

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 243548 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **438885**

(22) Data zgłoszenia: **2021.09.03**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.03.06 BUP 10/2023**

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

(51) MKP:

F01N 3/023 (2006.01)

F01N 3/10 (2006.01)

F01N 13/00 (2010.01)

B01D 53/56 (2006.01)

B01D 53/94 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**ECOEXHAUST SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**TOMASZ SKULIMOWSKI, Warszawa, PL
KAMIL LORC, Żary, PL**

(54) Tytuł:

Układ do oczyszczania spalin z silnika statku wodnego, zwłaszcza morskiego

PL 243548 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ do oczyszczania spalin z silnika statku wodnego, zwłaszcza morskiego z zastosowaniem filtrów cząstek stałych (DPF) oraz katalizatora selektywnej katalizy redukcyjnej (SCR).

Każdy filtr w układzie oczyszczania spalin musi być regularnie czyszczony i opróżniany. Filtr cząstek stałych (DPF) wychwytuje i przechowuje sadzę w celu zmniejszenia emisji spalin. Na rynku systemów oczyszczania spalin silników dużej mocy dominują systemy oparte o regenerację aktywną i pasywną filtrów DPF. Aktywna regeneracja jest inicjowana, gdy ilość sadzy zgromadzonej w filtrze DPF osiągnie poziom około 45% całkowitej pojemności filtra DPF. Wówczas uruchamiany jest proces mieszania spalin z silnika ze spalinami z dodatkowego spalania paliwa. W ten sposób wydech staje się wystarczająco gorący, aby spalić całą sadzę zgromadzoną w filtrze DPF. Przed tym filtrem, do mieszaniny spalin dodawany jest mocznik w rurze miksującej o długości co najmniej 2,0 m. Odmiennie do tej regeneracji, regeneracja pasywna filtra DPF zachodzi w niższych temperaturach, gdy spaliny osiągają temperaturę około 350°C. W czasie regeneracji, dwutlenek azotu ze spalin reaguje z węglem cząstek sadzy, z czego powstaje tlenek węgla oraz tlenek azotu.

Znany jest z europejskiego patentu EP 3037635 system i metoda oczyszczania spalin na statku. System ten zawiera układ pierwszego kotła, układ mieszania połączony z silnikiem, urządzenie dozujące mocznik, reaktor SCR (selektywna redukcja katalityczna), układ drugiego kotła oraz absorber. Metoda oczyszczania spalin polega na doprowadzeniu spalin pochodzących z silnika oraz spalin pochodzących z kotła do układu mieszania oraz mieszanii spalin w celu utworzenia mieszaniny zwanej czynnikiem. Czynniki ten doprowadzany jest następnie do reaktora SCR, przy czym w czasie tego doprowadzania dodawany jest do niego mocznik, co wspomaga reakcję katalityczną w reaktorze SCR. W reaktorze tym następuje konwersja NO_x zawartego w czynniku na N₂ oraz H₂O i odprowadzenie tak zredukowanego czynnika z reaktora SCR do układu drugiego kotła. Stąd, ochłodzony czynnik jest wyprowadzany do absorbera i dalej przez komin do atmosfery.

Celem wynalazku jest poprawa efektywności układu oczyszczania spalin, zwłaszcza z silnika statku morskiego.

Układ oczyszczania spalin z silnika statku wodnego, zwłaszcza morskiego połączonego poprzez dyszę spalin, utleniający katalizator spalin, rurę miksującą połączoną z pompą dozującą mocznik poprzez dyszę dozowania mocznika, co najmniej jeden filtr cząstek stałych DPF, katalizator selektywnej redukcji SCR z dyszą wylotową spalin oraz zawierający czujniki: NO_x, temperatury i ciśnienia, według wynalazku ma pompę wtrysku paliwa połączoną kanałem paliwowym z dyszą spalin przed utleniającym katalizatorem stanowiącym katalizator DOC. Ponadto, układ ma czujnik różnicy ciśnień połączony z blokiem zawierającym obejściowy zawór By-pass połączony z dyszą spalin i dyszą wylotową, a także ma filtr/filtry cząstek stałych DPF i katalizator SCR oraz czujniki: NO_x, temperatury i ciśnienia. Każdy/e filtr/filtry cząstek stałych DPF ma/mają wanadową warstwę, natomiast długość rury miksującej nie przekracza 1,5 m i najlepiej, gdy wynosi 1,25 m.

Układ zapewnia osiąganie efektów znanych układów, na przykład: pasywną i aktywną redukcję cząstek stałych w spalinach, obniżenie temperatury spalin do przeprowadzenia regeneracji aktywnej filtrów DPF poprzez wcześniejsze zmieszanie spalin z mocznikiem czy ocujnikowanie układu czujnikami: NO_x, temperatury i ciśnienia. Zastosowanie natomiast w nowym układzie: wtrysku paliwa do spalin w dyszy spalin, w miejsce doprowadzania do tej dyszy odrębnych spalin i ich mieszania, zapewnia lepsze odparowanie spalin i tym samym zmniejszenie ilości cząstek stałych w spalinach rzutujące na poprawę efektów eksploatacyjnych filtrów DPF i dodatkowo na zwiększenie okresu eksploatacji tych filtrów. Uzupełnienie (pokrycie) zaś konstrukcji filtrów DPF o warstwę wanadową pozwala na hydrolizę nie w pełni odparowanego mocznika, szczególnie w temperaturach spalin poniżej 300°C. Filtry z tą warstwą umożliwiają także regenerację aktywną filtrów DPF przy temperaturze około 480°C, zamiast 550°C i więcej oraz pracę katalizatora SCR w najbardziej efektywnym zakresie temperaturowym. To obniżenie temperatury regeneracji aktywnej pozwala na zużycie mniejszej ilości energii, a tym samym i na obniżenie kosztów eksploatacji. Duże znaczenie ma zastosowanie czujnika różnicy ciśnień w układzie. Jeśli w układzie przeciwnie ciśnienie spalin na filtrach DPF i katalizatorze przekroczy dopuszczalną wartość, wykazaną czujnikiem różnicy ciśnień, to do spalin w dyszy spalin dotryskiwane jest paliwo kanałem spalinowym, co rzutuje nie tylko na lepsze odparowanie spalin i zmniejszenie cząstek stałych w spalinach, ale także na efektywniejszą pracę układu oraz uniknięcie awarii z tego powodu.

Ważną cechą układu jest praca w procesie dwóch typów regeneracji, tj. pasywnej jak i aktywnej, co pozwala na obniżenie dodatkowej energii potrzebnej do regeneracji, a także na oszczędność zużycia paliwa przez silnik dzięki pracy na niskim przeciwcisnieniu spalin. Obejściowy zawór By-pass umożliwia pracę silnika również w przypadku awarii układu, co ma szczególne znaczenie w chwili, gdy statek znajduje się na pełnym morzu. Istotną zaletą układu jest skrócenie rury miksującej, zwłaszcza do długości 1,25 m potrzebnej do konwersji mocznika w amoniak i kwasu izocyjanowego. Dzięki temu praktycznie całe dostępne NH_3 może reagować z NO_x już na wlocie do katalizatora selektywnej katalizy redukcyjnej SCR, a nie dopiero w dalszej części, co w konsekwencji pozwala dodatkowo uzyskać wyższą efektywność pracy tego katalizatora.

Przedmiot wynalazku uwidoczniony jest w przykładzie wykonania na rysunku przedstawiającym schemat układu.

Układ oczyszczania spalin z silnika spalinowego zawiera dyszę **1** spalin z wtryskiem do niej paliwa tłoczonego pompą **2** paliwa kanałem **3** paliwowym. Dysza **1** spalin połączona jest z utleniającym katalizatorem **4**. Wychodząca z tego utleniającego katalizatora **4** rura **5** miksująca o długości 1,25 metra łączy się z blokiem **6** (obudową). Rura **5** miksująca łączy się również z dyszą **7** dozowania do niej mocznika pompą **8** dozującą. Blok **6** mieści obejściowy zawór **9** By-pass układu, filtr/filtry **10** cząstek stałych (DPF) pokryty/e warstwą wanadową, za którym/mi znajduje się katalizator **11** selektywnej katalizy redukcyjnej SCR oraz czujniki: NO_x **12**, temperatury **13** i ciśnienia **14**. Blok **6** jest połączony ze skrzynką **15** elektryczną z panelem kontrolnym oraz z czujnikiem **16** różnicy ciśnień i zakończony dyszą **17** wylotową. Zawór **9** By-pass połączony jest z jednej strony z dyszą **1** spalin i z drugiej strony z dyszą **17** wylotową.

Metoda działania układu polega na tym, że w pierwszym etapie spaliny kierowane z silnika spalinowego dyszą **1** spalin do utleniającego katalizatora **4** są w nim poddane redukcji tlenków węgla na poziomie około 80% zawartości w spalinach, węglowodorów około 75% zawartości w spalinach, a powstający w tym katalizatorze **4** dwutlenek azotu przeznaczony jest do regeneracji pasywnej filtra/filtrów **10** cząstek stałych. Dla podwyższenia temperatury spalin w dyszy **1** mogą one być mieszane z paliwem tłoczonym pompą **2** paliwa do tej dyszy **1** kanałem **3** paliwowym, a jego węglowodory reagują na utleniającym katalizatorze **4**. W drugim etapie spaliny z utleniającego katalizatora **4** płyną do rury **5** miksującej, w której są wymieszane z mocznikiem dozowanym do tej rury **5** dyszą **7** dozującą przy pomocy pompy **8** dozującej.

W rurze **5** miksującej mocznik odparowuje w spalinach, tworząc amoniak NH_3 oraz kwas izocyjanowy HNCO . Następnie mieszanka spalinowa trafia na filtr/filtry **10** cząstek stałych, redukując te cząstki stałe w spalinach do 98%, a dzięki jego/ich katalitycznemu pokryciu warstwą wanadową pełni funkcję katalizatora wspomagającego reakcję hydrolizy kwasu izocyjanowego HNCO w amoniaku NH_3 . W trzecim etapie mieszanka spalinowa trafia na katalizator **11** selektywnej katalizy redukcyjnej (SCR), gdzie tlenki azotu NO_x reagują z amoniakiem NH_3 tworząc wodę i azot, a w czwartym etapie oczyszczone spaliny odprowadzane są do atmosfery. Ilość podawanego mocznika do rury **5** miksującej zależna jest od stężenia tlenków azotu w spalinach oraz chwilowego obciążenia silnika, a dokładnie masowego natężenia przepływu spalin. Informacja o stężeniu NO_x podawana jest za pomocą czujnika **12** NO_x , natomiast sygnał obciążenia silnika pobierany jest z sterownika silnika. Oba sygnały przetwarzane są w jednostce sterującej skrzynką **15** elektryczną na odpowiednią dawkę mocznika. Filtr/filtry **10** cząstek stałych pracuj-e/ją w trybie ciągłym, a na jego/ich ściankach odkładają się zredukowane cząstki stałe. Dlatego co jakiś czas powinna nastąpić regeneracja filtra/filtrów cząstek stałych. W opisywanym układzie przebiega zarówno regeneracja aktywna jak i pasywna. Regeneracja pasywna jest procesem ciągłym odbywającym się w zakresie temperatur od 300 do 450°C. Cząstki stałe w tym procesie są utleniane dzięki obecności NO_2 , którego potrzebna ilość jest wytwarzana w utleniającym katalizatorze **4**. Regeneracja aktywna odbywa się w tym przypadku w temperaturze równej lub nieco większej od 480°C w obecności tlenu dzięki wanadowemu pokryciu katalitycznemu filtra/filtrów **10** cząstek stałych. Temperatura regeneracji aktywnej filtra/filtrów **10** cząstek stałych, bez tego pokrycia, wynosiłaby powyżej 550°C i rzutowałaby na większe zużycie energii. Regeneracja aktywnej filtra **10** cząstek stałych przeprowadzana jest co kilka godzin lub w zależności od wielkości przeciwcisnienia spalin, które kontrolowane jest za pomocą czujnika **16** różnicy ciśnień. Jeśli upłynie ustawiony czas do regeneracji aktywnej lub przeciwcisnienie spalin przekroczy dopuszczalną wartość, do spalin dotryskiwane jest paliwo do dyszy **1** spalin, do której jest podawane pompą **2** paliwa. Paliwo odparowuje w strumieniu spalin i na powierzchni utleniającego katalizatora **4** zachodzi reakcja egzotermiczna z węglowodorami, w wyniku której temperatura podwyższana jest do 480°C (czyli temperatury przy której zachodzi regeneracja

aktywna filtra). W przypadku awarii systemu tj. przy wzroście przeciwności spalin ponad maksymalną dopuszczalną wartość, która trwa powyżej 3 minut i braku reakcji systemu regeneracji aktywnej otwierany jest obejściowy zawór **9** By-pass. Cały układ oczyszczania spalin oprócz redukcji substancji szkodliwych może pełnić również funkcję tłumika spalin dzięki właściwościom filtra cząstek stałych do redukcji hałasu w zakresie 20–35 dB(A). W opisanym układzie filtr/filtry **10** cząstek stałych oraz katalizator **4** selektywnej katalizy redukcyjnej umieszczone są w jednym bloku **6** (obudowie), co pozwala na oszczędność miejsca i łatwiejszą adaptację do danego pomieszczenia.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ oczyszczania spalin z silnika statku wodnego, zwłaszcza morskiego połączonego poprzez dyszę spalin, utleniający katalizator spalin, rurę miksującą połączoną z pompą dozującą mocznik poprzez dyszę dozowania mocznika, co najmniej jeden filtr cząstek stałych DPF, katalizator selektywnej katalizy redukcyjnej SCR z dyszą wylotową spalin oraz zawierający czujniki: NO_x, temperatury i ciśnienia, **znamienny tym**, że ma pompę **(2)** wtrysku paliwa połączoną kanałem **(3)** paliwowym z dyszą **(1)** spalin przed utleniającym katalizatorem **(4)** stanowiącym katalizator DOC i czujnik **(16)** różnicy ciśnień połączony z blokiem **(6)** zawierającym obejściowy zawór By-pass **(9)** połączony z dyszą **(1)** spalin i dyszą **(17)** wylotową, a także zawierającym filtr/filtry **(10)** cząstek stałych DPF i katalizator **(11)** selektywnej katalizy redukcyjnej SCR oraz czujniki NO_x **(12)**, tempory **(13)** i ciśnienia **(14)**, przy czym każdy/e filtr/filtry **(10)** cząstek stałych DPF ma/mają wanadową warstwę, a długość rury **(5)** miksującej nie przekracza 1,5 m.
2. Układ oczyszczania spalin według zastrz. 1, **znamienny tym**, że długość rury **(5)** miksującej wynosi 1,25 m.

Rysunek

