

Jerzy KALWAJ

e-mail: kalwaj@utp.edu.pl

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

## Wpływ konstrukcji zespołu roboczego rozdrabniacza udarowego na efektywność jego pracy

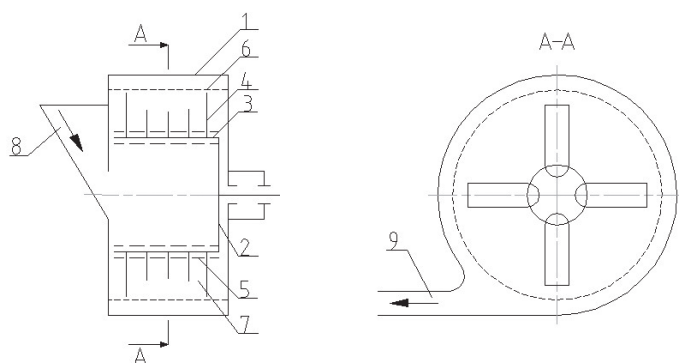
### Wstęp

Modernizacja konstrukcyjna maszyn przetwórczych w tym rozdrabniaczy udarowych ziarna zbóż wiąże się z oddziaływaniem na trzy grupy czynników: surowiec, proces i maszynę. W działaniach tych funkcją kryterialną jest zazwyczaj jakość produktu w połączeniu z energochłonnością maszyny lub procesu [1, 2].

Energochłonność rozdrabniacza zdefiniowano jako ilość energii niezbędnej do wyprodukowania jednostki masy produktu a wyznaczano jako stosunek średniego poboru mocy przez maszynę do jej wydajności. W energochłonności procesu przyjęto uwzględnić tylko tę część energii która została zużyta w procesie roboczym i obliczano jako różnicę parametrów pracy i biegu jałowego.

### Obiekt i metoda badań

Oddziaływanie cech konstrukcyjnych rozdrabniacza (Rys. 1) oraz parametrów procesu stanowiło przedmiot wielu badań, w tym autora artykułu. Analiza wyników tych badań pozwala stwierdzić, że problem obecnie jest rozwiązany w stopniu zadowalającym. Natomiast za niewystarczające należy przyjąć zagadnienie doboru parametrów maszyn z uwzględnieniem budowy strukturalnej i kinematyki rozdrabnianego materiału biologicznego jakim jest ziarno zbóż. Energochłonność rozdrabniacza udarowego jest funkcją czasu przebywania cząstek w komrze roboczej czas ten z kolei od prędkości uzyskania zredukowanych wymiarowo cząstek. Gdyby prawdopodobieństwo trafienia bijaka w cząstkę było bardzo duże i różnica prędkości bijaków i ziaren była równa wymaganej to efektywność zdecydowanie zwiększyła by się powodując skrócenie czasu przebywania cząstek w komrze, co w konsekwencji skutkowało by zmieszeniem zużycia energii na proces podziału. Dopasowanie konstrukcji maszyny do cech surowca oraz zwiększenie prędkości uderzeń bijakami w strumień ziarna stanowią istotę modernizacji zawartej w niniejszym artykule.



Rys. 1. Schemat budowy rozdrabniacza ze zmienną długością bijaków: 1 – obudowa, 2 – wirnik, 3 – sworzeń, 4 – bijak, 5 – tuleja, 6 – sito, 7 – komora robocza, 8 – zasyp, 9 – kanał wylotowy

Na energochłonność rozdrabniaczy udarowo-bijakowych ziarna zbóż (Rys. 1) w istotny sposób oddziałują właściwości strukturalne surowca, a przede wszystkim niejednorodność ich budowy. Ogólnie można przyjąć, że rozdrabniane ziarno składa się z dwóch części: włóknistej okrywy nasiennej o stosunkowo dużej wytrzymałości oraz wnętrza (bielma), które stanowi kruchą masę [2]. Odpowiednim sposobem roz-

drabniania takiego materiału byłoby połączenie ścinania, któremu poddawana byłaby okrywa oraz udaru w odniesieniu do bielma. Zadanie to mogłyby zrealizować bijaki o zróżnicowanej grubości, osadzone na jednym wirniku.

Przystępując do modernizacji rozdrabniacza udarowego należy rozpatrzyć jeszcze jedno zjawisko. W komorze roboczej materiał wprowadzony jest w ruch wirowy, zgodny z ruchem obrotowym wirnika, co zmniejsza różnicę prędkości względem bijaków. Konsekwencją tego jest mała skuteczność zderzeń niekończących się rozpadem. Próby rozwiązania tego problemu nie przyniosły pozytywnego rezultatu i jak wykazują badania w celu uzyskania stopnia rozdrobnienia wynoszącego 1,7÷1,9 potrzebnych jest aż 12 uderzeń bijakami w ziarno.

Podsumowując powyższe rozważania należy stwierdzić, że zmodernizowana wersja zespołu roboczego rozdrabniacza udarowego powinna zwiększyć udział cięcia w procesie oraz ograniczyć ruch ziarna, powodując wzrost efektywnych zderzeń.

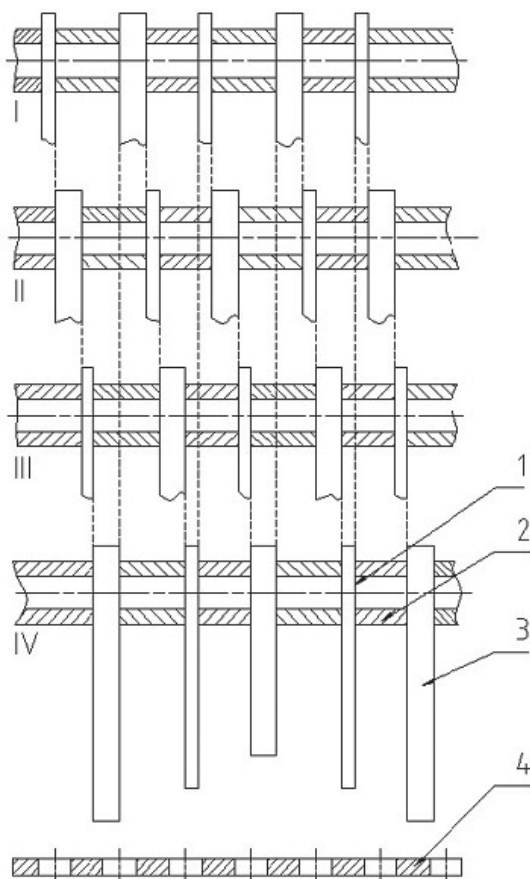
Studia nad energochłonnością zespołu roboczego rozdrabniacza udarowego w zakresie zjawisk opisanych we wstępie, pozwoliły na sformułowanie następujących problemów badawczych:

1. Czy zastosowanie w zespole roboczym rozdrabniacza bijaków o przemiennej grubości (cienkich tnących oraz grubych udarowych) spowoduje poprawę procesu wyrażając się mniejszą energochłonnością?
2. Czy zastosowanie w rozdrabniaczu bijaków o zmiennej długości (najdłuższych zewnętrznych oraz krótszych wewnątrz komory) spowoduje zmianę procesu polegającą na hamowaniu wirującego pierścienia surowca i poprawę efektywności zderzeń, a w konsekwencji i zmniejszenie zużycia energii?

Na rys. 1 przedstawiono schematyczną budowę rozdrabniacza udarowo-bijakowego, w którym zastosowano zmodernizowany zespół roboczy. Zmiany konstrukcyjne jakie wprowadzono w odniesieniu do rozwiązania standardowego zostały zilustrowane na rys. 2, który przedstawia rozwinięcie czterech sworzni zaopatrzonych w tuleje dystansowe – 2 określające położenie bijaków – 3 (na sworzniu – 4 pokazano konstrukcje bijaków w całości). Szczegółowe zmiany modernizacyjne to:

- a) zastosowanie bijaków „tnących” o grubości 2 mm oraz „udarowych” o grubości równej 4 mm – rozdzielenie procesu roboczego na dwa etapy tj cięcie włóknistej okrywy nasion oraz rozdrabnianie udarowe bielma. Przyjęto udział 50% poszczególnych rodzajów bijaków,
- b) rozmieszczenie po 5 sztuk bijaków na 4 sworzniach za pomocą tulejek dystansowych w ten sposób, aby cała szerokość komory roboczej była pokryta powierzchniami roboczymi bijaków podczas jednego pełnego obrotu wirnika,
- c) wykonanie bijaków o zmiennej długości i usytuowanie w wirniku tak aby najkrótsze były wewnątrz komory roboczej, a najdłuższe na jej brzegach (końce bijaków tworzą zarys paraboliczny) powinno to spowodować wyhamowanie ruchu obrotowego i zwiększenie różnicy prędkości pomiędzy cząstkami i bijakiem – należy się spodziewać że liczba zderzeń efektywnych cząstek wzrośnie.

Opisana w punkcie c) zmienna długość bijaków powinna przyczynić się do powstania dwóch zjawisk: hamowania prędkości obwodowej cząstek oraz wytworzenia wektorów prędkości skierowanych dośrodkowo w komorze roboczej, co również powoduje efekt hamujący ruch cząstek.



Rys. 2. Rozmieszczenie bijaków w wirniku rozdrabniacza w rozwinięciu, wersja zmodernizowana: 1 – sworzeń, 2 – tulejka dystansowa, 3 – bijak, 4 – sito

W celu weryfikacji problemów badawczych zmodernizowany rozdrabniacz poddano eksperymentowi. Wbudowano go do instalacji zawierającej dozownik ślimakowy oraz cyklonowy układ odbioru produktu. Zainstalowano niezbędne przyrządy pomiarowe do wyznaczenia energochłonności maszyny i procesu. Specjalna konstrukcja zespołu roboczego rozdrabniacza umożliwiała szybki demontaż i wymianę elementów wirnika.

Sprawdzono doświadczalnie następującą zależność:

$$E = f(l, g) \quad \text{dla } l \neq \text{const} \quad \text{oraz } g \neq \text{const} \quad (1)$$

gdzie:

$l$  – długość bijaków,

$g$  – grubość bijaków.

W eksperymencie jako materiału badawczego użyto ziarna jęczmienia.

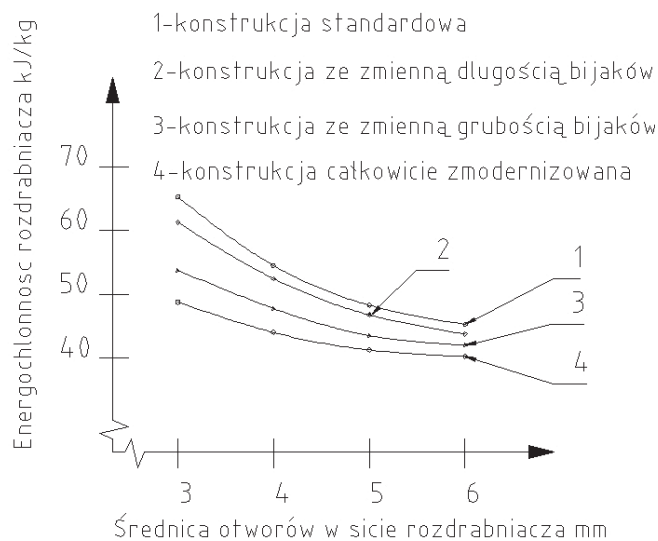
### Omówienie wyników badań i wnioski

Końcowe wyniki eksperymentu przedstawiono na rys. 3. Wykreślone krzywe prezentują: wykres bazowy – 1 dla tradycyjnego zespołu roboczego, wykresy – 2 i 3 dla różnych opcji konstrukcyjnych oraz wykres – 4 uzyskany dla pełnej modernizacji rozdrabniacza.

Energochłonność całkowita rozdrabniacza zawiera się w przedziale od 40 do 65 kJ/kg. Pomiary przeprowadzono dla powszechnie stosowanych wielkości średnic otworów w sicie rozdrabniacza, które wynosiły: 3, 4, 5 i 6 mm.

Analizując przebiegi krzywych przedstawionych na rys. 3 można sformułować następujące wnioski:

- przyjęte w eksperymencie zmienne niezależne wykazują istotny wpływ na energochłonność procesu rozdrabniania jęczmienia,
- wyniki badań dają pozytywne odpowiedzi na pytania problemowe postawione w artykule,
- zastosowanie bijaków o zmiennej długości powoduje zmniejszenie zużycia energii w procesie o 10÷15%. Zużycie energii nie zmienia się znacząco ze zmianą średnicy otworów w sicie otaczającym komorę roboczą w porównaniu z rozwiązaniem tradycyjnym.
- zastosowanie zmiennej grubości bijaków powoduje znacznie większe obniżenie energochłonności procesu, przy czym największa poprawa pod tym względem jest obserwowana dla najmniejszych otworów w sicie rozdrabniacza (o 18%),
- całkowita modernizacja zespołu roboczego nie powoduje zmian, które byłyby sumą korzyści częściowych. Należy przypuszczać, że istotny wpływ mają oddziaływania i interakcje zmiennych niezależnych, a średnia wartość korzyści wynosi ok. 24%. Zagadnienie to wymaga dalszych badań optymalizacyjnych,
- przedstawione zagadnienie modernizacji zespołu roboczego rozdrabniacza udarowego wymaga wyczerpujących badań polioptymalizacyjnych.



Rys. 3. Energochłonność rozdrabniacza udarowego w funkcji średnicy otworów w sicie dla różnych konstrukcji zespołu roboczego

### LITERATURA

- [1] J. Osiński: Projektowanie i konstruowanie, WNT, Warszawa 1994
- [2] J. Flizikowski: Rozprawa o konstrukcji, Bydgoszcz – Radom 2002.