

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 243036 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **430821**

(22) Data zgłoszenia: **2019.08.06**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.02.08 BUP 03/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.06.12 WUP 24/2023**

(51) MKP:

**C02F 11/18** (2006.01)

**C02F 11/04** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA GDAŃSKA, Gdańsk, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**ANNA REMISZEWSKA-SKWAREK, Rumia, PL**

**SYLWIA FUDALA-KSIAŻEK, Gdańsk, PL**

**ANETA ŁUCZKIEWICZ, Gdańsk, PL**

**MAŁGORZATA SZOPIŃSKA, Gdańsk, PL**

(74) Pełnomocnik:

**Magdalena Leśnik, Gdańsk, PL**

(54) Tytuł:

**Wielofunkcyjny reaktor do przetwarzania osadu czynnego lub osadu mieszanego z substratami rolniczymi i/lub spożywczymi, zwłaszcza do dezintegracji niskotemperaturowej**

**PL 243036 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest wielofunkcyjny reaktor do przetwarzania osadu czynnego lub osadu mieszanego z substratami rolniczymi i/lub spożywczymi, zwłaszcza do dezintegracji niskotemperaturowej mający zastosowanie w biogazowniach lub małych oczyszczalniach ścieków, do przeprowadzania procesów fermentacji, pasteryzacji lub higienizacji.

Obróbka osadów ściekowych z biologicznych oczyszczalni ścieków, a także substratów rolniczych spożywczych czy odpadów komunalnych jest obecnie jednym z istotniejszych problemów obiektów zajmujących się gospodarką ściekową i odpadową (w tym odpady rolnicze, spożywcze, komunalne itd.). Jednym z popularniejszych procesów obróbki osadów ściekowych i substratów spożywczych i rolniczych jest proces fermentacji, którego głównym celem jest produkcja biogazu. Proces dezintegracji ma za zadanie zwiększenie produkcji biogazu, poprzez niszczenie struktur komórkowych, a także zwiększenie odwadnialności osadu, co skutkuje zmniejszeniem jego objętości. Zwiększenie produkcji biogazu, a także ograniczenie objętości osadu pozwala ograniczyć zużycie energii i wpływa na zmniejszenie ilości w/w odpadów.

Znane są zbiorniki fermentacyjne pracujące jako kompletne rozwiązania. Wydzielone komory fermentacji (WKF) z kompletnym wyposażeniem technologicznym do procesów fermentacji metanowej mezofilowej i termofilowej do komunalnych i przemysłowych osadów pościekowych oferuje np. firma Farmatic (<https://farmatic.com/>). Zbiornik taki zawiera wyłącznie niezbędne oprzyrządowanie i wykonany jest w postaci przykrytego cylindra z płaszczem grzejnym i dwułopatkowym mieszadłem.

Znany jest sposób hydrolizy termicznej opracowany przez norweską firmę CAMBI AS, według którego, po wstępnym odwodnieniu, osad jest wstępnie podgrzewany w zbiorniku mieszającym do temperatury 145°C, a następnie we właściwym reaktorze poddawany jest działaniu pary o temperaturze w zakresie 150÷180°C pod ciśnieniem 13 bar. Wówczas zachodzi właściwy proces hydrolizy termicznej, polegający na całkowitym rozbiciu pojedynczych i zgrupowanych komórek osadu. Następnie osad trafia do ekonomizera, gdzie podczas schładzania generuje się para wodna, która wykorzystywana jest do wstępnego podgrzewania osadu. W końcowym etapie osad przeprowadzany jest do komory rozprężnej, w której schładza się go do temp. 102°C.

Głównym odbiorcą technologii CAMBI są duże miejskie oczyszczalnie ścieków bytowo-gospodarczych, powyżej 100 000 RLM (równoważna liczba mieszkańców). Ze względu na wysokie koszty inwestycyjne, eksploatacyjne oraz skomplikowanie technologiczne ze względu na konieczność utrzymania wysokiej temperatury i ciśnienia istnieje potrzeba opracowania alternatywnego, prostszego i bardziej ekonomicznego sposobu.

Nie są znane instalacje, w których można prowadzić zarówno dezintegrację, fermentację, jak pasteryzację/higienizację jako odrębne procesy, ale w tej samej komorze, bądź w następujących po sobie cyklach.

Wielofunkcyjny reaktor do przetwarzania osadu czynnego lub osadu mieszanego z substratami rolniczymi i/lub spożywczymi, zwłaszcza do dezintegracji niskotemperaturowej zawierający zaopatrzoną w grzałki rurowe oraz zawór spustowy pionowo usytuowaną komorę reakcyjną, wewnątrz której zamocowane jest pionowe mieszadło łopatkowe, ponadto zawierający chłodnicę z filtrem węglowym odprowadzającym gazy oraz sterownik logiczny PLC do sterowania elementami reaktora, charakteryzuje się tym, że wysokość komory reakcyjnej jest zasadniczo o połowę większa od jej średnicy, przy czym komora reakcyjna połączona jest ze zbiornikiem retencyjnym wyposażonym w pompę z mace ratorem oraz w zawór napełniający i w sondę radarową do pomiaru poziomu wsadu oraz przepływomierz elektromagnetyczny. Na wlocie do komory reakcyjnej zamontowane są zasuwki nożowe z napędem pneumatycznym, zaś mieszadło posiada trzy równomiernie rozmieszczone łopatki o średnicach rosnących w kierunku dna komory reakcyjnej. Dolna łopatka zamocowana jest w odległości od dna wynoszącej co najwyżej 1/4 wysokości komory reakcyjnej, a mieszadło umocowane w pokrywie górnej komory reakcyjnej poprzez uszczelnienie pakietowe połączone jest z silnikiem z przekładnią. Zestaw grzałek rurowych umieszczony jest obwodowo wewnątrz komory reakcyjnej, wyposażonej w sondę radarową i podzielony na niezależne strefy grzewcze, przy czym do pokrywy górnej komory reakcyjnej przyłączona jest instalacja napowietrzająca zawierająca rozdzielacz połączony z instalacją sprężonego powietrza, do którego rozłącznie zamocowane są pionowe ruszty napowietrzające, która zaopatrzona jest w zawory kulowe oraz zawory z napędem elektromechanicznym do automatycznego sterowania ilością doprowadzonego powietrza oraz w sprężarkę i dmuchawę membranową z automatycznym zaworem do upuszczania nadmiaru powietrza. Na wyjściu z dmuchawy zamontowany jest

przepływomierz masowy. W górnej części komory reakcyjnej zamocowane są sondy pomiarowe połączone z przetwornikiem do sond pomiarowych, króciec instalacji dawkowania reagentów oraz szczelnie przyłączona instalacja odprowadzania gazów zawierająca chłodnicę z filtrem węglowym. Sterownik do sterowania elementami komory reakcyjnej złączony jest z przetwornikiem do sond pomiarowych, sprężarką, dmuchawą membranową, zestawem grzałek rurowych, mieszadłem łopatkowym wraz z silnikiem z przekładnią, pompą napełniającą, zaworem napełniającym oraz przepływomierzem elektromagnetycznym i zaworem spustowym. Sterownik do sterowania elementami wielofunkcyjnego reaktora jest wyposażony w program sterujący pracą przetwornika do sond pomiarowych, sprężarki i dmuchawy membranowej, zestawu grzałek rurowych, mieszadła łopatkowego wraz z silnikiem z przekładnią, pompy napełniającej, zaworu napełniającego oraz przepływomierza elektromagnetycznego i zaworu spustowego.

Korzystnie sondami pomiarowymi są sondy do pomiaru temperatury, stężenia tlenu, potencjału redox, pH, gęstości, stężenia amoniaku, stężenia siarkowodoru.

Korzystnie w górnej części komory reakcyjnej wykonane są otwory inspekcyjne.

W reaktorze według wynalazku pracującym jako przepływowy, bądź wsadowy, w zależności od zastosowanych ustawień warunków procesowych może zachodzić:

- niskotemperaturowa dezintegracja osadu czynnego nadmiernego lub wstępnego i nadmiernego z oczyszczalni ścieków lub mieszaniny osadu czynnego z substratami rolniczymi, czy spożywczymi;
- fermentacja (mezofilna i termofilna) osadu czynnego lub mieszaniny osadu czynnego z substratami rolniczymi, czy spożywczymi;
- pasteryzacja/higienizacja w temperaturze 70°C osadu czynnego lub mieszaniny osadu czynnego z substratami rolniczymi, czy spożywczymi.

Reaktor umożliwia prowadzenie trzech w/w procesów odrębnie, pracując jako reaktor przepływowy, ale również jako reaktor wsadowy, przy czym można prowadzić procesy jeden po drugim dla jednego wsadu, zaczynając od dezintegracji niskotemperaturowej, następnie prowadząc fermentację (termofilną lub mezofilną), a kończąc na procesem pasteryzacji/higienizacji.

Proponowany wielofunkcyjny reaktor mający zastosowanie do dezintegracji niskotemperaturowej lub fermentacji beztlenowej, czy pasteryzacji osadu czynnego nadmiernego lub osadu wstępnego i nadmiernego lub osadu mieszanego z substratami rolniczymi, czy spożywczymi cechuje się nieskomplikowaną budową i niespotykaną dotąd na rynku uniwersalnością. Ponadto istnieje możliwość adaptacji istniejących obiektów przy niskim nakładzie inwestycyjnym. Rozwiązanie to adresowane jest do obiektów posiadających komory fermentacji (pozwala zwiększyć produkcję biogazu co najmniej o 20%), jak i do małych oczyszczalni ścieków (<50 000 RLM), nieposiadających zamkniętych komór fermentacji. Pozwala zwiększyć suchą masę osadu, a tym samym zmniejszyć jego objętość, w wyniku lepszej jego odwadnialności. Lepsza odwadnialność pozwala ograniczyć ilość zużywanego polielektrolitu w procesie odwadniania.

Wynalazek jest bliżej objaśniony w przykładzie wykonania na rysunku schematycznym.

Wielofunkcyjny reaktor do przetwarzania osadu czynnego lub osadu mieszanego z substratami rolniczymi i/lub spożywczymi, zwłaszcza do dezintegracji niskotemperaturowej zawiera zaopatrzoną w grzałki rurowe 8 oraz zawór spustowy 21 pionowo usytuowaną komorę reakcyjną 7, wewnątrz której zamocowane jest pionowe mieszadło 9 łopatkowe. Reaktor wyposażony jest w instalację odprowadzającą gazy oraz sterownik do sterowania jego poszczególnymi elementami. Wysokość komory reakcyjnej 7 wynosi 1,2 m, a jej średnica 0,8 m. Komora reakcyjna 7 połączona jest ze zbiornikiem retencyjnym 1 wyposażonym w pompę z maceratorem 2 oraz w zawór napełniający 3 i w sondę radarową 4 do pomiaru poziomu wsadu. Ilość substratów podawanych do komory reakcyjnej 7 mierzona jest za pomocą przepływomierza elektromagnetycznego 5. Na wlocie do komory reakcyjnej 7 zamontowane są dwie zasowy nożowe 6 z napędem pneumatycznym. Mieszadło 9 posiada trzy równomiernie rozmieszczone łopatki o średnicach rosnących w kierunku dna komory reakcyjnej 7. Dolna łopatka zamocowana jest na wysokości 20 cm od dna komory reakcyjnej 7. Mieszadło 9 umocowane w pokrywie górnej komory reakcyjnej 7 poprzez uszczelnienie pakietowe 12, połączone jest z silnikiem z przekładnią 11. Zestaw dziewięciu grzałek rurowych 8 umieszczony jest obwodowo wewnątrz komory reakcyjnej 7 i podzielony na trzy niezależne strefy grzewcze, które są uruchamianie automatycznie zgodnie z poziomem napełnienia komory reakcyjnej 7 mierzonym za pomocą sondy radarowej 10 i zadaną temperaturą mierzoną jedną z sond pomiarowych 13. Do pokrywy górnej komory reakcyjnej 7 przyłączona jest instalacja napowietrzająca zawierająca rozdzielacz 23 połączony z instalacją sprężonego powietrza, do którego rozłącznie

zamocowane są cztery pionowe perforowane ruszty 26 napowietrzające. W zależności od prowadzonego procesu, ruszty 26 odłącza się od zasilania, bądź demontuje się z wykorzystaniem śrubunków 24. Instalacja sprężonego powietrza zaopatrzona jest w zawory kulowe oraz zawory z napędem elektromechanicznym do automatycznego sterowania ilością doprowadzonego powietrza. Powietrze wprowadzane jest przez połączoną ze sprężarką 20 dmuchawę 17 membranową z automatycznym zaworem 16 upuszczania nadmiaru powietrza. Na wyjściu z dmuchawy 17 zamontowany jest przepływomierz 15 masowy w celu dokładnego pomiaru ilości podawanego powietrza. W górnej części komory reakcyjnej 7 zamocowane są sondy 13 pomiarowe do pomiaru temperatury, a w zależności od prowadzonego procesu, do pomiaru stężenia tlenu, potencjału redox, pH, gęstości, stężenia amoniaku lub stężenia siarkowodoru. Sondy 13 pomiarowe połączone są z przetwornikiem 18 do sond pomiarowych. W górnej części komory reakcyjnej 7 zamontowany jest króciec instalacji dawkowania reagentów 14 do zmiany pH lub przykładowo antyspiniaczy oraz szczelnie przyłączona jest instalacja 22 odprowadzania gazów zawierająca chłodnicę z filtrem węglowym. W wariantcie realizacji w pokrywie komory 7 zamontowano siedem otworów inspekcyjnych ze złączy klampowych, każdy o średnicy DN100. Otwory są wykonane w sposób umożliwiający ich całkowite zamknięcie pokrywami z uszczelką, lub stanowią gniazda do montażu dodatkowych sond pomiarowych 13. W dnie komory reakcyjnej 7 umiejscowiono zawór spustowy 21.

Sterownik PLC do sterowania elementami reaktora umieszczony jest w szafie zasilająco-sterującej 19 i złączony jest z przetwornikiem 18 do sond 13 pomiarowych, sprężarką 20 i dmuchawą 17 membranową, grzałkami rurowymi 8 i przykładowo wymiennikiem ciepła 25, mieszałem 9 łopatkowym wraz z silnikiem 11 z przekładnią, pompą 2 napełniającą i zaworem 3 napełniającym, oraz przepływomierzem 5 elektromagnetycznym i zaworem 21 spustowym, wyposażony w dotykowy wyświetlacz o przekątnej 7 cali. Sterownik PLC do sterowania elementami reaktora jest wyposażony w program sterujący pracą przetwornika do sond 18 pomiarowych, sprężarki 20 i dmuchawy 17 membranowej, grzałek rurowych 8 i wymiennika ciepła 25, mieszała 9 łopatkowego wraz z silnikiem 11 z przekładnią, pompy 2 napełniającej i zaworu 3 napełniającego oraz przepływomierza 5 elektromagnetycznego i zaworu 21 spustowego. Wszystkie dane procesowe są archiwizowane zarówno na karcie SD, jak i w pamięci sterownika w formie dowolnie konfigurowalnych tabel. W każdej chwili możliwe jest ściągnięcie danych bezpośrednio do komputera lub poprzez skopiowanie danych z karty SD. Każde z kluczowych urządzeń – mieszało 9, dmuchawa 17, grzałki rurowe 8, jest opomiarowane pod względem poboru prądu i również te dane zbierane są dzięki zastosowaniu sterownika. Wyposażenie systemu sterującego pozwala na pracę zdalną.

Przykładowo substraty w komorze reakcyjnej 7 poddawane są procesowi wstępnego podgrzania z wykorzystaniem wymiennika ciepła 25 (połączenie nie zostało pokazane na rysunku), który odzyskuje ciepło z wsadu wcześniej poddanego procesom dezintegracji niskotemperaturowej lub fermentacji lub pasteryzacji, co wpływa na obniżenie energochłonności procesu.

W procesie dezintegracji osady ściekowe nadmierne zagęszczone (sucha masa organiczna na poziomie: 71,4%) poddawano procesowi dezintegracji niskotemperaturowej w temperaturze 55°C przy prędkości mieszania 25 Hz (1500 obr./min) z kofermentami rolniczymi, ze stałym przepływem, przy stężeniu tlenu w komorze reakcyjnej 7 na poziomie 0,2 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> i czasie zatrzymania 30 h. Uzyskano maksymalny stopień dezintegracji osadu [DD] na poziomie 43%. Wzrost produkcji biogazu [metanu] z osadu dezintegrowanego w w/w warunkach wyniósł 31% więcej w stosunku do wielkości produkcji biogazu dla osadu niezdezintegrowanego.

Fermentację osadów ściekowych nadmierne zagęszczonych (sucha masa organiczna na poziomie: 71,4%) wraz z kofermentem/substratem: wywar gorzelniany (sucha masa organiczna na poziomie: 73,4%, skład wywaru: 98% melasy i 2% żyta) po procesie dezintegracji niskotemperaturowej w stosunku objętościowym 3:1 w temperaturze 55°C przy prędkości mieszania 25 Hz (1500 obr./min) przeprowadzono w komorze reakcyjnej 7 ze stałym przepływem, przy stężeniu tlenu w komorze reakcyjnej 7 na poziomie 0,2 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> i czasie zatrzymania 30 h. Prowadzono proces fermentacji metanowej w/w reaktorze w temperaturze 35°C, przez 20 dni, przy wyłączonym systemie napowietrzania zaworami kulowymi i mieszaniu na poziomie 30 Hz, uzyskując produkcję biogazu zdeintegrowanej mieszaniny w w/w warunkach na poziomie 683 m<sup>3</sup>/t s.m.o. przy % objętości metanu (CH<sub>4</sub>) 60%.

Osady ściekowe nadmierne zagęszczone, które zawierały żywe jaja pasożytów *Ascaris* sp. (powyżej 10 jaj) oraz bakterie *Salmonelli* (badania wykonane przez akredytowane laboratorium wg metod KJ-I-5.4-59M oraz PB-180 wyd. I z dn. 01.08.2012, odpowiednio) poddano w komorze reakcyjnej 7, ze stałym przepływem, procesowi pasteryzacji w temperaturze 70°C przy prędkości mieszania 25 Hz

(1500 obr./min) w czasie zatrzymania 1,5 h. Osady ściekowe po procesie higienizacji/pasteryzacji spełniały warunki do wykorzystania w rolnictwie zgodnie z obowiązującymi regulacjami prawnymi (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. 2015 poz. 257), ponieważ nie zawierały jaj pasożytów i bakterii z rodzaju Salmonella.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Wielofunkcyjny reaktor do przetwarzania osadu czynnego lub osadu mieszanego z substratami rolniczymi i/lub spożywczymi, zwłaszcza do dezintegracji niskotemperaturowej zawierający zaopatrzoną w grzałki rurowe oraz zawór spustowy pionowo usytuowaną komorę reakcyjną, wewnątrz której zamocowane jest pionowe mieszadło łopatkowe, ponadto zawierający chłodnicę z filtrem węglowym odprowadzającym gazy oraz sterownik logiczny PLC do sterowania elementami reaktora, **znamienny tym**, że wysokość komory reakcyjnej (7) jest zasadniczo o połowę większa od jej średnicy, przy czym komora reakcyjna (7) połączona jest ze zbiornikiem retencyjnym (1) wyposażonym w pompę (2) z maceratorem oraz w zawór (3) napełniający i w sondę (4) radarową do pomiaru poziomu wsadu oraz przepływomierz (5) elektromagnetyczny, przy czym na wlocie do komory reakcyjnej (7) zamontowane są zasuwy nożowe (6) z napędem pneumatycznym, zaś mieszadło (9) posiada trzy równomiernie rozmieszczone łopatki o średnicach rosnących w kierunku dna komory reakcyjnej (7), przy czym dolna łopátka zamocowana jest w odległości od dna wynoszącej co najwyżej  $\frac{1}{4}$  wysokości komory reakcyjnej (7), a mieszadło (9) umocowane w pokrywie górnej komory reakcyjnej (7) poprzez uszczelnienie pakietowe (12) połączone jest z silnikiem (11) z przekładnią, zaś zestaw grzałek rurowych (8) umieszczony jest obwodowo wewnątrz komory reakcyjnej (7), wyposażonej w sondę radarową (10) i podzielony na niezależne strefy grzewcze, przy czym do pokrywy górnej komory reakcyjnej (7) przyłączona jest instalacja napowietrzająca zawierająca rozdzielacz (23) połączony z instalacją sprężonego powietrza, do którego rozłącznie zamocowane są pionowe ruszty napowietrzające (26), która zaopatrzona jest w zawory kulowe oraz zawory z napędem elektromechanicznym do automatycznego sterowania ilością doprowadzonego powietrza oraz w sprężarkę (20) i dmuchawę (17) membranową z automatycznym zaworem (16) do upuszczania nadmiaru powietrza, a na wyjściu z dmuchawy (17) zamontowany jest przepływomierz (15) masowy, nadto w górnej części komory reakcyjnej (7) zamocowane są sondy (13) pomiarowe połączone z przetwornikiem (18) do sond (13) pomiarowych, króciec (14) instalacji dawkowania reagentów oraz szczelnie przyłączona instalacja (22) odprowadzania gazów zawierająca chłodnicę z filtrem węglowym, natomiast sterownik do sterowania elementami komory reakcyjnej (7) złączony jest z przetwornikiem (18) do sond pomiarowych (13), sprężarką (20), dmuchawą (17) membranową, zestawem grzałek rurowych (8), mieszadłem (9) łopatkowym wraz z silnikiem (11) z przekładnią, pompą (2) napełniającą, zaworem (3) napełniającym oraz przepływomierzem (5) elektromagnetycznym i zaworem (21) spustowym, przy czym sterownik do sterowania elementami wielofunkcyjnego reaktora jest wyposażony w program sterujący pracą przetwornika (18) do sond pomiarowych, sprężarki (20) i dmuchawy (17) membranowej, zestawu grzałek rurowych (8), mieszadła (9) łopatkowego wraz z silnikiem (11) z przekładnią, pompy (2) napełniającej, zaworu (3) napełniającego oraz przepływomierza (5) elektromagnetycznego i zaworu (21) spustowego.
2. Reaktor według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sondami (13) pomiarowymi są sondy do pomiaru temperatury, stężenia tlenu, potencjału redox, pH, gęstości, stężenia amoniaku, stężenia siarkowodoru.
3. Reaktor według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że w górnej części komory reakcyjnej (7) wykonane są otwory inspekcyjne.

