

Tomasz WYLECIAŁ¹, Dariusz URBANIAK², Monika ZAJEMSKA¹, Jarosław BORYCA¹

e-mail: wylecial.tomasz@wip.pcz.pl

¹ Katedra Pieców Przemysłowych i Ochrony Środowiska, Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów, Politechnika Częstochowska, Częstochowa² Instytut Maszyn Ciepłych, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, Politechnika Częstochowska, Częstochowa

Badania wpływu ziarnistości materiału sypkiego na wydajność pneumatycznej śluzy fluidalnej

Wstęp

W wielu gałęziach przemysłu rośnie obecnie wykorzystanie materiałów ziarnistych. Są one elementem wielu procesów technologicznych, m.in. większości procesów w przemyśle energetycznym. Rozdrabnianie, sortowanie czy mieszanie to tylko nieliczne przykłady procesów, którym poddawane są materiały sypkie.

W wielu przypadkach istotnym zagadnieniem jest sposób przechowywania tych materiałów. Magazynowanie ciał stałych odbywa się na otwartej przestrzeni lub w pomieszczeniach zamkniętych. Często materiały sypkie o wysokich warstwach składowania przechowywane są w silosach lub zasobnikach. Wówczas przepływ materiałów przez zbiorniki, a następnie ich wypływ przez otwory staje się bardzo ważnym problemem ze względu na częste napełnianie i opróżnianie. Duże znaczenie dla prawidłowego wysypu materiałów ze zbiorników mają właściwości fizyczne materiałów (m.in. skład ziarnowy, gęstość usypowa, zwięzłość).

Korzystnym zjawiskiem stosowanym w operacjach związanych z materiałami sypkimi jest fluidyzacja złoża materiałów. Polega ona na upłynnieniu ziarnistego materiału stałego pod wpływem strugi płynu. Stacjonarna warstwa materiału ziarnistego posiadająca początkowo stałą objętość zaczyna nabierać charakteru ośrodka płynnego, czemu towarzyszy wzrost objętości. Ziarna materiału, podobnie jak cząstki w płynie, wykonują intensywne ruchy w całej objętości złoża [Koch i Noworyta, 1998; Wyleciał i Urbaniak, 2012].

Magazynowanie i dozowanie materiałów ziarnistych

W wielu technologiach przemysłowych występuje konieczność przechowywania materiałów ziarnistych, a następnie wytworzenie warunków do precyzyjnego dawkowania tych materiałów do dalszych urządzeń układu technologicznego.

Rozładunek, magazynowanie, mieszanie i dozowanie materiałów drobnoziarnistych jednak często są utrudnione, ponieważ nad otworami wysypowymi zbiorników tworzą się nieruchome nawisy, tunele czy sklepienia. Sprzyjają temu takie czynniki jak: skłonność materiału do zbrzylania się, zamarzanie, spójność i przychepność, wilgotność, gruboziarnistość złoża w stosunku do wymiaru otworu wysypowego. Zjawiska te ograniczają lub całkowicie uniemożliwiają ruch materiału oraz efektywne opróżnianie zbiorników.

Stosuje się zatem różne systemy wspomaganie wysypu, specjalne mieszadła, wibratory itp. Można też zastosować strugę powietrza, czy wręcz fluidyzację złoża sypkiego, która pozwala oderwać materiał od ściany, załamać sklepienia, spulchnić złoże, zapewniając ciągły i stabilny wysyp materiału. Zaletą tej metody jest duża efektywność i dokładność dozowania w czasie rozładunku materiału, niezależnie od kształtu, gęstości, czy kąta usypowego materiału [Pawlikowski, 2016].

W dużych zasobnikach stosuje się działania polegające na aeracji dynamicznej materiału sypkiego z wykorzystaniem pulsatorów pneumatycznych. Ich działanie polega na wystrzeliwaniu do zasobników pewnej porcji sprężonego powietrza, co powoduje odrywanie narostów i nawisów.

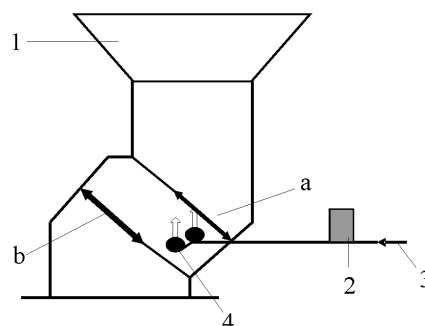
Celem pracy było zbadanie wpływu wielkości ziarna materiału dozowanego za pomocą śluzy fluidalnej na jej efektywność, a tym samym zbadanie możliwości zastosowania fluidalnej śluzy pneumatycznej jako urządzenia dozującego

Badania doświadczalne

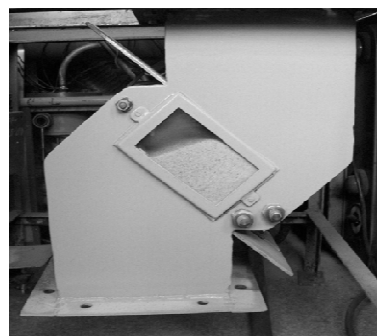
Istotnymi parametrami podczas prawidłowego porcjowania materiału sypkiego są czas dozowania oraz równomierność przebiegu tej operacji pod względem ilościowym. Analiza literaturowa procesu właściwego dozowania materiału sypkiego z zasobnika [Malczewski, 1994; Pastucha i Mielczarek, 1994; Heim, 1996; Wyleciał i in., 2014] doprowadziła do powstania koncepcji stanowiska, którego zasadniczym elementem jest fluidalna śluza pneumatyczna.

Stanowisko badawcze przedstawiono schematycznie na rys. 1, a jego widok pokazano na rys. 2. Stanowisko składa się z fluidalnej śluzy powietrznej, komory zasypowej, przewodów doprowadzenia sprężonego powietrza oraz przepływomierza.

Komora śluzy, znajdująca w środkowej części stanowiska, ograniczona jest od góry przesuwaną płytą, która reguluje wielkość przekroju wlotowego. Możliwość przesuwania płyty czyni stanowisko uniwersalnym, niezależnie od ziarnistości materiału i jego innych właściwości, wpływających na zachowanie się materiału w czasie jego zsypywania. Od dołu komora śluzy jest również ograniczona przesuwaną płytą, co z kolei umożliwia regulację szczeliny wylotowej. W momencie braku przepływu powietrza przez dysze powietrze, usytuowane w komorze śluzy, materiał zasypany do zasobnika w niewielkiej części przesypuje się do komory śluzy fluidalnej.



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego: 1 – komora zasypowa, 2 – przepływomierz, 3 – dopływ sprężonego powietrza, 4 – doprowadzenie powietrza do złoża, a – szczelina wlotowa, b – szczelina wylotowa



Rys. 2. Widok stanowiska badawczego

Dolna płyta komory służy uniemożliwia dalsze przesypanie ziaren poza zasobnik. Ilość materiału przesypanego do komory służy uzależniona jest m.in. od wielkości szczeliny wlotowej i wylotowej służy.

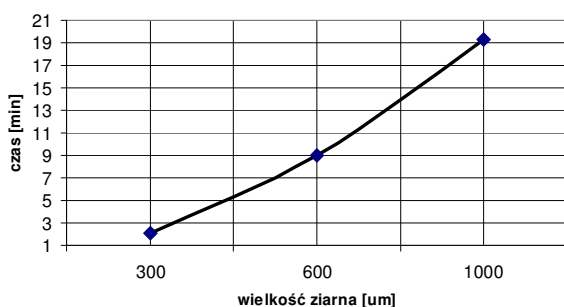
W momencie doprowadzenia sprężonego powietrza do komory materiał zalegający w komorze ulega fluidyzacji, co powoduje wzrost jego objętości i przesypanie poza zasobnik tej części ziaren, która znalazła się ponad płytą dolną komory zasobnika. Od tego momentu mierzono czas przesypania przez służę i jednocześnie od góry materiał w sposób ciągły zsypywany był do roboczej komory służy.

Materiały. Do badań wykorzystano piasek kwarcowy o granulacji 300 μm , 600 μm i 1000 μm . Po uzupełnieniu komory zasypowej piaskiem kwarcowym w ilości 100 kg i po doprowadzeniu powietrza do dysz mierzono czas przesypania materiału przez służę.

Metodyka. Powietrze dostarczano do dwóch przewodów – 4 (Rys.1), w których wykonane były otwory dysz. Powodowało to unoszenie i fluidyzację warstwy, a tym samym warunkowało przesypanie materiału przez szczelinę wylotową. Strumień powietrza mierzony był przepływomierzem typu RCD. Przeprowadzono próby przy różnych kątach wypływu strumienia powietrza względem pierwotnego położenia, gdzie strumień powietrza skierowany był pionowo w górę, przy różnych szerokościach szczeliny wlotowej i szczeliny wylotowej i przy różnych wartościach strumienia powietrza dostarczanego do przewodów.

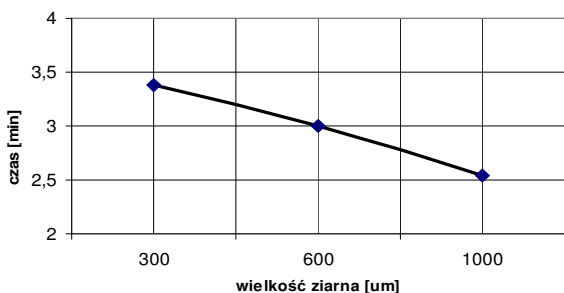
Wyniki i dyskusja

Na rys. 3 i 4 przedstawiono przykładowe wyniki badań przy różnych wielkościach strumienia powietrza i dla różnych rozmiarów ziaren piasku kwarcowego.



Rys. 3. Wyniki badań dla piasku kwarcowego dla strumienia powietrza 9,3 m^3/h (szerokość szczeliny doprowadzającej $a = 8\text{ cm}$ i szczeliny wylotowej $b = 3,2\text{ cm}$)

Dla przypadku badań przy wartości strumienia powietrza 9,3 m^3/h , wraz ze wzrostem wielkości ziaren materiału wydłuża się czas przesypania materiału przez służę. Jest to skutkiem pogorszenia stanu fluidyzacji materiału. Ponieważ doprowadzenie powietrza miało charakter punktowy, obserwowano zjawisko przepływu kominowego i fluidyzację fontannową. Materiał intensywnie fluidyzował w bezpośredniej bliskości kanałów powietrznych, natomiast w większej części objętości warstwy pozostawał w bezruchu. Zjawisko to nasilało się wraz ze wzrostem wielkości ziarna materiału sypkiego.



Rys. 4. Wyniki badań dla piasku kwarcowego dla strumienia powietrza 12 m^3/h (szerokość szczeliny doprowadzającej $a = 8\text{ cm}$ i szczeliny wylotowej $b = 3,2\text{ cm}$)

Wzrost wartości strumienia powietrza (12 m^3/h) powodował zwiększenie energii doprowadzonej do warstwy, zatem intensyfikował fluidyzację i powodował zmniejszenie objętości ziaren pozostających w bezruchu, co znacznie skracało czas przesypania materiału. Wartość sumarycznego czasu przesypania malała wraz ze wzrostem wielkości ziarna. Jednak zmiana ta nie jest nazbyt duża, co skłania do stwierdzenia, że w przypadku badanego zakresu zmienności ziarnistości każdy materiał można dozować za pomocą analizowanego urządzenia.

Podsumowanie i wnioski

Zastosowane w służę dysze powietrzne powodujące fluidyzację miały duży wpływ na czas przesypania materiału. Czas przesypania zależał od charakteru fluidyzacji. W przypadku badań, których wyniki przedstawiono na rys. 3, zaobserwowano wyraźne strefy fluidyzacji fontannowej, co znacznie wydłużało czas przesypania, zwłaszcza dla materiału o większych ziarnach. Zjawisko to można było znacznie ograniczyć, czy wręcz wyeliminować przez zmianę kąta wypływu powietrza. Wyniki tych badań zostaną przedstawione w następnych pracach, niemniej jednak ze względu na cel pracy obserwacja ta została przytoczona.

Na podstawie przeprowadzonych wielu prób doświadczalnych można stwierdzić, że służa z powodzeniem spełnia zakładane oczekiwania. Płynną regulację ilości dozowanego materiału ziarnistego można w sposób łatwy i skuteczny realizować przez odpowiedni dobór parametrów strumienia powietrza. Analiza wyników badań pozwalała na sformułowanie następujących wniosków:

- W przypadku przesypania piasku kwarcowego dla strumienia powietrza wynoszącego 9,3 m^3/h czas przesypania wzrastał wraz ze wzrostem strumienia powietrza. Natomiast przy strumieniu powietrza 12 m^3/h obserwowano krótszy czas przesypania. To potwierdza, że zjawisko fluidyzacji znacząco zależy od ziarnistości materiału oraz ilości powietrza fluidyzującego.
- Służa strumieniowo-powietrzna pozwala płynnie dozować przesypanie materiałów sypkich. Urządzenie z powodzeniem może być wykorzystane do przesypania materiałów, które mogą ulegać zlepianiu lub zbrylaniu. Powietrze wypływające z przewodów umieszczonych w służę powoduje rozbijanie i swobodny przesypanie materiału.
- Ze względu na małą pojemność komory zasypowej, wynikającej z warunków laboratoryjnych, w pracy nie uwzględniono m.in. wpływu masy materiału znajdującego się w niej na efektywność przesypania materiału.
- Urządzenie tego typu może być stosowane przy wylotach zbiorników materiałów sypkich, jak również do wspomaganie rozładunku silosów i zasobników w przemyśle energetycznym, chemicznym i budowlanym. Służa strumieniowo-powietrzna zapewnia ciągłe dozowanie poprzez wprowadzenie materiałów w stan fluidalny.

LITERATURA

- Heim A., (1996). *Procesy mechaniczne i urządzenia do ich realizacji*. Wyd. Pol. Łódzkiej, Łódź
- Koch R., Noworyta A., (1998) *Procesy mechaniczne w inżynierii chemicznej*. WNT, Warszawa
- Malczewski J., (1994). *Mechanika materiałów sypkich*. Wyd. Pol. Warszawskiej, Warszawa
- Pastucha L., Mielczarek E., (1994) *Kinetyka i termodynamika rozdrabniania strumieniowego*. Wyd. Pol. Częstochowskiej, Częstochowa
- Pawlikowski J., (2016). Wybrane metody wspomaganie spływu materiałów sypkich w silosach, zasobnikach i innych urządzeniach technologicznych. *Powder and Bulk. Materiały sypkie i Masowe*, 6, 24-25
- Urbaniak D., Wyleciał T., (2010) Mechanical activation in energy processes. *Chem. Proc. Eng.*, 31(4), 647-659
- Wyleciał T., Urbaniak D., (2012). Badanie rozdrabniania materiałów drobnodziarnistych w młynie strumieniowo-fluidalnym. *Hutnik - Wiadomości Hutnicze*, 79(5), 396-399
- Wyleciał T., Urbaniak D., Boryca J., (2014). Wpływ strumienia powietrza na przepływ materiału sypkiego przez fluidalną służę pneumatyczną. *Hutnik - Wiadomości Hutnicze*, 81(5), 345-348