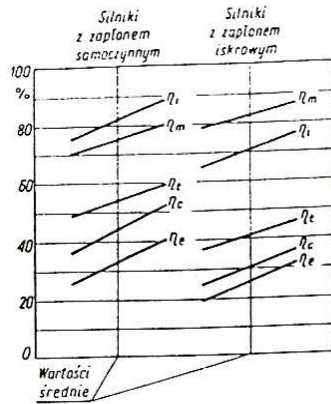


## 4.6 Sprawność silnika

Przy ocenie przemian energetycznych zachodzących w tłokowym silniku spalinowym rozpatruje się następujące sprawności: teoretyczną ( $\eta_t$ ), cieplną ( $\eta_c$ ), indykowaną ( $\eta_i$ ), mechaniczną ( $\eta_m$ ), ogólną (efektywną) ( $\eta_e$ ).



Rys.4.6.1 Orientacyjne wartości sprawności silników z zapłonem iskrowym i samoczynnym.

Jak widać na rysunku (rys.4.6.1) większą sprawność ogólną mają silniki z zapłonem samoczynnym, co tłumaczy się stosowaniem znacznie większego stopnia sprężania niż w silnikach z zapłonem iskrowym.

#### 4.6.1 SPRAWNOŚĆ TEORETYCZNA

Sprawność teoretyczna jest to stosunek ilości ciepła  $Q = Q_1 - Q_2$  zamienianego na pracę w obiegu porównawczym do ilości ciepła  $Q_1$  doprowadzonego do czynnika w tym obiegu:

$$\eta_t = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{Q}{Q_1}$$

Sprawność teoretyczna jest miarą strat ciepła oddawanego dolnemu źródłu. W silniku rzeczywistym odpowiednikiem tych strat są straty wylotowe. Silniki z zapłonem samoczynnym:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\varphi \cdot \delta^k - 1}{(\varphi - 1) + \varphi \cdot k \cdot (\delta - 1)}$$

$\varepsilon$  - stopień sprężania

$\varphi$  - przyrost ciśnienia

$\delta$  - przyrost objętości

Silniki z zapłonem iskrowym:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

#### 4.6.2 SPRAWNOŚĆ CIEPLNA

Sprawność cieplna jest to stosunek ilości ciepła zamienionego na pracę indykowaną  $Q_I$  w rzeczywistym obiegu pracy do ilości ciepła  $Q_d$  doprowadzonego do czynnika w tym obiegu.

$$\eta_c = \frac{Q_I}{Q_d}$$

$Q_d = Q_1 - Q_{ns}$

$Q_d$  - ilość ciepła uzyskana ze spalania paliwa podczas jednego obrotu

$Q_1$  - ciepło doprowadzone do czynnika w obiegu porównawczym

$Q_{ns}$  - straty cieplne spowodowane niezupełnym i niecałkowitym spalaniem paliwa w cylindrze silnika podczas jednego obrotu.

Sprawność cieplną  $\eta_c$  silnika obliczamy mnożąc sprawność obiegu porównawczego  $\eta_t$  przez sprawność indykowaną  $\eta_i$ .

$$\eta_c = \eta_t \cdot \eta_i$$

#### 4.6.3 SPRAWNOŚĆ INDYKOWANA

Sprawność indykowana jest to stosunek ilości ciepła zamienionego na pracę indykowaną do ilości ciepła zamienionego na pracę w obiegu teoretycznym. Przy zachowaniu warunku, że  $Q_1 = Q_d$ :

$$\eta_I = \frac{Q_I}{Q_1 - Q_2} = \frac{\eta_c}{\eta_t}$$

#### 4.6.4 SPRAWNOŚĆ MECHANICZNA

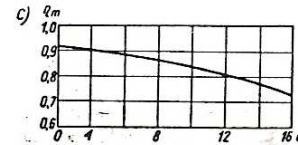
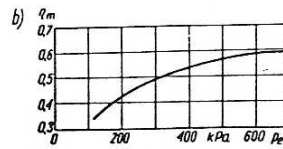
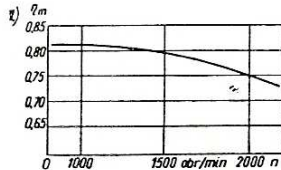
Sprawność mechaniczna jest to stosunek ilości ciepła użytecznego do ilości ciepła zamienionego na pracę indykowaną:

$$\eta_m = \frac{Q_e}{Q_l} = \frac{L_e}{L_l} = \frac{N_e}{N_l} = \frac{p_e}{p_l} = \frac{\eta_e}{\eta_c}$$

jeżeli silnik ma mniejszą moc i jest mniej obciążony, jego sprawność mechaniczna jest mniejsza. Przy najmniejszej prędkości obrotowej biegu luzem cała moc rozwijana przez silnik jest zużywana na pokonanie jego własnych oporów ruchu. Wówczas moc tracona na tarcie w mechanizmach silnika oraz na napęd urządzeń pomocniczych  $N_r = N_i$  i  $N_e = 0$ , a więc:

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i} = 0$$

Na wartość sprawności mechanicznej mają wpływ: prędkość obrotowa, najniższe ciśnienie spalania oraz średnie ciśnienie użyteczne. Ze wzrostem prędkości obrotowej silnika oraz największego ciśnienia spalania wartość  $\eta_m$  maleje. (rys. a i c)



Natomiast ze wzrostem obciążenia silnika, wyrażanym wzrostem średniego ciśnienia użytecznego, rośnie  $\eta_m$  (rys. b). Wynika to stąd, że straty tarcia nie powiększają się wprost proporcjonalnie do średniego ciśnienia użytecznego.

#### 4.6.5 SPRAWNOŚĆ OGÓLNA

Sprawność ogólna jest miarą wykorzystywania energii zawartej w paliwie. Określa więc, skuteczność zamiany energii cieplnej zawartej w paliwie na energię mechaniczną oddawaną przez silnik odbiomnikowi mocy. Sprawnością ogólną nazywamy stosunek ilości ciepła użytecznego  $Q_e$  do ilości ciepła  $Q_d$  doprowadzonego do czynnika w rzeczywistym obiegu pracy.

$$\eta_e = \frac{Q_e}{Q_d}$$

Sprawność ogólna  $\eta_e$  określa wszystkie straty w silniku i dlatego można ją przedstawić jako iloczyn sprawności cieplnej  $\eta_c$  i mechanicznej  $\eta_m$ .

$$\eta_e = \eta_c \cdot \eta_m = \eta_t \cdot \eta_i \cdot \eta_m$$

$$\eta_e = \frac{N_e}{G_e \cdot W_u}$$

$$\eta_e = \frac{1}{q_e \cdot W_u}$$

$N_e$  - moc użyteczna w kW

$G_e$  - zużycie paliwa w kg/s lub  $m^3/s$

$W_u$  - wartość opałowa paliwa kJ/kg lub  $kJ/m^3$

$q_e$  - jednostkowe zużycie paliwa