

JERZY BOROWSKI
LUBOMIRA BRONIARZ-PRESS
GRZEGORZ NAROŻNY

Wydział Technologii Chemicznej, Politechnika Poznańska, Poznań

Porównanie efektywności mieszania materiałów ziarnistych w mieszalnikach mechanicznych i statycznych

Wprowadzenie

Osiągnięcie jednorodnej idealnie pod względem składu mieszaniny gazowej lub ciekłej w przypadku składników wzajemnie rozpuszczających się nie nastręcza trudności, natomiast w przypadku ciał ziarnistych, różniących się zazwyczaj wielkością ziarna i gęstością, uzyskanie mieszaniny o jednorodności idealnej jest praktycznie niemożliwe. Mieszanie materiałów ziarnistych najczęściej spotyka się w przemyśle wydobywczym, ceramicznym, farmaceutycznym, spożywczym, w rolnictwie i w energetyce [1]. Do realizacji procesu mieszania ciał stałych stosuje się zarówno mieszalniki mechaniczne, jak i statyczne. Mieszalniki statyczne, które szerokie zastosowanie znalazły w procesach mieszania ciał stałych, występują głównie jako aparaty przesypowe [1–5]. Na możliwość zastosowania mieszalników statycznych do homogenizacji materiałów sypkich pierwsi zwrócili uwagę *Pattison* [6] i *Chen* [7]. Tradycyjnie stosowane do mieszania płynów wypełnienia mieszalników statycznych (*Kenics*, *Sulzer*, *Komax*) okazały się niezbyt efektywnymi w przypadku mieszania materiałów ziarnistych [1, 8]. Powstała zatem potrzeba poszukiwania nowych konstrukcji mieszalników statycznych, dostosowanych do nowych zadań technologicznych.

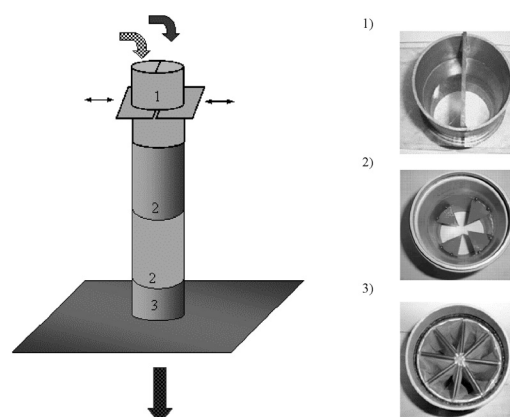
Celem podjętych badań była ocena efektywności pracy mieszalnika statycznego wykorzystywanego do mieszania ciał stałych oraz porównanie jej z wynikami badań mieszania ciał stałych w mieszalniku mechanicznym.

Badania doświadczalne

Stanowisko badawcze dla mieszania statycznego (Rys. 1) zaprojektowano z ciągłym odbiorem, co pozwoliło na precyzyjne zbieranie dostatecznie dużych próbek.

W skład stanowiska wchodziły element zasypowy, elementy mieszające i odbieralnik. Element zasypowy pozwalał wprowadzać do aparatu dwa składniki niezależnie, w przekrojach stanowiących połowę przekroju wlotowego aparatu. Badania w mieszalniku statycznym przeprowadzono dla 8 rodzajów wkładek mieszających (Tabl. 1). W doświadczeniach wykorzystano trzy rodzaje ciał stałych (dwie frakcje kwarcu oraz jedną frakcję elektrokorundu). Charakterystykę ich przedstawiono w tabelicy 2. Średnicę ziaren określano metodą analizy sitowej. Przeciętny wymiar liniowy d_m wyznaczano jako średnią geometryczną wartości przeswitu dwóch skrajnych oczek sita:

$$d_m = \sqrt{d_1 d_2} \quad (1)$$



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego do mieszania statycznego: 1) element zasypowy, 2) element mieszający, 3) odbieralnik

Tablica 1
Zestawienie zastosowanych przegród i wypełnień w elementach mieszających









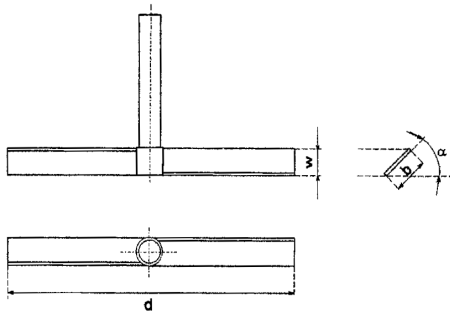
Oznaczenie rodzaju przegród		Opis
Symbol	Schemat	
Z	–	Zasyp
P		segment z przegrodą, ϕ 105
PE		segment bez przegród, ϕ 105
PZ _I		segmenty (ϕ 105) z 4 przegrodami w kształcie wycinka 1/8 koła
PZ _{II}		
PZ _{III}		
WK		segment z wypełnieniem, kulki ϕ 25
WP		segment z wypełnieniem, pierścienie <i>Raschiga</i> (25×25×0,8 mm)
WP _B		segment z wypełnieniem, pierścienie <i>Białeckiego</i> (25×25×0,8 mm)

Tabela 2
Charakterystyka ciał stałych stosowanych w badaniach

Rodzaj materiału	Wysegregowana średnica ziarna, $d_1 \div d_2$ [mm]	Przeciętny wymiar liniowy, d_m [mm]	Gęstość, ρ [kg/m ³]
kwarc I	1,0÷1,6	1,26	2607
kwarc II	0,6÷0,8	0,69	2548
elektrokorund EB 36	0,4÷0,8	0,57	3660

Każdorazowo mieszano dwa różne składniki. Proces mieszania prowadzono dla różnych stosunków masowych składników mieszanin (Tabl. 3). Efekt mieszania oceniano analizując wagowo skład próbek w odbieralniku o kształcie kołowym podzielonym na 8 równomiernie rozłożonych sekcji (Rys. 1).

W przypadku mieszania mechanicznego przeprowadzono badania stosując mieszadła z dwiema łopatkami pochylonymi (Rys. 2) dla układów kwarc-elektrokorund i kwarc-kwarc przy zastosowaniu takich samych zależności ilościowych, jak w przypadku mieszania w mieszalniku statycznym. Próbkę do analizy wagowej pobierano z różnych miejsc wyznaczanych promieniowo w zbiorniku.



Rys. 2. Mieszadło zastosowane w mieszalniku mechanicznym: $d = 0,1$ m; $w = 0,012$ m; $b = 0,017$ m; $\alpha = 45^\circ$; $D = d + 2 \cdot w$; $h = w$

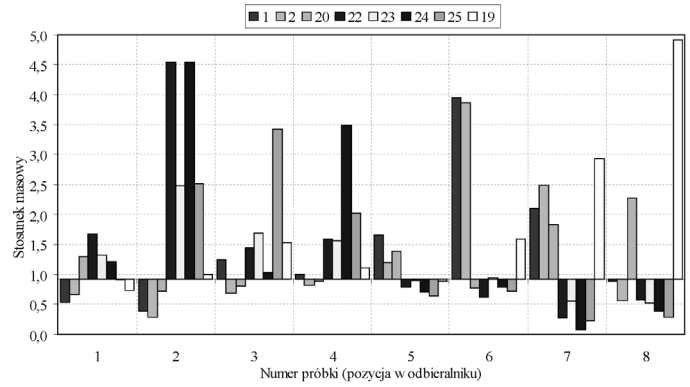
Tablica 3
Stosunki masowe składników mieszanin ciała stałego

Układ badanych ciał stałych	Stosunek masowy G_i/G_j	Udział objętościowy	
		oznaczenie	wartość
I	G_{II}	1	1
II	G_I/G_{II}	0,92	0,441
III	G_I/G_{II}	2,52	0,223
IV	G_I/G_{III}	0,96	0,516

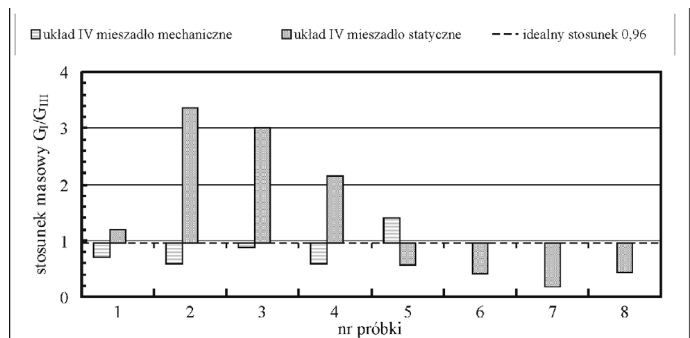
G_I – masa kwarcu I, G_{II} – masa elektrokorundu, G_{III} – masa kwarcu II; udział objętościowy obliczano z zależności $r_v = \frac{1}{\frac{G_i \rho_j}{G_j \rho_i} + 1}$

Podsumowanie

Przeprowadzone badania pozwoliły zaproponować korzystne do mieszania ciał stałych w mieszalnikach statycznych zestawy mieszające składające się z segmentów typu PZ_I, PZ_{III} oraz z segmentów z wypełnieniem kulkowym typu WK



Rys. 3. Zestawienie stosunków masowych dla mieszanego układu ciał stałych II i wybranych elementów mieszających: 1 – WK, 2 – PZ_I + WK, 19 – PZ_I + PE, 20 – PE + PZ_I, 22 – PZ_{III} + PE, 23 – PE + PZ_{III}, 24 – PZ_{III} + WK, 25 – WK + PZ_{III}



Rys. 4. Porównanie efektywności procesu dla mieszalników statycznych i mechanicznych

(Tabl. 1). Problem jednak jest nadal otwarty badawczo i wymaga poszukiwań jeszcze bardziej efektywnych rozwiązań konstrukcyjnych. Z porównania wyników badań procesu mieszania ciał stałych w mieszalniku statycznym z wynikami uzyskanymi w mieszalniku mechanicznym (Rys. 4) wynika, że lepszą efektywność pracy uzyskano w przypadku tego ostatniego. Z punktu widzenia energooszczędności przewagę należy przypisać mieszalnikom statycznym.

Oznaczenia

- D – średnica zbiornika, [m]
- d – średnica mieszadła, [m]
- b – szerokość łopatki, [m]
- w – wysokość łopatki, [m]
- α – kąt nachylenia łopatki, [°]

LITERATURA

1. J. Boss: Mieszanie materiałów ziarnistych, Warszawa, WNT, 1991.
2. J. Brydak: Materiały II Ogólnopolskiego Seminarium „Mieszanie”, 106, Kraków 1981.
3. S. Masiuk, H. Łącki: Materiały VI Ogólnopolskiego Seminarium „Mieszanie”, 185, Zakopane 1993.
4. J. Boss, M. Tukiendorf: Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej, Inż. Chem. Proc. 27, 33 (2000).
5. J. Boss: Inż. Ap. Chem. 41, nr 4s, 3 (2002).
6. D.A. Pattison: Chem. Engng. 11, 94 (1969).
7. S.J. Chen: Bull. Kenics Co, July 1972.
8. C.F. Harwood i inni: Powder Technol. 11, 289 (1975).