

Jerzy KALWAJ

e-mail: kalwaj@utp.edu.pl

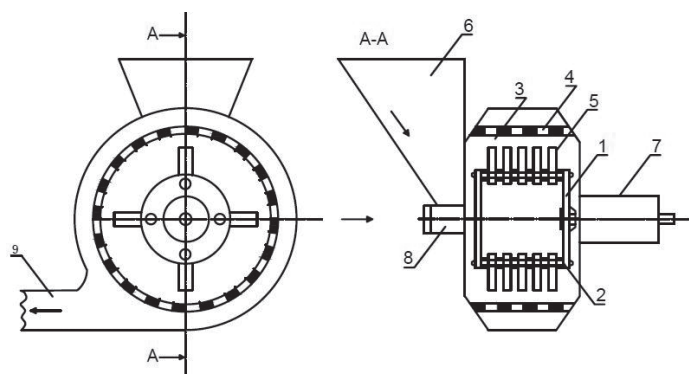
Instytut Techniki Wytwarzania, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

## Wpływ parametrów sita rozdrabniacza bijakowego na efektywność jego pracy

### Wstęp

Jedną z głównych operacji technologicznych w przetwórstwie rolnospożywczym jest rozdrabnianie surowców, w tym rozdrabnianie materiałów ziarnistych, szczególnie w procesie przygotowania pasz. Ciągłe poszukiwanie technologii energooszczędnych spowodowały zainteresowanie również rozdrabniaczami udarowo-bijakowymi stosowanymi powszechnie w przetwórstwie ziarna zbóż na pasze [Grochowicz, 1995].

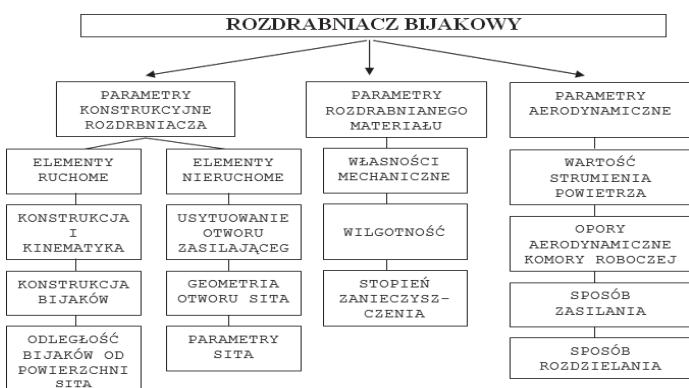
Badania własne i innych autorów pozwoliły wyznaczyć optymalne parametry konstrukcji i pracy tej grupy maszyn w szczególności przeznaczone do zastosowania w małych fermach hodowlanych, tj. mające wydajność w zakresie 300÷1000 kg/h. Istotę rozwiązania konstrukcyjnego rozdrabniacza udarowo-bijakowego przedstawiono na rys. 1 [Koch i Noworyta, 1995].



Rys. 1. Budowa rozdrabniacza bijakowego (1 – wirnik, 2 – tuleja dystansowa, 3 – komora robocza, 4 – sito, 5 – bijak, 6 – zasilacz, 7 – łożyska, 8 – dozownik) [Koch i Noworyta, 1995]

W maszynie tej materiał ziarnisty zostaje poddany udarowemu działaniu bijaków tak długo, aż wymiar cząstek będzie mniejszy od otworu sita otaczającego komorę roboczą. Uzyskany produkt jest zbiorem cząstek o różnej granulacji, przy czym pożądane jest aby frakcja gruboziarnista stanowiła tu jak największy udział. Stąd, przy zabiegach modernizacyjnych w kierunku energooszczędnym należy również mieć na uwadze jakość produktu wyrażoną składem granulometrycznym. Ziarno zbóż, ze względów fizjologicznych rozdrabnia się z użyciem otworów w sicie różnych 3, 4, 5 i 6 mm.

Parametry konstrukcyjne wpływające na zapotrzebowanie energii na proces w rozdrabniaczu zostały przedstawione na rys. 2 [Kalwaj, 1986].



Rys. 2. Zestawienie parametrów wpływających na energochłonność rozdrabniacza bijakowego [Kalwaj, 1986]

Znaczącą częścią zespołu roboczego jest sito otaczające komorę roboczą. Do głównych parametrów sita należą [Grochowicz, 1984]:

- średnica otworów w sicie,
- sposób rozmieszczenia otworów,
- współczynnik prześwietu sita,
- promień krzywizny sita,
- grubość sita,
- kąt opasania komory sitem,
- inne cechy eksploatacyjne sita (kąt padania cząstek, stopień zużycia krawędzi otworów).

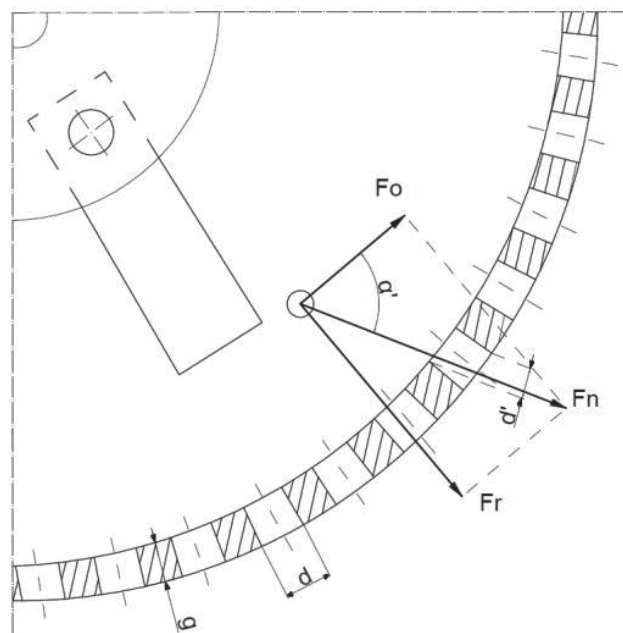
Spośród wymienionych cech w stopniu niewystarczającym określono wpływ [Kalwaj, 1986]:

- grubości sita,
- kąta opasania komory sitem.

Zbadanie wpływu tych parametrów stanowi cel niniejszej pracy, a przyjęta hipoteza robocza brzmi: zastosowanie w rozdrabniaczach udarowo-bijakowych do ziarna zbóż sita o optymalnej grubości i kącie opasania komory roboczej powinno spowodować zmniejszenie energochłonności na proces przesiewania cząstek, a tym samym zmniejszyć koszty eksploatacji rozdrabniaczy.

### Średnica pozorna otworów a grubość sita

Na cząstki materiału ziarnistego przebywającego w komorze rozdrabniacza oddziałują uderzenia bijakami. Siłę tych zderzeń można rozłożyć na obwodową i odśrodkową, a wypadkowa sił generujących ruch określa kąt padania cząstek na powierzchnię sita. Zagadnienie to zostało zilustrowane na rys. 3.



Rys. 3. Rozkład wektorów prędkości cząsteczki rozdrabnianej w rozdrabniaczu bijakowym ( $F_r$  – siła odśrodkowa,  $F_o$  – siła obwodowa,  $F_n$  – siła wypadkowa,  $\alpha$  – kąt padania cząstki,  $d$  – średnica otworu,  $g$  – grubość sita)

Dokładne określenie wartości  $F_o$  i  $F_r$  jest utrudnione, dlatego w pracy wyznaczono stosunek sił  $F_o/F_r$ , żeby określić kierunek padania cząstek:

$$\alpha = f\left(\frac{F_o}{F_r}\right) \quad (1)$$

$$F_0 t = m_{cz} V_2 - m_{cz} V_1 \quad (2)$$

gdzie:

$F_0$  – siła obwodowa,  
 $t$  – czas działania siły,  
 $m_{cz}$  – masa cząstki,  
 $V_2$  – prędkość po uderzeniu,  
 $V_1$  – prędkość przed uderzeniem.

$$F_r = \frac{m_{cz} V_2^2}{R} \quad (3)$$

gdzie:

$F_r$  – siła odśrodkowa,  
 $m_{cz}$  – masa cząstki,  
 $V_2$  – prędkość cząstki po uderzeniu,  
 $R$  – promień ruchu cząstki

Zakładając,  $V_1 = 0$ , można zapisać:

$$\frac{F_0}{F_r} = \frac{R}{tV_2} \quad (4)$$

Przyjmując wartości  $R$ ,  $V_2$  i  $t$  z publikowanych badań laboratoryjnych określono wartość stosunku sił składowych:

$$\frac{F_0}{F_r} \cong 0,3 \quad (5)$$

Wartość ta nie uwzględnia oddziaływania strumienia powietrza, który jak wykazuje analiza [Kalwaj, 2011], jeszcze zwiększa składową promieniową. Stąd można przyjąć, że kąt padania  $\alpha$  jest zawarty między  $0^\circ$  i  $90^\circ$ , i jest zależny przede wszystkim od prędkości cząstki po uderzeniu przez bijak.

Udział składowej radialnej  $F_r$  jest nieduży jak na siłę generującą wymagany ruch w kierunku sita, stąd kąt padania cząstek  $\alpha$  jest również mały. Dla  $\alpha < 90^\circ$  średnica otworów *zmniejsza się*, tworząc tzw. średnicę pozorną, której wartość można wyrazić wzorem:

$$d_1 = d - g \operatorname{ctg} \alpha \quad (6)$$

gdzie:

$d_1$  – średnica pozorna otworów,  
 $d$  – średnica rzeczywista otworów,  
 $g$  – grubość sita,  
 $\alpha$  – kąt padania cząstek.

Równanie (6) można przekształcić w celu uzyskania wzoru na grubość sita:

$$g = (d - d_1) \operatorname{tg} \alpha \quad (7)$$

Jak wynika ze wzoru (7) optymalna grubość sita jest trudna do wyznaczenia, ponieważ równanie prezentuje funkcję liniową malejącą. Taki przebieg pozwala stwierdzić, że przekroczona może zostać granica wytrzymałości mechanicznej sita. Stąd przyjęto, by dalszą analizę optymalizacyjną przeprowadzić z uwzględnieniem kryterium wytrzymałości sit zbadanej eksperymentalnie i opisaną w literaturze [Grochowicz, 1984].

Dla średnicy otworów równej 3, 4, 5, 6 mm optymalną grubość sita można wyznaczyć z zależności:

$$\phi' = \frac{9m}{d} \quad (8)$$

gdzie:

$\phi'$  – wskaźnik sita,  
 $m$  – mostek sita, odległość między krawędziami otworów,  
 $d$  – średnica otworu sita.

$$0,5 = \phi' = 0,8 \quad (9)$$

Stąd grubość sita  $g$  zawarta jest w przedziale:

$$0,5 \frac{d}{m} \leq g \leq 0,8 \frac{d}{m} \quad (10)$$

### Kąt opasania komory roboczej sitem

Kolejnym parametrem sita rzadko opisywanym w literaturze, jest kąt opasania nim komory roboczej:

$$E = f(\gamma), \quad \gamma \in (90^\circ, 360^\circ) \quad (11)$$

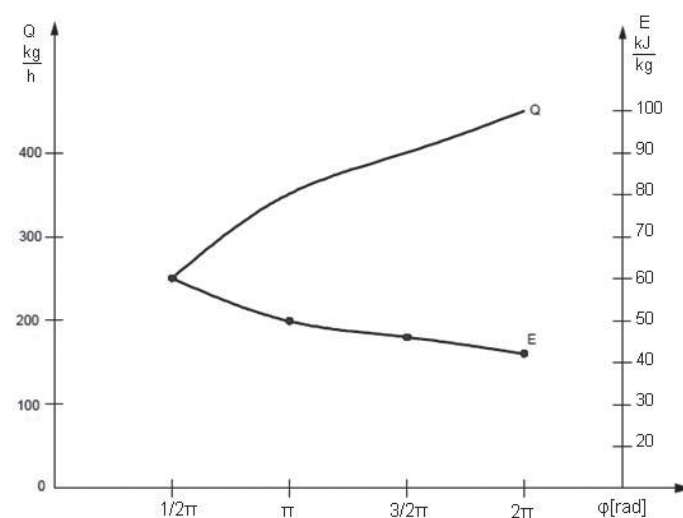
### Weryfikacja doświadczalna

Mimo możliwego do przewidzenia rezultatu wykonano weryfikację doświadczalną.

**Stanowisko badawcze** przystosowano w celu wyznaczenia wartości optymalnej instalując przysłony o zmiennej powierzchni na sicie całkowicie otaczającym cylindryczną komorę w zakresie od  $1/2\pi$  do  $2\pi$  z odstępem między zmiennymi niezależnymi równymi  $1/2\pi$ .

**Energochłonność** jako stosunek mocy do wydajności określono metodą elektryczną i masową. Wartość ta dotyczyła tylko energochłonności procesu po odjęciu strat biegu jałowego.

**Wyniki badań** po obróbce statystycznej pozwoliły na prezentację graficzną zależności na rys. 4.

Rys. 4. Zależność wydajności  $Q$  i energochłonności  $E$  procesu rozdrabniania od kąta  $\phi$  opasania sitem komory roboczej rozdrabniacza

### Podsumowanie i wnioski

- Wpływ grubości sita i kąta opasania komory sitem na zapotrzebowanie energii jest przedmiotem nielicznych publikacji i brak jest kompleksowego wyjaśnienia tego problemu.
- Jak wykazały badania własne grubość sita wywiera słaby wpływ na pobór energii, natomiast znacznie silniej oddziałuje kąt opasania sitem komory roboczej.
- Najkorzystniejszą grubość sita dla przyjętego kryterium wytrzymałościowego można opisać wzorem (10).
- Najlepszym rozwiązaniem konstrukcyjnym jest całkowite ( $360^\circ$ ) opasanie komory roboczej, co znajduje dziś szerokie zastosowanie w warunkach przemysłowych dla konstrukcji rozdrabniaczy łożyskowych jednostronnie.

### LITERATURA

- Grochowicz J., 1984. *Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion*. PWRiL, Warszawa
- Grochowicz J., 1995. *Technologia mieszanek paszowych*. PWRiL Warszawa
- Kalwaj J., 1986. *Badanie wpływu cech konstrukcyjnych wirnika rozdrabniacza bijakowego na efektywność jego pracy*. Praca doktorska, Politechnika Poznańska, Poznań
- Kalwaj J., 2011. Wpływ cyrkulacji powietrza na energochłonność rozdrabniaczy udarowych. *Inż. Ap. Chem.*, **50**, nr 6, 15-16
- Koch J., Noworyta A. 1995. *Procesy mechaniczne w inżynierii chemicznej*. WNT, Warszawa