

Konstrukcyjne podwyższanie wydajności wielotarczowych rozdrabniaczy ziaren zbóż

Streszczenie

Praca omawia podstawy innowacyjnego projektowania, tworzenia, jako efekt badań i rozwoju idei wielotarczowego rozdrabniacza ziarna zbóż. Jest to nowy sposób kreowania maszyn, systemów technicznych, technologii przetwarzania żywności i polepszania środowiska w metodyce opartej o proces eksperymentalny.

Słowa kluczowe: nowa konstrukcja rozdrabniacza, rozdrabnianie ziaren zbóż

Constructional improving the performance of multi discs crushers of grains

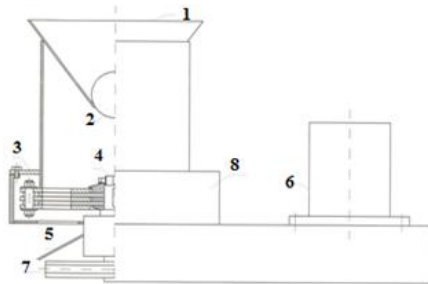
Summary

The work discusses the basics of innovative design creating, as effect of research and development idea multi discs grains grinders. This is a new methodology way for experimental creative machinery process, technical systems, food processing technologies, and the environment control.

Key words: grinder's development, grains grinding

Wstęp

Efektywność pracy wielotarczowego rozdrabniacza ziaren zbóż zależy od jego konstrukcji (Dietrych, 1985; Bursy i Siemiątkowski, 1997; Chun i Moon, 2001; Flizikowski i in., 2001; Cempel i Natke, 2002) geometrii ustawienia zespołu roboczego, liczby tarcz, postaci geometrycznej otworów, ich powierzchni indywidualnej i całkowitej w tarczy oraz relacji powierzchni otworów w sąsiednich tarczach (Sadkiewicz i Sadkiewicz, 2005; Flizikowski i in., 2001; Sadkiewicz, 2014).



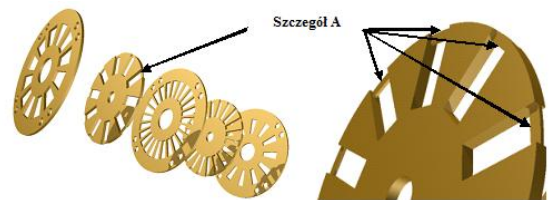
Rys.1. Zmodernizowany Rozdrabniacz Wielotarczowy ZRW-ZBPP-5, o ustawieniu tarcz poziomym: 1 - lej zasypowy; 2 - blokada wysypu; 3 - obudowa komory; 4 - korpus zespołu - pięć tarcz; 5 - komora odbioru produktu; 6 - silnik; 7 - układ napędu osi; 8 - obudowa wejście

Fig. 1. Modernized Multi-Discs Shredder ZRW ZBPP-5, with the horizontal discs setting: 1 - entrance hopper; 2 - shuck lock; 3 - housing chamber; 4 - five discs band corps; 5 - chamber of reception of the product; 6 - engine; 7 - drive system of axis; 8 - housing

Konstrukcyjne podwyższanie wydajności, zrealizowano modernizując istniejący siedmiotarczowy rozdrabniacz pobadawczy (Flizikowski in., 2001; Flizikowski i Sadkiewicz, 2014). W miejsce geometrycznego pionowego ustawienia zespołu tarcz, wprowadzono układ tarcz poziomy (rys. 1) (Sadkiewicz, 2014).

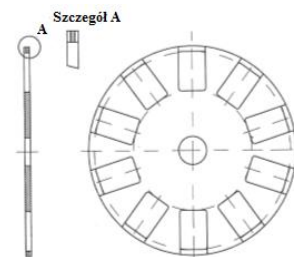
Zastosowano tylko 5 tarcz, z których 2 osadzone zostały na wale obrotowym (350 min⁻¹), natomiast pozostałe trzy, po zablokowaniu, połączono na stałe z korpusem nieobrotowym. Nowy rozdrabniacz nazwano: Zmodernizowany Roz-

drabniacz Wielotarczowy ZRW-ZBPP-5 (rys. 1), a w tarczach wykonano otwory trapezowe i prostokątne (rys. 2). Zmianom głównie uległy cechy geometryczne wszystkich tarcz, w których również zmieniono kształty otworów ich liczbę i sposób rozmieszczenia oraz sumaryczną powierzchnię otworową (tab. 1).



Rys. 2. Nowatorskie tarcze rozdrabniacza ZRW-ZBPP-5 z otworami prostokątnymi

Fig. 2. Innovative discs of chipper ZRW-ZBPP-5 with rectangular holes



Rys. 3. Tarcza rozdrabniacza ZRW-ZBPP-5 o oryginalnych cechach otworów z separacyjnym wybraniem kanałowym dwustronnym

Fig. 3. Disc of ZRW-ZBPP-5 chipper on the original characteristics of the holes with separation select bilateral channels

Nowością konstrukcji tarcz obrotowych, osadzonych na wale, obok wyżej wymienionych zmian innowacyjnych, jest to, że posiadają one separacyjne wybrania kanałowe dwustronne (rys. 2 i 3) (Sadkiewicz i Sadkiewicz, 1989).

Tarcze małe 2 i 4 (rys. 2), dzięki oryginalnej konstrukcji z wybraniem kanałowym dwustronnym spełniają ważną, separacyjną rolę polegającą na odprowadzaniu części frakcji rozdrobnionej w pierwszej fazie rozdrabniania, zabezpiecza-

jąc tym samym przed dalszym zbędnym ich rozdrabnianiem na cząstki o mniejszej granulacji, to jest poniżej 0,7 mm.

Tabela 1. Charakterystyka cech konstrukcyjnych tarcz w bazie konstrukcyjnej, koncepcji badawczych

Table 1. Characteristics features of discs in the constructional base design

Nr; No.	Średnica [mm]; Diameter [mm]	Grubość [mm]; Thickness [mm]	Materiał; Material	Kształt otworów; The shape of the holes	Liczba otworów; Numbers of holes	Powierzchnia otworu [cm ²]; Area of hole [cm ²]	Całkowita powierzchnia otworów w tarczy [cm ²]; Total area of the holes in the disk [cm ²]
1	Φ 186	4,5	40 HRC	prostokątny	10	8,4	Σ = 84
2	Φ 186	4,5	40 HRC	prostokątny	10	4,2	Σ = 42
3	Φ 230	4,3	40 HRC	trapezowy	12	4,2	Σ = 50,4
4	Φ 186	4,5	40 HRC	prostokątny	20	4,2	Σ = 84
5	Φ 230	4,5	40 HRC	trapezowy	24	4,2	Σ = 100,8
6	Φ 230	4,5	40 HRC	trapezowy	12	8,83	Σ = 105,96

Problem badawczy

Problem badawczy sformułowano w postaci pytania: Jakie warunki konstrukcyjne (techniczne) W_{kt} , dla stałych: pionowe ustawienie zespołu roboczego, 5 tarcz: prostokątna, czy trapezowa postać geometryczna otworów; wymiar ich powierzchni przekroju otworu indywidualnego i wszystkich otworów w tarczy; powierzchni przekroju dwóch otworów w sąsiednich tarczach i powierzchni wszystkich otworów w sąsiednich tarczach oraz relacji powierzchni otworów w sąsiednich tarczach, są niezbędne dla zaistnienia postulowanej jakości produktu, efektywności pracy rozdrabniacza?

Materiał i metoda

Jako model matematyczny, do analizy, oceny i doskonalenia konstrukcji zespołu rozdrabniającego, wykorzystano powierzchniowy wskaźnik przejścia między parami otworów sąsiednich tarcz:

$$k_{(i+1)/i,j} = \frac{F_{i+1}}{F_c} \quad (1)$$

i wskaźnik przejścia między powierzchniami łącznymi otworów sąsiednich tarcz:

$$K_{n(i+1)k(i,j)} = \frac{\sum F_{n(i+1)}}{F_{k(i)}} \quad (2)$$

gdzie:

- $k_{(i+1)/i,j}$ – powierzchniowy wskaźnik przejścia między parami otworów w sąsiednich tarczach,
- $K_{n(i+1)k(i,j)}$ – wskaźnik przejścia między powierzchniami łącznymi otworów sąsiednich tarcz,
- F_{i+1} – powierzchnia otworu następującego w pakiecie tarcz, [m²],
- F_i – powierzchnia otworu poprzedzającego w pakiecie tarcz, [m²],
- $\sum F_{n(i+1)}$ – łączna powierzchnia otworów w następującej tarczy, [m²],
- $\sum F_{k(i)}$ – łączna powierzchnia otworów w poprzedzającej tarczy, [m²].

Powierzchniowe współczynniki (wskaźniki) przejścia między parami sąsiednich otworów:

· *pierwsze pary sąsiednich otworów:*

$$\text{Zestaw I} \quad k_{1/II} = \frac{F_{04}}{F_{05}} = \frac{4,2}{4,2} = 1,0;$$

$$\text{Zestaw II} \quad k_{1/III} = \frac{F_{01}}{F_{06}} = \frac{8,4}{8,83} = 0,95;$$

$$\text{Zestaw III} \quad k_{1/III} = \frac{F_{01}}{F_{06}} = \frac{8,4}{8,83} = 0,95;$$

· *drugiej pary sąsiednich otworów:*

$$\text{Zestaw I} \quad k_{2/II} = \frac{F_{03}}{F_{04}} = \frac{4,2}{4,2} = 1,0;$$

$$\text{Zestaw II} \quad k_{2/III} = \frac{F_{03}}{F_{01}} = \frac{4,2}{8,4} = 0,5;$$

$$\text{Zestaw III} \quad k_{2/III} = \frac{F_{05}}{F_{01}} = \frac{4,2}{8,4} = 0,5;$$

· *trzeciej pary sąsiednich otworów:*

$$\text{Zestaw I} \quad k_{3/II} = \frac{F_{02}}{F_{03}} = \frac{4,2}{4,2} = 1,0;$$

$$\text{Zestaw II} \quad k_{3/III} = \frac{F_{02}}{F_{03}} = \frac{4,2}{4,2} = 1,0;$$

$$\text{Zestaw III} \quad k_{3/III} = \frac{F_{04}}{F_{05}} = \frac{4,2}{4,2} = 1,0;$$

· *czwarte pary sąsiednich otworów:*

$$\text{Zestaw I} \quad k_{4/II} = \frac{F_{03}}{F_{02}} = \frac{4,2}{4,2} = 1,0;$$

$$\text{Zestaw II} \quad k_{4/III} = \frac{F_{03}}{F_{02}} = \frac{4,2}{4,2} = 1,0;$$

$$\text{Zestaw III} \quad k_{4/III} = \frac{F_{03}}{F_{04}} = \frac{4,2}{4,2} = 1,0;$$

Wskaźnik przejścia między łącznymi powierzchniami otworów sąsiednich tarcz:

· *pierwsze pary w zestawach:*

$$\text{Zestaw I} \quad K_{01/II} = \frac{\sum F_{04}}{\sum F_{05}} = \frac{4,2 \cdot 20}{4,2 \cdot 24} = \frac{84}{100,8} = 0,83;$$

$$\text{Zestaw II} \quad K_{01/III} = \frac{\sum F_{01}}{\sum F_{06}} = \frac{8,4 \cdot 10}{8,83 \cdot 12} = \frac{84}{105,96} = 0,79;$$

$$\text{Zestaw III} \quad K_{01/III} = \frac{\sum F_{01}}{\sum F_{06}} = \frac{8,4 \cdot 10}{8,83 \cdot 12} = \frac{84}{105,96} = 0,79;$$

· drugich par w zestawach:

Zestaw I $K_{02/I} = \frac{\sum F_{03}}{\sum F_{04}} = \frac{4,2 \cdot 12}{4,2 \cdot 20} = \frac{50,4}{84} = 0,6;$

Zestaw II $K_{02/II} = \frac{\sum F_{03}}{\sum F_{01}} = \frac{4,2 \cdot 12}{8,4 \cdot 10} = \frac{50,4}{84} = 0,6;$

Zestaw III $K_{02/III} = \frac{\sum F_{05}}{\sum F_{01}} = \frac{4,2 \cdot 24}{8,4 \cdot 10} = \frac{100,8}{84} = 1,2;$

· trzech parach w zestawach:

Zestaw I $K_{03/I} = \frac{\sum F_{02}}{\sum F_{03}} = \frac{4,2 \cdot 10}{4,2 \cdot 12} = \frac{42}{50,4} = 0,83;$

Zestaw II

$$K_{03/II} = \frac{\sum F_{02}}{\sum F_{03}} = \frac{4,2 \cdot 10}{4,2 \cdot 12} = \frac{42}{50,4} = 0,83;$$

Zestaw III

$$K_{03/III} = \frac{\sum F_{04}}{\sum F_{05}} = \frac{4,2 \cdot 20}{4,2 \cdot 24} = \frac{84}{100,8} = 0,83;$$

· czwartych par w zestawie:

Zestaw I

$$K_{04/I} = \frac{\sum F_{03}}{\sum F_{02}} = \frac{4,2 \cdot 12}{4,2 \cdot 10} = \frac{50,4}{42} = 1,2;$$

Zestaw II

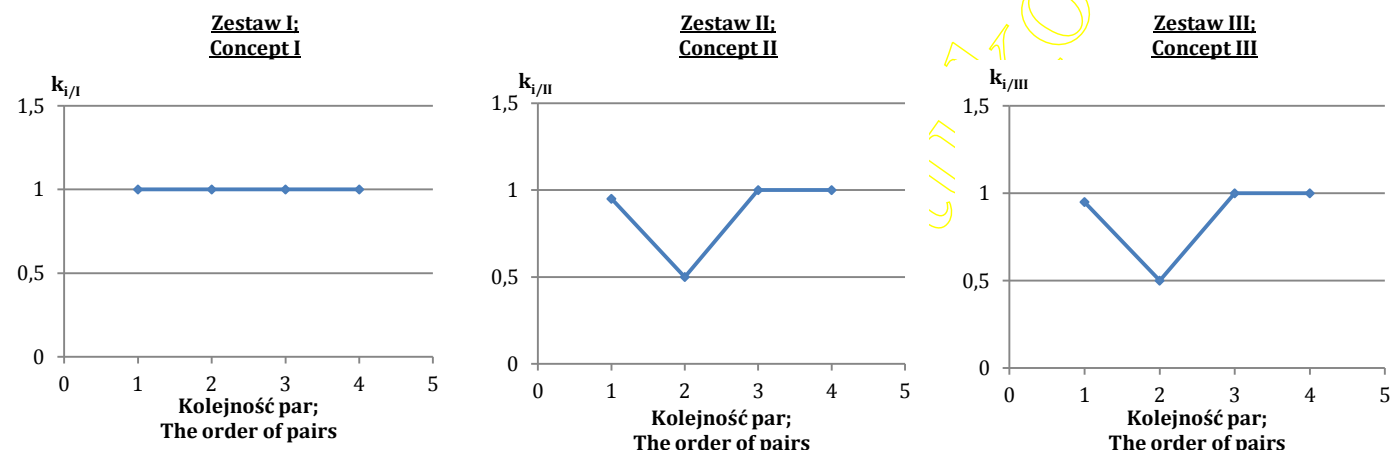
$$K_{04/II} = \frac{\sum F_{03}}{\sum F_{02}} = \frac{4,2 \cdot 12}{4,2 \cdot 10} = \frac{50,4}{42} = 1,2;$$

Zestaw III

$$K_{04/III} = \frac{\sum F_{03}}{\sum F_{04}} = \frac{4,2 \cdot 12}{4,2 \cdot 20} = \frac{50,4}{84} = 0,6.$$

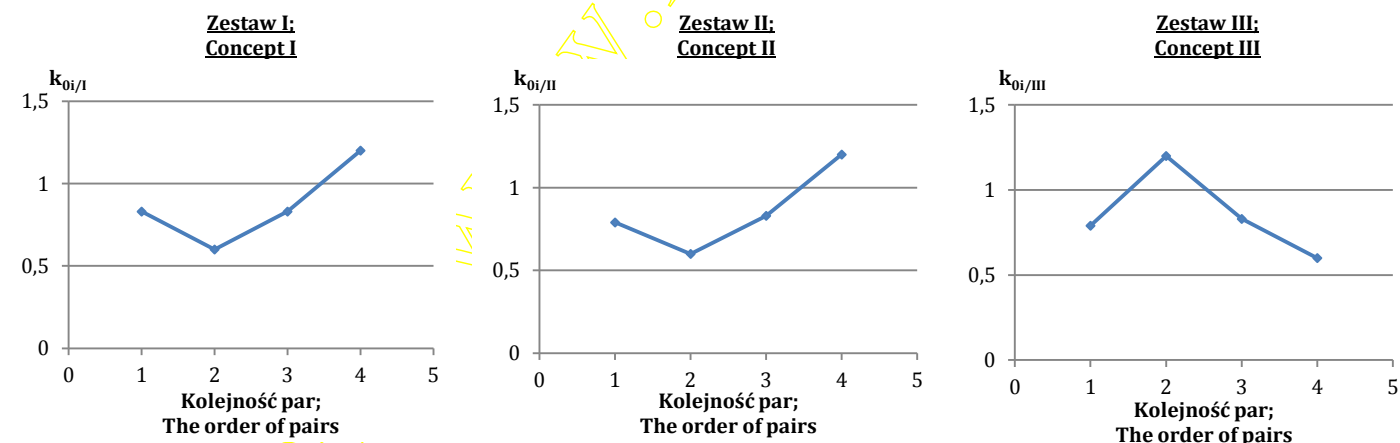
Po przeprowadzeniu interpretacji graficznych:

· powierzchniowych wskaźników przejścia między parami otworów sąsiednich tarcz:



Rys. 4. Interpretacja wskaźnika przejścia, dla par otworów sąsiednich tarcz, zespołu rozdrabniającego, wg koncepcji badań: zestawu I, zestawu II i zestawu III
Fig. 4. Interpretation of the transition, for pairs of nearby holes of the grinding teams: concept I, II and III

· wskaźników przejścia między powierzchniami łącznymi otworów sąsiednich tarcz:



Rys.5. Interpretacja wskaźnika przejścia, dla powierzchni łącznej otworów sąsiednich tarcz, zespołu rozdrabniającego, wg koncepcji badań: zestawu I, zestawu II i zestawu III
Fig. 5. Interpretation of the transition indicator, for a total surface of nearby holes of the grinding teams: concept I, II and III

Otrzymano obraz oporów, a dokładniej dławienia przepływu masy ziarnowej poddawanej rozdrabnianiu.

Wyniki badań

Wyniki badań efektywności pracy rozdrabniacza, z zastosowaniem oryginalnej metodyki i instrumentarium badawczego cech konstrukcyjnych (Dietrych, 1985; Flizikowski i in., 2001; Sadkiewicz i Romanowski, 2013) – głównie

wzajemnych relacji otworowych w pięciu tarczach (trzech stacjonarnych, dwóch ruchomych, liczby otworów i ich kształtu, parametrów ruchu i zasilania wsadem, tj. ziarnami trzech zbóż pszenżyto, kukurydza i pszenica); zmiennych wyników: mocy czynnej na czyste rozdrabnianie, wydajności masowej, jednostkowego zużycia energii na roz-

drabnianie strumienia masy w czasie, oraz charakterystyk jakościowych produktu, pozwoliły na wskazanie kierunków zmian konstrukcyjnych dla maksymalizacji wydajności.

Zdecydowanie lepsze przebiegi charakterystyk mocy uzyskano na rozdrabnianie czyste (z pominięciem obciążeń ruch jałowego) dla rozdrabniania ziaren pszenżyta, porównywalne dla rozwiązania inwentaryzowanego – w przypadku ziaren kukurydzy (Sadkiewicz i Sadkiewicz, 2009).

Podobnie jak w przypadku przebiegów mocy, większe wydajności w porównaniu do stanu inwentaryzowanego uzyskuje się w badaniach własnych dla III zestawu (158% stanu początkowego) tarcz i dla pszenżyta oraz dla III zestawu (211% stanu początkowego) tarcz i dla kukurydzy. Również największą wydajność bezwzględną uzyskano w badaniach własnych III zestawu tarcz, dla pszenicy (54,31 g·s⁻¹).

Wyniki badań charakterystyk użytkowych mocy i wydajności są obiektywizowane przebiegami jednostkowego zużycia energii, przeznaczonej na uzyskanie dużej wydajności przy najmniejszym zapotrzebowaniu na moc (również mocy na czyste rozdrabnianie). Dla pszenżyta największe jednostkowe zużycie energii uzyskano w przypadku zestawu nr III (54 % stanu początkowego). Dla kukurydzy, również zestawu nr III - 55 % stanu początkowego. Natomiast dla pszenicy uzyskano, co do wartości bezwzględnej, najmniejsze jednostkowe zużycie energii dla zestawu nr III – 6,2 J·g⁻¹. Zestaw nr III jest, pod względem charakterystyk energetyczno-masowych, rozwiązaniem konstrukcyjnym, tj. wzajemnych relacji otworowych w pięciu tarczach (trzech stacjonarnych, dwóch ruchomych, liczby otworów i ich kształtu, parametrów ruchu i techniki zasilania wśdem) najlepszym dla rozdrabnianych trzech rodzajów ziaren zbóż. Dla dopełnienia charakterystyk użytkowych, ważna jest granulometria uzyskiwanego w ten sposób produktu.

Jeśli wybranym celem rozdrabniania ma być produkt o postaci uziarnienia: co najmniej 50 % produktu ma wymiar zawarty w przedziale (0,8; 1,6) mm, to rozwiązaniem wg nowej innowacyjnej konstrukcji jest: dla pszenżyta: zestaw nr I, dla kukurydzy: zestaw nr I, dla pszenicy zestaw nr I. Jeśli wybranym celem rozdrabniania ma być produkt o postaci uziarnienia: co najmniej 50 % produktu ma wymiar większy od 1,6 mm i ani jednego całego ziarna, to rozwiązaniem wg nowej innowacyjnej konstrukcji jest: dla pszenżyta: zestaw nr II i III, dla kukurydzy: zestaw nr II i III, dla pszenicy zestaw nr III i krytycznie - zestaw nr II. Należy również stwierdzić, że ten ostatni postulat spełniają wszystkie warianty badawcze konstrukcji inwentaryzowanej.

W tabeli 2 przedstawiono wpływ omawianych zależności konstrukcyjnych, otworowych na wydajność zestawów rozdrabniających. Uznano, że merytoryczna korelacja wskaźnika przejścia między powierzchniami łącznymi sąsiednich otworów jest związana z efektywnością pracy.

Chodzi o to, żeby w pierwszym etapie rozdrobnienia wskaźniki przejścia między powierzchniami łącznymi otworów tych tarcz przyjmowały duże wartości. Żeby przekroje otworów nie hamowały przepływu ziarna/przemiatu, żeby wartości wskaźników były rosnące, np.

zestaw III. (0,79 na 1,2): jest to uzasadnione dużymi wymiarami przemiatu na pierwszych parach tarcz. Na następnych parach tarcz wskaźnik może zmaleć np. 0,83 tak jak jest to w zestawie III; trzecia para; 0,83; czwarta para; 0,6.

Tabela 2. Przykładowe wyniki wydajności rozdrabniania dla różnego ustawienia pięciu tarcz wg koncepcji badawczych

Table 2. Sample results of performance for different grinding settings five discs teams according to research concepts

Wsad ziarna; The feed grains	Zestaw I; Set I [kg·h ⁻¹]	Zestaw II; Set II [kg·h ⁻¹]	Zestaw III; Set III [kg·h ⁻¹]
Pszenica; Wheat	55,76	116,8	159,4
Pszenżyto; Triticale	58,7	120,7	227,1
Kukurydza; Corn	19,55	73,0	121,6

Potwierdzają to wyniki badań efektywności pracy pięciotarczowego rozdrabniacza ziarn pszenicy, pszenżyta i kukurydzy:

- wydajność jest maksymalna dla zestawu III;
- zapotrzebowanie mocy na ruchy jałowym jest stałe dla ziaren trzech zbóż, w zestawie III;
- zapotrzebowanie mocy na ruchu jałowym i roboczym (Pj+r) jest najmniejsze dla pszenicy, pszenżyta;
- podobnie zapotrzebowanie mocy na „czyste” rozdrobnienie jest najmniejsze dla pszenicy i pszenżyta;
- wydajność masowa dla ziaren trzech badanych zbóż jest największa dla zestawu III;
- a bezwzględnie największa dla pszenżyta;
- procentowy udział frakcji zawartej między (1,6 do 2,2 mm) jest największy dla zestawu III i pszenicy, natomiast drobniejszy produkt otrzymuje się na zestawie I (0,7 – 1,6 mm) i zestawie II (0,7 – 2,2 mm);
- występuje zbieżność wydajności celowej: (<0,7); (0,7 – 1,6); (1,6 – 2,2) lub powyżej (>2,2) mm z wydajnością wymiarową wspomnianą wcześniej.

Wnioski

Z przeprowadzonych 27 badań, na zmodernizowanym rozdrabniaczu pięciotarczowym jednoznacznie wynika, że na zwiększenie uzyskanych wydajności rozdrabniacza istotny wpływ miały następujące jego zmiany innowacyjne o charakterze konstrukcyjnym i procesowym:

- ustawienie tarcz roboczych z pozycji pionowej na poziomą,
- sposób zasypu ziarna z bocznego na grawitacyjny,
- wprowadzenie zmiany z obrotów wszystkich tarcz na 2 tarcze obrotowe i 3 tarcze stałe (rys. 1 i rys. 2),
- zaprojektowanie i wykonanie tarcz o otworach prostokątnych i trapezowych o różnych wymiarach,
- zaprojektowanie i wykonanie oryginalnego rozwiązania tarcz obrotowych (na wale) z wybraniem kanałowym – dwustronnym (rys. 2 i rys. 3, zgłoszono do Urzędu Patentowego RP),
- doświadczalne dobranie tarcz o nowej geometrii otworów i kolejności ich ustawienia w zespoły robocze,
- precyzyjne ustawienie odległości między tarczami.

Zmieniona geometryczna pozycja pozioma rozdrabniacza przy jednoczesnym zasypie grawitacyjnym ułatwiła wlot badanego ziarna bezpośrednio na całą płaszczyznę tarcz, a nie jedynie na jej część.

Pozycja taka, jest też niezależna od wielkości masy podawanej jak i stopnia wilgotności podawanego ziarna.

Z powyższą zmianą pozycji zespołu roboczego, wprowadzono sekwencje ruchu tarcz: **tarcza stała – tarcza obrotowa – tarcza stała – tarcza obrotowa – tarcza stała**; wiążące się z wlotem większej porcji ziarna jednocześnie do wielu otworów w nowych tarczach, o większej powierzchni, co w konsekwencji decyduje o wydajności. Powierzchnia nowych otworów w tarczach lepiej współpracuje przy powiększonych krawędziach tnących wszystkich tarcz, których dobór i kolejność ustawienia w zespoły zestawu I – III wpływa na wydajność rozdrabniacza.

Z powyższych zestawień wynika, że na wydajności również wpływa istotnie wielkość ziarna, oraz jego parametry fizyko – chemiczne, głównie jego twardość, ciężar hektolitra, szklistość i wilgotność.

Nie bez znaczenia dla wydajności, stopnia granulacji, obok już wymienionych uwarunkowań, jest odległość, luz między tarczami, która zależna jest od dokładności obróbki tarcz i ich sprężystości, po wykonaniu obróbki skrawaniem. Jest to osobny problem wymagający precyzji wykonawcy tarcz, jak i żmudnych przygotowań i montażu przy ustalaniu luzu między tarczami, tak aby uzyskać odległości w granicach (0,5 – 0,8) mm, a nawet (0,3–0,5) mm. Wymaga to jednak osobnego wykonawstwa i nakładów. Opisany luz między tarczami ma związek ze stopniem granulacji, uzyskanym w badaniach na poszczególnych zestawach. Stwierdzono też przydatność opracowania i wykonania oryginalnych tarcz z konstrukcyjnym wybraniem kanałowym dwustronnym (rys. 2 i rys. 3), które w toku technologicznego rozdrabniania działa separacyjnie, oddzielając wcześniej już rozdrobnione cząstki, zapobiegając tym samym dalszemu ich rozdrabnianiu, co miało miejsce przed wprowadzeniem takiego wybrania kanałowego.

Z zestawienia wyników granulacji wynika, że o doborze tarcz o odpowiednich otworach i ich kolejnością ustalenia, może decydować nie tylko wydajność, ale i stopień rozdrobnienia w zależności od potrzeb i dalszego przeznaczenia produktu rozdrobnionego.

Bibliografia

1. Bursy G., Siemiątkowski G., 1997. *Identyfikacja procesu przemiału z wykorzystaniem teorii sztucznych sieci neuronowych w środowisku MatLab-Simulink*. I Konferencja CCATiE, Kraków, 27–34.
2. Cempel C., Natke H.G., 2002. *Energy model of the social system with production and recycling Eco Energy Processor (EEP)*. International Journal of Systems Science, 33(2): 87–95.
3. Chun M.S., Moon Y.H., 2001. *Application of neural networks to predict the width variation in a plate mill*. Journal of Materials Processing Technology, 111: 146–149.
4. Dietrych J., 1985. *System i konstrukcja*. WNT Warszawa, 32-56.
5. Flizikowski J., Sadkiewicz J., 2014. *Prof. dr hab. inż. Kazimierz Sadkiewicz*. Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego. 1/4-2014(9): 44–46.
6. Flizikowski J., 2001. *Sprawozdanie z badań w ramach Grantu KBN PB-1059/T08/99/17*. ATR Bydgoszcz.
7. Sadkiewicz J., 2014. *Pro-wdrożeniowe badanie efektywności pracy wielotarczowego rozdrabniacza ziaren zbóż*. Dysertacja doktorska na stopień dr nauk technicznych WIM UTP w Bydgoszczy.
8. Sadkiewicz J., Sadkiewicz J., 2005. *Separator laboratoryjny do zboża*. Świadectwo Ochronne Urzędu Patentowego RP Nr 7169.
9. Sadkiewicz K., Sadkiewicz J., 1989. *Urządzenia pomiarowe – badawcze dla przetwórstwa zbożowo – mącznego*. Wydawnictwo Uczelniane ATR, 155.
10. Sadkiewicz J., Sadkiewicz J., 2009. *Badania parametrów technologicznych ziarna, mąki, pieczywa*. Wydawnictwo Uczelniane UTP Bydgoszcz, 248.
11. Sadkiewicz J., Krzyżaniak B. 1974. *Gęstościomierz zbożowy*. Wzór Przemysłowy Urzędu Patentowego RP Nr 3148.
12. Sadkiewicz J., Flizikowski J., 2013. *Tarcza otworowa z wybraniem separacyjnym*. Wzór Przemysłowy – zgłoszenie do Urzędu Patentowego RP kwiecień 2013,
13. Sadkiewicz J., Romanowski Ł., 2013. *Badania przydatności bydgoskich rozdrabniaczy laboratoryjnych*. Ekologia i Technika, 21(6), 269-275.

Jacek Sadkiewicz
ul. Stratowa 2, 85-744 Bydgoszcz
tel. 601-674-767
e-mail: jacek@sadkiewicz.pl