

Andrzej TOMPOROWSKI

e-mail: a.tomprowski@utp.edu.pl

Instytut Technik Wytwarzania, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Badanie użyteczności rozdrabniania ziaren ryżu. Część II – wyniki badań

Wstęp

W rozdrabniaczach wielokrawędziowych, wielotarczowych, wykorzystuje się zjawisko *quasi*-ścinania krawędziami otworów, rozmieszczonych w wirujących tarczach roboczych, obracających się z różnymi prędkościami, w zgodnych lub przeciwnych kierunkach, (w stanie ruchu względnego). Z badań własnych oraz doświadczeń innych badaczy wiadomo, że istotny wpływ na funkcjonalność i efektywne zużycie energii mają: właściwości wsadu, parametry dynamiczne procesu i konstrukcja zespołu roboczego rozdrabniacza [1–3]. Pomocnym i przydatnym instrumentem w eksploatacji rozdrabniaczy biologicznych materiałów przemysłu rolno-spożywczego są ich charakterystyki użytkowe.

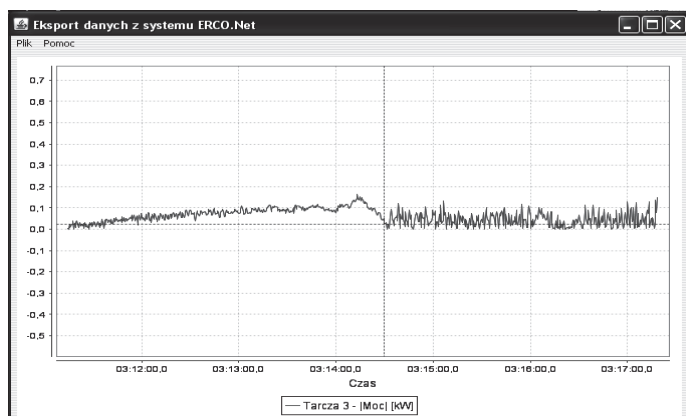
Przebieg badań

Badania realizowano stosując rozdrabniacz wielokrawędziowy, 5-tarczowy, RWT-5:KZ zaprojektowany w Bydgoszczy. Zespół napędowy rozdrabniacza obejmuje pięć trójfazowych, jednakowych silników elektrycznych. Każdy z nich sprzęgnięty jest za pośrednictwem przekładni pasowo-zębatej z jedną z pakietu 5 tarcz rozdrabniających. Silniki napędowe sterowane są poprzez zespół falowników typu *pDrive*.

Jednym z warunków równomiernej i efektywnej pracy jest stałe jednostajne zasilanie przestrzeni roboczej, rozdrabniacza w surowiec. Rolę tę przejmuje podajnik ślimakowy, zainstalowany bezpośrednio pod koszem zasypowym. Otwór zasilający przestrzeni roboczej umiejscowiony jest poniżej osi obrotów tarcz rozdrabniających. Podajnik zasilania jest silnikiem krokowym, dzięki czemu możliwa jest zmiana liniowej prędkości podawania ziarna (wsadu) bezpośrednio do przestrzeni roboczej rozdrabniacza poprzez płynną regulację prędkości obrotowej ślimaka.

Parametry procesu rozdrabniania zadawano poprzez komputerowy system sterowania i rejestracji pracy maszyny. Taka konfiguracja maszyny umożliwia ciągłą kontrolę nastaw, ich realizację, monitoring, a także rejestrację zadanych wielkości i ich realizację na wyjściu – optymalizację procesu rozdrabniania.

Zapotrzebowanie mocy (Rys. 1) w analizowanym procesie rozdrabniania ziaren ryżu rejestrowano poprzez pomiarowy system optymalizacji rozdrabniania (PSOR-08).



Rys. 1. Zapotrzebowanie na moc rozdrabniacza RWT-5:KZ, bieg jałowy, tarcza robocza nr 2

Zapotrzebowanie mocy na *quasi*-ścinanie w procesie wielotarczowego rozdrabniania ziarna P_{q-s} [W] jest różnicą pomiędzy mocą całkowitą P_c pobieraną przez układ rozdrabniający i mocą pobieraną na pracę biegu jałowego P_{bj} :

$$P_{q-s} = P_c - P_{bj} \quad (1)$$

Pobór mocy w procesie rozdrabniania określonej masy ziarna m_z nie jest stały, jednakże dla uproszczenia obliczeń przyjmowano średnią wartość P_r .

Pracę L_r [J] rozdrabniania masy ziarna m_z wyznaczono z zależności:

$$L_r = P_r t_r \quad (2)$$

Wydajność masową procesu wielotarczowego rozdrabniania wyznaczano z zależności [6]:

$$Q = (B - A)R^2 \frac{V_z}{S_z t} \rho \quad (3)$$

gdzie:

B – stała zależna od relacji efektywnych powierzchni w sąsiednich polach,

R – promień otworów,

V_z – objętość dozowania masowego,

S_z – przekrój zasilania.

Zatem moc *quasi*-ścinania w rozdrabniaczach wielotarczowych wynosi:

$$P_{q-s} = E_j Q$$

gdzie:

E_j – jednostkowe zużycie mocy na rozdrabnianie,

Q – wydajność.

Jako materiał wsadowy zastosowano ziarno ryżu. Próbkę dzielono na równe części, każda o masie 1000 g, odważając na wadze WER-2000, z dokładnością do 0,1 g.

Udział cząstek o poszczególnych wymiarach w próbkach badanego ryżu określano na podstawie analizy sitowej wykonanej przed i po rozdrobnieniu. Analizę sitową wykonano wg PN, stosując sita o następujących wymiarach: 0,45; 1,0; 1,6 mm [7, 8].

Ze wszystkich porcji badanego materiału pobrano losowo po pięć 100-gramowych próbek. Wynik stanowiła średnia arytmetyczna z pięciu powtórzeń.

Pomiary poboru mocy prowadzono dla różnych wilgotności ziarna przy różnych prędkościach obrotowych tarcz roboczych.

W celu określenia wpływu wilgotności na przebieg procesu rozdrabniania, materiał był kondycjonowany, każdą próbkę poddano do innego poziomu wilgotności. Wyrównywanie wymaganej wilgotności w całej masie próbek uzyskiwano przez umieszczanie ich w komorze chłodniczej w stałej temperaturze i wielokrotne mieszanie. Badania prowadzono dla wilgotności ziaren ryżu: 8,2; 11,3; 12,9; 13,6 i 15,2%.

Dla zminimalizowania błędów w opracowaniu statystycznym posłużono się średnią arytmetyczną oraz odchyleniem standardowym. Z rozkładu *t-Studenta* wyznaczono wartości na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Sprawdzono równanie:

$$t \geq \frac{|a_i - a_{sr}|}{A_d} \quad (4)$$

gdzie:

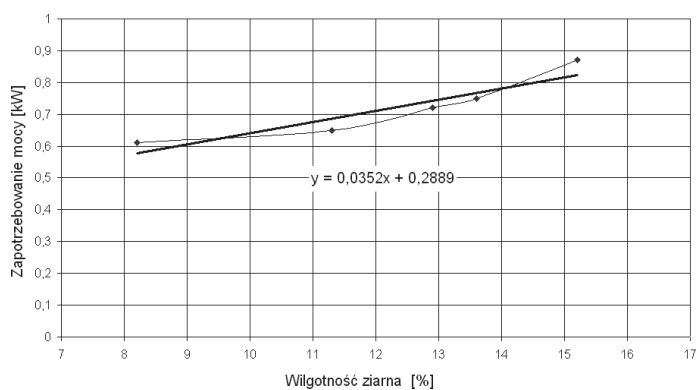
a_i – wartość uzyskana z przeprowadzonych badań,

a_{sr} – średnia arytmetyczna otrzymanych wyników,
 A_d – odchylenie standardowe,
 t – wartość *t-Studenta*.

Dla opisu otrzymanych wartości pomiarowych stosowano równania regresji liniowej, o najprostszej postaci a dla statystyki matematycznej jak najkorzystniejsze własności dla zmiennej losowej y i zmiennych x_p model regresji liniowej.

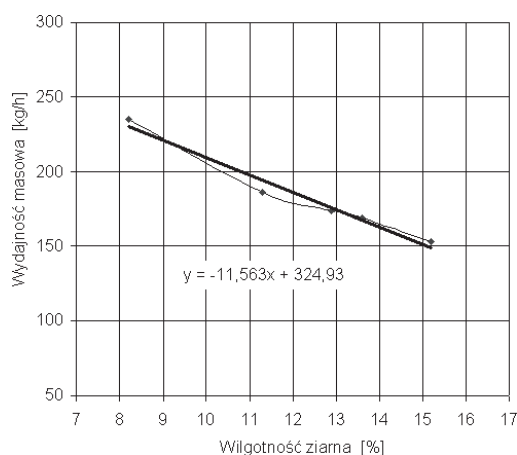
Wyniki badań i dyskusja

Otrzymane wyniki badań analizowano w kierunku określenia optymalnych wzajemnych relacji podstawowych parametrów, w kierunku realizacji funkcji rozdrabniania, tj. poszukiwania rozwiązań konstrukcyjnych zespołów rozdrabniających materiały przemysłu rolno-spożywczego, prowadzące do energooszczędnych procesów produkcyjnych.



Rys. 2. Wpływ wilgotności ziarna ryżu na zapotrzebowanie mocy rozdrabniacza wielootworowego RWT-5:KZ

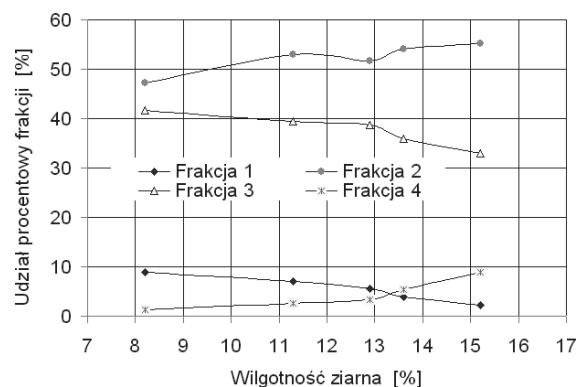
Na rys. 2 przedstawiono wpływ wilgotności rozdrabnianego medium na zapotrzebowanie mocy w procesie rozdrabniania. Daje się zauważyć wyraźną zależność, że ze wzrostem wilgotności wzrasta zapotrzebowanie na moc rozdrabniacza. Ten stan rzeczy tłumaczy się oblepieniem elementów roboczych zawilgoconym materiałem, co powoduje jednocześnie zwiększenie oporu ruchu – transportu rozdrabnianego materiału wewnątrz przestrzeni roboczej rozdrabniacza.



Rys. 3. Wpływ wilgotności ziarna ryżu na wydajność rozdrabniacza wielootworowego RWT-5:KZ

Rys. 3 przedstawia wpływ wilgotności rozdrabnianego ziarna na wydajność procesu rozdrabniania. Również i w tym przypadku wyraźna jest zależność tych parametrów. Ze wzrostem wilgotności maleje wydajność rozdrabniacza. Zawartość wilgoci w ziarnach zbóż utrudnia przemieszczanie się rozdrabnianego materiału w przestrzeni roboczej rozdrabniacza.

Na rys. 4 przedstawiono wpływ wilgotności materiału wsadowego na stopień rozdrobnienia. Niższy poziom zawilgocenia skutkuje powstawaniem większego udziału frakcji pylistej w produkcie. Ten stan rzeczy uwarunkowany jest obciążeniami z dominującym udziałem ściskania i pękania. Dla wyższych wilgotności sytuacja staje się odmienna. Rozdrabnianie następuje z przewagą sił ścinających.



Rys. 4. Wpływ wilgotności ziarna ryżu na wydajność rozdrabniacza wielootworowego RWT-5:KZ: 1 – frakcja (>1,6) mm, 2 – frakcja (1,0–1,6) mm, 3 – frakcja (0,45–1,0) mm, 4 – frakcja (<0,45) mm

Podsumowanie i wnioski

Wyniki badań (Rys. 1–4) wskazują, że w wielotarczowym, wielootworowym zespole rozdrabniającym ziarna ryżu istnieje zależność pomiędzy cechami, parametrami technologiczno-dynamicznymi oraz cechami konstrukcyjnymi elementów roboczych rozdrabniacza. Otrzymane wyniki potwierdzają słuszność przyjętych założeń. Niezbędnym warunkiem podwyższania funkcjonalności wielotarczowego rozdrabniania ziaren ryżu jest opracowanie efektywnej technologii rozdrabniania o jakości produktu pożądanej w dalszym użyciu. Zaproponowana metodyka badań rozdrabniania spełnia oczekiwania w zakresie funkcjonalności procesu. Otrzymanie z rozdrabnianego wsadu (surowca) pełnowartościowego produktu o ściśle zdefiniowanych i powtarzalnych wymiarach jest działaniem użytecznym i perspektywicznym dla rozwoju procesu wielokrawędziowego rozdrabniania.

Cechy materiału po rozdrabnianiu są pochodną działań technologicznych przy rozdrabnianiu materiałów ziarnistych i biologicznych oraz zależą od rodzaju narzędzia i parametrów procesu [4, 5].

LITERATURA

1. A. Tomporowski: Inż. Ap. Chem. **48**, nr 2, 135 (2009).
2. A. Tomporowski: Inż. Ap. Chem. **48**, nr 2, 137 (2009).
3. A. Tomporowski: Ekologia i Technika, nr 4 (2009).
4. A. Tomporowski: Ekologia i Technika, nr 5 (2009).
5. A. Tomporowski: Ekologia i Technika nr 6 (2009).
6. J. Flizikowski, A. Świetlicki: Inż. Ap. Chem. **48**, nr 2, 45 (2009).
7. PN-ISO-712, 2002.
8. PN A 74 220, 1997.