

Piotr GUSTOF, Aleksander HORNIK, Damian JĘDRUSIK

## MODELOWANIE OBCIĄŻEŃ CIEPLNYCH TŁOKA DOŁADOWANEGO SILNIKA ZS

**Streszczenie.** W pracy wyznaczono rozkłady temperatury w tłoku doładowanego silnika z zapłonem samoczynnym w początkowej fazie jego pracy przy zastosowaniu dwustrefowego modelu procesu spalania, warunków brzegowych III rodzaju oraz metody elementów skończonych (MES) za pomocą programu COSMOS/M.

## MODELLING OF HEAT LOAD IN THE PISTON OF TURBO DIESEL ENGINE

**Summary.** In this paper distribution of temperatures in the piston of turbo diesel engine at the beginning of its work was presented. Computations were performed by means of a two-zone combustion model and the finite elements method (MES) by using of COSMOS/M program.

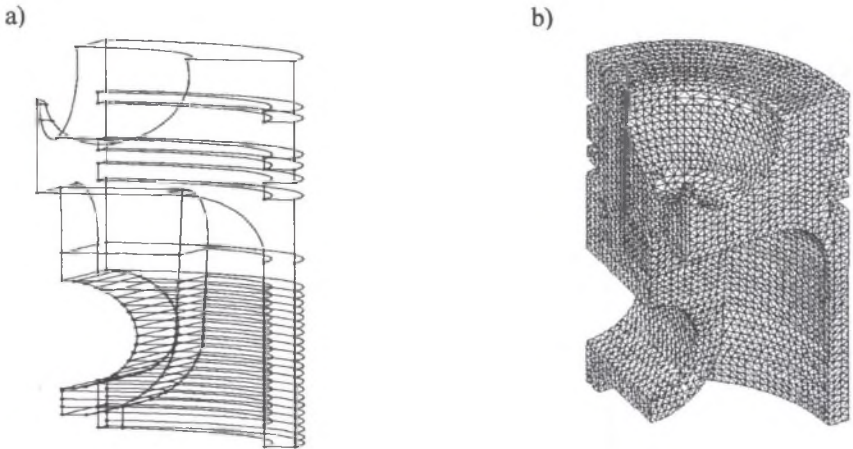
### 1. MODELOWANIE OBCIĄŻEŃ CIEPLNYCH TŁOKA

Modelowanie obciążeń cieplnych tłoka przeprowadzono, wykorzystując warunki brzegowe III rodzaju. Warunki te opisuje współczynnik przyjmowania ciepła oraz temperatura czynnika roboczego. Temperaturę czynnika roboczego wyznaczono przy zastosowaniu dwustrefowego modelu procesu spalania w silniku na podstawie zmierzonego przebiegu ciśnienia indykatorowego [1]. Analizę obciążeń cieplnych w tłoku przeprowadzono w początkowej fazie pracy silnika, od momentu gdy temperatura tłoka była równa temperaturze otoczenia do czasu, w którym rozkład temperatury w tłoku zmieniał się w niewielkim zakresie.

### 2. MODEL GEOMETRYCZNY I WARUNKI BRZEGOWE TŁOKA

Model geometryczny tłoka (rys. 1) został wykonany za pomocą modułu Geostar programu COSMOS/M w oparciu o element rzeczywisty (rys. 2). Kolejność jego tworzenia przedstawiała się następująco:

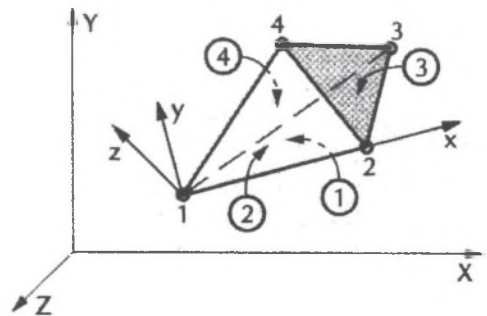
- utworzono trójwymiarowy przekrój tłoka (rys. 1a);
- podzielono przekrój siatką elementów skończonych (rys.1b);
- siatkę oparto na trójwymiarowych czworosściennych elementach bryłowych (tetra 4) o 4 węzłach i wymiarach 1,5 mm (rys. 3).



Rys. 1. Model geometryczny tłoka: a) trójwymiarowy przekrój; b) model dyskretny  
 Fig. 1. Geometrically model of piston: a) three – dimensional section; b) discrete model



Rys. 2. Tłok silnika  
 Fig. 2. The piston of engine

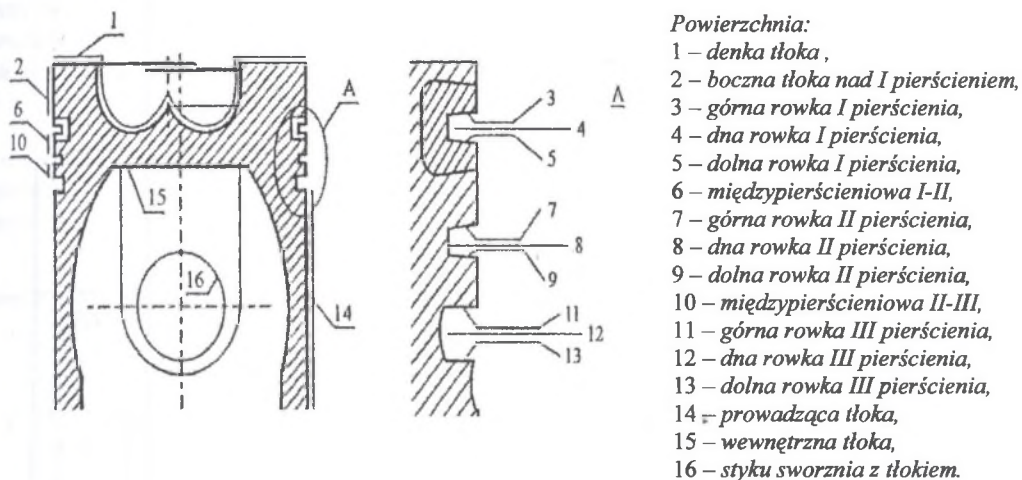


Rys. 3. Element TETRA 4: ①②③④ - numery powierzchni  
 1, 2, 3, 4 - numery węzłów

Fig. 3. TETRA 4 element: ①②③④ - surface number  
 1, 2, 3, 4 - node number

Model tłoka składał się z 60401 elementów, 12876 węzłów, 491 punktów, 853 krzywych, 163 powierzchni, 154 konturów, 154 regionów i 1 polihedry.

W tłoku wyróżniono 16 charakterystycznych powierzchni (rys.4.), którym przypisano określone wartości warunków brzegowych III rodzaju (tablica 1) [2,3,4].



Rys. 4. Powierzchnie wymiany ciepła dla tłoka  
 Fig.4. Surface heat exchange of the piston

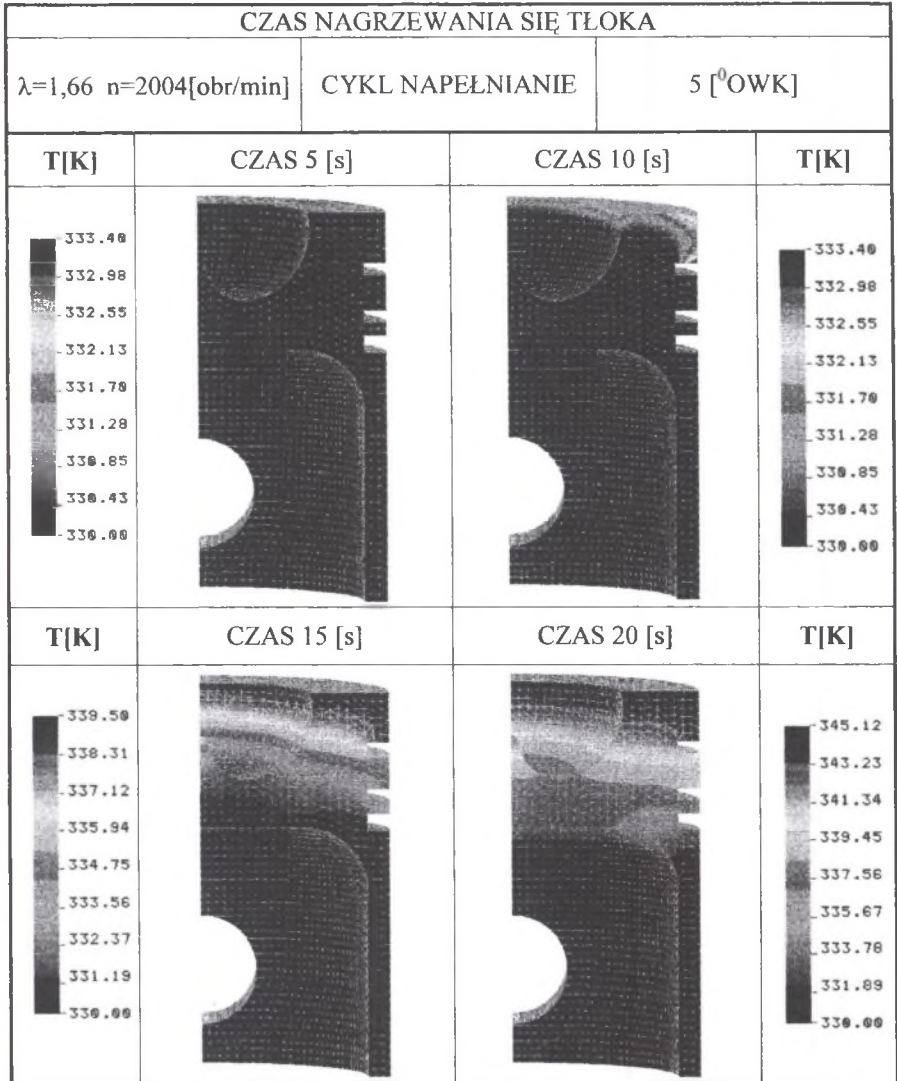
Tablica 1

Warunki wymiany ciepła na powierzchniach tłoka

Powierzchnie tłoka		Warunki wymiany ciepła
Numer	Nazwa	
(1)	denka tłoka	zmiennie
(2)	boczna tłoka nad I pierścieniem	
(3)	górna rowka I pierścienia	średnie
(4)	dna rowka I pierścienia	
(5)	dolna rowka I pierścienia	
(6)	międzypierścieniowa I-II	zmiennie
(7)	górna rowka II pierścienia	średnie
(8)	dna rowka II pierścienia,	
(9)	dolna rowka II pierścienia	
(10)	międzypierścieniowa II-III	zmiennie
(11)	górna rowka III pierścienia,	średnie
(12)	dna rowka III pierścienia,	
(13)	dolna rowka III pierścienia	
(14)	prowadząca tłoka	zmiennie
(15)	wewnętrzna tłoka	średnie
(16)	styku sworznia z tłokiem	

### 3. WYNIKI OBLICZEŃ

W pracy zamodelowano obciążenia cieplne tłoka doładowanego silnika wysokoprężnego z wtryskiem bezpośrednim o pojemności 2390 cm<sup>3</sup> i mocy znamionowej 85 KW przy 4000 min<sup>-1</sup>. Obliczenia wykonano z dokładnością do 5 °OWK, co odpowiadało krokowi analizy równemu  $\Delta\tau = 0,415$  ms. Na rysunku 5 przedstawiono kolejne fazy nagrzewania się tłoka po 5, 10, 15 i 20 s pracy silnika.



Rys. 5. Fazy nagrzewania się tłoka

Fig. 5. Phases of the piston heating up

#### 4. PODSUMOWANIE

W wyniku przeprowadzonych obliczeń wstępnych stwierdzono, że najwyższa temperatura występowała na powierzchni denka tłoka (1) oraz jego powierzchni bocznej nad pierwszym pierścieniem (2). W czasie analizy równym 20 s temperatura ta wyniosła około 350 K. Przyrost temperatury dla tych powierzchni tłoka po 20 s pracy silnika wyniósł około 50 K. Przeprowadzona analiza nie pozwala jednak w pełni określić obciążeń cieplnych tłoka ze względu na zbyt krótki czas przeprowadzonych obliczeń, jednakże daje pewien obraz o rozkładzie temperatury na jego poszczególnych powierzchniach. Prowadzenie dalszych obliczeń, dla większego przedziału czasowego, umożliwi w przyszłości dokonanie pełniejszej oceny osiągniętych wartości temperatury tłoka doładowanego silnika ZS.

#### Literatura

1. Gustof P.: Wyznaczanie przebiegu temperatur ładunku dla pełnego cyklu roboczego w cylindrze doładowanego silnika o zapłonie samoczynnym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Transport z. 43, Gliwice 2001.
2. Kwaśniewski S., Sroka Z., Zabłocki W.: Modelowanie obciążeń cieplnych w elementach silników spalinowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1999.
3. Wiśniewski S.: Wymiana ciepła. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1987.
4. Jaskólski J.: Zagadnienia optymalizacji obciążeń cieplnych tłoków silników spalinowych. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2001.

Recenzent: Dr hab. inż. Jerzy Jaskólski,  
Profesor Politechniki Krakowskiej

*Praca wykonana w ramach badań własnych: BW-418/RT1/2006*