

WPLYW ŚREDNICY OTWORÓW SIT ROZDRABNIACZA BIJAKOWEGO NA EFEKTYWNOŚĆ ROZDRABNIANIA SŁOMY RZEPAKOWEJ

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań oddziaływania średnicy otworów sit rozdrabniacza bijakowego na parametry charakteryzujące proces rozdrabniania słomy rzepakowej. Badania przeprowadzono przy zastosowaniu zestawu sit o średnicy otworów 4, 5, 7, 10 i 12 mm. W szczególności wyznaczono skład granulometryczny materiału po rozdrobieniu oraz wydajność i energochłonność procesu rozdrabniania.

Słowa kluczowe: rozdrabnianie, średnica otworów sit, rozdrabniacz bijakowy, słoma rzepakowa, badania

Wprowadzenie

W ostatnich latach wyjątkowym zainteresowaniem w kontekście produkcji kompaktowanych biopaliw stały się słoma [1-4]. Do celów energetycznych - ze względu na korzystny skład pierwiastkowy - szczególnie nadaje się słoma rzepakowa. Możliwość jej zagospodarowania w tym kierunku jest o tyle ważna, iż najczęściej nie znajduje ona innego wykorzystania i przeznaczana jest na zaoranie.

W procesach wytwarzania formowanych biopaliw stałych zachodzi konieczność rozdrabniania słomy do rozmiarów cząstek, których wielkość umożliwia prawidłowy przebieg aglomerowania [5]. Przykładowo, podczas produkcji granulatu wymagane jest zwykle dostosowanie stopnia rozdrobnienia surowca do wielkości średnicy otworów matrycy. Z przeprowadzonych w tym zakresie badań wynika, że czynnik ten ma wpływ zarówno na energochłonność aglomerowania, jak też na jakość gotowego produktu [6-9].

Powszechnie wiadomo, iż rozdrabnianie surowców rolniczych (a zwłaszcza włóknistych) wiąże się z ponoszeniem wysokich nakładów energetycznych [10]. W przypadku słomy proces ten najczęściej realizowany jest z zastosowaniem rozdrabniaczy bijakowych. Jednym z najważniejszych parametrów, wpływających na przebieg rozdrabniania w tego typu urządzeniach, jest średnica otworów sit opasujących wirnik. W głównej mierze decyduje ona o stopniu rozdrobnienia i, co się z tym wiąże, ponoszonych nakładach energetycznych.

Mając na uwadze powyższe, celem niniejszych badań jest określenie wpływu średnicy otworów sit rozdrabniacza na parametry procesu rozdrabniania słomy rzepakowej.

Materiał i metodyka

Surowiec pochodził z kampanii żniwnej 2012 roku. Słoma przed zebraniem z pola poddana została procesowi wędnięcia, który polegał na oddziaływaniu zmiennych warunków atmosferycznych przez okres 3 tygodni. W tym czasie słoma uległa wysuszeniu i następnie została pocięta na sieczkę o długości około 1 cm. Tak przygotowany surowiec (o średniej wilgotności 12%) rozdrabniano w rozdrabniaczu H-950 wyposażonym w sita o wymiarach otworów 4, 5, 7, 10 i 12 mm. Dla tak rozdrobnionego materiału określono gęstość w stanie zsypanym (zgodnie z PN-EN 15103:2010) oraz skład granu-

lometryczny, który posłużył do wyznaczenia średniego wymiaru cząstek po rozdrobieniu. Skład granulometryczny surowca wyznaczono zgodnie z PN-EN 15149-2:2011 przy wykorzystaniu laboratoryjnego przesiewacza SASKIA Thyr 2 i zestawu sit o wymiarach oczek: 4; 2,5; 1,6; 1,0; 0,8; 0,63; 0,4; 0,315; 0,1 mm. Czas trwania odsiewu wynosił dwie minuty. Po przesianiu każdą klasę wymiarową ważono na wadze WPE 300. Średni wymiar cząstek (moduł rozdrobnienia) obliczono ze wzoru:

$$d_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} h \cdot Z}{100} \quad [\text{mm}],$$

gdzie: d_{sr} - średni wymiar cząstek, [mm]; h - średni wymiar otworów dwóch sąsiednich sit, mm; Z - ilość cząstek zatrzymanych na danym sicie, [%]; n - liczba stosowanych sit.

Wydajność rozdrabniania (Q) wyznaczono określając masę rozdrobnionego surowca (m_r) otrzymaną w czasie (Δt) 10 min. Wydajność rozdrabniania obliczano według wzoru:

$$Q = \frac{m_r}{\Delta t} \cdot 60 \quad [\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}].$$

W celu określenia jednostkowych nakładów energii rozdrabniania (E_r) wyznaczano wartość mocy czynnej (P) zużywanej przez rozdrabniacz w tym samym przedziale czasowym, w którym badano wydajność. Pomiar i rejestrację mocy wykonano miernikiem parametrów sieci typu Vega 76 wyposażonym w cęgi pomiarowe HT96U.

Energochłonność obliczono według wzoru:

$$E_r = \frac{\int_{t_1}^{t_2} P(t) dt}{m_r} \quad [\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}].$$

Wyniki badań

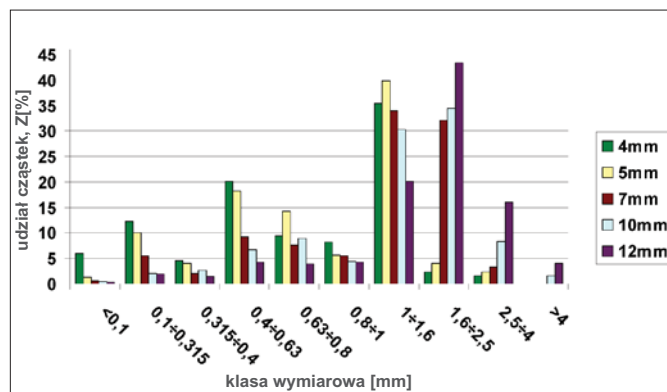
Wyniki badań składu granulometrycznego, uzyskanego w następstwie rozdrobnienia słomy rzepakowej przy użyciu sit o różnej średnicy otworów przedstawiono na rys. 1 oraz w tab. 1.

Tab. 1. Zawartość poszczególnych klas wymiarowych rozdrobnionej słomy rzepakowej [%] dla różnych wielkości otworów sit rozdrabniacza

Table 1. Share of size fractions of oilseed rape straw [%] at various hammer mill screen sizes

Średnica otworów sit [mm]	Klasa wymiarowa [mm]									
	<0,1	0,1÷0,315	0,315÷0,4	0,4÷0,63	0,63÷0,8	0,8÷1	1÷1,6	1,6÷2,5	2,5÷4	>4
4	6	12,28	4,56	20,12	9,48	8,16	35,44	2,32	1,64	0
5	1,4	10,08	4,08	18,28	14,24	5,68	39,88	4	2,36	0
7	0,57	5,56	2,12	9,16	7,6	5,51	33,96	32,16	3,36	0
10	0,46	2,04	2,64	6,76	9	4,38	30,28	34,48	8,32	1,64
12	0,38	1,96	1,52	4,24	3,96	4,32	20,06	43,48	16,04	4,04

Otrzymane wyniki wskazują, że w przypadku stosowania sit o średnicy otworów 4 i 5 mm, największa ilość rozdrobnionego materiału (odpowiednio 90,04 i 92,39%) zawiera się w przedziale od 0,1 do 1,6 mm. Natomiast w odniesieniu do sit o średnicy otworów 7 i 10 mm jest to przedział obejmujący zakres od 0,4 do 2,5 mm (zawartość 88,39 i 84,9% rozdrobnionego materiału). Z kolei dla sita o średnicy otworów 12 mm, największa ilość materiału (92,1%) przypada na przedział od 0,4 do 4,0 mm. Przy czym w odniesieniu do poszczególnych klas wymiarowych najwięcej materiału znajduje się w klasie 1,0-1,6 mm w przypadku sit 4 i 5 mm (odpowiednio 35,44 i 39,88%) i w klasie 1,6-2,5 mm dla sit o średnicy otworów 10 i 12 mm (odpowiednio 34,48 i 43,48%). Natomiast dla sita 7 mm najwyższą zawartość materiału zaobserwowano zarówno dla klasy 1,0-1,6 mm (33,96%) jak i 1,6-2,5 mm (32,16%). Warto również odnotować, iż niezależnie od zastosowanych sit, za każdym razem zawartość materiału w zakresie wielkości cząstek od 0,4 do 2,5 mm wynosi co najmniej 75%, a dla sita 7 mm jest ona najwyższa i wynosi aż 88,39%. Fakt ten jest o tyle istotny, iż według danych literaturowych [5-7] do aglomerowania (a przede wszystkim granulowania) najlepiej nadają się surowce o rozdrobnieniu drobnym i średnim, co odpowiada wielkości cząstek z wyżej wspomnianego zakresu (0,4-2,5 mm).



Rys. 1. Skład granulometryczny rozdrobnionej słomy rzepakowej (Z) dla różnych wielkości otworów sit rozdrabniacza
Fig. 1. Particle size distribution of ground oilseed rape straw (Z) at various hammer mill screen sizes

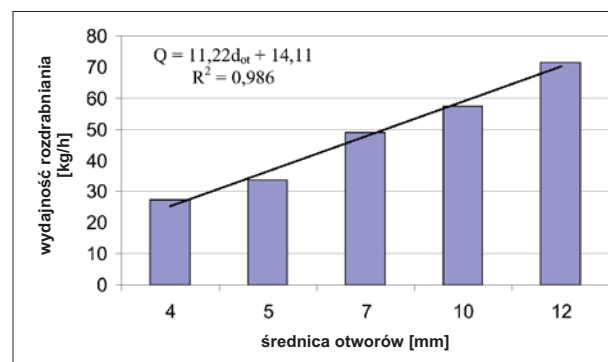
Z danych zestawionych w tab. 2 wynika, iż średni wymiar cząstek surowca (d_{sr}) w zależności od średnicy otworów użytych sit w rozdrabniaczu (d_{ot}) waha się w przedziale od 0,85 do 1,93 mm. Natomiast gęstość materiału w stanie zsypanym zmienia się od wartości 108,20 do 67,34 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Tak więc wzrost średniego wymiaru cząstek powoduje zmniejszanie się gęstości nasypowej rozdrobnionego materiału, a stwierdzona zależność przyjmuje charakter liniowy.

Tab. 2. Średni wymiar cząstek surowca (d_{sr}) i gęstości w stanie zsypanym (ρ_n) dla różnych średnic otworów sit rozdrabniacza (d_{ot})

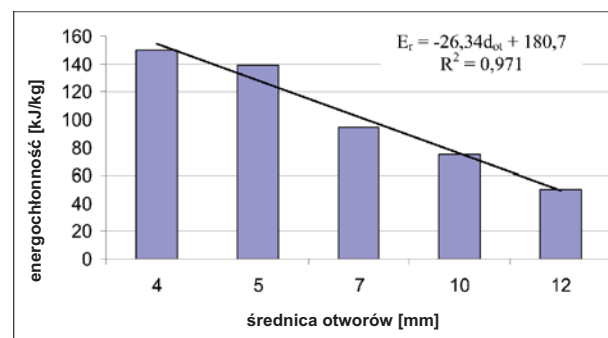
Table 2. Mean particle size (d_{sr}) and bulk density (ρ_n) for various hammer mill screen sizes (d_{ot})

Parametr	d_{ot} [mm]				
	Ø 4	Ø 5	Ø 7	Ø 10	Ø 12
d_{sr} [mm]	0,85	0,96	1,38	1,59	1,93
ρ_n [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	108,2	99,23	89,12	78,45	67,34

Oddziaływanie średnicy otworów sit (d_{ot}) na wydajność (Q) rozdrabniania słomy rzepakowej zobrazowano na rys. 2. Stwierdzono wprost proporcjonalne zależności między rozpatrywanymi parametrami. W badanym przedziale wraz ze zwiększaniem się średnicy otworów sit, wydajność procesu zwiększa się od wartości 27,29 do 71,57 $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$.



Rys. 2. Wpływ średnicy otworów sit rozdrabniacza (d_{ot}) na wydajność rozdrabniania słomy rzepakowej (Q)
Fig. 2. Correlation between the hammer mill screen sizes (d_{ot}) and grinding output of oilseed rape straw (Q)



Rys. 3. Wpływ średnicy otworów sit rozdrabniacza (d_{ot}) na energochłonność rozdrabniania słomy rzepakowej (E_g)
Fig. 3. Correlation between the hammer mill screen sizes (d_{ot}) and grinding energy consumption of oilseed rape straw (E_g)

Z kolei na rys. 3 zilustrowano wpływ średnicy otworów sit rozdrabniacza (d_{ot}) na energochłonność procesu (E). W tym przypadku zaobserwowano odwrotnie proporcjonalną zależność między analizowanymi parametrami. W wyniku zwiększania średnicy otworów sit następuje zmniejszenie jednostkowych nakładów energii rozdrabniania od wartości 149,60 do 50,15 kJ·kg⁻¹.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można przedstawić następujące wnioski:

1. Wykazano, iż skład granulometryczny rozdrobnionego materiału zależy istotnie od wielkości otworów sit w rozdrabniaczu. Przy czym niezależnie od stosowanych średnic, najliczniejszą grupę wymiarową stanowią cząstki zawarte w klasach wymiarowych 1,0-1,6 mm i 1,6-2,5 mm. Najwyższa zawartość odnosi się do sita 7 mm i wynosi średnio 66,12%.
2. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem średnicy otworów sit zwiększa się wartość średniego wymiaru cząstek surowca po rozdrobnieniu oraz zmniejsza się wartość gęstości materiału w stanie zsypanym. Dla skrajnych wartości średnic stwierdzony wzrost parametru d_{sr} wynosi średnio 127%, a spadek gęstości wynosi przeciętnie -38%.
3. Wydajność procesu rozdrabniania słomy rzepakowej rośnie wraz ze zwiększaniem się średnicy otworów stosowanych sit. W analizowanym przedziale na skutek zmiany średnicy z wartości 4 mm na 12 mm, średni przyrost wydajności wynosi 162%.
4. Wzrost średnicy otworów sit w rozpatrywanym przedziale powoduje zmniejszanie wartości jednostkowych nakładów energii rozdrabniania przeciętnie o -67%.

Bibliografia

- [1] Adamczyk F., Frąckowiak P., Mielec K., Kościcki Z.: Problematyka badawcza w procesie zagęszczania słomy przeznaczonej na opał. *Journal of Research and Application in Agricultural Engineering*, 2005, 50(4), 5-8.
- [2] Fiszer A.: Badania porównawcze współczynnika trwałości brykietów ze słomy. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2008, 53(3), 69-71.
- [3] Adapa P., Tabil L., Schoenau G.: Compaction characteristics of barley, canola, oat and wheat straw. *Biosystems Engineering*, 2009, 104, 335-344.
- [4] Adamczyk F., Frąckowiak P., Zbytek Z.: Sposoby wykorzystania biomasy stałej na cele energetyczne. Część 2. Słoma i odpady rolnicze. *Technika Rolnicza-Ogrodnicza-Leśna*, 2010, nr 6.
- [5] MacMahon M.J., Payne J.D.: *The Pelleting Handbook*. Borregaard Lignotech, Sarpsborg Norway, 1991.
- [6] Kulig R., Laskowski J.: Określenie zależności między stopniem rozdrobnienia nasion roślin strączkowych a parametrami procesu granulowania. *Inżynieria Rolnicza*, 2002, 7a, 155-163.
- [7] Kulig R., Laskowski J.: Nakłady energii w procesie granulowania śrut pszenicy o różnym stopniu rozdrobnienia. *Motrol*, 2006, tom 8A, 187-192.
- [8] Kulig R., Laskowski J.: The effect of preliminary processing on compaction parameters of oilseed rape straw. *Teka Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 2011, vol. 11, 209-217.
- [9] Mani S., Tabil L.G., Sokhansanj S.: Effects of compressive force, particle size and moisture content on mechanical properties of biomass pellets from grasses. *Biomass and Bioenergy*, 2006, 30(7), 648-654.
- [10] Laskowski J., Łysiak G., Skonecki S.: Mechanical properties of granular agro-materials and food powders for industrial practice. Part II. Material properties in grinding and agglomeration. Centre of Excellence for Applied Physics in Sustainable Agriculture AGROPHYSICS, Institute of Agrophysics PAS, Lublin, 2005, 159 ss.

INFLUENCE OF HAMMER MILL SCREEN SIZE ON GRINDING PARAMETERS OF OILSEED RAPE STRAW

Summary

The paper presents results of the research on the influence of hammer mill screen sizes on grinding parameters of oilseed rape straw. The experiments were conducted using 4, 5, 7, 10 and 12 mm screen diameters. Energy consumption and output during grinding as well as particle size distribution were evaluated.

Key words: grinding, screen sizes, hammer mill, oilseed rape straw, experimentation



Podręcznik pt. **MASZyny ROLNICZE** adresowany jest do szerokiego grona pracowników dydaktycznych i słuchaczy uczelni przyrodniczych oraz użytkowników maszyn rolniczych. Zawarto w nim podstawowe informacje z przedmiotu "Technika rolnicza i eksploatacja maszyn rolniczych" wykładanego na ww. Uczelniach. Problematyka wykładów tego przedmiotu obejmuje charakterystykę szerokiego i niezwykle różnorodnego asortymentu maszyn i urządzeń technicznych. Wyczerpujące omówienie czy opisanie całości materiału jest niemożliwe. Z tych też względów w podręczniku przedstawiono ściśle wyselekcjonowane partie materiału - informacje podstawowe oraz te, które są dziełem autorów lub powstały przy znaczącym ich udziale. Stąd też, pomimo że podręcznik ma charakter pozycji dydaktycznej, nosi znamiona pracy monograficznej. Materiał uzupełniający stanowi literatura zamieszczona na końcu każdego z rozdziałów.

Wydawca:

Branżowy Ośrodek Informacji Naukowej, Ekonomicznej i Normalizacyjnej
Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych
60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31
tel. 061 87-12-200; fax 061 879-32-62;
e-mail: office@pimr.poznan.pl; Internet: <http://www.pimr.poznan.pl>