

OGNIWO PALIOWE ŹRÓDŁEM ENERGII W GOSPODARSTWIE ROLNYM

Janusz Piechocki, Maciej Neugebauer, Piotr Sołowiej

Katedra Elektrotechniki i Energetyki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. W pracy przedstawiono szczegółową analizę możliwości zastosowania różnych technologii zgazowywania biomasy pochodzenia rolniczego, w tym także biomasy odpadowej oraz wykorzystywania otrzymywanych gazowych nośników energii, po odpowiednim ich wcześniejszym przygotowaniu, do zasilania ogniw paliwowych mogących stanowić źródło energii w gospodarstwach rolnych, pozwalające na pokrycie wszystkich występujących tam potrzeb energetycznych.

Słowa kluczowe: biomasa, ogniwo paliwowe, energia, gazyfikacja

Wstęp

Technologie ogniw paliwowych wykorzystujące biomasę pochodzenia rolniczego, odpady z produkcji rolniczej i przemysłu spożywczego oraz wszelkie osady ściekowe oraz odpady komunalne, po odpowiednim ich przetworzeniu, mogą być gwarantem zrównoważonego rozwoju gospodarczego i cywilizacyjnego. Pod pojęciem zrównoważonego rozwoju należy rozumieć rozwój zaspakajający nie tylko obecne potrzeby społeczeństwa ale również zapewniający możliwość zaspakajania potrzeb własnych przyszłych pokoleń. Nie wolno przy tym dopuścić aby tempo wykorzystywania odnawialnych źródeł energii przewyższało tempo ich regeneracji, a tempo emisji zanieczyszczeń przewyższało zdolności ich asymilacji przez środowisko. Technologie ogniw paliwowych dają taką szansę [Ciechanowicz, Szczukowski 2003].

Gazyfikacja biomasy

Biomasa pozyskiwana z odpadów organicznych stanowi element zasobów energii odnawialnej. Jest ona konsekwencją naturalnej aktywności człowieka, a z punktu widzenia ochrony środowiska istotną 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. W zależności od temperatury procesu możemy wyróżnić najczęściej stosowaną fermentację mezofilną przebiegającą w zakresie temperatur od 32 do 42°C i fermentację termofilną przebiegającą w zakresie temperatur od 50 do 57°C. W zależności od

zawartości suchej masy w komorze fermentacyjnej wyróżniamy fermentację suchą i znacznie częściej stosowaną fermentację moką. Ze względu na ilość stopni procesu możemy wyróżnić fermentację jednostopniową lub wielostopniową, a ze względu na stopień rozdzielania poszczególnych faz procesu możemy wyróżnić fermentację jednofazową i wielofazową, przy czym dozowanie substratów do fermentacji może się odbywać w sposób okresowy lub ciągły. Podstawowymi składnikami otrzymanego w ten sposób biogazu jest metan i dwutlenek węgla. Udział metanu w składzie biogazu uzależniony jest głównie od przyjętej technologii oraz rodzaju biomasy poddawanej procesowi fermentacji beztlenowej i wynosi on od 40% do 80%. Jak z tego widać, wartość energetyczna biogazu może zmieniać się w znacznym obszarze wartości [Kujawski 2009].

Inną technologią przetwarzania biomasy na paliwa gazowe, także powszechnie znaną oraz 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 poddawany zgazowywaniu, w procesie uczestniczy dodatkowo czynnik zgazowujący lub reformujący, którym może być para wodna, powietrze, tlen lub dwutlenek węgla. Uzyskiwany w procesie zgazowywania gaz zawiera składniki palne w postaci tlenku węgla, wodoru i metanu oraz niepalnego balastu w postaci dwutlenku węgla, pary wodnej i azotu. Procesowi zgazowywania można poddawać różne rodzaje paliw – paliwa stałe, pozostałości rafineryjne, a także biomasę w różnej postaci i inne [Kalina 2004].

Udział poszczególnych składników gazu powstającego podczas takiego procesu zgazowywania zależy od składu biomasy poddanej procesowi oraz od przebiegu samego procesu.

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 różnicowane 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 tlenku węgla dochodzi do 40%, a gdy czynnikiem zgazowującym jest para wodna wtedy zawartość wodoru przekracza 50%, a zawartość tlenku 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 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]. Najwięcej produktów gazowych otrzymuje się w wyższych temperaturach i przy wolnym wzroście temperatury. Najczęstszym surowcem używanym w procesie pirolizy jest drewno. Udział substancji gazowych w procesie pirolizy jest jednak niewielki i wynosi zwykle kilkanaście procent.

Badania prowadzone w Katedrze Elektrotechniki I Energetyki Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie w ramach projektów celowych obejmowały zgazowywanie pomiotu z ferm drobiarskich oraz pozostałości z hodowli grzyba bocznika, a w ich wyniku powstały instalacje zgazowujące na skalę techniczną, które z powodzeniem wykorzystują przedstawione technologie zgazowywania biomasy odpadowej wytwarzając gaz generatorowy jako gazowy nośnik energetyczny, który może być wykorzystywany w gospodarstwach rolnych na różny sposób.

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 wytwarzania gazowych nośników energetycznych.

Ogniwa paliwowe

Ogniwa paliwowe czynią przełom w rozwoju technologicznym źródeł energii. Stosowanych jest obecnie wiele rozwiązań technologicznych i technicznych tych źródeł energii, ale zasadniczo przewiduje się, że dwa lub trzy rodzaje ogniwa paliwowych mogą poprowadzić cywilizację w przyspieszonym tempie do zrównoważonego rozwoju. Są to polimerowe ogniwa paliwowe zasilane wodorem lub zasilane bezpośrednio metanolem, jako stacjonarne lub przenośne źródła energii oraz ceramiczne ogniwo paliwowe, jako stacjonarne źródło energii, zasilane głównie węglowodorowymi paliwami gazowymi takimi jak metan, propan czy tym podobne. Ogromną szansą są także biologiczne ogniwa paliwowe dokonujące na przykład mikrobiologicznej konwersji cukrów prostych do wodoru i wytwarzających dalej energię elektryczną [Ciechanowicz, Szczukowski 2009].

Zagadnienia te mogą zostać rozwiązane między innymi dzięki bakteriom stanowiącym czynnik dokonujący konwersji substancji organicznej bezpośrednio do elektryczności lub innych nośników energii. Mikrobiologiczne ogniwa paliwowe stają się obecnie prostą technologią. Istotą mikrobiologicznego ogniwa paliwowego, przetwarzającego biomasę

w postaci na przykład odpadów czy ścieków organicznych bezpośrednio do elektryczności jest to, że mikroorganizmy pobierają elektrony bezpośrednio z atomów wodoru, zawartego w cząsteczkach związków organicznych jako pierwotnych nośników energii tworząc w ten sposób uporządkowany przepływ elektronów, czyli prąd elektryczny. Różnica potencjałów osiągana na pojedynczym mikrobiologicznym ogniwie paliwowym wynosi 0,5 V, co pociąga za sobą konieczność łączenia ze sobą szeregowo i równolegle odpowiedniej liczby ogniw dla uzyskania potrzebnej wartości napięcia i prądu. Mikrobiologiczne ogniwa paliwowe charakteryzują się też niższą gęstością mocy niż inne ogniwa paliwowe dlatego też, aby były one użyteczne jako generatory energii, muszą być realizowane w odpowiedniej skali. O możliwości realizacji tego celu będzie w znacznym stopniu decydować gęstość mocy odniesiona do powierzchni anody [Ciechanowicz, Szczukowski 2009].

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

Efektywność procesu

Jak widać z przedstawionego przeglądu możliwych do zastosowania technologii otrzymywania z biomasy gazowych nośników energetycznych najbardziej efektywne z punktu widzenia energetycznego oraz możliwości ich wykorzystania do współpracy z ogniwami paliwowymi są technologie zgazowywania biomasy przy wykorzystaniu pary wodnej lub tlenu jako czynnika zgazowującego ze względu na wysoki udział wodoru w otrzywanym gazie generatorowym oraz technologie fermentacji metanowej ze względu na wysoki udział metanu w otrzywanym biogazie.

Stosowane są już technologie uszlachetniania biogazu poprzez zwiększanie udziału metanu w biogazie nawet do wartości 99,9% i uzyskiwania tak zwanego biometanu. Odbywa się to poprzez wyeliminowanie ze składu biogazu dwutlenku węgla i innych śladowych składników wchodzących w jego skład. Technologii możliwych do zastosowania jest kilka i w każdym przypadku możliwe jest uzyskanie biogazu zawierającego ponad 95% metanu. Do najczęściej stosowanych należą: adsorpcja zmiennociśnieniowa polegająca na eliminowaniu ze składu biogazu 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 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. Podobne technologie mogą być zastosowane do uszlachetniania gazu membranowego i uzyskiwanie na wyjściu gazu o bardzo wysokiej zawartości wodoru, co z punktu widzenia możliwości jego zastosowania w ogniwach paliwowych jest bardzo istotne.

Podsumowanie

Jak wykazały dotychczasowe badania prowadzone w Katedrze Elektrotechniki i Energetyki Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie nad procesami zgazowywania biomasy odpadowej z produkcji rolniczej i uzyskiwane podczas nich wyniki należy stwierdzić, że bardzo istotne jest stosowanie bardziej efektywnych sposobów wykorzystania otrzymywanych nośników energii. Dotyczy to przede wszystkim procesów skojarzonych takich jak są dotychczas stosowane, gdyż możliwości wykorzystania energii cieplnej w gospodarstwach rolnych są znacznie ograniczone. Możliwości takie dają rozwiązania wykorzystujące niektóre konstrukcje ogniw paliwowych.

Gospodarstwa rolne z racji prowadzonej tam działalności wytwarzają znaczne ilości odpadowej substancji organicznej i mogą być także producentem dużych ilości biomasy, która może być poddana wstępnej obróbce mającej na celu wytworzenie substancji mogących zasilać ogniwa paliwowe. Może to być na przykład proces pirolizy, zgazowywania lub fermentacji metanowej. Ilość energii uzyskiwana podczas eksploatacji ogniwa paliwowego może w pełni zaspokoić potrzeby energetyczne gospodarstwa w zakresie ciepła i energii elektrycznej, a nawet zaspokajać potrzeby innych odbiorców energii na poziomie lokalnym.

Biorąc pod uwagę rozproszenie gospodarstw, ich ilość i skalę potrzeb, można stwierdzić, że wielkość zapotrzebowania w skali kraju jest ogromna, a możliwość ich pokrycia przy wykorzystaniu ogniw paliwowych jest całkiem realna.

Bibliografia

- Cao Y., Wang Y., Rile J. T., Pan W. P.** 2006. A novel biomass air gasification process for producing. *Fuel Processing Technology*. 87. pp.343-353.
- Ciechanowicz W., Szczukowski S.** 2006. Paliwa i energia XXI wieku szansą rozwoju wsi i miast. *Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania. Seria Monografie*. Warszawa. ISBN 83-88311-83-2.
- Ciechanowicz W., Szczukowski S.** 2007. Paliwa i generatory energii wspólnot wodorowych.. *Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania. Seria Monografie*. Warszawa. ISBN 978-83-88311-87-1.
- Kalina J.** 2004. Zgazowanie paliw stałych. *Gospodarka Paliwami i Energią*. Nr 15. s. 11-12.
- Kujawski O.** 2009. Przegląd technologii produkcji biogazu. *Czysta Energia*. Nr 12 s. 23-25.
- Lechwacka M.** 2009. Technologie uszlachetniania biogazu do jakości gazu ziemnego. *Czysta Energia*. Nr 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., Voutsas E., Tassios D.** 2006. Solid waste plasma gasification: Equilibrium model development and energy analysis. *Energy Conversion and Management*. 47. pp. 1723-1737.
- Parikh J., Channiwala S. A., Ghosal G. K.** 2005. A correlation for calculating HHV for proximate analysis of solid fuels. *Fuel*. 84. pp. 487-494.
- 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., Faaij A. P. C., Hamelinck C. N., 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*. Nr 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.

FUEL CELL AS AN ENERGY SOURCE IN A FARM

Abstract. The paper presents detailed analysis of potential regarding use of different gasification technologies for biomass of agricultural origin, including waste biomass. Further, the analysis considers using obtained gaseous energy carriers, after having prepared them properly, for supplying fuel cells that may constitute an energy source for farms, allowing to cover all energy needs occurring there.

Key words: biomass, fuel cell, energy, gasification

Adres do korespondencji:

Janusz Piechocki; e-mail: jpt@uwm.edu.pl
Katedra Elektrotechniki i Energetyki
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
ul. Oczapowskiego 11
10-736 Olsztyn