

Jerzy KALWAJ

e-mail: kalwaj@utp.edu.pl

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

Wpływ cyrkulacji powietrza na energochłonność rozdrabniaczy udarowych

Wstęp

Rozdrabniacze udarowo-bijakowe ziarna zbóż należą do grupy szybko obrotowych maszyn roboczych z osiowo-radialnym przepływem medium (mieszanki ziarna i powietrza). Zakresy prędkości obrotowych wirników wynoszą 3000–6000 obr/min generując prędkość obwodową końca bijaków 90–110 m/s [1, 2]. Przyjmując, że wąska powierzchnia prostopadłościennego bijaka jest powierzchnią roboczą, można zauważyć podobieństwo konstrukcyjno-funkcjonalne rozdrabniaczy do wentylatorów promieniowych. Analizując rozwiązania instalacji tych maszyn należy stwierdzić, że pracują one w zamkniętych lub otwartych obiegach powietrza. Jak łatwo wykazać droga strumienia powietrza przepływającego przez komorę roboczą rozdrabniacza powinna być określona na etapie projektowania. Zagadnienie to próbowano rozwiązać doświadczalnie. Obecny stan wiedzy nie daje bowiem pełnego wyjaśnienia roli cyrkulacji powietrza.

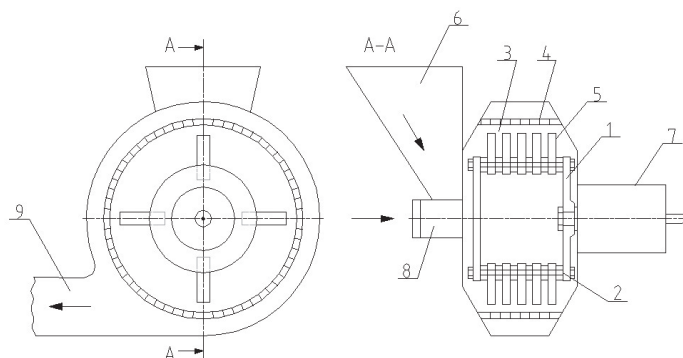
Niektórzy autorzy traktują przepływ powietrza wyłącznie jako czynnik stanowiący przeszkodę w procesie rozdrabniania. Przykładem jest *W. Friedrich* [2], który nie zaleca stosowania większych prędkości przepływowych od 65 m/s, ze względu na wzrost oporów wentylacyjnych wirnika. Odmienne stanowisko prezentuje *I. R. Callaghan* [2] stwierdzając, że przy zwiększonym przepływie powietrza wywołanym wzrostem prędkości obrotowej bijaków można osiągnąć zwiększoną wydajność procesu o około 30% przy kilkuprocentowym wzroście poboru mocy [3]. Pogląd ten podziela większość badaczy angielskich rosyjskich i polskich [1, 2]. Analiza rozwiązań konstrukcyjnych rozdrabniaczy pod względem cyrkulacji powietrza wykazała, że istnieją różne sposoby zwiększenia tego zjawiska. Konstrukcje rosyjskie (np. *DKU* [4]) mają specjalny otwór wentylacyjny w odlewany korpusie. Niektóre rozwiązania niemieckie zaopatrzone są w przewody rurowe łączące część tłoczną maszyny z częścią ssącą w celu zwiększenia strumienia powietrza na wlocie do rozdrabniaczy. Polskie propozycje polegają na wprowadzeniu w koszu zasypowym specjalnych oddzielnych kanałów powietrznych lub na instalacji dodatkowych łopatek wentylacyjnych na wirniku. Konstrukcja rozdrabniacza z dodatkowym kanałem powietrznym i regulowanym przepływem stanowiły przedmiot badań w niniejszej pracy.

Objekt i metodyka badań

Badania własne nad problemem przepływu powietrza przez rozdrabniacz udarowy pozwoliły na sformułowanie następującej hipotezy roboczej: *Zastosowanie otwartego przepływu powietrza w trakcie procesu roboczego rozdrabniacza udarowego powinno przyczynić się do szybszego opuszczenia komory bijakowej przez cząstki rozdrobnione do pożądanego rozmiaru, co z kolei spowoduje wzrost wydajności i zmniejszenie energochłonności procesu.*

W celu weryfikacji tej hipotezy przeprowadzono badania doświadczalne. W tradycyjnym rozdrabniaczu (Rys. 1) wbudowano odcinek przewodu ssącego – 8 o średnicy 70 mm z mechaniczną, suwaną przysłoną, zmniejszającą otwór ssący aż do całkowitego zamknięcia. Oprócz typowych przyrządów do pomiaru energetyki procesu, zainstalowano w kanałach ssących i tłocznym. anemometry tensometryczne własnej konstrukcji do pomiaru prędkości przepływu mieszanki pyłowo-powietrznej.

Schemat blokowy analizowanego układu rozdrabniającego rozdrabniacza przedstawiono na rys. 2. W celu uniemożliwienia zasysania niekontrolowanego powietrza, zbiornik surowca zabezpieczono szczelnie



Rys. 1. Rozdrabniacz bijakowy stosowany w badaniach: 1 – wirnik, 2 – sworznie, 3 – komora rozdrabniania, 4 – sito, 5 – bijak



Rys. 2. Schemat blokowy układu rozdrabniającego zastosowanego w badaniach

pokrywą. Na podkreślenie zasługuje również konstrukcja dozownika ślimakowego z regulowaną wydajnością, co pozwoliło na optymalne obciążanie rozdrabniacza w trakcie badań i zapewnienie powtarzalności warunków pomiarów.

Badania prowadzono w celu wyznaczenia następujących zależności:

$$\dot{V} = f(s), \quad Q = f(s), \quad E = f(s) \quad (1)$$

gdzie:

\dot{V} – Objętościowy przepływ powietrza, [m³/h]

Q – wydajność masowa, [kg/h]

E – energochłonność procesu [kJ/kg]

s – stopień otwarcia wlotu przewodu ssącego, [%]

Energochłonność procesu wyznaczono z zależności:

$$E = \frac{P_c - P_i}{Q} \quad (2)$$

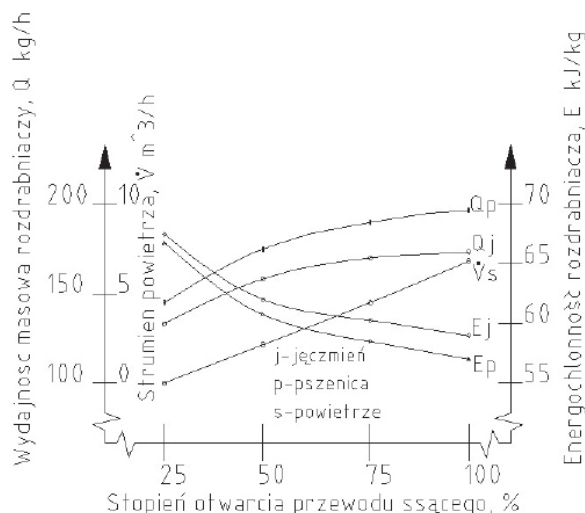
gdzie:

P_c – pobór mocy w procesie rozdrabniania, [kW]

P_i – pobór mocy biegu jałowego, [kW]

Q – wydajność masowa, [kg/h]

Wyniki badań nad energochłonnością procesu rozdrabniania opracowano statystycznie, a formę końcową podano w postaci wykresu na rys. 3.



Rys. 3. Wydajność i energochłonność rozdrabniacza w funkcji strumienia powietrza dla dwóch rodzajów surowców: jęczmienia i pszenicy

Część druga analizy wyników badań stanowiła próbę wyjaśnienia roli strumienia powietrza w procesie oraz polegała na wyznaczeniu optymalnych wartości współczynnika koncentracji dla układu i surowców zastosowanych w badaniach [5].

Doświadczalny rozdrabniacz (Rys. 1) zaopatrzony był w wirujące bijaki, których powierzchnie robocze stanowiły wąskie, prostokątne płaszczyzny o wymiarach: 3 mm × 75 mm każda. Uwzględniając 16 bijaków w wirniku, można wyznaczyć sumaryczną powierzchnię wirującą jako równą 3600 mm², która przy prędkości obwodowej zarysu zewnętrznego wynoszącej 92 m/s generowała maksymalną wartość strumienia powietrza 7 m³/h (Rys. 3). Podzespołem konstrukcyjnym dławiącym przepływ powietrza i utrudniającym przejście cząstek jest sito otaczające komorę roboczą z otworami stosowanymi w praktyce wynoszącymi 3, 4, 5, 6 mm, co jest zależne od wymaganego stopnia rozdrabniania. Zbadano wszystkie wymienione rozmiary sit, ale w tej pracy przedstawiono komplet wyników odpowiadający otworom równym 4 mm (Rys. 3). Pełne badania obejmowały wszystkie wielkości sit oraz dwa surowce: jęczmień i pszenica.

Jak należy przypuszczać zmniejszenie energochłonności procesu rozdrabniania jest wynikiem przyspieszenia przejścia przez perforację sita cząstek już rozdrobnionych do właściwych rozmiarów. Oczywiście jest, że szczególnie korzystnie znaczenie energetyczne ma to zjawisko dla małych otworów sita rozdrabniacza, czyli wówczas, gdy wymagany jest duży stopień rozdrobnienia.

Na podstawie analizy pracy rozdrabniaczy udarowych należy również stwierdzić, że bijaki w czasie wirowania odchylają się od położenia radialnego o kąt w przedziale od 11–14°.

Powoduje to oddziaływanie na cząstki ziarna dwu składowych strumienia powietrza: stycznej do obwodu wirnika oraz promieniowej działającej w kierunku powierzchni sita. Pierwsza – bierze udział w procesie przemieszczania obwodowego cząstek, natomiast druga – w przyspieszaniu przechodzenia cząstek przez otwory sita. Zjawisko to wymaga dalszych badań optymalizacyjnych, dla których funkcją kryterialną będzie energochłonność procesu rozdrabniania.

Wadą opisywanego zjawiska jest cięcie powietrza i wytwarzanie hałasu na poziomie 93 dB, co jest bardzo trudne do niwelacji.

Najkorzystniejszą energochłonność procesu rozdrabniania uzyskano dla maksymalnie otwartego otworu wlotowego powietrza. Uzyskane tu wartości strumienia powietrza są słuszne tylko dla badanego układu i trudne do powiększenia skali.

Autor uważa, że bardziej uniwersalnym parametrem badanego zjawiska będzie współczynnik koncentracji, k :

$$k = \frac{Q_m}{Q_p} \quad (3)$$

gdzie:

Q_m – strumień masy rozdrabnianego materiału, [kg],

Q_p – strumień masy powietrza, [kg].

W tab. 1 podano najkorzystniejsze energetycznie w przebadanym zakresie wartości współczynników koncentracji k mieszaniny ziarna zboża i powietrza.

Tab.1. Współczynniki koncentracji dla badanego układu rozdrabniania

Parametr Materiał	Średnica otworów w sicie rozdrabniacza, mm			
	3	4	5	6
jęczmień	0,92	1,26	1,48	1,52
pszenica	1,15	1,51	1,70	2,10

Przedstawione współczynniki koncentracji wymagają doświadczalnej weryfikacji w rozdrabniaczu o wielkości przemysłowej.

Podsumowanie i wnioski

Podsumowujące zestawienie wyników badań przedstawiono na rys. 3 i w tab. 1. Przebiegi zmian wydajności i energochłonności dla różnych wartości strumienia powietrza mają charakter łagodnie paraboliczny, podczas gdy sam wzrost strumienia powietrza ma przebieg rosnący liniowo.

Na podstawie szczegółowej analizy charakterystyk masowo-energetycznych stwierdzono, że:

- wyniki badań weryfikują pozytywnie hipotezę roboczą, zakładającą wzrost wydajności i spadek energochłonności podczas otwartego i zwiększonego przepływu powietrza przez rozdrabniacz,
- maksymalny w przeprowadzonych badaniach strumień powietrza powoduje wzrost wydajności o około 22% dla jęczmienia i około 17% pszenicy, podczas gdy zapotrzebowanie na energię maleje odpowiednio o 14% i 11%.
- brak informacji obejmujących cały zakres pomiarów, sugeruje potrzebę dalszych badań mających na celu określenie parametrów geometrycznych kanałów najkorzystniejszych dla przepływu surowca i powietrza.

Dla celów aplikacyjnych obliczono i podano w tab. 1 współczynniki koncentracji mieszaniny cząstek ziarna zbóż i powietrza.

LITERATURA

- [4] J. Flizikowski: Konstrukcja rozdrabniaczy żywności ATR, Bydgoszcz 2005.
- [5] J. Kalwaj: Badanie wpływu konstrukcji wirnika rozdrabniacza udarowego na efektywność jego pracy. Praca doktorska, Politechnika Poznańska, Poznań 1986.
- [6] L. Kukielka: Podstawy badań inżynierskich, PWN, Warszawa 2002.
- [7] J. Kalwaj: Układ rozdrabniająco-rozdzielający zwłaszcza materiałów ziarnistych. Patent PRL P-176683, UP Warszawa 1983.
- [8] S.Kuczewski: Wentylatory promieniowe. WNT Warszawa, 1985