

ТР 21020
1-40 24. 06. 2010.

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 24.06.2010. год., донело је

ОДЛУКУ

Да се резултат истраживачког рада *Лабораторијски уређај за испитивање процеса уклањања CO₂ из отпадних гасова насталих при сагоревању*, који је проистекао као резултат рада на Пројекту

ТР 21020

Назив пројеката:

РАЗВОЈ ПОСТУПАКА, МЕТОДА И МАТЕРИЈАЛА ЗА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ОТПАДНИХ ИНДУСТРИЈСКИХ ГАСНИХ ТОКОВА И ПРАЂЕЊЕ УТИЦАЈА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

аутора:

- *Адамовић Владимира, дипл. инж., истраживач сарадник, ИТНМС, Београд,*
- *мр Александра Ћосовића, истраживач сарадник, ИТНМС, Београд,*
- *мр Татјане Шоштарих, истраживач сарадник, ИТНМС, Београд,*
- *мр Јелене Авдаловић, истраживач сарадник, ИТНМС, Београд,*
- *Лопичић Зорице, дипл. инж., истраживач сарадник, ИТНМС, Београд,*

верификује као техничко решење према индикаторима научне компетентности (М83) 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 рецензената проф. др Жељка Грбавчића, ТМФ, Београд и др Зорана Арсенијевића виши научни сарадник, ИХТМ, Београд.

Доставити:

- руководиоцу Пројекта,
- ауторима,
- архиви НВ.

ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА


др Слободан Радосављевић, научни саветник

ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ

**LABORATORIJSKI UREĐAJ ZA ISPITIVANJE PROCESA UKLANJANJA CO₂
IZ OTPADNIH GASOVA NASTALIH PRI SAGOREVANJU**

**M83 – NOVO LABORATORIJSKO POSTROJENJE, NOVO EKSPERIMENTALNO
POSTROJENJE, NOVI TEHNOLOŠKI POSTUPAK**

Autori:

Vladimir Adamović, dipl. ing, istraživač saradnik,
mr Aleksandar Čosović, dipl. ing, istraživač saradnik,
mr Jelena Avdalović, dipl. ing, istraživač saradnik,
Zorica Lopičić, dipl. ing, istraživač saradnik,
mr Tatjana Šoštarić, dipl. biolog, istraživač saradnik.

Beograd,
2010. godine

SADRŽAJ:

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

1. PREDMET

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina je u okviru projekta TR 21020 koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, razvio uređaj kao tehničko rešenje:

„Laboratorijski uređaj za ispitivanje procesa uklanjanja CO₂ iz otpadnih gasova nastalih pri sagorevanju“

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

Uređaj koji je konstruisan na laboratorijskom nivou predstavlja sistem za uklanjanje CO₂ iz otpadnih gasova nastalih pri sagorevanju korišćenjem poznatih fizičko-hemijskih metoda, konstruisan kao novi sistem (M83).

2. OBLAST NA KOJU SE ODNOSI TEHNIČKO REŠENJE I PROBLEM KOJI SE REŠAVA TEHNIČKIM REŠENJEM

Zagađivanje vazduha predstavlja već više godina ozbiljan problem i kod nas i u svetu. Najveće zagađenje vazduha potiče iz termoenergetskih objekata, rafinerija, hemijske industrije i drugih delatnosti. Zagađenje vazduha iz tačkastih i linijskih izvora je posledica zastarelih tehnologija, nedostatka postrojenja za prečišćavanje idustrijskih otpadnih gasova, niskih efikasnosti i lošeg kvaliteta goriva i sirovina

Ugljendioksid nastaje u najvećem obimu u procesu sagorevanja fosilnih goriva, ali je produkt i oksidativnih procesa u prirodi. Zbog toga se koncentracija ugljen dioksida u vazduhu stalno povećava. Iako ranije nije smatran zagađivačem, poslednjih godina je dokazano da on zajedno sa vodenom parom, i ozonom, apsorbuje infracrvenu radijaciju dovodeći do povećanja temperature atmosfere. Ovaj efekat je poznat kao efekat staklene bašte.

Imajući na umu opasnosti koje navedeni zagađivač može da prouzrokuje ako se nađe u životnoj sredini, realizacijom ovog tehničkog rešenja omogućila bi se primena domaćih razvojnih tehnologija u praksi a omogućilo bi se efikasnije upravljanje emisijom gasovitih polutanata u većini tehnogenih sistema (energetike, bazne hemije, naftne industrije i dr.)

3. STANJE REŠENOSTI PROBLEMA U SVETU

Savremene strategije za redukciju emisije CO₂, obuhvataju primenu alternativnih goriva, konzervaciju energije i poboljšanje efikasnosti proizvodnje energije. Osim pomenutih, postoji veliki broj različitih tehnologija za uklanjanje CO₂ iz dimnog gasa, na izlazu iz sistema. Neke od ovih tehnologija su fizička adsorpcija, apsorpcija hemijskim rastvaračima, kriogena separacija, membranska separacija, mineralna sekvstracija i biološka fiksacija. Među ovim tehnologijama, apsorpcija hemijskim rastvaračima je proučavana najviše i prihvaćena je kao najbolja i najekonomičnija metoda za redukciju

emisije CO₂ iz dimnog gasa. Alkalni apsorbenti koji se koriste u konvencionalnim hemijskim procesima apsorpcije su amonijak, etanolamin i natrijum hidroksid.

Što se tiče stanja na nacionalnom nivou, Kjoto protokol koji se odnosi na smanjivanje emisije gasova staklene bašte u koje spada i CO₂, u periodu od 2008 do 2012. godine, obavezuje i našu zemlju da primeni mere za redukciju ovih polutanata.

Najveći broj postrojenja koja se sada koriste za redukciju emisije CO₂ su skruberi koji primenjuju postupak apsorpcije hemijskim rastvaračima. Međutim u poslednje vreme razvijaju se i tehnologije za uklanjanje CO₂ u gasnom toku pomoću sprej-sušionika. Postupak se bazira na korišćenju finih kapljica koje nastaju raspršivanjem rastvora apsorbenta u struju toplog otpadnog gasa, pri čemu dolazi do reakcije CO₂ i apsorbenta i nastaje prah CaCO₃. Prednosti ovog postupka su visoka efikasnost uklanjanja CO₂, a takođe je veoma važno da se ne generišu otpadne vode tokom samog procesa, već nastaje pulverizovani adsorbenat (CaCO₃), koji se može koristiti za procese desulfurizacije dimnih gasova.

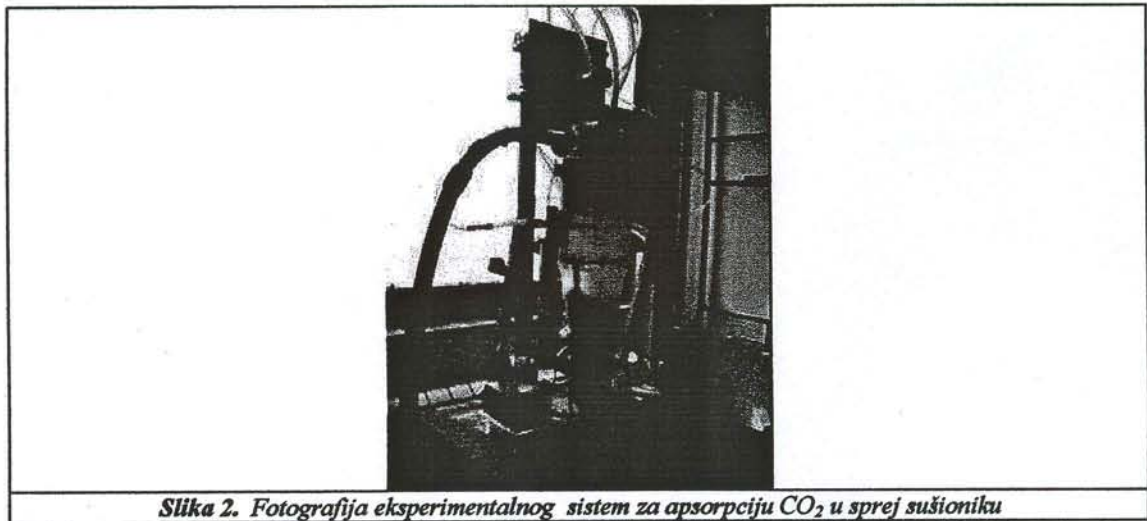
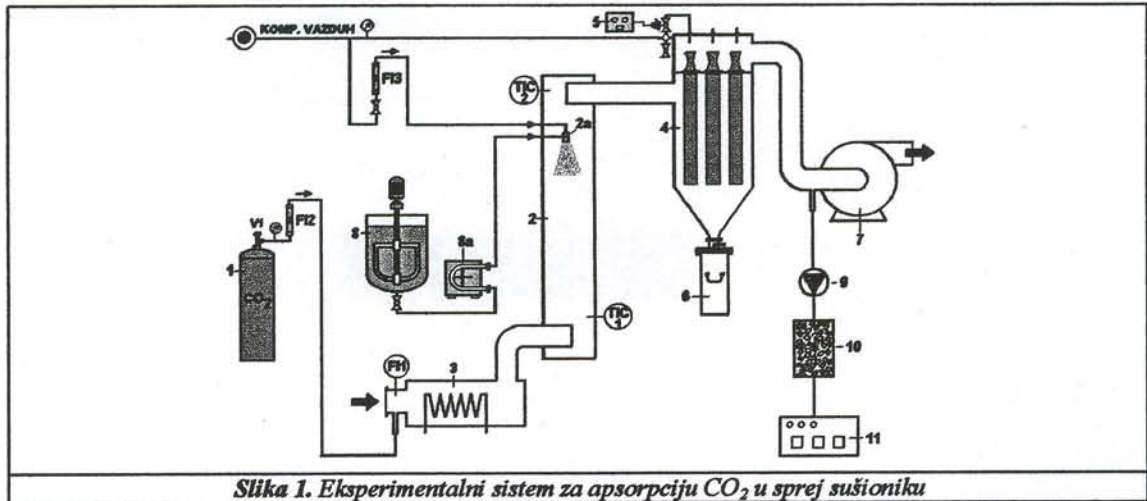
4. OPIS MOGUĆNOSTI PRIMENE TEHNIČKOG REŠENJA

a) Prethodna istraživanja

Ideja ovog rešenja je da se razvije jednostavan i jeftin postupak za uklanjanje CO₂ iz otpadnog gasa koji nastaje sagorevanjem fosilnih goriva.

U prvoj fazi istraživanja ispitane se karakteristike sprej-sušionika pod različitim procesnim uslovima i sa različitim apsorbentima u svrhu što efikasnijeg uklanjanja ugljen dioksida.

Sprej sistem se uspešno primenjuje za industrijsku proizvodnju pulverizovanih adsorbenata iz tečne faze koji se dalje mogu koristiti za procese desulfurizacije dimnog gasa. Suština ovog procesa je da se apsorpcija CO₂ vrši istovremeno sa stvaranjem inertnog ostatka i isparavanjem viška vode. Za ova preliminarna ispitivanja izrađen je eksperimentalni sistem koji je šematski prikazan na slikama 1 i 2. Glavni delovi sistema su sprej kolona prečnika 70 mm, visine 800 mm (2), koja je snabdevena dvofluidnom mlaznicom (2a) za generisanje spreja. Procesni vazduh se usisava ventilatorom (7) i prolazi kroz električni predgrejač (3). Na izlazu iz sprej sušionika postavljen je vrećasti filter (4) za eliminaciju čestica kalcijum karbonata. Eksperimenti su izvođeni na sledeći način: po uključivanju ventilatora (7) i električnog predgrejača (3), podešavanjem ventila V1 doziran je CO₂ iz boce. Protok CO₂ je preko merača FI2 podešen tako da ulazna koncentracija CO₂ u sprej kolonu bude 12 zap.%. Pošto temperatura vazduha na ulazu u kolonu dostigne vrednost od 150 °C (TIC1) uključena je peristaltička pumpa za rastvor, čiji je protok postepeno povećavan u skladu sa porastom temperature na ulazu u sprej kolonu. Kada temperatura na ulazu u sprej kolonu dostigne zadatu vrednost od 300 °C, protok peristaltičke pumpe je podešen na vrednost koja obezbeđuje konstantnu vrednost temperature na izlazu iz kolone (TIC2). U daljem radu sistem radi automatski budući da termokontroler TIC1 održava konstantnu temperaturu na ulazu u sprej kolonu, dok termokontroler TIC2 upravlja radom peristaltičke pumpe za rastvor održavajući temperaturu vazduha na izlazu iz sprej kolone na zadatoj vrednosti od 150 °C. Ispitivana je efikasnost procesa pri korišćenju različitih apsorpcionih rastvora: Ca(OH)₂, NaOH i Ba(OH)₂ u različitim koncentracijama. Ova ispitivanja su pokazala da se najpogodniji apsorpcioni rastvor 10% tež. Ca(OH)₂ + 5% tež. NaOH.



Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 1. Može se uočiti da je postignuta efikasnost izdvajanja CO₂ od 34%.

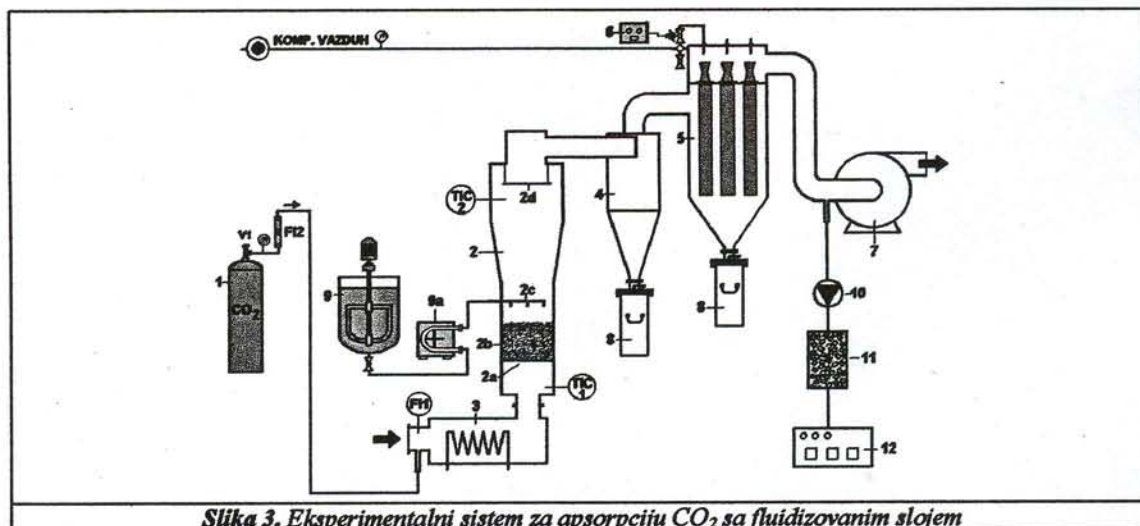
Tabela 1. Rezultati ispitivanja uklanjanja CO₂ apsorpcijom u sprej sušioniku

Protok procesnog vazduha (V), 20 °C	12.7 m ³ /h
Koncentracija CO ₂ (x ₀)	12 zap. %
Ulazna temperatura vazduha (T _{gi})	300 kg/m ³
Izlazna temperatura vazduha (T _{ge})	150 mm
Rastvor za apsorpciju	10%NaOH, 5%Ca(OH) ₂
Protok rastvora za apsorpciju (V _a)	0.61 l/h
Efikasnost uklanjanja CO ₂ (η)	34%

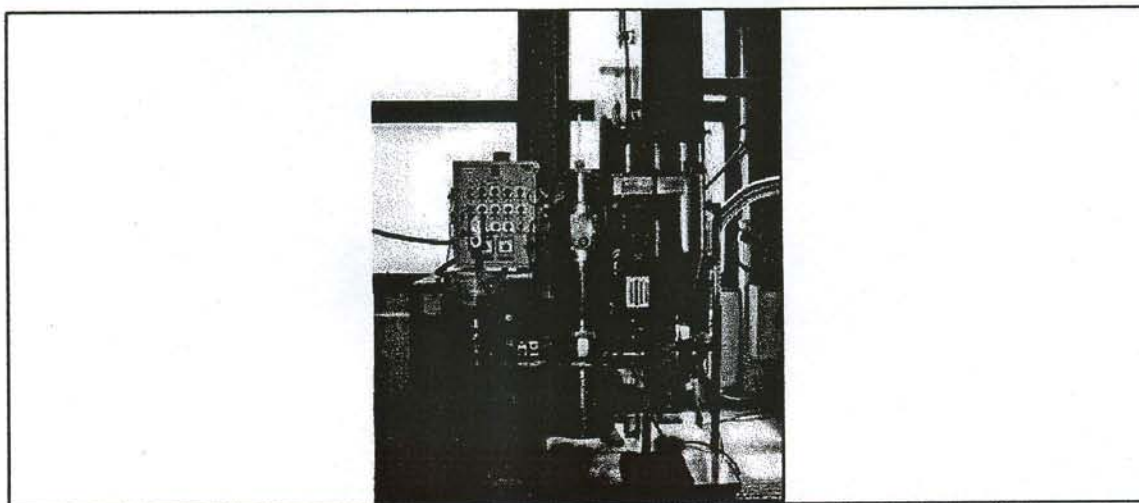
b) Opis tehničkog rešenja

Drugi razvijeni sistem za redukciju sadržaja CO₂ u emisionim gasovima bazira na primeni novog tipa isparivača sa fluidizovanim slojem inertnih čestica. Ovaj sistem je originalno namenjen za sušenje suspenzija i pasta, ali se može primeniti i u ovom slučaju.

Osnovna prednost isparivača („sušnice“) sa fluidizovanim slojem inertnih čestica u odnosu na sprej sušionik je velika kontaktna površina po jedinici zapremine uređaja, visoke vrednosti koeficijenata prelaza toplote i mase i znatno manji utrošak toplote po jedinici mase isparene tečnosti. Za ova ispitivanja izrađen je eksperimentalni sistem koji je šematski prikazan na slici 12. Glavni delovi sistema su fluidizaciona kolona prečnika 80 mm, sa inertnim staklenim sferama prečnika 1,2 mm. Procesni vazduh se usisava ventilatorom (7) i prolazi kroz električni predgrejač (3). Na izlazu iz fluidizacione kolone postavljen je ciklon (4) i vrećasti filter (5) za eliminaciju čestica kalcijum karbonata. Eksperimenti su izvođeni na sledeći način: po uključivanju ventilatora (7) i električnog predgrejača (3), podešavanjem ventila V1 doziran je CO₂ iz boce. Protok CO₂ je preko merača FI2 podešen tako da ulazna koncentracija CO₂ u sprej kolonu bude 12 zap.%. Pošto temperatura vazduha na ulazu dostigne vrednost od 150 °C (TIC1) uključena je peristaltička pumpa za rastvor, čiji je protok postepeno povećavan u skladu sa porastom temperature na ulazu u sprej kolonu. Kada temperatura na ulazu u sprej kolonu dostigne zadatu vrednost od 300 °C, protok peristaltičke pumpe je podešen na vrednost koja obezbeđuje konstantnu vrednost temperature na izlazu iz kolone (TIC2). U daljem radu sistem radi automatski budući da termokontroler TIC1 održava konstantnu temperaturu na ulazu u sprej kolonu, dok termokontroler TIC2 upravlja radom peristaltičke pumpe za rastvor održavajući temperaturu vazduha na izlazu iz fluidizacione kolone na zadatoj vrednosti od 150 °C.

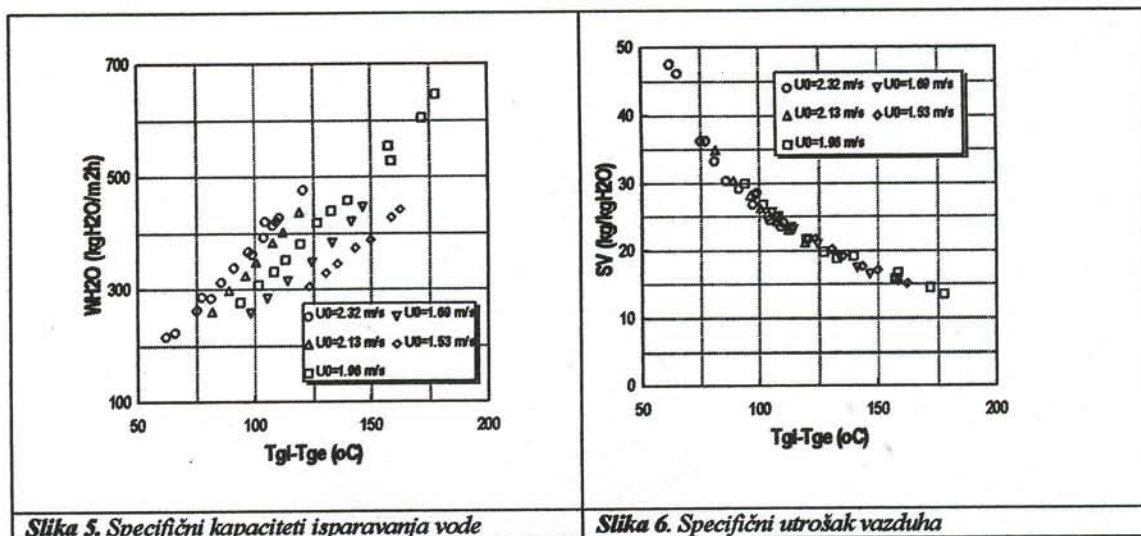


Slika 3. Eksperimentalni sistem za apsorpciju CO₂ sa fluidizovanim slojem



Слика 4. Фотографија експерименталног за апсорпцију CO_2 са флуидизованим слојем

Izvršena su detaljna fluido-dinamička ispitivanja i ispitivanja efikasnost isparavanja vode u ovom sistemu. Osnovni zaključak je da je isparivač sa fluidizovanim slojem inertnih čestica znatno efikasniji sistem u odnosu na sprej sušionik sa aspekta kapaciteta isparavanja i specifične potrošnje vazduha, što je ilustrovano eksperimentalnim podacima na slikama 5 i 6.



Слика 5. Специфични kapaciteti isparavanja vode

Слика 6. Специфични утрошак vazduha

Na osnovu ukupnog bilansa toplote postavljen je matematički model za kapacitet isparavanja u fluidizovanom sloju inertnih čestica

$$W_{H_2O} = \frac{G_{H_2O}}{A_c} = \frac{1}{A_c} \frac{G_v c_v (T_{gl} - T_{ge}) - Q_{gub}}{[(1-x)/x] c_m (T_{ge} - T_0) + c_{H_2O} (T_{ge} - T_0) + r_{H_2O}}$$

gde su: G_v i G_{H_2O} – maseni protoci vazduha i tečne faze vode, c_v c_{H_2O} – specifične toplote vazduha i vode r_{H_2O} – latentna toplota isparavanja, a Q_{gub} – toplotni gubici. Analiza eksperimentalnih podataka je pokazala da je ova relacija u saglasnosti sa merenjima u granicama od 10%.

Ispitivanja uklanjanja CO₂ u sistemu sa fluidizovanim slojem inertnih čestica vršena su na isti način kao i u sprej sušioniku, a rezultati su prikazani u tabeli 2. Postignuta je efikasnost uklanjanja CO₂ od 39%.

Tabela 2. Rezultati ispitivanja uklanjanja SO₂ apsorpcijom u fluidizovanom sloju inertnih čestica

Protok procesnog vazduha (V), 20°C	34 m ³ /h
Koncentracija CO ₂ (x ₀)	12 zap. %
Ulazna temperatura vazduha (T _{gi})	2610 kg/m ³
Izlazna temperatura vazduha (T _{ge})	130 mm
Rastvor za apsorpciju	10%NaOH, 5%Ca(OH) ₂
Protok rastvora za apsorpciju (V _a)	1.92 l/h
Efikasnost uklanjanja CO ₂ (η)	39%

Ispitivani sistem za uklanjanje CO₂ sa isparivačem u vidu fluidizovanog sloja inertnih čestica ima značajan potencijal za praktičnu primenu. Osnovna prednost ovog sistema u odnosu na sprej isparivač je znatno veći kapacitet po jedinici volumena uređaja (oko 5 puta) i približno 30% manji utrošak energije po jedinici isparene mase vode.

5. PRILOG - Ostali rezultati vezani za razvoj i primenu tehničkog rešenja

- Vladimir Adamović, Aleksandar Čosović, Zorica Lopičić, Jelena Avdalović, Tatjana Šoštarić, *Mogućnosti uklanjanja CO₂ u laboratorijskim uslovima*, IV Simpozijum „Reciklažne tehnologije i održivi razvoj“, 3.- 6.11.2009, Kladovo, Srbija, 500-504.

Naučnom Veću Instituta za tehnologiju
nuklearnih i drugih mineralnih sirovina

Beograd
Franša d Eperea 86

Predmet: Recenzija tehničkog rešenja «Laboratorijski uređaj za ispitivanje procesa uklanjanja CO₂ iz otpadnih gasova nastalih pri sagorevanju».

Tehničko rešenje namenjeno je uklanjanju CO₂ iz otpadnih gasova nastalih pri sagorevanju, korišćenjem poznatih fizičko hemijskih metoda, konstruisan kao novi sistem (M83), od autora:

Vladimira Adamovića, dipl. ing, istraživač saradnika,
mr Aleksandara Čosovića, dipl. ing, istraživač saradnika,
mr Tatjane Šoštarić, dipl. biolog, istraživač saradnika,
mr Jelene Avdalović, dipl. ing, istraživač saradnika i
Zorice Lopičić, dipl. ing, istraživač saradnika,

prezentirano je kroz 5 poglavlja na 8 strana:

1. Predmet
2. Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi i problem koji se rešava ovim tehničkim rešenjem
3. Stanje rešenosti problema u svetu
4. Opis i mogućnosti primene tehnološkog rešenja
5. Rezultati realizovanih istraživanja o efikasnosti uklanjanja CO₂ iz otpadnih gasova

U poglavlju 1. je istaknuto da je navedeno tehničko rešenje proisteklo angažovanjem autora u realizaciji projekta Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije (TR 21020).

U poglavlju 2. ukazano je na problem sve većeg zagađivanja vazduha ugljen dioksidom, koji neminovno nastaje u svim procesima oksidacije u životnoj sredini, a najviše u procesu sagorevanja fosilnih goriva. Što se tiče stanja na nacionalnom nivou, Kjoto protokol koji se odnosi na smanjivanje emisije gasova staklene bašte u koje spada i CO₂, obavezuje i našu zemlju da primeni mere za redukciju ovog polutanata. To iziskuje da se u urbanom razmišnja o smanjenju emisije ugljendioksida ili na uvođenju sistema za njegovo smanjenje na samom mestu nastajanja.

U poglavlju 3 napomenuto je da se u svetu nisu razvijali sistemi za njegovo uklanjanje, već su savremene strategije za **redukciju emisije CO₂**, obuhvatale, pre svega, primenu alternativnih goriva, konzervaciju energije i poboljšanje efikasnosti proizvodnje energije. Međutim, i pored toga, postoji veliki broj različitih tehnologija za uklanjanje CO₂ iz dimnog gasa, na izlazu iz sistema. Među ovim tehnologijama,

apsorpcija hemijskim rastvaračima je proučavana najviše i prihvaćena je kao najbolja i najekonomičnija metoda za redukciju emisije CO₂ iz dimnog gasa.

U poglavlju 4 dat je detaljan opis i karakteristike tehničkog rešenja, opis njegove realizacije i rezultati ispitivanja.

Uklanjanje CO₂ ispitivano je u sprej-sušioniku pod različitim procesnim uslovima i sa različitim apsorcentima u svrhu njegovog što efikasnijeg smanjenja u emisijama. Suština tehničkog rešenja je primena poznatog sprej sistema koji se može koristiti u procesu desulfurizacije dimnog gasa, a suština ovog procesa da se apsorpcija CO₂ vrši istovremeno sa stvaranjem inertnog ostatka uz isparavanje višta vode. Za ova ispitivanja izgrađen je eksperimentalni sistem koji je šematski prikazan na slici 1, dok je na slici 2. data slika laboratorijskog postrojenja. U tabeli 1. su dati rezultati ispitivanja uklanjanja CO₂ iz gasnog toka korišćenjem sprej-sušionika pri različitim procesnim karakteristikama procesa apsorpcije i stepenom njegovog uklanjanja.

Razvijeni sistem za redukciju sadržaja CO₂ u emisionim gasovima, opisan kao tehnološko rešenje, bazira na primeni novog tipa isparivača sa fluidizovanim slojem inertnih čestica. Ovaj sistem je originalno namenjen za sušenje suspenzija i pasta, ali se može primeniti i u ovom slučaju. Osnovna prednost isparivača („sušnice“) sa fluidizovanim slojem inertnih čestica u odnosu na sprej sušionik je velika kontaktna površina po jedinici zapremine uređaja, visoke vrednosti koeficijenta prelaza toplote i mase i znatno manji utrošak toplote po jedinici mase isparene tečnosti. Za ova ispitivanja izgrađen je eksperimentalni sistem koji je šematski prikazan na slici 3, dok je na slici 4 data slika uređaja na kojem su vršena ispitivanja. Osnovni zaključak je da je isparivač sa fluidizovanim slojem inertnih čestica znatno efikasniji sistem u odnosu na sprej sušionik sa aspekta kapaciteta isparavanja i specifične potrošnje vazduha, što je ilustrovano eksperimentalnim podacima na slikama 5 i 6.

Ispitivanja uklanjanja CO₂ u sistemu sa fluidizovanim slojem inertnih čestica vršena su na isti način kao i u sprej sušioniku, a rezultati su prikazani u tabeli 2. Postignuta je efikasnost uklanjanja CO₂ od 39%.

Zaključak i predlog

Tehničko rešenje «Laboratorijski uređaj za ispitivanje procesa uklanjanja CO₂ iz otpadnih gasova nastalih pri sagorevanju» predstavlja rezultat naučno istraživačkog rada njegovih autora. Navedeno tehničko rešenje je verifikovano kroz prihvaćene izveštaje o realizaciji projekta Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije u predhodnom periodu.

Dokumentacija tehničkog rešenja pripremljena je u skladu sa Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata koje je doneo Nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj (Sl.Gl.RS. 38/08), date su potrebne informacije o oblasti na koje se tehničko rešenje odnosi i koji se problem njegovom primenom rešava, sa osvrtom na stanje njegove rešenosti u svetu. Takođe su prikazana ispitivanja vezana za proces koji je predhodio razvoju tehničkog rešenja oko izbora sredstva za apsorpciju, njegove efikasnosti i preporuke za primenu.

Polazeći od značaja tehnološkog rešenja, a posebno njegove aktuelnosti sa aspekta zaštite životne sredine, predlažem Naučnom veću ITNMS da predloženo tehničko rešenje verifikuje i svrsta u kategoriju koju su predložili autori: M83 –novo

laboratorijsko postrojenje, novo eksperimentalno postrojenje, novi tehnološki postupak.

Recenzent

Arsenijević Zorana
Dr. Zorana Arsenijević
Viši naučni saradnik, IHTM,
Beograd

Beograd, 08.06.2010.

Naučnom Veću Instituta za tehnologiju
nuklearnih i drugih mineralnih sirovina

Beograd
Franša d Eperea 86.

Predmet: Recenzija tehničkog rešenja „Laboratorijski uređaj za ispitivanje procesa uklanjanja CO₂ iz otpadnih gasova nastalih pri sagorevanju“, autora Vladimira Adamovića, dipl. ing, istraživač saradnika, mr Aleksandara Čosovića, dipl. ing, istraživač saradnika, mr Tatjane Šoštarić, dipl. biolog, istraživač saradnika, mr Jelene Avdalović, dipl. ing, istraživač saradnika i Zorice Lopičić, dipl. ing, istraživač saradnika, prezentirano je na 8 strana u okviru 5 poglavlja.

U prvom poglavlju – «Predmet» navedeno je tehničko rešenje proisteklo angažovanjem njegovih autora u realizaciji projekta Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije. U drugom poglavlju «Oblast na koju se odnosi tehničko rešenje i problem koji se rešava ovim tehničkim rešenjem» ukazano je pre svega na ozbiljne probleme sve većeg zagađenja vazduha tipičnim i specifičnim zagađujućim gasnim polutantima iz tačkastih i linijskih izvora. Među polutantima koji za sada nemaju karakter zagađujućeg polutanta je ugljen dioksid, ali obzirom da je to gas koji učestvuje u stvaranju efekta „staklene bašte“ spada u grupu zagađujućih gasove čija će se emisija kontrolisati. Ta kontrola bi trebalo da nastane na samom izvoru njegove emisije, kroz smanjenje emitovane količine u vazduh. Imajući to na umu predloženo tehničko rešenje bi na bazi domaćih razvojnih tehnologija omogućilo efikasnije upravljanje emisijom ugljendioksida u većini tehnogenih sistema. Što se tiče stanja na nacionalnom nivou, Kjoto protokol koji se odnosi na smanjivanje emisije “gasova staklene bašte” u koje spada i CO₂, u periodu od 2008 do 2012. godine, obavezuje i našu zemlju da primeni mere za redukciju ovog polutanta.

U trećem poglavlju – «Stanje rešenosti problema u svetu» navedeno je da, obzirom da ugljen dioksid do sada nije smatran zagađivačem, nisu razvijani sistemi samo za njegovo uklanjanje, već su savremene strategije za redukciju emisije CO₂, obuhvatale, pre svega, primenu alternativnih goriva, konzervaciju energije i poboljšanje efikasnosti proizvodnje energije. Međutim, i pored toga, postoji veliki broj različitih tehnologija za uklanjanje CO₂ iz dimnog gasa, na izlazu iz sistema. Neke od tih tehnologija su fizička adsorpcija, apsorpcija hemijskim rastvaračima, kriogena separacija, membranska separacija, mineralna sekvestracija i biološka fiksacija. Među ovim tehnologijama, apsorpcija hemijskim rastvaračima je proučavana najviše i prihvaćena je kao najbolja i najekonomičnija metoda za redukciju emisije CO₂ iz dimnog gasa.

U poglavlju četiri – «Opis i mogućnosti primene tehničkog rešenja», dat je detaljan opis i karakteristike tehničkog rešenja i kako je realizovan. Izradnji laboratorijskog postrojenja su predhodila ispitivanja izbora rastvora za apsorpciju. Eksperimentalnim putem je utvrđeno da je, od apsorpcionih rastvodra koji su ispitivani

(Ca(OH)₂, NaOH i Ba(OH)₂), najpogodniji apsorpcioni rastvor 10% tež. Ca(OH)₂ + 5% tež. NaOH, jer je sa njim postignuta najbolja efikasnost uklanjanja.

U prvoj fazi istraživanja ispitane se karakteristike sprej-sušionika pod različitim procesnim uslovima i sa različitim apsorcentima u svrhu što efikasnijeg uklanjanja ugljen dioksida.

Sušćina primene poznatog sprej sistema koji se može koristiti u procesu desulfurizacije dimnog gasa, je da se apsorpcija CO₂ vrši istovremeno sa stvaranjem inertnog ostatka uz isparavanje viška vode. Za ova ispitivanja izgrađen je eksperimentalni sistem koji je šematski prikazan na slici 1, dok je na slici 2. data slika laboratorijskog postrojenja. Glavni delovi sistema su sprej kolona sa dodatnim pratećom opremom kako je opisano u Izveštaju.

U tabeli 1. su dati rezultati ispitivanja uklanjanja CO₂ iz gasnog toka korišćenjem sprej-sušionika pri različitim procesnim karakteristikama procesa apsorpcije i stepenom uklanjanja CO₂.

Predloženo tehničko rešenje za redukciju sadržaja CO₂ u emisionim gasovima bazira na primeni novog tipa isparivača sa fluidizovanim slojem inertnih čestica. Ovaj sistem je originalno namenjen za sušenje suspenzija i pasta, ali se može primeniti i u ovom slučaju. Osnovna prednost isparivača („sušnice“) sa fluidizovanim slojem inertnih čestica u odnosu na sprej sušionik je velika kontaktna površina po jedinici zapremine uređaja, visoke vrednosti koeficijenta prelaza toplote i mase i znatno manji utrošak toplote po jedinici mase isparene tečnosti. Za ova ispitivanja izgrađen je eksperimentalni sistem koji je šematski prikazan na slici 3. Glavni delovi sistema su fluidizaciona kolona prečnika 80 mm, sa inertnih staklenim sferama prečnika 1,2 mm.

Izvršena su detaljna fluido-dinamička ispitivanja i ispitivanja efikasnost isparavanja vode u ovom sistemu. Osnovni zaključak je da je isparivač sa fluidizovanim slojem inertnih čestica znatno efikasniji sistem u odnosu na sprej sušionik sa aspekta kapaciteta isparavanja i specifične potrošnje vazduha, što je ilustrovano eksperimentalnim podacima na slikama 5 i 6.

Ispitivanja uklanjanja CO₂ u sistemu sa fluidizovanim slojem inertnih čestica vršena su na isti način kao i u sprej sušioniku, a rezultati su prikazani u tabeli 2. Postignuta je efikasnost uklanjanja CO₂ od 39%.

Ispitivani sistem za uklanjanje CO₂ sa isparivačem u vidu fluidizovanog sloja inertnih čestica ima značajan potencijal za praktičnu primenu. Osnovna prednost ovog sistema u odnosu na sprej isparivač je znatno veći kapacitet po jedinici volumena uređaja (oko 5 puta) i približno 30% manji utrošak energije po jedinici isparene mase vode.

Zaključak i predlog

Predloženo tehničko rešenje predstavlja rezultat naučno istraživačkog rada njegovih autora, koji je verifikovan kroz prihvaćene izveštaje o realizaciji projekta Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

Tekstualna dokumentacija tehničkog rešenja pripremljena je u skladu sa Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata koje je doneo Nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj (Sl.Glasnik RS. 38/08). Date su potrebne informacije o oblasti na koje se tehničko rešenje odnosi i koji se problem njegovom primenom rešava, sa osvrtom na stanje njegove

rešenosti u svetu. Takođe su prikazana ispitivanja vezana za proces koji je prethodio razvoju tehničkog rešenja oko izbora sredstva za apsorpciju, njegove efikasnosti i preporuke za primenu.

Imajući u vidu kvalitet izvršenih ispitivanja i kvalitet predloženog tehničkog rešenja, a posebno aktuelnost rešavanja smanjenja emisije ugljendioksida iz stacionarnih izvora, sa aspekta zaštite životne sredine, predlažem Naučnom veću ITNMS da predloženo tehničko rešenje verifikuje i svrsta u kategoriju koju su predložili autori: M83 – novo laboratorijsko postrojenje, novo eksperimentalno postrojenje, novi tehnološki postupak.

Recenzent



Prof. Dr. Željko Grbavčić,
Tehnološko-metalurški fakultet,
Beograd

Beograd, 2.06.2010.

A.D. PUTEVI ČAČAK

Ul. 600 br.2
32000 Čačak / Srbija
www.strabag.com

Tel. +381 (0)32 374 - 590
Fax. +381 (0)32 374 - 593
e-mail: putevi.cacak@strabag.com

STRABAG**Predmet: Ocena korisnika istraživanja**

Firma „Putevi“ – Čačak je korisnik istraživanja rezultata projekta TR 21020 „Razvoj postupaka, metoda i materijala za prečišćavanje otpadnih industrijskih gasnih tokova i praćenje uticaja na životnu sredinu“, koji se realizuje u periodu 2008-2010. godine. U toku ispitivanja, koja su delom sprovedena i u našoj firmi, korišćena su i tehnička rešenja: „Materijal na bazi prirodnog zeolita namenjen za izdvajanje azot monoksida iz otpadnih gasova“ i „Laboratorijski uređaj za ispitivanje procesa uklanjanja CO₂ iz otpadnih gasova nastalih pri sagorevanju“ koja su nastala kao rezultat rada na ovom projektu. Ovim putem izražavamo interesovanje za korišćenje rezultata tih ispitivanja i podržavamo nastavak rada na projektu i u 2010. godini.

Ujedno izražavamo spremnost za učestvovanjem u participaciji u novcu za produžetak realizacije programa istraživanja.

Čačak, 22. 04. 2010.

Direktor

Dragan Ršumović, dipl. ing. građ