

MATERIAŁY UZUPEŁNIAJACE DO TEMATU:

POMIAR I OKREŚLENIE WARTOŚCI ŚREDNICH I CHWILOWYCH GŁÓWNYCH ORAZ POMOCNICZYCH PARAMETRÓW PROCESU DMUCHOWEGO

Józef Dańko.

Wstęp

Masa wypływająca z komory naboowej strzelarki ma postać dwufazowego strumienia, w którym fazę stałą stanowią cząstki masy rdzeniowej lub formierskiej, natomiast fazą gazową jest powietrze o ciśnieniu równym ciśnieniu w zbiorniku masy. We wnęce rdzennicy z mieszaniny piaskowo-powietrznej zostaje oddzielona masa, która zapełniając rdzennicę jednocześnie przyjmuje kształt jej wnęki i ulega zagęszczeniu. Osobliwością procesu jest bezprzewodowy, dwufazowy transport pneumatyczny strumienia powietrzno-piaskowego na odcinku od otworu dmuchowego do rdzennicy i związane z nim przyspieszanie ziarn masy, w którym nie występuje tarcie masy o ściany przewodu transportującego.

1. Parametry strumienia piaskowo-powietrzego w odlewniczych maszynach dmuchowych

Do opisu procesu dmuchowego konieczne jest określenie i pomiar szeregu wielkości w nim występujących, z których jedne mają podstawowe znaczenie, natomiast inne są wielkościami pomocniczymi. Wielkości podstawowe, uzyskiwane najczęściej na drodze pomiarów doświadczalnych, integrują w sobie wpływy szeregu zmiennych wielkości procesu na jego przebieg. W procesach dmuchowych takimi wielkościami, wpływającymi na uzyskane zagęszczenie masy oraz na rzeczywisty czas procesu zapełniania wnęki technologicznej są:

- *nateżenie wypływu masy z komory naboowej,*
- *wartość siły oddziaływania dynamicznego strumienia piaskowo-powietrzego na warstwę masy zawarte w rdzennicy,*

Wielkości pomocnicze, to przede wszystkim te parametry strumienia piaskowo-powietrzego, które analizowane w kategoriach transportu pneumatycznego uwzględniają:

- *gęstość strumienia powietrzno-piaskowego,*
- *koncentracja lub stężenie objętościowe bądź ciężarowe fazy stałej, porowatość,*
- *uśrednioną prędkość obu faz składowych strumienia piaskowo-powietrzego,*

2. Główne parametry robocze maszyn dmuchowych - metody ich pomiaru

2.1. Dynamiczny napór strugi piaskowo-powietrznej

Jako miarę dynamicznego oddziaływania strugi piaskowej na warstwy masy znajdujące się w rdzennicy przyjęto [1], wartość siły naporu w osi działania tej siły, prostopadle do jej wektora

$$P_D = \rho_{str} \cdot c_m^2 \cdot f_1, \quad f_1 = 0,25 \cdot \pi \cdot D_1^2 \quad (1)$$

gdzie: f_1 - powierzchnia otworu strzałowego; m , c_m - rzeczywista prędkość strumienia w ruchu ustalonym; m/s, ρ_{str} - gęstość strumienia piaskowo-powietrzego; kg/m³, d_1 - średnica otworu strzałowego; m.

Nateżenie wypływu strumienia piaskowo-powietrzego jest równe

$$M = \frac{\Delta m}{\Delta \tau} \quad (2)$$

gdzie: Δm - ilość masy wypływająca z komory nabojeowej w jednym cyklu roboczym maszyny; kg, $\Delta \tau$ - rzeczywisty czas ewakuacji masy określony z wykresu siły dynamicznej; s.

Do pomiaru siły naporu strumienia piaskowo-powietrzego służy ciśnieniowy przetwornik siły, wprowadzony do układu pomiarowego strzelarki [2]. Przykładowe przebiegi czasowe siły P_D w połączeniu z przebiegami ciśnienia p_b w komorze nabojeowej przedstawiono na rysunku 1 dla trzech badanych rodzajów masy. Z kolei na rysunku 2, przedstawione zostały dla tych samych warunków przebiegi czasowe nateżenia wypływu masy M , oraz współczynnika stężenia objętościowego m_v fazy stałej w strumieniu piaskowo-powietrzny.

2.2. Koncentracja strumienia piaskowo-powietrzego i jej pomiar

Adaptacja definicji koncentracji objętościowej, stosowanej w publikacjach odnoszących się do ośrodka dwufazowego gaz - ciało stałe [3], pozwala w odniesieniu do strumienia piaskowo-powietrzego napisać, że

$$\mu_v = \frac{V_m}{V_p} = \frac{v_z \cdot n_z}{V_p} \quad (3)$$

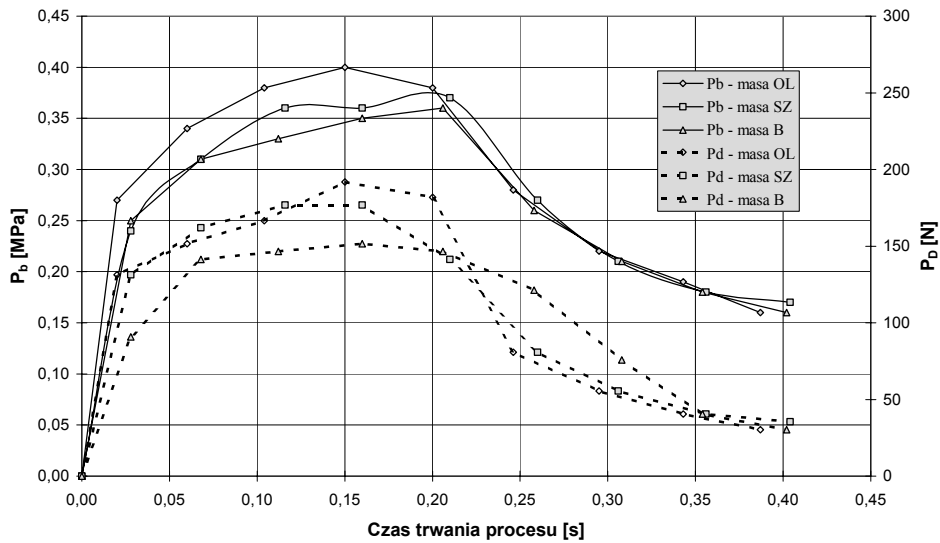
Stężenie cząstek masy w strumieniu powietrza, w inny sposób oddające sens koncentracji, wynosi

$$m_v = \frac{v_z}{V_c} \quad (4)$$

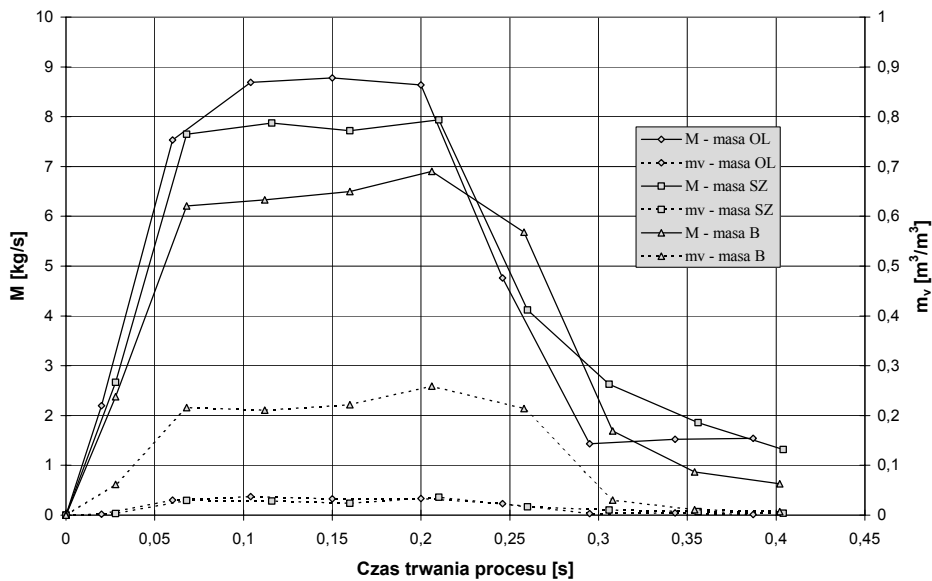
gdzie: V_m - sumaryczna, rzeczywista objętość cząstek przenoszonej masy; m, V_m - objętość unoszonej masy, V_p - objętość powietrza unoszącego masę, v_z - objętość pojedynczej cząstki masy, n_z - liczba cząstek masy, $V_c = v_z \cdot n_z + V_p$ - całkowita (sumaryczna) objętość elementarnej porcji masy i powietrza.

Związki łączące obie zdefiniowane wielkości są następujące

$$\mu_v = \frac{m_v}{1 - m_v} ; \quad m_v = \frac{\mu_v}{1 + \mu_v} \quad (5)$$



Rys. 1. Przebiegi czasowe siły P_D i ciśnienia p_b w komorze nabojeowej dla badanych rodzajów masy: Strzelarka o pojemności komory nabojeowej 3 dm^3 , ciśnienie robocze $p_r = 0,6 \text{ MPa}$, średnica przelotu zaworu strzałowego (d_0) i otworu strzałowego (d_1) równe 25 mm [2].



Rys. 2. Przebiegi czasowe natężenia wypływu masy \dot{M} oraz współczynnika stężenia objętościowego m_v fazy stałej w strumieniu piaskowo-powietrznym. Warunki realizacji procesu jak na rysunku 1.

Wielkości występujące we można rozpatrywać jako średnie w całym okresie ewakuacji masy, lub jako wartości chwilowe, przy czym wyrażające je wzory mają następującą postać

$$\mu_V = \frac{\rho_{str} - \rho_p}{\rho_m - \rho_{str}}; \quad m_V = \frac{\rho_{str} - \rho_p}{\rho_m - \rho_p} \quad (\text{wartość średnia}) \quad (6)$$

$$\mu_{V(\tau)} = \frac{\rho_{str(\tau)} - \rho_p}{\rho_m - \rho_{str(\tau)}}; \quad m_{V(\tau)} = \frac{\rho_{str(\tau)} - \rho_p}{\rho_m - \rho_p} \quad (\text{wartość chwilowa}) \quad (6a)$$

3.3. Gęstość strumienia powietrzno-piaskowego

Analogicznie, gęstość strumienia powietrzno-piaskowego może również być przedstawiona jako wartość średnia w czasie trwania procesu, lub jako wartość chwilowa

$$\rho_{str} = \frac{\dot{M}^2}{f_1 \cdot P_D} \quad (\text{wartość średnia}), \quad \rho_{str(\tau)} = \frac{M_{(\tau)}^2}{f_1 \cdot P_{D(\tau)}} \quad (\text{wartość chwilowa}) \quad (7)$$

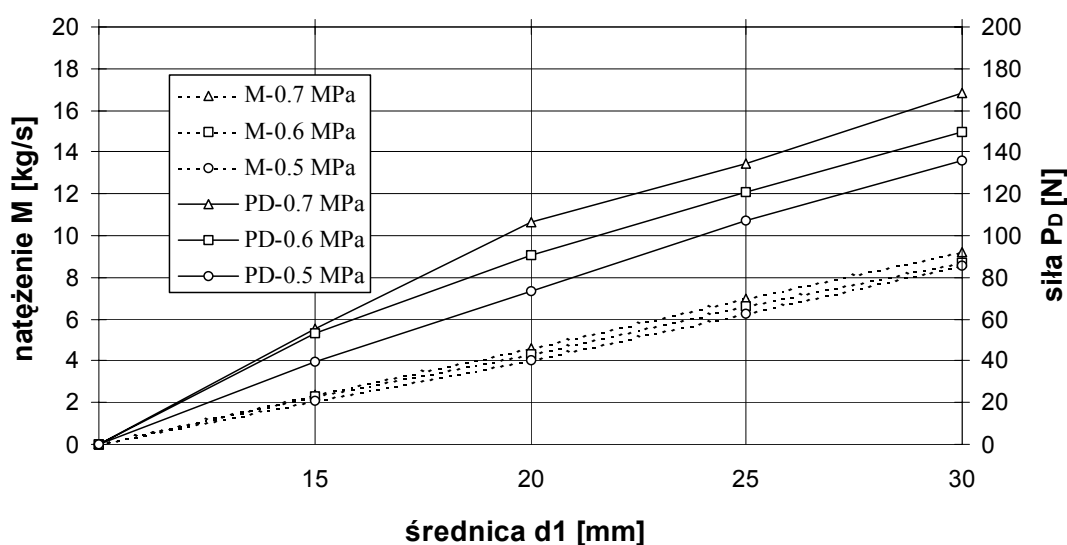
gdzie: ρ_{tech} - gęstość powietrza w warunkach technicznych; kg/m^3 , p_{str} - ciśnienie powietrza w strumieniu (statyczne); Pa, κ - wykładnik adiabaty ($\kappa = 1,41$).

3. Realizacja pomiaru i uzyskane wyniki badań

Chwilowe wartości natężenia wypływu masy określa się za pomocą specjalnego przyrządu, usytuowanego pod otworem wylotowym komory naboowej na drodze strumienia piaskowo-powietrznego. Przyrząd ma postać obracającej się poziomej tarczy, na obwodzie której rozmieszczono 14 pojemników o pojemności $0,2 \text{ dm}^3$, przechwytyjących strumień masy wypływającej z głowicy strzałowej do naczyń przesuwających się wraz z kołem. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów sporządza się wykresy ilustrujące czasowe przebiegi natężenia wypływu M_i w oparciu o wartości reprezentujące ilość masy zgromadzonej w poszczególnych pojemnikach Δm_i i zmierzony czas ich zapełniania $\Delta \tau_i$.

Przykładowe dane, dotyczące wpływu średnicy otworu strzałowego na wartość siły naporu dynamicznego, natężenia wypływu dla jednego, określonego rodzaju masy i ciśnienia roboczego zostały przedstawione graficznie na rysunku 3.

Wpływ średnicy otworu strzałowego na badane wielkości w zakresie ciśnienia roboczego $0,45 - 0,7 \text{ MPa}$, ilustrują dane zawarte w tabeli 1.



Rys.3. Wpływ średnicy otworu strzałowego na wartości natężenia wypływu masy i siły naporu dynamicznego strumienia piaskowo-powietrznego na warstwy masy w rdzennicy.

Tabela 1. Parametry strumienia piaskowo-powietrznego, uzyskane dla różnych rodzajów masy rdzeniowej w zakresie ciśnienia roboczego $p_r = 0,45 - 0,7$ MPa.

| Parametry (wielkości) | Masa Ol | | | Masa Sz | | | Masa B | | |
|---|---------|-------|-------|---------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Średnica d_1 ; [m] | 0,015 | 0,020 | 0,025 | 0,015 | 0,020 | 0,025 | 0,015 | 0,020 | 0,025 |
| Gęstość strumienia ρ_{str} ; [kg/m ³] | 580,7 | 367,6 | 188,3 | 448,2 | 284,5 | 172,7 | 224,7 | 205,5 | 141,5 |
| Prędkość mieszaniny 2 fazowej c_m ; [m/s] | 21,75 | 33,88 | 50,32 | 33,80 | 34,78 | 49,23 | 40,00 | 42,20 | 51,67 |
| Koncentracja objętościowa m_v ; [m ³ /m ³] | 0,223 | 0,141 | 0,072 | 0,172 | 0,109 | 0,066 | 0,086 | 0,079 | 0,054 |
| Jednostkowe natężenie q ; [kg/m ² s] | 14966 | 11817 | 9050 | 10766 | 9616 | 8217 | 8983 | 8200 | 7283 |

Badania przeprowadzono dla czterech rodzajów masy rdzeniowej, przy czym masa oznaczona symbolem "Ol" zawierała olej lub pokost lniany jako spoiwo. W masie oznaczonej "Sz" spoiwem było szkło wodne, natomiast masa oznaczona "B" była masą syntetyczną, zawierającą 6 procent bentonitu i 2% wody. Masy testowe dobrano ze względu na odmienne właściwości technologiczne, fizyko-mechaniczne i różny przebieg ich ewakuacji ze strzelarki, płynięcie we wnęce rdzennicy oraz zagęszczanie.

5. Analiza przykładowych wyników badań

Zestawienie danych przytoczonych w tabeli 1 z wartościami koncentracji uzyskanymi przez Rakogona [4] i we wcześniejszych badaniach własnych, prowadzonych według metody tradycyjnej, podanej przez Aksjonowa [5] pozwala stwierdzić, że otrzymane wartości są praktycznie o jeden rząd wielkości większe. Czynnikiem weryfikującym poprawność zastosowanej metody własnej jest uzyskiwanie takich samych wartości jednostkowego natężenia wypływu masy q [kg/m²s] oraz prędkości strumienia c_m podanych przez Aksjonowa.

Zaproponowana metoda umożliwia identyfikację wpływu parametrów roboczych procesu dmuchowego na jego rzeczywisty przebieg. Określenie wartości siły naporu dynamicznego strumienia piaskowo-powietrznego w połączeniu z pomiarem natężenia wypływu masy z otworu strzałowego pozwala na znaczne uproszczenie struktury wzorów stosowanych do obliczania pneumatycznych i technologicznych parametrów procesu. Właściwości quasi hydrauliczne strumienia, reprezentowane przez prędkość, gęstość lub koncentrację fazy stałej oraz intensywność wypływu masy, określoną przez jednostkowy wydatek fazy stałej i przez siłę naporu dynamicznego strumienia, można kształtować i kontrolować w stosunkowo szerokich granicach za pomocą konstrukcji maszyny, doboru parametrów roboczych i rodzaju stosowanej masy. W pracy [2] wykazano istnienie jednoznacznych związków pomiędzy wielkościami determinującymi właściwości quasi hydrauliczne strumienia piaskowo-powietrznego, a wydatkiem masy i siłą naporu dynamicznego.

LITERATURA

- [1] Pelczarski S., Dańko J.: Dynamiczne oddziaływanie strumienia piaskowo-powietrznego na warstwy masy w rdzennicy. PAN – Kraków, Metalurgia 23, 147 – 161 (1975).
- [2] Dańko J.: Monografia: Proces wytwarzania rdzeni i form odlewniczych metodami dmuchowymi. Badania i teoria. Zeszyty Naukowe Metalurgia i Odlewnictwo nr 145, AGH Kraków 1992.
- [3] Orzechowski Z.: Przepływy dwufazowe, jednowymiarowe, ustalone, adiabatyczne. PWN, Warszawa 1990.
- [4] Rakogon W. G.: Teoria i praktyka izgotowlenija stierzniej pieskoduwnym sposobom. Maszgiz, Moskwa 1962.
- [5] Aksjonow P. N.: Wybrane zagadnienia z teorii maszyn odlewniczych. Wyd. "Śląsk", Katowice 1965.