

Diagnostics of the flame development in combustion of a stratified charge in a direct injection Rapid Compression Machine (RCM)

Ireneusz Pielecha, Jakub Czajka, Przemyslaw Borowski, Krzysztof Wislocki

Poznan University of Technology
Piotrowo 3 street, 60-965 Poznan, Poland
e-mail: *ireneusz.pielecha@put.poznan.pl*

The paper presents an analysis of the results of investigations into the combustion process of charges of different air excess coefficients during multiple injection of gasoline. The author presented the optical investigations and indicator tests realized of a rapid compression machine. The investigations were carried out using a high-speed camera and an engine indicator system. The author indicated the possibilities of diagnostics of the combustion process using both research methods. The distributions of the flame temperature were determined using dual optics enabling a simultaneous recording of the flame image with optical filters. The flame development was presented and the differences in the velocity of the flame development were indicated depending on different direct injection strategies

As a result of the analysis of the possibilities of realization of low temperature combustion through a selection of the injection strategy the following conclusions have been formulated:

- a) combustion of near-stoichiometric mixtures:
 - combustion of a stratified charge without a division of the fuel dose limits the possibilities of low temperature combustion: an increase in the injection pressure extends the presence of the high temperature areas in the combustion chamber (in excess of 2000 K); average temperatures determined based on the pressure of the charge inside the cylinder are insufficient to obtain such precise information,
 - fuel dose division at the injection pressure of $P_{inj} = 20$ MPa reduces the duration of the combustion process and limits the duration of high temperature combustion; the time share of high temperature combustion is limited to 30% when the fuel dose is divided into two parts and to approximately 35% when the fuel dose is divided into three parts,
 - the application of homogenous-stratified charges when the fuel dose is divided (injecting two fuel doses with short dwell times) leads to a reduction of high temperature combustion,
 - the averaged instantaneous temperature of the combustion process reaches the maximum values of 1400 K when the fuel dose is divided into two parts and 1300÷1800 K when the fuel dose is divided into three parts; this confirms a significant share of low temperature combustion in the whole volume of the combustion chamber;
- b) combustion of lean mixtures:
 - the maximum local temperature in combustion of a lean mixture without dividing the fuel dose heavily depends on the pressure of the injected fuel: as the fuel pressure increases from 5 to 20 MPa the area of high temperature combustion is reduced – this pertains to both the time share of high temperature combustion (reduction from 40 to 16%) and the whole process by 20%,
 - division of the fuel dose, when high injection pressures are applied (20 MPa), is more effective in obtaining low temperature combustion: the values of the times of high temperature combustion reach 10÷15% of the whole process; the maximum averaged values of the temperatures (based on the pressure inside the combustion chamber) were on the level of 1200 K,
 - low values of the injection pressure (resulting from poor atomization and overlapping of the subsequent fuel doses) result in prolonged combustion and high temperatures – in this case low temperature combustion was not achieved, which was confirmed by the values of the averaged and local temperatures.

Diagnostyka rozwoju płomienia podczas spalania ładunków uwarstwionych w układzie bezpośredniego wtrysku benzyny w maszynie pojedynczego cyklu (Rapid Compression Machine)

The paper presents an analysis of the results of investigations into the combustion process of charges of different air excess coefficients during multiple injection of gasoline. The author presented the optical investigations and indicator tests realized of a rapid compression machine. The investigations were carried out using a high-speed camera and an engine indicator system. The author indicated the possibilities of diagnostics of the combustion process using both research methods. The distributions of the flame temperature were determined using dual optics enabling a simultaneous recording of the flame image with optical filters. The flame development was presented and the differences in the velocity of the flame development were indicated depending on different direct injection strategies

W wyniku analizy możliwości realizacji spalania niskotemperaturowego przez sterowanie strategią wtrysku paliwa sformułowano następujące wnioski:

- a) w zakresie spalania mieszanki okołostechiometrycznej:
 - spalanie ładunku uwarstwowanego bez podziału dawki paliwa ogranicza możliwości uzyskania spalania niskotemperaturowego: zwiększenie ciśnienia wtrysku paliwa zwiększa czas występowania obszarów o wysokiej temperaturze w komorze spalania (powyżej 2000 K); średnie wartości temperatury określone na podstawie ciśnienia ładunku w cylindrze nie pozwalają na uzyskanie tak jednoznacznych informacji,
 - podział dawki paliwa przy ciśnieniu wtrysku paliwa $P_{wtr} = 20$ MPa skraca okres spalania i jednocześnie ogranicza czas występowania spalania wysokotemperaturowego; udział czasu wysokotemperaturowego spalania jest ograniczony do 30% przy podziale dawki na dwie części oraz do około 35% czasu spalania przy podziale dawki na trzy części,
 - stosowanie ładunków homogeniczno-uwarstwionych przy podziale dawki paliwa na części, polegającym na wtrysku dwóch dawek w niewielkich odległościach czasowych, prowadzi do ograniczenia czasu spalania wysokotemperaturowego,
 - uśredniona chwilowa temperatura procesu spalania podczas podziału dawki paliwa na dwie części uzyskuje maksymalne wartości 1400 K, przy podziale na trzy – 1300÷1800 K; świadczy to o znacznym udziale spalania niskotemperaturowego w całej objętości komory spalania;
- b) w zakresie spalania mieszanek ubogich:
 - maksymalna lokalna temperatura podczas spalania mieszanki ubogiej bez podziału na dawki silnie zależy od ciśnienia wtryskiwanego paliwa: wraz z jego zwiększaniem od 5 do 20 MPa ograniczeniu ulega obszar wysokotemperaturowego spalania – dotyczy to zarówno udziału czasu wysokotemperaturowego spalania (ograniczenie z 40 do 16%), jak i czasu całego procesu o 20%,
 - podział dawki paliwa przy zastosowaniu dużych ciśnień wtrysku paliwa (20 MPa) skuteczniej oddziałuje na możliwość spalania niskotemperaturowego: wartości czasów spalania wysokotemperaturowego uzyskują około 10÷15% całego procesu; maksymalne uśrednione wartości temperatury (na podstawie ciśnienia w komorze spalania) uzyskano na poziomie 1200 K,
 - małe wartości ciśnienia wtrysku paliwa, ze względu na nieskuteczne rozpylenie paliwa i nakładanie się kolejnych dawek paliwa, powodują przewlekły proces spalania i uzyskiwanie dużych wartości temperatury – w tym przypadku nie uzyskano spalania niskotemperaturowego, co potwierdzono wartościami uśrednionych i lokalnych wartości temperatury