ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1978
Seria: MECHANIKA z. 66 Nr kol. 570

Mirosław GREGORASZCZUK, Józef DAŃKO,
Aleksander FEDORYSZYN

Instytut Technologii i Mechanizacji Odlewnictwa
Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie

BADANIA DOŚWIADCZALNEJ INSTALACJI FLUIDALNEGO TRANSPORTU PIONOWEGO

Streszczenie. Referat obejmuje opis doświadczalnej instalacji pionowego transportu fluidalnego. Przedstawiono metodykę i wyniki badań, które stanowiły podstawę doboru parametrów pracy i sporządzania charakterystyk roboczych instalacji.

Wprowadzenie

Rozwój konstrukcji i zastosowań transportu pneumatycznego dotyczy również odlewnictwa. Jedną z nowych odmian w tym zakresie jest transport fluidalny, w którym sprężone powietrze odgrywa rolę czynnika pośredniczącego, przy uprzednim wprowadzeniu nosiwa w stan sfluidyzowany.

Transport sfluidyzowanych nosiw charakteryzuje się szeregiem walorów, a zwłaszcza niską energochłonnością oraz wyraźnie zmniejszonym, niszczącym oddziaływaniem nosiw. Szczególnie istotne jest to w przypadku nosiw twardych i silnie ścierających /np. piasek kwarcowy/, co w innych odmianach transportu pneumatycznego prowadzi do intensywnego, tarciowego zużywania elementów przenośnika /kolana czy przewody/.

Wymienione walory są istotne dla praktycznych zastosowań, zwłaszcza transportu pionowego, przy stosunkowo małych wysokościach lub odległościach przenoszenia.

Stan fluidyzacji fazy stałej może występować w szerokim przedziale prędkości i ciśnień czynnika fluidalnego - w zależności od rodzaju i właściwości nosiwa. Stąd wytłumaczalne jest znaczne zróżnicowanie wartości podstawowych parametrów takiej odmiany transportu fazy

sfluidyzowanej, zwanej potocznie transportem fluidalnym.

Bardziej ścisłe umiejscowienie omawianego sposobu przenoszenia materiałów w systemie odmian transportu pneumatycznego [2 i 4] wymaga prowadzenia badań doświadczalnych w zakresie oceny wpływu wartości ciśnień i prędkości czynnika transportującego, rodzaju nosiwa i konstrukcji instalacji na wartości koncentracji a także pozostałych wskaźników techniczno-eksploatacyjnych. Uzyskane dane mogą być podstawą dla rozwiązania transportu fluidalnego o optymalnych parametrach użytkowych.

Celem referatu jest przedstawienie rezultatów zrealizowanych badań [5] instalacji pionowego przenośnika fluidalnego do materiałów formierskich.

Instalacja doświadczalna

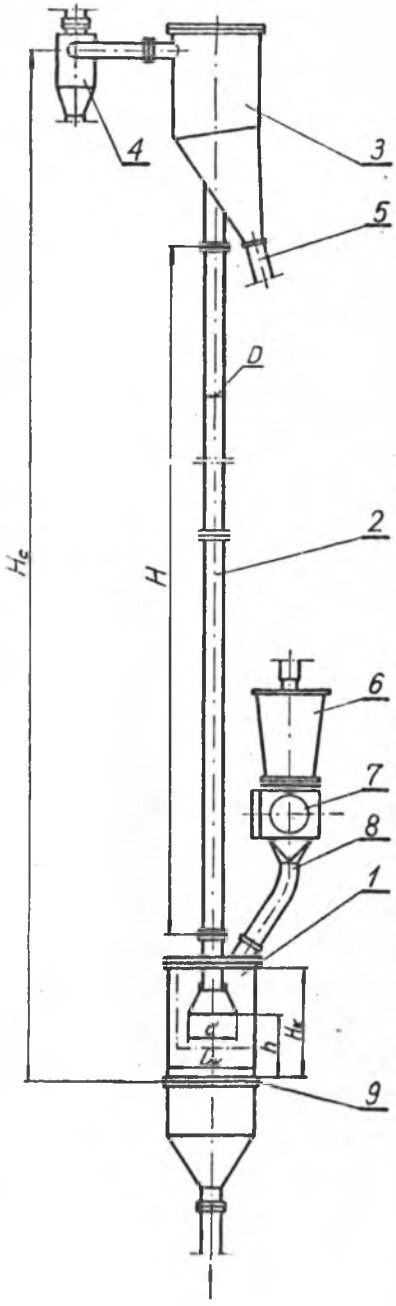
Koncepcyjne opracowanie doświadczalnej instalacji pionowego transportu fluidalnego wykonał "PRODLEW" Oddział Kraków, natomiast wykonawstwo i montaż - PEMOD - Myślenice.

Budowę i działanie stanowiska doświadczalnego przedstawia rysunek 1.

Nosiwo wprowadza się dozownikiem 7 do zasilacza fluidyzacyjnego 1, w formie regulowanego strumienia. W wyniku fluidyzacji odbywa się wprowadzenie materiału do konfuzora stożkowego wlotu /o średnicy d/, stanowiącego początek przewodu transportującego 2. Odbiór nosiwa zachodzi z wysypu 5, oddzielacza 3. Unoszone przez powietrze pyliste składniki nosiwa oddzielane są w cyklonie 4.

W przypadku badań trwałości instalacji na zużycie mechaniczne można uzyskać obieg materiału w systemie zamkniętym przez połączenie wylotu 5 ze zbiornikiem 6.

Układ zasilania pneumatycznego stanowiła dmuchawa Roota, połączona z przenośnikiem fluidalnym poprzez układ pomiarowy natężenia powietrza podawanego pod dystrybutor 9.



H	3400 mm
H_c	5200 mm
D	57,5 mm
H_k	700 mm
D_k	300 mm
h	40÷320 mm
d	160÷220 mm

Rys.1. Schemat doświadczalnej instalacji transportu pneumatycznego -fluidalnego: 1-komora fluidalnego zasilania, 2-przewód transportowy, 3-oddzielacz, 4-cyklon, 5-wylot transportowanego materiału, 6-zbiornik, 7-dozownik bębnowy, 8-przewód doprowadzający materiał, 9-dystrybutor powietrza.

Komorę zasilacza fluidyzacyjnego 1 wykonano w postaci przeźroczystej tulei z polimetakrylanu metylu, dla umożliwienia obserwacji zjawiska fluidyzacji.

Metodyka i zakres badań

Do badań wytypowano reprezentatywne piaski formierskie, różniące się wielkością i kształtem ziarn, a także składem granulometrycznym. Dla tych materiałów wyznaczono pełne charakterystyki technologiczne oraz parametry aerodynamiczne, niezbędne dla prowadzenia procesu fluidyzacji. Dane odnoszące się do piasków, przy użyciu których przeprowadzono badania, przedstawiono w tablicy 1.

Badania instalacji rozpoczęto od wyznaczenia charakterystyki układu dozującego nosiwo do komory zasilacza fluidyzacyjnego 1 /rys. 1/, dla umożliwienia oceny natężenia strumienia piasku transportowanego w określonych warunkach. Dla potrzeb projektowych wyznaczono maksymalną zdolność transportową przenośnika, a także charakterystyki oporów przepływu mieszaniny piaskowo-powietrznej.

Charakterystyki te podają zależność spadków ciśnień odniesionych do jednostkowej długości przenośnika w funkcji prędkości przepływu powietrza w przewodzie transportowym. Uzyskane dane posłużyły do wyznaczenia optymalnych prędkości przenoszenia, dla których uzyskano najniższe straty ciśnień dla wszystkich natężeń przepływu nosiwa.

Opracowanie rezultatów badań wydajności urządzenia oraz pomiarów natężenia przepływu powietrza pozwoliło wyznaczyć koncentrację masową podawanego strumienia:

$$\mu m = \frac{m_n}{m_p} = \frac{V_n \cdot \gamma_n}{V_p \cdot \rho_x}, \qquad /1/$$

Tablica 1

Charakterystyka podstawowych właściwości technologicznych i aerodynamicznych badanych piasków formierskich

Nazwa piasku i jego oznaczenia wg BN-68/4021-19	-piasek form.drobny 1K/0,20/0,16/0,10-J85-1650 °K	- piasek form.gruby 1K/0,20/0,32/0,40-M80 - 1650 °K	-piasek form. żwirek 1K/0,63/0,40/0,32-M70-1650°K
średnia wielkość ziarn d_h, mm	0,229	0,309	0,606
kulistość ziarn	0,911	0,938	0,808
wartość prędkości krytycznej V_{kr}, m/s	0,050	0,090	0,130
wartość prędkości unoszenia V_{un}, m/s	1,84	2,48	3,60

gdzie:

V_n, V_p - objętości, odpowiednio nośnika i powietrza w m^3,

ρ_n - gęstość usypowa nośnika w kg/m^3,

ρ_x - gęstość powietrza w danych warunkach /przy ciśnieniu p_x i temperaturze T_x/, w kg/m^3.

Gęstość powietrza ρ_x w warunkach pomiaru wyznaczono z zależności:

$$\rho_x = \rho' + w_p \cdot \rho'' , \qquad /2/$$

a gęstość ρ' powietrza suchego z:

$$\rho = \rho_p \frac{(p_n - w_p\, p_{nas})\, T_n}{p_x \cdot T_x}, \qquad /2a/$$

gdzie:

ρ_p - gęstość powietrza przy ciśnieniu normalnym p_n i temperaturze T_n,

w_p - wilgotność względna powietrza,

p_{nas} - ciśnienie nasycenia pary wodnej w warunkach pomiaru.

Porowatość mieszaniny jest uzależniona od tych samych czynników, które wpływają na koncentrację i jednostkowe natężenie transportu.
Wychodząc z definicji porowatości jako stosunku por gazowych /$V_c - V_m$/ do całkowitej objętości zajmowanej przez materiał /V_c/:

$$\varepsilon = \frac{V_c - V_m}{V_c} \qquad /3/$$

można po przekształceniach uzyskać zależność:

$$\varepsilon = 1 - \frac{1}{1 + \frac{Q_p \cdot \gamma_n}{Q_n \, \rho_x}}, \qquad /3a/$$

gdzie:

Q_p - natężenie przepływu powietrza w m^3/h;

Q_n - natężenie przepływu nosiwa w m^3/h;

γ_n i ρ_x - jak we wzorze /1/.

Określone w podany sposób porowatości mieszaniny dla dwu rodzajów piasku / γ_{n1} = 1500 kg/m^3 i γ_{n2}=1620 kg/m^3 / wynosiły od 0,935 do 0,96 dla prędkości powietrza mieszczącej się w przedziale 12 - 14 m/s.

Wyznaczono również parametr pomocny do obliczania transportu, określony wielkością obciążenia na powierzchnię przekroju poprzecznego przewodu, charakteryzujący efektywność transportu pneumatycznego 3,6 :

$$q = \frac{V_n \quad \gamma_n}{F_D \cdot \tau}, \quad \frac{kg}{m^2 \cdot s}, \qquad /4/$$

gdzie:

F_D - przekrój poprzeczny przewodu transportowego w m^2,

τ - czas przenoszenia w s.

Poprawne działanie przenośnika fluidalnego wymaga doboru maszyny sprężającej powietrze, zasilającej przenośnik, stąd niezbędną wartość stosunku sprężania wyznaczono 1 poprzez określenie oporow dla zapewnienia właściwego ciśnienia pod dystrybutorem powietrza:

$$\Delta p = 1,2 \left(\Delta p_d + \Delta p_{prz} + \Delta p_w + \Delta p_t + \Delta p_m\right), \qquad /5/$$

gdzie:

Δp_d - straty ciśnienia w układzie doprowadzającym powietrze,

Δp_{prz} - opór dystrybutora /dna komory zasilacza/,

Δp_w - opory filtracji warstwy nosiwa,

Δp_t - opory związane z przemieszczaniem nosiwa w przewodzie transportowym,

Δp_m - opory miejscowe związane z odprowadzaniem i oczyszczaniem powietrza wydalanego z przenośnika.

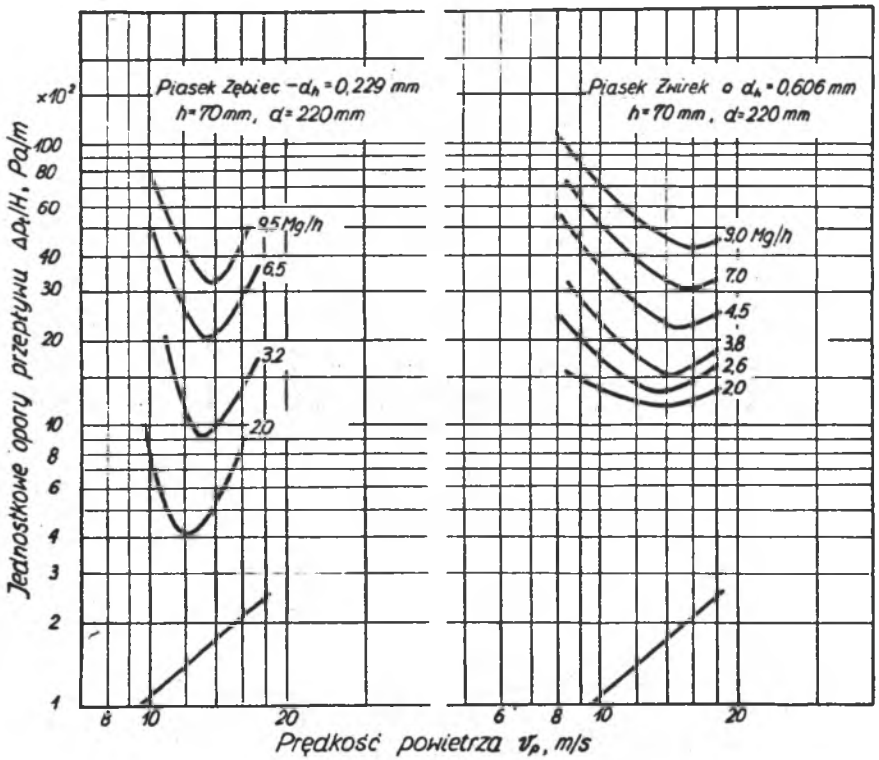
Analiza wyników badań instalacji doświadczalnej

Przykładowy przebieg krzywych charakteryzujących jednostkowe opory przepływu mieszaniny powietrza z nosiwem w funkcji prędkości powietrza zamieszczono na rysunku 2. W całości zrealizowanych badań uwzględniono także wpływ różnych dystrybutorów powietrza przy odmiennym sposobie wprowadzania nosiwa do przewodu transportowego.

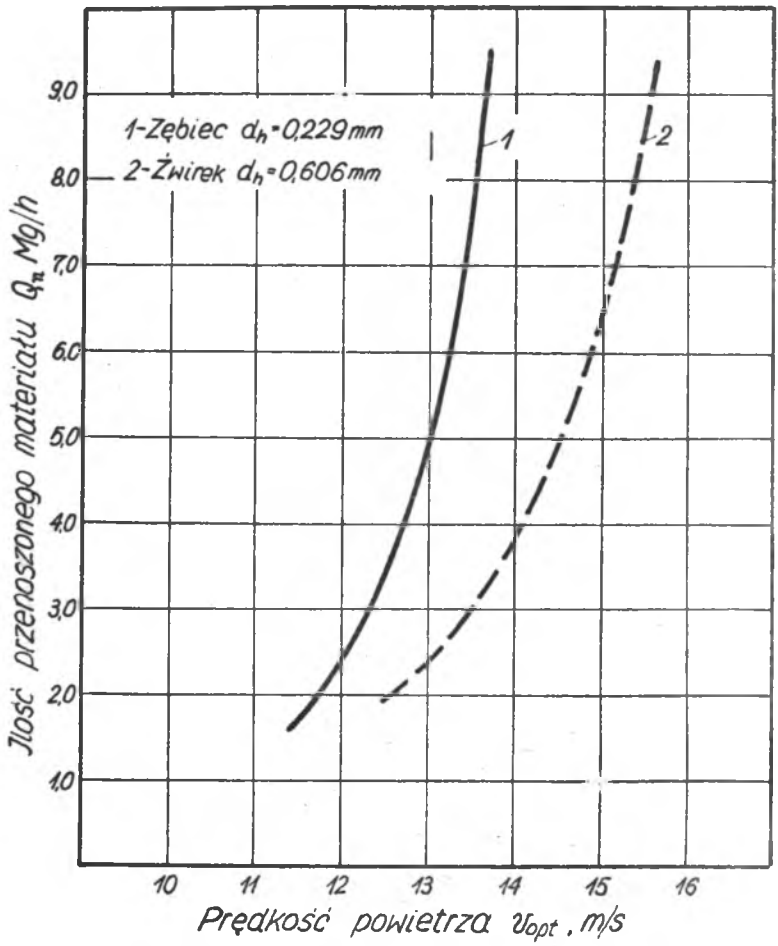
Analiza krzywych z rysunku 2 wskazuje na ich analogię do typowych zależności dla transportu pneumatycznego podanych przez F.A.Zenza i D.F.Othmera 3 . Niezależnie od rodzaju dna i rodzaju transportowanego nosiwa przebieg krzywych jest regularny, pozwalający na przeprowadzenie krzywej minimalnych strat ciśnienia powietrza i krzywych minimalnego sprężu dmuchawy. Minimalizacja tych wielkości jest podstawą optymalizacji parametrów procesu przenoszenia.

Zastosowanie piasków o zwiększonej średnicy ziarn /prawa część wykresu z rys. 2/ powoduje przesunięcie minimum na krzywych spadków ciśnień w kierunku wyższych wartości prędkości powietrza. Wynika to z wyższych wartości prędkości zawieszenia dla tych materiałów. Optymalne zakresy prędkości dla stosowanych nosiw w funkcji wydajności przedstawiono na rysunku 3.

Optymalne prędkości transportu dla nosiw o średnim wymiarze ziarn /obliczonym jako średnia harmoniczna wymiarów zbioru ziarn/, wynoszącym od 0,229 ÷ 0,606 mm, przyjmują wartości od 13 ÷ 15,5 m/s. Zapewnia to uzyskanie wydajności 2,5 ÷ 3 Mg piasku na godzinę.



Rys. 2. Charakterystyki oporów przepływu powietrza w pionowym transporcie fluidalnym.



Rys.3. Optymalne zakresy pracy pionowego przenośnika fluidalnego.

Maksymalne zdolności transportowe instalacji uzależnione były od wysokości wlotu do konfuzora oraz od jego średnicy d. Stwierdzono, że istotny wpływ na wydajność wywiera zmiana wysokości konfuzora w zakresie wyższych odległości od dna. Badania stwarzają podstawę do zaproponowania wartości h/H_k = 0,12 /por. rys. 1/ oraz stosunku średnic d/D_k= 0,734 jako najbardziej korzystnych, umożliwiających uzyskanie najniższych spadków ciśnienia dla przeniesienia stałej ilości nosiwa.

Zestawienie wartości podstawowych wskaźników eksploatacyjnych badanej instalacji podano w tablicy 2.

Tablica 2

Zestawienie podstawowych wskaźników eksploatacyjnych doświadczalnego przenośnika.

Rodzaj nosiwa	piasek Zębiec o d_h = 0,229mm
Warunki pracy przenośnika:	
- średnica przewodu	D = 57,5 mm
- wysokość konfuzora	h = 70 mm
- średnica wlotu	d = 220 mm
- wysokość podnoszenia	H_c = 5200 mm
Minimalna wartość spadku ciśnienia w przewodzie	4 ÷ 51 hPa
Niezbędna wartość ciśnienia pod dystrybutorem powietrza	163 ÷ 300 hPa
Maksymalna wydajność transportu	10 Mg/h
Jednostkowe natężenie przenoszenia nosiwa	1050 ÷ 1290 kg/cm^{2}s
Wartość koncentracji	
μ_v	2,50 ÷ 6,6
μ_m	28 ÷ 78
Zapotrzebowanie mocy	0,22 ÷ 0,5 kW/Mg. 1 m

Wnioski

1. W wyniku badań stwierdzono, że koncepcja przenośnika fluidyzacyjnego, w której powietrze dostarczane przez dystrybutora powietrza jest użyte zarówno do fluidyzacji nosiwa jak i do jego transportu, daje podstawę do zaprojektowania układu o wydajnej pracy i stabilnej charakterystyce. W tym celu wymagany jest dobór właściwych warunków pracy instalacji oraz układu dozowania nosiwa.

2. Uzyskiwane wartości parametrów transportu fluidalnego wskazują, że analizowany przypadek jest transportem fluidalnym fazy rzadkiej i występuje w zakresie ciśnień 163÷300 hPa. W ogólności ten typ przenośnika można zaliczyć do transportu pneumatycznego, średniociśnieniowego.

3. W przemysłowych rozwiązaniach dążyć należy do uzyskania minimalnych, jednostkowych strat ciśnienia, w przewodach, w dystrybutorze powietrza oraz w warstwie nosiwa. Obniżenie wartości strat ciśnienia uzyskuje się przez zbliżenie do dna krawędzi konfuzora /optymalna odległość h_{opt} = 70 ÷ [illegible] mm/ oraz przez utrzymanie wartości stosunku średnic $\frac{d}{D_k}$ /por. rys.1/ na poziomie nie niższym od 0,6 .

4. W instalacji uwzględniającej dozownik bębnowy prędkość powietrza, wynosząca 13 m/s, była górnym zakresem stabilizacji wydajnościowej układu, a zatem górną, technicznie uzasadnioną wartością tego parametru. Dalszy wzrost prędkości może wynikać jedynie z potrzeby przenoszenia wyższych masowych natężeń przepływu nosiwa o średnicach ziarn przekraczających wartości objęte badaniami.

LITERATURA

[1] Gregoraszczuk M., Fedoryszyn A.: Podstawowe obliczenia przenośników aeracyjnych, Przegląd Mechaniczny, nr 22, 1974, ss. 761-764.

[2] Kalisiak W.: Nowoczesne urządzenia do transportu pneumatycznego, Przegląd Mechaniczny, nr 1, 1970, s. 12-16.

[3] Kunii D., Levenspiel O.: Fluidization Engineering, John Wiley Sons, INC, New York, London, Sydney, Toronto 1969.

[4] Malis A.Ju.: Pnewmaticzeskij transport sypuczich materiałow pri wysokich koncentracijach. Wyd. Maszinostrojenie, Moskwa 1969.

[5] Praca zbiorowa: Próby i badania fluidalnego przenośnika pionowego do transportu materiałów sypkich. Praca naukowo-badawcza Instytutu Technologii i Mechanizacji Odlewnictwa AGH, Kraków 1977.

[6] Razumow J.M.: Fluidyzacja i transport pneumatyczny materiałów sypkich, WNT, Warszawa 1975.

ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНОЙ УСТАНОВКИ ФЛЮИДИЗАЦИОННОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Р е з ю м е

В докладе подаётся описание опытной установки флюидизационного вертикального транспорта. Представлено методику и результаты испытаний, на которых базировался подбор рабочих параметров и составлялись рабочие характеристики установки.

EXAMINATION OF EXPERIMENTAL INSTALLATION FOR FLUIDIZING VERTICAL TRANSPORT

S u m m a r y

This paper describes the experimental installation for fluidized vertical transport.

The methods and results of the examinations which were the basis for choice of operational parameters and determination of operational characteristics of the installation have been also presented.