

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 73280 Y1

(12)

Opis ochronny wzoru użytkowego

(21) Numer zgłoszenia: **129044**

(22) Data zgłoszenia: **2020.03.13**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.09.20 BUP 25/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu ochrony: **2024.01.08 WUP 02/2024**

(51) MKP:

C02F 1/58 (2023.01)

C02F 1/62 (2023.01)

C02F 9/00 (2023.01)

(73) Uprawniony:

UNIwersytet Warszawski, Warszawa, PL

(72) Twórca(-y):

ŁUKASZ DREWNIĄK, Warszawa, PL

KRZYSZTOF WAWRZYŃIAK, Konin, PL

JACEK RETKA, Warszawa, PL

WITOLD UHRYNOWSKI, Warszawa, PL

KLAUDIA DĘBIEC-ANDRZEJEWSKA, Marki, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Maciej Młodkowski, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Instalacja do usuwania siarczanów i metali ciężkich ze ścieków przemysłowych

PL 73280 Y1

Opis wzoru

Przedmiotem wzoru użytkowego jest instalacja do oczyszczania ścieków przemysłowych i odpadów ciekłych zawierających siarczany i metale ciężkie.

Dostępne w stanie techniki technologie czy instalacje oferujące zarówno redukcję siarczanych jak i metali ciężkich opierają się głównie na procesach chemicznych. Polegają one na strącaniu trudno rozpuszczalnych wodorotlenków metali i siarczanu wapnia za pomocą odczynników chemicznych (przeważnie mleka wapiennego i siarczanu żelaza). Metody te generują bardzo duże ilości niebezpiecznych osadów zawierających metale ciężkie i zazwyczaj nie pozwalają na efektywną redukcję siarczanych. Z kolei, dostępne na rynku instalacje bazujące na metodach biologicznej redukcji siarczanych nie pozwalają na wysoką efektywność usuwania siarczanych, są wrażliwe na zawartość metali ciężkich oraz, ze względu na kubaturę instalacji, wymagają dużych powierzchni.

Celem niniejszego rozwiązania jest zastosowanie odpowiedniej kolejności zbiorników, ich kształtu, objętości, proporcji pomiędzy poszczególnymi elementami, sposobu połączenia, co w efekcie pozwala na skrócenie czasu zatrzymania w instalacji i efektywną utylizację odcieków przemysłowych zawierających siarczany i metale ciężkie.

Instalacja do usuwania siarczanych i metali ciężkich ze ścieków przemysłowych, według wzoru użytkowego, zawierająca zbiorniki połączone hydraulicznie, szeregowo za pomocą przewodów rurowych i pomp, charakteryzuje się tym, że zbiorniki stanowią reaktor chemiczny, osadnik przepływowy, reaktor pośredni, główny bioreaktor typu UASB, dodatkowy bioreaktor typu UASB, osadnik końcowy i reaktor napowietrzający, przy czym reaktor chemiczny zawiera króciec rurowy doprowadzania ścieków oraz trzy króćce rurowe z zamontowanymi pompami dozowania odczynników chemicznych, oraz reaktor chemiczny jest połączony z osadnikiem przepływowym za pośrednictwem przewodu rurowego z zamontowaną w nim pompą, rozciągającego się od dna reaktora chemicznego do górnego obszaru osadnika przepływowego, który jest z kolei połączony z reaktorem pośrednim za pośrednictwem przewodu rurowego rozciągającego się pomiędzy górnym obszarem osadnika przepływowego i górnym obszarem reaktora pośredniego, zaś reaktor pośredni jest połączony z głównym bioreaktorem za pośrednictwem przewodu rurowego z zamontowaną w nim pompą, rozciągającego się od dolnego obszaru reaktora pośredniego do dolnego obszaru głównego bioreaktora, a główny bioreaktor jest połączony z dodatkowym bioreaktorem typu UASB za pośrednictwem przewodu rurowego rozciągającego się pomiędzy górnym obszarem głównego bioreaktora i dolnym obszarem dodatkowego bioreaktora, który z kolei jest połączony z osadnikiem końcowym za pośrednictwem przewodu rurowego rozciągającego się pomiędzy górnym obszarem dodatkowego bioreaktora i górnym obszarem osadnika końcowego, zaś osadnik końcowy jest połączony jego górnym obszarem z reaktorem napowietrzającym za pośrednictwem przewodu rurowego, przy czym dna osadnika przepływowego, reaktora pośredniego oraz głównego i dodatkowego bioreaktora są połączone odpowiednio za pomocą przewodów rurowych z przewodem rurowym usuwania osadu, w którym usytuowana jest pompa, a dno osadnika końcowego jest połączone z obszarem górnym reaktora pośredniego za pośrednictwem przewodu rurowego i usytuowanej w nim pompy, przy czym stosunek objętości pomiędzy głównym bioreaktorem i dodatkowym bioreaktorem wynosi 2 : 1, natomiast stosunek objętości pomiędzy reaktorem napowietrzającym i głównym bioreaktorem wynosi 1 : 1,9.

Stosunek objętości pomiędzy reaktorem pośrednim i głównym bioreaktorem wynosi 1,583.

Wewnątrz reaktora chemicznego usytuowane jest mieszadło, czujnik pH oraz czujnik poziomu cieczy.

Główny bioreaktor zawiera układ grzewczy przystosowany do zapewniania stałej temperatury procesu.

Górne obszary głównego i dodatkowego bioreaktora są połączone z przewodem rurowym odprowadzania gazu.

Rozwiązanie według wzoru użytkowego eliminuje większość wad obecnie stosowanych technologii. Jest to innowacyjne połączenie procesów fizyko-chemicznych z procesami biologicznymi w celu redukcji siarczanych oraz usuwania metali ciężkich z odcieków przemysłowych i odpadów ciekłych. Proporcje pomiędzy poszczególnymi zbiornikami i reaktorami oraz ich kolejność ułożenia pozwalają na oczyszczanie z radykalnie mniejszą ilością powstających odpadów w stosunku do klasycznych instalacji chemicznych oraz dużo mniejsze zużycie odczynników chemicznych wykorzystywanych w procesie oczyszczania, jak również na skuteczne pozbywanie się nadmiaru materii organicznej, która nie została zutylizowana przez bakterie redukujące siarczany. Dzięki zastosowaniu przedstawionej kombinacji

zbiorników, reaktorów i osadników możliwe jest skrócenie czasu zatrzymania oczyszczanych ścieków do 48 godzin, co pozwala na stosunkowo niewielkich rozmiarów instalację. Kompaktowa konstrukcja instalacji pozwala na zmniejszenie powierzchni zabudowy w porównaniu do klasycznych rozwiązań biologicznych. Elementy instalacji według wzoru mogą być umieszczone w kontenerze 40'HC (o wymiarach 12192 × 2438 × 2896 mm), dzięki czemu instalacja może mieć charakter mobilny. Instalacja pozwala na oczyszczanie odcieków o różnym pH (od silnie kwaśnych – pH 0,5 do zasadowych – pH 12,00) i obciążeniu metalami ciężkimi i siarczanami. Instalacja według wzoru użytkowego może być zastosowana do różnorodnych odcieków zawierających zarówno same siarczany (np. zużyty elektrolit z akumulatorów ołowiowych), siarczany i metale ciężkie (np. odcieki hydrometalurgiczne pochodzące z recyklingu baterii czy kwaśne wody kopalniane), a także siarczany, metale ciężkie i związki organiczne (np. odcieki ze składowisk odpadów niebezpiecznych).

Przedmiot wzoru użytkowego został przedstawiony na załączonym rysunku przedstawiającym instalację do usuwania siarczanów i metali ciężkich ze ścieków przemysłowych w widoku z boku i w częściowym przekroju.

Instalacja według wzoru składa się z cylindrycznych zbiorników o stożkowych dnach, które są połączone szeregowo za pomocą przewodów rurowych, w których usytuowane są pompy wymuszające przepływ pomiędzy zbiornikami, jak pokazano na rysunku.

Pierwszym zbiornikiem w instalacji do usuwania siarczanów i metali ciężkich ze ścieków przemysłowych, według wzoru, jest reaktor chemiczny 1 o objętości $V = 0,950 \text{ m}^3$ wyposażony w króciec rurowy 1d doprowadzania ścieków i trzy króćce rurowe 1a, 1b, 1c dozowania odczynników chemicznych z zamontowanymi w nich pompami. Reaktor chemiczny 1 wyposażony jest również w mieszadło 10 zapewniające prawidłowy przebieg reakcji w całej objętości i czujnik 11 pH oraz czujnik 12 poziomu cieczy działające w trybie automatycznym. Z dnem reaktora chemicznego 1, za pośrednictwem przewodu rurowego 13, w którym znajduje się pompa 14, jest połączony górny obszar osadnika przepływowego 2 o objętości $V = 2,25 \text{ m}^3$. Górny obszar osadnika przepływowego 2 jest również połączony przewodem rurowym 15 z górnym obszarem reaktora pośredniego 3 o objętości $V = 1,20 \text{ m}^3$. Objętość reaktora pośredniego 3 jest dobrana tak, aby zapewniać wystarczającą ilość dozowanego odcieku. Do reaktora pośredniego 3, w jego górnym obszarze, dołączony jest również przewód rurowy 16 dozujący substraty niezbędne do dalszego procesu. Dolny obszar reaktora pośredniego 3 jest połączony przewodem rurowym 17, w którym usytuowana jest pompa 18, z dolnym obszarem głównego bioreaktora 4 typu UASB (ang. upflow anaerobic sludge blanket), czyli beztlenowego reaktora z osadem zawieszonym, o objętości $V = 1,90 \text{ m}^3$. Główny bioreaktor 4 zawiera układ grzewczy 19 zapewniający stałą temperaturę procesu oraz czujnik pH 20. Górny obszar głównego bioreaktora 4 jest połączony przewodem rurowym 21 z dolnym obszarem dodatkowego bioreaktora 5 typu UASB o objętości $V = 0,950 \text{ m}^3$. Górny obszar dodatkowego bioreaktora 5 połączony jest przewodem rurowym 22 z górnym obszarem osadnika końcowego 6 o objętości $V = 0,940 \text{ m}^3$. Dno osadnika końcowego 6 jest połączone powrotnym przewodem rurowym 24 wyposażonym w pompę 25 z reaktorem pośrednim 3. Ostatnim elementem instalacji jest reaktor napowietrzający 7 o objętości $V = 1,0 \text{ m}^3$ połączony przewodem rurowym 23 z górnym obszarem osadnika końcowego 6. Reaktor zawiera system rozprowadzania powietrza 33.

Dna osadnika przepływowego 2, reaktora pośredniego 3, głównego bioreaktora 4 i dodatkowego bioreaktora 5 są połączone odpowiednio przewodami rurowymi 29, 28, 27, 26 z przewodem rurowym 30 usuwania osadu, w którym usytuowana jest pompa 31 usuwająca osady poza instalację.

Górne obszary głównego i dodatkowego bioreaktora (4, 5) są połączone za pomocą przewodu rurowego (32) odprowadzania gazu.

W przypadku zbyt wysokich stężeń metali (np. powyżej 5000 mg/l), które mogą być toksyczne dla mikroorganizmów, instalacja ma możliwość zmiany konfiguracji na wstępną redukcję siarczanów (pochodzących z rozcieńczonych odcieków bądź źródła zewnętrznego) i zewnętrzne dozowanie strumienia powstającego siarkowodoru do zbiornika z odciekami wymagającymi wstępnej neutralizacji (podczyszczania). Dla ścieków zawierających wysokie wartości zawiesin i cząstek stałych wymagane jest dostarczenie zewnętrznego osadnika wstępnego o większej przepustowości.

Ścieki przemysłowe są podawane za pomocą króćca rurowego 1d doprowadzania ścieków do reaktora chemicznego 1, w którym mieszane są z odczynnikami chemicznymi, podawanymi za pomocą pomp dozujących przez króćce rurowe 1a, 1b, 1c, służącymi do wstępnej neutralizacji chemicznej zanieczyszczeń oraz ustalenia odpowiedniego odczynu pH niezbędnego dla przeprowadzenia dalszego procesu. Mieszanina reakcyjna w dalszej kolejności trafia do osadnika przepływowego 2, gdzie następuje

rozdział powstałego osadu od cieczy nadosadowej. Osad z dna osadnika przepływowego 2 odprowadzany jest osobną pompą 31 przez przewód rurowy 29 do przewodu rurowego 30 usuwania osadu. Ciecz nadosadowa przepływa grawitacyjnie do reaktora pośredniego 3 przez przewód rurowy 15. W reaktorze pośrednim 3 łączone są strumienie pozbawionego osadu neutralizatu z osadnika przepływowego 2 oraz oczyszczonej wody zawracanej po procesie przez przewód rurowy 24 i pompę 25 z osadnika końcowego 6 oraz dozowane są substraty niezbędne do dalszego procesu (tj. składniki odżywcze będące źródłem węgla, np. etanol, i azotu, np. chlorek amonu, azotan potasu). Do reaktora pośredniego 3 może być również doprowadzana woda wodociągowa przewodem rurowym 16. Tak przygotowane ścieki, dozowane pompą 18, trafiają do głównego bioreaktora 4. W głównym reaktorze 4 następuje główny proces biologicznej redukcji siarczanów poprzez zastosowanie odpowiedniego inokulum bakteryjnego oraz zachodzi strącanie metali w postaci trudno rozpuszczalnych soli siarczkowych. Z głównego bioreaktora 4 ścieki grawitacyjnie przepływają przewodem rurowym 21 do dodatkowego bioreaktora 5, w którym następuje wygaszenie i zakończenie biologicznej redukcji siarczanów oraz strącania metali ciężkich w postaci siarczków. W dodatkowym reaktorze 5 następuje także oddzielenie osadu od ścieku oczyszczonego. Gaz powstający w trakcie procesów zachodzących w głównym i dodatkowym bioreaktorze 4, 5 jest odprowadzany z górnych obszarów bioreaktorów za pośrednictwem przewodu rurowego 32. Osad zawierający siarczki metali z bioreaktorów 4 i 5 jest odprowadzony pompą 31. Oczyszczony ściek grawitacyjnie przepływa przewodem rurowym 22 z dodatkowego reaktora 5 do osadnika końcowego 6. W osadniku końcowym 6 oczyszczone ścieki mogą być przechowywane w celu ewentualnego późniejszego zawrócenia do reaktora pośredniego 3. Ostatnim elementem instalacji jest reaktor napowietrzający 7, w którym w wyniku procesów mikrobiologicznego utleniania następuje ostateczny rozkład powstałych w procesie lotnych kwasów tłuszczowych i innych wtórnych metabolitów (np. aldehydów, ketonów) pochodzących z rozkładu etanolu. W końcowym etapie oczyszczony ściek kierowany jest przewodem rurowym 34 do odbiornika.

Stosunek objętości pomiędzy głównym bioreaktorem 4 i dodatkowym bioreaktorem 5 wynosi 2 : 1, co pozwala na skuteczną redukcję siarczanów i pozbycie się metali obecnych w odciekach. Wspomniane skuteczne pozbywanie się nadmiaru materii organicznej jest możliwe do uzyskania przy stosunku objętości pomiędzy reaktorem napowietrzającym 7 i głównym bioreaktorem 4 wynoszącym 1 : 1,9. Stosunek pomiędzy reaktorem pośrednim 3 i głównym bioreaktorem 4 wynosi 1,583, przy czym istotne jest aby objętość reaktora pośredniego 3 zapewniała wystarczającą ilość dozowanego odcieku.

Instalacja ma charakter modułowy i w razie potrzeby (np. zwiększenia przepustowości) może być powielana bądź skalowana przy zachowaniu proporcji pomiędzy elementami (zbiornikami) instalacji.

Zastrzeżenia ochronne

1. Instalacja do usuwania siarczanów i metali ciężkich ze ścieków przemysłowych zawierająca zbiorniki połączone hydraulicznie, szeregowo za pomocą przewodów rurowych i pomp **znamienna tym**, że zbiorniki stanowią reaktor chemiczny (1), osadnik przepływowy (2), reaktor pośredni (3), główny bioreaktor (4) typu UASB, dodatkowy bioreaktor (5) typu UASB, osadnik końcowy (6) i reaktor napowietrzający (7), przy czym reaktor chemiczny (1) zawiera króciec rurowy (1d) doprowadzania ścieków oraz trzy króćce rurowe z zamontowanymi pompami (1a, 1b, 1c) dozowania odczynników chemicznych, oraz reaktor chemiczny (1) jest połączony z osadnikiem przepływowym (2) za pośrednictwem przewodu rurowego (13) z zamontowaną w nim pompą (14), rozciągającego się od dna reaktora chemicznego (1) do górnego obszaru osadnika przepływowego (2), który jest z kolei połączony z reaktorem pośrednim (3) za pośrednictwem przewodu rurowego (15) rozciągającego się pomiędzy górnym obszarem osadnika przepływowego (2) i górnym obszarem reaktora pośredniego (3), zaś reaktor pośredni (3) jest połączony z głównym bioreaktorem (4) za pośrednictwem przewodu rurowego (17) z zamontowaną w nim pompą (18), rozciągającego się od dolnego obszaru reaktora pośredniego (3) do dolnego obszaru głównego bioreaktora (4), a główny bioreaktor (4) jest połączony z dodatkowym bioreaktorem (5) typu UASB za pośrednictwem przewodu rurowego (21) rozciągającego się pomiędzy górnym obszarem głównego bioreaktora (4) i dolnym obszarem dodatkowego bioreaktora (5), który z kolei jest połączony z osadnikiem końcowym (6) za pośrednictwem przewodu rurowego (22) rozciągającego się pomiędzy górnym obszarem dodatkowego bioreaktora (5) i górnym obszarem osadnika końcowego (6), zaś osadnik końcowy (6)

jest połączony jego górnym obszarem z reaktorem napowietrzającym (7) za pośrednictwem przewodu rurowego (23), przy czym dna osadnika przepływowego (2), reaktora pośredniego (3) oraz głównego i dodatkowego bioreaktora (4, 5) są połączone odpowiednio za pomocą przewodów rurowych (29, 28, 27, 26) z przewodem rurowym (30) usuwania osadu, w którym usytuowana jest pompa (31), a dno osadnika końcowego (6) jest połączone z obszarem górnym reaktora pośredniego (3) za pośrednictwem przewodu rurowego (24) i usytuowanej w nim pompy (25), przy czym stosunek objętości pomiędzy głównym bioreaktorem (4) i dodatkowym bioreaktorem (5) wynosi 2 : 1, natomiast stosunek objętości pomiędzy reaktorem napowietrzającym (7) i głównym bioreaktorem (4) wynosi 1 : 1,9.

2. Instalacja według zastrzeżenia 1, **znamienna tym**, że stosunek objętości pomiędzy reaktorem pośrednim (3) i głównym bioreaktorem (4) wynosi 1,583.
3. Instalacja według zastrzeżenia 1 albo 2, **znamienna tym**, że wewnątrz reaktora chemicznego (1) usytuowane jest mieszadło (10), czujnik (11) pH oraz czujnik (12) poziomu cieczy.
4. Instalacja według zastrzeżenia 1 albo 2 albo 3, **znamienna tym**, że główny bioreaktor (4) zawiera układ grzewczy (19) przystosowany do zapewniania stałej temperatury procesu.
5. Instalacja według zastrzeżenia 1 albo 2 albo 3 albo 4, **znamienna tym**, że górne obszary głównego i dodatkowego bioreaktora (4, 5) są połączone z przewodem rurowym (32) odprowadzania gazu.

Rysunek

