

Jerzy KALWAJ

e-mail: kalwaj@utp.edu.pl

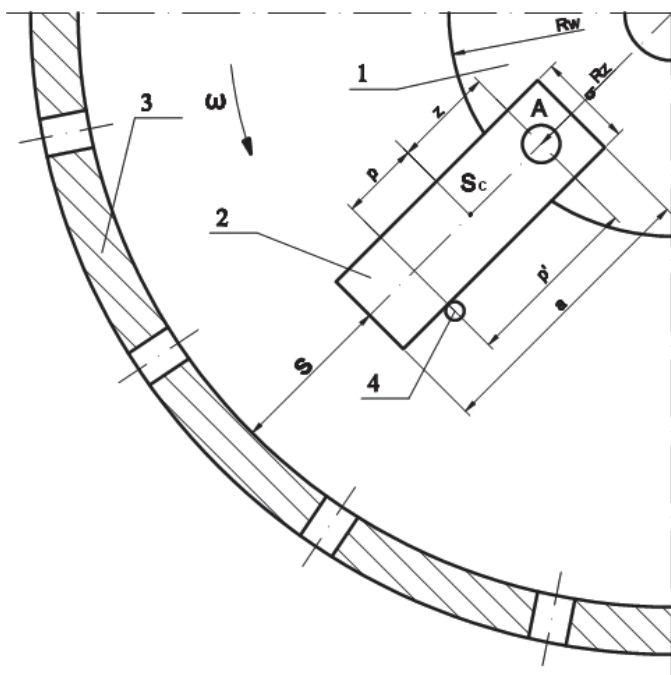
Instytut Technik Wytwarzania, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Zagadnienia energetyczne zespołu roboczego rozdrabniacza bijakowego do ziarna zbóż

Wstęp

W Polsce, rocznie 14 mln ton ziarna zbóż poddaje się procesowi rozdrabniania na potrzeby paszowe [1]. Celem tego procesu jest zwiększenie fizjologicznej przyswajalności paszy i w konsekwencji maksymalizacji efektów hodowlanych [1, 2]. Proces rozdrabniania powszechnie realizowany przez rozdrabniacze udarowo-biakowe pochłania około 40 mln złotych rocznie [3]. Zatem prowadzenie prac mających na celu obniżenie kosztów tego procesu jest w pełni uzasadnione.

Analiza publikowanych badań wykazała, że w zakresie optymalizacji konstrukcji brak jest obecnie kompleksowego opracowania najkorzystniejszych cech zespołu roboczego (Rys.1).



Rys. 1. Schemat wycinka komory roboczej rozdrabniacza bijakowego: 1 – wirnik, 2 – bijak, 3 – sito, 4 – ziarno

Znane są przede wszystkim kinematyka bijaków, ich grubość oraz kształt [1]. Niewystarczające natomiast są informacje dotyczące:

- wartości promienia R_b rozmieszczenia bijaków na wirniku,
- długości czynnej a bijaków,
- odległości s bijaków od powierzchni sita.

Zagadnienia te stanowią cel badań opisanych w niniejszej pracy.

Analiza procesu roboczego bijaka

Badania własne w zakresie procesu roboczego w komorze rozdrabniacza bijakowego pozwoliły na sformułowanie następujących spostrzeżeń [1–4]:

- bijaki rozmieszczone są dla małych rozdrabniaczy ($Q < 3$ t/h) na 4 sworzniach wirnika, natomiast dla dużych ($Q > 3$ t/h) na sześciu, w sposób wahlkowy z odległością ustaloną za pomocą tulejek dystansowych,

- zasada rozmieszczania bijaków polega na wykorzystaniu linii śrubowej mającej skok równy grubości czterech lub sześciu bijaków.

Efektom tego jest cięcie całej przestrzeni wewnątrz komory przez powierzchnie robocze bijaków, podczas jednego obrotu wirnika,

- optymalna energetycznie grubość bijaków wynosi (3–5) mm dla ziarna zbóż,
- bijaki w trakcie procesu roboczego odchylają się na stałe od położenia radialnego o kąt (9–13°) przeciwnie do kierunku ruchu. Zjawisko to należy uwzględnić szczególnie przy analizie wektorów prędkości lub sił działających na końcach bijaków,
- w rozdrabniaczach brak jest przyrządu pozwalającego ocenić stopień zużycia bijaków i sit, co wyraża się zaokrągleniem krawędzi. Obecnie stwierdza się to za pomocą nadmiernie dużej ilości pyłu w produkcji,
- eksploatację rozdrabniaczy cechuje mała trwałość bijaków i sit, przeciętnie wynosząca około 1000 godzin pracy na jeden zestaw.

Analizując proces roboczy bijaka należy uwzględnić, że ruch odbywa się po torach kołowych bijaki zamocowane są wahlkowo na sworzniach tarczy wirnika. Stąd, stosując zasadę zachowania pędu należy zastąpić masę bijaka masą zredukowaną względem punktu A , przez który przechodzi oś obrotu bijaka:

$$m_1' = m_1 \left(\frac{i_1'}{p'} \right)^2 = m_1 \frac{z^2 + i_1'^2}{(p+z)^2} \quad (1)$$

gdzie:

i_1 – promień bezwładności bijaka względem środka ciężkości S_c ,

$$i_1 = \sqrt{\frac{I_1}{m_1}}$$

i_1' – promień bezwładności względem punktu A , $i_1' = \sqrt{\frac{I_1'}{m_1}}$

I_1' – moment bezwładności względem punktu A ,

I_1 – moment bezwładności bijaka względem środka ciężkości S ,

p – odległość środka ciężkości od punktu uderzenia,

z – odległość środka ciężkości od osi obrotu, $p' = p + z$

Jeżeli przy zderzeniu prostym reakcja działania bijaka na oś sworznia ma również równać się zeru, to oś sworznia powinna pokrywać się z chwilową osią obrotu bijaka. Istnienie tej równości wymaga spełnienia warunku:

$$p = \frac{i_1'^2}{z} \quad (2)$$

Podstawiając parametry geometryczne bijaka można wyprowadzić wzór na długość bijaka: $a = 2,62 b$. W praktyce stosuje się bijaki o długości a wynoszącej od 2 do 3 szerokości b .

Jak wykazały badania obserwacyjne z użyciem szybkostrzelnej kamery (6 tys. klatek na sekundę) taka konstrukcja bijaków powoduje ich stałe odchylanie od kierunku radialnego o kąt od (9–13°) oraz chwilowe odchylenie się od tego położenia w wyniku efektywnych zderzeń [2, 3]. Powyższa analiza rozwiązała problem minimalizacji reakcji, zmieniła dynamicznie, przenoszonych przez sworznie, nie rozstrzygała natomiast kwestii optymalizacji z punktu widzenia energetyki procesu. Rozwiązanie tego problemu przyjęto na drodze badań eksperymentalnych [2, 3].

Stanowisko badawcze i opis badań

Sformułowane na wstępie problemy badawcze można przedstawić w postaci następującego wyrażenia:

$$E = f\left(\frac{R_b}{D}, \frac{a}{D}, S\right) \quad \text{dla } d_s = 4 \text{ mm} \quad (3)$$

gdzie:

- E – energochłonność całkowita rozdrabniacza, [kJ/kg]
- R_b – promień zamocowania bijaka, [mm]
- l_c – długość czynna bijaka, [mm]
- S – szczelina robocza, [mm]
- D_w – średnica wirnika rozdrabniacza, [mm].

Zastosowano stanowisko badawcze, które umożliwiło zbadanie funkcji (3) metodą rozdzielczą, jednoczynnikową. Stanowisko składało się z dozownika, rozdrabniacza, aerocyklonowego urządzenia odbiorczego oraz aparatury pomiarowej.

Rozdrabniacz o średnicy komory roboczej 300 mm zaopatrzone był w wymienny wirnik zgodne z przyjętym planem eksperymentu. Pomiar wartości brzegowych zmiennych niezależnych określono na podstawie informacji literaturowych oraz zweryfikowano podczas badań wstępnych.

Przyjęto następujące parametry geometryczne:

- stosunek promienia zawieszenia bijaków do średnicy wirnika w zakresie (0,1–0,8),
- stosunek długości bijaków do średnicy wirnika w przedziale (0,1–0,6)
- wartość szczeliny roboczej w przedziale (10–50) mm.

Badania wykonano dla jęczmienia z zastosowaniem w rozdrabniaczu sita z otworami 5 mm.

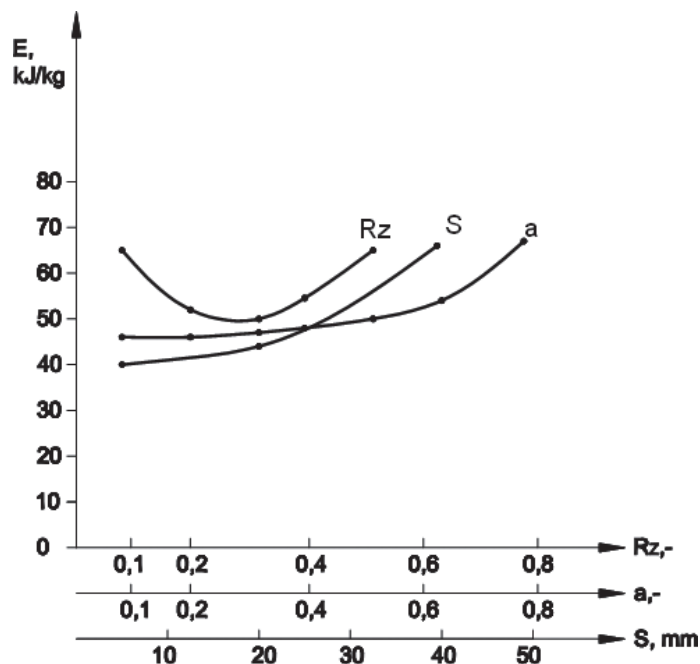
Zestawienie wyników

Wyniki otrzymane podczas badań przedstawiono na wykresie zbiorczym na rys. 2.

Wnioski

Analizując charakter zmian badanych wielkości można sformułować następujące wnioski:

- a) Badania wykazały istotność wpływu promienia osadzenia bijaków, długości czynnej bijaków i szczeliny roboczej na energochłonność rozdrabniacza bijakowego,



Rys. 2 Zależność energochłonności jednostkowej E rozdrabniacza bijakowego od szczeliny roboczej S , długości czynnej bijaków a oraz promienia zamocowania bijaków R_z .

- b) Tylko funkcja promienia zamocowania bijaków wykazała charakter paraboliczny z wyraźnym minimum wartości, natomiast pozostałe dwie funkcje charakteryzuje przebieg rosnący,
- c) Dla określenia najkorzystniejszych wartości a i S przyjęto minimalną wartość funkcji parabolicznej R .
- d) Uzyskane optymalne parametry geometryczne bijaka wynoszą $a = 0,3D_w$, $S = 15$ mm,
- e) Wyniki uzyskane w pracy powinny stanowić materiał wejściowy do przeprowadzenia kompleksowej polioptymalizacji zespołu roboczego rozdrabniacza bijakowego.

LITERATURA

- [1] J. Flizikowski: Rozprawa o konstrukcji, Instytut Technologii Eksploatacji, Radom 2002.
- [2] J. Kalwaj: Inż. Ap. Chem. **46**, nr 1, 55 (2007).
- [3] J. Kalwaj: Inż. Ap. Chem. **48**, nr 2, 56 (2009).
- [4] J. Grochowicz: Technologia produkcji mieszanek paszowych, PWRiL, Warszawa (1985).