

WPŁYW DŁUGOŚCI I ŚREDNICY MIESZALNIKA NA STOPIEŃ ZMIESZANIA MATERIAŁÓW SYPKICH

Alicja Kolasa-Więcek

Instytut Inżynierii Produkcji, Politechnika Opolska

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań procesu mieszania niejednorodnych materiałów sypkich prowadzonych w mieszalniku bębnowym. Zastosowano różne długości i średnice bębna. Pokazano jak zmienia się stopień wymieszania układów dwuskładnikowych w zależności od zmiany smukłości mieszalnika.

Słowa kluczowe: materiały sypkie, materiały ziarniste, niejednorodny układ dwuskładnikowy, mieszalnik bębnowy, stopień zmieszania

Wykaz oznaczeń

D	– średnica bębna,
g	– przyspieszenie ziemskie,
L	– długość bębna,
M	– stopień zmieszania,
p	– prawdopodobieństwo znalezienia traseru w dowolnym segmencie,
s	– odchylenie standardowe składu mieszaniny w w próbach,
x	– udział składnika kluczowego,
v_{Ai}	– objętość fazy rozpraszanej w i-tym segmencie,
v_{Bi}	– objętość fazy rozpraszającej w i-tym segmencie,
σ_o	– odchylenie standardowe na początku procesu mieszania.

Wprowadzenie

Proces mieszania jest jednym z ważniejszych problemów teoretycznych i praktycznych w technologii uzyskiwania mieszanin jednorodnych w różnych branżach przemysłu rolno – spożywczego np. w przemyśle paszowym [Grochowicz 1996].

W praktyce przemysłowej otrzymanie mieszaniny dwu- lub wieloskładnikowej o wysokim stopniu wymieszania jest procesem złożonym i niełatwym do osiągnięcia. Istotnym czynnikiem jest wybór odpowiedniej aparatury. Znalezienie mieszalnika o optymalnych parametrach jest zależne od wielu kryteriów, do których należą przede wszystkim [Koch, Noworyta 1998; Boss 1987]:

- właściwości fizyczne materiałów oraz wymagana jednorodność mieszaniny (np. dla mieszaniny farmaceutycznej wymagany jest znacznie wyższy stopień jednorodności niż dla mieszanki paszowej),
- rozmiary produkcji,
- zapotrzebowanie mocy,
- bilans kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych, który niejednokrotnie przesądza o ostatecznym wyborze,
- czas mieszania – łączny czas na realizację procesu (załadunek, mieszanie, rozładunek, czyszczenie),
- łatwość czyszczenia aparatury.

Jeżeli rozpatrywalibyśmy dobór mieszalnika ze względu na łatwość czyszczenia to niewątpliwie sprawdzają się tu mieszalniki bębnowe pozbawione elementów mieszających oraz mieszalniki przesypowe [Tukiendorf 2003].

Cel badań

Celem badań było znalezienie takich parametrów mieszalnika, dla których badane układy osiągnęłyby najwyższy stopień zmieszania w odpowiednio krótkim czasie.

Aparatura i metodyka badań

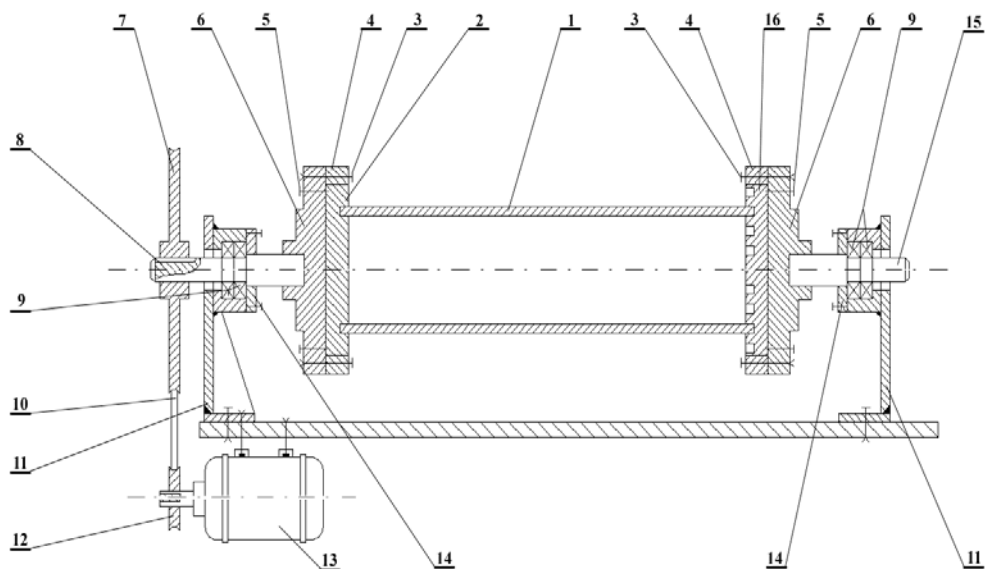
Badania prowadzono w warunkach laboratoryjnych z zastosowaniem modelu poziomego mieszalnika bębnowego. (rys. 1).

Podstawowym jego elementem były wymienne bębny o zróżnicowanej długości i średnicy. Wykorzystano 16 cylindrycznych bębnow o różnych wymiarach. W tabeli 1 zamieszczono otrzymane wartości L/D.

Tabela 1. Parametry bębnow
Table 1. Parameters of drums

Średnica D [mm]	Długość L [mm]			
	850	635	425	212
80	10,625	7,97	5,31	2,66
110	7,73	5,79	4,25	2,125
150	5,67	4,25	2,83	1,42
200	4,25	3,19	2,125	1,06

Źródło: opracowanie własne



źródło: [opracowanie własne]

Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego: 1 – bęben, 2 – dno bębna, 3 – śruby dociskające pierścień, 4 – pierścień centrujący dno, 5 - śruba zabezpieczająca przed przekręceniem się dna, 6 – piasta, 7 – duże koło pasowe, 8 – wałek napędowy, 9 – łożyska, 10 – pasek klinowy, 11 – podpora mechanizmu napędowego, 12 – małe koło pasowe, 13 – silnik, 14 – zabezpieczenie łożyska, 15 – wałek podtrzymujący, 16 - wymienne dno bębna;

Fig. 1. Layout of experimental fixture: 1 - drum, 2 – drum bottom, 3 – ring holding screws, 4 – bottom centering ring, 5 – setscrew preventing rotation of drum bottom, 6 – hub, 7 – large pulley, 8 – drive shaft, 9 – bearings, 10 – V-belt, 11 – drive mechanism bracket, 12 – small pulley, 13 – motor, 14 – bearing protection, 15 – supporting shaft, 16 – replaceable drum bottom

Częstość obrotową mieszalnika obliczano z zależności:

$$n_{kr} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2g}{D}} \quad (1)$$

Badania prowadzono dla par materiałów sypkich o stosunkach gęstości zamieszczonych w tabeli 2. Ze względu na długotrwały czas prowadzenia procesu mieszania zastosowano materiały modelowe, odznaczające się znaczą trwałością i odpornością na ścieranie. Zastosowanie niektórych nasion mogłoby spowodować pojawienie się błędów pomiarów na skutek ich nietrwałości np. rozbijania w trakcie długotrwałego procesu mieszania. Do badań wykorzystano: tlenek glinu, kulki szklane, kulki stalowe, agalit, które odpowiednio dobrano w układy dwuskładnikowe.

Tabela 2. Parametry mieszanych materiałów
Table 2. Parameters of mixed materials

Układ	Stosunek gęstości
A	3,25
B	1
C	0,7

Źródło: opracowanie własne

Przyjęto 6 punktów (1, 5, 15, 30, 45 i 60 minut), dla których badano stopień wymieszania a tym samym jakość układów A, B i C.

Przed rozpoczęciem procesu mieszania komponenty znajdowały się w stanie całkowitego ich rozdzielania. Dla wszystkich badanych bębnow zachowano ten sam stopień wypełnienia mieszalnika – 35%, przy czym fazą rozpraszaną zawsze zasypywano środkowy segment.

Ze względu na losowy charakter procesu mieszania, poddano go analizie statystycznej.

Udział fazy rozpraszanej wyznaczano korzystając ze wzoru:

$$x_i = \frac{v_{Bi}}{v_{Ai} + v_{Bi}} . \quad (2)$$

Średni udział fazy rozpraszanej uzyskiwano na podstawie równania

$$\bar{x} = \frac{1}{w} \sum_{i=1}^w x_i . \quad (3)$$

Stopnie zmieszania obliczono korzystając z definicji zaproponowanej przez Rose'a [Rose 1959]:

$$M = 1 - \frac{s}{\sigma_o} \quad (4)$$

gdzie

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^w (x_i - p)^2}{w}} \quad (5)$$

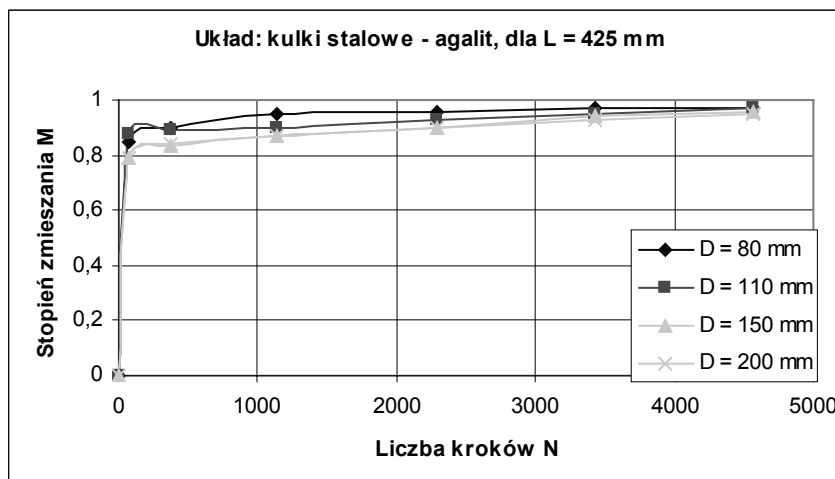
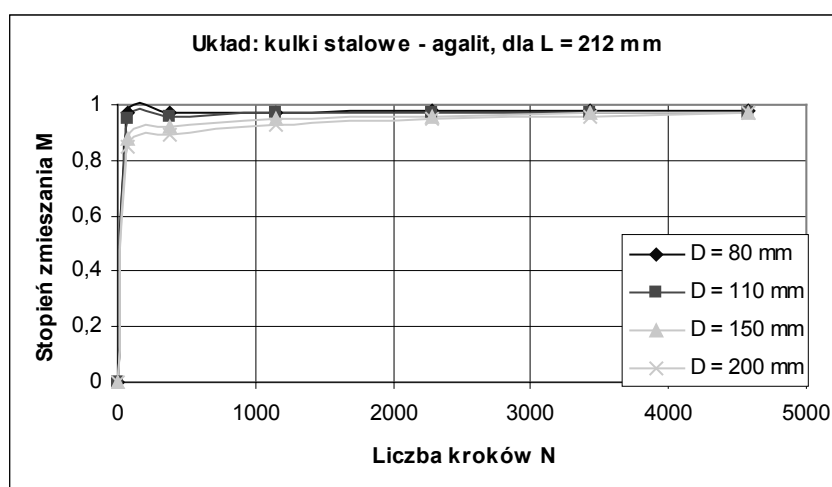
oznacza odchylenie standardowe składu mieszaniny w w próbach, p oznacza prawdopodobieństwo znalezienia fazy rozpraszanej w dowolnym segmencie, natomiast

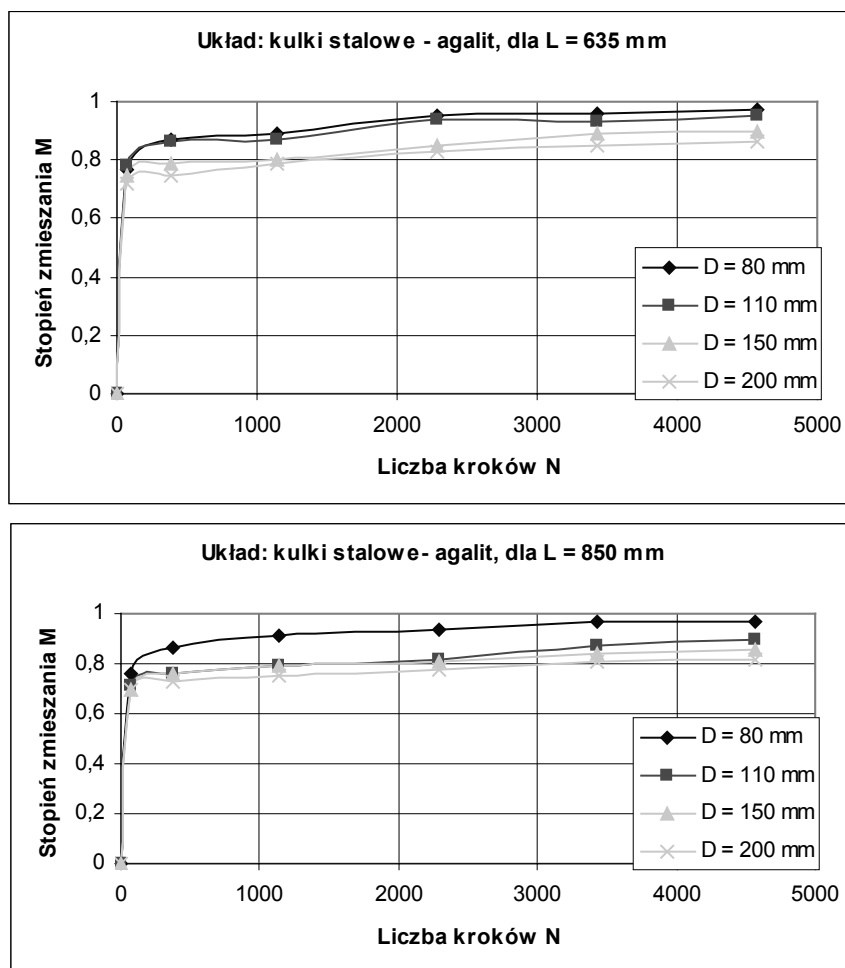
$$\sigma_o = \sqrt{p(1-p)} . \quad (6)$$

Wyniki badań

Analiza wyników pozwala na uogólnienie, iż dla przebadanych par materiałów ich stan zmieszania przybiera różne wartości (od stanu niezadawalającego do bardzo dobrego [Boss 1987]) w zależności od smukłości mieszalnika.

Na poniższych wykresach przedstawiono wybrane wyniki badań, dla jednej z badanych par materiałów przy mieszaniu prowadzonym dla różnych długości bębnow (rys. 3).





Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Stopnie zmieszania par materiałów ziarnistych dla wszystkich badanych długości bębna
 Fig. 3. Degree of mixing for granular material component pair at all tested drum lengths

Niewątpliwie najwyższe stopnie zmieszania otrzymano dla najkrótszego bębna przy $L = 212$ mm. Stan mieszaniny określany jako bardzo dobry uzyskano już po pierwszych minutach mieszania, gdzie uzyskano stopnie zmieszania na poziomie $M = 0,97-0,98$.

Zdecydowanie najmniej korzystne wyniki otrzymano dla najdłuższego mieszalnika, gdzie w trakcie długotrwałego procesu mieszania stopień zmieszania wzrastał aż do osiągnięcia wartości $M = 0,81$.

Wnioski

1. Na podstawie powyższych wykresów możemy zaobserwować, że ze wzrostem średnicy bębna uzyskiwana na drodze mieszania wartość stopnia mieszania maleje.
2. Długość mieszalnika w znaczącym stopniu wpływa na stopień zmieszania komponentów a tym samym jakość mieszaniny.
3. Zaobserwowano, że zdecydowanie najlepsze stopnie zmieszania dla wszystkich przebadanych układów uzyskano dla najmniejszej ze średnic bębna, tj. przy $D = 80$ mm.

Bibliografia

- Boss J.** 1987. Mieszanie materiałów ziarnistych, PWN Warszawa–Wrocław, s. 164-166.
- Grochowicz J.** 1996. Technologia produkcji mieszanek paszowych, PWRiL Warszawa, s. 199-210.
- Rose H.E.** 1959. A Suggested Equation Relating to the Mixing of Powders and Its Application to the Study of the Performace of Certain Types of Machine, Trans. Instn. Chem. Engr., 37, 47.
- Koch R., Noworyta A.** 1998. Procesy mechaniczne w inżynierii chemicznej, WNT, Warszawa, s. 206-209.
- Tukiendorf M.** 2003. Wpływ zmiany wymiarów średnic cząsteczek na wyniki mieszania materiałów ziarnistych podczas wysypu za zbiorników, Problemy Inżynierii Rolniczej 2. IBMER, Warszawa, s. 21-25.
- Polska Norma PN-73/R-74007: Ziarno zbóż. Oznaczanie gęstości.

EFFECT OF DRUM MIXER SLENDERNESS ON THE DEGREE OF LOOSE MATERIAL MIXING

Summary. The paper presents results of research pertaining to mixing operation of heterogeneous loose materials as performed in a drum mixer. Two different drum lengths and diameters were used for experiment. It was shown how is the degree of mixing changing in case of two component mixtures depending on the change of drum mixer slenderness.

Key words: loose materials, granular materials, heterogeneous two component system, drum mixer, degree of mixing

Adres do korespondencji:

Alicja Kolasa-Więcek; e-mail: a.kolasa-wiecek@po.opole.pl
Instytut Inżynierii Produkcji
Politechnika Opolska
ul. Ozimska 75
45-370 Opole