

**НАУЧНО ВЕЋЕ
ИНСТИТУТА ЗА ТЕХНОЛОГИЈУ НУКЛЕАРНИХ
И ДРУГИХ МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА**

Франше д' Епереа 86, Београд

Број:13/7-6

24. 12. 2015. године

На основу Правилника о верификацији и валидацији техничко-технолошких решења и процедуре ИП 19 Израда и поступак верификације и валидације техничко-технолошких решења, Научно веће Института за технологију нуклеарних и других минералних сировина, на седници одржаној 24. 12. 2015. год., донело је

О Д Л У К У

Да се резултат истраживачког рада „Унапређење система за отпашивање отпадног гасног тока постројења за прераду полиметаличних руда у циљу смањења емисије загађујућих материја“, који је проистекао као резултат рада на Пројектима МПНТР

ТР 34023 и 34002

Назив пројекта:

**РАЗВОЈ ТЕХНОЛОШКИХ ПРОЦЕСА ПРЕРАДЕ НЕСТАНДАРДНИХ КОНЦЕНТРАТА
БАКРА У ЦИЉУ ОПТИМИЗАЦИЈЕ ЕМИСИЈЕ ЗАГАЂУЈУЋИХ МАТЕРИЈА**

и

**РАЗВОЈ ТЕХНОЛОШКИХ ПОСТУПАКА ЛИВЕЊА ПОД УТИЦАЈЕМ
ЕЛЕКТРОМАГНЕТНОГ ПОЉА И ТЕХНОЛОГИЈА ПЛАСТИЧНЕ ПРЕРАДЕ У ТОПЛОМ СТАЊУ
ЧЕТВОРОКОМПОНЕНТНИХ ЛЕГУРА Al-Zn ЗА СПЕЦИЈАЛНЕ НАМЕНЕ,**

аутора:

1. **мр Александра Ћосовића**, истраживача сарадника, ИТНМС, Београд,
2. **Владимира Адамовића**, истраживача сарадника, ИТНМС, Београд,
3. **Проф. др Звонка Гулишије**, научног саветника, ИТНМС, Београд,
4. **мр Татјане Шоштарић**, истраживача сарадника, ИТНМС, Београд,
5. **Зорице Лопичић**, истраживача сарадника, ИТНМС, Београд,
6. **др Мирослава Сокића**, вишег научног сарадника, ИТНМС, Београд,
7. **Саше Јанића**, дипл.инж.руд., Рудник и флотација "РУДНИК" доо

верификује као техничко решење категорије М 84 - битно побољшана постојећа технологија, у складу са Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача (Сл. гласник РС бр. 38/2008), а након усвајања рецензија **др Љубише Балановића**, доцента, Универзитет у Београду, Технички факултет Бор и **др Марија Кораћ**, вишег научног сарадника, Технолошко-металуршки факултет, Београд. Коначну одлуку о верификацији доноси надлежни Матични научни одбор МПН Р Србије.

Доставити:

- руководиоцу Пројекта,
- ауторима,
- архиви НВ.



ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА

др Мирослав Сокић

виши научни сарадник

TEHNIČKO REŠENJEUNAPREĐENJE SISTEMA ZA OTPRAŠIVANJE OTPADNOG GASNOG TOKA POSTROJENJA
ZA PRERADU POLIMETALIČNIH RUDA U CILJU SMANJENJA EMISIJE ZAGAĐUJUĆIH
MATERIJA

M₈₄ – Bitno poboljšana postojeća tehnologija – novo rešenje problema u oblasti
održivog razvoja

Autori:

mr Aleksandar Ćosović, dipl. ing, istraživač saradnik,
Vladimir Adamović, dipl. ing, istraživač saradnik,
Prof. dr Zvonko Gulišija, naučni savetnik,
mr Tatjana Šoštarić, dipl. biolog, istraživač saradnik,
Zorica Lopičić, dipl. ing, istraživač saradnik,
dr Miroslav Sokić, viši naučni saradnik,
Saša Janić, dipl. ing rud.

Beograd,
2015. godine

NAZIV TEHNIČKOG REŠENJA:

Unapređenje sistema za otprašivanje otpadnog gasnog toka postrojenja za preradu polimetaličnih ruda u cilju smanjenja emisije zagađujućih materija

AUTORI TEHNIČKOG REŠENJA:

mr Aleksandar Ćosović, dipl. ing, istraživač saradnik, Vladimir Adamović, dipl. ing, istraživač saradnik, Prof. dr Zvonko Gulišija, naučni savetnik, mr Tatjana Šoštarić, dipl. biolog, istraživač saradnik, Zorica Lopičić, dipl. ing, istraživač saradnik, dr Miroslav Sokić, viši naučni saradnik, Saša Janić, dipl. ing rud.

PROJEKAT ILI UGOVOR IZ KOGA PROIZILAZI TEHNIČKO REŠENJE:

Projekat broj TR 34023, pod nazivom „Razvoj tehnoloških procesa prerade nestandardnih koncentrata bakra u cilju optimizacije emisije zagađujućih materija“ (rukovodilac prof. dr Nada Štrbac) i TR 34002, pod nazivom „Razvoj tehnoloških postupaka livenja pod uticajem elektromagnetnog polja i tehnologija plastične prerade u toplom stanju četvorokomponentnih legura Al-Zn za specijalne namene“ (rukovodilac projekta prof. dr Zvonko Gulišija). Projekte finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

KATEGORIJA TEHNIČKOG REŠENJA: **M84**

Prema Pravilniku o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučno-istraživačkih rezultata istraživača (Sl. Glasnik RS, br. 38/2008) i proceduri ITNMS IP 19 „Izrada i postupak verifikacije i validacije tehničkih rešenja“, kategorija tehničkog rešenja M84 jeste „Bitno poboljšan postojeći proizvod ili tehnologija (uz dokaz) novo rešenje problema u oblasti mikroekonomskog, socijalnog i problema održivog prostornog razvoja recenzovano i prihvaćeno na nacionalnom nivou (uz dokaz)“. **Ovo tehničko rešenje je bitno poboljšana postojeća tehnologija.**

NAZIV MATIČNOG ODBORA Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije kompetentnog za donošenje odluke o verifikaciji i validaciji tehničkog rešenja:

Matični odbor za materijale i hemijske tehnologije

RECENZENTI TEHNIČKOG REŠENJA:

dr Ljubiša Balanović, docent, Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet Bor,

dr Marija Korać, viši naučni saradnik, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

KORISNIK TEHNIČKOG REŠENJA:

Rudnik i flotacija „Rudnik“ d.o.o. Rudnik

GODINA IZRADE: **2015.**

SADRŽAJ:

1. Predmet ispitivanja	4
2. Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi i problem koji se rešava tehničkim rešenjem	4
3. Stanje rešenosti problema u svetu	8
4. Opis i mogućnost primene tehničkog rešenja	10
5. Zaključak	13
Literatura	14

1. Predmet ispitivanja

Na osnovu istraživanja u oblasti materijala i hemijskih tehnologija, a u cilju zaštite životne sredine, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina (ITNMS), je u okviru projekata TR 34023 pod nazivom „Razvoj tehnoloških procesa prerade nestandardnih koncentrata bakra u cilju optimizacije emisije zagađujućih materija“ i TR 34002 pod nazivom „Razvoj tehnoloških postupaka livenja pod uticajem elektromagnetnog polja i tehnologija plastične prerade u toplom stanju četvorokomponentnih legura Al-Zn za specijalne namene“, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, razvio novo rešenje problema u oblasti održivog razvoja, kao tehničko rešenje:

„Unapređenje sistema za otprašivanje otpadnog gasnog toka postrojenja za preradu polimetalčnih ruda u cilju smanjenja emisije zagađujućih materija“

Osnov za izradu ovog Tehničkog rešenja je Pravilnik o načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača, kojim je u Kriterijumima za određivanje kategorije naučnih publikacija definisan postupak dokumentovanja i verifikacije Tehničkih rešenja (M₈₀).

„Unapređenje sistema za otprašivanje otpadnog gasnog toka postrojenja za preradu polimetalčnih ruda u cilju smanjenja emisije zagađujućih materija“, predstavlja bitno poboljšanu postojeću tehnologiju, u kategoriji „bitno poboljšan postojeći proizvod ili tehnologija, novo rešenje problema u oblasti mikroekonomskog, socijalnog i problema održivog prostornog razvoja“, klasifikovano kao rezultat M₈₄.

2. Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi i problem koji se rešava tehničkim rešenjem

U velikom broju tehničkih procesa nastaju gasovi koji, uz ostale polutante, sadrže i manju ili veću količinu čvrstih čestica. Čestice predstavljaju svaku dispergovanu materiju, čvrstu ili tečnu, koja se nalazi u formama većim od individualnog molekula (oko 0,0002 μm u prečniku), ali manje od 500 μm [1]. Čestice u vazduhu mogu biti prirodnog porekla ili nastale kao posledica antropogenog delovanja.

Čestice u vazduhu nastaju uz pomoć dva mehanizma: čestice prečnika ispod 1 μm uglavnom nastaju kondenzacijom, dok veće čestice nastaju najčešće pri eksploataciji mineralnih sirovina u procesima kao što su miniranje, bušenje, drobljenje, prosejavanje, utovar, transport i deponovanje (pri čemu dolazi do raznošenja materijala sa suvih haldi), građevinskim aktivnostima, kao i pri različitim procesima nepotpunog sagorevanja fosilnih goriva, gde se javljaju nesagorivi pepeo i čađ [2].

Prema svojoj veličini, čestice mogu biti: koloidne (od 0,0002 – 0,005 μm), sitne (od 0,1 – 10 μm), srednje (od 10 – 100 μm) i grube čestice (preko 100 μm). Čestice veličine ispod 0,1 mikrometra predstavljaju kondenzacioni nukleus za nastajanje kiše i magle. Čestice veličine iznad 0,1 μm , a ispod 10 μm čine glavnu masu aerosola i učestvuju u procesima u atmosferi, a one iznad 10 μm su materije koje slabo učestvuju u procesima u atmosferi i uglavnom se brzo talože u okolini emitera. Generalno, u atmosferi se najčešće sreću stabilne i nehigroskopne čestice, čiji je prečnik od 0,1 do 50 μm i koje imaju male brzine taloženja [3-5].

Zavisno od veličine, čestice u atmosferi se dele na dve grupe: taložne čestice koje imaju prečnike veći od 10 μm koje se usled sopstvene težine prenose iz vazduha na razne površine (zemljište, vegetaciju, vode, građevine i dr) i suspendovane čestice čiji prečnik ne prelazi 100 μm i koje predstavljaju kompleksnu smešu organskih i neorganskih supstanci (ugljičnog dioksida, metalnih oksida, kancerogena i dr) [3].

Čestice u vazduhu apsorbuju, odbijaju ili rasipaju solarnu radijaciju, što ima značajnog uticaja na meteorološke uslove. Takođe, smanjuju vidljivost utičući na stvaranje pojava kao što su smog, magla i izmaglica, zatim izazivaju prljanje, koroziju i erozivna oštećenja materijala i građevina.

Depozicija čestica je još jedan od problema koje izaziva prisustvo čestica u vazduhu. Depozicija utiče na estetske karakteristike i stabilnost građevina i spomenika. Depozicija čestica može izazvati skidanje boje sa građevina, pri čemu je ono izraženije pri većim koncentracijama čestica. Ukoliko su čestice korozivne ili u kontaktu sa vodom postaju korozivne može doći do ozbiljnih oštećenja infrastrukturnih objekata (npr. mostova, građevinskih konstrukcija, željezničkih šina itd). Čestice ubrzavaju koroziju na dva načina: ako su same po svojoj prirodi korozivne ili ako apsorbuju aktivne gasove (npr. SO_2) ili tečnosti. Čestice mogu da pojačaju hemijski efekat drugih polutanata, pogotovo koroziju koju izazivaju kiseli gasovi. Dokazano je da je, usled prisustva čestica i sumpornih jedinjenja u vazduhu urbanih sredina, korozija metala brža i do 4 puta nego u čistom vazduhu [5, 6].

Depozicija čestica dovodi i do smanjenja prinosa usled blokiranja prirodnih procesa kod biljaka. Čestice koje su kisele ili bazne, depozicijom mogu da dovedu do promena pH vrednosti vode i zemljišta, a ukoliko su toksične mogu se odraziti i na lanac ishrane, koji na kraju dovodi i do čoveka [6, 7].

Čestice mogu ubrzati hemijske reakcije u atmosferi delujući kao katalizatori, posebno kada čestice sadrže neke metale katalizatore. Čestice imaju veliku površinu po jedinici zapremine, što je neophodan uslov za povećanje brzine katalizovane reakcije, kao u slučaju konverzije VOC (isparljivih organskih jedinjenja) u fotohemijski smog.

Osim ovoga, čestice negativno utiču na zdravlje ljudi i životinja, kao i na rast biljaka. Taložne čestice na lišću dovodi do njihovog oštećenja, što usporava razvoj biljaka. Čestice na ljudsko zdravlje utiču na više načina. Određene čestice mogu biti toksične ili kancerogene (npr. pesticidi, olovo, arsen i drugi). Čestice mogu adsorbovati neke materije i pojačati njihov uticaj kada se u dužem vremenskom periodu nađu u plućima. Od posebnog značaja je fizički efekat na normalno funkcionisanje respiratornog sistema. Čestice prečnika 0,1 do 3 mikrona mogu da prodru duboko u pluća, gde se talože u bronhijama ili alveolama. Poznato je da su povećane koncentracije čestica, uz prisustvo SO_2 , u direktnoj vezi sa povećanom stopom bronhitisa, astme, upale pluća, srčanih oboljenja itd. Kod starijih ljudi, koji pate od bolesti srca ili respiratornih organa, povećana je stopa smrtnosti u periodima povećane koncentracije čestica koje traju nekoliko dana. Može se reći da je uticaj respirabilnih čestica naročito negativno izražen na najstariju i najmlađu populaciju [8 – 10].

Praškaste materije predstavljaju najznačajnije zagađujuće materije u vazduh koje se javljaju pri eksploataciji i preradi mineralnih sirovina. Količina emitovane prašine tokom procesa prerade ruda jako zavisi od sastava, veličine i vlažnosti samog materijala, kao i faze prerade, odnosno primenjenje operacije. Tako da se u različitim stadijumima pripreme rude emituju i različite količine čestica. Ipak, može se izvući neko opšte pravilo da se količina emitovane prašine naglo povećava sa smanjenjem veličine materijala koji se obrađuje. Relativan odnos između količina generisane prašine po individualnim operacijama dat u tabeli 1 ukazuje na to da su operacije sekundarnog i tercijarnog drobljenja i prosejavanja najveći izvori čestičnog zagađenja.

Tabela 1 - Relativan odnos emisija praškastih materija koje nastaju pri drobljenju i prosejavanju [11]

Oprema	Relativni odnos emisija prašine
Primarna drobilica	1
Sekundarna drobilica	(Nema podataka, gornja granica je emisija na terciarnoj drobilici)
Tercijarna drobilica (suvi postupak)	51
Tercijarna drobilica (mokri postupak)	2
Prosejavanje (suvi postupak)	214
Prosejavanje (mokri postupak)	12

S obzirom da eksploataciju i preradu mineralnih sirovina karakteriše veliki proizvodni kapacitet, neophodni su veoma efikasni uređaji za otprašivanje, koji su sposobni da obrade velike količine zaprljanog vazduha.

Mokro prečišćavanje gasova je dobro poznata i rasprostranjena tehnika za kontrolu emisije praškastih materija. Zasniva se na kontaktu gasne struje u kojoj su suspendovane praškaste materije i tečne faze, najčešće vode. Prednost ove tehnike je to što ima nešto veću efikasnost od suvih metoda i to što se istovremeno mogu izdvajati i suspendovane čestice i gasovi. Nedostatak je to što se kao sporedni proizvod dobija zaprljana voda koju dalje treba prečišćavati. U ovom slučaju radi se o mineralnoj sirovini, a sakupljena prašina predstavlja sirovinu koja se može koristiti u daljoj obradi rude.

U pogonu flotacije u sastavu Rudnika i flotacije „Rudnik“ d.o.o. vrši se priprema polimetalične rude za flotaciju i flotacija rude u cilju dobijanja koncentrata za topljenje. Priprema rude obuhvata primarno, sekundarno i terciarno drobljenje i prosejavanje. U tehnološkom procesu pripreme rude jedan od štetnih uticaja na životnu sredinu je emisija prašine u procesima usitnjavanja. U cilju smanjenja štetnog uticaja na životnu sredinu, na sekundarnom i terciarnom drobljenju, gde je moguća najveća emisija prašine u životnu sredinu, postavljeni su filterski sistemi za uklanjanje čvrstih čestica iz gasnih tokova. Tehničko rešenje otprašivanja obuhvata objekat primarnog drobljenja i objekat sekundarnog i terciarnog drobljenja. U cilju zaštite životne sredine od uticaja prašine iz procesa drobljenja, izgrađeni su aspiracioni sistemi koji otprašuju i presipna mesta i transportne trake. S obzirom da do daleko većih emisija čestica dolazi pri sekundarnom i terciarnom drobljenju i prosejavanju, pažnja je posvećena upravo ovom delu procesa prerade rude.

Karakteristike postrojenja u kome se vrši drobljenje i prosejavanje rude date su u sledećim tabelama.

Tabela 2 – Tehnički podaci za postrojenje za sekundarno drobljenje

Tip drobilice	Kružna drobilica, KSD1200GR, Rusija
Godina proizvodnje	2010.
Kapacitet	120 t/h
Gornja granica krupnoće	20 – 50 mm

Tabela 3 – Tehnički podaci za postrojenje za terciarno drobljenje

Tip drobilice	Kratkokonusna, Symons, Kolorado
Godina proizvodnje	1936.
Kapacitet	80 t/h
Gornja granica krupnoće	6 – 12 mm

Prašina koja nastaje od polimetalne rude koja se obrađuje u pogonu je agresivna i sadrži 6-21% slobodnog SiO₂. Projektno rešenje filterskog sistema i na primarnom i na odjeljenju sekundarnog i tercijarnog drobljenja, obuhvata aspiracioni sistem iz koga se nataložena prašina spira vodom. Tehnički podaci za ove filterske sisteme dati su u tabeli 4. Sistem za otprašivanje otpadnih gasova iz sekundarnog i tercijarnog drobljenja se zaniva na rotoklonu. Rotoklon je uređaj koji se koristi u slučajevima kada je koncentracija prašne u otpadnom gasu jako velika. Zasniva se na kontaktu gasne faze sa tečnom, pri čemu se usled brze promene pravca kretanja iz gasne struje izdvajaju čestice i ostaju zarobljene u kapima tečnosti koje se naknadno odvajaju od gasne struje. Princip rada se zasniva na kinetičkoj energiji gasne faze koja struji kroz uređaj.

Tabela 4 – Tehnički podaci za vodeni filter u pogonu sekundarnog i tercijarnog drobljenja (Rotoklon)

Tip filtera	Vodeni filter - 25 VF
Proizvođač	GOSTOL - Slovenija
Fabrički broj	49
Godina proizvodnje	1981.
Tip ventilatora	4 CV 8 – KOIMA - Slovenija
Fabrički broj ventilatora	K 8367
Kapacitet ventilatora	25.000 m ³ /h
Ukupni pritisak	400 mm VS
Snaga motora	55 kW
Broj obrtaja motora	1465 min ⁻¹
Količina vode u filtru	5.300 l
Protok vode	100 l/h

Ovaj uređaj se u praksi pokazao kao jako dobro rešenje za uklanjanje prašine iz gasnih tokova za slučajeve velikih koncentracija prašine i za čestice relativno velikog prečnika. Sa razvojem tehnologije i svesti o neophodnosti zaštite životne sredine vremenom su se menjali i propisi u ovoj oblasti i to tako da su zahtevi vezani za kvalitet otpadnih struja postali strožiji. U tom smislu postojeći sistem za prečišćavanje vazduha je postao neadekvatan. Rezultati merenja emisije praškastih materija sprovedena na emiteru ovog uređaja ukazuju na ovaj problem. Vrednosti koncentracije praškastih materija su vrlo često iznad maksimalno dozvoljene vrednosti, što pokazuju i rezultati ranijih merenja koji su prikazani u tabeli 5.

Tabela 5 – Rezultati merenja emisija praškastih materija na emiteru Rotoklona -sistema za prečišćavanje gasnih stuja sekundarnog i tercijarnog drobljenja i prosejavanja

	I	II	III	I	II	III
Prosečna brzina strujanja otpadnog gasa (m/s)	20,0	18,6	20,3	20,7	21,0	22,2
Zapreminski protok suvog gasa u emiteru na normalnim uslovima (m ³ _N /h)	11308	10458	11390	9164	9286,4	8958,1
Maseni protok čestica (g/h)	1035,5	1230,0	720,8	674,9	597,1	596,6
Srednja vrednost masenog protoka (g/h)	995,4 ± 238,9			622,7 ± 19,9		
Masena koncentracija čestica na normalnim uslovima (mg/ m ³ _N)	91,6	117,6	63,3	73,6	64,3	66,6
Srednja vrednost masene koncentracije (mg/ m ³ _N)	90,8 ± 21,8			68,2 ± 2,2		

Napomena: GVE za praškaste materije pri masenom protoku većem od 200 g/h iznosi 20 mg/ m³_N

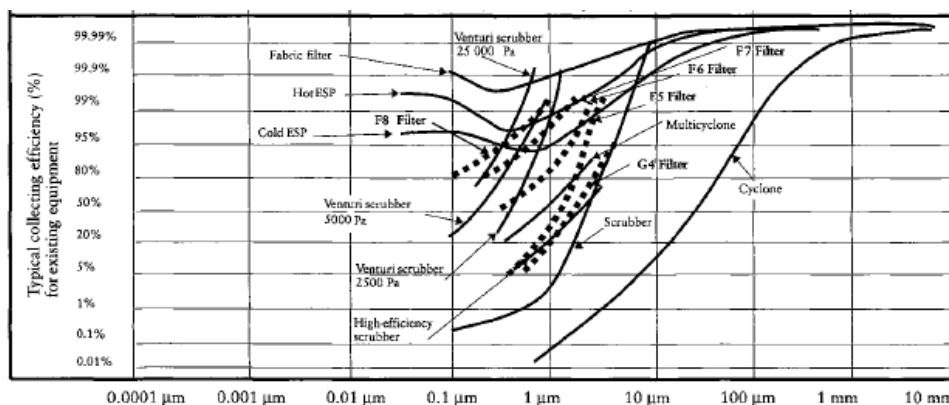
S obzirom na to, bilo je neophodno da se preduzmu određene mere u cilju smanjenja emisije praškastih materija iz Rotoklona - postrojenja za prečišćavanje gasnih tokova iz sekundarnog i tercijarnog drobljenja i prosejavanja.

Dodatni motiv preduzeća leži u činjenici da je prašina koja se izdvaja iz otpadne gasne struje sirovina (ruda).

Veličina čestica u uzorku prašine iz rotoklona je u najvećem delu (više od 90%) manja od 15 μm .

3. Stanje rešenosti problema u svetu

Za rešavanje problema otpašivanja i uklanjanja praškastih materija iz gasnih tokova u praksi je realizovan veliki broj uređaja. Generalno se mogu podeliti u dve grupe, na suve i mokre odvajače – skrubere, a svaki od njih ima određena ograničenja i optimalni opseg primene (Slika 1). U odnosu na suve mehaničke prečišćivače, mokri prečišćivači vazduha imaju određenu prednost, jer su nešto jeftiniji i efikasniji [12, 13].



Slika 1. Optimalni opseg primene različitih uređaja za uklanjanje praškastih materija iz otpadnih gasnih struja [12]

Mokri odvajači čestica ili skruberi, koriste efekte sakupljanja čestica na tečnim kapima raspršenim u struji gasa koja se prečišćava. Dominantan mehanizam izdvajanja čestica su inercioni sudari, mada se pored njih javljaju i zahvatanje čestica, difuzija i kondenzacija pare na česticama. Postoji više tipova skrubera, među kojima su najčešće korišćeni: komore sa raspršivanjem, centrifugalni skruberi, skruberi sa pakovanim slojem, skruberi sa fluidizovanim slojem i Venturi skruberi. Svaki od pomenutih tipova skrubera ima čitav niz podtipova koji se zasnivaju na sličnom konstrukcionom rešenju [13 -16].

Komore sa raspršivanjem su najjednostavniji tip skrubera. Kod ovog tipa uređaja kapljice tečnosti se generišu i raspršuju u struju zaprljanog gasa uz pomoć mlaznica. Mlaznice mogu biti postavljene normalno na pravac strujanja gasa ili na zidovima komore, pa se na taj način ostvaruje suprotnostrujni ili unakrsni kontakt. U oba slučaja koristi se odvajač kapi da bi se sprečilo izbacivanje kapljica u atmosferu. Jedan od osnovnih parametara uređaja je veličina kapljica, koja mora biti dovoljno velika da njihova brzina padanja bude veća od brzine gasa kako ne bi bile iznete iz uređaja. U praksi, veličina kapljica tečnosti u komorama sa raspršivanjem se kreće u granicama 0,1 - 1 mm, a brzina gasa od 0,6 do 1,2 m/s. Iz ovih razloga čestice koje bivaju zahvaćene ovim kapima su relativno velike, a dominantan mehanizam zahvatanja je mehanizam inercionih sudara.

Centrifugalni skruberi su nešto efikasniji tip uređaja, jer je kod njih relativna brzina između kapljica i gasne struje veća, pa samim tim i učestanost inercionih sudara. Povećanje relativne brzine ostvareno dejstvom centrifugalne sile koja se javlja usled rotacionog kretanja gasne struje. Efikasnost ovih uređaja se kreće do 97% za čestice veće od $1\mu\text{m}$, a komercijalno se realizuju dva tipa, radijalni i aksijalni. Tečnost se raspršuje pomoću mlaznica koje su postavljene na distributivnoj cevi smeštenoj u osi komore.

Kolone sa punjenjem su uređaji koji se uglavnom koriste kada je potrebna istovremena apsorpcija gasa i uklanjanje čestica iz gasnog toka. Tečnost se kod ovih uređaja raspršuje mlaznicama po sloju punjenja koje je nasuto na noseću rešetku, koja osim što nosi sloj obezbeđuje i prolaz gasa i tečnosti. Sa gornje strane sloja nalazi se odvajač kapi koji sprečava odnošenje kapljica iz kolone. Za ovaj tip uređaja koristi se krupno punjenje, najčešće dimenzije oko 50 mm, a koriste se za tretman gasnih struja sa nižim sadržajem praškastih materija. Koncentracija čestica na ulazu ne sme biti previsoka jer pretili opasnost od mehaničkog zagušenja sloja.

Skruberi sa fluidizovanim slojem imaju dve bitne prednosti u odnosu na skrubere sa pakovanim slojem: kapacitet gasa je značajno veći i ne dolazi do blokiranja sloja skupljenim nečistoćama, pa ne dolazi ni do plavljenja. Kao punjenje za fluidizaciju koriste se inertne, lake, šuplje sfere (gustine oko 300 kg/m^3) i veličine 10-30 mm. Kako su sfere lake, pad pritiska je mali. Sa druge strane, velike sfere zahtevaju veliku brzinu gasa za fluidizaciju, pa je kapacitet ovakvih uređaja vrlo visok.

Venturi skruber je uređaj kod koga se raspršivanje tečnosti zasniva na Venturi efektu. Zaprashena gasna struja uvodi u grlo, suženje koje ima karakterističan profil, u kome dostiže velike brzine (50 – 180 m/s). U tom delu istovremeno se uvodi i tečnost kroz otvor ili mlaznicu, koju usled velikih smicajnih sila, gas dezintegriše u vrlo fine kapljice. Nakon prolaska kroz grlo, smeša gasa i kapljica tangencijalno ulazi u cilindrični deo skrubera (separator kapi), gde se međusobno razdvajaju. Postoji više tipova Venturi skrubera: radijalni, aksijalni i Venturi skruber sa samousisavanjem tečnosti. Efikasnosti kolekcije čestica u uređaju doprinose i kondenzacioni efekti. Kako je gas u oblasti visokih brzina, odnosno niskih pritisaka (u samom grlu), zasićen vodenom parom, u oblasti većih pritisaka, odnosno manjih brzina (u difuzoru), dolazi do kondenzacije vode na sitnim čvrstim česticama, koje se ponašaju kao nukleusi. Čestice na ovaj način povećavaju dimenzije, a njihova ovlažena površina olakšava aglomeraciju, što sve vodi povećanju efikasnosti kolekcije. Industrijski Venturi skruberi konvencionalnog tipa imaju kapacitet u opsegu 6 - 8500 m^3/min i potrošnju tečnosti za raspršavanje od 0.6 - 1 lit/m^3 gasa. Brzine gasa u grlu skrubera iznose 50 - 180 m/s, a padovi pritiska 250 - 2000 mmVS.

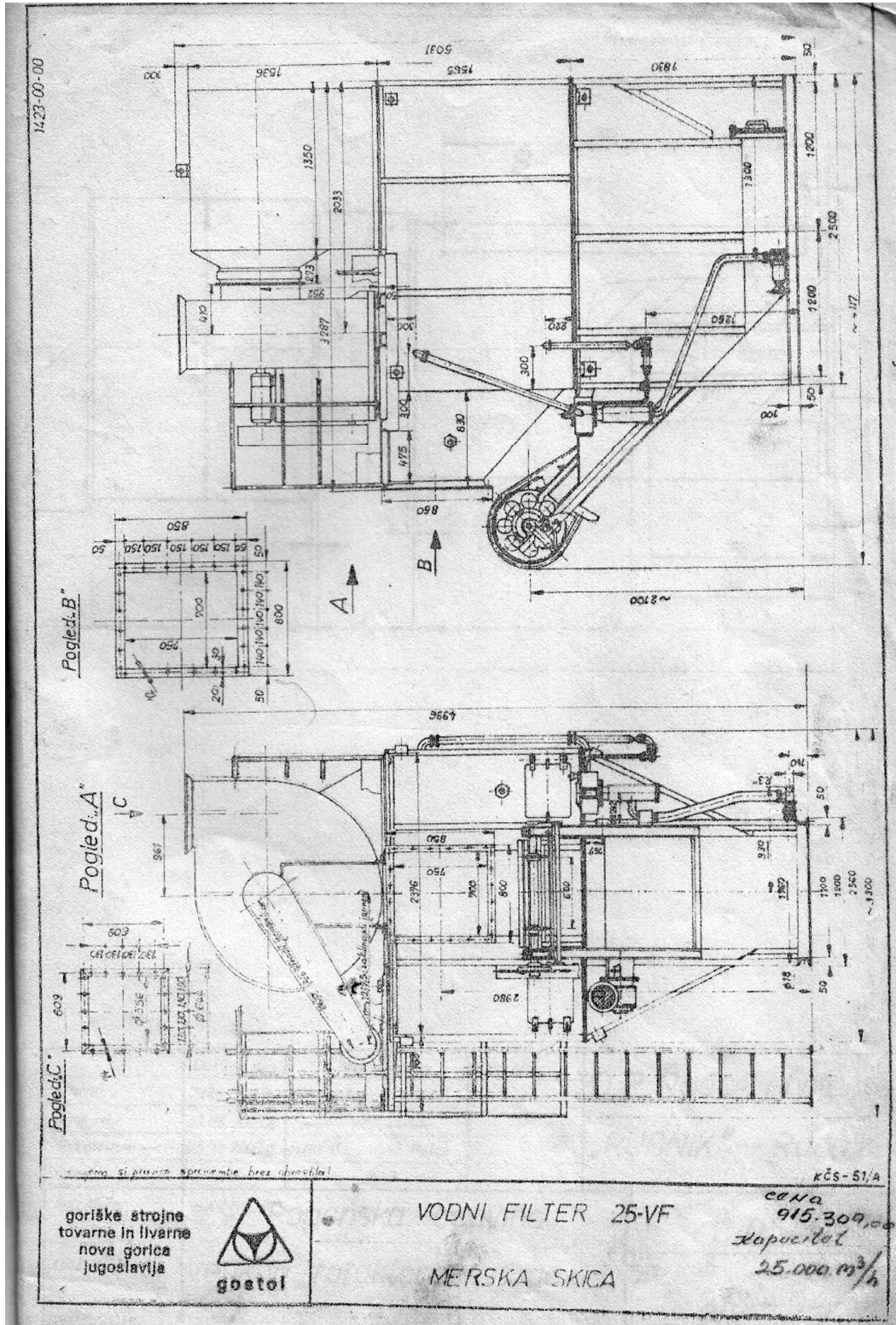
U odnosu na ostale pomenute mokre odvajače čestica, Venturi skruberi su efikasniji (približno 99 % za čestice veličine oko $5\mu\text{m}$) i imaju manji utrošak tečnosti (od 0,3 – 1,3 l/m^3). Pri istim uslovima efikasnost komore sa raspršivanjem iznosi 80 % u potrošnju 0,6 – 2,7 l/m^3 tečnosti, centrifugalnih separatora 87 % uz potrošnju tečnosti od 0,3 – 2,0 l/m^3 , a skrubera sa pakovanim slojem 99 % uz potrošnju tečnosti od 1 – 2,6 l/m^3 .

Rotoklon je uređaj sa udarno inercionim dejstvom u kome se princip prečišćavanja zasniva na nagloj promeni pravca strujana gasne struje nad slojem tečnosti. Uređaj se može koristiti u šaržnom i kontinualnom režimu, a u upotrebi je više tipova, kao što su rotoklon N i rotoklon W. Uređaj se primarno koristi za tretman struja sa visokim sadržajem praškastih materija i velikim protokom gasne faze. Može koristiti i za tretman gasnih struja koje nose abrazivne čestice [17].

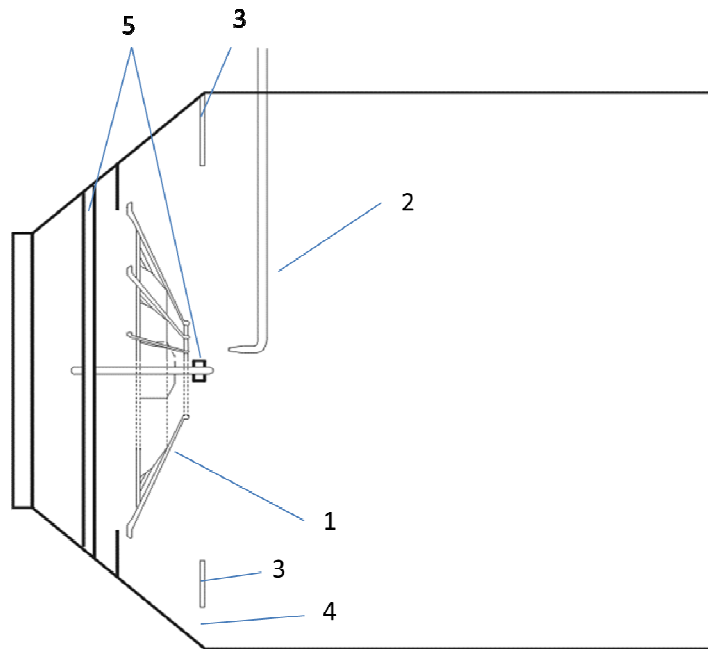
4. Opis i mogućnost primene tehničkog rešenja

Predloženo tehničko rešenje razvijeno je za konkretan problem u pogonu flotacije rudnika „Rudnik“, ali se može primeniti i na bilo koji sličan sistem. Namenjeno je za nadogradnju postojećih sistema /uređaja za otprašivanje sa unutrašnjim strujanjem fluida kao što je rotoklon N. Zbog postojećeg rasporeda opreme u sistemu za prečišćavanje gasova bez veće tehničke modifikacije sistema i pomeranja ventilatora nije moguće uključiti dodatni uređaj za uklanjanje čestica. Uprošćena šema ovog uređaja data je na slici 2. Iz tog razloga pribeglo se razmatranju rešenja koja bi zahtevala znatno manja ulaganja i izmene u sistemu. Jedan od mogućih pravaca je i modifikacija samog uređaja kako bi mu se povećala efikasnost. Važno je istaći da modifikacija uređaja kao što je rotoklon zahteva posebnu pažnju. Sam princip rada ovog uređaja zasniva se na strogo definisanim uslovima strujana gasne faze kroz različite segmente uređaja, tako da svaka prepravka unutar uređaja remeti i menja profil strujanja i na taj način utiče na njegovu efikasnost. Proučavanjem rešenja dostupnih na tržištu došlo se na ideju da se postojeći uređaj Rotoklon tipa N nadogradi sa još jednim stepenom prečišćavanja gasne struje.

U tu svrhu izabran je princip ukljanjanja čestica primenjen kod rotoklona tipa W. Za razliku od rotoklona W predložena modifikacija sadrži samo radno kolo, a ne i motor. Radno kolo rotoklona u ovom slučaju pokreće sama gasna struja čiji protok ostvaruje ventilator koji je pozicioniran na kraju sistema. Dodatni segment koji sadrži radno kolo bi se monitirao neposredno pre ventilatora u izlaznom delu postojećeg uređaja. Predložena modifikacija ne zahteva električni pogon, niti bilo kakvu dodatnu energiju. Jedino se dodatnim vodovima mora obezbediti dotok vode koja će se raspršivati na radno kolo. U cilju ostvarivanja što manje promene profila strujanja, predložena modifikacija pretpostavlja korišćenje radnog kola sa niskim padom pritiska tako da se u sistem uvodi što manji otpor strujanju. Odvod prljave vode u kojoj je suspendovane čestice se ostvaruje unutar uređaja kroz postojeći sistem za ispuštanje mulja. Na slici 3 dat je prikaz predložene modifikacije na izlaznom delu rotoklona.



Slika 2. Skica uređaja rotoklon tipa N u pogonu flotacije rudnika „Rudnik“



Legenda: 1 – Radno kolo, 2 – Mlaznica za dispergovanje tečnosti, 3 – Pregrada, 4 – Otvor za odvod suspenzije, 5 – Nosač radnog kola

Slika 3. Radno kolo i sistem za raspršivanje i sakupljanje tečnosti

Princip izdvajanja čestica

Poslednji uređaj u sistemu za otprašivanje je centrifugalni ventilator koji obezbeđuje potrebnu razliku pritiska u sistemu i ostvaruje potreban protok vazduha. U postojećem rasporedu uređaja vazduh direktno iz rotoklona, ulazi u ventilator i izbacuje se u atmosferu. Unutar rotoklona struja gasa nakon prolaska kroz sloj tečnosti i sistem za odvajanje kapi prolazi kroz kružni otvor nakon čega izlazi iz uređaja. U predlženom nadograđenom sistemu u ovom delu uređaja pozicionirano je radno kolo rotoklona tipa W, tako da vazduh po prolasku kroz sistem za odvajanje kapi udara u radno kolo i menja pravac kretanja pod uglom jednakim ili većim od 90° u odnosu na pravac kretanja. Radno kolo praktično ima funkciju aksijanog ventilatora. Gasna struja usled specifične konstrukcije radnog kola je usmerena da prolazi kroz otvore postavljene prema obodu i pokreće i rotira radno kolo normalno na pravac kretanja gasne struje, pri čemu još jednom menja pravac kretanja. Na centralni deo radnog kola raspršuje se voda tako da se po radnom kolu formira film tečnosti. Usled nagle promene pravca, čestice u gasnom toku gube kinetičku energiju i u kontaktu sa tečnom fazom ostaju zarobljene u njoj. Film tečne faze zbog dejstva centrifugalne sile, koja se javlja usled rotacije radnog kola, se potiskuje ka obodu kola i sakuplja se u žlebu između kućišta i radnog kola. U ovom žlebu nalazi se otvor kroz koji se sakupljena tečna faza sa suspendovanim česticama izdvaja.

Efikasnost navedene modifikacije je verifikovana tokom periodičnih merenja emisije praškastih materija koja je obavila akreditovana laboratorija. Dobijeni rezultati pokazuju da je količina emitovane prašine znatno niža nego u ranijem periodu (tabela 6) i ukazuje na valjanost primenjenog tehničkog rešenja.

Tabela 6 – Rezultati merenja emisija praškastih materija na emiteru Rotoklona -sistema za prečišćavanje gasnih struja sekundarnog i terciarnog drobljenja i prosejavanja

Masena koncentracija čestica na normalnim uslovima	mg ³ _N /h	16,36 ± 0,8	17,52 ± 0,6	14,52 ± 0,5
--	---------------------------------	-------------	-------------	-------------

Izmerene koncentracije praškastih materija u otpadnom gasu su u proseku 72 - 85% niže.

5. Zaključak

Primenom predložene modifikacije kao dodatnog stepena uklanjanja čestica iz otpadnih gasnih struja se na jednostavan način rešava problem povećane emisije praškastih materija u pogonima u kojima se za kontrolu emisije koristi samo jedan uređaj zasnovan na mokrom postupku odvajanja čestica. Predloženo rešenje ne zahteva korišćenje dodatne energije jer se za pokretanje sistema koristi sama struja gasa. Rešenje se može primeniti na sve tipove mokrih odvajača komornog tipa, a naročito je pogodno za slučajeve kada nema dovoljno prostora da se u sistem uvede dodatni uređaj. Korišćenje rešenja zahteva samo dodatni dovod vode i to u manjim količinama. Odvojen praškasti materijal suspedovan je u vodi i uliva se u postojeći sistem za sakupljanje suspenzije u uređaju, tako da nikakav dodatni sistem nije potreban. Primenom rešenja se promovira racionalna upotreba resursa i ostvaruje doprinos zaštiti vazduha od čestičnog zagađenja.

Rešenje je konstruisano za konkretan problem u pogonu flotacije rudnika „Rudnik“, kao dodatak postojećem uređaju za otprašivanje otpadne gasne struje iz procesa sekundarnog i terciarnog drobljenja i prosejavanja polimetalne rude. Primenljivost rešenja je ispitana na ovom uređaju, kroz niz proba kojima je utvrđeno da izvršena nadogradnja ne stvara veliki otpor strujanju i značajnije ne menja profil strujanja u uređaju, što je bio jedan od primarnih zahteva. Tokom ispitivanja potvrđena je i efikasnost rešenja u pogledu uklanjanja praškastih materija određivanjem koncentracije praškastih materija u struji gasa na izlazu iz uređaja. Određivanje je sprovedeno primenom gravimetrijske metode koja se zasniva na izokinetičkom uzorkovanju čestica iz otpadne struje gasa. Merenja je sprovedla nezavisna akreditovana laboratorija, koja obavlja i godišnja kontrolna merenja emisije na datom uređaju. Dobijeni rezultati merenja ukazuju da je ostvareno prosečno smanjenje emisije od 72 - 85%.

Literatura

1. W. Leithe: *The analysis of air pollutants*, Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, Michigan, USA, 1973.
2. Vladimir Adamović, Aleksandar Ćosović, Jelena Avdalović, Sonja Milićević, Assessment of dust emissions from mobile equipment during future exploitation of lead-zinc ore from open pit mine Kizevak, Proceedings of the 45th International October Conference on Mining and Metallurgy - IOC 2013, 16.-19. October, 2013, Bor lake, Bor, Serbia, p. 507-510.
3. C. David Cooper & F.C. Alley: *Air Pollution Control: A Design Approach*, PWS Engineering, Boston, 1986.
4. Henry Glynn J, Heinke Gary W,: *Environmental science and engineering*, Prentice Hall, 728. Englewood Cliffs, New York, USA, 1989.
5. Aleksandra Tripić-Stanković, Aleksandar Ćosović, Tihomir Popović, Vladimir Adamović, Influence of metallurgical and mining industry on regional pollution-heavy metal content in precipitation, Proceedings of the 43rd international october conference on mining and metallurgy - IOC 2011, 12.-15. October, Serbia, 2011, p. 287-290.
6. Vladimir Adamović, Zorica Lopičić, Aleksandar Ćosović, Jelena Avdalović, Vladan Milošević, *Impact of pollution in atmosphere on the characteristics of precipitation as a phase of hydrologic cycle*, Proceedings of the 43rd international october conference on mining and metallurgy - IOC 2011, 12.-15. October, 2011, Serbia, p. 374-377.
7. Aleksandra Tripić Stanković, Bojana Popović, Aleksandar Ćosović, Vladimir Adamović, Miroslav Sokić, Nada Štrbac, Atmospheric PM concentrations in urban area – simple interpretation of ambient air monitoring, Proceedings of the 46th International October Conference on Mining and Metallurgy - IOC 2014, 01.-04. October, 2014, Bor lake, Bor, Serbia, p. 413-416.
8. Gleick, P. H.: *Water resources*, In *Encyclopedia of Climate and Weather*, ed. by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, vol. 2. 1996. pp. 817-823.
9. Dušan B. Đurić i Ljubomir J. Petrović: *Zagađenje životne sredine i zdravlje čoveka - ekotoksikologija*, Velarta, Beograd, 1996.
10. Jovan Đuković i Vaso Bojanić: *Aerозagađenje*, Institut zaštite i ekologije, Banja Luka, 2000.
11. Andrew B. Cecala, Andrew D. O'Brien, Joseph Schall, Jay F. Colinet, William R. Fox, Robert J. Franta, Jerry Joy, Wm. Randolph Reed, Patrick W. Reeser, John R. Rounds, Mark J. Schultz, *Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing - Report of Investigations 9689*, National Institute for Occupational Safety and Health, Pittsburgh, USA, 2012.
12. Petri Sjöholm, Derek B. Ingham, Matti Lehtimäki, Leena Perttu-Roiha, Howard Goodfellow, Heikki Torvela, *Industrial Ventilation – Design Guidebook*, Chapter 13: Gas-Cleaning Technology, Academic Press, 2001.
13. Karl B. Schnelle, Jr. and Charles A. Brown,: *Air Pollution Control Technology Handbook*, CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, 2002.

14. Israel L, Jirak & William R. Cotton: *Effect of Air Pollution on Precipitation along the Front Range of the Rocky Mountains*, Journal of applied meteorology and climatology, vol. 45, 2006.
15. Watson, J. G, *Visibility: Science and regulation*, Air&Waste Manage. Assoc., 52: 628–713, 2002.
16. Karl B. Schnelle and Charles A. Brown: *Air Pollution Control Technology Handbook*, CRC Press 2001.
17. Usmanova Regina Ravilevna, Gennady E. Zaikov, *Clearing of industrial gas emissions – Theory, Calculations and Practice*, Apple Academic Press Inc, Toronto, 2015.
18. Zakon o zaščiti životne sredine (Sl. glasnik RS br. 135/04 i 36/09).
19. Zakon o zaščiti vazduha (Sl. glasnik RS br. 36/09).
20. Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha (Sl. glasnik RS br. 11/10 i 75/10).
21. Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh (Sl. glasnik RS br. 71/10).

НАУЧНО ВЕЋЕ
ИНСТИТУТА ЗА ТЕХНОЛОГИЈУ НУКЛЕАРНИХ
И ДРУГИХ МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА
Булевар Франше д' Епереа 86, Београд

Број:13/6-9
27. 11. 2015. године

На основу члана 40 Статута Института за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Научно веће Института је, на седници одржаној 27. 11. 2015. године донело

О Д Л У К У

Покреће се поступак за валидацију и верификацију техничког решења под називом „*Унапређење система за отпашивање отпадног гасног тока постројења за прераду полиметаличних руда у циљу смањења емисије загађујућих материја*“, аутора мр Александра Тосовића, истраживача сарадника, Владимира Адамовића, истраживача сарадника, Проф. др Звонка Гулишије, научног саветника, мр Татјане Шоштарић, истраживача сарадника, Зорице Лопичић, истраживача сарадника, др Мирослава Сокића, вишег научног сарадника, и Саше Јанића, диплинж.руд., и бирају рецензенти др Љубиша **Балановић**, доцент, Универзитет у Београду, Технички факултет Бор и др Марија **Кораћ**, виши научни сарадник, Технолошко-металуршки факултет, Београд.



ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА

Мирослав Сокић
Др Мирослав Сокић
виши научни сарадник

I z j a v a

Ovom izjavom potvrđujemo da je tehničko-tehnološko rešenje, pod nazivom: **„Unapređenje sistema za otprašivanje otpadnog gasnog toka postrojenja za preradu polimetalčnih ruda u cilju smanjenja emisije zagađujućih materija“**, kategorije M84- Bitno poboljšan postojeći proizvod ili tehnologija, čiji su autori:

mr Aleksandar Čosović, istraživač saradnik
Vladimir Adamović, dipl. ing, istraživač saradnik
Prof. dr Zvonko Gulišija, naučni savetnik
mr Tatjana Šoštarić, istraživač saradnik
Zorica Lopičić, dipl. ing, istraživač saradnik
dr Miroslav Sokić, viši naučni saradnik
Saša Janić, dipl. ing. rud.

Rezultat rada na projektima:

- TR 34023 „Razvoj tehnoloških procesa prerade nestandardnih koncentrata bakra u cilju optimizacije emisije zagađujućih materija“, pod rukovodstvom Prof. dr Nade Štrbac, redovnog profesora Tehničkog fakulteta u Boru i
- TR 34002 pod nazivom „Razvoj tehnoloških postupaka livenja pod uticajem elektromagnetnog polja i tehnologija plastične prerade u toplom stanju četvorokomponentnih legura za specijalne namene“, pod rukovodstvom Prof. dr Zvonka Gulišije, naučnog savetnika Instituta za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina

a koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, (2011-2015).

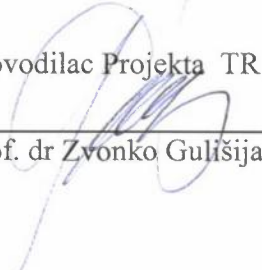
Izjavu dajem radi verifikacije navedenog tehničkog rešenja na sednici Naučnog veća ITNMS.

Rukovodilac Projekta TR 34023



Prof. dr Nada Štrbac

Rukovodilac Projekta TR 34002



Prof. dr Zvonko Gulišija

Институт за технологију нуклеарних и других
минералних сировина (ИТНМС)

Научном већу

Београд,
Франше д`Епера 86

- Предмет:** Рецензија Техничког решења
- Назив Техничког решења:** Унапређење система за отпашивање отпадног гасног тока постројења за прераду полиметаличних руда у циљу смањења емисије загађујућих материја
- Категорија техничког решења:** М 84 – Битно побољшана постојећа технологија – ново решење проблема у области одрживог развоја (Предметно Техничко решење је битно побољшана постојећа технологија)

Пројекти из кога произилази Техничко решење:

ТР 34023, под називом „Развој технолошких процеса прераде нестандартних концентрата бакра у циљу оптимизације емисије загађујућих материја“ и ТР 34002 - „Развој технолошких поступака ливења под утицајем електромагнетног поља и технологија пластичне прераде у топлом стању четворокомпонентних легура Al-Zn за специјалне намене“

Руководиоци пројеката: ТР 34023 – проф. др Нада Штрбац;
ТР 34002 – проф. др Звонко Гулишија

Аутори: мр Александар Ћосовић, истраживач сарадник,
Владимир Адамовић, истраживач сарадник,
проф. др Звонко Гулишија, научни саветник,
мр Татјана Шоштарић, истраживач сарадник,
Зорица Лопичић, истраживач сарадник,
др Мирослав Сокић, виши научни сарадник,
Саша Јанић, дипл. инж. руд.

Мишљење рецензента

Одлуком Научног већа Института за технологију нуклеарних и других минералних сировина, број 13/6-9, од 27.11.2015. године, одређен сам за рецензента техничког решења под називом „Унапређење система за отпашивање отпадног гасног тока постројења за прераду полиметаличних руда у циљу смањења емисије загађујућих материја“. Ово технолошко решење представља резултат истаживања аутора у оквиру два пројекта и то: ТР 34023 и ТР 34002. Реализација оба пројекта финансира се из средстава Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије.

На основу анализе приложеног материјала, Научном већу Института за технологију нуклеарних и других минералних сировина прилажем своје:

МИШЉЕЊЕ

Техничко решење је представљено на 15 страна и обухвата 6 табела и 3 слике.

Садржај Техничког решења је презентован кроз следеће целине:

- Предмет испитивања,
- Област на коју се техничко решење односи и проблем који се решава техничким решењем,
- Стање решености проблема у свету,
- Опис и могућности примене техничког решења,
- Закључак и
- Литература.

Предметно Техничко решење је по свом садржају усклађено са захтевима који су дефинисани Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата (Сл. гл.РС, бр. 38/2008), као и са Процедуром ИП19 – Израда и поступак верификације и валидације техничких решења у Институту за технологију нуклеарних и других минералних сировина.

У поглављу под називом „Предмет испитивања“ указано је на основ за израду Техничког решење, као и на то из којих пројеката је оно проистекло.

У делу „Област на коју се техничко решење односи и проблем који се решава техничким решењем“ подробно су описане честице у ваздуху, начини њиховог настајања, подела честица и проблеми које оне стварају својим присуством у атмосфери. Затим је указано на процесе у преради минералних сировина у којима је појава прашкастих материја најизраженија, при чему се дошло до закључка да највеће емисије настају при секундарном и терцијарном дробљењу и просејавању. Као најефикаснији начин уклањања честица истакнуто је мокро пречишћавање гасних струја и указано је на предности и недостатке овог поступка. Приказане су карактеристике постројења у коме се врши дробљење и просејавање и објашњен је принцип рада ротоклона који представља уређај за уклањање прашкастих материја и дате су његове техничке карактеристике. Као проблем, истакнуте су велике емисије прашкастих материја које се ипак јављају на излазу из уређаја за пречишћавање (ротоклона) у погону флотације Рудника и флотације „Рудник“ д.о.о. и то је документовано резултатима мерења у којима се уочава значајно прекорачење прописаних граничних вредности емисија.

Поглавље „Стање решености проблема у свету“ даје преглед многобројних типова мокрих одвајача честица (скрубера) и могућих конструкционих решења, механизме издвајања честица у скруберима, принципе рада и начине повећања њихове ефикасности. На крају је апострофиран ротоклон, као тип уређаја који се користи за ефикасно уклањање честица из гасних струја великих протока и са високим садржајем абразивних честица. Ротоклон је представљен као уређај са инерционим дејством у коме се принцип пречишћавања заснива на наглој промени правца струјања гаса над слојем течности.

У поглављу „Опис и могућност примене техничког решења“ предложено је и описано техничко решење за конкретан проблем који се јавља у погону флотације Рудника и флотације „Рудник“ д.о.о. Закључено је да, због постојећег распореда опреме, није могућа уградња додатних уређаја за пречишћавање (као што су циклони, скрубери и сл), па је предложена надоградња постојећег уређаја за отпрашивање ротоклон N. Предложено је да се постојећи уређај надогради системом сличним ротоклону типа W, с тим да предложена модификација за разлику од ротоклона W садржи само радно коло које се монтира непосредно пре вентилатора и покреће га гасна струја, тако да мотор није потребан. Овим се постиже редукција емисије честица, без додатног утрошка електричне енергије, што је и потврђено накнадним мерењима

У Закључку су истакнута ефикасност и једноставност предложене модификације. На основу добијених резултата мерења закључено је да је остварено смањење емисије прашкастих материја у опсегу од 72 – 85%. Највећа предност предложеног техничког решења је та што се може применити на било који сличан систем за отпрашивање.

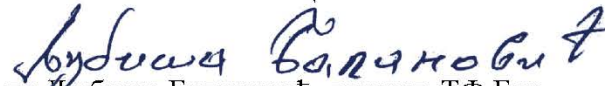
ЗАКЉУЧАК

Документација Техничког решења „Унапређење система за отпрашивање отпадног гасног тока постројења за прераду полиметаличних руда у циљу смањења емисије загађујућих материја“ припремљена је у складу са Правилником о поступку и начину ведносвања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата (Сл. гл. РС, бр. 38/2008) и пружа све неопходне информације о области на коју се техничко решење односи, као и проблем који се њиме решава.

На основу изложених аргумената, предлажем Научном већу Института за технологију нуклеарних и других минералних сировина из Београда, да предметно техничко решење прихвати и сврста га у категорију М-84 (битно побољшана постојећа технологија) поменутог правилника.

21.12.2015. год.

РЕЦЕНЗЕНТ


др Вукобира Балановић, доцент, ТФ Бор



NAUČNOM VEĆU

Instituta za tehnologiju nuklearnih
i drugih mineralnih sirovina (ITNMS)
Franše d'Eperea 86, Beograd

PREDMET: Tehničko rešenje - recenzija

KATEGORIJA: M 84 - Bitno poboljšana postojeća tehnologija

NAZIV: Unapređenje sistema za otprašivanje otpadnog gasnog toka postrojenja za preradu polimetaličnih ruda u cilju smanjenja emisija zagađujućih materija

AUTORI: mr Aleksandar Čosović, Vladimir Adamović, prof. dr Zvonko Gulišija,
mr Tatjana Šoštarić, Zorica Lopičić, dr Miroslav Sokić, Saša Janić

MIŠLJENJE RECENZENTA:

Naučno veće Instituta za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina (ITNMS) je 27.11.2015. godine donelo Odluku broj 13/6-9, kojom sam određena za recenzenta Tehničkog rešenja „Unapređenje sistema za otprašivanje otpadnog gasnog toka postrojenja za preradu polimetaličnih ruda u cilju smanjenja emisija zagađujućih materija“.

Predstavljeno Tehničko rešenje rezultat je istraživanja u okviru projekata Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije i to:

- TR 34023 - Razvoj tehnoloških procesa prerade nestandardnih koncentrata bakra u cilju optimizacije emisije zagađujućih materija, rukovodioca projekta prof. dr Nade Štrbac i
- TR 34002 - Razvoj tehnoloških postupaka livenja pod uticajem magnetnog polja i tehnologije prerade u toplom stanju četvorokomponentnih legura Al-Zn za specijalne namene, rukovodioca projekta prof. dr Zvonka Gulišije.

Tehničko rešenje sadrži 15 strana, 3 slike i 6 tabela.

U okviru poglavlja *Predmet ispitivanja* dat je osnov za izradu tehničkog rešenja.

U poglavlju *Oblast na koje se tehničko rešenje odnosi i problem koji se rešava tehničkim rešenjem* razmatrane su vrste čestica u vazduhu, način na koji nastaju i mogućnosti za



uklanjanje. U preradi mineralnih sirovina najveće emisije se javljaju pri sekundarnom i terciarnom drobljenju, kao i pri prosejavanju, pa je posebna pažnja usmerena upravo na sisteme za prečišćavanje praškastih materija u ovim sistemima. Konkretno, prikazani su tehnički podaci za postrojenja za sekundarno i terciarno drobljenje, kao i tehnički podaci postrojenja Rotoklon, koje služi za mokro prečišćavanje gasnih struja u kojima su prisutne značajne koncentracije čestica. Na kraju su predstavljeni rezultati merenja emisije na razmatranom sistemu za odprašivanje gasne struje, koje se nalazi u preduzeću Rudnik i flotacija „Rudnik“ d.o.o. Iz rezultata je uočljivo da se moraju preduzeti određene mere kako bi se postojeće emisije dovele na nivo koji je u okviru propisanih graničnih vrednosti emisija u vazduh.

U poglavlju *Stanje rešenosti problema u svetu* opisani su razni tipovi skrubera - mokrih odvajača čestica, zato što su se ovi uređaji pokazali u primeni na raznim, sličnim problemima. Opisan je dominantan mehanizam izdvajanja čestica i mogućnosti za poboljšanje efikasnosti rada skrubera. Kao jedan od uređaja ovog tipa, opisan je i rotoklon, koji predstavlja jedno od praktičnih rešenja za tretman struje gasa sa visokim sadržajem praškastih abrazivnih čestica i velikim protokom. Njihov princip rada zasniva se na udarno-inercionom dejstvu, pri čemu do odvajanja čestica dolazi usled nagle promene pravca strujanja gasne struje nad slojem tečnosti. Prednost ovih uređaja je i to što se oni mogu koristiti i u šaržnom i u kontinualnom režimu.

Poglavlje *Opis i mogućnosti primene tehničkog rešenja* bavi se rešavanjem konkretnog problema sa emisijama praškastih materija u pogonu flotacije rudnika „Rudnik“ d.o.o. Tehničkim rešenjem predložena je nadogradnja postojećeg rotoklona tipa N još jednim stepenom prečišćavanja gasne struje koji se zasniva na principu rada rotoklona tipa W, s tim da predložena nadogradnja ne sadrži motor, već samo radno kolo. Radno kolo u ovom slučaju pokreće samo gasna struja, a jedino što je potrebno dodatno obezbediti je poseban dotok vode i odvod prljave vode u kojoj se nalaze suspendovane čestice. Rešenjem je predviđeno da se dodatna količina vode koristi za rasprskavanje na centralni deo radnog kola čime se po radnom kolu formira film tečnosti. Zbog specifične konstrukcije radnog kola, gasna struja prolazi kroz otvore postavljene prema obodu i rotira radno kolo normalno na pravac kretanja gasne struje. Pri tome se menja pravac kretanja gasne struje usled čega čestice gube kinetičku energiju i pri kontaktu sa vodenim filmom formiranim na radnom kolu, one ostaju zarobljene u njemu. Ovaj film tečne faze se potiskuje ka obodu kola, usled dejstva centrifugalne sile. Tu se sakuplja u žlebu između kućišta i radnog kola i kroz projektovani otvor se odvodi iz sistema.

Efikasnost predložene modifikacije potvrđena je rezultatima merenja emisije praškastih materija koji su pokazali da ostvareno smanjenje koncentracije praškastih materija u otpadnom gasu u proseku od 72 – 85%.

Kao zaključak su istaknuti pozitivni rezultati primene ovog Tehničkog rešenja, što je dokazano rezultatima najnovijih rezultata merenja količina praškastih materija na izlazu iz sistema rotoklona sa nadogradnjom koja je u Tehničkom rešenju detaljno opisana. Veliki benefit ovog Tehničkog rešenja je to što se na istom principu mogu izvršiti nadogradnje na brojnim sličnim sistemima koji se koriste za otprašivanje gasnih struja.

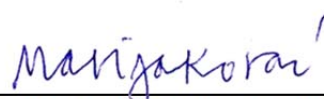
ZAKLJUČAK

Analizom Tehničkog rešenja „Unapređenje sistema za otprašivanje otpadnog gasnog toka postrojenja za preradu polimetalčnih ruda u cilju smanjenja emisija zagađujućih materija“ može se zaključiti da je ono urađeno u skladu sa Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata, Službeni glasnik Republike Srbije, broj 38/2008. Priložena dokumnetacija pruža sve neophodne informacije o oblasti na koju se tehničko rešenje odnosi kao i na problem koji se njime rešava.

S obzirom na sve napred izneseno, Naučnom veću Instituta za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina (ITNMS) iz Beograda predlažem da prihvati tehničko rešenje kao M 84 - bitno poboljšana postojeća tehnologija.

U Beogradu, 21.12.2015. godine

Recenzent:



dr Marija Korać, viši naučni saradnik, TMF

Institut za tehnologiju nuklearnih
i drugih mineralnih sirovina
Franše d'Eperea 86
11000 Beograd

Ovim potvrđujemo

Verifikaciju tehničkog rešenja:

**UNAPREĐENJE SISTEMA ZA OTPRAŠIVANJE OTPADNOG GASNOG TOKA POSTROJENJA ZA PRERADU
POLIMETALIČNIH RUDA U CILJU SMANJENJA EMISIJE ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA**

U okviru višegodišnjih zajedničkih ispitivanja emisija praškastih materija i rada postrojenja za otprašivanje Rotoklon koja su obavljali saradnici Instituta za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina iz Beograda i Rudnika i flotacije „Rudnik“ d.o.o. iz Rudnika proisteklo je navedeno tehničko rešenje.

Verifikacija tehnološkog rešenja urađena je na Rotoklonu koji služi za otprašivanje gasnih struja sa sekundarnog i terciarnog drobljenja i prosejavanja polimetalne rude.

Na osnovu dobijenih rezultata, može se konstatovati da je pomenuto tehničko rešenje doprinelo znatnom smanjenju emisija praškastih materija na posmatranom postrojenju.

Ljiljana Obrenović, dipl. Hem.

Savetnik za hemiju i ekologiju

