

THE RESEARCHES ON CERAMIC SOOT FILTER FOR ENGINE WITH HIGH-PRESSURE FUEL INJECTION SYSTEM

Czesław Kolanek, Katarzyna Topolska, Wojciech Walkowiak

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny
Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn
Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
e-mail: czeslaw.kolanek@pwr.wroc.pl, katarzyna.topolska@pwr.wroc.pl
e-mail: wojciech.walkowiak@pwr.wroc.pl
tel./fax: +48 71 3477918

Abstract

The present work summaries results of research work concerning with ceramic soot filter with catalytic regeneration. The construction of the filter was based on author's experiences and in aspect of cooperation with modern, high-speed, self-ignition engine. The filter structure was based on cordierite ceramic. The catalytic method was selected as a method of regeneration. The catalysts (precious metals and cerium) was spherical applied on monolith wall. Gained system, apart from filter regeneration, also worked as catalytic converter of exhaust gasses. The influence of the filter on parameters of engine work and emissions was tested. Also problems of filter regeneration and pressure drop of exhaust gasses in aspects of engine thermal load and filter location. The concept of future modernization of the system was presented. Test bench, fumigation soot conversion, backpressure on soot filter, concentration of CO s, conversion of CO, concentration of NO conversion of NO versus engine parameters i.e. the rotational speed of the crank-shaft, torque moment and the engine power are presented in the paper.

Keywords: engine, ceramic, soot filter, durability, fuel injection

BADANIA CERAMICZNEGO FILTRA SADZY DO SILNIKA Z WYSOKOCIŚNIENIOWYM SYSTEMEM WTRYSKU PALIWA

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań ceramicznego filtra sadzy z regeneracją katalityczną. Filtr został wykonany na bazie własnych doświadczeń, pod kątem współpracy ze współczesnym, wysokoobrotowym silnikiem o zapłonie samoczynnym. Filtr wykonano na bazie ceramiki kordierytowej. Jako metodę regeneracji wybrano regenerację katalityczną. Zastosowano katalizatory na bazie metali szlachetnych i ceru, naniesionych strefowo na powierzchnię ścianek monolitu. Uzyskany układ oprócz regeneracji filtra spełnił również rolę katalitycznego konwertora spalin. W pracy przedstawiono wpływ filtra na parametry pracy silnika i skład spalin. Omówiono problemy regeneracji filtra i przeciwiśnienia spalin w aspekcie obciążenia cieplnego silnika oraz umieszczenia filtra w układzie wylotu spalin. Przedstawiono koncepcję dalszej modernizacji układu filtra w aspekcie obniżenia maksymalnych temperatur monolitu przy zachowaniu pełnej skuteczności regeneracji. W szczególności stanowisko badawcze, dymienie, stopień filtracji sadzy, przeciwiśnienie na filtrze, stężenie CO w spalinach, konwersja CO, stężenie NO w spalinach, konwersja NO w funkcji parametrów pracy silnika, tj. prędkości obrotowej wału korbowego, momentu obrotowego i mocy silnika są przedstawione w artykule.

Słowa kluczowe: silnik, ceramika, filtr sadzy, trwałość, wtrysk paliwa

1. Wstęp

Dynamiczny rozwój silników spalinowych o zapłonie samoczynnym powoduje konieczność rozwiązania problemu emisji cząstek stałych. Wprowadzenie wysokociśnieniowego wtrysku

paliwa spowodowało istotne obniżenie toksyczności i zadymienia spalin, jednak problem emisji sadzy silnikowej nie został do końca rozwiązany. Z publikowanych prac wynika, że nanocząstki sadzy, po przedostaniu się do układu oddechowego mogą powodować miejscowe stany zapalne, które w przypadku osłabionych organizmów mogą być groźne dla zdrowia – szczególnie dotyczy to osób bardzo młodych i w podeszłym wieku [1]. Istotną poprawę można uzyskać przez wprowadzenie systemów oczyszczających, złożonych m.in. z filtrów sadzy silnikowej. Wśród wielu rozwiązań filtrów sadzy, zaczynają dominować filtry z regeneracją katalityczną. W ZPSiSS od szeregu lat prowadzone są prace nad rozwiązaniami filtrów sadzy z regeneracją katalityczną, polegająca na naniesieniu materiału katalitycznego na powierzchnię monolitu filtracyjnego [2,3]. W pracy przedstawiono wyniki wstępnych badań prototypowego filtra sadzy, wykonanego zgodnie z patentem autorów [4].

2. Budowa filtra

Badania przeprowadzono dla filtra sadzy opartego na monolicie ceramicznym kardiorytowym f-my Corning. Na powierzchnię monolitu naniesiony został materiał katalityczny w sposób wskazany w patencie europejskim [4]. Po zabudowaniu monolitu w obudowę ze stali nierdzewnej poddano go wygrzaniu w piecu o temp. 500°C przez 30 minut. Po procesie wygrzewania, mającym na celu stabilizację maty łożyskującej f-my 3M, filtr zabudowano w układzie wylotowym silnika 1,9 TDI PD – rys.1.

Filtr montowany był do osi filtra, przy czym oś filtra była prostopadła do osi agregatu. Spaliny przez przewód łączący kierowane były do przestrzeni rozprężnej przed filtrem. Takie rozwiązanie zapobiegło bezpośredniemu napływowi spalin z turbiny na powierzchnię monolitu i powodowało lepsze wykorzystanie objętości filtra. Objętość części rozprężnej wynosiła ok. 1,8 dm³. W części rozprężnej umieszczono również sondę do poboru spalin oraz termoparę, mierzącą temperaturę spalin na dolocie do monolitu filtracyjnego.

3. Stanowisko badawcze z filtrem sadzy

Silnik zamontowano na stanowisku badawczym z hamulcem wiroprądowym Alfa 240, f-my AVL. Stanowisko wyposażono w analizatory gazów spalinowych – CO, NO_x, HC f-my Hartman-Braun, a ze względu na brak tunelu do pomiaru cząstek stałych – w analizator zadymienia spalin – AVL 415, określający zadymienie metodą filtracji. Widok stanowiska badawczego przedstawiono na rys.3.

Badania przeprowadzono dla charakterystyk obciążeniowych przy trzech obciążeniach i czterech prędkościach obrotowych.

4. Wyniki badań

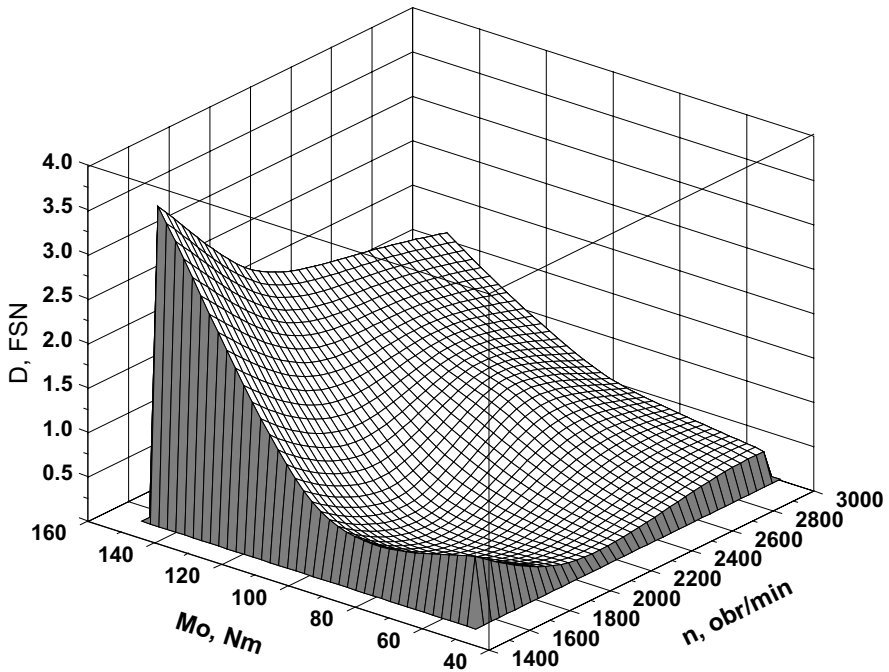
Rezultaty pomiarów przedstawiono na rys. 4.1 – 4.4. Skuteczność filtracji mierzono jako procentowe obniżenie zadymienia spalin przedstawiono na rys. 4.1 i 4.2.

Średnia skuteczność filtracji wynosiła 97,19%. Dodatkowym pozytywnym efektem katalitycznej regeneracji filtra jest obniżenie stężenia tlenu węgla w spalinach – rys. 4.3 i 4.4.

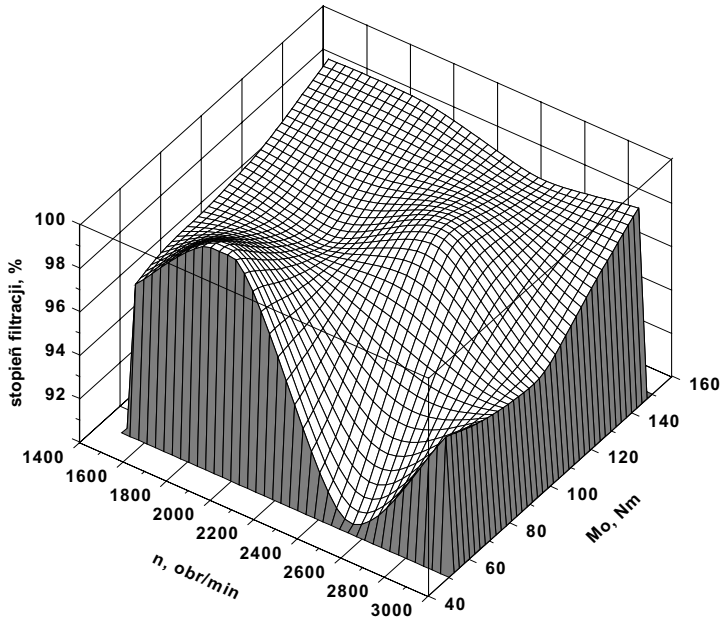
Równocześnie obserwuje się niewielki wzrost stężenia tlenków azotu. Średnia wartość zmniejszenia stężenia CO za filtrem wynosiła 44%, przy średnim zakresie stężenia NO_x o ok. 4%. Mankament stosowania filtra sadzy jest wzrost przeciwcisnienia spalin – rys.4.5 i 4.6. Wzrost przeciwcisnienia – rys 4.7. może niekorzystnie wpływać na obniżenie ciepła silnika oraz zużycie paliwa.



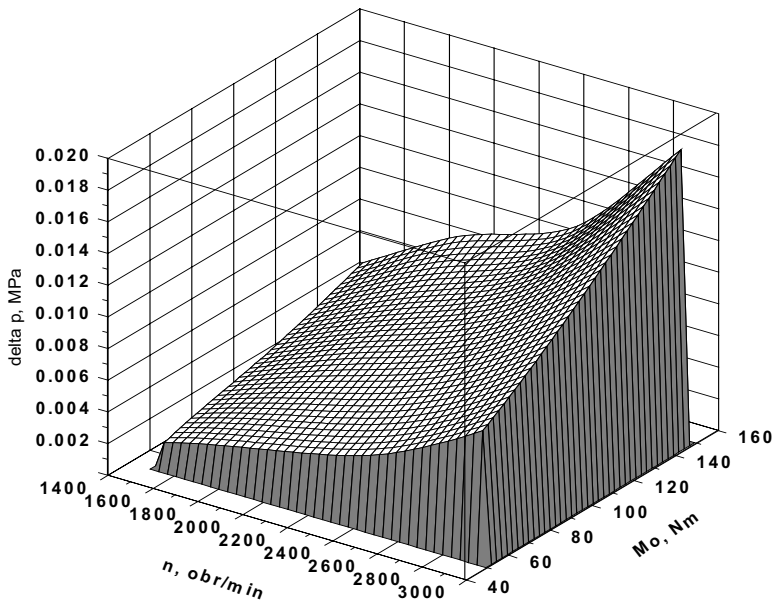
Rys. 3. Stanowisko badawcze
Fig.3. Test bench



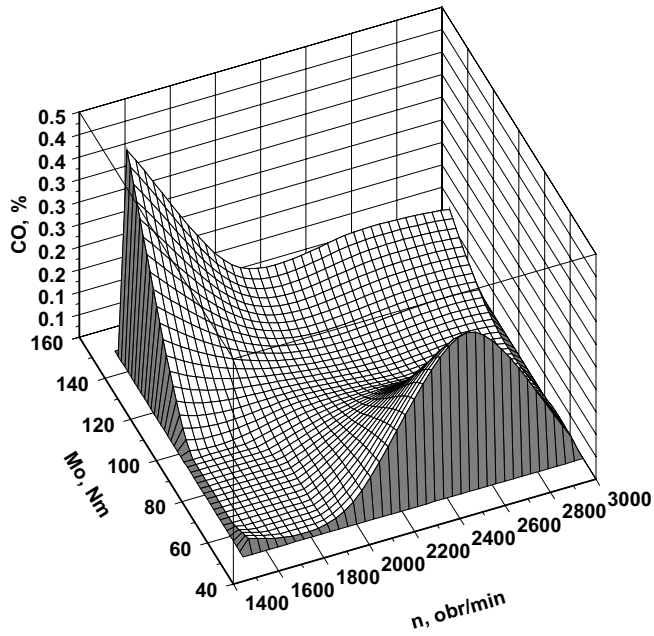
Rys. 4.1. Dymienie w funkcji parametrów pracy silnika
Fig 4.1. Fumigation depending on engine's parameters



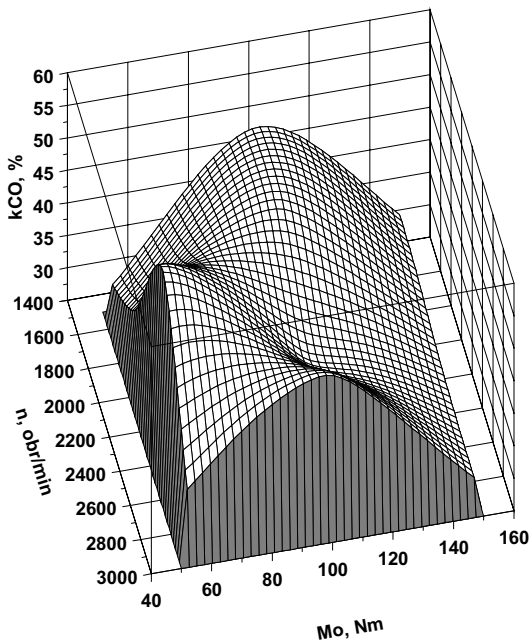
Rys. 4.2. Stopień filtracji sadzy w funkcji parametrów pracy silnika
Fig 4.2. Soot conversion depending on engine's parameters



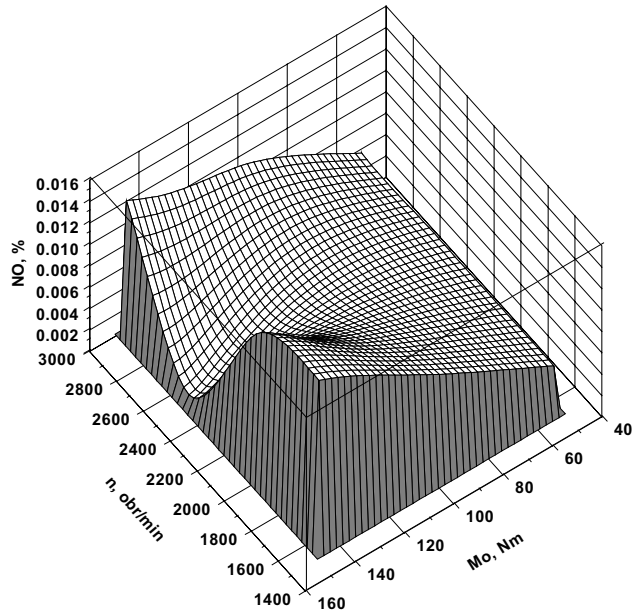
Rys. 4.3. Przeciwnieśnienie na filtrze w funkcji parametrów pracy silnika
Fig. 4.3. Backpressure on soot filter depending on engine's parameters



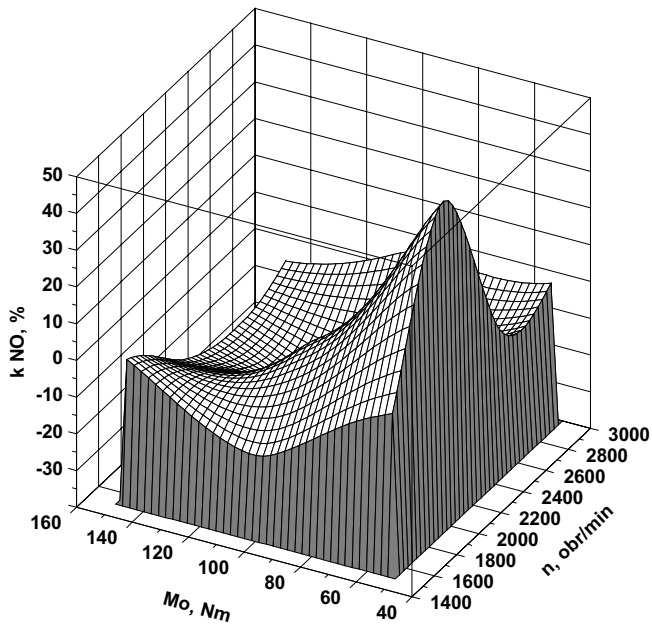
Rys. 4.4. Stężenie CO w spalinach w funkcji parametrów pracy silnika
Fig 4.4. Concentration of CO depending on engine's parameters



Rys. 4.5. Konwersja CO w funkcji parametrów pracy silnika
Fig 4.5. Conversion of CO depending on engine's parameters



Rys. 4.6. Stężenie NO w spalinach w funkcji parametrów pracy silnika
Fig 4.6. Concentration of NO depending on engine's parameters



Rys. 4.7. Konwersja NO w funkcji parametrów pracy silnika
Fig 4.7. Conversion of NO depending on engine's parameters

5. Wnioski

Przedstawione wstępne badania skuteczności działania ceramicznego katalitycznego filtra sadzy współpracującego z silnikiem 1,9 TDI wskazują na wysoką skuteczność filtracji. Obserwowany jest korzystny wpływ filtra na stężenie tlenku węgla – konwersja CO do ok. 45%. Dalszych prac wymaga obniżenie oddziaływania filtra na powstawanie tlenków azotu oraz zmniejszenie przeciwności w układzie filtracyjnym.

6. Literatura

- [1] Rogers, T., *Engine technology international*. 1998.
- [2] Walkowiak, W., *Ceramiczny filtr sadzy*. KONSSPAL 98 .
- [3] Kolanek, Cz., Walkowiak, W., *The effect of housing on the operation of the catalytic filter for engine exhaust gases. Wpływ zabudowy w układzie wylotowym silnika na sprawność filtra katalitycznego. W: Catalysis and adsorption in environmental protection. International conference*. Wrocław Oficyna Wydawnicza PWr 1994.

