

TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET UNIVERZITET U BEOGRADU

35/30
(Broj zahteva)
08.07.2013.
(datum)

VEĆE NAUČNIH OBLASTI TEHNIČKIH NAUKA

(naziv veća naučne oblasti kome se zahtev upućuje)

Beograd, Studentski trg br. 1

ZAHTEV

za davanje saglasnosti na referat o urađenoj doktorskoj disertaciji

Molimo da, shodno članu 46. st 5. Statuta Univerziteta u Beogradu ("Glasnik Univerziteta" broj 131/06), date saglasnost na referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata

Mr IVANA (Milan) NAJDENOVA
(ime, ime jednog od roditelja i prezime)

KANDIDAT: mr IVAN (Milan) NAJDE NOV prijavio je doktorsku disertaciju pod nazivom:
(ime, ime jednog od roditelja i prezime)

„UPRAVLJANJE PROCESIMA TOPLJENJA I RAFINACIJE BAKRA U FUNKCIJI UNAPREĐENJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI I EKONOMSKE OPRAVDANOSTI”

Iz naučne oblasti: METALURGIJA

Univerzitet je dana 09.10.2009. godine, svojim aktom br. 612-25/142/09, dao saglasnost na predlog teme doktorske disertacije koja je glasila:

„UPRAVLJANJE PROCESIMA TOPLJENJA I RAFINACIJE BAKRA U FUNKCIJI UNAPREĐENJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI I EKONOMSKE OPRAVDANOSTI”

Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata:

mr IVANA (Milan) NAJDENOVA
(ime, ime jednog od roditelja i prezime)

obrazovana je na sednici održanoj 19.04.2012. odlukom fakulteta pod br. 35/94, u sastavu:

Ime i prezime člana komisije	Zvanje	Naučna oblast
1. Dr Karlo Raić	Redovni profesor	Metalurško inženjerstvo
2. Dr Gordana Kokeza	Redovni profesor	Ekonomske nauke i industrijski menadžment
3. Dr Zoran Odanović	Viši naučni saradnik	Metalurško inženjerstvo

Nastavno-naučno veće fakulteta prihvatilo je izveštaj Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije na sednici održanoj dana 31.01.2013. godine.

DEKAN FAKULTETA

Prof. dr Đorđe Janačković

Prilog:

1. Doktorska disertacija
2. Izveštaj Komisije sa predlogom
3. Akt Nastavno-naučnog veća Fakulteta o usvajanju izveštaja

Na osnovu čl. 128. Zakona o visokom obrazovanju i čl. 129. Statuta TMF, na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta od 31.01.2013. godine, doneta je

O D L U K A

o prihvatanju Izveštaja o oceni doktorske disertacije

Prihvata se Izveštaj Komisije u sastavu: dr Karlo Raić, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, dr Gordana Kokeza, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, dr Zoran Odanović, naučni savetnik Instituta za ispitivanje materijala A.D. Beograd, o pregledu i oceni urađene doktorske disertacije pod nazivom: „**Upravljanje procesima topljenja i rafinacije bakra u funkciji unapređenja energetske efikasnosti i ekonomske opravdanosti**“, koju je podneo **mr IVAN NAJDENOV** i upućuje se na saglasnost Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu.

Veće naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu dalo je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije mr Ivana Najdenova pod nazivom „**Upravljanje procesima topljenja i rafinacije bakra u funkciji unapređenja energetske efikasnosti i ekonomske opravdanosti**“ Odlukom broj: 612-25/142/09 od 09.10.2009. godine.

M 21- Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu

1. Najdenov I, Raić T. K, Kokeza G. Aspects of energy reduction by autogenous copper production in the copper smelting plant Bor. Elsevier. Energy 2012;43:376-384. IF = 3.858 (rang 2/82)

M 23- Rad u međunarodnom časopisu

1. Najdenov I, Raić K, Kokeza G. Economic insight into energents consumption in copper melting and refining plants of Serbia using the method of reduction to conditional fuel (coal equivalent). Metalurgia International 2011; vol. 16: 79-86. IF = 0.084 (rang 70/75)
2. Najdenov I, Radiša R, Raić T. K. Microeconomics of the materials and energents consumption in a simulated copper casting process. La Metallurgia Italiana.2012;5: 51-56 IF = 0.053 (rang 73/75)

Izveštaj o oceni doktorske disertacije dostavlja se na uvid javnosti, a po isteku roka od 30 dana, na saglasnost Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu.

Odluku dostaviti: Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta, doktorantu, Službi za nastavno-studentske poslove, Biblioteci i Arhivi fakulteta.

D E K A N

Prof. dr Đorđe Janačković

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata mr Ivana Najdenova, dipl. inž. metalurgije

Odlukom o imenovanju Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije od 19.4.2012. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata mr mr Ivana Najdenova, dipl. inž. metalurgije pod naslovom **“Upravljanje procesima topljenja i rafinacije bakra u funkciji unapređenja energetske efikasnosti i ekonomske opravdanosti”**. Posle pregleda dostavljene Disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa Kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

R E F E R A T

1. UVOD

1.1 Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- 21.5.2009. godine – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je Odluka o prihvatanju predloga teme doktorske disertacije mr Ivana Najdenova, dipl. inž. metalurgije, pod nazivom **“Upravljanje procesima topljenja i rafinacije bakra u funkciji unapređenja energetske efikasnosti i ekonomske opravdanosti”** i za mentora ove doktorske disertacije imenovan je dr Karlo Raić, redovni profesor TMF.

- 09.10.2009. godine – Na sednici Veća naučnih oblasti tehničkih nauka (Univerzitet u Beogradu) data je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije mr Ivana Najdenova, dipl. inž. metalurgije, pod nazivom **“Upravljanje procesima topljenja i rafinacije bakra u funkciji unapređenja energetske efikasnosti i ekonomske opravdanosti.”**

- 19.4.2012. godine – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je Odluka o imenovanju članova Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije mr Ivana Najdenova, dipl. inž. metalurgije, pod nazivom **“Upravljanje procesima topljenja i rafinacije bakra u funkciji unapređenja energetske efikasnosti i ekonomske opravdanosti.”**

1.2. Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju oblasti Metalurgija, za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Mr Ivan Najdenov, dipl. inž. metalurgije, rođen je 05.4.1977. godine u Majdanpeku. Osnovnu školu i gimnaziju završio je u Boru. Tehnički fakultet u Boru, odsek opšte metalurgije, završio je 2001. godine sa prosečnom ocenom studiranja 8,44. Ivan Najdenov se zaposlio 2001. godine Topionici i rafinaciji bakra u Boru, u pogonu Livnica bakra i bakarnih legura i u vremenskom periodu od 2001. do 2010. godine obavljao sledeće poslove: tehnolog u livnici fazonskih odlivaka, rukovodilac pripreme i rukovodilac Nove livnice. Zbog modernizacije Topionice i izgradnje nove Fabrike sumporne kiseline u periodu od 2010. do 2012. godine je radio u pogonima Topionice i Fabrike sumporne kiseline na rukovodećim mestima. Trenutno radi u pogonu Topionica kao rukovodilac organizacione jedinice topljenja na plamenoj peći. Godine 2004. Ivan Najdenov je na Katedri za metalurško inženjerstvo na Tehnološko-metalurškom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, odbranio magistarsku tezu, pod nazivom: "Upravljanje potrošnjom energenta u procesima topljenja i rafinacije bakra".

Kandidat Ivan Najdenov u toku svog dosadašnjeg naučno-istraživačkog rada objavio je kao autor ili kao koautor više naučnih radova izloženih na domaćim i na stranim stručnim konferencijama, kao i u domaćim i stranim časopisima.

Od stranih jezika kandidat zna engleski i nemački jezik.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidata mr Ivana Najdenova, dipl. inž. metalurgije, napisana je na 169 strana, u okviru kojih se nalazi 40 slika, 60 tabela i 109 literaturnih navoda. Doktorska disertacija kandidata mr Ivana Najdenova, dipl. inž. metalurgije, sadrži pet osnovnih celina: Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultate i diskusiju i Zaključak, koje su raspoređene u jedanaest poglavlja. Na početku disertacije dat je kratak Izvod na srpskom i engleskom jeziku, dok su na kraju rada dati navodi literature, a na samom kraju data je i biografija autora.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U okviru prvog poglavlja data je podela savremenih pirometalurških autogenih postupaka za topljenje, za topljenje u lebdećem stanju i topljenje u rastopu. Razvoj ovih postupaka se zasnivao na zahtevima za objedinjavanjem pojedinih faza procesa proizvodnje (prženje, topljenje, konvertorovanje) sa sledećim ciljevima: efikasnije korišćenje hemijske energije koncentrata na račun sumpora i smanjenje specifične potrošnje goriva, maksimalna ekološka zaštita radne i životne sredine, proizvodnja gasa sa visokim sadržajem SO₂ i visoko iskorišćenje bakra i pratećih metala. Takođe, u ovom delu dat je i detaljan opis svake tehnologije topljenja sa tehničko-ekonomskim pokazateljima.

U drugom, eksperimentalnom, poglavlju urađena je analiza potrošnje energenata po fazama procesa proizvodnje (prženje, topljenje, konvertorovanje i anodna rafinacija) u Topionici u Boru, koja se odvija po "standardnom" postupku. Dobijeni podaci predstavljaju osnovnu bazu podataka koja se koristi u razmatranjima koja slede. U ovom delu teze takođe je urađena uporedna analiza potrošnje energije između "standardnog" procesa topljenja i savremenih

autogenih postupaka topljenja. Za tu priliku svi oblici utrošene energije su svedeni na isti oblik energije, odnosno na ekvivalent energije procesa, sirovina i procesnih materijala. Tu su svakako bilansirani i ekvivalenti energije proizvoda i nusproizvoda koji se javljaju u procesu proizvodnje u obliku vodene pare i toplotne energije. Takođe, radi boljeg kompletnijeg slike o potrošnji energije različitim tehnološkim postupcima, energije je svedena i na uslovno gorivo (29,3 MJ/kg). Potrošnja energije svedena na ekvivalent energije i uslovno gorivo po toni anodnog bakra je data za pogon Topionice u Boru. S obzirom da je krajnji proizvod katodni bakar, dat je i zbirni ekvivalent energije koji uključuje i potrošnju energije u pogonima Fabrike sumporne kiseline i Elektrolitičke rafinacije.

U trećem i četvrtom poglavlju izvršena je uporedna analiza tehničkih pokazatelja rada plamenih peći u svetu i u Topionici u Boru, a dati su i efekti uvođenja kiseonika u cilju intenzifikacije procesa. S obzirom da proizvodi u metalurgiji bakra napuštaju procesni prostor sa visokom temperaturom, od izuzetnog značaja je i bolje korišćenje sekundarne energije jer se na taj način toplotno iskorišćenje plamenih peći povećava sa 25 % - 30 % na 55 - 65 procenata. To svakako podrazumeva detaljnu analizu gubitaka energije jer u većini slučajeva u pogonima Topionice i rafinacije bakra nije zastupljen manjak već naprotiv "višak" neiskorišćene energije.

U petom i šestom poglavlju analizirani su gubici energije i mere štednje energije vodene pare koja nastaje kao nusproizvod u procesu topljenja u plamenoj peći u Boru, dok su u sedmom poglavlju dati predlozi mera za bolje iskorišćenje otpadne toplote (gasovi, rashladna voda, zagrejani odsisani vazduh, kondenzat pare i dr).

U osmom poglavlju su dati predlozi u cilju racionalizacije potrošnje električne energije, koja se može ostvariti smanjenjem potrošnje aktivne energije, smanjenjem vršnih snaga električne energije i smanjenjem potrošnje reaktivne energije. Kandidat smatra da je za uspešno upravljanje vršnim opterećenjem potrebno kompjutersko praćenje i signalizacija prekomernih vršnih opterećenja pomoću kojih se može stalno pratiti opterećenje u svim pogonima Rudarsko-topioničarskog basena u Boru kao i da postoji mogućnost izbacivanja potrošača ako dođe do datog povećanja.

U devetom poglavlju dat je pregled ekoloških aspekata proizvodnje bakra. Posebno je obrađena proizvodnja bakra u Boru. Stogodišnje rudarenje i proizvodnja bakra u Boru za sobom su ostavili zagađeni vazduh, beživotne reke, oštećeno i uništeno poljoprivredno zemljište, i preko 11 t otpada po svakom stanovniku borske opštine. Na jalovištu rudnika bakra Veliki Krivelj koncentrisane su naslage jalovine od oko 200 miliona tona i pucanjem brane ili kolektora došlo bi do zagađenja reka, a žitka masa bi preko reka Timoka a potom Dunava došla sve do Crnog mora. Veliki ekološki problemi su se nagomilavali tokom decenija a rizici od ekoloških akcidenata su postajali sve veći tako da su u jednom trenutku mogli da ugroze zapadni i centralni Balkan, Dunav i Crno more. Zaključak je da je postojeće stanje aerorozagađenja u Boru neodrživo i da zadovoljavajuće rešenje tog problema predstavlja modernizacija topionice i izgradnja nove fabrike sumporne kiseline, tako da se emisija sumpor dioksida i čvrstih čestica prašine (koje sadrže arsen i druge teške metale) smanji na dozvoljeni nivo. Takođe je zastupljena i degradacija poljoprivrednog zemljišta, čija površina seprocenjuje na 25500 ha, što čini 60,6 % od ukupnog poljoprivrednog zemljišta. Nastajanje opasnog otpada u proizvodnji bakra, kao što su odlaganje raskrivke na lokacijama blizu kopova, odlaganje topioničke šljake iz plamene peći pored Topionice kao i stvaranje otpadnih voda iz pogona RTB-a, predstavlja probleme koje treba u i budućnosti rešavati.

U desetom poglavlju doktorske disertacije analizirani su ekonomski aspekti proizvodnje bakra. U uslovima globalizacije tržišta, uspešno upravljanje proizvodnjom bakra podrazumeva

poznavanje svih bitnih aspekata svetske proizvodnje ovog metala. Polazeći od te činjenice, vrlo je važno da se sagledaju i utvrde najvažnije karakteristike proizvodnje, potrošnje i tržišta bakra, a naročito one koje se odnose na strukturu svetske proizvodnje, uticaj prirodnog faktora, mesto i ulogu naučnog i tehničko-tehnološkog progresa, kapitalna ulaganja, strukturu i kretanje troškova proizvodnje, potrošnju bakra i osnovne faktore koji određuju njeno kretanje, strukturu i način funkcionisanja svetskog tržišta, kretanje cene bakra i slično. S druge strane, u tezi se ističe da treba sagledati i objasniti najvažnije promene i procese koji su se odvijali u dužem periodu kao i utvrditi tendencije koje su došle do izražaja, kao i tendencije koje će se ispoljiti u budućim kretanjima.

U zaključnim razmatranjima doktorske disertacije, (jedanaesto poglavlje), izvršena je uporedna analiza perspektive proizvodnje bakra u svetu i u Rudarsko-topioničarskom basenu Bor. Na osnovu izvršene analize došlo se do zaključka da osnovu budućeg razvoja proizvodnje bakra čine:

- raspoložive rudne i potencijalne rezerve,
- sadržaj bakra i pratećih metala u rudi,
- intenzivan proces primene savremene opreme u rudarstvu i metalurgiji,
- troškovi proizvodnje,
- zaštita radne i životne sredine.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost, originalnost i značaj

U proizvodnji bakra troši se velika količina energije i to za sledeće faze: prženje i topljenje šarže, konvertorovanje bakrenca, plamenu rafinaciju i elektrolitičku rafinaciju. Toplotni bilans kompletnog procesa ili pojedinih faza proizvodnje ne daje realnu sliku o potrošnji energije. To znači da sve oblike utrošene energije treba svesti na isti oblik energije, odnosno na ekvivalent energije procesa, sirovina i procesnih materijala. Takođe, treba bilansirati i ekvivalent energije proizvoda i nusproizvoda koji se javljaju u procesu proizvodnje u obliku vodene pare i toplotne energije.

U ovoj disertaciji posebna pažnja je posvećena potrošnji energije u "standardom" postupku proizvodnje bakra. Ovaj postupak se sastoji od faza prženja u fluo-solid reaktoru, topljenja u plamenim pećima, konvertorovanja blister bakra i rafinacije u anodnoj peći. "Standardni" postupak proizvodnje anodnog bakra zahteva veliku potrošnju energije, koja je za 45 %-55 % veća u odnosu na savremene postupke topljenja. Takođe, treba napomenuti da se u procesu topljenja u plamenoj peći za razliku od drugih postupaka izdvajaju gasovi sa niskom koncentracijom koja iznosi 0,5 %-1,5 % SO_2 , tako da proizvodnja sumporne kiseline nije ekonomična. U tehnološkom procesu proizvodnje bakra oslobađa se i velika količina sekundarne (otpadne) toplotne energije. Bolje iskorišćenje otpadne toplote utiče na sniženje vrednosti ekvivalenta energije procesa i proizvoda.

U doktorskoj disertaciji racionalizacija potrošnje energije u proizvodnji bakra analizirana je sa više aspekata. To su: izbor goriva, primena kiseonika kao intenzifikacionog sredstva u odvijanju tehnološkog procesa kao i bolja kontrola procesa sagorevanja i prenosa toplote. U radu se ističe da su ovo izuzetno važni faktori u energetsom i ekonomskom pogledu odvijanja procesa, a kao pokazatelj za ocenu je predložen stepen iskorišćenja energije procesa.

Trend razvoja novih autogenih procesa topljenja u pirometalurškoj proizvodnji bakra javlja se kao posledica sve veće tražnje bakra na svetskom tržištu, zatim kao posledica povećanja mehanizacije i automatizacije procesa, uvođenja strogih zakona o zaštiti čovekove okoline kao i usled stalnog rasta cena energenata. Navedeni ekonomski razlozi uticali su da neke velike svetske kompanije razviju sopstvene tehnologije za proizvodnju bakra, pri čemu je kao osnova za projektovanje nove tehnologije iskorišćena velika energetska vrednost sulfidnih koncentrata bakra. Na taj način, proces topljenja doveden je skoro do potpune autogenosti. Dva osnovna i široko rasprostranjena autogena procesa su topljenje u rastopu i topljenje u lebdećem stanju.

Osnovni ciljevi koje su morali da zadovolje novi pirometalurški postupci dobijanja bakra su sledeći:

- efikasnije korišćenje hemijske energije koncentrata na račun sagorevanja sulfida, što je uticalo i na smanjenje specifične potrošnje goriva,
- proizvodnja gasa bogatog sa SO_2 , radi što većeg iskorišćenja sumpora u cilju proizvodnje sumporne kiseline,
- visoko iskorišćenje bakra i pratećih metala i
- zaštita radne i životne sredine.

U okviru ove disertacije detaljno su razmotreni svi aspekti koji dovode do unapređenja energetske efikasnosti i ekonomske opravdanosti procesa topljenja i rafinacije bakra u svetu. Ovi savremeni aspekti su primenjeni na pokaznom "standardnom" postupku Topionice u Boru. To je dovelo do konkretnih numeričkih podataka koji mogu da budu korisni u analizama i drugih procesa topljenja i rafinacije bakra.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literature

U ovoj disertaciji navedeno je 109 literaturnih navoda koji su korišćeni prilikom izrade disertacije. Navedeni naučni radovi obuhvataju tematiku koja je od suštinskog značaja za izradu doktorske disertacije a koja sadrži eksperimentalne rezultate istraživanja istraživača, analizu i diskusiju dobijenih rezultata, izvedene zaključke, kao i teorijske osnove primenjenih metoda ispitivanja, njihove mogućnosti i ograničenja. Proučavanje i analiza navedene relevantne literature omogućili su da se prikaže stanje u ispitivanoj oblasti kao i da se na osnovu njihovih nedostataka uoče smernice za istraživanja sprovedena u okviru ove disertacije. Iz obrazloženja predložene teme doktorske disertacije i objavljenih radova u prijavi koju je kandidat podneo, kao i iz popisa literature koja je korišćena u istraživanju, može se zaključiti da kandidat adekvatno poznaje predmetnu oblast istraživanja i aktuelno stanje u ovoj oblasti u svetu.

3.3. Analiza primenjenih naučnih metoda i njihova adekvatnost za sprovedeno istraživanje

U ovom radu je urađena uporedna analiza potrošnje energije "standardnim" postupkom u Boru sa savremenim autogenim postupcima. Svi oblici utrošene energije su svedeni na isti oblik energije, odnosno na ekvivalent energije procesa, sirovina i procesnih materijala. U cilju kompletiranja slike potrošnje energije svi oblici utrošene energije dodatno su svedeni na uslovno gorivo (29,3 MJ/kg). Takođe, bilansirani su i ekvivalenti energije proizvoda i nusproizvoda koji se javljaju u procesu proizvodnje u obliku vodene pare i toplotne energije. Za ovaj proračun je uzeta dnevna prerada suvog koncentrata od 800 t i za svođenje potrošnje energije po fazama proizvodnje standardnim postupkom važe sledeći odnosi: 4,01 t suvog koncentrata/t anodnog bakra, 1,35 t sumporne kiseline/t anodnog bakra i 1,02 t blister bakra/t anodnog bakra.

Na osnovu ovakvog pristupa kao i dobijenih rezultata proračuna, u okviru ove disertacije razvijena je originalna metodologija analize potrošnje energije a koja je verifikovana u prestižnom časopisu Energy.

Deo rada koji je vezan za ekonomske i ekološke aspekte proizvodnje anodnog bakra kod nas i u svetu urađen je na osnovu statističkih podataka.

3.4. Ocena primenljivosti i verifikacije ostvarenih rezultata

Kao posledica porasta tržnje bakra na svetskom tržištu, povećanja mehanizacije i automatizacije procesa, uvođenja i primene strogih zakona o zaštiti čovekove okoline kao i stalnog rasta cena energenata, došlo je do pojave trenda razvoja novih autogenih procesa topljenja u pirometalurškoj proizvodnji. Navedeni ekonomski razlozi uticali su da neke velike svetske kompanije razviju sopstvene tehnologije za proizvodnju bakra, pri čemu je kao osnova za projektovanje nove tehnologije iskorišćena velika energetska vrednost sulfidnih koncentrata bakra. Na taj način je proces topljenja doveden skoro do potpune autogenosti. Dva osnovna i široko rasprostranjena autogena procesa su topljenje u rastopu i topljenje u lebdećem stanju.

Kapaciteti topionica sa autogenim procesima topljenja su povećani poslednjih 15 godina prošlog veka za skoro 4,7 miliona tona ili blizu 117 procenata. Time je kompenzovano smanjenje kapaciteta topionica sa plamenim i elektro pećima i obezbeđen potreban prirast metalurških kapaciteta u skladu sa razvojem rudničke proizvodnje. Posle intenzivne zamene, učešće topionica sa plamenim pećima u ukupnim kapacitetima za preradu primarnih sirovina je u 2000. godini iznosilo 3,5 % sa tendencijom daljeg smanjenja. U 2004. godini samo 10 topionica bakra u svetu je koristilo plamene peći.

Primer poštovanja svetskog trenda u proizvodnji bakra je kompanija RTB-Bor. U cilju modernizacije Topionice planira se zamena reaktora i plamene peći (standardna tehnologija topljenja) savremenom autogenom tehnologijom topljenja, pri čemu se planira da se zadrže konvertori i anodne peći za rafinaciju. Tako bi se modernizacijom Topionice, Outotec fleš smelting postupkom unapredila energetska efikasnost i ostvarila bi se ekonomska opravdanost procesa topljenja.

Tehno-ekonomska opravdanost ove modernizacije direktno proističe iz metodolgije i uporedne analize koje su primenjene i izvršene u ovoj doktorskoj disertaciji.

U ovoj doktorskoj disertaciji prikazano je da se modernizacijom topionice i izgradnjom nove Fabrike sumporne kiseline mogu postići sledeći rezultati:

- bolje iskorišćenje energije koncentrata i smanjenje specifične potrošnje goriva za 35 % - 45 %,
- povećano iskorišćenje bakra sa 93 % na 98 % i pratećih plemenitih metala što, za preradu 400000 t koncentrata na godišnjem nivou znači 3500 t katodnog bakra, čija je vrednost oko 14 miliona dolara godišnje. Takođe, sa povećanjem godišnje proizvodnje sumporne kiseline na 400000 t, troškovi proizvodnje bi se smanjili za 9-13 miliona dolara.
- Povećava se iskorišćenje sumpora sa 50 % na 98 % i time se popravljja ekološka slika Bora i okoline, ne samo novom proizvodnjom koja značajno smanjuje emisiju SO₂, već i ulaganjem u sanaciju odlagališta otkrivke i flotacijske jalovine, koje se dugi niz godina ne rešava, a što je povezano sa navedenim projektom.

3.4. Ocena sposobnosti kandidata za samostalan naučni rad

U svom dosadašnjem istraživačkom i stručnom radu mr Ivan Najdenov, dipl.inž. metalurgije, pokazao je smisao za naučno-istraživački rad, samostalnost u pretraživanju literature, kreiranju i realizaciji eksperimenata i obradi rezultata, kao i sposobnost logičkog i sistematičnog razmišljanja i zaključivanja. Pored navedenog, poznavanje engleskog i nemačkog jezika i korišćenje PC-a (Microsoft Office) sa internet konekcijom u svakodnevnom radu, kvalifikuju kandidata za samostalni naučni rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

U okviru ove disertacije:

- razvijena je originalna metodologija analize potrošnje energije, koja je verifikovana u prestižnom časopisu Energy (Elsevier).
- na osnovu predložene metodologije izvršena je uporedne analize potrošnje energije koja je potvrdila tehno-ekonomsku opravdanost modernizacije u okviru Topionice Rudarsko-topioničarskog basena Bor.
- deo rada koji je vezan za ekonomske i ekološke aspekte proizvodnje anodnog bakra kod nas i u svetu urađen je na osnovu relevantnih statističkih podataka i predstavlja originalno viđenje ove problematike.

4.2. Kritička analiza rezultata

Na osnovu definisanih ciljeva istraživanja, određena je metodologija istraživanja koja je primenjena u doktorskoj disertaciji. S obzirom na složenost problematike, primenjena je metoda gde su svi oblici utrošene energije svedeni na isti oblik energije odnosno na ekvivalent energije procesa, sirovina i procesnih materijala. Na taj način je uspešno urađena uporedna analiza potrošnje energije "standardnog" postupka topljenja u Boru sa savremenim autogenim postupcima.

Statistički podaci u ekološkom delu su dati za desetogodišnji period i nedvosmisleno ukazuju da je promena tehnologije topljenja i izgradnja nove fabrike sumporne kiseline u Boru jedini način da se spreči zagađenje koje je već odavno počelo da dobija razmere međunarodnog karaktera.

U ekonomskom delu su analizirani statistički podaci (za 30 i više godina unazad) vezani za produktivnost, potrošnju i troškove proizvodnje bakra u svetu i u topionici u Boru, na osnovu čega se takođe došlo do potvrde da Rudarsko-topioničarski basen Bor jedino primenom savremene tehnologije može da bude ravnopravan konkurent ostalim proizvođačima bakra u svetu.

Naučni doprinos ove doktorske disertacije ogleda se i u proširivanju i produbljivanju naučnih saznanja iz predmetne problematike, zatim u sagledavanju problematike na sistematičan i sveobuhvatan način, kao i u analizi rezultata dobijenih na bazi istraživanja kako statističkih podataka svetskih proizvođača, tako i na osnovu analize podataka konkretnog proizvođača, Rudarsko-topioničarskog basena Bor.

Eksperimentalni deo rada sa podacima iz proizvodnje bakra predstavlja dobar model za analizu i optimizaciju potrošnje energije kao i donošenje strateških odluka u velikim privrednim sistemima kao što je Rudarsko-topioničarski basen Bor. Takođe, data je analiza i ostalih faktora koji mogu imati značajan uticaj na proizvodnju u ovoj industrijskoj grani a to su: perspektive eksploatacije siromašnih rudnih ležišta u globalnom rasporedu rudnih rezervi u svetu, efekti novih naučnih i tehničko-tehnoloških dostignuća u cilju smanjenja potrošnje energije, trendovi potrošnje bakra u razvijenim zemljama i nove oblasti primene, funkcionisanje svetskog tržišta u uslovima velike koncentracije ponude i slično. Na taj način istraživanje je omogućilo da se stekne potpunija predstava o perspektivama proizvodnje bakra kod nas i u svetu.

Istraživanje sprovedeno u ovoj doktorskoj disertaciji ukazalo je na trendove u svetskim tokovima u predmetnoj oblasti, na osnovu kojih se može očekivati da će se nastaviti intenzivna istraživanja vezana za potrošnju energije u oblasti proizvodnje bakra. U tom svetlu, predložena metodologija primenjena na odabranu kompaniju može da pruži pouzdane pokazatelje potrebne za uspešno upravljanje procesima topljenja i rafinacije bakra u funkciji unapređenja energetske efikasnosti i ekonomske opravdanosti.

4.3. Verifikacija rezultata u časopisima i saopštenjima na konferencijama

M 21- Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu

1. Najdenov I, Raić T. K, Kokeza G. Aspects of energy reduction by autogenous copper production in the copper smelting plant Bor. Elsevier. Energy 2012;43:376-384. ISSN: 0360-5442, IF = 3.858 (rang 2/82)

M 23- Rad u međunarodnom časopisu

1. Najdenov I, Raić K, Kokeza G. Economic insight into energents consumption in copper melting and refining plants of Serbia using the method of reduction to conditional fuel (coal equivalent). Metalurgia International 2011; vol. 16: 79-86. ISSN 1582-2214, IF = 0.084 (rang 70/75)

2. Najdenov I, Radiša R, Raić T. K. Microeconomics of the materials and energents consumption in a simulated copper casting process. La Metallurgia Italiana.2012;5: 51-56. ISSN: 0026-0843. IF = 0.053 (rang 73/75)

M53- Rad u časopisu nacionalnog značaja

1. Najdenov I, Raić K, Kokeza G. Fuel consumption analysis in copper melting and refining plants. Metalurgija-Journal of Metallurgy. 2004; vol 10: 69-82. ISSN 0354-6306

M33- Rad saopšten na skupu međunarodnog značaja, štampan u celini

1. Kokeza G, Najdenov I. Managing of Energy Costs in Function of Business Success, Example- Copper smelter and rafination Bor, "Energy", Zlatibor, 19-22. jun 2005, Zbornik radova str. 37-39. ISSN 0354-8651.

M64 -Rad saopšten na skupu nacionalnog značaja štampan u izvodu

1. Kokeza G, Raić K, Najdenov I. Uticaj potrošnje energenata u pogonima TIR-a na cenu koštanja katodnog bakra. VI savetovanje metalurga Srbije i Crne Gore-knjiga abstrakata, 2003.

2. Kokeza G, Raić K, Najdenov I. Optimiziranje potrošnje energenata u pogonima TIR-a. Srpsko hemijsko društvo-knjiga abstrakta. 2003.

5. ZAKLJUČAK

Kratak osvrt na disertaciju u celini

Na osnovu svega iznetog Komisija smatra da doktorska disertacija kandidata mr Ivana Najdenova, dipl. inž. metalurgije, pod nazivom **“Upravljanje procesima topljenja i rafinacije bakra u funkciji unapređenja energetske efikasnosti i ekonomske opravdanosti”** predstavlja značajan i originalni naučni doprinos u oblasti metalurgije, što je potvrđeno objavljivanjem radova u časopisima međunarodnog značaja. Predmet i ciljevi istraživanja su jasno navedeni i ostvareni.

Komisija, takođe, smatra da doktorska disertacija pod nazivom **“Upravljanje procesima topljenja i rafinacije bakra u funkciji unapređenja energetske efikasnosti i ekonomske opravdanosti”** u potpunosti ispunjava sve zahtevane kriterijume i da je kandidat ispoljio izuzetnu naučno-istraživačku sposobnost u svim fazama izrade ove disertacije.

Predlog komisije Nastavno-naučnom veću

Imajući u vidu kvalitet, obim i naučni doprinos postignutih rezultata Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću TMF-a da prihvati ovaj Izveštaj i da ga, zajedno sa podnetom disertacijom mr Ivana Najdenova, dipl. inž. metalurgije, da na uvid javnosti u zakonski predviđenom roku, kao i da, nakon završetka procedure, pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

Beograd, 21.01.2013.god.

Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije

1. Dr Karlo T. Raić, red. prof. TMF-Beograd, mentor
2. Dr Gordana Kokeza, red. prof. TMF-Beograd
3. Dr Zoran Odanović, naučni savetnik, Insitut za ispitivanje materijala A.D., Beograd