

*Dominika Matuszek, Marek Tukiendorf
Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej
Politechnika Opolska*

OCENA WPŁYWU WKŁADEK DASZKOWYCH NA PROCES MIESZANIA UKŁADÓW ZIARNISTYCH SYSTEMEM FUNNEL-FLOW

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań mieszania układu ziarnistego wyka-gorczyca i ołów-gorczyca systemem funnel-flow z zastosowaniem elementów wspomagających. Wykorzystano kształtki stożkowe o tym samym kącie roz-warcia ale różnych średnicach podstawy. Narzędziem analizy danych była komputerowa akwizycja obrazu oraz analiza wariancji Anova. Celem prze-prowadzenia testu Fishera było wykrycie różnic między średnimi wariancji dla trzech serii badań mieszania układu wyka-gorczyca oraz ołów-gorczyca.

Słowa kluczowe: mieszanie materiałów ziarnistych, system funnel-flow, komputerowa analiza obrazu, analiza wariancji Anova

Wstęp

Mieszanie materiałów ziarnistych jest procesem odpowiedzialnym za jakość wielu produktów lub półproduktów wytwarzanych w różnych gałęziach przemysłu. Zróżnicowanie zastosowań oraz szeroki zakres parametrów opisujących mieszane komponenty spowodował powstanie dużej liczby mieszarek. Trudnością w prowa-dzeniu mieszania układów ziarnistych jest określenie stopnia zmieszania dla żąda-nego czasu, dotyczy to szczególnie komponentów niejednorodnych z tendencją do segregacji. Niewątpliwie taki stan rzeczy inspirowało do prowadzenia badań.

Podczas operacji mieszania materiału ziarnistego cząstki są poddawane działaniu różnokierunkowych sił, a ruch cząstek jest wypadkowym efektem sumowania się tych sił. W wyniku tego uzyskuje się mieszaninę o różnym stopniu zmieszania co jest spowodowane różnorodnością komponentów ziarnistych [Stręk 1981].

Często spotykanym w przemyśle rodzajem mieszalnika jest mieszalnik przesypowy. Mieszaniu materiałów ziarnistych tym sposobem towarzyszy powstawanie komina w rdzeniu zbiornika do którego porcjami zsypuje się materiał ziarnisty. Cechą charakterystyczną systemu funnel-flow jest szybkie osiągnięcie wymaganego stopnia zmieszania przy niewielkich kosztach [Tukiendorf]. Sytuacja ta dotyczy głównie mieszania składników jednorodnych. W przypadku komponentów niejednorodnych mieszalnik może nie spełnić swojej wymaganej funkcji. W takim przypadku celem poprawy funkcjonalności proponuje się zastosowanie elementów wspomagających proces [Boss, Tukiendorf 1996]. W pracy przedstawiono możliwość wykorzystania systemu Roof Shaped Insert w mieszaniu systemem funnel-flow.

Ze względu na szybko rozwijający się zakres badań w przemyśle konieczne jest stosowanie innowacyjnych metod analizy danych, którymi bez wątpienia są komputerowa akwizycja obrazu i analiza statystyczna wariacji (Anova) przy wykorzystaniu np.: programu Patan[®] i *Statistica 5.1*. Zastosowanie tych metod pozwala na szybką i wiarygodną ocenę stanu mieszaniny podczas prowadzenia procesu mieszania oraz określenie różnic między średnimi wariacji rozkładu trasera dla rozpatrywanych przypadków [Tukiendorf 2003; Stanisz 2001].

Cel badań

Przedstawienie możliwości wykorzystania komputerowej akwizycji obrazu oraz analizy wariacji Anova w ocenie mieszania niejednorodnych materiałów ziarnistych systemem funnel-flow. Określenie wpływu kształtek daszkowych Roof Shaped Insert na proces mieszania układów ziarnistych: wyka-gorzycza oraz ołów-gorzycza.

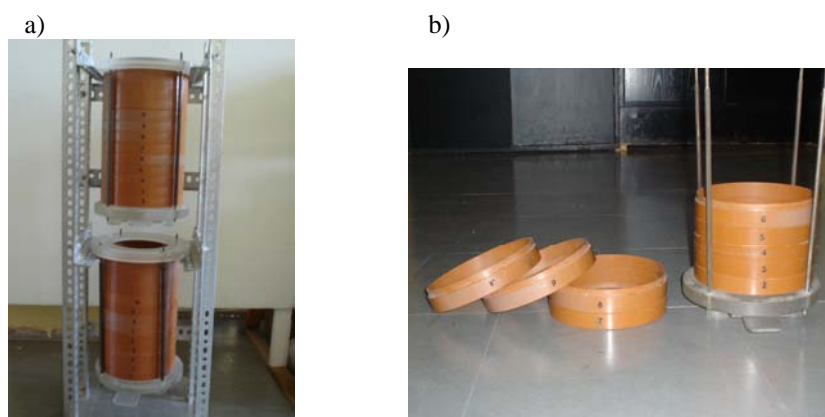
Metodyka badań

Mieszalnik użyty do badań (rys. 1a, b) składał się z dwóch zbiorników o wymiarach: 200 mm wysokość części cylindrycznej, 150 mm średnica wewnętrzna, każdy. Odpowiednia konstrukcja mieszalnika zapewniała wysyp kominowy materiału ziarnistego. Każdy rozbieralny zbiornik był złożony z 10 części (przekrojów poprzecznych).

Stosunek średnic i gęstości ziaren komponentów poddanych mieszaniu był następujący:

- Układ wyka-gorzycza: stosunek średnic ziaren $d_1/d_2 = 1,55$, stosunek gęstości ziaren $\rho_1/\rho_2 = 0,97$,
- Układ ołów-gorzycza: stosunek średnic ziaren $d_1/d_2 = 1,55$, stosunek gęstości ziaren $\rho_1/\rho_2 = 8,25$,

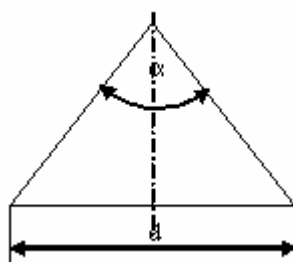
- Stosunek objętościowy mieszanych składników wynosił 1:9. Traser umieszczano, każdorazowo w piątym pierścieniu zbiornika. Proces prowadzono w krokach od 1 do 10.



Rys. 1. Mieszalnik przesypowy użyty do badań a) widok ogólny, b) części rozbiornika

Fig. 1. Pour-through mixer used for tests: a) general view, b) container dismountable parts

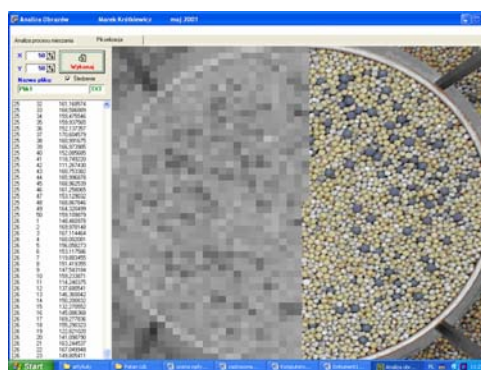
Wkładki użyte do badań umieszczano w górnej części każdego ze zbiorników. Prowadzono mieszanie z użyciem kształtek stożkowych (rys. 2) o tym samym kącie rozwarcia $\alpha = 110^\circ$ i dwóch różnych średnicach podstawy: $d_1 = 50$ mm, $d_2 = 70$ mm. W celu określenia wpływu wkładek daszkowych na proces mieszania wykonano badania kontrolne; mieszanie bez użycia elementów wspomagających.



Rys. 2. Schemat kształtki systemu RSI

Fig. 2. Diagram of the RSI system fitting

Podczas mieszania (kroki 1 do 10) wykonywano zdjęcia aparatem cyfrowym, każdego z przekrojów poprzecznych zbiornika. Następnie wybrano pierścienie 1, 5 i 10 a ich obraz wprowadzono do programu Patan[®] [Boss, Krótkiewicz, Tukiendorf 2001]. Przeprowadzono pikselizację wykorzystując skalę RGB-256 (rys. 3), a następnie wyznaczają poziom graniczny; binaryzację (punktom czarnym przydzielono wartość 1, a białym 0). Uzyskane wartości posłużyły do obliczenia wariancji jako miary rozproszenia trasera (wyki, ołowiu) na powierzchni badanego pierścienia.



Rys. 3. *Pikselizacja wybranego obrazu przekroju poprzecznego mieszalnika w programie Patan*

Fig. 3. *Pixelization of selected image showing the mixer cross-section in Patan application*

Kolejny etap badań polegał na przeprowadzeniu analizy statystycznej dla wybranych przekrojów mieszalnika. Wykonano analizę wariancji Anova w programie *Statistica 5.1* [StatSoft, Inc. 1997] celem wykrycia różnic między średnimi wariancji rozkładu trasera.

Wyniki

Uzyskano następujące wyniki testu F dla ustalonej wartości $p < 0,05$:

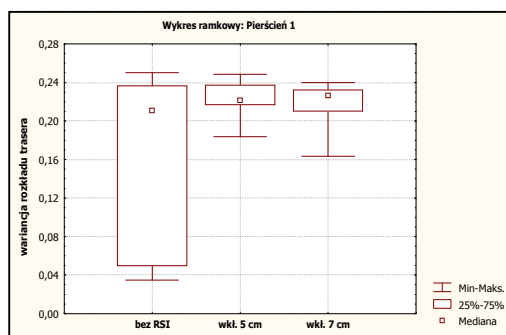
1. Układ wyka-gorczyca
 - przekrój pierwszy $F_{(2,27)}=3,8$ dla $p=0,03$
 - przekrój piąty $F_{(2,27)}=12,7$ dla $p=0,0001$
 - przekrój dziesiąty $F_{(2,27)}=3,7$ dla $p=0,04$

Uzyskane wyniki wykazują różnice wariancji rozkładu trasera we wszystkich badanych przekrojach poprzecznych zbiornika, a więc różnice w przebiegu procesu mieszania z użyciem i bez użycia wkładek systemu RSI.

2. Układ ołów-gorzycza

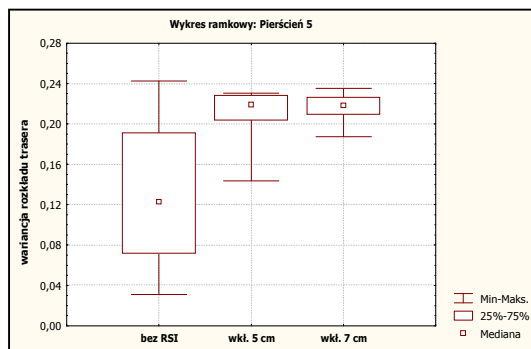
- przekrój pierwszy $F_{(2,27)}=6,1$ dla $p=0,006$
- przekrój piąty $F_{(2,27)}=1,0$ dla $p=0,37$
- przekrój dziesiąty $F_{(2,27)}=6,65$ dla $p=0,004$

Wyniki przedstawiają sytuację, w której wkładki systemu RSI spowodowały zmianę rozproszenia składnika kluczowego w brzegowych pierścieniach zbiornika (1, 10), natomiast rozmieszczenie traseru w środkowej jego części nie uległo zmianie w znaczący dla statystyki sposób. Wartości liczbowe przeprowadzonej analizy przedstawiono w sposób graficzny (rys. 4a,b,c oraz 5a,b,c).



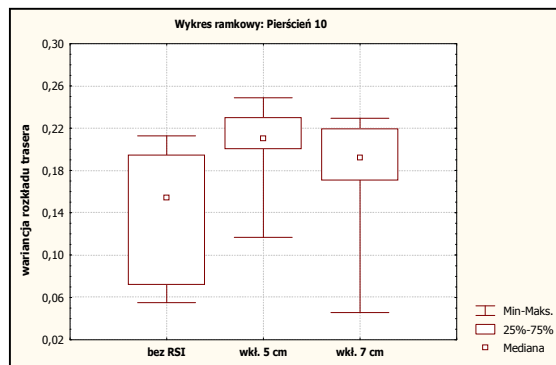
Rys. 4a. Interpretacja graficzna testu F dla pierwszego pierścienia dotycząca mieszania układu wyka-gorzycza

Fig. 4a. Graphic interpretation of the F test for first ring, regarding mixing of the vetch-mustard system



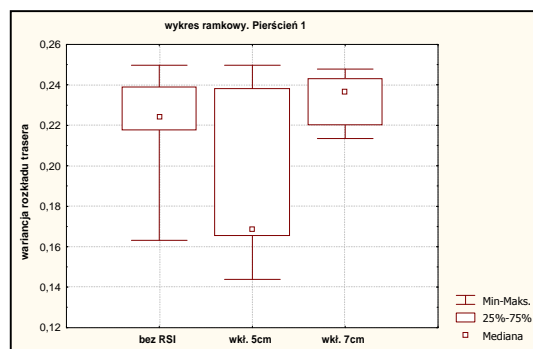
Rys. 4b. Interpretacja graficzna testu F dla piątego pierścienia dotycząca mieszania układu wyka-gorzycza

Fig. 4b. Graphic interpretation of the F test for fifth ring, regarding mixing of the vetch- charlock system



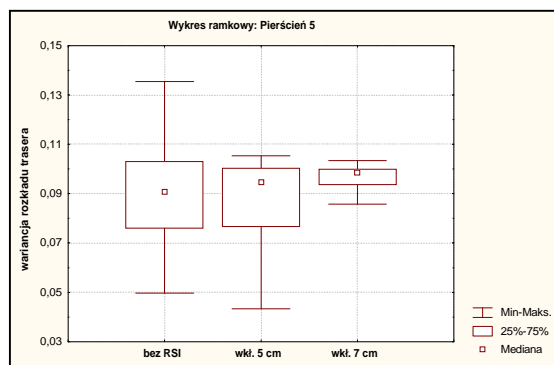
Rys. 4c. Interpretacja graficzna testu F dla dziesiątego pierścienia dotycząca mieszania układu wyka-gorzycza

Fig. 4c. Graphic interpretation of the F test for tenth ring, regarding mixing of the vetch-charlock system



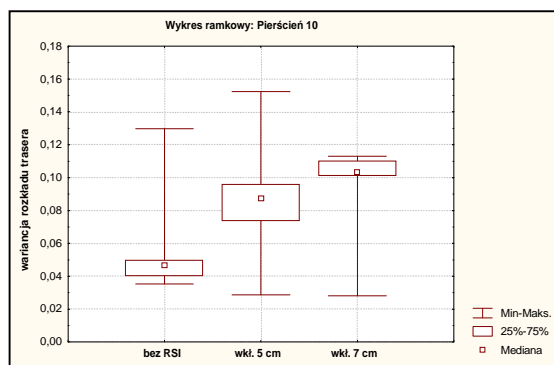
Rys. 5a. Interpretacja graficzna testu F dla pierwszego pierścienia dotycząca mieszania układu ołów-gorzycza

Fig. 5a. Graphic interpretation of the F test for first ring, regarding mixing of the lead-charlock system



Rys. 5b. Interpretacja graficzna testu F dla piątego pierścienia dotycząca mieszania układu ołów-gorzycza

Fig. 5b. Graphic interpretation of the F test for fifth ring, regarding mixing of the lead-charlock system



Rys. 5c. Interpretacja graficzna testu F dla dziesiątego pierścienia dotycząca mieszania układu ołów-gorzycza

Fig. 5c. Graphic interpretation of the F test for tenth ring, regarding mixing of the lead-charlock system

Wnioski

1. Komputerowa akwizycja obrazu i analiza wariancji Anova mogą być wykorzystywane w ocenie sprawności mieszania materiałów ziarnistych,
2. Wyniki testu F w mieszanii układu wyka-gorzycza świadczą o istotnych statystycznie różnicach średnich dla każdego badanego przekroju poprzecznego mieszalnika (1, 5 i 10),

3. Czas stabilizacji układu w trakcie mieszania jest różny dla każdego z trzech badanych przypadków, przy czym najszybsze osiągnięcie stanu równowagowego uzyskano podczas mieszania z wkładką o średnicy 50 mm,
4. Wyniki testu F dla mieszania układu ołów-gorczyca (pierścienie 1 i 10) pozwalają na odrzucenie hipotezy zerowej, dla pierścienia 5 nie wykazano statystycznych różnic. Zaproponowana metoda nie wydaje się zatem, w tym przypadku najlepszym wskaźnikiem oceny jakości (stopnia) zmieszania układu ziarnistego,
5. Uzyskane wyniki są obiecujące ale nie określają jednoznacznie wpływu wkładek systemu RSI na efekt zmieszania niejednorodnych układów ziarnistych, dlatego będą podstawą dalszych badań.

Bibliografia

Stręk F 1981. Mieszanie i mieszalniki. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1981.

Boss J., Tukiendorf M 1996. Wpływ użycia dodatkowych elementów wspomagających podczas mieszania na drodze wysypu ze zbiornika do zbiornika. VII Ogólnopolskie Seminarium „Mieszanie”, Wyd. Uczelniane Wyższej Szkoły Inżynierskiej, Koszalin.

Tukiendorf M. 2003. Characteristics of mixing granual materiale achieved by using methods of viariance analysis and geostatistical function. EJPAU, Vol. 6, Issue 1, 2003.

Stanisz A. 2001. Przystępny kurs statystyki w oparciu o program *STATISTICA PL* na przykładach z medycyny. StatSoft Polska Kraków 2001.

Boss J., Krótkiewicz M., Tukiendorf M. 2001. Porównanie metod jakości stanu mieszaniny ziarnistej podczas mieszania w przesypie. Krynica 2001.

StatSoft, Inc. 1997. Statistica for Windows [Computer program manual] Tulsa, OK.: StatSoft, Inc.



Praca powstała przy współfinansowaniu Europejskiego Funduszu Społecznego Unii Europejskiej oraz budżetu państwa

**ASSESSMENT OF THE EFFECT OF USING SPECIAL INSERT
ON MIXING PROCESS OF GRANULAR SYSTEMS
BY THE FUNNEL-FLOW SYSTEM**

Summary

The work presents results of research on mixing of vetch-mustard and lead-mustard granular system using the funnel-flow system with supporting elements. Conical fittings were used, of the same flare angle but different base diameters. The tool used for data analysis was computer image acquisition and the Anova variance analysis. The purpose for Fisher test was to find differences between variance means for three series of the vetch-mustard and lead-mustard system mixing tests.

Key words: mixing of granular materials, the funnel-flow system, computer image analysis, Anova variance analysis