

*Bogusław Cieślikowski, Bogusława Łapczyńska-Kordon, Paweł Knapik
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Akademii Rolniczej w Krakowie*

ANALIZA ENERGETYCZNA MIESZANINY PALIW STAŁYCH Z UDZIAŁEM BIOKOMPONENTU

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów wartości opałowej mieszanki węgla kamiennego z makuchem rzepakowym o różnej procentowej zawartości (5, 10, 12, 15%). Badania wykonano za pomocą kalorymetru KL-12Mn, zgodnie z obowiązującą normą PN-86/C-04062. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że wartość opałowa mieszanki maleje wraz ze wzrostem udziału makuch w mieszance i osiąga wartość pomiędzy wartością opałową węgla kamiennego i makuch rzepakowych.

Słowa kluczowe: wartość opałowa, makuch, węgiel kamienny, mieszanka

Wstęp

Postępujący wzrost produkcji rzepaku i innych roślin oleistych, podyktowany wdrażaniem technologii biopaliwowych, wymusza potrzebę zagospodarowania wytlóków tzw. makuch. W małych rafineriach upowszechniona została technologia tłoczenia nasion „na zimno”. Produktem tego procesu, oprócz oleju, są też makuchy. Średnio z 1 tony rzepaku uzyskuje się 650 kg makuchów. Problemem jest długoterminowe przechowywanie makuchów. Przedłużający się czas przechowywania prowadzi do znacznych strat produktu ze względu na pleśnienie, gnicie oraz jęłczenie resztek tłuszczu. Zagospodarowanie bieżące makuchów jako dodatku do pasz jest niemożliwe, ponieważ istnieją ograniczenia co do zawartości tego materiału w mieszankach paszowych. Powstaje zatem propozycja utylizacji i wykorzystania makuchów jako biopaliwa. Wykorzystanie ich na cele energetyczne pozwoli poprawić bilans kosztów produkcji biopaliw.

Jednakże makuchy cechują się dużą różnorodnością związków organicznych łatwo rozkładalnych termicznie jak białka, związki siarki i trójglicerydy. W procesie spalania tych substancji należy uwzględnić powstawanie produktów smolistych w trakcie pirolizy przed zapłonem jak również tworzącą się sadzę.

Dotychczasowe badania nad współspalaniem biomasy (drewna odpadowego, roślin odpadowych, wierzby energetycznej) z paliwem kopalnianym, pyłem węglowym lub torfem lub zgazowanej biomasy z gazem ziemnym pokazują, że istnieje możliwość wykorzystania dużych jej ilości do produkcji energii elektrycznej, przy jednoczesnym obniżeniu emisji CO₂, NO_x, SO₂ i zmniejszenie zawartości pierwiastków śladowych [Balista i in. 2000; Houghes 2000; Heller i in. 2004]. W wyniku takiego spalania powstaje jednak znacznie więcej popiołu zawierającego związki alkaliczne, które stanowią zagrożenie dla naturalnego środowiska [Tillman 2000] i powodują przyspieszenie korozji urządzeń energetycznych, zwłaszcza podczas spalania zrębków wierzby ze względu na dużą zawartość chloru [Dreszer i in. 2003; Ścieżko i in. 2006].

Wstępne badania makuchów pod względem ich przydatności jako paliwa wskazują na stosunkowo wysoką jego kaloryczność. Jednocześnie zaobserwowano, że zawartość popiołu jest niższa niż przy spalaniu węgla kamiennego. W elektrocieplowni Rzeszów podjęto próby spalania makuchu jako mieszanki z węglem na ruszcie łuskowym uzyskując moc kotła zbliżoną do nominalnej. Stwierdzono, że istnieje jednak zagrożenie nadmiernej emisji NO_x przy wyższym udziale masowym makuchów w mieszance niż 15%. Stosowanie mieszanek o udziale masowym makuchu w ilości 10-15% pozwala na wywiązanie energii ze spalania biomasy na palenisku stanowiącej 7-10% całkowitej energii wytworzonej w palenisku.

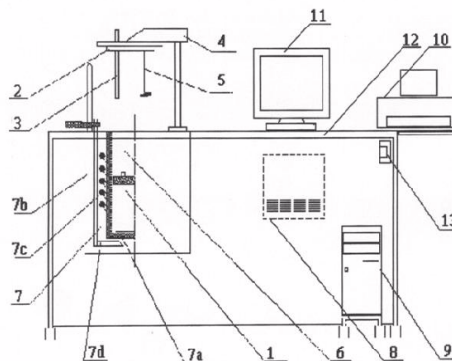
W pracy podjęto próbę określenia wartości opałowej mieszaniny węgla z makuchami rzepakowymi w zależności od ich udziału masowego.

Metodyka badań

Oznaczenia ciepła spalania i wartości opałowej makuchów rzepakowych, węgla oraz mieszanin paliw o udziale 5%, 10%, 15% i 20% makuchów w masie paliwa, za pomocą kalorymetru KL-12Mn, zgodnie z obowiązującą normą PN-86/C-04062.

Pomiar polegał na całkowitym spalaniu próbek badanych produktów o masie 1 g (+/- 0,0002) w atmosferze tlenu pod ciśnieniem 3 MPa w bombie kalorymetrycznej zanurzonej w wodzie o objętości 2,7 dm³ w naczyniu kalorymetrycznym i wyznaczeniu przyrostu temperatury tej wody. Do zapłonu paliwa zastosowano drut oporowy z kantalu.

Kalorymetr działa na zasadzie pomiaru charakterystycznych temperatur bilansu cieplnego układu: naczynie kalorymetryczne z wodą i bomba kalorymetryczna ze spalaniem paliwem.



Rys. 1. Schemat kalorymetru KL-12Mn: 1 – bomba kalorymetryczna; 2 – pokrywa kalorymetru; 3 – czujnik temperatury; 4 – uchwyt pokrywy z umieszczonym napędem mieszadła mechanicznego; 5 – mieszadło mechaniczne; 6 – naczynie kalorymetryczne; 7 – płaszcz kalorymetru: a) ściana wewnętrzna, b) ściana zewnętrzna, c) wężownica, d) mieszadło ręczne; 8 – zespół sterujący kalorymetru; 9 – komputer; 10 – drukarka; 11 – monitor; 12 – stół kalorymetru; 13 – listwa zasilająca

Fig. 1. Diagram of calorimeter KL-12Mn: 1 – bomb calorimeter; 2 – calorimeter cover; 3 – temperature sensor; 4 – cover holder with mechanical mixer drive; 5 – mechanical mixer; 6 – calorimetric vessel; 7 – calorimeter jacket: a) internal wall, b) external wall, c) coil, d) manual mixer; 8 – calorimeter control unit; 9 – computer; 10 – printer; 11 – monitor; 12 – calorimeter table; 13 – power strip

Ciepło spalania Q_s było obliczane automatycznie według następującego wzoru:

$$Q_s = K(T_3 - T_2 - k) \quad (1)$$

gdzie:

- K – stała kalorymetru, [kJ/kg],
- T_2, T_3 – temperatury charakterystyczne bilansu, [K],
- k – poprawka na wymianę ciepła kalorymetru z otoczeniem,

$$k = 0,5[0,2(T_2 - T_1) + 0,2(T_4 - T_3)] + 0,2(n - 1)(T_4 - T_3) \quad (2)$$

gdzie:

- n – liczba minut w okresie głównym,
- T_1, T_4 – temperatury charakterystyczne bilansu, [K].

Wartość opałową Q_w określono z następującej zależności:

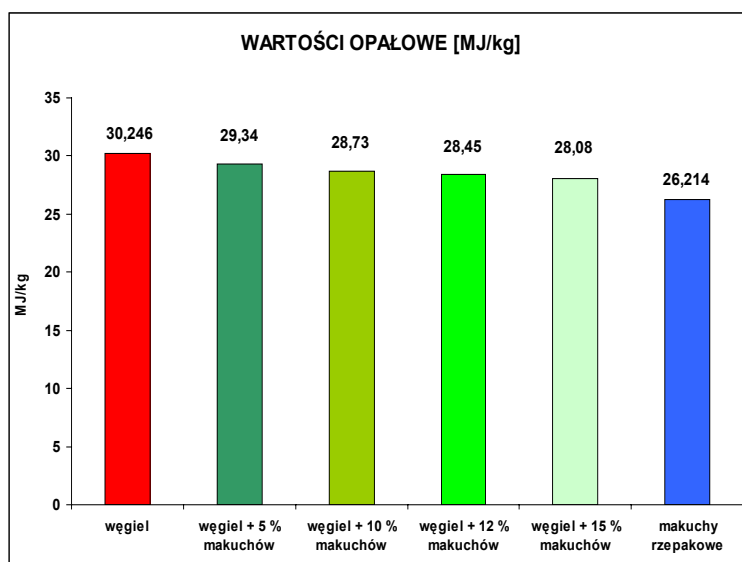
$$Q_w = Q_s - \frac{r}{100} (8,94H^a - W^a) \quad (3)$$

gdzie:

- W^a – zawartość wilgoci w próbce analitycznej, [%],
- H^a – zawartość wodoru w próbce analitycznej, [%],
- r – ciepło parowania wody, $r = 2454$ kJ/kg.

Wyniki badań i podsumowanie

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że wartość opałowa badanych mieszanin węgla kamiennego z makuchami mieściła się, jak należało się spodziewać, w przedziale pomiędzy wartością opałową węgla kamiennego równą 30,246 MJ/kg a wartością opałową makuchów wynoszącą 26,214 MJ/kg. Mieszanina węgla kamiennego z 5% zawartością makuchów wyniosła 29,34 MJ/kg, z 10% - 28,73 MJ/kg, z 12% - 28,45 MJ/kg oraz z 15% - 28,08 MJ/kg. Wraz ze zwiększaniem udziału makuchów, wartość opałowa mieszaniny malała (rys. 2). Makuch posiadał stałą zawartość wody.



Rys. 2. Wartość opałowa węgla, makuchów rzepakowych i mieszaniny węgla z makuchami

Fig. 2. Caloric value of coal, rape oil cakes and mixture of coal and oil cakes

Wykorzystanie tych produktów jako paliw wymaga jeszcze oceny pod względem zawartości składników chemicznych takich jak siarka i azot oraz popiołu i składników lotnych, które mogą mieć szkodliwy wpływ na środowisko oraz wymagać specjalnej konstrukcji pieców.

Bibliografia

Balista J. J. Jr, Hughes E. E., Tillman D. A. 2000. Biomass cofiring at Steward Station. *Biomass Bioenergy*, vol. 19, nr 6.

Dreszer K., Michałek R., Roszkowski A. 2003. Energia odnawialna – możliwości jej pozyskiwania i wykorzystania w rolnictwie. *Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej*, Kraków – Lublin – Warszawa.

Heller M. C., Keleian G. A., Mann M. K., Volk T. A. Life cycle energy and environmental benefits of generating electricity from willow biomass. *Renewable Energy*, vol. 29, nr 7.

Houghes E. 2000. Biomass cofiring: economics, policy and opportunities. *Biomass Bioenergy*, vol. 19, nr 6.

Ścieżko M., Zuwała J., Pronobis M. 2006. Zalety i wady współspalania biomasy w kotłach energetycznych na tle doświadczeń eksploatacyjnych pierwszego roku współspalania biomasy na skalę przemysłową. *Energetyka*, nr 3.

Tillman D. A. 2000. Biomass cofiring: the technology, the experience, the combustion consequences. *Biomass Bioenergy*, vol. 19, nr 6, s. 365-384.

CALORIC ANALYSIS OF SOLID FUEL MIXTURE WITH USE OF BIOCOMPONENT

Summary

The paper presents results of caloric value measurements for a mixture of hard coal and rape oil cake with different percentage content (5, 10, 12, 15%). The tests were made using calorimeter KL-12Mn, according to the applicable standard PN-86/C-04062. The obtained results revealed that calorific value of the mixture dropped on the increase of share of oil cake in the mixture and reached the value within the caloric value of hard coal and rape oil cakes.

Key words: calorific value, oil cake, hard coal, mixture