

TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET

UNIVERZITET U BEOGRADU

35/228
(Broj zahteva)
02.09.2013.
(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 Univerzitetu u Beogradu ("Glasnik Univerziteta" broj 131/06), date saglasnost na referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata

Mr ZORANA (Milojica) SLOVIĆA

(ime, ime jednog od roditelja i prezime)

KANDIDAT: **Mr ZORAN (Milojica) SLOVIĆ**, prijavio je doktorsku disertaciju pod nazivom:
(ime, ime jednog od roditelja i prezime)

„Termodinamički pristup desulfuraciji pri vanpećnoj obradi kiseonično-konvertorskog čelika”

Iz naučne oblasti: **METALURGIJA**

Univerzitet je dana 09.10.2009. godine, svojim aktom broj 612-25/143/09, dao saglasnost na predlog teme doktorske disertacije koja je glasila:

„Termodinamički pristup desulfuraciji pri vanpećnoj obradi kiseonično-konvertorskog čelika”

Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata:

Mr ZORANA (Milojica) SLOVIĆA

(ime, ime jednog od roditelja i prezime)

obrazovana je na sednici održanoj 27.06.2013. odlukom fakulteta pod br. 35/203. u sastavu:

Ime i prezime člana komisije	Zvanje	Naučna oblast
1. Dr Karlo Raić	Redovni profesor	Metalurgija
2. Dr Tatjana Volkov Husović	Redovni profesor	Metalurgija
3. Dr Zoran Odanović	Naučni savetnik	Metalurgija

Nastavno-naučno veće fakulteta prihvatilo je izveštaj Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije na sednici održanoj dana 11.07.2013. 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

DIV

Na osnovu čl. 128. Zakona o visokom obrazovanju i čl. 129. Statuta TMF, na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta od 11.07.2013. 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 Tatjana Volkov-Husović, 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: „**Termodinamički pristup desulfuraciji pri vanpećnoj obradi kiseonično konvertorskog čelika**“ koju je podneo **mr ZORAN SLOVIĆ** 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 Zorana Slovića pod nazivom „**Termodinamički pristup desulfuraciji pri vanpećnoj obradi kiseonično konvertorskog čelika**“ Odlukom broj 612-25/143/09 od 09.10.2009. godine.

Rad u istaknutom međunarodnom časopisu - M22

1. **Z. Slović**, Lj. Nedeljković, K. Raić, Z. Odanović: Relationship between the common optical basicity models and the sulphide capacities of $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-MgO}$ slag, Kovove Mater. Vol. 50, 2012, p.185–192, ISSN 0023-432X; IF = 0.687 (rang 30/75)

Rad u međunarodnom časopisu - M23

1. **Z.Slović**, K.Raić, Lj.Nedeljković, T.Volkov-Husović: Relationship between calculated oxygen activity and sulfur partition ratio of $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-MgO}$ slag during ladle refining, Materiali in Technologije, MTAEC9, Vol.46, N° 6, 2012, p.683-688, ISSN 1580-2949; IF = 0.571 (rang 188/239)

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 Zorana M. Slovića, dipl. inž. metalurgije

Odlukom o imenovanju Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije od 27.6.2013. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata mr Zorana M. Slovića, dipl. inž. metalurgije pod naslovom **“Termodinamički pristup desulfurizaciji pri vanpećnoj obradi kiseonično konvertorskog čelika”**. 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 Zorana M. Slovića, dipl. inž. metalurgije, pod nazivom **“Termodinamički pristup desulfurizaciji pri vanpećnoj obradi kiseonično konvertorskog čelika “** 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 Zorana M. Slovića, dipl. inž. metalurgije, pod nazivom **“Termodinamički pristup desulfurizaciji pri vanpećnoj obradi kiseonično konvertorskog čelika “**

- 27.6.2013. godine – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je Odluka o imenovanju članova Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije mr Zorana M. Slovića, dipl. inž. metalurgije, pod nazivom **“Termodinamički pristup desulfurizaciji pri vanpećnoj obradi kiseonično konvertorskog čelika“**

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

Kandidat mr Zoran M. Slović, dipl.inž. metalurgije, rođen je 06.07.1958. godine u Smederevu, gde je završio osnovnu školu i Gimnaziju. Diplomirao je na Tehnološko-metalurškom fakultetu 1984 godine na Katredri za metalurgiju gvozda i čelika. Diplomski rad pod nazivom „ Ispitivanje režima duvanja u LD-konvertorima čeličane Metalurškog kobinata Smederevo“ odbranio je sa

ocenom deset (10). Magistrske studije završio je na Tehnološko-metalurškom fakultetu sa prosečnom ocenom 9.5 a magistarski rad pod nazivom „Upravljanje procesom uklanjanja sumpora i fosfora iz metala pri izradi čelika“ odbranio je na TMF-u 23.04.2004. na Katedri za metalurško inženjerstvo. Mr Zoran M.Slović se 1983 godine zaposlio u tadašnjem Metalurškom Kombinatoru Smederevo, u Smederevu gde je prošao sve faze od pogonskog inženjera do Zamenika generalnog direktora za tehnička pitanja. Za svoj rad nagrađivan je društvenim priznanjima kao što su:

Prvomajska nagrada za Podunavski region (1991), Oktobarska nagrada grada Smedereva (1994), Nagrada Privredne komore Republike Srbije (1994), Zlatni ključ grada Smedereva (1997) itd. U toku 2001 godine obavljao je dužnost direktora predstavništva SARTID Stahl u Düsseldorfu. Od 2002 do 2006 radio je kao viši stručni saradnik u ALSIMA d.o.o u Beogradu. Sada, zaposlen u Key to Metals d.o.o u Beogradu. Oženjen, otac dve ćerke.

Kandidat Zoran M.Slović u toku svog dosadašnjeg naučno-istraživačkog rada objavio je kao autor ili kao koautor veliki broj naučnih radova izloženih na domaćim i na stranim stručnim konferencijama, kao i u domaćim i stranim časopisima. (Videti obrazloženje predložene teme doktorske disertacije tj. spisak objavljenih radova u prijavi koju je kandidat podneo)

Od stranih jezika kandidat aktivno govori i piše na engleskom, a poseduje pasivno znanje ruskog, francuskog i italijanskog jezika.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidata mr Zorana M. Slovića, dipl. inž. metalurgije, napisana je na 223 strane, u okviru kojih se nalazi 80 slika, 110 tabela i 117 literaturnih navod. Sadrži šest celina: Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultate i diskusiju, Završna razmatranja i zaključke i Dodatak. Na početku disertacije dat je kratak Izvod na srpskom i engleskom jeziku, a na kraju rada dati su literatura i kratka biografija autora.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U **prvom poglavlju** dat je kratak osvrt o svetskoj proizvodnji čelika i najzastupljenijim vrstama čelika. Takođe, prikazan je u dužem vremenskom periodu (50 god) razvoj sekundarne metalurgije čelika i kretanje maksimalno dozvoljenih nivoa nečistoca u pojedinim vrstama čelika kao što su sadržaji kiseonika, sumpora, vodonika, ugljenika, fosfora i azota. Kako je kontrola sadržaja sumpora u čeliku primaran zadatak ove disertacije, to je dat prikaz uticaja sumpora na osobine čelika i razvoj modela koji su omogućili da se danas primenom postupaka sekundarne rafinacije u livnom loncu ostvaruju ultraniski sadržaji (1 ppm).

U **drugom poglavlju** detaljno su prikazani u literaturi, najzastupljeniji modeli, za proračun sumpornog kapaciteta koji su bazirani na konceptu optičkog baziciteta kao što su Young-ov model, model Sosinsky-Sommerville-a i Taniguchi model. Radi upoređenja rezultata, opisan je i

model švedskog Kraljevskog Tehnološkog Instituta KTH koji za proračun koristi interakcione koeficijente između oksida koji čine sastav troske.

U **trećem poglavlju** opisan je značaj optičkog baziciteta za osobine troski i postupak njegovog izračunavanja.

U **četvrtom poglavlju** prikazan je trojni dijagram troski koje su predmet istraživanja u okviru ove disertacije sa opisom preduslova da bi se postigla njena rafinaciona sposobnost za ekstremno niske sadržaje sumpora u čeliku.

U **petom poglavlju** objašnjen je značaj ravnotežne raspodele sumpora između troske i metala L_s kao važnog pokazatelja efikasnosti procesa odsumporavanja.

U **šestom poglavlju** dat je pregled termodinamičkih ravnotežnih reakcija koje se odvijaju u toku rafinacije čelika tokom sekundarne metalurgije u livnom loncu. Prikazan je postupak za proračun aktiviteta kiseonika $[a]_o$ u čeliku u uslovima kada pogonska praksa pokazuje da zbog svojih niskih vrednosti ne postoji ekonomska opravdanost da se meri. Takođe, date su odgovarajuće jednačine za proračun aktiviteta oksida aluminijuma $a(Al_2O_3)$ i silicijuma $a(SiO_2)$ u troski kao najzastupljenijih oksida kod Al-Si umirenog čelika.

U **sedmom poglavlju** predložen je model za proračun očekivanog sadržaja sumpora na kraju procesa vakuumiranja. Prednost predloženog modela omogućava da se, na osnovu materijalnog bilansa aluminijuma i sumpora dođe do procenjene količine teško fizički merljivih parametara kakva je količina troske prisutna u livnom loncu tokom rafinacije kao produkt oksidacije dodataka za legiranje čelika, ulivene količine troske iz konvertora i zaostale na zidovima livnog lonca. Prikazan je postupak proračuna nepoznatog – predpostavljenog sadržaja sumpora u čeliku i troski od kog praktično počinje sam process odsumporavanja. Dat je algoritam za proračun količine troske i završnog sadržaja sumpora na kraju procesa vakuumiranja.

U **osmom poglavlju** dat je tabelarni prikaz dodataka u livni lonac tokom rafinacije čelika u livnom loncu, hemijski sastav čelika i troske i temperature za 31 analiziranu šaržu iz redovne proizvodnje čeličane Dillinger Hütte u Dillingenu (Nemačka). Prikazana je tehnološka šema toka procesa i detaljan opis postupka rafinacije Al-Si čelika pod vakuumom.

U **devetom poglavlju**, izvršena je uporedna analiza rezultata proračuna optičkog baziciteta, sumpornog kapaciteta prema Youngovoj metodologiji za različite uslove ravnotežnog kiseonika kao i proračun prema originalnim modelima Younga, Sosinsky-Sommerville-a, Taniguchi-a i KTH modela. Prikazan je položaj analiziranih troski u trojnom dijagramu $(CaO+MgO)-SiO_2-Al_2O_3$. Takođe, prikazani su i diskutovani rezultati kiseoničnog potencijala čelika i troske i njihov uticaj na ostvarene rezultate sumpornog kapaciteta i ravnotežnog koeficijenta raspodele sumpora između troske i čelika na kraju procesa vakuumiranja. Prikazan je postupak proračuna količine prisutne desulfuracione troske preko bilansa aluminijuma i postupak određivanja predpostavljenog polaznog sadržaja sumpora. Predložene su regresione jednačine za proračun završnog sumpora koje u sebi uključuju sumporni kapacitet izračunat prema Young-ovoj metodologiji za različite ravnotežne sadržaje kiseonika i prema analiziranim originalnim modelima Young-a, Sosinsky-Sommerville-a, Taniguchi-a i KTH modela, predpostavljeni polazni sadržaj sumpora i količinu troske prisutnu u livnom loncu tokom rafinacije.

U zaključnim razmatranjima doktorske disertacije, **(deseto poglavlje)**, data je napomena da do sada poznati modeli za proračun završnog sumpora u čeliku na kraju procesa vakuumiranja ne uzimaju u obzir teško fizički merljiv parametar kakav je količina prisutne troske tokom rafinacije u livnom loncu. Primenom opisanog postupka numeričke analize predloženi model omogućava da se preko termodinamički ravnotežnih uslova, materijalnog bilansa sumpora i aluminijuma, odrede promenljive koje će nadalje biti uključene u regresione jednačine za predviđanje završnog sumpora.

U **jedanaestom poglavlju DODACI** detaljno su prikazani svi proračuni neophodni za izračunavanje parametara polaznog sadržaja sumpora i količine troske na kojima se, pored sumpornog kapaciteta troski, zasniva predloženi model za proračun završnog sadržaja sumpora.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost, originalnost i značaj

Razvoj vanpećne obrade čelika započeo je ranih pedesetih godina prošlog veka. Danas je zajedno sa ostalim inovacijama u proizvodnji čelika toga vremena – kiseonično-konvertorskim postupkom izrade čelika, kontinuiranim livenjem, degazacijom čelika u vakuumu, odvajanjem troske pri izlivu čelika iz primarnog uređaja u livni lonac,... – postala obavezna rafinaciona operacija, naročito kada su u pitanju čelici visokog kvaliteta, takozvani „čisti čelici“. Kao po tradiciji fiziko-hemijske osnove za pojedine rafinacione operacije nisu unapred postojale, već su nastajale postepeno, kako je industrijska praksa iskazivala potrebu za njima. To se u punoj meri odnosi i na desulfuraciju čelika. Tako su tek u poslednje dve decenije publikovani relevantni radovi koji se bave određivanjem ravnotežnih položaja reakcija desulfuracije pri vanpećnoj obradi čelika. Reč je pritom o heterogenom, trofaznom reakcionom sistemu u kome se simultano odvijaju dezoksidacija i desulfuracija kao dve međusobno uslovljene reakcije, uz aktivno učešće svih triju faza. Pored složenosti izazvane uzročno-posledičnom isprepletanost ovih dvaju reakcija, situacija se komplikuje okolnošću, što sulfidni kapacitet, C_S , ne može direktno da se određuje, jer aktiviteti jona kiseonika i sumpora u troski, $a_{(O_2)}$ i $a_{(S_2)}$, koje ga kao kombinovanu uticajnu promenljivu determinišu, ne mogu direktno da se mere. Zbog toga C_S mora da se određuje posredno, preko ravnoteža troske sa aktivnom gasnom i/ili metalnom fazom. Pritom ostaje otvoreno pitanje koliko adekvatno čak i vrlo precizna laboratorijska određivanja C_S pri dovodjenju troske i/ili metala, sa u gasnoj fazi konstantnim parcijalnim pritiscima kiseonika i sumpora, simuliraju uslove pri industrijskoj desulfuraciji. Ono se reflektuje u upadljivo različitim vrednostima ravnotežnih parametara računatih po različitim raspoloživim algoritmima i numeričkim modelima. To, s jedne strane ukazuje na ograničenu upotrebljivost raspoloživih termodinamičkih podataka za proračun ravnotežnih položaja reakcija pri vanpećnoj desulfuraciji čelika, a sa druge strane, na potrebu da se kroz dalja istraživanja njihova upotrebljivost poboljša. Na ispunjenje tog veoma aktuelnog zadatka je usmeren i ovaj rad.

3.2 Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U ovoj disertaciji navedeno je 117 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

Na savremenoj opremi za rafinaciju čelika u reprezentativnoj zapadnoevropskoj čelici za proizvodnju čistih čelika ('clean steels') Dillinger Hütte u Dillingenu (Nemačka), sa sadržajima kiseonika nižim od 1ppm i sadržajima sumpora ispod 10ppm, izrađena je 31 šarža pod proširenom tehnološkom i analitičkom kontrolom. Dobijeni rezultati su obrađeni statističkim metodama, iz kojih su numeričkom analizom raspoloživih podataka međusobno uslovljenih reakcija dezoksidacije i desulfuracije pri vanpećnoj rafinaciji čelika u livnom loncu izvedene regresione jednačine za proračun završnog sadržaja sumpora u čeliku na kraju procesa vakuumiranja.

3.4. Ocena primenjivosti i verifikacije ostvarenih rezultata

Od obrade podataka za šarže desulfurisane pod vakuumom u modernom uređaju za vanpećnu obradu, u kome se u redovnoj proizvodnji sumpor dalekosežno uklanja iz čelika pri koeficijentima raspodele (L_S) iznad 1000, može se sa izvesnošću očekivati da ili dostižu ravnotežne vrednosti, ili im se veoma približuju. Jedan od glavnih termodinamičkih faktora za to je podešavanje sastava troske da budu na ili blizu granice zasićenja sa CaO, što znači da su po konzistenciji homogene, a da im je aktivitet CaO ravan ili blizak jedinici. To bi trebalo da omogući da se od, u literaturi raspoloživih izraza za izračunavanje ravnotežnih položaja reakcija desulfuracije, odabere kao pouzdan onaj koji daje najpribližnije koeficijente raspodele izmerenim.

S obzirom na značajne razlike publikovanih izraza za proračunavanje ravnotežnih položaja reakcija desulfuracije, u ovoj disertaciji je korišćen u literaturi najzastupljeniji izraz za proračun raspodele sumpora između troske i metala koji je dovoljno pouzdan kriterijum za ocenu postizanja ili meru približavanja ravnoteži pri radu sa CaO zasićenim troskama u (CaO+MgO)-SiO₂-Al₂O₃ sistemu.

Istraživanja obuhvaćena ovim radom dala su doprinos metalurškoj nauci da se kontrola i poboljšanje procesa vanpećne desulfuracije čelika postave na termodinamičke osnove. Sa ovako postavljenim ciljem ona se tematski uklapa u aktuelne, glavne istraživačke tokove u ovoj oblasti u svetu. S obzirom da se bavi ispitivanjem krajnjih dometa desulfuracije na ekstremnim krajevima tehnološke osposobljenosti modernog uređaja za vanpećnu obradu čelika, kakav je vakuum degazacija u komori VTD (Vacuum Tank Degasser) sa mogućnošću desulfuracije, metodologija korišćena u ovoj disertaciji može da se primeni i za sve ostale uređaje i tehnološke postupke za vanpećnu obradu čelika.

3.5. Ocena sposobnosti kandidata za samostalan naučni rad

U svom dosadašnjem istraživačkom i stručnom radu mr Zoran Slović, dipl.inž. metalurgije, pokazao 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, dobro poznavanje engleskog, a solidno ruskog, francuskog i italijanskog jezika uz 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:

- razvijen je originalni model za proračun završnog sadržaja sumpora na kraju procesa vakuumiranja koji u sebi uključuje fizički teško merljive parametre kakva je količina troske prisutna u toku vanpećne rafinacije čelika u livnom loncu. Model je primenljiv u bilo kojoj čeličani.
- Pokazan je postupak proračuna aktiviteta kiseonika na osnovu termodinamičkih reakcija na međufazi troska-metal u uslovima kada u pogonskim uslovima se kiseonik ne meri;
- Na osnovu materijalnog bilansa sumpora određen je polazni pretpostavljeni sadržaj sumpora od kada praktično počinje proces odsumporavanja, kada unapred nije poznat sadržaj sumpora pre početka procesa odsumporavanja;
- Utvrđen je efekat glavnih uticajnih promenljivih na ravnotežni koeficijent raspodele sumpora i definisana udaljenost od položaja ravnoteže merena razlikom između ravnotežnog i postignutog L_s za dati sastav troske i temperaturu, odnosno zaostali, neiskorišćeni desulfuracioni potencijal troske;
- Utvrđena je međusobna uslovljenost reakcija dezoksidacije i desulfuracije pri prevođenju sumpora iz čelika u trosku tokom vanpećne rafinacije, i oksidacionog potencijala reakcionog sistema tečni čelik-troska, preko izračunatog aktivitetom kiseonika u tečnom čeliku, $a_{[O]}$, odnosno troski, $a_{(O_2)}$. Dobijeni rezultati i iz njih izvedene relacije su bili osnova za razvijanje algoritma i/ili numeričkog modela za optimizaciju završnog sadržaja sumpora na kraju procesa vakuumiranja. Pritom je pokazano koji od, u literaturi objavljenih izraza za proračun sumpornog kapaciteta Cs bi mogao da se koristi pošto se konceptualno u dobroj meri razilaze.

4.2. Kritička analiza rezultata

Na osnovu definisanih ciljeva istraživanja, određena je metodologija istraživanja koja je primenjena u doktorskoj disertaciji. Sa obzirom na činjenicu da ekonomski faktor itekako igra veliku ulogu u borbi za tržište, a da bi smanjili troškove izrade čelika pojedine čeličane su prinuđene da odustanu od uobičajenih kontrolnih parametara u toku proizvodnje čelika. Merenje aktiviteta kiseonika u čeliku je, na osnovu dugogodišnjeg iskustva u sopstvenom pogonu čeličane Dillinger Hütte u Dillingenu (Nemačka) toliko nizak da se jednostavno prekinulo sa takvom praksom. Uzimanje uzoraka troske i čelika za hemijsku analizu se odvija nakon 2 minuta intenzivnog mešanja metalnog kupatila argonom i neposredno pre početka procesa vakuumiranja. Dobro je poznato da do reakcije odsumporavanja dolazi sa smanjenjem aktiviteta kiseonika u čeliku još u toku izliva čelika iz konvertora kada se u livni lonac dodaju sredstva za legiranje i dezoksidaciju. Zbog navedenog, u ovoj disertaciji je objašnjen postupak izračunavanja dva ključna parametra neophodna za početak procesa odsumporavanja:

predpostavljeni sadržaj sumpora pre početka argoniranja i aktivitet kiseonika. Pouzdanost ovih podataka se može da utvrdi jedino na velikom broju statističkom metodom obrađenih uzoraka što u ovoj disertaciji nije slučaj. Međusobnim upoređivanjem izmerenog i izračunatog sumpora i kiseonika na velikom broju uzoraka sa, u ovoj disertaciji predloženom metodologijom, bi pomoglo u daljoj optimizaciji procesa rafinacije, da li i u kojoj meri se proces odsumporavanja približio ravnoteži. Takođe, teško fizički merljiv parametar kao što je količina prisutne troske koja učestvuje u procesu rafinacije, je sledeći parametar koji se utvrđuje računskim putem i koji od čeličane do čeličane varira. Ona zavisi od proizvodnog programa, stepena opremljenosti i kapaciteta agregata za proizvodnju čelika. Zbog toga je neophodno da se polazne pretpostavke koje su objašnjene u predloženom modelu prilagode uslovima koji vladaju u datoj čeličani.

Eksperimentalni deo rada sa podacima iz neposredne proizvodnje čelika je dobar model za analizu međusobno uslovljenih tehnoloških parametara. Nepisano pravilo da ne postoje dve čeličane sa istim tehnološkim uslovima, ukazuju na potrebu da se za svaku čeličanu mora unapred da usvoje polazne pretpostavke za primenu modela. Pretpostavke su u tesnoj vezi sa stanjem i savremenosti tehnološke opreme, vrstom proizvodnog programa, i kapacitetom sa kojim čeličana raspolaže. Iz navedenog razloga, da bi se što realnije prikazala proizvodna praksa, ka dobar primer je poslužila referentna čeličana kakva je Dillinger Hütte u Dillingenu (Nemačka). Istraživanje opisano u ovoj disertaciji sa usvojenim pretpostavkama koje su karakteristične ponaosob za svaki pogon za proizvodnju celika, primenljiv je u bilo kojoj čeličani.

4.3. Verifikacija rezultata u časopisima i saopštenjima na konferencijama

Rad u istaknutom međunarodnog časopisu - M22

1. **Z. Slović**, Lj. Nedeljković, K. Raić, Z. Odanović: Relationship between the common optical basicity models and the sulphide capacities of CaO-Al₂O₃-SiO₂-MgO slag, Kovove Mater. Vol. 50, 2012, p.185–192, ISSN 0023-432X; IF = 0.687 (rang 30/75)

Rad u međunarodnom časopisu - M23

1. **Z.Slović**, K.Raić, Lj.Nedeljković, T.Volkov-Husović: Relationship between calculated oxygen activity and sulfur partition ratio of CaO-Al₂O₃-SiO₂-MgO slag during ladle refining, Materiali in Technologije, MTAEC9, Vol.46, N° 6, 2012, p.683-688, ISSN 1580-2949; IF = 0.571 (rang 188/239)

Predavanje po pozivu na skupu međunarodnog značaja, štampano u celini - M31

1. **Z.Slović**: Russische Bezeichnungssysteme für metallische Werkstoffe und Erzeugnisse nach GOST, IBHT-Tagung „Metallische Werkstoffe der BRIC Staaten – Sorten, Bezeichnungen, Erfahrungen“, Referat 4, 23. Oktober 2012, Leinfelden-Echterdingen, Stuttgart, Deutschland

2. **Z.Slović**: Russische Bezeichnungssysteme für metallische Werkstoffe und Erzeugnisse nach GOST, IBHT-Tagung „Metallische Werkstoffe der BRIC Staaten – Sorten, Bezeichnungen, Erfahrungen-Part Two“, Referat 4, 23. April 2013, Lindner Congress Hotel Düsseldorf, Deutschland

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

1. **Z.Slović:** Sulfide capacity models comparison of $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-MgO-FeO-MnO}$ slag, 45 IOC on Mining and Metallurgy, 16-19 Oct. 2013, Hotel Jezero, Bor Lake, Serbia, Proceedings, /u štampi/

5. ZAKLJUČAK

Kratak osvrt na disertaciju u celini

Na osnovu svega iznetog Komisija smatra da doktorska disertacija kandidata mr Zorana M. Slovića, dipl. inž. metalurgije, pod nazivom **“Termodinamički pristup desulfuraciji pri vanpećnoj obradi kiseonično konvertorskog čelika”** 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 **“Termodinamički pristup desulfuraciji pri vanpećnoj obradi kiseonično konvertorskog čelika”** 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 Zorana M. Slovića, 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, 01.07.2013.god.

Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije

1. Dr Karlo T. Raić, red. prof. TMF-Beograd, mentor
2. Dr Tatjana Volkov-Husović, red. prof. TMF
3. Dr Zoran Odanović, naučni savetnik, Institut za ispitivanje materijala A.D., Beograd