

Kvalitet, izvori i bilansiranje otpadaka gvožđa i čelika

MIROSLAV D. SOKIĆ, Institut za tehnologiju nuklearnih

i drugih mineralnih sirovina, Beograd

ZVONKO P. GULIŠIJA, Institut za tehnologiju nuklearnih

i drugih mineralnih sirovina, Beograd

ILIJA B. ILIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

BRANISLAV R. MARKOVIĆ, Institut za tehnologiju nuklearnih

i drugih mineralnih sirovina, Beograd

NADA D. ŠTRBAC, Univerzitet u Beogradu,

Tehnički fakultet u Boru, Bor

VASO D. MANOJLOVIĆ, Institut za tehnologiju nuklearnih

i drugih mineralnih sirovina, Beograd

Originalni naučni rad

UDC: 669.14.054.8

Čelični otpadak je, pored železne rude, najvažnija sirovina za proizvodnju gvožđa i čelika. U radu je prikazan kvalitet i izvori nastajanja otpadaka gvožđa i čelika i prognoza njihovog nastajanja u budućnosti. Sadržaj nečistoća i oligoelemenata u otpatku je veoma važan i utiče na kvalitet dobijenog čelika. Legirani čelični otpadak poznatog sastava često može biti iskorišćen kao dodatak metalnom ulošku za proizvodnju čelika željenog sastava. U zavisnosti od mesta nastajanja razlikujemo tri grupe čeličnog otpatka: vlastiti ili recirkulacioni, otpadak pri obradi i amortizacioni otpadak. Model bilansiranja za prognozu nastajanja čeličnog otpatka zasnovan je na izračunavanju koeficijenta nastajanja proizvodnog i amortizacionog otpatka koji služe kao osnova za uspešno prognoziranje njihovog nastajanja u budućnosti.

Ključne reči: čelični otpadak, nečistoće, izvori i prognoza nastajanja

1. UVOD

Osnovni proizvodi crne metalurgije, gvožđe i čelik još uvek su nezamenjivi u mnogim granama industrije. Osim železne rude, najvažnija sirovina za proizvodnju čelika je čelični otpadak (drugi naziv je "staro gvožđe") koji je sastavni deo šarže u svim savremenim postupcima za proizvodnju čelika. Za različite postupke udeo čeličnog otpatka je različit i kreće se 20-100%. Tako je za proizvodnju sirovog čelika u konvertorima potrebno obezbediti do 20% starog železa u ulošku, 50% za proizvodnju u SM pećima i 90% za proizvodnju u elektropećima. Za proizvodnju čeličnog liva koristi se 100% staro železo [1]. Potrošnja čeličnog otpatka prosečno se kreće oko 400-500 kg po toni sirovog čelika i nije ista u svim delovima sveta. Od

toga se 84% koristi za proizvodnju čelika i odlivaka, a 16% za proizvodnju gvožđa.

Sa ekonomskog aspekta razlozi za preradu čeličnog otpatka leže u činjenici da su troškovi proizvodnje čelika iz otpadaka do 4 puta manji u poređenju sa troškovima proizvodnje čelika od železa iz rude, a ogledaju se u sledećem [2]:

- potrošnja energije pri proizvodnji čelika iz otpadaka je oko 4 puta manja u poređenju sa potrošnjom pri proizvodnji čelika iz rude,
- korišćenje starog železa zahteva manja investiciona ulaganja jer se direktno prerađuje u čeličnima, bez topljenja u visokoj peći,
- korišćenjem čeličnih otpadaka povećava se produktivnost rada, jer je manja količina utrošenog rada po jedinici proizvoda,
- dobro pripremljeno i klasirano staro železo skraćuje vreme ulaganja (šaržiranja) i topljenja u topioničkim agregatima, čime se povećava produktivnost agregata i dr.

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

Rad primljen: 11.02.2015.

Rad prihvaćen: 23.02.2015.

Osim toga, količina i kvalitet rudnih ležišta železa u prirodi se smanjuje, a količina nastalih čeličnih otpadaka se iz godine u godinu povećava. Rezerve ruda železa se procenjuju na oko 95 milijardi tona, što je dovoljno za eksploataciju narednih 190 godina bez recikliranja. To je lako razumljivo ako imamo u vidu činjenicu da je proizvodnja čelika sa oko 30 miliona tona, koliko je iznosila početkom dvadesetog veka povećana na 1200 miliona tona u 2009. godini [3].

2. KVALITET ČELIČNOG OTPATKA

Sakupljeni čelični otpadak sadrži izvesne količine nečistoća i oligoelemenata i u izvesnim granicama njihovo prisustvo se može tolerisati. Međutim, ukoliko su neki od tih elemenata prisutni u većim količinama, mogu imati negativan uticaj na kvalitet proizvedenog čelika. Nikl, bakar i kalaj sadržani u čeliku u zavisnosti od procentualnog učešća, mogu uticati na promenu njegove mikrostrukture. Bakar i kalaj mogu se koncentrisati iznad maksimalno dozvoljene količine na površini čelika, npr. ingota i prouzrokovati krtost takvog čelika i slabo stanje površine čelika. Maksimalni sadržaj bakra u čeliku koji je dozvoljen je 0,05% za armirano-šipkaste, 0,30% za obične ugljenične čelike, 0,10% za visoko kvalitetne i 0,05% za "duboko vučeni" čelik [4].

Neki od oligoelemenata u procesu proizvodnje čelika mogu biti eliminisani. Silicijum i hrom mogu se eliminisati oksidacijom u nekoj peći; nikl i molibden ostaju u čeliku, povećavaju njegovu tvrdoću i otpornost na udar, ali smanjuju njegovu sposobnost zavarivanja. Arsen i u najmanjim količinama izaziva krtost čelika.

Legirani čelični otpadak ima visoku vrednost, i ako mu je sastav poznat, može biti iskorišćen kao dodatak metalnom ulošku za proizvodnju čelika željenog sastava. Ponekad i običan ugljenični čelik sa nepoznatim sastavom u pogledu legirajućih elemenata stvara problem.

Oligoelementi mogu biti endogenog ili egzogenog karaktera. Endogeni su sastavni deo čelika, odnosno otpadka nastalog iz njega i mogu se utvrditi samo hemijskom analizom čeličnog otpadka. Egzogeni su najčešće prisutni u vidu prevlaka na čeliku, npr. cink, kalaj, aluminijum i dr [5].

Oligoelementi egzogenog karaktera mogu se ukloniti iz čeličnog otpadka prethodnim usitnjavanjem i drobljenjem a zatim magnetnom separacijom. Za proces njihovog izdvajanja postoje i druga tehničko-tehnološka rešenja. Prevlake obojenih metala se sa čelika uklanjaju hemijskim putem. Ako se prevlake ne uklone iz čeličnog otpadka, postaće endogena primesa u čeliku, ukoliko se ne odstrane u procesu topljenja. Ukoliko je moguće, sve egzogene oligoelemente treba

ukloniti pre topljenja čeličnog otpadka, jer njihovo prisustvo u čeliku otežava i poskupljuje dobijanje čelika odgovarajućeg sastava.

U čeličnom otpatku se često nalaze i nemetali kao što su: guma, drvo, zemlja i dr. Većina njih se može odstraniti u procesu proizvodnje čelika. Međutim, ako ih ima više nego što se dozvoljeno, mogu uticati na povećanje sadržaja sumpora i fosfora u čeliku. Kako su ovi materijali električno neprovodljivi, mogu prouzrokovati optećenja elektroda i kvar na uređajima elektro-lučnih peći. Inače nemetali mogu izazvati i sledeće neugodnosti i štetne efekte [6]:

- deo prisutnih nemetala predstavlja proporcionalni gubitak železne supstance;
- udeo prisutnih nemetala zahteva manju ili veću količinu kreča, što povećava ukupnu težinu troske i smanjuje izvadak iz metalnog uloška;
- povećana količina troske, zahteva povećanu potrošnju energije po toni proizvedenog čelika.

Za različite vrste proizvoda od čelika veoma je važan sadržaj neželjenih elemenata u nastalom čeličnom otpatku. Za proizvode kao što su ponovno valjani šipkasti proizvodi, toleriše se veći sadržaj oligoelemenata nego na primer za hladno valjane limove. O tome mora voditi računa proizvođač čelika pri sastavljanju metalnog uloška šarže.

Problem kvaliteta čeličnog otpadka opterećuje celu industriju čelika, ali ga najbolje osećaju proizvođači na elektro-pećima čija se proizvodnja bazira isključivo na čeličnom otpatku. U integralnom procesu je proizvodnja čelika jednostavnija jer se troši manje čeličnog otpadka, a nešto lošiji kvalitet čeličnog otpadka može se poboljšati većim učešćem čvrstog ili tečnog gvožđa ili direktno redukovano železa. U slučaju primene kiseoniko-konvertorskog procesa moguće je efikasnije ukloniti one oligoelemente koji imaju veći afinitet prema kiseoniku. Pri proizvodnji u elektro-lučnoj peći uklanjanje oligoelemenata nije moguće. Smanjenje sadržaja oligoelemenata u čeličnom otpatku, odnosno u metalnom ulošku može se vršiti dodavanjem odgovarajućih količina direktno redukovano ili belog gvožđa.

Čelični otpadak se obično klasifikuje u klase po poreklu i po kvalitetu. U nomenklaturi UN/ECE [4], otpadak gvožđa i čelika se klasifikuje po poreklu na otpad koji se stvara u industriji čelika, uključujući prerađivače čelika i livnice čelika i na otpad iz izvora izvan industrije gvožđa i čelika i livnica čelika.

Postoji više klasifikacija otpadaka po kvalitetu. Većina zemalja ima svoje sopstvene klasifikacije koje su u saglasnosti sa domaćom trgovinom otpadaka. Pošto su SAD i zapadnoevropske zemlje najvažniji svetski izvoznici otpadka, njihove klasifikacije se najčešće koriste u čitavom svetu.

Što se tiče klasa otpadaka, klasifikacije mogu značajno da se razlikuju. I pored toga, sve klasifikacije koriste iste kvalitativne kriterijume i označavaju klase uzimajući u obzir fizičke i hemijske osobine otpadaka.

Veličina komada i gustina gomile su fizičke osobine koje se označavaju kvantitativno. Gornja granica dužine, širine i visine i donja granica gustine su specificirani za veće komade otpadaka i za bale hidraulički presovanog ili ručno upakovanog otpatka. Donja granica gustine je specificirana za komadni i briketirani otpadak.

Poreklo otpatka takođe se uzima u obzir. Što se tiče porekla, klasa otpatka može se okarakterisati proizvodnim procesom u kojem je nastao (struganjem, bušenjem, odsecanjem), starim produktima iz kojih je proizveden (lomljenjem broda, od železničkih pruga, otpadak pri demontaži), i dr.

Za proizvođača čelika je važno da zna hemijski sastav otpatka kao sirovine i hemijski sastav čelika koji pravi kao finalni proizvod. Ove informacije postoje u klasifikaciji otpadaka samo u slučaju legiranog otpatka. Sadržaj legirajućih elemenata mora biti poznat da bi se iskoristio kao izvor legure u proizvodnji svežeg legiranog čelika. Za razliku od legiranog otpada, osnovni hemijski sastav otpadaka od ugljeničnog čelika i otpadaka od livenog gvožđa nije posebno naznačen ni

u jednoj klasifikaciji. Neke klasifikacije limitiraju sadržaj legirajućih elemenata u nelegiranom otpatku, da bi ga tako razlikovale od legiranog otpatka. Tako na primer, po klasifikaciji otpadaka u SAD sadržaj legirajućih elemenata u otpatku od ugljeničnog čelika i livenog gvožđa ne sme da pređe procenete prikazane u tabeli 1.

Tabela 1. Legirajući elementi u otpatku od ugljeničnog čelika i livenog gvožđa: slučaj SAD [7]

Rezidualni elementi u otpatku	Sadržaj (%)
Nikl	0,00
Hrom	0,20
Molibden	0,10
Mangan	0,65

Sadržaj oligoelemenata tretira se u klasifikacijama otpadaka na dva načina. Prvi i češće korišćen način jeste opisna specifikacija kojom se isključuju spoljni izvori oligoelemenata. Tako se za jedan broj klasa otpadaka naznačava da treba da budu bez materijala sa metalnim prevlakama, lemljenih, kalajnih spojeva ili komada neželeznog materijala. Drugi ne tako čest način sastoji se u specifikaciji gornje dozvoljene koncentracije za različite oligo i nespecifične komponente. Nekoliko primera dato je u tabeli 2.

Tabela 2. Maksimalno dozvoljeni sadržaji oligoelemenata u čeličnom otpatku [4,7]

Klasifikacija	Klase otpada	Specifikacija
ECSC (1972)	33 ŠREDIRANI OTPADAK	Kalaj (Sn) 0,02% max. Bakar (Cu) 0,15% max. Sumpor (S) 0,04% max. Fosfor (F) 0,04% max.
Velika Britanija (1979)	3A Fragmentizirani otpadak	Kalaj (Sn) 0,03% max. Bakar (Cu) 0,20% max.
	3B Fragmentizirani otpadak	Kalaj (Sn) 0,03% max. Bakar (Cu) 0,25% max.
Francuska (1991)	33 Fragmentizirani otpadak	Kalaj (Sn) 0,02% max. Bakar (Cu) 0,25% max.
	IB Spaljeni gradski otpadak	(Cu+Ni+Cr+Sn) 1% max.
	NIB Nespaljeni gradski otpadak	(Cu+Ni+Cr+Sn) 1% max.

Moderna tehnologija proizvodnje visoko kvalitetnih čelika prirodno postavlja dodatne zahteve u pogledu kvaliteta otpada i osiguranja stalnog kvaliteta u isporukama metalnih otpadaka [8]. Ovaj zahtev je naročito važan za proizvođača da bi obezbedio stalni kvalitet čelika, kompatibilan sa zahtevima krajnjeg kupca i potrošača čelika.

Stalan kvalitet otpadaka podrazumeva jednoobrazni nivo kvaliteta otpadaka sa minimumom odstupanja od isporuke do isporuke. Statistička kontrola kvaliteta otpadaka je najvažnije sredstvo za obezbeđivanje

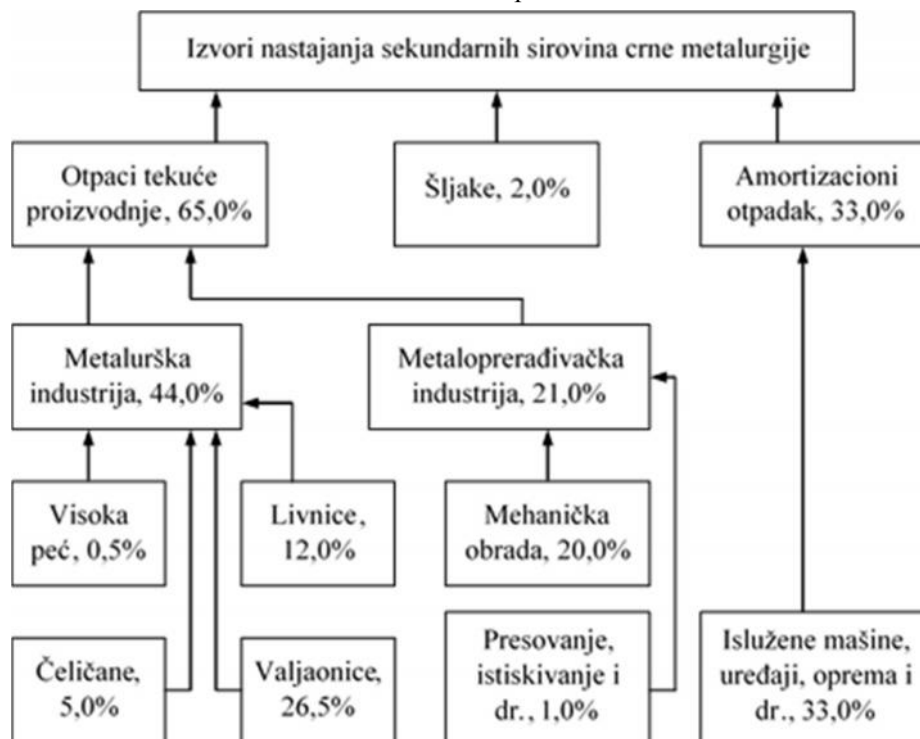
stalnog kvaliteta otpadaka. Ona se mora primeniti tokom čitave linije rukovanja otpatkom, od prikupljanja i sortiranja preko postupka prerade metalnog otpatka.

3. IZVORI NASTAJANJA OTPADAKA GVOŽĐA I ČELIKA

Otpadak koji nastaje u procesu proizvodnje i prerade gvožđa i čelika ili kao škart u proizvodnji naziva se proizvodni otpadak [9-10]. Proizvodni otpadak koji nastaje u železarama u procesu proizvodnje gvožđa u

visokim pećima, pri izradi čelika u čeličani, u livnicama i valjaonicama pri izradi poluproizvoda ili finalnih železarskih proizvoda odmah se vraća u proces izrade čelika kao sirovina i naziva se vlastiti ili recirkulacioni čelični otpadak. Otpadak koji nastaje pri mehaničkoj obradi kod konačnih korisnika naziva se otpadak pri obradi.

Dругу veliku grupu otpadaka gvožđa i čelika predstavlja amortizacioni otpadak, koji se često naziva i sabirni otpadak. Proizvodi izrađeni od gvožđa i čelika imaju svoj ograničeni upotrebni ciklus nakon koga usled fizičke istrošenosti ili tehnološke zastarelosti gube upotrebna svojstva i postaju kao amortizacioni otpadak sirovina za izradu čelika.



Slika 1 - Tehnološka šema obrazovanja sekundarnih sirovina crne metalurgije

Osnovni izvori nastajanja proizvodnog i amortizacionog otpada gvožđa i čelika (slika 1) su sledeći [11]: 1- proizvodnja gvožđa i čelika; 2-metalni kompleks prerade gvožđa i čelika; 3-amortizacija gotovih proizvoda izrađenog od gvožđa i čelika (amortizacioni otpad); 4-obrade – prerade šljake.

Sva železna supstanca koja se jednom izdvoji iz rude kruži kroz proizvodno upotrebni ciklus dok se nakon više kružnih vraćanja potpuno ne istroši u vidu nepovratnih gubitaka [12].

Količina proizvodnog otpatka gvožđa i čelika raste sa industrijskim napretkom, tj. sa rastom proizvodnje čelika i porastom stepena njegove obrade. Ova vrsta čeličnih otpadaka se ne akumulira sa vremenom već se kontinuirano troši i prerađuje neposredno nakon nastanka u proizvodnji i preradi čelika.

Za razliku od njega, amortizacioni čelični otpadak se ne troši neposredno zbog toga što se razni čelični predmeti međusobno razlikuju po dužini radnog veka, pa vraćanje u proizvodni ciklus kod amortizacionih čeličnih otpadaka ima kumulativni karakter [13].

Svetska proizvodnja čelika polovinu svoje proizvodnje ostvaruje korišćenjem železnih ruda, a drugu

polovinu pretapanjem čeličnih otpadaka. Otpaci nastali u procesu proizvodnje čine 2/3 ukupnog čeličnog otpatka, dok 1/3 otpada na amortizacioni otpadak [11].

3. BILANSIRANJE OTPADAKA GVOŽĐA I ČELIKA

Primena modela bilansiranja za prognozu nastajanja čeličnog otpatka zasnovana je na bilansiranju recirkulacionog, otpatka pri obradi i amortizacionog otpatka u prethodnom periodu i izračunavanju koeficijenta njihovog nastajanja, koji služe kao osnova za uspešno prognoziranje njihovog nastajanja u budućnosti.

Količina nastalog čeličnog otpatka predstavlja sumu recirkulacionog, procesnog i amortizacionog otpatka nastalog u jednoj godini i može se izraziti kao [14]:

$$S_n = S_n^a + S_n^b + S_n^m \quad (1)$$

gde su S_n^a , S_n^b , S_n^m i S_n iznosi recirkulacionog, procesnog, amortizacionog i ukupnog otpatka nastalog u godini n .

Direktna metoda za procenu količine recirkulacionog otpatka i otpatka pri obradi sastoji se u određivanju ukupnih količina sabiranjem količina nastalog otpatka iz svih tehnoloških izvora po poreklu otpatka.

Na žalost raspoložive statistike otpadaka gvožđa i čelika ne obuhvataju podatke o njihovom nastanku, nego samo o potrošnji. Osim toga, u statističkim podacima, potrošnja otpatka pri obradi je spojena sa potrošnjom amortizacionog otpatka.

Procena nastajanja amortizacionog otpatka u jednoj godini korišćenjem direktne metode sabiranja bila bi još složenija. Zbog visoko razgranate sakupljačke mreže ovih otpadaka i nedostatka podataka o nastanku amortizacionog otpatka, skoro je nemoguća procena direktnom metodom.

Postojeći statistički podaci se odnose na potrošnju amortizacionog i procesnog otpatka i ona se najčešće razlikuje od količine nastalog otpatka. Samo u slučaju kada su količine nastalog i potrošenog jednake, primenjuje se jednačina (1).

Nedostatak u statistikama o nastanku otpadaka zahteva drugačiji prilaz proceni raspoloživosti čeličnog otpatka. Bliska veza između nastajanja sve tri vrste otpadaka i proizvodnje i potrošnje čelika omogućava drugačiji prilaz proceni ukupnog otpatka koji nastaje. Ovaj prilaz se zasniva na podacima o proizvodnji i potrošnji čelika i na numeričkim vrednostima koeficijenata koji se tiču nastanka otpadaka.

Nastanak recirkulacionog otpatka S_n^a u godini n dat je sledećom jednačinom [14]:

$$S_n^a = C_n \times \frac{K^a}{100} \quad (2)$$

gde je: C_n - prividna domaća proizvodnja sirovog čelika u godini n u tonama, K^a - je koeficijent nastanka recirkulacionog otpatka u procentima.

Prividna domaća proizvodnja čelika, predstavlja domaću proizvodnju sirovog čelika C_n korigovano za balans uvoza i izvoza sirovog čelika ΔC_n :

$$C_n^* = C_n \pm \Delta C_n \quad (3)$$

Nastanak otpatka pri obradi S_n^b u godini n je dat sledećom formulom [14]:

$$S_n^b = P_n \times \frac{K^b}{100} \quad (4)$$

gde je: P_n - potrošnja gotovog čelika u godini n u tonama, K^b - koeficijent nastanka procesnog otpatka.

Ako nedostaju godišnji podaci o stvarnoj potrošnji gotovog čelika u statistikama o čeliku, tada se mogu

koristiti podaci o prividnoj potrošnji čelika u ekvivalentima gotovog čelika P_n^* . U tom slučaju P_n^* u formuli dobija oblik P_n^* , što se normalno definiše kao prividna potrošnja gotovog čelika sledećom jednačinom:

$$P_n^* = C_n \times E \pm \Delta P \quad (5)$$

gde je: E - koeficijent za prevođenje sirovog čelika u gotov čelik, ΔP - predstavlja bilans izvoza i uvoza polufabrikata i gotovog čelika.

Odlučan korak ka tačnosti kojom će se procenjivati godišnja produkcija recirkulacionog i otpatka pri obradi je izbor numeričkih vrednosti koeficijenata K^a , K^b i E .

Nastanak amortizacionog otpatka u godini n dat je sledećom formulom [14]:

$$S_n^m = P_{(n-T_{av})}^* \times \frac{U_{avp}}{100} \quad (6)$$

gde je T_{av} prosečno srednje vreme povratka u godinama.

U_{avp} se izračunava iz U_{av} po formuli:

$$U_{avp} = \frac{100 - \sum_1^5 1_i}{100} \times U_{av} \quad (7)$$

gde je: - U_{av} koeficijent prosečnog srednjeg stepena revalorizacije u procentima, 1_i - predstavlja sve bespovratne gubitke u procentima.

Njihova prosečna vrednost je procenjena na 26%. Ako je srednja vrednost $U_{av}=55\%$ onda je prihvatljiva srednja vrednost $U_{avp}=40\%$.

Procena ukupnih izvora otpadaka načinjena je po ovoj metodologiji koristeći UN/ECE bazu podataka o čeliku. Izvori recirkulacionog, otpatka pri obradi i amortizacionog otpatka u jednačini (1) računaju se pomoću jednačina (2), (4) i (6) redom.

Vrednosti koeficijenata K^a i K^b , koji se koriste za izračunavanje u različitim zemljama date su u tabelama 3 i 4 [15].

Stopa iskorišćenosti čeličnog otpatka u odnosu na proračunatu ukupnu godišnju količinu nastalog otpatka može se odrediti iz odnosa ukupne potrošnje čeličnog otpatka i ukupno nastalog čeličnog otpatka. Stopa u svetu varira od 84% do 93% i upšteno gledajući relativno je visoka.

Udeo ukupno nastalog čeličnog otpatka u svetskoj proizvodnji sirovog čelika iznosi oko 55%. To znači da u proizvodnji čelika otpadak postaje važniji imput od primarne sirovine.

Tabela 3. Vrednosti koeficijenta nastanka recirkulacionog otpatka K^a [15]

Zemlja	Godina		
	1980	1990	2000
Austrija	0,17	0,13	0,11
Belgija	0,21	0,17	0,15
Bugarska	0,23	0,20	0,18
Rumunija	0,23	0,20	0,18
Jugoslavija	0,23	0,17	-
SR Nemačka	0,18	0,10	0,10

Tabela 4. Vrednosti koeficijenta nastanka procesnog otpatka K^b i prosečno srednje vreme povratka amortizacionog otpatka T_{av} [15]

Zemlja	Godina			
	1980	1990	2000	T_{av}
Austrija	0,14	0,14	0,14	15
Belgija	0,14	0,14	0,14	15
SR Nemačka	0,14	0,14	0,14	15
Bugarska	0,13	0,15	0,14	20
Rumunija	0,13	0,15	0,14	20

U svim ovim slučajevima korišćena je srednja vrednost $U_{avp}=40\%$.

U strukturi izvora otpadaka najvažniji je amortizacioni otpadak i očekuje se tempo blagog rasta njegovog generisanja u budućnosti. Udeo recirkulacionog otpatka u ukupnom izvorima čeličnog otpatka ravnomerno opada zbog poboljšanja u tehnologiji proizvodnje čelika.

4. ZAKLJUČAK

Za dalji razvoj proizvodnje sirovog čelika pored železne rude veliki značaj ima čelični otpadak, koji se primenjuje u svim savremenim postrojenjima za proizvodnju čelika. Procenat čeličnog otpatka u šarži se menja od 20-100%, zavisno od primenjenog postupka topljenja.

Čelični otpadak sadrži izvesne količine nečistoća i oligoelemenata i u manjim količinama njihovo prisustvo je dozvoljeno. Međutim, ukoliko su neki od tih elemenata prisutni u većim količinama, mogu imati negativan uticaj na kvalitet proizvedenog čelika. Osnovni izvori nastajanja otpadaka gvožđa i čelika su u proizvodnja gvožđa i čelika, u preradi gvožđa i čelika i amortizovani proizvodi koji sadrže gvožđe i čelik. Otpaci nastali u procesu proizvodnje čine 2/3 ukupnog čeličnog otpatka, dok 1/3 otpada na amortizacioni otpadak.

Bilansiranje ukupno nastalog čeličnog otpatka u posmatranoj godini predstavlja zbir parcijalnih bilansa vlastitog otpatka, otpatka pri obradi i amortizacionog otpatka. Procene nastajanja pojedinih vrsta otpadaka

baziraju na podacima o proizvodnji i potrošnji čelika i na numeričkim vrednostima koeficijenta koji se tiču nastanka otpadaka.

Stopa iskorišćenosti čeličnog otpatka predstavlja odnos ukupne potrošnje čeličnog otpatka i ukupno nastalog čeličnog otpatka i kreće se od 84% do 93%.

ZAHVALNICA:

Rezultati prikazani u radu predstavljaju deo istraživanja na projektima TR34023 i TR34002 čiju realizaciju finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Johnson J., Reck B. K., Wang T., Graedel T. E., The energy benefit of stainless steel recycling, Energy Policy, 36, 1, 181-192, 2008.
- [2] Kaplan R. S., Ness H., Conserv. Recycling., 10, 1-13, 1987.
- [3] Steel Statistical Yearbook 2009, International Iron and Steel Institute, Brussels, 2009.
- [4] UN/ECE Nomenclature, Notes and Definitions Supplement to the Steel Statistical Bulletin, ECE, Geneva, 1990.
- [5] D. A. Pflaum D. A., Residual problems and the scrap industry, in Residual and Unspecified Elements in Steel, Ed. A.S. Melilli and E.G.Nisbett, ASTM STP, Philadelphia, 1042, 11-25, 1989.
- [6] Ilić I., Gulišija Z., Sokić M., Reciklaža metalnih sekundarnih sirovina, ITNMS, Beograd, 260, 2010.
- [7] Steel Product Quality and Maximum Utilization of Scrap, ECE/STEEL/77, UN, New York, Geneva, No. E92.II.E.25, 1992.
- [8] Björkman, B., Samuelsson C., Handbook of Recycling: Recycling of Steel, 65-83, 2014.
- [9] Woodard & Curran Inc, Wastes from Industries (Case Studies), Industrial Waste Treatment Handbook (Second Edition), 409-496, 2006.
- [10] Sokić M., Gulišija Z., Ilić I., Reciklaža i održivi razvoj, 3, 35-46, 2010.
- [11] Volobuev V. F., Dovgij I. I., Ankudinov N. V., Zagotovka i prerabotka vtoričnih metallov, Metallurgija, Moskva, 407, 1980.
- [12] Ilić I., Gulišija Z., Kamberović Ž., Reciklaža metala iz amortizovanog i proizvodnog metalnog otpada, I Simpozijum o reciklažnim tehnologijama i održivom razvoju sa međunarodnim učešćem, Zbornik radova, Soko Banja, 2006, 142-155.

- [13] Ilić I., Stopić S., Tehnika – RGM, 56, 15-23, 2001.
- [14] Čavić A., Nedeljković Lj., Simović Đ., Ironmak. Steelmak., 18, 59-67, 1991.
- [15] Čavić A., Ilić I., Gulišija Z., Simović Đ., Nedeljković Lj., Jeftić Ž., Čelični otpadak, Megatrend, Beograd, 163, 1998,.

SUMMARY

QUALITY, SOURCES AND BALANCING OF IRON AND STEEL SCRAP

Besides iron ore, the main raw material of iron and steel production is steel scrap. This paper presents the quality and sources of creation the iron and steel scrap and estimation of their creation in the future. The content of impurities and trace elements to the scrap is very important and influencing to the quality of the obtained steel. Alloyed steel scrap known composition can often be used as an addition to a metal charge for steel production of the desired composition. Considering the steel scrap formation, the three major groups are elaborated: own scrap or circulation scrap, processing scrap and amortization scrap. The balancing model for estimating of steel scrap creation is based on the calculating the coefficients of the generation circulation, processing and amortization scrap, which are used as the basis for successful modelling.

Key words: *steel scrap, impurities, sources and estimation of creation*