

Karcz Henryk  
ZBUS-TKW Combustion Sp. z o.o.  
95-015 Głowno; ul. Sikorskiego 120

Sposób i instalacja odgazowania w tym biomasy odpadowej

Sposób i instalacja do pozyskania wodoru z procesów pirolizy, biomasy i odpadów

Termiczny rozkład substancji biomasy oraz wszelkiego rodzaju odpadów prowadzony w warunkach szybkiego doprowadzenia ciepła i wysokich temperatur procesu, prowadzi do uzyskania dużej ilości gazowych produktów o wysokiej kaloryczności dających się stosunkowo łatwo oczyścić z wszelkiego rodzaju substancji szkodliwych dla technologicznego i energetycznego ich wykorzystania.

Dotychczasowe wyniki prac badawczych oraz szeroko stosowane aplikacje przemysłowe wykazały, że w zależności od temperatury odgazowania, szybkości nagrzewu, konstrukcji reaktora można uzyskać nawet 96% przemianę fazy stałej substancji organicznej w fazę gazową. Uzyskane gazowe produkty pirolityczne mogą być użyte jako wysokokaloryczne paliwo gazowe – po uprzednim odwodnieniu i chemicznym usunięciu gazowych substancji szkodliwych takich jak np. tlenki siarki – lub tlenek węgla – jako główny składnik gazu pirolitycznego – może być poddany wysokotemperaturowej konwersji parą wodną oraz niskotemperaturowej lecz katalitycznej konwersji również parą wodną, a węglowodory takie jak metan, etan, acetylen itd. mogą być poddane wysokotemperaturowemu katalitycznemu reformingowi. W wyniku tych procesów fizykochemicznych, uzyskany w czasie odgazowania biomasy gaz pirolityczny po przejściu przez proces oczyszczania i przemian chemicznych składa się głównie z wodoru, dwutlenku węgla, pary wodnej i śladowych gazowych zanieczyszczeń które mogą być usunięte znanymi metodami chemicznymi lub fizycznymi. Po przejściu przez proces konwersji i reformingu gaz pirolityczny może składać się w 75% obj. z wodoru i śladowych ilości tlenku węgla ( $CO \approx 0,2\%$  obj.). Uzyskany wodór może stanowić bardzo ważny surowiec do uwodornienia różnego rodzaju olei roślinnych i tłuszczów zwierzęcych, dając wysokojakościowe hydrogenizaty węglowodopochodne stanowiące źródło paliw ciekłych i surowców chemicznych. Procesy pirolizy organicznych substancji stałych są znane, a technologie technicznej ich realizacji są prowadzone od szeregu lat. Jako surowiec do procesów odgazowania nadaje się każda substancja organiczna i nieorganiczna zawierająca duże ilości części lotnych.

Możliwość uzyskania dużej ilości gazów pirolitycznych metodą szybkiej pirolizy zwróciły uwagę na technologie realizowanie tą metodą, prowadząca do uzyskania praktycznie największej sprawności przemiany fazy stałej w fazę gazową. W trakcie szybkiego nagrzewu substancji podlegającej termicznej destrukcji w miarę możliwości eliminuje się wtórny rozpad pierwotnych produktów procesu przy szybkim ich odprowadzeniu ze strefy reakcyjnej. W trakcie szybkiej pirolizy uzyskuje się do 90% sprawność cieplną procesu przemiany wyrażoną jako udział energii zawartej w gazie w stosunku do całkowitej energii zawartej w substancji wyjściowej. Ilość gazu pirolitycznego oraz skład chemiczny jest zależny od rodzaju

substancji poddanej procesowi rozkładu, szybkości nagrzewu, końcowej temperatury procesu rozkładu oraz wielkości wymiarowej rozkładanej substancji. Ilość parametrów mających wpływ na proces termicznego rozkładu świadczy o tym jak bardzo skomplikowany jest proces szczególnie wówczas, gdy celem nadrzędnym jest uzyskanie jak największej ilości gazu. Ponadto w przypadku cząstek mniejszych od  $100\mu m$ , gdy szybkość nagrzewu zawiera się w przedziale od  $10^2$  do  $10^4 \frac{^{\circ}C}{s}$ , a wzrost temperatur wewnątrz cząstek następuje w ciągu milisekund, rozkład substancji organicznej jest wówczas mało porównywalny z tym jaki zachodzi przy stacjonarnej, niskiej temperaturze reakcji i niskich szybkościach nagrzewu. Wzrost ilości produktów gazowych występuje również w wyniku obniżenia ciśnienia reakcji. Powstanie podciśnienia w strefie reakcji powoduje zwiększenie wydajności gazów pirolitycznych.

Obecnie najczęściej stosowaną metodą niskociśnieniowej pirolizy paliw biodegradowalnych jest wielostopniowa technologia wykorzystująca technikę fluidalną (metoda zwana COED) pozwalająca na regulację czasu przebywania odgazowanej substancji w strefie reakcji oraz szybkie odprowadzenie z reaktora wytworzonych lotnych produktów. W technologii tej, odgazowywana substancja jest poddawana rozdrobnieniu poniżej 3mm i suszona w strumieniu gorącego gazu, po czym podana jest do reaktorów pirolizy. Liczba reaktorów pirolizy oraz ich temperatury pracy są uzależnione od wielkości temperatury mięknięcia substancji organicznej i nieorganicznej zgazowanego paliwa. Układ temperatur reaktorów jest tak dobierany aby uzyskać maksymalną ilość gazu pirolitycznego bez spiekania się odgazowywanej substancji. Czas przebywania paliwa w poszczególnych reaktorach jest tak dobierany, aby w temperaturze danego reaktora nastąpiło całkowite wyjście lotnych składników. Lotne produkty opuszczające fluidalne reaktory pirolizy po odpyleniu w cyklonach są schładzane i rozfrakcjonowane na poszczególne składniki gazowe.

Wodór otrzymany z gazu pirolitycznego jest często używany w procesach uwodornienia, a pozostała część gazu pirolitycznego po odsiarczeniu stosowana jest jako paliwo energetyczne lub stanowi produkt do dalszej przeróbki technologicznej.

Opracowana w latach 50-tych ubiegłego stulecia metoda Lurgi-Ruhrgas polega na szybkiej pirolizie paliwa przy wykorzystaniu gorącego koksu jako stałego nośnika energii.

W technologii tej rozdrobnione poniżej  $0,5mm$  paliwo jest mieszane z ogrzanym do temperatury  $900 \div 950^{\circ}C$  koksem. Rozdrobnione paliwo szybko nagrzewa się do wysokich temperatur od rozgrzanego koksu wydzielając lotne produkty rozkładu pirolitycznego. Lotne

produkty szybkiej pirolizy poddaje się procesowi odpylania w cyklonach, schładzaniu i rozdzielaniu na poszczególne frakcje ciekłe i gazowe.

Lotny koksik w ilości 30 ÷ 50% ogólnej masy paliwa jest nawracany transportem pneumatycznym przy użyciu powietrza, w czasie którego zachodzi częściowe spalanie. Pozostała część koksiku może być użyta bezpośrednio do opalania paleniska kotłowego lub produkcji formowanych paliw bezdymnych.

Metoda pirolizy węgla opracowana przez Garret Research and Development Corporation do otrzymania syntetycznych paliw ciekłych polega na wykorzystaniu gorącego koksiku jako stałego nośnika ciepła w reaktorze strumieniowym. Wybór pirolizy jako metody upłynnienia węgla podyktowany został stosunkowo dużą łatwością realizacji jak i relatywnie niskimi kosztami przy przemysłowym wykorzystaniu procesu.

Przy ogrzaniu paliwa do temperatur 800 ÷ 1000° C bez dostępu powietrza substancja organiczna paliw ulega rozkładowi z wytworzeniem gazu pirolitycznego i stałej pozostałości, karbonizatu. Wzajemne proporcje tych produktów uzależnione są od temperatury pirolizy i szybkości nagrzewu. Wzrost temperatury procesu i szybkości nagrzewu sprzyja wytworzeniu się większej ilości produktów gazowych kosztem obniżenia wydajności karbonizatu.

Z wielu potencjalnych technik szybkiego ogrzewania paliwa poddanego procesowi odgazowania za najprostsze technicznie i najbardziej efektywne z dotychczasowych rozwiązań prowadzących do zrealizowania procesu szybkiej pirolizy w celu uzyskania cennego gazu pirolitycznego, (który jest surowcem wyjściowym do produkcji szeregu produktów technologicznych) uznano wykorzystanie gorącego koksiku jako stałego nośnika ciepła i zastosowanie reaktora strumieniowego. Wprowadzone do strumienia koksiku paliwo nagrzać się może z szybkością dochodzącą do  $3000 \frac{\text{deg}}{\text{s}}$ , co gwarantuje bardzo duże wyjście części lotnych, dochodzące do 80% udziału masowego substancji organicznej. Strumień produktów opuszczający reaktor przechodzi przez układ cyklonów odpylających, gdzie wytrącony koksik jest chłodzony. Mieszanina par i gazów po odpyleniu i schłodzeniu jest rozdzielana na substancje smołowe, które poddaje się procesowi uwodornienia w celu uzyskania substytutu ropy naftowej lub niskosiarkowego oleju opałowego. Pozostały gaz po oczyszczeniu użytkowany może być jako źródło wodoru oraz jako gaz opałowy. Są to jednak instalacje o niskiej wydajności, sięgające kilku ton przetwarzanego paliwa na dobę. Inne stosowane metody: metoda Toscoal opracowana przez The Oil Shale Corporation wykorzystuje do procesu szybkiej pirolizy węgla, jako stały nośnik ciepła, ceramiczne kule. W metodzie ICHPW proces odgazowania węgla przebiegać może przy użyciu gorącego

popiołu w temperaturze około  $900^{\circ}C$  w złożu fluidalnym w temperaturze  $560 \div 580^{\circ}C$  przy wydajności kilku ton węgla na dobę i uzysku produktów gazowych do 70% masy substancji organicznej.

Stosowane dotychczas technologie realizujące proces szybkiej pirolizy, głównie węgla charakteryzują się ograniczoną wydajnością przetwarzanej substancji i nie posiadają optymalnej sprawności energetycznej. Istotnym brakiem istniejących sposobów i pracujących reaktorów pirolitycznych jest ich przystosowanie, wyłącznie do węgla, paliwa o określonych właściwościach fizycznych takich jak lepkość, wilgotność i zawartość substancji mineralnej. Stosowane technologie w przypadku zawilgoconej często i zatłuszczonej – lepkiej substancji organicznej pochodzącej z różnego rodzaju odpadów biodegradowalnych, wymagają wstępnej obróbki termicznej, w celu usunięcia czynników sklejących, które są jednak zawsze kłopotliwe technologicznie i powodują dość znaczne straty energetyczne, które obniżają ogólną sprawność przemiany. Stosowane technologie posiadają dość znaczne ograniczenia wynikające przede wszystkim ze zdolności przetwórczych. Wydajności przetwórcze poszczególnych metod sięgają bowiem nawet kilku ton na godzinę i dla zwiększenia wydajności masowej wymagają budowy baterii kilku lub kilkunastu reaktorów. Stała pozostałość po pirolizie staje się często produktem odpadowym, który musi być poddany procesowi dalszej utylizacji. Powyższe niedogodności są przyczyną ograniczonej ilości pracujących na skale przemysłowa pirolitycznych technologii przetwarzających paliwa węglowe, a tym bardziej biomasę i odpady biodegradowalne.

Znany ze zgłoszenia patentowego według P388243 sposób pirolizy biomasy pochodzącej z odpadów zwierzęcych i roślinnych charakteryzuje się tym, że sposób spalania i urządzenia do spalania wsadu z odpadów organicznych i nieorganicznych według wynalazku P388243 charakteryzuje się tym, że proces pirolizy wsadu z odpadów organicznych i nieorganicznych zawierających odpady pochodzenia zwierzęcego, roślinnego, odpady komunalne i osady z oczyszczalni ścieków prowadzi się w komorze obrotowej w atmosferze redukcyjnej lub zbliżonej do redukcyjnej w obecności spalin powstałych ze spalania paliwa wysokokalorycznego. Powstałe w trakcie pirolizy gazowe produkty rozkładu zawierające gazowy tlenek wapnia w ilości stechiometrycznej do zawartości siarki i chloru kieruje się do mieszalnika przynależnego do komory fluidalnej, w którym gazowe produkty rozkładu miesza się z powietrzem pierwotnym w ilości 0,2 do 0,4 udziału objętościowego powietrza do spalania, natomiast karbonizat i składniki mineralne popiołu z komory fluidalnej wprowadza się do złoża fluidalnego, przez które przepływa gaz fluidyzacyjny składający się z

powietrza i spalin z recyrkulacji pobieranych w ilości od 10 do 90% udziału objętościowego spalin i w takiej ilości, aby niezależnie od obciążenia cieplnego instalacji utrzymać prędkość przepływu gazu fluidyzacyjnego przez złożę od 1 do  $5 \frac{m}{s}$  - prędkość odniesienia do temperatury złoża.

Sposób otrzymania wodoru w wyniku termicznego przekształcenia biomasy roślinnej i zwierzęcej oraz biomasy pochodzącej z biodegradowalnych odpadów i odpadów organicznych i nieorganicznych oraz kopalnych paliw stałych według wynalazku znamienny tym, że substancja poddana procesowi szybkiej pirolizy przygotowana jest materiałowo i gabarytowo w układzie sortowniczym i w układzie rozdrabniania oraz poddana jest procesowi peletyzacji, brykietowania lub prasowania w celu zagęszczenia masowego i częściowego odsączenia zawartej wilgoci. Proces ten ma na celu poprawę warunków w logistyce dostarczania wsadu do instalacji termicznego przekształcania oraz zmniejszania ilości paliwa wspomagającego niezbędnego do odparowania zawartej we wsadzie wilgoci. Uformowanie wsadu w postaci peletów, brykiet lub kęsów w miejscu składowania biomasy lub wszelkiego rodzaju odpadów ma na celu poprawę warunków transportu i magazynowaniu oraz zmniejszeniu zużycia wysokokalorycznego paliwa wspomagającego.

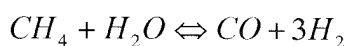
Przygotowany wsad magazynowany jest w silosach magazynowych skąd układem podajników podawany jest do zasobnika przykotłowego gdzie miesza się z rozdrobnionym kamieniem wapiennym w ilościach nieco większych od ilości stechiometrycznych określonych przez zawarty we wsadzie chlor i siarkę. Powstała mieszanina wsadu i kamienia wapiennego podawana jest do komory obrotowej gdzie poddana jest procesowi suszenia i szybkiej pirolizy w strumieniu spalin pochodzących ze spalania paliwa wspomagającego w palniku umieszczonym w płycie czołowej komory obrotowej.

Sposób znamienny tym, że suszenie i termiczny rozkład wsadu przebiega w atmosferze redukcyjnej przy temperaturze  $600 \div 1300^{\circ}C$ . W tym zakresie temperatur następuje proces suszenia i termicznego rozkładu wsadu oraz kamienia wapiennego. Wydzielone tlenki siarki oraz chlor neutralizowane są przy pomocy tlenków wapnia i wytrącane są z fazy gazowej w postaci stałych cząstek gipsu ( $CaSO_4$ ) oraz chlorków wapnia ( $CaCl_2$ ).

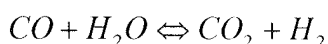
Sposób według wynalazku znamienny tym że gazy pirolityczne wydzielone w czasie odgazowania wsadu są częściowo odsiarczone i odchlorowane poprzez przebiegające reakcje przyłączenia tlenków siarki i cząstek chloru przez tlenek wapnia, powstały w czasie termicznego rozkładu wsadu w komorze obrotowej.

Gazy pirolityczne powstałe w czasie odgazowania stanowią mieszaninę niewielkiej ilości pary wodnej ( $H_2O$ ), gazów palnych takich jak:  $CO$ ,  $H_2$ ,  $C_2H_2$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_5$ ,  $C_nH_m$ ,  $H_2S$  itd. oraz gazów inertnych takich jak  $CO_2$ ,  $N_2$ . Gazy pirolityczne opuszczające obrotowa komorę odgazowania posiadają temperaturę w przedziale  $900 \div 1300^\circ C$ .

Sposób znamieny tym że na wyjściu z komory obrotowej gazy pirolityczne mieszane są z parą wodną o temperaturze  $t_p = 200 \div 400^\circ C$  w ilości od 20 do  $200 \frac{kg}{t_{wsadu}}$  w wyniku czego następuje wysokotemperaturowy reforming gazów węglowodorowych wg reakcji:



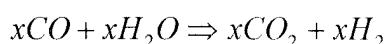
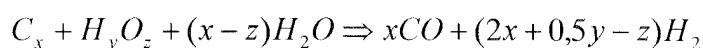
oraz wysokotemperaturowa konwersja tlenku węgla przez parę wodną według reakcji:



Powstały w wyniku wysokotemperaturowego reformingu i konwersji gaz syntezowy składa się głównie z  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $H_2$ , oraz resztek  $CH_4$ .

Sposób znamieny tym że powstały w wyniku wysokotemperaturowej konwersji i reformingu gaz syntezowy schładza się w powierzchniach ogrzewalnych przegrzewacza pary do temperatury  $800 \div 900^\circ C$ . W kanale przepływających gazów umieszcza się katalizator i wprowadza się strumień pary o temperaturze  $t_p = 200 \div 400^\circ C$  w ilości od 20 do  $100 \frac{kg}{t_{wsadu}}$ . W obecności katalizatora przebiega końcowy reforming metanu i reakcje

konwersji homologów metanu oraz konwersji  $CO$  według reakcji:



W wyniku przebiegających wysokotemperaturowych reakcji katalitycznego reformingu resztkowych ilości  $CH_4$  i  $C_nH_m$  oraz konwersji  $CO$  powstaje gaz syntezowy składający się głównie z  $CO$ ,  $H_2$  i  $CO_2$  o temperaturze  $800 \div 900^\circ C$ .

Sposób znamieny tym że gaz syntezowy o temperaturze  $800 \div 900^\circ C$  schładza się przy pomocy powierzchni ogrzewalnych podgrzewacza wody III stopnia do temperatury  $400 \div 450^\circ C$ . W przestrzeni kanału kotła o temperaturze  $400 \div 450^\circ C$  umieszcza się katalizator (Cr-Fe) i wprowadza się strumień pary wodnej o temperaturze  $200 \div 400^\circ C$  w ilości od 20 do  $100 \frac{kg}{t_{wsadu}}$  który powoduje konwersję  $CO$  do  $CO_2$  i  $H_2$ . Uzyskany gaz

syntezowy o temperaturze  $400 \div 450^{\circ}C$  schładza się w podgrzewaczu wody II stopnia do temperatury  $280 \div 350^{\circ}C$  i wprowadza się do kanału reakcyjnego gdzie umieszczony jest katalizator aktywowany tlenkami  $Cr$ ,  $Cu$ ,  $Mg$  lub  $Pb$ . W obecności wprowadzonego strumienia pary o temperaturze  $200 \div 300^{\circ}C$  w ilości od 20 do  $100 \frac{kg}{t_{wsadu}}$  następuje konwersja  $CO$  w wyniku czego powstaje gaz wodorowy o zawartości wodoru  $60 \div 68\%$  obj. i zawartości tlenku węgla w ilości  $6 \div 8\%$ .

Sposób znamienny tym że powstały gaz wodorowy o temperaturze  $t_p = 280 \div 350^{\circ}C$  schładza się w 1-szym stopniu podgrzewacza wody do temperatury  $140 \div 260^{\circ}C$  i miesza się ze strumieniem pary o temperaturze  $t_p = 150 \div 200^{\circ}C$  w ilości od 20 do  $50 \frac{kg}{t_{wsadu}}$  w obecności katalizatora ( $Cu-Zn-Al$ ). W wyniku czego powstaje gaz o zawartości wodoru w ilości  $65 \div 75\%$  obj. i zawartości tlenku węgla w ilości od 0,2 do 0,5% obj.

Sposób według wynalazku znamienny tym że gaz pirolityczny powstały z odgazowania w procesie szybkiej pirolizy różnego rodzaju biomasy i odpadów w postaci Formowanych Alternatywnych Paliw Energetycznych (FAPE) oraz kopalnych paliw stałych, poddany wysokotemperaturowej konwersji  $CO$  i reformingowi  $CH_4$ ,  $C_2H_2$ ,  $C_nH_m$  itd. przy pomocy pary wodnej ( $H_2O$ ) oraz wielostopniowej niskotemperaturowej katalitycznej konwersji, w wyniku czego powstał gaz wodorowy o zawartości  $H_2$  w zakresie  $65 \div 75\%$  obj. i śladowej ilości  $CO$  w zakresie  $0,2 \div 0,5\%$  obj. poddany został po wyjściu z procesu obróbki oczyszczania z frakcji pylistych, oraz z zanieczyszczeń gazowych, szkodliwych dla procesu uwadarniania i z zawartości  $CO_2$  poprzez wymywanie w wodzie i ługowanie.

Sposób wg wynalazku znamienny tym że biomasa, odpady lub kopalne paliwa stałe, będące mieszaniną o dowolnych proporcjach masowych zmagazynowane w bunkrze załadowczym (1) podawane są podajnikiem (2) do zasobnika przykotłowego (4) gdzie mieszane są z kamieniem wapiennym w proporcjach nieco większych od proporcji stechiometrycznych wynikających z zawartości siarki i chloru w podawanym wsadzie.

Sposób znamienny tym że powstałą w zasobniku (4) mieszankę podaje się do komory obrotowej (9) gdzie w atmosferze redukcyjnej przebiega jej proces suszenia i odgazowania w warunkach szybkiej pirolizy. Proces suszenia i pirolizy przebiega w wyniku ciepła pochodzącego ze spalania paliwa wspomagającego w palniku (7).



Sposób znamieny tym że proces suszenia i odgazowania przebiega w atmosferze redukcyjnej w temperaturach  $600 \div 1200^{\circ}C$ . Powstałe w wyniku odgazowania gazy pirolityczne składające się głównie z  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_2$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_nH_m$ ,  $N_2$  i  $HCl$  o temperaturze  $900 \div 1300^{\circ}C$  kierowane są przez przegrodę (13) do kanału gazowego (14) gdzie na wlocie mieszane są z para wodna doprowadzoną kanałem pary uszczelniającej (9.7) o temperaturze  $200 \div 400^{\circ}C$  w ilości od 20 do  $200 \frac{kg}{1t_{wsadu}}$ . W wyniku zmieszania pary wodnej z gazami pirolitycznym następuje wysokotemperaturowa konwersja  $CO$  przez  $H_2O$  oraz reforming większości gazów węglowodorowych do  $CO_2$  i  $H_2$ .

Sposób znamieny tym że powstały w wyniku wysokotemperaturowej konwersji i reformingu gaz syntezowy o temperaturze w zakresie  $900 \div 1100^{\circ}C$  poddany jest procesowi schładzania w powierzchniach ogrzewalnych przegrzewacza pary (14.1) do temperatury  $800 \div 900^{\circ}C$  i wymieszaniu z para wodną w ilości od 20 do  $100 \frac{kg}{1t_{wsadu}}$  o temperaturze  $200 \div 400^{\circ}C$  i poddaniu procesowi wysokokatalicznego reformingu i konwersji w obecności katalizatora w wyniku czego, całkowitemu rozkładowi ulegają resztkowe pozostałości węglowodorów a w szczególności metan ( $CH_4$ ). Gaz syntezowy po przejściu przez wysokotemperaturowy proces katalicznego reformingu i konwersji w katalizatorze (14.2) w temperaturze  $800 \div 900^{\circ}C$  składa się głównie z  $CO_2$ ,  $H_2$  i  $CO$  oraz różnego rodzaju zanieczyszczeń gazowych i stałych.

Sposób znamieny tym że gaz syntezowy otrzymany w wyniku wysokotemperaturowego katalicznego procesu reformingu węglowodorów i konwersji  $CO$  poddany zostaje wielokrotnemu schładzaniu, korzystnie 3-krotnemu do temperatur  $400 \div 450^{\circ}C$ ,  $280 \div 350^{\circ}C$  i  $120 \div 260^{\circ}C$  w podgrzewaczach wody (14.3, 14.5, 14.7) i zmieszaniu z para wodna w ilości od 20 do  $100 \frac{kg}{1t_{wsadu}}$  w obecności katalizatorów (14.4, 14.6, 14.8). W wyniku zachodzących w obecności katalizatorów reakcji konwersji, powstaje gaz wodorowy o zawartości  $H_2$  w ilości  $68 \div 75\%$  obj. przy resztkowych ilościach ( $0,2 \div 0,5\%$  obj.)  $CO$  oraz zanieczyszczeń w postaci  $CO_2$ ,  $N_2$  i innych gazów oraz substancji stałych.

Sposób znamieny tym że zanieczyszczony gaz wodorowy po wyjściu z kanału reakcyjnego (14) o ciśnieniu mierzonym manometrem (14.12), o temperaturze mierzonej czujnikiem (14.10), składzie chemicznym mierzonym sondą (14.11) poddawany jest procesowi

oczyszczenia z ciał stałych w instalacji do osuszania i pochłaniania  $CO_2$  (16) i w instalacji do usuwania pozostałych zanieczyszczeń gazowych (17).

Sposób według wynalazku znamieny tym że powstały po odgazowaniu karbonizat w ilości od 2 do 8% substancji organicznej zgazowanego wsadu spalany jest w złożu fluidalnym (10.1), a wytworzone ciepło podczas procesu spalania karbonizatu wykorzystane jest w parowniku komory fluidalnej (10) i w przegrzewaczach pary (20.1) i (20.2) umieszczonych w kanale konwekcyjnym kotła (20).

Sposób znamieny tym że wytworzone w wyniku spalania karbonizatu spaliny w komorze fluidalnej (10) poddawane są procesowi odpylania w instalacjach odpylania spalin (21) i po chemicznym oczyszczeniu spalin w instalacji (22) odprowadzone są przez wentylator wyciągowy (23) i monitoring (25) do komina (26).

Sposób znamieny tym że ciepło powstałe w wyniku odgazowania i zgazowania wsadu oraz spalania pozostałych po odgazowaniu substancji stałych wykorzystane jest w układach wodno-parowych powierzchni ogrzewalnych instalacji do wytworzenia pary wodnej o temperaturze od 180 do 400°C wykorzystanej w instalacji do celów technologicznych na rozpylanie ciekłego paliwa wspomagającego, zdmuchiwanie popiołu z powierzchni schładzających, konwersję i reforming gazów pirolitycznych oraz do celów energetycznych w odbiornikach ciepła (30).

Instalacja do otrzymywania wodoru z wsadu składającego się z biomasy pochodzenia leśnego, rolniczego, zwierzęcego lub biomasy pochodzącej z biodegradowalnych odpadów komunalnych, z odpadów przemysłowych lub ze stałych paliw kopalnych, będącego mieszaniną w/w substancji lub zgazowanych oddzielnie według wynalazku znamieny tym że wsad przeznaczony do termicznej przeróbki magazynowany jest w bunkrze (1) zapewniającym zasilanie instalacji, przynajmniej w zakresie 2-wu dobowym.

Instalacja wg wynalazku składa się z bunkra wsadu (1), połączonego podajnikiem (2) z zasobnikiem przykotłowym (4) zaopatrzonego w klapę przeciwpożarową (6), połączonym z zasobnikiem kamienia wapiennego (3) zaopatrzonego w podajnik celkowy (3.1).

Wylot zasobnika przykotłowego (4) połączony jest z komorą obrotową (9) poprzez płytę czołową (9.2) i podajnik wsadu (5) zaopatrzonego w silnik elektryczny z falownikiem.

Płyta czołowa (9.2) z komorą obrotową (9) uszczelniona jest kanałem labiryntowym (9.3) do którego doprowadzona jest para uszczelniająca pobierana z technologicznej instalacji parowej (18) poprzez zawór regulacyjno – odcinający (9.6) i manometr parowy (9.5). Wewnątrz komory obrotowej mierzone jest ciśnienie manometrem (9.4) umieszczonym w płycie

czołowej (9.2) i temperatura, manometrami z przekazem radiowym (9.1) umieszczonymi w osi komory obrotowej (9). Komora obrotowa (9) połączona jest z kanałem reakcyjnym (14) przy pomocy kanału pary uszczelniającej (9.7) połączonego z parową instalacją technologiczną (18) poprzez zawór regulacyjny – odcinający (9.8) i manometr (9.9).

Instalacja według wynalazku znamienna tym że kanał reakcyjny gazu pirolitycznego (14) oddzielony jest od komory fluidalnej (10) przy pomocy przegrody (13) wykonanej w postaci ściany membranowej włączonej w obieg wodny instalacji, umieszczony w ten sposób że przegroda (13) umieszczona jest pod kątem  $\alpha = 30 \div 60^\circ$  w stosunku do ściany pionowej naprzeciwko wylotu z komory obrotowej w ten sposób że pomiędzy krawędzią wylotową komory obrotowej a dolną krawędzią przegrody (13) przez całą szerokość komory fluidalnej (10) przebiega szczelina o szerokości  $b = 100 \div 500\text{mm}$  przez którą z komory obrotowej (9) spływa karbonizat i substancja mineralna popiołu do złoża fluidalnego (10.1), które od spodu zamyka komorę fluidalną (10) poprzez dno dyszowe (10.2) połączone ze skrzyniami gazu fluidalnego (10.3), połączone poprzez kłapy regulacyjne gazu fluidyzacyjnego (10.7) z układem gazu fluidyzacyjnego (27) który pobiera spaliny z kanału wylotowego za wentylatorem wyciągowym (23) poprzez klapę regulacyjną spalin (27.1) i wentylator spalin (27.2) napędzany silnikiem elektrycznym z falownikiem tłoczy spaliny rurciągiem (27) wyposażonym w klapę regulacyjną (27.3) do mieszalnika (33) połączonego z wentylatorem zimnego powietrza (27.6) napędzanego silnikiem elektrycznym z falownikiem i zaopatrzonego w klapę regulacyjną (27.5).

Instalacja wg wynalazku znamienna tym że proces spalania pozostałego po odgazowaniu karbonizatu odbywa się w złożu fluidalnym (10.1) utworzonym z popiołu i karbonizatu pochodzącego z odgazowanego wsadu oraz z materiału inertnego podawanego z zasobnika (10.8) do złoża przy pomocy podajnika celkowego (10.9). Nadmiar popiołu ze złoża fluidalnego odprowadzany jest kanałem odprowadzającym popiół (12.1) poprzez podajnik celkowy (12.2) do wanny żuźlowej (12.3) do której doprowadzany jest również popiół z leja zsykowego kanału konwekcyjnego (20.3) oraz z instalacji odpylania spalin (21).

Instalacja wg wynalazku znamienna tym że proces spalania karbonizatu w złożu fluidalnym kontrolowany jest przez układ termoelementów (10.5) i układ czujników ciśnienia (10.6) umieszczonych nad dnem dyszowym (10.2) w odległości od dna  $200 \div 500\text{mm}$  oraz w odległości od 2 do 3m, a temperatura złoża jest utrzymywana przy pomocy palnika rozpalkowo-stabilizującego (10.4) zasilanego przez moduł przypalnikowy (8) sterujący pracą

palnika, zasilany parą technologiczną poprzez zawór regulacyjno-odcinający (18.10) i manometr (18.11).

Instalacja wg wynalazku znamienna tym że kanał gazu pirolitycznego (14) wykonany ze szczelnych ścian membranowych zabudowany jest powierzchniami ogrzewalnymi przegrzewacza grodziowego pary (14.1) oraz powierzchniami ogrzewalnymi podgrzewaczy wody (14.3, 14.5, 14.7) i komorą katalizatora wysokotemperaturowego (14.2) oraz katalizatora niskotemperaturowego (14.4, 14.6, 14.8), zakończony jest kopułą (14.9) w której umieszczone są króćce do pomiaru temperatury (14.10), do pomiaru ciśnienia (14.12) i do poboru parobek gazu do analizy chemicznej. Wylot z kopuły kanału gazowego (14.9) połączony jest z instalacją do odpylania gazu wodorowego (15), z instalacją do osuszania i oczyszczania gazu z  $CO_2$  (16) oraz z instalacją do oczyszczania gazu z innych zanieczyszczeń gazowych.

Instalacja wg wynalazku znamienna tym że wylot z komory fluidalnej zakończony jest festonem (10.4) poprzez który komora fluidalna łączy się z kanałem konwekcyjnym kotła (20) w którym umieszczony jest przegrzewacz pary 1-go stopnia (20.1) i przegrzewacz pary 2-go stopnia, który posiada lej zsykowy (20.3) i zakończony jest czopuchem (20.4) w którym umieszczone są króćce do pomiaru temperatury (20.5), do poboru próbek spalin do analizy (20.6) i do pomiaru ciśnienia (20.7) i połączony jest z instalacją odpylania spalin (21), z instalacją chemicznego oczyszczania spalin (22), z wentylatorem wyciągowym spalin (23) z klapą regulacyjną (24), układem monitoringu spalin (25) i z kominem (26).

Instalacja wg wynalazku znamienna tym że układ wodny kotła zasilany jest wodą kotłową składającą się z wody surowej i kondensatu, przygotowana jest w układzie chemicznego przygotowania wody kotłowej (31) i podawana jest do układu kotłowego przy pomocy pompy zasilającej (32) która tłoczy wodę przez układ podgrzewaczy wody (14.7, 14.5, 14.3, 14.1) do walczaka (19) który łączy się rurami opadowymi (11) i przez pompę cyrkulacyjną (10.11) z dolnymi kolektorami (10.10) połączonymi ze ścianami membranowymi kotła, które poprzez górne kolektory (10.10) łączy się z walczakiem kotła (19) który połączony jest z parowym przegrzewaczem grodziowym (14.1) oraz przegrzewaczem 1-go stopnia (20.1) i drugiego stopnia (20.2), który połączony jest poprzez zawór regulacyjno-odcinający (28), manometr (29), termoelement (34) z odbiornikiem ciepła (30) i układem technologicznym instalacji (18) poprzez zawór regulacyjno-odcinający (35), manometr (36) i termometr (37).

## Zastrzeżenia patentowe:

1. Sposób otrzymywania wodoru z gazu pirolitycznego pochodzącego z odgazowania biomasy, odpadów organicznych i nieorganicznych bezpiecznych i niebezpiecznych oraz kopalnych paliw stałych w warunkach szybkiej pirolizy znamienny tym że wsad składający się z paliwa oraz rozdrobnionego kamienia wapiennego poddany zostaje procesowi suszenia i szybkiej pirolizy w temperaturze od  $500$  do  $1300^{\circ}C$  w atmosferze redukcyjnej w obecności płomienia wysokokalorycznego paliwa gazowego lub ciekłego w wyniku czego powstaje gaz pirolityczny który poddany zostaje procesowi wysokotemperaturowego reformingu węglowodorowego i konwersji tlenku węgla parą wodną w temperaturze  $900 \div 1300^{\circ}C$  oraz wysokotemperaturowej katalitycznej konwersji tlenku węgla i reformingu metanu parą wodną w temperaturze  $800 \div 900^{\circ}C$  i kilkustopniowej korzystnie trzystopniowej niskotemperaturowej w zakresie od  $500$  do  $120^{\circ}C$  konwersji tlenku węgla przy pomocy pary wodnej w obecności katalizatorów, w wyniku czego powstaje gaz zawierający od 68 do 75% obj. wodoru.
2. Sposób otrzymywania wodoru z procesu odgazowania biomasy, odpadów i paliw stałych wg zastrzeżenia (1) znamienny tym że proces odgazowania substancji stałej zawierający siarkę i chlor odbywa się w obecności kamienia wapiennego podawanego do wsadu w ilościach od ilości stechiometrycznych do ilości 1,5 razy większych dzięki czemu gaz pirolityczny na wyjściu z komory obrotowej nie zawiera związków siarki i chloru lub zawiera je w śladowych ilościach.
3. Sposób wg zastrzeżenia (1) znamienny tym że proces wysokokalorycznego reformingu węglowodorów typu:  $CH_4$ ,  $C_2H_2$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_nH_m$  oraz konwersji tlenku węgla odbywa się w temperaturze  $900 \div 1300^{\circ}C$  bez udziału katalizatora przy udziale pary wodnej w ilości od 50 do  $200 \frac{kg}{1t_{wsadu}}$  o temperaturze od 150 do  $500^{\circ}C$  doprowadzony w przestrzeń wlotową gazów pirolitycznych do kanału reakcyjnego.
4. Sposób wg zastrzeżenia (1) znamienny tym że wysokotemperaturowa konwersja tlenku węgla i reformingu metanu odbywa się w obecności katalizatora w temperaturze  $800 \div 900^{\circ}C$  przy udziale pary wodnej w ilości od 20 do  $100 \frac{kg}{1t_{wsadu}}$  o temperaturze od 150 do  $500^{\circ}C$ .

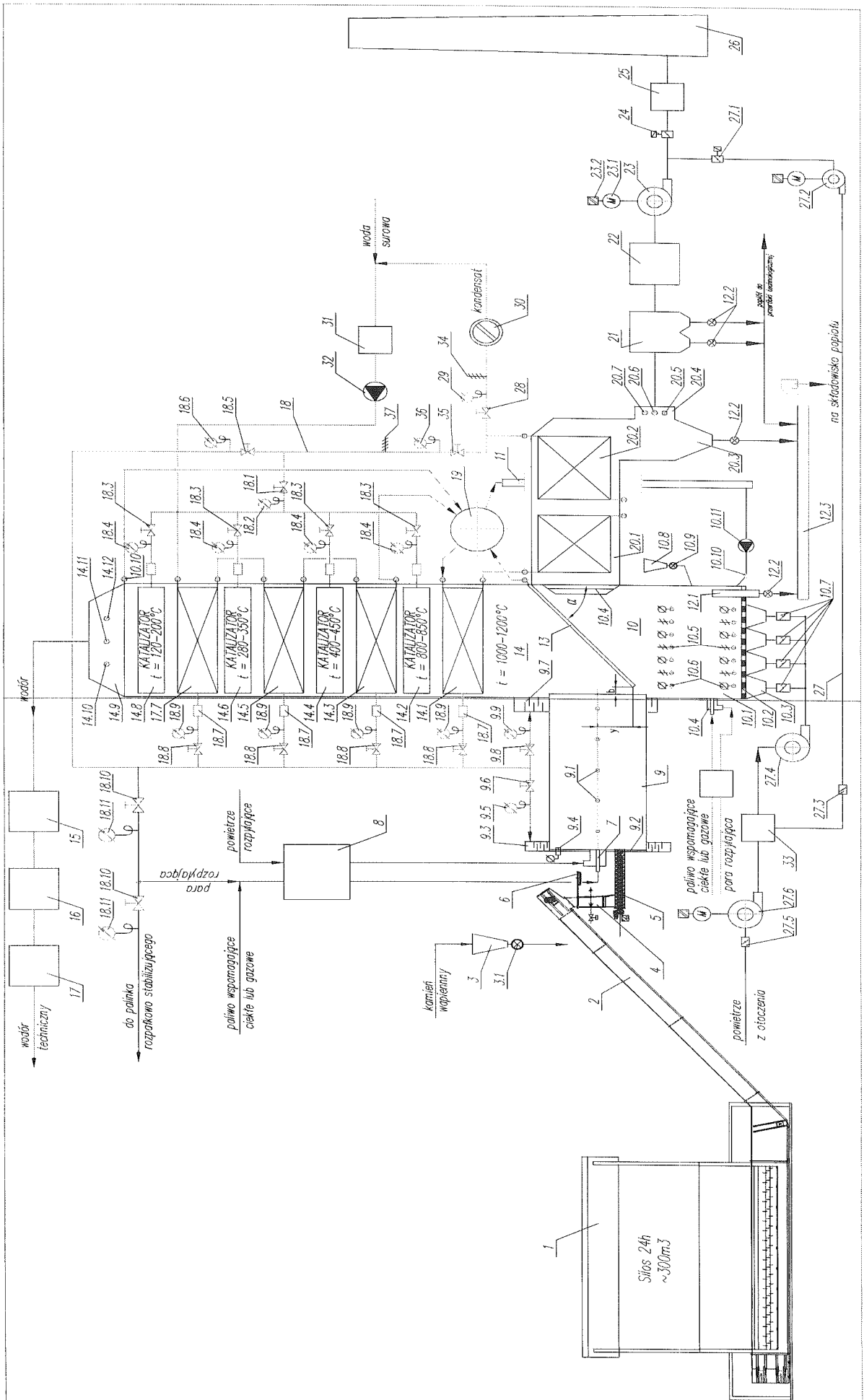
5. Sposób wg zastrzeżenia (1) znamienny tym że niskotemperaturowa konwersja tlenku węgla odbywa się w kilku etapach, korzystnie w 3-ch w obecności katalizatora w temperaturach od 120 do 500° C przy pomocy pary wodnej o temperaturze od 150 do 400° C poddanej w ilości od 20 do 100  $\frac{kg}{1t_{wsadu}}$ .
6. Sposób wg zastrzeżenia (1) znamienny tym że otrzymany gaz o zawartości wodoru 68 ÷ 75% obj. oczyszczony zostaje z części stałych w układzie odpylania (15), osuszony i oczyszczony z dwutlenku węgla w płuczce wodnej i ługowej (16) oraz oczyszczony z pozostałych zanieczyszczeń chemicznych w układzie chemicznego oczyszczania gazu wodorowego (17).
7. Sposób znamienny tym że stała pozostałość po odgazowaniu wsadu w komorze obrotowej (9) zostaje podana do złoża fluidalnego (10.1) komory fluidalnej (10) gdzie ulega spaleni w obecności tlenu będącego składnikiem gazu fluidyzacyjnego który przepływa przez złożo fluidalne (10.1) z prędkością od 0,5 do 4,5  $\frac{m}{s}$ , a wydzielone ciepło zostaje przekazane wodzie przez powierzchnie ogrzewalne instalacji.
8. Instalacja do otrzymywania wodoru z gazu pirolitycznego powstałego w wyniku odgazowania różnego rodzaju biomasy, odpadów i paliw stałych w warunkach szybkiej pirolizy składa się z bunkra załadowczego (1) z zasobnika kamienia wapiennego (3), podajnika wsadu (2) z zasobnika trzykotłowego (4) z podajnikiem (5) połączonych z komorą obrotową (9), znamienny tym że komora obrotowa od przodu zamknięta jest płytą czołową (9.2) w której umieszczony jest palnik (7) zasilany paliwem poprzez moduł aparatury przypalnikowej (8), a która jest połączona z komora obrotowa poprzez uszczelnienia labiryntowe (9.3) zasilane para wodna z instalacji technologicznej (18), a wylot komory (9) połączony jest z kanałem reakcyjnym gazu pirolitycznego (14) poprzez kanał parowy (9.7) zasilany para z instalacji technologicznej (18), a który od komory fluidalnej (10) oddzielany jest skośną przegrodą (13).
9. Instalacja wg zastrzeżenia (8) znamienna tym że kanał pary uszczelniającej (9.7) doprowadzający parę do procesu konwersji i reformingu gazów pirolitycznych w kanale reakcyjnym (14) jest wykonany wokół komory obrotowej (9) powyżej dolnej krawędzi przegrody (13) w odległości y zawartej w przedziale od 0 do 1000mm,

Instalacja znamienna tym że komora fluidalna (10) od dołu zamknięta jest dnem dyszowym (10.2) połączonym od spodu ze skrzyniami gazu fluidyzacyjnego oraz posiadająca w tylnej części złoża kanał do odprowadzania popiołu (12.1) do układu odprowadzania popiołu (12). Instalacja znamienna tym że w górnej części nad ukośną przegrodą (13) wykonany jest kanał reakcyjny gazu pirolitycznego (14) w którym umieszczone są powierzchnie ogrzewalne przegrzewacza grodziowego (14.1) i podgrzewaczy wody (14.3, 14.5, 14.7) zaopatrzone w zdmuchiwalce popiołu (18.7), oraz katalizatory (14.2, 14.4, 14.6, 14.8) które zaopatrzone są w dysze parowe z zaworami (18.3) i manometrami (18.4). Kanał reakcyjny gazu pirolitycznego od góry jest zamknięty kopułą (14.9) która posiada króćce do pomiaru temperatury (14.10), do poboru gazu do analizy chemicznej (14.11) i do pomiaru ciśnienia (14.12) która jest połączona z instalacją do odpylania gazu (15) z instalacją do osuszania i usuwania  $CO_2$  (16) i z instalacją do oczyszczania wodoru z innych zanieczyszczeń chemicznych (17).

10. Instalacja wg zastrzeżenia (8) znamienna tym że kanał reakcyjny gazów pirolitycznych od komory fluidalnej jest oddzielony przegrodą (13) wykonaną w postaci ściany membranowej włączonej w układ wodny kotła, umieszczonej naprzeciwko wylotu komory obrotowej (9) pod kątem  $\alpha$  w zakresie od 30 do 60° w stosunku do pionowej ściany tylnej kanału (14), przy czym pomiędzy dolną krawędzią przegrody (13) a krawędzią wylotową komory obrotowej (9) znajduje się szczelina przez całą szerokość komory fluidalnej (10) o szerokości  $b$  od 100 do 1000mm ,
11. Instalacja wg zastrzeżenia (8) znamienna tym że kanał reakcyjny gazów pirolitycznych (14) wykonany jest w postaci szczelnych ścian membranowych chłodzony wodą, wewnątrz których znajdują się powierzchnie ogrzewalne przegrzewacza pary (14.1) i 3-ch stopni podgrzewacza wody (14.3, 14.5, 14.7).
12. Instalacja wg zastrzeżenia (8) znamienna tym że dolna część instalacji pod przegrodą (13) stanowi komora fluidalna (10) od spodu zamknięta dnem dyszowym (10.2) pod którym znajdują się skrzynie gazu fluidyzacyjnego (10.3) połączone poprzez kłapy regulacyjne (10.7) z wentylatorem podmuchowym (27.4) połączonym z mieszalnikiem gazu fluidyzacyjnego (33) i połączonym z wentylatorem powietrza zimnego (27.6) i wentylatorem spalin z recyrkulacji (27.2).
13. Instalacja wg zastrzeżenia (8) znamienna tym że komora fluidalna (10) wyposażona jest w palnik rozpałkowo-stabilizujący (10.4), w zasobnik materiału inertnego (10.8) oraz w króćce do pomiaru ciśnienia (10.6) i temperatury (10.5) umieszczone w

odległości  $200 \div 500mm$  nad dnem dyszowym i w odległości  $2000 \div 3000mm$  nad dnem dyszowym (10.2) oraz posiada kanał odprowadzenia popiołu (12.1) umieszczony, korzystnie w tylnej części złoża w pobliżu ściany pionowej leja popiołowego oraz posiada okno wylotowe spalin wykonane w postaci festonu (10.4) łączącego komorę fluidalną z kanałem konwekcyjnym kotła (20) w którym umieszczony jest przegrzewacz pary 1-go stopnia (20.1), 2-go stopnia (20.2).





## Spis oznaczeń.

- 1 – Bunkier wsadu
- 2 – Podajnik wsadu
- 3 – Zasobnik kamienia wapiennego
- 3.1 – Podajnik celkowy kamienia
- 4 – Zasobnik przykotłowy
- 5 – Podajnik wsadu do komory obrotowej
- 6 – Kłapa przeciwpożarowa
- 7 – Palnik na paliwo wspomagające
- 8 – Moduł przypalnikowy sterujący pracą palnika
- 9 – Komora obrotowa
- 9.1 – Czujnik pomiaru temperatury wnętrza komory obrotowej
- 9.2 – Płyta czołowa
- 9.3 – Kanał labiryntowy uszczelniający płytę czołową komory
- 9.4 – Manometr pomiaru ciśnienia wnętrza komory obrotowej
- 9.5 – Manometr pomiaru ciśnienia pary uszczelniającej płytę czołową
- 9.6 – Zawór regulacyjny ciśnienia pary uszczelniającej płytę czołową
- 9.7 – Kanał pary uszczelniającej komorę obrotową z komorą fluidalną
- 9.8 – Zawór regulacyjny pary zasilającej kanał uszczelniający
- 9.9 – Manometr pomiaru ciśnienia pary zasilającej kanał
- 10 – Komora fluidalna
- 10.1 – Złoże fluidalne
- 10.2 – Dno dyszowe
- 10.3 – Skrzynia gazu fluidyzacyjnego
- 10.4 – Palnik rozpałkowo-stabilizujący pracą złoża
- 10.5 – Czujnik pomiaru temperatury złoża
- 10.6 – Manometr pomiaru ciśnienia złoża
- 10.7 – Kłapy regulacyjne gazu fluidyzacyjnego
- 10.8 – Zasobnik materiału inertnego
- 10.9 – Dozownik celkowy materiału inertnego
- 10.10 – Kolektor zasilający ściany ekranowe komory fluidalnej
- 10.11 – Pompa cyrkulacyjna wody kotłowej zasilającej ściany ekranowe
- 11 – Rura opadowa zasilająca ściany ekranowe komory
- 12 – Układ odprowadzenia popiołu
- 12.1 – Kanał odprowadzający popiół ze złoża fluidalnego
- 12.2 – Podajnik celkowy popiołu
- 12.3 – Wanna żużłowa
- 13 – Przegroda oddzielająca gaz pirolityczny od karbonizatu
- 14 – Kanał reakcyjny gazu pirolitycznego
- 14.1 – Grodziowy przegrzewacz pary
- 14.2 – Katalizator 1-go stopnia
- 14.3 – Podgrzewacz wody 3-go stopnia
- 14.4 – Katalizator 2-go stopnia

- 14.5 – Podgrzewacz wody 2-go stopnia
- 14.6 – Katalizator 3-go stopnia
- 14.7 – Podgrzewacz wody 1-go stopnia
- 14.8 – Katalizator 3-go stopnia
- 14.9 – Kopała zamykająca kanał gazowy
- 14.10 – Czujnik pomiaru temperatury gazów wylotowych
- 14.11 – Sonda do poboru próbek gazów
- 14.12 – Czujnik do pomiaru ciśnienia gazów wylotowych
- 15 – Instalacja do odpylania gazu wodorowego
- 16 – Instalacja do osuszania i oczyszczania gazu z CO<sub>2</sub>
- 17 – Instalacja do oczyszczania gazu z innych zanieczyszczeń chemicznych
- 18 – Parowa instalacja technologiczna
  - 18.1 – Zawór regulacyjny pary technologicznej zasilającej katalizatory
  - 18.2 – Manometr do pomiaru ciśnienia pary technologicznej zasilającej katalizatory
  - 18.3 – Zawory regulacyjne pary zasilającej poszczególne stopnie katalizatorów
  - 18.4 – Manometr do pomiaru ciśnienia pary zasilającej poszczególne stopnie katalizatorów
  - 18.5 – Zawór regulacyjny pary do zdmuchiwanie popiołu
  - 18.6 – Manometr do pomiaru ciśnienia pary do zdmuchiwanie popiołu
  - 18.7 – Zdmuchiawcz popiołu
  - 18.8 – Parowy zawór regulacyjny zdmuchiawcza popiołu
  - 18.9 – Manometr do pomiaru ciśnienia pary zdmuchiawcza popiołu
  - 18.10 – Parowy zawór regulacyjny do palnika wspomagającego
  - 18.11 – Manometr do pomiaru ciśnienia pary zasilającej palnik wspomagający
- 19 – Walczak kotła
- 20 – Kanał konwekcyjny kotła
  - 20.1 – Podgrzewacz pary 1-go stopnia
  - 20.2 – Podgrzewacz pary 2-go stopnia
  - 20.3 – Lej zsykowy kanału konwekcyjnego
  - 20.4 – Czopuch wylotowy kotła
  - 20.5 – Króciec do pomiaru temperatury spalin wylotowych
  - 20.6 – Króciec do poboru próbki spalin do analizy
  - 20.7 – Króciec do pomiaru ciśnienia spalin wylotowych
- 21 – Instalacja odpylania spalin
- 22 – Instalacja chemicznego oczyszczania spalin
- 23 – Wentylator wyciągowy spalin
  - 23.1 – Silnik napędowy wentylatora spalin
  - 23.2 – Falownik silnika wentylatora spalin
- 24 – Kłapa regulacyjna spalin do komina
- 25 – Stacja monitoringu spalin
- 26 – Komin
- 27 – Układ gazu fluidyzacyjnego
  - 27.1 – Kłapa regulacyjna spalin do fluidyzacji
  - 27.2 – Wentylator spalin do fluidyzacji
  - 27.3 – Kłapa regulacyjna spalin

- 27.4 – Wentylator gazu fluidyzacyjnego
- 27.5 – Kłapa regulacyjna powietrza
- 27.6 – Wentylator powietrza
- 28 – Zawór regulacyjny pary wylotowej
- 29 – Manometr pary wylotowej
- 30 – Odbiornik ciepła
- 31– Układ przygotowania wody kotłowej
- 32 – Pompa wody zasilającej kocioł
- 33 – Mieszalnik gazu fluidyzacyjnego
- 34 – Termometr pary wylotowej