

Piotr GUSTOF

OBLICZENIA CIEPLNE TULEI CYLINDROWEJ TŁOKOWEGO SILNIKA SPALINOWEGO Z ZAPŁONEM SAMOCZYNNYM

Streszczenie. Pola temperatur określają jednoznacznie obciążenia cieplne, czyli stan cieplny ścianek otaczających komorę spalania silnika tłokowego. Lokalną ocenę obciążenia cieplnego można uzyskać wyłącznie na podstawie analizy pól temperatur części silnika otaczających komorę spalania. W pracy wyznaczono wpływ grubości ścianki oraz wartości λ przewodności cieplnej materiałów na rozkład temperatury tulei cylindrowej silnika spalinowego z zapłonem samoczynnym.

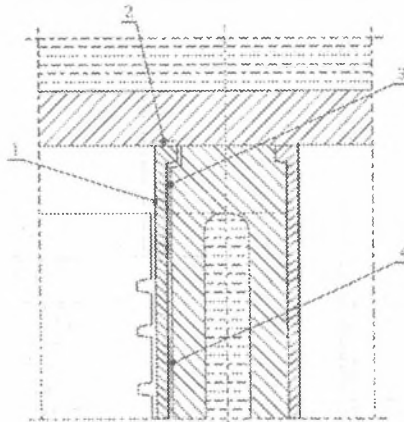
THE CALCULATION OF THERMAL PARAMETERS FOR THE CYLINDER LINER OF DIESEL PISTON ENGINE

Summary. The thermal fields strictly define thermal stress for walls surrounding the combustion chamber of a piston engine. An estimate of the local heat load can only be produced by analyzing the thermal fields of engine components situated around the combustion chamber. The paper determines influence of depth wall and values of thermal conductivity λ of material on distribution of temperatures of cylinder liner of Diesel piston engine.

1. MODEL NUMERYCZNY TULEI CYLINDROWEJ

O rozkładzie temperatury tulei cylindrowej decydują strumienie ciepła dopływające od strony komory spalania i od ścianki głowicy oraz strumienie ciepła doprowadzanego do płaszczu wodnego poprzez ścianki korpusu silnika (rys.1) [1].

Do budowy modelu dyskretnego zastosowano moduł GEOSTAR systemu obliczeń numerycznych COSMOS/M, umożliwiającą utworzenie modelu geometrycznego opisywanego obiektu, opis stałych termofizycznych, dyskretyzację modelu oraz założenie warunków brzegowych i obciążeń.



Rys.1. Szkic zabudowy tulei cylindrowej[1]

Fig.1. Draft of the inside of cylinder liners [1]

Powierzchnie: 1-gładzi cylindrowej podzielone na 15 charakterystycznych powierzchni wymiany ciepła, 2-czołowa tulei, 3-osadzenia tulei, 4-zewnętrzna tulei

Do obliczeń cieplnych powyższego elementu przyjęto warunki brzegowe III rodzaju w postaci przebiegu temperatury i współczynnika przyjmowania ciepła wyznaczone jako wartości średnie z pełnego cyklu pracy silnika SW680 przy prędkości obrotowej $n = 2200 \text{ obr/min}$ i mocy $N_{\text{max}} = 114,6 \text{ kW}$ (tabl.1).

Tablica 1

Warunki brzegowe wymiany ciepła dla tulei cylindrowej silnika SW680

Numer powierzchni i		Współczynnik przyjmowania ciepła $\alpha_i [W/(m^2 \cdot K)]$	Temperatura $T_i [K]$
		zgodnie z rys.1.	zgodnie z rys.1.
1	1.1	225	1075
	1.2	200	975
	1.3	170	890
	1.4	300	700
	1.5	255	720
	1.6	480	630
	1.7	530,5	580
	1.8	802,5	550
	1.9	375	575
	1.10	335,5	535
	1.11	350,5	520
	1.12	390,5	495
	1.13	690,5	495
	1.14	350,5	475
	1.15	95	345
2		943,4	358,0
3		806,0	358,0
4		1064,0	358,0

Przyjęte warunki brzegowe wyznaczone zostały w Laboratorium Zakładu Napędów Spalinowych Politechniki Wrocławskiej, gdzie przeprowadzono pomiary ciśnienia indykowanego, a następnie obliczenia temperatury i współczynnika przyjmowania ciepła w komorze spalania.

Żeliwa do produkcji tulei cylindrowych odpowiadające wartościom przewodności cieplnej $\lambda = 26 \div 42$ [W/(mK)], dla których wyznaczono wpływ λ na rozkład temperatur tulei cylindrowej, przedstawione zostały w tablicy 2.

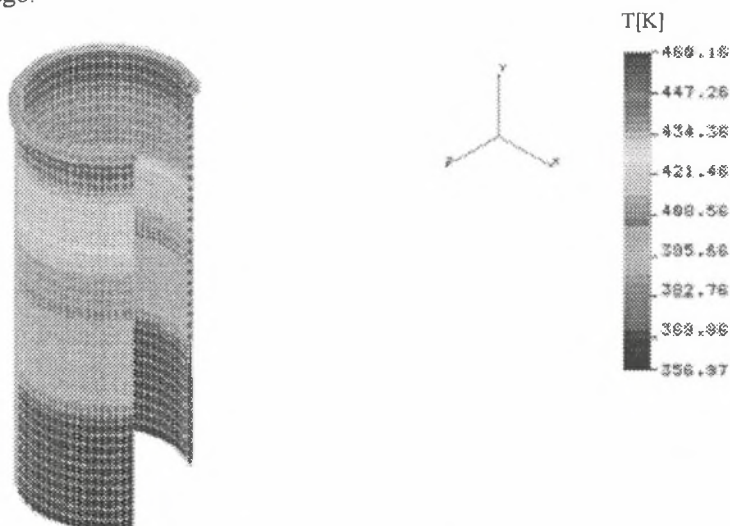
Tablica 2
Materiały do produkcji tulei cylindrowych [5]

Oznaczenia	Materiały do produkcji tulei cylindrowych		
	W1c	W2c	W4c
	Wartość przewodności cieplnej materiału λ [W/(mK)]		
	42	34	26
Skład chemiczny [%]			
C	3,20 – 3,50	3,20 – 3,50	3,20 – 3,50
Si	2,20 – 2,80	2,60 – 2,90	2,60 – 2,80
Mn	0,60 – 0,90	0,60 – 0,90	0,60 – 0,90
P	0,40 – 0,60	0,60 – 0,90	Max 0,10
S	Max 0,10	Max 0,10	Max 0,10
Cr,Mo,Cu	$\geq 0,3$	$\geq 0,3$	$\geq 1,2$
Własności mechaniczne			
Rm [N/mm ²]	≥ 240	≥ 220	≥ 260
HB	200-260	230-390	220-290

gdzie: W1c – żeliwo stopowe o standardowych właściwościach, W2c – żeliwo stopowe o podwyższonej odporności na ścieranie, W4c – żeliwo stopowe o podwyższonej wytrzymałości doraźnej.

2. WYNIKI OBLICZEŃ

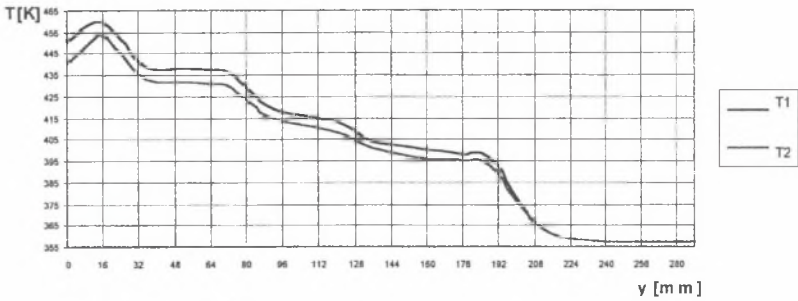
Wyniki obliczeń przeprowadzone dla tulei cylindrowej przedstawiono w postaci rysunku warstwiczowego.



Rys.2. Rozkład temperatury dla tulei cylindrowej
Fig.2. Distribution of temperatures for the cylinder liner

Rozkład temperatury tulei cylindrowej od jej wartości maksymalnych wynoszących 460[K] w GMP tłoka do temperatury 355[K] dla części tulei umiejscowionej w skrzyni korbowej przedstawiony został na rysunku 2. Najwyższe temperatury panują w strefie od GMP do DMP tłoka, gdzie rozgrzany do znacznie wyższych temperatur tłok przekazuje ciepło gładzi cylindrowej.

Spadek temperatury wzdłuż długości tulei cylindrowej przedstawiono na rysunku 3.

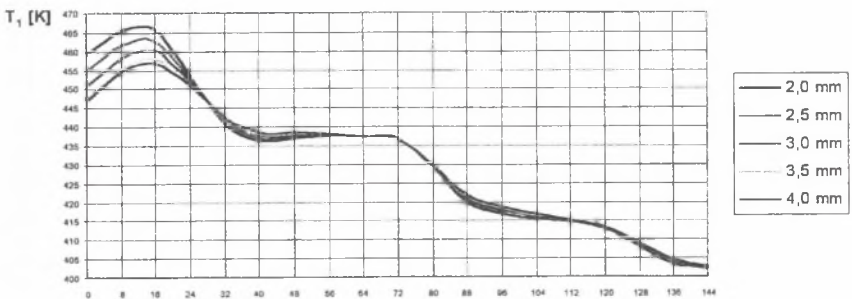


Rys.3. Rozkład temperatury T_1 i T_2 wzdłuż długości tulei cylindrowej y
 Fig.3. Distribution of temperatures T_1 i T_2 along cylinder liner's length y

gdzie: T_1 - temperatura gładzi cylindrowej, T_2 - temperatura powierzchni zewnętrznej tulei.

Największą różnicę wynoszącą 10[K] pomiędzy powierzchnią gładzi a powierzchnią zewnętrzną tulei od strony płaszczu chłodzącego silnika można zaobserwować w GMP tłoka. Poniżej DMP tłoka temperatura tulei na omawianych powierzchniach zaczyna się ustalać, by dla części tulei cylindrowej umiejscowionej w skrzyni korbowej sprowadzić się do jednego poziomu.

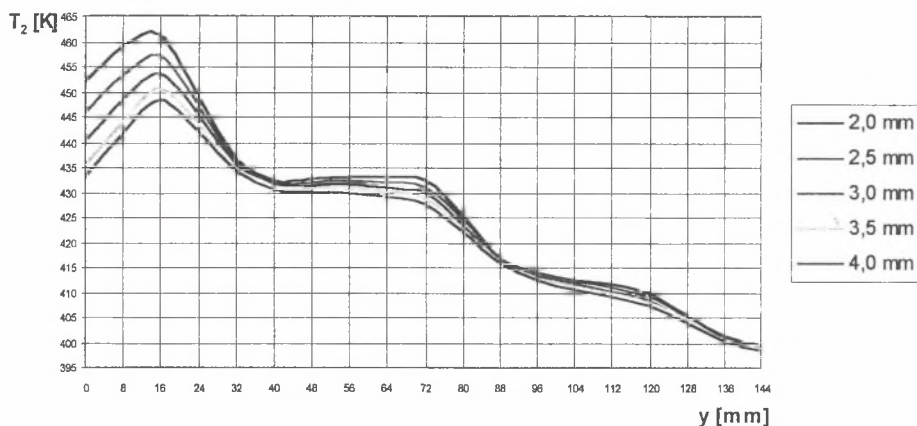
Wpływ grubości ścianki tulei w zakresie $a = 2 \div 4 \text{ mm}$ na rozkład temperatur gładzi i powierzchni zewnętrznej tulei cylindrowej przedstawiono na rysunkach 4 i 5.



Rys.4. Rozkład temperatury gładzi cylindrowej dla różnych wartości grubości a ścianki
 Fig.4. Distribution of temperatures of cylinder bearing surface for a range of values of wall depth a

Dla części tulei w pobliżu GMP tłoka wraz ze wzrostem grubości ścianki spada temperatura gładzi cylindrowej i powierzchni zewnętrznej tulei. Maksymalne różnice temperatur pomiędzy tuleją o grubości ścianki 2,0 a 4,0 mm występujące w pobliżu GMP tłoka wynoszące 10[K] dla powierzchni gładzi zwiększają się do 20[K] dla powierzchni zewnętrznej tulei cylindrowej. Poniżej 64 mm od górnej krawędzi tulei można zauważyć, że

grubość ścianki tulei w zakresie 2,0-4,0 mm wywiera niewielki wpływ na rozkład temperatury wyżej omawianych powierzchni.



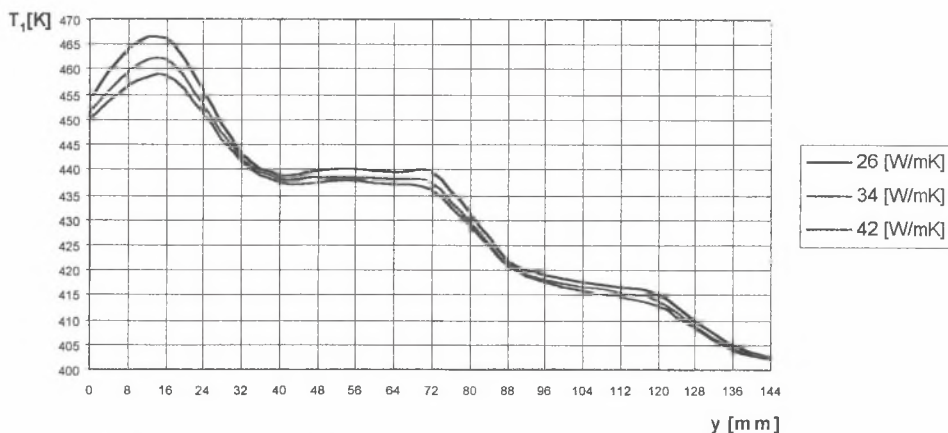
Rys.5. Rozkład temperatury na powierzchni zewnętrznej tulei cylindrowej dla różnych wartości grubości a ścianki

Fig.5. Distribution of temperatures on cylinder liner's outer surface for a range of values of wall depth a

Spadek temperatury gładzi i powierzchni zewnętrznej tulei cylindrowej wraz ze wzrostem grubości ścianki związany jest z większą ilością ciepła pobraną do ogrzania tulei o większej grubości ścianki.

W dalszej części pracy wyznaczono wpływ wartości λ przewodności cieplnej materiałów na rozkład temperatury tulei cylindrowej dla grubości ścianki $a = 3 \text{ mm}$ przy wartościach współczynnika przewodzenia ciepła λ w przedziale $26 \div 42 \text{ [W/(mK)]}$.

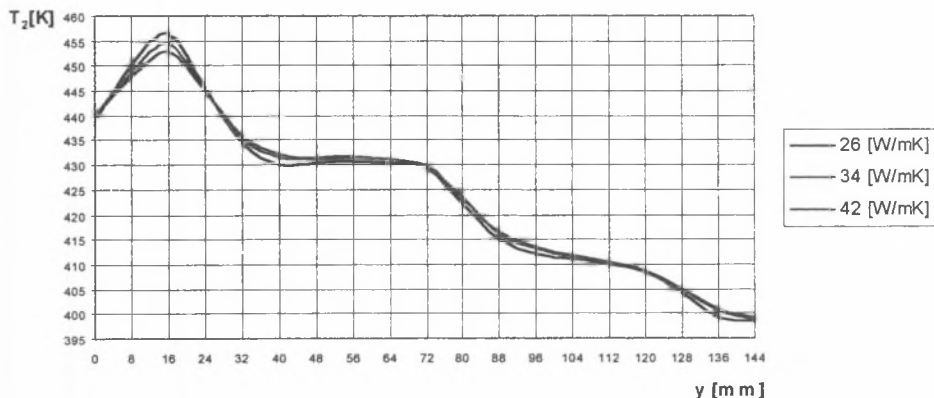
Wpływ wartości λ przewodności cieplnej materiału na rozkład temperatury gładzi i powierzchni zewnętrznej tulei cylindrowej przedstawiono na rysunkach 6 i 7.



Rys.6. Rozkład temperatury gładzi cylindrowej dla różnych wartości λ przewodności cieplnej materiałów stosowanych na tuleje cylindrowe

Fig.6. Distribution of temperatures of cylinder bearing surface for a range of values of thermal conductivity λ of material used to produce cylinder liner

Dla części tulei od jej górnej krawędzi do DMP tłoka wraz ze wzrostem przewodności cieplnej materiału spada temperatura gładzi cylindrowej. Maksymalną różnicę temperatury na powierzchni gładzi pomiędzy materiałami o przewodności cieplnej λ w przedziale $26 \div 42 [W / (m \cdot K)]$ można zaobserwować w pobliżu GMP tłoka, która wynosi 7[K].



Rys.7. Rozkład temperatury na powierzchni zewnętrznej tulei dla różnych wartości λ przewodności cieplnej materiałów stosowanych na tuleje cylindrowe

Fig.7. Distribution of temperatures of cylinder liner's outer surface for a range of values of λ thermal conductivity of material used to produce cylinder liner

Różnice temperatury na powierzchni zewnętrznej tulei pomiędzy materiałami o przewodności cieplnej λ w zakresie $26 - 42 [W / (m \cdot K)]$ w pobliżu GMP tłoka zmniejszają się do wartości 3[K]. Poniżej 24 mm od górnej krawędzi tulei można zaobserwować niewielki wzrost temperatury na powierzchni zewnętrznej tulei wraz ze wzrostem przewodności cieplnej materiałów stosowanych na tuleje cylindrowe.

Materiał o większej przewodności cieplnej cechuje się większą zdolnością odprowadzania ciepła, co powoduje spadek temperatury gładzi cylindrowej. Większa natomiast ilość ciepła odprowadzona z powierzchni gładzi powoduje wzrost temperatury na powierzchni wewnętrznej tulei, dla materiału o tej samej przewodności cieplnej λ .

3. PODSUMOWANIE

Metoda elementów skończonych, która zastosowana została w powyższej pracy dla rozwiązania zadania przewodnictwa cieplnego, znajduje szerokie zastosowanie w analizach inżynierskich. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, iż wzrost grubości ścianki o 1mm powoduje spadek temperatury tulei cylindrowej o 2%. Natomiast wzrost wartości przewodności cieplnej λ materiału o $8 [W / (m \cdot K)]$ powoduje spadek temperatury tulei o 1%.

Literatura

1. Kwaśniewski S., Sroka Z., Zabłocki W.: Modelowanie obciążeń cieplnych w elementach silników spalinowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1999.
2. Wiśniewski S.: Wymiana ciepła. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1988.
3. Szargut J.: Modelowanie numeryczne pól temperatury. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1992.
4. Rusiński E.: Metoda elementów skończonych. System Cosmos/M. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1994.
5. Jezierski J.: Technologia tłokowych silników wysokoprężnych. WNT, Warszawa 1999.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jerzy Jaskólski

Abstract

The finite elements method, which has been applied to solve the thermal conductivity problem in this paper, has a number of applications in engineering analyses. By analysing the calculations it is possible to ascertain that rise dept of wall by 1 mm causes the fall of temperatures of cylinder liner by 2 %. The rise value of thermal conductivity λ material by $8[W/(m \cdot K)]$ causes the fall of cylinder liner by 1%.