

**ANALIZA EFEKATA ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA ZA
KONTROLU EMISIJE PRAŠINE U TEHNOLOGIJI PROIZVODNJE
SINTERA**

**ANALYSIS OF EFFECTS OF THE TECHNICAL SYSTEMS
MAINTENANCE FOR EMISSION CONTROL DUST IN SINTER
PRODUCTION TECHNOLOGY**

Šefket Goletić
Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici
Fakultetska 1, 72000 Zenica, BiH

Mustafa Imamović
Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici
Fakultetska 1, 72000 Zenica, BiH

Nusret Imamović
Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici
Fakultetska 1, 72000 Zenica, BiH

REZIME

U procesu sinterovanja željezne rude nastaje sinter kao osnovni proizvod te velika količina prašine i drugih polutanata, koji opterećuju životnu sredinu, posebno zrak i vodu. Sinterovanje je okrupnjavanje sitnozrnastih ruda u čvrstu i poroznu masu, zagrijavanjem do temperature površinskog topljenja zrna. Primjenjuje se u pripremi željezne rude prije topljenja u visokoj peći.

U ovom radu je izvršena analiza postignutih rezultata smanjivanja emisije prašine i opterećivanja životne sredine supstitucijom vodenih aspiraciono-tehničkih sistema sa efikasnijim vrećastim filterima, te sanacijom i poboljšanjem efikasnosti postojećih elektrostatskih precipitatora, kao i obezbjeđenjem efikasnijeg sistema održavanja ovih tehničkih sistema za otprašivanje. Zamjenom vodenih aspiraciono-tehničkih sistema sa vrećastim filterima emisija prašine je smanjena za preko 13 put i to sa 110 na svega 8,5 t/g, a tehničkom sanacijom i poboljšanjem održavanja i funkcionisanja elektrostatskih precipitatora emisija prašine je smanjena za cca 2 puta.

Ključne riječi: tehnički sistemi za otprašivanje, emisija prašine, sinterovanje.

SUMMARY

In the process of sintering iron ore is produced the sinter as the main product and a large amount of dust and other pollutants, which loading the environment, particularly air and water. Sintering is a consolidation of fine grained ore in solid and porous mass, heating to the melting temperature of the surface grains. It is used in the preparation of iron ore before smelting in blast furnace.

In this paper, the analysis of the results achieved to reduce dust emissions and load on the environment by substituting water aspiration - technical systems with more efficient bag filters, as well as regeneration and improvement of the efficiency of the existing electrostatic precipitators, as well as the provision of a more efficient system of maintenance of these technical systems for dust removal. Substituting water aspiration - technical systems with a bag filter dust emission is reduced over 13 times, the final 110 to only 8.5 tons per year, and technical regeneration and improvement of the maintenance and operation of electrostatic precipitators dust emission is reduced approximately 2 times.

Key words: technical systems for dust removal, dust emission, sintering.

1. UVOD

U tehnologiji proizvodnje sintera produkuju se velike količine prašine koja snažno ugrožava kvalitet zraka i drugih sastavnica okoliša u široj okolini pogona za proizvodnju sintera ukoliko se emisije prašine ne kontrolišu prijenom tehničkih i tehnoloških mjera za smanjivanje i kontrolu emisija [1]. Čestice prašine sadrže različite teške metale (Pb, Cd, Cr, Ni, Zn, Cu, i dr.), PAH, PCB i mnoge druge toksične i štetne materije, koje mogu uzrokovati višestruke posljedice u životnoj sredini, ugroziti zdravlje ljudi i stabilnost ekosistema ukoliko se njihova emisija ne kontroliše primjenom efikasnih tehničkih sistema i tehnoloških postupaka [2]. Zato je vrlo važno da se izvori emisija u zrak u procesu proizvodnje sintera kontrolišu kako bi se iste minimizirale u cilju očuvanja kvaliteta životne sredine, zdravlja ljudi i stabilnosti ekosistema. Danas su na raspolaganju veoma efikasni tehnički sistemi i tehnološki postupci (baziranih na čistijoj proizvodnji) za kontrolu i minimiziranje emisija čestica prašine u procesu sinterovanja metalnih ruda [3,4].

U ovom radu je analizirana efikasnost vodenih aspiraciono-tehničkih sistema za otprašivanje i konstastovano je da ovi tehnički sistemi imaju nezadovoljavajuću efikasnost, jer koncentracija prašine iza ovih sistema značajno prelazi dozvoljene granične vrijednosti. Zbog toga su ovi tehnički sistemi zamijenjeni sa visokoeffikasnim vrečastim filterima, čijom primjenom je emisija prašine značajno smanjena ispod dozvoljenih graničnih vrijednosti. Isto tako u ovom radu su prikazani i efekti smanjivanja emisije prašine modifikacijom i primjenom kvalitetnijeg sistema kontrole i održavanja elektrostatskih precipitatora.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE TEHNOLOGIJE PROIZVODNJE SINTERA

Proces proizvodnje sintera je ukupnjavanje sitnih željeznih ruda, koji se koristi kao osnovna sirovina za proizvodnju gvožđa u visokoj peći. Suština procesa sinterovanja je da se nakon potpaljivanja mješavine (plinskim gorivom), metodom prosisavanja zraka vrši sagorijevanje koksa, gdje nastaju visoke temperature koje omogućuju proces sinterovanja ruda metala. Tehnologija sinterovanja je termički proces i odvija se na temperaturama početka topljenja rude 1200 - 1400 °C, čime se omogućava povezivanje sitnih rudnih zrna dodataka i topitelja u čvrsti komadasti aglomerat. Kod tako visokih temperatura dolazi do kemijskih, strukturnih i mineraloških promjena i poboljšanja metalurških osobina dobijenog sintera. Tehnološki proces proizvodnje sintera odvija se u okviru slijedećih tehnoloških operacija:

- istovar i uskladištenje sirovina, dodataka i koksa,
- drobljenje krečnjaka i koksa,
- doziranje rudnih sirovina, dodataka i koksa,
- primarno i sekundarno miješanje sirovina,
- sinterovanje,
- hlađenje, drobljenja, sortiranje i transport sintera.

Proizvod tehnologije sinterovanja je sinter, koji se koristi kao osnovna sirovina za proizvodnju gvožđa u visokoj peći.

U tehnologiji proizvodnje sintera kontinuirano se emituju velike količine prašine u svim tehnološkim fazama i operacijama i to prilikom [5]:

- istovara i skladištenja sirovina, dodataka i koksa,
- drobljenja krečnjaka i koksa,
- transporta i doziranja rudnih sirovina, dodataka i koksa,
- primarnog i sekundarnog miješanja sirovina, dodataka i koksa,
- sinterovanja sirovina,
- hlađenja, drobljenja, sortiranja i transporta sintera.

Emitovana prašina sadrži različite teške metale (Pb, Cd, Cr, Ni, Zn, Cu, i dr.) i mnoge druge toksične i štetne materije. Prema tome, ukoliko se emisije prašine iz tehnologije proizvodnje sintera ne bi kontrolisale u smislu njihovog smanjivanja ispod dozvoljenih graničnih vrijednosti, uzrokovale bi se višestruke posljedice u životnoj sredini, ugrozilo bi se zdravlje ljudi i narušila bi se stabilnost ekosistema, kao i biodiverzitet, sa nepredvidivim ekološkim i ekonomskim posljedicama. Primjenom efikasnih tehničkih sistema i tehnoloških postupaka emisije prašine i drugih polutanata se mogu smanjiti značajno ispod dozvoljenih graničnih vrijednosti u okolinski prihvatljive okvire, što podrazumijeva usklađivanje procesa proizvodnje sintera sa očuvanjem ambijentalnog kvaliteta životne sredine, te zdravlja ljudi i stabilnosti ekosistema. Obično se u pogonima za proizvodnju sintera primjenjuju kombinovani tehnički sistemi za kontrolu emisija u zrak (cikloni, vrećasti filteri, elektrostatski precipitator i dr.) i tehnološki procesi po principima čistije proizvodnje (npr. zatvaranje aglomazina u oklopnike, niži sloj koksa, optimizacija sagorijevanja, kontrola fugalnih emisija, i dr.).

3. ODRŽAVANJE TEHNIČKIH SISTEMA ZA OTPRAŠIVANJE U CILJU SMANJIVANJA I KONTROLE EMISIJE PRAŠINE

U toku pripreme i transporta rudnih sirovina, dodataka i aglomerata nastaju velike količine prašine koja se kontrolisano sakupljala i izdvajala u vodenim aspiraciono-tehničkim sistemima za prečišćavanje, tipa skruber, propuštanjem otpadnog zraka sa velikim sadržajem prašine kroz vodu zavjesu u skruberima. Prečišćeni zrak se ispuštao preko ventilatora i dimnjaka u okolni atmosferski vazduh, a prljava tehnološka voda se odvodila u uređaje u kojima se prečišćavala i ponovo koristila u skruberima (zatvoreni sistem). Nastali mulj se nakon isušivanja vraćao u proces sinterovanja. Ovi tehnički sistemi za otprašivanje su zbog niže efikasnosti otprašivanja, tehnoloških problema (čestog zapušanja vodenih mlaznica, zamrzavanja vodenih instalacija i sl.), kompleksnog održavanja, većih ekonomskih troškova za njihovo funkcionisanje i održavanje, te onečišćenja drugog medija (vode) i veće potrošnje vode u toku 2013. godine zamijenjeni sa znatno efikasnijim, tehnološki prikladnijim i ekonomičnijim vrećastim filterima.

U Table 1 su prikazani podaci o instalisanom kapacitetu i rezultatima mjerenja efikasnosti vodenih aspiraciono-tehničkih uređaja (ATU), odnosno skrubera. Efikasnost ovih tehničkih uređaja za kontrolu emisije prašine je provjeravana periodično mjerenjem koncentracija prašine iza svakog skrubera, na dimnjaku korištenjem mjernog uređaja za određivanje koncentracije čvrstih čestica u struji otpadnih plinova (gravimetra) "SICK GRAVIMAT", tip SHC501, koji radi po referentnoj mjernoj metodi propisanoj standardom ISO 9096 (Emisije iz stacionarnih izvora - Ručno određivanje masene koncentracije čvrstih čestica). Kod ove metode, nakon ekstrakcije, odnosno terenskog mjerenja putem navedenog instrumenta, direktnim vaganjem se određuje masa čestica iz uzetog uzorka strujeće smjese.

Granična vrijednost za emisiju prašine iz pogona za sinterovanje metalne rude je 50 mg/m^3 , prema odredbama Pravilnika o graničnim vrijednostima emisije zagađujućih materija u zrak ("Službene novine Federacije BiH", broj: 12/05).

Uoprednom analizom izmjerenih vrijednosti emisije prašine iz navedenih ATU sistema i dozvoljenih granične vrijednosti jasno se vidi da je emisija prašine značajno veća od granične vrijednosti (emisionog standarda), koja iznosi 50 mg/m^3 . Emisija prašine je na pojedinim ATU sistemima bila veća do 12 puta od granične vrijednosti.

Tabela 1. Pregled podataka o instaliranim kapacitetima i rezultatima mjerenja efikasnosti ATU sistema u odjeljenjima pripreme i transporta rudnih sirovina, dodataka i aglomerata.

De-dusting systems:	Snaga EM (kW)	Kapacitet (m ³ /h)	Emisija prašine u mg/m ³ N			
			2009	2010	2011	2012
Odjeljenje drobljenja, hlađenja i klasiranja aglomerata:						
ATU-1/7	160	79.000	-	263	142,65	164,53
ATU-5/7	100	40.000	325,26	-	-	253,12
ATU-6/7	100	40.000	430,63	55,66	298,85	-
ATU-7/7	15	11.000	159,2	-	103,35	198,6
ATU-10/7	30	22.000	-	70,27	89,66	-
VA-8/7	10	10.000	399	501	596,2	329,22
VA-9/7	10	10.000	358	257,6	184,25	130,85
Odjeljenje recirkulacionog sistema voda (PČ 3)						
ATU-1/PČ-3	10	10.000	-	387,23	-	365,3
ATU-2/PČ-3	10	10.000		298,25	-	196,42
ATU-1/8	15	11.000	254	114,41	107,05	187,35
ATU-2/8	7,5	7.300	510	-	243,48	267,83
Total	467,5	250.300				

Ukupna prosječna emisija prašine iz 11 analiziranih ATU sistema je bila 12,51 kg/h i 109,63 t/g i prema tome bila je veća od dozvoljene granične vrijednosti za cca 4,6 puta. To znači da je za tu količinu više onečišćavan, odnosno opterećivan zrak zeničke kotline zbog nezadovoljavajuće efikasnosti navedenih tehničkih sistema za otprašivanje.

Svih 11 analiziranih tehničkih sistema za kontrolu emisije prašine su zbog značajno niže efikasnosti, nezadovoljavanja emisionih standarda, složenijeg održavanja i većih troškova održavanja, kao i opterećivanja drugih medija životne sredine (vode) u 2013. godini zamijenjeni sa četiri visoko efikasna vrećasta filtera.

U Table 2 su prikazani podaci o instalisanom kapacitetu i rezultatima mjerenja efikasnosti instaliranih vrećastih filtera. Kapacitet vrećastih filtera je približan kapacitetu zamijenjenih vodenih ATU sistema. Efikasnost ovih tehničkih uređaja za kontrolu emisije prašine je provjerena mjerenjem koncentracija prašine iza svakog filtera (na dimnjaku) korištenjem mjernog uređaja za određivanje koncentracije čvrstih čestica u struji otpadnih plinova (gravimetra) "SICK GRAVIMAT", tip SHC501, koji radi po referentnoj mjerne metodi propisanoj standardom ISO 9096 (Emisije iz stacionarnih izvora - Ručno određivanje masene koncentracije čvrstih čestica).

Tabela 2. Pregled podataka o instaliranim kapacitetima i rezultatima mjerenja efikasnosti vrećastih filtera u odjeljenjima pripreme i transporta rudnih sirovina, dodataka i aglomerata.

Oznaka filtera	Snaga EM (kW)	Kapacitet (m ³ /h)	Emisija prašine (mg/m ³ N)	Emisija prašine (kg/h)	Emisija prašine (t/god)
Filter 1	180	60.000	3,741	0,224	1,97
Filter 2	180	60.000	4,591	0,275	2,41
Filter 3	180	60.000	4,547	0,273	2,39
Filter 4	180	60.000	2,864	0,172	1,50
Total	720	240.000		0,944	8,27

Rezultati mjerenja emisije prašine iza svakog vrećastog filtera (na dimnjaku), prikazani u predhodnoj tabeli, pokazuju da je emisija prašine višestruko niža u odnosu na graničnu vrijednost (emisioni standard), koja iznosi 50 mg/m^3 . Emisija prašine je u granicama BAT preporuka EU, što je rezultat instaliranja filtera visoke efikasnosti i obezbjeđenja kvalitetnog održavanja i funkcionisanja.

Zamjenom 11 vodenih aspiraciono-tehničkih sistema sa efikasnim vrećastim filterima u tehnologiji pripreme i transporta rudnih sirovina, dodataka i aglomerata emisija prašine je smanjena čak za preko 13 puta, odnosno smanjena je sa 12,53 na 0,944 kg/ha ili sa 109,63 na 8,27 t/god. Osim toga, smanjena je potrošnja vode i eliminisano je ispuštanje tehnoloških otpadnih voda iz ovih izvora, održavanje je jednostavnije i ekonomičnije, a postignuti su i drugi pozitivni efekti (čišća radna sredina i dr.).

U toku procesa sinterovanja, te drobljenja i hlađenja sintera nastaju izrazito visoke količine prašine i otpadnih dimnih plinova koji se kontrolisano sakupljaju sistemom hauba i transportuju cjevovodom pomoću sistema ventilatora u osam elektrostatskih precipitatora u kojima se izdvaja prašina iz otpadnih dimnih plinova. Prečišćavanje otpadnih plinova iz procesa sinterovanja se vrši u četiri elektrostatska precipitatora ukupnog kapaciteta $306.680 \text{ m}^3/\text{h}$ otpadnih plinova. Isto tako, prečišćavanje otpadnih plinova iz procesa hlađenje sintera, kod drobljenja i hlađenja sintera (odjeljenje dimnih ventilatora) se vrši u četiri elektrostatska precipitatora ukupnog kapaciteta $226.650 \text{ m}^3/\text{h}$ otpadnih plinova. U cilju povećavanja efikasnosti izvršena su određena poboljšanja (tehničke modifikacije) ovih elektrostatskih precipitatora i redovno se vrši remontovanje i održavanje ovih sistema prema posebnoj proceduri i termin planu, čime je postignut visokog stepen efikasnosti izdvajanja prašine iz otpadnih dimnih plinova. Rezultati mjerenja pokazuju da emisija prašine iza elektrostatskih precipitatora varira u intervalu između 26,73 i $119,00 \text{ mg/m}^3\text{N}$, sa prosječnom vrijednošću od $64,82 \text{ mg/m}^3\text{N}$. Poređenjem rezultata mjerenja emisije sa emisionim standardom, koji iznosi 50 mg/m^3 , vidi se da je emisija prašine iz analiziranih elektrostatskih precipitatora nakon njihove sanacije i tehničkih poboljšanja i dalje nešto veća od navedenog emisionog standarda za pogone za sinterovanje metalne rude i to za cca 23 %. Međutim, poznato je da je jedan od važnijih nedostataka elektrostatskih precipitatora taj što nemogu izdvojiti finu prašinu veličine čestica ispod $1 \mu\text{m}$, koja se zbog toga emituje preko ventilatora i dimnjaka u okolni atmosferski zrak onečišćujući ga u manjem ili većem obimu ovisno od obima proizvodnje i optimizacije tehnološkog procesa.

Monitoringom je konstatovano da je emisija prašine iz elektrostatskih precipitatora značajno niža od emisije prašine prije tehničke sanacije i poboljšanja održavanja i funkcionisanja analiziranih elektrostatskih precipitatora i to za cca 2 puta, kada je iznosila u prosjeku cca 130 mg/m^3 .

Kod pogona za sinterovanje metalne rude se najčešće primjenjuju kombinovani tehnički sistemi (npr. elektrostatski precipitatori iza kojih se instaliraju vrećasti filteri), sa kojima se postiže smanjivanje emisije prašine ispod navedenih (strogih) graničnih vrijednosti [6]. Realno se ocjenjuje da je efikasnost analiziranih elektrostatskih precipitatora vrlo visoka i u nivou je projektovane vrijednosti ($>99,5\%$), kada su važile blaže emisione norme.

Količina dimnih plinova po jednoj mašini za sinterovanje željezne rude iznosi u prosjeku $253.175 \text{ Nm}^3/\text{h}$, a emisija prašine iza elektrostatskog precipitatora iznosi $15,40 \text{ kg/h}$ ili $134,90 \text{ t/god}$.

Izdvojena prašina se kontinuirano vraća u proces sinterovanja, a prečišćeni otpadni plinovi se ispuštaju preko dimnjaka u okolnu atmosferu.

4. ZAKLJUČAK

Osiguranjem kvalitetnog održavanja i funkcionisanja tehničkih sistema za otprašivanje sa visokim stepenom efikasnosti postiže se visoko smanjivanje emisije prašine i minimizira onečišćenje zraka, što je vrlo značajno za industrijsko-urbana područja, kao što je područje Zenica, u cilju očuvanja i poboljšanja ambijentalnog kvaliteta zraka, zaštite zdravlja stanovništva i svih sastavnica okoliša. Zamjenom vodenih aspiraciono-tehničkih sistema sa vrećastim filterima emisija prašine je smanjena za preko 13 put i to sa 110 na svega 8,5 t/god. Isto tako, tehničkom sanacijom i poboljšanjem održavanja i funkcionisanja elektrostatskih precipitatora emisija prašine je smanjena za cca 2 puta.

U cilju smanjivanja emisije prašine i zaštite okoliša potrebno je obezbijediti kontinuiranu kontrolu rada i efikasan sistem održavanja instaliranih tehničkih sistema za otprašivanje.

Svako smanjivanje emisija prašine i drugih štetnih materija doprinosi poboljšanju ambijentalnog kvaliteta zraka u zeničkoj kotlini, koja je vrlo osjetljiva zbog toga što je u uskoj i relativno dubokoj kotlini smješten grad Zenica sa blizu 90.000 stanovnika i metalurška industrija sa instaliranim ukupnim kapacitetom proizvodnje od cca 1.800.000 t/g čelika, 680.000 t/g koksa, 65.000 t/g liva, te drugi proizvodni pogoni i postrojenja, kao i termoenergetska postrojenja u kojima se spaljuje ugalj sa relativno visokim sadržajem sumpora.

5. LITERATURA

- [1] Lwamba, E., Garbers-Craig, A. M.: Control of the Grain Size Distribution of the Raw Material Mixture in the Production of Iron Sinter, *The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 108 (6) 293-299, 2005.
- [2] Sofilić, T., Rastovčan-Mioč, A., Šmit, Z.: Poliklorirani spojevi u proizvodnji željeza i čelika, *Kem. Ind.* 55 (12) 511–522, 2006.
- [3] Goletic, Š., Imamovic, N., Schwarczová H.: The Dust Emission Control in Production of Ferroalloys by Application of Best Available Technics, *Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering*, Tome VI (3), 21-24, 2013.
- [4] Imamovic, M., Goletic, S.: Efficiency Wet Gas Cleaning on the Metallurgy's Facilities, *Anal. of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, XI (4) 93-98, 2013.
- [5] Goletic, S., Muhamedagic, S.: Plan aktivnosti za postupno smanjivanje emisija i usklađivanje sa najboljom raspoloživom tehnikom za pogone i postrojenja aglomeracije kompanije ArcelorMittal Zenica, *Univerzitet u Zenici*, 2008.
- [6] Goletic, S., Imamovic, N.: Uticaj konstrukcionih elemenata elektro-odvajača na efikasnost izdvajanja čvrstih čestica, *5. Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "Kvalitet 2005"*, Neum, 5 (1): 349-554, 2007.