

## Esercizio:

Una macchina termica funziona secondo un ciclo Otto ideale di riferimento ad aria standard. Sono noti i seguenti valori delle grandezze di processo:

- temperatura minima,  $T_{\min} = 23 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- pressione minima,  $p_{\min} = 1.4 \text{ bar}$ ;
- massima variazione di entropia specifica subita dal fluido,  $\Delta s_{\max} = 690 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ .

Sapendo che la pressione al termine della fase di compressione è 15 bar, determinare le seguenti grandezze:

- lavoro specifico netto  $l_n$ ;
- rendimento termico  $\eta$ .

## Svolgimento:

Sul diagramma T-s il ciclo Otto ideale risulta composto da due adiabatiche reversibili, 1→2 e 3→4 e da due isocore reversibili 2→3 e 4→1 (Figura 1).

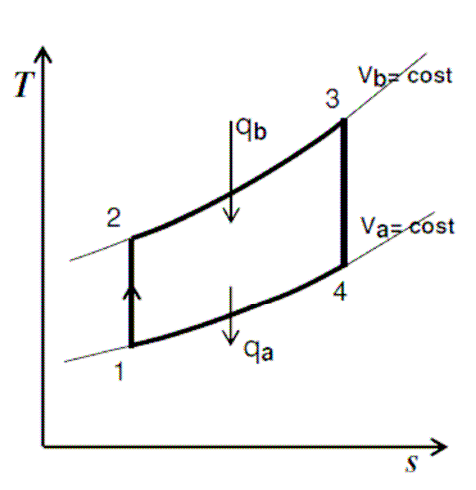


Figura 1: diagramma T-s del ciclo Otto ideale

Il fluido di processo è l'aria standard, i cui parametri sono:

- $R = 287 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
- $\gamma = 7/5 = 1.4$

da cui segue che  $c_v = R/(\gamma - 1) = 287/(1.4 - 1) = 717.5 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ .

$$T_{\min} = T_1 = 296.15 \text{ K}$$

$$p_{\min} = p_1 = 140000 \text{ Pa}$$

$$p_2 = 1500000 \text{ Pa}$$

$$V_1 = V_4 = V_a$$

$$V_2 = V_3 = V_b$$

## Calcolo di $T_2$ :

Dato che la trasformazione 1→2 è una isoentropica reversibile possiamo determinare la temperatura finale dalla relazione costitutiva:

$$T \cdot p^{(1-\gamma)/\gamma} = \text{cost}$$

quindi

$$T_1 \cdot p_1^{(1-\gamma)/\gamma} = T_2 \cdot p_2^{(1-\gamma)/\gamma}$$

$$T_2 = [T_1 \cdot p_1^{(1-\gamma)/\gamma}] / p_2^{(1-\gamma)/\gamma} = 592.3 \text{ K}$$

### **Calcolo di T<sub>3</sub>:**

La variazione di entropia specifica massima nell'isocora ideale 2→3 è data dalla seguente equazione:

$$\Delta s_{\text{max}} = c_v \cdot \ln(T_3/T_2)$$

quindi

$$T_3 = T_2 \cdot e^{(\Delta s_{\text{max}}/c_v)} = 1549.5 \text{ K}$$

### **Calcolo di T<sub>4</sub>:**

Come per tutti i cicli di riferimento con due politropiche a due a due uguali, vale la seguente relazione fra le temperature:

$$T_1 \cdot T_3 = T_2 \cdot T_4$$

perciò

$$T_4 = (T_1 \cdot T_3) / T_2 = 774.75 \text{ K}$$

Ora conosciamo tutti i dati necessari al calcolo di lavoro netto e rendimento.

### **Calcolo del lavoro specifico netto:**

In una trasformazione adiabatica ideale il lavoro scambiato è dato dalla seguente equazione

$$| -l_t | = c_v \cdot \Delta T$$

quindi

$$l_{t,1 \rightarrow 2} = -c_v \cdot (T_2 - T_1) = -212.5 \text{ kJ/kg}$$

$$l_{t,3 \rightarrow 4} = -c_v \cdot (T_4 - T_3) = +555.9 \text{ kJ/kg}$$

Il lavoro specifico netto risulta

$$l_n = l_{t,1 \rightarrow 2} + l_{t,3 \rightarrow 4} = +343.4 \text{ kJ/kg}$$

**Calcolo del rendimento termico:**

$$\eta = 1 - (T_1/T_2) \approx 0.5 = 50\%$$

**Esercizio:**

Per riscaldare una certa portata di un fluido organico (fluido freddo) è utilizzato uno scambiatore a correnti parallele con disposizione controcorrente.

Il fluido caldo entra nello scambiatore alla temperatura  $T_{c,i} = 38 \text{ °C}$  e possiede la medesima capacità termica della portata del fluido freddo. La differenza di temperatura tra i due fluidi deve essere mantenuta al valore  $\Delta = 7 \text{ K}$ .

Sapendo che il numero di unità di trasporto dello scambiatore è  $NTU = 1.9$ , determinare le seguenti grandezze:

- efficienza dello scambiatore  $\varepsilon$ ;
- temperatura d'ingresso del fluido freddo  $T_{f,i}$ .

**Svolgimento:**

$$T_{c,i} = 311.15 \text{ K} = 38 \text{ °C}$$

$$C_c = C_f$$

$$\Delta = 7 \text{ K}$$

$$NTU = 1.9$$

Per la disposizione controcorrente

$$T_{f,u} = T_{c,i} - \Delta = 304.15 \text{ K} = 31 \text{ °C}$$

Dato che  $C_c = C_f$  si ha che

$$C_r = C_c/C_f = 1$$

**Calcolo dell'efficienza dello scambiatore:**

L'efficienza  $\varepsilon$  dello scambiatore, risultando indeterminata se calcolata tramite la formula generale, deve essere ottenuta come limite

$$\lim_{C_r \rightarrow 1} \varepsilon = NTU/(NTU + 1) \approx 0.65 = 65\%$$

**Calcolo della temperatura d'ingresso del fluido freddo:**

Per la disposizione controcorrente vale

$$(T_{c,i} - T_{f,i}) * \varepsilon = T_{f,u} - T_{f,i}$$

quindi

$$T_{f,i} = (\varepsilon * T_{c,i} - T_{f,u}) / (\varepsilon - 1) = 291.15 \text{ K} = 18 \text{ °C}$$