

ISSN br. 0354-8651



List Saveza energetičara
Broj 3-4 / Godina XVI / Mart 2014.
UDC 620.9

energija

■ ekonomija ■ ekologija

ENERGETIKA 2014

ENERGETIKA 2014.

XXX Međunarodno savetovanje



energija



ekonomija



ekologija

ENERGETIKA 2014.

Ministarstva energetike, razvoja i zaštite životne sredine,
Ministarstva prirodnih resursa, rudarstva i prostornog
planiranja,
Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja,
Ministarstva privrede,
Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede,
PKS, JP EPS, NIS, JP EMS, JP Srbijagas



SAVEZ ENERGETIČARA

Adresa: 11000 Beograd, Knez Mihailova 33
Telefon: + 381 11 2183 315, Faks + 381 11 2639 368
E-mail: savezenergeticara@eunet.rs
www.savezenergeticara.org.rs

ZBORNİK RADOVA

Zlatibor, 25.03. - 28.03.2014

STANOJEVIĆ M., STEVANOVIĆ V., KARLIČIĆ N.
Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija
BAJIĆ M.

Privredno društvo „Termoelektrane Nikola Tesla“ d.o.o. Obrenovac

UDC: 621.182.42 : 621.311.22

Uticajni faktori na rad sistema pneumatskog transporta pepela na primeru postrojenja u TENT-B

SAŽETAK

Na blokovima B1 i B2 u TENT-B uveden je novi sistem transporta šljake i pepela (koji se izdvaja u elektrofiltru, kanalu dimnih gasova i rotacionom zagrejaču vazduha). Transport se vrši do silosa udaljenih oko 700 m. Za pneumatski transport pepela jedan blok ima 2 transportne linije kapaciteta od po 129 t/h. Pri radu blokova sa ugljem lošijeg kvaliteta, niže toplotne moći i većim sadržajem pepela, povećava se količina pepela koju treba transportovati, tako da povremeno dolazi do pojave zagušenja, odnosno pojave taloženja pepela u transportnim cevovodima. Pored toga, dolazi i do abrazivnog delovanja pepela, što dovodi do oštećenja cevovoda i armature.

U radu su analizirane karakteristike pepela i uglja koje imaju značajan uticaj na funkcionisanje sistema pneumatskog transporta. Pored osnovnih karakteristika pepela, kao što su nasipna gustina i stvarna gustina, poroznost nasutog sloja, granulometrijski sastav i hemijski sastav (oksidni sastav, sadržaj kvarca i sadržaj amorfne faze), razmatrane su i karakteristike fluidizacije pepela (brzine fluidizacije) i permeabilnost pepela, koje su od posebnog značaja za odvijanje pneumatskog transporta.

Na osnovu nekoliko serija ispitivanja uzoraka pepela (iz procesa sagorevanja u kotlovima TENT-B) obavljenih u Laboratoriji za procesnu tehniku na Mašinskom fakultetu u Beogradu i laboratoriji FC Lafarge u Beočinu, utvrđeno je da je pepeo promenljiv po krupnoći i fizičko-hemijskom sastavu, što se odrazilo i na karakteristike fluidizacije. Prema podacima ispitivanja urađena je klasifikacija pepela na osnovu koje se mogu dobiti određene smernice vezane za odvijanje pneumatskog transporta.

FACTORS OF IMPORTANT INFLUENCE ON OPERATION OF THE PNEUMATIC TRANSPORT SYSTEM OF ASH - EXAMPLE IN THERMAL POWER PLANT TENT-B

ABSTRACT

The new transport system for slurry and ash (which separates in electrostatic precipitator, flue gas channel and rotary air heater) was introduced on the blocks B1 and B2 in TENT-B. Slurry and ash are transported to silos over distance of approximately 700 m. Ash pneumatic conveying system consists of 2 transport lines with capacity of 129 t/h each. Burning lower quality coal, with lower heating value and higher ash content, results in increased quantity of ash to be transported, which leads to occasional congestions and ash deposition in the transport pipelines. Furthermore, this leads to the abrasive effect of ash and damaging of pipelines and armatures.

This paper analyzes ash and coal characteristics which have a significant impact on pneumatic transport system operation. Besides basic characteristics of ash, as bulk and particle density, porosity, particle size distribution and chemical composition (oxide composition, content of quartz and content of amorphous phase), other characteristics that are of particular importance for pneumatic transport operation were taken into consideration, as fluidization characteristics of ash (fluidization velocity) and ash permeability.

Based on several series of ash samples examinations (from the combustion process in TENT B boilers), carried out in Laboratory for Process Engineering – Faculty of Mechanical Engineering in Belgrade, and Lafarge Cement Laboratory in Beočin, it was found that the ash had variable size and physicochemical composition, which reflected on the fluidization characteristics. According to the examinations, a classification of fly ash which can provide some guidance related to the performance of pneumatic conveying was made.

UVOD

Na blokovima B1 i B2 Termoelektrane „Nikola Tesla B“ (TENT B) uveden je novi sistem transporta šljake i pepela (koji se izdvaja u elektrofiltru, kanalu dimnih gasova i rotacionom zagrejaču vazduha). Transport se vrši do silosa udaljenih oko 700 m.

Novi sistem otpeljeljavanja u delu pneumatskog transporta pepela do silosa pepela se sastoji od pneumatskog transporta pepela od sabirnika pepela dimnih gasova i sabirnika pepela rotacionih zagrejača vazduha do sabirnika pepela ispod elektrofiltera i pneumatskog transporta pepela od elektrofiltera do dva silosa za skladištenje pepela.

Izgrađene su četiri nezavisne transportne linije pepela (istih dimenzija) kapaciteta od po 129 t/h, za svaki blok po dve. Ukupna dužina svih horizontalnih, kosih, vertikalnih deonica i kolena iznosi oko 717 m, broj ciklusa za jednu transportnu liniju je 9, a količina pepela u jednom ciklusu je maksimalno 14,4 t.

Pri radu blokova sa ugljem lošijeg kvaliteta, niže toplotne moći i većim sadržajem pepela, povećava se količina pepela koju treba transportovati, tako da povremeno dolazi do pojave zagušenja, odnosno pojave taloženja pepela u transportnim cevovodima. Pored toga, dolazi i do abrazivnog delovanja pepela, što vodi do oštećenja cevovoda i armature.

MATERIJALI I METODE

Ispitivanja karakteristika pepela su obavljena u Laboratoriji za procesnu tehniku na Mašinskom fakultetu u Beogradu i u laboratoriji FC Lafarge u Beočinu.

Laboratorijska ispitivanja fizičko-hemijskih karakteristika pepela obuhvatila su određivanje nasipne gustine u rastresitom stanju, nasipne gustine u zbijenom stanju, granulometrijskog sastava, srednjeg prečnika zrna, fizičke gustine, poroznosti sloja u rastresitom stanju, poroznosti sloja u zbijenom stanju i hemijskog sastava (oksidni sastav, sadržaj kvarca i sadržaj amorfne faze). Pored toga, razmatrane su i karakteristike fluidizacije pepela (brzine fluidizacije) i

permeabilnost pepela, koje su od posebnog značaja za odvijanje pneumatskog transporta.

Ispitivani su uzorci iz kanala dimnih gasova (KDG), zagrejača vazduha (LUV), elektrofiltera (EF), kao i mešavine pepela iz uređaja za pneumatski transport. U periodu oktobar 2011 – septembar 2012. pripremljeno je pet serija uzoraka pepela.

U tabeli 1 su dati podaci o kvalitetu uglja koji se sagoreva u TENT-B i količinama pepela i šljake.

Za sve uzorke određena je nasipna (zapreminska) gustina i nasipna gustina u zbijenom stanju. Nasipna gustina odmah po nasipanju sloja označena je sa ρ_{ε_0} (kg/m³). Nasipna gustina u zbijenom stanju određena je posle protresanja sloja u trajanju od 30 sekundi (označena sa $\rho_{\varepsilon_0,30}$) i posle protresanja sloja u trajanju od 60 sekundi (označena sa $\rho_{\varepsilon_0,60}$).

Za određivanje nasipne gustine i nasipne gustine u zbijenom stanju korišćena je staklena cilindrična posuda zapremine 1 dm³ i odgovarajući uređaj za zbijanje (slika 1).

Poroznost sloja u rastresitom i zbijenom stanju određena je na osnovu podataka o nasipnoj i stvarnoj gustini pepela:

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{\rho_{\varepsilon_0}}{\rho_s}$$

gde su:

ρ_{ε_0} , kg/m³, nasipna gustina pepela u rastresitom stanju

ρ_s , kg/m³, stvarna gustina pepela, i

$$\varepsilon_{0,60} = 1 - \frac{\rho_{\varepsilon_0,60}}{\rho_s}$$

gde je:

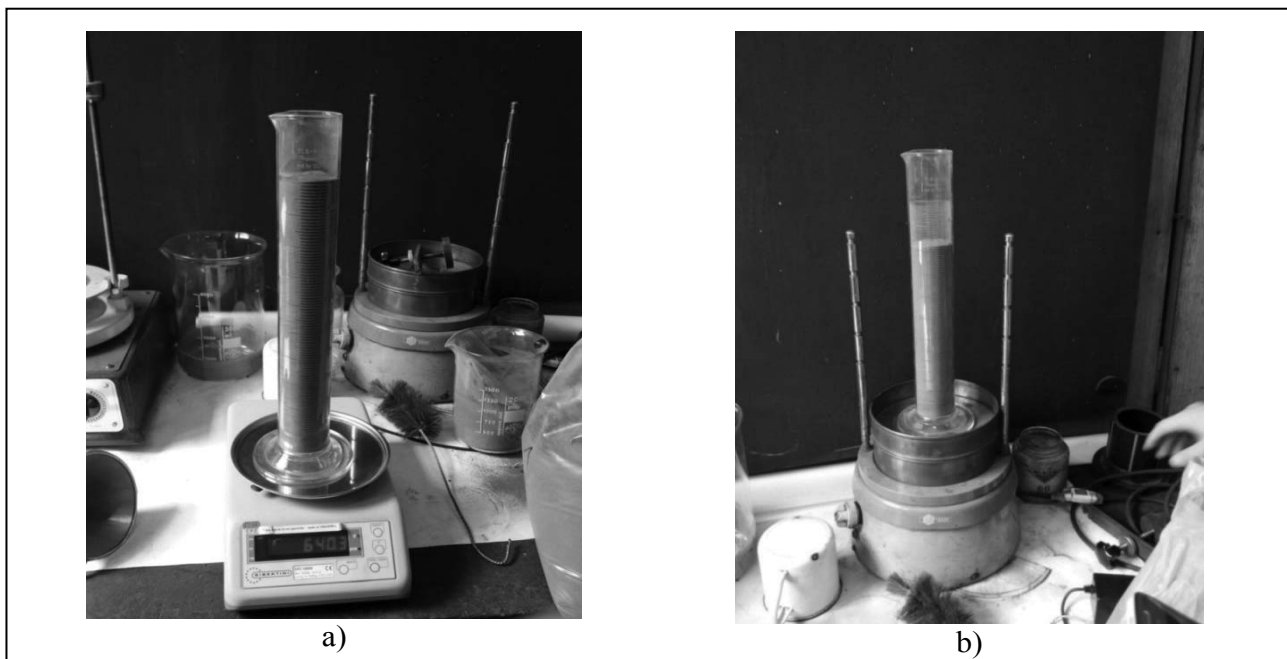
$\rho_{\varepsilon_0,60}$, kg/m³, nasipna gustina pepela u zbijenom stanju.

Za određivanje granulometrijskog sastava pepela korišćen je komplet od više laboratorijskih sita sa veličinom otvora od 600, 400, 315, 200, 125 i 75 μm .

Za svaku frakciju određen je maseni udeo u kompletnom materijalu:

Tabela 1. - Količina pepela i šljake iz jednog bloka prema podacima iz Glavnog projekta sistema za transport i deponovanje pepela i šljake (april 1980.)

	Jedinica	Garantovano gorivo	Lošije gorivo
Donja toplotna moć uglja	kJ/kg	6698	5861
Potrošnja uglja	t/h	875	1000
Sadržaj pepela u uglju	%	20	24
Količina pepeo + šljaka	t/h	175	240
Udeo šljake	%	7	7
Količina šljake	t/h	12,25	16,8
Količina pepela	t/h	162,75	223,2
Udeo pepela izdvojenog u kotlarnici	%	7,44	7,44
Količina pepela u kotlarnici	t/h	13,02	17,856
Količina pepela ispod EF-a	t/h	149,73	205,34



Slika 1. - Aparatura za određivanje a) nasipne (zapreminske) gustine; b) nasipne gustine u zbijenom stanju

$$a_i = \frac{F_i}{Q_F} \cdot 100 = \frac{F_i}{\sum_{i=0}^n F_i} \cdot 100 \quad , \% ,$$

gde su:

F_i , g, masa frakcije,

$Q_F = \sum F_i$, g, ukupna masa svih frakcija.

Na osnovu podataka o granulometrijskom sastavu uzoraka pepela određeni su srednji prečnici pojedinačnih uzoraka po serijama. Srednji prečnik pojedine frakcije određen je kao aritmetička sredina dimenzija otvora gornjeg i donjeg sita te frakcije. Dimenzija otvora gornjeg sita i -te frakcije označena je sa $d_{i+1,p}$, a donjeg sita sa d_i , pa je prema tome srednji prečnik i -te frakcije $d_{sr,i}$:

$$d_{sr,i} = \frac{d_{i+1,p} + d_i}{2} \quad , \mu\text{m},$$

Srednji prečnik za kompletan ispitivani uzorak određen je na osnovu sledećeg izraza:

$$d_{sr} = \frac{\sum_{i=0}^n d_{sr,i} \cdot a_i}{\sum_{i=0}^n a_i} \quad , \mu\text{m},$$

gde je:

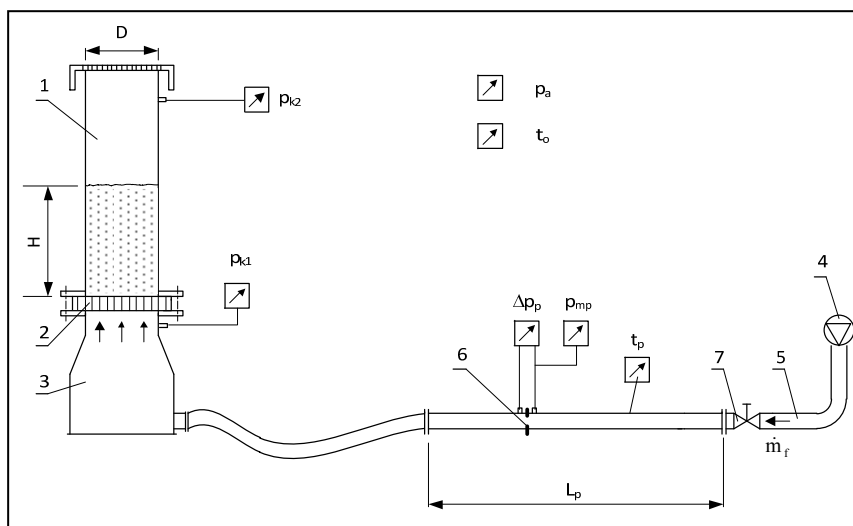
a_i - maseni udeo frakcije uzražen u %.

Za preporuku ili analizu postojećeg sistema pneumatskog transporta pepela, potrebno je razmotriti i njegova aeraciona svojstva. Laboratorijskim ispitivanjima određena su sledeća aeraciona svojstva uzoraka pepela: prva kritična brzina fluidizacije,

zavisnost pada pritiska kroz sloj pepela od brzine fluidizacije, druga kritična brzina fluidizacije i permeabilnost pepela. Instalacija za ispitivanje fluidizacije pepela prikazana je na slikama 2 i 3.

Osnovni delovi instalacije za ispitivanja fluidizacije pepela su:

1. Kolona od pleksiglasa ($D = 142 \text{ mm}$, $H_C = 1750 \text{ mm}$) za fluidizaciju pepela sa filtrom na vrhu,
2. Porozna pregrada,
3. Komora za umirenje struje vazduha,
4. Rotaciona klipna duvaljka,
5. Sistem cevi za dovod vazduha,
6. Prigušnica ($d_p = 11,7 \text{ mm}$) montirana u pravolinijskom delu cevi ($D_p = 52,3 \text{ mm}$, $L_p = 3 \text{ m}$), za određivanje protoka vazduha za fluidizaciju,
7. Odgovarajući ventili za regulaciju protoka vazduha.



Slika 2. - Šema instalacije za ispitivanja fluidizacije pepela



Slika 3. - Instalacija korišćena za ispitivanje fluidizacionih karakteristika nasutog sloja uzorka pepela

Na prikazanoj instalaciji vršeno je merenje sledećih veličina:

- p_{K1} - nadpritisak vazduha ispod porozne pregrade (pomoću U-cevi sa vodom),
- p_{K2} - nadpritisak vazduha iznad sloja pepela (pomoću U-cevi sa vodom),
- H - visina sloja pepela u cevi (pomoću metra),
- Δp_p - pad pritiska kroz prigušnicu (pomoću kosog manometra sa alkoholom; ugao nagiba je bio između 10° i 40° - u zavisnosti od protoka vazduha),
- p_{mp} - nadpritisak vazduha ispred prigušnice (pomoću U-cevi sa živom ili vodom u zavisnosti od protoka vazduha),
- t_p - temperatura vazduha ispred prigušnice (pomoću termometra),
- p_a - atmosferski pritisak (pomoću barometra),
- t_o - temperatura vazduha u prostoriji (pomoću termometra).

Ispitivanje aeracionih svojstva obavljeno je na ukupno 17 uzoraka. Ispitivanja fluidizacije pepela rađena su sa različitim visinama nasipanja. U koloni (cevi) za fluidizaciju (slika 4) sloj materijala uzorka pepela postavlja se na poroznu pregradu kroz koju se propušta vazduh. Za sve uzorke određene su zavisnosti jediničnog pada pritiska ($\Delta p_s/H$) i ukupnog pada pritiska (Δp_s) kroz sloj pepela od brzine fluidizacije (w_f). Merenja su vršena u smeru povećanja brzine vazduha, a zatim u smeru smanjenja brzine vazduha kroz sloj. Jedinični pad pritiska ($\Delta p_s/H$)

određen je svođenjem ukupnog pada pritiska (Δp_s) kroz sloj pepela na jedinicu izmerene visine. Brzina strujanja vazduha definisana je u odnosu na ceo poprečni presek cevi.

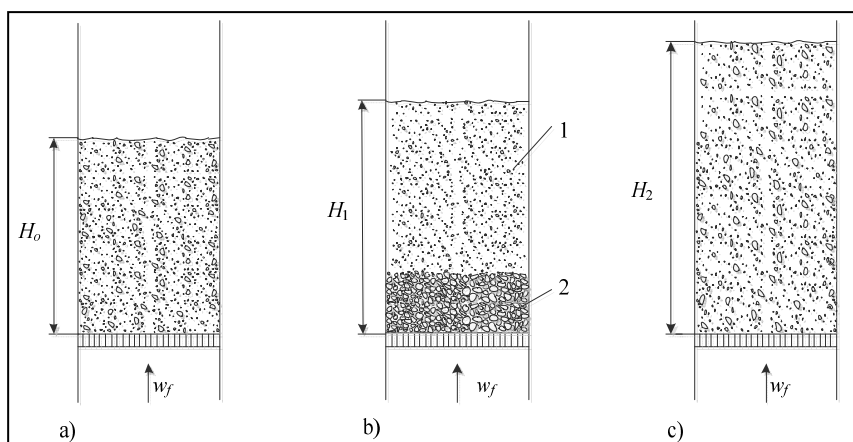
Kod svih ispitivanja fluidizacija pepela je pažljivo praćena i vizuelno. Praćeni su sledeći fenomeni:

- formiranje kanala kroz sloj pepela pri prostrujavanju vazduha,
- pojava barbotiranja na vrhu sloja materijala,
- prva kritična brzina fluidizacije (w_f^*), koja je kasnije određena i grafički,
- raslojavanje čestica u sloju (u slučaju fluidizacije pepela nejednolike krupnoće i heterogenog fizičko-hemijskog sastava),
- početak vertikalnog pneumatskog transport, odnosno

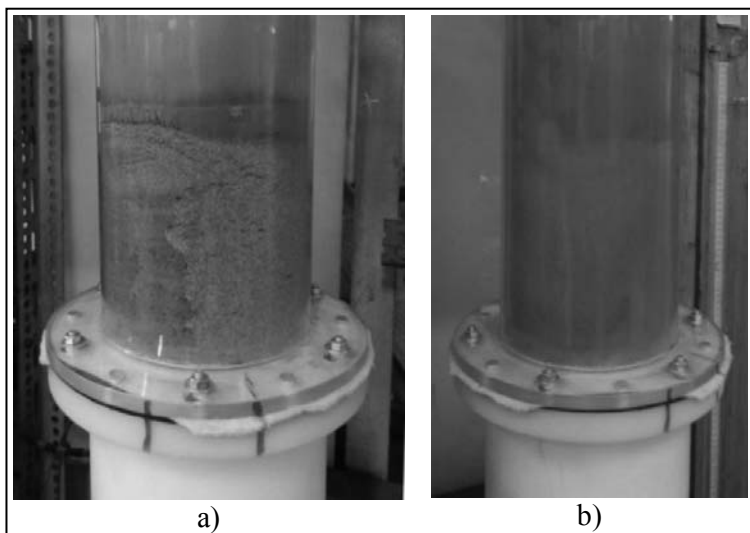
iznošenja najsitnijih čestica iz sloja.

Svi ovi parametri nisu jednoznačno određeni zbog uzoraka pepela koji su heterogeni i po krupnoći i po fizičko-hemijskom sastavu. Kod većeg broja uzoraka javljala se tendencija formiranja kanala pri brzinama oko prve kritične. Pri prostrujavanju brzinom koja odgovara prvoj kritičnoj brzini fluidizacije za sitnije i/ili lakše čestice su se grupisale na površini sloja. Taj deo sloja je imao sve karakteristike početka fluidizacije pri promenljivoj poroznosti. U donjem delu sloja ostaju nataložene krupnije čestice koje se pri tim brzinama još ne fluidizuju, tj. ostaju u području fluidizacije pri stalnoj poroznosti. Na slikama 4 i 5 je dat je prikaz fluidizacije pepela nejednake krupnoće i heterogenog fizičko hemijskog sastava.

Permeabilnost je određena za uslove strujanja vazduha kroz sloj pepela pre dostizanja prve kritične brzine fluidizacije, prema izrazu:



Slika 4. - Prikaz fluidizacije pepela nejednolike krupnoće i heterogenog fizičko-hemijskog sastava: a) nasuti sloj pepela pre fluidizacije; b) sitniji deo pepela (1) se fluidizuje, krupniji deo pepela (2) je nepokretan; c) postignuta potpuna fluidizacija



Slika 5. - Fluidizovanje heterogenog materijala: a) materijal je delimično fluidizovan; b) materijal je potpuno fluidizovan

$$PE = \frac{w_\varepsilon}{\frac{\Delta p_s}{H_o}}, \text{ m}^2/(\text{Pa}\cdot\text{s}), \text{ m}^2/(\text{Pa}\cdot\text{s}),$$

gde su:

w_ε , m/s, - brzina vazduha kroz sloj pepela,

$$w_\varepsilon = \frac{w_f}{\varepsilon_o}$$

gde je w_f brzina vazduha svedena na poprečni presek kolone,

$\frac{\Delta p_s}{H_o}$, Pa/m, - jedinični pad pritiska u području fluidizacije pri konstantnoj poroznosti.

REZULTATI

Program ispitivanja obuhvatio je ukupno 64 uzorka pepela. Rezultati dobijeni laboratorijskim ispitivanjima prikazani su u tabelama 2 i 3.

DISKUSIJA

Na osnovu nekoliko serija ispitivanja uzoraka pepela (iz procesa sagorevanja u kotlovima TENT-B) obavljenih u Laboratoriji za procesnu tehniku na Mašinskom fakultetu u Beogradu i laboratoriji FC Lafarge u Beočinu, utvrđeno je da je pepeo promenljiv po krupnoći i fizičko-hemijskom sastavu, što se odrazilo i na karakteristike fluidizacije.

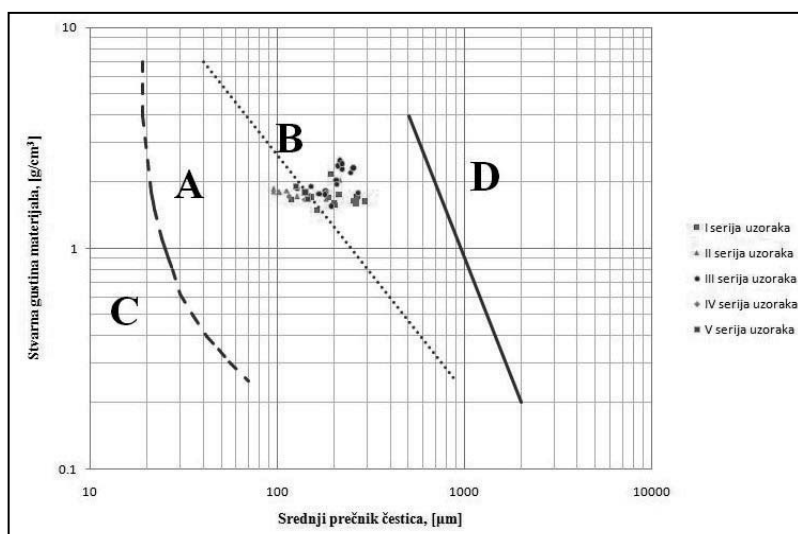
Čvrsti materijali u sprašenom obliku, prema ponašanju pri fluidizaciji gasom, mogu da se svrstaju u četiri prepoznatljive grupe [1]. Klasifikacija se vrši se na osnovu gustine i srednjeg prečnika. Dijagram u kome se prikazuje navedena klasifikacija praškastih materijala je u literaturi poznat kao

Geldart-ov dijagram. Na slici 6 prikazani su svi ispitivani uzorci pepela u Geldart-ovom dijagramu.

Na osnovu položaja tačaka za određeni materijal u Geldartovom dijagramu mogu se dobiti smernice za izbor vrste pneumatskog transporta. Linije na dijagramu predstavljaju granice između oblasti (A, B, C i D) za određene oblike pneumatskog transporta: A (zgnusnuti fluidizovani transport), B (otežan zgnusnuti transport), C (transport zgnusnutih praškastih materijala) i D (čepasti transport pri malim brzinama). Simbolima su predstavljeni parovi vrednosti gustina i srednjih prečnika čestica pepela određeni na osnovu ispitivanja uzoraka pepela svih pet serija.

Uočava se da veći deo uzoraka pripada oblasti B, a manji oblasti A. Oblasti A odgovara zgnusnuti fluidizovani transport, a oblasti B otežan zgnusnuti transport materijala. Prahovi koji spadaju u grupu A pokazuju svojstvo ugušćenog širenja pri početnoj fluidizaciji i rani početak bubrenja (stvaranja mehurova), dok kod prahova u grupi B stvaranje mehurova nastaje pri početnoj fluidizaciji.

Prva kritična brzina fluidizacije karakteriše početak fluidizacije kada je vrednost pada pritiska kroz sloj svedena na jedinicu visine sloja maksimalna. Od tog momenta dolazi do porasta visine sloja kao i delimičnog smanjenja pada pritiska svedenog na jedinicu visine sloja. Prva kritična brzina fluidizacije je od značaja za procenu potrebnog protoka vazduha radi ostvarivanja "tečljivosti" čvrstog materijala. Pri brzinama manjim od prve kritične brzine fluidizacije materijal je u sloju koji se ne može transportovati ni pomoću pneumatskog korita (žljeba). Materijal se može transportovati pri brzinama koje su iznad prve kritične brzine. Tako za transport materijala pomoću pneumatskog žljeba (korita) potrebne brzine su oko 1,5 puta veće od prve kritične brzine.



Slika 6. - Geldart-ov dijagram za ispitivane uzorke pepela

Tabela 2. - Rezultati laboratorijskih ispitivanja za sve uzorke

Naziv	Oznaka	Jedinica	Brojna vrednost
Nasipna (zapreminska) gustina	ρ_{ε_0}	kg/m ³	559 ÷ 1097 (za 56% uzoraka 600 ÷ 700)
Nasipna gustina u zbijenom stanju	$\rho_{\varepsilon_0,30}$	kg/m ³	629 ÷ 1240
Nasipna gustina u zbijenom stanju	$\rho_{\varepsilon_0,60}$	kg/m ³	636 ÷ 1242
Stvarna (fizička) gustina	ρ_s	kg/m ³	1500 ÷ 2490 (za 50% uzoraka 1700 ÷ 1900)
Srednji prečnik	d_{sr}	µm	95 ÷ 290 (za 56% uzoraka 100 ÷ 200)
Poroznost nasutog sloja	ε_0	-	0,56 ÷ 0,67
Poroznost nasutog sloja za uzorke KDG pepela	ε_0	-	0,61 ÷ 0,65
Poroznost nasutog sloja za uzorke EF pepela	ε_0	-	0,56 ÷ 0,60 (za 40 % uzoraka)
Poroznost sloja u zbijenom stanju	$\varepsilon_{0,60}$	-	0,49 ÷ 0,61
Prva kritična brzina fluidizacije	w_1^*	cm/s	1,36 ÷ 3,85
Druga kritična brzina fluidizacije	w_2^*	cm/s	10 ÷ 15 puta veća od w_1^*
Permeabilnost	PE	m ² /(Pa·s)	$3,55 \cdot 10^{-6} \div 6,05 \cdot 10^{-5}$

Druga kritična brzina fluidizacije predstavlja brzinu pri kojoj sloj materijala može da se transportuje naviše u vidu fluidizovanog sloja. Kod određivanja druge kritične brzine u toku ispitivanja vizuelno je praćena pojava kad čestice počnu da napuštaju sloj krećući se vertikalno naviše. Prema podacima merenja uočeno je da se ova pojava događa pri brzinama koje su 10 do 15 puta veće od prve kritične brzine fluidizacije.

Za vreme ispitivanja temperatura vazduha se zanemarljivo malo menjala. Prema tome, brzina fluidizacije bila je zavisna samo od pritiska i to obrnuto proporcionalno. Međutim, maksimalna vrednost pada pritiska kroz sloj za vreme merenja je bila oko 200 mmH₂O, što znači da je maksimalna razlika brzina na dnu i vrhu sloja materijala oko 2 %.

Permeabilnost je parametar koji pokazuje propustljivost odnosno lakoću prostrujavanja sloja sit-

Tabela 3. - Rezultati hemijskih analiza za sve uzorke

Naziv	Oznaka	Jedinica	Brojna vrednost
Kvarc	-	%	10 ÷ 70
Amorfna faza	-	%	18 ÷ 70
Gubitak žarenjem	GŽ	%	1,54 ÷ 5,27
Silicijum dioksid	SiO ₂	%	52,3 ÷ 65,5
Aluminijum oksid	Al ₂ O ₃	%	18,6 ÷ 26,9
Gvožđe(III) oksid	Fe ₂ O ₃	%	4,6 ÷ 6,5
Kalcijum oksid	CaO	%	2,7 ÷ 7,3
Magnezijum oksid	MgO	%	1,3 ÷ 2,6
Fosfor(V) oksid	P ₂ O ₅	%	0,04 ÷ 0,067
Sumpor trioksid	SO ₃	%	0,15 ÷ 0,51
Kalijum oksid	K ₂ O	%	1,15 ÷ 1,56
Natrijum oksid	Na ₂ O	%	0,07 ÷ 0,276
Titanijum dioksid	TiO ₂	%	0,649 ÷ 0,852
Hrom(III) oksid	Cr ₂ O ₃	%	0,037 ÷ 0,049
Mangan(III) oksid	Mn ₂ O ₃	%	0,056 ÷ 0,108
Cink oksid	ZnO	%	0,001 ÷ 0,01
Stroncijum oksid	SrO	%	0,019 ÷ 0,041

noznastog čvrstog materijala, a od značaja je za izbor vrste pneumatskog transporta. Vrednost permeabilnosti je jedan od bitnih parametara kod izbora vrste pneumatskog transporta određenog materijala. Permeabilnost pepela određena je za uslove strujanja vazduha kroz sloj pepela pre dostizanja prve kritične brzine fluidizacije.

Postoje preporuke da se za materijale koji imaju $PE = 10^{-5} \div 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/(\text{Pa} \cdot \text{s})$ primenjuje leteći pneumatski transport (transport niske koncentracije čvrste faze do 15 kg čvrste faze/ kg vazduha), koji se odvija pri velikim brzinama vazduha ($> 12 \text{ m/s}$) uz značajan utrošak energije za transport. Za niže vrednosti permeabilnosti, preporučuje se nesuspendovani (zgusnuti) pneumatski transport (sa koncentracijama čvrste faze većim od 20 kg/kg, i brzinama većim od 3 m/s).

Prema dobijenim vrednostima za permeabilnost, može se konstatovati da je ova vrsta pepela više pogodna za nesuspendovani (zgusnuti) vid pneumatskog transporta.

ZAKLJUČAK

Za projektovanje pneumatskog transporta pepela potrebno je imati sve neophodne podatke o njegovim svojstvima i količinama. Na osnovu toga se pouzdano mogu odrediti minimalne brzine transporta, potrebni radni uslovi, prečnici cevi i radne karakteristike kompresora za dati kapacitet i predviđenu dužinu transporta.

Pepeo koji nastaje u procesu sagorevanja u TENT-B je promenljiv i po krupnoći i po fizičko-hemijskom sastavu, što dovodi do određenih pojava pri fluidizaciji i veoma je značajno za analizu rezultata kod ispitivanja fluidizacije i definisanja uslova transporta pneumatskim žljebom i cevnom pneumatskog transporta.

Za preporuku izbora vrste pneumatskog transporta za određeni sitnozrnasti materijal, potrebno je u razmatranje uključiti kako fizičko-hemijske karakteristike, tako i aeraciona svojstva.

Mašinski fakultet Beograd u saradnji sa FC Lafarge Beočin uradio je ispitivanja ukupno 64 uzorka. Za 10 uzoraka KDG i četiri uzorka LUV pepela, ispitivanja su pokazala da je ovaj pepeo veće krupnoće (srednji prečnik od 190 do 290 μm) u odnosu na elek-

trofilterski pepeo, dok zapreminska gustina (od 570 do 1024 kg/m^3) i stvarna gustina (od 1590 do 2400 kg/m^3) variraju u širim granicama. Ovo se može povećati sa promenljivim sastavom uglja (tj. povećanim sadržajem i promenama u hemijskom sastavu pepela), finoćom mlevenja uglja (i promenama u sadržaju nesagorelog u pepelu).

Daljinski pneumatski transport samo EF pepela, čije su dimenzije čestica manje (srednji prečnik oko 100 μm) se prema Geldart-ovom dijagramu može odvijati kao zgusnuti fluidizovani transport (oblast A na dijagramu), što eliminiše pojavu otežanog zgusnutog transporta (oblast B na dijagramu)

Iskustvo iz pogona sistema za pneumatski transport na TENT B je pokazalo i da transport kotlovsog pepela utiče na povećane abrazije cevovoda i prateće armature. Na osnovu obavljenih ispitivanja i analize uočenih poremećaja u funkcionisanju utvrđeno je da na pojavu pojačane abrazije izražen uticaj ima tzv. kotlovski pepeo (pepeo koji se izdvaja u kanalu dimnih gasova). Količina pepela koja se izdvoji ispod kanala dimnog gasa je u pojedinim periodima značajno velika (kod upotrebe uglja sa sadržajem pepela preko 20 %) i u njoj često ima mnogo peska koji je izuzetno teško transportovati pneumatskim putem. Pored peska, mogu se nalaziti i mnogo krupnije čestice pepela, vrlo abrazivne, kao i nešto nesagorelog uglja.

LITERATURA

1. Elaborat sa predlogom mera za povećanje pouzdanosti u radu novog sistema otpepeljivanja na blokovima B1 i B2 u TENT D.O.O., Obrenovac, Mašinski fakultet, Beograd, maj 2013.
2. Šašić, M.: Transport fluida i čvrstih materijala cevima. Naučna knjiga, Beograd, 1990.
3. Mills, D., Pneumatic Conveying Design Guide, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford, 2004.
4. Stanojević, M., Radić, D., Jovović, A.: The influence of variable operating conditions on the design and exploitation pneumatic transport systems in thermal power plants, Brazilian Journal of Chemical Engineering, Brazilian Society of Chemical Engineering, Sao Paulo, Brazil, Vol. 25, No. 04, 2008.