



(54)

Sposób hydrotermicznego uwęglania odpadów organicznych

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

27.02.2017 BUP 05/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

28.02.2019 WUP 02/19

(73) Uprawniony z patentu:

**EKOPROD SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Bytom, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**MAŁGORZATA WILK, Kraków, PL
JANUSZ NIKIEL, Gliwice, PL
KRZYSZTOF CZAJKOWSKI, Bytom, PL
ARKADIUSZ DĄBEK, Bukowno, PL
PAWEŁ GRABOWSKI, Tarnowskie Góry, PL
SŁAWOMIR JARCZEWSKI, Bytom, PL
ANDRZEJ KROP, Józefosław, PL
MAŁGORZATA NIKIEL, Gliwice, PL
PIOTR NIKIEL, Gliwice, PL
PAWEŁ PIĘTAK, Zawiercie, PL
PAULINA ZAPIÓR, Poręba, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Anna Zwolińska-Mytko

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób hydrotermicznego uwęglania odpadów organicznych, zwłaszcza osadów ściekowych z oczyszczalni komunalnych i przemysłowych oraz frakcji organicznych odpadów komunalnych.

Znane są rozwiązania dotyczące przeprowadzania procesu hydrotermicznego uwęglania w środowisku kwaśnym, w sposób hermetyczny, w temperaturze z przedziału ciału od 180 do 300°C i pod ciśnieniem równowagowym lub wyższym od równowagowego, po którym mieszaninę poreakcyjną rozdziela się fizycznie, na przykład za pomocą pras i/lub filtrów, na węgiel i wodę jako produkty uwęglania.

W znanych dotychczas rozwiązaniach pozostaje jednak zanieczyszczenie wody poprocesowej, na przykład przy przetwarzaniu osadów ściekowych jest ona tak mocno zanieczyszczona, że zawracana do oczyszczalni ścieków ogranicza jej zdolność przerobową o blisko 10%, a ponadto powstają duże straty ciepła.

Znane są rozwiązania aparaturowe dla przeprowadzania procesu hydrotermicznego uwęglania w pojedynczych reaktorach z mieszałem i ogrzewaniem przeponowym oraz w układach takich reaktorów powiązanych szeregowo, jak na przykład w patencie niemieckim DE102011113825 (A1), lub równolegle, jak wskazano w patencie europejskim EP 2130893 (A2), pracujących w sposób okresowy lub quasi-ciągły.

W rozwiązaniach tych występują trudności z odzyskiem i wykorzystaniem energii mieszaniny poreakcyjnej.

Znane są również rozwiązania aparaturowe dla przeprowadzania procesu hydrotermicznego uwęglania w układach rurowych oraz w układach rufowych z reaktorem, na przykład z opisu patentowego EP 2484434 (A1), pracujących w sposób ciągły.

Powyższe rozwiązania nie rozstrzygają kwestii sposobu ciągłego podawania różnych surowców do aparatury pracującej pod ciśnieniem od 0,2 do 0,35 MPa i pokonania oporów ciśnienia, uzyskiwania w rurach przepływów burzliwych dla lepszej wymiany ciepła, przy potrzebie utrzymywania mieszaniny reakcyjnej w warunkach procesu hydrotermicznego uwęglania przez kilka godzin, oraz trudności z odzyskiem energii mieszaniny poreakcyjnej.

W znanych dotychczas rozwiązaniach dla przeprowadzania procesu hydrotermicznego uwęglania nie uzyskuje się bezpośrednio oczyszczonej wody.

Celem wynalazku jest opracowanie takiego sposobu przeprowadzania procesu hydrotermicznego uwęglania, który umożliwi otrzymywanie z niego oczyszczonej wody oraz stworzy warunki do racjonalnej gospodarki cieplnej tego procesu.

Nieoczekiwanie okazało się, że można wodnym roztworem surowca organicznego typu zupa załadować opróżniony i rozgrzany wcześniej reaktor, a następnie podgrzewać go, najpierw czynnikiem grzewczym o niższej temperaturze, doprowadzając w nim do wrzenia i podnosząc temperaturę i ciśnienie równowagowe, a potem kontynuować ogrzewanie tego reaktora czynnikiem grzewczym o wyższej temperaturze, utrzymując w nim wrzenie i podnosząc temperaturę oraz ciśnienie równowagowe do wymaganych parametrów w danym procesie, i w końcu podtrzymywać w reaktorze te parametry przez wymagany czas, a pod koniec tego procesu upuszczać z reaktora parę wodną i ogrzewać nią czynnikiem grzewczym o niższej temperaturze, uzyskując dodatkowy efekt w postaci wykroplonej, oczyszczonej wody. Czynnikiem grzewczym spełniającym powyższe warunki jest na przykład układ grzewczy z jednym olejem grzewczym pracującym w dwóch obiegach o różnych temperaturach.

Sposób hydrotermicznego uwęglania odpadów organicznych charakteryzuje się tym, że prowadzi się go z zastosowaniem jednego oleju grzewczego, pracującego w obiegach wysokotemperaturowym i średniotemperaturowym, o temperaturach grzewczych odpowiednio powyżej 250°C i powyżej 150°C, co najmniej trzech pracujących równolegle reaktorów, z których każdy ogrzewany jest przeponowo obu obiegami na zmianę, i odparowувacza, ogrzewanego przeponowo obiegiem średniotemperaturowym, z czego jeden reaktor, aktualnie ogrzewany obiegiem średniotemperaturowym, i podgrzewacz pracują w powtarzalnych cyklach pracy, zaś pozostałe N reaktorów, aktualnie ogrzewanych obiegiem wysokotemperaturowym, pracuje w powtarzalnych fazach pracy, o czasie trwania N cykli pracy.

Następnie, w sposobie według wynalazku, w danym cyklu pracy, do opróżnionego reaktora, w którym w poprzednim cyklu pracy zakończyło się przeprowadzanie procesu hydrotermicznego uwęglania, kieruje się, jako surowiec, odpady organiczne, korzystnie wstępnie rozdrobnione, oczyszczone z części metalowych, rozcieńczone wodą i/lub doprowadzone do wartości pH poniżej 7, po czym surowiec ten miesza się i podgrzewa się, najpierw doprowadzając go do wrzenia, a następnie utrzymując

wrzenie i podnosząc jego temperaturę do co najwyżej 180°C, podczas gdy w jednym z pozostałych N reaktorów', w którym rozpoczyna się jego faza pracy, surowiec, podgrzany i doprowadzony w tym reaktorze do wrzenia w poprzednim cyklu, pracy, dalej miesza się i podgrzewa się, najpierw utrzymując wrzenie i podnosząc temperaturę do osiągnięcia wymaganej, dla danego surowca, temperatury procesu hydrotermicznego uwęglania z przedziału od 180 do 300°C, a następnie, dla przeprowadzenia tego procesu, utrzymując wrzącą mieszaninę reakcyjną w nie niższej temperaturze przez wymagany dla danego surowca, okres, nie dłuższy jednak niż 12 godzin, przy czym, w ostatnim cyklu fazy pracy tego reaktora, upuszcza się z niego mieszaninę gazową, zawierającą parę wodną odparowywaną z mieszaniny reakcyjnej i wykorzystuje się ją, jako nośnik ciepła, do ogrzewania powrotnego oleju z obiegu średnotemperaturowego, a wykroploną wodę i nieskroploną pozostałość mieszaniny gazowej kieruje się na zewnątrz, jako odpowiednio wodny i gazowy produkt uwęglania, a na koniec fazy pracy opróżnia się, kierując zawartą w nim mieszaninę poreakcyjną do opróżnionego i rozgrzanego w tym cyklu pracy odparowywacza, z którego, w następnym cyklu pracy, wysyca się parę wodną, odparowywaną z mieszaniny poreakcyjnej, i jako parowy produkt uwęglania kieruje się na zewnątrz, aż do uzyskania węglowego produktu uwęglania o oczekiwanej wilgotności, korzystnie poniżej 30%, Mory kieruje się na zewnątrz. Po każdym cyklu pracy, do ogrzewania aktualnie opróżnionego reaktora z mieszaniny poreakcyjnej przyłącza się ogrzewanie obiegiem średnotemperaturowym, a do ogrzewania reaktora, w którym aktualnie surowiec został podgrzany i doprowadzony do wrzenia, przyłącza się ogrzewanie obiegiem wysokotemperaturowym.

Korzystnie, w sposobie według wynalazku, odparowywacz i aktualnie napełniony surowcem reaktor ogrzewa się szeregowo obiegiem średnotemperaturowym.

Korzystnie także, w sposobie według wynalazku, surowiec, przed skierowaniem do reaktora, podgrzewa się wodnym produktem uwęglania i/lub gazowym produktem uwęglania i/lub parowym produktem uwęglania i/lub czynnikiem grzewczym ogrzewanym co najmniej jednym z tych produktów uwęglania i/lub obiegiem średnotemperaturowym.

Ponadto, korzystnie w sposobie według wynalazku, obieg średnotemperaturowy dogrzewa się obiegiem wysokotemperaturowym.

Zasadniczą zaletą sposobu według wynalazku jest możliwość załadowania surowcem opróżnionego i rozgrzanego wcześniej reaktora, a następnie podgrzewania go, najpierw czynnikiem grzewczym o niższej temperaturze, doprowadzając w nim do wrzenia i podnosząc temperaturę i ciśnienie równowagowe, a potem kontynuowania ogrzewania tego reaktora czynnikiem grzewczym o wyższej temperaturze, utrzymując w nim wrzenie i podnosząc temperaturę oraz ciśnienie równowagowe do wymaganej w procesie hydrotermicznego uwęglania t w końcu podtrzymywanie w reaktorze tych warunków przez wymagany w tym procesie czas, zwykle kilku godzin.

Dzięki takiemu rozwiązaniu sposobu hydrotermicznego uwęglania unika się kłopotliwego przemieszczania zawartości z jednego reaktora do drugiego, co na przykład stosuje się w reaktorach pracujących szeregowo, a równocześnie stwarza się warunki do lepszej gospodarki cieplnej, ponieważ reakcje przebiegające w procesie hydrotermicznego uwęglania są reakcjami lekko egzotermicznymi, więc po osiągnięciu temperatury wymaganej dla tego procesu należy się spodziewać albo dalszego, samoistnego podwyższania się temperatury w reaktorze, albo można temu przeciwdziałać upuszczając z reaktora mieszaninę gazową, zawierającą głównie parę wodną, która oddaje swoje ciepło czynnikowi grzewczemu o niższej temperaturze, przeznaczając je na wstępne podgrzanie surowca. Dzięki temu uzyskuje się dodatkowo wytopioną wodę, jako oczyszczony produkt uwęglania.

Jeśli będzie to układ co najmniej trzech takich reaktorów, to gdy w jednym następuje wstępne podgrzewanie surowca do wrzenia przy pomocy czynnika grzewczego o niższej temperaturze, to w drugim jest inicjowany, a potem prowadzony proces hydrotermicznego uwęglania, a w trzecim jest kontynuowanie tego procesu z równoczesnym upuszczaniem mieszaniny gazowej, głównie pary wodnej, i podgrzewaniem nią czynnika grzewczego o niższej temperaturze.

W ten sposób uzyskuje się quasi-ciągły system pracy, w którym w każdym cyklu pracy tylko jeden reaktor jest napełniany surowcem i tylko jeden, inny reaktor jest opróżniany, przy czym, na koniec każdego cyklu, w reaktorach tych następuje zamiana czynnika grzewczego.

Zaletą sposobu według wynalazku jest też możliwość ogrzewania szeregowo obiegiem średnotemperaturowym kolejno odparowywacza i aktualnie napełniony surowcem reaktora.

Zaletą sposobu według wynalazku jest ponadto możliwość podgrzania surowca, przed jego skierowaniem do reaktora, wodnym produktem uwęglania i/lub gazowym produktem uwęglania i/lub parowym produktem uwęglania i/lub czynnikiem grzewczym ogrzewanym co najmniej jednym z tych produktów uwęglania i/lub obiegiem średniotemperaturowym.

Kolejną zaletą sposobu według wynalazku jest możliwość dogrzewania obiegu średniotemperaturowego obiegiem wysokotemperaturowym.

Sposób hydrotermicznego uwęglania odpadów organicznych według wynalazku, przedstawia przykład wykonania.

P r z y k ł a d

Zastosowano jeden olej grzewczy pracujący w obiegach wysokotemperaturowym i średniotemperaturowym, o temperaturach grzewczych odpowiednio 350°C i 200°C, trzy reaktory, które, są ogrzewane, przeponowe) oboma obiegami na zmianę, i odparowywacz, ogrzewany przeponowo obiegiem średniotemperaturowym.

Do opróżnionego i rozgrzanego w poprzednim cyklu pracy reaktora, podłączonego właśnie do obiegu średniotemperaturowego, kieruje się, jako surowiec, 10 kg osadów ściekowych o zawartości 20% suchej masy i o wartości pH równej 6,68, po czym surowiec ten miesza się i podgrzewa się, najpierw doprowadzając go do wrzenia, a następnie utrzymując wrzenie podnosząc jego temperaturę do 175°C, co trwa 1 godzinę.

Równocześnie taki i w takiej ilości surowiec z przed 1 godziny, podgrzany i doprowadzony do wrzenia w temperaturze 175°C w drugim reaktorze, podłączonym do obiegu wysokotemperaturowego, dalej miesza się i podgrzewa się, najpierw utrzymując wrzenie i podnosząc jego temperaturę do 230°C, a następnie, dla prowadzenia procesu hydrotermicznego uwęglania, utrzymuje się wrzącą mieszaninę reakcyjną w tej temperaturze, co łącznie trwa 1 godzinę.

Równocześnie taki i w takiej ilości surowiec z przed 2 godzin, doprowadzony do prowadzenia procesu hydrotermicznego uwęglania w trzecim reaktorze, podłączonym do obiegu wysokotemperaturowego, dalej miesza się i podgrzewa się, utrzymując wrzącą mieszaninę reakcyjną w temperaturze 230°C, i upuszcza się mieszaninę gazową, zawierającą parę wodną odparowywaną z mieszaniny reakcyjnej, wykorzystując ją, jako nośnik ciepła, do ogrzewania powrotnego oleju z obiegu średniotemperaturowego, a wykroploną wodę w ilości łącznej 3,1 kg/cykl i nie skroploną pozostałość mieszaniny gazowej kieruje się na zewnątrz, jako odpowiednio wodny i gazowy produkt uwęglania, i na koniec, po 1 godzinie takiej pracy, reaktor ten opróżnia się, kierując zawartą w nim mieszaninę poreakcyjną do właśnie opróżnionego i rozgrzanego odparowywacza.

Równocześnie z właśnie załadowanego mieszaniną poreakcyjną odparowywacza, która pochodzi z przetworzenia w procesie hydrotermicznego uwęglania surowca z przed 3 godzin, wysyca się parę wodną, odparowywaną z tej mieszaniny poreakcyjnej, i jako parowy produkt uwęglania kieruje się ją na zewnątrz, aż do uzyskania węglowego produktu uwęglania o wilgotności 28,57%, który kieruje się na zewnątrz w ilości 1,4 kg/cykl i w temperaturze 62°C. Po czym odparowywacz rozgrzewa się przygotowując do przyjęcia kolejnej porcji mieszaniny poreakcyjnej pod koniec 1 godziny pracy.

Olej w obiegu wysokotemperaturowym najpierw przechodzi równolegle przez oba reaktory, w których przeprowadza się proces hydrotermicznego uwęglania, potem przez podgrzewacz, oleju z, obiegu średniotemperaturowego, a na koniec jest dogrzewany elektrycznie.

Olej w obiegu średniotemperaturowym najpierw przechodzi przez odparowywacz, następnie przez aktualnie ogrzewany, dla wstępnego grzania surowca, reaktor, potem przez skraplacz, gdzie ogrzewa się parą wodną upuszczaną z reaktora, w którym kończy się prowadzenie procesu hydrotermicznego uwęglania, a następnie przez podgrzewacz, ogrzewany obiegiem wysokotemperaturowym.

Gazowy i parowy produkt uwęglania łączy się i kieruje się do zewnętrznego skraplacza, w którym ogrzewa się powrotną wodę grzewczą wykorzystywaną do ogrzewania wody użytkowej w laboratorium. Uzyskuje się z niego 3,9 kg wody/cykl, a następnie nieskroploną pozostałość przepuszcza się przez płuczkę zraszaną schłodzoną wodą obiegową, w której wychwytuje się kolejne 1,2 kg wody.

Zmierzono nie skroploną część gazowego produktu uwęglania w ilości 0,4 kg/cykl, która zawierała głównie CO₂ i N₂.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób hydrotermicznego uwęglania odpadów organicznych, **znamienny tym**, że proces hydrotermicznego uwęglania prowadzi się z zastosowaniem jednego oleju grzewczego, pracującego w obiegach wysokotemperaturowym i średnotemperaturowym, o temperaturach grzewczych odpowiednio powyżej 250°C i powyżej 150°C, co najmniej trzech równoległe pracujących reaktorów, z których każdy jest ogrzewany przeponowo obu obiegami na zmianę, i odparowувacza, ogrzewanego przeponowo obiegiem średnotemperaturowym, z czego jeden reaktor, aktualnie ogrzewany obiegiem średnotemperaturowym i podgrzewacz pracują w powtarzalnych cyklach pracy, zaś pozostałe N reaktorów, aktualnie ogrzewanych obiegiem wysokotemperaturowym, pracuje w powtarzalnych fazach pracy, o czasie trwania N cykli pracy, przy czym, w danym cyklu pracy, do opróżnionego reaktora, w którym w poprzednim cyklu pracy zakończyło się przeprowadzanie procesu hydrotermicznego uwęglania, kieruje się, jako surowiec, odpady organiczne, korzystnie wstępnie rozdrobnione, oczyszczone z części metalowych, rozcieńczone wodą i/lub doprowadzone do wartości pH poniżej 7, po czym surowiec ten miesza się i podgrzewa się, najpierw doprowadzającego do wrzenia, a następnie utrzymując wrzenie i podnosząc jego temperaturę do co najwyżej 180°C, podczas gdy w jednym z pozostałych N reaktorów, w którym rozpoczyna się jego faza pracy, surowiec, podgrzany i doprowadzany w tym reaktorze, do wrzenia w poprzednim cyklu pracy, dalej miesza się i podgrzewa się, najpierw utrzymując wrzenie i podnosząc temperaturę do osiągnięcia wymaganej, dla danego surowca, temperatury procesu hydrotermicznego uwęglania z przedziału od 180 do 300°C, a następnie, dla przeprowadzenia tego procesu, utrzymując wrzącą mieszaninę reakcyjną w nie niższej temperaturze przez wymagany dla danego surowca okres, nie dłuższy jednak niż 12 godzin, przy czym w ostatnim cyklu fazy pracy tego reaktora, upuszcza się z niego mieszaninę gazową, zawierającą parę wodną odparowywaną z mieszaniny reakcyjnej i wykorzystuje się ją, jako nośnik ciepła, do ogrzewania powrotnego oleju z obiegu średnotemperaturowego, a wykroploną wodę i nieskroploną pozostałość mieszaniny gazowej kieruje się na zewnątrz, jako odpowiednio wodny i gazowy produkt uwęglania, a na koniec fazy pracy opróżnia się, kierując zawartą w nim mieszaninę poreakcyjną do opróżnionego i rozgrzanego w tym cyklu pracy odparowувacza, z którego, w następnym cyklu pracy, wysyca się parę wodną, odparowywaną z mieszaniny poreakcyjnej, i jako parowy produkt uwęglania kieruje się na zewnątrz, aż do uzyskania węglowego produktu uwęglania o oczekiwanej wilgotności, korzystnie poniżej 30%, który kieruje się na zewnątrz, natomiast po każdym cyklu pracy do ogrzewania aktualnie opróżnionego reaktora z mieszaniny poreakcyjnej przyłącza się ogrzewanie obiegiem średnotemperaturowym, a do ogrzewania reaktora, w którym aktualnie surowiec został podgrzany i doprowadzony do wrzenia, przyłącza się ogrzewanie obiegiem wysokotemperaturowym.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że odparowувacz i aktualnie napełniony surowcem reaktor ogrzewa się szeregowo obiegiem średnotemperaturowym.
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że surowiec, przed skierowaniem do reaktora, podgrzewa się wodnym produktem uwęglania i/lub gazowym produktem uwęglania i/lub parowym produktem uwęglania i/lub czynnikiem grzewczym ogrzewanym co najmniej jednym z tych produktów uwęglania i/lub obiegiem średnotemperaturowymi.
4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że obieg średnotemperaturowy dogrzewa się obiegiem wysokotemperaturowym.

