

Ola MADEJ, Weronika KRUSZELNICKA, Andrzej TOMPOROWSKI

e-mail: olamadej17@gmail.com

Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Wyznaczanie procesowych charakterystyk wielotarczowego rozdrabniania ziaren kukurydzy

Wstęp

Rozdrabnianie jest procesem rozdzielania materiału w wyniku, którego otrzymuje się mniejsze cząstki, mogą mieć one różne i nieregularne kształty. Proces rozdrabniania jest przeprowadzany w wielu dziedzinach przemysłu spożywczego. Do rozdrobnienia ziaren potrzebna jest energia do zmiany kształtu cząstek i pokonania siły tarcia. Aby rozdrobnić materiał należy użyć zewnętrznych sił mechanicznych, które będą w stanie pokonać wiązania w strukturze danego materiału. Ilość energii potrzebnej do rozdrobnienia uzależniona jest od początkowej wielkości cząstek, temperatury procesu oraz od czasu i naprężeń w materiale. Miarą efektu rozdrabniania jest stopień rozdrobnienia. Określa się go jako stosunek wielkości ziaren nierozdrobnionych do wielkości ziaren produktu [Flizikowski i inni, 2015; Flizikowski J. B., 2005].

Celem przeprowadzonych badań było wyznaczenie wpływu materiału rozdrabnianego, ziaren kukurydzy, na parametry pracy rozdrabniacza: prędkość kątową tarcz rozdrabniających, pobór mocy przez rozdrabniacz. Badano również stopień rozdrobnienia dla wybranego materiału.

Badania doświadczalne

Aparatura

Rozdrabnianie ziaren kukurydzy przeprowadzono za pomocą rozdrabniacza wielotarczowego RTW-5:KZ znajdującego się w *Laboratorium Badań Rozdrabniania UTP* w Bydgoszczy (Rys. 1). Maszyna wyposażona była w pięć tarcz roboczych osadzonych współosiowo. W tarczach znajdowały się otwory. Każda z nich zasilana była za pomocą silnika trójfazowego. Silniki były takie same i każdy był podłączony do tarczy za pomocą przekładni pasowo-zębatej. Zasilanie i sterowanie pracą silników odbywało się za pośrednictwem falowników typu *pDrive* [Tomprowski, 2009].

Materiał rozdrabniany dozowany był za pomocą podajnika ślimakowego, który zapewniał ciągłe dostarczanie rozdrabnianego materiału z kosza zasypowego do przestrzeni, w której znajdowały się tarcze rozdrabniające. Podajnik ślimakowy zasilany był silnikiem krokowym. Sterowanie silnikiem pozwalało na bezstopniową regulację prędkości obrotowej podajnika, dzięki czemu możliwe było optymalne dopasowanie prędkości podawania materiału do obszaru rozdrabniania [Tomprowski, 2009].



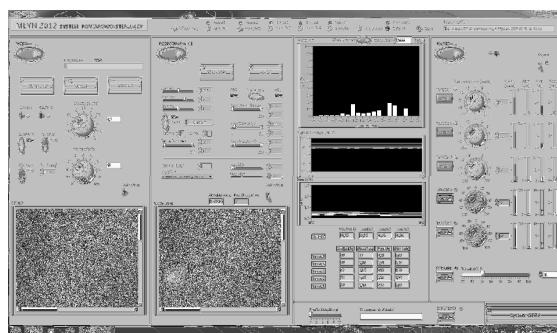
Rys. 1. Rozdrabniacz wielotarczowy

Ustawienie parametrów rozdrabniania odbywało się ze pośrednictwem komputerowego systemu sterowania (Rys. 2). System umożliwiał optymalizację procesu rozdrabniania dzięki możliwości wprowadzania zmian parametrów rozdrabniania, monitorowanie oraz rejestrowania danych [Tomprowski, 2010]. Ustawienia prę-

kości kątowych poszczególnych tarcz rozdrabniacza wielotarczowego podano w tab. 1. Wydajność podajnika ustawiono na 51%.

Tab.1 Ustawienia prędkości kątowych poszczególnych tarcz rozdrabniacza wielotarczowego

Nr tarczy	1	2	3	4	5
Prędkość kątowa [rad/s]	68	58	47	38	38



Rys. 2. Widok komputerowego panelu sterowania rozdrabniaczem

Materiały

Wilgotność ziaren kukurydzy była stała i wynosiła 34%. Podczas rozdrabniania temperatura materiału utrzymywała się na stałym poziomie i wynosiła 21,8 °C.

Metodyka

Przed rozdrobnieniem kukurydzy dokonano pomiaru wielkości ziaren za pomocą urządzenia *CAMSIZER* znajdującego się w *Laboratorium Badań Rozdrabniania Wydziału Inżynierii Mechanicznej UTP* w Bydgoszczy. Cząstki zbadano również po rozdrobnieniu. Zasada działania urządzenia jest oparta na wykorzystaniu cyfrowego przetwarzania obrazu. Ziarna transportowane są do pola pomiarowego za pomocą podajnika wibracyjnego. Podczas pomiaru cząstki przemieszczają się między źródłem rozproszonego światła a dwiema kamerami CCD. *CAMSIZER* dokonuje ciągłego pomiaru cząstek w zakresie do 30 mm.

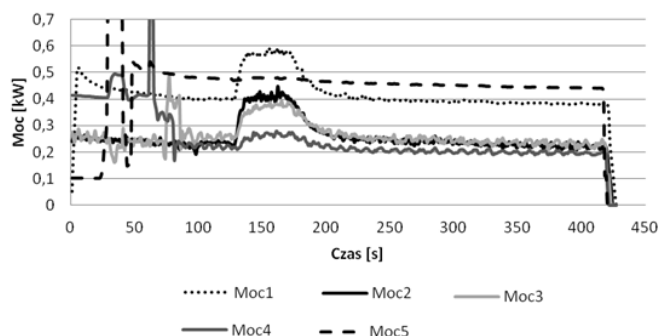
Wyniki badań

Na rys. 3 przedstawiono charakterystyki poboru mocy. Wskazują one na dużą zmienność poboru mocy w czasie. Największe obciążenie było w okresie początkowym, kiedy następował ruch maszyny. Kolejnym okresem była stabilizacja poboru mocy, czyli ruch maszyny bez włączonego podajnika. Następnym etapem było włączenie podajnika i rozpoczęcie rozdrabniania. Widać było wtedy zwiększenie poboru mocy na poszczególnych tarczach. Potem następował spadek mocy – rozdrabniacz pracuje na biegu jałowym. Wyniki wskazują na niewielkie wahania pobierania mocy w trakcie rozdrabniania ziaren. W badanym rozdrabniaczu umieszczone obok siebie tarcze wzajemnie na siebie oddziaływały powodując niewielkie zmiany prędkości kątowej. Charakterystyki poboru mocy pozwalały zaobserwować zmiany obciążeń poszczególnych tarcz podczas rozdrabniania (Tab. 2).

Tab. 2. Zmiany obciążeń poszczególnych tarcz podczas rozdrabniania

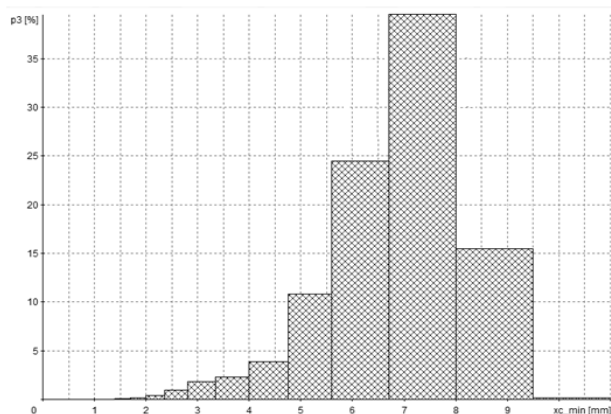
Nr tarczy	1	2	3	4	5
Wzrost poboru mocy [kW]	0,192	0,220	0,140	0,069	0,010

Największy pobór mocy podczas rozdrabniania występował na tarczy 1, której prędkość kątową wynosiła 68 rad/s. Duże obciążenie występowało też w przypadku tarczy 5, której prędkość kątową ustawiono na 38 rad/s.



Rys. 3. Charakterystyki poboru mocy

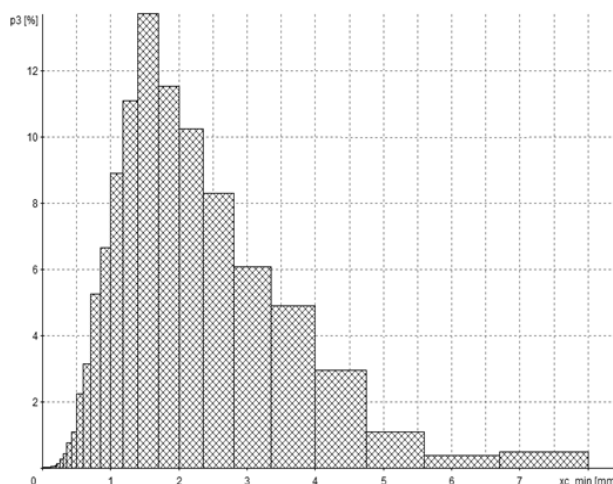
Na rys. 4 przedstawiono procentowe udziały ziaren kukurydzy danej frakcji przed rozdrobieniem. W przypadku całych ziaren największy udział miały te o średnicy 6,7 mm i stanowiły około 40% frakcji. Badanie wskazuje na zróżnicowanie wielkości ziaren. Jest to spowodowane tym, że niektóre z nich były pokruszone, co można zauważyć na zdjęciu ziaren (Rys. 6a). Uzyskane wyniki wskazują, że rozmiary ziaren mieściły się w przedziale od 0,5 mm do 9,5 mm.



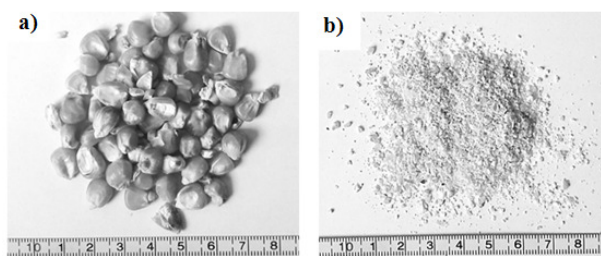
Rys. 4. Rozkład wielkości ziaren kukurydzy przed rozdrobieniem

Rozmiar rozdrobnionych ziaren kukurydzy był zróżnicowany. Największą część (13%) stanowiły ziarna o średnicy 1,4 mm. Wielkość rozdrobnionych ziaren wahała się od 0,1 mm do 8,0 mm (Rys. 5). Tak duża różnica między najmniejszymi a największymi ziarnami wskazuje na niedokładności rozdrobienia. Częstki o wielkości powyżej 6 mm to nierozdrobione łuski kukurydzy, które posiadają inną strukturę niż wnętrze ziarna – są bardziej elastyczne i trudniejsze do rozdrobienia. Otrzymany produkt rozdrabniania przedstawiono na rysunku 6b. Można zauważyć bardzo drobne cząstki oraz niewielką ilość większych ziaren.

Na podstawie otrzymanych wyników można zoptymalizować proces rozdrabniania w taki sposób, aby otrzymać pożądany produkt. Optymalizacja polegałaby na odpowiednim dobraniu parametrów rozdrabniania, takich jak: prędkości kątowe poszczególnych tarcz roboczych, oraz wydajności podajnika.



Rys. 5. Rozkład wielkości ziaren kukurydzy po rozdrobieniu



Rys. 6. Ziarna kukurydzy: a) przed rozdrobieniem, b) po rozdrobieniu

Podsumowanie i wnioski

Na podstawie badań przeprowadzonych przy użyciu rozdrabniacza wielotarczowego *RTW-5:KZ* oraz urządzenia *CAMSIZER* sporządzono charakterystyki użytkowe rozdrabniania.

Badania wykazały dużą różnorodność wielkości ziaren rozdrobnionej kukurydzy od 0,1 mm do 8,0 mm, co oznacza że zostały one niedokładnie rozdrobione.

Najmniejszy pobór mocy wynoszący 0,28 kW przy prędkości obrotowej 38 rad/s uzyskano dla tarczy nr 4.

Dokonując pomiaru poboru mocy można zoptymalizować proces rozdrabniania tak, aby osiągnąć minimalne zużycie energii przy zadowalającym stopniu rozdrobienia ziaren.

LITERATURA

- Flizikowski J., Topoliński T., Opielak M., Tomporowski A., Mroziński A. (2015). Research and analysis of operating characteristics of energetic biomass micronizer. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 17(1), 19-26
- Flizikowski J. B., (2005). *Konstrukcja rozdrabniaczy żywności*. Wyd. Akademii Techniczno-Rolniczej, Bydgoszcz
- Tomporowski A. (2009). Charakterystyki użytkowe wielokrawędziowych rozdrabniaczy pszenicy. Część II. Wyniki badań. *Inż. Ap. Chem.*, 48(2), 137-138
- Tomporowski A., (2010). Badanie użyteczności rozdrabniania ziaren ryżu. Część I. Model badawczy. *Inż. Ap. Chem.*, 49(5), 119-120