

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 245558 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **439237**

(22) Data zgłoszenia: **2021.10.18**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.04.24 BUP 17/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.09.02 WUP 36/2024**

(51) MKP:

B01D 53/48 (2006.01)

B01D 53/86 (2006.01)

B01J 23/80 (2006.01)

B01J 21/02 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA ŁÓDZKA, Łódź, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

MAREK KAŻMIERCZAK, Łódź, PL

MONIKA RYNIECKA, Konstantynów Łódzki, PL

ANDRZEJ ŻARCZYŃSKI, Justynów, PL

ZBIGNIEW GORZKA, Łódź, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Ewa Kaczur-Kaczyńska, Łódź, PL

(54) Tytuł:

Sposób termokatalitycznego utleniania i odsiarczania związków organicznych zawierających siarkę, zwłaszcza stanowiących produkty odpadowe

PL 245558 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób termokatalitycznego utleniania i odsiarczania związków organicznych zawierających siarkę, zwłaszcza stanowiących produkty odpadowe, połączony z wydzielaniem siarki.

Odpadami organicznymi zawierającymi siarkę są substancje niebezpieczne z fizycznej przeróbki, obrotu i stosowania siarki i jej związków, z chemicznych procesów z użyciem siarki i jej związków oraz odsiarczania, jak na przykład odpady zawierające siarkę z odsiarczania ropy naftowej, odpady z flotacyjnego wzbogacania rud siarkowych, oleje i smary do których w celu zwiększenia trwałości i polepszenia własności stosuje się często dodatek związków siarki, oleje do obróbki metali zawierające dodatki siarki zwiększające trwałość filmu smarowego i zatruwające katalityczne działanie metali w reakcjach utleniania olejów, oleje pracujące w bardzo ciężkich warunkach, zawierające na przykład organiczne sulfokwasy i sulfonowane tłuszcze, oleje rozpuszczalne (tworzące trwałe emulsje z wodą) zawierające dodatki siarkowe. Dodatkami poprawiającymi smarność mogą być siarkowane tłuszcze, kwasy sulfonowe i ich sole. Dodatkiem może być też disiarczeczek molibdenu. Jako dodatek do olejów przeciw pienieniu stosuje się na przykład estry butylowe sulfonowanego oleju rycynowego. Jako dodatki przeciwrzdzewne używa się sole kwasów sulfonowych. Siarka lub jej związki mogą być ponadto zawarte w olejach wskutek rafinacji kwasem siarkowym. Wymienione preparaty siarkowe mogą być również składnikami smarno-chłodzących emulsji wodno-olejowych.

Z opisu patentowego US8663459 B1 jest znany katalityczny proces głębokiego utleniającego odsiarczania ciekłych paliw transportowych, polegający na tym, że związki zawierające siarkę, w tym zwłaszcza związki tiofenowe zawarte w ciekłym strumieniu węglowodorów, są katalitycznie utleniane przez połączenie strumienia węglowodorów z katalityczną mieszaniną reakcyjną, która zawiera nadtlenuk rozpuszczalny w wodzie lub w polarnym kwasie organicznym, co najmniej jeden kwas karboksylowy oraz katalizator, który jest solą metalu przejściowego. Mieszaninę energicznie miesza się przez czas wystarczający do utlenienia związków zawierających siarkę z wytworzeniem sulfotlenków i sulfonów, pozostawia się do odstania i rozdzielania na dolną warstwę wodną zawierającą katalizator i górną warstwę węglowodorową, która jest odzyskiwana i z której usuwa się utlenione związki siarki na przykład przez ekstrakcję rozpuszczalnikiem, destylację lub selektywną adsorpcję. Proces może być wykorzystany do zmniejszenia zawartości siarki w ciekłych paliwach transportowych do 10 ppm lub mniej.

W opisie zgłoszenia patentowego CN 110947300 A ujawniono metodę odsiarczania polegającą na tym, że oczyszczany gaz, w tym dwutlenek siarki i tlen, wprowadza się do mieszaniny odsiarczającej, która składa się głównie z wody i cząstek katalizatora z węglem aktywnym. Stosunek masy cząstek katalizatora z węglem aktywnym w mieszaninie odsiarczającej do masy wody wynosi 0,05–1, a powierzchnia właściwa cząstek katalizatora z węglem aktywnym jest nie mniejsza niż 500 m²/g. Gdy gaz poddawany obróbce przechodzi przez mieszaninę odsiarczającą, dwutlenek siarki i tlen w gazie poddawany obróbce są absorbowane przez mieszaninę odsiarczającą i przekształcane w kwas siarkowy znajdujący się w mieszaninie odsiarczającej. Po obróbce gaz resztkowy jest odprowadzany z jednostki reakcyjnej odsiarczania w celu kontrolowania procesu odsiarczania. Stosunek szybkości przepływu gazu do obróbki (m³/h) do objętości mieszaniny odsiarczającej (m³) wynosi 400–4000 h⁻¹.

Z publikacji w czasopiśmie *Fuel Processing Technology*, 192, 36–44, 2019 jest znane usuwanie ditlenku siarki z pieca do wytapiania poprzez zwiększenie wykorzystania zasobów odpadów miedziowych poprzez katalityczne utlenianie cieczy z wykorzystaniem miedzi jako katalizatora. Związki: zostały zsyntetyzowane i scharakteryzowane. Jako modelowe związki siarki w oleju napędowym zastosowano benzotiofen, dibenzotiofen i 4,6-dimetylodibenzotiofen. Reakcję utleniania przeprowadzono przy użyciu wymienionych związków (polioksometalanów): Na₂HPM₁₂O₄₀, H₃PM₁₂O₄₀, Na₂HPM₁₂O₄₀, (VO)H[PM₁₂O₄₀] i (n-Bu₄N)₃[PM₁₂O₄₀] (M=Mo i W) oraz (n-Bu₄N)₃ + x[PW₁₂-xV_xO₄₀] (x = 0–3) jako katalizatora oraz H₂O₂ i kwasu octowego. Wyniki eksperymentalne pokazały, że polioksometalany jako katalizatory na bazie wolframu są bardziej aktywne niż na bazie molibdenu. Reaktywność utleniania katalizatorów zależy od rodzaju przeciwkationu: Na⁺ > H⁺ > (VO)⁺ > (n-Bu₄N)⁺. W serii (n-Bu₄N)₃ + x [PW₁₂-xV_xO₄₀] (x = 0–3) kolejność aktywności katalitycznej to V₃ > V₂ > V₁ > V₀. Kolejność reaktywności związków siarki jest następująca: dibenzotiofen > 4,6-dimetylodibenzotiofen > benzotiofen. Układ katalityczny w tej pracy został wykorzystany do utleniania oleju napędowego połączonych z ekstrakcją rozpuszczalnikową w celu usunięcia siarki w oleju napędowym. W łagodnych warunkach reakcji można osiągnąć wysoki stopień usunięcia siarki do 98% przy wysokim odzysku oleju (90%).

Przedstawiona w opisie patentowym PL 149143 B1 metoda oczyszczania ścieków zawierających nieorganiczne związki siarki oraz związki organiczne, polega na tym, że ścieki poddaje się wpieryw elektrochemicznemu utlenieniu w elektrolizerze, korzystnie z anodą tlenkową tytanowo-rutenową, platynowaną lub platynową do chwili rozwarstwienia zawartości reaktora na warstwę organiczną i warstwę wodną, z której ewentualnie wydziela się, na drodze krystalizacji tiosiarczan, zaś warstwę organiczną spala się w obecności tlenu lub powietrza, stosowanych w nadmiarze, ewentualnie w obecności katalizatora reakcji utleniania, w temperaturze 300–1400°C, po czym spaliny schładza się do temperatury otoczenia.

Z opisu patentowego PL 129302 jest znany sposób oczyszczania ścieków przemysłowych zanieczyszczonych substancjami odpornymi na rozkład biochemiczny, zwłaszcza niejonowymi substancjami powierzchniowo czynnymi, polegający na tym, że ścieki przeprowadzone uprzednio w stan pary poddaje się utlenieniu powietrzem, tlenem lub powietrzem wzbogaconym w tlen, w obecności katalizatorów kontaktowych reakcji utleniania, korzystnie w obecności katalizatorów zawierających tlenki metali, takich jak miedź, kobalt, chrom, mangan, względnie mieszaniny tlenków metali.

Znane są metody unieszkodliwiania organicznych związków siarki w fazie gazowej metodą wysokotemperaturowego utleniania.

W opisie patentowym PL 129303 ujawniono sposób oczyszczania ścieków przemysłowych zanieczyszczonych substancjami odpornymi na rozkład biochemiczny, zwłaszcza niejonowymi substancjami powierzchniowo-czynnymi, polegający na tym, że ścieki poddaje się utlenieniu powietrzem, tlenem lub powietrzem wzbogaconym w tlen, w temperaturze 1073–1673 K. Powstające po utlenieniu związki siarki mogą być usuwane technologiami hydroodsiarczania, technikami membranowymi, procesami biologicznymi (bioskrubery, biofiltry, filtry zraszające), sorpcji i wymiany jonowej, mokrego odsiarczania spalin, wtryskiwania suchego sorbentu, adsorpcji.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu utleniania i odsiarczania związków organicznych zawierających siarkę, umożliwiające usunięcie z nich siarki oraz pozyskanie usuniętej siarki do syntezy użytecznych związków siarki.

Sposób termokatalitycznego utleniania i odsiarczania związków organicznych zawierających siarkę, zwłaszcza stanowiących produkty odpadowe, polegający na poddaniu ich w stanie gazowym utlenieniu powietrzem w reaktorze przepływowym w obecności katalizatora kontaktowego reakcji utleniania zawierającego miedź, cynk, glin i sód, **według wynalazku** charakteryzuje się tym, że związki organiczne zawierające siarkę, stanowiące substancje ciekłe i stałe przed procesem utleniania przeprowadza się najpierw w reaktorze wstępnym w stan gazowy w temperaturze 200–800°C. Związki organiczne zawierające siarkę, w stanie gazowym poddaje się w reaktorze przepływowym całkowitemu utlenieniu powietrzem na katalizatorze miedziowo-cynkowym zawierającym w % wagowych: 20–49% miedzi, 20–27,8% cynku, 3–5,2% glinu oraz 0–0,9% sodu, w temperaturze 400–500°C, przy stosunku objętościowego natężenia przepływu powietrza użytego w procesie do objętościowego natężenia przepływu powietrza teoretycznie niezbędnego do całkowitego utlenienia substratu równym co najmniej 1,1, przy stosunku objętościowego natężenia przepływu mieszaniny reakcyjnej do objętości katalizatora równym 1534–106000 h⁻¹ i czasie kontaktu z katalizatorem 0,025–2,35 s. Siarkę zaadsorbowaną na katalizatorze usuwa się w postaci jej tlenków, produkt całkowitego utlenienia związku organicznego odprowadza się do środowiska po zneutralizowaniu kwaśnych składników. Siarkę zaadsorbowaną na katalizatorze usuwa się w postaci jej tlenków korzystnie metodą termiczną. Produkt całkowitego utlenienia związku organicznego odprowadza się do środowiska po zneutralizowaniu kwaśnych składników.

Produktem utlenienia jest gaz zawierający utleniony związek organiczny oraz niewielką część początkowej ilości siarki w postaci tlenków SO₂ i SO₃, zaś kilkadziesiąt %, nawet do ponad 99% siarki zostaje zaadsorbowane na katalizatorze. Sposób według wynalazku umożliwia całkowite utlenienie związków organicznych zawierających siarkę, zapewniając w ten sposób ochronę środowiska naturalnego przed szkodliwym działaniem związków organicznych i siarki, i jednocześnie umożliwia wydzielenie związków siarki z możliwością użycia ich do użytecznych syntez.

Sposób według wynalazku ilustrują poniższe przykłady.

Przykład 1

Unieszkodliwiano zużytą emulsję smarno-chłodzącą Unopol, której głównym składnikiem był sulfonowany olej naturalny. Emulsję z objętościowym natężeniem przepływu 43 l/h tłoczono do reaktora wstępnego o temperaturze 445°C i doprowadzono w fazie gazowej do reaktora przepływowego, w którym umieszczono 75 kg katalizatora miedziowo-cynkowego zawierającego 49% Cu, 20% Zn, 3% Al. Temperatura katalizatora wynosiła 430°C. Stosunek objętościowego natężenia przepływu powietrza

użytego w procesie do objętościowego natężenia przepływu powietrza teoretycznie niezbędnego do całkowitego utlenienia substratu wynosił 1,1. Stosunek objętościowego natężenia przepływu mieszaniny reakcyjnej wyrażonego w m^3/h do objętości katalizatora wyrażonej w m^3 był równy 1534 h^{-1} . Czas kontaktu z katalizatorem wynosił 2,35 s.

W produktach unieszkodliwiania nie wykryto związków siarki. Uzyskano stopień utlenienia substancji organicznych wynoszący 99,7%.

Przykład 2

Przeprowadzono proces utleniania tiofenu zawierającego 32,9 mg siarki. Tiofen, przeprowadzony w reaktorze wstępnym w stan gazowy w temperaturze 220°C , doprowadzono w fazie gazowej do reaktora przepływowego zawierającego 3 g katalizatora miedziowo-cynkowego o składzie: 27,3% Cu, 27,8% Zn, 5,2% Al, 0,9% Na. Proces utleniania prowadzono w temperaturze 500°C przy masowym natężeniu przepływu tiofenu 21,6 mg/h w mieszaninie zawierającej 88,15% powietrza i 11,85% pary wodnej, przepływającej z objętościowym natężeniem przepływu 226,9 l/h. Stosunek objętościowego natężenia przepływu powietrza użytego w procesie do objętościowego natężenia przepływu powietrza teoretycznie niezbędnego do całkowitego utlenienia substratu znacznie przekraczał wartość minimalną dla zapewnienia założonego czasu kontaktu i wynosił 560. Stosunek objętościowego natężenia przepływu mieszaniny reakcyjnej wyrażonego w m^3/h do objętości katalizatora wyrażonej w m^3 był równy 100810 h^{-1} . Czas kontaktu z katalizatorem wynosił 0,036 s.

Kondensat otrzymany po wychłodzeniu wykazywał OWO równy 2,79 ppm, wydajność utleniania substancji organicznych wynosiła 99,26%, stężenie SO_4^{2-} było równe 21,85 mg/l, zaś stężenie SO_2 w gazach odlotowych 0,32 mg/m^3 .

Z 32,9 mg siarki zawartej w tiofenie otrzymano 0,63 mg siarki w postaci jonów SO_4^{2-} , 0,13 mg siarki w postaci SO_2 , 32,2 mg (97,7%) siarki pozostało na katalizatorze. Proces regeneracji katalizatora polegał na doprowadzeniu strumienia pary wodnej i powietrza w temperaturze 700°C . Po wychłodzeniu siarka występowała tylko w kondensacie. Otrzymane jony SO_4^{2-} zneutralizowano otrzymując sól siarczan(VI) sodu – Na_2SO_4 .

Przykład 3

Przeprowadzono proces utleniania tiofenu zawierającego 32,9 mg siarki. Tiofen, przeprowadzony w stan gazowy w reaktorze wstępnym w temperaturze 220°C , doprowadzono w fazie gazowej do reaktora przepływowego zawierającego 3 g katalizatora miedziowo-cynkowego o składzie: 27,3% Cu, 27,8% Zn, 5,2% Al, 0,9% Na. Proces utleniania prowadzono w temperaturze 500°C przy masowym natężeniu przepływu dimetylosulfotlenku 21,6 mg/h w mieszaninie zawierającej 88,15% powietrza i 11,85% pary wodnej, przepływającej z objętościowym natężeniem przepływu 226,9 l/h. Stosunek objętościowego natężenia przepływu powietrza użytego w procesie do objętościowego natężenia przepływu powietrza teoretycznie niezbędnego do całkowitego utlenienia substratu znacznie przekraczał wartość minimalną dla zapewnienia założonego czasu kontaktu i wynosił 560. Stosunek objętościowego natężenia przepływu mieszaniny reakcyjnej wyrażonego w m^3/h do objętości katalizatora wyrażonej w m^3 był równy 100810 h^{-1} . Czas kontaktu z katalizatorem wynosił 0,036 s.

Kondensat otrzymany po wychłodzeniu wykazywał OWO równy 4,68 ppm, wydajność utleniania substancji organicznej wynosiła 98,76%, stężenie SO_4^{2-} było równe 27,55 mg/l, zaś stężenie SO_2 w gazach odlotowych 0,714 mg/m^3 .

Kondensat i gazy odlotowe mogły być odprowadzone do środowiska.

Z 32,9 mg siarki zawartej w tiofenie otrzymano 0,79 mg siarki w postaci jonów SO_4^{2-} , 0,286 mg siarki w postaci SO_2 , 31,8 mg (96,7%) siarki pozostało na katalizatorze. Proces regeneracji katalizatora polegał na doprowadzeniu strumienia pary wodnej i powietrza w temperaturze 700°C . Po wychłodzeniu siarka występowała tylko w kondensacie. Otrzymane jony SO_4^{2-} zneutralizowano otrzymując sól siarczan(VI) sodu – Na_2SO_4 .

Przykład 4

Przeprowadzono proces utleniania dimetylosulfotlenku zawierającego 44,1 mg siarki. Dimetylosulfotlenek, przeprowadzony w stan gazowy w reaktorze wstępnym w temperaturze 220°C , doprowadzono w fazie gazowej do reaktora przepływowego zawierającego 3 g katalizatora miedziowo-cynkowego o składzie: 27,3% Cu, 27,8% Zn, 5,2% Al, 0,9% Na. Proces utleniania prowadzono w temperaturze 400°C przy masowym natężeniu przepływu dimetylosulfotlenku 26,9 mg/h w mieszaninie zawierającej 85,66% powietrza i 14,34% pary wodnej, przepływającej z objętościowym natężeniem przepływu 233,5 l/h. Stosunek objętościowego natężenia przepływu powietrza użytego w procesie do objętościowego natężenia przepływu powietrza teoretycznie niezbędnego do całkowitego utlenienia

substratu znacznie przekraczał wartość minimalną dla zapewnienia założonego czasu kontaktu i wynosił 600. Stosunek natężenia przepływu mieszaniny reakcyjnej wyrażonego w m^3/h do objętości katalizatora wyrażonej w m^3 był równy 104520 h^{-1} . Czas kontaktu z katalizatorem wynosił 0,034 s.

Po wychłodzeniu produktu utlenienia otrzymano kondensat, w którym OWO był równy 210,8 ppm, wydajność utleniania substancji organicznej wynosiła 28,07%, stężenie SO_4^{2-} było równe 1,86 mg/l, zaś stężenie SO_2 w gazach odlotowych 1,8 mg/ m^3 . Kondensat i gazy odlotowe mogły być odprowadzone do środowiska.

Z 44,1 mg siarki zawartej w dimetylosulfotlenku otrzymano 0,067 mg siarki w postaci jonów SO_4^{2-} , 0,72 mg siarki w postaci SO_2 , 43,4 mg (98,2%) siarki pozostało na katalizatorze. Proces regeneracji katalizatora polegał na doprowadzeniu strumienia pary wodnej i powietrza w temperaturze 700°C. Po wychłodzeniu siarka występowała tylko w kondensacie. Otrzymane jony SO_4^{2-} zneutralizowano otrzymując sól siarczan(VI) sodu – Na_2SO_4 .

Przykład 5

Przeprowadzono proces utleniania dimetylosulfotlenku zawierającego 47,8 mg siarki. Dimetylosulfotlenek, przeprowadzony w stan gazowy w reaktorze wstępnym w temperaturze 220°C, doprowadzono w fazie gazowej do reaktora przepływowego zawierającego 3 g katalizatora miedziowo-cynkowego o składzie: 27,3% Cu, 27,8% Zn, 5,2% Al, 0,9% Na. Proces utleniania prowadzono w temperaturze 500°C przy masowym natężeniu przepływu dimetylosulfotlenku 29,1 mg/h w mieszaninie zawierającej 84,67% powietrza i 15,33% pary wodnej, przepływającej z objętościowym natężeniem przepływu 236,2 l/h. Stosunek objętościowego natężenia przepływu powietrza użytego w procesie do objętościowego natężenia przepływu powietrza teoretycznie niezbędnego do całkowitego utlenienia substratu znacznie przekraczał wartość minimalną dla zapewnienia założonego czasu kontaktu i wynosił 560. Stosunek objętościowego natężenia przepływu mieszaniny reakcyjnej wyrażonego w m^3/h do objętości katalizatora wyrażonej w m^3 był równy 105985 h^{-1} . Czas kontaktu z katalizatorem wynosił 0,034 s.

Po wychłodzeniu produktu utlenienia otrzymano kondensat, w którym OWO był równy 77,16 ppm, wydajność utleniania substancji organicznej wynosiła 77,16%, stężenie SO_4^{2-} było równe 15,19 mg/l, zaś stężenie SO_2 w gazach odlotowych 13,4 mg/ m^3 .

Kondensat i gazy odlotowe mogły być odprowadzone do środowiska.

Z 47,8 mg siarki zawartej w dimetylosulfotlenku otrzymano 0,59 mg siarki w postaci jonów SO_4^{2-} , 5,36 mg siarki w postaci SO_2 , 41,8 mg (87,5%) siarki pozostało na katalizatorze. Proces regeneracji katalizatora polegał na doprowadzeniu strumienia pary wodnej i powietrza w temperaturze 700°C. Po wychłodzeniu siarka występowała tylko w kondensacie. Otrzymane jony SO_4^{2-} zneutralizowano otrzymując sól siarczan(VI) sodu – Na_2SO_4 .

Przykład 6

Przeprowadzono proces utleniania dimetylosulfotlenku zawierającego 508,7 mg siarki. Dimetylosulfotlenek, przeprowadzony w reaktorze wstępnym w stan gazowy w temperaturze 220°C, doprowadzono w fazie gazowej do reaktora przepływowego zawierającego 3 g katalizatora miedziowo-cynkowego o składzie: 27,3% Cu, 27,8% Zn, 5,2% Al, 0,9% Na. Proces utleniania prowadzono w temperaturze 400°C przy masowym natężeniu przepływu dimetylosulfotlenku 31,0 mg/h w mieszaninie zawierającej 83,83% powietrza i 16,17% pary wodnej, przepływającej z objętościowym natężeniem przepływu 238,6 l/h. Stosunek objętościowego natężenia przepływu powietrza użytego w procesie do objętościowego natężenia przepływu powietrza teoretycznie niezbędnego do całkowitego utlenienia substratu znacznie przekraczał wartość minimalną dla zapewnienia założonego czasu kontaktu i wynosił 52. Stosunek natężenia przepływu mieszaniny reakcyjnej wyrażonego w m^3/h do objętości katalizatora wyrażonej w m^3 był równy 141960 h^{-1} . Czas kontaktu z katalizatorem wynosił 0,025 s.

Po wychłodzeniu produkt utlenienia wykazywał OWO równy 1768,6 ppm, wydajność utleniania substancji organicznej wynosiła 64,39%, stężenie SO_4^{2-} było równe 33,24 mg/l, zaś stężenie SO_2 w gazach odlotowych 6,9 mg/ m^3 .

Kondensat i gazy odlotowe mogły być odprowadzone do środowiska.

Z 508,7 mg siarki zawartej w dimetylosulfotlenku otrzymano 1,37 mg siarki w postaci jonów SO_4^{2-} , 2,76 mg siarki w postaci SO_2 , 504,61 mg (99,2%) siarki pozostało na katalizatorze. Proces regeneracji katalizatora polegał na doprowadzeniu strumienia pary wodnej i powietrza w temperaturze 700°C. Po wychłodzeniu siarka występowała tylko w kondensacie. Otrzymane jony SO_4^{2-} zneutralizowano otrzymując sól siarczan(VI) sodu – Na_2SO_4 .

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób termokatalitycznego utleniania i odsiarczania związków organicznych zawierających siarkę, zwłaszcza stanowiących produkty odpadowe, polegający na poddaniu ich w stanie gazowym utlenieniu powietrzem w reaktorze przepływowym w obecności katalizatora kontaktowego reakcji utleniania zawierającego miedź, cynk, glin i sód, **znamienny tym**, że związki organiczne zawierające siarkę, stanowiące substancje ciekłe i stałe przed procesem utleniania przeprowadza się najpierw w reaktorze wstępnym w stan gazowy w temperaturze 200–800°C, przy czym związki organiczne zawierające siarkę, w stanie gazowym poddaje się w reaktorze przepływowym całkowitemu utlenieniu powietrzem na katalizatorze miedziowo-cynkowym zawierającym w % wagowych: 20–49% miedzi, 20–27,8% cynku, 3–5,2% glinu oraz 0–0,9% sodu, w temperaturze 400–500°C, przy stosunku objętościowego natężenia przepływu powietrza użytego w procesie do objętościowego natężenia przepływu powietrza teoretycznie niezbędnego do całkowitego utlenienia substratu równym co najmniej 1,1, przy stosunku objętościowego natężenia przepływu mieszaniny reakcyjnej do objętości katalizatora równym 1534–106000 h⁻¹ i czasie kontaktu z katalizatorem 0,025–2,35 s, przy czym siarkę zaadsorbowaną na katalizatorze usuwa się w postaci jej tlenków, produkt całkowitego utlenienia związku organicznego odprowadza się do środowiska po zneutralizowaniu kwaśnych składników.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że siarkę zaadsorbowaną na katalizatorze usuwa się w postaci jej tlenków metodą termiczną.