

Marian HNIŁKA¹
Janina RZĄSA²

ANALIZA MOŻLIWOŚCI BUDOWY INSTALACJI PRZEMYSŁOWEJ DO PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ I CIEPLNEJ W OPARCIU O ZGAZOWANIE ODPADÓW DRZEWNYCH

Artykuł dotyczy analizy możliwości budowy instalacji do zgazowania odpadów drzewnych jako źródła czystej energii elektrycznej i ciepłej produkowanej w skozarzeniu. Zgazowanie biomasy, nie tylko drzewnej, ale także odpadów wysypiskowych czy biologicznych odpadów technologicznych z przetwórstwa spożywczego, jest procesem, który pozwala na produkowanie gazu o dużej zawartości metanu, wodoru i tlenku węgla. Gaz ten może być wykorzystany w agregatach prądotwórczych z dodatkowym obiegiem ORC (Organic rankine cycle) lub, po poddaniu odpowiedniej obróbce, może być zatłaczany do instalacji gazowej jako gaz sieciowy. Teren Zagórza i okolic jest terenem bogatym w zasoby odpadów drzewnych, co zostało przeanalizowane w niniejszym artykule. Bazując na wynikach tej analizy, w Zakładzie Usług Technicznych Sp. z o.o, podległym Gminie Zagórz, z inicjatywy mgra inż. Mariana Hniłki, zostały opracowane wstępne założenia do budowy instalacji do zgazowania zrębków drewna, szczególnie z drewna o niższej jakości, mało przydatnego w przetwórstwie. Artykuł niniejszy zawiera wiadomości na temat głównych procesów związanych ze zgazowaniem odpadów drzewnych i oczyszczaniem produktu gazowego; zawiera opis wybranej instalacji zgazowania, która jest najbardziej zbliżona do naszych lokalnych warunków. Instalacja ta została z powodzeniem wdrożona do produkcji energii elektrycznej i energii ciepłej w Güssing w Austrii. Wybór tej instalacji, jako możliwej do zrealizowania w strefie przemysłowej w Zaslawiu koło Zagórza został dokonany po wnikliwej analizie rozwiązań technicznych wdrożonych już dotychczas w Europie. Artykuł jest jednym z etapów nawiązywania współpracy pomiędzy i Gminą Zagórz, czyli pomysłodawcą i ewentualnym inwestorem instalacji do zgazowania biomasy drzewnej, a Wydziałem Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej.

Słowa kluczowe: biomasa drzewna, odnawialne źródło energii, zgazowarka ze złożem stałym, zgazowarka ze złożem fluidalnym

¹ Autor do korespondencji: Marian Hniłka, Zakład Usług Technicznych Sp. z o.o. 38-540 Zagórz, ul. Bieszczadzka 5, marian@zut.zagorz.net

² Janina Rząsa, Politechnika Rzeszowska, ul. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, tel. (017) 865-19-76, jrzas@prz.edu.pl

1. Wprowadzenie

Porozumienie klimatyczne zawarte na szczycie UE w dniu 23.10.2014 zobowiązuje kraje członkowskie do 40-procentowej redukcji emisji CO₂ w stosunku do roku 1990 i do udziału energii ze źródeł odnawialnych w całkowitym zużyciu energii elektrycznej w Unii Europejskiej w wysokości co najmniej 27% w 2030 r. Jest to cel ambitny, ale zarazem trudny do realizacji. Cel ten tworzy szansę na rozwój energetyki rozproszonej szczególnie w obszarach słabo zurbanizowanych, na których są słabiej rozwinięte sieci przesyłowe i dystrybucyjne. Otwarta topologia sieci dystrybucyjnych w obszarach wiejskich powoduje duże spadki napięcia, częste przerwy w dostawach energii i duże straty przesyłowe energii. Problemem jest również dekapitalizacja sieci zasilających odbiorców wiejskich oraz koszty ich modernizacji przy znacznie mniejszej opłacalności modernizacji sieci wiejskich w porównaniu przebudową sieci miejskich.

Rozwój energetyki rozproszonej opartej o OZE, wytwarzającej energię z lokalnych substratów, pozwoli na zmniejszenie strat przesyłowych jako że miejsce wytwarzania jest blisko miejsca odbioru, poprawi jakość i dostępność energii elektrycznej w obszarach słabo zurbanizowanych. Wytwarzanie energii z lokalnie występujących substratów zmniejszy zużycie energii na ich transport, a dodatkowo spowoduje utworzenie rynków zbytu na lokalnie produkowane substraty lub odpady.

Interesujące dla tego typu obszarów jest wykorzystanie lokalnie występującej biomasy do produkcji energii. W obszarach gdzie istnieje rozwinięte rolnictwo biomasa celowo uprawiana lub odpadowa z produkcji rolniczej, może zostać wykorzystana w biogazowniach, z tym że wielkość biogazowni powinna być skorelowana z wielkością gospodarstwa i ilością powstającej w gospodarstwie biomasy odpadowej jak i biomasy celowo uprawianej na potrzeby biogazowni. Przekładem tak powiązanych gospodarstw z biogazowniami jest Bawaria, gdzie są wsie, w których jest kilka lub kilkanaście biogazowni o mocy od kilku do kilkudziesięciu kW.

W obszarach o słabo rozwiniętym rolnictwie, ale o dużej lesistości, do produkcji energii można wykorzystać odpadową biomasę leśną jako drewno energetyczne. Na cele energetyczne obecnie wykorzystywane są następujące sortymenty drewna:

- drewno średniowymiarowe;
- papierówka;
- drewno opałowe;
- drewno małe wymiarowe;
- pozostałości zrębowe, tartaczne;
- drzewne odpady przemysłowe, stanowiące ok 27 % całego pozyskiwanego surowca drzewnego.

2. Charakterystyka zasobów biomasy drzewnej na Podkarpaciu

Teren województwa podkarpackiego charakteryzuje się stosunkowo dużą lesistością (36 %), znacznie wyższą niż w całym kraju (29%). Do najważniejszych wskaźników przy ocenie potencjału drewna jako surowca energetycznego poza lesistością, należy wziąć pod uwagę wielkość pozyskania drewna z uwzględnieniem jego rodzajów czyli sortymentów. Na potrzeby Wojewódzkiego Programu Rozwoju Odnawialnych Źródeł Energii dla Województwa Podkarpackiego na rok 2013 zostało opracowane zestawienie ilości pozyskiwanego drewna, które może stanowić biomasę drzewną. Do obliczeń potencjału biomasy leśnej przyjęto różnorodne gatunki drzew występujących w lasach województwa podkarpackiego oraz założono, że na cele energetyczne drewno jest sezonowane przez jeden rok. Z uwagi na bardzo duży popyt na drewno ze strony przemysłu płytowego oraz na ze względu na potrzeby społeczności lokalnych, dla których drewno jest surowcem opałowym, w przytoczonym zestawieniu (Tab.1) przyjęto założenie, że tylko połowa potencjału teoretycznego może zostać przeznaczona na cele techniczne [1].

Tabela 1. Pozyskanie oraz potencjał teoretyczny i techniczny drewna na cele energetyczne w województwie podkarpackim w układzie powiatowym

Table 1. Logging and wood theoretical and technical potential in Podkarpackie Province

	Drewno średnio-wymiarowe	Drewno małowymiarowe	Pozostałości zrębowe	Potencjał drewna na cele energetyczne				
				teoretyczny		techniczny		
	T	Mg	Mg	Mg	GJ	Mg	GJ	MWh
Województwo podkarpackie	481940,25	24059,75	191575,45	436988	3495903	222288	2641538	733760,6
Powiat								
bieszczadzki	57716,45	2881,45	22942,7	53241,1	425928,8	26620,55	319446,6	88735,2
brzozowski	11075,9	552,75	4402,75	10217,35	81738,8	5108,95	61307,4	17029,8
dębicki	14048,65	701,25	5584,7	12959,65	103677,2	6479,55	51836,4	14399
jarosławski	16391,65	818,4	6515,85	15120,6	120964,8	7560,3	90723,6	25201
jasielski	22113,3	1103,85	8790,1	20398,95	163191,6	10199,2	122390,4	33997,3
kolbuszowski	19463,95	971,85	7736,85	10367,72	82941,76	8977,65	107731,8	29925,5
krośnieński	24039,95	1200,1	9556,25	22176	177408	11088	133056	36960
leski	41020,65	2047,65	16305,85	37840,55	302724,4	18920	227040	63066,7
leżajski	13249,5	661,65	5266,8	12222,1	97776,8	6111,05	73332,6	20370,2
lubaczowski	45062,6	2249,5	17912,95	41569	332552	20784,5	249414	69281,7
łańcucki	6746,85	336,6	2681,8	6223,8	49790,4	3111,9	37342,8	10373
Krosno	18,7	1,1	7,15	17,05	136,4	8,8	105,6	29,3
Przemyśl	118,25	6,05	47,3	109,45	875,6	54,45	653,4	181,5
Rzeszów	161,15	8,25	64,35	148,5	1188	74,25	891	247,5
Tarnobrzeg	447,15	22,55	177,65	412,5	3300	206,25	2475	687,5
mielecki	14236,75	710,6	5659,5	13132,9	105063,2	6566,45	78797,4	21888,2
niżański	23592,8	1177,55	9378,6	21763,5	174108	10881,75	130581	36272,5
przemyski	34304,6	1712,7	13636,15	31644,8	253158,4	15822,4	189868,8	52741,3
przeworski	11471,35	572,55	4560,05	10582	84656	5291	63492	17636,7
ropczycko-sędziszowski	9660,2	482,35	3840,1	8911,1	71288,8	4455,55	53466,6	14851,8
rzeszowski	18803,4	938,85	7474,5	17345,9	138767,2	8672,95	104075,4	28909,8
sanocki	45021,9	2247,3	17896,45	41531,6	332252,8	20765,8	249189,6	69219,3
stałowowlowski	31049,7	1549,9	12342,55	28642,35	229138,8	14321,45	171857,4	47738,2
strzyżowski	9591,45	479,05	3812,6	8847,85	70782,8	4424,2	53090,4	14747,3
tarnobrzesci	12533,4	625,9	4981,9	11561,55	92492,4	5781,05	69372,6	19270,2

Uwzględniając dane z tabeli 1 oraz możliwości wykorzystania wytwarzanej energii, instalacja produkująca energię elektryczną i ciepłą z wykorzystaniem zgazowania biomasy drzewnej mogłaby zostać zlokalizowana w obszarze przemysłowym gminy Zagórz. Obszar ten znajduje się w niewielkiej odległości od źródeł biomasy. Na jego terenie zużywa się rocznie około 8 GWh energii elektrycznej. Celowe wydaje się wykorzystanie technologii opracowanej w Güssing we współpracy z Uniwersytetem Technicznym we Wiedniu. Technologia stosowana w Güssing jest przedstawiona w dalszej części artykułu. Jest ona z powodzeniem zastosowana w kilku pracujących instalacjach. Technologia ta umożliwia wykorzystanie biomasy o dużej zawartości wilgoci, oraz oczyszczenie gazu do parametrów gazu sieciowego. Możliwa jest również produkcja oleju napędowego metodą Tropscha Fishera.

Pomysłodawca nie bierze pod uwagę spalania ani współ spalania biomasy, ponieważ zgazowanie jest bardziej efektywnym procesem wykorzystania energii zawartej w biomacie. Zgazowanie jest sposobem na zwiększenie jakości i wartości energetycznej surowca. Biomasa z niską lub nawet ujemną wartością grzewczą, w pewnych ściśle określonych warunkach może być w procesie zgazowania przekształcona w dobrej jakości paliwo lub bardziej efektywnie wykorzystana do produkcji energii elektrycznej i ciepłej.

3. Technologia zgazowania biomasy drzewnej

Technologia zgazowania jest znana od dawna. Jest ona najlepszym sposobem konwersji biomasy stałej na wysokokaloryczny produkt gazowy, w składzie którego znajduje się między innymi wodór (H_2), metan (CH_4), tlenek węgla (CO), para wodna (H_2O), dwutlenek siarki (SO_2). Substratem do produkcji gazu w tym procesie mogą być: węgiel, biomasa, odpady. W trakcie procesu zgazowania następuje konwersja substratu wejściowego, pod wpływem wysokiej temperatury oraz reakcji z utleniaczem, na gaz. Jako czynniki zgazowujące mogą być stosowane: tlen, powietrze atmosferyczne, para wodna, mieszanina pary wodnej tlenu i dwutlenku węgla, mieszanina pary wodnej i powietrza. Skład uzyskiwanego gazu zależy od zastosowanej technologii (Tab.2) i materiału poddawanego zgazowaniu. Produktem ubocznym zgazowania jest popiół, substancje lotne, ciekłe i smoliste.

Do procesu zgazowania niezbędne jest dostarczenie ciepła. Ciepło może być dostarczone do procesu na dwa sposoby i ze względu na to wyróżnia się dwie metody zgazowania:

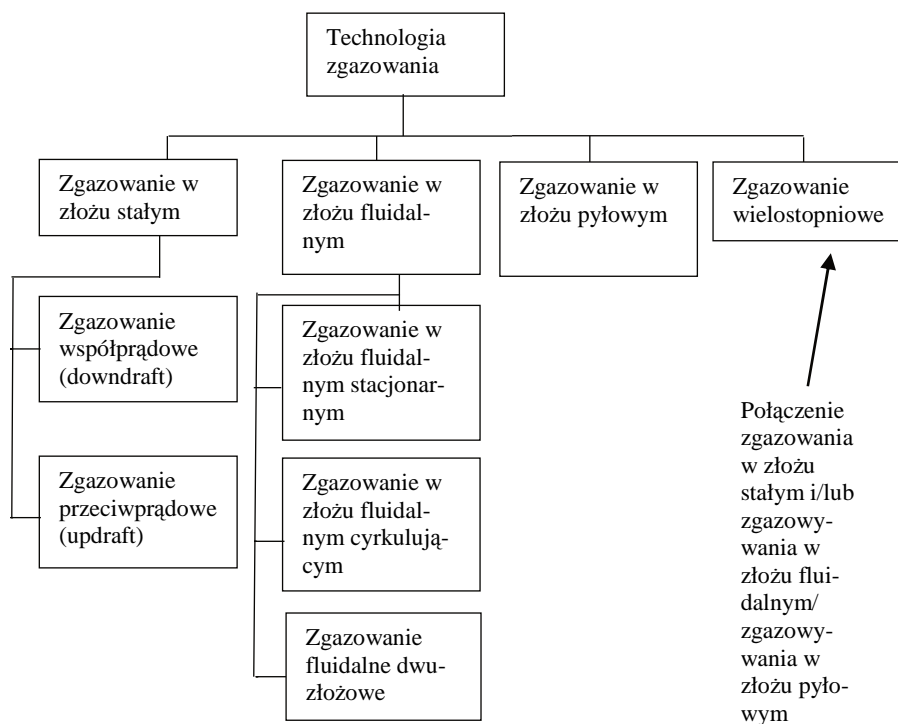
- autotermiczną, w której część paliwa dostarczonego do reaktora ulega spalaniu i oddaje ciepło bezpośrednio do procesu zgazowania;
- allotermiczną, w której niezbędne do procesu ciepło jest wytwarzane w odseparowanym urządzeniu ze spalania biomasy dostarczanej do procesu za pomocą nośnika stałego, ciekłego lub gazowego.

Tabela 2 Skład chemiczny gazu w zależności od czynnika zgazowującego, na podstawie [2]

Table 2. Gas composition dependently on gasification agent, based on [2]

Czynnik zgazowujący	Skład produkowanego gazy %				
	H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	N ₂
Powietrze	16	20	12	2	50
Tlen	32	48	15	2	3
Para wodna	50	20	22	6	-

Proces zgazowania biomasy drzewnej przebiega w czterech etapach: suszenie, piroliza, utlenianie i redukcja. Procesy te, w zależności od prędkości przemieszczania się złoża, którym jest dostarczona biomasa i substancje dodatkowe, przebiegają w rozróżnialnych strefach, bądź nakładają się częściowo na siebie, co wynika z przemieszczania się złoża. Przemieszczanie się złoża wewnątrz reaktora gazowego zależy od zastosowanego przedmuchiwania. Ze względu na przebieg procesów w złożu i prędkość przemieszczania się złoża, technologia zgazowania dzieli się na trzy podstawowe rodzaje przedstawione na rysunku 1.



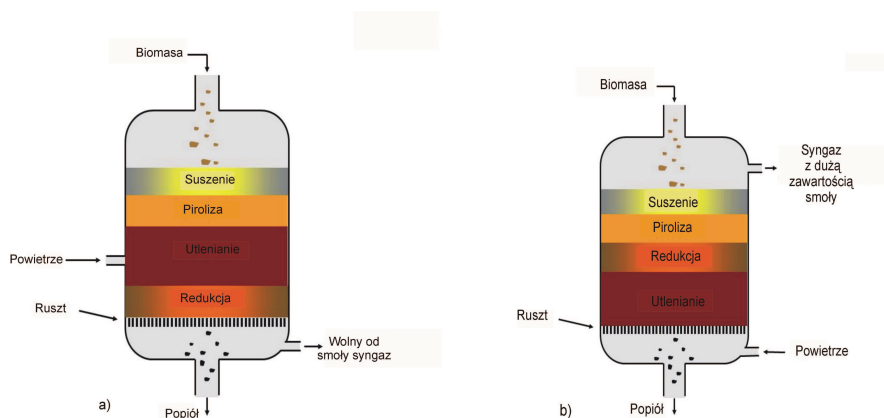
Rys. 1. Przegląd różnych technologii zgazowania

Fig.1. Overview of the different gasification technologies

3.1. Typy reaktorów do zgazowania

Zgazowarki ze złożem stałym

Konstrukcja zgazowarek ze złożem stałym jest stosunkowo prosta. Zgazowarki ze złożem stałym współprądowym używane były bardzo często podczas drugiej wojny światowej ze względu na produkcję gazu o bardzo niskiej zawartości substancji smolistych, co umożliwiało zasilanie nim silników spalinowych w samochodach.



Rys. 2. Schemat zgazowarki ze złożem stałym: a) współprądowej (downdraft); b) przeciwproudowej (updraft), na podstawie [3]

Fig. 2. Schematic picture a fixed bed gasifier of a) downdraft type; b) updraft type, based on [3]

Wykorzystywane są zgazowarki ze złożem stałym typu współprądowego (downdraft) lub przeciwproudowego (updraft). W zgazowarce współprądowej (Rys.2a) biomasa dostarczana jest od góry, opada grawitacyjnie na dół ulegając kolejno suszeniu, pirolizie, zgazowaniu i spalaniu. Czynnikiem zgazowującym, którym jest powietrze, jest podawany w górnej części zgazowarki, gaz przechodzi przez gorące złożo, gdzie „spalają” się części smoliste i jest odbierany w części dolnej spod złoża. Po przejściu przez złożo gaz jest ogrzany do temperatury około 1.100°C i wymaga odpowiedniego chłodzenia. Wadą tej konstrukcji jest wysoka zawartość cząsteczek popiołu w produkowanym gazie, oraz wymagania co do jakości paliwa, w którym zawartość wilgoci nie powinna przekraczać 25%.

Innym rozwiązaniem zgazowarki ze złożem stałym jest zgazowarka typu przeciwproudowego (Rys.2b). Biomasa dostarczana jest od góry zgazowarki, opada grawitacyjnie na dół ulegając kolejno suszeniu, pirolizie, zgazowaniu i spalaniu. Czynnikiem zgazowującym, którym jest powietrze, podawany jest przez dysze umieszczone w dnie zgazowarki, a gaz odbierany jest w górnej części. Produkowany gaz zawiera duże ilości substancji smolistych, co oznacza, że przed

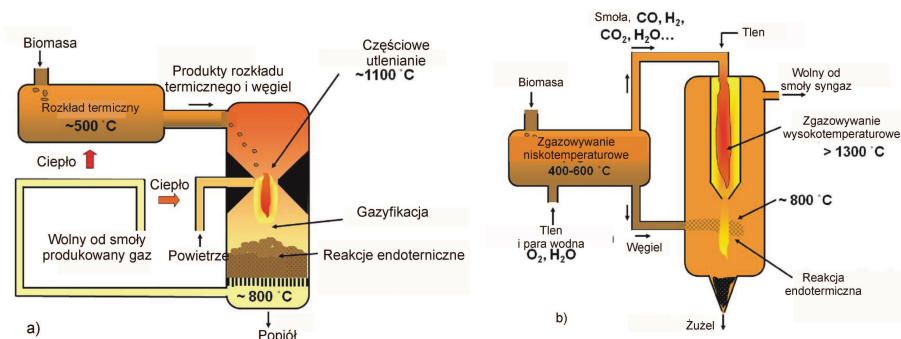
jego wykorzystaniem wymaga oczyszczania. Zaletą w stosunku do zgazowarki typu współprądowej jest wyższa efektywność, oraz niższe wymagania dla stosowanego paliwa.

Z punktu widzenia sprawności jest pożądane aby produkowany gaz opuszczał zgazowarkę przy najniższej możliwie temperaturze, podczas gdy, usuwanie smoły wymaga wysokiej temperatury. Przez separację procesu zgazowania w różnych stadiach istnieje możliwość łączenia tych dwóch przeciwstawnych wymagań. Przykładem spełnienia tych przeciwstawnych wymagań jest dwustopniowa zgazowarka DTU (Viking) i Choren CarboV®.

Zasada działania zgazowarki Viking jest przedstawiona na rysunku 3a). W zgazowarce tej rozdzielono proces pirolizy i zgazowania. Biopaliwo jest suszone i podlega rozkładowi termicznemu w zewnętrznym reaktorze. Ciepło jest pobierane częściowo z gorącego produkowanego gazu, częściowo ze spalin silnika gazowego, co zwiększa sprawność procesu zgazowania.

Produkty rozkładu termicznego i pozostałości (głównie węgla drzewnego) są dostarczane do zgazowarki razem z pewną ilością przegrzanego powietrza. Przez częściowe utlenianie, temperatura wrasta z około 500°C do około 1100°C i następuje redukcja smoły z około 50000 mg/Nm³ do 500 mg/Nm³. Kiedy gaz przechodzi przez złożę gorącego węgla drzewnego, gdzie mają miejsce reakcje endotermiczne, następuje dalsza redukcja smoły poniżej 5 mg/Nm³.

Cząsteczki stałe są usuwane przez filtry workowe i wodę na drodze kondensacji. Integralną częścią instalacji zgazowującej jest silnik gazowy sprzęgnięty z generatorem produkującym energię elektryczną. Zgazowarka Viking jest w pełni zautomatyzowana i pracuje bez operatora. Ponieważ do zgazowania stosowane jest powietrze, to produkowany gaz zawiera azot i nie nadaje się do syntezy.



Rys. 3. a) Dwustopniowa zgazowarka Viking; b) Trzystopniowa zgazowarka Choren, na podstawie [3]

Fig.3. a) Viking two-stage gasifier; b) Choren three-stage gasifier, based on [3]

Firma Choren Industries w Niemczech opatentowała trzystopniowy proces zgazowania Carbo-V®10. W procesie CHOREN Carbo-V®10 (Rys.3b) w pierwszym etapie biomasa jest poddana częściowemu utlenianiu w temperaturze 500 °C. Biomasa jest zgazowana w niskiej temperaturze i składniki lotne są separowane od węgla drzewnego. W zagazowaniu niskotemperaturowym, jako środek zgazowujący, jest użyta mieszanina tlenu i pary.

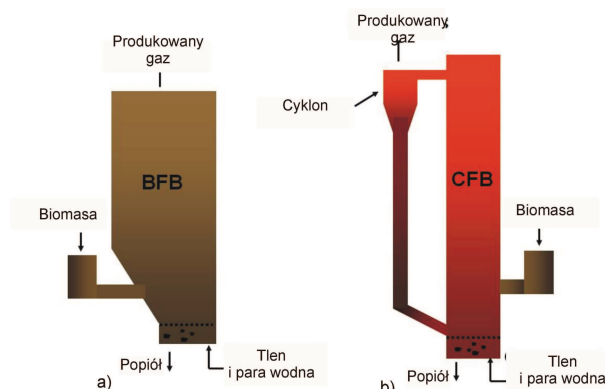
Następnym etapem jest zgazowanie wysokotemperaturowe w temperaturze około 1400 °C i zgazowanie w złożu pyłowym w temperaturze około 800 °C, w którym gazyfikacji ulega pył węglowy i inne składniki. Składniki lotne są utleniane w zagazowaniu wysokotemperaturowym. Z powodu wysokiej temperatury, smoły są termicznie krakowane. Gorące produkty gazowe są schładzane w reakcjach endotermicznych, które przebiegają w kontakcie ze złożem węglowym. Ponieważ żaden z trzech stopni zgazowania (niska temperatura, wysoka temperatura i gazyfikacja węglowa) nie są przedmuchiwane powietrzem, więc w syntezowanym surowym gazie wychodzącym ze zgazowarki nie ma azotu. Surowy gaz jest oczyszczany i może być syntezowany w procesie Fishera - Tropsha do oleju napędowego.

Zgazowarki ze złożem fluidalnym

W zgazowarkach ze złożem fluidalnym (Rys.4) paliwo i materiał złoża unoszony jest przez czynnik zgazowujący do góry generatora. W zależności od prędkości czynnika zgazowującego w zgazowarkach wykorzystuje się dwa typy złożów fluidalnych BFB i CFB.

Zgazowarka BFB - (*bubbling fluidized bed gasifier*) (Rys.4a) to zgazowarka ze złożem fluidalnym pęcherzykowym. Jest to złożo, w skład którego wchodzi paliwo i materiał złoża (zwykle piasek). Złożo to jest upłynniane za pomocą powietrza lub pary przesuwających się w górę poprzez złożo z tak dużą prędkością, która jest wystarczająca do utrzymania złoża w zawieszeniu.

Zgazowarka CFB - (*circulating fluidized bed gasifier*) (Rys.4b) to zgazowarka ze złożem fluidalnym cyrkulacyjnym. Z powodu dużej prędkości upłynniania cząsteczki paliwa i materiał złoża są zamieniane w pył i opuszczają zgazowarkę razem z produkowanym gazem. Zamienione w pył cząsteczki paliwa i materiału złoża są separowane w cyklonie i wracają do złoża.



Rys. 4. Zgazowarki ze złożem fluidalnym; a) typu BFB, b) typu CFB, na podstawie [3]

Fig.4. a) Bubbling fluidized bed gasifier (BFB); b) Circulating fluidized bed gasifier (CFB), based on [3]

3.2. Oczyszczanie surowego produktu gazowego

Gaz, produkowany w procesie zgazowania, musi być przed dalszym wykorzystaniem oczyszczony. Stopień oczyszczenia zależy od sposobu jego wykorzystania. Istnieje wiele różnych sposobów oczyszczania, ale wspólne dla nich wszystkich jest zapewnienie wysokiej jakości finalnego produktu oraz usuwanie substancji, które mogą spowodować niewłaściwe funkcjonowanie lub skrócenie czasu eksploatacji podzespołów urządzeń zgazowujących. Wiele koncepcji jest opartych na oczyszczaniu ekstensywnym (przeważnie wysoko termicznym) gazu, podczas gdy inne bazują na udoskonaleniu komponentów.

Cyklony. Do oczyszczania gazu stosowane są cyklony. W cyklonie wymuszona jest cyrkulacja gazu i cząstki stałe są separowane w wyniku działania siły odśrodkowej. W ten sposób jest separowanych więcej niż 90% cząstek stałych o rozmiarze większym niż $5\mu\text{m}$. Jest również duże prawdopodobieństwo, że jest separowanych część cząstek o rozmiarze $(1 \div 5)\mu\text{m}$. Cyklony są często umiejscowione szeregowo, gdzie pierwszy cyklon oddziela większe cząsteczki i następne cyklony separują coraz mniejsze z nich.

Jak wspomniano wcześniej, cyklony nie są w stanie separować cząsteczek mniejszych niż $1\mu\text{m}$, co implikuje, że kropelki smoły o rozmiarze mniejszym od $1\mu\text{m}$ przechodzą przez cyklon. Smoły w fazie gazowej będą przechodzić przez cyklony razem z produkowanym gazem. Alternatywą byłoby ostudzenie gazu, ale lepkość kondensowanych smół w kombinacji z separacją cząsteczek implikuje bezpośrednio ryzyko zapychania się filtra.

Filtry przegrodowe wykonane z materiału porowatego zatrzymują cząsteczki stałe ale pozwalają na przepuszczanie gazu. W zasadzie, filtry przegrodowe mogą być przeznaczone do usuwania pewnych rozmiarów cząsteczek, ale

różnica ciśnień w filtrze zwiększa się ze zmniejszaniem wielkości porów. Techniczne i ekonomiczne rozważania dostarczają zakresu około $0,5 \mu\text{m}$ w systemie, który zapewnia wysoki przepływ gazu, taki jaki jest wymagany w zgazowarce. Technologia, którą można zastosować do separacji cząsteczek przy wysokiej temperaturze, polega na wykorzystaniu filtrów ceramicznych, nazywanych filtrami świecowymi (candle filter), gdzie świeca oznacza kształt filtru.

Gaz musi zostać oczyszczony również ze smoły. Smoła może być usunięta z gazu na dwa sposoby. Sposób pierwszy polega na fizycznej separacji, gdzie kondensowane smoły w formie kropelek i aerozoli są usuwane w podobny sposób jak cząsteczki stałe, a smoły w fazie gazowej są w skrubkach absorbowane przez rozpuszczalnik. Drugim sposobem jest termiczny kraking smół.

Zastosowanie mokrych skrubków do usuwania smół wymaga by, w przypadku skrubka wodnego, temperatura gazu wynosiła $(35 \div 60)^\circ\text{C}$. Smoły są hydrofobowe, co implikuje, że tylko aerozole są separowane. Zastosowanie rozpuszczalników, które są liofilowe, powoduje, że smoły w fazie gazowej rozpuszczają się w cieczy i sprawność skrubka zwiększa się.

Termiczny kraking pozwala na redukcję smół. Wielkie molekuly węglowodorowe są rozbijane na mniejsze cząstki. Termiczny kraking ma miejsce w procesie zgazowania przy wysokiej temperaturze. Kraking smół może być osiągnięty przy znacznie niższej temperaturze przy udziale katalizatora. Badane są różne katalizatory, które pozwalają w obecnym stanie techniki na obniżenie temperatury do $(450 \div 900)^\circ\text{C}$ [3].

3.3. Instalacja w Güssing

Na obecnym etapie studiów nad zagadnieniem wyboru technologii, najlepszej do zastosowania w warunkach jakie zostały zdefiniowane dla Gminy Zagórz, wydaje się być technologia zgazowania zastosowana w Austrii. W Güssing od roku 2002 pracuje instalacja służąca do produkcji energii elektrycznej i ciepłej, w której są zgazowane zrębki drzewne. Należy podkreślić, że Güssing leży w biedniejszej części Austrii, tuż przy granicy z Węgrami (południowy Burgenland), gdzie 50 lat temu nie było żadnego przemysłu a 70% zdolnych do pracy mieszkańców tego regionu pracowało w innych regionach Austrii. Obecnie, rozwój instalacji OZE przyciągnął inwestorów. Powstało 50 nowych zakładów pracy, co pozwoliło na zwiększenie liczby miejsc pracy. Jednocześnie, znaczne nadwyżki wytworzonej energii są „eksportowane” do sąsiednich regionów.

W Güssing zrealizowano innowacyjny proces zgazowania zrębków drewna z wykorzystaniem pary wodnej. W instalacji zastosowana jest zgazowarka allotermiczna ze zgazowaniem parą wodną w temperaturze 850°C . Z 1760 kg drewna/h wytwarza się 2 MW energii elektrycznej i $4,5 \text{ MW}$ ciepła użytkowego. Sprawność całkowita wynosi 85%, sprawność procesu zgazowania 95%, sprawność elektryczna 36,3%.

Produkowany gaz jest schładzany i oczyszczany w dwustopniowym systemie oczyszczania. Wodny wymiennik ciepła schładza gaz z $850^{\circ}\text{C} \div 900^{\circ}\text{C}$ do $160^{\circ}\text{C} \div 180^{\circ}\text{C}$. Pierwszym stopniem oczyszczania produkowanego gazu jest filtr tkaninowy do separacji cząstek stałych i części smoły. Cząsteczki stałe z tego filtru wracają do strefy zgazowania. W drugim stopniu gaz jest oczyszczany ze smoły w skruberze. Smółki oraz zanieczyszczenia kwaśne i zasadowe są wymywane z gazu w skruberze z obiegiem wodnym, a następnie zawracane do reaktora zgazowania.

Zużyty płyn ze skrubera jest odparowywany i wprowadzany do strefy spalania. Skruber jest również wykorzystywany do redukowania temperatury oczyszczonego produkowanego gazu do około 40°C , co jest wymagane przy zasilaniu nim silnika gazowego. Jako ciecz, w procesie skrubbingu, jest w instalacji użyty RME (Rapeseed methyl ester). Zużyty i zawierający smoły oraz skroplony nasycony płyn ze skrubera jest później spalany w reaktorze spalania. W tak zaprojektowanym procesie oczyszczania gazu nie ma odpadów i ścieków szkodzących środowisku.

Oczyszczony gaz jest następnie kierowany do turbiny gazowej sprzężonej z generatorem elektrycznym. Produkowany gaz może być również kierowany do instalacji syntezującej olej napędowy metodą Fishera - Tropscha. Jeśli silnik gazowy nie pracuje, cały produkowany gaz może być spalany w kotle produkującym ciepło. Skład gazu produkowanego w Güssing, za literaturą [5], jest podany w tabeli 3.

Tabela 3. Skład gazu uzyskiwanego w instalacji w Güssing, na podstawie [5]

Table 3. Gas composition produced in Güssing after cleaning, based on [5]

Składniki główne		
H ₂	%	35 - 45
CO	%	22 - 25
CH ₄	%	~ 10
CO ₂	%	20 - 25
Składniki drugorzędne		
C ₂ H ₄	%	2 - 3
C ₂ H ₆	%	~ 0,5
CH ₄ C ₃ H ₄	%	~ 0,4
O ₂	%	< 0,1
N ₂	%	1 - 3
C ₆ H ₆	g/m ³	~ 0,8
C ₇ H ₈	g/m ³	~ 0,5
C ₁₀ H ₈	g/m ³	~ 2
Smoly	mg/m ³	20 - 30

Możliwe zanieczyszczenia		
H ₂ S	mgS/Nm ³	~ 200
COS	mgS/Nm ³	~ 5
Tioalkohol	mgS/Nm ³	~ 30
Tiofens	mgS/Nm ³	~ 7
HCl	ppm	~ 3
NH ₃	ppm	500 - 1000
HCN	ppm	~ 100
Pył	mg/Nm ³	< 20

Dla zredukowania emisji CO spaliny z silnika gazowego są katalitycznie utleniane. Użyteczne ciepło ze spalin jest używane w strefie spalania do wstępnego ogrzewania powietrza, dodatkowego podgrzewania pary i do dostarczania

ciepła do systemu grzewczego odbiorców komunalnych. Cząsteczki stałe ze spalin są separowane w filtrze gazowym zanim spaliny dotrą do komina.

Energia cieplna wykorzystywana jest do zasilania miejskiej sieci ciepłowniczej, oraz częściowo w układzie ORC do produkcji energii elektrycznej, co podnosi w całym procesie sprawność wytwarzania energii elektrycznej.

W oparciu o technologię opracowaną w Güssing zostały uruchomione lub są planowane instalacje wymienione w tabeli 4.

Tabela 4. Instalacje pracujące w oparciu technologię opracowaną w Güssing, na podstawie [5]

Table 4. The plants based on technology worked out in Güssing, based on [5]

Lokalizacja	Wykorzystanie gazu/Produkt	Paliwo wejściowe/Produkt MW/MW	Rok uruchomienia	Status	Dostawca instalacji
Güssing, AT	Silnik gazowy	8,0 / 2,0	2002	działająca	AE&E / Repotec
Oberwart, AT	Silnik gazowy/ORC	8,5 / 2,8	2008	działająca	Ortner Anlagenbau
Villach, AT	Silnik gazowy	15 / 3,7	2010	zatrzymana	Ortner Anlagenbau
Senden/Ulm, DE	Silnik gazowy/ORC	14 / 5,0	2011	działająca	Repotec
Burgeis, IT	Silnik gazowy	2,0 / 0,5	2012	działająca	Repotec
Göteborg, Sweden	BioSNG	32 / 20	2013	działająca	Repotec / Valmet
California	R&D	50 / 30	2015	działająca	GREG

4. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę możliwości pozyskania lokalnie odpadów drzewnych z zakładów przerabiających drewno oraz możliwości pozyskania drewna energetycznego z gospodarki leśnej, istnieje możliwość wykorzystania tej biomasy do produkcji energii elektrycznej i cieplnej z wykorzystaniem technologii zgazowania. Instalacja będzie zlokalizowana w niewielkiej odległości od występowania zasobów odpadów drzewnych dla zredukowania kosztów transportu, oraz w miejscu gdzie możliwe jest lokalne zużycie produkowanej energii. Pozwoli to uniknąć strat przesyłowych i obniżyć koszty energii związane z jej przesyłem. Wartością dodaną będzie stworzenie rynku zbytu dla lokalnych przedsiębiorców zajmujących się usługami leśnymi, co przyczyni się do wzrostu lokalnej koniunktury. Środki finansowe wydawane obecnie przez firmy z obszaru przemysłowego Zaśław na zakup energii w znacznej części będą pozostawały w regionie.

Za wyborem technologii stosowanej w Güssing przemawiają następujące argumenty:

- jest to technologia sprawdzona, zastosowana w kilku pracujących instalacjach;
- cały czas prowadzone są prace rozwojowe nad wykorzystaniem innych substratów np. osadów ściekowych;
- jest to technologia, która umożliwia wykorzystanie odpadów drzewnych o dużej zawartości wilgoci (nie jest wymagane suszenie wsadu);
- produkowany gaz może być wykorzystany do produkcji energii elektrycznej i cieplnej, a po rozbudowie o specjalistyczne instalacje do syntezy chemicznej lub może być zatłaczany do sieci gazowej;
- paliwa gazowe są korzystne z powodu wysokiej sprawności silników gazowych i turbin gazowych w porównaniu do konwencjonalnego cyklu parowego

Rola Politechniki Rzeszowskiej w realizacji projektu byłaby znacząca i polegałaby na:

- nadzorze naukowym nad projektowaniem instalacji;
- udziale w pracach rozruchowych;
- optymalizacji procesów w całym cyklu produkcyjnym;
- prowadzeniu badań doświadczeń w zakresie stosowania do procesu zgazowania substratów i odpadów występujących w naszym regionie.

Literatura

- [1] Wojewódzki Program Rozwoju Odnawialnych Źródeł Energii dla Województwa Podkarpackiego – projekt Case - Doradcy Sp. z.o.o.
- [2] Kryńska M., Sosnowska M.: Zgazowywanie biomasy odpadowej jako źródło energii.
- [3] Held J.: Status and Technology. Swedish Gas Centre Gasification. Rapport SGC 240. June 2012.
- [4] Hofbauer H., Rauch R., Bosh K., Koch R., Aicherning Ch.: Biomass CGP Plant Güssing – A success Story. 2001.
- [5] Rauch R.: Advanced biofuels by gasification – Status of R&D work in Güssing. Working Group Future Energy Technology. 2011.
- [6] Obernberger I., Thek G.: Combustion and Gasification of Biomass Solid for Heat and Power Production in Europe – State -of-The-Art and Relevant Future Developments. Pro. of the 8th European Conference on Industrial Furnaces and Boilers, April 2008, Vilamoura, Portugal

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF INDUSTRIAL BUILDING SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF ELECTRICITY AND HEAT ON THE BASIS OF WOOD WASTE GASIFICATION

Summary

The paper concerns with analysis of the possibility of building installation for wood waste gasification as a source of clean power and heat produced in association. Biomass gasification, not only wooden biomass but also dump waste or biological waste of technological food processing, is the process which permits to produce the gas consisting of high contents of the methane, hydrogen and oxide carbon. The gas may be used in electric aggregate with additional ORC process or, after appropriate processing, may be pushed into the gas installation. Surroundings of the Zagórz is the terrain which is rich in wood resources, what was analysed in the paper. Based on results of the analyses, with initiative of Marian Hniłka in Zakład Usług Technicznych Sp. z.o.o subjected the Gmina Zagórz, the preliminary foredesign for building the gasification installation supplied by waste wood was worked out. The article incorporates the knowledge about main processes involved in waste wood gasification and product gas cleaning. Description of chosen gasification installation which was implemented with success is also presented in the article. This installation is the plant in Güssing in Austria. The choice of this installation as possible to be built in the Zasław industry zone near Zagórz was preceded with thoroughly analyse of the installations implemented in Europe so far. The article is part of the establishing of collaboration between Zakład Usług Technicznych and Gmina Zagórz that conceives the idea of installation and Faculty of Electrical and Computer Engineering in Rzeszow University of Technology.

Keywords: wood biomass, renewable energy source, fixed bed gasifier, fluidized bed gasifier

DOI: 10.7862/re.2015.8

Tekst złożono w redakcji: luty 2015

Przyjęto do druku: kwiecień 2015