

BADANIA PROCESU ZAGĘSZCZANIA MISKANTA OLBRZYMIEGO

Leon Demianiuk

Katedra Budowy i Eksploatacji Maszyn, Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka
ul. Wiejska 45C, 15-351 Białystok
e-mail: demleon@pb.edu.pl

Streszczenie. Duże zapotrzebowanie na biomasę wykorzystywaną na cele energetyczne spowodowało zwrócenie większej uwagi na uprawne rośliny energetyczne. Jedną z tych roślin jest miskant olbrzymi. W artykule przedstawiono wyniki badań procesu zagęszczania miskanta olbrzymiego. Na podstawie analizy wyników przeprowadzonych badań określone zostały podstawowe parametry procesu zagęszczania oraz jakości otrzymanych brykietów z miskanta olbrzymiego, przeznaczonych na cele energetyczne.

Słowa kluczowe: miskant olbrzymi, naciski zagęszczające, gęstość brykietu

WPROWADZENIE

Transport, przemysł i energetyka doprowadzają do degradacji środowiska przez wprowadzanie do atmosfery tlenków azotu, siarki i węgla. Wiele krajów wprowadza programy regulacji emisji CO₂, które mają na celu zwiększenie rozsądnego wykorzystywania energii. Zwiększające się zapotrzebowanie na energię, jak również polityka podatkowa spowodowały wzrost zainteresowania możliwościami uzyskania energii z odnawialnych źródeł, a w szczególności: z elektrowni wodnych i wiatrowych, ze źródeł geotermalnych, z kolektorów słonecznych i ze źródeł wykorzystujących energię z biomasy i biogazu. Największy procent energii ze źródeł odnawialnych otrzymuje się z biomasy, która jest często odpadem z produkcji i przetwórstwa płodów rolnych, pielęgnacji zasobów leśnych itp., należą do nich:

- odpady leśne np. zrębki, ścinki i inne pozostałości po wyрубie drzew,
- odpady i produkty uboczne przemysłu leśnego np. kora, trociny i wióry,
- odpady drzewne powstające w mieście np. pozostałości po przycinaniu gałęzi drzew, koszeniu trawników, odpady z przydomowych ogródków,
- słoma zbóż i roślin oleistych (np. rzepaku) i roślin strączkowych,
- pozostałości po zbiorach np., resztki z kolb kukurydzy itp.

Innym rodzajem biomasy mogą być uprawne rośliny energetyczne. Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 14.08.2008r. mają zachęcić energetykę do inwestowania w rozwój upraw energetycznych, które w Polsce rozwijają się zbyt wolno pomimo dużej powierzchni nieużytków.

Rośliny energetyczne powinny charakteryzować się dużym przyrostem rocznym, wysoką wartością opałową, znaczną odpornością na choroby i szkodniki jak również niewielkimi wymaganiami glebowymi. Uprawa powinna być użytkowana przez okres 15-20 lat. Do najczęściej uprawianych roślin energetycznych należą: wierzba, malwa pensylwańska, miskant olbrzymi, słonecznik bulwiasty. Miskant olbrzymi znany również pod nazwą miskant chiński, trzcina chińska lub trawą słoniową jest jednym z przykładów rośliny, która w ostatnich latach szczególnie zainteresowała naukowców szukających nowych, odnawialnych źródeł energii i roślinnych surowców dla przemysłu. Przeciętna wydajność kilkuletniej plantacji kształtuje się na poziomie 20 ton biomasy z 1ha przy wilgotności ok. 20%. Wartość opałowa takiego paliwa wynosi od 14 do 17 MJ·kg⁻¹. (Roszewski 1996) a po spalaniu pozostaje ok. 2% popiołu (El Bassam 1996).

Materiał roślinny posiada przeważnie bardzo małą gęstość nasypową (od około 60-80 kg·m⁻³ – np. łuska gryki do 280 kg·m⁻³ – trociny z drzew) i jest bardzo niewygodnym materiałem do transportu i spalania w liniach automatycznych. Najlepszym sposobem zwiększenia gęstości nasypowej, zmniejszenia objętości, nadania określonego kształtu materiałowi roślinnemu jest poddanie go brykietowaniu lub granulowaniu.

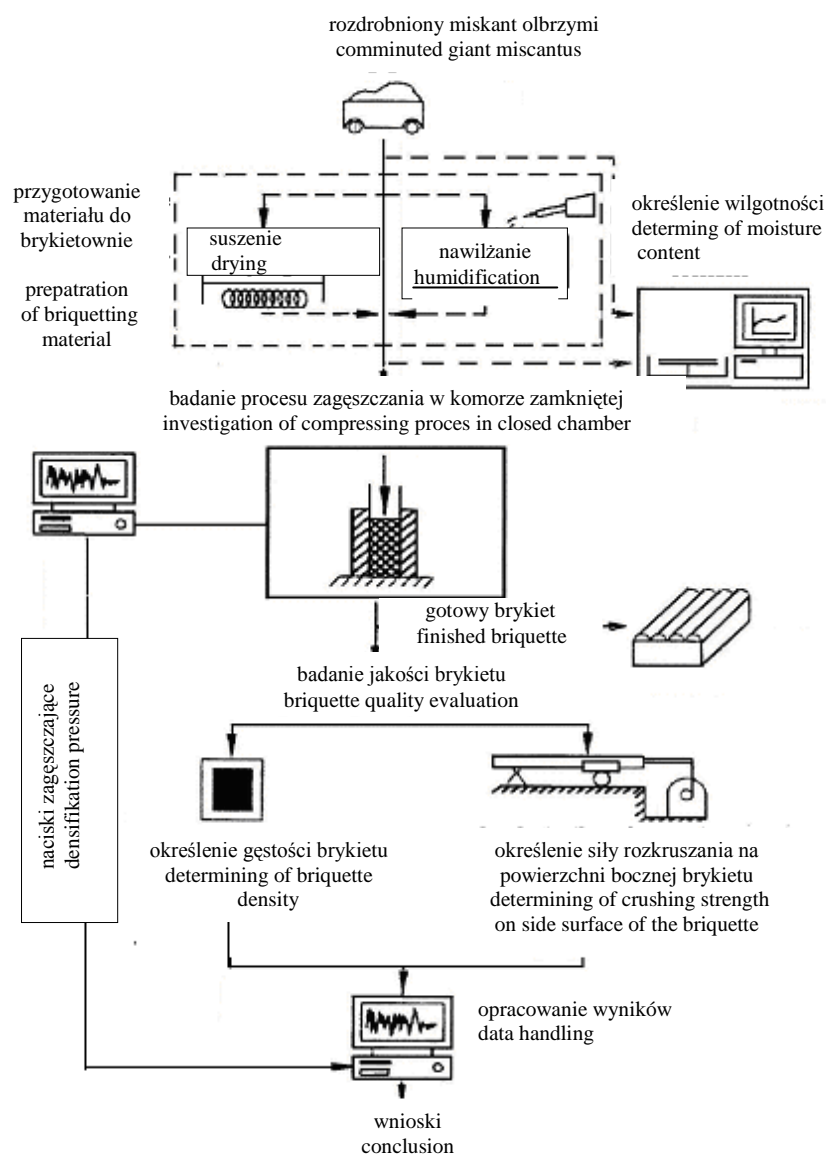
METODYKA BADAŃ

Metodykę badań procesu zagęszczania miskanta olbrzymiego w układzie roboczym tłok – komora zamknięta przedstawiono na rysunku 1.

Opis stanowisk badawczych

Badania doświadczalne nad przebiegiem procesu brykietowania (zagęszczania) przeprowadzono na stanowisku przedstawionym na rysunku 2. Stanowisko to pozwala na badanie następujących parametrów mających istotny wpływ na proces zagęszczania:

- nacisków zagęszczających (osiowych),
- nacisków zagęszczanego materiału na ścianki boczne matrycy (naciski boczne),
- nacisków zagęszczanego materiału na dno matrycy (zamkniętej),
- szybkości zagęszczania (przesuwu tłoka zagęszczającego),
- wysokości warstwy zagęszczanego materiału,
- nacisków osiowych wewnątrz brykietu,
- rozkładu nacisków na promieniu tłoka zagęszczającego.

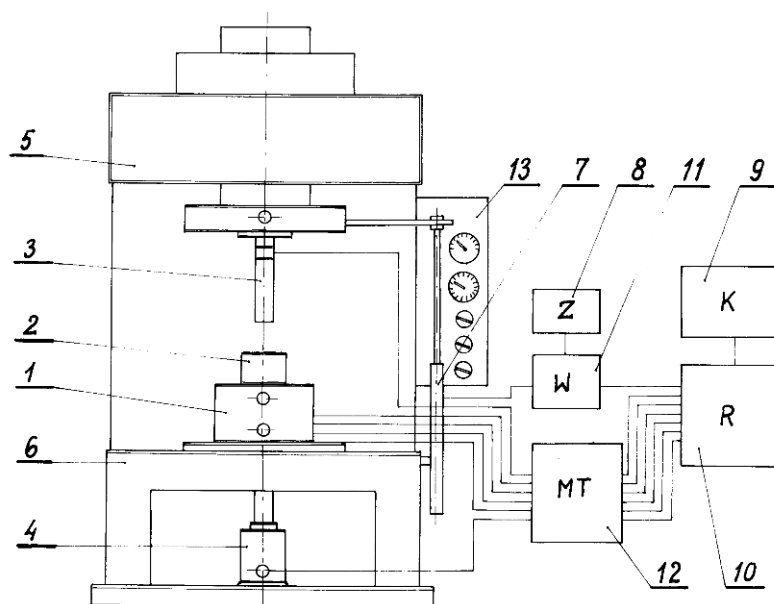


Rys. 1. Schemat realizacji badań

Fig. 1. Diagram of the research realisation

W stanowisku wykorzystano prasę hydrauliczną 5 typu PYE 63 S1 o nacisku maksymalnym 630 kN. Zapewnia ona równomierne przemieszczanie tłoka prasującego 3 podczas zagęszczania surowca w założonym zakresie (0-250 MPa). Na

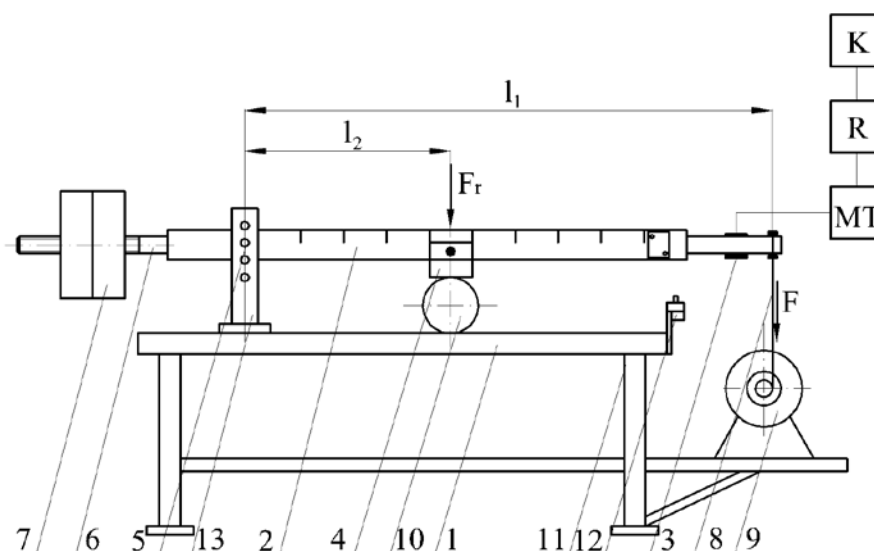
łoku prasującym 3, powyżej części roboczej, naklejono pełny pomiarowy mostek tensometryczny służący do pomiaru osiowych sił zagęszczania. Na stole prasy 6 umocowano głowicę pomiarową 1 z nadstawką 2. Do pomiaru nacisku zagęszczanego materiału na dno matrycy użyto tensometrycznego czujnika CL 18 (4). Pomiar przemieszczeń tłoka prasującego 3 w głowicy pomiarowej 1 realizowano za pomocą czujnika przemieszczeń CL 70-200 (7) współpracującego ze wzmacniaczem fazoczułym CL 104 (11). Pręt ruchomy czujnika 7 zamocowano w uchwycie prasy, w którym osadzony jest tłok prasujący 3. Drugą część czujnika przemieszczeń zamocowano do stołu prasy, na którym ustawiono głowicę pomiarową. Ograniczenia maksymalnych wartości nacisków tłoka prasującego regulowano na tablicy sterującej 13.



Rys. 2. Schemat stanowiska do badań sił występujących podczas brykietowania (Demianiuk 2001): 1 – głowica pomiarowa, 2 – nadstawka, 3 – tłok prasujący główny, 4 – czujnik siły, 5 – prasa hydrauliczna PYE 63S1, 6 – stół prasy, 7 – czujnik przemieszczeń, 8 – zasilacz, 9 – komputer, 10 – rejestrator, 11 – wzmacniacz fazoczuły, 12 – mostek tensometryczny typu Hottinger KWS/6-5, 13 – tablica sterująca prasy

Fig. 2. Diagram of the research-stand for analysis of the forces occurring during briquette production process (Demianiuk 2001): 1 – gauge head, 2 – top section, 3 – main pressing piston, 4 – force sensor, 5 – hydraulic press PYE 63S1, 6 – press' table, 7 – displacement sensor, 8 – power supply adaptor, 9 – computer, 10 – recorder, 11 – phase sensitive amplifier, 12 – tensometric bridge type Hottinger KWS/6-5, 13 – press control panel

Na rysunku 3 przedstawiono schemat stanowiska do badania siły rozkruszania brykietu. Na płycie podstawy 1 ustawiono stojak 13 do mocowania łożyskowej listwy pomiarowej 2. Listwa pomiarowa może być zakładana w różnych odległościach od płyty podstawy 1. Na wyskalowanej listwie (podziałka z dokładnością do 1mm) umocowano przeciwpróbkę 4, z możliwością jej przesuwania. Na końcu listwy 2 umocowano płytkę pomiarową 3 z uchwytem na cięgno. Na płycie pomiarowej naklejone zostały tensometry (FKY16-3-120-1K w układzie pełnego mostka pomiarowego). Na drugim końcu listwy przyspawano pręt gwintowany 6, na który nakręcono dwa obciążniki stanowiące przeciwwagę 7 dla ramienia listwy 2. Na półce ramy 11 ustawiono motoreduktor 9. Prędkość liniowa przesuwania się cięgna 8 wynosiła 0,01m/min. W celu zabezpieczenia płytki pomiarowej przed zniszczeniem, na płycie podstawy zamontowano wyłącznik krańcowy 12. Przewody z tensometrów połączono z kanałem mostka KWS/6-5 (MT) a następnie z rejestratorem MC 201 (R). Wyniki pomiarów rejestrowano za pomocą komputera (K).



Rys. 3. Schemat stanowiska do pomiaru siły rozkruszania na powierzchni bocznej brykietu (Demianiuk 2001): 1 – płyta podstawy, 2 – listwa pomiarowa, 3 – płytka pomiarowa, 4 – przeciwpróbkę, 5 – łożyskowana oś obrotu listwy, 6 – pręt gwintowany, 7 – przeciwwaga, 8 – cięgno, 9 – motoreduktor, 10 – brykiety, 11 – rama stanowiska, 12 – wyłącznik krańcowy, 13 – stojak

Fig. 3. Diagram of the research-stand for estimation of crushing strength on briquette flank (Demianiuk 2001): 1 – base plate, 2 – strip gauge, 3 – plate gauge, 4 – counter-sample, 5 – bearing of slat rotation axis, 6 – threaded bar, 7 – counterweight, 8 – string, 9 – rpm reduction gear, 10 – briquette, 11 – test stand frame, 12 – limit switch, 13 – machine holder

Parametry badanego materialu i procesu

Po rozdrobnieniu miskanta olbrzymiego na urządzeniu bijakowym materiał poddano procesowi przesiewania na 10 sitach o wielkości otworów od 6,3 mm do 0,63 mm, w celu określenia składu granulometrycznego surowca (tab.1). Gęstość nasypowa materiału wynosiła 112 kg m^{-3} .

Tabela 1. Udział procentowy poszczególnych frakcji w rozdrobnionym materiale
Table 1. Percentage shares of individual fractions in comminuted material

Nr sita Screen no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rozmiar (mm) Mesh size	6,3	4	3,15	2,5	2	1,5	1,25	0,8	0,63	<0,63
% zawartość frakcji Fraction content	1,13	3,62	6,25	3,13	12,25	22,5	1,13	11,25	16,25	22,5

Rozdrobniony materiał podzielono na cztery równe części w celu ustalenia różnych wilgotności. Wilgotność określono za pomocą wagosuszarki WS-30 RADWAG o dokładności pomiaru $\pm 0,1\%$. Podzielone próbki były kondycjonowane do poziomu 8, 12, 16 i 20%. Wilgotność surowca ustalono 48 godzin przed badaniami a potem poddawano kontroli i korekcie (przez suszenie lub dodanie odpowiedniej ilości wody) na 24 godziny przed przystąpieniem do badań. Masę zagęszczanych próbek ustalono na 20, 30, 40, 50 i 60 g. Próbki odważono na wadze laboratoryjnej z dokładnością $\pm 0,01 \text{ g}$ bezpośrednio przed napełnieniem komory zagęszczającej. W badaniach zastosowano zespół prasujący z matrycą zamkniętą o średnicy komory zagęszczania 0,048 m (rys. 2). Naciski zagęszczające ustalono na 160 MPa. Zagęszczenie surowca realizowano do chwili osiągnięcia założonego nacisku i zakończenia przemieszczenia się tłoka prasującego. Badania wykonano w trzykrotnych powtórzeniach dla każdej wilgotności i masy próbki.

Badanie ekspansji zwrotnej oraz siły rozkruszania na powierzchni bocznej brykietu

Zagęszczony materiał roślinny poddano pomiarowi wysokości po zagęszczeniu (wysokość brykietów pod naciskiem tłoka zagęszczającego była rejestrowana przez komputer) a następnie po wyjęciu próbki z komory zagęszczającej mierzone jej wysokość po upływie 1, 2, 3, 5, 7 i 10 minut. Pomiar dokonywano przy użyciu wysokościomierza umieszczonego na płycie traserskiej.

Brykiety najbardziej wrażliwe są na działanie sił na ich powierzchnię boczną. W warunkach rzeczywistych (wsypywanie do worka, przrzucanie, transport) trwałość brykietów jest najmniejsza, gdy układają się prostopadle powierzchniami bocznymi, przy jednopunktowym styku. Aby symulowane na stanowisku (rys.3) warunki rozkruszania były zbliżone do rzeczywistych, przeciwpróbkę 4 wykonano o średnicy równej średnicy badanych brykietów. Przed wykonaniem pomiarów, na listwę pomiarową założono przeciwpróbkę w odległości l_2 i zrównoważono przeciwwagą do położenia równoległego z płytą podstawy. W tym położeniu odległość przeciwpróbki od podstawy była równa średnicy brykiety. Siłę naciągu cięgna wyznaczono z wyskalowania płytki pomiarowej. Siłę rozkruszania obliczano z proporcji sił i odległości od osi obrotu listwy pomiarowej 2.

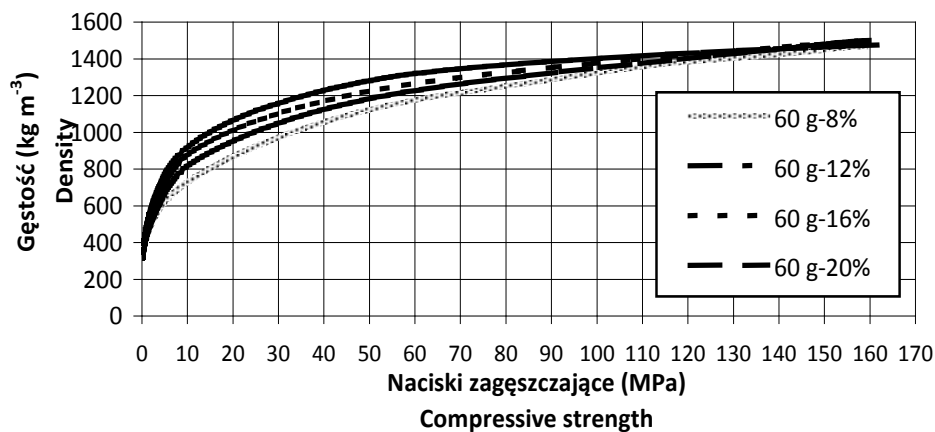
Do badania siły rozkruszania użyto brykiety o wilgotności 8, 12, 16, 20% i o masach 20, 30, 40, 50 i 60 g (naciski zagęszczającej 160 MPa).

WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań zagęszczania miskanta olbrzymiego

Brykietowanie miskanta olbrzymiego zrealizowano dla czterech ustalonych wilgotności surowca: 8, 12, 16 i 20% przy naciskach zagęszczających 160 MPa i masie próbek 20, 30, 40, 50 i 60 g.

Przykładową charakterystykę zagęszczania próbek przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Zależność gęstości brykiety od nacisków zagęszczających przy różnych wilgotnościach materiału i masie próbki 60 g

Fig. 4. Dependence of briquette density on compressive strength for different moisture contents and sample weight of 60 g

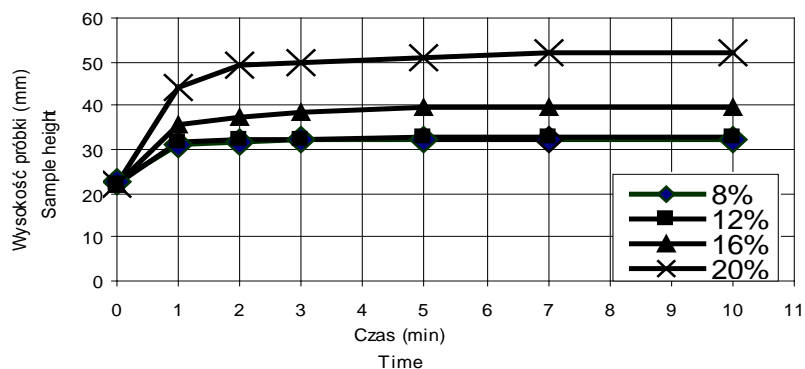
Podczas zagęszczania rozdrobnionego miskanta olbrzymiego wszystkie próbki o różnej masie i wilgotności osiągnęły końcową gęstość w granicach 1420 do 1510 kg·m⁻³. Większe różnice w gęstości są przy mniejszych naciskach zagęszczających (od 10 do 70 MPa) i np. przy naciskach 20 MPa, masie próbki 60 g i wilgotności materiału 8 i 20% różnica w gęstości wynosi około 200 kg·m⁻³. W miarę zwiększania nacisków zagęszczających różnice te są coraz mniejsze i przy naciskach 160 MPa gęstość brykietu w zależności od masy próbki i wilgotności waha się w granicach 1482 do 1510 kg·m⁻³ (są to gęstości pod naciskiem tłoka zagęszczającego).

Wyniki badań ekspansji zwrotnej brykietów

Zagęszczony rozdrobniony miskant olbrzymi po opuszczeniu matrycy ulega ekspansji zwrotnej (rozprężeniu), w kierunku przeciwnym do działania siły zagęszczającej co powoduje zmniejszenie gęstości gotowego produktu. Zjawisko ekspansji zwrotnej zachodzi w trzech etapach:

- usunięcie nacisku zagęszczającego na skutek wycofania tłoka z matrycy,
- ustanie nacisków bocznych i siły tarcia na skutek wyjęcia materiału z matrycy,
- swobodne rozprężanie brykietów, proces ten ustaje po czasie około 10 minut od wyjęcia brykietu z matrycy.

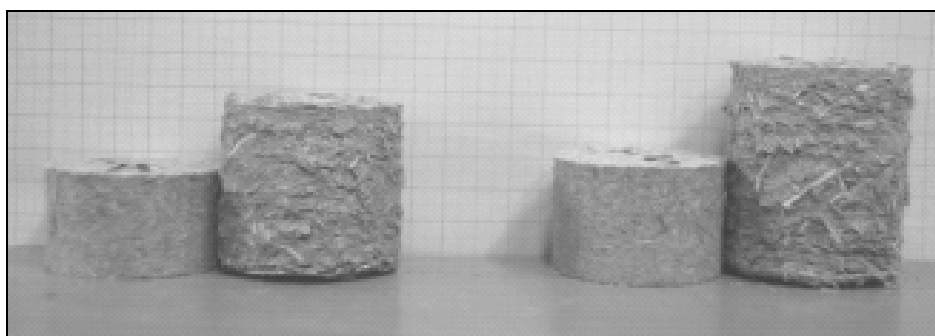
Przykładowe wyniki ekspansji zwrotnej brykietów o różnej wilgotności i masie próbki 60 g przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Zależność wysokości brykietu od czasu wyjęcia go z matrycy dla różnych wilgotności próbek (masa próbki – 60 g, naciski zagęszczające 160 MPa)

Fig. 5. Dependence of briquette height after leaving the die on moisture content (sample weight - 60 g, compressive strength - 160 MPa)

Dla wilgotności próbek 8 i 12% ekspansja zwrotna brykietu po 10 minutach (ustał proces rozszerzania) wyniosła około 10 mm, co przekłada się na spadek gęstości z $1480 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (pod naciskiem tłoka) do $1027 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (po pełnej relaksacji). Dla próbek o wilgotności 20% i tej samej masie spadek gęstości wyniósł $1487 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ do $637 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Wzrost wilgotności materiału zagęszczanego z 12% na 20% wpływa też na stan powierzchni gotowego produktu. Wysokość próbek (po zakończonej ekspansji zwrotnej) oraz stan powierzchni bocznej przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Porównanie wysokości otrzymanych brykietów przy wilgotności 12 i 20% przy naciskach zagęszczających 160 MPa i masie próbki 50 i 60 g

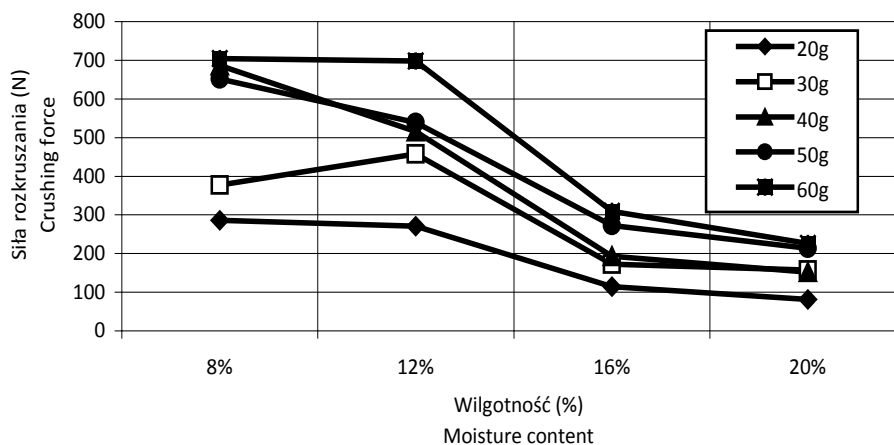
Fig. 6. Comparison of heights of briquettes produced with moisture content of 12 and 20%, compressive strength of 160 MPa and samples weights of 50 and 60 g

Wytrzymałość brykietów na rozkruszanie

Na podstawie badań zagęszczania trocin świerkowych (Demianiuk 2001) stwierdzono, że brykiety których wartość siły rozkruszającej na powierzchni bocznej osiąga wartość powyżej 300 N, są pełnowartościowym produktem.

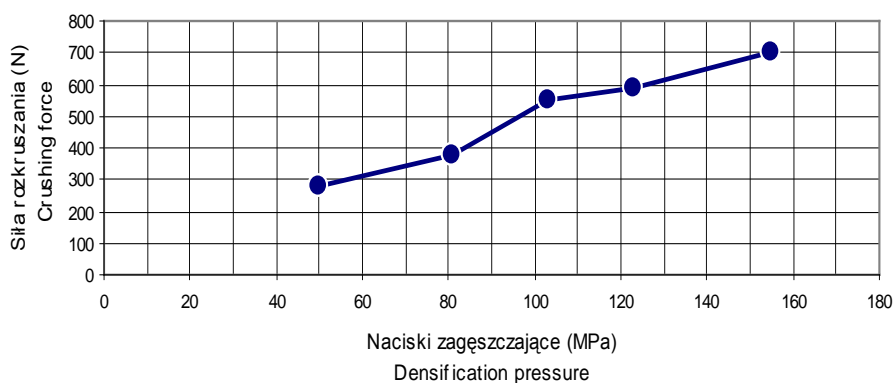
Przedstawione wyniki badań sił rozkruszających brykiety z miskanta olbrzymiego wykazały (rys.7), że najlepsze jakościowo są produkty otrzymane z materiału o wilgotności 8-12%. Mniejsze wartości sił rozkruszających próbek o masie 20 i 30 g i wilgotności 12% spowodowane było tym, że ich wysokość w stosunku do średnicy jest zbyt mała i nie pozwalała na dokładne przeprowadzenie pomiaru.

Na podstawie badań sił rozkruszających na powierzchni bocznej brykietów otrzymanych przy różnych naciskach zagęszczających (rys.8) można stwierdzić, że już przy naciskach około 70 MPa otrzymano pełnowartościowy brykiet z miskanta olbrzymiego. Brykiety z miskanta olbrzymiego produkowane w brykieciarkach tłokowych z matrycą otwartą lub w brykieciarkach ślimakowych będą miały lepsze parametry wytrzymałościowe (tj. siłę rozkruszania na powierzchni bocznej brykietu) o około 30 – 40% (Demianiuk 2009).



Rys. 7. Zależność siły rozkruszania brykietu od wilgotności zagęszczonego materiału (masa brykietów 20, 30, 40, 50 i 60 g, przy naciskach zagęszczających 160 MPa)

Fig. 7. Briquette crushing force dependence on moisture content in compressed material (briquettes weight of 20, 30, 40, 50 and 60 g, densification pressure - 160 MPa)



Rys. 8. Zależność siły rozkruszania brykietów z miskanta olbrzymiego od nacisków zagęszczających (masa próbki 60 g, wilgotność zagęszczonego materiału 12%)

Fig. 8. Giant miscanthus briquette crushing force dependence on densification pressure (sample weight 60 g, compressed material moisture content 12%)

WNIOSKI

1. Miskant olbrzymi jest materiałem roślinnym o dobrej podatności na brykietowanie.

2. Dobry jakościowo brykiet z miskanta olbrzymiego można otrzymać przy naciskach zagęszczających powyżej 70 MPa.
3. Zalecaną wilgotnością materiału użytego do brykietowania jest 12%.
4. Miskant olbrzymi może być zagęszczany w brykietciarkach tłokowych i ślimakowych.
5. Parametry materiału do zagęszczania powinny być dobierane przez producenta brykietów, w zależności od tego czy brykiety będą użyte do spalania w piecach gospodarskich lub kominkach czy w dużych piecach elektrociepłowni.

PIŚMIENNICTWO

- Demianiuk L., 2001. Brykietowania rozdrobnionych materiałów roślinnych, Praca doktorska, Politechnika Białostocka, Białystok.
- Demianiuk L., 2009. Badanie procesu zagęszczania słomy rzepakowej, wybór brykietciarki. Czysta energia. Nr 6. Abrys, Wydawnictwa Komunalne. Poznań.
- El Balssam N., 1996. Potential energy crops for Europe and Mediterranean Region. Region. FAO REU, Technical Series 46.
- Roszewski R., 1996. Miskant olbrzymi – *Miscanthus sinensis giganteus*. W: Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe i jako odnawialne źródło energii. Wyd. SGGW, Warszawa, 123-135.

RESEARCH ON THE PROCESS OF COMPRESSING GIGANT MISCANTHUS

Leon Demianiuk

Faculty of Mechanical Engineering, Białystok University of Technology
ul. Wiejska 45C, 15-351 Białystok
e-mail: demleon@pb.edu.pl

Abstract. High requirement for biomass intended for energy use resulted in drawing grater attention to energy crops. One of such plants is giant miscanthus. The article presents results of the research conducted on densification process of giant miscanthus. On the ground of analysis of obtained results there were determined basic parameters of the densification process and quality of briquettes made of giant miscanthus, intended for energy use.

Keywords: giant miscanthus, compressive stresses, briquette density