

# Przygotowanie lignocelulozy odpadowej do procesu spalania

Jolanta ROBAK, Marcin JANUSZ, Aleksander SOBOLEWSKI – Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, Zabrze

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2012, 66, 5, 436-440

## Wprowadzenie

Kopalne paliwa stałe: węgle kamienne i brunatne, są ciągle głównym filarem polskiej energetyki. Założenia przyjętej w 2000 r. przez Radę Ministrów „Strategii rozwoju energetyki odnawialnej” i wynikające z niej dalsze zapisy legislacyjne, w tym uchwalona przez Radę Ministrów „Polityka energetyczna Polski do 2030 roku” (listopad 2009), są powodem rosnącego zainteresowania źródłami energii odnawialnej. Zgodnie z ostatnim przywołanym dokumentem, udział paliw odnawialnych w bilansie energetycznym Polski powinien rosnąć sukcesywnie do poziomu 15% w 2020 r. i 20% w 2030 r.

W warunkach polskich głównym odnawialnym źródłem energii jest biomasa, definiowana jako „(...) stałe lub ciekłe substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które ulegają biodegradacji, pochodzące z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej oraz leśnej, a także przemysłu przetwarzającego ich produkty, a także części pozostałych odpadów, które ulegają biodegradacji, oraz ziarna zbóż niespełniające wymagań jakościowych dla zbóż w zakupie interwencyjnym (...) i ziarna zbóż, które nie podlegają zakupowi interwencyjnemu” [1]. Niezaprzeczalne zalety różnych rodzajów biomasy, do których należą przede wszystkim tzw. zero-wa emisja oraz odnawialność, często idą w parze z niekorzystnymi z punktu widzenia ich użytkowania właściwościami fizykochemicznymi. Należą do nich między innymi szeroki zakres i wysoka zawartość wilgoci oraz mała gęstość usypowa, a co za tym idzie – stosunkowo niskie ciepło spalania na jednostkę masy i objętości. Właściwości te są przyczyną wielu problemów logistycznych i technicznych.

W związku z rosnącym zainteresowaniem biomasą jako paliwem, poszukiwane są nowe jej źródła. Widocznym efektem tych poszukiwań jest pojawienie się na polskim rynku znacznej ilości odpadów (z reguły pochodzących z Ukrainy i Białorusi), nazywanych ścięciem drzewnym lub lignocelulozą odpadową, a będących odpadową biomasą lignocelulozową pohydrolityczną – produktem ubocznym przy produkcji furfuralu lub biopaliwa płynnego. Efektywne wykorzystanie lignocelulozy odpadowej uwarunkowane jest jej przetworzeniem do paliwa formowanego, możliwego do stosowania w rusztowych urządzeniach grzewczych, w energetyce zawodowej i ciepłownictwie. Proces formowania jest bowiem metodą eliminacji takich niekorzystnych właściwości lignocelulozy odpadowej, jak mała gęstość energetyczna, duża podatność na ścięranie i pylenie.

## Materiały i metody badań

### Materiał do badań – lignoceluloza pohydrolityczna

Jednym z podziałów biomasy jest podział na biomasę roślin konsumpcyjnych (spożywczych) i biomasę lignocelulozową (*lignocellulosic biomass* – LCB) [2, 3], która obejmuje rośliny wyłącznie energetyczne oraz rolnicze i leśne pozostałości i materiały odpadowe. Biomasę w formie roślin konsumpcyjnych stanowią tradycyjne uprawy spożywcze, takie jak zboża, rzepak, buraki cukrowe i inne okopowe. Podstawowymi składnikami tych roślin są cukry i skrobia. Biomasę lignocelulozową tworzą trzy podstawowe składniki: celuloza, hemiceluloza, lignina. Źródłem pochodzenia biomasy lignocelulozowej są:

• pozostałości drzewne (potartaczne, leśne i z przemysłu papierniczego)

• różnorodne odpady papiernicze

• pozostałości rolnicze (np słoma kukurydziana, pozostałości z buraków cukrowych)

• rośliny energetyczne (np. wierzba, ślázowiec pensylwański i trawy energetyczne).

Materiałem w badaniach była lignoceluloza pohydrolityczna (kraj pochodzenia: Białoruś). Badana lignoceluloza w formie wyjściowej, bezpośrednio po dostawie w big-bagach, była mieszanką materiału o wyglądzie drobnych trocin drzewnych. Ciemniejszy lub jaśniejszy odcień barwy świadczył o niejednorodności próbki otrzymanej w ilości ok. 1 Mg. Właściwości fizykochemiczne uśrednionej próbki lignocelulozy pohydrolitycznej zaprezentowano w Tablicy 1.

Tablica 1

### Właściwości fizykochemiczne lignocelulozy pohydrolitycznej

Oznaczenie	Jednostka miary	Wartość
Analiza techniczna:		
– zawartość wody całkowitej $W_t^r$	% m/m	20,6
– zawartość wody analitycznej $W^a$		4,3
– zawartość popiołu $A^a$		8,0
– zawartość części lotnych $V^a$		60,30
Analiza elementarna:		
– zawartość węgla $C_t^a$	% m/m	54,0
– zawartość wodoru $H_t^a$		5,09
– zawartość azotu $N^a$		0,18
– zawartość tlenu (obliczona)		28,27
– siarki całkowitej $S_t^a$		0,46
– zawartość chloru $Cl^a$		< 0,005
Wartość opałowa:		
– w stanie roboczym $Q_i^r$	kJ/kg	16 329
– w stanie analitycznym $Q_i^a$		20 183
Ciepło spalania $Q_s^a$	kJ/kg	21 399

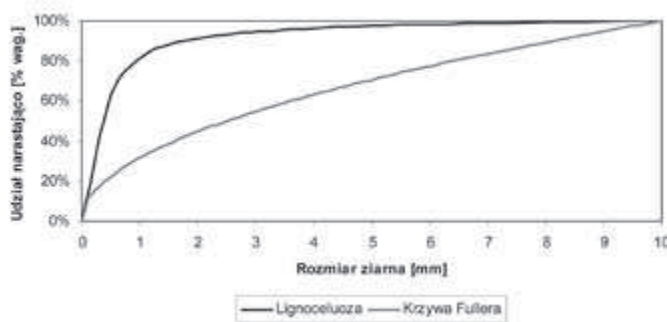
W przeprowadzonej ocenie analitycznej badanej biomasy lignocelulozowej uwagę zwraca kilka istotnych dla paliw wielkości. Ciepło spalania badanej próbki  $Q_s^a$ , wynoszące 21 399 kJ/kg, jest wyższe, niż typowy zakres tego parametru dla biomasy [4]. Z kolei wartość opałowa  $Q_i^r$ , równa 16 329 kJ/kg, mieści się w zakresie charakterystycznym dla biomasy (drzewnej i niedrzewnej) oraz węgla brunatnego [4, 5]. Zawartość siarki całkowitej  $S_t^a$  w badanej próbce, równa 0,46% m/m, jest zdecydowanie wyższa, niż w typowej biomacie drzewnej, odpowiada raczej poziomowi charakterystycznemu dla biomasy niedrzewnej, natomiast bardzo niska zawartość chloru  $Cl^a$ , poniżej 0,005% m/m, jest typowa dla biomasy drzewnej [4, 6].

W przypadku siarki, jej wysoka zawartość może być pochodną warunków siedliskowych lub obróbki, jakiej poddawana była biomasa lignocelulozowa przed złożeniem na pryzmę. Aby zniszczyć strukturę lignocelulozy w celu wytworzenia z niej biopaliwa, stosuje się metody termochemiczne i biochemiczne, przy czym jednym z etapów biochemicznych metod wytwarzania biopaliw płynnych jest hydroliza kwasowa (steżonym lub rozcieńczonym kwasem siarkowym) [7]. Ze względu jednak na brak informacji dotyczących pochodzenia i historii przeróbki badanej lignocelulozy odpadowej, nie można jednoznacznie stwierdzić, czy tak wysoka zawartość siarki jest rzeczywiście efektem zastosowania hydrolizy kwasowej.

Właściwościami surowca, istotnymi z punktu widzenia procesu aglomeracji, są zawartość wilgoci i uziarnienie. Zawartość wilgoci całkowitej  $W_t$  w materiale badawczym wynosiła 20,6% m/m. Obserwowana, wspomniana wyżej niejednorodność próbki potwierdzała wcześniejsze doświadczenia IChPW z lignocelulozą pohydrolityczną, w której zawartość wilgoci przekraczała nawet poziom 60% m/m.

Jednym z czynników decydujących o efektywności procesu kompaktowania jest rozkład ziarnowy surowca. W procesach brykietowania węgla obowiązuje reguła, że im mniejsze brykiety, tym niższa powinna być górna granica rozdrobnienia surowca węglowego, a dla wszystkich materiałów brykietowanych powinna obowiązywać zasada dobierania składu ziarnowego zbliżonego do krzywej największego upakowania Fullera [8]. Według krzywej Fullera, zawartość klasy ziarnowej wielkości od 0 do  $i = D/10$  (gdzie  $D$  jest wymiarem ziaren największych) powinna wynosić ok.  $1/3$  całkowitej ilości materiału sypkiego. Założono, że w procesie kompaktowania odpadowej biomasy lignocelulozowej spełnione być powinny te same zasady dotyczące uziarnienia surowca.

Z analizy wyników oznaczeń rozkładu ziarnowego badanej partii lignocelulozy (Rys. 1) wynika, że rozdrobnienie tego surowca nie spełnia przytoczonego wyżej wymogu zawartości ok. 33% wagowych ziaren o średnicy poniżej 1,0 mm. Zawartość klasy ziarnowej od 0 do 1,0 mm ( $D/10 = 1,0$ ) wynosi 81,4%. Pomimo braku frakcji większych, tak duże rozdrobnienie materiału może zapewnić wysoki stopień upakowania cząstek. Mankamentem mogą być wysokie straty, spowodowane pyleciem lub przesypaniem się materiału suchego.



Rys. 1. Analiza ziarnowa lignocelulozy pohydrolitycznej

#### Stosowane techniki aglomeracji i metody oceny produktu

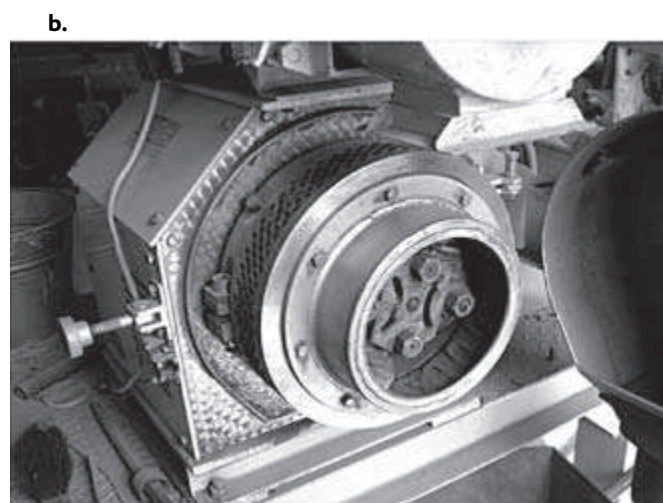
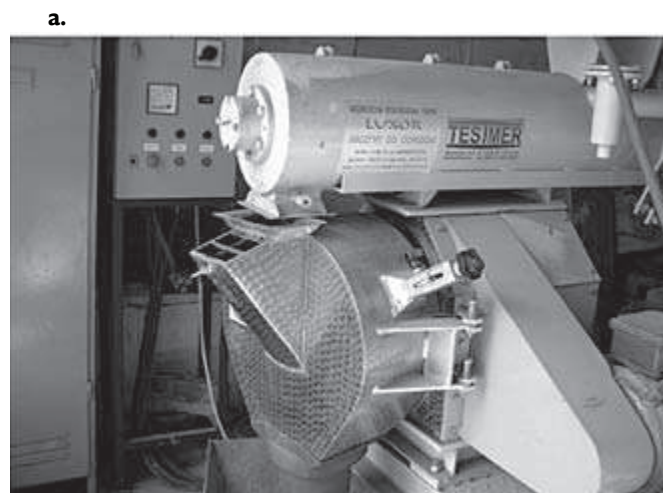
W badaniach wytwarzania paliwa formowanego z lignocelulozy pohydrolitycznej wykorzystano bezpieczny proces aglomeracji ciśnieniowej realizowanej w laboratoryjnej prasie stomprowej oraz w brykietarce hydraulicznej i granulatorze z matrycą pierścieniową.

Badania brykietowania w skali laboratoryjnej realizowane były w prasie stomprowej PW-1 o objętości formy 60 cm<sup>3</sup>. Prasa umożliwia wytwarzanie pojedynczych brykietów w kształcie walca o średnicy 35 mm i wysokości zależnej od jakości („ściśliwości”) prasowanego materiału i przyłożonego ciśnienia prasowania. Prasowaniu poddano lignocelulozę pohydrolityczną o wilgotności wyjściowej (20,6% m/m), stosując ciśnienie prasowania 4, 6, 8 i 10 MPa.

Prasa hydrauliczna z tłokowym systemem zagęszczania BrikStar typ 200-16 o wydajności 200 kg/h i maksymalnym ciśnieniu prasowania 18 MPa jest podstawowym elementem przemysłowej linii wytwarzania brykietów drzewnych z trocin. W urządzeniu tym prasowaniu pod ciśnieniem 12 MPa poddano dwie partie surowca o różnej zawartości wilgoci:

- lignocelulozę o zawartości wilgoci ok. 13% m/m (zgodnie z informacjami użytkownika przedmiotowej linii produkcyjnej zawartość wilgoci całkowitej w surowcu na poziomie 13% m/m jest zawartością optymalną)
- lignocelulozę o zawartości wilgoci 20,6 % m/m.

Pelety z materiału do badań wytworzono w granulatorze z matrycą pierścieniową typ PD-1 o wydajności nominalnej 0,4 do 1,2 Mg/h, produkcji Przedsiębiorstwa Produkcyjno-Usługowego Maszyn i Urządzeń Rolniczych TESTMER Warszawa SA (Rys. 2). Stosowane urządzenie jest przykładem granulatora z zamkniętą komorą granulowania i układem zagęszczającym, składającym się z cylindrycznej, perforowanej matrycy i rolek zagęszczających. Podobnie jak w przemysłowej prasie hydraulicznej, pelety otrzymywano z surowca podsuszonego do zawartości wilgoci na poziomie ok. 13% m/m oraz z surowca wyjściowego.



Rys. 2. Granulator z matrycą pierścieniową typ PD-1  
a – widok ogólny części roboczej; b – otwarty układ zagęszczający: matryca pierścieniowa-rolki zagęszczające

Wytworzone brykiety poddano ocenie wytrzymałości na zrzucanie i nasiąkliwości wodnej. Wytrzymałość na zrzucanie określano, zrzucając brykiety z wysokości 1 m na stalową płytę i określając ilość zrzutów, które nie powodują ich degradacji. Oznaczenie nasiąkliwości wodnej przeprowadzono zgodnie z normą PN-G-04652: 1997 „Paliwa formowane. Oznaczenie nasiąkliwości i wodoodporności”.

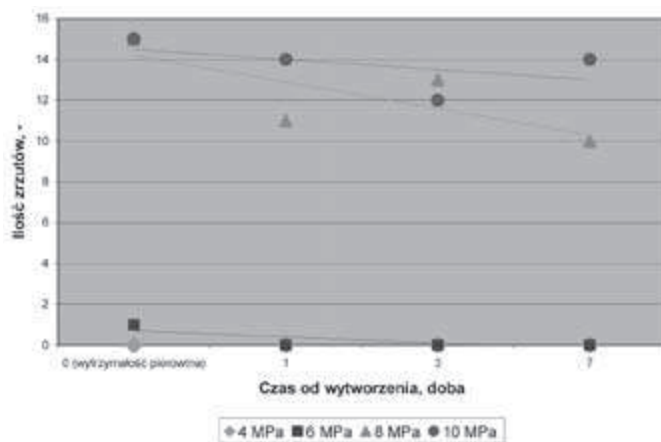
Jako mierniki jakości peletów otrzymanych z lignocelulozy po hydrolitycznej przyjęto dwa parametry mechaniczne: wytrzymałość warstwy peletów na ścisnienie oraz ścieranie metodą bębnową, a także nasiąkliwość wodną. Oznaczenie wytrzymałości na ścisnienie przeprowadzono na podstawie procedury własnej, polegającej na pomiarze siły, która – wywarta osiowo na górną powierzchnię warstwy granulatu o wysokości  $H = 270$  mm – spowoduje zmniejszenie tej wysokości o 20 mm i odniesieniu tej siły do pola przekroju poprzecznego warstwy granulatu.

Do oznaczenia wytrzymałości na ścieranie zaadaptowano normę PN-G-04650 „Paliwa formowane. Oznaczenie wytrzymałości mechanicznej metodą bębnową”. Metoda polega na mechanicznej obróbce próbki granulatu w stalowym bębnie obrotowym o średnicy wewnętrznej  $d = 225$  mm (wyposażonym w dwa symetrycznie usytuowane żebra), zważeniu po obróbce ilości peletów nieprzechodzących przez sito o oczkach 3 mm i odniesieniu tej ilości do całkowitej masy próbki poddawanej obróbce mechanicznej. Oznaczenie wykonuje się po 100 ( $W_{100}$ ) i 500 ( $W_{500}$ ) obrotach bębna.

W celu oznaczenia nasiąkliwości wodnej peletów zaadaptowano metodę stosowaną w cytowanej wyżej normie PN-G-04652: 1997. Oznaczeniu poddano 1 dm<sup>3</sup> peletów umieszczonych pod lustrem wody w perforowanym pojemniku.

### Wyniki badań

Parametrem zmiennym w badaniach realizowanych w laboratoryjnej prasie stomprowej było zastosowane ciśnienie prasowania. Ocenę otrzymanych brykietów pod kątem wytrzymałości na zrzucanie wykonano bezpośrednio po ich wytworzeniu (wytrzymałość pierwotna), a następnie po jednej, trzech i siedmiu dobach od wytworzenia. Wyniki przeprowadzonych testów przedstawiono na Rysunku 3.

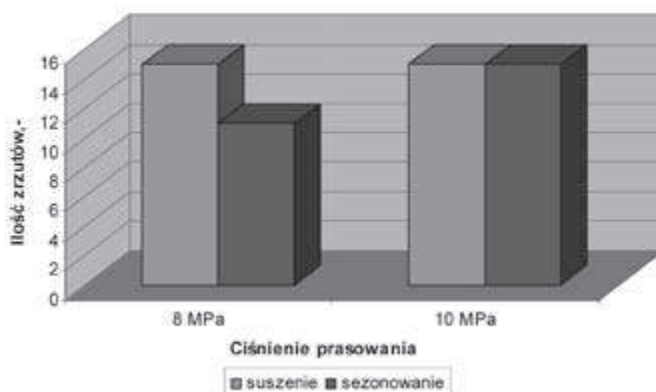


Rys. 3. Wytrzymałość na zrzucanie brykietów z prasy stomprowej w zależności od zastosowanego ciśnienia prasowania

Dla materiału o wilgotności 20,6% m/m poddawanego brykietowaniu w prasie stomprowej, ciśnienia prasowania 4 i 6 MPa okazały się niewystarczające dla wytworzenia brykietów o trwałej strukturze. Dopiero ciśnienie prasowania 8 oraz 10 MPa umożliwiły wytworzenie trwałych mechanicznie produktów. Zaobserwowano, że wytrzymałość brykietów maleje w czasie sezonowania w stosunku do ich wytrzymałości pierwotnej, stabilizując się po ok. trzech dobach sezonowania. Przyczyną takiego stanu jest odparowanie w tym czasie części wilgoci, która – tworząc mostki wodne – spajała cząstki brykietowanego materiału. Jednocześnie brak w mieszance innego spoiwa, mogącego z czasem tworzyć trwałe powiązania między cząstkami materiału, nie kompensował spadku wytrzymałości spowodowanego ubytkiem wody.

W celu określenia sposobu końcowej obróbki brykietów przeprowadzono próbę ich suszenia bezpośrednio po wytworzeniu. Wytworzone brykiety poddano suszeniu w temperaturze 60°C w czasie 1 godziny. Przyjmując, że wysuszone brykiety, podobnie jak brykiety

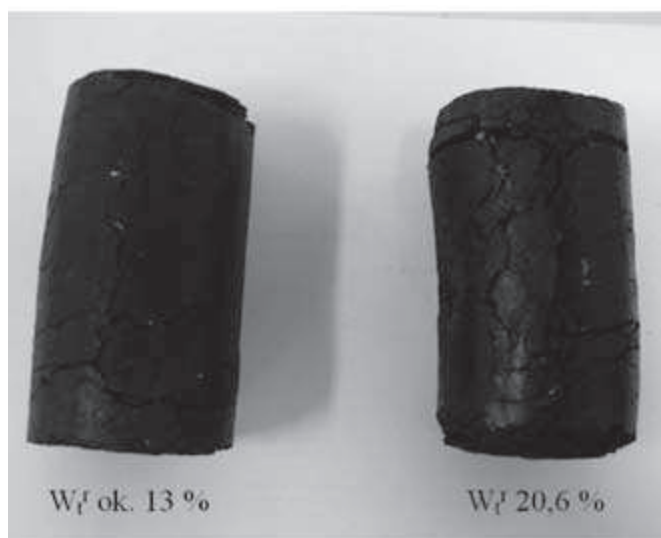
po siedmiu dobach sezonowania w warunkach naturalnych pod zadaniem, są produktem finalnym – wyniki oznaczenia wytrzymałości na zrzucanie porównano na Rysunku 4 z wynikami uzyskanymi dla brykietów po 7 dniach sezonowania.



Rys. 4. Porównanie wpływu obróbki końcowej brykietów (sezonowanie/suszenie) na ich wytrzymałość na zrzucanie

Nie zaobserwowano jednoznacznej tendencji w zmianach wytrzymałości na zrzucanie brykietów suszonych i sezonowanych. Dla brykietów otrzymanych przy ciśnieniu prasowania 8 MPa proces suszenia wydaje się z tego punktu widzenia korzystniejszy (wytrzymałość jest o ok. 28% wyższa, niż wytrzymałość brykietów sezonowanych), natomiast dla brykietów otrzymanych przy ciśnieniu prasowania 10 MPa wytrzymałość brykietów suszonych jest taka sama, jak brykietów sezonowanych. We wszystkich jednak przypadkach intensywne suszenie brykietów spowodowało – w wyniku szybkiej migracji wilgoci – powiększenie się wszystkich rys i pęknięć na ich powierzchni.

Efektom prób przeprowadzonych na przemysłowej linii brykietowania z brykieciarką tłokową było uzyskanie dwóch partii brykietów o kształcie walca o średnicy ok. 50 i długości ok. 100 mm (Rys. 5). Z surowca podsuszonego do zawartości wilgoci ok. 13% m/m otrzymano brykiety o mniej spękanej powierzchni, których wytrzymałość pierwotna wynosiła 15 zrzutów. Wytrzymałość pierwotna brykietów z surowca o zawartości wilgoci 20,6% m/m wynosiła 13 zrzutów, a na ich powierzchni obecne były liczne, poprzeczne i wzdłużne pęknięcia. Po siedmiodniowym okresie sezonowania średnia wytrzymałość brykietów na zrzucanie nieznacznie spadła do 13 zrzutów dla brykietów z surowca podsuszanego i 12 zrzutów dla brykietów z surowca pierwotnego.



Rys. 5. Brykiety wytworzone na przemysłowej linii brykietowania biomasy

Peletyzowanie lignocelulozy pohydrolitycznej w granulatorze z matrycą pierścieniową pozwoliło uzyskać produkty o właściwościach mechanicznych (po siedmiu dniach sezonowania) przedstawionych w Tabelcy 2.

Tabelca 2

**Właściwości mechaniczne peletów z lignocelulozy pohydrolitycznej**

Zawartość wilgoci w surowcu, % m/m	Właściwości mechaniczne peletów		
	Wytrzymałość na ściskanie, MPa	Wytrzymałość na ścieranie $W_{100}$ , % m/m	Wytrzymałość na ścieranie $W_{500}$ , % m/m
ok. 13	0,716	83,3	51,0
20,6	1,324	99,2	97,1

Pelety z lignocelulozy o zawartości wilgoci ok. 13% m/m charakteryzowały się małą wytrzymałością mechaniczną na ściskanie i na ścieranie. W wyniku obróbki w bębnie obrotowym, już po 100 obrotach 16,7% m/m peletów uległo starciu do uziarnienia poniżej 3 mm, natomiast po 500 obrotach było to już 49% m/m partii badanego materiału. Zdecydowanie lepszymi walorami mechanicznymi charakteryzowały się pelety wytworzone z lignocelulozy o zawartości wilgoci 20,6% (Rys. 6). Poza korzystniejszymi właściwościami mechanicznymi, sam proces peletyzacji przebiegał znacznie sprawniej przy użyciu surowca o wyższej wilgotności. Materiał podsuszony ulegał bowiem intensywnemu ścieraniu w elementach roboczych granulatora, co skutkowało obniżeniem wydajności procesu.



**Rys. 6. Pelety z lignocelulozy pohydrolitycznej o zawartości wilgoci 20,6% m/m**

Badania nasiąkliwości wytworzonych brykietów i peletów wykazały brak odporności tego materiału na działanie wody. Norma PN-G-04652: 1997 przewiduje, że oznaczenie nasiąkliwości i wodoodporności wykonuje się po 24 godzinach pełnego zanurzenia badanej próbki w wodzie. Jedynie pelety oraz brykiety otrzymane

z surowca zawierającego 20,6% m/m wilgoci zachowały po tym czasie swój kształt, jednak rosypywały się po wyciągnięciu ich z wody.

### Podsumowanie

Charakterystyczną cechą OZE w postaci biomasy jest znaczne terytorialne rozproszenie miejsc jej pozyskiwania, zmienne właściwości fizykochemiczne oraz niska gęstość energetyczna (ilość energii skumulowanej w jednostce objętości). Poza pierwszą z wymienionych cech, pozostałe odnoszą się również do lignocelulozy pohydrolitycznej, której zmienna wilgotność oraz niski ciężar usypowy nastroją szereg problemów natury technologicznej, a także logistycznej. Metodą na poprawę ekonomicznej efektywności wykorzystania tego typu materiału jest jej przetworzenie do paliwa formowanego, możliwego do stosowania w indywidualnych urządzeniach grzewczych, w energetyce zawodowej i ciepłownictwie.

Bezpieczniejsze formowanie lignocelulozy odpadowej realizować można techniką brykietowania lub peletyzowania. Dobór urządzenia i techniki kompaktowania uzależniony powinien być od docelowego kierunku i urządzenia energetycznego, w którym wytworzone paliwo formowane zostanie zużytkowane. Wielka energetyka, bazująca na kotłach pyłowych, rozdrabnia dostarczane jej paliwo, dlatego też zainteresowana jest paliwem biomasowym o zwiększonej gęstości energetycznej, możliwym do rozdrobnienia w stosowanych urządzeniach rozdrabniających. Dla odbiorców indywidualnych, stosujących nowe rozwiązania kotłów z automatycznym podawaniem paliwa, przydatne jest paliwo w postaci peletów o dobrej wytrzymałości mechanicznej. Z kolei odbiorcy dysponujący piecami i kotłami rusztowymi zainteresowaniu mogą być paliwem formowanym w postaci brykietów.

Z punktu widzenia procesu aglomeracji różnymi technikami, najistotniejszą właściwością lignocelulozy pohydrolitycznej jest jej wilgotność i uziarnienie. Z doświadczeń własnych wynika, że zawartość wilgoci w przedmiotowym materiale jest różna i może wynosić od kilkunastu do kilkudziesięciu % m/m. Ponieważ jest to materiał odpadowy, również jego uziarnienie i czystość mechaniczna stanowią problem technologiczny: poza różnego rozmiaru cząstkami lignocelulozy, w materiale na niezabezpieczonym odpowiednio składowisku mogą pojawiać się obce zanieczyszczenia mechaniczne.

Reasumując: lignoceluloza pohydrolityczna charakteryzuje się bardzo dużą niejednorodnością (różna wilgotność w bardzo szerokim przedziale, możliwość mechanicznych wtrąceń), jest materiałem sprężystym i nie wykazuje właściwości wiążących. Do jej aglomeracji należy stosować wysokie ciśnienia prasowania, przy odpowiednio dobranym poziomie zawartości wilgoci w surowcu otrzymane produkty charakteryzują się dobrymi walorami mechanicznymi, jednakże ich mankamentem jest brak odporności na działanie wody, przekładający się w praktyce na brak odporności na działanie czynników atmosferycznych.

Energetyczne wykorzystanie lignocelulozy pohydrolitycznej może być jedną z dróg uzupełniania krajowych zasobów odnawialnych źródeł energii i realizacji zobowiązań Polski, dotyczących zwiększenia ich udziału w bilansie energetycznym kraju. Jak każde rozwiązanie gospodarcze, tak i to musi być jednak efektywne pod względem ekonomicznym. Należy mieć świadomość, że proces produkcji paliwa formowanego, to nie tylko koszty związane z samym kompaktowaniem surowca, ale również koszty jego transportu, suszenia, przesiewania i sezonowania produktu gotowego. Biorąc pod uwagę wspomniany wyżej szeroki zakres wilgotności, jaką charakteryzuje się lignoceluloza pohydrolityczna, należy mieć świadomość, że operacją najistotniej wpływającą na koszt wytwarzania produktu finalnego jest suszenie surowca.

## Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dn. 14 sierpnia 2008 r. wraz z późniejszymi zmianami w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków użytkownika i przedstawienia domorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej z odnawialnym źródle energii, Dz. U. Nr 156/2008, poz. 969.
2. Raport IAC „Lighting the Way: Toward a Sustainable Energy Future, www.interacademycouncil.net/?id=12161
3. Budzyński W., Bielski S.: *Surowce energetyczne pochodzenia rolniczego. Cz. II. Biomasa jako paliwo stałe* (Artykuł przeglądowy), Acta Sci. Pol. Agricultura 2004, 3 (2), 15-26.
4. Bątołek-Giesia N., Jagustyn B.: *Zawartość chloru w biomase stałej stosowanej dla celów energetycznych. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 2009, 40, 396-401.
5. Komorowicz M., Wróblewska H., Pawłowski J.: *Skład chemiczny i właściwości energetyczne biomasy z wybranych surowców odnawialnych. Ochrona Środowiska i zasobów Naturalnych* 2009, 40, 402-410.
6. Król D., Łach J., Poskrobko S.: *Plant biomass and some waste-derived fuels: heavy metals content; w: Systemy, technologie i urządzenia energetyczne*, pr. zbiorowa pod red. J. Talera. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2010, 269-280.
7. Szymczyk E.: Stan badań i perspektywy wdrożeń technologii do produkcji bioetanolu paliwowego z surowców lignocelulozowych. www.cire.pl/pracedypломowe/praca10/EwelinaSzymczykpracamag.pdf
8. Poradnik Górnika, tom V, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1976.

Dr inż. Jolanta ROBAK – Absolwentka Wydziału Inżynierjno-Ekonomicznego Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, specjalność: inżynieria i ekonomia przemysłu chemicznego. Praca doktorska z dziedziny ekstrakcji nadkrytycznej zrealizowana w Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Od 1986 r. pracownik Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze. Aktualnie adiunkt w Centrum Badań Technologicznych IChPW. Główne obszary kompetencji: technologia chemiczna, paliwa zawieszynowe, procesy kompaktowania, ekonomia przemysłu, ekstrakcja nadkrytyczna. W dorobku naukowym ma szereg prac badawczych, współautorstwo 5 monografii naukowych, ponad 25 publikacji krajowych i zagranicznych, ponad 30 prac prezentowanych na konferencjach naukowych oraz przyznane patenty i zgłoszenia patentowe.

Mgr inż. Marcin JANUSZ – ukończył Wydział Chemiczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach (2008) specjalność – Makrokierunek: Technologia i Inżynieria Chemiczna. Od 2009 r. pracownik Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze. Aktualnie inżynier w Centrum Badań Technologicznych. Głównym obszarem kompetencji jest koksownictwo, procesy kompaktowania oraz procesy zgazowania i oxy-spalania paliw stałych.

Dr inż. Aleksander SOBOLEWSKI – ukończył Wydział Chemiczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach (1986), specjalność – inżynieria chemiczna. Pracę doktorską (inżynieria chemiczna) obronił w 1993 r. na Politechnice Śląskiej. Od 1987 r. pracuje w Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze, aktualnie na stanowisku Zastępcy Dyrektora Instytutu ds. Badań i Rozwoju. Jest członkiem Polskiej Komisji Standaryzacyjnej, ekspertem Polskiej Izby Ekologii (odzysk odpadów) oraz członkiem Europejskiego Komitetu Koksowniczego. Głównym obszarem kompetencji jest koksownictwo oraz termiczne przetwórstwo odpadów (spalanie, piroliza, zgazowanie). Jest autorem kilku monografii, ponad 100 publikacji naukowych (polsko-, angielsko-, niemiecko- i rosyjskojęzycznych) oraz wielu patentów.

## VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowa Chromatografia Jonowa 2012

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze oraz Śląska Wyższa Szkoła Zarządzania im. Gen. J. Ziętka w Katowicach we współpracy z firmą Metrohm Polska organizują VIII Międzynarodową Konferencję Naukową – Chromatografia Jonowa '2012, która odbędzie się w Śląskiej Wyższej Szkole Zarządzania im. gen. J. Ziętka Katowicach w dniach 25-26 kwietnia 2012 r.

W ramach Konferencji zostaną wygłoszone referaty i komunikaty dotyczące podstaw teoretycznych chromatografii jonowej oraz metod pokrewnych i ich praktycznych zastosowań w analizie próbek ciekłych, stałych i gazowych. W trakcie Konferencji odbędzie się sesja posterowa oraz wystawa sprzętu i akcesoriów do chromatografii jonowej. Konferencja jest adresowana do wszystkich obecnych i przyszłych użytkowników chromatografów jonowych, w szczególności do pracowników jednostek naukowo-badawczych, uczelni wyższych, stacji uzdatnia wód, jednostek monitorujących stan środowiska. Wzorem lat ubiegłych przewidujemy wydanie przed konferencją monografii „Chromatografia Jonowa '2012”. Biorąc pod uwagę niewielką liczbę polskojęzycznych publikacji z tego zakresu – stanowią one ważne źródło informacji dla wszystkich zajmujących się zastosowaniami chromatografii jonowej. Bezpłatne egzemplarze tych monografii będą dostępne podczas konferencji.

Udział w konferencji jest bezpłatny. Organizatorzy zapewniają materiały konferencyjne, w tym monografię z pracami nadesłanymi przez Autorów oraz catering w przerwach pierwszego i drugiego dnia konferencji.

Ze względu na krótki cykl wydawniczy, Autorzy proszeni są o nadsyłanie prac z zakresu chromatografii jonowej i technik pokrewnych na adres [michalski@ipis.zabrze.pl](mailto:michalski@ipis.zabrze.pl) (w języku polskim lub angielskim) w nieprzekraczalnym terminie **do 15 lutego 2012**.

Komunikat ze szczegółowym programem konferencji zostanie rozesłany i zamieszczony na stronach [www.ipis.zabrze.pl](http://www.ipis.zabrze.pl), [www.swsz.katowice.pl](http://www.swsz.katowice.pl) oraz [www.metrohm.pl](http://www.metrohm.pl) do 5 kwietnia 2012 r.

### Kontakt:

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN  
ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze  
tel. (032) 2716481 wew.218, fax. (032) 2717470

E-mail: [michalski@ipis.zabrze.pl](mailto:michalski@ipis.zabrze.pl)  
(<http://www.ipis.zabrze.pl/>)