

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 I – model badawczy

### Wprowadzenie

Produkcję i przetwarzanie materiałów rolno-spożywczych, o ściśle określonych właściwościach, w dużej mierze warunkuje rozwój nowoczesnej techniki i technologii. W przetwarzaniu i produkcji tego typu materiałów istotną rolę odgrywa szeroko rozumiane rozdrabnianie produktów biologicznych przemysłu rolno-spożywczego.

Rosnąca wielkość rocznej światowej produkcji nasion zbóż (ponad  $2000 \cdot 10^6$  Mg), wywołuje konieczność wspomagania konstrukcji i procesu w kierunku podwyższenia funkcjonalności, tj.: sprawności, skuteczności; obniżania energochłonności i nierównomierności działania rozdrabniaczy, a co za tym idzie coraz lepszego sterowania procesem. Jest to związane z jednej strony z zapewnieniem wysokiej wydajności i sprawności procesów przetwórczych, z drugiej zaś z uzyskaniem odpowiednich własności i jakości produktu. W niniejszej pracy przez funkcjonalność rozumie się sprawność i równomierność działania. W uniwersalnym rozdrabnianiu ziarna w przemyśle rolno-spożywczym wymaga się kompleksowego uwzględnienia, w procesach technologicznych, poszczególnych operacji składowych, m.in. rozdrabniania, czy też mieszania. Przy założeniu uniwersalności rozdrabniania nie mogą być zagwarantowane wysokie wskaźniki funkcjonalności energetycznej i efektywności [1, 2].

Celem badań było poszukiwanie rozwiązań konstrukcyjnych zespołów rozdrabniających biologiczne materiały ziarnowe przemysłu rolnospożywczego, energooszczędnych o optymalnej konstrukcji na przykładzie rozdrabniaczy.

### Warunki użytkowania

Wpływ cech konstrukcyjnych na charakterystyki użytkowe procesu wielokrawędziowego, wielotarczowego rozdrabniania nie został jeszcze w pełni rozpoznany. Podstawą do poprawy funkcjonalności jest przeprowadzone rozpoznanie możliwości istniejących rozwiązań oraz określenie zakresu, skutecznych w przetwórstwie, cech konstrukcyjnych zespołu roboczego z obszaru dopuszczalnego. Spełnienie kryteriów może być osiągnięte między innymi na drodze celowego sterowania cechami konstrukcyjnymi zespołu wielotarczowego. Aby jednak działania te przyniosły planowane korzyści, konieczne staje się poznanie zależności oraz opracowanie modelu (opisu matematycznego) procesu rozdrabniania jako zmiennych wynikowych właściwości materiału wsadowego, konstrukcji i działania zespołu roboczego.

### Warunki konstrukcyjne

Podjęto zagadnienie badawcze polegające na określeniu parametrów konstrukcyjnych zastosowanego rozdrabniacza wielotarczowego i zmiennych właściwości rozdrabnianych materiałów, które są niezbędne dla optymalnej realizacji procesu rozdrabniania wielokrawędziowego.

Warunki konstrukcyjne ( $W_k$ ) określone są cechami konstrukcyjnymi ( $C_k$ ) zespołu wielotarczowego: postaci geometrycznej ( $\Pi_k$ ), tj. liczby tarcz ( $l_t$ ), liczby otworów roboczych w tarczach ( $l_{otw}$ ), liczby rzędów otworów ( $l_{rz}$ ), średnic otworów ( $d_{otw}$ ), kątów ostrza otworu ( $\beta_{ij}$ ), i innych cech materiałowo-dynamicznych ( $C_{k-m-d}$ ) elementów rozdrabniających. Jako estymatory rozwiązania przyjęto charakterystyki użytkowe

( $SP_u$ ) procesu rozdrabniania: minimalny pobór mocy ( $N_u$ ), racjonalną wydajność ( $W_u$ ), wysoką efektywność energetyczną procesu ( $E_u$ ) i jakość produktu ( $Q_R$ ) [3–5].

Na podstawie analizy literatury oraz wcześniejszych badań własnych postawiono hipotezę, że rozdrabnianie wielotarczowe stwarza potencjalne możliwości poprawy funkcjonalności działania, procesu w porównaniu z innymi sposobami dezintegracji poprzez wprowadzenie zmian konstrukcyjnych zespołu roboczego. Zmiany te dotyczą cech konstrukcyjnych ( $C_k$ ), z obszaru dopuszczalnego dla analizowanego zespołu wielotarczowego RWT-5:KZ, tj. liczby tarcz ( $l_t$ ), liczby otworów w tarczach ( $l_{otw}$ ), liczby rzędów otworów w pierwszej i następnych tarczach ( $l_{rz}$ ), szczeliny między tarczami ( $s_{t-k}$ ), średnic otworów ( $d_{otw}$ ), średnic rozmieszczenia otworów w tarczy ( $D_{ro}$ ), kątów krawędzi tnących ( $\beta_{ij}$ ), prędkości rozdrabniania ( $v_{rn}$ ). Sterowanie cechami konstrukcyjnymi, prowadzi w kierunku postulowanego stanu podwyższenia funkcjonalności działania oraz poprawy wybranych charakterystyk użytkowych ( $SP_u = H_u$ ): zapotrzebowania na moc:  $H_N = f(C_k)$ , wydajności masowej:  $H_m = f(C_k)$ , wskaźników energetycznych:  $H_e = f(C_k)$ , jakości produktu:  $H_q = f(C_k)$ .

### Założenia

Znalezienie relacji między, funkcjonalnością, wybranymi charakterystykami ruchowo-energetycznymi procesu rozdrabniania, a cechami konstrukcyjnymi zespołu rozdrabniającego, uzasadnia potrzebę przeprowadzenia analizy, badań studialnych i eksperymentalnych *quasi*-ścięcia dla wyznaczenia wskaźników zmiennych modelu obiektu badań.

Celem badań jest poznanie i opis wpływu wybranych cech konstrukcyjnych ( $C_k$ ) wielokrawędziowego, wielotarczowego zespołu rozdrabniacza wielootworowego na funkcjonalność ( $SP_u$ ) procesu rozdrabniania ( $P_R$ ) ziaren ryżu.

Na jakość procesu rozdrabniania wpływ mają (Rys. 1):

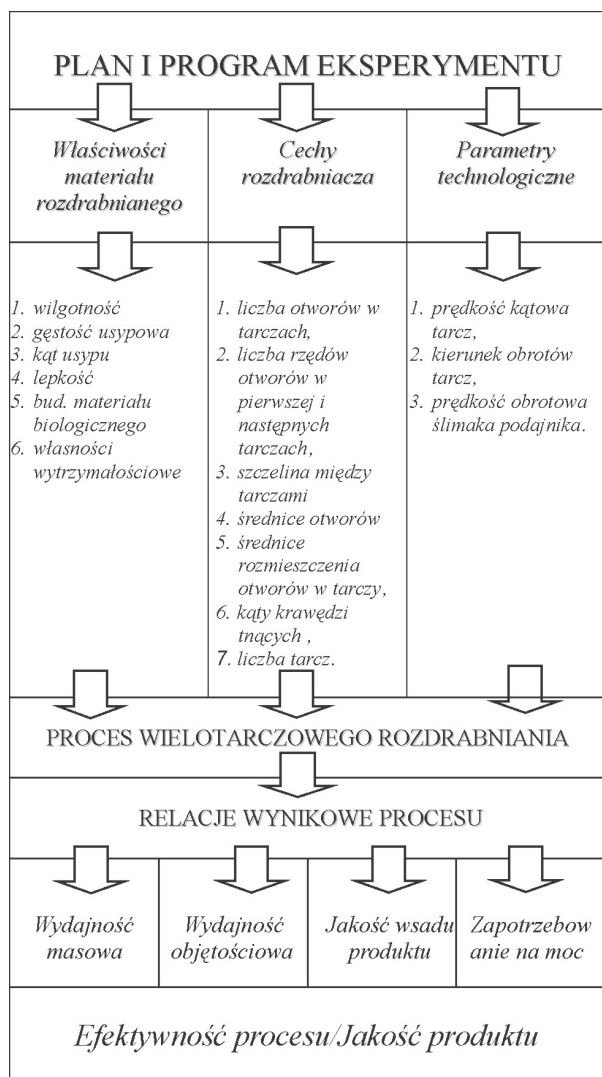
- cechy konstrukcyjne rozdrabniacza,
- parametry użyteczne rozdrabniania,
- właściwości rozdrabnianego ryżu.

Wypadkową parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych rozdrabniaczy wielotarczowych i właściwości rozdrabnianego materiału biologicznego są właściwości procesu rozdrabniania. Efektywność procesu rozdrabniania materiałów ziarnistych można zatem scharakteryzować wyznaczając oczekiwane charakterystyki użytkowe ( $SP_u = H_u$ ).

Badaniom poddano ziarna ryżu rozdrabnianego na mączkę w przemyśle spożywczym.

Ziarna ryżu są materiałem niejednorodnym. W przełomie daje się zauważyć zróżnicowaną strukturę o różnych właściwościach wytrzymałościowych; bielmo i łuska. Bielmo cechuje się brakiem plastyczności. Poddane *quasi*-ścięciu ulega głównie ścięciu. Łuska, to struktura ziarna, która poddana *quasi*-ścięciu ulega rozrywaniu. Własności wytrzymałościowe takie jak: plastyczność, sprężystość, w procesie rozdrabniania odgrywają ważną rolę. W ziarnach ryżu ze względu na ich anizotropową budowę występują naturalne rozbieżności parametrów wytrzymałościowych.

Wytrzymałość i sprężystość materiałów biologicznych uwarunkowane są wzajemnym oddziaływaniem pomiędzy cząsteczkami i ich wzajemnymi relacjami przeciwdziałającymi siłom zewnętrznym wywołującym deformację a w konsekwencji dekohezję rozdrabnianego surowca.



Rys. 1. Relacje konstrukcyjno-eksploatacyjne wielokrawędziowego, wielootworowego rozdrabniania ziaren ryżu

### Plan i model funkcjonalny

Badania charakterystyk użytkowych zespołu rozdrabniacza wielotarczowego RWT-5:KZ dotyczyły:

- materiału badanego: ziaren ryżu o stabilizowanych właściwościach,
- zespołu rozdrabniającego o częściowo sterowanych cechach konstrukcyjnych,
- procesu technologicznego przekształceń mechanicznych, przemieszczeń dynamicznych w zasilaniu sterowaniu stopniem rozdrobnienia, w warunkach wynikających z kinematyki przestrzeni działania [6, 7].

W celu weryfikacji przedstawionych tez przeprowadzono badania maszynowe zgodnie z przedstawionym planem.

Można zatem zapisać, że parametry procesu rozdrabniania ( $P_{PR}$ ) wielotarczowego są funkcją następujących zbiorów wartości:

$$P_{PR} = f(\{P_{KR}\}, \{P_{TPR}\}, \{C_{MR}\})$$

gdzie:

- $\{P_{KR}\}$  – zbiór cech konstrukcyjnych maszyny rozdrabniającej,
- $\{P_{TPR}\}$  – zbiór parametrów technologicznych procesu rozdrabniania,
- $\{C_{MR}\}$  – zbiór cech ziarna ryżu.

Na podstawie znanych parametrów technicznych badanego zespołu rozdrabniacza wielotarczowego RWT-5:KZ, właściwości rozdrabnianego wsadu i zasobu posiadanej wiedzy z zakresu rozdrabniania wielotarczowego materiałów ziarnistych określono zakresy badanych wielkości wejściowych. Badaniu poddano wydajność i zapotrzebowanie mocy w analizowanym procesie wielokrawędziowego, wielotarczowego rozdrabniania ryżu. Zapotrzebowanie na moc użyteczną procesu rozdrabniania  $N_{uPR}$  [kW] wyznaczono z zależności:

$$N_u = N_{cPR} - N_{bj}$$

gdzie:

- $N_{cPR}$  – całkowite zapotrzebowanie mocy w procesie wielotarczowego rozdrabniania ryżu,
- $N_{bj}$  – zapotrzebowanie mocy dla biegu jałowego.

Pracę rozdrobnienia  $W_u$  [kJ] opisano zależnością:

$$W_u = mE_j$$

gdzie:

- $m$  – masa rozdrabnianego ziarna, [kg].
- $E_j$  – jednostkowe zużycie energii w procesie wielotarczowego rozdrabniania ryżu, [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ]

### Podsumowanie

Na podstawie rozważań teoretycznych i wcześniejszych prac badawczych można stwierdzić, że uzyskanie optymalnej jakości rozdrabnianego materiału oraz zadowalającej funkcjonalności procesu rozdrabniania podstawowych ziaren ryżu możliwe jest w dopuszczalnym przedziale wartości cech konstrukcyjnych rozdrabniacza wielotarczowego. Przekroczenie tego przedziału powoduje pogorszenie efektywności procesu i jakości produktu rozdrabniania.

### LITERATURA

- [1] J. B. Flizikowski, M. Macko: Energy expenditure of Multi-edge milling. European Symposium on Comminution and Classification Classification; s. 23, Espoo, Finland 2009.
- [2] J. B. Flizikowski, A. Świetlicki: Inż. Ap. Chem., **48**, nr 2, 45 (2009).
- [3] A. Tomporowski: Inż. Ap. Chem. **48**, nr 2, 135 (2009).
- [4] A. Tomporowski: Inż. Ap. Chem. **48**, nr 2, 137 (2009).
- [5] A. Tomporowski: Ekologia i Technika, nr 4 (2009).
- [6] A. Tomporowski: Ekologia i Technika, nr 5 (2009).
- [7] A. Tomporowski: Ekologia i Technika, nr 6 (2009).