

Grzegorz ŚMIGIELSKI, Krzysztof TYSZCZUK, Marek MACKO
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
Instytut Mechaniki i Informatyki Stosowanej
Adam MROZIŃSKI
Uniwersytet Technologiczno - Przyrodniczy
Instytut Technik Wytwarzania

ROZDRABNIACZ WIELOTARCZOWY Z POMIAREM WIELKOŚCI ROZDROBNIONYCH CZĄSTEK

Wynikiem procesu rozdrabniania powinien być produkt, o określonych granicznych wymiarach, uzyskany przy jak najmniejszym zużyciu energii na jednostkę masy lub objętości materiału wyjściowego. W artykule zaprezentowano stanowisko rozdrabniacza wielotarczowego, zbudowane w oparciu o komputer i środowisko LabVIEW, umożliwiające wyszukiwanie optymalnych nastaw układu sterującego młyna w celu uzyskania odpowiedniej wielkości cząstek.

1. PROBLEMATYKA ROZDRABNIANIA MATERIAŁÓW

Rozdrabnianie materiałów, mimo pozornej prostoty, jest procesem złożonym wymagającym wiedzy z zakresu wielu dziedzin nauki, m. in. budowy i eksploatacji maszyn, fizyki ciała stałego, chemii, mechaniki. W dobie powszechnego dążenia do wysokiej efektywności energetycznej urządzeń kluczowe, w przypadku rozdrabniania, jest zoptymalizowanie zużycia energii podczas tego procesu [1]. Z drugiej strony istotne są cechy produktu wyjściowego takie jak wilgotność czy rozmiar cząstek po rozdrobnieniu, a także temperatura podczas samego procesu rozdrabniania. Zbyt wysoka temperatura może niekorzystnie wpływać na cechy jakościowe produktu (np. zawartość składników odżywczych w materiałach biologicznych) lub też wręcz uniemożliwić uzyskanie jego właściwej postaci końcowej (tworzywa sztuczne) [2].

W badaniach dotychczas prowadzonych przez autorów wymiary drobin były określane po wykonaniu eksperymentu poprzez umieszczenie materiału w przesiewaczu wibracyjnym. W wyniku pracy urządzenia cząstki poniżej granicznego rozmiaru sita analitycznego trafiały do zbiornika, a następnie była wyznaczana ich łączna masa; tym samym możliwe było określenie procentowego udziału cząstek o odpowiedniej wielkości. Taka metoda znacznie wydłużała czas badań i przede wszystkim nie pozwalała śledzić na bieżąco jego wyników. Zbudowane stanowisko jest pozbawione tej wady.

2. KONSTRUKCJA STANOWISKA ROZDRABNIACZA WIELOTARCZOWEGO

Istnieje wiele typów konstrukcji rozdrabniaczy, m. in. bijakowe, nożowe, tarczowe, walcowe, stosowanych między innymi w zależności od rodzaju materiału wyjściowego [1].

Rozdrabniacz wielotarczowy zbudowany jest z kilku tarcz osadzonych współosiowo, przy czym część z nich może być osadzona na wale głównym, a część na korpusie obrotowym. Tarcze posiadają otwory w kształcie cylindrycznym i mogą różnić się między sobą liczbą otworów oraz rozmieszczeniem na tarczy (Fig. 1).

W omawianym przypadku rozdrabniacz posiada pięć tarcz, każda z nich ma możliwość indywidualnego nastawiania prędkości kątowej oraz kierunku obrotów. Sterowanie rozdrabniaczem jest możliwe z poziomu komputera wyposażonego w aplikację zaprojektowaną w środowisku LabVIEW firmy National Instruments [3]. Jako moduł kontrolno-pomiarowy wykorzystano

urządzenie U6 firmy LabJack. Do regulacji prędkości obrotowej zastosowano przemienniki częstotliwości komunikujące się z komputerem poprzez magistralę szeregową.

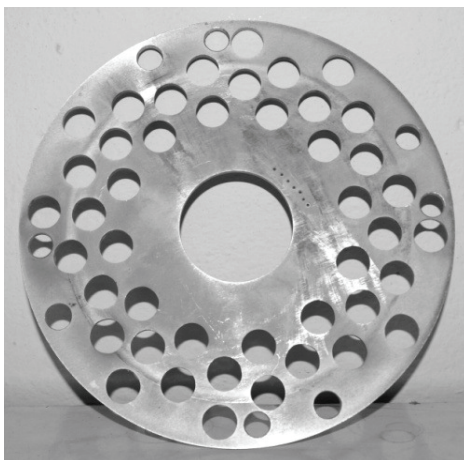


Fig. 1. The example of the grinder's disc [1]

Schemat blokowy układu rozdrabniania został pokazany na rysunku 2 (Fig. 2), a zdjęcie całego stanowiska na rys. 3. (Fig. 3).

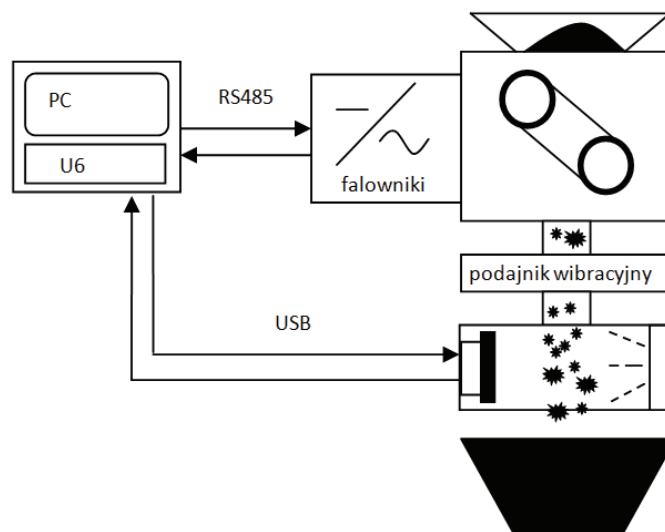


Fig. 2. Schematic diagram of the grinder' measurement and control system

Jak już wspomniano podstawowym udogodnieniem omawianego stanowiska jest możliwość pomiaru wielkości cząstek już podczas trwania eksperymentu.

Materiał znajdujący się w zasobniku jest podawany do komory głównej, następnie rozdrobnione cząstki materiału są kierowane do podajnika wibracyjnego, a stamtąd dopiero wpadają do oświetlonej komory pomiarowej (Fig. 2., Fig. 4). Do rejestracji obrazu spadających cząstek wykorzystano kolorową kamerę UI-1240SE-C-HQ o rozdzielczości 1,31 Mpix wraz z obiektywem Pentax i zestawem pierścieni dystansowych obiektywu. W warstwie programowej został wykorzystany moduł widzenia maszynowego Vision środowiska LabVIEW, który umożliwia współpracę z kamerami USB [4].



Fig. 3. The laboratory research stand of multidisc grinder

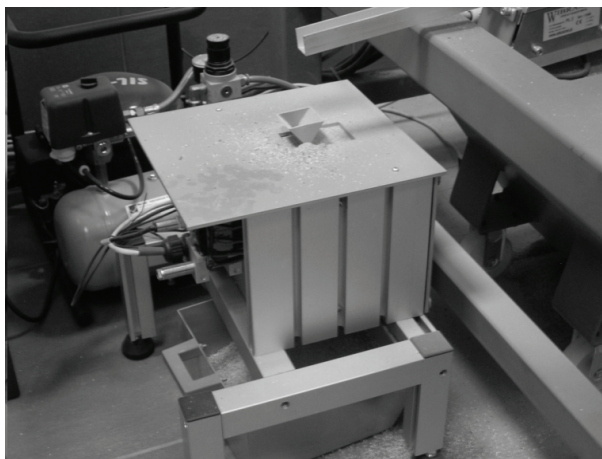


Fig. 4. The measuring chamber with camera

3. MOŻLIWOŚCI POMIAROWE

Dla pola widzenia kamery wynoszącego 2,5 cm na 2 cm system pomiarowy zapewnia rozdzielczość 0,02 mm/pixel. Minimalna średnica wykrywanej cząstki wynika m.in. z nastawianych podczas eksperymentu parametrów dostępnych w funkcjach wizyjnych środowiska LabVIEW, które pozwalają pozbyć się obiektów najmniejszych i o kształcie znacznie odbiegającym od kołowego. Większość parametrów wejściowych programu należy dobrać doświadczalnie dla danej próbki materiału. Przykładowy obraz z zarejestrowanymi cząstkami, opisanymi polem powierzchni w pikselach, został pokazany na rysunku 5 (Fig. 5). Jeżeli przeznaczenie produktu rozdrabniania biomasy jest określone do celów energetycznych, to można przyjąć, że 97% produktu powinno mieć średnicę mniejszą niż 0,2 mm; w przypadku rozdrabniania dla celów spożywczych najkorzystniejsze są średnice od 0,8 mm do 1 mm. Aplikacja rozdrabniacza pozwala na określenie procentowego udziału drobin w 15 przedziałach (klasach), w zakresie średnic do 3 mm. Podczas praktycznych testów możliwe było wykrywanie elementów o średnicach rzędu 0,07 mm. Na rynku dostępne są profesjonalne analizatory wielkości cząstek charakteryzujące się zdecydowanie lepszymi parametrami (np. firmy Fritsch o zakresie pomiarowym od 0,08 μm do 2,1 mm) jednak, podobnie jak w przypadku

metody sitowej, użycie ich jest możliwe dopiero po zakończeniu rozdrabniania. W omawianym stanowisku jest możliwość ciągłego śledzenia wyników eksperymentu i ewentualna natychmiastowa zmiana parametrów procesu. Również koszt samego analizatora znacznie przewyższa nakłady poniesione na budowę części pomiarowej rozdrabniacza.



Fig. 5. Processed image from camera

4. PODSUMOWANIE

Omawiany rozdrabniacz umożliwia dobór optymalnych nastaw prędkości obrotowej i kierunku obrotów poszczególnych tarcz dla wymaganych cech produktu wyjściowego z uwzględnieniem całkowitej mocy pobieranej przez silniki. Ewentualne usterki w działaniu jakiegokolwiek podsystemu sygnalizowane są na panelu czołowym aplikacji, a cały proces zostaje zatrzymany. Efektem działania programu jest plik w formacie Excela z zapisanymi wartościami poboru mocy, momentu obrotowego, prędkości obrotowej dla poszczególnych silników napędzających tarcze oraz liczności rozpoznanych obiektów dla kilkunastu przedziałów średnic. Wyniki uzyskane w ramach procesu rozdrabniania za pomocą stanowiska laboratoryjnego pozwolą na dalszą analizę procesu rozdrabniania dla różnych materiałów.

LITERATURA

1. Macko M.: Metoda doboru rozdrabniaczy wielokrawędziowych do przeróbki materiałów polimerowych. Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz 2011.
2. Tyszczyk K., Peszyński K., Mroziński A., Śmigielski G.: Analysis and modeling of variables of the precise shredder's pneumatic material transport's system, MATEC Web of Conferences 157, 01020, 2018.
3. Lesiak P., Świsulski D.: Komputerowa technika pomiarowa w przykładach. PAK, Warszawa 2002.
4. Relf C. G.: Image Acquisition and Processing with Lab VIEW. CRC Press, New York 2004.