

OCENA WYDAJNOŚCI BRYKIETOWANIA ORAZ JAKOŚCI BRYKIETÓW WYTWORZONYCH Z WYBRANYCH SUROWCÓW ROŚLINNYCH*

Ignacy Niedziółka

Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Mieczysław Szpryngiel, Artur Kraszkiewicz, Magdalena Kachel-Jakubowska

Katedra Eksploatacji Maszyn i Zarządzania w Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań wydajności brykietowania oraz jakości brykietów wytworzonych z wybranych surowców roślinnych w brykietciarce ślimakowej JW-08. Analizowano wyniki dotyczące średnicy zewnętrznej i wewnętrznej brykietów oraz ich długości i masy. Do procesu zagęszczania użyto słomy rzepakowej, słomy pszennej, siana łąkowego i łodyg szałowca, stosując odpowiednie temperatury w komorze zagęszczania brykietciarki, tj. 200, 225 i 250°C. Zarówno wydajność brykietowania, jak też jakość wytworzonych brykietów były zróżnicowane. W zależności od użytego surowca i przyjętej temperatury w komorze zagęszczania wydajność brykietowania wahała się od 37 do 74 kg·h⁻¹. Z kolei średnica zewnętrzna i wewnętrzna brykietów różniła się nieznacznie, niezależnie od przyjętych parametrów procesu zagęszczania. Natomiast długość i masa brykietów zwiększały się wraz ze wzrostem temperatury w komorze zagęszczającej brykietciarki dla wszystkich badanych surowców. Najlepsze efekty procesu brykietowania uzyskano w przypadku zagęszczania łodyg szałowca przy temperaturze komory zagęszczania 250°C, natomiast najmniej korzystne w przypadku słomy rzepakowej przy temperaturze 200°C.

Słowa kluczowe: biomasa roślinna, brykietowanie, wydajność, jakość brykietów

Wstęp

W warunkach Polski biomasa roślinna jest potencjalnie największym źródłem energii odnawialnej. Każdego roku powstaje znaczna ilość odpadów produkcyjnych w rolnictwie, leśnictwie i przetwórstwie rolnym. Biomasa w porównaniu z konwencjonalnymi, a także niektórymi odnawialnymi źródłami energii, ma wiele zalet, ale też i wad. Wśród zalet należy wymienić m.in.: mniejszą emisyjność produktów spalania biomasy, możliwość wykorzystania lokalnych zasobów i nadwyżek produkcyjnych, relatywnie niższe nakłady finansowe na ich wytworzenie, decentralizację produkcji energii i zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego kraju. Natomiast do wad należy zaliczyć: małą gęstość nasypową i właści-

* *Praca naukowa finansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki w latach 2011-2014 jako projekt badawczy nr N N313 757540*

wą, szeroki przedział wilgotności (15-60%), sezonową dostępność niektórych rodzajów biomasy, możliwość wystąpienia zagrożeń natury biologicznej i pożarowej, mniejszą wartość opałową w porównaniu z paliwami kopalnymi, wysoką zawartość części lotnych oraz związków chloru i siarki, itp. [Grzybek 2003, Lisowski i in. 2010, Niedziółka i Szymanek 2010].

Głównym problemem efektywnego wykorzystania biomasy do produkcji biopaliw jest często jej wysoka wilgotność oraz niska koncentracja energii w jednostce objętości. W tej sytuacji zachodzi konieczność odpowiedniego przygotowania i aglomeracji biomasy w postaci peletów lub brykietów. Do tego celu wykorzystuje się różnego rodzaju maszyny i urządzenia przeznaczone do zbioru, suszenia, rozdrabniania oraz zagęszczania, takie jak: sieczkarnie, prasy, suszarki, rozdrabniacze i pelecarki lub brykietarki. Brykiety wytwarzane są w procesie ciśnieniowej aglomeracji, w której rozdrobniony materiał roślinny, w wyniku działania sił zewnętrznych (naciski zagęszczające) i wewnętrznych (wiązania międzycząsteczkowe), przybiera trwałą postać o określonych kształtach i wymiarach geometrycznych. W zależności od stosowanych rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń zgęszczających brykiety mogą mieć różne kształty (walcowy, kwadratowy, sześciokątny itp.) oraz charakteryzować się zróżnicowanymi właściwościami fizycznymi i mechanicznymi [Hejft 2011, Niedziółka i in. 2010].

Przebieg procesu aglomeracji rozdrobnionych materiałów roślinnych zależy zarówno od właściwości fizycznych i chemicznych surowców, jak też od parametrów pracy urządzeń zagęszczających. Optymalizacja tego procesu przy masowej produkcji brykietów z różnych materiałów roślinnych powinna być dokonywana ze względu na późniejsze ich wykorzystanie. Ważny jest przede wszystkim odpowiedni dobór urządzeń zagęszczających i ich parametrów roboczych do właściwości fizycznych i chemicznych biomasy [Frączek i in. 2010; Szyszlak-Bargłowicz 2008]. Stąd uzyskanie dużej wydajności i wysokiej jakości produktu ma istotne znaczenie w procesie produkcji brykietów. W zależności od ich przeznaczenia powinny być trwałe, nie rozpadać się i odznaczać wysoką gęstością. Ponadto w przypadku użycia brykietów opałowych jako paliwa do kominków, liczą się także względy estetyczne aglomeratu. Z kolei w energetyce zawodowej, gdzie biopaliwa roślinne w formie zagęszczonej są przed spalaniem poddawane rozdrobnieniu, wysoka gęstość brykietów nie jest wymagana.

Celem pracy była analiza i ocena wydajności brykietowania oraz jakości brykietów wytworzonych z wybranych surowców roślinnych w brykietarce ślimakowej JW-08.

Materiał i metody badań

Do wytwarzania brykietów użyto słomy rzepakowej, słomy pszennej, siana łąkowego oraz łądyg ślázowca pensylwańskiego. Wilgotność poszczególnych surowców roślinnych oznaczano metodą suszarkową zgodnie z normą PN-EN 15414-3:2011. Po wytworzeniu brykietów określano ich cechy fizyczne, tj. średnicę zewnętrzną i wewnętrzną, długość oraz masę. Wymiary uzyskanych brykietów określano za pomocą suwmiarki (z dokładnością pomiaru $\pm 0,1$ mm), natomiast masę przy użyciu wagi laboratoryjnej WPT 3/6 (z dokładnością pomiaru $\pm 0,2$ g). Wydajność procesu brykietowania określano jako stosunek masy wytworzonych brykietów z każdego rodzaju surowca do czasu trwania tego procesu.

Przed rozpoczęciem procesu brykietowania surowce roślinne rozdrabniano przy wykorzystaniu stacyjnej siewczarki bębnowej i teoretycznej długości cięcia 20 mm. Brykiety z badanych surowców roślinnych wytwarzano w brykieciarce ślimakowej JW-08 (rys. 1). Moc silnika napędzającego ślimak brykieciarce wynosiła 4 kW, moc silnika podającego rozdrobniony materiał do komory zagęszczającej – 1,1 kW oraz moc grzałek elektrycznych – 3 kW. Średnica komory zagęszczającej brykieciarce wynosiła 80 mm, natomiast średnica końcówki prowadzącej ślimaka – 30 mm. Długość prowadnicy stabilizującej wytworzone brykiety, przymocowanej do komory zagęszczającej wynosiła 5 m. Podczas badań przyjęto następujące wielkości temperatur w komorze zagęszczania brykieciarce: 200, 225 i 250°C.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Brykieciarca ślimakowa JW-08 z prowadnicą brykietów
Fig. 1. Screw briquetting machine JW-08 with a briquette guidebar

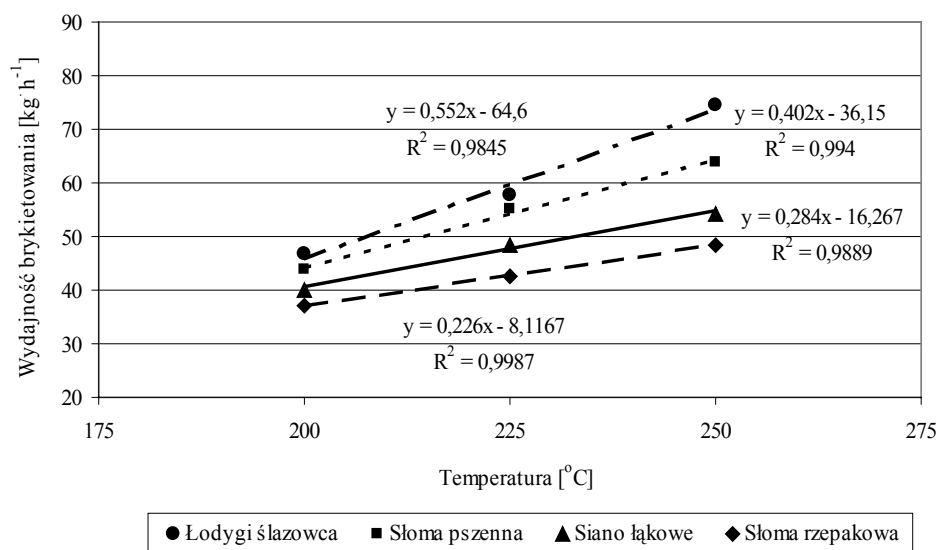
Wyniki badań i ich analiza

Średnia wilgotność rozdrobnionej słomy rzepakowej wynosiła 12,1%, słomy pszennej – 14,3%, siana łąkowego – 13,5% i łodyg ślazuwca pensylwańskiego – 10,2%.

Wydajność procesu produkcji brykietów wytwarzanych z badanych surowców roślinnych przedstawiono na rysunku 2. Analizując uzyskane wyniki badań wydajności procesu brykietowania stwierdzono, że zarówno zwiększenie temperatury w komorze zagęszczającej brykieciarce, jak też rodzaj surowca miały wpływ na ich wartość. Wydajność procesu

brykietowania w temperaturze 200°C wynosiła od 37,2 do 46,8 kg·h⁻¹, w temperaturze 225°C od 42,5 do 57,6 kg·h⁻¹, a w temperaturze 250°C od 48,5 do 74,4 kg·h⁻¹.

Wzrost wydajności produkcji brykietów pomiędzy temperaturą 200 a 250°C dla słomy rzepakowej wyniósł około 30%, dla siana łąkowego – ok. 35%, dla słomy pszennej – ok. 46% i dla łądyg ślazuca – ok. 59%. Porównując wydajności produkcji brykietów w zależności od rodzaju badanych surowców stwierdzono, że najniższe wielkości uzyskano w przypadku zagęszczania słomy rzepakowej (37,2-48,5 kg·h⁻¹), nieco wyższe dla siana łąkowego (40,1-54,3 kg·h⁻¹), natomiast najwyższe dla słomy pszennej (43,8-63,9 kg·h⁻¹) i łądyg ślazuca (46,8-74,4 kg·h⁻¹).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Średnia wydajność procesu brykietowania badanych surowców roślinnych
Fig. 2. Average efficiency of briquetting process of the tested plant materials

W tabeli 1 przedstawiono średnie wymiary brykietów wytworzonych w brykietarce ślimakowej. Porównując uzyskane wyniki pomiarów dla przyjętych parametrów procesu zagęszczania można stwierdzić, że ich wymiary obejmujące średnicę zewnętrzną i wewnętrzną nie różniły się znacznie bez względu na rodzaj użytego surowca roślinnego. Ze względu na mały rozrzut wyników (od 85,9 do 87,4 mm dla średnicy zewnętrznej i od 26,5 do 28,5 mm dla średnicy wewnętrznej) można uznać, że parametry te nie mają wpływu na końcową jakość brykietów.

Średnia długość brykietów uzyskanych z badanych surowców zmieniała się w zależności od stosowanej temperatury w komorze zagęszczania brykieciarki. Wraz ze wzrostem temperatury zwiększała się ich długość. Najkrótsze brykiety uzyskano w przypadku siana łąkowego (ok. 60 mm), wytworzone w temperaturze 200°C, natomiast najdłuższe w przypadku ślazuwca pensylwańskiego (ok. 100 mm), wytworzone w temperaturze komory zagęszczania wynoszącej 250°C (tab. 1).

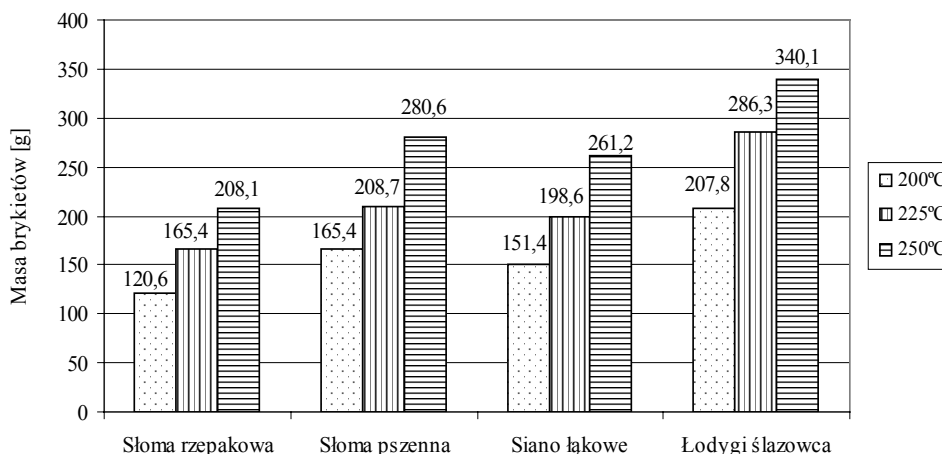
Tabela 1. Średnie wymiary brykietów wytworzonych w brykieciarce ślimakowej
Table 1. Average size of briquettes produced in a screw briquetting machine

Materiał	Temperatura [°C]	Średnica zewnętrzna [mm]	Średnica wewnętrzna [mm]	Długość [mm]
Słoma rzepakowa	200	87,0	26,5	63,5
	225	86,7	27,0	76,6
	250	86,4	27,7	81,6
Słoma pszenna	200	87,2	27,6	66,1
	225	86,2	27,8	78,6
	250	85,9	28,0	86,2
Siano łąkowe	200	87,4	28,0	60,6
	225	87,3	28,2	75,1
	250	87,1	28,5	83,7
Łodygi ślazuwca	200	86,9	27,0	74,8
	225	86,8	27,6	97,6
	250	86,6	28,0	99,3

Źródło: opracowanie własne

Analizując wpływ temperatury komory zagęszczania brykieciarki na wielkość uzyskanych brykietów stwierdzono, że wraz ze wzrostem długości zwiększała się również ich masa. Najmniejszą masą charakteryzowały się brykiety ze słomy rzepakowej (ok. 120 g), wytworzone w temperaturze komory zagęszczania 200°C, natomiast największą masą brykiety z łodyg ślazuwca (ok. 340 g), wytworzone w temperaturze komory zagęszczania brykieciarki ślimakowej wynoszącej 250°C (rys. 3).

Różnice dotyczące zarówno długości, jak i masy uzyskanych brykietów wynikają stąd, że słoma rzepakowa jest bardziej krucha i dobrze rozdrobniona w porównaniu z pozostałymi surowcami, a w związku z tym wytwarzane brykiety łatwiej rozwarstwiały się i rozpadały po opuszczeniu prowadnicy stabilizującej brykieciarki. Natomiast łodygi ślazuwca zawierają w swej strukturze frakcję włóknistą, która nie ulegała pełnemu rozdrobnieniu, stąd wytwarzane brykiety trudniej rozwarstwiały się i nie rozpadały po opuszczeniu prowadnicy stabilizującej brykieciarki. Na tej podstawie można stwierdzić, że brykiety z łodyg ślazuwca odznaczały się wyższą jakością od brykietów ze słomy rzepakowej oraz pozostałych surowców.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Średnia masa brykietów wytworzonych z badanych surowców roślinnych
 Fig. 3. Average mass of briquettes produced out of the tested plant materials

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników można sformułować następujące wnioski:

1. Wydajność procesu brykietowania zależała zarówno od rodzaju aglomerowanego surowca, jak też temperatury w komorze zagęszczającej brykietarki. Największą wydajność uzyskano podczas brykietowania rozdrobnionych łodyg ślázowca, przy temperaturze komory zagęszczania 250°C (74,4 kg·h⁻¹), natomiast najmniejszą wydajność w przypadku brykietowania słomy rzepakowej, przy temperaturze komory zagęszczania 200°C (37,2 kg·h⁻¹).
2. Zwiększanie temperatury w komorze zagęszczającej brykietarki oraz rodzaj użytego surowca roślinnego nie miały większego wpływu na wymiary wytworzonych brykietów obejmujące średnicę zewnętrzną i wewnętrzną. Ze względu na niewielkie różnice pomiędzy uzyskanymi wynikami (ok. 2 mm zarówno dla średnicy zewnętrznej, jak i wewnętrznej) można uznać, że parametry te nie mają istotnego wpływu na końcową jakość brykietów.
3. Rodzaj użytego surowca roślinnego i zwiększanie temperatury w komorze zagęszczającej brykietarki miały wpływ na wzrost długości oraz masy wytwarzanych brykietów. Najmniej korzystne efekty jakościowe związane z rozwarstwianiem się oraz wielkością brykietów uzyskano w przypadku brykietowania słomy rzepakowej w temperaturze komory zagęszczania brykietarki 200°C, a najlepsze efekty w przypadku brykietowania łodyg ślázowca w temperaturze komory zagęszczania 250°C.

Bibliografia

- Denisiuk W.** 2008. Słoma – potencjał masy i energii. Inżynieria Rolnicza. Nr 2. s. 23-30.
- Grzybek A.** 2003. Kierunki zagospodarowania biomasy na cele energetyczne. Wieś Jutra. Nr 9(62). s. 10-11.
- Hejft R.** 2011. Energochłonność procesu peletowania i brykietowania. Czysta Energia. Nr r 6(118). s. 40-41.
- Lisowski A. (red.), Chlebowski J., Klonowski J., Nowakowski T., Strużyk A., Sypuła M.** 2010. Technologie zbioru roślin energetycznych. Wyd. SGGW Warszawa, ISBN 978-83-7583-222-8.
- Niedziółka I., Szymanek M.** 2010. An estimation of physical properties of briquettes produced from plant biomass. Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. Vol. X. s. 301-307.
- Niedziółka I., Sobczak P., Zawisłak K.** 2010. Analiza wykorzystania wybranych surowców roślinnych do produkcji biopaliw stałych. Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe. Nr 11. s. 79-86.
- Praca zbiorowa pod red. J. Frączka.** 2010. Optymalizacja procesu produkcji paliw kompaktowanych wytwarzanych z roślin energetycznych. Wyd. PTIR Kraków, ISBN 978-83-930818-0-6.
- Szyszlak-Bargłowiec J., Piekarski W.** 2009. Charakterystyka biomasy jako paliwa [W:] Jackowska I. (red.) Biomasa jako źródło energii. Wyd. Wieś Jutra. s. 29-38.

ASSESSMENTS OF BRIQUETTING EFFICIENCY AND BRIQUETTES QUALITY PRODUCED OUT OF SELECTED PLANT RAW MATERIALS

Abstract. The study presents the results of the research on briquetting efficiency as well as quality of briquettes produced out of selected plant raw materials in the screw briquetting machine JW-08. Results concerning the outer diameter and inner diameter of briquettes and their length and mass. Rape straw, wheat straw, meadow hay and mallow stems were used in the process of compressing, while applying appropriate temperatures in the compression chamber of briquetting machine, that is, 200, 225 and 250 °C. Briquetting efficiency was between 37 do 74 kg·h⁻¹ depending on the material used and the temperature applied in the compression chamber. Whereas, outer and inner diameter of briquettes differ slightly, independently from the accepted parameters of the compression processes. While, length and mass of briquettes were increasing together with growth of temperature in the compression chamber of briquetting machine for all tested materials. The best effects of the briquetting process were obtained in case of mallow stems compression at the compression chamber temperature of 250°C, while the least advantageous in case of rape straw at temperature of 200°C.

Key words: plant biomass, briquetting, efficiency, briquettes quality

Adres do korespondencji:

Ignacy Niedziółka, e-mail: ignacy.niedziolka@up.lublin.pl
Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Poniatowskiego 1
20-060 Lublin