

**PAŃSTWOWA WYŻSZA SZKOŁA ZAWODOWA  
W PIŁE**

INSTYTUT POLITECHNICZNY

Zakład Budowy i Eksploatacji Maszyn

PRACOWNIA TERMODYNAMIKI TECHNICZNEJ

**INSTRUKCJA**

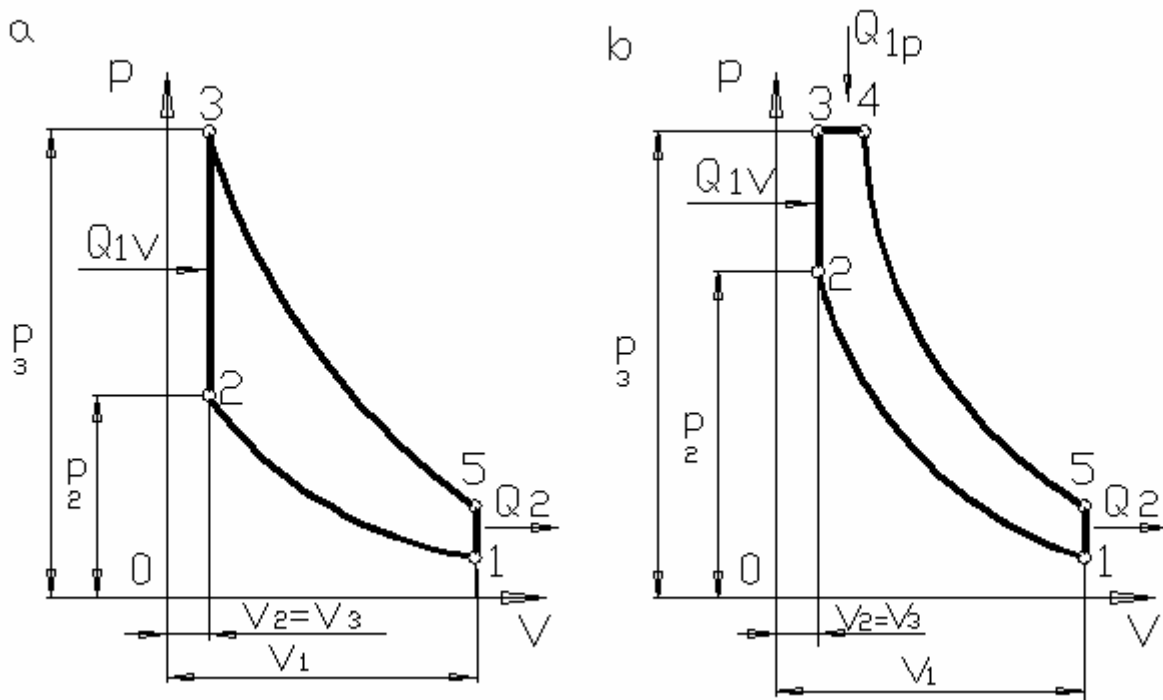
Temat ćwiczenia: ***POMIAR CIŚNIENIA SPREŻANIA SILNIKA SPALINOWEGO.***

Piła 2008r.

# 1. Wprowadzenie:

Silnik spalinowy jest maszyną cieplną realizującą proces zamiany ciepła (dostarczonego w postaci paliwa) na pracę mechaniczną, odbieraną przez urządzenia robocze napędzane przez ten silnik. Silniki spalinowe tłokowe pracują cyklicznie, to znaczy, że w stanie ustalonym każdy cykl pracy rozpoczyna się od takich samych i kończy na takich samych parametrach czynnika roboczego. W trakcie trwania poszczególnych suwów parametry czynnika roboczego zmieniają się bardzo szybko. Jedynymi mierzalnymi parametrami czynnika roboczego zamkniętego wewnątrz cylindra jest jego ciśnienie i objętość, jako, że pomiar temperatury jest w zasadzie wykluczony z uwagi na szybkość zmian tej temperatury w czasie cyklu i na bezwładność czujników do pomiaru.

Teoretyczny przebieg zmian parametrów czynnika roboczego w cylindrze silnika spalinowego z zapłonem iskrowym przedstawia obieg **Otta** – obieg z doprowadzeniem ciepła przy stałej objętości  $V = \text{const}$  ;



Rys. 01. Obieg teoretyczny czterosuwowego silnika spalinowego:

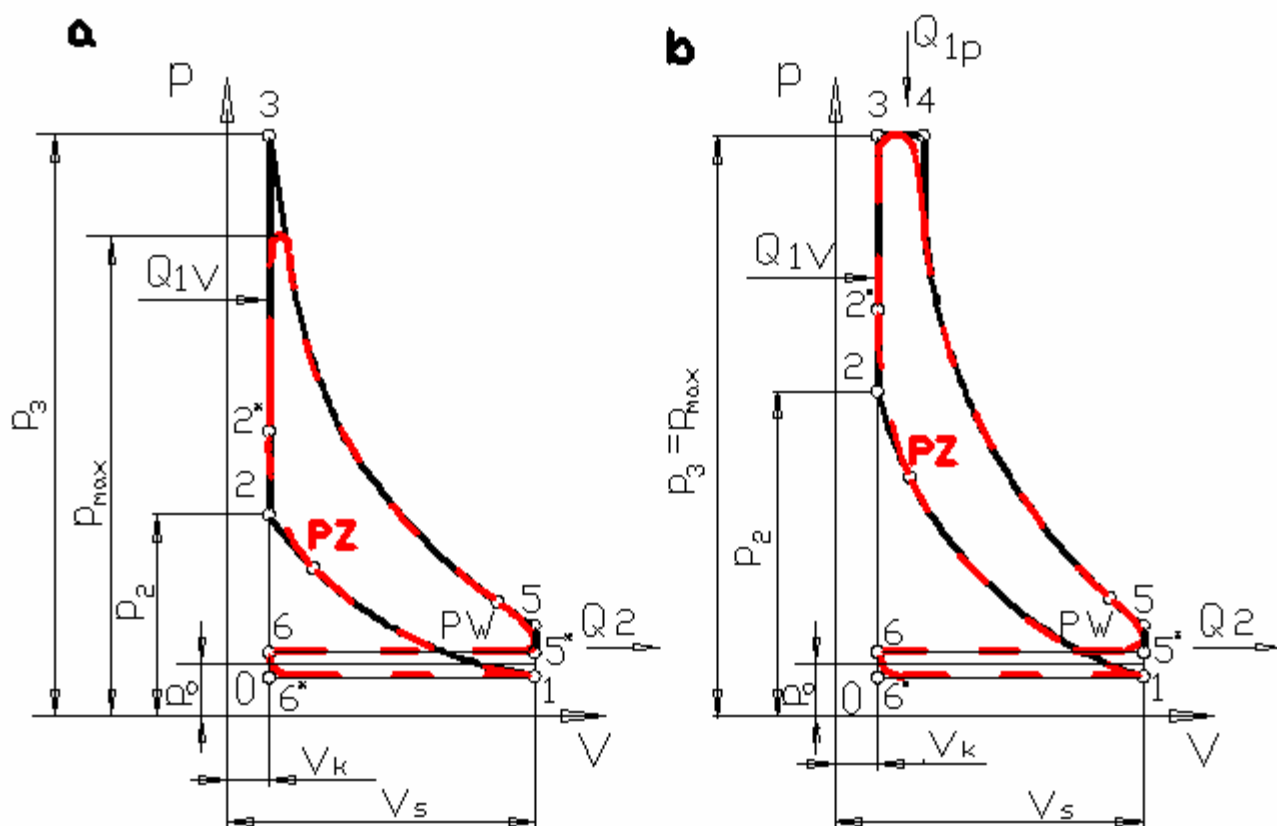
- Obieg **Otta** – obieg teoretyczny z doprowadzeniem ciepła przy stałej objętości ( $V=\text{const}$ ) – obieg teoretyczny - dla silników z zapłonem iskrowym.
- Obieg **mieszany** – obieg teoretyczny z doprowadzeniem ciepła przy stałej objętości ( $V=\text{const}$ ) i stałym ciśnieniu ( $p=\text{const}$ ) – dla silników z zapłonem samoczynnym.

Ponieważ przemiany rzeczywiste zachodzące w cylindrach silników spalinowych znacznie odbiegają od przemian przedstawionych w obiegach teoretycznych, aby była możliwa analiza porównawcza tych zjawisk wprowadzono pojęcie **obiegu porównawczego**. Obiegi porównawcze sporządza się w oparciu o te same założenia i wzory termodynamiczne co obiegi teoretyczne, jednak uwzględnia się dane uzyskane z badań i obserwacji eksploatacyjnych. W obiegach porównawczych czynnikiem roboczym jest mieszanina gazów rzeczywistych, których skład chemiczny i ciepło właściwe ulegają ciągłym zmianom w czasie trwania obiegu, między czynnikiem roboczym a ściankami cylindra oraz głowicą ma miejsce wymiana ciepła.

Dla silników z zapłonem iskrowym obieg porównawczy składa się z politropowego (adiabatyicznego) sprężania (1-2), izochorycznego doprowadzenia ciepła  $Q_{1V}$  (2-3), politropowego (adiabatyicznego) rozprężania gazów spalinowych (3-5), izochorycznego odprowadzenia ciepła  $Q_2$  (5-5\*) oraz procesów związanych z wymianą ładunku, a mianowicie z napełnieniem cylindra (6\*-6) i opróżnieniem cylindra (5\*-6).

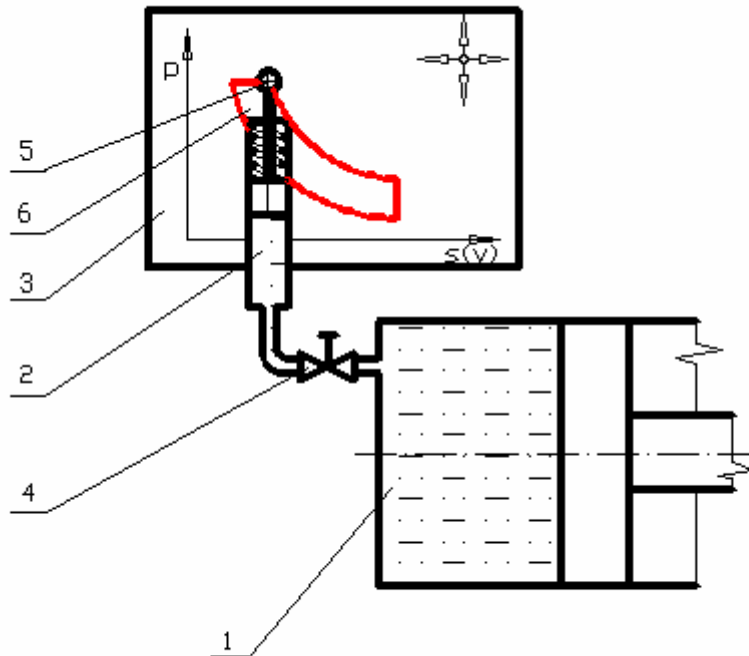
W czasie wymiany ładunku mają miejsce straty przepływu czynnika, które sprawiają, że w czasie dolotu ciśnienie w cylindrze jest niższe od atmosferycznego (podciśnienie) a w czasie suwu wylotu w cylindrze panuje nadciśnienie.

Dla silników z zapłonem samoczynnym obieg porównawczy składa się z politropowego (adiabatyicznego) sprężania (1-2), izochorycznego doprowadzenia ciepła  $Q_{1V}$ (2-3), izobarycznego doprowadzenia ciepła  $Q_{1p}$  (3-4), politropowego (adiabatyicznego) rozprężania (4-5), izochorycznego odprowadzenia ciepła  $Q_2$  (5-5\*), oraz procesów związanych z wymianą ładunku, podobnie jak w obiegu porównawczym silnika z zapłonem iskrowym.



Rys. 02 Wykresy obiegów porównawczych i rzeczywistych (indykatorowe) czterosuwowych silników spalinowych: **a** – z zapłonem iskrowym, **b** – z zapłonem samoczynnym. Wykresy indykatorowe – kolor czerwony.

Na rys. 02 – PZ- oznacza punkt zapłonu, PW – początek wydechu.  
 Rzeczywisty wykres rozkładu ciśnienia w cylindrze silnika spalinowego (sprężarki tłokowej) możemy uzyskać przez indykację silnika (sprężarki), która polega na rejestracji szybkozmiennego ciśnienia w cylindrze w funkcji kąta obrotu wału korbowego.  
 Pierwszy przyrząd do pomiaru zmiennego ciśnienia wewnątrz cylindra maszyny cieplnej opracował James Watt w 1770 roku, rys. 03:



Rys. 03 Indykator mechaniczny James'a Watta.

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

Obecnie do pomiaru szybkozmiennych ciśnień dokonuje się stosując czujniki piezoelektryczne (piezokwarcowe) z odpowiednim osprzętem rejestrującym.

## 2. Cel ćwiczenia:

Celem ćwiczenia jest:

1. Pomiar ciśnienia sprężania  $p_2$  rzeczywistego silnika spalinowego z zapłonem iskrowym.
2. Wyliczenie ciśnienia  $p_2$  na podstawie innych zależności teoretycznych i orientacyjnych.
3. Porównanie wyników i wyciągnięcie wniosków.

### 3. Opis ćwiczenia:

W ćwiczeniu wykorzystamy czterocylindrowy czterosuwowy silnik spalinowy z zapłonem iskrowym. Do pomiaru ciśnienia sprężania użyjemy manometru rejestrującego z końcówką gumową. 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 -95°C ).

Ciśnienie sprężania świadczy o szczelności układu: tłok z pierścieniami tłokowymi, tuleja cylindrowa, głowica z zaworami i uszczelką.

Czynności wykonywane podczas pomiaru ciśnienia sprężania:

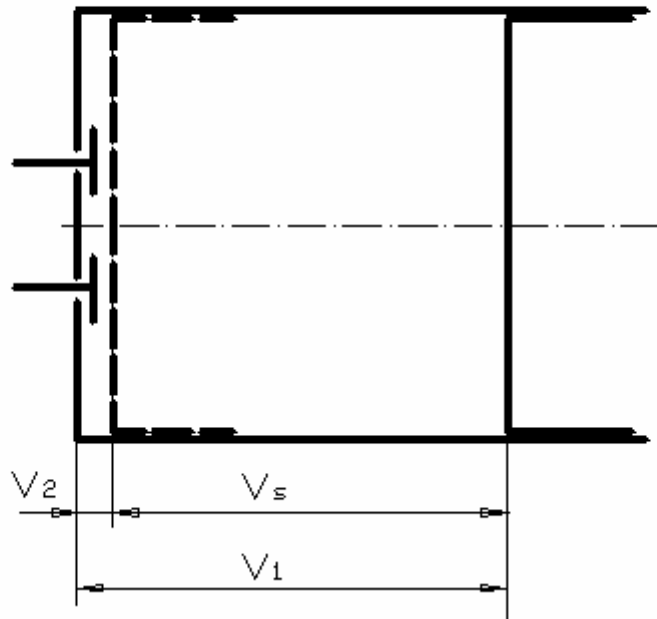
1. Wykręcamy wszystkie świece zapłonowe.
2. Odłączamy układ zapłonowy i dopływ paliwa.
3. Maksymalnie otwieramy przepustnicę.
4. Dociskamy końcówkę gumową manometru do otworu po świecy zapłonowej i kręcąc rozrusznikiem (kilka obrotów wału korbowego – aż ciśnienie przestanie wzrastać) dokonujemy pomiaru ciśnienia. Czynność tą powtarzamy dla kolejnych cylindrów silnika.

### 4. Opracowanie wyników:

Tabela wyników:

Cylinder	Ciśnienie mierzone: [ bar ]	Ciśnienie mierzone śr.: [ bar ]	Ciśnienie oblicz.teoretyczne: [ bar ]	Ciśnienie oblicz.orientacyjne: [ bar ]	Uwagi
1					
2					
3					
4					

1. Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów obliczamy średnią wartość ciśnienia odrzucając wartości skrajne.
2. Znając dane silnika (z tabliczki znamionowej silnika): stopień sprężania – $\epsilon$ , pojemność skokową silnika –  $V_s$ , ilość cylindrów –  $i$ , obliczyć teoretyczną wartość ciśnienia –  $p_2$ :



$V_1$  – pojemność całkowita cylindra  
 $V_2$  - pojemność komory sprężania  
 $V_s$  - pojemność skokowa cylindra  
 $\epsilon$  - stopień sprężania silnika

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

$$V_1 = \epsilon V_2$$

$$V_1 = V_2 + V_s$$

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

Z powyższego układu równań wynika, że:

$$V_2 = \frac{V_s}{\epsilon - 1} \quad V_1 = V_2 + V_s$$

Dla przemiany politropowej (adiabatycznej) możemy wyliczyć ciśnienie sprężania teoretyczne  $p_2$ :

$$p_2 = p_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)$$

gdzie:  $p_1$  – ciśnienie panujący w cylindrze na początku suwu sprężania – dla silników wolnossących jest to ciśnienie atmosferyczne  $p_0$ .

3. W praktyce warsztatowej orientacyjne ciśnienie sprężania można określić z zależności:

$$p_{2\max} = 0.12 \varepsilon \text{ [ MPa ]}$$

W sprawozdaniu z ćwiczenia należy umieścić:

1. Tabelę wyników.
2. Rysunek obiegu porównawczego badanego silnika.
3. Opis przebiegu ćwiczenia.
4. Wnioski.

## 4. Pytania sprawdzające:

1. Zdefiniować przemianę adiabatyczną.
2. Scharakteryzować różnicę między silnikiem z zapłonem iskrowym a silnikiem z zapłonem samoczynnym.
3. Narysować obieg porównawczy i indykowany silnika z zapłonem iskrowym.