

PJJSS
w Pile

KATEDRA INŻYNIERII MECHANICZNEJ

LABORATORIUM TERMODYNAMIKI TECHNICZNEJ

Ćwiczenie laboratoryjne nr 5

TEMAT: POMIAR CIŚNIENIA SPRĘŻANIA SILNIKA SPALINOWEGO

1. Wprowadzenie

W każdym silniku cieplnym, aby istniała ciągłość pracy kosztem doprowadzonego ciepła, musi być wykonany cykl przemian stanu czynnika roboczego, po którym czynnik ten uzyskuje ponownie swoje początkowe własności, czyli musi być wykonany obieg zamknięty. Ponieważ w każdym obiegu zamkniętym stan końcowy jest jednocześnie stanem początkowym, dlatego ogólna ilość energii wewnętrznej po wykonaniu obiegu nie ulega zmianie.

$$\Delta U = 0$$

gdzie: ΔU – przyrost energii wewnętrznej w obiegu silnika cieplnego

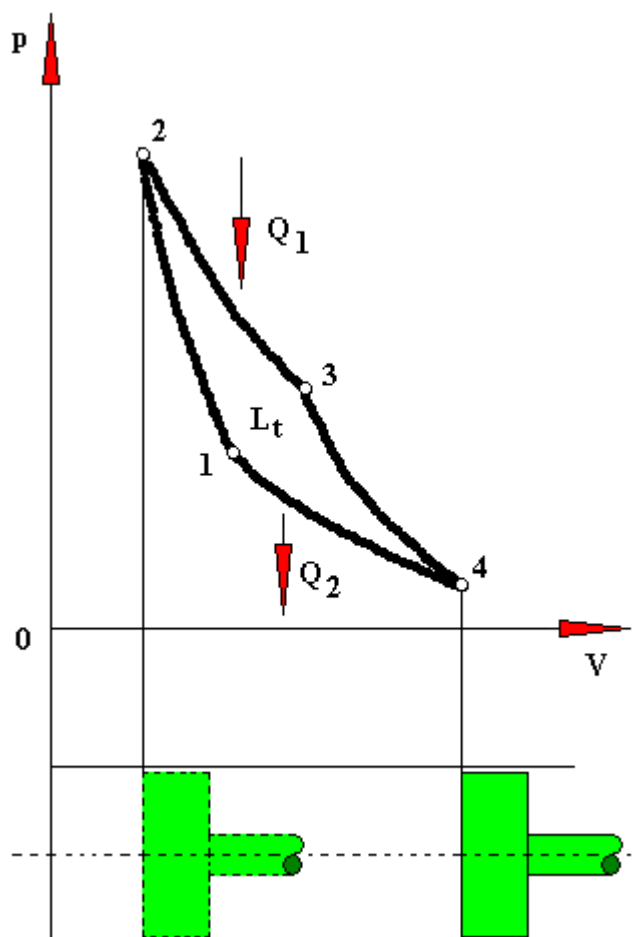
Zgodnie z I zasadą termodynamiki w zastosowaniu do obiegu, wykonana praca jest równoważna doprowadzonemu ciepłu. Natomiast miarą ilości pracy otrzymanej z obiegu silnika cieplnego jest na wykresie p-V pole figury zamkniętej linią obiegu.

Prace nad teorią obiegów cieplnych zapoczątkował Francuz Sadi Carnot. Wynikiem jego prac było ustalenie faktu, że warunkiem koniecznym zamiany ciepła na pracę jest istnienie różnicy temperatur, tj. istnienie dwóch źródeł ciepła: górnego (gorącego) oraz dolnego (zimnego). Obieg Carnota jest obiegiem odwracalnym, ponieważ w jego skład wchodzi tylko przemiany odwracalne. Na rys. 1 przedstawiono obieg

Carnota w układzie ciśnienie-objętość (p - V). W skład tego obiegu wchodzi cztery przemiany:

- dwie przemiany izotermiczne 4-1 oraz 2-3;
- dwie przemiany adiabatyczne 1-2 oraz 3-4.

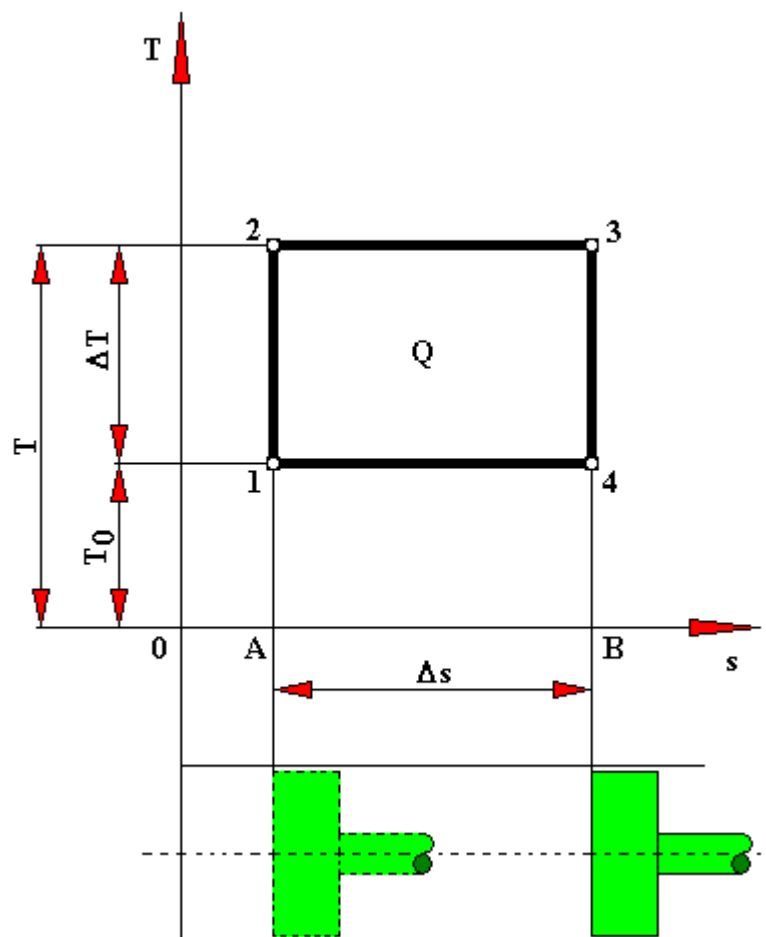
W czasie przemiany izotermicznej 4-1 czynnik oddaje ciepło do źródła o temperaturze niższej, natomiast podczas przemiany 2-3 czynnik pobiera ciepło ze źródła o temperaturze wyższej.



Rys. 1. Obieg Carnota w układzie ciśnienie-objętość (p - V)

Q_1 – ciepło doprowadzone do czynnika podczas obiegu; Q_2 – ciepło odprowadzone od czynnika podczas obiegu; L_t – ilość ciepła zamienionego na pracę obiegu

Na rys. 2 (obieg Carnota w układzie entropia-temperatura) pole A-2-3-B-A oznacza ciepło Q_1 doprowadzone do czynnika podczas obiegu. Pole 4-1-A-B-4 oznacza ciepło Q_2 odprowadzone od czynnika podczas obiegu. Różnica tych pól, czyli pole 1-2-3-4-1 przedstawia ciepło Q zamienione na pracę obiegu. Na wykresie T-s ilościom ciepła Q_1 oraz Q_2 odpowiadają pola powierzchni prostokątów o podstawie równej Δs .



Rys. 2. Obieg Carnota w układzie entropia – temperatura (s-T)

$$Q_1 = T \cdot \Delta s$$

$$Q_2 = T_0 \cdot \Delta s$$

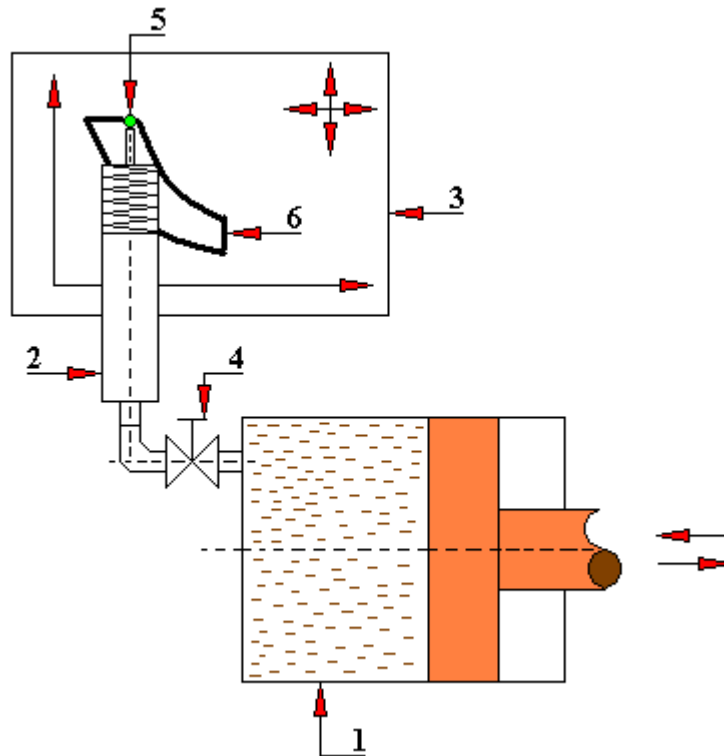
$$Q = Q_1 - Q_2$$

$$Q = (T - T_0) \cdot \Delta s = \Delta T \cdot \Delta s$$

Sprawność teoretyczna η_t obiegu Carnota wynosi:

$$\eta_t = \frac{\Delta T}{T}$$

Powyższy wzór wskazuje, że sprawność teoretyczna η_t obiegu Carnota zależy tylko od temperatur źródeł ciepła (górnego i dolnego). Im wyższa jest temperatura źródła górnego T oraz im niższa jest temperatura źródła dolnego T_0 , tym sprawność obiegu jest większa. W przypadku teoretycznym gdyby temperatura T_0 osiągnęła wartość zero Kelwina, wówczas sprawność obiegu wynosiłaby 1. W każdym innym przypadku sprawność obiegu Carnota jest mniejsza od jedności (mniejsza od 100%).



Rys. 3. Schemat ogólny indykatora mechanicznego (rys. J. Mikołajczyk)

1 – cylinder indykowanej maszyny; 2 – manometr pomiarowy; 3 – rejestrator wyników; 4 – zawór odcinający; 5 – pisak rejestratora; 6 – obraz przebiegu mierzonych ciśnień

4.2. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest:

- pomiar ciśnienia sprężania w rzeczywistym silniku spalinowym z zapłonem iskrowym;
- wyliczenie wartości ciśnień panujących w rzeczywistym silniku spalinowym z zapłonem iskrowym na podstawie zależności teoretycznych;
- porównanie wyników i wyciągnięcie wniosków.

4.3. Opis ćwiczenia

W ćwiczeniu wykorzystamy czterocylindrowy czterosurowy silnik spalinowy z zapłonem iskrowym. Do pomiaru ciśnienia sprężania użyjemy manometru rejestrującego z gumową końcówką. Pomiaru ciśnienia sprężania dokonamy na zimnym silniku (w przypadku praktycznego warsztatowego diagnozowania silnika tą metodą pomiaru ciśnienia sprężania dokonuje się na silniku nagrzanym do temperatury pracy ok. $85 \div 95^\circ\text{C}$). Ciśnienie sprężania świadczy o szczelności następujących układów:

- tłok z pierścieniami tłokowymi;
- tuleja cylindrowa;

- głowica z zaworami i uszczelką.

Czynności wykonywane podczas pomiaru ciśnienia sprężania:

- wykręcamy wszystkie świece zapłonowe;
- odłączamy układ zapłonowy i dopływ paliwa;
- maksymalnie otwieramy przepustnicę;
- dociskamy gumową końcówkę manometru do otworu po świecy zapłonowej i kręcąc rozrusznikiem (kilka obrotów wału korbowego do momentu, aż ciśnienie przestanie wzrastać) dokonujemy pomiaru ciśnienia. Czynność tę powtarzamy dla kolejnych cylindrów silnika.

4.4. Opracowanie wyników

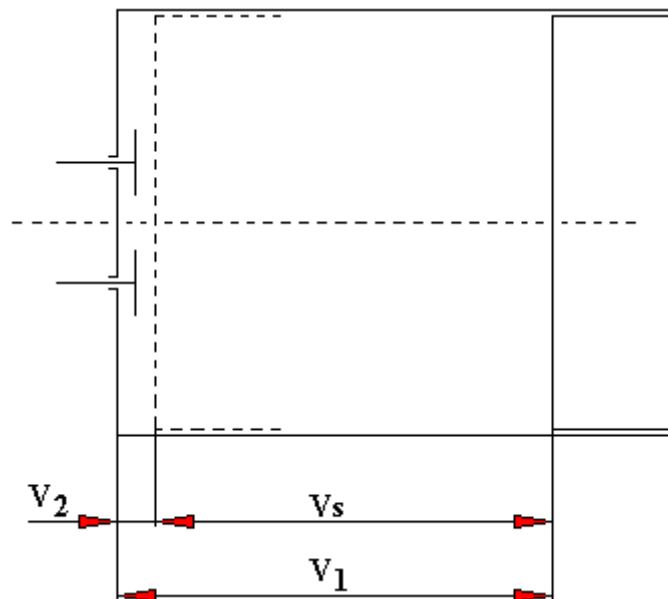
Tab. 1. Zestawienie wyników

Cylinder	Ciśnienie mierzone [bar]	Ciśnienie mierzone średnie [bar]	Ciśnienie obliczone średnie [bar]	Ciśnienie obliczone orientacyjne [bar]
1				
2				
3				
4				

Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów obliczamy średnią wartość ciśnienia odrzucając wartości skrajne.

Następnie obliczamy teoretyczną wartość ciśnienia sprężania p_2 znając następujące dane silnika (pobrane z tabliczki znamionowej):

- stopień sprężania ϵ ;
- pojemność skokowa silnika V_s ;
- ilość cylindrów i .



Rys. 4. Schemat pomocniczy silnika przeznaczony do obliczeń teoretycznych (rys. J. Mikołajczyk)

V_1 – pojemność całkowita cylindra; V_2 – pojemność komory sprężania;

V_s – pojemność skokowa cylindra; ϵ – stopień sprężania; i – ilość cylindrów

$$V_1 = \frac{\text{pojemność całkowita silnika}}{\text{ilość cylindrów } i}$$

$$V_1 = V_2 + V_s$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \epsilon$$

Dla przemiany politropowej (adiabatycznej) można wyliczyć ciśnienie sprężania teoretyczne p_2 z następującej zależności:

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{V_1}{V_2}$$

gdzie: p_1 – ciśnienie panujące w cylindrze na początku suwu sprężania (dla silników wolnossących jest to ciśnienie atmosferyczne p_0)

W praktyce warsztatowej orientacyjne ciśnienie sprężania p_2 można określić z następującej zależności:

$$p_{2\max} = 0,12 \cdot \epsilon \text{ [MPa]}$$

W sprawozdaniu z niniejszego ćwiczenia należy umieścić:

- tabelę wyników;
- rysunek obiegu porównawczego badanego silnika;
- opis przebiegu ćwiczenia;
- wnioski.

4.5. Pytania sprawdzające

- Zdefiniować przemianę adiabatyczną.
- Scharakteryzować różnicę pomiędzy silnikiem z zapłonem iskrowym a silnikiem z zapłonem samoczynnym.
- Narysować obieg porównawczy i indykatorowy silnika z zapłonem iskrowym.

6. Literatura

- Lewiński J.: Wymiana ciepła. Wydawnictwo PWSZ w Pile, Piła 2012.
- Różański S.A.: Fizyka. Repetytorium dla studentów I roku studiów inżynierskich. Wydawnictwo PWSZ w Pile, Piła 2011.
- Różański S.A.: Przez fizykę na skróty. Wydawnictwo PWSZ w Pile, Piła 2013.
- Różański S.A.: Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki wspomagane komputerem. Wydawnictwo PWSZ w Pile, Piła 2014.
- Skorka M.: Fizyka. Podręcznik dla studentów wyższych technicznych studiów zawodowych dla pracujących. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1973.
- Staniszewski B.: Termodynamika. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1978.