



НАЗИВ ЗАПИСА	ВРСТА : 0.	Ознака:
Захтев за валидацијом и верификацијом техничког решења	МАТ.ДОК:	0.02
	Датум:11. 05.2012.	

У складу са Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача (Сл.Гласник РС 38/2008, ПРИЛОГ 2), обраћамо се Научном већу Института за рударство и металургију са молбом да покрене поступак за валидацију и верификацију техничког решења под називом:

**Постројење за коришћење топлотне енергије гасова процеса пржења у
Топионици бакра у Бору**

Аутора:

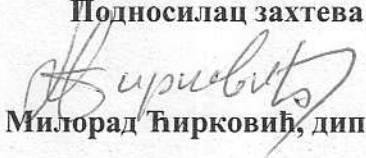
Мр Милорад Ђирковић, дипл.инж.мет.
Проф.др Жељко Камберовић, дипл.инг.мет.
Др Марија Кораћ, дипл.инг.мет.
Др Миланче Митовски, дипл.инж.маш.
Александра Митовски, дипл.инг.мет.

Техничко и развојно решење – битно побољшана технологија (М 84) је резултат истраживачких активности пројекта ТР 34033, ИНОВАТИВНА СИНЕРГИЈА НУС-ПРОДУКАТА, МИНИМИЗАЦИЈЕ ОТПАДА И ЧИСТИЈЕ ПРОИЗВОДЊЕ У МЕТАЛУРГИЈИ

За рецензенте предлажемо:

1. Проф. Др Нада Штрбац – Редовни професор, Технички факултет Бор
2. Др Мирослав Сокић – Научни сарадник, ИТНМС Београд

Подносилац захтева


Мр Милорад Ђирковић, дипл.инж.мет



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР
НАУЧНО ВЕЋЕ
Број: VIII/7.2.
Од 17.05.2012.године

На основу Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, прилог 2 (Сл.гласник РС бр.38/2008), Научно веће је на VIII-ој седници одржаној дана 17.05.2012. године донело:

ОДЛУКУ

*о покретању поступка за валидацијом и верификацијом
техничког решења и именовању рецензената*

И

На захтев мр Милорада Ђирковића, истраживача сарадника Института за рударство и металургију у Бору, Научно веће је покренуло поступак за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „*Постројење за коришћење топлотне енергије гасова процеса пржења у Топионици бакра у Бору*“ и донело Одлуку о именовању следећих рецензената за давање мишљења о наведеном техничком решењу:

1. проф.др Нада Штрбац, редовни професор, Технички факултет Бор
2. др Мирослав Сокић, научни сарадник, ИТНМС Београд

ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА
Др Миленко Љубојев, дипл.инж.руд.
Научни саветник

Podnosilac zahteva:

Mr Milorad Ćirković, dipl.ing.met.

PROJEKAT

TR 34033

**INOVATIVNA SINERGIJA NUS-PRODUKATA, MINIMIZACIJE
OTPADA I ČISTIJE PROIZVODNJE U METALURGIJI**

**TEHNIČKO REŠENJE
(M-84)**

**POSTROJENJE ZA KORIŠĆENJE TOPLOTNE ENERGIJE
GASOVA PROCESA PRŽENJA U TOPIONICI BAKRA U BORU**

Bor, 2012.

PROJEKAT

TR 34033

INOVATIVNA SINERGIJA NUS-PRODUKATA, MINIMIZACIJE OTPADA I ČISTIJE PROIZVODNJE U METALURGIJI

TEHNIČKO REŠENJE

POSTROJENJE ZA KORIŠĆENJE TOPLOTNE ENERGIJE GASOVA PROCESA PRŽENJA U TOPIONICI BAKRA U BORU

Autori: Mr Milorad Ćirković, dipl.ing.met.,
Prof. dr Željko Kamberović, dipl.ing.mat.
Dr Marija Korać, dipl.ing.met.,
Dr Milanče Mitovski, dipl.ing.maš.,
Aleksandra Mitovski, dipl.ing.met

Oblast tehnike na koju se tehničko rešenje odnosi

Tehničko rešenje pripada oblasti obojene metalurgije, a odnosi se na poboljšanje iskorišćenja toplotne energije koja se odnosi sa gasovima procesa prženja bakarne šarže u topionici bakra u Boru.

Tehnički problem

Kako poboljšati iskorišćenje sekundarne (otpadne) toplotne energije iz procesa prženja bakarne šarže u topionici bakra u Boru.

Tehnološki proces proizvodnje bakra u metalurškom kompleksu RTB-BOR Grupe proizvodi veliku količinu visokotemperaturne otpadne (sekundarne) toplotne energije, koja se većim delom nekontrolisano gubi u okolinu. U postojećoj pirometalurškoj proizvodnji bakra proizvodi se otpadna toplotna energija $1,621 \text{ kW}_t\text{h/kg}$ suvog koncentrata ili raspoloživa toplota (koja predstavlja razliku toplote gasova na izlazu iz peći i toplote gasova na temperaturi koja je iznad temperature tačke rose sumporne kiseline) od $1,315 \text{ kW}_t\text{h/kg}$ suvog koncentrata bakra. Za projektovani kapacitet topionice bakra u Boru raspoloživa toplotna snaga sekundarne energije je $92,111 \text{ MW}_t$, što je ekvivalentno snazi paro-turbinskog postrojenja, u kojem se izvršava Rankine-Clausius-ov toplotni ciklus, u visini od $28,334 \text{ MW}_e$.

Tehničko rešenje se odnosi na povećanje iskorišćenja toplotne energije iz procesa prženja, čime se poboljšavaju ekonomski i ekološki parametri proizvodnje bakra u topionici u Boru.

Stanje tehnike

U tehnologiji proizvodnje bakra, faza prženja bakarne šarže predhodi procesu topljenja u plamenoj peći i cela ova tehnologija pripada standardnom tehnološkom procesu koga su skoro u potpunosti zamenile savremene autogene tehnologije za proizvodnju bakra.

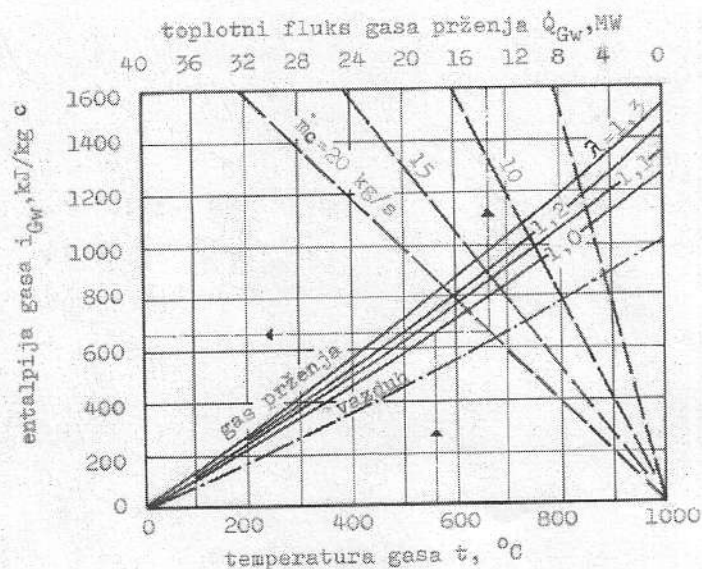
Proces prženja sulfidne šarže je prva faza u proizvodnji anodnog bakra u RTB-Bor u Boru. Ovaj proces je u celosti egzoterman. Za prženje sulfidnih koncentrata bakra izgrađen je fluo-solid reaktor, tipa "Dorr-Oliver" sa suvim načinom šaržiranja sa svoda. Šaržiranje reaktora je automatizovano i izvodi se daljinskom komandom iz centralne komandne prostorije. U reaktoru se odvija delimično prženje na temperaturi od 620°C sa stepenom desulfuracije od 45-55%. Regulacija temperature prženja vrši se ubrizgavanjem vode u reaktor pomoću sprejeva koji su ugrađeni na njegovom svodu. Gasoviti proizvodi sa poletinom, pre otprašivanja u elektrostatičkim elektrofilterima hlade se u rashladnom tornju ubrizgavanjem vode pomoću supersoničnih sprejeva do temperature $300-350^{\circ}\text{C}$. Ohlađeni i otprašeni gasovi procesa prženja koriste se za proizvodnju sumporne kiseline.

Izlaganje suštine tehničkog rešenja

Proces prženja bakronosne šarže je egzoterman proces. U ovom procesu oslobađa se velika količina toplotne energije koja je jednim delom sadržana u gasovitim proizvodima, a drugi deo kao višak troši se za isparavanje rashladne vode radi održavanja željene temperature procesnog prostora.

Od raspoložive toplotne energije procesa prženja, računata na jediničnu količinu šarže, samo se fizička toplota prženca koristi u daljoj preradi. To znači da za izradu toplotnog bilansa nije uzeta celokupna hemijski vezana energija šarže, s obzirom da se ona produkuje u zavisnosti od stepena desulfuracije. Za ovo razmatranje korišćen je stepen desulfuracije $f=0,512$. Toplotna energija gasovitih proizvoda i poletine ostaju neiskorišćene za proces. Na ovaj način se postiže teoretski stepen iskorišćenja toplote procesa u samom procesu od 0,4091, a stvarni stepen iskorišćenja toplote za uslove u Boru (*s obzirom da deo toplote prženca odlazi u okolinu*) ima vrednost 0,3871.

Na slici 1. je prikazan i-t dijagram gasovitih proizvoda procesa prženja. Sve veličine su svedene na 1 kg šarže.



Sl. 1. i - t dijagram gasova prženja koncentrata bakra (m_c je masa suvog koncentrata)

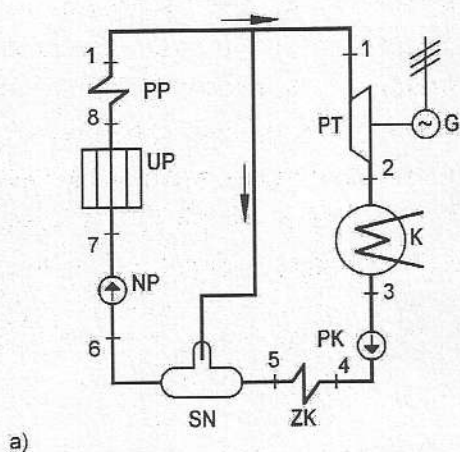
Toplotna energija gasovitih proizvoda i poletine može da se iskoristi izvan procesa, do temperaturnog nivoa tačke rose sumporne kiseline, koja iznosi $224,563^{\circ}\text{C}$. Iz tehničko-tehnoloških razloga temperatura do koje mogu da se ohlade gasoviti proizvodi i poletina, usvaja se da je 300°C . Raspoloživa toplotna energija gasovitih proizvoda i poletine tehnički iskoristiva u termoenergetskom postrojenju, uzevši u obzir i »višak« toplote procesa, ima vrednost $874,971 \text{ kJ/kg}_{\text{sk}}$. Maksimalni tehnički iskoristiv toplotni fluks za fluo-solid reaktor iznosi $9,79 \text{ MW}_t$, a minimalni toplotni fluks je $5,319 \text{ MW}_t$.

Detaljan opis tehničkog rešenja

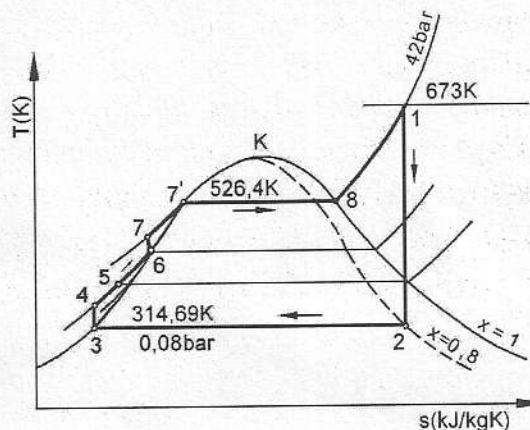
Za korišćenje sekundarne (otpadne) toplotne energije procesa prženja, koji se odvija u topionici RTB-Bor Grupe, u prostom kondenzacijskom parnom blaku usvaja se idealni Rankine-Clausiusov toplotni ciklus sa parametrima pare pritiska od 42 bara, temperature pregrevanja 400°C i pritiska kondenzacije od 0,08 bara. Temperatura napojne vode je 80°C a pritisak 10 bara. Šematski prikaz toplotnog ciklusa i T - s dijagram ciklusa su prikazani na slici 2. Specifična proizvodnja pare, u ovom slučaju ima vrednost $0,288 \text{ kg pare/l kg suvog koncentrata}$ ili $0,345 \text{ kg pare/m}_n^3$ gasova. Korisni tehnički rad toplotnog ciklusa dobija vrednost:

$$l_k = l_{PT} - l_{PK} - l_{NP} = 1100,2852 - 1,00315 - 3,608 = 1095,674 \text{ kJ/kg pare}$$

gde su l_{PT} , l_{PK} i l_{NP} (kJ/kg pare) - tehnički rad parne turbine, pumpe kondenzata i napojne pumpe.



b)



SI.2. Šema termoenergetskog postrojenja; a) šema postrojenja, b) idealni toplotni ciklus u t-s dijagramu; UP - utilizacioni parni kotao, NP - napojna pumpa, PP - pregrejač pare, PT - parna turbina, G - generator, K - kondenzator, PK - pumpa kondenzata, ZK - zagrejac kondenzata, SN - spremnik napojne vode

Ako se uzme da je kapacitet prženja bakarnog koncentrata u fluo-solid reaktoru 11,19 kg/s suvog koncentrata, maksimalna korisna snaga razmatranog toplotnog ciklusa iznosl 3,531 MW, i odnosi se na idealni toplotni ciklus. Iskorišćenjem sekundarne (otpadne) toplote procesa prženja bakarnog koncentrata u prostom kondenzacijskom parnom bloku, koji je prikazan na sl. 2, dobija se termodinamički stepen iskorišćenja toplote procesa:

$$\eta_k = \frac{D(i_{pp} - i_w)}{m_{sk}(i_{Gw} + i_p + q_{viš})} = 0,6843$$

gde su:

D (kg/s) -produkcija pare u utilizacionom parnom kotlu,

i_{pp} (kJ/kg) -specifična entalpija proizvedene pare,

i_w (kJ/kg) -specifična entalpija napojne vode,

m_{sk} (kg_{sk}/s) -kapacitet reaktora,

i_{Gw} (kJ/kg_{sk}) -specifična entalpija gasova na ulazu u termoenergetsko postrojenje,

i_{lp} (kJ/kg_{sk}) -specifična entalpija poletine (leteće prašine sa gasovima),

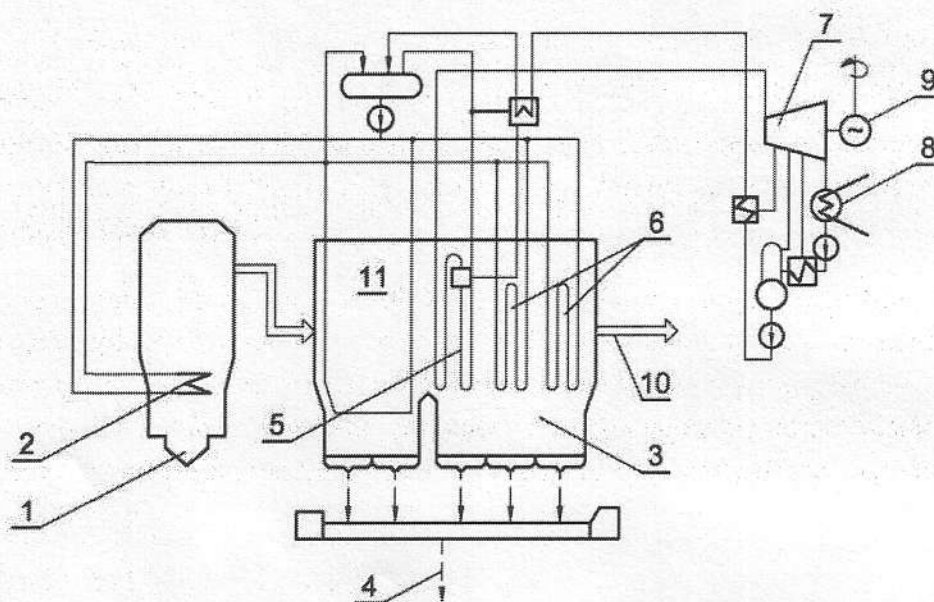
$q_{viš}$ (kJ/kg_{sk}) - "višak" toplote u procesnom prostoru reaktora sveden na jedinicu mase suvog koncentrata.

Ukupni termodinamički stepen korisnosti procesa prženja, ako se sekundarna energija koristi u kondenzacionom paro-turbinskom bloku (čiji termodinamički stepen korisnosti toplotnog ciklusa i za toplotni ciklus iznosi $\eta_t=0,3612$), ima vrednost

$$\eta_{tp} = \eta_t \cdot \eta_k = 0,3612 \cdot 0,6843 = 0,2472.$$

Za realni toplotni ciklus treba očekivati ukupni termodinamički stepen iskorišćenja $\eta_{tp}^* = 0,2103$, gde je uzet unutrašnji i mehanički stepen iskorišćenja parne turbine (0,8955), stepen iskorišćenja generatora naizmenične struje (0,99) i stepen iskorišćenja toplote u utilizacionom parnom kotlu (0,96). Realna korisna snaga toplotnog ciklusa prženja u fluo-solid reaktoru ima vrednost 3,035 MW.

Utilizacioni parni kotao, po svojoj konstrukciji, sadrži grejnu površinu koja će oduzimati »visak« toplote iz procesnog prostora i grejnu površinu koja će oduzimati toplotu od gasovitih proizvoda i iz poletine. Pri projektovanju utilizacionog parnog kotla za proces prženja mora se imati u vidu intenzivno prljanje, abraziju grejne površine, visok sadržaj sumpora u poletini i sadržaj sumportrioksida u gasovitim proizvodima prženja.



Sl. 3. Utilizacioni parni kotao koji koristi otpadnu toplotu procesa prženja; 1- reaktor za prienje u fluidizovanom sloju, 2- isparivač u reaktoru, 3-utilizacioni parni kotao, 4- odvod prašine, 5-pregrejač pare, 6- konvektivni isparivač, 7- parna turbina, 8- kondenzator, 9- generator, 10- ohlađenigasovi, 11- radijacioni isparivač

Proces prženja bakarnih koncentrata u fluo-solid reaktoru u Boru raspolaže toplotom, kao razlika entalpija na temperaturi na izlazu iz peći i temperature iznad tačke rose (energetski stepen efikasnosti termoenergetskog postrojenja $\eta_k = 874,971 / 1.187,837 = 0,7366$), u iznosu od 874,971 kJ/kg_{sk} ili 0,243 kWh/kg_{sk}. Ovom toplotom, u utilizacionom parnom

kotlu, može da se proizvede para pritiska 42 bar(a) i temperature 420°C, odnosno 0,288 kg_{pare}/kg_{sk}. Pri ovim uslovima moguće je proizvesti električnu energiju od 0,0875 kW_eh/kg_{sk}, po realnom Rancine-Clausius-ov toplotno ciklusu koji se izvršava u prostom paro-turbinskom kondenzacionom postrojenju sa termodinamičkim stepenom iskorišćenja $\eta_t = 0,3612$. Maksimalni toplotni fluks, za kapacitet reaktora od 40 t_{sk}/h, je 9,79 MW_t, a minimalni, za 22 t_{sk}/h, je 5,319 MW_t. Na taj način dobija se maksimalna proizvodnja pare od 11,62 t/h i minimalna 6,31 t/h.

Za rad reaktora 300 dana/a (*godišnje vremensko iskorišćenje 82%*) i prerade 300.000 t_{sk}/a, godišnja proizvodnja električne energije iznosi:

$$E = 300.000 \text{ t}_{sk}/a \cdot 0,0878 \text{ MW}_e\text{h}/\text{t}_{sk} = 26.340 \text{ MW}_e\text{h}/\text{godišnje}.$$

Uzimajući vrednost električne energije u Boru, cena proizvedene električne energije iznosi 79,02 miliona dinara/a, odnosno 987.750,00 eura/godišnje.

Uzimajući novčanu vrednost svih faktora u proizvodnji električne energije na ovaj način, i ako se oduzme od ukupne cene proizvedene energije ostvareni profit bio bi oko 430.150 eura godišnje.

S druge strane, raspoloživa toplota procesa prženja (874,971 kJ/kg_{sk}), za stepen korisnosti termoenergetskog postrojenja od $\eta_k = 0,70$, ekvivalentna je:

$$\max 9,79 \text{ MW}_t \cdot 3600 \text{ s/h} \cdot 300 \text{ d/a} \cdot 24 \text{ h/d} / (0,70 \cdot 29.308 \text{ MJ}/\text{t}_{ekv. \text{ uglja}}) = 12.400 \text{ t}_{eu}/a \approx 1.236.960 \text{ USD/a}$$

$$\min 5,319 \text{ MW}_t \cdot 3600 \text{ s/h} \cdot 300 \text{ d/a} \cdot 24 \text{ h/d} / (0,70 \cdot 29.308 \text{ MJ}/\text{t}_{ekv. \text{ uglja}}) = 6.700 \text{ t}_{eu}/a \approx 671.760 \text{ USD/a}.$$

Način industrijske ili druge primene tehničkog rešenja

Tehničko rešenje, Postrojenje za korišćenje toplotne energije gasova procesa prženja u topionici bakra u Boru, prikazuje način iskorišćenja sekundarne (otpadne) toplote procesa prženja bakronosnog koncentrata za proizvodnju električne energije. Pažnja je posvećena iskorišćenju sekundarne (otpadne) toplote u prostom kondenzacijskom parnom bloku koji ostvaruje Rankine-Clausiusov kružni ciklus.

Apstrakt

Jedna od faza u pirometalurškoj preradi koncentrata bakra, koji se odvija u topionici Rudarsko-Topioničarskog Basena Bor u Boru, je proces prženja bakronosne šarže. On se odvija u fluosolid reaktoru po autogenom principu i potpuno je egzoterman. Proces prženja bakarnih koncentrata u fluo-solid reaktoru u Boru raspolaže toplotom, kao razlika entalpija na temperaturi na izlazu iz peći i temperature iznad tačke rose (*energetski stepen efikasnosti termoenergetskog postrojenja* $\eta_k=874,971/1.187,837=0,7366$), u iznosu od 874,971 kJ/kg_{sk} ili 0,243 kW_t/h/kg_{sk}. Ovom toplotom, u utilizacionom parnom kotlu, može da se proizvede para pritiska 42 bar(a) i temperature 420°C, odnosno 0,288 kg_{pare}/kg_{sk}. Pri ovim uslovima moguće je proizvesti električnu energiju od 0,0875 kW_e/h/kg_{sk}, po realnom Rancine-Clausius-ov toplotno ciklusu koji se izvršava u prostom paro-turbinskom kondenzacionom postrojenju sa termodinamičkim stepenom iskorišćenja $\eta_t=0,3612$. Maksimalni toplotni fluks, za kapacitet reaktora od 40 t_{sk}/h, je 9,79 MW_t, a minimalni, za 22 t_{sk}/h, je 5,319 MW_t. Na taj način dobija se maksimalna proizvodnja pare od 11,62 t/h i minimalna 6,31 t/h.

Tehničko rešenje, Postrojenje za korišćenje toplotne energije gasova procesa prženja u topionici bakra u Boru, prikazuje način iskorišćenja viška toplotne energije na osnovu proračuna materijalnih i toplotnih tokova procesa sa posebnim akcentom na utvrđivanje količine sekundarne (otpadne) visokotemperaturske toplotne energije procesa prženja. Poseban značaj za povećanje energetske efikasnosti procesa prženja je definisanje tehnički iskoristive količine toplote samog procesa, kao osnovni prioritet.

U postojećim uslovima, sekundarna energija procesa prženja u topionici bakra u Boru se degradira hlađenjem procesnog prostora, gasovitih produkata i poletine ubrizgavanjem rashladne vode u reaktor. Na ovaj način povećava se količina i vlažnost gasovitih produkata sa svim pratećim reperkusijama na gasni trakt od reaktora do fabrike za proizvodnju sumporne kiseline.

Imajući u vidu da je vreme jeftine energije prošlo, rezultati ovog rada doprinose racionalnijem gazdovanju energijom u pirometalurgiji bakra.

**Naučnom veću
Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor**

Predmet:

Recenzija tehničkog rešenja kategorije M 84 pod nazivom: „POSTROJENJE ZA KORIŠĆENJE TOPLOTNE ENERGIJE GASOVA PROCESA PRŽENJA U TOPIONICI BAKRA U BORU“.

Za recenzenta ovog tehničkog rešenja određena sam na osnovu odluke naučnog veća Instituta za rudarstvo i metalurgiju u Boru br. VIII/7.2 od 17.05.2012. godine. Naziv ovog tehničkog rešenja je: **„Postrojenje za korišćenje toplotne energije gasova procesa prženja u topionici bakra u Boru“ .**

Autori navedenog tehničkog rešenja su:

1. Mr Milorad Ćirković, dipl.ing.met.,
2. Prof. dr Željko Kamberović, dipl.ing.met.
3. Dr Marija Korać, dipl.ing. met.
4. Dr Milanče Mitovski, dipl.ing.maš.
5. Aleksandra Mitovski,dipl.ing.met.

Navedeno tehničko rešenje je proizašlo iz rada na projektu „INOVATIVNA SINERGIJA NUS-PRODUKATA, MINIMIZACIJE OTPADA I ČISTIJE PROIZVODNJE U METALURGIJI“ u okviru projekata Tehnološkog razvoja finansiranog od Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj za period 2011-2014.god.

Broj projekta: TR 34033

Oblast: Tehnološki razvoj

Rukovodilac projekta: Prof.dr Željko Kamberović

Mišljene recenzenta:

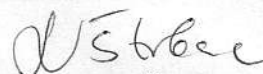
Tehničko rešenje, „**Postrojenje za korišćenje toplotne energije gasova procesa prženja u topionici bakra u Boru**“, prikazuje način iskorišćenja viška toplotne energije na osnovu proračuna materijalnih i toplotnih tokova procesa sa posebnim akcentom na utvrđivanje količine sekundarne (otpadne) visokotemperaturske toplotne energije procesa prženja. Poseban značaj za povećanje energetske efikasnosti i ekonomske dobiti procesa prženja je definisanje tehnički iskoristive količine toplote samog procesa, kao osnovni prioritet.

Tekstualni deo tehničkog rešenja obuhvata opšta razmatranja tretirane problematike u skladu sa programskim aktivnostima projekta. Predmetno tehničko rešenje se odnosi na poboljšanje tehnološkog procesa topioničke proizvodnje bakra u Boru, odnosno na poboljšanje energetske efikasnosti, smanjenje otpada i čistije proizvodnje instalisanog procesa. Priloženi tekst tehničkog rešenja sadrži adekvatne proračune, dijagrame, tehničke crteže i predlog poboljšanja energetske i tehnološke efikasnosti.

U prilogu dokumentacije prezentovano je i mišljenje participanta, odnosno korisnika rezultata projekta, izraženo kroz ocenu stručnog tima korisnika rezultata. Jasno je naglašeno da se tehničko rešenje prihvata i da je planirana njegova realizacija u sklopu razvojnih aktivnosti TIR Topionice.

Imajući u vidu priloženu dokumentaciju i mišljenje stručnog tima Topionice u Boru o tehničkom rešenju pod nazivom: „**Postrojenje za korišćenje toplotne energije gasova procesa prženja u topionici bakra u Boru**“ smatram da ono predstavlja bitno poboljšan postojeći tehnološki proces i u skladu sa „Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata“, Sl. Glasnik RS 38/2008. Prilog 2 predlažem da se tehničko rešenje prihvati i svrsta u kategoriju **M84**.

Recenzent



Prof. dr Nada Štrbac

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru

**Naučnom veću
Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor**

Predmet:

Recenzija tehničkog rešenja kategorije M 84 pod nazivom: „**POSTROJENJE ZA KORIŠĆENJE TOPLOTNE ENERGIJE GASOVA PROCESA PRŽENJA U TOPIONICI BAKRA U BORU**“.

Za recenzenta ovog tehničkog rešenja određen sam na osnovu odluke Naučnog veća Instituta za rudarstvo i metalurgiju u Boru br. VIII/7.2 od 17.05.2012. godine. Naziv ovog tehničkog rešenja je: „**Postrojenje za korišćenje toplotne energije gasova procesa prženja u topionici bakra u Boru**“ .

Autori navedenog tehničkog rešenja su:

1. Mr Milorad Ćirković, dipl.ing.met.,
2. Prof. dr Željko Kamberović, dipl.ing.met.
3. Dr Marija Korać, dipl.ing. met.
4. Dr Milanče Mitovski, dipl.ing.maš.
5. Aleksandra Mitovski, dipl.ing.met.

Navedeno tehničko rešenje je proizašlo iz rada na projektu „**INOVATIVNA SINERGIJA NUS-PRODUKATA, MINIMIZACIJE OTPADA I ČISTIJE PROIZVODNJE U METALURGIJI**“ u okviru projekata Tehnološkog razvoja finansiranog od Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj za period 2011-2014.god.

Broj projekta: TR 34033

Oblast: Tehnološki razvoj

Rukovodilac projekta: Prof.dr Željko Kamberović

Mišljene recenzenta:

Tehničko rešenje pod nazivom „**Postrojenje za korišćenje toplotne energije gasova procesa prženja u topionici bakra u Boru**“ prikazano je na 8 strana, obuhvata proračun raspoložive toplotne energije procesa prženja bakarnih koncentrata u fluosolidreaktoru topionice u Boru, i-t dijagram gasova prženja koncentrata bakra, šematski prikaz toplotnog ciklusa i T-s dijagram ciklusa i šematski prikaz postrojenja (utilizacioni parni kotao) za iskorisćenje otpadne toplote procesa prženja koju sadrže procesni gasovi.

Sadržaj tehničkog rešenja prikazan je kroz sledeće celine:

- Oblast tehnike na koju se tehničko rešenje odnosi
- Tehnički problem
- Stanje tehnike
- Izlaganje suštine tehničkog rešenja
- Detaljan opis tehničkog rešenja
- Način industrijske ili druge primene tehničkog rešenja

Tehničko rešenje, „Postrojenje za korišćenje toplotne energije gasova procesa prženja u topionici bakra u Boru“, prikazuje način iskorišćenja viška toplotne energije na osnovu proračuna materijalnih i toplotnih tokova procesa sa posebnim akcentom na utvrđivanje količine sekundarne (otpadne) visokotemperaturske toplotne energije procesa prženja. Poseban značaj za povećanje energetske efikasnosti i ekonomske dobiti procesa prženja predstavlja definisanje tehnički iskoristive količine toplote samog procesa, kao osnovni prioritet.

U okviru izlaganja suštine tehničkog rešenja obuhvaćena su opšta razmatranja tretirane problematike u skladu sa programskim aktivnostima projekta. Predmetno tehničko rešenje se odnosi na poboljšanje tehnološkog procesa topioničke proizvodnje bakra u Boru, odnosno na poboljšanje energetske efikasnosti instalisanog procesa. Priloženi tekst tehničkog rešenja sadrži adekvatne proračune, dijagrame, tehničke crteže i predlog poboljšanja energetske efikasnosti.

Proces prženja bakarnih koncentrata u fluo-solid reaktoru u Boru raspolaže toplotom, kao razlika entalpija na temperaturi na izlazu iz peći i temperature iznad tačke rose (energetski stepen efikasnosti termoenergetskog postrojenja $\eta_k = 874,971 / 1.187,837 = 0,7366$), u iznosu od 874,971 kJ/kg_{sk} ili 0,243 kWth/kg_{sk}. Ovom toplotom, u utilizacionom parnom kotlu, može da se proizvede para pritiska 42 bar(a) i temperature 420°C, odnosno 0,288 kg_{pare}/kg_{sk}. Pri ovim uslovima moguće je proizvesti električnu energiju od 0,0875 kW_{eh}/kg_{sk}, po realnom Rancine-Clausius-ov toplotnom ciklusu koji se izvršava u prostom paro-turbinskom kondenzacionom postrojenju sa termodinamičkim stepenom iskorišćenja $\eta_t = 0,3612$. Maksimalni toplotni fluks, za kapacitet reaktora od 40 t_{sk}/h, je 9,79 MWt, a minimalni, za 22 t_{sk}/h, je 5,319 MWt. Na taj način dobija se maksimalna proizvodnja pare od 11,62 t/h i minimalna 6,31 t/h.

U prilogu dokumentacije prezentovano je i mišljenje participanta, odnosno korisnika rezultata projekta, izraženo kroz ocenu stručnog tima korisnika rezultata. Jasno je naglašeno da se tehničko rešenje prihvata i da je planirana njegova realizacija u sklopu razvojnih aktivnosti TIR Topionice.

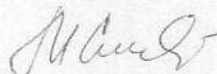
Na osnovu analize priloženog tehničkog rešenja, podnosim sledeći

Z a k l j u č a k

Dokumentacija tehničkog rešenja, „Postrojenje za korišćenje toplotne energije gasova procesa prženja u topionici bakra u Boru“ pripremljena je u skladu sa Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača, Sl.Gl.38/2008, i pruža sve neophodne informacije o oblasti na koju se tehničko rešenje odnosi kao i problem koji se njime rešava.

Na osnovu izloženih argumenata predlažem Naučnom veću Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor, da tehničko rešenje prihvati i svrsta u kategoriju **M 84** pomenutog pravilnika.

Recenzent



Dr Miroslav Sokić, naučni saradnik
ITNMS Beograd



„RUDARSKO – TOPIONIČARSKI BASEN BOR“ GRUPA
„TOPIONICA I RAFINACIJA BAKRA BOR“
DRUŠTVO SA OGRANIČENOM ODGOVORNOŠĆU - U RESTRUKTURIRANJU

Telegram: „TIR“ Bor, Teleks: 19286, Telefaks: 425-380,
Telefon: 030/425-576, 421-576, 422-877, 423-171, 435-489

Institut za rudarstvo i metalurgiju
Bor
Zeleni bulevar 35
19210 Bor

DATUM: 07.05.2012.god.

19210 Bor, Đorđa Vajferta 20

Mišljenje korisnika rezultata projekta TR 34033, „INOVATIVNA SINERGIJA NUS-PRODUKATA, MINIMIZACIJE OTPADA I ČISTIJE PROIZVODNJE U METALURGIJI“ o tehničkom rešenju, „Postrojenje za korišćenje toplotne energije gasova procesa prženja u topionici bakra u Boru“ kao rezultat projekta

Sobzirom da je osnovna delatnost RTB-TIR Bor metalurška prerada bakronosnih sirovina i proizvodnje bakra, to smatramo korisnim sve poslove-projekte koji obrađuju razvoj procesa i tehnologija, kao i racionalizaciju energetske, ekonomske i ekološke potrebe topioničke proizvodnje bakra. U svojstvu participanta i korisnika rezultata projekta, „Inovativna sinergija nus-produkata, minimizacije otpada i čistije proizvodnje u metalurgiji“, izdvajamo kratak opis i mišljenje o predloženom tehničkom rešenju.

Opis tehničkog rešenja

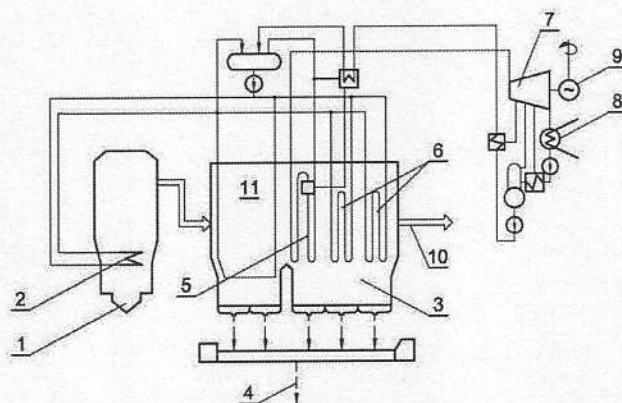
Proces prženja bakronosne šarže je egzoterman proces. U ovom procesu oslobađa se velika količina toplotne energije koja je jednim delom sadržana u gasovitim proizvodima, a drugi deo kao višak troši se za isparavanje rashladne vode radi održavanja željene temperature procesnog prostora.

Od raspoložive toplotne energije procesa prženja, računata na jediničnu količinu šarže, samo se fizička toplota prženca koristi u daljoj preradi. To znači da za izradu toplotnog bilansa nije uzeta celokupna hemijski vezana energija šarže, s obzirom da se ona produkuje u zavisnosti od stepena desulfuracije. Za ovo razmatranje korišćen je stepen desulfuracije $f=0,512$. Toplotna energija gasovitih proizvoda i poletine ostaju neiskorišćene za proces.

Toplotna energija gasovitih proizvoda i poletine može da se iskoristi izvan procesa, do temperaturnog nivoa tačke rose sumporne kiseline, koja iznosi $224,563^{\circ}\text{C}$. Iz tehničko-tehnoloških razloga temperatura do koje mogu da se ohlade gasoviti proizvodi i poletina, usvaja se da je 300°C . Raspoloživa toplotna energija gasovitih proizvoda i poletine tehnički iskoristiva u termoenergetskom postrojenju, uzevši u obzir i »višak« toplote procesa, ima vrednost $874,971 \text{ kJ/kg}_{\text{sk}}$. Maksimalni tehnički iskoristiv toplotni fluks za fluo-solid reaktor iznosi $9,79 \text{ MW}_t$, a minimalni toplotni fluks je $5,319 \text{ MW}_t$.

Za korišćenje sekundarne (otpadne) toplotne energije procesa prženja, koji se odvija u topionici RTB-Bor Grupe, u prostom kondenzacijskom parnom blaku usvaja se idealni Rankine-Clausiusov toplotni ciklus sa parametrima pare pritiska od 42 bara, temperature pregrevanja 400°C i pritiska kondenzacije od 0,08 bara. Temperatura napojne vode je 80°C a pritisak 10 bara.

Utilizacioni parni kotao, Sl.1, po svojoj konstrukciji, sadrži grejnu površinu koja će oduzimati »visak« toplote iz procesnog prostora i grejnu površinu koja će oduzimati toplotu od gasovitih proizvoda i iz poletine. Pri projektovanju utilizacionog parnog kotla za proces prženja mora se imati u vidu intenzivno prljanje, abraziju grejne površine, visok sadržaj sumpora u poletini i sadržaj sumportrioksida u gasovitim proizvodima prženja.



Sl. 1. Utilizacioni parni kotao koji koristi otpadnu toplotu procesa prženja; 1- reaktor za prženje u fluidizovanom sloju, 2- isparivač u reaktoru, 3-utilizacioni parni kotao, 4- odvod prašine, 5- pregrejač pare, 6- konvektivni isparivač, 7- parna turbina, 8- kondenzator, 9- generator, 10- ohlađenigasovi, 11- radijacioni isparivač

Proces prženja bakarnih koncentrata u fluo-solid reaktoru u Boru raspolaže toplotom, kao razlika entalpija na temperaturi na izlazu iz peći i temperature iznad tačke rose u iznosu od 874,971 kJ/kg_{sk} ili 0,243 kW_th/kg_{sk}. Ovom toplotom, u utilizacionom parnom kotlu, može da se proizvede para pritiska 42 bar(a) i temperature 420°C, odnosno 0,288 kg_{pare}/kg_{sk}. Pri ovim uslovima moguće je proizvesti električnu energiju od 0,0875 kW_eh/kg_{sk}, po realnom Rankine-Clausius-ov toplotno ciklusu koji se izvršava u prostom paro-turbinskom kondenzacionom postrojenju sa termodinamičkim stepenom iskorišćenja $\eta_t = 0,3612$. Maksimalni toplotni fluks, za kapacitet reaktora od 40 t_{sk}/h, je 9,79 MW_t, a minimalni, za 22 t_{sk}/h, je 5,319 MW_t. Na taj način dobija se maksimalna proizvodnja pare od 11,62 t/h i minimalna 6,31 t/h.

Za rad reaktora 300 dana/a (godišnje vremensko iskorišćenje 82%) i prerade 300.000 t_{sk}/a, godišnja proizvodnja električne energije iznosi:

$$E = 300.000 \text{ t}_{sk}/a \cdot 0,0878 \text{ MW}_e h/t_{sk} = 26.340 \text{ MW}_e h/\text{godišnje}.$$

Uzimajući vrednost električne energije u Boru, cena proizvedene električne energije iznosi 79,02 miliona dinara/a, odnosno 987.750,00 eura/godišnje.

Uzimajući novčanu vrednost svih faktora u proizvodnji električne energije na ovaj način, i ako se oduzme od ukupne cene proizvedene energije ostvareni profit bio bi oko 430.150 eura godišnje.

S druge strane, raspoloživa toplota procesa prženja (874,971 kJ/kg_{sk}), za stepen korisnosti termoenergetskog postrojenja od $\eta_k = 0,70$, ekvivalentna je:

$$\begin{aligned} \max & 9,79 \text{ MW}_t \cdot 3600 \text{ s/h} \cdot 300 \text{ d/a} \cdot 24 \text{ h/d} / (0,70 \cdot 29.308 \text{ MJ}/t_{ekv. \text{ uglja}}) = 12.400 \text{ t}_{eu}/a \approx 1.236.960 \text{ USD/a} \text{ i} \\ \min & 5,319 \text{ MW}_t \cdot 3600 \text{ s/h} \cdot 300 \text{ d/a} \cdot 24 \text{ h/d} / (0,70 \cdot 29.308 \text{ MJ}/t_{ekv. \text{ uglja}}) = 6.700 \text{ t}_{eu}/a \approx 671.760 \text{ USD/a}. \end{aligned}$$

Zaključak

U prikazu tehničkog rešenja razmatrana je mogućnosti iskorišćenja sekundarne (otpadne) toplote procesa prženja bakronosnog koncentrata za proizvodnju električne energije. Pažnja je posvećena iskorišćenju sekundarne (otpadne) toplote u prostom kondenzacijskom parnom bloku koji ostvaruje Rankine-Clausiusov kružni ciklus.

Otpadna toplota procesa prženja može da se koristi za proizvodnju toplotne energije, ali zbog neravnomerne potrošnje tokom godine i usled komplikovanosti sistema, ovaj slučaj nije razmatran. Takođe, ona se može koristiti za zagrevanje kotlovske vode, za sušenje šarže, za zagrevanje vazduha za potrebe plamene peći i slično.

U postojećim uslovima proizvodnje anodnog bakra u Boru, sekundarna (otpadna) toplota procesa prženja se ne koristi, već se hlađenje vrši ubrizgavanjem vode (i do 6 m³/h), čime se povećava sadržaj vlage, količina gasova i povišava temperatura tačke rose sumporne kiseline gasova. S druge, strane, neopravdano se "gubi" raspoloživa toplotna energija u vreme kada je ima sve manje i kada je treba racionalnije koristiti.

Mišljenje

Imajući ove činjenice u vidu, TIR-Topionica, u svojstvu participanta, je zainteresovana za rezultate projekta TR 34033. Istraživačke aktivnosti na projektu „Inovativna sinergija nus-produkata, minimizacije otpada i čistije proizvodnje u metalurgiji“, pored ostalog rezultirale su i tehničkim rešenjem „Postrojenje za korišćenje toplotne energije gasova procesa prženja u topionici bakra u Boru“, autora: Mr Milorada Ćirkovića, dipl.ing.met., Prof. dr Željka Kamberovića, dipl.ing.mat., Dr Marije Korać, dipl.ing.met., Dr Milančeta Mitovskog, dipl.ing.maš., Aleksandre Mitovski, dipl.ing.met, kao rezultat rada na projektu. U svojstvu participanta na ovom projektu stručni tim inženjera TIR-Topionice je razmatrao postignute rezultate i u potpunosti je saglasan sa njima. Stručni tim TIR-Topionica je razmotrio prateću tehničku dokumentaciju tehničkog rešenja koja se sastoji od opisa, proračuna, tehničkih crteža, mesta i načina ugradnje na fluosolid reaktoru br.1 kao i ekonomske efekte koji se ostvaruju primenom ovog tehničkog rešenja, smatra uspešno sprovedene planirane istraživačke aktivnosti.

Imajući u vidu značaj ovakvih istraživanja, smatramo da dalja istraživanja u ovim oblastima i na ovom projektu treba nastaviti, a rezultate ovih istraživanja i predmetno tehničko rešenje, „**Postrojenje za korišćenje toplotne energije gasova procesa prženja u topionici bakra u Boru**“, je prihvaćeno u potpunosti i realizovaće se u skladu sa strategijom poslovanja i razvojnim aktivnostima TIR-Tpionica Bor.

Upravnik Topionice

Slaviša Stefanović, dipl.ing.met.



**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР
НАУЧНО ВЕЋЕ**

Број: X/7.8.

Од 09.10.2012.године

На основу Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, прилог 2 (Сл.гласник РС бр.38/2008), Научно веће је на X-ој седници одржаној дана 09.10.2012. године донело:

ОДЛУКУ
о прихватању техничког решења

I

На основу покренутог поступка за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом *„Постројење за коришћење топлотне енергије гасова процеса пржења у Топионици бакра у Бору“*, аутора: мр Милорада Ђирковића, проф.др Жељка Камберовића, др Миланчета Митовског, др Марије Кораћ и Александре Митовски и мишљења рецензената и корисника о наведеном техничком решењу, Научно веће је донело Одлуку о прихватању наведеног техничког решења.

ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА

Др Миленко Љубојев, дипл.инж.руд.
Научни саветник

