

Zaawansowane Technologie Termicznej Utylizacji odpadów

- Obecny Stan Wiedzy -

Frans Lamers, Robert van Kessel

Streszczenie

W artykule przedstawiony zostanie obecny stan wiedzy dotyczącej zaawansowanych technologii termicznego przetwarzania odpadów. Obecnie rząd kraju i inwestorzy są żywotnie zainteresowani wdrożeniem przyjaznych dla środowiska rozwiązań będących alternatywą dla spalania odpadów ("Spalanie Biomasy"). W artykule zawarta jest próba zestawienia informacji niezbędnych do porównania wydajności odmiennych rozwiązań w tym zakresie, tym samym opisano więc status kilku opracowanych już technologii. W przeszłości wypróbowano wiele zaawansowanych metod termicznej utylizacji odpadów, jednak wskutek ich wysokich kosztów operacyjnych i niskiego poziomu niezawodności, metody te nie doczekały się powszechnej komercjalizacji. Obecnie kilka z Zaawansowanych Technologii Utylizacji Termicznej jest w fazie opracowywania, należy więc spodziewać się także ich fazy wdrożenia oraz zbierania doświadczeń z ich użytkowania.

Ogólne Wprowadzenie w Specyfikę Zagadnienia

Zaawansowane technologie służące przetwarzaniu odpadów, takie jak: piroliza, zgazowanie i przetwarzanie plazmowe przyciągają znaczną uwagę z następujących powodów:

- istnieje wspierana przez rząd państwa dążność do zwiększenia wydajności energetycznej systemów termicznego przetwarzania odpadów przy jednoczesnym zmniejszeniu generowanego przez nie śladu węglowego.
- społeczna niechęć wobec planów budowy konwencjonalnych instalacji pozyskiwania Energii ze Śmieci - „Spalania Biomasy” prowadzi do preferowania "czystszych" alternatyw.

Zaawansowane technologie termiczne są coraz liczniej przedstawiane inwestorom i lokalnym samorządom jako osiągalne i czystsze alternatywy dla konwencjonalnych technologii pozyskiwania Energii ze Śmieci. Czasami brak jest jednakże pewności czy składanym zapewnieniom uda się sprostać.

Aby upewnić się, że wybór technologii termicznej utylizacji odpadów zostanie dokonany w obiektywny sposób, niezbędne jest posiadanie całkowitych informacji - bilansu energetycznego każdej z tych technologii oraz zestawienia rodzajów ryzyka operacyjnego. Pomoże to w ewaluacji technicznych i finansowych możliwości - biorąc także pod uwagę ewentualność pozyskania subsydiów z tytułu wdrożenia zaawansowanych metod przetwarzania termicznego.

We współpracy z International Solid Waste Association (Międzynarodowe Stowarzyszenie ds. Odpadów Stałych) stworzono wskazujące zestawienie zaawansowanych technologii przetwarzania termicznego, jak również zależności pomiędzy ich odmiennymi typami. W celu pozyskania informacji dotyczących każdej z tych technologii opracowano osobny kwestionariusz. Jeśli informacje dotyczące wymaganej technologii zostaną rzeczywiście

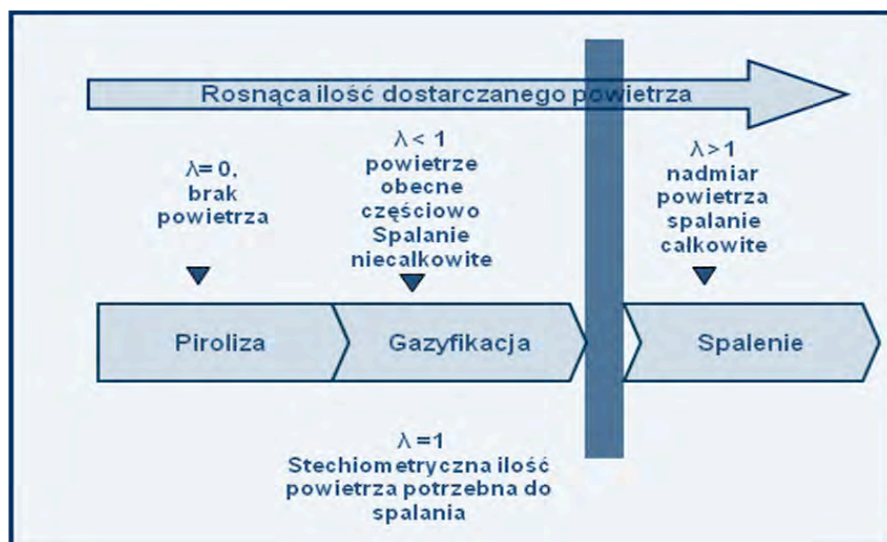
przekazane, umożliwi to porównanie kilku technologii w obiektywny sposób, a zatem ograniczając prawdopodobne ryzyko związane z wdrożeniem projektu.

Technologie Termicznego Przetwarzania odpadów - wprowadzenie

Zależność pomiędzy pirolizą, zgazowaniem i spalaniem

Aby zrozumieć istniejącą zależność pomiędzy spalaniem a pirolizą / zgazowaniem, podstawowe parametry, jak również podstawowe wyniki szeroko pojmowanego procesu obróbki termicznej odpadów, są poddawane analizie i w rezultacie kategoryzacji. Główne parametry procesu termicznej obróbki śmieci to: nadmiar tlenu (prowadzący do uzyskania produktu ostatecznego CO₂ i wody lub do produktów pośrednich) i temperatura podczas procesu.

Ogólnie rzecz biorąc – zgodnie z rys.1 – wartość nadmiaru tlenu λ determinuje czy dany proces jest pirolizą, zgazowaniem czy spalaniem.



Rysunek 1 – związek między wartością nadmiaru powietrza (tlenu) a spalaniem

Podczas pirolizy lub zgazowania formowane są produkty pośrednie procesu jak gaz lub węgiel, które nie ulegają spalaniu, a które mogą być spalone w dalszej kolejności, czyniąc z pirolizy i zgazowania procesy wielostopniowe (w opozycji do jednostopniowego spalania). Po spalaniu produktów pośrednich (a więc w momencie całkowitego utlenienia i przekształcenia w CO₂ i wodę wszystkich cząsteczek węgla i węglowodoru) rezultat końcowy jest tożsamy z rezultatem końcowym spalania bezpośredniego.

Podczas jednostopniowego procesu spalania cząsteczki wody zaczynają wysychać, następnie rozpoczyna się faza pirolizy, odpady są gazyfikowane i – po dopuszczeniu powietrza (pierwotnego i wtórnego) – pomiędzy komorą spalania a pierwszym przejściem przez kocioł zachodzi reakcja całkowitego spalania.

Rozkład temperatur podczas tych trzech procesów jest odmienny. Piroliza jest procesem czysto endotermicznym. Aby zaszła reakcja pirolizy (beztlenowego rozkładu termicznego) niezbędne jest doprowadzenie ciepła. Zakres temperatur to 300° - 850°C.

Z drugiej strony zgazowanie w swej końcowej fazie prowadzi do powstania reakcji egzotermicznych. Dodawany jest tlen w ilości tuż poniżej wartości stechiometrycznej tak, aby możliwe było zajście reakcji utleniania (egzotermicznej). Temperatura w ognisku procesu gazyfikacyjnego może znajdować się w przedziale od 600 do 900°C.

Podczas spalania ma miejsce całkowite utlenianie się – proces ten będzie wysoce egzotermiczny. Temperatury spalania u czoła procesu będą wyższe niż 950 – 1000°C.

Innym charakterystycznym procesem obróbki jest tak zwany proces plazmowy.

Proces Plazmowego Zgazowania jest technologią obróbki odpadów wykorzystującą energię elektryczną i wysokie temperatury (> 2,000°C) generowane przez plazmotron łukowy. Łuk elektryczny rozbija organiczne cząsteczki paliwa (odpadów) na gazy elementarne. Największa wydajność procesu plazmowania osiągnana jest zarówno w trybie pirolizy jak i w trybie czystego zgazowania tlenem.

Ogólny status procesów obróbki termicznej

Procesy polegające na spalaniu odpadów znajdują się w użyciu od 100 lat i mogą być uważane za technologię sprawdzoną, podczas gdy piroliza i zgazowanie odpadów muszą być postrzegane jako technologie w fazie rozwoju (choć niektóre z tych procesów są w fazie przedłużanej demonstracji).

Biorąc pod uwagę aspekt zanieczyszczenia środowiska w wyniku stosowania procesów spalania starszej generacji (prowadzących na przykład do generowania dioksyn), społeczna akceptacja procesu spalania odpadów („Spalanie biomasy”) jest niska, nawet pomimo faktu, że wspomniane wady tego procesu zostały dość dawno rozwiązane, a nowoczesne procesy spalania mogą być nawet uważane za czyste i wydajne energetycznie. Spowodowało to, iż wdrożenie zaawansowanych technologii termicznych opartych na pirolizie lub zgazowaniu zaczęło być poważnie brane pod uwagę.

Dostawcy instalacji opartych na tych procesach wymieniają następujące zalety pirolizy i zgazowania w opozycji do spalania:

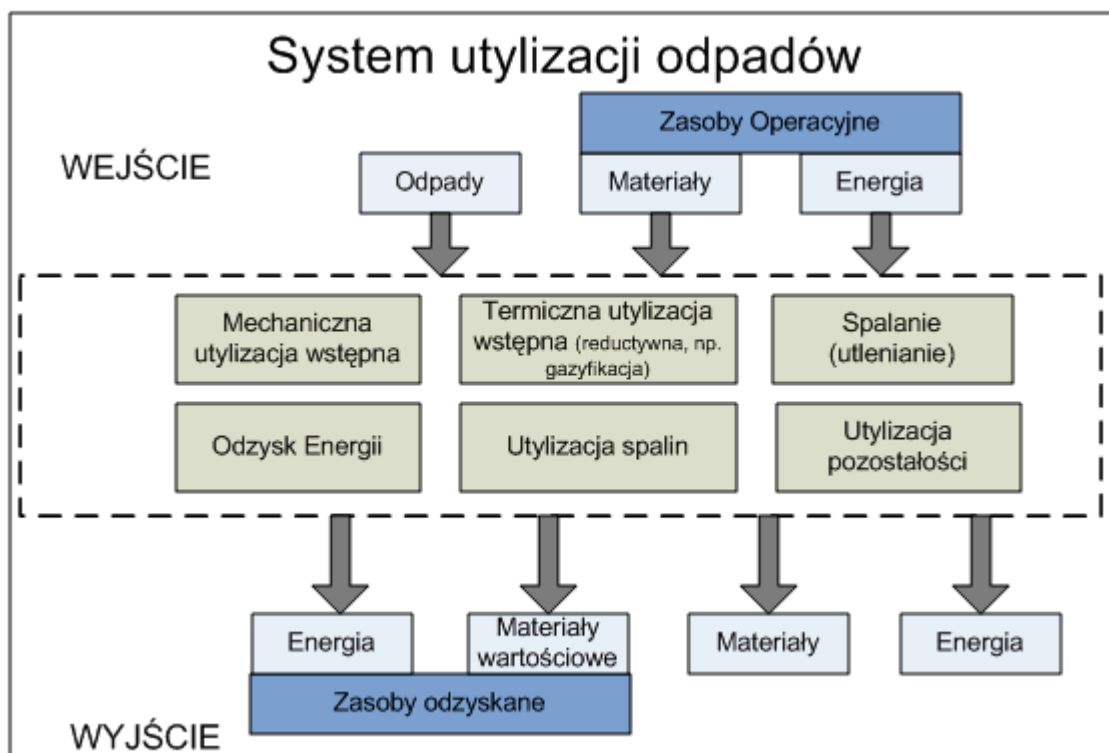
- piroliza i zgazowanie odpadów i Biomasy potencjalnie oferuje możliwość otrzymania gazu syntezowego, który może znaleźć różnorakie zastosowanie, takie jak wydajne wytwarzanie ciepła i energii, produkcja wodoru, produkcja syntetycznego gazu naturalnego (SNG), produkcja chemikaliów – metanolu lub eteru dimetylowego (DME) oraz produkcja biopaliwa transportowego (BtL) w wyniku syntezy Fischera-Tropscha (F-T).
- po zgromadzeniu i oczyszczeniu gaz syntezowy może być spalany w silniku / turbinie gazowej. Z tego powodu, wydajność energii elektrycznej netto może być wyższa w

porównaniu do wydajności turbin parowych zainstalowanych w spalarniach odpadów, prowadząc do pracy o neutralnym bilansie węglowym.

- procesy zgazowania i pirolizy są bardziej odpowiednie dla instalacji o mniejszych rozmiarach
- wolumetryczna wartość przepływu gazów spalinowych po zajściu pirolizy / zgazowania pozostaje na mniejszym poziomie
- z powodu niższej prędkości gazów spalinowych ilość popiołów lotnych jest niższa
- możliwe jest zmniejszenie liczby metod oczyszczania gazów spalinowych (po spalaniu oczyszczanego gazu syntezowego).
- Co więcej - instalacje wyposażone w wysokotemperaturowe lub plazmowe piece topiące dokonują utylizacji odpadów w sposób bezreszkowy.

Porównanie technologii

Ocenę technologii oraz ich porównanie należy przeprowadzać według tej samej metodologii, aby zapewnić porównanie ich odpowiadających sobie aspektów. Należy zatem wziąć pod uwagę całość konkretnego systemu utylizacji odpadów. Na rysunku 2 przedstawiono zestawienie wszystkich aspektów systemu utylizacji odpadów, które należy wziąć pod uwagę podczas przeprowadzania jego oceny.



Rysunek 2 Zestawienie operacji, materiałów i przepływów energii systemu w ramach technologii termicznej obróbki odpadów¹

Generalnie rzecz biorąc, każdy system termicznej obróbki odpadów składa się z etapu mechanicznej obróbki wstępnej, termicznej obróbki wstępnej (generowanie produktów pośrednich), spalania ostatecznego, odzysku energii, obróbki gazu spalinowego i utylizacji pozostałości procesu. Elementy wejściowe procesu stanowią odpady, przepływy energii i innych materiałów, natomiast produktem wyjściowym są materiały odzyskiwalne (wartościowe) i energia oraz materiały nieodzyskiwalne i energia. Jeśli dane systemy zostały opisane w podany sposób, możliwe jest porównanie ich wydajności.

W wyjątkowej sytuacji wytworzenia paliw, które nie są spalane w systemie utylizacji odpadów, proces ostatecznego spalania nie zachodzi, a więc paliwa te należy zaliczyć do zasobów odzyskiwalnych.

Aby móc przeprowadzić porównanie zaawansowanej technologii konwersji odpadów w odniesieniu do technologii alternatywnych, każdą z tych technologii należy zdiagnozować pod kątem poniższych zagadnień:

- Przydatność do określonego celu
 - Wymogi w odniesieniu do surowca wsadowego w porównaniu do jego spodziewanej jakości
 - Bilans masy i energii (całkowity, łącznie z użytkowaniem wewnętrznym), włączając w to
 - o Wartości emisji w porównaniu do wymogów Zezwoleń
 - Skala działania pojedynczego systemu
- Wydajność działania (spodziewana czy udowodniona?)
 - Wiarygodność oszacowania działania (oczekiwana dyspozycyjność systemu)
 - Wymagania serwisowe
- Instalacje porównawcze
 - Ile instalacji porównawczych istnieje i czy można je zwiedzić
 - Dokumentacja dotychczasowej pracy instalacji porównawczej
 - Zakres operacyjny instalacji porównawczej
- Oszacowanie ekonomiczne
 - Spodziewane koszty kapitałowe
 - Spodziewane koszty działania
 - Spodziewane koszty serwisowania
 - Przepustowość w tonach rocznie
 - Spodziewany przychód:
 - o uzysk energii
 - o przychód z recyklingu (przepływ metali)
 - o wymagane opłaty składowiskowe

¹ Z: Biała księga powstających technologii termicznej utylizacji odpadów. ISWA Working Group on Energy Recovery (publikacja - jesień 2011)

Aspekty ekonomiczne w wielu przypadkach będą informacjami o statusie uprzywilejowanym. W kolejnych częściach artykułu przedstawione zostaną doświadczenia zebrane z obserwacji istniejących zaawansowanych technik obróbki odpadów.

Technologia pirolizy

Piroliza polega na termicznej konwersji odpadów bez jakiegokolwiek udziału tlenu. Zachodzi we względnie niskiej temperaturze (450 - 800°C) i jest procesem o charakterze endotermicznym.

Produktem wyjściowym reaktora w którym zachodzi piroliza jest rodzaj gazu syntezowego o wysokiej wartości grzewczej, oleje pirolityczne i pozostałości w formie ciał stałych składające się z popiołów nieorganicznych i smoły (węgla). Im mniej materiałów nieorganicznych zawierają odpady, tym łatwiej spożytkować węgiel pirolityczny. Gaz i olej pirolityczny mogą potencjalnie służyć jako paliwo silnikowe.

Jeśli chodzi o wykorzystanie węgla pirolitycznego – piroliza stanowi albo fazę obróbki wstępnej przed dalszym zgazowaniem / spalaniem albo powinna być aplikowana do obróbki biomasy o bardzo niskiej zawartości popiołów, aby możliwe było wyprodukowanie czystego i jednolitego produktu.

Procesy pirolizy odpadów stałych są na przykład wykorzystywane przez poniższych dostawców:

GEM (elektrownia Scarborough)

Compact Power (Avonmouth)

Thermoselect

PKA

W kilku krajach piroliza gleby zanieczyszczonej organicznie przeprowadzana w piecach obrotowych prezentuje najnowszy stan wiedzy.

Projekty przedsiębiorstwa Compact Power trapione są przez znaczne opóźnienia i nie osiągnęły nawet jeszcze swojej fazy rozruchowej, planowanej rok, dwa lata wcześniej. Firma Compact Power sprzedała ostatnio własne akcje.

Skala przerobu istniejącego w Avonmouth zakładu obliczana jest na 7 tysięcy ton rocznie.

Jako kolejne inwestycje planowane są instalacje w Avonmouth - o mocy przerobowej 28 tys. ton (4 linie) oraz we Wrexham (Walia), o mocy 60 tys. ton rocznie.

Europejskie instalacje koncernu Thermoselect zawiodły i nie zostały wdrożone do produkcji. W Japonii istniejące zakłady tego typu dostarczają swój gaz bezpośrednio do przemysłu stalowego w kraju. Koszty operacyjne nie są ujawniane, lecz są wysokie.

W roku 1990 w Fürth, koncern Siemens zbudował koncepcyjną instalację, porównywalną do instalacji Compact Power (proces Schwel-Brenn Siemens), którą należy uznać jednak za niepowodzenie. W rezultacie Siemens zaprzestał prowadzenia badań nad rozwojem instalacji pirolitycznych.

Technologie zgazowania

Zgazowanie polega na termicznej konwersji odpadów przy udziale tlenu w ilości poniżej wartości stechiometrycznej. Zachodzi w średnim zakresie temperatur (600 – 900°C) i prowadzi w swej ostatniej fazie do reakcji egzotermicznych.

Produktami wyjściowymi zgazowania są gaz syntezowy (syngaz) o względnie niskiej kaloryczności oraz pozostałości nieorganiczne w formie ciała stałego. W przypadku przeprowadzania zgazowania w obecności czystego tlenu, otrzymywany syngaz ma większą kaloryczność. Syngaz może następnie być używany jako paliwo, zarówno w komorze spalania z następującym po niej kotłem parowym lub w systemach konwersji o większej wydajności, takich jak silniki zasilane gazem i turbiny gazowe bezpośrednio generujące energię elektryczną. Przy niskiej temperaturze procesu zgazowania (poniżej 900°C), produkowane syngazy zawierają także cząsteczki węgla – stanowią więc potencjalne zagrożenie zanieczyszczenia orurowania, silnika gazowego, itp.

Zgazowanie / spalanie dwustopniowe

Wobec istnienia ryzyka zanieczyszczenia orurowań i odcinków przesyłowych, opracowano pewną liczbę rozwiązań procesu zgazowania polegających na bezpośrednim spalaniu gazu syntezowego we wtórnej komorze spalania, nawet bez dalszego jego oczyszczania. Inne rozwiązania polegają na oczyszczeniu syngazu przed dalszą obróbką w kotle przy wysokich parametrach pary.

Ta dwustopniowa technika zgazowywania jest obecnie wykorzystywana przez dużą liczbą dostawców, włączając w nich:

Energos
Waste2Energy (technologia BOS_{TM})
Biomass Power Ltd (szczególnie przy spalaniu biomasy)
EPI (Energy products of Idaho)
INC AS
TPS
Novera

Technologia ta nazywana jest zgazowaniem z powodu przeprowadzania procesu w specjalnej komorze zgazowującej, w której monitoruje się ilość i jakość wytwarzanego gazu. Tego typu systemy oficjalnie określane są mianem systemów zgazowujących, lecz równie dobrze mogłyby być nazwane systemami spalania dwustopniowego.

Proces zgazowania ze spalaniem wtórnym jest w tym momencie jedynym typem zgazowania, który został oficjalnie zademonstrowany i wdrożony do działania w warunkach europejskich.

Firma Energos jest liderem rynku w tym sektorze będąc właścicielem 7 działających instalacji i zawartym kontraktem na budowę kolejnej instalacji w hrabstwie Derby. Firma Waste2Energy ze swoją technologią BOS_{TM} nadrabia straty do lidera rynku projektem o komercyjnym zasięgu zlokalizowanym w Dargavel w Szkocji oraz zawartym kontraktem na dostarczenie 6 kolejnych instalacji dla koncernu SITA działającego w Zjednoczonym Królestwie.

Na tę chwilę działalność firmy Energos na należącej do Zjednoczonego Królestwa Wyspie Wight jest dłuższa niż rok. Brak jest jednak w tym momencie danych dotyczących dyspozycyjności systemu. Dane pochodzące z innych zakładów firmy sugerują, iż roczna dyspozycyjność systemu może kształtować się na poziomie 7500 godzin, co jest wynikiem niższym od zwykłych systemów pracujących na zasadzie Energia ze Śmieci. Co więcej – jeśli instalacja zakłada produkcję energii, wydajność elektryczna takiej instalacji jest niższa od konwencjonalnej instalacji rusztowej systemu EzŚ (10-20% zamiast 22-28%), co może być częściowo przypisane mniejszej skali działania zakładów zgazowujących (5 t/hr w porównaniu do przeciętnych >15 t/hr).

Aby móc osiągnąć pożądaną wydajność w instalacjach firmy Energos, odpady muszą być poddane obróbce wstępnej przed procesem ich zgazowania.

Instalacje zgazowujące oparte o technologię cBOS_{TM} zlokalizowane w Dargavel w Szkocji działają od sierpnia 2009 roku, lecz wciąż jest to zbyt krótki okres, aby pozwalał na pełną ewaluację wydajności systemu. Systemy oparte o technologię cBOS_{TM} są bardzo prostymi instalacjami o periodycznym działaniu. Odpady są ręcznie umieszczane (i usuwane) w 4 równoległych komorach zgazowujących, które zasilają jedną komorę spalania.

Wybór niewłaściwej konstrukcji kotła i wysokie temperatury gazów spalinowych (1100°C), w przeciągu miesięcy od rozruchu systemu doprowadziły do usterki kotła. Niedawno zainstalowano nowe kotły o odpowiednich parametrach konstrukcyjnych, co umożliwi ponowne gromadzenie obserwacji z ich funkcjonowania.

Koszty inwestycyjne w odniesieniu do technologii cBOS_{TM} będą niższe, lecz koszty operacyjne (ilość potrzebnego personelu) z kolei wyższe niż w przypadku bardziej zaawansowanych instalacji zgazowująco – spalających montowanych przez firmę Energos. Co więcej - o wiele trudniejsze będzie osiągnięcie stabilnej produkcji pary.

Zazwyczaj takie zakłady zgazowujące są mniejszych rozmiarów niż standardowe spalarnie odpadów. Przepustowość linii instalacji Energos kształtuje się na poziomie 38-45 tys. ton rocznie. Linie technologii cBOS_{TM} mają przepustowość rzędu 20 tys. ton na linię rocznie, przy założeniu dyspozycyjności systemu na poziomie 92%.

Firma Waste2Energy odniosła sukces jeśli chodzi o marketing swojego rozwiązania – niedawno sfinalizowali kontrakt na budowę 6 kolejnych instalacji opartych o technologię cBOS dla koncernu SITA w Zjednoczonym Królestwie. Podpisanie kilku kolejnych kontraktów jest w planach.

Instalacje zgazowujące Energos i oparte o technologię cBOS są wyposażone w suche lub półsuche systemy oczyszczania gazów spalinowych. Zastosowanie reakcji DeNO_x nie uznano za konieczne. Wymagania WID są łatwo osiągalne.

W Zjednoczonym Królestwie firma Novera jest dostawcą technologii wykorzystanej w projekcie ELSEF (Zakład Produkcji Energii Zrównoważonej dla Londynu Wschodniego). Budowa fabryki mającej powstać w ramach tego projektu jest ciągle w fazie pozyskiwania odpowiednich licencji. Oryginalny dostawca

(Novera) w 2007 roku wycofał się z Defra New Technology Demonstrator Program (Program Demonstrowania Nowych Technologii Defra) z powodu znacznych opóźnień w procesie planistycznym i sprzedał niedawno własne akcje firmie Bio-Essence.

Konstruowany w ramach projektu ELSEF system zakłada budowę instalacji opartej o komory pierwotnego zgazowywania, następnie oczyszczania gazu i dalszym spalaniu w zespole kotła / turbiny parowej, co upodabnia ten proces do procesu zgazowywania - spalania. W instalacjach przyszłego typu przewidywane jest opracowanie skuteczniejszych i wyższej jakości zastosowań dla pozyskiwanego syngazu. W oparciu o dokumentację planistyczną, fabryka ELSEF miałyby osiągnąć następujące wskaźniki wydajnościowe:

- konieczny etap wstępnej obróbki odpadów
- odpady wsadowe: RDF o przeciętnej wartości opałowej CV wynoszącej 17 MJ/kg
- całkowita przepustowość 90 tys ton rocznie (12 ton na godzinę)
- energia wyjściowa: 8 – 12 MW (Defra: 8-10; Novera – 12)
- wydajność elektryczna (dla zgazowywania – spalania) 14-21%

Porównywalne procesy zgazowywania odpadów w zakładach w całej Europie (np. TPS w Greve) borykały się z poważnymi komplikacjami i w konsekwencji działanie takich zakładów zostało zawieszona w latach dziewięćdziesiątych.

Zgazowywanie wysokotemperaturowe

Zgazowywanie wysokotemperaturowe zazwyczaj prowadzi do pozyskania syngazu o mniejszej wartości kalorycznej (CV), lecz zarazem o mniejszej zawartości smoły. Ryzyko zanieczyszczenia orurowania i przestoju turbin gazowych jest zatem niższe niż w przypadku zgazowywania przy średnich temperaturach. Jednakże ryzyko rozwinięcia korozji w komorze zgazowującej jest znacząco wyższe. Zjawisko to jest główną przeszkodą w procesie powszechnienia zgazowywania tego typu. Popioły powstałe w wyniku zgazowywania tego rodzaju ulegają zeszkliwieniu i z tego powodu wykazują bardzo niską zdolność do ługowania, co czyni z nich lepszą substancję do utylizacji. Z powodu występowania reakcji zeszkliwienia, zużycie energii podczas procesu jest znaczne, a więc wartość netto produkowanej energii jest względnie niska.

Główni dostawcy wykorzystujący tę technologię zlokalizowani są w Japonii.

Firma KBI działająca w Niemczech stosuje proces wysokotemperaturowego zgazowywania (nazywanego także technologią HTCW), przy osiągniętych temperaturach procesu do 2000 stopni. Nie ma konieczności wstępnej obróbki odpadów, jednak posiadanie przez nie minimalnej wartości kalorycznej (CV) na poziomie 12 MJ/kg jest niezbędne do funkcjonowania procesu. Oznacza to, iż proces ten jest nieodpowiedni do obróbki nieprzetworzonych odpadów stałych, które posiadają CV na poziomie 8.5-10. Proces jest porównywalny z reakcjami zachodzącymi w konwencjonalnych procesach wielkopieczowych. Jakość czerpanego z procesu przetwarzania odpadów doświadczenia nie pozwala na zakwalifikowanie tego procesu jako technologii sprawdzonej, jednakże doświadczenia z obserwacji procesów

wielkopieczowych mogą zapewnić płynniejsze wejście nowej technologii, niżby miało to miejsce w przypadku wprowadzania technologii zupełnie nowej.

Dostawcami tej technologii są między innymi:

KBI

Nippon Steel

Ebara

Ogólnie rzecz biorąc także procesy stosowane przez Nippo Steel oraz Ebara są oparte o piece żeliwne.

Wysokotemperaturowa obróbka plazmowa

Proces Plazmowego Zgazowania jest technologią obróbki odpadów wykorzystującą energię elektryczną i wysokie temperatury ($> 2,000^{\circ}\text{C}$) generowane przez plazmotron łukowy. Łuk elektryczny rozbija organiczne cząsteczki paliwa (odpadów) na gazy elementarne. Największa wydajność procesu plazmowania osiągnięta jest zarówno w trybie pirolizy jak i w trybie czystego zgazowania tlenem.

Zarówno podczas pirolizy oraz zgazowywania miejskich odpadów stałych, często używa się wtórnej obróbki termicznej (plazmowanie / zeszkliwienie / zgazowywanie w wysokiej temperaturze) w celu rozkładu strumienia pozostałości stałych i oczyszczenia syngazu z jakichkolwiek cząsteczek węgla i innych organicznych zanieczyszczeń. W ten sposób wytwarzane są gazy wolne od nieczystości organicznych, i które nadają się do wykorzystania w turbinach lub silnikach gazowych. Co więcej – powstające popioły są całkowicie zeszkłone, co oznacza ich mniejszą podatność na ługowanie, a więc zwiększenie stopnia przyjazności dla środowiska.

Jeśli zjawisko plazmy wykorzystywane jest do całkowitego podgrzania i przetworzenia odpadów – proces ten może potencjalnie być bardzo wydajny energetycznie. Ostatnie badania technologii plazmowej pozwoliły na opracowanie procesu, podczas którego odpady będą najpierw ogrzewane w instalacji zgazowującej (np. zgazowanie złoża płynnego), a następnie wyprodukowane syngazy przekształcane i oczyszczane przy pomocy plazmy objętościowej w drugim członie reaktora plazmowego. W ten sposób objętość potrzebnej plazmy może zostać odpowiednio zmniejszona przyczyniając się do osiągnięcia lepszej wydajności energetycznej. Gazy syntezowe otrzymane w wyniku obróbki plazmowej są całkowicie wolne od smoły i mogą być – po ich oczyszczeniu – przekształcone w silniku gazowym lub turbinie gazowej.

Firmy dostarczające na rynek technologię plazmowego zgazowywania odpadów to:

Alter NRG/Westinghouse (Proces Zgazowywania Plazmowego)

Integrated Environmental Technologies, InEnTec (Stapiarka Wzbogacona Plazmą, PEM)

Plasco Energy Group (Zgazowywanie łukiem Plazmowym)
ScanArc Plasma Technologies (PyroArc)
Advanced Plasma Power (APP)
Solena
Geoplasma
InenTec
ZeGen

Ważnymi kwestiami dla przetwarzania odpadów z wykorzystaniem zgazowywania wzbogaconego plazmą są dodatkowe zużycie energii potrzebnej na obróbkę plazmową (energia elektryczna do wytworzenia plazmy i ewentualnie do produkcji tlenu) oraz pytanie, czy wstępna obróbka odpadów jest konieczna (oddziaływanie na koszty finalne i uzysk energii).

Instalacja firmy Alter NRG należącej do Westinghouse jest przykładem systemu wykorzystującego plazmę do całkowitego podgrzania odpadów. Jedynymi działającymi na skalę komercyjną instalacjami zgazowującymi wykorzystującymi plazmę są instalacje Alter NRG. Ilość energii zużywanej przez te instalacje jest wysoka. Dwie obecne w Japonii instalacje zostały zbudowane przez Alter NRG, jedna o przepustowości 1,25 ton/godz., druga – o 15,5 tony na godzinę automatycznie rozdrobnionych odpadów. Całkowita ilość netto wyprodukowanej energii to 4.3 MW, co stanowi wartość niską w porównaniu do konwencjonalnych spalarni EzŚ (EfW).

W chwili obecnej w Stanach Zjednoczonych i w Europie odnotowuje się duże zainteresowanie systemami dwustopniowymi zgazowywanie - plazma. Firma Plasco jest bliska sfinalizowania kontraktów na Florydzie. W Europie firma Advanced Plasma Power zakończyła negocjacje kontraktu na budowę instalacji do eksploatacji wysypisk odpadów i zgazowywania odpadów w Belgii. Zgodnie z warunkami kontraktu zbudowanych zostanie sześć instalacji.

Wydajność Zgazowywania i Pirolizy w porównaniu do spalania

Na kolejnej stronie w formie tabeli przedstawiono zestawienie znanych zaawansowanych technologii termicznego przetwarzania odpadów.

W porównaniu do procesu spalania, zasięg funkcjonowania komercyjnego procesów zgazowywania i pirolizy jest znacząco mniejszy. Dla procesów tych normę stanowi przepustowość rzędu 1 – 5 ton, podczas gdy dla procesów spalania wartość ta aktualnie rozpoczyna się od około 10 ton na godzinę, stając się atrakcyjna ekonomicznie przy skali około 20-25 ton na godzinę. Operujące na mniejszą skalę zakłady wykorzystujące procesy zgazowywania i pirolizy mogą stać się interesujące dla lokalnego zaopatrywania w łączną energię elektryczną i ciepłą.

Dla pozyskania łącznej Energii Ciepłej i Elektrycznej głównie procesy oparte na zgazowywaniu / spalaniu wykazują się wystarczającym doświadczeniem operacyjnym, aby stać się prawdziwą alternatywą dla procesów konwencjonalnego spalania.

Znaczącą różnicą pomiędzy procesami polegającymi na spalaniu, a procesami zgazowywania i pirolizy stanowi fakt, iż te ostatnie dwa procesy często bazują na odpadach poddanych wstępnej obróbce i posiadających wyższą wartość CV niż standardowe odpady miejskie. Interesującym wyjściem mogłaby zatem okazać się kombinacja procesów zgazowywania i pirolizy oraz istniejących mechaniczno – biologicznych zakładów uzdatniania odpadów. Jednakże także w nich możliwe są procesy polegające na spalaniu odpadów i mogą być one uznane za bardziej sprawdzone, niż choćby najbardziej zaawansowane techniki termiczne.

Tabela 1: Oszacowanie wydajności zaawansowanych technologii termicznej obróbki odpadów

	Piroliza	Technologie zgazowywania			Plazma
		Zgazowanie - spalanie	Zgazowanie średniotempe- -raturowe	Zgazowanie wysokotempe- -raturowe	
Technologia sprawdzona	0 / -	+ / 0	-	0 / -	0 / -;
Niezawodność wysoka	? / - problemy operacyjne Siemens / Thermoselect	+ / 0 (Energos około 80 % dostępności)	? / - zgłoszono problemy z wytrącaniem się smoły	? / - Brak danych dotyczących wydajności operac. instalacji japońskich	? / - brak danych dotyczących wydajności operac. instalacji japońskich
Doświadczenie dostawców	-; projekty dotąd nie wdrożone do eksploatacji	0 / -; Energos doświadczeni, Waste2Energy zaczynają	-; Novera wycofała się i sprzedała akcje firmie Bio-essence	-; KBI nie wystarczająco sprawdzeni w praktyce	tylko dwie działające instalacje w Japonii projekty w fazie rozwoju w USA, Belgii
Wydajność Elektryczna	nieznana	Do 20%	Do max. 20%	Do max. 15%	nieznana
Elastyczn. Paliwowa	CV = 10-15 MJ/kg; konieczny etap wstępnej obróbki	konieczny etap wstępnej obróbki; Elastyczność w odniesieniu do	konieczny etap wstępnej obróbki; wysoka wartość	Wysoka wartość CV > 12 MJ/kg konieczna	konieczny etap wstępnej obróbki

		CV – porównywalna do spalania	CV>10 konieczna		
Skala	2,5 – 5 ton/godz	2,5 – 5 ton/godz	10-12,5 ton/godz	niejasna	Do 25 ton/godz. Doświadczenie operacyjne 12 ton/godz.
Akceptacja społeczna	Niska/neutralna :	Niska/neutralna :	Niska/neutral- na :	Niska/neutral- na :	Pozytywna

Obecnie wydajność energetyczna technik polegających na spalaniu jest wyższa od procesów zgazowywania i pirolizy. Zmieni się to wyłącznie w chwili, gdy zostaną opracowane i zademonstrowane technologie oczyszczania syngazów z cząstek smoły i innych zanieczyszczeń.

Odległa i niedawna przeszłość pokazuje, iż implementacja procesów zgazowywania i pirolizy jest bardzo trudna. Fundamentalne wyzwania technologicznej rewolucji, którą niosą ze sobą procesy zgazowywania i pirolizy wciąż muszą zostać rozwiązane i zademonstrowane takie rozwiązania, które zaspokoją potrzeby rynku.

Idąc dalej – firmy inwestujące w procesy zgazowywania i pirolizy są często mniej niezależne finansowo, co ogranicza ich możliwości utrzymania się w okresach niezdecydowania i braku decyzji rynkowych podczas faz udoskonalania procesu, koniecznych do ostatecznej implementacji tych technik.

Tak więc dla większych inicjatyw zakładających termiczną obróbkę nieprzetworzonych śmieci, techniki polegające na konwencjonalnym spalaniu pozostają w tym momencie jedynymi sprawdzonymi technologiami. Innowacje opracowywane w zakresie tradycyjnego spalania nawet wyprzedzają innowacje z dziedziny procesów zgazowywania i pirolizy, czysto z powodów większych możliwości prowadzenia prac badawczo – rozwojowych dostawców wykorzystujących instalacje oparte na spalaniu rusztowym.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

WASTE MANAGEMENT, Volume 2

Waste Management, Recycling, Composting, Fermentation,
Mechanical-Biological Treatment, Energy Recovery from Waste,
Sewage Sludge Treatment

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Luciano Pelloni.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2011

ISBN 978-3-935317-69-6

ISBN 978-3-935317-69-6 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2011

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M. Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky, Janin Burbott

Erfassung und Layout: Janin Burbott, Petra Dittmann, Sandra Peters,

Martina Ringgenberg, Ginette Teske

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.