

dr n. tech. inż. Mirosław URBANOWICZ

Zespół Szkół Samochodowych w Szczecinie
Automobiles Schools Team in Szczecin

OCZYSZCZANIE SPALIN SAMOCHODOWYCH ZA POMOCĄ POLA ELEKTRYCZNEGO

Streszczenie

Wstęp i cele: W artykule wskazano na nowe możliwości filtracji cząstek stałych w samochodach z zapłonem ZS.

Materiał i metody: Badaniu poddano własny materiał techniczny. Zastosowano metodę eksperymentu i teoretycznej analizy wyników.

Wyniki: Wyniki pomiarów pokazują, że filtr DPF wyraźnie zwiększa skuteczność filtracji spalin o ponad 60% w stosunku do układu bez filtra DPF. Po dodaniu filtra elektrycznego skuteczność filtracji wzrasta dalej o ponad 30%. Skuteczność działania filtra elektrycznego w stosunku do filtra fabrycznego, spowodowana jest małą masą cząstek stałych emitowanych z układu wydechowego samochodu oraz stosunkowo niewielkim, w porównaniu do emisji przemysłowej, natężeniem ich wypływu.

Wniosek: Osiągnięte wyniki pomiarów wskazują na skuteczne działanie dodatkowego filtra elektrycznego dodanego do układu wydechowego.

Słowa kluczowe: Cząstki stałe PM, filtracja spalin, pole elektryczne, zapłon ZS.

(Otrzymano: 04.09.2016; Zrecenzowano: 20.09.2016; Zaakceptowano: 30.09.2016)

CLEANING VEHICLES EXHAUST GASES BY THE ELECTRIC FIELD

Abstract

Introduction and aim: In the article has been shown on new possibilities of filtration of solid particles in cars from engine of diesel.

Material and methods: The study involved its own technical material. The method of experiment and theoretical analysis of the results.

Results: The measurement results show that the DPF significantly increases the effectiveness of filtering exhaust gas of over 60% compared to the system without the DPF. After addition of the electric filter filtering efficiency is further increased by over 30%. The effectiveness of the electric filter against the filter factory is caused by the low weight of particles emitted from the exhaust system of the car and the relatively small compared to industrial emissions, the intensity of the discharge.

Conclusion: Obtained test results indicate the effective operation of the additional electrical filter is added to the exhaust system.

Keywords: The particle the solid PM, filtration of fumes the, electric field, the ignition of diesel.

(Received: 04.09.2016; Revised: 20.09.2016; Accepted: 30.09.2016)

1. Wstęp i cele

We współczesnych samochodach, oprócz emisji toksycznych składników spalin do atmosfery, występuje poważny problem ekologiczny w postaci emisji cząstek stałych. Częściowo problem ten został rozwiązany wraz z zastosowaniem filtracji cząstek stałych - PM za pomocą filtrów DPF.

Zastosowanie filtrów DPF nie eliminuje cząstek PM ze spalin całkowicie, a w przypadku cząstek PM 10 i mniejszych o ultra małych średnicach, zawodzi prawie zupełnie. Prowadzi to do eliminacji samochodów z zapłonem ZS z ruchu miejskiego.

W niektórych przypadkach samochody takie mają całkowity zakaz wjazdu do centrów dużych miast [1].

Celem niniejszej publikacji jest sprawdzenie skuteczności zastosowania pola elektrycznego, (elektrostatycznego), do wspomaganie oczyszczania spalin samochodowych z cząstek stałych o małych wymiarach i masach, które nie są skutecznie filtrowane przez obecnie stosowane filtry PDF.

2. Metodyka

Pod pojęciem cząstka stała należy rozumieć produkt spalania w postaci materii stałej, ciekłej organicznej i nieorganicznej, gromadzącej się w filtrze absolutnym po przejściu strumienia spalin w temperaturze $52 \pm 3^{\circ}$. Cząstki stałe zbudowane są z sadzy, węglowodorów pochodzących z oleju silnikowego oraz paliwa, wody oraz z produktów zużycia w czasie tarcia części mechanicznych a także z dodatków uszlachetniających oleje i paliwa silnikowe. Są to związki siarki, fosforu, wapnia, krzemu, chromu oraz azotu.

Ze względu na rodzaj zapłonu, największym źródłem emisji cząstek stałych stanowią silniki z zapłonem samoczynnym. Wielkość emisji cząstek PM silników ZS jest około 30 krotnie większa niż w układach ZI. Emisja cząstek stałych jest obecnie największą wadą silników o zapłonie samoczynnym. Pyły zawieszane powstają także wskutek zużywania się opon samochodowych i innych zużywających się na skutek tarcia elementów. Wady te zostały wyeliminowane w procesie produkcji tych elementów. Tak więc głównym źródłem cząstek PM jest silnik pojazdu.

Najgroźniejsze dla organizmu ludzkiego są cząstki stałe o ultra małych wymiarach to jest PM10 PM2,5 i mniejsze. Wskutek małych wymiarów mogą przenikać przez pęcherzyki płucne do krwioobiegu i wywoływać groźne w skutkach reakcje organizmu człowieka[1].

Obecnie do filtracji spalin samochodowych używa się filtrów cząstek stałych działających na zasadzie filtracji mechanicznej.

Wkład filtra zbudowany jest z materiału monolitycznego w postaci ceramiki kordierytowej - porowatego węglanu krzemu. Stosuje się również materiały filtrujące w postaci porowatych struktur wykonane z metali i ich spieków. Kształt kanalików filtra, przez które przepływają spaliny, wymusza przepływ strumienia spalin przez materiały porowate, co powoduje zatrzymanie cząstek stałych.

Wadą filtrów obecnie stosowanych, jest ograniczona możliwość filtracji ultra małych cząstek stałych, które tworzą pyły zawieszane [2].

Zmniejszanie średnicy kanalików filtrujących w filtrach DPF spowodowałoby wzrost strat hydraulicznych i dodatkowe spadki ciśnienia. Prowadzi to do zwiększonego zużycia paliwa i wtórnego zwiększenia emisji cząstek stałych [1].

Niezbadaną dziedziną filtracji spalin samochodowych jest zastosowanie metod elektrycznych do filtracji cząstek stałych zawartych w spalinach.

Autor postanowił podjąć próbę zastosowania pola elektrycznego do wspomaganego filtracji spalin samochodowych.

W tym celu zbudowano prototyp filtra elektrycznego przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Widok elektrycznego filtra spalin samochodowych

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 1. View of electric vehicle exhaust filter

Source: Elaboration of the Author

Istniejące obecnie rozwiązania elektrofiltrów przemysłowych posiadają wady uniemożliwiające ich zastosowanie w samochodach.

Gabaryty tych urządzeń osiągają wartości kilkudziesięciu metrów, a także napięcia stosowane w nich wartości do kilkuset kilowoltów. Wyklucza to możliwość zastosowania ich w samochodach. Czy jednak wyklucza to elektryczne metody filtracji spalin samochodowych?

Elektryczna metoda oczyszczania spalin jest właściwie jedynym sposobem zatrzymania emisji ultra małych cząstek emitowanych w procesie spalania paliwa w samochodzie. Zwłaszcza w samochodzie z zapłonem samoczynnym. Autor podjął próbę sprawdzenia tej tezy.

Zbudowano prototypowy filtr elektryczny spalin i przeprowadzono porównawcze testy ich czystości.

Filtr zbudowany jest z rury stalowej składającej się z dwu izolowanych elektrycznie połówek. Posiada na zewnątrz przyłącze elektryczne oraz wewnątrz układ kształtujący liniowy rozkład linii pola elektrostatycznego. Połączony jest z przyłączem elastycznym do połączenia z układem wydechowym pojazdu.

Działanie filtra polega na wyłapywaniu cząstek stałych o małych wymiarach za pomocą pola elektrycznego. Cząstki te w procesie spalania uzyskują ładunek elektryczny, wskutek jonizacji termicznej atomów wchodzących w ich skład [3].

Do filtracji spalin zastosowano niskie, bezpieczne napięcie. Nie wyklucza to stosowania wyższych napięć. Wymaga to dalszych badań.

Odrębnym zagadnieniem jest stopień jonizacji cząstek stałych. Wydaje się możliwe zastosowanie dodatkowych źródeł ich jonizacji [3].

Kolejnym problemem jest prędkość przepływu spalin. Dodatkowych badań wymaga także kształt układu wydechowego samochodu, celem poprawy efektywności filtracji spalin z użyciem filtra elektrycznego.

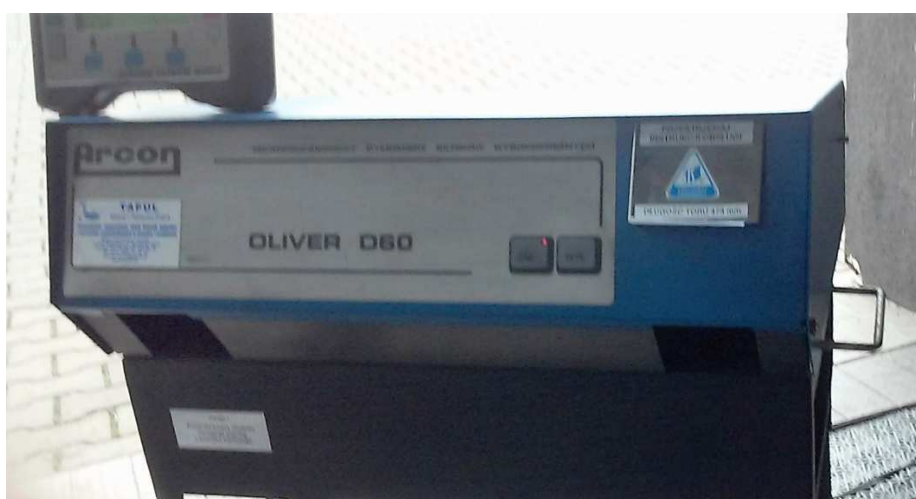
Przebieg eksperymentu pomiarowego z użyciem filtra elektrycznego przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Przebieg pomiaru zadymienia spalin z użyciem filtra elektrycznego
Źródło: Opracowanie własne

Fig. 2. Mileage smoke measurement using an electrical filter
Source: Elaboration of the Author

Rysunek 2 przedstawia samochód testowy z przyłączonym filtrem elektrycznym w czasie pomiaru zadymienia spalin. Do pomiaru zadymienia użyto dymomierza OLIVER D60, przedstawionego na rysunku 3.



Rys. 3. Widok dymomierza OLIVER D60
Źródło: Opracowanie własne

Fig. 3. View for opacimeter OLIVER D60
Source: Elaboration of the Author

Przyrząd OLIVER D60 działa na zasadzie pomiaru przepływu wiązki światła przez spaliny. Zasada działania opiera się na absorpcji promieniowania widzialnego przez zanieczyszczenia widzialne w postaci cząstek stałych występujące w spalinach emitowanych przez silnik z ZS. Metoda swobodnego przyspieszenia obrotów jest próbą pomiaru dymienia,

podczas której silnik jest przyśpieszony od obrotów biegu jałowego do obrotów maksymalnych, przy pełnej dawce paliwa.

Podczas swobodnego przyśpieszenia obrotów silnika wywołanej gwałtownym wciśnięciem pedału przyspieszenia z pozycji: obroty biegu jałowego do pozycji obroty maksymalne, dymomierz dokonuje pomiaru zadymienia. Pomierzone próbki dymu oceniane są w postaci wartości dymienia k [m^{-1}].

Warunki pomiaru zadymienia spalin reguluje Dziennik Ustaw Nr 227 z dn. 30.12.2003 roku, pomiary przeprowadzono zgodnie z tą ustawą i instrukcją obsługi dymomierza diagnostycznego.

Wyniki pomiaru zadymienia w czasie eksperymentu przedstawiono w tabeli 1.

3. Wyniki i dyskusja

W rozdziale tym przedstawiono wyniki pomiaru zadymienia spalin dla dwu pojazdów samochodowych z zapłonem samoczynnym i różnych rodzajach układów oczyszczania spalin.

Tab. 1. Wartość współczynnika zadymienia K

Tab. 1. The value of the smokiness K

Rodzaj układu wydechowego	Wartość średnia współczynnika zadymienia K [m^{-1}] / HRT [%]
Układ standardowy turbo: 1,9 TDI	0,7/26%
Układ z dodatkowym filtrem elektrycznym, turbo: 1,9 TDI	0,1/4%
Układ turbo: 1,9 CDI z filtrem DPF	0,42/17%
Układ turbo: 1,9 CDI z filtrem DPF i dodatkowym filtrem elektrycznym	0,32/13%

Źródło: Opracowanie własne

Source: Elaboration of the Author

W tabeli 1 przedstawiono pomiary zadymienia spalin w samochodach z zapłonem samoczynnym. Wyniki podano w [m^{-1}] oraz w skali Hartridge'a w [%]. Badania przeprowadzono na dwu rodzajach samochodów.

Pierwszy z nich nie posiadał filtra cząstek stałych DPF. Układ wydechowy drugiego pojazdu był wyposażony w filtr DPF.

Użycie dwu różnych pojazdów miało na celu sprawdzenie jakie rezultaty osiągnięte zostaną w stosunku do starszej konstrukcji, nie posiadającej nowoczesnego filtra cząstek stałych a także jak zachowa się dodatkowy filtr w stosunku do nowoczesnej konstrukcji wyposażonej w najnowsze układy oczyszczania spalin.

Tylko takie porównanie daje obraz skuteczności użytej metody oczyszczania spalin oraz jej skuteczności i możliwych zastosowań praktycznych. Po stwierdzeniu znacznych zmian stopnia zadymienia spalin samochodów testowych można zbadać i ocenić skuteczność przyjętej metody badawczej w przeprowadzonym eksperymencie.

Dane techniczne obu pojazdów testowych przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Dane techniczne pojazdów testowych
 Tab. 2. Technical data of test vehicles

<i>Marka samochodu</i>	<i>Rok produkcji</i>	<i>Silnik</i>	<i>Filtr DPF</i>	<i>Stan licznika</i>	<i>Prędkość maksymalna podczas pomiaru [obr/min]</i>
Skoda Octavia	2003	1,9 TDI	Nie	350000	5000
Opel Astra	2015	1,9 CDTI	Tak	20000	5000

Źródło: Opracowanie własne

Source: Elaboration of the Author

5. Wnioski

- Osiągnięte wyniki pomiarów wskazują na skuteczne działanie dodatkowego filtra elektrycznego dodanego do układu wydechowego.
- W pierwszym przypadku skuteczność filtracji spalin wzrosła kilkukrotnie. Ponieważ samochód nie posiadał filtra cząstek stałych, więc przypadek ten pokazuje zalety i skuteczność wspomaganie elektrycznego filtracji spalin. W drugim samochodzie testowym układ wydechowy wyposażony był w fabryczny filtr cząstek stałych.
- Z wyników pomiarów widać, że filtr DPF wyraźnie zwiększa skuteczność filtracji spalin o ponad 60% w stosunku do układu bez filtra DPF. Po dodaniu filtra elektrycznego skuteczność filtracji wzrasta dalej o ponad 30%. Skuteczność działania filtra elektrycznego w stosunku do filtra fabrycznego, spowodowana jest małą masą cząstek stałych emitowanych z układu wydechowego samochodu oraz stosunkowo niewielkim, w porównaniu do emisji przemysłowej, natężeniem ich wypływu.
- Filtracja spalin za pomocą pola elektrycznego wymaga dalszych badań w zakresie napięć stosowanych w elektrofiltrze a także w zakresie kształtu kolektora wydechowego samochodu oraz odprowadzania i utylizacji zgromadzonego pyłu po filtracji.

Literatura

- [1] Mysłowski J.K.: *Analiza wpływu transportu samochodowego na poziom obciążeń emisyjnych w obrębie aglomeracji szczecińskiej*. Monografia. Szczecin: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, 2013.
- [2] Rokosch U.: *Układy oczyszczania spalin i pokładowe systemy diagnostyczne samochodów OBD..* Warszawa: WKiŁ, 2007.
- [3] Urbanowicz M.: *Przebieg procesu ładowania świecy zapłonowej przed przeskokiem iskry*. Moskwa: Moskiewski Państwowy Uniwersytet Technologiczny „Stankin”, 2014.