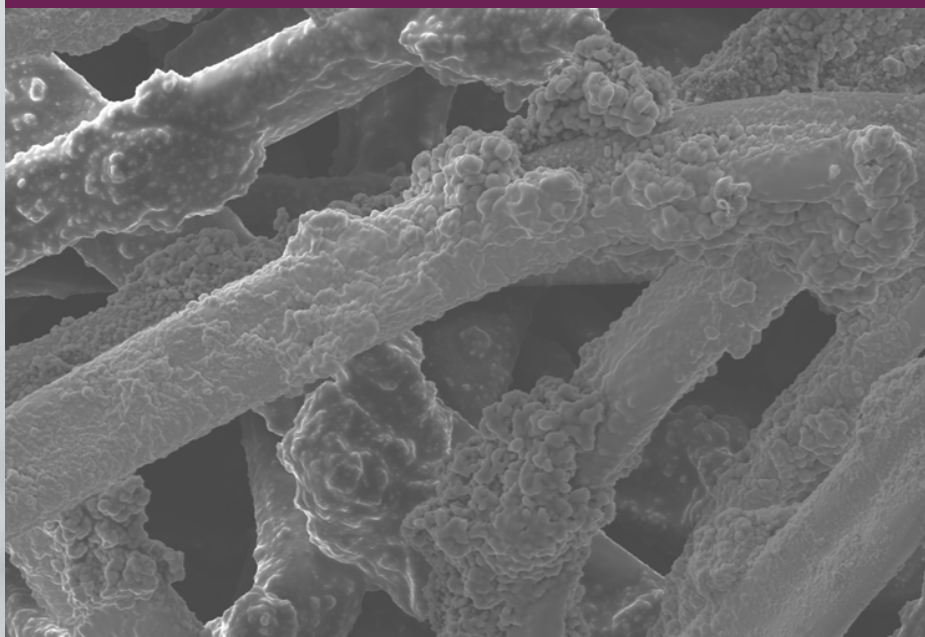


Piotr Sobiech, Tomasz Jankowski

Filtracja spalin

z jednostek wysokoprężnych
z wykorzystaniem filtrów włókninowych



Materiały informacyjne CIOP-PIB

Filtracja spalin z jednostek wysokoprężnych z wykorzystaniem filtrów włókninowych

Opracowano na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2017-2019 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej.

Koordinator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Zadanie 3.G.04: Opracowanie metody modyfikacji parametrów fizykochemicznych spalin z jednostek wysokoprężnych w celu wykorzystania włóknin filtracyjnych do usuwania cząstek stałych z tych spalin

Autor:

mgr inż. Piotr Sobiech, dr inż. Tomasz Jankowski – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych, Pracownia Aerozoli, Filtracji i Wentylacji

Zdjęcie na okładce: Paweł Kozikowski, CIOP-PIB

© Copyright by

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa 2019

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
tel. (48-22) 623 36 98, www.ciop.pl

Spaliny silników wysokoprężnych

Spaliny emitowane przez silniki wysokoprężne (Diesla) stanowią mieszaninę wielu związków chemicznych powstałych na skutek niecałkowitego spalania oleju napędowego oraz zawartych w nim dodatków, a także oleju smarującego silnik. Głównymi składowymi spalin z silników wysokoprężnych są azot, para wodna i ditlenek węgla. Spaliny zawierają również szereg substancji szkodliwych. W formie gazowej emitowane są węglowodory aromatyczne, alifatyczne wraz z nitrowymi pochodnymi. W fazie gazowej znajdują się również tlenki węgla, azotu oraz siarki. W spalinach obecne są cząstki stałe o zróżnicowanych kształtach i wielkości. Zawierają one frakcję nierozpuszczalną, na którą składa się sadza, popioły, siarczany oraz śladowe ilości pierwiastków takich jak fosfor, żelazo, chrom itp. Frakcję rozpuszczalną cząstek stałych stanowią natomiast węglowodory parafinowe, aromatyczne łącznie z WWA (wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne), aldehydy, estry, alkohole, aminy aromatyczne.

Powszechne metody oczyszczania spalin z jednostek wysokoprężnych

W celu spełnienia obowiązujących przepisów dotyczących jakości spalin niezbędne było wprowadzenie pozasilnikowych systemów ich oczyszczania. Obecnie są w tym celu wykorzystywane głównie reaktory katalityczne, które w zależności od rodzaju usuwają różne składniki spalin. Ograniczenie emisji cząstek stałych realizowane jest przede wszystkim za pomocą filtrów cząstek stałych. W celu uzyskania założonych efektów oczyszczania spalin wykorzystuje się różne kombinacje reaktorów katalitycznych i filtrów.

Na filtrze cząstek stałych osadzają się niegazowe składniki spalin. W przypadku filtrów o pełnym przepływie konieczna jest regeneracja filtra – bez jej udziału szybko nastąpiłoby jego zatkanie i przepływ gazów spalinowych zostałby zablokowany. Najkorzystniejszym z punktu widzenia użytkownika rozwiązaniem regeneracji jest utlenianie cząstek stałych podczas pracy silnika przez gazy wylotowe.

Reakcja utleniania sadzy zgromadzonej na filtrach może przebiegać w obecności tlenu znajdującego się w spalinach lub przy udziale ditlenku azotu. W przypadku, gdy utleniaczem jest ditlenek azotu, reakcja przebiega już w temperaturze powyżej 250°C. Bezpośrednio przed filtrem cząstek

stałych umieszcza się specjalny reaktor katalityczny utleniający NO do NO₂. Układy takie (reaktor katalityczny + filtr cząstek) nazywane są układami CRT (Continuous Regeneration Trap).

Temperatura inicjacji zapłonu sadzy uzależniona jest od braku lub obecności katalizatora, jego rodzaju oraz utleniacza. Poniżej podano temperatury zapłonu dla poszczególnych rozwiązań technicznych:

- a) powyżej 600°C dla filtrów bez użycia katalizatorów
- b) powyżej 390°C przy użyciu katalizatorów w postaci metali nieszlachetnych (np. wanad, żelazo, cer)
- c) powyżej 325°C przy użyciu katalizatorów w postaci metali szlachetnych (platyna, pallad, rod)
- d) powyżej 250°C przy zastosowaniu systemu CRT.

Filtracja spalin na filtrach włókninowych

Włókniny filtracyjne są szeroko stosowane do filtracji powietrza zawierającego spaliny z silników wysokoprężnych. Filtry włókninowe wykorzystywane są np. jako filtry kabinowe w pojazdach, w systemach wentylacyjnych budynków zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie ruchliwych ulic, w systemach wentylacji miejscowej czy w ochronach indywidualnych stosowanych do ochrony pracowników. Prowadzonych jest wiele badań nad skutecznością filtracji cząstek spalin oraz mających na celu opracowanie nowych struktur filtracyjnych, charakteryzujących się jak najmniejszymi oporami przepływu. Dąży się również do opracowania coraz to lepszych struktur umożliwiających jednoczesne usuwanie cząstek oraz gazowych składników spalin. W tym przypadku najczęściej do struktur filtracyjnych wprowadza się węgle aktywowane o różnych parametrach morfologicznych.

W przypadku filtracji spalin z silników Diesla jednym z głównych ograniczeń dotyczących stosowania filtrów włókninowych jest odporność termiczna tych filtrów. Aby była możliwość ich wykorzystania, spaliny muszą być ochłodzone.

W odniesieniu do odporności termicznej włókna można podzielić na trzy grupy:

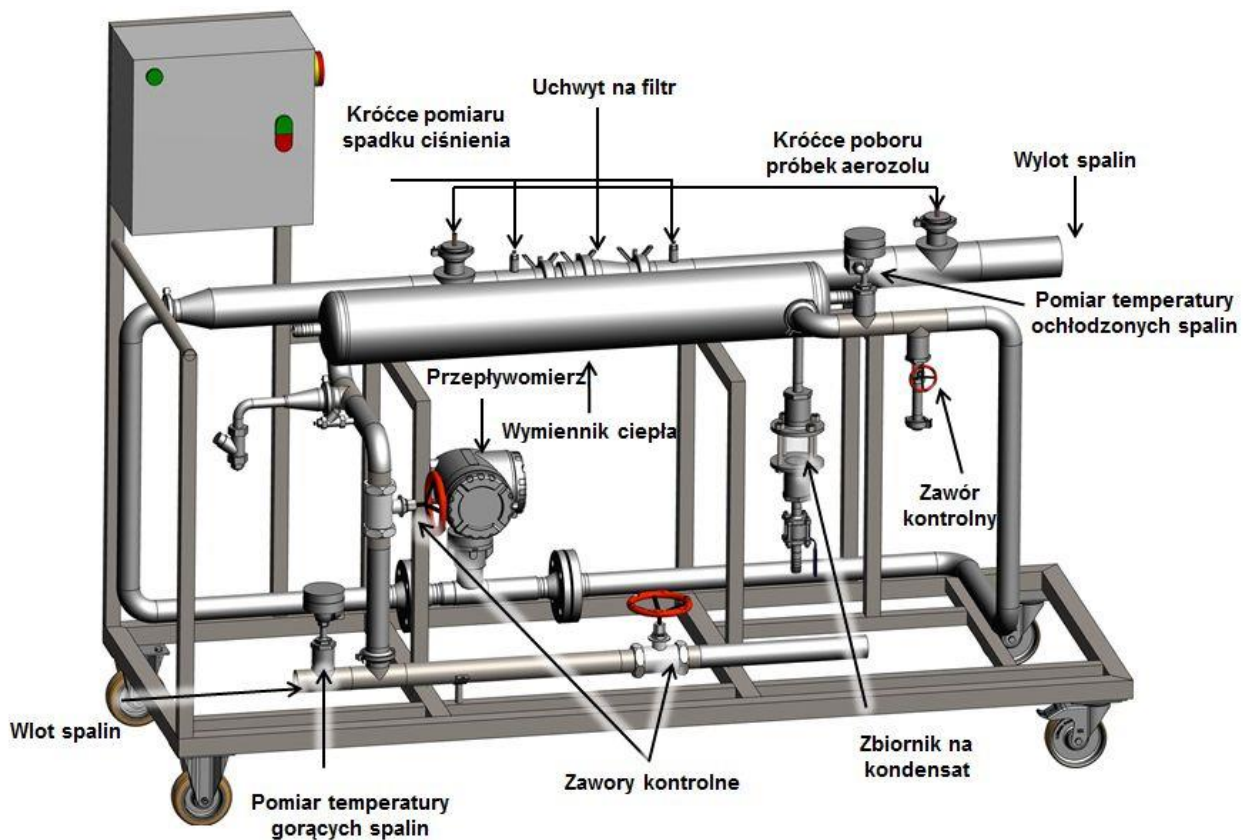
- niskotemperaturowe – do ok. 100°C (wełna, bawełna)
- średnotemperaturowe – do ok. 150°C (większość materiałów syntetycznych)
- wysokotemperaturowe – powyżej 200°C (teflon, nomex, włókna szklane, mineralne, metalowe, ceramiczne).

Chłodzenie spalin z silników wysokoprężnych

W zależności od stopnia schłodzenia spalin Diesla można zaobserwować następujące zjawiska:

- temperatura spalin poniżej 100-70°C – niebieskie zabarwienie spalin wynikające z kondensacji węglowodorów z niespalonej części paliwa
- temperatura spalin poniżej ok. 70° – przesunięcie zabarwienia spalin ku kolorowi białemu spowodowane kondensacją pary wodnej.

W Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym opracowano stanowisko do chłodzenia (modyfikacji parametrów fizyko-chemicznych) spalin z generatora prądu o mocy znamionowej 6 kW (rys. 1). Stanowisko umożliwia schłodzenie spalin z temperatury przekraczającej 300°C do temperatury ok. 20°C. Pozwala również na określenie parametrów filtracyjnych struktur filtracyjnych.



Rys. 1. Wizualizacja stanowiska realizującego opracowaną metodę modyfikacji parametrów fizyko-chemicznych spalin z jednostek wysokoprężnych oraz umożliwiającego określenie parametrów filtracyjnych struktur filtracyjnych

Kondensat powstający przy chłodzeniu spalin

W wyniku chłodzenia spalin następuje kondensacja zawartej w nich wilgoci oraz węglowodorów. Ilość kondensatu uzależniona jest między innymi od temperatury, do jakiej schładzane są spaliny, oraz zawartości wilgoci w powietrzu zasysanym przez silnik. Stosunek ilości powstającego kondensatu do zużytego paliwa może kształtować się w przybliżeniu 1:1.

W kondensacie znajdują się między innymi frakcje węglowodorów ropopochodnych, tj. węglowodory C₆-C₁₂ (zawartość benzyn), C₁₂-C₃₅ (zawartość olejów), wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), BTEX (benzen, toluen, etylobenzen, styren i izomery ksylenu). Z badań własnych wynika, iż odczyn kondensatu jest kwaśny i nie przekracza wartości 3.

Kondensat powstający podczas chłodzenia spalin można uznać za ściek przemysłowy. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Budownictwa z dnia 14 lipca 2006 r. w sprawie sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych ścieki przemysłowe muszą spełniać określone warunki. Jednym z nich jest ograniczenie ilości węglowodorów ropopochodnych – zgodnie z rozporządzeniem nie może ona przekraczać 15 mg/l.

W związku z tym, w przypadku przekroczeń, aby wprowadzić kondensat do kanalizacji należy częściowo usunąć z niego węglowodory ropopochodne. Jednym z gotowych rozwiązań technicznych do zastosowania w takiej sytuacji są separatory substancji ropopochodnych. W celu dalszego obniżenia zawartości substancji ropopochodnych kondensat można przefiltrować przez złożo węgla aktywowanego.

Kolejnym ograniczeniem dotyczącym wprowadzania kondensatu do kanalizacji jest jego odczyn. Ścieki przemysłowe powinny mieć odczyn w zakresie od 6,5 do 9,5, kondensat należy więc poddać neutralizacji. Można to osiągnąć, wykorzystując np. kolumny ze złożem dolomitowym.

Proces oczyszczania kondensatu można rozpocząć od jego filtracji na bibułach filtracyjnych w celu usunięcia stałych cząstek sadzy.

Współpraca z Centralnym Instytutem Ochrony Pracy – Państwowym Instytutem Badawczym

Pracownia Aerosoli, Filtracji i Wentylacji zachęca do współpracy przy wykonywaniu badań parametrów filtracyjnych materiałów filtracyjnych i włókninowych filtrów powietrza podczas filtracji ochłodzonych spalin z silników wysokoprężnych z wykorzystaniem stanowiska badawczego.

Pracownia oferuje również badania parametrów filtracyjnych materiałów filtracyjnych w odniesieniu do cząstek grafitu generowanych za pomocą generatora cząstek GFG 1000 firmy Palas. Cząstki te można uznać za substytut cząstek stałych ze spalin silników wysokoprężnych.