

Krzysztof TYSZCZUK, Grzegorz DOMEK

e-mail: krzytysz@ukw.edu.pl

Wydział Matematyki, Fizyki i Techniki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz

Konstrukcyjna transformacja precyzyjnego rozdrabniacza materiałów biologicznych

Wstęp

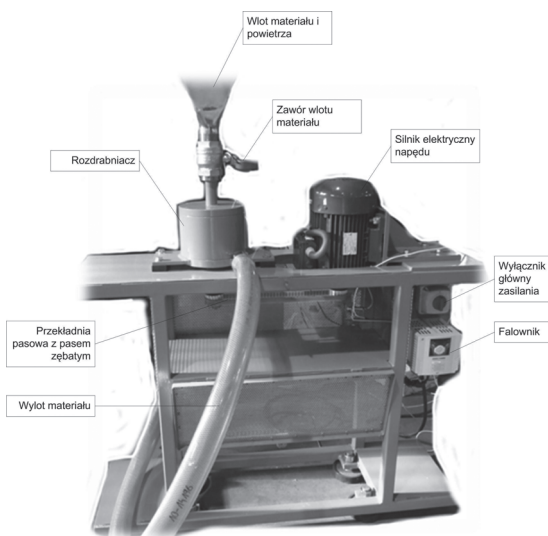
Badania efektywności rozdrabniania nasion o dużej zawartości tłuszczu i olejków eterycznych prowadzone są w *Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego* w Bydgoszczy przy udziale *Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego* już od wielu lat [1–3]. Ostatnio, dzięki współpracy z firmą SKRAW-MECH przeprowadzono badania [4, 5], wskazujące na możliwości przemysłowego zastosowania rozdrabniacza precyzyjnego do rozdrabniania nasion gorczycy, wiesiołka i rzepaku dla potrzeb spożywczych, zwłaszcza dla przemysłu zielarskiego.

Celem opisanych badań była weryfikacja rozdrabniacza precyzyjnego do rozdrabniania nasion, zapewniającego utrzymanie temperatury produktu do 27°C, aby nie dopuścić do degradacji temperaturowej oleju i tłuszczów zawartych w nasionach.

Charakterystyka rozdrabniacza precyzyjnego

Rozdrabniacz precyzyjny, wielokrawędziowy, nożowy RPW-11TN jest wynikiem prac koncepcyjnych, w których do podstawowych wytycznych proinnowacyjnych zaliczono: minimalizację grubości noża i kątów ostrza, cyrkulację powietrza z zawirowaniami równoległymi do wybranej powierzchni noży, wyeliminowanie ścierania na wystających krawędziach stojana i mas produktu – zalegających w przestrzeni roboczej, maksymalizację prędkości liniowej krawędzi noża wirnika.

Rozwiązanie konstrukcyjne laboratoryjnej wersji rozdrabniacza obejmowało 11 tarcz nożowych, w tym 5 tarcz wirnika i 6 tarcz stojana. Wydajność rozdrabniania nasion gorczycy białej, wynosiła 75÷120 kg·h⁻¹, w zależności od oczekiwanej postaci produktu. Podstawowe stanowisko badawcze, pierwotnie wyposażone w układ odbioru produktu o pojemności 1500 ml, pozwalało na wykonanie rozdrabniania szarzy wsadu do 1000 g (Rys. 1). Potrzeba realizacji badań pod kątem efektywnej technologii progospodarczej wymagała opracowania i utworzenia nowego stanowiska badawczego.



Rys. 1. Widok stanowiska laboratoryjnego rozdrabniacza RPW-11TN

Proces transformacji konstrukcji

Jedną z podstawowych wielkości poddanych przemianie była średnica tarczy noża obrotowego. Sugerowana wartość obrotu noża powin-

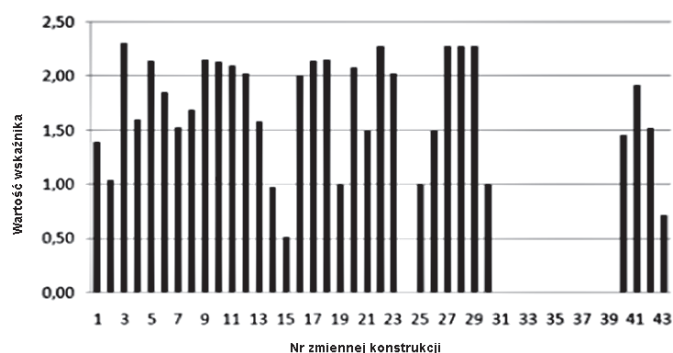
na być zbliżona do 1 m [6], a wydajność, zgodnie z wymogami rynku powinna wynosić od 500 do 1500 kg/h [4]. Należało zatem podjąć starania, aby wprowadzając zmiany konstrukcyjne zachować cechy precyzyjnego rozdrabniania uzyskiwane w rozdrabniaczu laboratoryjnym. Proces identyfikacji modelowanego systemu, czyli rozdrabniacza i procesu rozdrabniania, rozpoczęto od procedury rozpoznania. Polega ona, jak wiadomo, na dążeniu do ujawnienia aspektów istotnych zarówno ze względu na strukturę i zależności funkcjonalne elementów, jak również ważnych ze względu na potrzeby, cele i zakres badań realizowanych z zastosowaniem modelu [7]. Dokonano więc szczegółowej analizy konstrukcyjnej rozdrabniacza oraz wybrano zespół cech mających znaczący wpływ na jakość i wydajność procesu rozdrabniania (Tab. 1). Wykorzystując przeprowadzone rozważania przyjęto *a priori* wskaźnik transformacji $\Theta^{TR} = 2,27$, wynikający z transformacji wymiaru tarczy noża obrotowego.

Tab. 1. Zestawienie parametrów konstrukcyjnych podlegających transformacji

Nazwa parametru konstrukcyjnego	Θ^{TR}
średnica wewnętrzna króćca wlotu materiału	1,39
długość króćca wlotu materiału	1,04
średnica wewnętrzna pokrywy płaszczka	2,30
wysokość stożka w pokrywie płaszczka	1,60
średnica wewnętrzna płaszczka (stojana)	2,14
średnica zewnętrzna płaszczka (stojana)	1,85
wysokość płaszczka zewnętrznego (stojana)	1,53
wysokość robocza – wewnętrzna – płaszczka stojana – po założeniu pokrywy	1,69
korpus dolny wylotu – wewnętrzna średnica rowka wylotu produktu	2,15
korpus dolny wylotu – zewnętrzna średnica rowka wylotu produktu	2,13
szerokość rzeczywista rowka wylotu produktu	2,10
rotor – średnica zewnętrzna	2,02
rotor – wysokość	1,58
pokrywa rotora – wysokość	0,98
pokrywa rotora – kąt stożka	0,52
odległość między czubkiem pokrywy rotora a pokrywą płaszczka	2
nóż stały – średnica zewnętrzna	2,13
nóż stały – średnica wewnętrzna	2,14
nóż stały – liczba ostrzy	1
nóż stały – średnica między krawędziami ostrza	2,07
nóż stały – grubość	1,5
nóż obrotowy – średnica zewnętrzna ostrzy	2,27
nóż obrotowy – średnica zewnętrzna pierścienia	2,02
nóż obrotowy – liczba ostrzy	1
nóż obrotowy – grubość	1,5
długość linii krawędzi ostrza noża obrotowego po krawędzi zewnętrznej	2,27
prędkość liniowa krawędzi ostrza noża obrotowego dla $n = 1480$	2,27
prędkość liniowa krawędzi ostrza noża obrotowego dla $n = 2960$	2,27
króciec wylotowy – średnica zewnętrzna	1,45
króciec wylotowy – średnica wewnętrzna	1,91
moc znamionowa silnika	1,52
Średnia	1,7

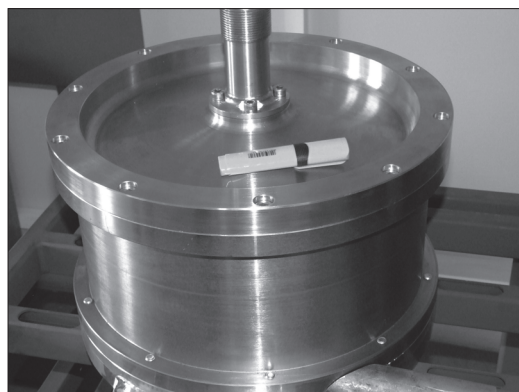
Wskaźnik $\Theta^{TR} = 1,0$ – oznacza brak zmiany parametru,
 $\Theta^{TR} > 1,0$ – powiększenie wartości parametru,
 $\Theta^{TR} < 1,0$ – zmniejszenie wartości parametru.

Zestawienie porównawcze zmian wartości parametrów konstrukcyjnych pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Zestawienie wartości wskaźnika transformacji Θ^{TR} konstrukcji rozdrabniacza RPW

Korzystając ze środowiska *SolidWorks* wykonano model wirtualny rozdrabniacza i przeprowadzono na nim analizy mające na celu określenie wpływu przekształceń geometrycznych (w tym GPS) na realizację procesu rozdrabniania. Dzięki pracy zespołu, wzbogaconego o dodatkowych członków *Działu Rozwoju SKRAW-MECH*, otrzymano kompozycję parametrów, hipotetycznie pozwalającą na technologiczne wykonanie rozdrabniacza i uzyskanie zadowalających efektów rozdrabniania. Następnie wykonano prototyp rozdrabniacza precyzyjnego, oznaczonego po transformacji jako RPW-17TN, ze względu na uzyskane zwiększenie liczby tarcz nożowych. Widok modelu rozdrabniacza po transformacji konstrukcyjnej przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Widok prototypu rozdrabniacza precyzyjnego RPW-17TN, będącego efektem transformacji rozdrabniacza laboratoryjnego RPW-11TN

Podsumowanie

Prototyp rozdrabniacza wykonany w wersji przemysłowej poddano badaniom eksploatacyjnym w dwóch programach.

Pierwsze badanie, realizowane bez obciążenia materiałem, stanowiło podstawę do oceny jakości wykonania modelu. Czas badania ostatecznego w pełnym zakresie prędkości obrotowej wyniósł 8,5 h pracy ciągłej. Newralgicznym miejscem konstrukcji okazało się osadzenie łożysk wału napędu rozdrabniacza, w którym nastąpił znaczny wzrost temperatury. Wymiana łożysk na inne, o wyższej jakości i od renomowanego producenta, wyeliminowała zakłócenia procesu i pozwoliła na podjęcie próby rozdrabniania. Zrealizowano rozdrabnianie 100 kg gorczycy białej, uzyskując teoretyczną wydajność procesową $Q_w = 370 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$, przy maksymalnym zapotrzebowaniu mocy na poziomie 4,3 kW.

W oparciu o rozdrabniacz RPW-17TN wykonano wirtualne stanowisko technologiczne do przemysłowego rozdrabniania nasion o dużej zawartości tłuszczu (Rys. 4). Rzeczywisty model można wykonać po szczegółowym określeniu wymagań dotyczących przeznaczenia oraz postaci produktu i wydajności.

Planowane działania, oparte na przyjętych wskaźnikach transformacji Θ^{TR} , będą dotyczyły symulacji konstrukcji i wykonania modelu mini-rozdrabniacza z zachowaniem pełnej funkcjonalności i skuteczności rozdrabniania nasion olejnych.



Rys. 4. Stanowisko do rozdrabniania nasion olejnych, wykonane w środowisku *SolidWorks*

LITERATURA

- [1] J. Flizikowski, M. Macko, K. Tyszczyk: Inżynieria Maszyn. ATR Bydgoszcz – UW-M Olsztyn, Bydgoszcz 2003.
- [2] G. Domek, K. Tyszczyk: Inż. Ap. Chem. 47, nr 4, 19 (2008).
- [3] M. Macko, K. Tyszczyk, M. Jankowski, G. Domek: The 11th International Scientific Seminar on Development in Machinery Design and Control, Cervený Klastor 2007.
- [4] CONQUEST CONSULTING: Badanie rynku rozdrabniaczy do nasion. Zlecenie ZM Skraw-Mech. Bydgoszcz, Warszawa, 2009.
- [5] S. Arbus: Analiza konkurencyjności rozdrabniacza precyzyjnego RPW na krajowym rynku rozdrabniaczy nasion. Praca magisterska, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, 2010.
- [6] J. Flizikowski: Konstrukcja rozdrabniaczy żywności. Wyd. Uczelniane AT-R, Bydgoszcz 2005.
- [7] A. Mazurkiewicz: Transformacja wiedzy w budowie i eksploatacji maszyn. ITE, Radom, 2002.