Rezultati ispitivanja efikasnosti suvog odsumporavanja dimnih gasova iz kotlova na ugalj malog kapaciteta

RIJAD R. ŠIŠI, Univerzitet u Tuzli,

Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Tuzla, Bosna i Hercegovina

ZEHRUDIN I. OSMANOVIĆ, Univerzitet u Tuzli,

Tehnološki fakultet, Tuzla, Bosna i Hercegovina

EDIN F. DELIĆ, Univerzitet u Tuzli,

Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Tuzla, Bosna i Hercegovina

ZVJEZDAN M. KARADŽIĆ, Univerzitet u Tuzli,

Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Tuzla, Bosna i Hercegovina

MERIM M. ALIĆ, JP Elektroprivreda BiH,

ZD Rudnici „Kreka“ u Tuzli

Prethodno saopštenje

UDC: 66.074.37:621.311.22

DOI: 10.5937/tehnika1601043S

Energetska postrojenja, kao što su kotlovi na ugalj, emituju u atmosferu dimne gasove koji sadrže vrste estice i gasove nastale u procesu sagorevanja uglja. Jedan od najopasnijih emitovanih polutanata je svakako sumpor(IV)oksid, te je zato smanjenje emisije sumpor(IV)oksida postalo zakonska obaveza. Do sada najuspešnija metoda redukcije sadržaja sumpor(IV)oksida u produktima sagorevanja je injektiranje kretnjaka ili kretnja u produkte sagorevanja i obezbeđenje uslova za reakciju izmeđ u injektiranog kretnja i sumpor(IV)oksida iz produkata. U ovom radu su obrađeni rezultati merenja efikasnosti procesa suvog odsumporavanja dimnih gasova nastalih prilikom sagorevanja uglja u kotlu snage 2.000 kW.

Ključne reči: odsumporavanje dimnih gasova, suvi postupak, redukcija sumpor(IV)oksid

1. UVOD

Sumpor u prirodnom vrstom gorivu može da se javi u tri oblika [1]:

- organski sumpor, vezan sa drugim elementima goriva u obliku složenih jedinjenja;
- piritni sumpor, koji se javlja u vidu jedinjenja pirit (FeS₂);
- sulfatni i sulfitni sumpor, koji se javlja u gorivu u obliku soli sumporne i sumporaste kiselina (FeSO₄ i FeSO₄).

Pri sagorevanju sumpor zajedno sa ugljenikom i vodonikom učestvuje u transferu toplote, stvaraju i sumpor (IV) oksid SO₂ i sumpor (VI) oksid, SO₃ s oko 10,5 MJ/kg energije. Sumpor je nepoželjan u gorivu jer produkti njegovog sagorevanja štetno deluju na elemente kotlovskog postrojenja i zagađuju okolinu [1].

Adresa autora: Rijad Šišić, Univerzitet u Tuzli, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Tuzla, Univerzitet-ska 2, Bosna i Hercegovina

Rad primljen: 09.09.2015.

Rad prihvaćen: 30.11.2015.

Količina emitovanog SO₂ zavisi od sadržaja sumpora u uglju, sadržaja alkalnih komponenata koje se mogu vezati za sumpor (da bi se izdvojio zajedno sa pepelom i šljakom) i sadržaja SiO₂, koji može delovati inhibitorски i temperature u ložištu. Sulfati predstavljaju jedinjenja sa velikim sadržajem kiseonika. Sumpor iz sulfata ne može da gori. Sumpor prisutan u gorivu u obliku pirit ili organski sumpor delimično ili potpuno sagorevaju.

Slobodni ili organski sumpor u najvećem delu sumpora u uglju i u procesu sagorevanja većim delom prelazi u SO₂, a manjim delom u SO₃. Vezani sumpor tokom sagorevanja ostaje najvećim delom u šljaci i pepelu. Sagorevanjem uglja dolazi do vezivanja sumpora za kalcijum oksid, CaO. Ispitivanjima je utvrđeno da se stepen vezivanja sumpora za CaO povećava s povećanjem molarnog odnosa Ca/S. Temperatura u ložištu predstavlja takođe bitan faktor koji utiče na emisiju SO₂ [1].

Za iskazivanje koristi od ugradnje postrojenja za odsumporavanje dimnih gasova, moguće je emisiju analizirati kao uticaj na ljudsko zdravlje. Smanjenje životnog veka u Bosni i Hercegovini usled delovanja

štetnih jedinjenja iz emitovani dimnih gasova a posebno emisije SO_2 je 6 meseci, dok je EU (27) prosek 8,5 meseci [2].

2. SUVO ODSUMPORAVNJE DIMNIH GASOVA

Promatraju i s aspekta jednostavnosti procesa i odnosa uloženog novca i dobijenog reduksijskog efekta, radi se o najjeftinijoj metodi za odsumporavanje dimnih gasova [3]. Poznato je da se deo sumpor (IV) oksida koji nastaje sagorevanjem sumpora iz uglja veže, ve u ložištu, za bazne okside, posebno Ca, koji su prisutni u gorivu. Ova reakcija prirodnog odsumporavanja karakteristi na je za lignite koji imaju visoku u eš e Ca.

Metoda suvog odsumporavanja se zasniva na dodavanju kalcijuma u ložište, koji vezuje sumpor (IV) oksid, grade i CaSO_4 . Kalcijum, kao sorbent, može se dovoditi u razli itim oblicima, kao kre , hidratizani kre i kre njak. Jedan od najbitnijih parametara koji uti e na postignuti stepen vezivanja sumpora je temperatura u zoni u koju se sorbent uvodi.

Dosadašnja iskustva su pokazala da je vrlo povoljan opseg temperatura u zoni u koju se ubacuje kre njak 950-1150 °C, što su upravo temperature koje su izmerene u ložištima za lignit. Previsoka temperatura može prouzrokovati topljenje estica sorbenta i intenzivnu reakciju CaO sa mineralima koje sadrži uglj [3].

Na osnovu molarnog odnosa Ca/S u uglju može se odrediti stepen vezivanja sumpora. Mehanizam vezivanja sumpora za alkalne spojeve se poja va ukoliko se ovi spojevi dodaju uglju. Doziranje sorbenta može se vršiti na slede e na ine [3]:

- direktnim mešanjem sa ugljem,
- injektiranjem u ložište, u zoni plamena,
- injektiranjem u ložište, iznad zone plamena.

Slika 1 - Uproš ena šema kotlovskog postrojenja sa tokovima dodavanja i izdvajanja vrstih materijala Na efikasnost odsumporavanja ovim postupkom uti u i [4] :

- koli ina dodanog sorbenta,
- kvalitet mlevenja sorbenta,

- sadržaj alkalnih metala u sorbentu,
- sadržaj alkalnih metala u pepelu,
- vreme boravka (kontakta) sorbenta sa dimnim gasovima u ložištu, i
- homogenost mešanja sorbenta sa dimnim gasovima.

Optimizacijom uticajnih faktora i ubacivanjem kre njaka može se postić i stepen vezivanja sumpora do maksimalno 70%. U cilju pove anja stepena odsumporavanja uvodi se dodatna koli ina sorbenta, kre a ili hidratizanog kre a, u zonu iznad gorionika. Potrebna koli ina sorbenta se odre uje iz molarnog odnosa Ca/S. Naime, ustanovljena je zavisnost stepena vezivanja sumpora od odnosa Ca/S, kao što je prikazano na slici 2 [4].

Slika 2 - Stepenski odsumporavanja u zavisnosti od odnosa Ca/S i temperature u kotlu [4](Plava kriva prikazuje stepenski odsumporavanja za temperaturu u kotlu od 800 do 1100°C, a žuta za uslove sagorevanja uglja u TE Stanari temperatura je oko 1200°C)

Nedostatak metode dodavanja suvog sorbenta je mogućnost zaprljanja (one iš enja) grejnih površina kotla, kao i porast koncentracije estica u dimnim gasovima. Za molarni odnos Ca/S = 1, potrebno je dodati na 1 kg sumpora u uglju 3,5 kg kre njaka [4].

Tabela 1. Parametri delovanja sistema injektiranja reagensa u ložište [3]

Tehnologija odsumporavanja	Stepen uklanjanja SO_2	Parametri delovanja	
		Parametar	Vrednost
Injektiranje reagensa u ložište	30-50 %	Radna temperatura	950-1150°C
		Reagens	Kre
		Potrošnja energije	0,01-0,2 % kapaciteta
		Pad efikasnosti kotla	2 %
		Pouzdanost	99,9 %
		Otpad	Mešavina kalcijumovih soli

Pri molarnom odnosu Ca/S 4 - 5 i optimalnom vu enju procesa injektiranja kre njaka može se posti i 50%-tno vezivanje/uklanjanje SO₂. Efikasnost uklanjanja SO₂ kao i efikasnost iskoriš enja kre njaka su niže nego kod drugih procesa odsumporavanja [4]. U tabeli 1. dati su neki od parametara delovanja ovog procesa [3].

3. EKSPERIMENT SUVOG ODSUMPORAVANJA

Pri izvo enju eksperimenta neophodno je provesti slede e aktivnosti:

- Odabrati poligon – kotlarnica za eksperiment suvog odsumporavanja dimnih gasova.
- Analizirati uglj.
- Analizirati emisije dimnih gasova bez odsumporavanja pomo u ure aja za monitoring emisije dimnih gasova.
- Izmeriti temperature u ložištu, laserskim termometrom.
- Prora unati parametre suvog odsumporavanja dimnih gasova.
- Uporediti emisiju SO₂, sa i bez odsumporavanja dimnih gasova.
- Izvršiti analizu eksperimenta.

3.1. Poligon eksperimenta

Za poligon eksperimenta izabran je kotao JP „Horizontala“ Živinice toplotne snage 2.000 kW, koji se koristi za grejanje stambenih zgrada u gradu Živinice.

Na slici 3 data je šema mjerenja na odabranom kotlu. Kre u prahu je injektiran pod pritiskom direktno u ložište, u prostor iznad plamena.

Slika 3 - Na in merenja temperature, pritiska i dimnih gasova na ulazu u dimnjak pomo u analizatora dimnih gasova MRU- Air "VARIOPLUS" i temperature u ložištu pomo u laserskog termometra

3.2. Analiza uglja

Analiza koriš enog uglja, sa sadržajem sumpora, izvršena je u Laboratoriji za kontrolu kvaliteta uglja u Sektoru za kontrolu kvaliteta uglja JP Elektroprivreda ZD Rudnici Kreka. U tabeli 2 prikazani su rezultati

analize mrkog uglja Rudnika „Banovi i“ sa sadržajem sumpora u uglju. U ovom opitu koriš en je uglj sortimana "grah" krupno e 5-15 mm.

Tabela 2. Rezultati analize uglja

Sortiman	Grah
Veli ina zrna, mm	5-15
Sadržaj podzrna, %	8
Sadržaj jalovine, %	-
Sadržaj ukupne vlage, %	25,22
Sadržaj pepela, %	10,54
Sadržaj sagorelog sumpora, %	0,84
Sadržaj ukupnog sumpora %	1,82
Sadržaj vodonika, %	3,12
Donja toplotna vrednost, kJ/kg	17.585

3.3. Rezultati merenja i prora un efikasnosti suvog odsumporavanja

Merenje koncentracije SO₂ u dimnim gasovima na izlazu iz kotla izvršeno je pomo u prenosnog analizatora dimnih gasova MRU - Air "VARIOPLUS"

Tabela 3. Tehni ke karakteristike analizatora dimnih gasova MRU - Air "VARIOPLUS"

Naziv senzora-karakteristike	Merni opseg
Broj elektrohemijskih senzora	6
Senzor za O ₂	0 - 21 vol.%
Senzor za CO	0 - 10 %
Senzor za NO	0 - 5000 ppm
Senzor za NO ₂	0 - 1000 ppm
Senzor za SO ₂	0 - 5000 ppm
Senzor za H ₂	0 - 2 %
Senzor za H ₂ S	0 - 500 ppm
Senzor za CO ₂	0 - 20% / 40 %
Senzor za CO	0 - 30000 ppm / 10 %
Senzor za HC (metan)	0 - 30000 ppm
Senzor za HC (propan):	0 - 5000 ppm / 10000 ppm
Opseg temperature	+650 - +1100°C
Opseg pritiska/potpritiska	-100 - +100,00 mbar
Integrirani brzi termopisa	za ispis podataka
Pohrana podataka	do 7500 mernih setova

Tabela 4. Koncentracija SO_2 i prora unati stepen korisnosti suvog odsumporavanja na izlazu iz ložišta sa injektiranjem kre a

S _{uk} 1,82 %	S _{sag} 0,84 %	Koncentracija SO ₂ bez odsumporavanja C_{so_2} 1.5800 mg/m ³	Temp. u ložištu T ₁ 500 °C	Koncentracija SO ₂ i prora unati stepen korisnosti suvog odsumporavanja na izlazu iz ložišta sa injektiranjem kre a							
Koli ina injektiranog kre a CaO, [kg]				1	2	3	4	5	6	7	8
Koncetracija SO ₂ na izlazu iz ložišta sa injektiranjem kre njaka $C_{so_2} [mg / m^3]$				912	694	431	255	218	201	197	174
Stepen efikasnosti suvog odsumporavanja $y = \left[1 - \frac{C_{so_2} izl}{C_{so_2}} \right] [\%]$				42,56	56,29	72,85	83,9 4	86,27	87,34	87,59	89,04

Na osnovu rezultata merenja koncentracije SO_2 na izlazu iz ložišta izvršen je prora un uticaja koli ine injektiranog CaO u ložište na stepen efikasnosti procesa suvog odsumporavanja.

Na slici 4 grafi ki je prikazana prora unata efika-
snost odsumporavanja u zavisnosti od koli ine doda-
nog kre a.

Slika 4 - Dijagram efikasnosti procesa suvog odsumporavanja u zavisnosti od koli ine injektiranog CaO

4. ZAKLJU AK

Prilikom sagorevanja mrkog uglja Banovi i, iji je faktor emisije SO_2 1 tona uglja ÷ 30 kg SO_2 , u procesu suvog odsumporavanja dimnih gasova na 200 kg uglja neophodno je potrošiti oko 10 kg CaO.

U ovom eksperimentu, usled postepenog injektiranja kre a, stepen efikasnosti procesa suvog odsumporavanja se kretao od 42,56 % do 89,04 %, što name e zaklju ak da je mogu e eliminisati SO_2 i iz dimnih gasova i do 90 %.

Kao „nus“ pojava injektiranja CaO u ložište javlja se pad temperature i efikasnosti kotla.

LITERATURA

- [1] Srivastava, R. K, Jozewicz, W, Singer. C, SO_2 Scrubbing Technologies: A Review, Environmental Progress, Vol. 20, No. 4, pp.219-228, Dec. 2001.
- [2] M. Khan, Prediction of sulphur distribution in products during low temperature coal pyrolysis and gasification Fuel, Volume 68, Issue 11, Pages 1439–1449, November 1989.
- [3] Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants, European Commission, July 2006,
- [4] Kneževi A, Mati , I, Tanaskovi M., Mili i D, Studija uticaja na životnu sredinu termoelektrane, Stanari, IPSA Institut Sarajevo, 2007,
- [5] Directive 2001/80/EC on limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants, Official journal of European communities L 309, oktobar 2001.

SUMMARY

RESULTS OF TESTING THE EFFICIENCY OF DRY FLUE GAS DESULPHURIZATION OF COAL-FIRED BOILERS OF SMALL CAPACITY

Power plants, such as coal boilers, emit flue gases containing solid particles and gases resulting from the combustion of coal. One of the most dangerous pollutants emitted is certainly sulfur dioxide. Therefore, the reduction of emissions of sulfur dioxide has become a legal obligation. So far the most successful method of reducing the content of sulfur dioxide in the combustion products leaving the environment is injecting limestone or lime in combustion and to provide conditions for the reaction between the injected lime and sulfur dioxide from combustion products still in the combustion chamber. This method has been successfully used in thermal power plants to coal. This paper deals with the possibility of introducing the process of dry flue gas desulphurization created during coal combustion in boilers of smaller

Key words: *flue gas desulphurization, dry process, the reduction of sulfur dioxide, injecting Ca*