

Józef SOŁTYS, Eryk PRUGAR

Zakład Silników Spalinowych
Politechniki Śląskiej w Gliwicach

WPLYW MATERIAŁU ŚCIANKI KOMORY SPALANIA I STRUKTURY JEJ POWIERZCHNI NA PRĘDKOŚĆ PAROWANIA CIECZY

Streszczenie. Artykuł dotyczy zagadnień wskazujących na możliwość wpływu na proces tworzenia mieszanki palnej drogą doboru tworzywa ścianki i kształtu komory spalania, w przypadku kiedy paliwo jest wtryskiwane na jej ściankę lub na niej osiada. Na podstawie uzyskanych wyników badań można wysunąć wnioski dotyczące zmian konstrukcyjnych w komorach spalania, mające na celu skrócenie okresu tworzenia mieszanki palnej.

1. WSTĘP

W szybkoobrotowych silnikach ZS istotny wpływ na proces spalania i ogólną sprawność silnika ma sposób przygotowania i jakość mieszanki palnej. Dobre przygotowanie ładunku palnego powinno zapewnić jego całkowite i zupełne spalanie. Ponieważ w silnikach średniej i małej mocy znaczna część paliwa styka się ze ścianką komory spalania i osiada na niej, więc zapewnienie odpowiednich warunków spalania tej ilości paliwa wpływa w decydującym stopniu na osiągi dynamiczne silnika i toksyczność jego spalin. Zwykle komory spalania wykonywane są z materiału takiego, jak tłok - o ile znajdują się one w tłoku lub z żeliwa, gdy umieszczone są one w głowicy. Materiał komory dobiera się biorąc pod uwagę jej obciążenie cieplne.

Poniższa praca stanowi próbę odpowiedzi na pytanie, jaki wpływ na prędkość parowania cieczy ze ścianki ma rodzaj materiału i geometryczna struktura powierzchni ścianki. Celem przedstawionych badań jest optymalizacja doboru tych cech dla komór spalania, które mogłyby być wykonywane w postaci wkładek do tłoków lub głowic.

2. WPLYW GŁADKOŚCI POWIERZCHNI ŚCIANKI NA PRĘDKOŚĆ PAROWANIA METANOLU I ETYLINY 78

Wiadomo, że na prędkość parowania cieczy ze ścianki wywiera wpływ wiele czynników, m.in. temperatura ścianki, ciśnienie otoczenia oraz prężność par

cieczy w otoczeniu [146]. Brak jest jednak dokładniejszych opracowań, zwłaszcza w zakresie wpływu materiału ścianki na proces parowania. Celem wstępnej oceny wpływu tego czynnika wykonano próby odparowywania dawki cieczy w różnej temperaturze i ze ścianek wykonanych z różnych materiałów. Próby wykonywano przy ciśnieniu otoczenia, tzn. ok. 100 kPa i w temperaturze do 670 K stosując jako medium metanol oraz handlową etylinę 78. Badanie wykonywano dla dwóch materiałów: stopu Wooda oraz aluminium. Stop Wooda wybrano w celu uzyskania idealnej powierzchni lustrzanej, co w przypadku metali o wyższej temperaturze topnienia byłoby trudne w warunkach otoczenia. Stop ten mógł też mieć powierzchnię matową, której chropowatość odpowiadała szacunkowo 9-10 klasie. Natomiast powierzchnie aluminiowe odpowiadały 5 i 9 klasie. W badanym zakresie temperatury dla obu tworzyw i obu cieczy zaobserwowano wszystkie fazy parowania, tzn. parowanie dyfuzyjne, pęcherzykowe i błonkowe. W tabelicy 1 pokazano zależność tych form parowania od początkowej temperatury ścianki aluminiowej o 5 klasie chropowatości.

Tabela 1

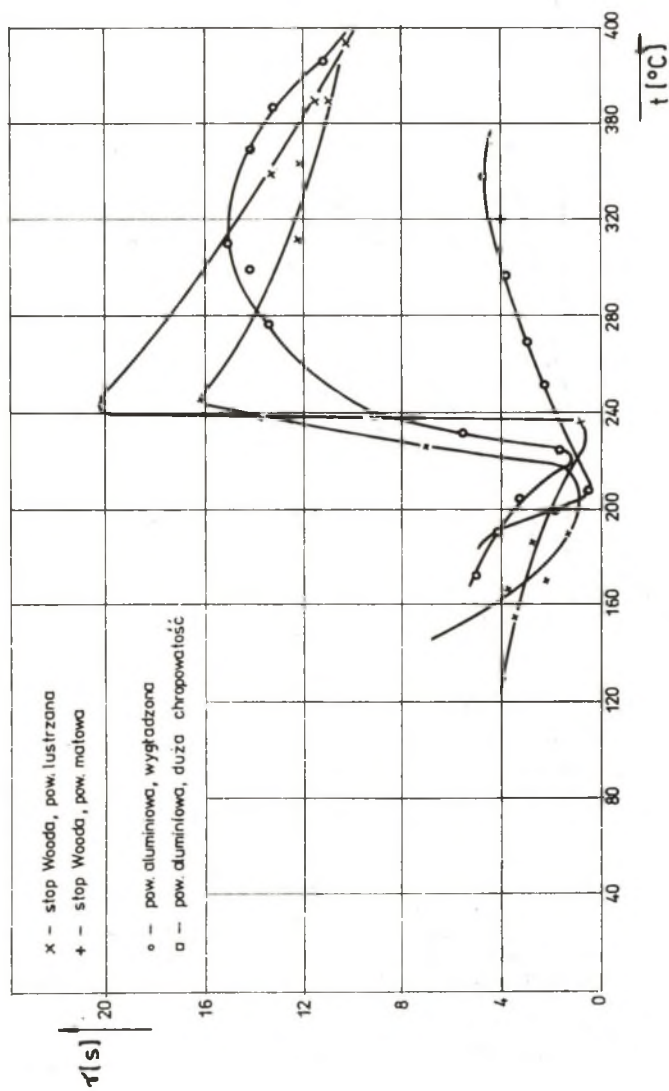
Zależność form parowania od początkowej temperatury ścianki aluminiowej

Ciecz	Temperatura K		
	parowanie czysto dyfuzyjne	wrzenie pęcherzykowe	wrzenie błonkowe
Etylina 78	do 403	403-503	powyżej 503
Metanol	do 398	398-463	powyżej 463

Z pomiarów wynika, że gdy temperatura ścianki przewyższa temperaturę wrzenia, to niezależnie od rodzaju parowania, temperatura cieczy jednorodnej jest równa temperaturze wrzenia (dla metanolu jest ona równa 338 K, tzn. nie zaobserwowano efektu przegrzania). W przypadku etyliny 78 przy wrzeniu pęcherzykowym temperatura wzrastała od 351 K do 367 K, po czym w temperaturze 398 K wrzenie przechodziło w błonkowe. Różnice te spowodowane są najprawdopodobniej kolejnym odparowywaniem różnych frakcji. Wyniki badań ilustrują rys. 1 i 2. Z badań tych wynikają następujące wnioski:

1. Materiał oraz jakość powierzchni ścianki wywierają istotny wpływ na prędkość parowania cieczy ze ścianki.
2. Minimalny czas odparowania uzyskuje się przy wrzeniu pęcherzykowym w przypadku metanolu i benzyny przy początkowej temperaturze ścianki wyższej od temperatury wrzenia o 100-150 K, zależnie od jakości powierzchni i rodzaju tworzywa ścianki.
3. Najkrótszy czas odparowywania uzyskuje się na powierzchniach odznaczających się dużą chropowatością.

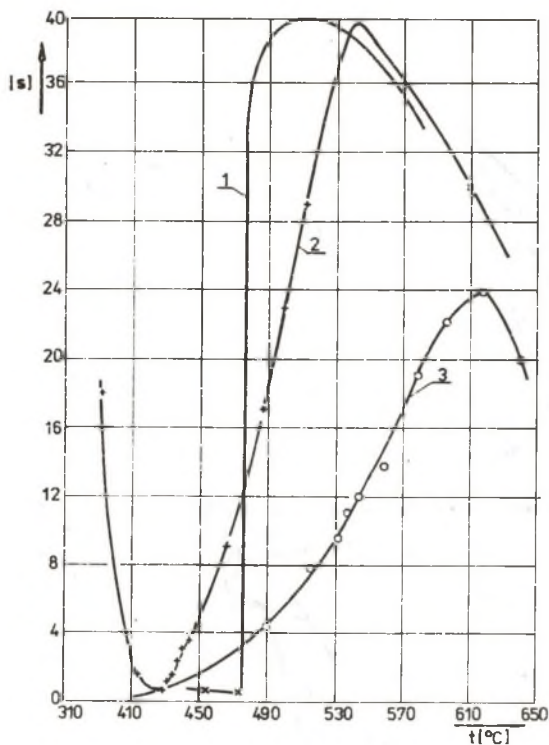
W celu określenia optymalnych warunków tworzenia mieszanki palnej w komorze spalania dalsze badania prowadzono ze względów bezpieczeństwa stosu-



Rys. 1. Wpływ temperatury i rodzaju powierzchni na czas odparowania dawki benzyny

Fig. 2. Temperature and wall surface influence on the evaporating time of metanol dose

jąc wodę jako ciecz parującą. Ścianki wykonane były z aluminium, mosiądzu oraz ze stali. Każda z nich posiadała 5 różnych rodzajów powierzchni:



Rys. 2. Wpływ temperatury i rodzaju powierzchni ścianki na czas odparowania dawki metanolu

1 - stop Wooda, powierzchnia lustrzana,
2 - powierzchnia aluminium, wygładzona,
3 - powierzchnia aluminium, duża chropowatość (V klasa)

Fig. 2. Temperature and wall surface influence on the evaporating time of methanol dose

1 - Wood's alloy - glass surface, 2 - aluminium surface, smooth, 3 - aluminium surface, much roughness (5th class)

- powierzchnię gładką o 5 klasie chropowatości,
- powierzchnię pokrytą rowkami o przekroju V,
- powierzchnię pokrytą prostopadłymi rowkami o przekroju V (tzw. kratka V),
- powierzchnię pokrytą rowkami o przekroju prostokątnym (rowki \sqsubset),
- powierzchnię pokrytą prostopadłymi rowkami o przekroju prostokątnym (kratka \sqsubset).

Ścianki te różnią się zatem głównie wielkością powierzchni rozwiniętej oraz długością linii rowków o przekroju ostro- lub prostokątnym. Największą powierzchnię rozwiniętą i odniesioną do jednostki podstawy mają ścianki pokryte kratkami \sqsubset , jest ona 3 razy większa od powierzchni płaskiej. Pozostałe powierzchnie były teoretycznie dwa razy większe od powierzchni podstawy. Długość rowków z wewnętrznym kątem ostrym lub prostym w przypadku powierzchni pokrytych rowkami i kratkami \sqsubset oraz kratkami V jest dwukrotnie większa niż dla powierzchni pokrytych rowkami V. Rowki te powinny stać się zarodkami pary dla każdej temperatury ścianki i cieczy.

Otrzymane wyniki zweryfikowano metodą obliczeniową. Strumień

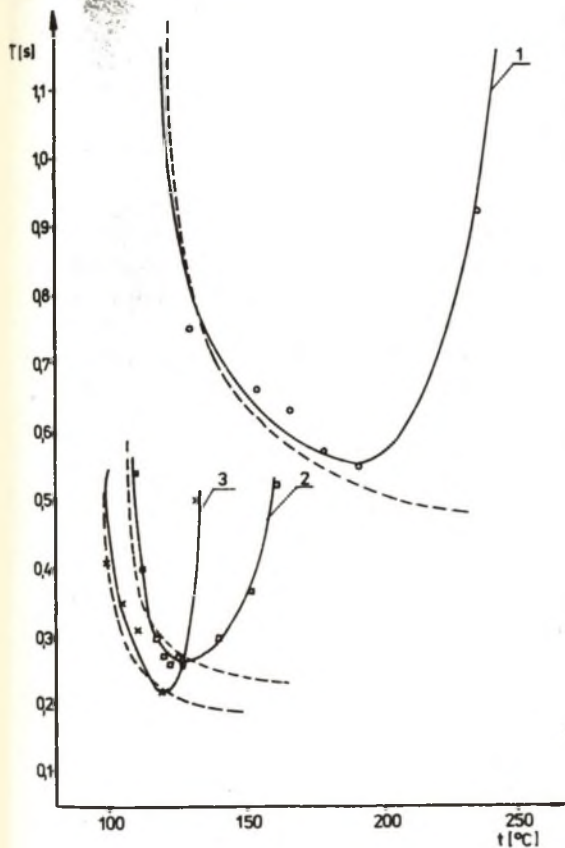
ciepła \dot{Q} dopływający do cieczy z powierzchni F wynosi [6]:

$$\dot{Q} = \frac{2 F \lambda \psi_0 \sqrt{\tau}}{\sqrt{\pi a}}$$

(1)

gdzie:

- α - współczynnik wyrównania temperatury obliczony dla tworzywa ścianki,
- τ - czas odparowania cieczy,
- λ - przewodność cieplna tworzywa ścianki,
- ΔT_0 - różnica temperatur.



Rys. 3. Czas odparowania dawki wody w zależności od rodzaju materiału ścianki powierzchnia: gładka

— krzywe doświadczalne, - - - krzywe obliczeniowe

1 - stal, 2 - mosiądz, 3 - aluminium

Fig. 3. Evaporating time of water dose regarding wall material surface: smooth

— experimental curves, - - - calculation curves

1 - steel, 2 - brass, 3 - aluminium

Na rys. 3 przedstawiono przykładowo zestawienie wyników zmierzonych i obliczonych dla ścianek gładkich. Z zestawienia wynikają następujące wnioski:

1. Najkrótszy czas odparowania cieczy uzyskuje się dla aluminium, a najdłuższy dla stali. Zależność ta może zostać zapisana w postaci wzoru [4]:

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \sqrt{\frac{\lambda_1 \rho_1 c_1}{\lambda_2 \rho_2 c_2}} \quad (2)$$

gdzie:

λ, ρ, c - oznaczają przewodność cieplną, gęstość i ciepło właściwe tworzywa ścianki.

2. Im większy jest iloczyn $\lambda \rho c$, tym niższa jest temperatura, przy której uzyskuje się najkrótszy czas odparowania.
3. Przy przechodzeniu wrzenia pęcherzykowego w błonkowe rozbieżność wyników obliczeniowych i empirycznych zaczyna rosnąć, co wynika głównie z różnic między ilością ciepła, która może być dostarczona ze ścianki, a której ciecz nie może już przyjąć.

Podobne zależności uzyskano dla powierzchni profilowanych. Nie stwierdzono jednak proporcjonalnej zależności wynikającej ze wzoru (1) między wielkością powierzchni rozwiniętej ścianki

profilowanej a czasem parowania. Z obliczeń wynika, że w przypadku pominięcia innych czynników na ściankach profilowanych tylko część powierzchni styka się bezpośrednio z cieczą i wielkości te wynoszą:

- dla aluminium - 0,75
- dla mosiądzu - 0,80
- dla stali - 0,90.

Bliższe wyjaśnienie tego zjawiska wymaga przeprowadzenia dalszych badań.

3. WPŁYW DŁUGOŚCI ROWKÓW Z OSTRYM LUB PROSTYM KĄTEM WEWNĘTRZNYM

Użyta kombinacja struktur powierzchni pozwala na wstępną ocenę tak wielkości powierzchni rozwiniętej, jak i długości rowków na niej. Wgłębienia te zwiększają ilość zarodków pary w każdych warunkach parowania. Widać to szczególnie na przykładzie ścianek pokrytych rowkami V i kratką V. Ich powierzchnia rozwinięta jest jednakowa, jednak długość rowków w przypadku kratki V jest dwa razy większa. W przypadku wszystkich trzech materiałów zaobserwowano, że powierzchnia pokryta kratką V odznacza się krótszym czasem parowania. Zauważono także, że większa długość rowków rozszerza zakres wrzenia pęcherzykowego w stronę temperatury wyższej i niższej, co zawsze sprzyja polepszeniu warunków parowania i opóźnia wrzenie błonkowe.

4. WNIOSKI

Przeprowadzone badania wskazują na możliwość wpływania na proces tworzenia mieszanki palnej poprzez dobór tworzywa ścianki, kształtu i powierzchni komory spalania w przypadku, kiedy paliwo jest wtryskiwane na ściankę lub też na niej osiada. Mimo że badania wykonywano w warunkach stacjonarnych, to można odnieść je także do zmiennych warunków w komorze spalania, gdyż głównym czynnikiem, który dodatkowo oddziałuje na przebieg parowania, jest ciśnienie. Wpływ tego ciśnienia opóźnia zjawisko wrzenia błonkowego, co ze względu na szybkość tworzenia mieszanki palnej jest zjawiskiem pozytywnym. Można więc na podstawie uzyskanych wyników badań wysunąć wnioski dotyczące zmian konstrukcyjnych w komorach spalania silników wtryskowych Z1 i ZS mających na celu skrócenie okresu tworzenia mieszanki palnej:

1. Powierzchnia ścianki powinna być wykonana z tworzywa charakteryzującego się dużym iloczynem $\lambda \rho C$, co powoduje wzrost prędkości parowania cieczy ze ścianki. Warunki takie spełniają m.in. stopy aluminiowe.
2. Pokrycie powierzchni komory spalania rowkami o ostrym i wyraźnym liniowym zarysie przekroju dna rowka również zwiększa prędkość parowania, a także rozszerza zakres temperatury wrzenia pęcherzykowego.

3. Rowki pokrywające powierzchnię komory powinny ułatwiać rozpiływanie się paliwa po jej ścianie. Niewłaściwy kształt i położenie rowków mogą nawet pogorszyć sytuację, kiedy będą one utrudniać rozpiływanie się paliwa i powodować jego zatrzymanie na małej powierzchni, co przyczynia się do pogorszenia warunków spalania.
4. Osobnym zagadnieniem, wymagającym dalszych badań, jest gromadzenie się nagaru na powierzchni ścianki. Nagar poprzez swoje izolacyjne działanie oraz "zarastanie" rowków może powodować zaniknięcie pozytywnych efektów wynikających z wprowadzonych zmian.

LITERATURA

- [1] Dubowkin N.F.: Sprawocznik po ugliwodornym topliwam i ich produktam sgoranja. Gos. Energ. Izd., Moskwa 1962.
- [2] Flatz W.: Das Verdampfen von Dieselkraftstoff an der Wand. MTZ 1/1965.
- [3] Huber E.W.: Einfluss der Gemischbildung auf Wirkungsgrad eines Dieselmotors, MTZ 3/76.
- [4] Sołtys J.: Koncepcja i badanie możliwości uwarstwienia mieszanki paliwowo-powietrznej przy wtryskowym zasilaniu szybkoobrotowego, dwusuwowego silnika spalinowego ZI. Praca doktorska Polit. Śl., Gliwice 1983.
- [5] Tołubinskij W.I.: Tiepłooobmien pri kipienii. Naukowa Dumka, Kіev 1980.
- [6] Wiśniewski S.: Wymiana ciepła. PWN, Warszawa 1979.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Czesław Kordziński

Wpłynęło do Redakcji w czerwcu 1987 r.

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА СТЕНКИ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ И СТРУКТУРЫ ЕЕ ПОВЕРХНОСТИ НА СКОРОСТЬ ИСПАРЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Резюме

Работа касается вопросов указывающих на возможность влияния на процесс создания топливной смеси, путём подбора материала стенки и формы камеры сгорания, в случае когда топливо впрыскивается на её стенку или же осаживается на ней.

На основе полученных результатов исследований можно сформулировать выводы, касающиеся конструкционных изменений в камерах сгорания, имеющие целью сокращение времени создания топливной смеси.

INFLUENCE OF THE COMBUSTION CHAMBER WALL MATERIAL
AND ITS SURFACE STRUCTURE ON SPEED
OF THE EVAPORATION LIQUID

S u m m a r y

The article presents the problems showing the possibilities of influencing the process of creating the air-fuel mixture by choosing the wall material and shape of combustion chamber in the case when the fuel is injected on its wall or settles on it.

On the basis of the investigation results we may conclude that it is possible to change combustion chamber construction that aims at shortening the time of air-fuel mixture creation.