

Szkodliwe emisje powstające podczas spalania



KRZYSZTOF PUŁAWSKI

EKSPERT TECHNICZNY
DENSO AFTERMARKET

OD LAT 60. PRZEPISY DOTYCZĄCE EMISJI SPALIN STOPNIOWO STAJĄ SIĘ CORAZ BARDZIEJ RYGORYSTYCZNE, CO WYMUSZA ULEPSZENIA W KONSTRUKCJI SILNIKA ORAZ ZMIANY W UKŁADACH ZAPŁONOWYM I PALIOWYM

Regulacje dotyczące emisji zanieczyszczeń obejmują wiele różnych substancji. I chociaż niektóre z nich, jak np. siarka czy ołów, zostały znacznie ograniczone lub wyeliminowane, substancje te są nadal wytwarzane podczas procesu spalania w silniku. Główne substancje zanieczyszczające, które budzą obawy przedstawiono w tabeli poniżej.

Stosunek powietrza do paliwa i jego wpływ na emisje głównych substancji zanieczyszczających

Wykres na rys. 1 przedstawia główne zanieczyszczenia i zawartość tlenu w gazach spalinowych, pokazując, w jaki sposób nawet niewielkie zmiany w stosunku

powietrza do paliwa mogą zauważalnie zwiększyć lub zmniejszyć poziom zanieczyszczeń. Utrzymywanie stosunku powietrza do paliwa w oknie lambda zapewnia rozsądny kompromis pomiędzy różnymi zanieczyszczeniami, jednak nadal konieczne jest stosowanie dodatkowych metod w celu dalszej redukcji emisji zanieczyszczeń.

Ograniczanie szkodliwych emisji i zużycia paliwa

Ulepszenie konstrukcji silnika i poprawa procesu spalania pozwoliła osiągnąć znaczne obniżenie poziomu zanieczyszczeń. Ponieważ przepisy dotyczące pojazdów silnikowych staną się w przy-

szłości jeszcze bardziej rygorystyczne, niektórzy konstruktorzy skoncentrują się na ulepszonych układach oczyszczania spalin. Aby zapobiec powstawaniu lub ograniczyć szkodliwe emisje, konieczne jest jednak opracowanie nowych technologii. Niektóre z nich przedstawiono w dalszej części artykułu.

Konwertery katalityczne i sondy lambda stosowane w celu obniżenia poziomów CO, HC i NO_x

W latach 80. wprowadzono trójdrożne konwertery katalityczne, które dziś są montowane niemal we wszystkich produkowanych masowo pojazdach benzynowych. Trójdrożne konwertery katalityczne zapewniają oczyszczanie gazów spalinowych w celu zmniejszenia emisji CO, HC i NO_x wytwarzanych podczas spalania.

W samochodowych konwerterach katalitycznych metale szlachetne, takie jak pallad, rod lub platyna, są wykorzystywane jako katalizator, który wspiera zachodzenie reakcji chemicznych, choć sam w nich nie uczestniczy.

Konwerter katalityczny wymaga ciepła, aby funkcjonować efektywnie. Podczas oczyszczania CO i HC (spalonego

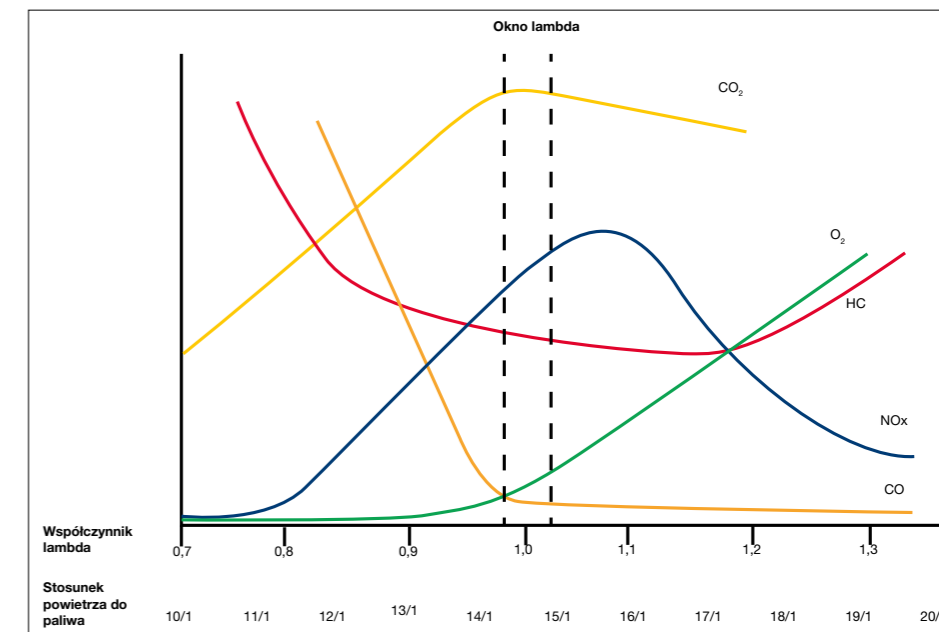
częściowo lub niespalonego paliwa) reakcje chemiczne zachodzące w konwerterze są w rzeczywistości kontynuacją reakcji, które nie zostały w pełni ukończone w trakcie spalania w silniku. Tlenek węgla (CO) i niespalone węglowodory (HC) reagują w konwerterze z tlenem w sposób podobny do reakcji utleniania, tak jak to ma miejsce podczas spalania.

Aby zapewnić dostępność tlenu do reakcji, które następnie skutecznie przekształcą CO i HC w CO₂ (dwutlenek węgla) i H₂O (wodę), stosunek powietrza do paliwa jest nieco uboższy.

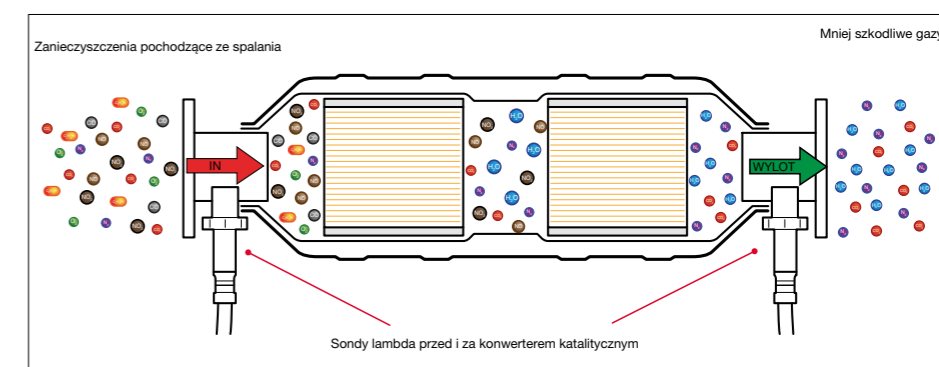
Zmniejszenie poziomu tlenków węgla (NO_x) wytwarzanych w trakcie spalania wymaga innej reakcji chemicznej, oddzielającej skutecznie tlen (O₂) od azotu (N). Reakcja ta, nazywana redukcją, wymaga nieco bogatszej mieszanki z mniejszą zawartością tlenu, aby mógł się on oddzielić od azotu. Oddzielony tlen może następnie zostać wykorzystany do reakcji z pozostałymi w spalinach CO i HC, co z kolei ponownie tworzy CO₂.

Ponieważ jedna reakcja chemiczna wymaga nadmiaru tlenu, a druga jego niedoboru, jednostka sterująca silnika przełącza stosunek powietrza do paliwa pomiędzy wartościami granicznymi mieszanki bogatej i ubogiej w oknie lambda. Współczynnik lambda zawartości tlenu w gazach wydechowych waha się zatem od ok. 0,97 do ok. 1,03, co umożliwia wsparcie przez konwerter katalityczny dwóch różnych reakcji chemicznych.

Aby umożliwić jednostce sterującej silnika dokładną kontrolę stosunku powietrza do paliwa i zapewnić wymaganą ilość tlenu, umieszczona przed konwerterem sonda lambda przekazuje sygnał elektryczny, wskazujący zawartość tlenu w spalinach przed konwerterem (rys. 2). W zależności od sygnału otrzymanego z sondy, jednostka sterująca silnika dostosowuje stosunek powietrza do paliwa. Ten stały proces monitorowania i korygowania zawartości tlenu jest nazywany układem zamkniętym. Druga sonda lambda umieszczona za konwerterem również monitoruje zawartość tlenu, aby sprawdzić, czy został on wykorzystany w reakcjach chemicznych. Z tego względu druga sonda nazywana jest sondą diagnostyczną.



RYC. 1. WPŁYW STOSUNKU POWIETRZA DO PALIWA NA POZIOM ZANIECZYSZCZEŃ



RYC. 2. KONWERTER KATALITYCZNY

Downsizing i turbodoładowanie

Od jakiegoś czasu producenci opracowują mniejsze silniki o stosunkowo niewielkiej objętości skokowej, której muszą jednak towarzyszyć wysokie moce wyjściowe, osiągane często za pomocą turbodoładowania.

Zmniejszony silnik wiąże się z pewnymi szczególnymi wyzwaniami, związanymi np. z upakowaniem. Mniejsza głowica cylindra wciąż musi pomieścić 4 duże zawory, aby umożliwić prawidłową cyrkulację powietrza, oraz świecę zapłonową, a często także wtryskiwacz paliwa. Miejsca musi również wystarczyć na kanały dla płynu chłodzącego, aby silnik utrzymywany był we właściwej temperaturze. Jednym z rozwiązań stosowanych w celu poprawy upakowania elementów silnika jest wykorzystanie cienkich świec zapłonowych z długimi gwintami, które od jakiegoś czasu są już z powodzeniem

stosowane w silnikach motocyklowych, a obecnie także w samochodach.

Oprócz ograniczania emisji zidentyfikowanych dotychczas zanieczyszczeń w ostatnich czasach pojawił się nacisk na zmniejszanie ilości CO₂ (dwutlenku węgla) wytwarzanego w procesie spalania paliw kopalnych. Mniejszy silnik oznacza mniejszą całkowitą masę pojazdu, co pozwala obniżyć zapotrzebowanie na energię i zużycie paliwa. Aby jednak utrzymać oczekiwane osiągi, mniejsze silniki muszą nadal wytwarzać podobną moc i moment obrotowy, jak ich większe odpowiedniki, co wymaga zwiększenia mocy właściwej silnika.

Moc właściwa to moc maksymalna podzielona przez objętość skokową silnika (pojemność silnika). Skuteczną metodą zwiększania mocy właściwej jest turbodoładowanie. Wzrasta więc tendencja do stosowania turbosprężarek, które →

Substancja zanieczyszczająca	Symbol	Skutki	Przyczyny
Tlenek węgla	CO	Częściowo spalone paliwo, które może przedostać się do krwioobiegu człowieka, zastępując tlen i ograniczając możliwości dostarczenia tlenu przez krew do różnych części ciała	Bogata mieszanka, słaby zapłon (awaria iskry lub układu zapłonowego), słabe spalanie, nieprawidłowy kąt wyprzedzenia zapłonu
Węglowodory	HC	Niespalone paliwo ma działanie rakotwórcze (występuje rak) i może zakłócić wzrost komórek w ciele. Może reagować z innymi zanieczyszczeniami, tworząc ozon	Bogata mieszanka, słaby zapłon (awaria iskry lub układu zapłonowego), słabe spalanie, nieprawidłowy kąt wyprzedzenia zapłonu
Tlenki azotu	NO _x (Tlenek azotu – NO i dwutlenek azotu – NO ₂)	Może wywołać podrażnienie oczu i płuc oraz problemy z oddychaniem. Przyczynia się do powstawania smogu i kwaśnych deszczy oraz ozonu na poziomie gruntu	Powstaje ze spalania ubogich mieszanek w wysokiej temperaturze, kiedy azot z powietrza reaguje z tlenem
Dwutlenek węgla	CO ₂	Najmniej szkodliwa substancja na tej liście. Nagromadzenie CO ₂ w atmosferze zatrzymuje ciepło i przyczynia się do globalnego ocieplenia	Produkt pełnego spalania paliwa i tlenu

TAB. 1. GŁÓWNE SUBSTANCJE ZANIECZYSZCZAJĄCE

FOT. DENSO

FOT. DENSO