

TORYFIKACJA BIOMASY

Maciej Jakubiak, Włodzimierz Kordylewski

Politechnika Wroclawska, Instytut Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów

Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

e-mail: wlodzimierz.kordylewski@pwr.wroc.pl

Streszczenie

W pracy przedstawiono obiecującą, szybko rozwijającą się technologię przetwarzania biomasy typu lignino-celuloza w zbliżone właściwościami do węgla biopaliwo stałe, zwane toryfikatem lub biowęglem. Wskazano ważne, wynikające z potrzeb energetyki, przesłanki do wytwarzania toryfikatów. Opisano proces wytwarzania toryfikatów, wraz z ich peletyzacją. Porównano właściwości bio-peletów, biowęgla i wytworzonych z niego peletów. Oceniono obecny status tej technologii i perspektywy jej komercjalizacji.

1. Wstęp

Polityka energetyczna UE określa udział odnawialnych źródeł energii w rocznym bilansie energetycznym państw członkowskich. Do 2020 roku Polska zobowiązana jest do uzyskania 15% udziału OZE w ostatecznym zużyciu energii. Obecnie wskaźnik ten nie przekracza 7%, a jego głównym źródłem jest biomasa. Swoje znaczenie wśród innych form OZE biomasa zawdzięcza przede wszystkim faktowi, iż pozyskiwanie z niej ciepła i energii elektrycznej jest procesem najmniej kapitałochłonnym.

Istnieje kilka możliwości energetycznego wykorzystania biomasy typu drewno lub słoma, ale ze względu na skalę potrzeb największe znaczenie ma jej współspalanie z węglem w dużych kotłach parowych bloków energetycznych. Niestety z powodu odmiennych od paliwa projektowego właściwości, biomasa wciąż budzi zastrzeżenia operatorów kotłów. Duży udział wilgoci w biomasie, jej niska gęstość energetyczna i niejednorodność oraz utrudniony przemiał powodują, że udział współspalanej biomasy zazwyczaj nie przekracza 10% w strumieniu paliwa do paleniska.

W celu ułatwienia energetycznego użytkowania biomasy poddaje się ją przede wszystkim procesom zagęszczania do postaci tzw. biopaliw, co przybliży ją do węgla. Podstawowym biopaliwem dla energetyki są pelety [1], które w porównaniu z surową biomasą wyróżniają się przede wszystkim: ujednoczeniem rozmiarów, większą gęstością energetyczną i niższą zawartością wilgoci. Rynek bio-peletów rozwija się więc dynamicznie, a wraz z nim ewoluuje technologia pozyskania peletów. W 2008 roku wyprodukowano w UE ponad 6 mln Mg peletów, co oznacza wzrost produkcji o ponad 0,5 mln Mg w porównaniu z 2007 r. Pelety, choć mają znacznie lepsze właściwości przemiałowe niż, na przykład zrębki, wymagają dla większych strumieni biomasy użycia kosztownych młynów młotkowych.

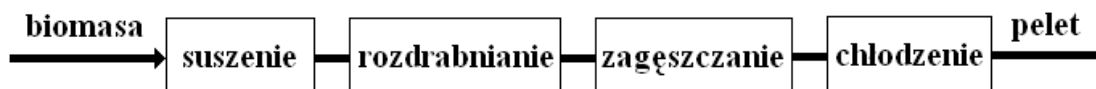
Obecnie intensywnie pracuje się nad procesem toryfikacji biomasy (od ang. *torrefaction*, tzn. prażenie) i tzw. peletami drugiej generacji, czyli peletami z toryfikatu. Toryfikacja jest procesem wstępnego, cieplnego przetwarzania biomasy mającym za zadanie zbliżyć ją do właściwości węgla, a przede wszystkim poprawić jej przemiałowość. Proces ten znany jest od lat trzydziestych, jednak dopiero teraz nabiera statusu komercyjnego z powodu konieczności współspalania biomasy z węglem w kotłach pyłowych. Pelety z toryfikatu odznaczają się jeszcze większym podobieństwem do niskokalorycznych węgla w porównaniu do peletów z biomasy i charakteryzują się doskonałą przemiałowością. Toryfikat można zatem spalać w kotłach pyłowych bez konieczności zmian układów nawęglania i paleniskowego kotła.

2. Peletyzacja biomasy

Peletyzacja jest technologią zagęszczania biomasy stałej typu: trociny, łuski, ziarna, wióry, zrębki i słoma w stałe biopaliwa (pelety) odznaczające się następującymi pozytywnymi cechami:

- ujednoczonymi rozmiarami,
- podwyższoną gęstością energetyczną,
- znaczną wartością opałową,
- niską zawartością wilgoci,
- poprawioną podatnością przemiałową.

Technologia peletyzacji wywodzi się z technik granulowania stosowanych w przemyśle: farmaceutycznym, chemicznym i paszowym, jednak granulowanie biomasy odbywa się pod znacznie większym ciśnieniem. Przed wytłaczaniem oczyszczona biomasa w zależności od zawartości wilgoci jest suszona (lub dowlżana) do zawartości ~15% wody, a następnie rozdrabniana. W zależności od gatunku biomasy może być wymagane dodawanie substancji wiążącej, czyli *lepiszcza*. Ważniejsze etapy procesu paletyzacji biomasy przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Etapy peletyzacji biomasy

Ujednolicenie rozmiarów peletów spowodowało rozszerzenie stosowalności biomasy na wiele urządzeń energetycznych: paleniska retortowe, rusztowe, fluidalne i pyłowe, a nawet palniki do peletów. Niezmiernie ważną cechą peletów jest możliwość ich transportowania podajnikami ślimakowymi oraz znacznie lepsza przemiałowość niż biomasy typu zrębki.

Dzięki zwiększeniu wartości opałowej biopaliwa, możliwe jest uzyskanie wyższych parametrów produkowanej w kotle pary, a w związku z tym poprawienie sprawności bloku energetycznego. Wysoka zawartość wilgoci w biomacie, która jest często przyczyną utrudnionego zapłonu, w przypadku peletów jest ograniczona do poziomu 12%. Poprawiona podatność przemiałowa ułatwia ich przemiał w młynach węglowych i zmniejsza jego energochłonność. Te zalety spowodowały szybki rozwój technologii peletyzacji i wydajności produkcji sięgającej w największych zakładach ponad 100 tys. Mg peletów rocznie [1].

Pomimo licznych zalet peletów, nadal posiadają one pewne negatywne cechy biomasy nieprzetworzonej. Ich higroskopijna natura powoduje chłonięcie wilgoci z otoczenia, co prowadzi do pęcznienia i kruszenia. Z tego powodu pelety należy transportować i składować w szczelnych workach, a ich magazynowanie powinno odbywać się w silosach lub co najmniej pod zadaszeniem. W przeciwnym razie, pelety narażone na działanie wilgoci ulegną szybko biodegradacji.

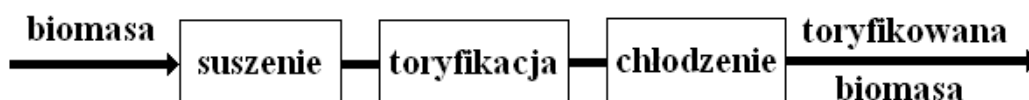
Peletyzacja usuwa więc wiele niedostatków biomasy typu drewno lub słoma, ale nie w takim stopniu, żeby pelety stały się pełnym substytutem węgla. Mimo poprawionej przemiałowości pelety w dalszym ciągu wymagają stosowania młynów młotkowych w celu ich rozdrabniania dla kotłów pyłowych, gdy strumień biomasy znacznie przekracza 10% strumienia paliwa do kotła. Podsumowując można stwierdzić, że chociaż peletyzacja zapewniła większą gęstość energetyczną biopaliwa i ułatwiła jego przemiał, to w dalszym ciągu poszukuje się technologii, która przybliżyłaby oba te parametry do parametrów węgla.

3. Toryfikacja biomasy

Idea toryfikacji nie jest nowa, znana jest od przeszło 75 lat i pochodzi od procesu suszenia i prażenia ziaren kawy. W literaturze napotyka się na inne określenia tego procesu, najczęstsze z nich to: prażenie, powolna i łagodna piroliza oraz wysokotemperaturowe suszenie.

Toryfikacja biomasy do celów energetycznych rozwinęła się do fazy technologii demonstracyjnej w latach 90 ubiegłego wieku. Jest procesem przetwarzania biomasy w paliwo stałe o właściwościach zbliżonych do węgla, który polega na termicznej obróbce biomasy w zakresie temperatur 200÷300 °C, pod ciśnieniem zbliżonym do atmosferycznego, bez dostępu tlenu. Standardowo jednostkowy narost temperatury w procesie nie powinien przekraczać 50 °C/min.

Etapy przemian jakim poddawana jest biomasa w procesie toryfikacji przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Etapy przemian biomasy w procesie toryfikacji

Zmiany właściwości biomasy typu ligninoceluloza w procesie toryfikacji następują w wyniku modyfikacji struktury jej głównych składników: ligniny, holocelulozy i w mniejszym stopniu celulozy. Proces powinien być prowadzony w ten sposób, żeby uzyskać pożądane właściwości mechaniczne (poprawioną przemiałowość) przy minimalnej stracie energetycznej, spowodowanej głównie utratą części lotnych.

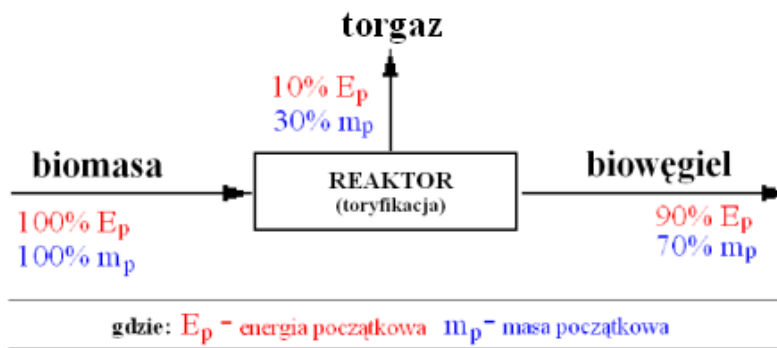
Ten endotermiczny proces, na który składa się: suszenie, piroliza i zgazowanie, zachodzi w reaktorze o kontrolowanej temperaturze. Ze względu na sposób doprowadzenia ciepła do reaktora dzieli się je na 2 typy:

- **reaktory pośrednie**, w których ciepło dostarczane jest do biomasy przeponowo przez taki nośnik energii, jak para wodna, woda, olej, spaliny,
- **reaktory bezpośrednie**, w których ciepło przekazywane jest bezpośrednio do biomasy od spalin lub innego gazu reaktorowego (np. zgazowywarki i suszarnie fluidalne).

Ze względu na bezpośredni kontakt gorącego czynnika z surowcem drugi typ reaktorów umożliwia stosowanie krótszych czasów przebywania, z drugiej zaś strony takie rozwiązanie jest trudniejsze w zastosowaniu. Najnowsze koncepcje reaktorów zakładają konstrukcje na wzór pieca obrotowego bądź reaktora ślimakowego z wykorzystaniem torgazu jako czynnika gazowego [2].

Podczas toryfikacji, częściowego rozkładu termicznego biomasy, jej kompozycja o strukturze ligninocelulozy ulega poważnym zmianom. Najważniejsze reakcje rozpadu dotyczą hemicelulozy. Lignina i celuloza mogą również ulegać rozkładowi w zakresie temperatur, w których normalnie zachodzi toryfikacja, jednak w mniejszym stopniu niż hemiceluloza. Wynika stąd, że skład biomasy ma znaczący wpływ zarówno na ilość stałej pozostałości, jak i produkty lotne.

W czasie procesu toryfikacji następuje redukcja nawet 30% masy początkowej surowca, która spowodowana jest przede wszystkim usunięciem z niego wilgoci, ale również częściowym wydzieleniem substancji lotnych. Wydzielenie części lotnych z surowca wiąże się z pewnym ubytkiem energii, który zwykle nie przekracza 10% energii zawartej w surowcu. Rozdział masy i energii w typowym procesie toryfikacji został przedstawiony na rysunku 3.



Rys. 3. Rozdział masy i energii w typowym procesie toryfikacji

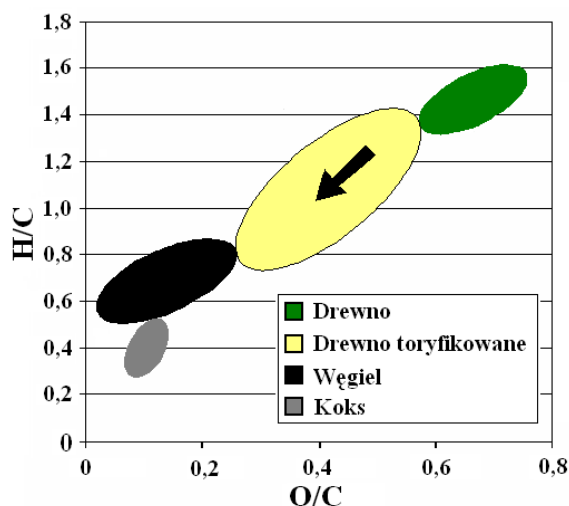
W zależności od temperatury procesu, czasu przebywania w reaktorze, rodzaju biomasy i zawartej w niej wilgoci uzysk masy i energii produktu końcowego może się różnić. Zwykle się mówi o 30% zagęszczeniu energii dla typowego procesu toryfikacji [3].

Części lotne (zwane torgazem) składają się z wielu palnych składników organicznych, ale także z składników niepalnych, jak woda i CO_2 . Udziały palnych i niepalnych składników torgazu zależą od zawartości wilgoci w surowcu, ale również od parametrów procesu.

Torgaz jest gazem wilgotnym, bowiem nawet jeżeli surowiec jest suchy, należy się spodziewać, że około 50% masy powstającego gazu stanowić będzie woda, a kolejne 10% CO_2 . Dlatego przy zachowaniu typowych warunków toryfikacji jest problematyczne uzyskanie palnego gazu, który spalany dostarczałby wymagany w procesie strumień ciepła do procesu.

Relatywnie większy ubytek tlenu i wodoru w tym procesie w porównaniu z ubytkiem pierwiastka węgla przybliża właściwościami produkt toryfikacji do niskiej jakości węgla (stąd nazwa *biocoal* lub jej polski odpowiednik *biowęgiel* [4, 3]) [5]. Uważa się, że obniżenie wartości stosunku O/C polepsza

proces gazyfikacji toryfikowanej biomasy w porównaniu do surowej biomasy [6]. Warto zaznaczyć, że wzrost temperatury procesu lub czasu przebywania surowca w reaktorze powoduje przesunięcie usytuowania biowęgla na wykresie Van Krevelena zgodnie ze strzałką – rys. 4 [3]. Podobnie jest z gęstością energii w biowęglu, która również rośnie wraz z wydłużeniem czasu przebywania i stosowaniem wyższych temperatur [7]. Przekroczenie temperatury procesu 350 °C jest, jednak niekorzystne i prowadzi do powstania węgla drzewnego [8]. Czas przebywania w reaktorze wynosi około 1 godziny [3] jednak dąży się do jego skrócenia, bowiem wydłużanie czasu przebywania w reaktorze (nawet ponad 2 godziny), nie powoduje większych zmian w uzysku masy i energii.



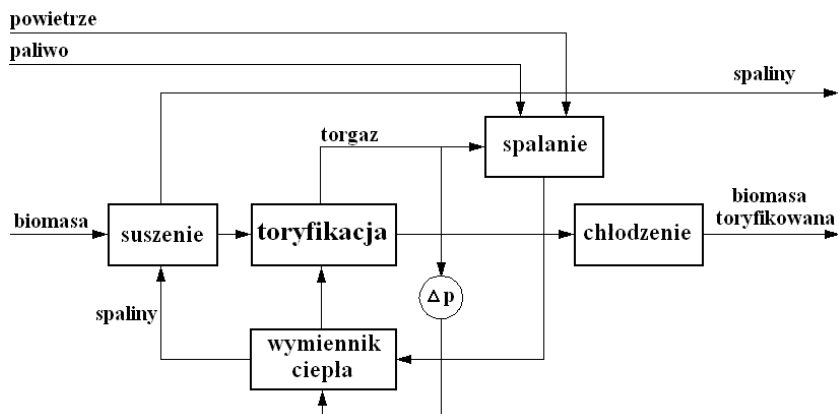
Rys. 4. Usytuowanie drewna toryfikowanego na diagramie Van Krevelena

Typowa wartość opałowa biowęgla powstającego w wyniku toryfikacji zrębków drzewnych wynosi od 18 nawet do 23 MJ/kg [5]. Dzięki niewielkiej zawartości wilgoci w produkcie (1÷6%) różnica między wartością opałową a ciepłem spalania jest nieznaczna [5]. Biowęgiel posiada niską gęstość nasypową w zakresie 180÷300 kg/m³, jest kruchy i jednorodny. Stwierdzono, że biowęgiel otrzymany zarówno z drewna ze ścinki, drewna porozbiórkowego i drewna odpadowego ma dość zbliżone właściwości fizyczne i chemiczne [6]. Dodatkową zaletą biowęgla jest jego hydrofobowa natura. Pochłanianie wilgoci przez toryfikowaną biomasę jest silnie ograniczone z powodu reakcji dehydratacji zachodzącej podczas rozkładu termicznego. Zniszczenie grup OH w biomacie w wyniku reakcji dehydratacji powoduje utratę zdolności do formowania wiązań wodoru z wodą. Dzięki temu biowęgiel może być składowany na zewnątrz bez obawy o jego grzybnienie. Toryfikacja wywiera również korzystne zmiany dla procesu spalania, gdyż zarówno czas zapłonu części lotnych jak i koksu ulega skróceniu. Jest to szczególnie istotne w przypadku spalania w kotłach fluidalnych [7].

4. Technologia produkcji biowęgla

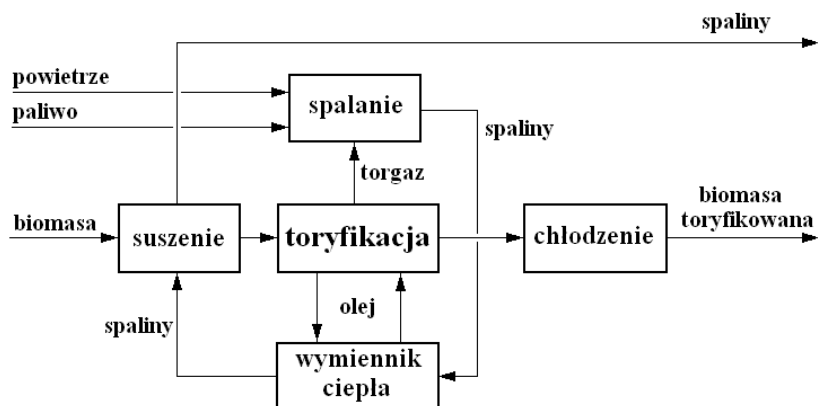
Światowym liderem w zakresie badań nad procesem toryfikacji jest Energy Research Centre w Holandii. Większość prac w tym holenderskim centrum badawczym dotyczy tzw. technologii ECN - tj. wysokosprawnej metody pozyskiwania toryfikatu z zastosowaniem reaktora bezpośredniego (Rys. 5). Według tej technologii surowiec jest poddawany bezpośredniemu działaniu gorących gazów powstałych w procesie toryfikacji [3]. Standardowo torgaz zawiera około 10% energii pierwotnej surowca i w optymalnych warunkach może być wykorzystany do wstępnego suszenia i toryfikacji. Przez optymalne warunki rozumie się zawartość wilgoci w biomacie, która nie powinna przekroczyć 15÷20% [8].

Torgaz składa się głównie z: H₂O, CO₂, CO, CH₄ i organicznych składników kondensujących [7]. W wyższej temperaturze rozkładu mogą się również pojawić: propan, aldehyd octowy, kwas octowy, formaldehyd, alkohol metylowy i śladowe ilości fenolu [7]. W omawianej technologii toryfikacji po podniesieniu ciśnienia i dogrzaniu torgazu w wymienniku ciepła jest on wprowadzany bezpośrednio do reaktora ze złożem ruchomym.



Rys. 5. Schemat technologii ECN (nie zawiera etapów rozdrabniania i granulowania) [3]

Technologia toryfikacji biomasy nie osiągnęła dotąd statusu komercyjnego i wciąż jest na etapie badań i testów w instalacjach pilotażowych. Poza wspomnianą technologią *ECN* na szczególną uwagę zasługuje instalacja demonstracyjna firmy Pachiney (obecnie Rio Tinto), która powstała w 1980 roku w La Val de Cere we Francji i przez 10 lat służyła do produkcji substytutu koksu, wykorzystywanego w procesie produkcji aluminium [3]. Instalacja pracowała z wydajnością 12 tys. Mg/rok z wykorzystaniem drewna z pobliskich lasów jako surowca. Mokre zrębki (~40% wilgoci) suszono do zawartości wilgoci 10%, a następnie wprowadzano do reaktora ślimakowego typu: pośredni wymiennik ciepła (Rys. 6).



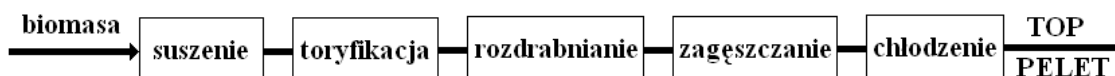
Rys. 6. Schemat instalacji Pachiney [3]

Czynnikiem pośredniczącym w wymianie ciepła był cyrkulujący pomiędzy reaktorem i wymiennikiem ciepła olej. W wymienniku olej odbierał ciepło ze spalin ze spalania zrębków i torgazu. Część strumienia spalin służyła do suszenia mokrych zrębków. Standardowo czas przebywania surowca w reaktorze wynosił od 60 do 90 min, a temperatura w reaktorze nie przekraczała 280°C [9]. W celu uniknięcia samozapalenia gorący produkt opuszczający reaktor (~280°C) poddawany był ochłodzeniu do temperatury co najmniej 150°C poprzez bezpośredni kontakt z wodą [3].

W 1990 roku demonstracyjna instalacja Pachiney`a została zamknięta z powodu niskiej sprawności energetycznej (65÷75%) i wysokich kosztów produkcji. Długi czas przebywania surowca w reaktorze oraz niewielka skala instalacji decydowały o wysokich kosztach produkcji. Warto dodać, że analiza ekonomiczna przedstawiona w pracy [3] pokazuje, że zarówno pod względem kosztów inwestycyjnych, jak i kosztów produkcji reaktor zastosowany w instalacji Pachiney był najdroższą opcją z trzech rozpatrywanych. Autor pracy [3] przypuszcza, że zastosowanie reaktora bezpośredniego ze złożem ruchomym pozwoliłoby na skrócenie czasu przebywania w reaktorze, co wpłynęłoby znacznie na obniżenie kosztów produkcji (o około 30%).

5. Zintegrowanie toryfikacji z peletyzacją

Obecnie prowadzone są próby integracji technologii toryfikacji z peletyzacją przy zachowaniu ciągłej pracy reaktora, tak by proces ten był autotermiczny [4]. W produkcji peletów toryfikowanych można bowiem wykorzystać istniejące linie technologiczne do produkcji peletów biomasowych w układzie, jak pokazano schematycznie na rysunku 7. Rozdrabnianie surowca do peletyzacji odbywałoby się po toryfikacji, co pozwoliłoby zmniejszyć wydatek energetyczny. Dołączenie reaktora toryfikującego spowoduje zwiększenie kosztu całej instalacji w stosunku do instalacji peletyzującej o 20%, a koszt wytworzenia peletów z toryfikatu (tzw. pelety II generacji) w stosunku do bio-peletów będzie większy nawet o 25% [4]. Warto przy tym zaznaczyć, że zarówno w przypadku toryfikacji, jak i peletyzacji od wysuszonego surowca wymaga się podobnej zawartości wilgoci ok. 15%. Nie zachodzi więc konieczność wymiany suszarni bębnowych używanych zwykle w tradycyjnym procesie peletyzacji.



Rys. 7. Łańcuch przemian biomasy w zintegrowanym procesie toryfikacji z peletyzacją

Integracja technologii toryfikacji biomasy z technologią peletyzacji toryfikatów nie uzyskała jeszcze komercyjnego statusu. Istniejąca w ECN instalacja pilotażowa do produkcji toryfikowanych peletów (tzw. TOP-Pelet) ma zdolność produkcyjną zaledwie 50÷100 kg/godz. Oczekuje się jednak, że osiągnięcie komercyjnego statusu tej technologii pozwoli na osiągnięcie wydajności zbliżonej do wydajności największych eksploatowanych obecnie linii produkcyjnych standardowych peletów (~100 tys Mg/rok).

Firma Topell (Holandia) przygotowuje się do komercyjnej produkcji toryfikowanych peletów o wartości opałowej 18÷20 GJ/m³, to jest o około 20% większej od wartości opałowej bio-peletów [10]. Planuje się osiągnięcie wydajność rzędu 1 mln Mg/rok toryfikowanych peletów w 2012 r. Innym przykładem działań zmierzających do wprowadzenia na europejski rynek biopaliw peletów toryfikowanych jest konsorcjum 3 holenderskich organizacji: Econcern, ECN i Chemio, które podpisały porozumienie dotyczące przyszłej produkcji toryfikatów [11].

6. Porównanie produktów peletyzacji, toryfikacji i procesu kombinowanego

Na rysunku 8 przedstawiono fotografie peletów, toryfikatu i peletów wykonanych z toryfikatu przez autorów pracy ze ślázowca w warunkach laboratoryjnych. Ze względu na peletyzację schłodzonego toryfikatu proces ten w warunkach laboratoryjnych przebiegał opornie, z dużą energochłonnością.



Rys. 8. Biopaliwa stałe: a) pelet drzewny, b) toryfikat, c) pelety z toryfikatu

Właściwości produktów peletyzacji, toryfikacji i kombinacji tych obu procesów porównano w tabeli 1. Należy w niej zwrócić przede wszystkim uwagę na wzrost gęstości energii (wyrażonej w GJ/m³) TOP-peletów (16÷20 GJ/m³) w porównaniu z bio-peletami (10÷11 GJ/m³). Dzięki zintegrowaniu

procesów, pozyskiwany produkt w porównaniu do tradycyjnych peletów wyróżnia się hydrofobową naturą, poprawą podatności przemiałowej i dodatkowym zagęszczeniem energii. Firma Topell szacuje, że same tylko koszty transportu w porównaniu do tradycyjnych peletów mogą ulec nawet 50% redukcji.

Tab. 1. Porównanie produktów peletyzacji, toryfikacji i kombinacji obu procesów

Parametr, jednostka	Pelety biomasowe	Biomasa toryfikowana	Pelety z toryfikatu
SUROWIEC			
Rodzaj stosowanej biomasy	biomasa drzewna i typu „agro” (przede wszystkim słoma pszeniczna i rzepakowa)		
Frakcja	zrębki, trociny i wióry		
Wilgoć, %	12 ÷ 14	10 ÷ 15	1 ÷ 6
Wymagania dot. obecności zanieczyszczeń w surowcu	surowiec oczyszczony z zanieczyszczeń mechanicznych	jeżeli produkt ma być użyty do produkcji peletów to surowiec powinien być oczyszczony z zanieczyszczeń mechanicznych	surowiec oczyszczony z zanieczyszczeń mechanicznych
PROCES (surowiec: zrębki o wilgotności ~40%)			
Energochłonność procesu	-suszenie -rozdrabnianie -zagęszczanie -chłodzenie	-suszenie -toryfikacja (prażenie) -chłodzenie	-suszenie -toryfikacja (prażenie) -rozdrabnianie (zapotrzebowanie energii niższe niż w przypadku standardowych peletów) -zagęszczanie -chłodzenie
Sprawność termiczna, %	88 ÷ 92	96	92 ÷ 96
Emisja zanieczyszczeń	emisja spalin z suszarni spalinowych	emisja gazów (spalin) z suszarni i reaktora	-
Komercjalizacja procesu	wysoki stopień wdrożenia w przemyśle	na etapie badań pilotowych i wstępnych wdrożeń	na etapie badań pilotowych
Szacowany koszt inwestycyjny instalacji przerabiającej 180 tys Mg zrębków rocznie, M€	5,9	-	7,2
Szacowana cena, zł/Mg	~650	-	~820
Główne ośrodki rozwoju (* najwięksi producenci)	Szwecja*, Niemcy*, Austria*, Finlandia*	Holandia	Holandia
PRODUKT			
Rozmiar, mm	średnica = 4 ÷ 10 długość < 50	posiada wymiary zbliżone do stosowanego surowca	średnica = 4 ÷ 10 długość < 50
Gęstość nasypowa, kg/m ³	500 ÷ 650	180 ÷ 300	750 ÷ 850
Wilgoć, %	< 12	< 6	< 5
Zawartość popiołu, %	< 1,5	< 2	-
Gęstość energii, GJ/m ³	10,1 ÷ 11,2	4,6 ÷ 5,5	16,0 ÷ 20,0
Wartość opałowa, MJ/kg	17,5 ÷ 19,5	18,0 ÷ 23,0	20,0 ÷ 25,0

Natura hydrofobowa	pochłania wilgoć z otoczenia	nie pochłania wilgoci z otoczenia	nie pochłania wilgoci z otoczenia
Rozkład biologiczny	możliwy	silnie ograniczony	silnie ograniczony
Wytrzymałość peletów na kruszenie	wysoka	-	bardzo wysoka
Podatność przemiałowa	dobra	bardzo dobra	bardzo dobra
Jednorodność fizykochemiczna	niska	wysoka	wysoka
Przemiał w młynach węglowych	ograniczony (zaleganie na dnie i zapychanie młynów misowych)	możliwy	możliwy
Przydatność w dużych układach spalania: - kotły pyłowe - kotły fluidalne	-umiarkowana -umiarkowana	-duża, ze względu na polepszoną podatność przemiałową w stosunku do zwykłych peletów -duża, ze względu na krótszy czas zapłonu części palnych i koksu	-duża, ze względu na polepszoną podatność przemiałową w stosunku do zwykłych peletów -duża, ze względu na krótszy czasu zapłonu części palnych i koksu
Podatność na zgazowanie	umiarkowana	obniżenie stosunku O/C w wyniku toryfikacji polepsza proces gazyfikacji	obniżenie stosunku O/C w wyniku toryfikacji polepsza proces gazyfikacji
Obowiązujące normy	najczęściej stosowane: -niemiecka: DIN 51731 -austriacka: ÖNORM M 7135 (brak polskiej normy)	brak	brak
Koszty transportu dalekosiężnego	umiarkowane	wysokie, ze względu na niską gęstość energetyczną	niskie ze względu na wysoką gęstość energetyczną
Możliwości zastosowania	spalanie i współspalanie, zgazowanie, produkcja paliw płynnych	spalanie i współspalanie w energetyce zawodowej, zgazowanie, produkcja paliw płynnych, środek redukcyjny w przemyśle chemicznym i metalurgicznym	spalanie i współspalanie w energetyce zawodowej, zgazowanie, produkcja paliw płynnych, środek redukcyjny w przemyśle chemicznym i metalurgicznym, spalanie w kominkach

7. Podsumowanie

Toryfikacja biomasy jest obiecującą technologią przetwarzania biomasy typu lignino-celuloza do zbliżonego do węgla paliwa stałego, o dobrych właściwościach przemiałowych. Ma to duże znaczenie dla energetyki węglowej, ponieważ umożliwi bezpośrednie spalanie lub współspalanie toryfikatów w kotłach pyłowych bez konieczności zmiany układów: nawęglania i paleniskowego. Może więc nastąpić przekroczenie bariery około 10% udziału biomasy w strumieniu paliwa do kotła wynikającej z ograniczenia wydajności młynów spowodowanej złą przemiałowością biomasy.

Do ważnych zalet toryfikatu należy możliwość wykonania z niego peletów drugiej generacji, bardziej kalorycznych, trwalszych, a więc łatwiejszych do magazynowania i transportu, niż bio-pelety. Wydaje się, że technologia toryfikacji jest bliska komercjalizacji, a jej produkt bardzo oczekiwany w energetyce węglowej. Także w Polsce obserwuje się zainteresowanie firm energetycznych tą technologią, a także producentów peletów. Jest to zrozumiałe, bowiem zarówno energetyka krajowa, jak i eksport stwarzają duże możliwości działania.

Literatura

- [1] Jakubiak M., Kordylewski W., Pelety podstawowym biopaliwem dla energetyki, *Archiwum Spalania*, Vol. 8 nr 3-4, 2008.
- [2] Person K., Olofsson I., Nordin A.: *Biomass Refinement by Torrefaction*, Energy Technology and Thermal Process Chemistry, Umea University, 2006.
- [3] Bergman P.C.A., Boersma A.R., Zwart R.W.R., Kiel J.H.A., Torrefaction for biomass co-firing in existing coal-fired power stations "BIOCOAL", ECN, ECN-C-05-013.
- [4] Grecka K., Produkcja pelet z biowęgla – przykład z Holandii, *Czysta Energia*, 80 (2008) 40.
- [5] Uslu A., Faaij A.P.C., Bergman P.C.A., Pre-treatment technologies, and their effect on international bioenergy supply chain logistics. Techno-economic evaluation of torrefaction, fast pyrolysis and pelletisation, *ENERGY*, 33 (2008) 1206-1223.
- [6] Arias B., Pevida C., Feroso J., Plaza M.G., Rubiera F., Pis J.J., Influence of torrefaction on the grindability and reactivity of woody biomass, *FUEL PROCESSING TECHNOLOGY*, 89 (2008) 169-175.
- [7] Bridgeman T.G., Jones J.M., Shield I., Williams P.T., Torrefaction of reed canary grass, wheat straw and willow to enhance solid fuel qualities and combustion properties, *FUEL*, 87 (2008) 844-856.
- [8] Lechwacka M., Toryfikacja biomasy – holenderskie doświadczenia, *Czysta Energia*, 11 (2008) 58-60.
- [9] Bergman P.C.A, Kiel J.H.A., Torrefaction for biomass upgrading, Published at 14th European Biomass Conference & Exhibition, Paris, France, 17-21 October 2005.
- [10] www.tolpell.nl, 15-04-2009.
- [11] *Biuletyn Informacji Projektu Pellets@las*, 2 (2008) 3.

Biomass torrefaction

Abstract

The promising and quickly developing technology of conversion of lignin-cellulose type biomass into torrefied biomass, being solid biofuels of properties close to coal, which are called biocoal, was presented in the paper. It was pointed out important reasons for biomass torrefaction from the standpoint of power plants needs. The properties of products of biomass torrefaction, pellets made of torrefied biomass and bio-pellets were compared. The present status of the torrefaction technology and a prospect of its commercialization was estimated.