



НАЗИВ ЗАПИСА	ВРСТА : 0.	Ознака:
Захтев за валидацијом и верификацијом техничког решења	МАТ.ДОК.:	0.01
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 загревање електрофилтера у време дугих застоја технолошке линије у топионици у Бору

Аутора:

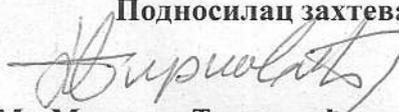
Мр Милорад Ђирковић, дипл.инж.мет
Проф.др Жељко Камберовић, дипл.инг.мет.
Др Миланче Митовски, дипл.инж.маш.
Др Марија Кораћ, дипл.инг.мет.
Александра Митовски, дипл.инг.мет.

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/7.3.

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 загревање електрофилтера у време дугих застоја технолоке линије у Топионици 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 Љубојевић, 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 ZAGREVANJE ELEKTROFILTERA U
VREME DUGIH ZASTOJA TEHNOLOŠKE LINIJE 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 ZAGREVANJE ELEKTROFILTERA U VREME DUGIH ZASTOJA TEHNOLOŠKE LINIJE 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 procesnih parametara rada, smanjenje odnošenja prženca bakarne šarže i smanjenja aerozagađenja elektrofiltera za otprašivanje gasova fluosolid reaktora topionice bakra u Boru.

Tehnički problem

Kako poboljšati rad elektrofiltera nakon starta tehnološke linije za prženje i topljenje u topionici posle dugih zastoja fluosolid reaktora. Pored ovog, ne tako malog problema, nakon starta reaktora do dostizanja radne temperature ne uključuje se elektrodni sistem, a samim tim i gasovi reaktora ne mogu da se otprašuju i sva količina prženca koja je ponešena sa gasovima preko dimnjaka ispušta se u atmosferu.

Stanje tehnike

Mnogobrojni tehničko-tehnološki razlozi i nedostatak koncentrata uzrokuju dugotrajne zastoje tehnološke linije u topionici u Boru. U tom slučaju, pored pada ekonomskih i ekoloških pokazatelja, oštećenja agregata i opreme su intenzivnija. Jedan od topioničkih slučajeva je i problem koji se odnosi na rad sistema za vuču i tretman gasova fluosolid reaktora u slučajevima čestih zastoja. Naime, česti zastoji tehnološke linije za prženje i topljenje posebno se odnose na rad elektrofiltera Lodge-Cottrell, odnosno na probleme koji se javljaju nakon starta fluosolid reaktora. Česti zastoji uzrokuju hlađenje elektrofiltera do ambijentalne temperature, a sam start reaktora, odnosno vreli reaktorski gasovi naglo zagrevaju elektrofiltere do radne temperature od 320 °C. Temperature promene u elektrofilterima dovode do naprslina na plaštu agregata i gasovodnom sistemu, a to su mesta nekontrolisanog i štetnog uvlačenja fals-vazduha. Pored ovog, ne tako malog problema, nakon starta reaktora do dostizanja radne temperature ne uključuje se elektrodni sistem, a samim tim i gasovi reaktora ne mogu da se otprašuju. Skoro sva

količina prženca koja je ponešena sa gasovima preko dimnjaka ispušta se u atmosferu. U ovakvim situacijama to je veliki gubitak bakra a i zagađenje okoline je veliko.

Negativne posledice ovakvih situacija utiču na povećanje gubitaka prženca i time se smanjuje tehnološko iskorišćenje Topionice.

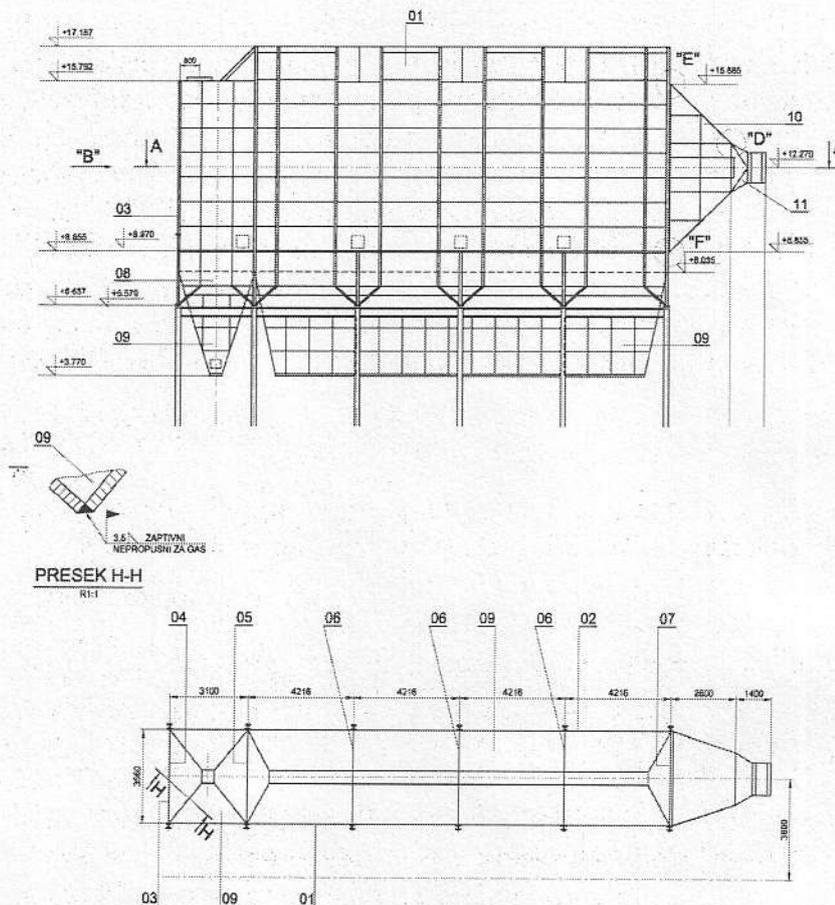
Izlaganje suštine tehničkog rešenja

Za prevazilaženje ovog problema u gasnom traktu reaktora, predlaže se postrojenje za zagrevanje elektrofiltera sa ciljem da se temperatura održi na optimalnom nivou u vreme zastoja tehnološke linije, čime bi se nakon starta održavao optimalni stepen otprašivanja gasovitih produkata reaktora broj 1.

Grejanjem elektrofiltera za otprašivanje reaktorskih gasovitih produkata u vreme dugih zastoja cilj je da se pokriju gubici toplote kroz omotač (plašt) elektrofiltera. Za ovu svrhu uzima se da je količina potrebne toplotne energije za njegovo zagrevanje zavisi od površine kroz koje se vrši razmena toplote sa okolinom i koeficijenta prenosa toplote. Prenos toplote se sa površine omotača (plašta) elektrofiltera u okolinu vrši konvekcijom i radijacijom sa površine.

Detaljan opis tehničkog rešenja

Površina omotača elektrofiltera za otprašivanje gasovitih produkata reaktora broj 1 «Lodge Cottrell» biće određena na osnovu crteža O-LC-1077, vlasništvo RTB FOD Bor, a na osnovu sl. 1.



Sl.1. Elektrostatički filter za otprašivanje gasovitih produkata reaktora broj 1

➤ Bočne strane:

$$A_{11} = 2 * 19.964 * 6.830 = 272.708 \text{ m}^2 - \text{ravni deo}$$

$$A_{12} = 2 * 4.0 * 15.5 = 124.0 \text{ m}^2 - \text{kosi deo}$$

$$A_{13} = 2V(3.0 + 0.5) * 0.5 * 3.7 = 12.95 \text{ m}^2 - \text{kosi deo prvog levka}$$

$$A_{14} = 2 * 6.7 * 3.3 * 0.5 = 22.11 \text{ m}^2 - \text{bok izlaznog levka}$$

$$A_1 = 431.768 \text{ m}^2$$

➤ Prednja strana omotača:

$$A_{21} = 8 * 3.560 + 3.560 * 1.200 = 32.752 \text{ m}^2$$

$$A_{22} = 4(3.1 + 0.5) * 0.5 * 3.7 = 26.640 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 59.392 \text{ m}^2$$

➤ Plafonski deo omotača elektrofiltera:

$$A_3 = 19.964 * 3.560 = 71.072 \text{ m}^2$$

➤ Površina gornje i donje strane izlaznog konusa:

$$A_4 = 3.560 * 4.0 * 0.5 * 2 = 14.240 \text{ m}^2$$

Ukupna površina omotača elektrofiltera:

$$A = \sum_{i=1}^{i=4} A_i = 431,768 + 59,392 + 71,072 + 14,240 = 576,472 \text{ m}^2$$

Za određivanje sveobuhvatnog temperaturnog režima rada elektrofiltera izvršena su određena merenja temperatura pri različitim uslovima. U tom cilju izvršeno je merenje spoljašnje temperature termoizolacije elektrofiltera (aluminijaska oplata) i temperature gasova u momentu starta reaktora kada je elektrofilter bio ohlađen i kada je elektrodni sistem isključen.

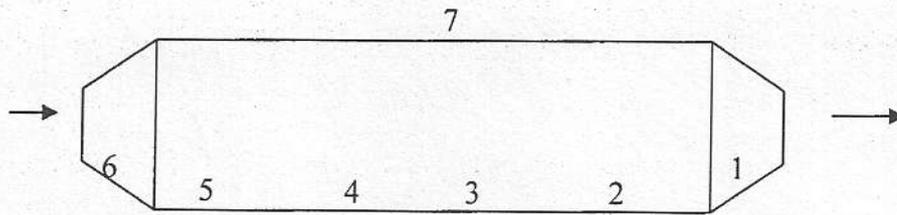
U okviru tih merenja dobijene su sledeće vrednosti:

❖ Elektrofilter bio je isključen u momentu starta reaktora

- temperatura gasova na ulazu u sprej kulu u vreme starta reaktora, je 431°C
- temperatura na ulazu elektrofiltera broj 1 151°C,
- temperatura na izlazu elektrofiltera broj 1 187°C,
- temperatura na ulazu elektrofiltera broj 2 210°C,
- temperatura na izlazu elektrofiltera broj 2 238°C.

❖ Temperatura omotača elektrofiltera na strani termoizolacije

Merenje temperature je vršeno na aluminijumskom limenoj oplati termoizolacije. Debljina termoizolacije iznosi 10 cm. Raspored mesta na kojima je izvršeno merenje temperature prikazano je na slici 2, a vrednosti izmerenih temperatura prikazane su u tabeli 1.



Sl. 2. Raspored mesta gde je merena temperatura omotača elektrofiltera (sa spoljnje strane termoizolacije) na strani između oba elektrofiltera

Tabela 1. Temperaturni parametri elektrofiltera reaktora br.1

Parametar	elektrofilter br. 1	elektrofilter br. 2
Temperatura plašta na MM 1, °C	19	21
Temperatura plašta na MM 2, °C	19	25
Temperatura plašta na MM 3, °C	20	28
Temperatura plašta na MM 4, °C	22	19
Temperatura plašta na MM 5, °C	42	42
Temperatura plašta na MM 6, °C	58	54
Temperatura plašta na MM 7, °C	51	50
Temperatura spoljnjeg vazduha, °C	8	
Pritisak gasova, mbar	3÷5	3÷5

S obzirom da nije moguće izmeriti temperaturu čeličnog omotača elektrofiltera na ravnomerno raspoređenim površinama, prosečna temperatura omotača elektrofiltera aproksimativno biće određena na osnovu merenja temperature na sedam mernih mesta i to na aluminijskoj oplati elektrofiltera, prema jednačini:

$$\text{za elektrofilter br. 1: } t_{sr,0} = \frac{\sum_{i=1}^6 t_i + t_7}{7} = 38.7^{\circ}\text{C} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{za elektrofilter br. 2: } t_{sr,0} = 40.75^{\circ}\text{C}$$

❖ Temperatura gasova

Nakon starta fluosolid reaktora, a neposredno pre uključenja elektrodnog sistema izvršeno je merenje temperatura gasova u elektrofilteru:

- Temperatura gasova na ulazu u EF 1 369 °C
- Temperatura gasova na ulazu u EF 2 370 °C
- Temperatura gasova na izlazu iz EF 1 297 °C
- Temperatura gasova na izlazu iz EF 2 310 °C

Za obavljanje daljeg proračuna usvaja se da je prosečna temperatura omotača elektrofiltera $t_{sr, om}=40^{\circ}\text{C}$ i odnosi se na oba elektrofiltera. Proračun će biti izvršen za jedan elektrofilter.

Za određivanje veličine toplotnih gubitaka kroz omotač jednog elektrofiltera u okolinu koristiće se jednačina (2).

$$Q = \alpha * A(t - t_0), [W] \dots \dots \dots (2)$$

gde su:

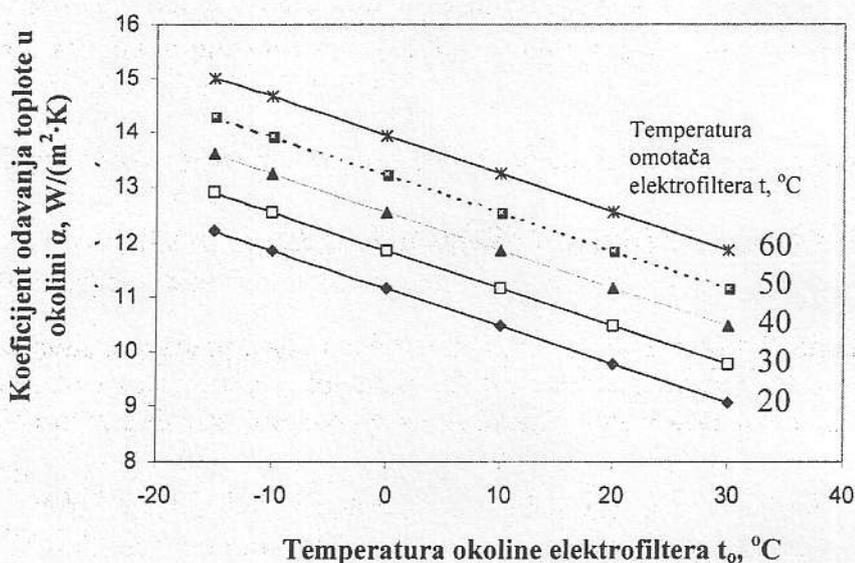
- α [W/(m²·K)] - koeficijent prenosa toplote sa površine omotača elektrofiltera u okolinu, a uzima u obzir prenos toplote konvekcijom i radijacijom (sl. 3),
- A [m²] - površina omotača elektrofiltera kroz koju nastaju toplotni gubici,
- t = t_{sr.o} [°C] - prosečna temperatura omotača elektrofiltera,
- t₀ - temperatura spoljnjeg vazduha (za Bor srednja godišnja temperatura spoljnjeg vazduha može se usvojiti da je t₀ = 10°C).

Količina toplote potrebna za grejanje jednog elektrofiltera pri usvojenim uslovima, iznosi:

$$Q = 11.864 * 576.472 * (40 - 10) = 205\ 177.914\ W_t \approx 205\ kW_t$$

Ukoliko bi temperatura spoljnjeg vazduha bila t₀ = 40°C praktično ne bi postojali toplotni gubici usled prenosa toplote u okolinu, zanemarujući pri tome gubitak toplote usled strujanja fluida u elektrofilterima i gasovodima. Za slučaj kada temperatura spoljnjeg vazduha iznosi,

t₀ = -15°C, u zimskom periodu, gubici toplote u okolinu iznose Q = 376 kW_t po jednom elektrofilteru.



Sl. 3. Dijagram za određivanje koeficijenta prenosa toplote sa površine omotača elektrofiltera u okolinu

Imajući u vidu da se ova razmatranja vrše u cilju smanjenja tehnoloških gubitaka bakra koji se kao prženac izbacuje u atmosferu sa procesnim gasovima za vreme isključenog elektrodnog sistema elektrofiltera, neophodno je da se elektrofilter zagreva u vreme dugih

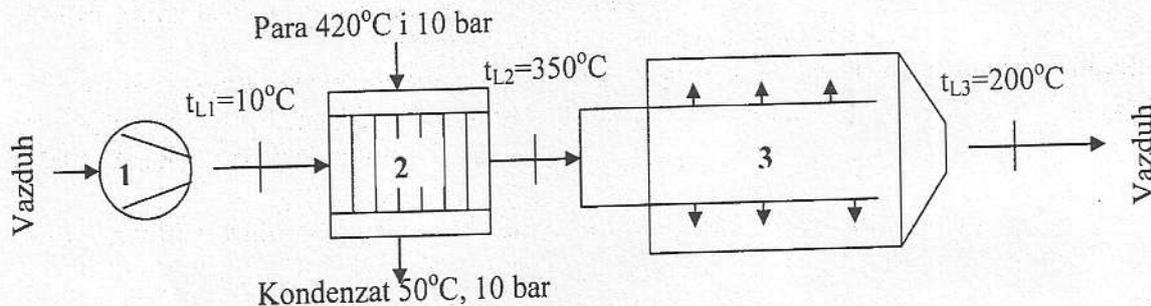
zastoja flosolid reaktora. Iznalaženje tehničkog rešenja za zagrevanje elektrofiltera doprineće boljem tehnološkom iskorišćenju topioničke proizvodnje bakra, a takođe i sprečavanju zagađenja životne sredine imajući u vidu da se velika količina prženca sa gasovitim proizvodima raznosi na veliku okolnu površinu.

Za ovu svrhu potrebna količina toplote za zagrevanje elektrofiltera u vreme dugih zastoja fluosolid reaktora jednaka je količini toplote koja se smatra gubitkom u okolinu kroz plašt elektrofiltera i ona iznosi $Q = 205 \text{ kW}$.

Mogući načini zagrevanja elektrofiltera u ovakvim slučajevima mogu biti:

1. Zagrevanje elektrofiltera toplim vazduhom,
2. Zagrevanjem elektrofiltera gasovitim produktima plamene peći i
3. Zagrevanje elektrofiltera električnim grejačem.

U vreme zastoja reaktora, kada gasoviti produkti ne prolaze kroz elektrofilter, jedna od mogućnosti njegovog zagrevanja je korišćenje toplog vazduha. Principijelna šema primene ovakvog načina zagrevanja prikazana je na slici 4.



Sl. 4. Šema postrojenja za grejanje elektrofiltera toplim vazduhom 1-ventilator za vazduh, 2- razmenjivač toplote, 3- elektrofilter

Prema predloženoj šemi, potrebna količina vazduha kojim se zagreva elektrofilter može da se izračuna na osnovu toplotnog bilansa:

$$V_1 = \frac{Q}{c_p^{350} \cdot \rho^{350} \cdot t^{350} - c_p^{200} \cdot \rho^{200} \cdot t^{200}} = \frac{205 \text{ kW}}{1.056 \cdot 0.560 \cdot 350 - 1.035 \cdot 0.737 \cdot 200}$$

$$= 3.767 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 13.561 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pri korišćenju suvog vazduha pritiska $p=1,0 \text{ bar}$ i temperature $t, ^\circ\text{C}$, vrednosti promena gustine i specifične toplote prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Parametri vazduha pri pritisku 1,0 bar (1 kmol=29,964 kg)

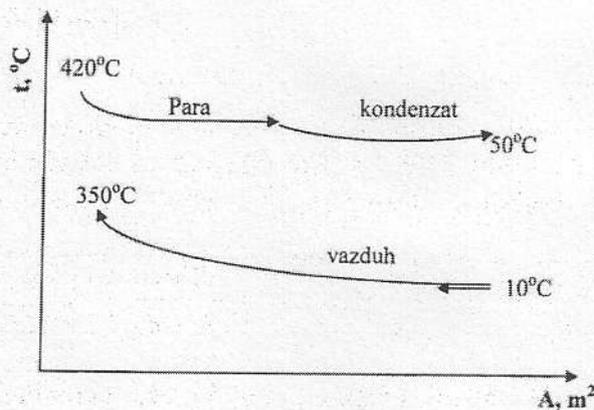
Temperatura $t_L, ^\circ\text{C}$	Gustina $\rho, \text{kg/m}^3$	Specifična toplota $c_p, \text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	Specifična entalpija $i, \text{kJ}/\text{kg}$	Specifična entropija $s, \text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	Specifična unutrašnja energija $u,$ kJ/kg	Srednja specifična toplota $[\bar{c}_p]^t, \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}\cdot\text{K}}$
0	1,277	1,011	0	0	0	29,073
10	1,230	1,010				29,113*
50	1,078	1,015				
100	0,934	1,022	100,6	0,3128	71,9	29,153
200	0,737	1,035	202,3	0,5543	144,8	29,299
250	0,666	1,043				
300	0,608	1,047	305,7	0,7524	219,5	29,521
350	0,560	1,056				29,655*
400	0,518*	1,059*	411,3	0,9224	296,4	29,789

* proračun je izvršio autor

Za svođenje količine vazduha V_1 na normalne uslove korišćiće se srednja temperatura vazduha u elektrofilteru $t_{ef}=0,5(350+200)=275^\circ\text{C}$. Potrebna količina vazduha za zagrevanje jednog elektrofiltera, ako se uzme da je pritisak vazduha u elektrofilteru jednak normalnom, ima vrednost:

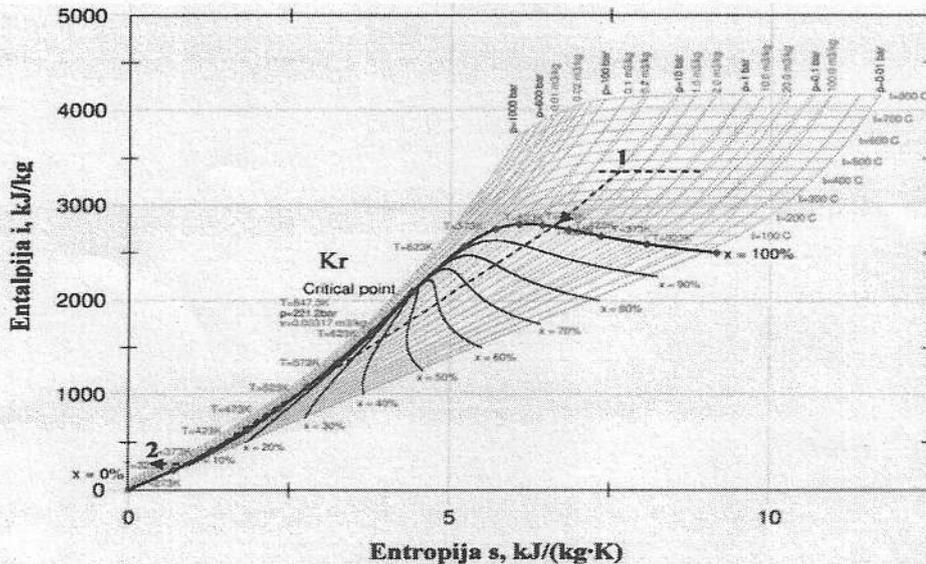
$$V_0 = V_1 \cdot \frac{T_0}{T_1} = 3,767 \cdot \frac{273}{273 + 275} = 1,877 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 6,757 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Usvajanjem da izvor toplote bude para pritiska 12 bara i temperature 420°C , koja bi se uzimala iz reducir stanice aneksa parnog kotla broj 1, koja bi se podhlađivala u razmenjivaču toplote (poz. 2, sl. 4) do 50°C , za stepen efikasnosti razmenjivača toplote $\eta_r=0,90$, izvršiće se na osnovu toplotnog bilansa.



Sl. 5. Promena temperature duž grejne površine razmenjivača toplote kada predajnik toplote menja fazu pri suprotnom toku fluida

Kondenzat koji se dobija kondenzacijom pare u razmenjivaču toplote transportuje se u spremnik napojne vode ulizacionog parnog kotla.



Sl. 6. Mollier-ov i, s dijagram za vodenu paru (1-početno stanje pare 10 bar, 420°C i 2-stanje kondenzata 10 bar i 50°C)

Potrebna količina pare kojom se zagreva vazduh za potrebe grejanja elektrofiltera može da se izračuna primenom jednačine (3), a prema slikama 5 i 6.

$$m_{\text{pares}}(i_1 - i_2)\eta_r = m_L * c_L * (t_{L2} - t_{L1})$$

$$m_{\text{pares}} = \frac{m_L * c_L (t_{L2} - t_{L1})}{(i_1 - i_2)\eta_r} \dots \dots \dots (3)$$

gde su

$i_1 = 3306,6 \text{ kJ/kg}$ - entalpija pare 10 bar i 420°C ,

$i_2 = 210,1 \text{ kJ/kg}$ - entalpija kondenzata (vode parametara 10 bar i 50°C)

η_r - stepen energetske efikasnosti razmenjivača toplote (usvaja se da je $\eta_r = 0,90$)

m_L - masa vazduha potrebnog za zagrevanje elektrofiltera:

$$m_L = V_1 / \rho = 1,877 / 1,2928 = 1,452 \text{ kg/s}$$

$c_L = [c_p]_{t_{L1}}^{t_{L2}}$, $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ - srednja specifična toplota vazduha¹ za temperaturski interval $t_2 - t_1$, tj. $350 - 10^{\circ}\text{C}$:

$$c_{p \frac{t_{L2}}{t_{L1}}} = \frac{[c_p]_0^{t_2} * t_2 - [c_p]_0^{t_1} * t_1}{t_2 - t_1} = \frac{1.452 * 350 - 1.005 * 10}{350 - 10} = 1.025 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \dots \dots (4)$$

Potrebna količina pare za zagrevanje jednog elektrofiltera, na osnovu jednačine (3), iznosi:

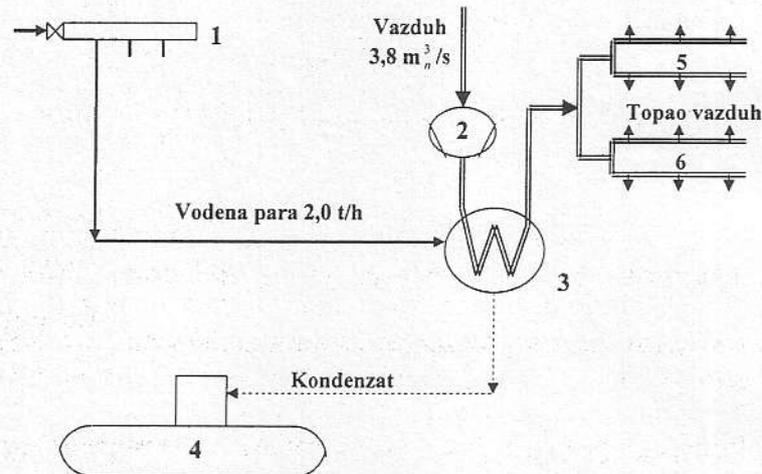
$$m_{\text{pares}} = \frac{1.452 * 1.025(350 - 10)}{(3306.6 - 210.1)0.90} = 0.182 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 0.655 \text{ t/h}$$

Kao rezime ovog razmatranja može se reći da za zagrevanje oba elektrofiltera usvaja se potrebna količina pare (pritiska 10 bar i temperature 420°C) u iznosu od 2,0 t/h, kojom se

zagreva potrebna količina vazduha za oba elektrofiltera, u količini od $3,800 \frac{m^3}{s} = 13.680 \frac{m^3}{h}$

Postrojenje za zagrevanje elektrofiltera, za otprašivanje gasovitih produkata reaktora broj 1, za vreme njegovog zastoja sastoji se od:

- parnog sistema i
- sistema za vazduh.



Sl.7. Šema sistema za grejanje elektrofiltera za otprašivanje gasovitih produkata reaktora broj 1 za vreme njegovog zastoja

1- stanica za reduciranje pritiska pare 44/12 bar, 2-ventilator za vazduh, 3-razmenjivač toplote snage 410 kW_t, 4- spremnik napojne vode ulizacionog parnog kotla broj 1, 5- topli vazduh za elektrofilter broj 1 i 6- topli vazduh za elektrofilter broj 2.

Pregrejana para se uzima iz parne prigušne stanice (poz. 1., sl. 7.), koja je smeštena u pumpnoj stanici ulizacionog parnog kotla broj 1. Parametri pare, za ovo postrojenje, su: pritisak 10 bara i temperature 420°C i specifična zapremina 0,3161 m³/kg. Ta se para vodi u razmenjivač toplote (poz. 2., sl. 7) gde je grejni fluid para, a grejani fluid vazduh. Maksimalni protok pare je 2,0 t/h, po jedne tone na sat za svaki elektrofilter. Para se vodi do razmenjivača toplote, koji je smešten na prostoru ispod elektrofiltera (poz. 5. i 6., sl. 7.), a kondenzat nakon razmene toplote se vodi u spremnik napojne vode (poz. 4., sl. 7.) ulizacionog parnog kotla broj 1 skupa sa ostalim povratnim kondenzatima od zagrejača sekundarnog i primarnog vazduha. Parovod i kondenzatovod su termički izolovani mineralnom vunom i aluminijumskim limom debljine 0,5 mm, a u beskanalnom vođenju instalacija (ukopane u zemlji) sa predizolovanim cevima samo za kodenzatovod.

Unutrašnji prečnik parovoda biće izračunat za brzinu pare od w=20 m/s i količine 2,0 t/h, tj.

$$V_p = 0.176 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot V_p}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.176}{3.14 \cdot 20}} = 0.106 \text{ m} \quad \dots \dots \dots (5)$$

usvaja se unutrašnji prečnik parovoda d_i=100 mm, a materijal cevi Č.1214 prema

SRPS C.B5.021 i 022.

Debljina zida cevi parovoda se određuje pomoću izraza:

$$\delta = \delta_0 + c_1 + c_2 = \frac{d_i \cdot p}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{doz}} + c_1 + c_2 = \frac{100 \cdot 1.0}{2 \cdot 1.0 \cdot 55.00} (1 + 0.02) + 1.0 = 1.927 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots (6)$$

Usvaja se $\delta=3,6$ mm, debljina zida cevi.

Oznake u jednačini 6 su:

d_i [mm] – unutrašnji prečnik cevi, $d_i = 100$ mm

p [N/mm²] – pritisak pare, $p = 10$ bar = 1.0 N/mm²

φ – koeficijent slabljenja materijala, za bešavne cevi $\varphi = 1.0$

$\sigma_{doz} = \frac{Re}{s}$ [N/mm²] – dozvoljeno naprezanje tečenja, za temperaturu 450°C $Re = 88$ N/mm²

s – stepen sigurnosti, $s = 1.6 \div 2.0$

$$\sigma_{doz} = \frac{88}{1.6} = 55.00 \frac{N}{mm^2}$$

c_1 – dodatak cevi zbog netačnosti u izradi, $c_1 = (0.0085 + 0.022)\delta_0$

c_2 – dodatak cevi za habanje i koroziju, za čelične cevi $c_2 = 1.0$

Prema SRPS C.B5.221 (DIN 2448) usvaja se spoljni prečnik cevi parovoda $\varnothing 108$, to jest bešavna cev ($d \times \delta$) 108x3,6 mm, Č.1214 SRPS C.B5.221

Unutrašnji prečnik cevovoda za kondenzat, ako se uzme brzina kondenzata $w_c=2,0$ m/s, masenog protoka 2,0 t/h, tj. zapreminskog protoka (ako je njegova specifična zapremina 0,0010117 m³/kg) $V_c=2,14$ m³/h=0,6 dm³/s, prema jednačini (5) je

$$d_{i,c} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.0006}{3.14 \cdot 2}} = 0.0195 \text{ m} = 19.55 \text{ mm, usvajam } d_{i,c} = 20 \text{ mm}$$

Debljina zida cevi za kondenzat, na osnovu jednačine (6) iznosi:

$$\delta_c = \frac{20 \cdot 1.0}{2 \cdot 1.0 \cdot 146.87} (1 + 0.02) + 1.0 = 1.069 \text{ mm}$$

Usvaja se standardna debljina zida cevi $\delta_c = 2.6$ mm,

$$\text{Za ovaj slučaj } \sigma_{doz} = \frac{Re}{s} = \frac{235}{1.6} = 146.87 \text{ N/mm}^2$$

Prema SRPS C.B5.221 usvaja se spoljni prečnik cevi kondenzatovoda $\varnothing 31,8$, to jest bešavna cev ($d \times \delta$) 31,8x2,6 mm, Č.1214, SRPS C.B5.221.

Debljina termoizolacije cevovoda se preporučuje:

▪ za parovod spoljnijeg prečnika $\varnothing 108$ mm $\delta_{iz}=130$ mm i

- za cevovod kondenzata $\varnothing 31,8$ mm $\delta_{iz}=40$ mm ili predizolovana cev EN253 iz programa IZOPEN PC 138 IZOLIR Zrenjanin predizolovana cev $\varnothing 110$, $\delta_{iz}=31,1$ mm.

Sistem za obezbeđivanje vazduha za grejanje elektrofiltera za otprašivanje gasovitih produkata reaktora broj 1 sastoji se od usisnog vazduhovoda, razmenjivača toplote u kojem se vazduh zagreva sa 10 na 350°C i potisni vazduhovod koji snabdeva oba elektrofiltera toplim vazduhom.

Ako se usvoji brzina vazduha $w_L = 20$ m/s, potreban unutrašnji prečnik vazduhovoda iznosi:

$$\text{za usisni vazduhovod } d_{uL} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_L^{20^{\circ}\text{C}}}{\pi \cdot w_L}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3.939}{3.14 \cdot 20}} = 0.50 \text{ m}$$

$$\text{za potisni vazduhovod } d_{pL} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_L^{350^{\circ}\text{C}}}{\pi \cdot w_L}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8.672}{3.14 \cdot 20}} = 0.743 \text{ m,}$$

usvaja se $d_{pL} = 0.800$ m

U elektrofiltrima postavljaju se po dve perforirane cevi prečnika 0,525 m i dužine 19 m. Perforirane cevi sa donje strane, zbog izbegavanja začepjenja usled pada prašine, na svakih 30 mm postoji otvor prečnika 15 mm. Na svakoj cevi postoji ukupno po 635 otvora na svakoj od četiri grane. Na ovaj način vazduh se uduvava u elektrofiltre ravnomerno po dužini. Na kraju svake grane cev je zatvorena zavarenom metalnom pločom.

Napor ventilatora se usvaja $\Delta p=9000$ Pa, a stepen efikasnosti je $\eta_v=0,65$. Potrebna snaga elektromotora ventilatora iznosi:

$$N = \frac{V_L^{20^{\circ}\text{C}} \cdot \Delta p}{\eta_v} = \frac{3.939 \cdot 9000}{0.65} = 54\,540.00 \text{ W} \approx 55 \text{ kW} \dots \dots \dots (7)$$

Debljina lima vazduhovoda se usvaja 2,0 mm po celoj dužini, a sam vazduhovod je termički izolovan od razmenjivača topote do ulaza u elektrofiltre. Debljina termoizolacije (*mineralne-kamene vune*) preporučuje se da iznosi 100 mm.

Kada se razmatraju efekti od zagrevanja elektrofiltera u vreme dugih zastoja tehnološke linije prženja i topljenja u topionici u Boru jasno je da se radi o ekonomskim i ekološkim efektima.

Prema predhodnim sagledavanjima, koja obuhvataju period 2009, 2010 i 2011. godinu, sa gasovima fluosolid reaktora u atmosferu je izbačeno i nepovratno izgubljeno 402,9 t prženca za vreme rada reaktora bez uključenog elektrodnog sistema. Od ove količine prženca, na godišnjem nivou u kojima je obračun izvršen, separato to je:

za 2009. godinu	187027,2 kg = 187,03 t prženca
za 2010. godinu	156252,0 kg = 156,3 t prženca
za 2011. godinu	64596,0 kg = 64,6 t prženca

Ukupno	402,9 t prženca

Shodno ranijem obračunu u količini prženca, koja odlazi sa gasovima reaktora, sadrži 78,2 t bakra, a prema sadašnjoj ceni bakra na londonskoj berzi od 9000 USD/t bakra, u nominalnom iznosu to je ukupno:

$$78,2 \text{ t} \times 9000 \text{ USD/t} = 703.800,00 \text{ USD} = 70.380.000,00 \text{ RSD}$$

Realni efekti primene sistema za zagrevanje filtera dobiće se kad se od vrednosti bakra koji se nepovratno izgubi odbiju troškovi izgradnje i eksploatacije sistema za zagrevanje elektrofiltera.

Za obračun eksploatacije sistema za zagrevanje elektrofiltera u cilju održavanja njegove radne temperature u vreme dugih zastoja tehnološke linije prženja i topljenja u topionici Bor uzeti su u obzir vrednosti sledećih parametara:

- Toplotna energija 2945 RSD/MW_th
- Električna energija 4,7231 RSD/kW_eh
- Amortizacija postrojenja (vrednost za 5 godina)18.002 euro
- Radna snaga

Količina toplotne energije i njena vrednost za zagrevanje oba elektrofiltera je:

$$Q_w = n \cdot Q \cdot \tau = 2 \cdot 205 \text{ kW}_t \cdot 1700 \text{ h} = 697.000,00 \text{ kW}_t\text{h} = 697 \text{ MW}_t$$

$$697 \text{ MW}_t\text{h} \cdot 2945 \text{ RSD/MW}_t\text{h} = 2.052.665,00 \text{ RSD}$$

Količina električne energije i njena vrednost:

Snaga elektromotora - 55 kW

$$55 \text{ kW} \cdot 1700 \text{ h} = 93500 \text{ kW}_e\text{h}$$

$$93500 \text{ kW}_e\text{h} \cdot 4,7231 \text{ RSD/kW}_e\text{h} = 441.609,85 \text{ RSD}$$

Amortizacija:

Usvaja se da bi izgrađeno postrojenje za zagrevanje elektrofiltera moglo da se amortizuje u vremenu od pet godina, a to znači da bi investicija u njegovu izgradnju u vrednosti od 18.002 eura mogla da se amortizuje po stopi od približno 3600 eura po jednoj godini, odnosno za tri godine, koliki je analizirani period, to iznosi 1.080.000,00 RSD.

Radna snaga:

Vrednost radne snage za konačan obračun može da se zanemari imajući u vidu jednostavnost i diskontinuitet u radu ovog postrojenja.

Obračun troškova izgradnje i eksploatacije postrojenja za zagrevanje elektrofiltera u vreme dugih zastoja tehnološke linije prženje i topljenje u topionici Bor je:

$$2.052.665,00 + 441.609,85 + 1.080.000,00 = 3.574.274,85 \text{ RSD}$$

Ukupni ekonomski efekti izgradnje postrojenja za zagrevanje elektrofiltera fluosolid reaktora predstavljaju razliku vrednosti bakra, koji se izgubi preko dimnjaka sa gasovima fluosolid reaktora, i troškova za izgradnju i eksploataciju postrojenja, a to je:

$$70.380.000,00 - 3.574.274,85 = 66.805.725,15 \text{ RSD, odnosno } 933.823,4 \text{ USD}$$

Imajući u vidu ovako značajan gubitak bakra, odnosno njegovu vrednost izgradnja postrojenja za zagrevanje reaktorskih elektrofiltera je opravdana.

Sa ekološkog aspekta u ovom zadatku analiziran je rad tehnološke linije prženja i topljenja u periodu kada je elektroodni sistem elektrofiltera isključen. Analizirani period obuhvata period 2009., 2010. i 2011. godinu . Ovo je dovoljan period da se sagleda negativno dejstvo rada tehnološke linije prženja i topljenja u ovakvim okolnostima.

U ovom periodu, prema pogonskim podacima topionice fluosolid reaktor je radio 1700 časova bez uključenog elektroodnog sistema pri čemu je sa gasovitom fazom iznešeno u atmosferu i u okolni prostor rasuto 402,9 t prženca. Ova ogromna količina prženca (prašine) zasipa široko područje okoline Bora i na taj način ostavlja vrlo negativne ekološke posledice.

Sanacija kontaminiranog zemljišta teškim metalima i sumporom, praktično, nije moguća imajući u vidu da se slučaj dugih zastoja tehnološke linije br.1 često ponavlja i da se prilikom svakog starta fluo-solid reaktora izbacuje ogromna količina prženca.

Pored toga, sadržaj prašine u gasu fluo solid reaktora prilikom normalnog rada pokazuje višestruko veće vrednosti od projektovanih što je, takođe, veliki izvor zagađenja, a kao posledica ovakve situacije je loše stanje elektroodnog sistema i plašta elektrofiltera (naprsline) i to su posledice čestih zastoja i starta zahlađenog elektrofilterskog sistema. U topionici bakra u Boru vrlo često se prerađuju koncentraci koji sadrže i znatnu količinu veoma toksičnih elemenata (As,Sb,Hg) i u ranijem periodu njihovoj raspodeli u topioničkim proizvodima poklanjana je velika pažnja. Rezultati laboratorijskih, poluindustrijskih i industrijskih ispitivanja raspodele toksičnih elemenata u topioničkoj proizvodnji bakra su prikazani u brojnim studijama koje su iradene u Institutu. Imajući u vidu da se toksični elementi trajno deponuju u ljudski organizam i uzrokuju trajne negativne zdravstvene posledice za ljudski organizam. Sve su ovo vrlo ozbiljni ekoliški ekscesi sa trajnim negativnim posledicama po radnu i životnu sredinu na širem području grada Bora.

Imajući u vidu predstojeću modernizaciju Topionice bakra u Boru koja podrazumeva potpunu zamenu tehnološke linije za prženje i topljenje sa novom Outotec-ovom Flash Smelting tehnologijom, postojeća tehniloška linija za prženje i topljenje biće u funkciji izvesno vreme, i iz tog razloga opravdano je da se predloženi sistem zagrevanja elektrofiltera fluo solid reaktora izgradi i da se spreči dalje pogoršanje ekološke situacije u Boru.

Način industrijske ili druge primene tehničkog rešenja

Tehničko rešenje, "Postrojenje za zagrevanje elektrofiltera u vreme dugih zastoja tehnološke linije u topionici bakra u Boru" prikazuje način zagrevanja elektrofiltera u vreme dugih zastoja tehnološke linije za prženje i topljene u topionici bakra u Boru.

Izgradnja ovog postrojenja nedvosmisleno ukazuje na otklanjane dva akutna problema u procesu proizvodnje bakra:

- Gubitak bakra sa gasovima fluo solid reaktora je ekonomska kategorija,
- Rasipanje velike količine prženca (prašine) na veliku površinu grada Bora rezultira velikim i trajnim zagađenjem životne sredine.

Praktična realizacija ovog zadatka, odnosno izgradnja postrojenja za zagrevanje elektrofiltera u vreme dugih zastoja tehnološke linije za prženje i topljenje je opravdana sa oba aspekta.

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

Predmet:

Recenzija tehničkog rešenja kategorije M 84 pod nazivom: „POSTROJENJE ZA ZAGREVANJE ELEKTROFILTERA U VREME DUGIH ZASTOJA TEHNOLOŠKE LINIJE 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/7.3 od 17.05.2012. godine. Naziv ovog tehničkog rešenja je: „**Postrojenje za zagrevanje elektrofiltera u vreme dugih zastoja tehnološke linije 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 zagrevanje elektrofiltera u vreme dugih zastoja tehnološke linije u topionici bakra u Boru**“ prikazuje način zagrevanja elektrofiltera u vreme dugih zastoja tehnološke linije za prženje i topljene u topionici bakra u Boru. Izgradnja ovog postrojenja nedvosmisleno ukazuje na otklanjane dva akutna problema u procesu proizvodnje bakra:

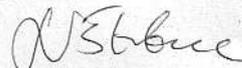
- Gubitak bakra sa gasovima fluo solid reaktora je ekonomska kategorija,
- Rasipanje velike količine prženca (prašine) na veliku površinu grada Bora rezultira velikim i trajnim zagađenjem životne sredine.

Tekstualni deo tehničkog rešenja obuhvata opšta razmatranja tretirane problematike u skladu sa programskim aktivnostima projekta. Predmetno tehničko rešenje se odnosi na poboljšanja 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.

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 zagrevanje elektrofiltera u vreme dugih zastoja tehnološke linije 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 ZAGREVANJE ELEKTROFILTERA U VREME DUGIH ZASTOJA TEHNOLOŠKE LINIJE 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/7.3 od 17.05.2012. godine. Naziv ovog tehničkog rešenja je: „**Postrojenje za zagrevanje elektrofiltera u vreme dugih zastoja tehnološke linije 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 zagrevanje elektrofiltera u vreme dugih zastoja tehnološke linije u topionici bakra u Boru**“ prikazano je na 14 strana, obuhvata proračun toplotne energije potrebne za zagrevanje vazduha kojim će da se ostvari zagrevanje elektrofiltera u vreme dugih zastoja fluo solid reaktora i šematski prikaz postrojenja. Pored toga tehničko rešenje sadrži 7 slika, dve tabele i obračun vrednosti bakra koji se gubi sa gasovima reaktora nakon njegovog starta kada se elektrofilter ne uključuje i kada se procesni gasovi ne otprašuju.

Sadržaj tehnološkog 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 zagrevanje elektrofiltera u vreme dugih zastoja tehnološke linije u topionici bakra u Boru“ predstavlja znatno poboljšanje u tehnološkom procesu otprašivanja gasova fluosolid reaktora u topionici u Boru.

Detaljan opis tehničkog rešenja obuhvata opširna razmatranja i neophodne tehničke proračune 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 tehnoloških gubitaka instalisanog procesa. Pored toga, realizacijom ovog tehničkog rešenja, znatno će se smanjiti ekološko zagađenje grada Bora i okoline.

Priloženi tekst tehničkog rešenja sadrži adekvatne proračune, dijagrame, tehničke crteže i doprinos poboljšanja energetske efikasnosti i smanjenja tehnoloških gubitaka. Postrojenje za zagrevanje elektrofiltera, za otprašivanje gasovitih produkata reaktora broj 1, za vreme njegovog zastoja sastoji se od:

- parnog sistema i
- sistema za vazduh.

Pregrejana para se uzima iz parne prigušne stanice koja je smeštena u pumpnoj stanici utilizacionog parnog kotla broj 1. Parametri pare, za ovo postrojenje, su: pritisak 10 bara i temperature 420°C i specifična zapremina 0,3161 m³/kg. Ta se para vodi u razmenjivač toplote gde je grejni fluid para, a grejani fluid vazduh. Maksimalni protok pare je 2,0 t/h, po jednoj tone na sat za svaki elektrofilter. Para se vodi do razmenjivača toplote, koji je smešten na prostoru ispod elektrofiltera, a kondenzat nakon razmene toplote se vodi u spremnik napojne vode utilizacionog parnog kotla broj 1, skupa sa ostalim povratnim kondenzatima od zagrejača sekundarnog i primarnog vazduha.

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 njena realizacija u sklopu razvojnih aktivnosti TIR Topionice.

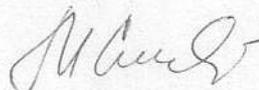
Na osnovu analize priloženog tehničkog rešenja, podnosim sledeći

Z a k l j u č a k

Dokumentacija tehničkog rešenja „Postrojenje za zagrevanje elektrofiltera u vreme dugih zastoja tehnološke linije 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 zagrevanje elektrofiltera u vreme dugih zastoja tehnološke linije 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“, izdajemo kratak opis i mišljenje o tehničkom rešenju.

Opis tehničkog rešenja

Mnogobrojni tehničko-tehnološki razlozi i nedostatak koncentrata uzrokuju dugotrajne zastoje tehnološke linije u topionici u Boru. U tom slučaju, pored pada ekonomskih i ekoloških pokazatelja, oštećenja agregata i opreme su intenzivnija. Jedan od topioničkih slučajeva je i problem koji se odnosi na rad sistema za vuču i tretman gasova fluosolid reaktora u slučajevima čestih zastoja. Naime, česti zastoji tehnološke linije za prženje i topljenje posebno se odnose na rad elektrofiltera Lodge-Cottrell, odnosno na probleme koji se javljaju nakon starta fluosolid reaktora. Česti zastoji uzrokuju hlađenje elektrofiltera do ambijentalne temperature, a sam start reaktora, odnosno vrela reaktorski gasovi naglo zagrevaju elektrofiltere do radne temperature od 320 oC. Temperaturne promene u elektrofilterima dovode do naprsina na plaštu agregata i gasovodnom sistemu, a to su mesta nekontrolisanog i štetnog uvlačenja falš-vazduha. Pored ovog, ne tako malog problema, nakon starta reaktora do dostizanja radne temperature ne uključuje se elektrodni sistem, a samim tim i gasovi reaktora ne mogu da se otprašuju. Skoro sva količina prženca koja je ponešena sa gasovima preko dimnjaka ispušta se u atmosferu. U ovakvim situacijama to je veliki gubitak bakra a i zagađenje okoline je veliko.

Negativne posledice ovakvih situacija utiču na povećanje gubitaka prženca i time se smanjuje tehnološko iskorišćenje Topionice.

Za prevazilaženje ovog problema u gasnom traktu reaktora, predlaže se tehničko rešenje „Postrojenje za zagrevanje elektrofiltera u vreme dugih zastoja tehnološke linije u topionici bakra u Boru“ sa ciljem da se temperatura održi na optimalnom nivou u vreme zastoja tehnološke

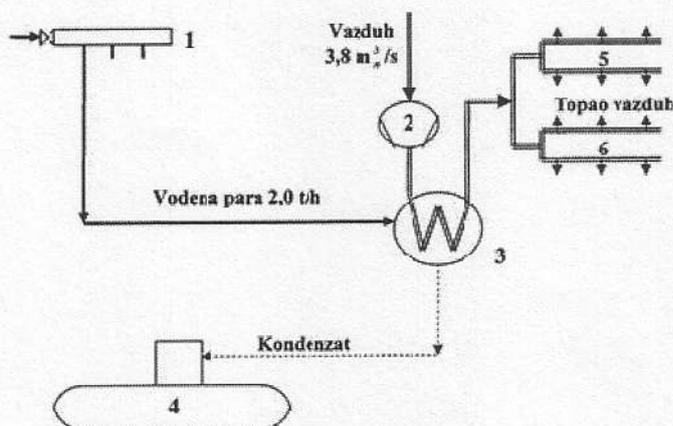
linije, čime bi se nakon starta održavao optimalni stepen otprašivanja gasovitih produkata reaktora broj 1.

Grejanjem elektrofiltera za otprašivanje reaktorskih gasovitih produkata u vreme dugih zastoja cilj je da se pokriju gubici toplote kroz omotač (plašt) elektrofiltera. Za ovu svrhu uzima se da je količina potrebne toplotne energije za njegovo zagrevanje zavisi od površine kroz koje se vrši razmena toplote sa okolinom i koeficijenta prenosa toplote. Prenos toplote se sa površine omotača (plašta) elektrofiltera u okolinu vrši konvekcijom i radijacijom sa površine.

U vreme zastoja reaktora, kada gasoviti produkti ne prolaze kroz elektrofilter, jedna od mogućnosti njegovog zagrevanja je korišćenje toplog vazduha. Principijelna šema primene ovakvog načina zagrevanja prikazana je na slici 1.

Postrojenje za zagrevanje elektrofiltera, za otprašivanje gasovitih produkata reaktora broj 1, za vreme njegovog zastoja sastoji se od:

- parnog sistema i
- sistema za vazduh.



Sl.1. Šema postrojenja za grejanje elektrofiltera za otprašivanje gasovitih produkata reaktora broj 1 za vreme njegovog zastoja

1- stanica za reduciranje pritiska pare 44/12 bar, 2- ventilator za vazduh, 3- razmenjivač toplote snage 410 kWt, 4- spremnik napojne vode utilizacionog parnog kotla broj 1, 5- topli vazduh za elektrofilter broj 1 i 6- topli vazduh za elektrofilter broj 2.

Ukupni ekonomski efekti izgrađenog postrojenja za zagrevanje elektrofiltera fluosolid reaktora predstavljaju razliku vrednosti bakra, koji se izgubi preko dimnjaka sa gasovima fluosolid reaktora, i troškova za izgradnju i eksploataciju postrojenja, a to je:

$$70.380.000,00 - 3.574.274,85 = 66.805.725,15 \text{ RSD, odnosno } 933.823,4 \text{ USD}$$

Imajući u vidu ovako značajan gubitak bakra, odnosno njegovu vrednost izgradnja postrojenja za zagrevanje reaktorskih elektrofiltera je opravdana.

Mišljenje

Imajući ove činjenice u vidu, TIR-Topionica, u svojstvu participanta, je zainteresovan 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-Topionice 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 zagrevanje elektrofiltera u vreme dugih zastoja tehnološke linije u topionici bakra u Boru**“, je prihvaćeno u potpunosti i realizovaće se u skladu sa strategijom poslovanja i razvojnim aktivnostima TIR-Topionica Bor.

Upravnik Topionice

Slaviša Stefanović, dipl.ing.met.





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

Број: X/7.9.

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 загревање електрофилтера у време дугих застоја технолоке линије у Топионици у Бору*“, аутора: мр Милорада Ћирковића, 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

