

Andrzej BOCHAT, Leszek WESOŁOWSKI

e-mail: bochat@utp.edu.pl

Zakład Techniki Rolniczej, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Analiza rozwiązań konstrukcyjnych rozdrabniaczy bijakowych w aspekcie efektywności ich funkcjonowania

Wstęp

Rozdrabniacze bijakowe należą do grupy rozdrabniaczy udarowych. Swoją popularność w zastosowaniu jednostkowym, czy też na skalę przemysłową zawdzięczają uniwersalnemu zastosowaniu do rozdrabniania różnych surowców, ze szczególnym uwzględnieniem ziarna zbóż oraz prostej budowie i obsłudze [1–4].

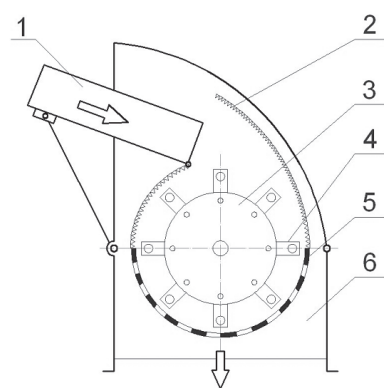
W rozdrabniaczach bijakowych podział cząstek materiału następuje pod wpływem uderzeń bijaków. Pod wpływem uderzenia cząstki materiału uzyskują znaczną prędkość i uderzają z kolei o płyty rozbijające lub sito (sita). Dzięki wahliwemu przymocowaniu bijaków do wirnika, zmniejsza się siła uderzenia, a w przypadku napotkania na bardzo twarde ciało na przykład kamień lub kawałek metalu, bijaki odchylają się ku tyłowi.

Typowy rozdrabniacz bijakowy składa się z konstrukcji nośnej (obudowy) z układem napędowym, którym najczęściej jest silnik elektryczny, zespołu roboczego w postaci wirnika z zamocowanymi wahliwie bijakami, sita (sit) oraz płyty (płyt) rozdrabniającej.

Zespół roboczy rozdrabniacza porusza się z dużą prędkością obrotową, która powoduje, że bijaki osiągają znaczną prędkością obwodową: od 40 do 110 m·s⁻¹ [2].

Przykładowy schemat konstrukcyjny rozdrabniacza bijakowego przedstawiono na rys. 1. W rozdrabniaczach bijakowych surowiec przemieszcza się z rynny wyspowej lub kosza zasypowego – 1 do przestrzeni roboczej, w której znajduje się wirnik – 3 z bijakami – 4. Przestrzeń ta jest ograniczona cylindrycznym sitem – 5, które zamyka komorę rozdrabniania od dołu. Natomiast w górnej części komory osadzone są płyty rozdrabniające. W komorze rozdrabniania na cząstki surowca oddziałuje siła zderzeń z bijakami, które przekazują im energię zużywaną na podział cząstek i nadanie prędkości głównie w kierunku sita. Rozdrabniany materiał pod wpływem uderzeń bijaków uzyskuje znaczną prędkość i porusza się po torze kołowym, uderzając o płyty rozdrabniające i sito oraz wzajemnie o siebie. Rozdrabniany materiał przebywa tak długo w komorze rozdrabniania, aż w rezultacie oddziaływania sił udarowych uzyska wymiary mniejsze od otworów sita. Wtedy przechodzi na zewnątrz komory rozdrabniania poprzez otwory w sitach. W niektórych konstrukcjach nie występują płyty rozdrabniające, lecz są one zastąpione sitem górnym.

Efektywność procesu rozdrabniania surowca w rozdrabniaczach bijakowych determinują właściwości rozdrabnianego materiału, takie jak: jego struktura, spójność oraz właściwości produktu (śruty), które chcemy uzyskać, tj.: wymagany stopień rozdrobnienia oraz rozkład granulometryczny. Do czynników mechanicznych, które determinują proces rozdrabniania należą: kształt i prędkość obwodowa bijaków, właściwości dynamiczne wirnika, a także cyrkulacja powietrza w komorze rozdrabniania.



Rys. 1. Schemat konstrukcyjny rozdrabniacza bijakowego: 1 – rynna wyspowa (kierunek wlotu surowca), 2 – płyta rozbijająca, 3 – wirnik, 4 – bijak, 5 – sito, 6 – konstrukcja nośna rozdrabniacza (kierunek wylotu śruty)

O efektywności procesu rozdrabniania decydują również wybrane cechy konstrukcyjne – geometryczne zespołu roboczego rozdrabniacza takie jak: wielkość szczeliny między końcami bijaków a sitem (sitami), powierzchnia sita, kąt opasania sita, kształt otworów w sitach, rodzaj zastosowanego wirnika, powierzchnia płyty rozdrabniającej i sposób podawania oraz odbierania wsadu.

Przy dużej różnorodności rozwiązań konstrukcyjnych rozdrabniaczy bijakowych oferowanych na rynku polskim, o możliwości praktycznego zastosowania danego rozwiązania powinna decydować ściśle określona analiza kryterialna, uwzględniająca przede wszystkim jego funkcjonalność, ze szczególnym uwzględnieniem wydajności, jednostkowego zużycia energii w procesie rozdrabniania oraz jakości rozdrabniania.

Jako cel pracy przyjęto zidentyfikowanie oferowanych na rynku polskim konstrukcji rozdrabniaczy bijakowych do ziarna zbóż oraz dokonanie oceny ich funkcjonalności.

Analiza konstrukcji wybranych rozdrabniaczy bijakowych

Ocenie efektywności funkcjonowania poddano produkowane obecnie konstrukcje rozdrabniaczy. Są to przede wszystkim rozdrabniacze bijakowe z zamocowanymi wahliwie bijakami. Ich opis oparto na ofertach [5–13].

We wszystkich analizowanych rozdrabniaczach bijakowych niezależnie od modyfikacji konstrukcyjnych występują podobne zespoły robocze złożone z wirnika, z zamocowanymi wahliwie bijakami w kształcie płytek prostokątnych, podobne sita z otworami cylindrycznymi, podobne układy napędowe oraz urządzenia do doprowadzania i odprowadzania śruty.

Analizując stosowane rozwiązania konstrukcyjne rozdrabniaczy, można wyróżnić cztery zasadnicze kierunki ich rozwoju: zwiększenie wydajności, zmniejszenie jednostkowego zużycia energii na rozdrabnianie, dążenie do poprawy jakości rozdrabnianego materiału, mechanizację i automatyzację procesu.

Zwiększenie wydajności rozdrabniaczy bijakowych oraz poprawę jakości rozdrobnionego ziarna uzyskano przez innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne, związane przede wszystkim z liczbą zastosowanych bijaków oraz wielkością szczeliny między ich końcami a sitem. Rozmiar rozdrobnionych ziaren jest zdeterminowany przez rodzaj zastosowanego sita. Kształt otworów w sitach ma za zadanie zminimalizować opory ruchu śruty przy przechodzeniu przez nie. Natomiast dodatkowa chropowatość powierzchni sit zwiększa jakość rozdrobnienia śruty. Sita, które są stosowane w najnowszych konstrukcjach rozdrabniaczy bijakowych, mają otwory o średnicy od 1,0 do 20 mm, dzięki czemu może być uzyskana dowolna struktura śruty [5–13]. W celu zabezpieczenia rozdrabniaczy przed uszkodzeniem montuje się w niektórych konstrukcjach separator w przewodzie wlotowym. Oddzieleniu ulegają pozostałości cięższe od zboża, a specjalne urządzenie reguluje cyklem opróżnienia separatora. Dodatkowo stosuje się także czujniki reagujące na obecność niepożądanego materiału w celu uniknięcia przerwania sit. W analizowanych rozdrabniaczach bijakowych stosuje się również automatyczną wymianę sit przez hydrauliczne lub pneumatyczne siłowniki wysuwające sito wzdłuż prowadnic osiowych. Wymiana ta odbywa się bez przerywania pracy maszyny.

Analizowane konstrukcje rozdrabniaczy bijakowych charakteryzują się wydajnością w zakresie od 0,3 do 12 t/h, przy mocy zainstalowanych silników od 3 do 75 kW [5–13].

Analiza efektywności funkcjonowania wybranych rozdrabniaczy bijakowych

Jako wskaźniki efektywności funkcjonowania rozdrabniaczy bijakowych przyjęto w pracy: wydajność rozdrabniacza W [kg/s], wydajność rozdrabniacza odniesioną do liczby pracujących bijaków W/b [kg/s/1bijak], jednostkowe zużycie energii na rozdrobnienie 1 kg zboża E [kJ/kg].

Tylko wymienione powyżej wskaźniki można było poddać analizie, gdyż podawane przez producentów dane dotyczące produktów są bardzo ograniczone.

Za pomocą przyjętych wskaźników istnieje możliwość porównania pod względem efektywności funkcjonowania obecnie produkowanych w kraju rozdrabniaczy bijakowych, przeprowadzenia analizy konstrukcji na przestrzeni lat i określenie kierunków ich dalszego rozwoju, określenie standardów obowiązujących przy budowie rozdrabniaczy bijakowych.

Analizie poddano 18 konstrukcji rozdrabniaczy bijakowych, produkowanych obecnie w Polsce przez różnych producentów (wykazanych przy danej konstrukcji rozdrabniacza bijakowego). Stosowne dane oraz wyniki obliczeń zestawiono w dwóch tabelach.

W tab. 1 podano wybrane parametry techniczne rozdrabniaczy bijakowych oraz wartości wskaźników W i E .

Tab. 1. Wybrane parametry techniczne rozdrabniaczy bijakowych oraz wartości wskaźników W i E [5–13].

Producent, typ rozdrabniacza	Liczba bijaków	Średnica otworów w sicie	Wydajność W [kg/s]	Jednostkowe zużycie energii E [kJ/kg]
Agromech, RB-3,5	6	–	0,97	30,93
BIN, H965/1	6	–	0,28	39,29
Magrotex, H 113/5	16	3–7	0,22–0,39	50,00–28,20
Magrotex, H 950	6	2–6	0,083	36,10
Magrotex, RBS 40	–	2,5–7,0	0,17	23,53
Magrotex, RBZ 150	–	2,5–7,0	0,55	27,27
Polnet, DM-2	10	1–12	0,14	39,29
Polnet, BM-5	30	1–12	0,69	53,62
Rivakka	2–8	–	0,11–0,39	68,18–19,23
Testmer, RB-P11	16	3-20	0,27–0,69	40,74–15,94
Testmer, RB-P75	24	3-20	1,94–3,33	38,66–22,52
Testmer, 1200R	20	3-20	0,33	33,33
Testmer, 1600R	20	3-20	0,44	34,10
Testmer, 2200R	36	3-20	0,50	37,00
Testmer, 3000R	40	3-20	0,61	36,10
Testmer, 4000R	40	3-20	0,83	36,01
Zuptor, 750R	20	3-20	0,25	30,00
Zuptor, 4000R	40	3-20	0,89	33,71

Z przedstawionych danych w tab. 1 wynika, że wydajność W analizowanych konstrukcji rozdrabniaczy bijakowych mieści się w przedziale wartości od 0,083 do 3,333 kg/s, przy średniej wartości 0,58 kg/s. Najmniejszą wartość wydajności uzyskuje rozdrabniacz H 950, firmy MAGROTEX Sp. z o.o. Natomiast największą rozdrabniacz RB-P75, firmy TESTMER Sp. z o.o.

Analizując wartości wskaźnika E dla poszczególnych konstrukcji rozdrabniaczy należy stwierdzić, że przyjmuje on wartości w zakresie od 15,94 kJ/kg do 68,18 kJ/kg, przy średniej wartości 35,11 kJ/kg. Najmniejszą wartość jednostkowego zużycia energii na rozdrobnianie zboża ma rozdrabniacz RB-P11, firmy TESTMER Sp. z o.o. Natomiast największą wartość rozdrabniacz firmy RIVAKKA Sp. z o.o.

W tab. 2 podano wybrane parametry techniczne rozdrabniaczy bijakowych oraz wartości wskaźnika W/b . Z tych danych wynika, że przy-

Tab. 2. Wybrane parametry techniczne rozdrabniaczy bijakowych oraz wartości wskaźnika W/b [5–13]

Producent, typ rozdrabniacza	Liczba bijaków	Średnica otworów w sicie	Wydajność odniesiona do 1 bijaka; W/b [kg/s/1bijak]
Agromech, RB-3,5	6	–	0,16
BIN, H965/1	6	–	0,05
Magrotex, H 113/5	16	3–7	0,01-0,02
Magrotex, H 950	6	2–6	0,01
Magrotex, RBS 40	–	2,5–7,0	–
Magrotex, RBZ 150	–	2,5–7,0	–
Magrotex, Polnet			
Magrotex, DM-2	10	1–12	0,01
Magrotex, BM-5	30	1–12	0,02
Rivakka	2-8	-	0,06–0,05
Tester, RB-P11	16	3–20	0,02–0,03
Tester, RB-P75	24	3–20	0,08–0,14
Tester, 1200R	20	3–20	0,02
Tester, 1600R	20	3-20	0,02
Tester, 2200R	36	3-20	0,01
Tester, 3000R	40	3-20	0,02
Tester, 4000R	40	3-20	0,02
Zuptor, 750R	20	3-20	0,01
Zuptor, 4000R	40	3-20	0,02

muje on wartości od 0,01 do 0,16 [kg/s/1 bijak]. Największą wartość tego wskaźnika stwierdzono dla rozdrabniacza bijakowego RB-3,5, firmy AGROMECH Sp. z o.o. Dla 12 konstrukcji rozdrabniaczy przyjmuje on wartości 0,01 lub 0,02 [kg/s/1 bijak].

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy konstrukcji rozdrabniaczy bijakowych produkowanych obecnie w Polsce oraz oceny wskaźników określających efektywność ich funkcjonowania można stwierdzić, że pod względem konstrukcyjnym zasadniczo się one nie różnią. Ich postać konstrukcyjna nie odbiega od konstrukcji rozdrabniacza przedstawionego na rys. 1. Można również stwierdzić, że wartości wskaźników W , E i W/b dla zdecydowanej większości analizowanych konstrukcji rozdrabniaczy bijakowych są porównywalne.

Przeprowadzona analiza kryterialna wykazała, że nie można jednoznacznie stwierdzić, która z analizowanych konstrukcji charakteryzuje się największą efektywnością funkcjonowania.

LITERATURA

- [1] A. Bochat: Zespół roboczy urzędników do rozdrabniania materiałów ziarnistych. Opis patentowy 173497, Warszawa, 1994.
- [2] J. Dmیتrewski: Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. Tom 3, PWRiL, Warszawa, 1994.
- [3] J. Flizkowski: Konstrukcja rozdrabniaczy żywności. Wydawnictwa Uczelniane ATR, Bydgoszcz, 2005.
- [4] J. Grochowicz: Technologia produkcji mieszanek paszowych. PWRiL, Warszawa, 1995.
- [5] Spółdzielnia Kółek Rolniczych AGROMECH, Lubianka: <http://www.agromech.com.pl>
- [6] BIN Sp. z o.o., Aleksandrów Kujawski: <http://www.bin.agro.pl>
- [7] Przedsiębiorstwo Produkcji Maszyn dla Przemysłu Spożywczego CONSUMASZ Sp. z o.o., Poznań: <http://www.consumasz.pl>
- [8] MAGROTEX P.P.U. Sp. z o.o., Chojnow: <http://www.magrotex.pl>
- [9] Testmer Warszawa S.A. Producent Urządzeń dla Przemysłu Paszowego: http://www.pruszkowski.informacja-lokalna.pl/testmer_warszawa_s_a_-_producent_urzadzen_dla_przemyslu_paszowego/166941/wpis.php
- [10] PROGRESS ECO S.A., Tuczepy: <http://www.progresseco.pl>
- [11] RIVAKKA Sp. z o.o., Kutno: <http://www.rivakka.com.pl>
- [12] SIPMA S.A., Lublin: <http://www.sipma.pl>
- [13] ZUPTOR Sp. z o.o., Gostyń: <http://www.zuptor.com.pl>