

Tomasz DZIK*, Andrzej ROZWADOWSKI**

Metodyka doboru składników kompozytowych paliw stałych dla celów zgazowania

STRESZCZENIE. Wytwarzanie paliw kompozytowych z węgla i biomasy stanowi innowacyjne podejście do procesów konwersji paliw stałych. Operacja scalania węgla i biomasy stwarza bowiem nie tylko możliwość zwiększenia tzw. gęstości energetycznej biomasy, ale również okazję do wprowadzenia do składu paliwa dodatków, które dzięki swoim specyficznym właściwościom fizykochemicznym pozwalają podnieść wartość użytkową uzyskanego kompozytu. Celem projektu „CoalGas” – Work Package 5, w którym uczestniczy Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, jest opracowanie technologii przygotowania węgla i biomasy dla celów zgazowania. Jednym z głównych zadań, od którego rozpoczęto realizację projektu „CoalGas” w zakresie Work Package 5 było opracowanie koncepcji procesowych przygotowania węgla i biomasy do wytworzenia paliwa kompozytowego dedykowanego instalacjom prowadzącym procesy spalania oraz zgazowania. Opracowana metodyka doboru składników paliwa kompozytowego dla celów zgazowania pozwala na: wytypowanie typu reaktora, dla którego może być dedykowane paliwo kompozytowe wytworzone z węgla i biomasy, określenie parametrów technologicznych jakimi powinno charakteryzować się paliwo kompozytowe oraz dobór składników i opracowanie receptury paliw kompozytowych przeznaczonych do zgazowania w wytypowanych urządzeniach. Zaproponowana metodyka zawiera trzy fazy postępowania, składające się z kilku etapów, co umożliwia modyfikację składu chemicznego paliwa kompozytowego przeznaczonego do procesu zgazowania oraz pozwala na kształtowanie jego właściwości mechanicznych. Metoda łączy w sobie elementy: modelowania (w zakresie procesu zgazowania), elementy badawcze (w zakresie analizy

* Dr inż. – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Systemów Wytwarzania, Kraków; e-mail: dzik@imir.agh.edu.pl

** Dr inż. – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Technologii Paliw, Kraków; e-mail: rozwadow@agh.edu.pl

technicznej i elementarnej składników), elementy doświadczalne (w zakresie procesu aglomeracji ciśnieniowej), elementy konstrukcyjne (w zakresie doboru cech układu zagęszczania) oraz elementy utylitarne poprzez zastosowanie technologii wytwarzania i zgazowywania tych paliw.

SŁOWA KLUCZOWE: węgiel, biomasa, paletyzacja, zgazowanie

Wprowadzenie

Wytwarzanie paliw kompozytowych z węgla i biomasy stanowi innowacyjne podejście do procesów konwersji paliw stałych. W wyniku łączenia tych surowców uzyskuje się paliwo, nazwane przez autorów paliwem kompozytowym, przyjazne środowisku oraz odznaczające się korzystniejszymi i bardziej stabilnymi właściwościami fizykochemicznymi niż nieprzetworzona biomasa. Operacja scalania węgla i biomasy stwarza bowiem nie tylko możliwość zwiększenia tzw. gęstości energetycznej biomasy, ale również okazję do wprowadzenia do składu paliwa dodatków, które dzięki swoim specyficznym właściwościom fizykochemicznym pozwalają podnieść wartość użytkową uzyskanego kompozytu (Sedlacek i in. 2003, 2005). Mankamentem powyższych rozwiązań jest niestety konieczność wydatkowania energii na zabiegi przygotowujące poszczególne komponenty do procesu scalania (suszenie, rozdrabnianie itp.) oraz potrzebnej do przeprowadzenia samej operacji scalania przez zagęszczanie (np. paletyzacji).

Celem projektu „CoalGas” – Work Package 5, w którym uczestniczy Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, jest opracowanie technologii przygotowania węgla i biomasy dla celów zgazowania i spalania. Podejmowane w nim prace są kontynuacją tematów realizowanych w ramach projektu „Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii elektrycznej” będącego częścią strategicznego programu prac i badań rozwojowych Narodowego Centrum Badań i Rozwoju pt. „Zaawansowane technologie pozyskiwania energii”.

Pierwszym zadaniem, od którego rozpoczęto realizację projektu „CoalGas” w zakresie Work Package 5 było opracowanie koncepcji procesowych przygotowania węgla i biomasy roślinnej do wytworzenia paliwa kompozytowego dedykowanego instalacjom prowadzącym procesy spalania oraz zgazowania, a mianowicie:

- ✧ węgla kamiennego niskiej jakości (o podwyższonej zawartości popiołu i siarki),
- ✧ miękkiego węgla brunatnego.

Przed przystąpieniem do prac doświadczalnych związanych z tym projektem należało ustalić:

- a) jakim typom reaktorów może być dedykowane paliwo kompozytowe wytworzone z węgla i biomasy,
- b) jakimi parametrami technologicznymi powinno charakteryzować się paliwo kompozytowe,
- c) metodę doboru komponentów i opracowania receptury paliw kompozytowych przeznaczonych do zgazowania w wytypowanych urządzeniach.

1. Wybór technologii zgazowania oraz wymagania wobec paliwa kompozytowego

Zgodnie z założeniami projektu „CoalGas” paliwo kompozytowe przygotowane na bazie węgla kamiennego i brunatnego oraz biomasy roślinnej będzie przeznaczone do instalacji realizujących procesy spalania i zgazowania. Teoretycznie proces zgazowania może być realizowany we wszystkich typach reaktorów, tzn. w reaktorach ze złożem przesuwным, fluidalnym, dyspersyjnym (reaktory strumieniowe). Jednak w związku z problemami jakie stwarza podczas operacji mielenia nieprzetworzona biomasa roślinna, wynikającymi głównie z jej specyficznych właściwości mechanicznych i wilgotności, wykorzystanie paliwa kompozytowego zawierającego biomasę roślinną w reaktorach w postaci pyłu wydaje się być nieuzasadnione. Korzyści wynikające z zastosowania biomasy, dla której bilans wydzielonego ditlenku węgla podczas spalania i pochłoniętego podczas wegetacji jest równy zero, zostałyby bowiem zniweczone koniecznością wydatkowania energii nie tylko na przygotowanie paliwa kompozytowego, ale również na jego ponowne rozdrobnienie do ziaren poniżej 0,1 mm przed podaniem do palników reaktora. Przystępując do opracowania koncepcji procesowych przygotowania węgla i biomasy do zagęszczania uznano więc, że zastosowanie biomasy w reaktorach i kotłach pyłowych w tym projekcie nie będzie brane pod uwagę.

W dalszych rozważaniach skoncentrowano się zatem na przygotowaniu paliwa przeznaczonego dla reaktorów pracujących w złożu przesuwным oraz złożu fluidalnym. Na podstawie przeglądu literatury dotyczącej procesu zgazowania paliw stałych (Collot 2006; Higman, Burgt 2007; Dreszer, Więclaw-Solny 2007; Chmielniak, Ściążko 2008; Robak 2008) zostały zebrane podstawowe informacje dotyczące wymagań stawianym paliwom kierowanym do procesu zgazowania w różnych reaktorach ze złożem przesuwным i fluidalnym oraz warunków w jakich przebiega proces zgazowania. Prezentuje je tabela 1.

Analizując dane z tabeli 1 oraz doniesienia literaturowe dotyczące perspektyw rozwoju komercyjnych technologii zgazowania węgla należy stwierdzić, że jest mało prawdopodobne, aby w najbliższych latach rozwijana była technologia wykorzystująca reaktory ze złożem przesuwным (Lurgi i Lurgi BGL; Chmielniak, Ściążko 2008). Rozważania związane z projektem „CoalGas” – Work Package 5 ograniczono więc do technologii zgazowania w złożu fluidalnym.

Opierając się na amerykańskich i europejskich doświadczeniach związanych z eksploatacją instalacji zgazowania węgla (Gasification World Database 2007; Bunt 2008) można stwierdzić, że dobierając właściwy typ reaktora zgazowania, wsadem może być nie tylko węgiel o różnym stopniu metamorfizmu ale także biomasa, torf, odpady rafineryjne i komunalne. W zasadzie do zgazowania nadaje się każdy rodzaj węgla (Molina i in. 1998; Lemaingnen i in. 2002; Callot 2006), jednak dla uzyskania odpowiednich parametrów zgazowania i uzyskania założonego celu technologicznego stosuje się konkretnie wybrany węgiel lub jego mieszaniny z różnorodnymi dodatkami. Wsad kierowany do konkretnego typu reaktora zgazowania powinien więc charakteryzować się odpowiednimi włas-

TABELA 1. Wymagania stawiane paliwom stałym przeznaczonym do zgazowania w reaktorach naziemnych ze złożem stałym i fluidalnym (Dreszer, Więclaw-Solny 2007)

TABLE 1. Requirements for solid fuels intended for gasification in ground reactors with solid and fluid deposits

Wymagania wobec paliwa		
Parametr	Złoże przesuwne	Złoże fluidalne
Uziarnienie paliwa	5–80 mm (ograniczona tolerancja dla podziarna)	0,5–6,0 mm
Zawartość wilgoci	poniżej 35%	poniżej 5%
Maksymalna zawartość popiołu	nielimitowana w reaktorze sucho-popiołowym poniżej 25% przy odbiorze popiołu w postaci żużla	nielimitowana
Temperatura topnienia popiołu	powyżej 1200°C (reaktor sucho-popiołowy) poniżej 1300°C (reaktor z odbiorem ciekłego żużla)	powyżej 1100°C
Możliwość stosowania węgla koksującego	tak, wymaga modyfikacji dla reaktorów sucho-popiołowych	tak, dla reaktorów sucho-popiołowych nie, dla reaktorów z popiołem aglomerowanym
Reaktywność paliwa	niska	wysoka
Warunki zgazowania		
Temperatura gazów	400–600°C	900–1000°C
Ciśnienie	3 MPa	1–30 MPa
Wydajność instalacji	do 350 MWt	do 700 MWt
Czas przebywania paliwa w reaktorze	15–30 min	10–50 s
Cecha charakterystyczna	ciekle węglowodory w gazie surowym	duża zawartość pyłu w gazie
Główne problemy techniczne	utyliczacja rozdrobnionego paliwa i ciekłych węglowodorów	konwersja pierwiastka C

ciwościami. Nie wszystkie z nich są jednak jednakowo ważne z punktu widzenia wybranej technologii zgazowania. W opracowaniu (Topolnicka 2011) wykonanym dla potrzeb projektu „Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii elektrycznej” zostały wymienione parametry „kluczowe” oraz „istotne” z punktu widzenia zgazowania węgla kamiennego i brunatnego w reaktorach fluidalnych.

Dokonując rozpoznania surowcowego w zakresie możliwości wykorzystania krajowych węgla kamiennych i brunatnych do procesu zgazowania w reaktorach przemysłowych zostały przebadane próbki węgla z najbardziej perspektywicznych zasobów operacyjnych złóż tych węgla (Topolnicka 2011). Wyniki tych analiz posłużyły do wytypowania surowca węglowego, który w dalszych badaniach realizowanych w skali większej niż laboratoryjna należy uwzględnić jako potencjalny wsad do reaktorów fluidalnych.

2. Procedura ustalania składu mieszanek węgiel-biomasa do procesu zgazowania

W pracy (Topolnicka 2011) zostały przedstawione właściwości, jakimi powinno charakteryzować się paliwo kierowane do fluidalnych reaktorów zgazowania. Aby przygotować paliwo o takich parametrach należy odpowiednio dobrać skład mieszaniny węgla, biomasy i ewentualnie składnika modyfikującego. Jednocześnie komponenty mieszaniny powinny być tak dobrane i przygotowane pod względem swoich cech fizycznych (uziarnienie, wilgotność), aby dawały możliwość scalenia w formie wytrzymałego i posiadającego odpowiednie wymiary paliwa kompozytowego. Na wytworzenie takiego paliwa powinna być równocześnie wydatkowana jak najmniejsza ilość energii, której zapotrzebowanie w warunkach laboratoryjnych ocenia się na podstawie badań tzw. charakterystyki zagęszczania. W badaniach wyznacza się także wartości współczynników nacisku bocznego i osiowego oraz tarcia zewnętrznego i wewnętrznego. Wyniki tych badań pozwalają na odpowiedni dobór geometrii układu roboczego peletyzatora. Część parametrów wykazanych jako najistotniejsze z punktu widzenia przydatności paliwa do zgazowania w reaktorach przemysłowych charakteryzuje się addytywnością, dlatego ustalenie składu mieszanki węgla i biomasy o oczekiwanych parametrach, a w konsekwencji samego paliwa kompozytowego jest stosunkowo proste.

Metodę doboru komponentów charakteryzują trzy fazy:

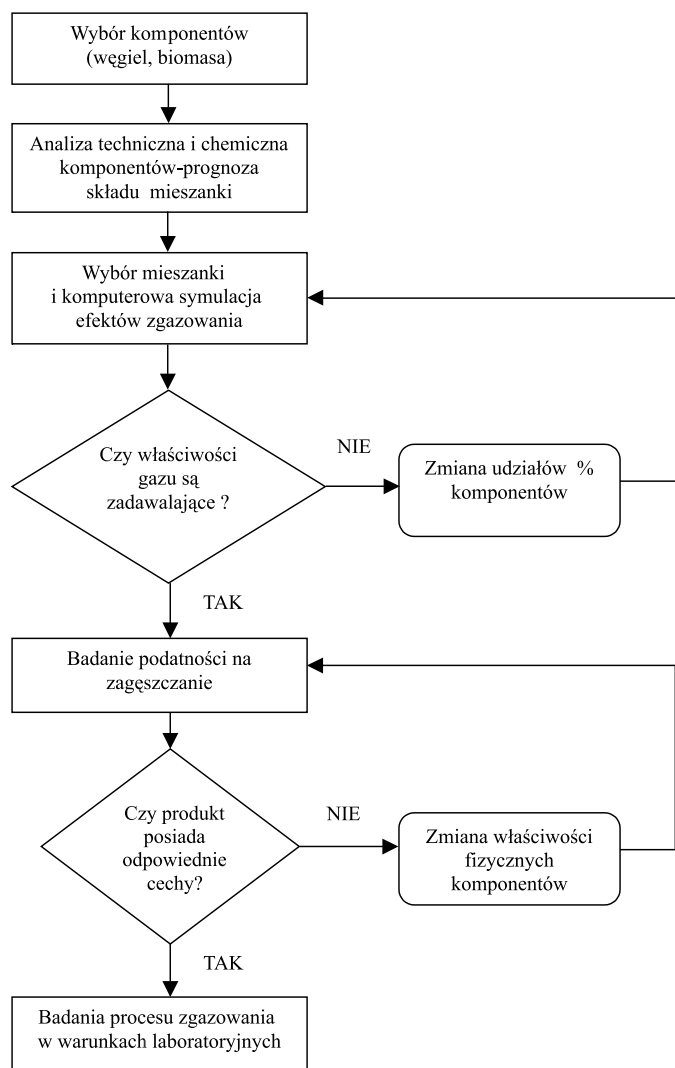
- ✧ faza I, pozwalająca na ustalenie zawartości komponentów paliwa kompozytowego z punktu widzenia składu chemicznego gazu poreakcyjnego i jego kaloryczności,
- ✧ faza II, pozwalająca na ustalenie warunków procesowych wytwarzania peletu o określonych właściwościach mechanicznych (gęstość, wilgotność, rozmiar, wytrzymałość),
- ✧ faza III to test zgazowania otrzymanego paliwa w reaktorze i ustalenie rzeczywistego składu gazu poreakcyjnego, jego kaloryczności oraz właściwości popiołu.

Faza I obejmuje cztery etapy:

- ✧ etap I to wstępne typowanie paliw kopalnych i biomasy ze względu na ich cechy zawarte w tabelicy 1 oraz ich dostępność na rynku,
- ✧ etap II to badania laboratoryjne uwzględniające między innymi analizy techniczną i chemiczną, charakterystykę popiołów zgodnie z wymaganiami,
- ✧ etap III to ustalanie receptury mieszanki poddawanej procesowi zgazowania,

✧ etap IV to prognozowanie składu gazu poreakcyjnego i wydajności procesu zgazowania za pomocą programu komputerowego.

Faza II dotyczy doboru parametrów układu roboczego peletyzatora i składa się z pięciu etapów. Zasady doboru tych parametrów i opis urządzenia można znaleźć w publikacji (Chłopek, Dzik, Hryniewicz 2012). Pierwszy z etapów doboru to ocena możliwości scalania określonego materiału w peletyzatorze z płaską matrycą, której dokonuje się na podstawie wyników badań laboratoryjnych. W przypadku uzyskania pozytywnych rezultatów realizuje



Rys. 1. Algorytm ustalania składu mieszanki węgiel-biomasa przeznaczonej do wytwarzania paliwa kompozytowego

Fig. 1. Algorithm of determining the contents of coal-biomass mix intended for the production of composite fuel

się etap drugi, polegający na wyznaczeniu w sposób eksperymentalny współczynników tarcia zewnętrznego oraz wewnętrznego. W trzecim etapie dokonuje się doboru podstawowych geometrycznych oraz materiałowych cech konstrukcyjnych matrycy. Natomiast w pozostałych dwóch etapach określa się kąt chwytu, a następnie dobiera się cechy konstrukcyjne rolki. Należy zaznaczyć, że w przypadku negatywnej oceny możliwości peletyzacji materiału powinno się podjąć próbę zmiany jego właściwości, a następnie powtórzyć badania w peletyzatorze laboratoryjnym.

Faza III obejmuje testy techniczne procesu zgazowania i ocenę jego efektów uwzględniającą zarówno właściwości gazu poreakcyjnego jak również popiołu i zachowania się peletu w czasie procesu zgazowywania.

Przedstawiony na rysunku 1 algorytm dotyczy przygotowania paliwa kompozytowego na bazie mieszanki dwuskładnikowej, składającej się z węgla i biomasy. Atrakcyjność paliwa można jednak podnieść wprowadzając trzeci składnik, który może być moderatorem przemian zachodzących w czasie zgazowania korzystnie wpływających na końcowe rezultaty procesu. Dodatkową funkcją moderatorów winno być ich oddziaływanie na właściwości popiołów oraz zmianę plastyczności i płynności mieszanki w procesie aglomeracji ciśnieniowej. W przypadku wprowadzenia tego składnika należy zmodyfikować algorytm doboru komponentów mieszanki, rozszerzając go o pętlę warunkową związaną z oceną jego wpływu na parametry procesu, które ten składnik determinuje.

Pewnej korekty należy także dokonać z uwagi na zmianę zawartości wilgoci w produkcie finalnym, utrata której spowodowana jest procesem zagęszczania. Znając skład pierwiastkowy paliwa kompozytowego oraz zakładając odpowiednie warunki procesu zgazowania można również dokonać pierwszej prognozy składu gazu poreakcyjnego oraz bilansu energetycznego procesu zgazowania metodą obliczeniową (symulacji komputerowej) (Fock, Thomsen 2000). Poniżej został przedstawiony przykład takiej prognozy, przeprowadzonej dla paliwa sporządzonego z mieszanek węgla brunatnego z różnym udziałem biomasy ze słomy miskantusa. Symulacja dotyczy reaktora ze złożem przesuwным z dolnym odprowadzeniem gazów. Szczegółowy opis reaktora oraz możliwości programu *Gasifier* można znaleźć w publikacji (Chawdhury, Mahkamov 2011).

W tabeli 2 zamieszczono wyniki badań własnych, tj. analizy technicznej i elementarnej surowców wyjściowych: miękkiego węgla brunatnego oraz słomy z miskantusa.

Na podstawie danych z tabeli 2 dokonano oszacowania składu elementarnego mieszanki z różną zawartością węgla i biomasy z miskantusa (tab. 3) oraz wyliczono parametry niezbędne do obliczeń w ramach programu *Gasifier* (Fock, Thomsen 2000) tj. stosunki molowe H/C i O/C.

Wprowadzając te dane do programu *Gasifier* (Fock, Thomsen 2000) i zakładając następujące warunki procesu zgazowania:

- ✧ strumień paliwa kierowanego do reaktora o temperaturze 25°C; 100 kg/h,
- ✧ zawartość wilgoci w paliwie kierowanym do reaktora; 8%,
- ✧ temperaturę powietrza wprowadzanego do reaktora; 450°C,
- ✧ temperaturę przestrzeni reakcyjnej; 850°C,
- ✧ temperaturę gazu opuszczającego instalację; 25°C (równą temperaturze otoczenia),
- ✧ ilość karbonizatu opuszczającego reaktor; 1%,

TABELA 2. Wyniki analizy technicznej i elementarnej surowców wyjściowych

TABLE 2. Results of technical and elemental analysis of output raw materials

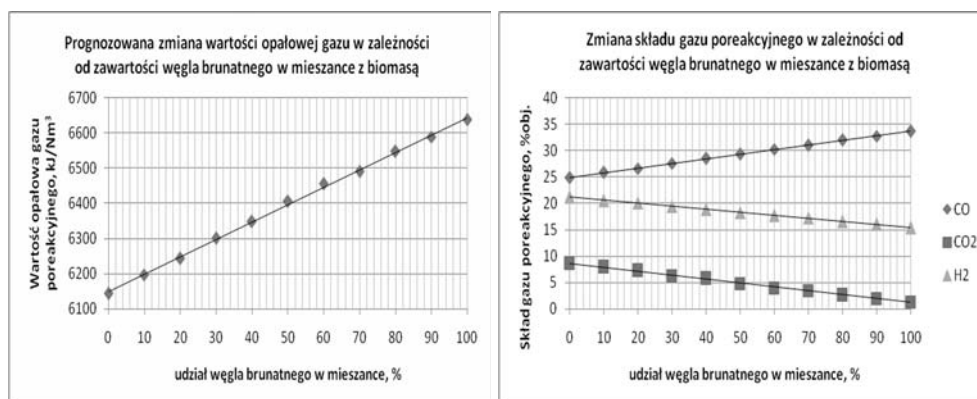
Parametr	Węgiel brunatny	Miskantus
Zawartość wilgoci W^a [%]	13,9	9,2
Zawartość popiołu A^a [%]	17,9	2,8
Zawartość części lotnych V^a [%]	37,74	72,17
Zawartość węgla C^{daf} [%]	69,1	50,2
Zawartość wodoru H^{daf} [%]	5,26	6,77
Zawartość tlenu O^{daf} [%]	21,3	42,9

TABELA 3. Prognozowany skład elementarny mieszanek z węgla brunatnego i biomasy z miskantusa

TABLE 3. Forecast elemental composition of brown coal and miscanthus biomass mixes

Udział biomasy [%]	Udział węgla [%]	Analiza elementarna				
		C^{daf} [%]	H^{daf} [%]	O^{daf} [%]	H/C	O/C
100	0	50,2	6,77	42,9	1,62	0,64
90	10	52,1	6,62	40,7	1,52	0,59
80	20	54,0	6,47	38,6	1,44	0,54
70	30	55,9	6,32	36,4	1,36	0,49
60	40	57,8	6,17	34,3	1,28	0,45
50	50	59,7	6,02	32,1	1,21	0,40
40	60	61,5	5,86	29,9	1,14	0,36
30	70	63,4	5,71	27,8	1,08	0,33
20	80	65,2	5,56	25,6	1,02	0,29
10	90	67,2	5,41	23,5	0,97	0,26
0	100	69,1	5,26	21,3	0,91	0,23

- ✧ straty ciepła do otoczenia 3%,
 - ✧ ilość powietrza jest obliczana przez program *Gasifier* (Fock, Thomsen 2000) w zależności od składu paliwa
- oszacowano skład gazu poreakcyjnego, jego wartość opałową oraz sprawność cieplną procesu zgazowania. Wyniki tej prognozy przedstawiają wykresy na rysunku 2.



Rys. 2. Wpływ zawartości węgla brunatnego w paliwie kompozytowym na prognozowany skład i wartość opałową gazu poreakcyjnego

Fig. 2. Influence of the content of brown coal on the forecast composition and calorific value of post- reaction gas

Podsumowanie

Celem prezentowanej pracy było opracowanie koncepcji metodyki doboru komponentów mieszanki zawierającej węgiel i biomasę, z której na drodze scalania przez zagęszczanie (peletyzacji) wytwarzane będzie paliwo kompozytowe przeznaczone do reaktorów zgazowania. Operacja zagęszczania odpowiednio przygotowanej mieszanki stwarza możliwość waloryzacji indywidualnych właściwości energetycznych obu jej składników, zarówno paliwa kopalnego jak i biomasy. Dzięki temu można uzyskać:

- ✧ paliwo kompozytowe o stabilnej zawartości wilgoci oraz gęstości porównywalnej z węglem,
 - ✧ poprawę kaloryczności biomasy, którą gwarantuje dodatek węgla o wartości opałowej wyższej od biomasy,
 - ✧ paliwo charakteryzujące się mniejszą koncentracją składników alkalicznych w popiele i zawierające mniej chloru niż „czysta” biomasa.
- Równocześnie paliwo kompozytowe będzie:
- ✧ odznaczało się mniejszym wskaźnikiem emisji CO₂ niż węgiel (Filipowicz i in. 2012), co wynika z zerowego bilansu CO₂ podczas spalania biomasy i jej wegetacji,
 - ✧ generowało mniej popiołu niż węgiel,
 - ✧ emitowało mniej siarki podczas spalania ze względu na jej śladową ilość, która wprowadzana jest z biomasą (Haustein, Grabarczyk 2012).

Dodatkową zaletą peletyzacji węgla i biomasy będzie możliwość wprowadzenia do paliwa składnika, który dzięki swoim specyficznym właściwościom może pozytywnie

wpływać zarówno na procesy zgazowania oraz spalania, a także być czynnikiem modyfikującym skład chemiczny popiołu, od którego zależy charakterystyka jego topliwości. Może on również sprzyjać procesowi peletyzacji biomasy i węgla.

Końcowy efekt procesu przygotowania paliwa do zgazowania uzależniony jest w głównej mierze od wyników operacji scalania dwóch podstawowych składników, czyli węgla i biomasy. Warunkiem uzyskania sukcesu w tym względzie jest otrzymanie produktu o odpowiednich parametrach fizycznych: wymiarze, gęstości i wytrzymałości mechanicznej. Na jego wytworzenie wydatkowana powinna być jednocześnie możliwie mała ilość energii, która będzie miała znaczący wpływ na rentowność całego przedsięwzięcia.

W rezultacie dobór komponentów paliwa kompozytowego oparto na algorytmie składającym się z trzech faz postępowania. Zadaniem pierwszej z nich jest ustalenie receptury mieszanki paliwowej spełniającej wymagania „energetyczne”, które stawiają reaktory fluidalne zgazowania. Zostały one ustalone na podstawie doniesień literaturowych, dotyczących parametrów pracy w funkcjonujących na świecie, przemysłowych instalacjach zgazowania węgla. Wybór receptury mieszanki uzależniony jest również od wyników prognozy jakości gazu poreakcyjnego i bilansu energetycznego procesu zgazowania przeprowadzonej za pomocą specjalnego programu komputerowego. Faza druga obejmuje tok postępowania, którego celem jest uzyskanie paliwa kompozytowego o określonych właściwościach mechanicznych. W efekcie końcowym otrzymuje się paliwo kompozytowe, którego przydatność będzie weryfikowana (faza trzecia) w laboratoryjnej instalacji do zgazowania.

Praca została wykonana w AGH w ramach projektu „CoalGas” – KIC Work Package 5, umowa nr 7.7.130.7006

Literatura

- CHAWDHURY M.A., MAHKAMOV K., 2011 – Development of a Small Downdraft Biomass Gasifier for Developing Countries. *J.Sci.Res.*, 3(1), 51-64.
- CHŁOPEK i in. 2012 – CHŁOPEK M., DZIK T., HRYNIEWICZ M., 2012 – The method for selection of the working system components for a pellet press with flat die. *Chemik: nauka–technika–rynek* t. 66, nr 5, s. 493–500.
- CHMIELNIAK T., ŚCIAŻKO M., 2008 – Czysta energia produkty chemiczne i paliwa z węgla – ocena potencjału rozwojowego. *Zgazowanie węgla*. Wyd. IChPW.
- COLLOT A.G., 2006 – Matching gasification technologies to coal properties. *International Journal of Coal Geology*, 65, 191–212.
- DRESZER K., WIĘCŁAW-SOLNY L., 2007 – Produkcja paliw silnikowych z węgla poprzez zgazowanie i syntezę Fischera-Tropscha. *Polityka Energetyczna* t. 10, z. spec. 2, s. 189–202.
- FILIPOWICZ M. i in., 2012 – Wstępne badania nad optymalizacją procesu spalania paliw pochodzenia biomasowego w kotłach małej mocy. *Polityka Energetyczna* t. 15, z. 1, s. 59–75.
- FOCK F., THOMSEN K., 2000 – DTU, MEK, Denmark.
- Gasification World Database, 2007 – US Department of Energy, Office of Fossil Energy, National Energy technology Laboratory.
- HIGMAN K., BURGT M., 2007 – Gasification, second edition, GPP.

- HAUSTEIN E., GRABARCZYK L., 2012 – Wpływ współspalania biomasy z węglem kamiennym na wybrane właściwości fizyczno-chemiczne popiołu lotnego. *Polityka Energetyczna* t. 15, z. 2, s. 87–101.
- LEMAINGNEN L. i in., 2002 – Factors governing reactivity in low temperature coal gasification. Part II. An attempt to correlate conversions with inorganic and mineral constituents. *Fuel*, vol. 8, 315.
- MOLINA A., MONDRAGON F., 1998 – Reactivity of coal gasification with steam and CO₂. *Fuel*, vol 77, 1831.
- ROBAK J., 2008 – Czysta energia produkty chemiczne i paliwa z węgla – ocena potencjału rozwojowego. Przygotowanie paliw do zgazowania. Wyd. IChPW.
- SEDLACEK P. i in., 2003 – Ecological pellets from brown coal and biomass. *Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, z. 2(11), s. 11–17.
- SEDLACEK P. i in., 2005 – Possibilities of high sulphur content coal combustion with biomass contribution. *Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, z. 2(15), s. 35–45.
- TOPOLNICKA T., 2011 – Wykonanie badań i opracowanie kryteriów oceny przydatności technologicznej węgla dla procesu zgazowania naziemnego – raport merytoryczny z przeprowadzonych badań i prac technicznych w okresie 05.2010–12.2012. Część tematu badawczego nr 1, Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii elektrycznej. Praca niepublikowana.

Tomasz DZIK, Andrzej ROZWADOWSKI

Methods of selecting components of composite solid fuels for the purpose of gasification

Abstract

The production of composite fuels of coal and biomass is an innovative approach to the processes of converting solid fuels. Not only does the operation of coal and biomass consolidation create an opportunity for increasing the energy density of biomass, but also a chance to incorporate additives to fuels which – thanks to their specific physical and chemical properties – allow for increasing the usable value of the obtained composite. The “CoalGas” – Work Package 5 programme in which the AGH University of Science and Technology participates is aimed at developing the technology for producing coal and biomass for the purpose of gasification. One of the main tasks with which the “CoalGas” project was initiated in the range of Work Package 5 was to develop the process concepts for preparing coal and biomass for the generation of composite fuels dedicated to installations used in the burning and gasification processes. The elaborated methods of selecting composite fuel components for the purpose of gasification allows for selecting the type of reactor for which the composite fuel produced from coal and biomass is dedicated, specifying technological parameters of composite fuels, as well as selecting ingredients and working out the recipe for composite fuels

intended for gasification in the selected devices. The proposed methods include three phases of the process consisting of several stages which enables the modification of the chemical contents of a composite fuel intended for the gasification process, and enables the development of its mechanical properties. The method combines the following elements: modelling (in the range of the gasification process), research elements (in the range of the technical and elemental analysis of components), experimental elements (in the range of the pressure agglomeration process), construction elements (in the range of the selection of the compaction system) and utilitarian elements by using the technology of producing and gasifying these fuels.

KEY WORDS: coal, biomass, pelletising, gasification