

Kontinualno doziranje finih kohezivnih prahova

Šikmanović S., Pavlović P., Stefanović P., Institut za nuklearne nauke "Vinča",
Institut za termotehniku i energetiku – ITE, PF 522, 11001 Beograd

Uniformno i stabilno doziranje malih količina (do 1 kg/h) finih kohezivnih prahova predstavlja značajan problem u nizu proizvodnih procesa. Konstruisani dozator sa dve spirale za homogenizaciju praha i regulaciju doziranja, opremljen je i dopunskim sistemom za dispergovanje čestica, kako bi se prah mogao u struji gasa uvoditi u proces i pod pritiskom. Sistem doziranja uspešno se pokazao u procesu uvođenja praha silicijuma u plazma-reaktor u procesu proizvodnje ultradisperznih prahova Si_3N_4 i SiC .

1. Uvod

Doziranje praškastih materijala, koje je zastupljeno u nizu proizvodnih procesa dobijanja keramičkih prahova, metalurgiji prahova i drugim oblastima, sa širokim opsegom kapaciteta, u novim procesima uvek predstavlja problem. To je jasno, jer je iskustvo pokazalo da su mnogi zastoji u procesima ili loši finalni proizvodi rezultat najblaže rečeno netačnog doziranja praškastog materijala. Potpuni zastoji u sistemu doziranja, čak i kada su u pitanju renomirane svetske firme, nisu nikakva retkost kada se radi o novim materijalima, a često nastaju problemi i kada se radi o istom materijalu. Razlog tome je promenljivost osobina praškastih materijala jer one zavise od distribucije čestica, hemijskog sastava, vlažnosti, uslova pod kojima se sa njima rukuje i dr. Znači da je lista osobina praha koji se koriste pri izboru opreme ili projektovanju uvek nekompletna i netačna. Poznato je, na

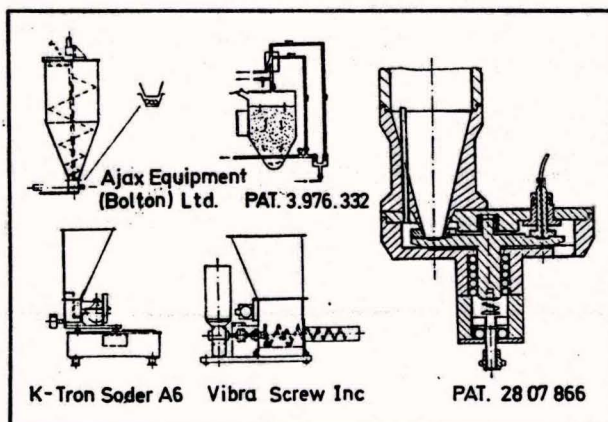
primer, da jedan isti prah, koji je sa česticama iznad 250-300 μm slobodno tekući i veoma lak za doziranje i rukovanje, ako se samelje na ispod 10 μm , postaje izuzetno kohezivan i ekstremno težak za rukovanje.

Zbog važnosti procesa doziranja prahova, znatan broj proizvodnih firmi i istraživačkih organizacija bavi se razvojem ove vrste dozirnih uređaja u sklopu opšteg razvoja opreme za rukovanje sa prahovima. U ovom radu ukratko je prikazano rešenje doziranja finog kohezivnog praha silicijuma u plazma-reaktoru, radi dobijanja ultradisperznih neoksidnih prahova (nitrida, karbida) na bazi polazne sirovine (praha Si).

2. Postupak rešavanja sistema doziranja

I pored višegodišnjeg iskustva u radu sa praškastim materijalima, prvo je načinjen pokušaj da se nabavi odgovarajući dozator. Prah silicijuma okarakterisan je na aparaturi "Powder Characteristics Tester" i na smicajnoj aparaturi i pokazao se veoma kohezivan i netečljiv sa osnovnim karakteristikama: funkcija toka < 2 , ugao nasipanja > 50 , kompresibilnost 47%, nasipna i dinamička gustina 680 kg/m^3 odnosno 1082 kg/m^3 , vlažnost 0,3%, $\bar{X} = 13 \mu m$, $X_{max} < 80 \mu m$. Na više poznatih firmi¹ je poslat zahtev za ponudu uređaja za doziranje za dati materijal sa uslovima: radni kapacitet 0,5-3 kg/h , tačnost $\pm 1\%$, zapremina rezervoara min. 15 kg – maks. 100 kg , punjenje i regulacija doziranja – ručna, materijal – nerđajući čelik. Prah u rezervoaru za vreme rada mora da bude izolovan i u atmosferi azota i uvodi se u ejektor ili drugi odgovarajući sistem i pneumatski transportuje u reaktor. Stiglo je šest odgovoraponuda sa cenama od 2150 funti (Ecsel Powder Dispenser) do 36735 CHF (K-Tron Soder AG, Loss-in-weight Feeder) i sa rokovima isporuke u proseku oko 14 nedelja. Neka od ponuđenih rešenja doziranja prikazana su na sl. 1. Od kupovine se posle razmatranja odustalo, delom iz finansijskih razloga, a više zbog nesigurnosti u data rešenja, jer "da bi se prahovi injektovani u plazmu, oni moraju da poseduju dobre osobine tečljivosti" (Plasma Technik AG), a naš prah poseduje izuzetno loše osobine tečljivosti. Neizvesnost je postojala vezana i za nivo natpritiska u dozatoru koji će se javiti za vreme rada plazma reaktora.

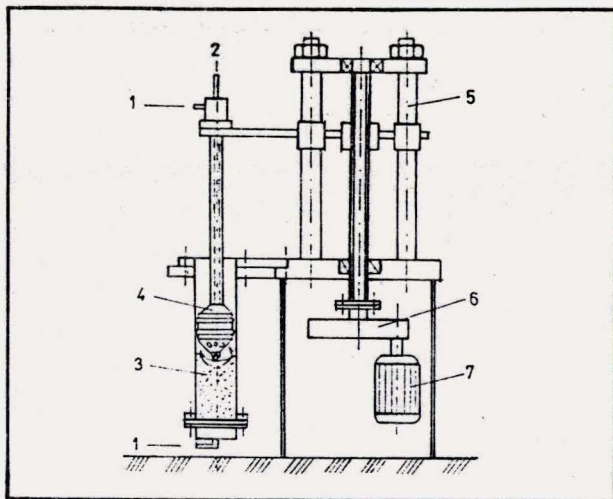
Razmatrano je i više patentnih rešenja² kao i rešenja datih u literaturi [1, 2, 3] i odlučeno je da se realizuju dva rešenja za zapreminsko doziranje praha.



Slika 1.

¹Vibra Screw Inc. (USA), K-Tron Soder AG (Švajcarska), Engineering & Chemical Supplies (Epsom & Gloucester Ltd., Engleska), Ajax Equipment (Bolton, Engleska), Anderson Automated Process Ltd. (Engleska), POWTEK Ltd. (Engleska), Plasma Technik AG (Švajcarska), Gericke GmbH (Nemačka).

²Patenti: 2807866 (Nemačka 1979), 3,501,097 (USA 1970), 1247662 (SSSR – SU 1976, 1982), 3,076,332 (USA 1976).



Slika 2. Šema dozatora "Vazдушna glava"; 1 - ulaz gasa, 2 - izlaz mešavine, 3 - staklena cev za smeštaj praha, 4 - vazдушna glava, 5 - vođice - klizači, 6 - reduktor, 7 - pogonski elektromotor

3. Tehnička rešenja dozatora

Dozator (slika 2) se sastoji od vertikalne staklene cevi, $\varnothing 60$, zapremine oko 1,5 l, u kojoj se nalaze prah koji se kroz porozno dance može fluidizovati prema potrebi i vazdušne glave posebne konstrukcije kroz koju se ubacuje gas tangencijalno zahvatajući prah i odnoseći ga kroz odgovarajuće otvore na vazdušnoj glavi. Glava se kreće naniže kroz cev, uz bočno zaptivanje, brzinom 5 do 35 mm/min, zavisno od potrebnog kapaciteta, pokretana motorom snage 0,18 kW. Konstrukcija glave nije omogućavala veće masene koncentracije transporta od 0,3 (kg praha/kg gasa), tako da ovaj sistem nije korišćen, iako se ceo dozator pokazao veoma stabilan u radu.

Dozator (sl. 3) se sastoji od dva osnovna dela: uređaja I za doziranje praha i priključnog uređaja II za disperziju i transport praha pomoću gasa pod pritiskom.

Uređaj I sastoji se od rezervoara za prah zapremine oko 70 l, koja se može menjati sa poroznim dnom kroz koje se vrši "ispiranje" pomoću azota i koji je predviđen za natpritisak od 0,5 bara. Dve spirale - veća za homogenizaciju praha ($\varnothing 260$) i manja za doziranje - imaju različite i promenljive brojeve obrtaja koje pokreće motor snage 0,55 kW sa promenljivim brojem obrtaja (10-70 o/min) preko reduktora sa dva izlazna vratila. Lagano okretanje veće spirale ho-

mogenizira materijal - prah i smanjuje opasnost od stvaranja svoda iznad dozirne spirale. Kapacitet doziranja menja se sa promenom broja obrtaja manje spirale i promenom veličine manje spirale.

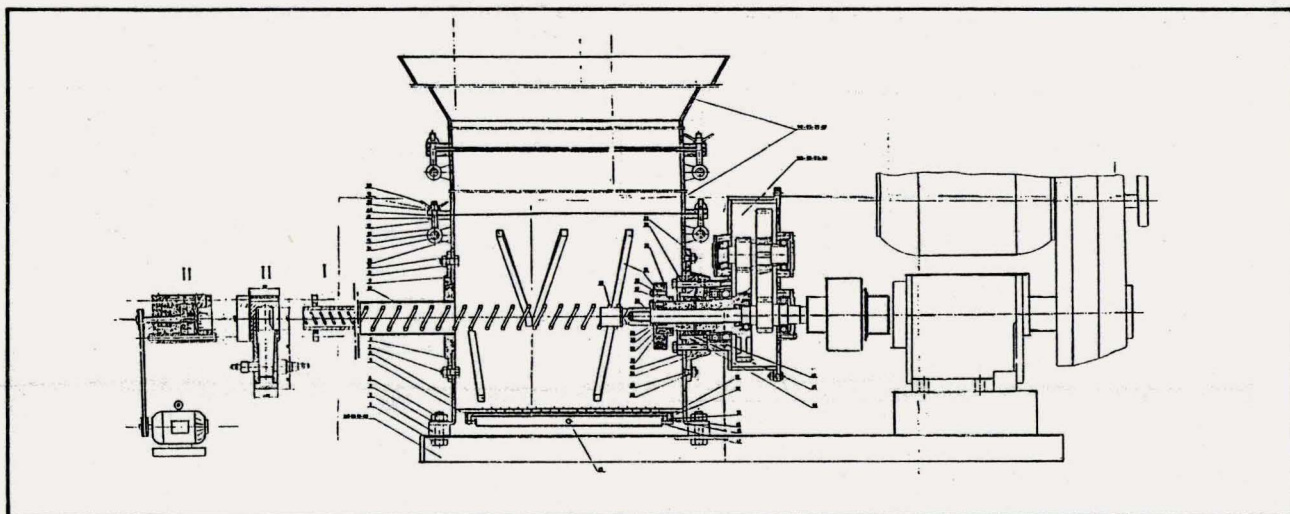
Priključni uređaj II raden je u dve varijante. U prvoj je raden kao ejektorski sistem koji se za kohezivne prahove (kao fini Si), koje zahteva postupak u plazma-reaktoru pokazao nedovoljno dobar. Naime, i sam uređaj I za male nama potrebne kapacitete (300-900 g/h) daje neravnomeran protok kohezivnog praha, zbog lakog stvaranja aglomerata, tako da ejektorski sistem to prenosi, pa su se fluktuacije u protoku mogle i vizuelno uočiti. Zato je u drugoj varijanti konstruisan uređaj II sa obrtnom pločom i za dispergovanje i za transport praha. Dozirna spirala uvodi prah u komoru sa rotirajućim krilcima, koja disperguju prah koji ulazi u otvore rotirajućeg diska, iz kojih ih ejektuje gas iz mlaznica (3 bara), kada se poklope odgovarajući otvori. Stabilnost protoka bez fluktuacija mogla se i vizuelno odmah uočiti, a kasnije je to pokazano i merenjima.

4. Rezultati ispitivanja rada dozatora

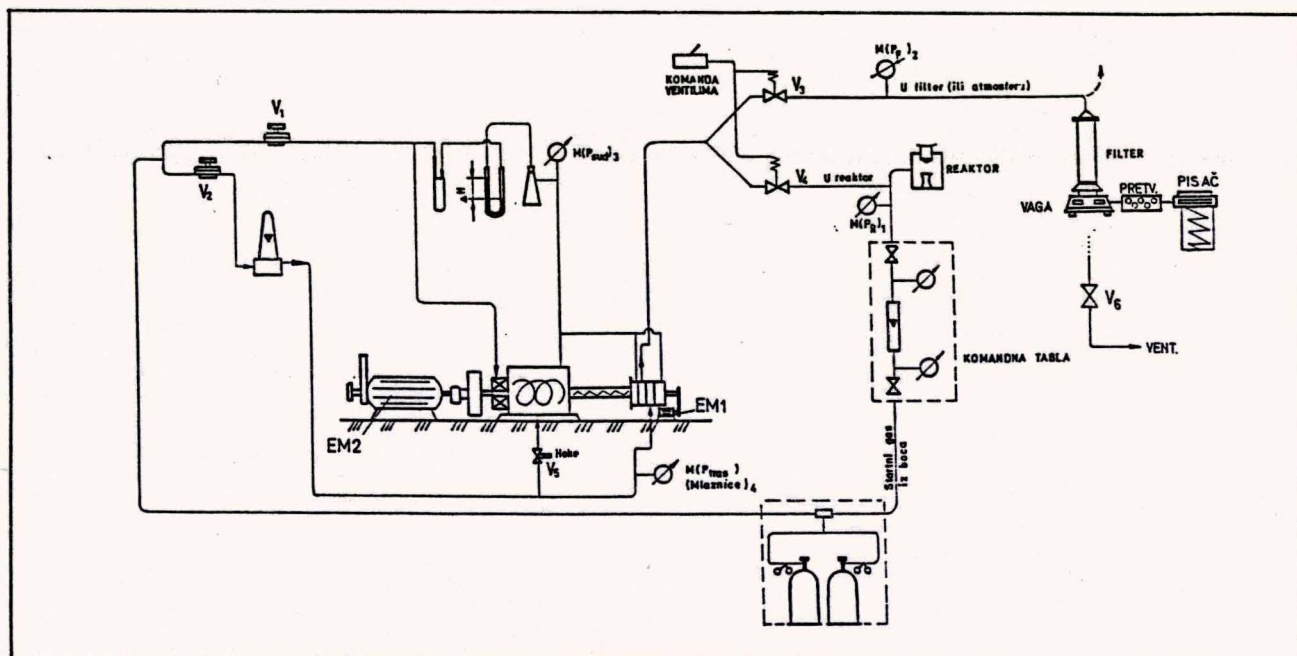
Merenje kapaciteta i kvaliteta doziranja praha izvršeno je kontinualnim merenjem promene težine praha na vagi sa pisačem, koji dotiče u sud ili u filter za vreme rada dozatora.

Prvo su izvršena ispitivanja rada samog spiralnog dozatora, uređaj I (slika 3), sa dve veličine dozirne spirale ($\varnothing 13$ i $\varnothing 46$) i sa dva praškasta materijala i to: 1) grubi kvarc ($310 \mu\text{m}$, $\rho_s = 1300 \text{ kg/m}^3$) nekohezivan, slobodno tekući prah, i 2) napred okarakterisani fini prah Si. Kapacitet se mogao menjati samo promenom broja obrtaja dozirne spirale. Na slici 5. su dati rezultati merenja kapaciteta sa dozirnom spiralom $\varnothing 13$. Za grubi kvarc rezultati merenja poklapaju se sa proračunskim za zapreminski dozator ($V \approx 0,00042 - 0,00315 \text{ m}^3/\text{h}$) i kapacitet se menja linearno sa promenom broja obrtaja spirale. Međutim, za fini prah Si kapacitet je duplo manji od proračunskog (za $n = 100 \text{ o/min}$ iznosi $\approx 140 \text{ g/h}$, umesto $\approx 280 \text{ g/h}$) i promena kapaciteta odstupa od linearnosti sa promenom broja obrtaja dozirne spirale. Ovo se može pripisati jedino "teškim" osobinama ovog praha.

Ispitivanje rada dozatora sa dodatnim uređajem II koji omogućuje rad dozatora na pritisku i transport praha, prikazani su ukratko na slici 6. Merenja su izvršena (slika 4), pomoću filtra u koji se uvodio prah i u kome je vladao pritisak koji odgovara pritisku u plazma-reaktoru. Isti filter koristi se i za



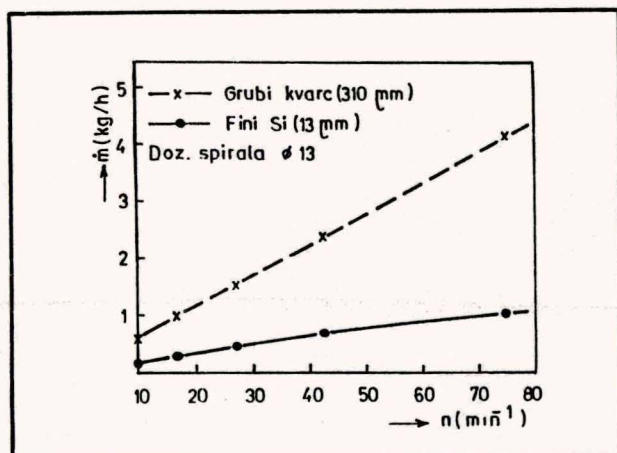
Slika 3. Dozator praha sa spiralama



Slika 4. Šema veze kontinualnog dozatora za prah pri merenjima i u radu; V_1 - ventil za balans pritiska, V_2 - ventil za održavanje pritiska u mlaznicama (transportni gas), V_3, V_4 - komandni ventili za puštanje mešavine gas-čestice u filter ili reaktor, V_5 - ventil (Hooke) za podizanje pritiska u rezervoaru prašine, V_6 - ventil za podizanje pritiska u filteru, M_1-PR - pritisak u reaktoru, M_2-PR - pritisak u filteru, M_3-PS - pritisak u sudu (rezervoaru) prašine, M_4-PR, ML - pritisak u mlaznicama

vreme rada plazma-reaktora za postizanje željenog pritiska. Na slici 6. se vidi, za datu konstrukciju, da blago povećanje pritiska povećava protok prašine da bi za oko 100 mbara protok prašine ponovo pao na nivo kao i bez dodatnog uređaja II. Dalje povećanje pritiska znatno smanjuje protok i sve više dovodi do odstupanja linearne zavisnosti protoka od broja obrtaja spirale, tako da se nije išlo na veći natpritisak od 525 mbara koji je za sada maksimalan u plazma-reaktoru. U ovim uslovima postizao se maksimalni protok prašine od oko 400 g/h. Vidi se da ovo povećanje pritiska slabi uticaj promene broja obrtaja spirale na protok prašine, a povećava uticaj pritiska. Očigledno je da u ovim uslovima počinju da prevladavaju određeni strujni uticaji kao i rad dodatnog uređaja II na kapacitet doziranja u odnosu na mehaničko dejstvo spirale, a ne sme se zanemariti ni uticaj elektrostatičkih sila na transport prašine.

Na slici 7. dat je jedan od zapisa sa merne vage. Analizom ovakvih zapisa za iste kapacitete, ali različite načine doziranja, određivana je uniformnost i stabilnost rada dozatora.

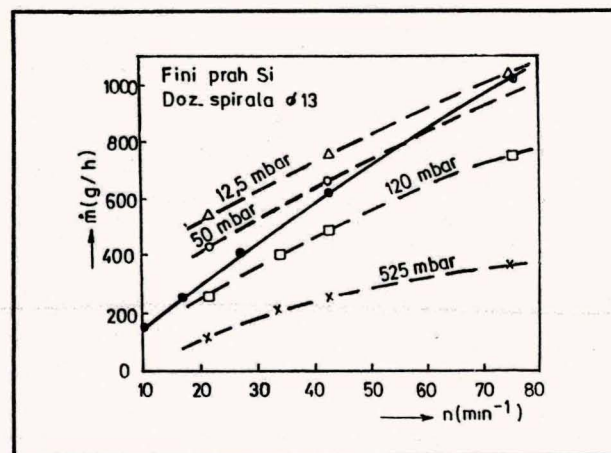


Slika 5.

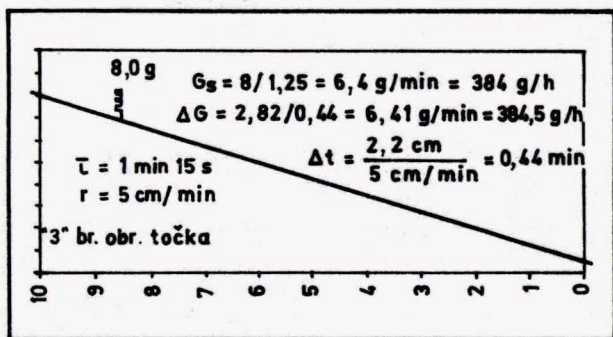
5. Zaključak

Iz rada na konstruisanju i ispitivanju prikazanog sistema doziranja prašine, može se zaključiti da:

- proračunati zapreminski kapacitet spiralnog dozatora važi samo za slobodno tekuće-nekohezivne prašine;
- on zadovoljava po stabilnosti protoka prašine i po potrebnom kapacitetu izuzev za više pritiske i pored znatnog odstupanja kapaciteta od projektovanih vrednosti; postoji problem abrazije pokretnih delova uređaja II;
- sistem kontrole rada dozatora i regulacije treba uprostiti;
- sistem kontrole bio bi efikasniji i pouzdaniji kontinualnim praćenjem promene težine celog dozatora (loss-in-weight feeder), na čemu se sada radi;
- sistem doziranja omogućava laku promenu kapaciteta, višecarovni neprekidan rad plazma-reaktora i ima takva rešenja, da se bez problema može napraviti serija ovakvih uređaja različitih kapaciteta i za različite praškaste materijale



Slika 6.



Slika 7.

Literatura

- [1] Fayed M. E. and Otten L.: *Handbook of Powder Science and Tehnology*, New York: Van Nostrand Reinhold Comp., 1984
- [2] Reitemeyer D.: *Volumetrisches und gravimetrisches Dosieren von Schüttgütern*, Chemie-anlagen + Verfahren, s. 72-79, april 1989.
- [3] Wahl, R.: *How to choose a dry metrials feeder*, Powder and Bulk Engineering, R 185, May 1987.