

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **235347**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **418350**

(22) Data zgłoszenia: **16.08.2016**

(51) Int.Cl.

C10B 53/02 (2006.01)

C10B 49/04 (2006.01)

C10B 7/02 (2006.01)

C10B 21/12 (2006.01)

(54) **Sposób i urządzenie do uwęglania materiału biomasowego lub mieszanki materiału biomasowego z węglem kamiennym i/lub brunatnym**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

26.02.2018 BUP 05/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

29.06.2020 WUP 08/20

(73) Uprawniony z patentu:

**NEW TECHNOLOGY TRADE SPÓŁKA
Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ,
Kobylany, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ZBIGNIEW BIS, Częstochowa, PL
ROBERT ZARZYCKI, Kopalnia, PL
RAFAŁ KOBYŁECKI, Częstochowa, PL
FRANCISZEK KUŹNICKI, Kobylany, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Mariusz Grzesiczak

PL 235347 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób i urządzenie do uwęglania materiału biomasowego, zwłaszcza w postaci biomasowych odpadów leśnych, roślin energetycznych, biomasy rolniczej jak słoma, siano, trawa, ziarna, odpadów z przetwórstwa rolno-spożywczego, na przykład odpadów z produkcji pieczarek, biomasowych odpadów przemysłowych, biomasowych odpadów komunalnych, osadów ściekowych, lub mieszanki materiału biomasowego z węglem kamiennym i/lub brunatnym, zwłaszcza z miętem węgla kamiennego i/lub brunatnego, dla otrzymywania produktu stałego o wysokim stopniu uwęglania.

Proces uwęglania biomasy to wysokotemperaturowy proces suszenia biomasy, spełniający kilka istotnych funkcji: usuwanie wilgoci, a wraz z nią części lotnych substancji, szczególnie o niskiej masie cząsteczkowej, zwiększenie udziału cząsteczek węglowodorowych, co nadaje produktowi właściwości hydrofobowe, oraz oczyszczanie biomasy odpadowej, w większym lub mniejszym stopniu zanieczyszczonej szkodliwymi substancjami chemicznymi (Hg, Cl, S itp.). Wszystko to powoduje wzrost odporności na działanie mikroorganizmów oraz zwiększenie kruchości produktu, co ułatwia jego rozdrabnianie.

Znane są różne sposoby i urządzenia do uwęglania biomasy, to jest przetwarzania stałych materiałów odpadowych z biomasy, w tym odpadów leśnych i odpadów komunalnych na produkty stanowiące tanie źródła ciepła, energii, gaz syntezowy lub sorbenty do wychwytywania zanieczyszczeń, na przykład gazowych.

Między innymi z opisu patentowego PL204294 znany jest sposób autotermicznej waloryzacji stałych paliw odpadowych oraz biomasy, polegający na tym, że mieszankę zwłaszcza rozdrobnionej biomasy i/lub węgla kamiennego odpadowego i/lub węgla brunatnego odpadowego i/lub odpadów tworzyw sztucznych, poddaje się przy ciągłym mieszanii z przemieszczaniem się przez długość retorty w reaktorze suszeniu i ogrzewaniu bez dostępu tlenu, do temperatury nie wyższej niż 600°C na wyjściu i procesowi karbonizacji z wydzielaniem do komory spalania gazów z powstających części lotnych lub z powstających części lotnych oraz szkodliwych składników, w tym związków rtęci, siarki, chloru, wydostające się promieniowo z retorty gazy miesza się w komorze spalania z powietrzem i spala się je w przepływie zawirowanym wymuszonym poprzez styczne doprowadzenie powietrza, w czasie nie krótszym niż 2 sek. i temperaturze nie niższej niż 850°C, po czym otrzymane w wyniku spalania spaliny lub gazy z niską zawartością pyłów wyprowadza się z komory spalania reaktora, a otrzymane uwęglone bardziej reaktywne paliwo w postaci półkoku, o wyższej gęstości energii opałowej, uwolnione z wilgoci i szkodliwych składników kieruje się do zamknięcia retorty pełniącej funkcję zbiornika uwęglonego paliwa i gazu. Z tego samego opisu znane jest urządzenie do autotermicznej waloryzacji stałych paliw odpadowych oraz biomasy zawierające reaktor z cylindryczną retortą z umieszczonym wewnątrz przenośnikiem śrubowym połączonym z zasobnikiem świeżej mieszanki, z palnikiem rozpałkowym osadzonym w ścianie komory spalania reaktora, z wentylatorem powietrza do spalania, króćcem wylotowym spalin lub gazów, współpracujący ze zbiornikami odpadowych paliw, urządzeniami do rozdrabniania i segregacji, zasobnikami świeżej mieszanki, charakteryzujące się tym, że zawiera poziomą retortę posiadającą w górnej części na całej długości wzdłuż komory spalania otwory skierowane do górnej części komory spalania do wyprowadzania gazów powstających w retorcie do komory spalania, wyprowadzoną wraz z podajnikiem śrubowym poza reaktor i wprowadzoną wraz z podajnikiem śrubowym do zamknięcia retorty, z podajnikiem śrubowym o zmiennej prędkości obrotowej, wentylator powietrza stycznie zabudowany w ścianie komory spalania korzystnie poniżej retorty, króciec wylotowy spalin lub gazów oraz zamknięcie retorty w postaci szczelnego zbiornika uwęglonego paliwa lub gazu. W przedstawionym rozwiązaniu przekazywanie ciepła od spalanych gazów do materiału poddawanego ogrzewaniu odbywa się poprzez ścianki cylindrycznej retorty, pełniące rolę ekranu osłabiającego promieniowanie cieplne płomienia spalanych gazów na zewnątrz retorty. W omawianym rozwiązaniu szybkość uwęglania rozdrobnionej biomasy, która uzależniona jest w dużej mierze od szybkości dostarczania do biomasy ciepła, ograniczona jest przez ekranowanie ściankami retorty, co uznać należy za podstawową niedogodność tego rozwiązania. Kolejną niedogodnością tego rozwiązania jest zastosowanie do transportu materiału wewnątrz retorty przenośnika ślimakowego z ciągłą wstęgą, która przemieszcza materiał wzdłuż retorty bez jego mieszania, co powoduje, że stopień uwęglania poszczególnych elementów materiału wsadowego jest niejednorodny.

Z opisu patentowego PL209473 znane jest urządzenie do przerobu na paliwo stałe biomasy z dodatkiem odpadów, zwłaszcza odpadów organicznych, w szczególności odpadów przemysłu drzew-

nego i/lub spożywczego i/lub produktów oczyszczalni komunalnej, odznaczających się zblizoną zawartością węgla, stanowiących mieszanke z biomasą o znacznej zawartości wilgoci, zaopatrzone w palnik zapłonowy zasilany zewnętrznym źródłem zasilania, charakteryzujące się tym, że korpus reaktora osłonięty izolacją termiczną ma rurowy podajnik wstępnego przetwarzania masy osadzony po stronie biernej na łożysku kompensacyjnym, który po stronie wsadowej ma kosz zasilający podający połączony z wymiennym zespołem podawania, którego lej wprowadzający jest osadzony w komorze rurowego podajnika wstępnego przetwarzania masy, przy czym rurowy podajnik wstępnego przetwarzania masy jest zaopatrzone w przesuwny skrobak czyszczący, a na odcinku przesypu ma zespół odbioru połączony z przenośnikami uwęglającymi zakończonymi lejem wysypowym, a korpus reaktora ma palnik inicjacji zapłonu. Jedynym zabezpieczeniem elementów transportujących przed oklejaniem i przywieraniem ogrzewanego materiału jest przesuwny skrobak czyszczący, który ze względu na wysoką temperaturę i zanieczyszczenia może ulegać blokowaniu, co uznać należy za istotną niedogodność tego rozwiązania. Kolejną jest ograniczony przepływ ciepła przez ścianki retorty.

Z opisu patentowego PL211898 znany jest również sposób zwęglania biomasy przemieszczanej w poziomej retorcie umieszczonej w komorze spalania i poddawanej suszeniu i ogrzewaniu bez dostępu powietrza, polegający na tym, że biomasa, rozdrobniona do wymiaru od 10 do 100 mm, transportowana jest do suszarni, gdzie ogrzewana jest spalinami uchodzącymi z reaktora o temperaturze nie wyższej od 470 K, aż do osiągnięcia zawartości wilgoci nie większej niż 35%, po czym wstępnie przygotowana biomasa transportowana jest przez śluzę do co najmniej jednego reaktora, gdzie w warunkach beztlenowych w czasie od 5 do 60 minut osiąga temperaturę od 600 do 1300 K, przy czym w reaktorze ciepło przekazywane jest biomase na sposób przeponowy przez spaliny, które wytwarzane są w zewnętrznej komorze spalania i które to spaliny na wyjściu z komory spalania mają temperaturę od 1000 do 1500 K, a następnie od zwęglonej biomasy oddziela się w reaktorze gaz pizolityczny, który spalany jest w wewnętrznej komorze spalania, a po wyjściu z reaktora zwęglona biomasa kierowana jest do wygaszacza, gdzie schładza się ją do temperatury poniżej 400 K. Z tego samego opisu znany jest reaktor do zwęglania biomasy zawierający lej zasypowy, poziomą retortę z umieszczonym w jej wnętrzu przenośnikiem, charakteryzujący się tym, że lej zasypowy biomasy przytwierdzony jest do komory wstępnej, która połączona jest z wlotem górnej retorty a wylot tej retorty przylega do komory przesypowej, do której to komory przylega wlot dolnej retorty, przy czym wylot tej retorty połączony jest z separatorem umieszczonym bezpośrednio pod komorą wstępną, który to separator wyposażony jest w odprowadzenie gazów oraz wylot zwęglonej biomasy, a przez komorę wstępną, obie retorty, komorę przesypową oraz separator przechodzi wspólny przenośnik, przy czym obie retorty umieszczone są w komorze grzewczej zaopatrzonej w króciec wlotowy i króciec wylotowy spalin. W opisanym rozwiązaniu brak jest informacji na temat mieszania materiału podczas transportu i ogrzewania.

Mieszanie jest kluczowe dla uzyskania jednorodnego stopnia uwęglenia wszystkich elementów biomasy, szczególnie gdy przepływ ciepła odbywa się w efekcie bezpośredniego kontaktu elementów materiału z gorącą powierzchnią przepony. Właśnie równomierne i intensywne mieszanie ogrzewanego materiału stało się jednym z celów twórców niniejszego wynalazku.

Celem niniejszego wynalazku było zaprojektowanie nowego sposobu oraz urządzenia do uwęglania materiału biomasowego lub mieszanki materiału biomasowego z węglem kamiennym i/lub brunatnym, korzystnie z węglem w formie mialu, które pozwolą na otrzymanie produktu suchego, hydrofobowego, o ograniczonej zawartości części lotnych względem wyjściowych materiałów, do poziomu, który z jednej strony pozwoli zmniejszyć zawartość szkodliwych zanieczyszczeń, głównie chloru, rtęci, siarki, itp., z drugiej strony umożliwi zapłon paliwa w temperaturach nie wyższych niż 400°C, a także obniżonej emisji PM_{2,5}, PM₁₀, WWA (wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne), TOC (całkowita zawartość węgla organicznego), umożliwiającego między innymi formowanie paliw dla wysokosprawnych niskoemisyjnych kotłów, urządzeń grzewczych, o stabilnych parametrach jakościowych, wysokiej wartości opałowej >26 MJ/kg, niskiej zawartości popiołu, optymalnie poniżej 10%, niskiej zawartości siarki poniżej 0,6/0,8%, małym udziale drobnopozostających frakcji rzędu < 5 mm, niskiej spiekalności RI poniżej 20, w przypadku kotłów automatycznie zasilanych paliwem, optymalnie RI < 10.

Cel ten udało się zrealizować poprzez opracowanie urządzenia do uwęglania materiału wsadowego w postaci materiału biomasowego lub mieszanki materiału biomasowego z węglem kamiennym i/lub brunatnym, charakteryzującego się tym, że zawiera pochyły reaktor uwęglania z wewnętrzną komorą reaktora uwęglania, z zabudowanymi wzdłuż całej komory, w jej dolnej części co najmniej dwoma mieszadłami pełniącymi jednocześnie rolę przenośników śrubowych, w postaci równoległych do siebie, przeciwbieżnych wałów z elementami mieszającymi i przemieszczającymi materiał wsadowy. Komora

reaktora uwęglania zamknięta jest od góry stropem z zamontowanymi w nim przelotowo dyszami doprowadzającymi powietrze do spalania produktów gazowych powstających podczas uwęglania materiału wsadowego, których wloty znajdują się w zabudowanych nad stropem kilku, korzystnie trzech szczelnie oddzielonych od siebie skrzyniach powietrznych z osobnymi, regulowanymi kanałami doprowadzającymi do nich powietrze z otoczenia, a wyloty skierowane są do wewnątrz komory reaktora uwęglania pod kątem α do powierzchni stropu, przeciwnie do kierunku przemieszczania uwęglanego materiału wsadowego. Reaktor uwęglania od strony wprowadzania materiału wsadowego posiada zasyp tego materiału do komory reaktora uwęglania, zaś z przeciwległej strony ma skierowany w dół kanał wylotowy uwęglonego produktu z komory reaktora uwęglania, a nad kanałem wylotowym, bezpośrednio pod stropem zabudowany jest palnik rozpałkowy z wylotem płomienia skierowanym przeciwnie do kierunku przemieszczania uwęglanego materiału wsadowego. Palnik wykorzystywany jest do wstępnego wygrzania stropu oraz nagrzania uwęglanego materiału wsadowego w okresie rozruchu instalacji. Palnik ten może być wykorzystywany także dla okresowej stabilizacji procesu uwęglania w przypadku znacznego pogorszenia się właściwości materiału uwęglanego, na przykład znaczącego wzrostu wilgotności, zawartości popiołu, itp., skutkującym obniżeniem temperatury w komorze reaktora uwęglania poniżej 500°C. Ponadto z górnej części reaktora uwęglania wyprowadzony jest kanał wylotowy gazów spalinowych do strumienicy wyposażonej w dyszę doprowadzającą do niej powietrze.

Korzystnie, urządzenie wyposażone jest również w dodatkowy kanał wlotowy wprowadzony do zasypu reaktora uwęglania i doprowadzony z miejsca pobierania materiału wsadowego. Kanał ten w wariantcie urządzenia bez wykorzystania suszarki służy do wprowadzania do zasypu reaktora uwęglania wszystkich składników materiału wsadowego dostarczanych z zewnętrznego miejsca pobierania materiału wsadowego, natomiast w wariantcie urządzenia z wykorzystaniem suszarki służy do osobnego wprowadzania do zasypu reaktora uwęglania części składników materiału wsadowego, na przykład samego miazgu węglowego, dostarczanych z zewnętrznego źródła, podczas gdy pozostała część dostarczana jest z suszarki.

Korzystnie, urządzenie według wynalazku wyposażone jest dodatkowo w moduł wstępnego pod-suszania materiału wsadowego, który stanowi suszarka z wewnętrzną retortą, korzystnie poziomą, z zamontowanym wewnątrz wzdłuż retorty mieszadłem łopatkowym w postaci wału z przymocowanymi do niego wzdłuż linii śrubowej łopatkami mieszającymi, przy czym wał z jednej strony wprowadzony jest do komory mieszania gazów, a wewnątrz wału wzdłuż jego osi wykonany jest obustronnie otwarty kanał do wprowadzania i transportowania czynnika suszącego, którego wlot znajduje się w komorze mieszania gazów, a wylot wprowadzony jest do wejścia kanału spiralnego zabudowanego wokół retorty suszarki. W suszarce, z jednej strony, to jest od strony komory mieszania gazów wykonany jest kanał wlotowy materiału wsadowego, a z przeciwległej strony wykonany jest kanał wylotowy wstępnie pod-suszonego materiału wsadowego kierowanego do pochyłego reaktora uwęglania. Suszarka wyposażona jest w odrębny kanał wylotowy oparów z retorty oraz odrębny kanał wylotowy czynnika suszącego z kanału spiralnego. Komora mieszania gazów wyposażona jest w dyszę doprowadzającą do niej powietrze.

W wariantcie urządzenia z modułem wstępnego pod-suszania materiału wsadowego, z wylotu strumienicy reaktora uwęglania wyprowadzony jest kanał spalin, który z drugiej strony wprowadzony jest do komory mieszania gazów w suszarce.

Korzystnie, ze strumienicy wyprowadzony jest kolejny kanał spalin wprowadzony z drugiej strony do kotła odzysknicowego, a następnie do układu oczyszczania gazów wyprowadzanych do atmosfery.

Korzystnie, komora reaktora uwęglania ma przekrój poprzeczny prostokątny lub owalny.

Długość komory reaktora uwęglania zależna jest od wymaganego stopnia uwęglania materiału wsadowego i nie przekracza zwykle 6 metrów.

Korzystnie, strop komory reaktora uwęglania jest płaski lub łukowaty.

Korzystnie, strop komory reaktora uwęglania wyłożony jest od wewnątrz ceramiką w celu akumulacji ciepła dla stabilizacji procesu spalania gazów pochodzących z odgazowania materiału uwęglanego oraz zabezpieczenia materiału stropu przed przegrzaniem.

Korzystnie, przelotowo zamontowane w stropie komory reaktora uwęglania dysze powietrzne rozmieszczone są równomiernie.

Korzystnie, dysze powietrzne zamontowane w stropie komory reaktora uwęglania rozmieszczone są w układzie rzędowym z podziałką s w zakresie $s = 0,1 - 0,3$ m, najkorzystniej $s = 0,2$ m dla zapewnienia intensywnego i równomiernego wymieszania spalanych gazów z tlenem z powietrza.

Korzystnie, co drugi rząd dysz zamontowanych w stropie komory reaktora uwęglania ma wpływ powietrza skierowany równolegle do stropu ($\alpha=0^\circ$), a w pozostałych wpływ powietrza skierowany jest pod kątem $\alpha = 20^\circ-90^\circ$, najkorzystniej 40° do stropu, co zapewnia optymalny stopień wymieszania substratów, to jest spalanych gazów z tlenem z powietrza.

Korzystnie, kanały doprowadzające powietrze do skrzyń powietrznych zabudowanych nad stropem komory reaktora uwęglania wyposażone są w przepustnice o regulowanym położeniu, które umożliwiają regulację ilości doprowadzanego powietrza.

Korzystnie, w dolnej części komory reaktora uwęglania, centralnie, to jest w podłużnej osi symetrii komory reaktora uwęglania, pod mieszadłami, znajduje się komora powietrzna z otworami wypływowymi skierowanymi do wewnątrz komory reaktora uwęglania, podzielona na kilka, korzystnie cztery szczelnie oddzielone od siebie strefy z osobnymi regulowanymi kanałami doprowadzającymi do nich powietrze z otoczenia, wyposażonymi w przepustnice o regulowanym położeniu, co umożliwia odpowiednią regulację ilości doprowadzanego powietrza.

Korzystnie, na ściankach bocznych komory reaktora uwęglania zabudowany jest dodatkowo system poziomych, rozmieszczonych najkorzystniej w odległości 0,1 m od siebie dysz zasilanych powietrzem z kolektorów.

Korzystnie, pochyły reaktor uwęglania wyposażony jest w śrubę do regulacji jego kąta nachylenia β do poziomu, dla uzyskania wymaganego czasu pobytu uwęglanego materiału wsadowego w reaktorze, zapewniającego potrzebny stopień uwęglania.

Korzystnie, każde mieszadło reaktora uwęglania stanowiące jednocześnie rolę przenośnika śrubowego ma postać wału z przymocowanymi do niego wzdłuż linii śrubowej elementami mieszającymi w postaci łopatek.

Korzystnie, mieszadła reaktora uwęglania mają postać mieszadeł łopatkowych płaskich lub alternatywnie łopatkowych łukowych.

Korzystnie, łopatki mieszające mieszadeł reaktora uwęglania są na końcach utwardzone, zwłaszcza w wyniku obróbki cieplno-chemicznej w sposób typowy dla nadania wysokiej wytrzymałości powierzchni łopatek na ścieranie, na przykład poprzez nawęglanie i/lub napawanie itp., lub alternatywnie zawierają na końcach nakładki ochronne ograniczające ich zużycie, wykonane z materiału odpornego na ścieranie, na przykład z żeliwa LIVCON 700.

Korzystnie, przeciwbieżne wały mieszadeł reaktora uwęglania prowadzone są w łożyskach i połączone są z napędem w postaci jednego silnika poprzez wspólną przekładnię.

Korzystnie, retorta suszarki ma przekrój poprzeczny owalny lub kołowy.

Korzystnie, zabudowany wokół retorty suszarki kanał spiralny wykonany jest z materiału ceramicznego lub alternatywnie z metalu, na przykład stali żaroodpornej.

Korzystnie, mieszadło suszarki ma postać mieszadła łopatkowego płaskiego lub alternatywnie łopatkowego łukowego.

Korzystnie, łopatki mieszające mieszadła suszarki są na końcach utwardzone, zwłaszcza w wyniku obróbki cieplno-chemicznej w sposób typowy dla nadania wysokiej wytrzymałości powierzchni łopatek na ścieranie, na przykład poprzez nawęglanie i/lub napawanie itp., lub alternatywnie zawierają na końcach nakładki ochronne ograniczające ich zużycie, wykonane z materiału odpornego na ścieranie, na przykład z żeliwa LIVCON 700.

Korzystnie, wał mieszadła suszarki prowadzony jest na rolkach i płycie dystansowej i połączony jest z napędem w postaci silnika poprzez przekładnię łańcuchową.

Korzystnie, do wewnętrznego kanału wału mieszadła suszarki, po stronie przeciwnej niż komora mieszania gazów wprowadzona jest dodatkowa dysza powietrzna umożliwiająca wprowadzenie do kanału dodatkowego powietrza dla kontroli temperatury czynnika suszącego.

Istotę rozwiązania według wynalazku stanowi również sposób uwęglania materiału biomasowego lub mieszanki materiału biomasowego z węglem kamiennym i/lub brunatnym, charakteryzujący się tym, że rozdrobniony do średnicy ziaren nie większej niż 30 mm materiał wsadowy w postaci materiału biomasowego lub mieszanki materiału biomasowego z węglem kamiennym i/lub brunatnym, korzystnie z węglem w postaci miazgi, w proporcjach zależnych od przeznaczenia finalnego produktu i mieszających się w granicach od 1:9 do 1:1, korzystnie od 1:2 do 1:1, wprowadza się do zasypu pochyłego reaktora uwęglania, skąd pobiera się go do komory wewnętrznej reaktora uwęglania, gdzie przy ciągłym mieszaniu za pomocą co najmniej dwóch przeciwbieżnych mieszadeł pełniących jednocześnie rolę przenośników śrubowych przemieszcza się go pochyło w dół wzdłuż komory reaktora uwęglania,

w której bez dostępu tlenu, w temperaturze od 300 do 1200°C poddaje się procesowi uwęglania (karbonizacji) w czasie zależnym od wymaganego stopnia uwęglania, z wydzielaniem produktów gazowych unoszonych siłą grawitacji do górnej części komory reaktora uwęglania, gdzie z wykorzystaniem palnika rozpałkowego z wylotem płomienia skierowanym przeciwnie do kierunku przemieszczania uwęglanego materiału wsadowego poddaje się go procesowi spalania w wyniku wymieszania z powietrzem podawanym strefowo przez dysze powietrzne zamontowane przelotowo w stropie komory reaktora uwęglania, z prędkością wypływu powietrza z każdej dyszy nie mniejszą niż 15 m/s, przy czym powietrze pobiera się przez dysze z zabudowanych nad stropem kilku, korzystnie trzech szczelnie oddzielonych od siebie skrzyń powietrznych z osobnymi, regulowanymi kanałami doprowadzającymi do nich powietrze z otoczenia, i wprowadza do komory reaktora uwęglania pod kątem α do powierzchni stropu, przeciwnie do kierunku przemieszczania uwęglanego materiału wsadowego. W procesie spalania powstają spaliny wydzielające ciepło bezpośrednio przez promieniowanie nagrzewające strop komory reaktora uwęglania oraz powierzchnię strumienia transportowanego i intensywnie mieszanego materiału wsadowego, które to spaliny kieruje się wzdłuż stropu w przeciwnym kierunku względem kierunku przemieszczania się materiału wsadowego w komorze reaktora uwęglania, po czym zasysa się go do strumienicy w wyniku wytworzenia w niej podciśnienia za pomocą podawanego przez dyszę powietrza doprowadzającego dodatkowo tlen niezbędny do dopalenia substancji palnych gazów, które nie uległy całkowitemu i pełnemu spalaniu w komorze reaktora uwęglania. Po dopaleniu w strumienicy zawartych w spalinach substancji palnych i jednoczesnym wytworzeniu podciśnienia w reaktorze uwęglania, spaliny wyprowadza się do otoczenia. Ciepło wytworzone podczas przepływu i spalania gazowych produktów procesu uwęglania (karbonizacji) ogrzewa bezpośrednio przez promieniowanie strop komory reaktora uwęglania oraz uwęglane substraty transportowane i mieszane w dolnej części komory reaktora uwęglania, które po przemieszczeniu przez całą długość komory reaktora uwęglania wyprowadza się w postaci uwęglonych (skarbonizowanych) produktów kanałem wylotowym na zewnątrz reaktora uwęglania.

W przypadku gdy materiał wsadowy posiada pierwotnie wilgotność >25%, przed wprowadzeniem go do reaktora uwęglania poddaje się go procesowi wstępnego podsuszenia, w taki sposób, że wprowadza się go kanałem wejściowym do retorty suszarki, korzystnie poziomej, gdzie ciągle mieszając za pomocą mieszadła łopatkowego z łopatkami rozmieszczonymi wzdłuż linii śrubowej przemieszcza się materiał wsadowy wzdłuż retorty, a jednocześnie poddaje się go procesowi suszenia do czasu osiągnięcia wilgotności nie wyższej niż 25%, który to czas reguluje się poprzez nastawienie wymaganej prędkości obrotowej wału mieszadła, przy ciśnieniu niższym od atmosferycznego, za pomocą gazowego czynnika suszącego o temperaturze powyżej 100°C do 500°C, który wprowadza się z komory mieszania gazów do kanału wewnętrznego wału mieszadła i transportuje zgodnie z kierunkiem przemieszczania podsuszanego materiału wsadowego przez całą długość retorty, a następnie wprowadza się go do spiralnego kanału okalającego od zewnątrz retortę suszarki i transportuje w kierunku przeciwnym do kierunku przemieszczania podsuszanego materiału wsadowego. Powstałe w trakcie suszenia opary wyprowadza się z retorty kanałem wylotowym oparów, natomiast gazowy czynnik suszący wyprowadza się z kanału spiralnego poprzez odrębny kanał wylotowy czynnika suszącego, przy czym korzystnie zarówno opary jak i gazowy czynnik suszący wyprowadza się do atmosfery poprzez układ filtrów. Poduszony w ten sposób materiał wsadowy kanałem wylotowym wyprowadza się z suszarki i wprowadza do zasypu reaktora uwęglania, gdzie poddaje się go karbonizacji zgodnie z wyżej opisanym sposobem. W wariacie wynalazku z wcześniejszym podsuszaniem w suszarce materiału wsadowego, jako gazowy czynnik suszący stosuje się doprowadzone do komory mieszania przez dyszę powietrze z otoczenia zmieszane w tej komorze ze spalinami, przy czym spaliny w ilości niezbędnej dla osiągnięcia wymaganej temperatury gazowego czynnika suszącego doprowadza się ze strumienicy reaktora uwęglania i wprowadza kanałem stycznie do ścianki komory mieszania w celu zawirowania ułatwiającego mieszanie się obu strumieni gazów, natomiast pozostałą część spalin ze strumienicy odprowadza się do otoczenia.

Ilość powietrza i spalin wchodzących w skład czynnika suszącego dobiera się w zależności od temperatury spalin i zawartości wilgoci w podsuszonym materiale wsadowym, w takich proporcjach, aby suszony materiał wsadowy opuszczający suszarkę miał temperaturę nie wyższą niż 150°C a temperatura gazu suszącego opuszczającego suszarkę była wyższa od temperatury punktu rosy o co najmniej 40°C.

Korzystnie, w przypadku przekroczenia temperatury materiału wsadowego kierowanego do wylotu z suszarki, w celu jej obniżenia do poziomu poniżej 150°C, za pomocą dodatkowej dyszy powietrznej umieszczonej po stronie przeciwnej niż komora mieszania gazów, do wewnętrznego kanału wału mieszadła wprowadza się dodatkowe powietrze.

Jako materiał biomasowy stosuje się zwłaszcza materiał w postaci biomasowych odpadów leśnych, roślin energetycznych, biomasy rolniczej jak słoma, siano, trawa, ziarna, odpadów z przetwórstwa rolno-spożywczego, na przykład odpadów z produkcji pieczarek, biomasowych odpadów przemysłowych, biomasowych odpadów komunalnych, osadów ściekowych.

Korzystnie, powietrze do komory reaktora uwęglania wprowadza się przez dysze powietrzne zamontowane w stropie komory reaktora uwęglania i rozmieszczone w układzie rzędowym z podziałką s w zakresie $s = 0,1\text{--}0,3$ m, najkorzystniej $s = 0,2$ m dla zapewnienia intensywnego i równomiernego wymieszania spalanych z tlenem z powietrza.

Korzystnie, z co drugiego rzędu dysz zamontowanych w stropie komory reaktora uwęglania powietrze wprowadza się do komory równoległe do stropu ($\alpha=0^\circ$), a z pozostałych pod kątem $\alpha = 20^\circ\text{--}90^\circ$, najkorzystniej 40° do stropu, co zapewnia optymalny stopień wymieszania substratów, to jest spalanych gazów z tlenem z powietrza.

Korzystnie, do komory reaktora uwęglania wprowadza się dodatkowo powietrze z komory powietrznej z otworami wypływowymi skierowanymi do wewnątrz komory reaktora uwęglania, zabudowanej w dolnej części komory reaktora uwęglania, centralnie, to jest w podłużnej osi symetrii komory reaktora uwęglania, pod mieszadłami, przy czym powietrze wprowadza się z prędkością nie mniejszą niż 15 m/s.

Korzystnie, do komory reaktora uwęglania wprowadza się dodatkowo powietrze z zabudowanego na ściankach bocznych komory reaktora uwęglania systemu poziomych, rozmieszczonych najkorzystniej w odległości 0,1 m od siebie dysz zasilanych powietrzem z kolektorów, przy czym powietrze z każdej dyszy wprowadza się z prędkością nie mniejszą niż 15 m/s.

Korzystnie, spaliny ze strumienicy wyprowadza się do otoczenia poprzez kocioł odzysknicowy oraz układ oczyszczania spalin, przy czym w kotle odzysknicowym spaliny schładza się oddając ciepło powierzchniom ogrzewalnym, w których jest woda, odzyskując tym samym zawarte w nich ciepło oraz obniżając temperaturę spalin przed układem oczyszczania spalin do temperatury nie wyższej niż 250°C .

Sposób i urządzenie według wynalazku umożliwiają uzyskiwanie uwęglonego produktu w postaci półkoku, częściowo oczyszczonego z niepożądanych składników, takich jak chlor, siarka części lotne, WWA (wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne), TOC (całkowita zawartość węgla organicznego), oraz uzyskiwanie gazów z biomasy leśnej, biomasy rolnej jak słoma, siano, trawy, ziarna, odpadowej biomasy jak odpady komunalne, przemysłowe, osady ściekowe oraz mieszanin wymienionych substratów z węglem kamiennym i/lub brunatnym, korzystnie z miętami tych węgli. Przemysłowe zastosowanie rozwiązania według wynalazku daje szansę na utworzenie sieci zakładów wyposażonych w instalacje do uwęglania materiałów biomasowych lub mieszanek materiałów biomasowych z miętami węgla kamiennego i/lub brunatnego, dostępnych w danym zasięgu na określonym terenie, w odległości najkorzystniej uzasadnionej ekonomicznie, to jest do 150 km od źródła pochodzenia materiału biomasowego.

Sposobem według wynalazku uzyskuje się na wyjściu z reaktora uwęglania uwęglony, ujednolicony produkt o zawartości węgla w stanie suchym $> 50\%$, o niskiej $< 15\%$ zawartości wilgoci i zwiększonej gęstości energii, wykorzystywany zwłaszcza jako paliwo, które może stanowić odrębne źródło energii, może być przeznaczone do transportu do miejsc przeznaczenia, to jest spalania, na przykład w piecach centralnego ogrzewania. Otrzymywany produkt może być stosowany również jako sorbent lub dodatek do gleby, w rolnictwie. Ma lepszą podatność przemiatową niż wejściowy materiał biomasowy, jest hydrofobowy, praktycznie niewrażliwy na działalność mikroorganizmów i bakterii. W wariantcie uwęglania mieszaniny materiału biomasowego oraz mięt węgla kamiennego i/lub brunatnego otrzymuje się produkt, który może być wykorzystany do formowania brykietów lub pelletów niskoemisyjnego paliwa biokompozytowego o zredukowanej emisji cząstek $\text{PM}_{2,5}$ i PM_{10} , WWA, TOC, przeznaczonego do stosowania zwłaszcza w rejonach narażonych na wysokie zanieczyszczenie powietrza i smog.

Rozwiązanie według wynalazku zapewnia większą wydajność procesu uwęglania w wyniku ogrzewania materiału wsadowego przez konwekcję, a szczególnie promieniowanie cieplne, gdzie przestrzeń z materiałem wsadowym poddawany uwęglaniu jest ogrzewana bezpośrednio. Zastosowanie mieszadeł w retorcie suszarki i komorze wewnętrznej reaktora uwęglania, o budowie według wynalazku, zapewnia jednorodność procesu uwęglania i jednorodność uzyskiwanego produktu.

Szybkość uwęglania rozdrobnionego biomasowego materiału wsadowego uzależniona jest w dużej mierze od szybkości dostarczania ciepła do materiału wsadowego. Proponowane rozwiązanie według wynalazku wolne jest od ograniczeń rozwiązań znanych ze stanu techniki, na przykład z opisu

patentowego PL204294, a wynikających z ekranowania ściankami retorty. Uwęglany biomasowy materiał wsadowy ogrzewany jest bezpośrednio drogą promieniowania płomienia spalanych gazów bezpośrednio nad powierzchnią transportowanego materiału.

Proponowane rozwiązanie według wynalazku zapewnia samooczyszczanie się elementów transportujących dzięki zastosowaniu dwu przeciwbieżnych wałów mieszadeł pełniących jednocześnie rolę przenośników śrubowych z elementami mieszającymi, które przemieszczając się względem siebie w kierunkach przeciwnych będą się wzajemnie oczyszczały, co istotnie polepsza jego właściwości w stosunku do rozwiązań znanych ze stanu techniki, na przykład z opisu patentowego PL209473.

W rozwiązaniu według wynalazku zwrócono szczególną uwagę na bardziej równomierne i intensywne mieszanie ogrzewanego materiału w reaktorze uwęglania dzięki zastosowaniu dwu przeciwbieżnych wałów mieszadeł pełniących jednocześnie rolę przenośników śrubowych z elementami mieszającymi. Skuteczne mieszanie dodatkowo odróżnia niniejszy wynalazek od rozwiązań znanych ze stanu techniki.

Przedmiot wynalazku został uwidoczniony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia przekrój wzdłużny przez urządzenie zawierające suszarkę z retortą o przekroju owalnym, komorę mieszania gazów, pochyły reaktor uwęglania ze strumienicą napędzaną powietrzem, fig. 2 – przekrój poprzeczny przez reaktor uwęglania w wariancie komory z płaskim stropem, fig. 3 – przekrój poprzeczny przez reaktor uwęglania w wariancie komory ze stropem owalnym.

Przykład 1

Urządzenie do uwęglania materiału wsadowego mającego postać niedomieszkowanego materiału biomasowego lub mieszanki materiału biomasowego z miałem węgla kamiennego i/lub brunatnego, w przykładowym wykonaniu składa się z dwóch modułów, to jest modułu wstępnego poduszania materiału wsadowego w postaci poziomej suszarki 1 oraz modułu uwęglania materiału wsadowego w postaci pochyłego reaktora uwęglania 2. Suszarka 1 posiada retortę 5 o przekroju poprzecznym owalnym, z zamontowanym wewnątrz wzdłuż retorty, w jej dolnej części mieszadłem ślimakowym w postaci wału 6 z przymocowanymi do niego łopatkami mieszającymi 8. Wał 6 mieszadła z jednej strony wprowadzony jest do komory mieszania gazów 4, a wewnątrz wału 6 wzdłuż jego osi wykonany jest kanał 9 do wprowadzania i transportowania czynnika suszającego, którego wlot znajduje się w komorze mieszania gazów 4 a wylot wprowadzony jest do wejścia stalowego kanału spiralnego 10 zabudowanego wokół retorty 5. W suszarce 1 z jednej strony, to jest od strony komory mieszania 4 wykonany jest kanał wlotowy 7 materiału wsadowego, a z przeciwległej strony wykonany jest kanał wylotowy 13 wstępnie poduszanego materiału wsadowego kierowanego do reaktora uwęglania 2. Suszarka 1 wyposażona jest w odrębny kanał wylotowy 11 oparów z retorty 5 oraz odrębny kanał wylotowy 12 czynnika suszającego z kanału spiralnego 10. Komora mieszania gazów 4 wyposażona jest w dyszę 30 doprowadzającą do niej powietrze oraz w wejście kanału 38 doprowadzającego do niej spaliny ze strumienicy 3 reaktora uwęglania 2. Łopatki mieszające 8 mieszadła są utwardzone w wyniku obróbki cieplno-chemicznej w sposób typowy dla nadania wysokiej wytrzymałości powierzchni łopatek na ścieranie. Wał 6 mieszadła suszarki 1 prowadzony jest na rolkach 32 i płycie dystansowej 33 oraz napędzany silnikiem 40 poprzez przekładnię łańcuchową 34.

Natomiast pochyły reaktor uwęglania 2 zawiera komorę 14 o owalnym przekroju poprzecznym z zamontowanymi wewnątrz wzdłuż całej retorty, w jej dolnej części dwoma mieszadłami łukowymi pełniącymi jednocześnie rolę przenośników śrubowych w postaci równoległych do siebie, przeciwbieżnych wałów 15 z przymocowanymi do nich wzdłuż linii śrubowej łopatkami mieszającymi 16. Komora 14 reaktora uwęglania 2 zamknięta jest od góry wyłożonym ceramiką płaskim stropem 17 z zamontowanymi w nim przelotowo dyszami 18 doprowadzającymi powietrze do spalania produktów gazowych powstających podczas uwęglania materiału wsadowego, których wloty znajdują się w zabudowanych nad stropem 17 skrzyniach powietrznych 19 a wyloty skierowane są do wewnątrz komory 14 pod kątem α do powierzchni stropu 17, przeciwnie do kierunku przemieszczania uwęglanego materiału wsadowego. Dysze 18 zgodnie z przykładem wykonania rozmieszczone są w układzie rzędowym z podziałką $s = 0,2$ m. Co drugi rząd dysz 18 ma wypływ skierowany równoległe do stropu 17 ($\alpha = 0^\circ$), w pozostałych wypływ skierowany jest pod kątem $\alpha = 40^\circ$. Skrzynie powietrzne 19 podzielone są na trzy ściśle oddzielone od siebie strefy (I, II, III) z osobnymi, regulowanymi kanałami 20 doprowadzającymi do nich powietrze, wyposażonymi w przepustnice o regulowanym położeniu, co umożliwia odpowiednią regulację ilości doprowadzanego powietrza. W dolnej części komory 14, centralnie, to jest w osi symetrii komory 14, pod mieszadłami, znajduje się komora powietrzna 21 z otworami wypływowymi 22 skierowanymi do wewnątrz komory 14, podzielona na cztery ściśle oddzielone od siebie strefy z osobnymi kanałami

23 doprowadzającymi do nich powietrze, wyposażonymi w przepustnice o regulowanym położeniu, co umożliwia odpowiednią regulację ilości doprowadzanego powietrza. Dodatkowo na ściankach bocznych komory 14 reaktora uwęglania 2 zabudowany jest system poziomych dysz 24 zasilanych powietrzem z kolektorów 25. Reaktor uwęglania 2 od strony wprowadzania z suszarki 1 podsuszonego materiału wsadowego posiada zasyp 26 tego materiału do komory 14, zaś z przeciwległej strony posiada skierowany w dół kanał wylotowy 27 uwęglonego produktu uwęglania, a nad nim, bezpośrednio pod stropem 19 zabudowany jest palnik rozpałkowy 39 z wylotem płomienia skierowanym przeciwnie do kierunku przemieszczania uwęglanego materiału wsadowego, ponadto z górnej części reaktora uwęglania 2 wyprowadzony jest kanał wylotowy 28 gazów spalinowych do strumienicy 3 napędzanej powietrzem wprowadzanym przez dyszę 29 wykorzystywaną także do dopalenia palnych składników. Z wylotu strumienicy 3 wyprowadzony jest kanał 38 spalin, który z drugiej strony wprowadzony jest do komory mieszania gazów 4 w suszarce 1. Łopatki mieszające 16 mieszadeł są utwardzone w wyniku obróbki cieplno-chemicznej w sposób typowy dla nadania wysokiej wytrzymałości powierzchni łopatek na ścieranie. Pochyły reaktor uwęglania 2 wyposażony jest w śrubę 37 do regulacji jego kąta nachylenia β . Wały 15 mieszadeł reaktora uwęglania 2 prowadzone są w łożyskach 35 i napędzane silnikiem poprzez wspólną przekładnię zębatą 36.

Przykład 2

Rozdrobniony do ziaren o średnicy do 30 mm materiał wsadowy w postaci mieszanki materiału biomasowego jakim jest zrębek olchy z miałem węgla kamiennego w proporcjach 1:1 objętościowo, wprowadza się kanałem wejściowym 7 do owalnej retorty 5 poziomej suszarki 1, gdzie ciągle mieszając za pomocą mieszadła ślimakowego składającego się z wału 6 i zamontowanych na nim łopatek mieszających 8 przemieszcza się materiał wsadowy wzdłuż retorty 5, a jednocześnie poddaje się go procesowi suszenia w temperaturze 400°C przy ciśnieniu o wartości 25 Pa podciśnienia, za pomocą gazowego czynnika suszącego w postaci powietrza zmieszanego w komorze mieszania 4 ze spalinami doprowadzonymi z reaktora uwęglania 2, przy czym gazowy czynnik suszący wprowadza się z komory mieszania 4 do kanału wewnętrznego 9 wału 6 mieszadła i transportuje zgodnie z kierunkiem przemieszczania podsuszanego materiału wsadowego przez całą długość retorty 5, a następnie wprowadza się do spiralnego kanału 10 okalającego od zewnątrz retortę 5 suszarki 1 i transportuje w kierunku przeciwnym do kierunku przemieszczania podsuszanego materiału wsadowego. W celu osiągnięcia wymaganej temperatury czynnika suszącego, do kanału wewnętrznego 9 wału 6 mieszadła, od strony przeciwnej niż komora mieszania gazów 4, wprowadza się dodatkowe powietrze wprowadzane dyszą 31.

Powstałe w trakcie suszenia opary wyprowadza się z retorty 5 kanałem wylotowym 11, natomiast gazowy czynnik suszący wyprowadza się z kanału spiralnego 10 poprzez odrębny kanał wylotowy 12. Opary i spaliny wyprowadzane są do atmosfery poprzez system filtrów. Podsuszony w ten sposób materiał wsadowy kanałem wylotowym 13 wyprowadza się z suszarki 1 i wprowadza do zasypu 26 pochylego reaktora uwęglania 2, skąd pobiera się do komory 14 reaktora uwęglania 2, gdzie przy ciągłym mieszananiu za pomocą dwóch przeciwbieżnych mieszadeł składających się z wałów 15 z zamocowanymi na nich wzdłuż linii śrubowej łopatkami mieszającymi 16 przemieszcza się go pochyło w dół wzdłuż komory 14, i w warunkach beztlenowych, w temperaturze 1000°C poddaje się procesowi karbonizacji z wydzielaniem produktów gazowych unoszonych siłą grawitacji do górnej części komory 14, gdzie z wykorzystaniem palnika rozpałkowego 39 z wylotem płomienia skierowanym przeciwnie do kierunku przemieszczania uwęglanego materiału wsadowego poddaje się je procesowi spalania w wyniku wymieszania z powietrzem podawanym strefowo z prędkością 15 m/s przez system dysz 18 i 24 oraz otworów wpływowych 22. Powstałe spaliny kieruje się wzdłuż stropu 17 w przeciwnym kierunku przemieszczania się substratów w komorze 14, po czym zasysa się je powietrzem podawanym dyszą 28 do strumienicy 3. Po dopaleniu w strumienicy 3 zawartych w spalinach substancji palnych i jednoczesnym wytworzeniu podciśnienia w reaktorze uwęglania 2, część spalin, niezbędną dla osiągnięcia wymaganej temperatury gazowego czynnika suszącego ze strumienicy 3 wprowadza się kanałem 38 stycznie do ścianki komory mieszania 4, natomiast pozostałą część spalin wyprowadza się do kotła odzysknicowego, a następnie do układu oczyszczania gazów i do otoczenia. Ciepło wytworzone podczas przepływu i spalania gazowych produktów procesu karbonizacji ogrzewa bezpośrednio przez promieniowanie strop 17 komory 14 oraz mieszaninę zrębek olchowych oraz miału węglowego transportowanych i mieszanych w dolnej części komory 14, które po przemieszczeniu przez całą długość komory 14 są w postaci uwęglonych (skarbonizowanych) produktów wyprowadzane kanałem wylotowym 27 na zewnątrz reaktora uwęglania 2. Otrzymane produkty charakteryzują się zawartością Fixed Carbonu FC = 67%, części lotnych VM = 15%, wilgoci M = 3%, popiołu A = 15%.

Przykład 3

Rozdrobniony do ziaren o średnicy do 30 mm materiał wsadowy w postaci zrębek wierzby energetycznej wprowadza się kanałem wejściowym 7 do owalnej retorty 5 poziomej suszarki 1, gdzie ciągle mieszając za pomocą mieszadła ślimakowego składającego się z wału 6 i zamontowanych na nim łopatek mieszających 8 przemieszcza się materiał wsadowy wzdłuż retorty 5, a jednocześnie poddaje się go procesowi suszenia w temperaturze 500°C przy ciśnieniu o wartości 20 Pa podciśnienia, za pomocą gazowego czynnika suszącego w postaci powietrza zmieszanego w komorze mieszania 4 ze spalinami doprowadzonymi z reaktora uwęglania 2, przy czym gazowy czynnik suszący wprowadza się z komory mieszania 4 do kanału wewnętrznego 9 wału 6 mieszadła i transportuje zgodnie z kierunkiem przemieszczania podsuszanego materiału wsadowego przez całą długość retorty 5, a następnie wprowadza się do spiralnego kanału 10 okalającego od zewnątrz retortę 5 suszarki 1 i transportuje w kierunku przeciwnym do kierunku przemieszczania podsuszanego materiału wsadowego. W celu osiągnięcia wymaganej temperatury czynnika suszącego do kanału wewnętrznego 9 wału 6 mieszadła, od strony przeciwnej niż komora mieszania gazów 4, wprowadza się dodatkowe powietrze wprowadzane dyszą 31.

Powstałe w trakcie suszenia opary wyprowadza się z retorty 5 kanałem wylotowym 11, natomiast gazowy czynnik suszący wyprowadza się z kanału spiralnego 10 poprzez odrębny kanał wylotowy 12. Opary i spaliny wyprowadzane są do atmosfery poprzez system filtrów. Podsuszony w ten sposób materiał wsadowy kanałem wylotowym 13 wyprowadza się z suszarki 1 i wprowadza do zasypu 26 pochylonego reaktora uwęglania 2, skąd pobiera się do komory 14 reaktora uwęglania 2, gdzie przy ciągłym mieszanii za pomocą dwóch przeciwbieżnych mieszadeł składających się z wałów 15 z zamocowanymi na nich wzdłuż linii śrubowej łopatkami mieszającymi 16 przemieszcza się go pochyło w dół wzdłuż komory 14, i w warunkach beztlenowych, w temperaturze 900°C poddaje się procesowi karbonizacji z wydzielaniem produktów gazowych unoszonych siłą grawitacji do górnej części komory 14, gdzie z wykorzystaniem palnika rozpałkowego 39 z wylotem płomienia skierowanym przeciwnie do kierunku przemieszczania uwęglanego materiału wsadowego poddaje się go procesowi spalania w wyniku wymieszania z powietrzem podawanym strefowo z prędkością 15 m/s przez system dysz 18 i 24 oraz otworów wpływowych 22. Powstałe spaliny kieruje się wzdłuż stropu 17 w przeciwnym kierunku przemieszczania się substratów w komorze 14, po czym zasysa się go powietrzem podawanym dyszą 28 do strumienicy 3. Po dopaleniu w strumienicy 3 zawartych w spalinach substancji palnych, i jednoczesnym wytworzeniu podciśnienia w reaktorze uwęglania 2, część spalin, niezbędną dla osiągnięcia wymaganej temperatury gazowego czynnika suszącego ze strumienicy 3 wprowadza się kanałem 38 stycznie do ścianki komory mieszania 4, natomiast pozostałą część spalin wprowadza się do kotła odzysknicowego, a następnie do układu oczyszczania gazów i do otoczenia. Ciepło wytworzone podczas przepływu i spalania gazowych produktów procesu karbonizacji ogrzewa bezpośrednio przez promieniowanie strop 17 komory 14 oraz substraty biomasowe transportowane i mieszane w dolnej części komory 14, które po przemieszczeniu przez całą długość komory 14 są w postaci uwęglonych (skarbonizowanych) produktów wyprowadzane kanałem wylotowym 27 na zewnątrz reaktora uwęglania 2. Otrzymane produkty charakteryzują się zawartością Fixed Carbonu FC = 87%, części lotnych VM = 6%, wilgoci M = 3%, popiołu A = 4%.

Otrzymany sposobem według wynalazku produkt w postaci uwęglonego materiału biomasowego lub mieszanki materiału biomasowego z miałem węgla kamiennego i/lub brunatnego nadaje się do wykorzystania zwłaszcza jako paliwo odnawialne, jako źródło energii elektrycznej oraz/lub energii cieplnej, w tym jako paliwo do opalania kotłów energetycznych lub kotłów centralnego ogrzewania. Wykorzystywany może być ponadto w rolnictwie w celu poprawy właściwości gleby, dodatek do nawozów, do pasz, oraz w ochronie środowiska jako sorbent do wychwytywania zanieczyszczeń z roztworów wodnych, gazów procesowych oraz remediacji gleb z zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych, a także zwiększania właściwości sorpcyjnych gleby w celu ochrony wód podziemnych i zatrzymania składników biogennych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do uwęglania materiału biomasowego lub mieszanki materiału biomasowego z węglem kamiennym i/lub brunatnym, **znamiennie tym**, że zawiera pochyły reaktor uwęglania (2) z wewnętrzną komorą (14) reaktora uwęglania, z zabudowanymi wzdłuż całej komory (14), w jej dolnej części co najmniej dwoma mieszadłami, w postaci równoległych do siebie, przeciwbieżnych wałów (15) z elementami mieszającymi (16) przemieszczającymi jednocześnie materiał wsadowy w postaci materiału biomasowego lub mieszanki materiału biomasowego z węglem kamiennym i/lub brunatnym, przy czym komora (14) reaktora uwęglania zamknięta jest od góry stropem (17) z zamontowanymi w nim przelotowo dyszami (18), których wloty znajdują się w zabudowanych nad stropem (17) kilku, korzystnie trzech szczelnie oddzielonych od siebie skrzyniach powietrznych (19) z osobnymi, regulowanymi kanałami (20), a wyloty skierowane są do wewnątrz komory (14) reaktora uwęglania pod kątem α do powierzchni stropu (17), przeciwnie do kierunku przemieszczania uwęglanego materiału wsadowego, ponadto reaktor uwęglania (2) od strony wprowadzania materiału wsadowego posiada zasyp (26) tego materiału do komory (14) reaktora uwęglania (2), zaś z przeciwległej strony ma skierowany w dół kanał wylotowy (27) uwęglonego produktu z komory (14), a nad kanałem (27), bezpośrednio pod stropem (17) zabudowany jest palnik rozpałkowy (39) z wylotem płomienia skierowanym przeciwnie do kierunku przemieszczania uwęglanego materiału wsadowego, a z górnej części reaktora uwęglania (2) wyprowadzony jest kanał wylotowy (28) gazów spalinowych do strumienicy (3) wyposażonej w dyszę (29) doprowadzającą do niej powietrze.
2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że wyposażone jest również w dodatkowy kanał wlotowy (41) wprowadzony do zasypu (26) reaktora uwęglania (2) i doprowadzony z miejsca pobierania materiału wsadowego.
3. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że wyposażone jest dodatkowo w moduł wstępnego podsuszania materiału wsadowego, który stanowi suszarka (1) z wewnętrzną retortą (5), korzystnie poziomą, z zamontowanym wewnątrz wzdłuż retorty (5) mieszadłem łopatkowym w postaci wału (6) z przymocowanymi do niego wzdłuż linii śrubowej łopatkami mieszającymi (8), przy czym wał (6) z jednej strony wprowadzony jest do komory mieszania gazów (4), a wewnątrz wału (6) wzdłuż jego osi wykonany jest obustronnie otwarty kanał (9) do wprowadzania i transportowania czynnika suszącego, którego wlot znajduje się w komorze mieszania gazów (4), a wylot wprowadzony jest do wejścia kanału spiralnego (10) zabudowanego wokół retorty (5) suszarki (1), ponadto w suszarce (1), z jednej strony, to jest od strony komory mieszania gazów (4) wykonany jest kanał wlotowy (7) materiału wsadowego, a z przeciwległej strony wykonany jest kanał wylotowy (13) wstępnie podsuszonego materiału wsadowego kierowanego do pochyłego reaktora uwęglania (2), dodatkowo suszarka (1) wyposażona jest w odrębny kanał wylotowy (11) oparów z retorty (5) oraz odrębny kanał wylotowy (12) czynnika suszącego z kanału spiralnego (10), a komora mieszania gazów (4) wyposażona jest w dyszę (30) doprowadzającą do niej powietrze, przy czym w wariantcie urządzenia z modułem wstępnego podsuszania materiału wsadowego, z wylotu strumienicy (3) reaktora uwęglania (2) wyprowadzony jest kanał (38) spalin, który z drugiej strony wprowadzony jest do komory mieszania gazów (4) w suszarce (1).
4. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że ze strumienicy wyprowadzony jest kolejny kanał spalin wprowadzony z drugiej strony do kotła odzysknicowego, a następnie do układu oczyszczania gazów wyprowadzanych do atmosfery.
5. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że komora (14) reaktora uwęglania (2) ma przekrój poprzeczny prostokątny lub owalny.
6. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że strop (17) komory (14) reaktora uwęglania (2) jest płaski lub łukowaty.
7. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że strop (17) komory (14) reaktora uwęglania (2) wyłożony jest od wewnątrz ceramiką.
8. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że przelotowo zamontowane w stropie (17) komory (14) dysze powietrzne (18) rozmieszczone są równomiernie.
9. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że dysze powietrzne (18) zamontowane w stropie (17) komory (14) rozmieszczone są w układzie rzędowym z podziałką s w zakresie $s = 0,1-0,3$ m, najkorzystniej $s = 0,2$ m.

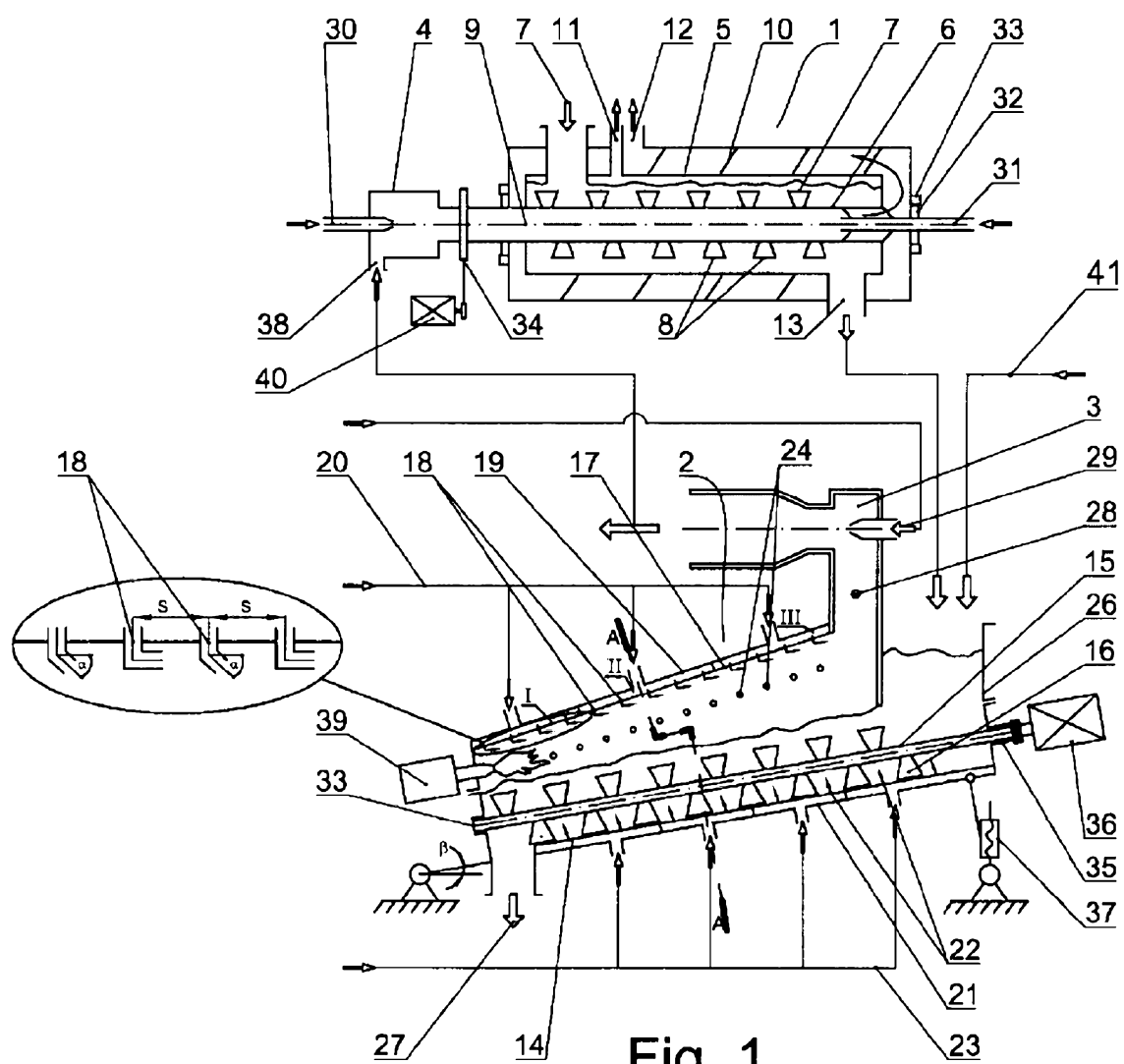
10. Urządzenie według zastrz. 1 i 9, **znamiennie tym**, że co drugi rząd dysz (18) zamontowanych w stropie (17) komory (14) ma wypływ powietrza skierowany równolegle do stropu ($\alpha=0^\circ$), a w pozostałych wypływ powietrza skierowany jest pod kątem $\alpha = 20^\circ-90^\circ$, najkorzystniej 40° do stropu (17).
11. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że kanały (20) doprowadzające powietrze do skrzyń powietrznych (19) zabudowanych nad stropem (17) komory (14) reaktora uwęglania (2) wyposażone są w regulujące ilość doprowadzanego powietrza przepustnice o regulowanym położeniu.
12. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że w dolnej części komory (14) reaktora uwęglania (2), centralnie, to jest w podłużnej osi symetrii komory (14), pod mieszadłami, znajduje się komora powietrzna (21) z otworami wypływowymi (22) skierowanymi do wewnątrz komory (14), podzielona na kilka, korzystnie cztery szczelnie oddzielone od siebie strefy z osobnymi regulowanymi kanałami (23) doprowadzającymi do nich powietrze z otoczenia, wyposażonymi w regulujące ilość doprowadzanego powietrza przepustnice o regulowanym położeniu.
13. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że na ściankach bocznych komory (14) reaktora uwęglania (2) zabudowany jest dodatkowo system poziomych, rozmieszczonych najkorzystniej w odległości 0,1 m od siebie dysz (24) zasilanych powietrzem z kolektorów (25).
14. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że pochyły reaktor uwęglania (2) wyposażony jest w śrubę (37) do regulacji jego kąta nachylenia β do poziomu.
15. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że każde mieszadło reaktora uwęglania (2) stanowiące jednocześnie rolę przenośnika śrubowego ma postać wału (15) z przymocowanymi do niego wzdłuż linii śrubowej elementami mieszającymi (16) w postaci łopatek.
16. Urządzenie według zastrz. 1 i 15, **znamiennie tym**, że mieszadła reaktora uwęglania (2) mają postać mieszadeł łopatkowych płaskich lub alternatywnie łopatkowych łukowych.
17. Urządzenie według zastrz. 1 i 15, **znamiennie tym**, że łopatki mieszające (16) mieszadeł reaktora uwęglania (2) są na końcach utwardzone, zwłaszcza w wyniku obróbki cieplno-chemicznej w sposób typowy dla nadania wysokiej wytrzymałości powierzchni łopatek na ścieranie, na przykład poprzez nawęglanie i/lub napawanie, lub alternatywnie zawierają na końcach nakładki ochronne ograniczające ich zużycie, wykonane z materiału odpornego na ścieranie, na przykład z żeliwa LIVCON 700.
18. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że przeciwbieżne wały (15) mieszadeł reaktora uwęglania (2) prowadzone są w łożyskach (35) i połączone są z napędem w postaci jednego silnika poprzez wspólną przekładnię (36).
19. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że retorta (5) suszarki (1) ma przekrój poprzeczny owalny lub kołowy.
20. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że zabudowany wokół retorty (5) suszarki (1) kanał spiralny (10) wykonany jest z materiału ceramicznego lub alternatywnie z metalu, na przykład stali żaroodpornej.
21. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że mieszadło suszarki (1) ma postać mieszadła łopatkowego płaskiego lub alternatywnie łopatkowego łukowego.
22. Urządzenie według zastrz. 3 i 21, **znamiennie tym**, że łopatki mieszające (8) mieszadła suszarki (1) są na końcach utwardzone, zwłaszcza w wyniku obróbki cieplno-chemicznej w sposób typowy dla nadania wysokiej wytrzymałości powierzchni łopatek na ścieranie, na przykład poprzez nawęglanie i/lub napawanie, lub alternatywnie zawierają na końcach nakładki ochronne ograniczające ich zużycie, wykonane z materiału odpornego na ścieranie, na przykład z żeliwa LIVCON 700.
23. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że wał (6) mieszadła suszarki (1) prowadzony jest na rolkach (32) i płycie dystansowej (33) i połączony jest z napędem w postaci silnika (40) poprzez przekładnię łańcuchową (34).
24. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że do wewnętrznego kanału (9) wału (6) mieszadła suszarki (1), po stronie przeciwnej niż komora mieszania gazów (4) wprowadzona jest dodatkowa dysza powietrzna (31).
25. Sposób uwęglania materiału biomasowego lub mieszanki materiału biomasowego z węglem kamiennym i/lub brunatnym, **znamiennie tym**, że rozdrobniony do średnicy ziaren nie większej niż 30 mm materiał wsadowy w postaci materiału biomasowego lub mieszanki materiału biomasowego z węglem kamiennym i/lub brunatnym, korzystnie z węglem w postaci miazgi,

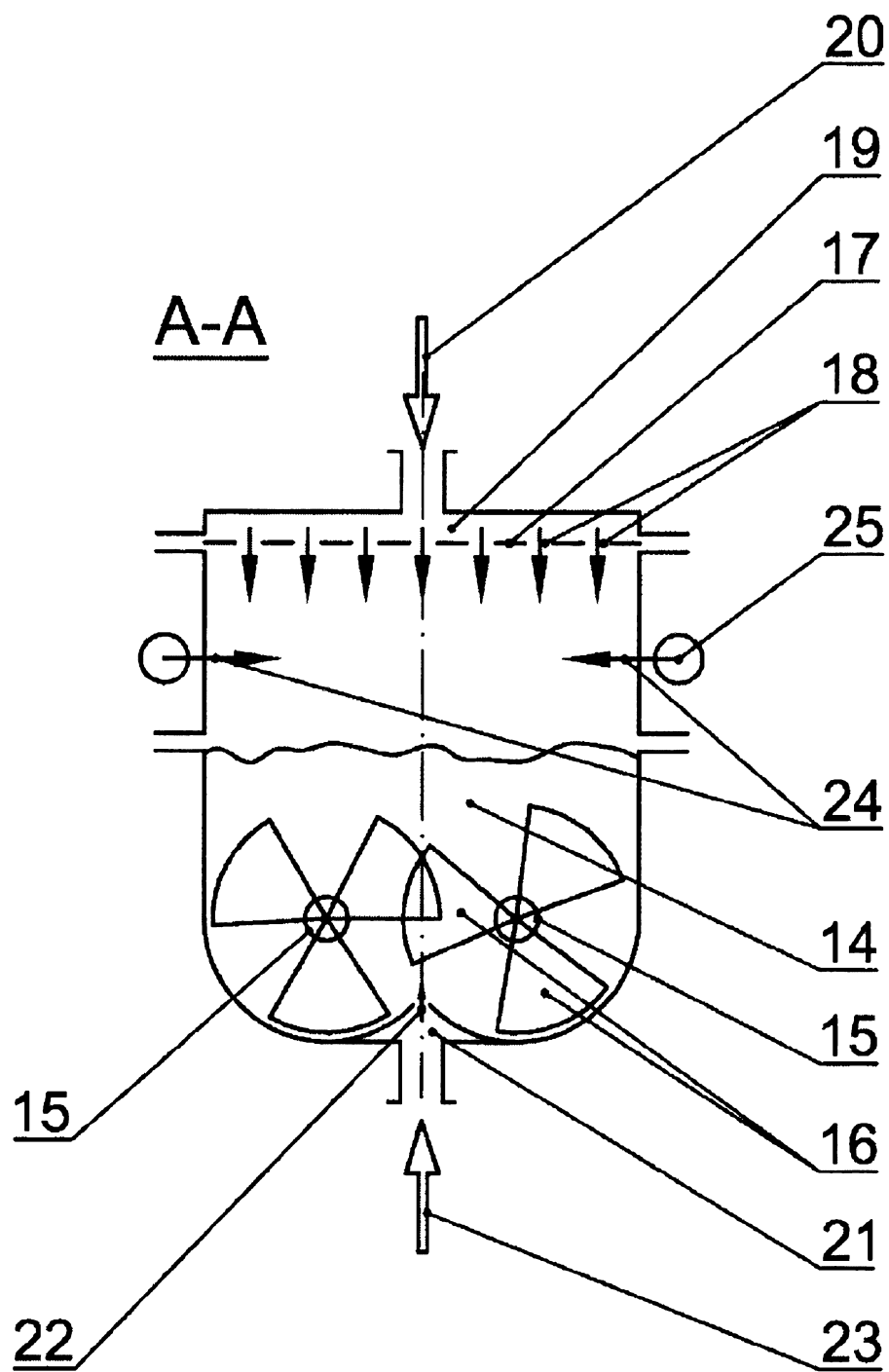
- w proporcjach zależnych od przeznaczenia finalnego produktu i mieszczących się w granicach od 1:9 do 1:1, korzystnie od 1:2 do 1:1, wprowadza się do zasypu (26) pochyłego reaktora uwęglania (2), skąd pobiera się go do komory wewnętrznej (14) reaktora uwęglania (2), gdzie przy ciągłym mieszaniu za pomocą co najmniej dwóch przeciwbieżnych mieszadeł pełniących jednocześnie rolę przenośników śrubowych przemieszcza się go pochyło w dół wzdłuż komory (14), w której bez dostępu tlenu, w temperaturze od 300 do 1200°C poddaje się procesowi uwęglania w czasie zależnym od wymaganego stopnia uwęglania, z wydzielaniem produktów gazowych unoszonych siłą grawitacji do górnej części komory (14), gdzie z wykorzystaniem palnika rozpałkowego (39) z wylotem płomienia skierowanym przeciwnie do kierunku przemieszczania uwęglanego materiału wsadowego produkty gazowe poddaje się procesowi spalania w wyniku wymieszania z powietrzem podawanym strefowo przez dysze powietrzne (18) zamontowane przelotowo w stropie (17) komory (14), z prędkością wypływu powietrza z każdej dyszy (18) nie mniejszą niż 15 m/s, przy czym powietrze pobiera się przez dysze (18) z zabudowanych nad stropem (17) kilku, korzystnie trzech szczelnie oddzielonych od siebie skrzyń powietrznych (19) z osobnymi, regulowanymi kanałami (20) doprowadzającymi do nich powietrze z otoczenia i wprowadza do komory (14) pod kątem α do powierzchni stropu (17), przeciwnie do kierunku przemieszczania uwęglanego materiału wsadowego, a powstałe w procesie spalania spaliny kieruje się wzdłuż stropu (17) w przeciwnym kierunku do kierunku przemieszczania się materiału wsadowego w komorze (14), po czym zasysa się je do strumienicy (3) w wyniku wytworzenia w niej podciśnienia za pomocą podawanego przez dyszę (29) powietrza doprowadzającego dodatkowo tlen niezbędny do dopalenia substancji palnych gazów, które nie uległy całkowitemu i pełnemu spalaniu w komorze (14), następnie po dopaleniu w strumienicy (3) zawartych w spalinach substancji palnych i jednoczesnym wytworzeniu podciśnienia w reaktorze uwęglania (2) spaliny wyprowadza się do otoczenia, natomiast uwęglane substraty ogrzane bezpośrednio przez promieniowanie ciepłem wytworzonym podczas przepływu i spalania gazowych produktów procesu uwęglania transportowane i mieszane w dolnej części komory (14), po przemieszczeniu przez całą długość komory (14) wyprowadza się w postaci uwęglonych produktów kanałem wylotowym (27) na zewnątrz reaktora uwęglania (2).
26. Sposób według zastrz. 25, **znamienny tym**, że w przypadku gdy materiał wsadowy posiada pierwotnie wilgotność >25%, przed wprowadzeniem go do reaktora uwęglania (2) poddaje się go procesowi wstępnego podsuszenia, w taki sposób, że wprowadza się go kanałem wejściowym (7) do retorty (5) suszarki (1), korzystnie poziomej, gdzie ciągle mieszając za pomocą mieszadła łopatkowego z łopatkami mieszającymi (8) rozmieszczonymi wzdłuż linii śrubowej na wale (6) przemieszcza się materiał wsadowy wzdłuż retorty (5), a jednocześnie poddaje się go procesowi suszenia do czasu osiągnięcia wilgotności nie wyższej niż 25%, który to czas reguluje się poprzez nastawienie wymaganej prędkości obrotowej wału (6) mieszadła, przy ciśnieniu niższym od atmosferycznego, za pomocą gazowego czynnika suszącego o temperaturze powyżej 100°C do 500°C, który wprowadza się z komory mieszania gazów (4) do kanału wewnętrznego (9) wału (6) mieszadła i transportuje zgodnie z kierunkiem przemieszczania podsuszanego materiału wsadowego przez całą długość retorty (5), a następnie wprowadza się go do spiralnego kanału (10), okalającego od zewnątrz retortę (5) i transportuje w kierunku przeciwnym do kierunku przemieszczania podsuszanego materiału wsadowego, a powstałe w trakcie suszenia opary wyprowadza się z retorty (5) kanałem wylotowym (11), natomiast gazowy czynnik suszący wyprowadza się z kanału spiralnego (10) poprzez odrębny kanał wylotowy (12), przy czym jako gazowy czynnik suszący stosuje się doprowadzone do komory mieszania gazów (4) przez dyszę (30) powietrze z otoczenia zmieszane w tej komorze (4) ze spalinami, które w ilości niezbędnej dla osiągnięcia wymaganej temperatury gazowego czynnika suszącego doprowadza się ze strumienicy (3) reaktora uwęglania (2) i wprowadza kanałem (38) stycznie do ścianki komory mieszania gazów (4), natomiast pozostałą część spalin ze strumienicy (3) odprowadza się do otoczenia, natomiast podsuszony materiał wsadowy kanałem wylotowym (13) wyprowadza się z suszarki (1) i wprowadza do zasypu (26) reaktora uwęglania (2).
27. Sposób według zastrz. 25 i 26, **znamienny tym**, że ilość powietrza i spalin wchodzących w skład czynnika suszącego dobiera się w zależności od temperatury spalin i zawartości wil-

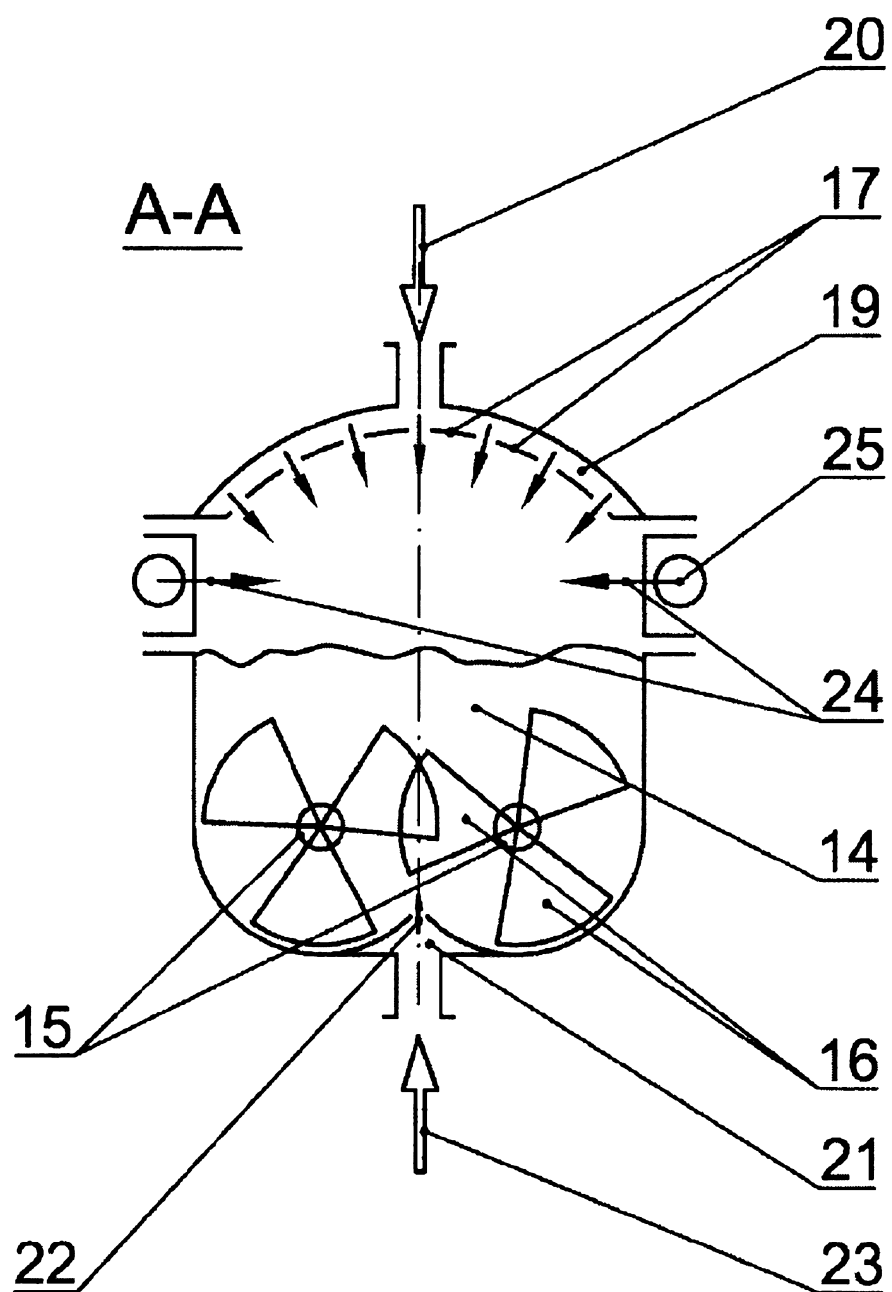
goci w podsuszonym materiale wsadowym, w takich proporcjach, aby suszony materiał wsadowy opuszczający suszarkę (1) miał temperaturę nie wyższą niż 150°C a temperatura gazu suszącego opuszczającego suszarkę (1) była wyższa od temperatury punktu rosy o co najmniej 40°C.

28. Sposób według zastrz. 25 i 26, **znamienny tym**, że w przypadku przekroczenia temperatury materiału wsadowego kierowanego do wylotu (13) z suszarki (1), w celu jej obniżenia do poziomu poniżej 150°C, za pomocą dodatkowej dyszy powietrznej (31) umieszczonej po stronie przeciwnej niż komora mieszania gazów (4), do wewnętrznego kanału (9) wału (6) mieszadła wprowadza się dodatkowe powietrze
29. Sposób według zastrz. 25, **znamienny tym**, że jako materiał biomasowy stosuje się zwłaszcza materiał w postaci biomasowych odpadów leśnych, roślin energetycznych, biomasy rolniczej jak słoma, siano, trawa, ziarna, odpadów z przetwórstwa rolno-spożywczego, na przykład odpadów z produkcji pieczarek, biomasowych odpadów przemysłowych, biomasowych odpadów komunalnych, osadów ściekowych.
30. Sposób według zastrz. 25, **znamienny tym**, że powietrze do komory (14) reaktora uwęglania (2) wprowadza się przez dysze powietrzne (18) zamontowane w stropie (17) komory (14) i rozmieszczone w układzie rzędownym z podziałką s w zakresie $s = 0,1-0,3$ m, najkorzystniej $s = 0,2$ m.
31. Sposób według zastrz. 25 i 30, **znamienny tym**, że z co drugiego rzędu dysz (18) zamontowanych w stropie (17) komory (14) powietrze wprowadza się do komory (14) równolegle do stropu (17) ($\alpha=0^\circ$), α z pozostałych pod kątem $\alpha = 20^\circ-90^\circ$, najkorzystniej 40° do stropu.
32. Sposób według zastrz. 25, **znamienny tym**, że do komory (14) reaktora uwęglania (2) wprowadza się dodatkowo powietrze z komory powietrznej (21) z otworami wypływowymi (22) skierowanymi do wewnątrz komory (14), zabudowanej w dolnej części komory (14), centralnie, to jest w podłużnej osi symetrii komory (14), pod mieszadłami, przy czym powietrze wprowadza się z prędkością nie mniejszą niż 15 m/s.
33. Sposób według zastrz. 25, **znamienny tym**, że do komory (14) reaktora uwęglania (2) wprowadza się dodatkowo powietrze z zabudowanego na ściankach bocznych komory (14) systemu poziomych, rozmieszczonych najkorzystniej w odległości 0,1 m od siebie dysz (24) zasilanych powietrzem z kolektorów (25), przy czym powietrze z każdej dyszy (24) wprowadza się z prędkością nie mniejszą niż 15 m/s.
34. Sposób według zastrz. 25, **znamienny tym**, że spaliny ze strumienicy (3) wyprowadza się do otoczenia poprzez kocioł odzysknicowy oraz układ oczyszczania spalin.
35. Sposób według zastrz. 25 i 26, **znamienny tym**, że zarówno opary z retorty (5) suszarki (1) jak i gazowy czynnik suszący ze spiralnego kanału (10) wprowadza się do atmosfery poprzez układ filtrów.

Rysunki



**Fig. 2**

**Fig. 3**