

## WPLYW PARAMETRÓW PNEUMATYCZNEGO WDMUCHIWANIA I WŁASNOŚCI CZĄSTEK NA ZASIĘG STRUMIENIA

K. JANERKA<sup>1</sup>

Katedra Odlewnictwa, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska  
ul. Towarowa 7, 44-100 Gliwice

### STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono zagadnienia modelowania fizycznego procesu wdmuchiwania sproszkowanych materiałów do ciekłego metalu. Opisano stanowisko badawcze, sposób realizacji badań oraz uzyskane wyniki. Szczególną uwagę zwrócono na wpływ parametrów strumienia dwufazowego i własności cząstek na zasięg strumienia w ośrodku ciekłym.

*Key words: liquid metal, injection, physical modeling, diphase stream*

### 1. WPROWADZENIE

Wdmuchiwanie sproszkowanych materiałów do ciekłego metalu jest technologią stosowaną w wielu odlewniach. Najbardziej znane aplikacje to nawęglanie kąpieli w piecach elektrycznych łukowych [1, 2], wdmuchiwanie modyfikatorów na strugę metalu zalewanego do form, wdmuchiwanie mieszaniny pyłów z odpylania i węgla do żeliwiaków (recykling). Z uwagi na złożoność zjawisk występujących w procesie wprowadzania cząstek w strumieniu gazu do ciekłego metalu, wiele z nich nadal pozostaje niewyjaśnionych. Dlatego często prowadzone są badania modelowe [3]. W niniejszym artykule podjęto próbę określenia wpływu parametrów pneumatycznego przemieszczania oraz gęstości i średnicy wdmuchiwanych cząstek na zasięg strumienia w ośrodku ciekłym. Z uwagi na zakres przeprowadzonych badań w pracy nie analizowano jaką można uzyskać głębokość przenikania strumienia dwufazowego w ciekłym metalu. To wymaga przeprowadzenia dodatkowych eksperymentów na innej

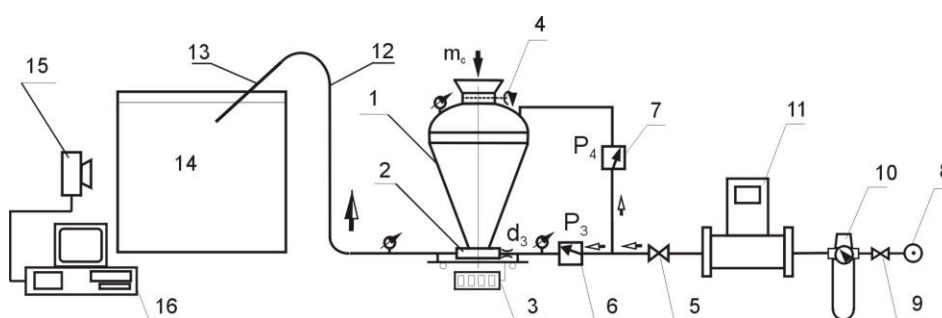
---

<sup>1</sup> dr inż., janerka@zeus.polsl.gliwice.pl

cieczy modelowej i przy zastosowaniu analizy wymiarowej (liczb  $Re$ ,  $Fr$ ,  $We$ ,  $Nj$ ,  $Ma$ ) można podjąć próbę obliczenia zasięgu strumienia.

## 2. STANOWISKO BADAWCZE I ZAKRES BADAŃ

Badania przeprowadzono na stanowisku przedstawionym na rys.1. Składa się ono z dozownika transportu pneumatycznego wysokociśnieniowego 1 o pojemności  $3 \text{ dm}^3$ . W dolnej części posiada on zawór obrotowy 2 umożliwiający odcinanie dopływu materiału do rurociągu transportowego. W górnej części z znajduje się lej zasypowy



Rys. 1. Stanowisko badawczo – pomiarowe  
Fig. 1. Research stand

materiału, zamykany przepustnicą 4. Nadciśnienia gazu transportującego i w zbiorniku są regulowane reduktorami 6 i 7. Zmiana tych parametrów pozwala na sterowanie natężeniami przepływu gazu i materiału. Odcięcie dopływu sprężonego powietrza do dozownika umożliwia zawór 5. Urządzenie dozujące zostało posadowione na wadze tensometrycznej 3, która zapewnia pomiar ilości wdmuchiwanego proszku z dokładnością do 1 g. Układ zasilania gazem nośnym składa się ze źródła zasilania 8, zaworu odcinającego 9 i reduktora z filtrem 10. Pomiar natężenia przepływu gazu zapewnia masowy miernik przepływu D50 z wyświetlaczem cyfrowym 11 o zakresie pomiarowym  $0 - 500 \text{ l/min}$ . Miernik ten umożliwia pomiar natężenia różnych gazów po wprowadzeniu odpowiedniego współczynnika korekcyjnego. Układ odbiorczy wdmuchiwanego proszku to zbiornik 14 wykonany ze szkła organicznego o wymiarach  $1000 \times 700 \times 100 \text{ mm}$ , w którym znajduje się ciecz modelowa. Do zbiornika wprowadzana jest lanca 13. Każdy eksperyment zapisywany jest na aparacie cyfrowym w postaci pojedynczych ujęć, zdjęć seryjnych (30 klatek na sekundę) lub sekwencji filmowych. Umożliwia to przesłanie obrazu do komputera PC oraz obserwację i analizę poszczególnych etapów procesu wdmuchiwania.

Do badań wdmuchiwania zastosowano proszki polietylenowe, polistyrenowe oraz nasiona o określonej ziarnistości, obliczonej średnicy zastępczej ziaren ( $d_c$ ) i zmierzonej gęstości ( $\rho$ ). Własności te zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Własności wdmuchiwanym proszków

Table.1. Properties of injected powders

L.p.	Oznaczenie materiału	$d_c$ [mm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	A	1,20	755,0
2	B	1,20	626,0
3	C	0,83	547,0
4	D	0,72	624,9
5	E	0,52	627,8
6	F	0,47	374,2
7	G	0,39	626,9
8	H	0,25	283,3
9	I	0,24	496,1

Parametry pneumatycznego przemieszczania zmieniały się w zakresie: nadciśnienie powietrza przed dyszą  $p_3 - 100 \div 200$  kPa, nadciśnienie powietrza w dozowniki  $p_4 - 20 \div 60$  kPa, średnica dyszy zasilającej  $d_3 - 1,1 \div 1,35$  mm.

### 3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ I OBLICZEŃ

Łącznie przeprowadzono 68 eksperymentów, w których uzyskano następujące wartości parametrów pneumatycznego wdmuchiwania:

- natężenie przepływu gazu  $1,075 \div 3,12 \cdot 10^{-3}$  kg/s,
- natężenie przepływu materiału  $8,6 \div 35,3 \cdot 10^{-3}$  kg/s,
- prędkość gazu na wylocie z lancy  $29,6 \div 85,6$  m/s,
- stężenie masowe mieszaniny  $\mu = 4,06 \div 18,67$  kg/kg.

W wyniku tak szerokiego zakresu zmian poszczególnych parametrów uzyskano głębokość przenikania strumienia dwufazowego w zakresie  $0,124 \div 0,444$  m. Obraz strumienia dla części eksperymentów przedstawiono na rys. 2 ÷ 4.

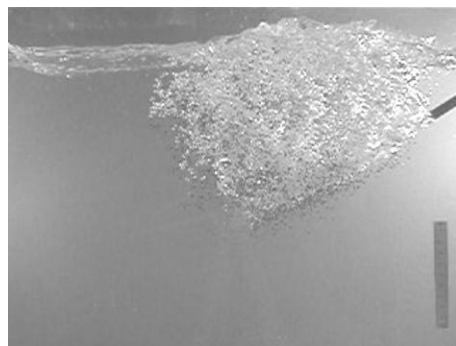
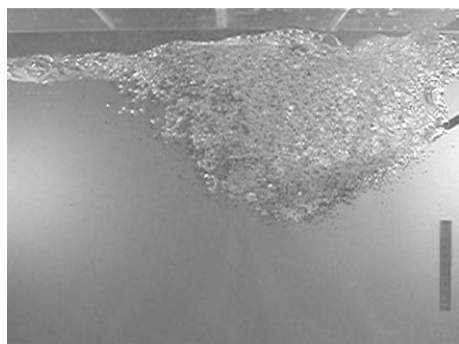
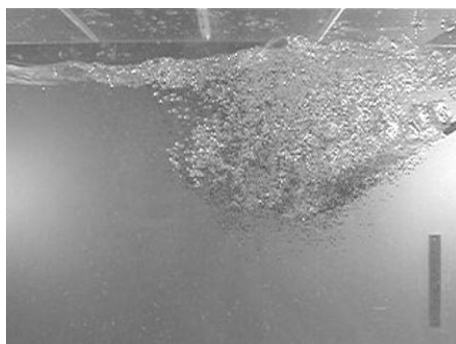
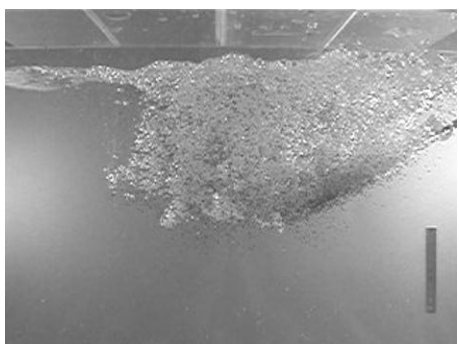
Na podstawie wyników badań przeprowadzono analizę statystyczną w celu określenia wpływu średnicy zastępczej cząstki ( $d_c$ ) i jej gęstości ( $\rho$ ) oraz natężenia przepływu gazu ( $m_g$ ) i materiału ( $m_c$ ) na głębokość przenikania strumienia ( $L$ ). Uzyskano następujące równanie:

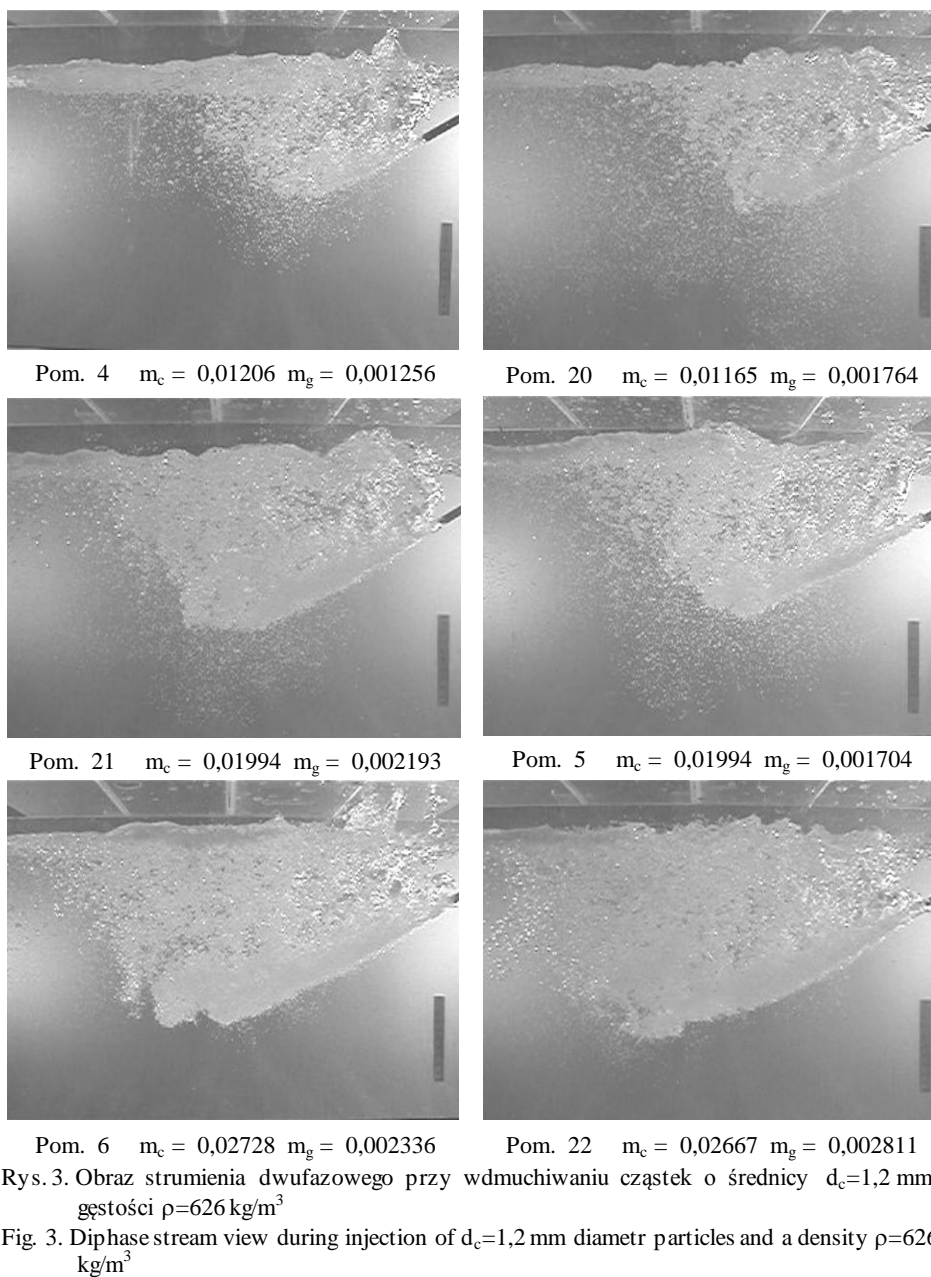
$$L = 0,209 - 4,28 \cdot 10^{-2} * d_c - 2,44 \cdot 10^{-4} * \rho + 6,89 * m_c + 54,02 * m_g$$

przy następujących wartościach parametrów statystycznych:

$$\bar{L} = 0,268 \quad F = 172 \quad R = 0,961 \quad S = 7,7 \% \quad \alpha = 0,005$$

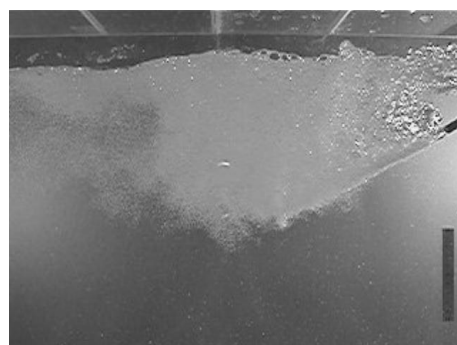
gdzie:  $\bar{L}$  - wartość średnia [m], F - test Fishera,  $\alpha$  - poziom ufności, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, S - odchylenie standardowe w [%]

Pom. 17  $m_c = 0,01065$   $m_g = 0,001780$ Pom. 33  $m_c = 0,01150$   $m_g = 0,002235$ Pom. 18  $m_c = 0,01910$   $m_g = 0,002395$ Pom. 2  $m_c = 0,01994$   $m_g = 0,001820$ Pom. 3  $m_c = 0,02660$   $m_g = 0,002399$ Pom. 19  $m_c = 0,02234$   $m_g = 0,002861$ Rys. 2. Obraz strumienia dwufazowego przy wdmuchiwaniu cząstek o średnicy  $d_c=1,2$  mm i gęstości  $\rho=755$  kg/m<sup>3</sup>Fig. 2. Diphas stream view during injection of  $d_c=1,2$  mm diametr particles and a density  $\rho=755$  kg/m<sup>3</sup>

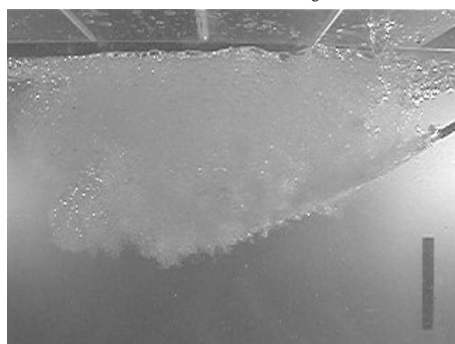




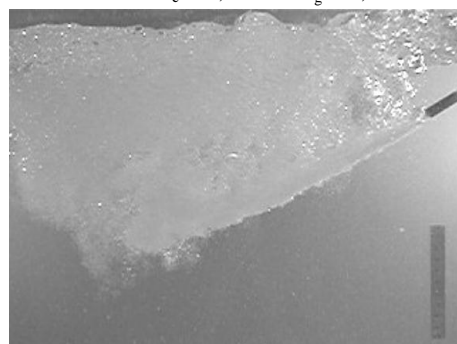
Pom. 29  $m_c = 0,01264$   $m_g = 0,001609$



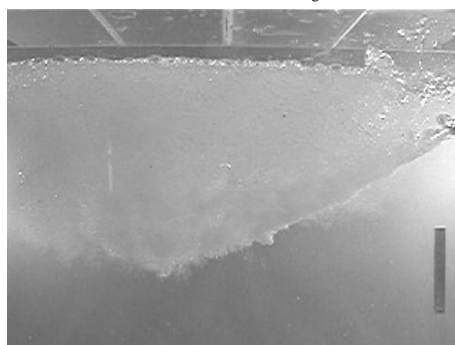
Pom. 44  $m_c = 0,01446$   $m_g = 0,001572$



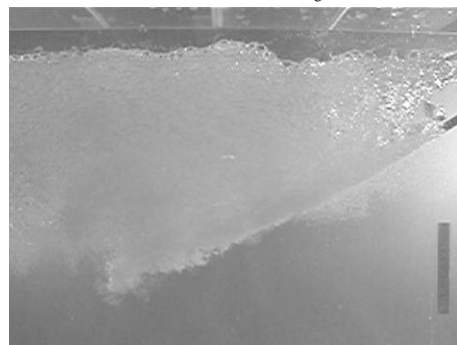
Pom. 14  $m_c = 0,02728$   $m_g = 0,001689$



Pom. 30  $m_c = 0,02145$   $m_g = 0,002010$



Pom. 15  $m_c = 0,03636$   $m_g = 0,001948$

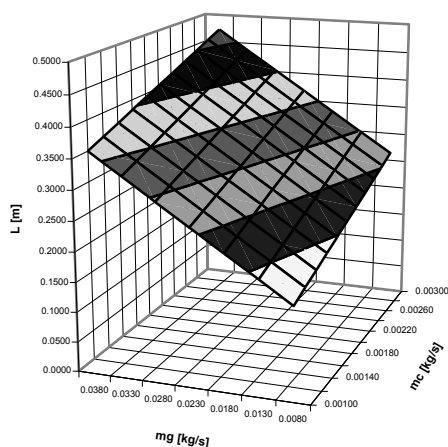


Pom. 31  $m_c = 0,03158$   $m_g = 0,00221$

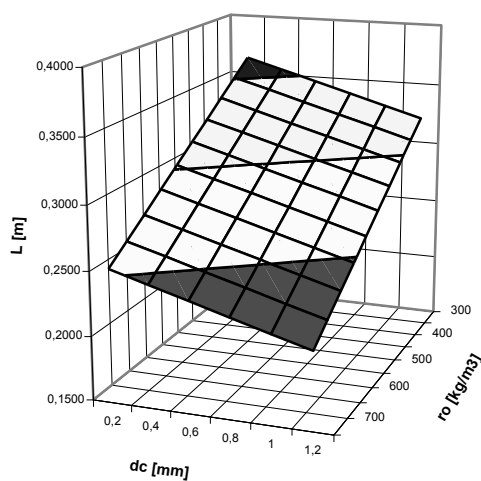
Rys. 4. Obraz strumienia dwufazowego przy wdmuchiwaniu cząstek o średnicy  $d_c=0,39$  mm i gęstości  $\rho=626,9$  kg/m<sup>3</sup>

Fig. 4. Diphas stream view during injection of  $d_c=0,39$  mm diametr particles and a density  $\rho=626,9$  kg/m<sup>3</sup>

Graficzną interpretację równania dla średnich wartości średnicy cząstek i gęstości oraz dla zmiennych natężeń przepływu gazu i materiału przedstawiono na rys. 5. Na rys. 6 przedstawiono wykres wartości równania dla średnich natężeń przepływu gazu i materiału oraz zmieniającej się gęstości i średnicy ziaren



Rys. 5. Zasięg strumienia dwufazowego w funkcji  $m_g$  i  $m_c$  przy średnich wartościach  $d_c$  oraz  $\rho$   
Fig.5. Diphase stream range in the function  $m_g$  and  $m_c$  with mean values of  $d_c$  and  $\rho$



Rys. 6. Zasięg strumienia dwufazowego w funkcji  $d_c$  i  $\rho$  dla średnich wartości  $m_c$  oraz  $m_g$   
Fig.6. Diphase stream range in the function  $d_c$  and  $\rho$  with mean values of  $m_g$  and  $m_c$

Z uzyskanej zależności wynika, że wzrost zasięgu strumienia dwufazowego można uzyskać przez zwiększenie natężenia przepływu gazu i materiału. Częstki o większej średnicy zastępczej i gęstości będą wnikać do ciekłego metalu na mniejszą odległość. Wynika to zapewne z faktu, iż ziarna mniejsze i lżejsze mogą uzyskać w trakcie przemieszania większe prędkości (większe wartości współczynnika poślizgu) a w konsekwencji większą energię kinetyczną, która zapewni lepsze przenikanie strumienia. Podobne spostrzeżenia nasuwają się przy obserwacji obrazu strumienia przedstawionego na rys. 2 – 4. Dodatkowo widoczne jest przy wdmuchiwanie drobnych i lżejszych cząstek, że strumień wylotowy posiada mniejszy kąt rozwarcia.

#### 4. PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki badań stanowią fragment zaplanowanego cyklu badawczego. Dalsze eksperymenty są w trakcie realizacji. Na podstawie dotychczas wykonanych badań można wywnioskować, że wdmuchiwanie drobnych cząstek jest bardzo korzystne nie tylko z punktu widzenia metalurgicznego (duża powierzchnia styku reagujących faz), ale również z uwagi na uzyskiwanie znacznie większych zasięgów przenikania strumienia dwufazowego i zwiększenia przez to strefy bezpośredniego oddziaływania metal – nawęglacz.

#### LITERATURA

- [1] Kanafek M., Homa D., Janerka K.; *Nawęglanie żeliwa w Odlewni TEKSID Poland S. A. za pomocą urządzenia pneumatycznego POLKO*, Przegląd Odlewnictwa, t. 49, 1999, nr 7.
- [2] Kokoszka J., Markowski J., Janerka K., Jezierski J., Homa D., Chmielorz W.; *Pneumatic cast iron carburizing in WSK "PZL-Rzeszów" S.A.*, Krzepnięcie Metali i Stopów, Katowice 1999, v.1, nr 41.
- [3] Janerka K., Jezierski J.: *Obraz strumienia dwufazowego w procesie wdmuchiwania proszków do cieczy*, Archiwum Odlewnictwa, vol. 2, nr 5, 2002

*Badania prowadzone są w ramach projektu badawczego Nr 4 T08B 038 23 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych*

#### INFLUENCE OF PNEUMATIC INJECTION AND PARTICLES PROPERTIES ON THE STREAM RANGE

##### SUMMARY

In the paper were presented the issues of the physical modelling of the powdered materials into liquid metal. There were described a research stand, the method of making the investigations and the results. A particular attention was paid on the diphas stream parameters and particles properties on the stream range in liquid.

Recenzował dr hab. Jan Szajnar