

APARATURA

BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Analiza trwałości elementów roboczych młyna wirnikowego przy mikronizacji okrywy nasiennej ziarna owsa

WOJCIECH TARASIUK^{1,3}, DARIUSZ DZIKI^{2,3}, PAWEŁ JOCHYMEK³

¹POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA, WYDZIAŁ MECHANICZNY, BIAŁYSTOK

²UNIwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Lublin

³SILCAR SP. Z O. O., KATOWICE

Słowa kluczowe: trwałości, zużycie, mikronizacja

STRESZCZENIE:

W pracy przedstawiono wyniki badań eksploatacyjnych dotyczących trwałości elementów roboczych młyna wirnikowego. Jego tarcza i bijaki zostały wykonane ze stali 40HM ulepszonej cieplnie. Materiałem poddanym mikronizacji była okrywa nasiennej ziarna owsa o wilgotności nie przekraczającej 8%. Jako parametr określający zużycie przyjęto wydajność procesu mikronizacji. Jego spadek o 30% przyjęto za granicę opłacalności procesu i moment, w którym należy wymienić elementy robocze w postaci bijaków. Na podstawie badań wyznaczono czas pracy bijaków nie powodujący istotnego zmniejszenia wydajności, który wynosi dla badanych parametrów i materiałów 50 h.

Durability analysis of rotor mill working components during the micronisation of oat seed coats

Keywords: durability, wear, micronisation

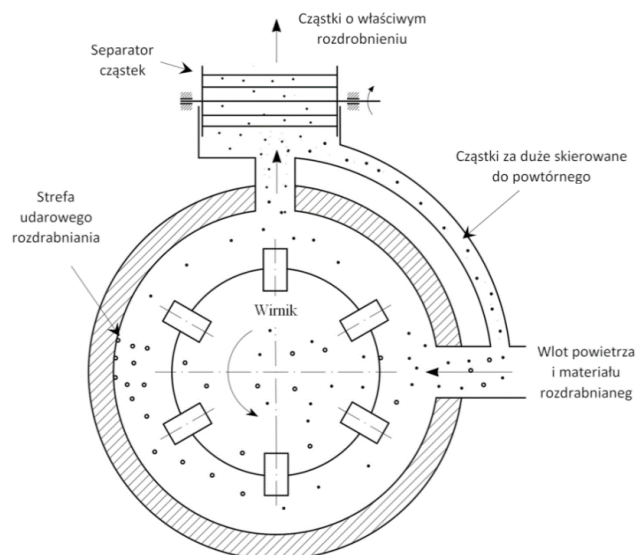
ABSTRACT:

The paper presents the results of operational tests aimed at verifying the durability of a rotor mill's working components. Its rotor and beaters were made of heat-treated 40HM steel. The material subjected to micronisation was oat grain seed coats with a moisture content not exceeding 8%. Micronisation process efficiency was assumed as the parameter determining equipment wear. Its decrease by 30% was set as the process profitability limit and the moment when the working components, beaters, should be replaced. Conducted research allowed the working time of beaters without a significant efficiency loss to be determined – 50 h for the tested parameters and materials.

1. WSTĘP

W wielu procesach technologicznych stosowanych w różnych dziedzinach przemysłu wykorzystuje się materiały rozdrobnione. Uzyskuje się je za pomocą różnego rodzaju młynów [1, 7]. Różnią się one między sobą budową, wydajnością [4] i uzyskiwanym stopniem rozdrobnienia [1]. Przemysł spożywczy jest jednym z tych, w którym wybrane surowce o wielkości ziaren poniżej $100\ \mu\text{m}$ wykorzystywane są w dużych ilościach – stąd konieczność stosowania młynów charakteryzujących się wysoką wydajnością. Elementy młyna odznaczające się dużą trwałością będą czyniły proces rozdrabniania tańszym, a ich cząstki powstające w procesie zużycia w mniejszej ilości będą przedostawać się do produktu końcowego. Proces rozdrabniania [4, 9] polega na rozdzieleniu ciał stałych na mniejsze części przy użyciu sił zewnętrznych, które niszczą wewnętrzną spójność ich struktury. Zgodnie z normą PN-72/C-47270 rozdrabnianie możemy podzielić na dwa procesy: kruszenie i mielenie. Kryterium podziału stanowi większy lub mniejszy udział ziaren powyżej lub poniżej $1\ \text{mm}$. Aby sprostać wymaganiom dotyczącym wydajności i stopnia rozdrobnienia produktu opracowano różnorodne konstrukcje młynów. Istotne jest określenie sposobu i warunków przekazywania energii rozdrabnianemu materiałowi przez elementy robocze młyna. Według literatury [4, 7] podstawowe sposoby rozdrobnienia występujące w młynach to zgniatanie, uder, ścieranie lub łamanie. W rzeczywistości wszystkie te procesy występują łącznie, lecz w zależności od zastosowanego rozwiązania konstrukcyjnego jeden z nich przeważa. Dlatego tak ważny jest odpowiedni dobór parametrów technicznych i technologicznych młyna do konkretnego rodzaju rozdrabnianego materiału [6]. Oprócz konstrukcji, ważnym aspektem jest dobór tworzywa przeznaczanego na elementy robocze młyna. Zastosowany materiał będzie wpływał na niezawodność konstrukcji, jakość produktu oraz koszty eksploatacji urządzenia [3, 5]. Wiąże się z tym potrzeba poznania procesów zużycia zachodzących podczas rozdrabniania określonego surowca w danym rodzaju młyna. W przemyśle spożywczym istotne jest, aby produkt zużycia nie zanieczyszczał materiału rozdrobnionego. Młyny wirnikowe zapewniają wysoką wydajność przy zachowaniu rozdrobnienia na poziomie poniżej $100\ \mu\text{m}$. Rozdrabnianie materiału następuje

w nich na skutek dynamicznego kontaktu cząstki z łopatką wirnika młyna i ścianki komory (Rys. 1). Cząstka materiału pęka i zmienia swój kształt, natomiast łopaska młyna ulega erozji [5]. Oba zachodzące procesy są współzależne. Cząstki po rozbiciu trafiają na klasyfikator, który przepuszcza te o właściwym rozdrobnieniu i zwraca do komory mielącej te za duże [1].



Rysunek 1 Schemat działania młyna wirnikowego z separacją cząstek

W młynach wirnikowych zużycie erozyjne materiału łopatek oraz wirników zachodzi w strumieniu cząstek ciał stałych (np. łuska kakaowca, łuska owsa, itp.). Zużycie to jest wywołane oddziaływaniem mieszaniny luźnych ziaren, zawieszonych w gazie i uderzających z dużą prędkością o powierzchnię materiału łopatki. Skutki uderzenia zależą od energii kinetycznej ziaren i dotyczą zarówno ziaren rozdrabnianych, jak i materiału uderzanego [2, 4]. Zużycie erozyjne materiałów, w ustalonych warunkach eksploatacji, zależy w dużej mierze od ich właściwości mechanicznych [3, 5, 8].

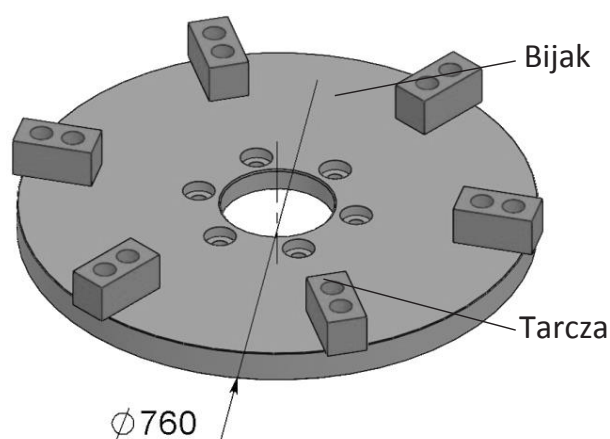
2. PRZEDMIOT BADAŃ

W pracy poddano analizie elementy robocze młyna wirnikowego, które uległy zużyciu w trakcie mikronizacji okrywy nasiennej ziarna owsa. Jest to frakcja ziarna, którą pozyskuje się w procesie obtuskiwania. Surowiec poddawany mikronizacji charakteryzował się wilgotnością poniżej 8%. Młyn wirnikowy wchodził w skład linii do mikronizacji błonników. Parametry jego pracy podano w Tabeli 1.

Tabela 1 Parametry pracy młyna wirnikowego

Parametr	Wartość
Prędkość obrotowa tarczy	3710 obr/min
Prędkość obrotowa wirnika klasyfikatora	2890 obr/min
Wydajność młyna	500 kg/h
Przepływ powietrza	2 m ³ /s

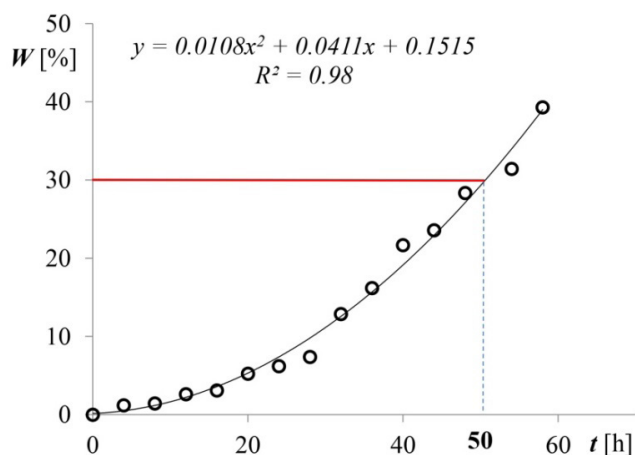
Elementy robocze w postaci bijaków i tarczy młyna (Rys. 2) zostały wykonane ze stali 40HM i poddane ulepszeniu cieplnemu.



Rysunek 2 Elementy robocze – bijak i tarcza młyna

3. WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Trwałość elementów roboczych w trakcie mikronizacji warstwy okrywowo-nasiennej ziarna owsa zbadano doświadczalnie, co godzinę ważąc zmikronizowany materiał. Spadek wydajności o 30% przyjęto za wskaźnik nadmiernego zużycia elementów roboczych młyna. Łączny czas testu wynosił 60 h. Uzyskane wyniki przedstawiono na Rysunku 3.

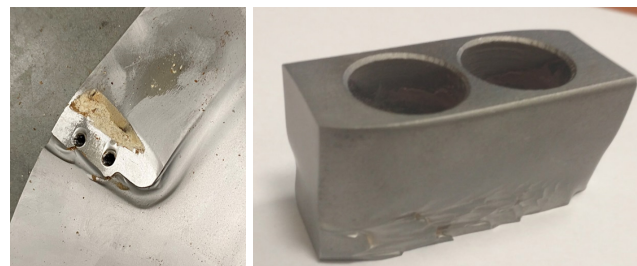


Rysunek 3 Spadek wydajności W procesu mikronizacji w zależności od czasu t

Na podstawie uzyskanych wyników wyznaczono wielomian opisujący spadek wydajności procesu mikronizacji na skutek zużywania się w czasie elementów roboczych młyna, który ma postać:

$$W = 0.0108x^2 + 0.0411x \mp 0.1515.$$

Elementy robocze w postaci tarczy i bijaków po 60 h pracy nosiły wyraźne ślady zużycia (Rys. 4).



Rysunek 4 Widok elementów roboczych młyna wirnikowego po 60 h pracy (materiał mikronizowany – warstwa okrywowa ziarna owsa, wilgotność < 8%)

4. WNIOSKI

Przeprowadzone badania eksploatacyjne pozwoliły na określenie trwałości elementów roboczych młyna wirnikowo-strumieniowego. Uzyskane wyniki można odnieść do zastosowanego materiału (stal 40HM) oraz zastosowanych parametrów pracy. W przypadku zmiany parametrów eksploatacyjnych urządzenia lub użycia innego surowca, trwałość elementów może różnić się od tej wyznaczonej w eksperymencie.

Analizując uzyskane wyniki można stwierdzić, że:

- spadek wydajności o 30% osiągamy po około 50 h pracy mikronizatora,
- 60 h mikronizacji warstwy okrywowo-nasiennej ziarna owsa powoduje spadek wydajności procesu o około 40%,
- trwałość elementów roboczych mikronizatora pozwala na mikronizację około 18 ton warstwy okrywowo-nasiennej ziarna owsa,
- w celu prognozowania trwałości elementów roboczych mikronizatora możemy posłużyć się wielomianem: $W = 0.0108x^2 + 0.0411x - 0.1515$.

Konflikt interesów:

Autorzy nie zgłaszają konfliktu interesów.

LITERATURA

- [1] Dziki D., Tarasiuk W., Łysiak G., Jochymek P., The Study of Particle Size Distribution of Micronized Oat Bran Layer, [in:] *Agricultural Engineering*, vol. 24(2020): Issue 2, pp. 45-54.
- [2] Gotsis C., Sofokleous K., Comparison of Grinding Kinetics between a Typical Ball Mill and a Ball Mill Fitted with a Breaker Plate, [in:] *Metallurgical and materials transactions*, Volume 29B(1998), pp. 17-22.
- [3] Hejwowski T., *Studium procesów zużywania erozyjnego, ściernego i zmęczenia cieplnego elementów maszyn oraz kształtowanie struktur o korzystnych właściwościach eksploatacyjnych*, Lublin: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2003.
- [4] Krupicz B., Liszewski M., Współczynnik restytucji prędkości cząstek podczas zderzenia z łopatkami młyna wirnikowego, [w:] *Tribologia* vol. 225, nr 3/2009, s. 87-96.
- [5] Krupicz B., Tarasiuk W., Napiórkowski J., Ligier K., Influence of the impact angle of a solid particle jet on the erosion wear of 38GSA and Hardox 500 steel, [in:] *Tribologia*, vol. 273, nr 3/2017, pp. 85-90.
- [6] Prabhasankar P., Rao P. H., Effect of different milling methods on chemical composition of whole wheat flour, [in:] *Eur Food Res Technol* vol. 213(2001), pp. 465-469, DOI 10.1007/s002170100407.
- [7] Tartakovskii B. I., Production of Thin-Walled Pipe on a System with a Three-Roller Mill, [in:] *Steel in Translation*, vol. 39(2009), No. 11, pp. 1024-1026.
- [8] Węgrzyn T., Piwnik J., Wszółek Ł., Tarasiuk W., Shaft wear after surfacing with micro-jet cooling, [in:] *Archives of Metallurgy and Materials*, vol. 60(2015), Issue 4, pp. 2625-2630.
- [9] Yan H. Z., Kong F. Q., Xiong W., Li B. Q., Lib J., Zhu M., The influence of ball milling process on formation and electrochemical properties of amorphous MgNi hydrogen storage alloys, [in:] *Materials Science and Engineering A*, vol. 435-436(2006), pp. 711-716.

Podziękowania: Badanie zostało częściowo sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (numer projektu POIR.01.01.01.-00-0289 / 17-00)