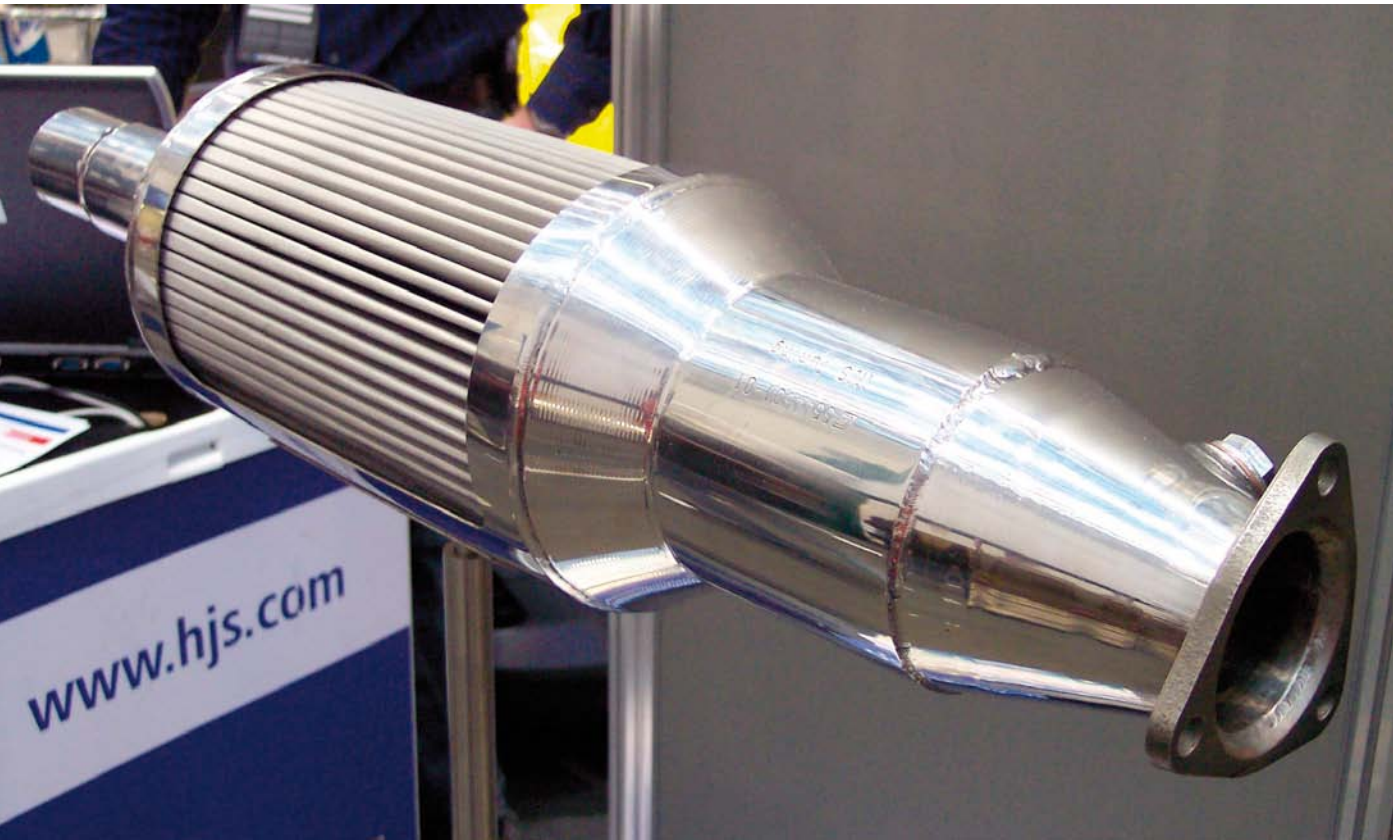


Filtry cząstek stałych (cz.I)



STEFAN MYSKOWSKI
STUDIO KONSTRUKCYJNO-KONSULTACYJNE

CZĄSTKI STAŁE EMITOWANE PRZEZ UKŁADY WYDECHOWE SILNIKÓW SZKODZĄ NAM I NASZEMU OTOCZENIU. DLATEGO KOLEJNE, OSTRZEJSZE NORMY TOKSYCZNOŚCI SPALIN WYMUSIŁY MONTAŻ ZATRZYMUJĄCYCH JE FILTRÓW W SILNIKACH ZS, A TERAZ RÓWNIEŻ ZI

Niestety, nie wszystkie te układy filtracji spalin są dostatecznie dopracowane. Często też padają ofiarą różnych uszkodzeń silnika ZS i jego układów. Jednak tych problemów nie rozwiązują pojawiające się na rynku usługi usuwania uszkodzonych, a często również całkowicie sprawnych filtrów cząstek stałych.

Wykonawcy takich usług przekonują potencjalnych klientów, że cząstek stałych praktycznie już nie ma w spalinach,

bo ich nie widać „gołym okiem”, a one i filtry to wymysł ekologów. Spróbujmy zatem wyjaśnić związane z tym nieporozumienia.

Cząstki stałe

Oznaczamy je PM (*particulate matter*). Według prostej definicji, zaliczamy do nich te składniki spalin, które opuszczają układ wylotowy silnika w stanie innym niż gazowy.

Inna definicja obowiązuje w badaniach homologacyjnych pojazdów, gdzie emisja cząstek stałych jest mierzona metodą grawimetryczną. Za całkowitą masę cząstek stałych uważa się w tym ujęciu sumę mas wszystkich substancji, w stanie stałym lub ciekłym, organicznych lub nieorganicznych, które gromadzą się na filtrze absolutnym po przejściu przez niego rozcieńczonego powietrzem strumienia spalin, w temperaturze $52 \pm 3^\circ\text{C}$.

Filtr absolutny zatrzymuje 99% cząstek o średnicach większych niż 0,0003 mm ($0,3 \mu\text{m}$). Waży się go precyzyjnie przed i po pomiarze zawartości cząstek stałych. Różnica wyników odpowiada ilości zgromadzonych cząstek. Spaliny przepływające przez ten filtr są uprzednio rozcieńczane powietrzem o temperaturze od 20 do 30°C , aby na odcinku pomiędzy końcówką układu wylotowego a urządzeniami pomiarowymi skład spalin uległ jak najmniejszym zmianom. Ustalona temperatura pomiaru pozwala na zbliżenie jego warunków do tych, w których cząstki stałe przeważnie przedostają się do atmosfery.

Cząstki stałe są emitowane zarówno przez silniki ZS, jak i nowoczesne silniki ZI z układem bezpośredniego wtrysku benzyny. Silniki ZI zawsze je emitowały, ale w starszych konstrukcjach (gaźnikowych lub z pośrednim wtryskiem paliwa) było ich tak niewiele, że nie stanowiły problemu.

Cząstki stałe emitowane przez silnik ZS są zwykle utożsamiane z sadzą, ponieważ 50 do 80% spośród nich zbudowanych jest na jej bazie. Sadza tworzy się z cząsteczek węgla, które nie uczestniczyły w procesie spalania, a z niej z kolei powstaje tzw. rdzeń węglowy cząstki stałej (rys. 1).

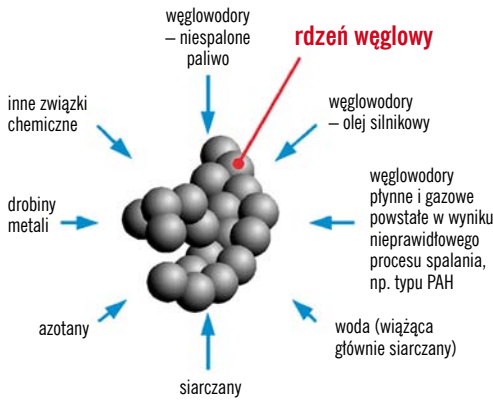
Sadza posiada bardzo rozwiniętą powierzchnię właściwą. W temperaturze panującej w komorze spalania wynosi ona nawet $100 \text{ m}^2/\text{g}$ (czyli 1 g sadzy miałby po „rozwinięciu” powierzchnię 100 m^2). Dlatego sadza ma dużą zdolność do adsorpcji innych substancji, czyli gromadzenia ich bezpośrednio przy swojej powierzchni. Mówiąc bardziej obrazowo – nasiąka nimi jak gąbka.

Do najbardziej szkodliwych substancji towarzyszących cząstkom stałym należą wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, oznaczane PAH (*polycyclic aromatic hydrocarbons*). Powstają one równoległe z sadzą w komorze spalania silnika i wraz z nią opuszczają układ wylotowy. Emitowana przez silnik cząstka stała zbudowana na rdzeniu węglowym nie jest więc chemicznie czystym węglem, jak kiedyś sądzono.

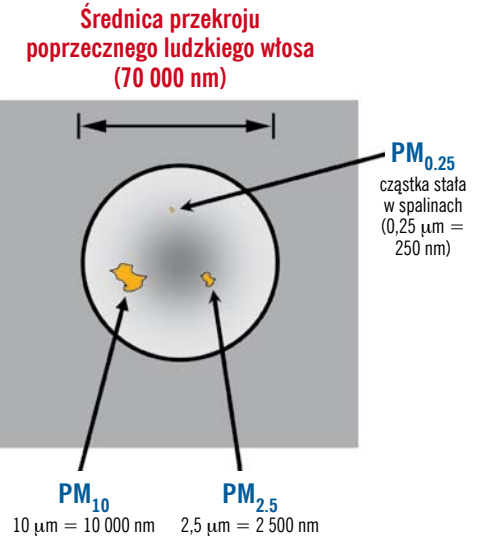
Większość cząstek stałych powstających w komorach spalania nowoczesnych silników ZS ma średnicę od 0,01 do $0,09 \mu\text{m}$ (od 0,00001 do 0,00009 mm). Ich sumaryczna masa jest niewielka. Po powstaniu ulegają one aglomeracji, tzn. łączą się w większe. Porównanie wymiarów cząstek stałych i ludzkiego włosa przedstawia rys. 2.

Jeśli nowoczesny silnik ZS jest sprawny, spaliny są niewidoczne dla oka. Dopiero gdy rdzenie węglowe cząstek stałych stają się odpowiednio duże, np. wskutek uszkodzenia, zużycia silnika lub jego układów, spaliny te nabierają wyraźnego szarego lub czarnego zabarwienia.

Niewidoczne gołym okiem spaliny nowoczesnego silnika ZS to sukces raczej połowiczny, gdyż im cząstki stałe są mniejsze, tym głębiej wnikają do naszego organizmu, omijając zabezpieczenia fizjologiczne układu oddechowego (rys. 3). Następnie przedostają się one do krwiobiegu, który „transportuje” je po organizmie. Ponadto najdrobniejsze cząstki



rys. 1. WIĘKSZOŚĆ CZĄSTEK STAŁYCH EMITOWANYCH PRZEZ SILNIKI ZS SKŁADA SIĘ Z: RDZENIA WĘGLOWEGO ORAZ ZWIĄZANYCH Z NIM SUBSTANCJI STAŁYCH, CIEKŁYCH I GAZOWYCH. NIEKTÓRE Z NICH, NP. SIARCZANY, ROZPUSZCZAJĄ SIĘ W WODZIE ZAWARTEJ W CZĄSTCE SADZY



rys. 2. PORÓWNANIE CZĄSTEK STAŁYCH O TRZECH CHARAKTERYSTYCZNYCH ŚREDNICACH: PM10, PM2,5 I PM0,25 Z PRZKROJEM POPRZECZNYM LUDZKIEGO WŁOSA. W JEDNYM CENTYMETRZE SZEŚCIENNYM SPALIN JEST WIĘCEJ NIŻ MILION CZĄSTEK STAŁYCH O TYCH CHARAKTERYSTYCZNYCH ŚREDNICACH (1 nm = 0,000001 mm; 1 μm = 0,001 mm)



rys. 3. ZAGROŻENIE UKŁADU ODDECHOWEGO CZŁOWIEKA SZKODLIWYM DZIAŁANIEM CZĄSTEK STAŁYCH. GŁĘBOKOŚĆ ICH WNIKANIA ZALEŻY OD ŚREDNICY

stałe mogą wnikać do krwiobiegu bezpośrednio przez skórę. Z powyższych powodów, najbardziej niebezpieczne są liczne, małe cząstki stałe, mimo że ich sumaryczna masa jest niewielka.

Oddziaływanie cząstek stałych

Lokalne wartości zanieczyszczeń powietrza przez pojazdy (np. średnie dla miasta) nie informują dokładnie o skali miejscowych emisji, ponieważ mieszkańcy terenów położonych przy ruchliwych traktach mogą być znacznie bardziej narażeni na szkodliwe działanie tych zanieczyszczeń niż ludzie mieszkający na obrzeżach miast lub na obszarach wiejskich.