



Synteza paliw II-giej generacji z czegokolwiek

Synthesising second generation fuels from anything

dr inż. Marek PILAWSKI, mgr inż. Bogdan FLISIEWICZ

dr inż. Marek Pilawski –
Inżynier Europejski
05-120 Legionowo,
ul. Leśna 17/13,
tel. +48 502 320 844,
fax +48 22 784 56 53
e-mail: marekpilawski@wp.pl
mgr inż. Bogdan Flisiewicz
66-200 Świebodzin,
Chociule 36D
tel. +48 691 859 909,
fax +68 382 26 40
e-mail: b.flisiewicz@amphtt.com



W KILKU SŁOWACH

Paliwa II-giej generacji są to paliwa, które nie występują samoistnie w Przyrodzie. Syntetyzuje się je z innych prostych związków chemicznych, a w niektórych przypadkach syntetyzuje się je wprost z atomów. Paliwa II-giej generacji są to więc paliwa całkowicie syntetyczne. W praktyce syntezyzowaniu ulegają przede wszystkim paliwa gazowe i paliwa ciekłe. W procesie syntezyzowania paliw ważną sprawą jest dostępność surowców potrzebnych do ich wytwarzania. W omawianym przypadku owymi surowcami są jakiegokolwiek odpady organiczne, z natury rzeczy zbudowane z atomów: węgla (C), wodoru (H) i tlenu (O). Węgiel i wodór są pierwotnymi nośnikami energii, a tlen jest potrzebny do odzyskania energii z tych nośników. Atomy: C, H i O potrzebne do syntezyzowania paliw uzyskuje się w procesie recyklingu molekularnego odpadów organicznych w pierwszym w Polsce Reaktorze Molekularnym Odpadów (RMO) działającym w oparciu o Reaktor Ciekły – Metaliczny (RCM).

ses – directly from atoms. Hence, second generation fuels are fully synthetic. In practice, above all gaseous and liquid fuels are synthesised. An important matter in the fuel synthesising process is the availability of raw materials required for their production. In the discussed case, such raw materials are any organic waste, which is naturally composed of the following atoms : carbon (C), hydrogen (H) and oxygen (O). Carbon and hydrogen are primary energy carriers and oxygen is necessary for recovering energy from those carriers. Atoms: C, H and O are necessary for synthesising fuels are obtained in the molecular recycling process of organic waste in the first Waste Molecular Reactor in Poland, which operates based on a Liquid-Metal Reactor.

1. Wstęp

Surowcami do produkcji paliw drugiej generacji są odpady organiczne, przy czym są to odpady organiczne pochodzenia przemysłowego, a mianowicie : papier, guma, tekstylia, przeterminowane lekarstwa i środki ochrony roślin, plastiki i inne oraz odpady organiczne pochodzenia biologicznego: roślinnego i zwierzęcego. Tego typu odpady podlegają procesowi Recyklingu Molekularnego Odpadów (RMO) w Reaktorze Ciekły – Metalicznym (RCM). W procesie RMO odpady organiczne zostają rozbite na gazowy strumień atomów składowych, z których syntetyzuje się zupełnie inne związki chemiczne niż te, jakie były na wejściu Reaktora.



SUMMARY

Second generation fuels are such fuels that do not occur spontaneously in nature. They are synthesised from simple chemical compounds, and in certain ca-



Podstawy przyrodnicze procesu recyklingu molekularnego odpadów organicznych

W uproszczeniu można przyjąć masowy skład pierwiastkowy odpadów organicznych:

- węgiel (C) : 55%,
- wodór (H) : 6%,
- tlen (O) : 38%,
- inne : 1%.

Podstawy fizykochemiczne procesu recyklingu molekularnego odpadów organicznych

Wszystkie związki chemiczne, w tym związki chemiczne atomów węgla, tlenu i wodoru (węglowodory, węglowodany) charakteryzują się pewną trwałością w określonym przedziale temperatur. Powyżej zakresu temperatur trwałości związku chemicznego ulega on rozpadowi na atomy składowe pierwotne.

Każdy związek chemiczny ma charakterystyczną dla siebie temperaturę rozkładu.

Najtrudniej rozkładalne związki organiczne, jakie znamy w Przyrodzie, rozkładają się w temperaturze ok. 1300 °C. Prowadząc zatem proces unieszkodliwiania odpadów, w tym przypadku zwłaszcza odpadów niebezpiecznych, w temperaturach roboczych w zakresie 1400 – 1500 °C możemy mieć pewność, że istotą przedmiotowej technologii jest fizykochemiczna obróbka strumienia gorących i swobodnych atomów węgla, tlenu i wodoru.

Proces fizykochemiczny, o którym mowa powyżej, jest istotą recyklingu molekularnego odpadów. W wyniku tego procesu jakiegokolwiek odpady przestają istnieć.

Bardzo interesujący z technologicznego punktu widzenia jest skład chemiczny strumienia gorących i swobodnych produktów reakcji. Węgiel atomowy jest pierwotnym podstawowym nośnikiem energii w przyrodzie (niezwiązanym w struktury węglowodorów i węglowodanów). Podobnie wodór atomowy jest pierwotnym podstawowym nośnikiem energii w przyrodzie (niezwiązanym w struktury węglowodorów i węglowodanów). Oczywiście jest, że wodór to przecież ekologiczne i odnawialne paliwo przyszłości ! Tlen atomowy, będący trzecim i ostatnim produktem reakcji, obecny w węglowodanach i wilgoci, jest potrzebny do wykorzystania potencjału energetycznego dwóch pozostałych produktów reakcji – węgla i wodoru.

Podstawy przyrodnicze i podstawy fizykochemiczne procesów unieszkodliwiania wszelkich odpadów, a zwłaszcza odpadów niebezpiecznych, wyznaczają podstawowe parametry technologiczne urządzeń przeznaczonych do recyklingu molekularnego odpadów.

Podstawy technologiczne procesu recyklingu molekularnego odpadów organicznych

Poszukując efektywnych i ekologicznych technologii termicznej transformacji odpadów organicznych do postaci paliw przyjęto założenie, że powinna być to technologia uniwersalna, w której:

- temperatura procesu jest wyższa niż 850 °C po to, aby dogłębnie przeprowadzić proces odgazowania i zgazowania materii organicznej odpadowej (duża grupa odpadów niebezpiecznych i przemysłowych oraz prawie w całości odpady komunalne - poza gruzem, szkłem i metalami),
- temperatura procesu jest wyższa niż 850 °C po to, aby móc przeprowadzić proces zgazowania węgla organicznego w reaktorze molekularnym bez użycia powietrza, natomiast przy użyciu pary wodnej, czyli wytwarzać gaz wodny $\text{CO} + \text{H}_2 + \text{CO}_2$ wzbogacający energetycznie gaz syntezowy,
- temperatura procesu jest wyższa niż 1200 °C po to, aby ostatecznie rozłożyć dioksyny i furany powstające w procesie termicznej obróbki odpadów,
- temperatura procesu jest wyższa niż 1300 °C po to, aby ostatecznie rozłożyć najtrudniej rozkładalne związki węglowodorowe o strukturze cyklicznej,
- temperatura procesu jest niższa niż 1600 °C po to, aby uniemożliwić powstawanie węglika krzemu SiC niszczącego ceramiczną wymurówkę reaktora termicznego.

Podstawy techniczne procesu recyklingu molekularnego odpadów organicznych

Z uwzględnieniem podstaw przyrodniczych warunki fizykochemiczne i technologiczne prowadzenia procesu recyklingu molekularnego odpadów spełnia Reaktor Ciekło – Metaliczny RCM. Reaktor RCM zbudowany jest na bazie typowego pieca indukcyjnego przeznaczonego do wytopu żelaza. Jest więc on urządzeniem ta-





nim. Ze względu na to, że temperatura topnienia żelaza jest równa 1400°C, zakres roboczych temperatur pracy reaktora zawiera się w przedziale 1400 – 1500 °C spełniającym wszystkie powyższe warunki. Przestrzenią roboczą takiego reaktora jest przestrzeń zawarta pomiędzy lustrem ciekłego metalu, a kopułą pieca. Ze względu na duże ciepło właściwe stopionego żelaza oraz ze względu na duży ciężar złoża ciekłometalicznego w przestrzeni roboczej reaktora występuje bardzo duża gęstość mocy ciepłej, niespotykana w reaktorach plazmowych i innych reaktorach cieplnych oraz niespotykany w innych reaktorach cieplnych równomierny rozkład temperatur w całej objętości przestrzeni reakcyjnej.

Reaktor RCM, co zostało potwierdzone doświadczalnie, spełnia warunki prowadzenia procesu molekularnego wszelkich odpadów organicznych.

Podstawy formalne prowadzenia procesu recyklingu molekularnego odpadów organicznych na bazie Reaktorów RCM.

Pierwsze zgłoszenie wynalazku : „Sposób i urządzenie do termicznego i termokatalizacyjnego przekształcania materii, zwłaszcza utylizacji odpadów” do UP RP zostało dokonane w dniu 12.12.1998 r. i zarejestrowane pod numerem : P – 330299 [1].

W dniu 30.11.2004r. na powyższy wynalazek został udzielony patent zarejestrowany w UP RP pod numerem 187669.

Prace prowadzone nad zjawiskiem recyklingu molekularnego odpadów zaowocowały zgłoszeniem patentowym nr P - 330 299 z dnia 23.10.2009 r. "Sposób i urządzenie do recyklingu i przekształcania materii, zwłaszcza odpadów", dokonany przez doktora Marka Pilawskiego, Bogdana Flisiewicza i jego współpracowników z firmy AMP oraz Zbigniewa Pabjana. Zgłoszenie to było efektem połączenia wiedzy z zakresu chemii, fizyki i biologii oraz przeprowadzonych badań przemysłowych dotyczących głównie zachowywania się całej materii organicznej i nieorganicznej w wyższych temperaturach umożliwiających termiczną obróbkę, a w następstwie likwidację odpadów.

Od chwili opatentowania sposobu, opisane w zgłoszeniu patentowym nr P - 330 299, trwało poszukiwanie możliwości technicznej

realizacji sposobu w konkretnym zaprojektowanym i zbudowanym urządzeniu. W ramach rozwoju technologii materiałowych, pojawiła się możliwość budowy takiego urządzenia. W związku z tym została nawiązana współpraca pomiędzy doktorem Markiem Pilawskim, a firmą mającą doświadczenie w zakresie projektowania i budowy nowych konstrukcji z zakresu obróbki cieplnej – AMP Sp. z o.o. z siedzibą w Chociulach k. Świebodzina. Celem współpracy było zaprojektowanie i zbudowanie takiego urządzenia. Dla realizacji tego celu pozyskano dofinansowanie w ramach działań 1.4. i 4.1. Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka. Projekt, którego beneficjentem jest firma „AMP” Sp. z o.o., zatytułowany „Badanie i wdrożenie reaktora ciekłometalicznego” uzyskał dofinansowanie w kwocie 1 307 108,21 zł., w tym na etap badawczy 619 488,21 zł. (45% kosztów prac rozwojowych), a na etap wdrożeniowy 687 620,00 zł. (70% kosztów inwestycyjnych). Projekt jest realizowany od 01.10.2009 roku.

2. Właściwości technologiczne Reaktorów RCM

Reaktory ciekłometaliczne (reaktory RCM), poza potrzebą pierwszego stopienia metalu, wymagają ciągłego doprowadzania energii cieplnej potrzebnej do podtrzymania temperatury procesu i pokrycia strat ciepła. Energia ta czerpana jest zewnętrznego źródła energii oraz z egzotermicznych procesów zgazowania odpadów organicznych w przestrzeni reakcyjnej reaktora RCM.

Wyszczególnienie	cyna		ołów		żelazo	
	1t	1m ³	1t	1m ³	1t	1m ³
od 1200°C kWh do 1650 °C	47,34	345,6	24,91	282,8	190,7	1500
Moc cieplna potrzebna do pokrycia strat ciepła 24 kW/1t żelaza lub /i utrzymania temperatury 1650 0C w reaktorze RCM 160 kW/1m ³						

Tabela 2.1 Ilość energii cieplnej skumulowanej w Reaktorze Ciekło - Metalicznym w kWh przy temperaturach pracy w zakresie 1650-1200 °C dla różnych metali w ilości 1t i 1m³

Odpadami stałymi procesu prowadzonego w ten sposób recyklingu molekularnego są :

- szlam z instalacji oczyszczania spalin pochodzący z najdrobniejszych frakcji pylistych, całkowicie sterylny i zneutralizowany, o pH = 7,



w ilościach kilku kg/dobę, nadający się do zmieszania z popiołem;

- popioły stanowiące 1,5-10% wagi wsadu, całkowicie sterylne, złożone niemal wyłącznie z mineralnych części wsadu.

Przy wykorzystaniu wysokiej temperatury mamy do czynienia z procesami oddziaływania wysokoenergetycznych elektronów oraz silnego promieniowania podczerwonego z materią, co praktycznie powoduje zerwanie wszystkich wiązań chemicznych w cząsteczkach. Możliwość uzyskania wysokich temperatur w beztlenowym strumieniu własnych gazów stwarza zupełnie nową jakość procesu destrukcji związków chemicznych w porównaniu do spalania. RCM znajduje więc zastosowanie w przypadku unieszkodliwiania odpadów, których trwałość jest silnie uzależniona od temperatury.

Wprowadzenie technologii Recyklingu Molekularnego Odpadów przynosi następujące korzyści:

- generacja ciepła jest niezależna od chemii procesu,
- nie występuje konieczność użycia gazów roboczych, jak w przypadku plazmotronu- wysoka temperatura procesu decyduje o znacznej zawartości wodoru, tlenku węgla oraz niższych węglowodorów (głównie nienasyconych) w produktach pyrolizy i zgazowania, dzięki czemu gazy poreakcyjne mają wysoką wartość opałową;
- odpady nieorganiczne ulegają stopieniu, przez co ich objętość ulega istotnemu zmniejszeniu, a podatność na wymywanie maleje niemal do zera;
- dzięki wysokiej temperaturze i dużej gęstości energii w obszarze reakcji, szybkość procesu destrukcji jest wysoka, co decyduje o dużej wydajności utylizacji;
- produktami reakcji są jedynie gazy o dużych możliwościach wykorzystania jako paliwo oraz stopiona mieszanina żużla z ewentualnymi domieszkami metali, która po zestaleniu charakteryzuje się niską ługowalnością, przy czym w procesie technologicznym nie powstają żadne odpady ciekłe.

Zużycie energii nie jest większe niż 1 kWh/1kg odpadów, a gazy odlotowe, mające cechy gazu energetycznego, zawierają około 55% wodoru (H₂) i około 38% tlenku węgla (CO).

Ponad 90% odpadów ulega transformacji w gaz opałowy, a ługowalność powstającego żużla jest bardzo mała.

Produktami procesu likwidacji odpadów szpitalnych z użyciem plazmy niskotemperaturowej są głównie nieszkodliwe gazy, o składzie zależnym od rodzaju gazu plazmotwórczego.

Reaktor Molekularny Odpadów – Reaktor RCM – działa w ten sposób, że do przestrzeni reakcyjnej stanowiącej przestrzeń zawarta pomiędzy lustrem ciekłego metalu, a kopułą pieca, wprowadza się rozdrobnioną materię organiczną odpadową w proporcji 50 : 55 z wodą. W temperaturach reakcji 1300 – 1500 °C odpadowa materia organiczna rozpada się na gazowy strumień molekuł pierwotnych zawierający : węgiel (sadza), tlen i wodór, przy czym woda w obecności węgla organicznego, działającego tu jak katalizator, rozpada się na również na strumień molekuł tlenu i wodoru osobno. Dopiero w procesie rekombinacji molekuły gazowych pierwotnych produktów reakcji tworzą gazowe wtórne produkty reakcji : tlenek węgla (ilości śladowe), dwutlenek węgla (produkt główny), wodór (produkt główny), para wodna (ilości śladowe) - bez udziału tlenu atmosferycznego.

1. Zaletą przedstawionych reaktorów RCM jest to, że do reakcji wprowadzony jest czynnik pośredni - ciecz, najkorzystniej stopiony metal - żelazo - o dużym ciężarze właściwym, o odpowiednio dobranej temperaturze topnienia i o wysokiej temperaturze parowania, dzięki czemu:

1.1 przestrzeń reakcyjna została oddzielona od bezpośredniego oddziaływania strumienia ciepła

1.2 temperaturę reakcji w przestrzeni reakcyjnej można nastawić niezależnie od ilości, sposobu i rodzaju gazów lub cieczy wprowadzanych do przestrzeni reakcyjnej

1.3 proces przemiany materii, zwłaszcza utylizacji odpadów, można prowadzić w szerokim przedziale temperatur, np. w przypadku użycia cyny w przedziale od 232 °C do 2 270 °C

1.4 proces przemiany (transformacji) materii, zwłaszcza odpadów, można prowadzić w dowolnie kształtowanych warunkach: tlenowych, beztlenowych, powietrznych, wodnych, w azocie celem ich nitryfikacji, itd.





w jednym układzie, stosownie np. do rodzaju przekształcanego materiału

1.5 łatwo jest utrzymać pożądaną temperaturę dzięki dużej pojemności cieplnej cieczy, dzięki łatwej do zautomatyzowania pracy cewki wzbudzającej prądy wirowe w cieczy oraz sterowanym dowolnie kształtowanych warunkach tlenowych, beztlenowych, powietrznych, wodnych procesów egzo- i endotermicznym w przestrzeni reakcyjnej

1.6 urządzenie może pracować zarówno z katalizatorem, jak i bez katalizatora

1.7 w urządzeniu, w przeciwieństwie do innych znanych rozwiązań, żużel, szlaka, części smoliste nie przedostają się do produktów przemiany i mogą zostać zutylicowane w urządzeniu i potem z niego usunięte.

2. Dzięki użytym materiałom, dzięki sposobowi prowadzenia procesu termicznej przemiany materii, dzięki objętości przestrzeni reakcyjnej porównywalnej z objętością cieczy - gradienty temperatury w tej przestrzeni reakcyjnej są bardzo małe, dzięki czemu z kolei proces termiczny zachodzi w stałej temperaturze, w całej objętości wprowadzonego materiału jednocześnie. Promieniująca w tych temperaturach wymurówka ceramiczna zwiększa sprawność przekazywania ciepła do wprowadzanych odpadów.

3. Dzięki wysokim temperaturom możliwym do osiągnięcia w przestrzeni reakcyjnej, nawet w przypadku termicznej utylizacji niskokalorycznych odpadów, nie występuje konieczność dodatkowego podgrzewania spalin w termokatalitycznych stacjach oczyszczania spalin, do temperatury wymaganej przez katalizatory, co znacznie potania koszty budowy takich stacji jak i ich późniejszej eksploatacji.

4. Dzięki wysokim temperaturom możliwym do osiągnięcia w przestrzeni reakcyjnej, nawet w przypadku termicznej utylizacji odpadów niskokalorycznych, powstający gaz syntezowy zawiera węglowodory zredukowane do tlenku węgla i wodoru, pozbawiony węglowodorów złożonych (organicznych) dzięki czemu, w większości przypadków nie jest konieczna budowa stacji oczyszczania spalin w ogóle.

5. Urządzenie można wykorzystać do utylizacji odpadów wcześniej nagromadzonych, np. na komunalnych wysypiskach śmieci.

6. Dwoma kompletami do Reaktora RCM można jednocześnie wtłaczać w temperaturach ponad 850 °C powietrze i parę wodną w określonych proporcjach takich, że endotermiczny proces rozkładu cząsteczek wody na tlen i wodór energetycznie równoważy egzotermiczny proces zgazowania węgla do postaci tlenku węgla, dzięki czemu można w przestrzeni reakcyjnej uzyskać stałą temperaturę pomimo zachodzących w niej różnych procesów.

7. Dzięki korzystnie dużemu ciężarowi właściwemu cieczy i jej wysokiej temperaturze pracy kumuluje ona korzystnie dużą ilość energii cieplnej, dzięki temu nawet niewielka przestrzeń reakcyjna może zapewnić korzystnie dużą wydajność urządzenia, wielokrotnie większą od wydajności innych urządzeń o zbliżonych wymiarach.

8. W odróżnieniu od reaktora plazmowego urządzenie ma w przestrzeni reakcyjnej równomierne pole temperatur i nie wymaga użycia skomplikowanego zasilacza prądowo- napięciowego, co najwyżej zasilacza elektrycznego wzbudzającego prądy wirowe potrzebne do stopienia metalu.

9. Do procesu termicznej utylizacji odpadów można stosować mieszkankę parowo-tlenową w fazie zgazowania i czysty tlen w fazie dopalania gazów syntezowych, co w efekcie powoduje wielokrotne zmniejszenie ilości spalin z ograniczoną ilością tlenków azotu. Instalacje czystego tlenu występują w hutach.

10. W przypadku zgazowania odpadów komunalnych w atmosferze czystego tlenu uzyskuje się gaz syntezowy złożony głównie z wodoru i dwutlenku węgla.

11. Ciekłometaliczne złoża żelazne rozpuszcza aluminium, miedź i ołów, dzięki czemu zatrzymuje w sobie pierwiastki metali ciężkich i nie przedostają się one do atmosfery.

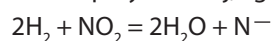
12. Płynna szlaka utrzymująca się na powierzchni złoża ciekłometalicznego ogranicza parowanie metali w ogóle.

13. W reaktorze ciekłometalicznym w temperaturze 1570 °C wykonano proces zgazowania i chemicznego utleniania odpadów



(różne grupy tworzyw sztucznych) wymieszanych w równych częściach wagowych z wodą. W temperaturze procesu cząsteczki wody uległy dysocjacji na tlen i wodór ($O + H_2$), przy czym tlen z wody brał udział w chemicznym utlenieniu węgla organicznego, natomiast węgiel organiczny był w tym przypadku tylko katalizatorem tego procesu.

14. Proces „spalania w wodzie” odbywał się bez udziału tlenu atmosferycznego, a więc bez udziału azotu. W czasie wprowadzania odpadów do reaktora dostawała się również do niego pewna ilość powietrza i w związku z tym - azotu. W tym przypadku nadmiarowy, niespalony wodór, wykazując silne własności redukcyjne, redukuje tlenki azotu do postaci azotu i pary wodnej, zgodnie z reakcją:



15. Stosunkowo czysty i wysokotemperaturowy gaz syntezowy - gazowe paliwo ekologiczne otrzymane z odpadów - może być w przyszłości wykorzystane do zasilania ogniw paliwowych wodorowych lub ogniw paliwowych pracujących na gaz syntezowy albo agregatów prądotwórczych wyposażonych w silnik gazowy.

16. Użycie wody do procesu rozcieńcza spaliny.

17. W żelaznym złożu ciekłometalicznym rozpuszczają się takie metale jak : Cu, Al., Ni, As, Co, i inne, do żuźla przechodzi wapń, krzem i metale : Mn, Cr i inne, natomiast odparowują z niego metale : Pb, Zn, Hg, Cd.

18. W reaktorach RCM realizowany jest proces „likwidacji” odpadów.

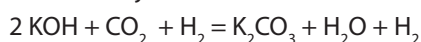
W Reaktorze Ciepło – Metalicznym RCM zachodzi wiele różnych zjawisk i reakcji : piroliza, zgazowanie, odgazowanie, spopielanie, uwodornienie materii odpadowej (przeciwieństwo procesów spalania), termiczny rozpad związków chemicznych, termokatalityczny rozpad związków chemicznych, utlenianie węgla do CO, utlenianie węgla do CO_2 , rozpad cząsteczek wody, utlenianie wody i inne. Niektóre z tych reakcji są reakcjami endotermicznymi, a inne zaś – egzotermicznymi.

Od strony teoretycznej zjawiska w reaktorach RCM nie zostały jeszcze opisane teoretycznie. W żadnym razie w Reaktorze RCM nie zachodzi

ani czysta piroliza, ani czyste zgazowanie, ani tym bardziej – spalanie. Urządzenie nie jest spalarnią w sensie ustawy : „O Odpadach” i uzyskało precedensowe pozwolenie na termiczne przetwarzanie i likwidację odpadów wg tej oryginalnej technologii molekularnej.

Przedstawiony powyżej proces, oparty na reaktorach RCM, w sposób zasadniczy różni się od spalania. W procesie spalania ważne są m. in. wartość opałowa i temperatura zapłonu paliwa. Temperatura spalania paliwa ustala się przy tym samoistnie w sposób przyrodniczy. W rozpatrywanym przypadku natomiast wartość opałowa przekształcanego materiału odpadowego, ani też jego temperatura zapłonu, nie grają żadnej roli. Poza tym w reaktorze RCM najpierw nastawia się pożądaną temperaturę procesu, a potem ten proces się przeprowadza. Poprzez dodanie czynników zewnętrznych, np. wody, zmienia się chemię procesu, co nie jest możliwe ani w procesach spalania, ani w plazmotronach.

Gaz poreakcyjny otrzymany w sposób opisany powyżej ma pięciokrotnie mniejszą objętość niż miałyby spaliny powstałe w procesie spalania materii odpadowej. Dlatego też w tym przypadku pochłonięcie CO_2 w znany sposób z gazów poreakcyjnych i związanie go do krystalicznej soli : „węglanu potasu” (składnik nawozów potasowych) nie jest zbyt trudne. Korzysta się w tym przypadku z płuczki wodnego roztworu wodorotlenku potasu, którym obmywa się gaz reakcyjny, a w wyniku reakcji uzyskuje się węgiel potasu, który jest składnikiem nawozów potasowych, wodę, którą zwraca się do procesu i wodór jako ostateczny produkt reakcji :



Reakcje w reaktorze chemicznym można tak poprowadzić, aby uzyskać jako dominujące gazy : $CO_2 + H_2$, albo $CO + H_2$ regulując ilość wody wprowadzanej do procesu.

Gazy reakcyjne z procesu Recyklingu Molekularnego Odpadów RMO można zagospodarować w różny sposób.

1) Spalanie gazów reakcyjnych w powietrzu

W wyniku spalania gazów w powietrzu wydzielają się ciepło. Należy jednak liczyć się w tym przypadku z dużą ilością spalin i obecnością w spalinach tlenków azotu.





2) Spalanie gazów reakcyjnych w obecności utleniaczy

Spalanie gazów reakcyjnych w obecności utleniaczy prowadzi do wydzielania się ciepła. W tym przypadku powstaje jednak kilkakrotnie mniejsza ilość spalin, niż w przypadku pierwszym. W zależności od rodzaju użytego utleniacza w spalinach mogą się pojawić tlenki azotu, lub nie.

3) Spalanie w powietrzu schłodzonych gazów reakcyjnych

Gaz reakcyjny można schłodzić do temperatur np. pokojowych w chłodnicy, a następnie spalać schłodzony gaz reakcyjny w powietrzu, w kontrolowanych warunkach fizycznych. W tym przypadku w układzie są dwa źródła ciepła: chłodnica i palnik gazowy.

4) Spalanie gazów reakcyjnych w silnikach gazowych agregatów prądotwórczych

Schłodzony w chłodnicy gaz reakcyjny do temperatury 60 °C lub niższej może stanowić paliwo gazowe agregatów prądotwórczych wyposażonych w silniki gazowe. Jeśli ponadto agregat prądotwórczy wyposażony jest dodatkowo w wymiennik ciepła, to jest on źródłem nie tylko energii elektrycznej, lecz również cieplej.

5) Użycie gazów reakcyjnych do zasilania ogniw paliwowych

Gaz syntezowy, otrzymany z reaktora RCM, można użyć do zasilania ogniw paliwowych wodorowych w celu produkcji energii elektrycznej.

Również ogniwa paliwowe pracujące na gazie syntezowym ze sprawnością 40 % wejdą do eksploatacji za kilka lat.

6) Separacja składników gazów reakcyjnych

Gorące składniki gazów reakcyjnych można na sicie molekularnym rozdzielić na tlenek węgla i wodór. Wodór można wykorzystać w wodorowym ogniwie paliwowym o sprawności 60 %, natomiast tlenek węgla spalić w kontrolowanych warunkach spalania celem odzyskania energii cieplej.

7) Likwidacja spalin gazów reakcyjnych

Gorące spaliny gazów reakcyjnych zawierające CO₂ i parę wodną można zredukować do krystalicznych związków typu X₂CO₃ i wody. Wodę można ponownie zawrócić do procesu. W tym przypadku technologia RCM zostaje pozbawio-

na komina, staje się technologią „bezkominową”, i choć fizycznie jest technologią termiczną, nie jest technologią termiczną w rozumieniu Ustawy „O Odpadach”.

(Tlen do spalania gazów reakcyjnych można czerpać nie tylko z wody, lecz również z kopalni, w których istnieją urządzenia do separacji tlenu atmosferycznego i azotu, przy czym tlen jest uwalniany do atmosfery, a azot służy do wentylowania zagrożonych wybuchem szybów kopalnianych).

8) Zintegrowanie reaktora RCM i spalarni odpadów

Dowolne odpady, dzięki reaktorowi RCM, można spalać w dowolnych warunkach, nawet w warunkach prymitywnych, a następnie popiół skierować do reaktora RCM celem jego witrifikacji. Również spaliny można skierować do tegoż reaktora i zmienić ich skład chemiczny dzięki użytym dodatkom i katalizatorom. W procesie szokowego schładzania spalin można odzyskać energię cieplną.

9) Przystawka Satelitarna

Reaktor RCM można potraktować jako Przystawkę Satelitarną współpracującą z kotłem energetycznym. W systemie tym zwitrifikowany popiół wyprowadzany z reaktora używa się jako kruszywo budowlane, a gaz syntezowy (gazy reakcyjne) wprowadza się do komory paleniskowej kotła energetycznego, gdzie w atmosferze powietrza wtórnego z zastosowaniem np. technologii energowiru, gaz syntezowy zostaje spalony stając się dodatkowym źródłem ciepła w kotle. W ten sposób następuje współspalanie odpadów z paliwami kopalnymi.

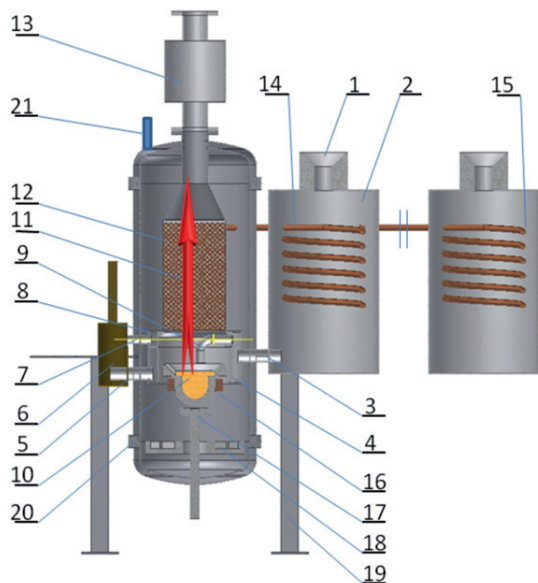
10) Syntetyczne paliwa ciekłe II-giej generacji

Gaz procesowy można potraktować jako gaz syntezowy i poddać go obróbce fizykochemicznej z użyciem katalizatorów syntezy celem uzyskania frakcji ciekłej produktu jako ciekłego paliwa II-giej generacji.

3. Budowa i działanie Reaktorów RCM

W rozwiązaniu praktycznym do leja wejściowego wsadu 1 zbiornika wsadu 2 wprowadza się wsad w postaci rozdrobnionych materiałów organicznych wymieszanych z wodą wagowo w stosunku 49 : 51.





Atomowy węgiel organiczny pochodzący z odpadowej materii organicznej jest katalizatorem rozpadu wody na tlen i wodór. Ze względu na większe powinowactwo chemiczne tlenu do węgla, niż do wodoru, w przestrzeni reakcyjnej Reaktora Molekularnego RCM zachodzi proces fizycznego utleniania węgla tlenem z wody. W wyniku tego procesu powstaje strumień mieszaniny gorących gazów $CO_2 + H_2$. Z mieszaniny tych gorących gazów zostaje odebrane ciepło w wewnętrznych i zewnętrznych wymiennikach ciepła 4, 7, 8, 12 i 15. Ostudzona do temperatur pokojowych mieszanina gazów $CO_2 + H_2$ zostaje następnie przepuszczona przez wodny roztwór KOH (lub NaOH), w którym następuje reakcja wiązania CO_2 do ciała stałego – krystalicznej soli K_2CO_3 zgodnie ze wzorem: $CO_2 + H_2 + 2 KOH = K_2CO_3 + H_2O + H_2$



27.10

OGNIOTRWAŁE WYŁOŻENIA MONOLITYCZNE

BETONY

W wersjach:

- konwencjonalnych
- średnicementowych
- niskocementowych
- ultraniskocementowych
- samolejnych

do 1700°C



BETONY IZOLACYJNE I IZOLACYJNE MASY DO TORKRETOWANIA

Na bazie:

- perlitu
- keramzytu
- wermikulitu
- szamotu lekkiego



do 1500°C

- niski współczynnik przewodności cieplnej
- niska gęstość i wysoka porowatość
- bardzo wysoka odporność na wstrząsy cieplne

MASY DO TORKRETOWANIA

- szamotowe
- wysokoglinowe
- korundowe
- z węgla krzemu



do 1600°C

MASY DO UBIJANIA

- szamotowe
- wysokoglinowe
- korundowe

do 1600°C

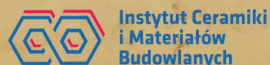
ZAPRAWY, KITY I KLEJE

- szamotowe
- wysokoglinowe
- korundowe
- z węgla krzemu



do 1700°C

PREFABRYKATY



Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych

ODDZIAŁ MATERIAŁÓW OGNIOTRWAŁYCH W GLIWICACH

Dział Technologiczny
tel.: (+48 32) 270 18 62
technolog_gliwice@icimb.pl

ul. Toszecka 99, 44-100 Gliwice
www.icimb.pl/gliwice

Termobudowa S.C.

Firma Termobudowa s.c. M.Lewandowski & T.Lewandowski jest firmą rodzinną z tradycjami. Pod nazwą Termobudowa s.c istnieje od grudnia 2005 roku, powstała na bazie firmy Z.M.C.I - J.R. Lewandowscy istniejącej od 1986 roku. Firma nasza koncentruje się na świadczeniu wysokiej jakości usług w zakresie budowy i remontów wymurówek i wykładzin izolacyjnych, ogniotrwałych i żaroodpornych:

- kotłów energetycznych
- kotłów ciepłowniczych
- pieców cynkowniczych
- pieców komorowych
- pieców przelotowych
- pieców tunelowych
- pieców wielostrefowych

Ponadto wykonujemy izolacje termiczne ciepło i zimnochronne instalacji energetycznych, ciepłowniczych, hutniczych, rurociągów. Dewizą naszej firmy jest zadowolenie Klientów z dobrego i terminowego wykonania naszych usług przy zachowaniu najwyższych standardów bhp i ochrony środowiska. W tym celu nasi pracownicy posiadają wysokie kwalifikacje i legitymują się niezbędnymi uprawnieniami.



TERMOBUDOWA s.c. Marek Lewandowski & Tomasz Lewandowski
43-600 JAWORZNO, ul. Bursztynowa 1/8
REGON:240244584
NIP: 632-189-73-62
tel./fax: (32) 751 10 29
kom. 502 203 948, 502 150 855



LITERATURA

- [1] Marek Piławski, Zbigniew Pabjan, Michał Ziętek, zgłoszenie patentowe nr P – 330299 z dnia 12.12.1998 r., „Sposób i urządzenie do termicznego i termokatalizacyjnego przekształcania materii, zwłaszcza utylizacji odpadów”.
- [2] Marek Piławski, Zbigniew Pabjan, Michał Ziętek, „Sposób i urządzenie do termicznego i termokatalizacyjnego przekształcania materii, zwłaszcza utylizacji odpadów”, patent nr 187669 udzielony dnia 30.11.2004 r.
- [3] Marek Piławski, Bogdan Flisiewicz, Zbigniew Pabjan i inni, zgłoszenie patentowe nr P – 389373 z dnia 23.10.2009 r., „Sposób i urządzenie do recyklingu i przekształcania materii, zwłaszcza odpadów”.
- [4] Mehmet Nafiz Ozyagcilar, Toronto Kanada -, „Sposób wytwarzania mieszaniny węglowodorów o wysokiej zawartości metanu”, patent nr 114408 udzielony przez UP RP w dniu 30.04.1982 r. na podstawie zgłoszenia patentowego nr P – 204612 z dnia 14.02.1978 r.
- [5] Zygmunt Kasprówicz i inni „Sposób otrzymywania metanolu z gazu syntezowego na drodze syntezy prowadzonej w układzie trójfazowym oraz urządzenie do otrzymywania metanolu z gazu syntezowego na drodze syntezy prowadzonej w układzie trójfazowym”, patent nr 146568 udzielony przez UP RP w dniu 30.06.1989 r. na podstawie zgłoszenia patentowego nr P – 254112 z dnia 21.06.1985 r.

4. Wyniki badań produktów pracy Reaktorów RCM

Na modelu prototypowym o wydajności 10kg/h przetwarzanego strumienia odpadów stałych lub ciekłych uzyskano strumień gazów syntezowych o różnym składzie chemicznym. Przeprowadzone badania udowodniły, że dzięki możliwości sterowania temperaturą procesu i ilością zużytej wody w tym procesie, jesteśmy w stanie sterować również składem chemicznym produktów.

Temperatura w Reaktorze RCM oscyluje w granicach 1200-1600 °C. W zależności od składu odpadów i związanych z tym wymogów ich skutecznego rozkładu, a także optymalizacji składu powstającego w ten sposób gazu syntezowego pod kątem jego energetycznego wykorzystania, istnieje możliwość sterowania parametrami procesu (temperatura, warunki katalizacyjne) i uzyskiwania gazu o pożądanym składzie i zawartości poszczególnych składników np.:

- wodór H_2 : 10-55%,
- metan CH_4 : 5-40%
- inne węglowodory (etan, eten, propan, propen, butan, buten) : 10-40%
- tlenek węgla CO : 0-20%
- dwutlenek węgla : 0,5-25%

Tak powstała mieszanina gazów posiada wyższą wartość opałową niż substrat. Średnia wartość opałowa substratu, np. paliwa RDF wynosi 8MJ/kg, w reaktorze jest ona wzbogacona do 24 MJ/kg, gdyż 1 kg odpadu (substratu) w wyniku recyklingu molekularnego zamienia się w 2 m³ gazu syntezowego o wartości opałowej ok. 12 MJ/m³. Zależnie od składu wsadu i parametrów procesu można modelować tę wartość w określonych granicach. Przy odpadach niebezpiecznych, które bardzo często zawierają trudno rozkładalne węglowodory o strukturze cyklicznej, wartość opałowa uzyskiwanych gazów procesowych jest jeszcze wyższa.

Modyfikacja procesów molekularnych zachodzących w Reaktorze RCM prowadzi do celowego zmniejszenia ilości wodoru w gazie procesowym na korzyść prostych węglowodorów lotnych. Dzięki temu taki właśnie gaz procesowy nadaje się do wykorzystania w silnikach gazowych Agregatów Prądotwórczych celem

produkcji energii elektrycznej.

Pierwsze badania wskazują, że wartość uzyskanej w ten sposób energii elektrycznej jest większa, niż zapotrzebowanie zasilacza elektrycznego Reaktora RCM.

Reaktor RCM, oprócz tego, że jest urządzeniem przeznaczonym do likwidacji odpadów, jest również „generatorem energii” realizującym w sposób ekologiczny proces : „waste to energy”.

5. Posumowanie

Pierwsze wyniki badań pierwszego w Polsce Reaktora Molekularnego Odpadów okazały się nadzwyczaj pozytywne. Okazało się bowiem, że ilość energii na jego wyjściu jest znacznie większa, niż ilość energii wejściowej potrzebnej do prowadzenia procesu. Tak więc Reaktor Molekularny Odpadów okazał się być urządzeniem autoenergetycznym przeznaczonym nie tylko do unieszkodliwiania i likwidacji odpadów, lecz także generatorem energii.

Pierwsze wyniki prób przeprowadzone na odpadach o strukturze węglowodorów wykazały, że z każdego 100 kg takich odpadów, zmieszanych w proporcjach 50 : 50 z wodą (wsad 200 kg) powstaje 400 m³ gazu procesowego o wartości opałowej 18 MJ/m³ (5 kWh/m³), o potencjale energetycznym 2 000 kWh. Przy sprawności elektrycznej agregatów prądotwórczych 35% uzyskuje się moc elektryczną 700 kWe. Tymczasem na rozłożenie materii na strumień atomów (przy określonej wysokiej temperaturze) potrzebna 300 kWh. Uzysk netto energii elektrycznej wynosi zatem w tym przypadku 400 kWh, czyli ok. 133%.

Potencjał energetyczny polskich odpadów komunalnych w przeliczeniu na wodór : w 13 mln ton odpadów zawarty jest wodór w ilości 780 000 ton. Ze spalania 1 kg wodoru uzyskuje się 122 kJ (33,8 kWh) energii cieplnej. Potencjał energetyczny odpadowego wodoru jest zatem równy 26 364 000 MWh. Natomiast potencjał energetyczny wodoru z wody użytej do procesu stanowi wartość 48 334 000 MWh, łącznie jest to 74 698 000 MWh rocznie, z czego można uzyskać ok. 17 mln MWh energii elektrycznej rocznie, co odpowiada pracy kilku elektrowni w Polsce.

