



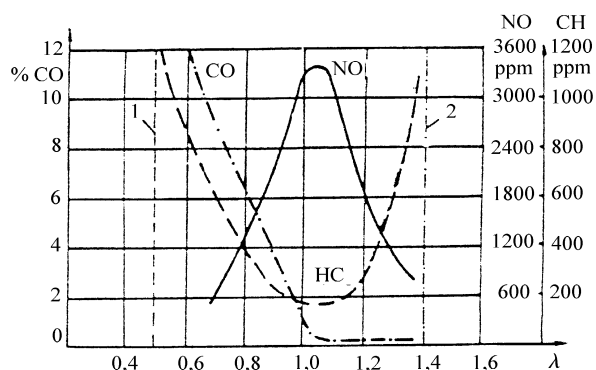
Katalityczne dopalanie CO i CH

1. Wprowadzenie

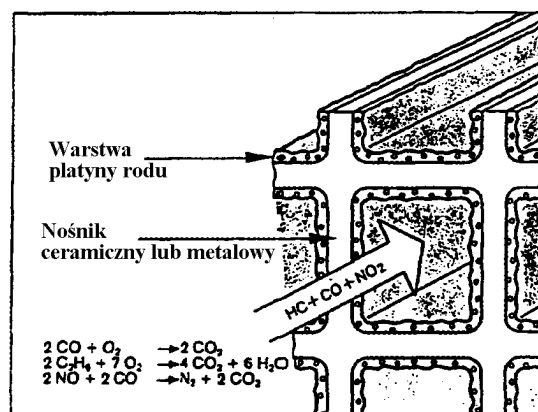
1.1. Zanieczyszczenia z silników spalinowych

Do najważniejszych zanieczyszczeń wydalanych ze spalinami z tłokowych silników spalinowych należą: CO, NO_x, SO₂, C_nH_m i sadza.

Zanieczyszczenia z tłokowych silników spalinowych zależą od składu mieszanki oraz od warunków pracy silnika (rys. 1). Wytwarzanie NO_x osiąga maksimum w pobliżu $\lambda = 1,1$, ale zawartość CO i CH w spalinach jest wówczas minimalna. [NO_x] ma minimum dla $\lambda = 0,8-0,9$, ale wówczas [CO] i [CH] osiągają maksimum. Powoduje to, że nie da się jednocześnie zminimalizować wszystkich zanieczyszczeń tylko poprzez organizację spalania w silniku. Rozwiązaniem tego problemu stało się zastosowanie w tłokowych silnikach spalinowych z zapłonem iskrowym katalizatorów, które: redukują NO_x oraz dopalają CO i CH.



Rys. 1. Zależność stężenia zanieczyszczeń HC, CO i NO_x od współczynnika nadmiaru powietrza w silniku z zapłonem iskrowym



Rys. 2. Struktura i działania samochodowego katalizatora trójfunkcyjnego

1.2. Katalizatory spalin

Urządzeniem technicznym, w którym zachodzi kataliza, jest **reaktor katalityczny**, zwany potocznie **katalizatorem**. Właściwy katalizator (substancja czynna) naniesiony jest bezpośrednio na nośnik. Stosuje się dwa podstawowe typy nośników katalizatorów:

- ceramiczne,
- metaliczne.

Najbardziej rozpowszechnione są katalizatory na nośnikach ceramicznych. Do zalet nośników ceramicznych należą: bardzo duża powierzchnia właściwa, odporność na korozję, duża adhezja substancji czynnej, wysoka temperatura topnienia i łatwość kształtowania. Wady nośników ceramicznych to mała odporność na drgania i na szybkie zmiany temperatury.

Cechą charakterystyczną metalicznych nośników katalizatorów jest łatwość przekazywania ciepła, co sprawia, że są one odporne na miejscowe przegrzania. Inne zalety katalizatorów metalicznych to: małe opory hydrauliczne, duża wytrzymałość mechaniczna i niewielki ciężar nasypowy.

LABORATORIUM SPALANIA I PALIW

Katalizatory znalazły zastosowania w procesach spalania niskokalorycznych gazów odpadowych, w domowych urządzeniach grzewczych, turbinach gazowych, a także w technikach oczyszczania spalin

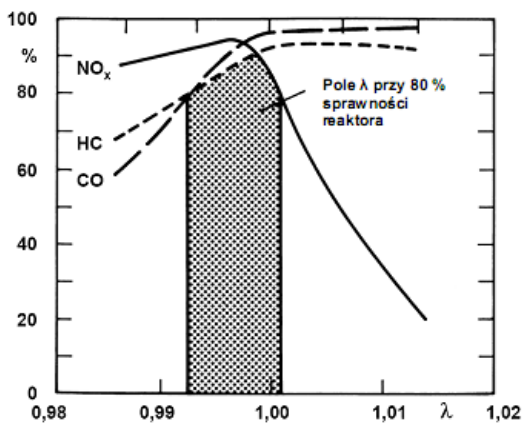
Do ograniczania emisji NO_x, CO i HC z tłokowych silników spalinowych z zapłonem iskrowym stosuje się **trójfunkcyjne katalizatory TWC** (ang. three-way catalysts).

Działanie katalizatora TWC jest redukcyjno-utleniające:

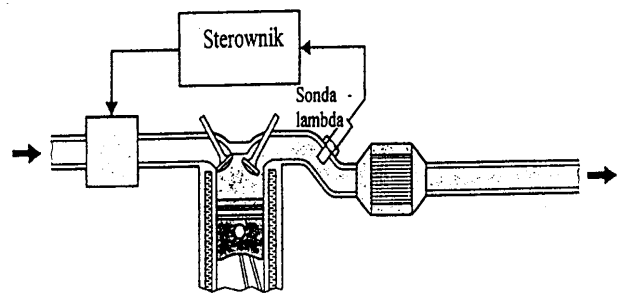
- redukcja NO_x $2NO + 2CO = N_2 + 2CO_2$
- utlenianie CO i CH $2CO + O_2 = 2CO_2$,
 $2C_2H_6 + 7O_2 = 4CO_2 + 6H_2O$

Katalizator taki ma dużą skuteczność konwersji NO_x, CO i HC jeżeli spalana jest mieszanka o składzie w przybliżeniu stechiometrycznym. W przypadku zasilania silnika mieszanką ubogą gwałtownie spada zdolność konwersji tlenków azotu przez reaktor katalityczny TWC (rys. 2.)

Bliski stechiometrycznemu, skład mieszanki palnej ($\lambda = 0,99 \pm 0,5\%$) zapewnia układ automatycznego zasilania powietrzem silnika z zastosowaniem z **sondy lambda** (rys. 3.). Skuteczność katalizatorów trójfunkcyjnych dopalania CO i CH w temperaturze 400–800 °C przekracza 90%.



Rys. 3. Sprawność konwersji trójdrożnego reaktora katalitycznego



Rys. 4. Układ współpracy trójfunkcyjnego katalizatora z silnikiem spalinowym

2. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się ze zjawiskiem katalizy, obserwacja działania katalizatora spalin oraz pomiar skuteczności dopalania zanieczyszczeń (tlenku węgla).

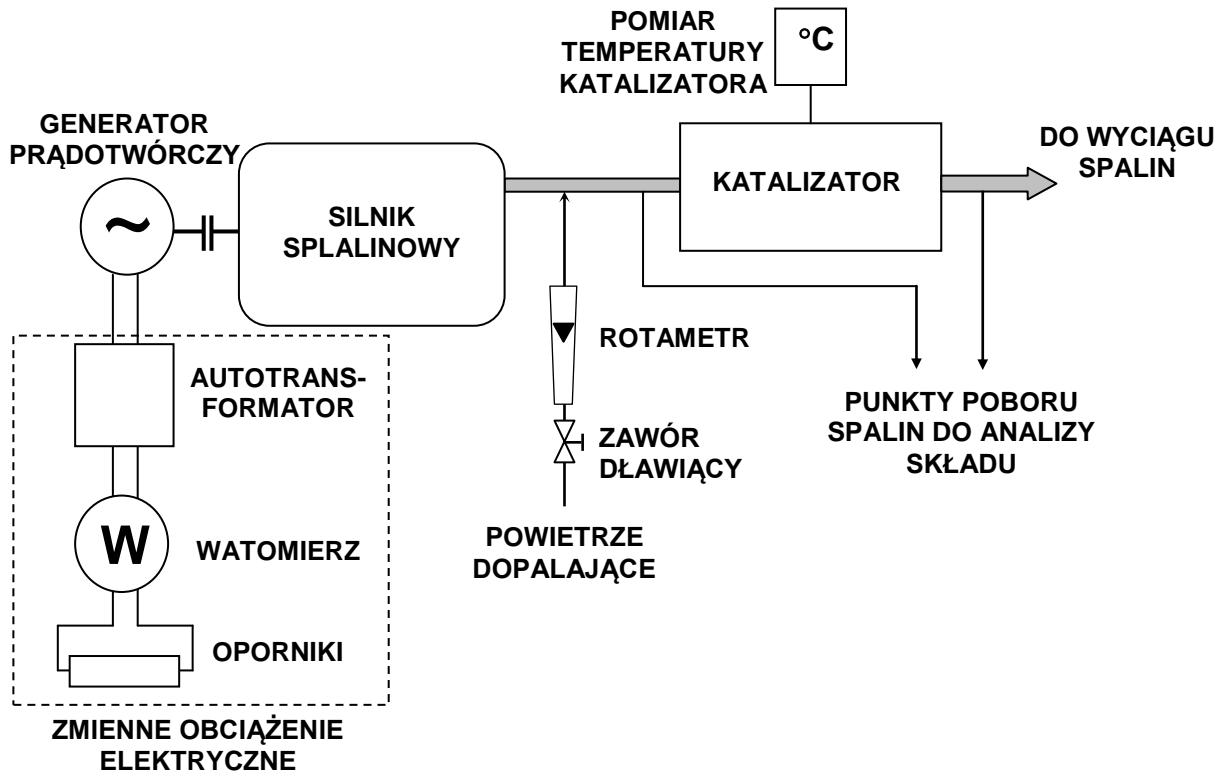
3. Przebieg ćwiczenia

W trakcie trwania ćwiczenia zapoznaje się z budową i działaniem układu katalitycznego oczyszczania spalin współpracującego z silnikiem spalinowym.

Następnie wykonuje się badania skuteczności dopalania zanieczyszczeń w zależności od ilości powietrza dopalającego dodawanego do strumienia spalin przed katalizatorem. Pomiary wykonuje się dla trzech wybranych wartości obciążenia silnika (mocy). Przy użyciu analizatora bada się skład spalin pod kątem zawartości tlenu i tlenku węgla. Wykonuje się też pomiar temperatury katalizatora z wykorzystaniem termopary.

LABORATORIUM SPALANIA I PALIW

4. Schemat stanowiska



Uwaga! Schematów z instrukcji nie wolno wykorzystywać w sprawozdaniach!

5. Sposób opracowania wyników

5.1. Wyznaczenie współczynnika nadmiaru powietrza λ

$$\lambda = \frac{21}{21 - O_2}$$

gdzie: λ – współczynnik nadmiaru powietrza
21 – zawartość tlenu w powietrzu (procent)
 O_2 – zawartość tlenu w spalinach (procent)

5.2. Przeliczenie poziomu CO (przed i za katalizatorem) na odniesiony do referencyjnej zawartości tlenu $O_2 = 3\%$

$$CO^{3\%} = CO \cdot \frac{21-3}{21-O_2}$$

gdzie: $CO^{3\%}$ – przeliczona zawartość CO w spalinach (ppm)
CO – zmierzona zawartość CO w spalinach (ppm)
21 – zawartość tlenu w powietrzu (procent)
3 – referencyjna zawartość tlenu w spalinach (procent)
 O_2 – zawartość tlenu w spalinach (procent)

LABORATORIUM SPALANIA I PALIW

5.3. Wyznaczenie skuteczności dopalania zanieczyszczeń

$$S_{CO} = 1 - \frac{CO_{za}^{3\%}}{CO_{przed}^{3\%}}$$

gdzie: **S_{CO}** – skuteczność dopalania CO

CO_{za}^{3%} – przeliczona zawartość CO w spalinach za katalizatorem (ppm)

CO_{przed}^{3%} – przeliczona zawartość CO w spalinach przed katalizatorem (ppm)

5.4. Wykonanie wykresów

- skuteczności dopalania CO (**S_{CO}**) w funkcji ilości powietrza dopalającego (**q_{pow}**)
- skuteczności dopalania CO (**S_{CO}**) w funkcji współczynnika nadmiaru powietrza (**λ**)
- temperatury katalizatora (**t_{kat}**) w funkcji ilości powietrza dopalającego

Należy wykreślić trzy serie – wyznaczone dla różnych obciążeń silnika – na jednym wykresie.

6. Zestawienie mierzonych wartości

obciążenie silnika	strumień powietrza dopalającego	zawartość tlenu w spalinach przed katalizatorem	zawartość tlenu w spalinach za katalizatorem	zawartość tlenku węgla w spalinach przed katalizatorem	zawartość tlenku węgla w spalinach za katalizatorem	temperatura katalizatora
P W	q_{pow} l/h	O_{2przed} %	O_{2za} %	CO_{przed} ppm	CO_{za} ppm	t_{kat} °C
	0					
	500					
	1000					
	1500					
	0					
	500					
	...					