

GAZYFIKACJA BIOMASY ODPADOWEJ Z PRODUKCJI ROLNICZEJ

Janusz Piechocki, Piotr Sołowiej, Maciej Neugebauer

Katedra Elektrotechniki i Energetyki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. W pracy przedstawiono szczegółową analizę możliwości zastosowania technologii zgazowywania biomasy odpadowej pochodzenia rolniczego, oraz wykorzystywania otrzymanych w ten sposób gazowych nośników energii, po odpowiednim ich wcześniejszym przygotowaniu, do zasilania silników spalinowych mogących stanowić źródło energii w układzie skojarzonym wykorzystywane na terenach rolniczych, pozwalające na pokrycie wszystkich występujących tam potrzeb energetycznych. Wstępne badania przedstawione w pracy prowadzone były na skalę techniczną i obejmowały między innymi gazyfikację pomiotu z ferm drobiarskich.

Słowa kluczowe: biomasa, biomasa odpadowa, energia, gazyfikacja, produkcja rolnicza

Wstęp

Problem biomasy odpadowej z produkcji rolniczej i przetwórstwa spożywczego jest zagadnieniem o tyle istotnym, że każdorazowo zachodzi konieczność utylizacji tych odpadów. Nie w każdym przypadku jest to możliwe do zrealizowania w formie nawozu naturalnego. Zawsze jednak możliwe jest jej wykorzystanie energetyczne, a możliwości w tym zakresie są bardzo szerokie. Najprostszym, ale nie zawsze nadającym się do zastosowania sposobem jest proces bezpośredniego spalania. Szersze możliwości daje obróbka termiczna biomasy pozwalająca otrzymać nośniki energetyczne w postaci paliw płynnych lub gazowych. Wchodzi tu w grę proces pirolizy i gazyfikacji, przy czym gazyfikacja może odbywać się na kilka sposobów. Może to być proces fermentacji metanowej lub gazyfikacji w celu otrzymania gazu generatorowego przy wykorzystaniu różnych czynników zgazowujących.

Zarówno utylizacja odpadów jak i wytwarzanie energii ze źródeł odnawialnych są aktualnie zagadnieniami priorytetowymi, wynikającymi z aktualnych przepisów oraz porozumień międzynarodowych, do których przystąpiliśmy. Wynikają one ponadto z potrzeby zaspokojenia prawidłowego przebiegu procesów technologicznych, w których te odpady powstają.

Identyfikacja problemu i określenie celu badań

Biomasa pozyskiwana z odpadów organicznych stanowi element zasobów energii odnawialnej. Jest ona konsekwencją naturalnej aktywności człowieka, a z punktu widzenia ochrony środowiska istotna jest możliwość jej wykorzystania do celów energetycznych.

Technologie przetwarzania biomasy w różnej postaci na paliwa gazowe są znane i szeroko stosowane. Najbardziej rozpowszechniona jest technologia otrzymywania biogazu w oparciu o procesy fermentacji beztlenowej przy wykorzystaniu bakterii metanowych. W zależności od przyjętego kryterium podziału można wyodrębnić kilka technologii produkcji biogazu [Kujawski 2009].

Inną technologią przetwarzania biomasy na paliwa gazowe, także powszechnie znaną i szeroko stosowaną jest zgazowywanie. Pod pojęciem zgazowywania należy rozumieć cały zespół procesów termodynamicznych, wymiany ciepła i masy oraz wielokierunkowych egzotermicznych i endotermicznych reakcji chemicznych, zachodzących w wysokiej temperaturze, prowadzących do konwersji paliwa stałego do postaci gazowej. Poza materiałem poddawanym zgazowywaniu, w procesie uczestniczy dodatkowo czynnik zgazowujący lub reformujący, którym może być para wodna, powietrze, tlen lub dwutlenek węgla [Kalina 2004].

Biomasę charakteryzuje stosunkowo niski stopień uwęglenia i duża zawartość lotnych związków organicznych oraz mała zawartość popiołu. Te właściwości biomasy stanowią o jej głównej atrakcyjności jako paliwa do zgazowania. Wadą biomasy jako paliwa jest to, że nie jest ona jednoznacznie zdefiniowana pod względem jakościowym.

Sprawność procesu zgazowywania dla najprostszych instalacji wynosi ok. 20%, ale w przypadku bardzo zaawansowanych sięga aż 90% [Petela 1999]. Sprawność procesu zgazowywania jest określona jako stosunek energii chemicznej wytworzonego gazu do energii chemicznej zawartej w paliwie.

Z porównania technologii spalania i zgazowywania biomasy wynika, że systemy zgazowywania łatwo usuwają związki alkaliczne przed spaleniem wytworzonego gazu. Wysoką zawartość związków alkalicznych cechuje słoma i w konwencjonalnych kotłach opalanych taką biomasą występuje duże zagrożenie korozją, erozją oraz problemy z osadami na powierzchniach wymiany ciepła.

Tradycyjne zgazowywanie biomasy jest wysokotemperaturowym procesem jej przetwarzania na palne substancje gazowe pod wpływem czynnika zgazowującego. Zgazowywanie biomasy stałej przebiega w podobny sposób jak zgazowanie węgla. Różnice wynikają z większej reaktywności biomasy, większej zawartości tlenu w strukturze i niższej temperatury topnienia popiołu [Warowny, Kwiecień 2006]. Proces ten można podzielić na pewne obszary zróżnicowane temperaturowo. Są to: suszenie, odgazowanie, piroliza oraz właściwe zgazowywanie przebiegające w strefie temperatury spalania i redukcji [Cao i in. 2006]. Ponieważ biomasa składa się zasadniczo z węgla, wodoru i tlenu dlatego w rzeczywistym procesie zgazowywania biomasy otrzymujemy gaz syntezowy zawierający składniki palne, głównie wodór, tlenek węgla oraz metan w niewielkich ilościach i substancje niepalne, głównie dwutlenek węgla, parę wodną i azot [Tijmensen i in. 2002].

Ilość i skład gazu syntezowego ze zgazowywania biomasy zależą przede wszystkim od rodzaju biomasy, a także od czynnika zgazowującego, temperatury, ciśnienia i sposobu zgazowywania [Parikh i in. 2005].

W przypadku, gdy czynnikiem zgazowującym jest tlen, zawartość wodoru w powstałym gazie przekracza 40%, a zawartość tlenu węgla dochodzi do 40%, a gdy czynnikiem zgazowującym jest para wodna wtedy zawartość wodoru przekracza 50%, a zawartość tlenu węgla przekracza 15% [Mountouris i in. 2006; Zuberbuhler 2005].

Wysoki poziom wilgotności biomasy nie jest problemem w procesie zgazowywania gdyż istnieje metoda zgazowywania hydrotermalnego, w której wilgotność biomasy może dochodzić nawet do 95% [Matsumura 2002]. W technologii tej, biomasa ulega przekształ-

ceniu w obecności wody o parametrach krytycznych do wodoru i dwutlenku węgla. Substancja organiczna biomasy przechodzi w dwutlenek węgla, natomiast wodór pochodzi zarówno z biomasy jak i z wody.

Piroliza natomiast, jest procesem termicznym, który może być procesem samodzielnym lub stanowić stadium w procesie zgazowywania. Piroliza polega na termicznym rozkładzie biomasy bez dostępu utleniających i redukcyjnych czynników zewnętrznych. W zależności od typu pirolizy otrzymuje się różne produkty stałe, ciekłe lub gazowe [Rulkens 2008].

Nośniki energetyczne w postaci gazowej powstałe w różnorodnych procesach technologicznych zgazowywania biomasy wykorzystywane były dotychczas do otrzymywania energii cieplnej w procesie spalania lub do zasilania silników spalinowych napędzających generatory produkujące energię elektryczną. Gorące spaliny stanowiły w tym procesie źródło energii cieplnej. Nie jest to niestety rozwiązanie najkorzystniejsze na tym poziomie wytwarzania i wykorzystywania energii przede wszystkim dlatego, że istnieją ograniczone możliwości wykorzystania na poziomie gospodarstwa rolnego energii cieplnej powstającej w tych procesach. Istotne jest więc poszukiwanie i stosowanie takich rozwiązań, w których możliwe jest wykorzystanie całości energii powstającej w procesach wykorzystania wytwarzanych w procesie zgazowywania gazowych nośników energetycznych.

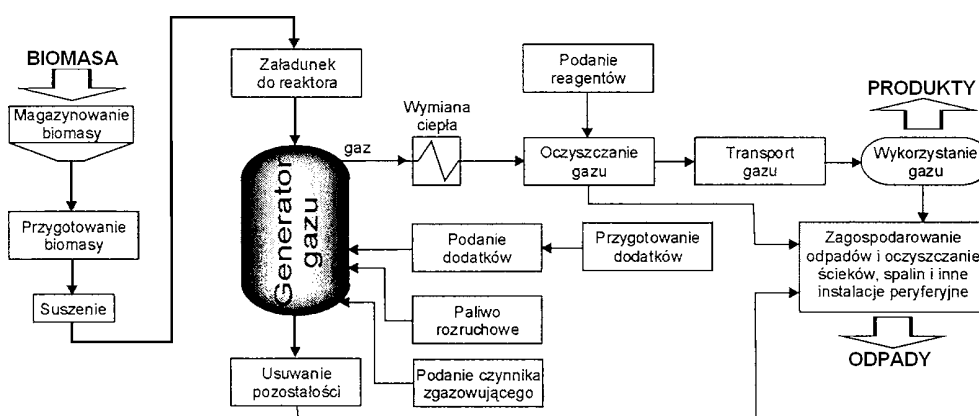
Stosowane są też inne technologie uszlachetniania gazu poprzez zwiększanie udziału składników palnych nawet do wartości 99,9%. Odbywa się to poprzez wyeliminowanie ze składu gazu surowego dwutlenku węgla i innych śladowych składników wchodzących w jego skład. Technologii możliwych do zastosowania jest kilka i w każdym przypadku możliwe jest uzyskanie gazu zawierającego ponad 95% składników palnych. Do najczęściej stosowanych należą: adsorpcja zmiennociśnieniowa polegająca na eliminowaniu ze składu gazu dwutlenku węgla poprzez jego adsorpcję pod ciśnieniem na węglu aktywnym, płuczki wodne eliminujące dwutlenek węgla poprzez jego rozpuszczanie w wodzie pod wysokim ciśnieniem, płuczki z zastosowaniem innych rozpuszczalników na przykład amin eliminujące dwutlenek węgla poprzez jego reakcję chemiczną z monoetyloaminą, separację membranową, stosowaną podczas tych badań, polegającą na różnicy prędkości permeacji różnych molekuł gazowych (rozdzielaniu frakcji gazowych przez ich separację i zatrzymywanie na membranach dwutlenku węgla) oraz separację kriogeniczną polegającą na eliminowaniu dwutlenku węgla przez jego wytrącenie z frakcji gazowej poprzez zmianę stanu skupienia czyli wymrożenie. Technologie te, zastosowane do uszlachetniania gazu generatorowego pozwalają na uzyskiwanie na wyjściu gazu o bardzo wysokiej zawartości składników palnych, co z punktu widzenia możliwości jego zastosowania jest bardzo istotne.

Metoda i wyniki badań

W Katedrze Elektrotechniki i Energetyki Wydziału Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie prowadzone są już od kilku lat intensywne badania mające na celu wykorzystanie biomasy odpadowej do celów energetycznych na drodze jej zgazowania. Procesowi gazyfikacji poddawano pomiot z ferm drobiarskich na bazie różnych gatunków słomy i trocin drzewnych. Jak widać, jest to dosyć specyficzny rodzaj biomasy odpadowej, z którą niezbyt często mamy do czynienia w produkcji rolniczej, a która ponadto charakteryzuje się specyficznymi składnikami czy postaciami jako materiał wyjściowy do procesów gazyfikacji. Jako układ zgazowania tej biomasy wybrano reaktor ze złożem stałym dolnociągowy. Głównym kryterium wyboru takiego gazogeneratorsa były

dobre właściwości otrzymywanego gazu takie, jak niska zawartość pyłów i substancji smolistych oraz odpowiednia moc układu wynikająca z ciągłego strumienia biomasy możliwego do pozyskania. Uogólniony schemat układu energetycznego zintegrowanego ze zgazowaniem biomasy przedstawiono na rys. 1.

Zastosowanie do procesów oczyszczania gazu powstałego w procesie gazyfikacji filtrów membranowych pozwala na wydzielenie tylko tych składników mieszaniny, które są potrzebne w dalszym procesie produkcji energii. Pozwala to na podniesienie sprawności całego procesu i zastosowanie efektywniejszych procesów technologicznych.



Rys. 1. Typowa instalacja zgazowania biomasy
Fig 1. Typical biomass gasification unit

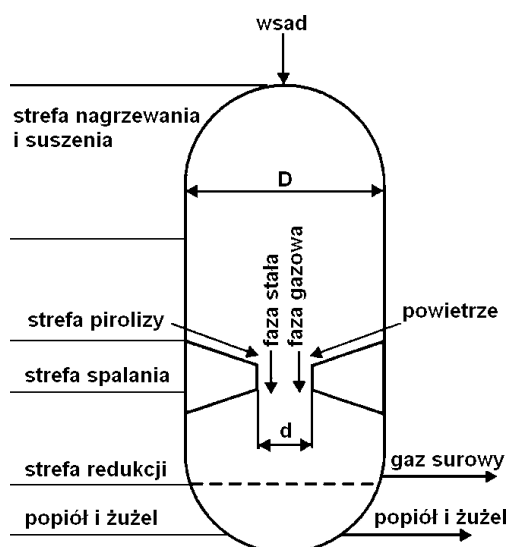
Otrzymany w ten sposób gaz generatorowy poddawany jest procesowi oczyszczania czyli uszlachetniania tak, aby wyeliminować składniki niepalne, stanowiące niepotrzebny balast i spowodować wzrost wartości energetycznej gazu. Jest wiele metod prowadzących do tego celu. Jedną z nich, bardzo skuteczną jest wykorzystanie do tego celu filtrów membranowych.

Gaz ten jest następnie wykorzystywany do napędu silników spalinowych lub turbin pracujących w układach zasilających generatory produkujące energię elektryczną i ciepłą w skojarzeniu.

Układy skojarzone doskonale sprawdzają się w jednostkach małej mocy. Małe układy kogeneracyjne znajdują zastosowanie w miejscach, gdzie przez dużą liczbę godzin w roku występuje duże zapotrzebowanie na energię elektryczną i ciepło. Obiekty szklarniowe są w rolnictwie idealne dla pracy takiego układu kogeneracyjnego, w którym do stworzenia optymalnych warunków klimatycznych jest potrzebna energia elektryczna i ciepła. Spaliny doskonale nadają się do konwekcyjnego procesu suszenia biomasy np. w suszarniach bębnowych natomiast niskotemperaturowe ciepło z układu chłodzenia ma zastosowanie w suszarniach niskotemperaturowych. Sprawność układu chłodzenia i sprawność wymiennika ciepła spaliny-woda jest zbliżona. Przy wykorzystaniu bezpośrednim spalin do procesu suszenia sprawność odzysku ciepła ze spalin wzrośnie ze względu na brak strat na wymianie ciepła w wymienniku i może przekraczać 30%.

Reaktory dolnociągowe są najczęściej stosowanymi reaktorami w układach wytwarzania energii elektrycznej. Wynika to głównie z niskiej zawartości zanieczyszczeń w gazie. Uproszczony schemat takiego reaktora przedstawiono na rys. 2.

Główną cechą charakterystyczną tego typu generatorów gazu jest niska zawartość substancji smolistych w gazie surowym (najmniejszą spośród spotykanych technologii reaktorów). Dzięki temu są one najczęściej wykorzystywane do zasilania silników gazowych i turbin, szczególnie w zakresie małych mocy.



Rys. 2. Reaktor dolnociągowy
Fig. 2. Low-draught reactor

W generatorach dolnociągowych zgazowaniu poddawana jest biomasa stosunkowo sucha o małej zawartości popiołu i zawierająca nieznaczną ilość małych cząstek (mniejszych od 1 cm). Wymagania dotyczące udziału wody stawiają górną granicę wilgotności na poziomie 20% (niektórzy wytwórcy podają, że do 30%). Z tego też powodu biomasa przed wprowadzeniem do reaktora w wielu rozwiązaniach przechodzi przez suszarnię ogrzewaną spalinami z silnika gazowego.

Bibliografia

- Cao Y., Y. Wang, J. T. Riley, W. P. Pan. 2006. A novel biomass air gasification process for producing. *Fuel Processing Technology*. 87 pp.343-353.
- Kalina J. 2004. Zgazowanie paliw stałych. *Gospodarka Paliwami i Energią*. 15. s. 11-12.
- Kujawski O. 2009. Przegląd technologii produkcji biogazu. *Czysta Energia*. 12. s. 23-25.
- Lechwacka M. 2009. Technologie uszlachetniania biogazu do jakości gazu ziemnego. *Czysta Energia*. 12 s. 26-27.

- Matsumura Y.** 2002. Evaluation of supercritical water gasification and biomethanation for wet biomass utilisation In Japan. *Energy Conversion and Management*. 43 pp. 1301-1310.
- Mountouris A., E. Voutsas, Tassios D.** 2006. Solid waste plasma gasification: Equilibrium model development and energy analysis. *Energy Conversion and Management*. 47 pp. 1723-1737.
- Parikh J., S. A. Channiwala, Ghosal G. K.** 2005. A correlation for calculating HHV for proximate analysis of solid fuels. *Fuel*. 84 pp. 487-494.
- Petela R.** 1999. Odgazowanie, zgazowanie, spalanie dla kierunków energetycznych. Sekcja Wydawnictw Naukowych Politechniki Śląskiej. Gliwice. Maszynopis.
- Rulkens W.** 2008. Sewage sludge as a biomass resource for the production of energy: overview and assessment of the various options. *Energy and Fuels*. 22 pp. 9-15.
- Tijmensen M. J. A., A. P. C. Faaij, C. N. Hamelinck, van Hardeveld M. R. M.** 2002. Exploration of the possibilities for production of Fischer Tropsch liquids and power via biomass gasification. *Biomass and Bioenergy*. 23 pp. 129-152.
- Warowny W., Kwiecień K.** 2006. Paliwa z biomasy i ich wykorzystanie. *Przemysł Chemiczny*. 12. s. 1598-1610.
- Zuberbuhler U.** 2005. Gasification of biomass – an overview on available Technologies. 1st European Summer School on Renewable Motor Fuels. Birkenfeld. Niemcy. pp. 29-31.

GASIFICATION OF WASTE BIOMASS FROM AGRICULTURAL PRODUCTION

Abstract. The works presents a detailed analysis of the possibility of use of the technology of gasification of the waste biomass of agricultural origin and utilisation of gas energy carriers obtained in this manner after their adequate preparation for supply of power to combustion engines that can form a source of energy in the associated system for use in agricultural lands, making it possible to cover all related energy needs. Preliminary tests presented in the work were carried out on a technical scale and covered, among others, the gasification of litter from poultry farms.

Key words: biomass, waste biomass, energy, gasification, agricultural production

Adres do korespondencji:

Janusz Piechocki; e-mail: jpt@uwm.edu.pl
Katedra Elektrotechniki i Energetyki
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
ul. Oczapowskiego 11
10-957 Olsztyn