

## **BADANIE SIŁ WYSTĘPUJĄCYCH W MATRYCY BRYKOCIARKI ŚLIMAKOWEJ PODCZAS ZAGĘSZCZANIA SŁOMY PSZENNEJ**

**Leon DEMIANIUK\***

\* Katedra Budowy i Eksploatacji Maszyn, Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45c, 15-351 Białystok

[demleon@pb.edu.pl](mailto:demleon@pb.edu.pl)

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wyniki badań momentu oraz sił występujących podczas brykietowania rozdrobnionej słomy pszennej w brykociarce ślimakowej. Badania przeprowadzono na specjalnie do tego celu skonstruowanym stanowisku. Wyniki badań mogą mieć zastosowanie do obliczeń konstrukcyjnych ślimakowych urządzeń brykietujących.

### **1. WPROWADZENIE**

Materiały odpadowe pochodzenia roślinnego posiadają dużą wartość opałową, dlatego stanowią one cenny materiał energetyczny. Przykładowo wartość opałowa suchych odpadów drzewnych wynosi ok. 17 MJ/kg, słomy 14-16 MJ/kg (przy wilgotności 10%). Większość odpadowych materiałów drobnoziarnistych nie nadaje się do spalania w konwencjonalnych piecach, a budowa urządzeń o specjalnej konstrukcji pociąga za sobą duże koszty. Tańszym rozwiązaniem jest brykietowanie oraz spalanie brykietów w zwykłych piecach rusztowych (Grajewski, 1990; Cichy, 1994; Lis i Schroeder, 1998). Urządzenia do brykietowania są znacznie tańsze od specjalnych pieców i mogą być wytwarzane nawet w małych zakładach produkcyjnych. Dużym plusem spalania brykietów jest to, że w spalinach nie ma  $SO_2$  a tylko bardzo małe ilości  $N_2O_5$  i  $CO_2$ , pozostała po spalaniu niewielka ilość popiołu może być wykorzystana jako nawóz.

Z ekonomicznego i ekologicznego punktu widzenia, najlepszym rozwiązaniem jest brykietowanie materiałów drobnoziarnistych bez użycia lepiszcza i bez dodatkowej obróbki wstępnej, takiej jak rozdrabnianie, suszenie, przesiewanie itp. (Tripathi, 1998). Biorąc pod uwagę duże ilości surowca już przetwarzanego za pomocą brykietowania, dla zapewnienia ekonomicznej opłacalności przerobu, konieczne są szczegółowe badania procesu zagęszczania. Pomimo istnienia, wielu urządzeń do zagęszczania i brykietowania, opracowań nowych modeli matematycznych, nie ma dotychczas spójnej teorii opisującej te procesy w sposób przydatny dla inżyniera projektującego takie urządzenia (Hryniewicz i Dzik, 2008; Dzik, 2008).

Zasadniczym problemem w konstrukcji brykociarek jest: określenie kształtu elementów roboczych, wyznaczenie sił i prędkości zagęszczania, „doskonalenie” konstrukcji układu roboczego. Dodatkową trudność w opisie teoretycznym procesu sprawiają zmienne właściwości surowca, zależne od wielu czynników takich jak: miejsce pozyskiwania, rozdrobnienie, sposób obróbki, temperatura, skład chemiczny, czas leżakowania itp. Można też wyróżnić

materiały, których podatność na zagęszczanie zależy od sposobu brykietowania. Przykładem takiego materiału jest słoma. Wytwarzane z niej brykiety w brykociarce tłokowej są jakościowo dużo gorsze od brykietów otrzymanych w urządzeniach ślimakowych.

Wytwarzanie brykietów powinno odbywać się przy jak najmniejszej energochłonności procesu. Produkt końcowy – brykiet powinien mieć odpowiednią wartość opałową, a jednocześnie być odporny na uszkodzenia mechaniczne podczas transportu. Aby sprostać tym wymaganiom istnieje potrzeba prowadzenia badań procesu brykietowania, doskonalenia konstrukcji urządzeń do zagęszczania oraz poszukiwania innych technologii zagęszczania biomasy używanej na cele energetyczne.

### **2. STANOWISKO DO POMIARU SIŁ W MATRYCY BRYKOCIARKI ŚLIMAKOWEJ PODCZAS ZAGĘSZCZANIA SŁOMY PSZENNEJ**

Przy wyborze koncepcji stanowiska wykorzystano doświadczenia z badań własnych (Demianiuk, 2001) nad zagęszczaniem materiałów drobnoziarnistych w komorze zamkniętej i otwartej.

Stanowisko zapewnia wykonanie pomiaru wartości następujących wielkości parametrów w matrycy brykociarki ślimakowej:

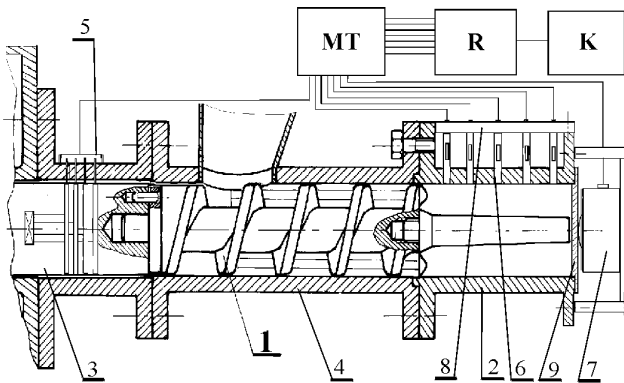
- nacisków bocznych na zadanej długości matrycy;
- nacisków zagęszczających w określonej odległości od ślimaka zagęszczającego;
- momentu obrotowego na wale ślimaka.

#### **2.1. Opis stanowiska**

Schemat układu roboczego stanowiska pomiarowego przedstawiono na rysunku 1.

W stanowisku wykorzystano motoreduktor o zmiennej prędkości obrotowej w zakresie 31-138 obr/min. Na wale reduktora 3 zamontowano układ do pomiaru momentu 5 składający się z tensometrów, pierścieni ślizgowych

oraz szczotek. Napęd na ślimak zagęszczający1 przekazywany był bezpośrednio z wału reduktora. Ślimak obracał się w tulei gardzieli 4. Na powierzchni wewnętrznej tulei 4 wyfrezowano rowki o szerokości 12mm i głębokości 3mm na długości od końca zasypu do części wyjściowej. Do kołnierza tulei gardzieli 4 przymocowano matrycę pomiarową 2, w której znajdują się otwory na przesuwne tłoczki pomiarowe 6 rozmieszczone na długości matrycy. Tłoczki pomiarowe spasowano suwliwie z otworami matrycy i zablokowano belką oporową 8. W celu zrównania powierzchni czołowej tłoczków z powierzchnią wewnętrzną matrycy wykonano szlifowanie zmontowanej matrycy pomiarowej 2. Na tłoczkach pomiarowych 6 naklejone zostały pełne pomiarowe mostki tensometryczne. Na końcu matrycy pomiarowej zamontowano denko matrycy 9 dociśnięte przez czujnik siły 7 z obudową.



**Rys. 1.** Schemat stanowiska do pomiaru nacisków promieniowych, nacisków na denko matrycy prasującej oraz momentu obrotowego brykieciarki ślimakowej: 1 – ślimak zagęszczający, 2 – matryca pomiarowa, 3 – wał motoreduktora, 4 – tuleja gardzieli, 5 – układ pomiarowy momentu, 6 – tłoczki pomiarowe, 7 – czujnik siły, 8 – belka oporowa tłoczków, 9 – denko matrycy

Przewody mostków pomiarowych tłoczków 6, czujnika siły 7 oraz układu pomiarowego momentu 5 połączono

z kolejnymi kanałami mostka Hottingera KWS/6-5 (MT) a następnie z rejestratorem MC 201 (R). Wyniki pomiarów rejestrowano za pomocą komputera (K).

### 3. PRZEBIEG POMIARÓW I WYNIKI BADAŃ

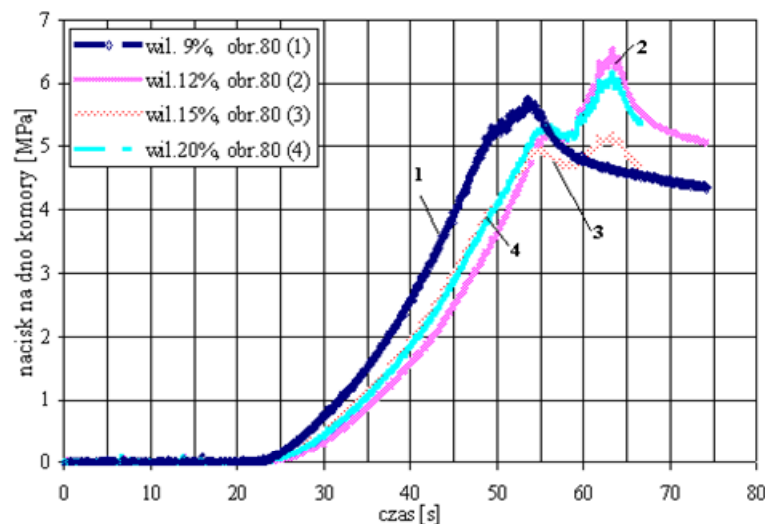
W celu pomiaru parametrów wymienionych w punkcie 3 ustalono wstępne założenia do badań:

- materiał zagęszczany – rozdrobniona słoma pszenna, sezonowana o składzie granulometrycznym -0,2-6mm;
- wilgotność słomy – 9, 12, 15, 20%;
- obroty ślimaka – 80 obr/min;
- matryca – średnica 68mm, zamknięta na długości 125mm;
- czas pomiaru – do chwili ustania narastania nacisków (do czasu zakończenia przesuwania się materiału zagęszczanego w gardzieli brykieciarki);
- temperatura układu zagęszczającego – około 22°C;
- kształt układu roboczego – stały.

#### 3.1. Pomiar nacisków na dno matrycy

Pomiary nacisków na denko matrycy (rysunek 1) nanoszono na wykresy jako średnie wartości z pięciu prób dla każdej ustalonej wilgotności zagęszczanego materiału. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 2.

Z badań wynika, że naciski na denko matrycy osiągają różne wartości w zależności od wilgotności zagęszczanego materiału i wynoszą np. 6,48MPa dla słomy o wilgotności 12% a 5,18MPa dla słomy o wilgotności 15%. Wilgotność materiału wpływa na czas osiągnięcia największych nacisków na denko matrycy (do czasu ścięcia materiału między ślimakiem a tuleją gardzieli – rysunek 1) np. przy wilgotności słomy 9% (krzywa 1 na rysunku 2) oraz wilgotności słomy 20% (krzywa 4), różnica w czasie wynosiła około 10 sekund, przy tych samych obrotach ślimaka.



**Rys. 2.** Średnie naciski na denko matrycy brykieciarki ślimakowej podczas zagęszczania słomy pszennej

### 3.2. Pomiary nacisków bocznych

Wyniki pomiarów nacisków bocznych (promieniowych) w matrycy brykieciarki ślimakowej zamkniętej denkiem przedstawiono na rysunku 3.

Z badań wynika, że największe naciski boczne są przy wyjściu materiału ze ślimaka, w miarę oddalania się od tulei gardzieli, spadają do określonej wartości i w dalszej części matrycy osiągnają stałą wartość (średnio od 11,5-15,5MPa – przy czole ślimaka do 1-2MPa w odległości 0,12 m od ślimaka).

Wilgotność materiału ma wpływ na wartość nacisków bocznych, co ilustrują krzywe regresji na rysunku 3. W pobliżu ślimaka różnice nacisków bocznych, dla różnych

wilgotności wynoszą około 4 MPa a przy dnie matrycy około 1 MPa.

Na podstawie wyników pomiarów, określono metodą regresji wielokrotnej równania wielomianowe trzeciego stopnia opisujące rozkład nacisków bocznych na długości matrycy zamkniętej brykieciarki ślimakowej.

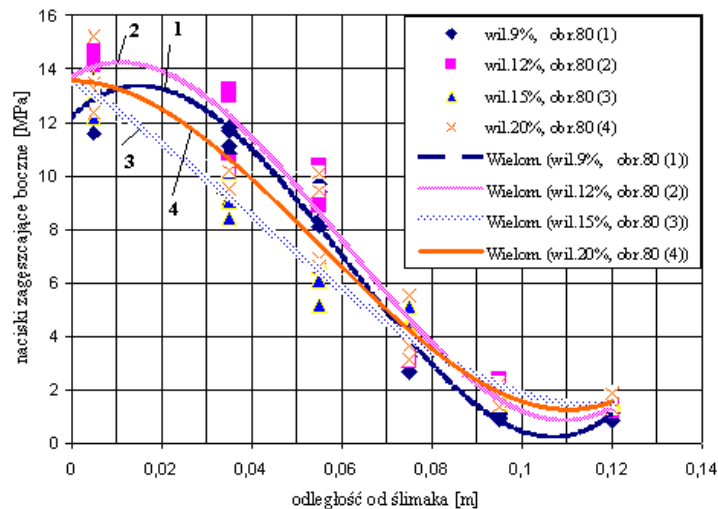
$$Y_1=33929x^3-6222,3x^2+166x+12,142, \quad R^2=0,9805 \quad (1)$$

$$Y_2=28060x^3-5083,3x^2+103,17x+13,662, \quad R^2=0,9634 \quad (2)$$

$$Y_3=8034,4x^3-973,75x^2-99,811x+13,548, \quad R^2=0,9804 \quad (3)$$

$$Y_4=18382x^3-3045,6x^2+0,9884x+13,549, \quad R^2=0,9517 \quad (4)$$

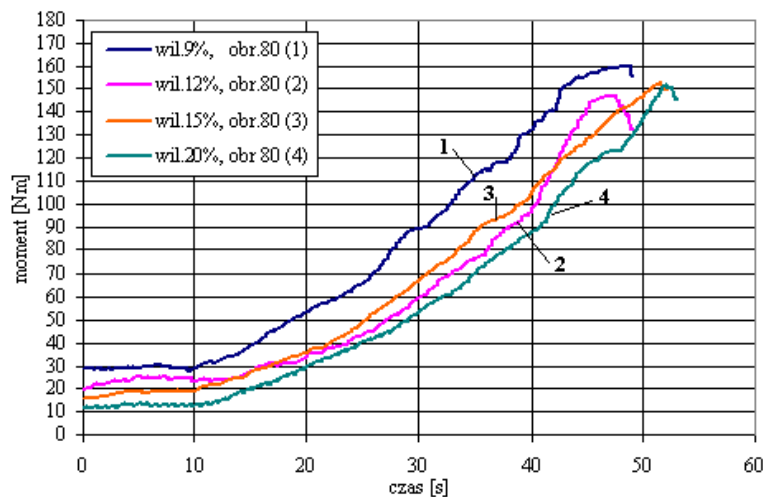
gdzie:  $x$  – odległość od ślimaka zagęszczającego [m],  
 $Y$  – naciski promieniowe [MPa].



Rys. 3. Rozkład nacisków promieniowych w matrycy brykieciarki ślimakowej (na długości do umieszczonego denka matrycy) podczas zagęszczania słomy pszennej

### 3.3. Pomiar momentu

Wyniki pomiarów momentu obrotowego podczas zagęszczania trocin w matrycy zamkniętej brykieciarki ślimakowej przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Wpływ wilgotności na średnią wartość momentu obrotowego podczas zagęszczania słomy

Z powyższego rysunku wynika, że moment do czasu ścięcia materiału między ślimakiem a tuleją gardzieli osiąga wartości od 147 do 160Nm w zależności od wilgotności materiału. Wilgotność materiału wpływa też na szybkość zwiększania się momentu podczas zagęszczania. Przykładowo, przy wilgotności surowca 9% maksymalny moment (160Nm) uzyskano po 47s (krzywa 1, rysunek 4), a przy 20% wilgotności – po 52s (krzywa 4, rysunek 4).

#### 4. WNIOSKI

Przeprowadzone badania układu roboczego brykietarki ślimakowej z zamkniętą matrycą pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- wilgotność surowca ma istotny wpływ na proces zagęszczania słomy pszennej;
- wilgotność zagęszczanego materiału ma wpływ na wartość momentu obrotowego ślimaka, lecz zależy on głównie od konstrukcji układu ślimak – tuleja gardzieli;
- istnieje duże podobieństwo wyników badań brykietarki ślimakowej z wynikami badań laboratoryjnych układu roboczego tłok-matryca zamknięta, tłok-matryca otwarta. Wyniki badań laboratoryjnych mogą być wykorzystane w celu doskonalenia technologii zagęszczania materiałów roślinnych w brykietarce ślimakowej (Demianiuk i inni, 1998, 2000);
- brykiety ze słomy wytwarzane w brykietarce ślimakowej posiadają lepsze parametry jakościowe od wytwarzanych w urządzeniu tłokowym (Demianiuk, 2001).

#### LITERATURA

1. **Cichy W.** (1994), Spalanie odpadów drzewnych, *Ekopartner*, Nr 2, 8.
2. **Demianiuk L.** (2001), *Brykietowanie rozdrobnionych materiałów roślinnych*, Praca doktorska, Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny, Białystok.
3. **Demianiuk L.** (1998), Stanowisko do rejestracji sił występujących podczas brykietowania w komorze zamkniętej, *VIII Konferencja Naukowo-Techniczna, Budowa i Eksploatacja maszyn Przemysłu Spożywczego*, Białystok-Białowieża, 2-4 września, 67-74.
4. **Demianiuk L., Seweryn A.** (2000), Doświadczalna analiza wartości sił tarcia zewnętrznego podczas zagęszczania trocin w komorze zamkniętej i otwartej, *Zeszyty Naukowe PB, Nauki Techniczne* Nr 130, ser. Mechanika z. 22, 161-178.
5. **Dzik T., Hryniewicz M.** (2008), Dobór układu zagęszczania prasy ślimakowej do scalania odpadów z produkcji rolnej, *CHEMIK nauka-technika-rynek*, 61, Nr 9. 429-433.
6. **Dzik T.** (2008) Teoretyczna i eksperymentalna analiza procesu scalania odpadów pochodzenia roślinnego, *CHEMIK nauka-technika-rynek*, 61, Nr 9. 450-452.
7. **Grajewski W.** (1990), Utylizacja odpadów w zakładach meblarskich krajów rozwiniętych, *Przemysł Drzewny*, Nr 3, 17-18.
8. **Lis W., Schroeder G.** (1998), Problemy ekologiczne w przemyśle drzewnym, *Przemysł Drzewny*, Nr 5. 6-8.
9. **Tripathi A.R., Iyer P.V.R., Kandpal T.C.** (1998), A techno-economic evaluation of biomass briquetting in India, *Biomass and Bioenergy*, Vol. 14, Issue: 5/6, 479-488.
10. **Tripathi A.R., Iyer P.V.R., Kandpal T.C., Singh K.K.** (1998), Assessment of availability and costs of some agricultural residues used as feedstocks for biomass gasification and briquetting in India, *Energy Conversion And Management*, Vol. 39, Issue: 15, 1611-1618.

#### TEST OF FORCES APPEARING IN THE MATRIX OF SNAIL BRIQUETING DEVICE

**Abstract:** The article demonstrates tests of momentum and forces appearing, while briquetting crumbled materials of plant origin in a snail briquetting device. Tests were run on an especially constructed stand. Results can be used for construction calculations of snail briquetting device.