

THE CONSTRUCTION OF QUASI-FLUIDAL ENGINE WITH EXTERNAL CATALYTIC COMBUSTION CHAMBER RESEARCH STAND

Szymon Kobiałka, Adam Jaroszewski
Przedsiębiorstwo Konstrukcyjno-Badawcze „PRO-MO”
30-528 Kraków, ul. Hetmańska 10
tel. ++48 12 4236248, e-mail: pkbpromo@pro.onet.pl

Adam Kobiałka
Politechnika Krakowska
Instytut Pojazdów Samochodowych
31-155 Kraków, ul. Warszawska 24

Abstract

The experiences accumulated from the previous experiments could permit to make the introductory establishing, who are very useful by the construction of the experimental engine, described in this article. In such way constructed experimental engine, after well execute tests, compare with reliability of the "working piston" on the high temperatures (in level about 800°C) and well obtained self ignition of charge (fuel-air), will be investigated to receive the optimum parameters of combustion, who give as result, extreme reduce of toxic components of exhaust gases to the atmosphere.

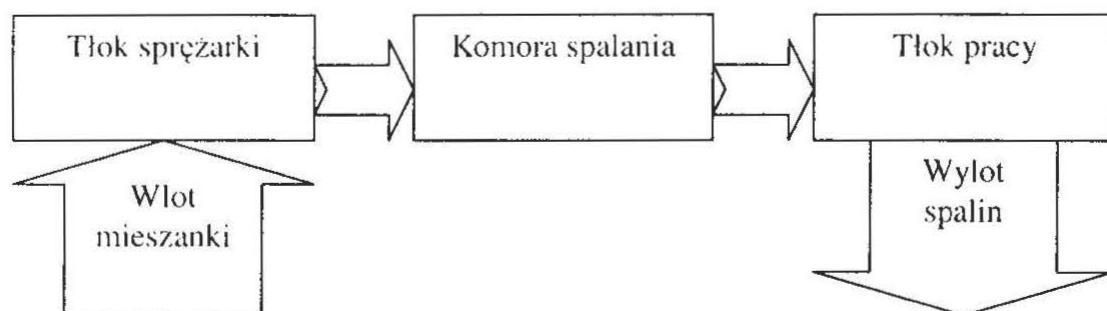
KONSTRUKCJA STANOWISKA BADAWCZEGO SILNIKA QUASI-FLUIDALNEGO Z KATALITYCZNĄ KOMORĄ SPALANIA

Streszczenie

Doświadczenia zawarte w poprzednich badaniach zajmujących się zjawiskiem spalania katalitycznego, pozwalają na stworzenie pewnych założeń pomocnych przy konstrukcji silnika opisanego w niniejszym artykule. Tak skonstruowane stanowisko badawcze, po pozytywnie przeprowadzonych testach związanych z wpływem temperatury (około 800°C) na wytrzymałość „tłoka roboczego” oraz uzyskaniem samoczynnego zapłonu mieszanki, zostanie poddane badaniom związanym z ustaleniem optymalnych parametrów pracy dających w rezultacie radykalne obniżenie emisji toksycznych składników spalin do atmosfery.

1. Określenie parametrów oraz konstrukcja stanowiska

Zrealizowanie idei quasi-fluidalnego silnika z katalityczną komorą spalania, w teorii nie nastęrcza większych problemów. Zgodnie bowiem z ustalonymi założeniami układ taki powinien wyglądać w sposób, który obrazuje poniższy schemat.



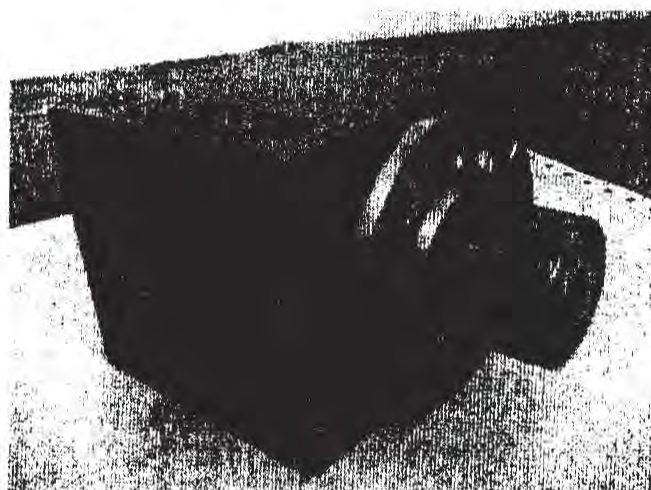
Rys. 1. Schemat silnika ze spalaniem zewnętrznym
Fig. 1. Scheme of the external combustion engine.

Realizacja powyższego schematu w praktyce nie jest koncepcją prostą i powoduje wiele trudności, szczególnie w kwestii zagadnień konstrukcyjnych. Trudności te jednak pozwoliły na stworzenie kilku ciekawych rozwiązań, dzięki którym możliwym stało się urzeczywistnienie zapoczątkowanej idei.

Jedną ze zdiagnozowanych trudności, która w rezultacie doprowadziła do konstruktywnego rozwiązania, stał się problem, który pojawił się podczas konstruowania tłoka pracy. Oczywistym bowiem stało się, iż bezpośrednio zaadoptowanie elementu typu sprężarka nie jest możliwe. Stało się tak, bowiem trudnością okazała się kwestia odpowiedniego zsynchronizowania sterowania przepływem gazów spalinowych, tak aby po opuszczeniu komory spalania oddawały swoją energię, która w dalszym etapie zostałaaby zamieniana na ruch posuwisto-zwrotny a dalej na obrotowy.

W związku z powyższym założono, iż tłok pracy powinien być modułem wyposażonym w układ kierunkowania przepływu gazów spalinowych zsynchronizowany z pracą tłoka, a ponadto powinien posiadać możliwie jak najniższe opory wewnętrzne.

2. Zawór obrotowy – stanowiący głowicę „tłoka roboczego”



*Rys. 2. Kompletny moduł zaworu obrotowego spełniający rolę głowicy „tłoka roboczego”
Fig. 2. The complete mounted rotation valve as a engine head of “working piston”*

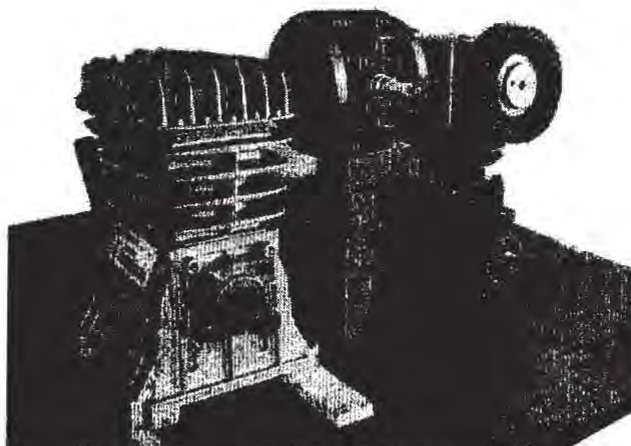
Kompletny moduł zaworu obrotowego, spełniający rolę głowicy w „tłoku roboczym”, składa się z kilku podstawowych elementów.

Zawór obrotowy /element rotacyjny/ wykonany jest ze stali HG, która została powierzchniowo nawęglona. Wykonanie go z twardszej oraz dodatkowo utwardzonej stali /w stosunku do materiału z którego został wykonany korpus/ ma na celu uniknięcie zatarcia się zaworu, który będzie pracował w wysokiej temperaturze gazów spalinowych. Obrót zaworu powoduje zmianę przepływu kanałów dolotowego, wylotowego oraz cylindrowego znajdujących się w korpusie głowicy. Dodatkowe nacięcia na powierzchni walcowej zaworu tworzą układ labiryntowy w celu uniknięcia wydostawania się fałszywych przedmuchów poprzez osie tulei napędowej.

Korpus głowicy wykonany został ze stali St-4 o większej rozszerzalności cieplnej w celu uniknięcia zacierania się zaworu podczas pracy w wysokiej temperaturze. Korpus ten oprócz nadmuchu powietrza chłodzącego jest wyposażony w dodatkowe kanały wodne, tak aby mógł być chłodzony cieczą.

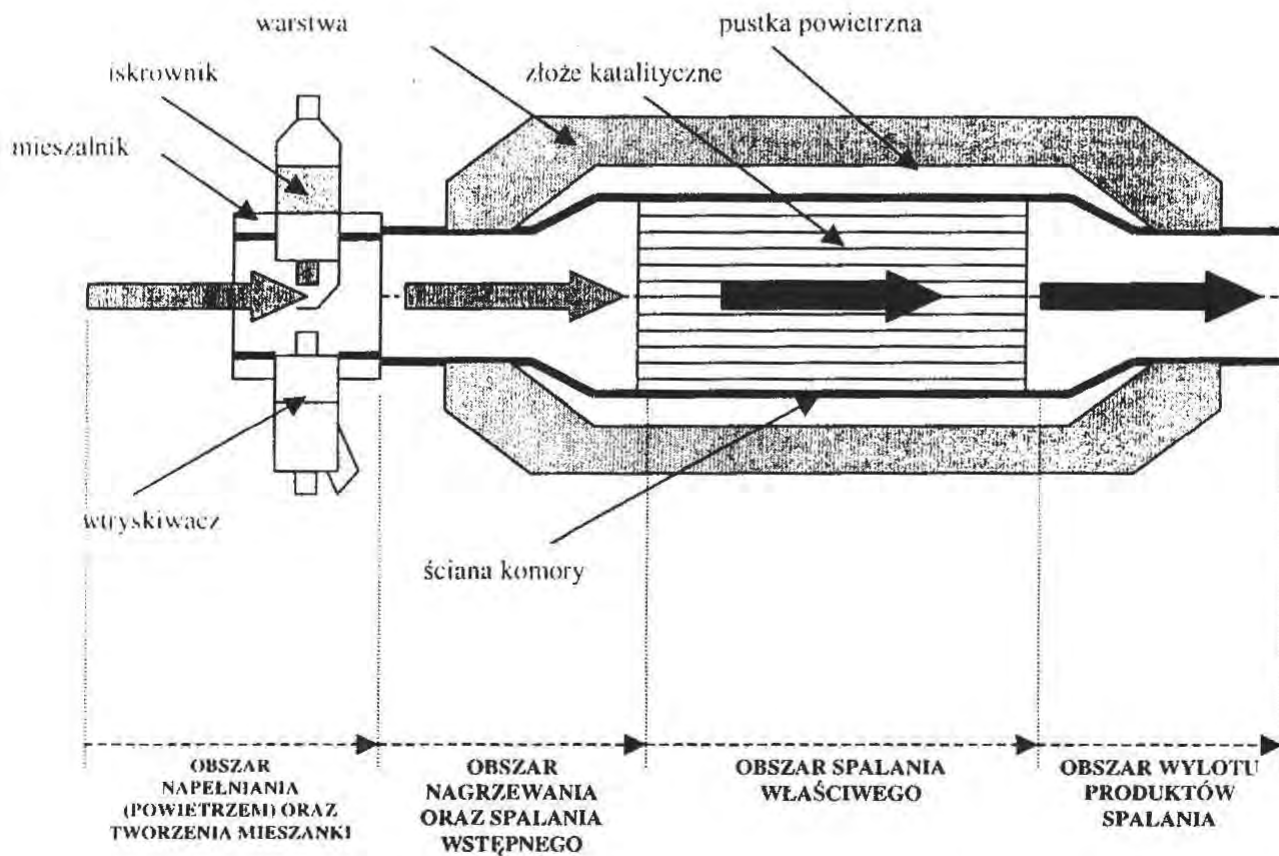
Obydwa elementy zostały wykonane z odpowiednią tolerancją, tak aby uniknąć fałszywych upływów spalin poza przełączane kanały.

Zmontowany moduł zaworu obrotowego wyposażony jest ponadto w dwie tuleje wykonane z żeliwa szarego, które ze względu na swój skład chemiczny /obecność grafitu/ spełniają funkcję łożysk ślizgowych.



Rys. 3. Wstępna konstrukcja silnika ze spalaniem zewnętrznym.
Fig. 3. Introductory construction of a external combustion engine.

Kolejnym etapem stało się opracowanie komory spalania. Podczas prac konstrukcyjnych oparto się na doświadczeniach prowadzonych wcześniej nad tym zagadnieniem.



Rys. 4. Schemat zewnętrznej komory spalania
Fig. 4. Scheme of the external combustion chamber

W przypadku spalania w komorze, przy założeniu spalania ubogich mieszanek rzędu $\lambda=1,3-1,5$ izolowana cieplnie komora spalania wyposażona winna być w czynnik magazynujący ciepło /ceramiczny lub metalowy/ z osadzonym na nim złożem chemicznie aktywnym, zaś ładunek wprowadzany do komory spalania winien mieć nadany ruch turbulentny. W chwili uzyskania temperatury pracy w komorze rozpocznie się proces spalania samoczynnego. Udział czynnika katalitycznego w tym procesie jest niebagatelny.

Proces spalania w komorze został podzielony na dwa etapy:

- etap rozruchowy – w układzie dolotowym został zainstalowany klasyczny układ zapłonowy. Pracująca z dużą częstotliwością świeca zapłonowa /spełniająca rolę iskrownika/ zapala mieszkankę palną dostającą się do komory spalania. Ta z kolei w procesie spalania oddaje energię cieplną do ceramicznego czynnika magazynującego tą energię;
- etap pracy właściwej – w chwili osiągnięcia temperatury pracy w komorze spalania układ zapłonowy zostaje wyłączony i rozpoczyna się proces spalania samoczynnego /quasi-fluidalnego/. Mieszanka zapala się od nośnika ceramicznego lub metalowego, zaś paląc się oddaje energię cieplną do tegoż czynnika /komora spalania jest izolowana cieplnie/.

3. Stanowisko doświadczalne

Opierając się na powyższych ustaleniach oraz przeprowadzonych wstępnych doświadczeniach zostało zbudowane stanowisko doświadczalne.

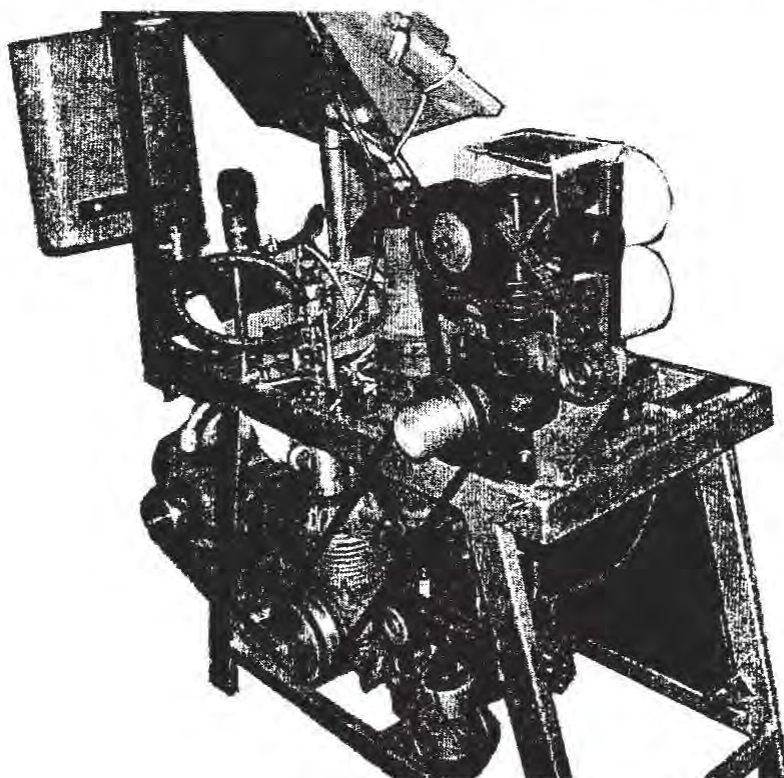
Właściwe stanowisko doświadczalne zostało wyposażone w wiele nowych elementów zasadniczych, jak również elementów wspomagających jego pracę takich jak:

- sprężarka, która we właściwym stanowisku jest mniejsza i posiada mniejszą wydajność od tłoka pracy /zostaje zastąpiona dopływem powietrza z zewnętrznego zbiornika ciśnieniowego/.

W celach doświadczalnych sprężarka pracująca w stanowisku została zastąpiona zewnętrznym kompresorem wyposażonym w zbiornik sprężonego powietrza wraz z pomiarem jego ciśnienia. Przy zastosowaniu tej właśnie metody, można łatwiej określać ustabilizowane parametry /ciśnienie/ powietrza przed komorą spalania, jak również odpowiednio je kształtować /za pomocą reduktora/;

- komora spalania pierwotnie wykonana z zaadoptowanego do tego celu katalizatora ceramicznego od Fiata 170, izolowana cieplnie, zaś obecnie wykonana wg konstrukcji autorskiej z zastosowaniem dwóch katalizatorów metalowych;
- tłok pracy opisany w powyższej części niniejszego opracowania;
- układ wtryskowy na dolocie do komory spalania /wyposażony w podstawę wtrysku, wtryskiwacz, skonstruowany do tego celu cyfrowy sterownik wtrysku z możliwością manualnej regulacji częstotliwości wtrysku oraz czasu otwarcia wtryskiwacza, zbiornik paliwa z elektryczną pompą paliwową/
- silnik elektryczny napędzający cały układ sterowany falownikiem, który w chwili zainicjowania układu pełni funkcję rozruchową oraz wspomagającą;
- układ zapłonowy wyposażony w cewkę zapłonową, świecę, aparat zapłonowy oraz silnik 12V napędzający cały układ /działający zgodnie z zasadą etapu rozruchowego i etapu pracy właściwej/;
- układ chłodzenia powietrznego tłoka pracy /wentylator/ oraz chłodzenia cieczą /układ wodny w głowicy – obieg zamknięty z chłodnicą oraz pompą wodną/;
- pomiar temperatury;
- pomiar ciśnienia na wlocie do komory spalania;
- pomiar ciśnienia na wylocie z komory spalania;

- pomiar stężenia toksycznych składników spalin na wylocie z komory spalania.



Rys. 5. Stanowisko doświadczalne
Fig. 5. The general view of the experimental engine

Układ zasilania skonstruowany na potrzeby stanowiska składa się z:

- elektrycznej pompy paliwowej, która doprowadza paliwo do głowicy wtryskiwacza.
- wtryskiwacza umieszczonego w module mieszalnikowym znajdującym się w początkowej części komory spalania.

W module tym oprócz wtryskiwacza zainstalowana jest świeca zapłonowa /iskrownik/ funkcjonująca podczas pierwszego etapu pracy stanowiska oraz kanał dopływowy powietrza ze zbiornika ciśnieniowego o ustabilizowanych parametrach. W module tym zatem następuje tworzenie mieszanki oraz rozpoczęcie procesu spalania podczas pierwszego etapu pracy stanowiska.

- modułu sterującego wtryskiwaczem

Moduł sterujący wtryskiwaczem został opracowany bezpośrednio na potrzeby stanowiska i jest to indywidualna konstrukcja oparta na układach elektronicznych. Moduł ten wyposażony jest w klawiaturę, która pozwala na ręczne dobieranie parametrów wtrysku. Pozwala na ustawienie częstotliwości pracy wtryskiwacza w zakresie 10 – 190 Hz oraz czasu otwarcia wtryskiwacza przy jednostkowym impulsie w zakresie 100 – 400 ms. Poprzez dowolne nastawy /w ustalonych zakresach/ powyższych parametrów można /regulując dopływ powietrza/ wpływać na parametry składu mieszanki, przy ustalonym /mierzonym na bieżąco/ przepływie mieszanki palnej w komorze spalania.

Nadmiar paliwa z głowicy wtryskiwacza odprowadzany jest do zbiornika paliwa, jednak zanim tam dotrze, przechodzi kolejno przez

- czujnik ciśnienia, którego rolą jest pomiar ciśnienia wstępnego paliwa przed wtryskiwaczem;
- zawór kulowy, pozwalający na płynną regulację ciśnienia, odczytywaną na manometrze.

Literatura

- [1] J. Merkisz – „*Ekologiczne aspekty stosowania silników spalinowych*” – 1995,
- [2] P. Bielaczyc, J. Merkisz – „*Kierunki rozwoju przepisów dotyczących emisji związków toksycznych przez silniki spalinowe*” – 1996,
- [3] T. Rychter, R. Saragih, T. Leżański, S. Wójcicki – „*Catalytic Activation of a Charge in a Prechamber of a SI Lean-Burn Engine*” – Eighteen Symposium (International) on Combustion, pp. 1815-1824, 1981,
- [4] D. W. James – „*Coping with NOx a Growing Problem*” – Electrical World No 3, 1971,
- [5] J. Jarosiński – „*Techniki czystego spalania*” – 1996.