograničenja metalurških procesa, tako da se mora kontrolisati sadržaj određenih elemenata u izlaznim tokovima metala kako bi se zadovoljili odgovarajući standardi i smanjili degradacioni uticaji ovih elemenata na konačna svojstva metala (npr. gornja granica Cu u legurama Fe je 0,25%, u legurama Mg je 0,03%) [11]. Komplexnost sastava proizvoda usložnjava proces reciklaže i otežava procese prerade sekundarnih sirovina i povećava troškove procesa, što će uticati na ukupnu količinu prerađenog otpada.

Funkcija raspodele životnog ciklusa amortizacionog otpada obojenih metala može se predstaviti Weibull-ovom funkcijom raspodele verovatnoća, definisanom vremenski promenljivim parametrima (α) i (β) pri čemu su $\alpha, \beta > 0$, što je prikazano jednačinom (11). Ova funkcija raspodele definiše matematičku vezu između godine proizvodnje proizvoda sa brojem proizvoda (ili sa masom obojenih metala, materijalnim sastavom proizvoda itd.) koji su reciklirani u datoj godini t [10].

$$f(t, \alpha, \beta) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} t^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha} \quad (11)$$

Primenom jednačine (11) mogu se konstruisati trodimenzionalni grafici koji pokazuju navedene vremenske zavisnosti između pojedinih promenljivih vrednosti. Jasno je da će funkcija raspodele za različite vrste proizvoda biti različite usled razlike u životnom veku proizvoda. Kumulativna funkcija raspodele za određeni metal može se odrediti sabiranjem pojedinačnih raspodela različitih vrsta proizvoda u godini u kojoj se oni recikliraju. Na ovu, kumulativnu funkciju raspodele najviše uticaja će imati funkcije raspodela proizvoda sa kratkim životnim vekom.

ZAKLJUČAK

Važnost korišćenja sekundarnih sirovina bakra značajna je prvenstveno zbog zaštite primarnih resursa, zaštite životne sredine i ušteda u energiji.

Za prognozu nastajanja proizvodnog i amortizacionog otpada obojenih metala mogu se koristiti model bilansiranja i model korelacione i regresione analize, dok se dinamički model može primenjivati samo za amortizacioni otpadak.

Bilansiranje ukupno nastalog bakarnog otpatka se sastoji od prostog zbira parcijalnih bilansa vlastitog otpatka, otpatka pri obradi i amortizacionog otpatka. Procene nastajanja pojedinih vrsta otpadaka baziraju na podacima o proizvodnji i potrošnji bakra i na numeričkim vrednostima koeficijenata koji se tiču nastanka otpadaka.

Primena metode korelacione i regresione analize za procenu bakarnog otpatka bazira na iznalaženju funkcionalne zavisnosti između stvaranja bakarnog otpatka (zavisno promenljiva) i količine bakra u ulaznim sirovinama za recirkulacioni otpadak i otpadak pri obradi i bakarnog fonda za amortizacioni otpadak (nezavisno promenljiva).

Dinamički model povezuje uticaj sadržaja materijala i dizajna gotovog proizvoda na kraju životnog ciklusa na količinu gotovog proizvoda koja se reciklira tokom vremena, uključujući različite spoljne faktore.

Zahvalnica: Prikazani rezultati predstavljaju deo istraživanja u okviru projekata TR34023 i TR34002 čiju realizaciju finansira Ministarstvo za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] I.Ilić, Z.Gulišija, M.Sokić, Reciklaža metalčnih sekundarnih sirovina, ITNMS, Beograd, 2010, pp.260. (*in Serbian*)
- [2] Copper statistics, 1900-2009, <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/copper.pdf>
- [3] Metals statistics, www.ita.doc.gov/td/metals/statindx.html
- [4] R. S. Kaplan, H. Ness, [Recycling of metals](#), Conservation & Recycling, 10, 1 (1987) pp.1-13.
- [5] J. Kuprjakov, V.A.Radzihovski, Sbor i zagotovka loma i othodov cvetnih mketallov, Metallurgija, Moskva, 1988.
- [6] I. Ilić, N. Radovanović, S. Stopić, Recovery of Metals from Amortized and Metal Waste Obtained in Production, Wastes from and for the Metallurgy, Reports, Varna, 2001, pp.46-53.

- [7] N. Radovanović, I. Ilić, A. Čavić, Balancing Model for Estimation of Recirculation Scrap Occured in Production of Cathode Copper, *Bulletin of the Chemists and Technologists of Macedonia*, 19, 2 (2000) pp.183-189.
- [8] M. Sokić, Z. Gulišija, I. Ilić, Izvori i prognoza nastajanja otpadaka gvožđa i čelika, *Reciklaža i održivi razvoj*, 3, 1 (2010) pp.35-46. (*in Serbian*)
- [9] A. Van Schaik, M.A. Reuter, The time-varying factors influencing the recycling rate of products, *Resources, Conservation and Recycling*, 40 (2004) pp.301-328.
- [10] A. Van Schaik, M.A. Reuter, U.M.J. Boin, W.L. Dalmijn, Dynamic modelling and optimisation of the resource cycle of passenger vehicles, *Minerals Engineering*, 15, 10 (2002) pp.1001-1016.
- [11] M. Sokić, Z. Gulišija, I. Ilić, N.Štrbac, A thermodynamic aspects of metallic secondary raw materials recycling possibility, *Journal of Engineering & Processing Management*, 4, 1 (2012) pp.73-83.

PREDICTION MODELS OF NON-FERROUS SECONDARY RAW MATERIALS FORMATION

Miroslav Sokić¹, Ilija Ilić², Zvonko Gulišija¹,
Željko Kamberović², Nada Štrbac³, Vaso Manojlović¹
m.sokic@itnms.ac.rs

¹*Institute for Technology of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, 11000 Belgrade, Serbia*

²*University of Belgrade, Faculty of Technology and Metallurgy, 11000 Belgrade, Serbia*

³*University of Belgrade, Technical Faculty, 19210 Bor, Serbia*

Abstract

For the prediction of formation of non-ferrous processing and accumulating waste both model of balancing and model of correlation and regression analysis can be employed, while the dynamic model can be applied only for the accumulating waste. Estimates of the formation of certain type of metallic secondary raw materials in model of balancing are based on data of production and consumption of metals and on the numerical values of the waste formation coefficients. Applying of correlation and regression analysis method on the assessment of metallic waste formation is based on finding the functional dependence between the creation of metallic waste and quantity of waste on the input stream of processing as well as correlation with metal fund for accumulation waste. The dynamic model are linking the effect of the products materials content and design on the amount of the quantity of the used products which are recycled over time, including various external influential factors.

Key words: *non-ferrous raw materials, recycling, prediction models*