

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 243543 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **438339**

(22) Data zgłoszenia: **2021.07.02**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.01.09 BUP 02/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.09.11 WUP 37/2023**

(51) MKP:

B09B 3/40 (2022.01)

C02F 11/04 (2006.01)

F23G 5/30 (2006.01)

F23G 5/027 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA
KOŚCIUSZKI, Kraków, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

TOMASZ ZDEB, Kraków, PL

TOMASZ TRACZ, Kraków, PL

IZABELA HAGER, Kraków, PL

STANISŁAW KAŃKA, Kraków, PL

MARCIN ADAMCZYK, Łączko, PL

KRYSTIAN BRASSE, Kraków, PL

TERESA STRYSZEWSKA, Kraków, PL

**MAŁGORZATA CIMOCHOWICZ-RYBICKA,
Kraków, PL**

STANISŁAW RYBICKI, Kraków, PL

JUSTYNA GÓRKA, Czernichów, PL

WITOLD ŻUKOWSKI, Kraków, PL

MAŁGORZATA OLEK, Kraków, PL

DARIUSZ BRADŁO, Miechów, PL

TADEUSZ ŻABA, Siepraw, PL

BARTOSZ ŁUSZCZEK, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:

Andrzej Rogowski, Kraków, PL

(54) Tytuł:

**Sposób utylizacji osadów pofermentacyjnych z procesu współfermentacji osadów
z uzdatniania wody i z oczyszczania ścieków komunalnych**

PL 243543 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób termicznej utylizacji przefermentowanej mieszaniny osadu pokoagulacyjnego z procesu uzdatniania wody, zawierającego w swym składzie koagulant glinowy i/lub żelazowy i/lub poliakryloamidy oraz osadu ściekowego pochodzącego z procesu oczyszczania ścieków komunalnych.

Wynalazek umożliwia skuteczną utylizację osadu pokoagulacyjnego z procesu uzdatniania wody, poddanego uprzednio współfermentacji z osadem pochodzącym z oczyszczania ścieków komunalnych.

Osady powstające w procesie uzdatniania wód stanowią istotny problem ekologiczny. Ilość powstających osadów stale wzrasta wraz ze zwiększającą się ilością uzdatnianych wód powierzchniowych. Zagospodarowanie osadów zalicza się do procesów trudnych, w tym szczególnie ich powtórne wykorzystanie.

W procesie uzdatniania wody ilość powstających osadów stanowi od 2 do 5% objętości uzdatnianej wody. Skład i właściwości osadów z uzdatniania wody zależą od jakości surowej wody, metody uzdatniania oraz typu stosowanych reagentów. Najczęściej w procesie koagulacji wykorzystuje się $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Al}_2\text{Cl}(\text{OH})_5$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_3 oraz poliakryloamidy $[\text{C}_3\text{H}_5\text{NO}]_n$. Proces koagulacji połączony z filtracją jest najczęściej stosowany do usuwania rozpuszczonego węgla organicznego, związków żelaza (Fe), manganu (Mn), dodatków powodujących zmętnienie i zabarwienie, a także usuwania metali ciężkich. W trakcie tego procesu powstaje szlam pokoagulacyjny. Produkty koagulacji mogą zawierać od 20 do 92% stałej fazy szlamu. Uzyskiwane osady pokoagulacyjne, oprócz związków żelaza lub glinu, zawierają substancje mineralne (minerały ilaste, cząstki gliny i piasku), organiczne oraz glony, pierwotniaki i bakterie. Jeśli woda powierzchniowa jest uzdatniana w procesie jednostopniowej filtracji i koagulacji przy zastosowaniu koagulantu w postaci $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ lub $\text{Al}_2\text{Cl}(\text{OH})_5$, osady pokoagulacyjne zawierają glin. Koncentracja suchej masy w tych wodach jest bardzo niska, mieszcząca się w zakresie od 0,02 do 0,10%.

Osad ściekowy zawiera od 25 do 75% substancji organicznych w przeliczeniu na suchą masę. Charakteryzuje się podwyższoną zawartością pierwiastków biogennych, szczególnie fosforu i azotu, zawiera także w swoim składzie siarkę. Zawartość substancji toksycznych oraz metali ciężkich zależy od pochodzenia ścieków (komunalne, przemysłowe) oraz rodzaju systemu kanalizacji (np. system ogólnospławny powoduje rozcieńczenie ścieków wodą deszczową). Ze względu na zawartość substancji organicznych, osad ściekowy ma własności paliwowe. Ciepło spalania i wartość opałowa zależy od rodzaju osadu i udziału w nim substancji organicznych. Ciepło spalania osadu, który zawiera do 30% części niepalnych wynosi około 14 MJ/kg, a wartość opałowa 1,6 MJ/kg przy wilgotności ok. 86% [Czop M., Jarząbkowska N., Testing fuel properties of municipal sewage sludge, Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska 2016, 18, 51–62]. Osad przefermentowany, z którego odzyskano część związanego węgla w gazie fermentacyjnym ma niższą wartość opałową w stosunku do osadu przed fermentacją.

Spalanie i współspalanie osadów ściekowych w reaktorze fluidalnych jest procesem znanym [Werther J., Ogada T.: Sewage sludge combustion, Progress in Energy and Combustion Science, 25, 1999, pp. 55–116.]. Z opisu patentowego DE19636241A1 znany jest sposób utylizacji osadów ściekowych, które po odwodnieniu są współspalane z węglem brunatnym oraz materiałami o właściwościach adsorbujących związki siarki, w palenisku fluidalnym ze złożem cyrkulacyjnym. Węgiel brunatny używany w procesie współspalania jest suszony do zawartości wody 8–12% i rozdrabniany do uziarnienia od 0 do 5 mm i współspalany z osadem ściekowym w proporcji około 1,75 : 1.

Technologię współspalania osadu z węglem brunatnym ujawnia także patent DE4425117A1. Współspalaniu poddawane są podsuszone osady. Proces prowadzony jest w atmosferze wzbogaconej w tlen, w temp. 750–850°C.

W patencie WO2005085143A1 ujawniony został sposób współspalania przy wykorzystaniu reaktorów ze złożem cyrkulującym. W patencie PL233843 ujawniony został sposób i instalacja do termicznej utylizacji zawilgoconych osadów ściekowych, pofermentacyjnych lub rolniczych. Proces utylizacji prowadzony jest dwuetapowo. W pierwszym etapie osady są odgazowane w piecu obrotowym w temperaturze 700°C do 1100°C, korzystnie 850°C. Wytworzony karbonizat i gaz palny spalany jest w reaktorze fluidalnym. Do reaktora fluidalnego powietrze wprowadzane jest dwustopniowo, energię cieplną wykorzystuje się w kotle odzysknicowym, a gazy oczyszczane są w układzie odpylania.

Znane jest z japońskiego opisu patentowego JPH08108162A wykorzystanie osadu ze stacji uzdatniania wody do wytwarzania syntetycznego kruszywa do produkcji betonu. Rozwiązanie to polega

na zmieszaniu osadu z mączką wapienną na mokro oraz po wysuszeniu i zmieleniu, poddaniu obróbce termicznej. Wypalony granulát stanowi wysokowytrzymałościowe kruszywo do betonu. Rozwiązanie to wymaga zastosowania wysokoenergetycznego suszenia surowca, oraz procesu mielenia. Ponadto dotyczy zagospodarowania wyłącznie materiału odpadowego pochodzącego ze stacji uzdatniania wody.

Wykazano również możliwości łącznego wykorzystania wypalonych osadów ściekowych i surowych osadów pokoagulacyjnych do produkcji cegieł [Cheng W. N., Yi H., Yu C-f., Wong H.F., Wang G., Kwon E.E. and Tsang Y.F., *Biorefining Waste Sludge From Water and Sewage Treatment Plants Into Eco-Construction Material*. *Front. Energy Res.* 7 (22), 2019].

Istnieje też znana metoda łącznej termicznej obróbki osadów ściekowych oraz osadów pokoagulacyjnych w celu wytworzenia keramzytu [Guoren X., Jinlong Z., Guibai L., *Ceramsite Made with Water and Wastewater Sludge and its Characteristics Affected by SiO₂ and Al₂O₃*, *Environ. Sci. Technol.* 2008, 42, 7417–7423]. W rozwiązaniu tym dodatkiem jest krzemian sodu w ilości 20% mas. osadów, który umożliwia utworzenie porowatej struktury podczas spiekania w temperaturze do 1000°C.

Z opisu patentowego EP1985590A1 znana jest metoda wykorzystania osadu pokoagulacyjnego do wytworzenia peletów lub brykietów pozwalających na odzysk energii chemicznej. Omawiana metoda polega na mieszaniu trocin z osadem pokoagulacyjnym oraz wymaga zastosowania dodatkowych czynników utleniających oraz dodatków peletyzujących.

Znany jest, z opisu polskiego zgłoszenia patentowego nr P.429997, sposób utylizacji osadów z uzdatniania wody, zawierających koagulant glinowy przy wykorzystaniu procesu fermentacji metanowej. Sposób ten polega na poddaniu procesowi współfermentacji mieszaniny utworzonej z osadów ściekowych oraz dodanych do niego osadów z procesu uzdatniania wody, jako reagenta w beztlenowym rozkładzie związków organicznych zawartych w osadach ściekowych. Mieszaninę poddawaną procesowi współfermentacji zestawia się w proporcjach wyznaczonych w oparciu o zbadaną suchą masę organiczną osadów ściekowych oraz suchą masę organiczną osadów z procesu uzdatniania wody. Ilość osadu z uzdatniania wody w mieszaninie z osadem ściekowym stosuje się w takiej ilości, aby zawarta w nim sucha masa organiczna stanowiła ilość odpowiadającą 27–29% wagowym suchej masy organicznej zawartej w osadzie ściekowym. Następnie oblicza się ilość osadu z uzdatniania wody, jaką dodaje się do jednego litra osadu z uzdatniania ścieków, aby sucha masa organiczna powstałej mieszaniny zwiększyła się o 27–29% wagowych, w stosunku do suchej masy organicznej osadu ze ścieków. W oparciu o obliczoną ilość osadu z uzdatniania wody na jednostkę osadu ściekowego oblicza się ilości składowych reagentów mieszaniny poddawanej współfermentacji w zależności od pojemności zbiornika fermentacyjnego i prowadzi się proces współfermentacji przez okres od 500 h do 800 h, w temperaturze 35–37°C przy pH w granicach 6,9–7,5.

Technologia będąca przedmiotem wynalazku, charakteryzuje się tym, że osady po uzdatnianiu wody i osady ściekowe podlegają wspólnej przeróbce, w celu ich przekształcenia w nośniki energii (produkcja biogazu, odzysk ciepła), a pozostały po realizacji procesu współfermentacji osad, może być wykorzystany, jako produkt do dalszej przeróbki lub składowany, jako odpad stanowiący mniejsze zagrożenie niż osad z uzdatniania wody.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu definitywnej utylizacji osadów pofermentacyjnych z procesu współfermentacji osadów z uzdatniania wody i z oczyszczania ścieków komunalnych poprzez ich obróbkę termiczną, prowadzącą do spalania części organicznych i uzyskaniu inertnego chemicznie materiału mineralnego, jako efektu procesu spalania, który może być zastosowany jako neutralny dla środowiska materiał podsypkowy lub też jako dodatek do zapraw i betonów oraz ceramiki budowlanej. Celem rozwiązania jest także przeprowadzenie w reaktorze chemicznym, w sposób autotermiczny, procesu odzysku energii chemicznej zgromadzonej w organicznych związkach zawartych w osadach pofermentacyjnych z procesu współfermentacji osadów z uzdatniania wody i z oczyszczania ścieków komunalnych.

Istotą wynalazku jest sposób utylizacji osadów pofermentacyjnych z procesu współfermentacji osadów z uzdatniania wody i z oczyszczania ścieków komunalnych polegający na tym, że spala się je w piecu fluidyzacyjnym wyposażonym w instalację odpylającą i w instalację odzyskiwania ciepła oraz w system monitoringu i sterowania procesem spalania i charakteryzuje się tym, że przeznaczony do utylizacji osad pofermentacyjny odwadnia się do wilgotności mniejszej niż 20%mas. Następnie odwodniony osad pofermentacyjny rozdrabnia się mechanicznie do wielkości ziaren <10 mm. Rozdrobniony materiał w postaci osadu pofermentacyjnego, wprowadzana się do pieca fluidyzacyjnego nad rozpalone złożo fluidalne w sposób ciągły, za pomocą sterowanego podajnika ślimakowego lub narzutowego. Strumień dozowanego materiału mieści się w przedziale 1–8 kg/(m² x min). Temperaturę złoża fluidalnego,

w trakcie procesu utylizacji utrzymuje się w granicach 650°C do 1000°C oraz mierzy się w sposób ciągły i zapisuje w pamięci jednostki centralnej sterującej procesem. Czynnikiem fluidyzującym materiał złoża jest powietrze, które wdmuchuje się, przeciwnie do kierunku przepływu wprowadzanego materiału, w ilości zapewniającej wytworzenie strefy utleniającej w całej objętości złoża.

Powietrze wprowadza się w ilości wyższej niż potrzebna do całkowitego spalania paliwa w postaci osadu pofermentacyjnego (ilość stechiometryczna) przy wartości współczynnika nadmiaru powietrza $\lambda > 1$. W przypadku obniżenia temperatury złoża poniżej 850°C wprowadza się regulowany strumień dodatkowego paliwa gazowego.

Korzystnie, jako materiał złoża fluidalnego, stosuje się popiół uzyskany w wyniku utylizacji pofermentacyjnych osadów z uzdatniania wody i oczyszczania ścieków komunalnych.

Korzystnie temperaturę wewnątrz reaktora utrzymuje się w przedziale wartości od 850°C do 900°C, poprzez zapewnienie odpowiedniej wartości stosunku strumieni powietrza i granulatu osadu pofermentacyjnego i/lub dodatkowe wprowadzenie paliwa wspomagającego.

Korzystnie proces spalania osadu pofermentacyjnego prowadzi się przy wartości współczynnika nadmiaru powietrza λ większego od 1,5.

Korzystnie strumień materiału dozuje się na poziomie większym niż 5 kg/(m² x min).

Proces utylizacji osadów pofermentacyjnych powstałych w wyniku współfermentacji osadów z uzdatniania wody i z oczyszczania ścieków komunalnych prowadzi się w temperaturze, w której zachodzi spalanie części palnych, lecz jest ona niższa od temperatury topnienia części mineralnej materiału. Po usunięciu części palnych substancja mineralna jest odbierana ze złoża fluidalnego. Temperaturę w złożu fluidalnym utrzymuje się wskutek wydzielania się energii podczas spalania materiału odpadowego, a w sytuacji gdy w utylizowanym osadzie pofermentacyjnym podwyższona jest zawartość wilgotności, proces spalania wspomaga się wprowadzeniem paliwa dodatkowego. Ciepło spalin wykorzystuje się do wstępnego suszenia materiału wsadowego. Utrzymanie określonych dla sposobu warunków spalania osadu pofermentacyjnego pozwala na stabilne prowadzenie procesu i wytworzenie homogenicznego produktu stałego.

Gazy opuszczające złożo po przejściu przez wymiennik ciepła, kieruje się do systemu oczyszczania spalin, zawierającego systemy do odsiarczania, odazotowania oraz odpylania spalin. Przetworzony materiał odprowadza się z reaktora poprzez instalacje o znanej konstrukcji przeznaczone do usuwania popiołu z pieca fluidyzacyjnego.

Korzystnym efektem termicznej utylizacji osadów pofermentacyjnych z procesu współfermentacji osadów z uzdatniania wody i z oczyszczania ścieków komunalnych przeprowadzonej według sposobu opisanego w wynalazku jest uzyskanie produktu wyjściowego w postaci popiołu jednorodnego pod względem własności fizyko-chemicznych. Głównymi składnikami uzyskanego materiału są kwarc, glinokrzemiany oraz tlenki żelaza. Proporcje składników są uzależnione od materiału wsadowego. Użytkany popiół jest materiałem jednorodnym, w którym nie obserwuje się obecności faz amorficznych.

W termicznym procesie utylizacji osadu pofermentacyjnego przeprowadzonym zgodnie z opisem następuje usunięcie składników palnych, co tworzy warunki do odzyskania energii z materiału odpadowego oraz pozwala uzyskać inertny chemicznie materiał mineralny znajdujący zastosowanie jako neutralny dla środowiska materiał podsypkowy lub też jako dodatek do zapraw i betonów oraz ceramiki budowlanej.

Przykład 1 – realizacji wynalazku

Termiczną utylizację osadu z procesu współfermentacji osadu ściekowego i pokoagulacyjnego w proporcji 90/10% masowo, przeprowadzono w laboratoryjnym reaktorze fluidyzacyjnym o powierzchni dystrybutora 0,72 dm². Złożo pierwotne stanowił popiół przefermentowanego osadu ściekowego o średnicy ziaren 0,75–1,00 mm. Fluidyzację złoża prowadzono powietrzem stanowiącym równocześnie czynnik utleniający. Natężenie przepływu czynnika fluidyzującego (powietrza) było równe 3,2 dm³/s. Analizowany materiał odwodniono do wilgotności poniżej 20% mas. rozkruszono mechanicznie, a następnie wydzielono frakcję 0,5–2 mm. Strumień dozowanego materiału wynosił 7 kg/(m²·min). Proces wypalania osadu prowadzono w temperaturze 940°C, stosując współczynnik nadmiaru powietrza równy 1,7.

W wyniku przeprowadzonej termicznej utylizacji mieszanki osadu ściekowego i pokoagulacyjnego otrzymano jednorodny materiał mineralny, który zawierał nie mniej niż 99% mas. substancji mineralnej. W pozostałej części zawarty jest nie więcej niż 1% mas. węgla organicznego, azotu paliwowego i siarki paliwowej łącznie. Badania popiołu wykluczyły obecność w nim faz amorficznych.

Przykład 2 – realizacji wynalazku

Termiczną utylizację osadu z procesu współfermentacji osadu ściekowego i pokoagulacyjnego w proporcji 90/10% masowo, przeprowadzono w laboratoryjnym reaktorze fluidyzacyjnym o powierzchni dystrybutora $0,72 \text{ dm}^2$. Złoże pierwotne stanowił popiół przefermentowanego osadu ściekowego o średnicy ziaren $0,50\text{--}1,00 \text{ mm}$. Fluidyzację złoża prowadzono powietrzem stanowiącym równocześnie czynnik utleniający. Natężenie przepływu czynnika fluidyzującego (powietrza) było równe $2,5 \text{ dm}^3/\text{s}$. Przy strumieniu dozowanego materiału wynoszącym $16 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ osiągnięto warunki bliskie spalaniu stechiometrycznemu (współczynnik nadmiaru powietrza wynosił $1,01$). Proces wypalania osadu prowadzono w temperaturze 960°C .

W wyniku przeprowadzonej utylizacji termicznej mieszanki osadu ściekowego i pokoagulacyjnego otrzymano jednorodny materiał mineralny, który zawierał nie mniej niż 99% mas. substancji mineralnej. Badania popiołu wykluczyły obecność w nim faz amorficznych.

Materiał mineralny, inertny chemicznie, uzyskany w wyniku przeprowadzenia termicznej utylizacji osadu z procesu współfermentacji osadu ściekowego i pokoagulacyjnego posiada parametry i właściwości kwalifikujące go do zastosowania, jako neutralny dla środowiska materiał podsypkowy lub też jako dodatek do zapraw i betonów oraz ceramiki budowlanej.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób utylizacji pofermentacyjnych osadów z procesu współfermentacji osadów z uzdatniania wody i oczyszczania ścieków komunalnych poprzez spalenie ich w piecu fluidyzacyjnym wyposażonym w instalację odpylającą i w instalację odzyskiwania ciepła oraz w system monitoringu i sterowania procesem spalania **znamienny tym**, że:
 - osad pofermentacyjny odwadnia się do wilgotności higroskopijnej wynoszącej poniżej 20% mas.,
 - rozdrabnia się mechanicznie odwodniony osad pofermentacyjny do wielkości ziaren $< 10 \text{ mm}$,
 - wprowadzana się rozdrobniony materiał w postaci osadu pofermentacyjnego, w sposób ciągły nad rozpalone złoże fluidalne pieca fluidyzacyjnego a strumień dozowanego materiału mieści się w przedziale $1\text{--}8 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \text{min})$,
 - mierzy się w sposób ciągły temperaturę złoża fluidalnego i zapisuje w pamięci jednostki centralnej sterującej procesem,
 - temperaturę złoża fluidalnego utrzymuje się w granicach 650°C do 1000°C ,
 - w stosunku do wprowadzanego materiału podaje się przeciwprądowo powietrze, stanowiące czynnik fluidyzujący materiał złoża, w ilości zapewniającej wytworzenie strefy utleniającej w całej objętości złoża,
 - powietrze wprowadza się w ilości wyższej niż potrzebna do całkowitego spalania paliwa w postaci osadu pofermentacyjnego (ilość stechiometryczna) przy wartości współczynnika nadmiaru powietrza $\lambda > 1$,
 - przy obniżeniu temperatury złoża poniżej 850°C wprowadza się regulowany strumień dodatkowego paliwa gazowego.
2. Sposób wg zastrz. 1 **znamienny tym**, że jako materiał złoża fluidalnego stosuje się popiół uzyskany w wyniku utylizacji pofermentacyjnych osadów z uzdatniania wody i oczyszczania ścieków komunalnych.
3. Sposób wg zastrz. 1 **znamienny tym**, że temperaturę wewnątrz reaktora utrzymuje się w przedziale wartości od 850°C do 900°C , poprzez zapewnienie odpowiedniej wartości stosunku strumieni powietrza i granulatu osadu pofermentacyjnego i/lub paliwa wspomagającego.
4. Sposób wg zastrz. 1 **znamienny tym**, że proces spalania osadu pofermentacyjnego prowadzi się przy wartości współczynnika nadmiaru powietrza λ większego od 1,5.
5. Sposób wg zastrz. 1 **znamienny tym**, że strumień materiału dozuje się na poziomie większym niż $5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \text{min})$.