

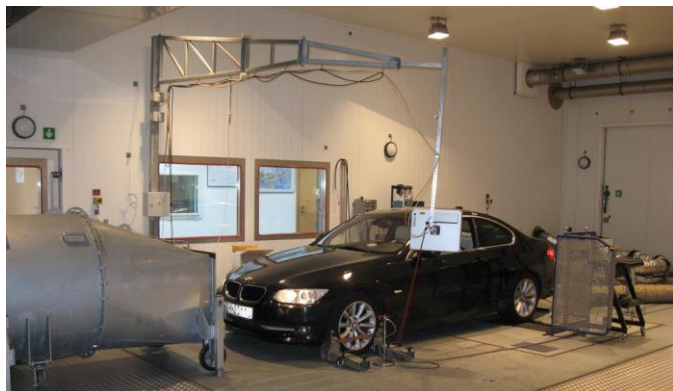
ANALIZA WPŁYWU ZJAWISK FIZYKOCHEMICZNYCH W SYSTEMIE POMIAROWYM CVS NA DOKŁADNOŚĆ POMIARÓW EMISJI SPALIN W TESTACH NA HAMOWNI PODWOZIOWEJ

Badania emisji związków szkodliwych spalin w testach na hamowni podwoziowej są jednymi z najważniejszych i najbardziej skomplikowanych badań, jakim są poddawane samochody napędzane silnikami spalinowymi. W artykule omówiono szczegółowo jeden z najważniejszych elementów laboratorium badania emisji spalin, a mianowicie układ poboru i rozcieńczenia spalin (tzw. system CVS – Constant Volume Sample – stała objętość próbkowania). Ponadto przeanalizowano zjawiska fizykochemiczne, które mogą zachodzić w poszczególnych elementach układu CVS i znacząco wpływać na pogorszenie dokładności pomiarów emisji spalin, czy wręcz na ich błędne wyniki.

WSTĘP

Badania emisji spalin pojazdów o masie całkowitej poniżej 3500 kg przeprowadza się w laboratorium badania emisji spalin (zdjęcie 1) na hamowni podwoziowej (rolkowym stanowisku dynamometrycznym), odwzorowującej rzeczywiste opory jazdy (toczenia, aerodynamiczne i bezładność pojazdu) [1,2]. Hamownia podwoziowa jest urządzeniem, które odtwarza warunki ruchu na drodze rzeczywistej dla układu napędowego badanego pojazdu w warunkach laboratoryjnych.

Badanie polegające na analizie spalin (rozcieńczonych powietrzem) z worków pomiarowych jest podstawowym przy wykonywaniu badań emisji związków szkodliwych w spalinach, zgodnie z wymaganiami przepisów homologacyjnych. Tego typu badania służą do porównywania emisji pojazdów z limitami określonymi w odpowiednich przepisach. Badania te, nazywane często badaniami kontrolnymi, wykonuje się w ramach badań homologacyjnych (dopuszczających dany pojazd do ruchu) i badań zgodności produkcji (COP - conformity of production - badania pojazdów wziętych losowo z produkcji seryjnej na zgodność z homologowanym typem).



Zdjęcie 1. Laboratorium Badania Emisji Spalin w Instytucie Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL

Próbka mieszaniny spalin z powietrzem, w ilości proporcjonalnej do strumienia tej mieszaniny, jest w sposób ciągły pobierana

i zbierana w worku pomiarowym, w czasie realizacji na hamowni podwoziowej ustalonego cyklu jezdowego. Skład mieszaniny spalin z powietrzem w worku pomiarowym odpowiada średniemu stężeniu składników spalin wydzielanych z pojazdu podczas określonego cyklu jezdowego. Następnie odczytane z próbki zebranej do worków pomiarowych (z użyciem analizatorów spalin) stężenia poszczególnych związków szkodliwych przelicza się na podstawie odpowiednich wzorów na emisję całkowitą w g/km i otrzymane wyniki porównuje się z odpowiednimi limitami [3].

1. OPIS SYSTEMU CVS

System próbkowania spalin o stałej objętości CVS-CFV (CFV - critical flow Venturi - układ CVS z dyszą Venturiego o przepływie krytycznym), w połączeniu z odpowiednim zestawem analizatorów umożliwia precyzyjny pomiar szkodliwych składników gazów spalinowych emitowanych z kompletnego pojazdu, podczas badań na hamowni podwoziowej [4-6].

Dla każdej fazy testu emisji strumień gazów spalinowych jest rozcieńczany przez przefiltrowane powietrze z otoczenia, następnie próbka gazów spalinowych i przefiltrowanego powietrza są zbierane do worków pomiarowych wykonanych z tedlaru z równoczesnym pomiarem natężenia przepływu rozcieńczonych spalin.

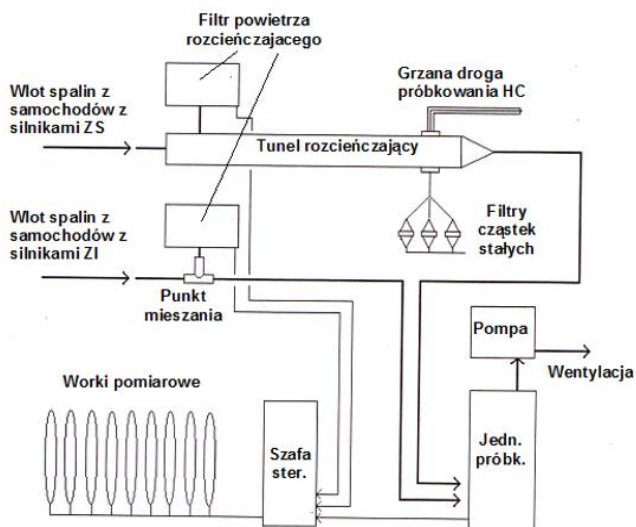
System poboru spalin CFV-CVS oprócz podstawowych funkcji określonych przez wymagania dotyczące pomiarów emisji spalin umożliwia także:

- otrzymywanie całkowitego przepływu spalin samochodowych bez wahań ciśnienia w rurze wydechowej większych od 100 mm słupa wody w porównaniu do wyników otrzymanych podczas pomiaru bez podłączonego systemu CVS,
- rozcieńczanie gazów spalinowych otaczającym powietrzem, zgodnie z żądanym współczynnikiem rozcieńczenia, tak aby w systemie pomiarowym i w systemie próbkowania nie pojawiła się woda kondensacyjna,
- próbkowanie odpowiedniej, proporcjonalnej ilości gazów spalinowych i powietrza, a następnie przesyłanie ich do worków pomiarowych,
- mierzenie całkowitego przepływu rozcieńczonych gazów w celu określenia objętości każdej fazy testu emisji.

Zasada działania systemu poboru spalin (rys. 1 i zdjęcie 2) oparta jest na przepływie krytycznym przez zwężkę Venturiego. System CVS, przy zachowaniu przepływu krytycznego przez zwężkę, zapewnia stały przepływ rozcieńczonych gazów spalinowych przez zwężkę oraz oblicza chwilowe i całkowite natężenie przepływu mieszaniny, a także całkowitą objętość mieszaniny, która przepłynęła przez układ CVS. W celu określenia natężenia przepływu rozcieńczonych gazów spalinowych przez układ CVS na wlocie do zwężki Venturiego mierzone jest ciśnienie (za pomocą przetwornika ciśnienia) i temperatura (za pomocą opornościowego czujnika temperatury) mieszaniny. Następnie rzeczywiste natężenie przepływu i całkowita objętość korygowane są do warunków standardowych, zgodnie z wymaganiami przepisów dotyczących pomiarów emisji spalin.



Zdjęcie 2. Laboratorium Badania Emisji Spalin w Instytucie Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL – tunel rozcieńczający spaliny



Rys. 1. Konfiguracja typowego systemu poboru spalin dla samochodów z silnikami ZI i ZS [7,8]

Próbki powietrza rozcieńczającego i rozcieńczonych gazów spalinowych są zbierane do worków pomiarowych w celu ich dalszej analizy przy użyciu zestawu analizatorów. W systemie CVS proporcjonalna objętość próbki jest uzyskiwana za pomocą zwężki Venturiego o przepływie krytycznym umieszczonej w sondzie próbkującej (zwężka próbkująca). Sonda próbkująca umieszczona jest blisko wlotu do głównej zwężki Venturiego tak, że temperatura i ciśnienie

są praktycznie takie same dla obu zwężek Venturiego, co zapewnia proporcjonalną zmianę natężenia przepływu próbki w zależności od całkowitego natężenia przepływu rozcieńczonych gazów spalinowych.

Próbka powietrza rozcieńczającego jest analizowana w celu korekcji stężenia składników tła wprowadzonego z powietrzem rozcieńczającym.

W systemie zastosowano również separator cyklonowy do usuwania cząstek stałych z rozcieńczonych gazów spalinowych oraz do dokładnego wymieszania spalin z powietrzem rozcieńczającym.

Układ mieszania spalin z powietrzem

W pomiarach emisji z samochodów z silnikami benzynowymi w skład układu mieszania wchodzi: filtry powietrza rozcieńczającego (filtr wstępny o skuteczności 80-85%, wkład z węglem aktywnym i filtr zasadniczy o skuteczności 99,99% cząstek o wielkości poniżej 0,3 μm) oraz tzw. „Mixing-T” - trójnik mieszający, w którym następuje całkowite rozcieńczenie gazów spalinowych i z którego jednorodna mieszanina jest dostarczana do układu próbkowania. Układ mieszania jest połączony z układem próbkowania za pomocą elastycznej rury ze stali nierdzewnej.

W pomiarach emisji z samochodów z silnikami ZS mieszanie gazów spalinowych z powietrzem następuje w tunelu rozcieńczającym, składającym się z trzech sekcji:

- wlotowej i mieszania, w której strumień powietrza przepływa wokół rury centralnej, w której płyną gazy spalinowe,
- rury prostej, w której umieszczona jest sonda do poboru cząstek stałych, zlokalizowana w odległości 10 średnic tunelu od miejsca w którym gazy spalinowe wpadają do tunelu,
- końcowej próbkującej, w której znajdują się sondy do pomiaru cząstek stałych i węglowodorów.

Tunel rozcieńczający zapewnia przepływ turbulentny, z liczbą Reynoldsa większą od 4000. Powietrze rozcieńczające dostarczane jest do układu mieszania w tunelu rozcieńczającym przez trzy filtry (wstępny, z węgla aktywnego i zasadniczy), które umiejscowione są w obudowie pod konstrukcją tunelu.

Układ próbkowania dla gazowych składników spalin

W skład układu próbkowania wchodzi: separator wirowy, wymiennik ciepła dla przepływu rozcieńczonego z obiegiem wody utrzymującej zadaną temperaturę, zespół zwężek Venturiego o przepływie krytycznym, zespół zwężek próbkujących, sonda do ciągłego pomiaru gazów rozcieńczonych oraz przetworniki ciśnienia i temperatury.

System próbkowania spełnia następujące funkcje:

- przekazywanie próbki rozcieńczonych gazów spalinowych do odpowiednich worków,
- przekazywanie próbki powietrza otaczającego do odpowiednich worków,
- utrzymywanie oddzielnej próbki rozcieńczonej gazów spalinowych dla analizy ciągłej,
- przekazywanie próbki z worków lub próbki ciągłej do zestawu analizatorów,
- napełnianie i opróżnianie równocześnie wszystkich worków przefiltrowanym zewnętrznym powietrzem w przerwie między testami.

Do filtrowania próbek rozcieńczonych gazów spalinowych zastosowano specjalnie zaprojektowany filtr do analizy silnikowych gazów spalinowych, posiadający filtr wstępny i jednorodny filtr zasadniczy, zabudowane w jednej obudowie.

System próbkowania emisji cząstek stałych

Do próbkowania cząstek stałych wymagany jest stały przepływ strugi mieszaniny z tunelu rozcieńczającego przez sondę próbkującą, która spełnia wymagania przepisów EPA i ECE.

Mieszanina spalin i powietrza przepływa przez rozdzielacz przepływu i trafia na odpowiednio wybrane filtry w zależności od fazy testu.

Kontrolowanie rzeczywistego natężenie przepływu odbywa się za pomocą kontrolera przepływu, który umożliwia całemu systemowi utrzymanie stałego przepływu. Przyrząd ten mierzy również temperaturę przepływającego gazu.

Podłączenie układu wylotowego samochodu do systemu CVS

Aby otrzymać prawidłową, stałą objętość próbki gazów spalinowych, nie może występować żadna nieszczelność wewnątrz i na zewnątrz układu próbkowania (połączenie systemu CVS z rurą wylotową samochodu).

Przewód rurowy między rurą wylotową samochodu, a wejściem układu próbkowania powinien mieć minimalną długość i właściwą średnicę. Zaleca się stosowanie elastycznego przewodu rurowego ze stali nierdzewnej, nie dłuższego niż 1,2-1,5 m o średnicy 75 mm (lub większej). Dopuszczalne jest zastosowanie dłuższego przewodu (jeśli wymaga tego układ laboratorium), jednak może to spowodować znaczne zwiększenie niedokładności pomiaru.

2. ANALIZA ZJAWISK FIZYKOCHEMICZNYCH W SYSTEMIE POMIAROWYM CVS

2.1. Zjawiska fizykochemiczne wpływające na dokładność pomiarów

Przy pomiarach emisji węglowodorów (HC) i tlenków azotu (NO_x) z worków dla samochodów o poziomie emisji spalin Euro 5 i Euro 6, adsorpcja, desorpcja, dyfuzja i zachodzące reakcje chemiczne mogą w znaczący sposób wpływać na wartości mierzone. Zjawiska te nie mogą być całkowicie wyeliminowane, gdyż:

- cząstki stałe zanieczyszczają układ CVS (ponieważ filtry cząstek nie mają 100% skuteczności),
- w związku z fizycznymi i chemicznymi procesami w niektórych składnikach gazów, nawet stal nierdzewna i teflon mogą zmienić swoją charakterystykę.

W związku z niemożliwością wyeliminowania tych zjawisk należy zminimalizować ich wpływ na dokładność pomiaru i stabilność systemu. Można to osiągnąć przez opracowanie procedur sprawdzania zanieczyszczeń oraz korygowanie ich wpływu spowodowanego przez wyżej wymienione zjawiska.

Należy zwrócić uwagę na wiele czynników, między innymi na czynniki związane z procedurami próbkowania i materiałami zastosowanymi w systemie, ze szczególnym uwzględnieniem związanych z nimi zjawisk fizykochemicznych. Konieczne jest również uwzględnienie występowania pewnych niekorzystnych okoliczności, takich jak:

- system pomiarowy wykorzystuje się nie tylko do pomiarów emisji według limitów Euro 5 i Euro 6. W czasie prowadzenia prac rozwojowych i wykonywania testów przedhomologacyjnych mogą zdarzać się wysokie poziomy emisji, które zanieczyszczają system pomiarowy,
- niektóre zjawiska fizykochemiczne nie zachodzą niezależnie dla każdego składnika spalin. Zjawiska interferencji mogą powodować większe problemy, niż w przypadku gdyby poszczególne składniki były od siebie oddzielone,
- dla nowoczesnych silników z reaktorem katalitycznym i/ lub nowych paliw alternatywnych należy spodziewać się nietypowych składników spalin takich, jak aminy, siarkowodor, amoniak, cząstki stałe (rzędu kilku nm) i inne agresywne chemicznie substancje [9]. Niektóre z tych związków mogą być bardzo reaktywne i powodować zmianę zachowania na powierzchni zastosowanych materiałów. Mogą również reagować z HC lub NO_x,

- wszystkie filtry cząstek stałych mają skuteczność poniżej 100%, w związku z czym po pewnym czasie można spodziewać się zanieczyszczenia wewnętrznych powierzchni elementów.

W czasie transportu gazów spalinowych z układu wylotowego samochodu do analizatorów spalin może wystąpić jedno lub kilka z niżej wymienionych zjawisk fizykochemicznych:

- adsorpcja/ desorpcja (powierzchnie, cząstki stałe),
- skraplanie,
- rozpuszczanie (gromadzenie gazu w ciekłych lub stałych materiałach),
- przenikanie/ dyfuzja (przenikanie powoduje spadek stężenia gazu),
- zjawiska zachodzące na powierzchni: reakcje/ korozja/ reakcje katalityczne.

Współczynniki przenikania, dyfuzji i rozpuszczania są ze sobą powiązane następującą zależnością:

$$\text{przenikalność} = \text{dyfuzja} \times \text{rozpuszczalność}$$

Wymienione wyżej zjawiska mogą w nieprzewidywalny sposób zmieniać skład gazów spalinowych. Wpływ tych zjawisk zależy od wielu parametrów, spośród których do najważniejszych należą:

- właściwości fizykochemiczne zastosowanych materiałów,
- czas przebywania próbki spalin (rozcieńczonych lub stężonych) w układzie pomiarowym,
- całkowite ciśnienie w układzie pomiarowym,
- temperatura w każdym punkcie układu pomiarowego,
- współczynnik rozcieńczenia,
- temperatura i wilgotność powietrza rozcieńczającego,
- skład gazów spalinowych,
- stężenie poszczególnych składników,
- temperatura gazów spalinowych,
- ciśnienie cząstkowe odnoszące się do pary nasyconej gazów o określonym składzie - zależne od temperatur w systemie oraz współczynnika rozcieńczenia.

Tab. 1. Wpływ różnych parametrów na zjawiska fiz. i chem. [9]

Zmiana parametru	Skutek						
	Adsorpcja/Desorpcja		Skraplanie	Rozpuszczanie	Przenikanie	Reakcje/Korozja	Reakcje katalityczne
Dolna prężność par materiału	duża	mała	duża	-	-	-	-
Wzrost temperatury gazu	↓	↑	↓	-	↑	↑	↑
Wzrost stężenia gazu	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑
Wzrost czasu przetrzymywania próbki	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

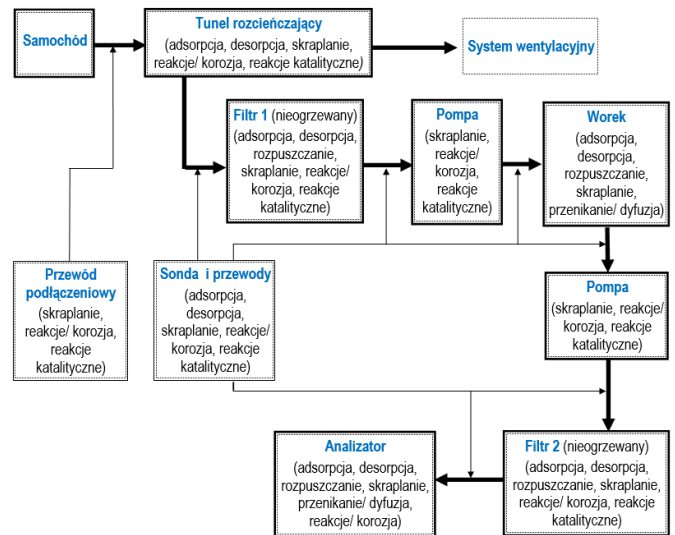
Niektóre z tych parametrów można zmieniać przez projektowanie systemu (właściwości zastosowanych materiałów, czas przebywania próbki w układzie pomiarowym, całkowite ciśnienie w systemie pomiarowym), inne zależą od obiektu badań - samochodu lub silnika (skład gazów spalinowych i stężenie mierzonych składników), a jeszcze inne od obu tych czynników jednocześnie (temperatura, ciśnienie cząstkowe odnoszące się do pary nasyconej gazów o określonym składzie).

Należy uwzględnić, że zjawiska fizyczne i chemiczne zachodzące podczas transportu próbki z układu wylotowego samochodu do analizatorów nie są od siebie nawzajem niezależne i że wpływ poszczególnych parametrów jest częściowo nieliniowy.

W tabeli 1 pokazano szacunkowy wpływ różnych parametrów na zjawiska fizykochemiczne zachodzące w układzie próbkowania. Należy przy tym zaznaczyć, że „ogólne” tendencje przedstawione w tej tabeli mogą nie być prawdziwe dla wszystkich substancji [9].

2.2. Analiza systemów pomiarów emisji pod kątem zjawisk fizykochemicznych

Każdy materiał, który zastosowano w systemie pomiarowym powinien być przeanalizowany odnośnie zjawisk fizykochemicznych. Dotyczy to wszystkich elementów systemu próbkowania począwszy od wlotu do sondy próbkującej, aż po analizatory spalin. Analiza musi być wykonana oddzielnie dla każdego mierzonego składnika gazów spalinowych. Ponieważ stosuje się różne systemy próbkowania i pomiarów dla różnych zastosowań, każdy z systemów musi być oddzielnie rozpatrywany.



Rys. 2. Zjawiska fizykochemiczne zachodzące podczas przepływu gazów przez poszczególne elementy systemu CVS [9]

Tab. 2. Analiza zjawisk fizykochemicznych w systemie pomiarowym CVS [9]

Składnik	Warunki/ zjawiska/ parametry	Zalecenia
Przewody transportujące spaliny do systemu CVS	<ul style="list-style-type: none"> • Odporność materiału do temperatury 800°C • Skraplanie i adsorpcja wody i HC na ściankach podczas przerw w pracy - parowanie w czasie gorących faz testów • Osadzanie się cząstek stałych • Korozja ścianek w wysokich temperaturach, szczególnie gdy w gazach spalinowych występują NO, SO₂, H₂S • Reakcje katalityczne w związku z występowaniem produktów korozji 	<ul style="list-style-type: none"> • Zastosowanie stali nierdzewnej • Podgrzewanie przewodów do 70°C • Unikanie „martwych” objętości i „zimnych miejsc” • Zastosowanie specjalnych stopów i/ lub warstw zabezpieczających powierzchnię • Zastosowanie specjalnych stopów i/ lub warstw zabezpieczających powierzchnię
System rozcieńczenia CVS	<ul style="list-style-type: none"> • Mogą zachodzić zjawiska adsorpcji i desorpcji, jeśli występują wysoce zmienne stężenia (zazwyczaj niewielki wpływ ze względu na krótki czas przebywania gazu) • Możliwe formowanie aldehydów • Możliwa korozja, jeśli w powietrzu otoczenia występują związki chloru (powietrze morskie) 	<ul style="list-style-type: none"> • Zastosowanie specjalnych stopów
Przewody transportujące próbkę do worków i do analizatorów	<ul style="list-style-type: none"> • Stal nierdzewna: <ul style="list-style-type: none"> ○ Adsorpcja i desorpcja bardziej krytyczna niż w systemie CVS ze względu na dłuższy czas przebywania gazu • Teflon: <ul style="list-style-type: none"> ○ Rozpuszczanie i przenikanie, szczególnie HC i NO_x ○ Lotność materiału przewodów może zwiększać stężenie HC 	<ul style="list-style-type: none"> • Krótki czas przebywania gazu • Krótki czas przebywania gazu, unikanie skraplania • Zastosowanie odpowiednich materiałów
Filtry	<ul style="list-style-type: none"> • Duże pole powierzchni <ul style="list-style-type: none"> ○ Krytyczna adsorpcja i desorpcja • Materiały polimerowe: <ul style="list-style-type: none"> ○ Rozpuszczanie składników gazu ○ Lotność materiału • Spiekana stal nierdzewna: <ul style="list-style-type: none"> ○ Niewielki wpływ reakcji i zjawisk katalitycznych dla temp. < 50°C • Adsorpcja i desorpcja filtrowanych cząstek 	<ul style="list-style-type: none"> • Częsta wymiana filtrów • Częste przedmuchiwanie
Pompy	<ul style="list-style-type: none"> • Dla wysokociśnieniowych pulsacji możliwy wzrost temperatury przemiany politropowej <ul style="list-style-type: none"> ○ Skraplanie i reakcje związane z wysoką temperaturą gazu • Szczególnie istotny materiał membrany <ul style="list-style-type: none"> ○ Części metalowe: reakcyjność 	<ul style="list-style-type: none"> • Unikanie wysokich współczynników sprężania • Pokrywanie teflonem • Pokrywanie teflonem
Worki pomiarowe	<ul style="list-style-type: none"> • Długi czas przebywania próbki <ul style="list-style-type: none"> ○ Zjawiska przenikania i rozpuszczania • Adsorpcja i desorpcja z powierzchni, „magazynowanie i wydzielanie” • Prężność pary materiału worka może być wysoka! • Przenikanie składników powietrza otoczenia do worka • Jeśli znajdują się elementy ze stali nierdzewnej: <ul style="list-style-type: none"> ○ Reakcje chemiczne i zjawiska katalityczne z NO_x, SO₂ i niektórymi utlenionymi węglowodorami 	<ul style="list-style-type: none"> • Zastosowanie przegród dyfuzyjnych • Odgazowanie przed użyciem, konieczna właściwa obróbka wstępna • Zastosowanie przegród dyfuzyjnych • Dla różnych składników gazów spalinowych różne materiały worków dają optymalne wyniki • Należy unikać skraplania
Analizatory	<ul style="list-style-type: none"> • Rozpad HC o dużych masach cząsteczkowych w temperaturze powyżej 190°C • Skraplanie składników gazów spalinowych 	<ul style="list-style-type: none"> • Maksymalna temperatura analizatora 190°C • Termostatyczna kontrola analizatora

W związku z tym przeprowadzono dokładną analizę dla systemu z pomiarem „z worków” próbki rozcieńczonych spalin. Analizę materiałów i schemat dla tego systemu przedstawiono na rysunku 2 i w tabeli 2.

2.3. Metody sprawdzania wpływu zjawisk fizykochemicznych na niepewność wyników pomiarów emisji spalin

Poniżej przedstawiono kilka metod pomiarowych, które można wykorzystać do sprawdzenia czy adsorpcja/ desorpcja, rozpuszczanie i/ lub reakcje katalityczne wpływają na niepewność wyników pomiarów emisji spalin. Metody te obejmują sprawdzenia czasu odpowiedzi analizatora, pomiary uchybu i dryfu oraz sprawdzenie reakcyjności materiałów:

- określenie zależności między czasem odpowiedzi analizatora przy gwałtownych zmianach stężenia gazu z niskiego na wysokie i z wysokiego na niskie. Jeśli czas odpowiedzi przy zmianie stężenia z niskiego na wysokie jest dłuższy i odbiega od krzywej zmierzonej przy wyższych stężeniach gazu, wtedy adsorpcja, desorpcja czy zjawiska rozpuszczania występują dla danego składnika gazu. W przypadku niewystępowania zjawisk adsorpcji i desorpcji czasy odpowiedzi analizatora przy gwałtownych zmianach stężenia gazu z niskiego na wysokie i odwrotnie powinny być sobie równe,
- pomiar ilości adsorbowanych i desorbowanych składników gazu możliwy jest przez przepuszczanie gazu o stałym stężeniu przez układ pomiarowy lub sprawdzany materiał. Badany materiał jest następnie przepłukiwany przez określony czas azotem (aż do spadku stężenia do ustalonego poziomu), przepływ gazu jest zatrzymany na określony czas, a następnie po tym czasie oczekiwania mierzone jest stężenie gazu przez przyrząd o niskim, stałym przepływie gazu. Jeśli w czasie tego testu występuje gwałtowna chwilowa zmiana stężenia oznacza to zachodzenie zjawiska adsorpcji lub rozpuszczania gazu w materiale. Na podstawie lokalnych wartości maksymalnych i przepływu gazu można obliczyć całkowitą ilość składnika gazu desorbowanego z powierzchni i/ lub z masy materiału. Na tej podstawie można obliczyć stężenie, przy którym mogą być stosowane niektóre materiały,
- dla zmierzenia reakcyjności materiału z różnymi składnikami gazów, można wykonać w różnych temperaturach sprawdzenia takie same, jak opisano powyżej.

2.4. Możliwości ograniczenia wpływu zjawisk fizykochemicznych na wyniki pomiarów emisji spalin

W celu zminimalizowania zjawisk fizykochemicznych zachodzących w układzie pomiarowym należałoby zastosować następujące ulepszenia systemu CVS:

- zastąpienie przewodów teflonowych przewodami stalowymi,
- zastosowanie oddzielnych linii i worków do zimnych i ciepłych testów emisji,
- zastosowanie oddzielnych linii i worków do badań samochodów o wysokiej i niskiej emisji,
- zastosowanie filtrów cząstek stałych ze spieków stali nierdzewnej,
- katalityczne oczyszczanie powietrza rozcieńczającego,
- zmienne współczynniki rozcieńczania spalin.

Na podstawie analizy [9] stwierdzono, że stal nierdzewna jest odpowiednim materiałem do zastosowania w niskich temperaturach (do około 70°C), np. w systemie CVS.

W przypadku przewodów łączących układ wylotowy samochodu z tunelem rozcieńczającym, ze względu na zawartość związków siarki w spalinach lub związków chloru w powietrzu otoczenia,

należy stosować specjalną stal nierdzewną, odporną na korozję i oddziaływanie czynników chemicznych.

Teflon jest odpowiednim materiałem na przewody do zastosowania w temperaturach 100-200°C, szczególnie jeśli należy wyeliminować reakcje chemiczne i zjawiska adsorpcji. W przypadku stosowania teflonu należy przestrzegać następujących zasad:

- właściwe postępowanie z materiałem podczas wytwarzania i magazynowania,
- niedopuszczanie do skraplania, szczególnie węglowodorów,
- krótki czas przebywania gazów,
- wyeliminowanie granicznie wysokich zmian stężenia podczas pomiarów i przepłukiwanie po pomiarach wysokich stężeń,
- ostrożność przy stosowaniu teflonu jako materiału na worki, ze względu na wysoką przepuszczalność.

Ponadto bardzo istotne jest niedopuszczanie do zanieczyszczenia systemu pomiarowego cząstkami stałymi.

PODSUMOWANIE

Pomiary emisji związków szkodliwych spalin w testach na hamowni podwoziowej są jednymi z najbardziej skomplikowanych, a zarazem najważniejszych badań, jakim poddaje się pojazdy zasilane silnikami spalinowymi przed ich wdrożeniem do produkcji i dopuszczeniem do ruchu (udzieleniem homologacji), jak również podczas kontroli seryjnej produkcji i wreszcie w czasie eksploatacji po drogach publicznych. Na podstawie tych badań dobiera się i weryfikuje dla wszystkich samochodów odpowiednie układy oczyszczania spalin (reaktory katalityczne, filtry cząstek stałych, itp.), jak i rozwija konstrukcje silników do zasilania różnymi paliwami (benzyną, olejem napędowym, biopaliwami, paliwami gazowymi LPG, CNG, itp.). Z tego powodu bardzo ważne jest odpowiednie przeprowadzanie tych badań w specjalistycznych laboratoriach.

Układ poboru i rozcieńczania spalin CVS jest jednym z najważniejszych urządzeń stosowanych przy pomiarach emisji związków szkodliwych spalin w testach na hamowni podwoziowej. To od niego zależy niepewność zebranej do worków pomiarowych próbki spalin rozcieńczonych. Ponadto, różnica stężeń między zawartością danego składnika w worku spalin rozcieńczonych, a jego zawartością w worku z powietrzem otoczenia ma istotny wpływ na dokładność pomiarów emisji. Z tego powodu stosuje się możliwie niskie współczynniki rozcieńczania spalin, co pociąga za sobą konieczność izolowania i ogrzewania niektórych elementów układu próbkowania.

Przy pomiarach bardzo niskich emisji samochodów Euro 5 i Euro 6, zjawiska fizykochemiczne zachodzące w układzie poboru i rozcieńczania spalin (CVS), takie jak adsorpcja, desorpcja, dyfuzja, itp., mogą w znaczący sposób wpływać na wartości mierzone. Ponieważ nie można ich całkowicie wyeliminować, należy zminimalizować ich wpływ na dokładność pomiarów oraz sprawdzać okreso ich występowanie (co zostało omówione w niniejszym artykule).

Niniejszy artykuł związany jest z tematem „Analiza możliwości zwiększenia dokładności metody pomiarów emisji spalin, zużycia paliwa i parametrów dynamicznych samochodów podczas badań na hamowni podwoziowej oraz rozszerzenie metodyki badań emisji gazowych związków szkodliwych i cząstek stałych o badania nieznormalizowane podczas testów emisji na hamowni podwoziowej” w ramach prac naukowo-badawczych, realizowanych w BOSMAL w latach 2015-2016.

BIBLIOGRAFIA

1. Bielaczyc P., Szcotka A., Pajdowski P., Woodburn J., *Development of vehicle exhaust emission testing methods – BOS-*

- MAL's new emission testing laboratory. PTNSS-2011-SS1-101. Combustion Engines 1/2011 (144).
2. Bielaczyc P., Szczotka A., Pajdowski P., Woodburn J., *Development of automotive emissions testing equipment and test methods in response to legislative, technical and commercial requirements*. Paper 2013-103. Combustion Engines 1/2013 (152).
 3. UNECE, Regulation No. 83, 2015, available online: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R083r5e.pdf>, accessed 60 Feb 2015.
 4. Sherman M., Lennon K., Chase R., *Error Analysis of Various Sampling Systems*. SAE Paper 2001-01-0209, 2001.
 5. Silvis W., Chase R., *Proportional Ambient Sampling: A CVS Improvement for ULEV and Lean Engine Operation*. SAE Paper 1999-01-0154, 1999.
 6. Silvis W., Harvey R., Dageforde A., *A CFV Type Mini-dilution Sampling System for Vehicle Exhaust Emissions Measurement*. SAE Paper 1999-01-0151, 1999.
 7. Materiały firmy AVL.
 8. Materiały własne IBiRM BOSMAL.
 9. Schiefer E., Schindler W., Schimpl H., *Study of Interferences for ULEV-CVS Measurement, Related to the Complete Measuring System, Discussion of Error Sources, Cross-Sensitivity and Adsorption*. SAE Paper 2000-01-0796, 2000.

Analysis of the influence of physicochemical phenomena occurring in CVS systems on the accuracy of chassis dynamometer emission measurements

Exhaust emission measurements on the chassis dynamometer are one of the most important and most complex tests which are performed on vehicles driven by combustion engines. This paper describes in detail one of the most important components of the exhaust emission laboratory, i.e. the CVS (Constant Volume Sample) sampling system. Moreover, the physicochemical phenomena which can occur in each individual component of the CVS system and could have an negative impact on the accuracy of the emission measurements (or even cause erroneous results) are analysed.

Autorzy:

dr inż. **Piotr Bielaczyc** – kierownik Zakładu Badań Silników w Instytucie Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL w Bielsku-Białej
dr inż. **Andrzej Szczotka** – adiunkt w Pracowni Badań Toksyczności Spalin w Zakładzie Badań Silników w Instytucie Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL w Bielsku-Białej
inż. **Joseph Woodburn** – samodzielny pracownik ds. badań w Pracowni Badań Toksyczności Spalin w Zakładzie Badań Silników w Instytucie Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL w Bielsku-Białej