

.....
NOME e COGNOME

.....
CORSO di LAUREA

.....
Voto

Esercizio 1

In una turbina a vapore d'acqua le condizioni di entrata sono:

$$p_e = 4 \text{ Mpa}, t_e = 450 \text{ }^\circ\text{C} \text{ e } w_e = 120 \text{ m/s}$$

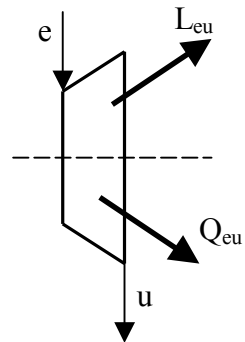
Le condizioni di uscita sono:

$$t_u = 100 \text{ }^\circ\text{C}, x_u = 1 \text{ e } w_u = 100 \text{ m/s}.$$

Il lavoro tecnico utile è pari a $L'_{eu} = 600 \text{ kJ/kg}$, mentre le variazioni di energia potenziale tra entrata ed uscita sono trascurabili.

Si rappresenti la trasformazione nel diagramma (h, s) fornito, e si calcoli:

1. La quantità di calore Q_{eu} dispersa nell'ambiente;
2. La generazione di entropia per unità di massa di vapore $(\Delta s_{irr})_{eu}$, espressa in $\text{kJ}/(\text{kg K})$, nell'ipotesi che l'ambiente si trovi ad una temperatura $T_a = 300 \text{ K}$.



Esercizio 2

Si stimi il flusso termico per unità di lunghezza scambiato complessivamente, per convezione naturale ed irraggiamento, dalla superficie esterna di una tubazione orizzontale molto lunga, avente diametro $D = 0.2 \text{ m}$, emissività $\varepsilon = 0.8$ e temperatura superficiale $t_s = 80 \text{ }^\circ\text{C}$.

La tubazione è posta in un ambiente di grandi dimensioni, in cui l'aria ha una temperatura $t_\infty = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ e le pareti sono alla temperatura $t_p = 15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Note

1. Per valutare il coefficiente di scambio termico convettivo si utilizzi la seguente correlazione (Churchill & Chu, 1975), specifica per convezione naturale da cilindri orizzontali:

$$\overline{Nu}_D = \left\{ 0.60 + \frac{0.387 Ra_D^{1/6}}{\left[1 + (0.559 / Pr)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 \quad \text{valida per } 10^{-5} < Ra_D < 10^{12}$$

2. Si assumano le seguenti proprietà per l'aria:

$$(g \beta) / \nu^2 = 9.33 \times 10^7 \text{ } 1/(\text{m}^3 \text{ K}); \quad k = 0.028 \text{ W}/(\text{m K}); \quad Pr = 0.704$$

3. La costante di Stefan-Boltzmann vale:

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$$

Soluzioni

Esercizio 1

Dal diagramma (h , s) di Mollier:

$$h_e = 3330 \text{ kJ/kg}, \quad s_e = 6.9 \text{ kJ/kg K}$$

$$h_u = 2680 \text{ kJ/kg}, \quad s_u = 7.4 \text{ kJ/(kg K)}$$

Dal bilancio di primo principio per sistemi aperti:

$$\dot{Q}_{eu} = \dot{L}'_{eu} + (h_u - h_e) + \frac{w_u^2 - w_e^2}{2} = -72.2 \text{ kJ/kg}$$

Dal bilancio d'entropia per sistemi aperti:

$$(\Delta s_{irr})_{eu} = s_u - s_e - \frac{\dot{Q}_{eu}}{T_a} = 0.741 \text{ kJ/(kg K)}$$

Esercizio 2

Per la convezione naturale:

$$Ra_D = Gr_D Pr = \left(\frac{g\beta}{\nu^2} \Delta T D^3 \right) Pr = 3.15 \times 10^7$$

$$\overline{Nu}_D = \left\{ 0.60 + \frac{0.387 Ra_D^{1/6}}{\left[1 + (0.559 / Pr)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 = 39.77$$

$$\bar{h} = \frac{\overline{Nu}_D k}{D} = 5.57 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

$$q''_{conv} = \bar{h}(t_s - t_\infty) = 334.1 \text{ W/m}^2$$

$$q'_{conv} = q''_{conv} \pi D = 209.9 \text{ W/m}$$

Per l'irraggiamento:

$$q''_{irr} = \frac{q}{A} = \varepsilon \sigma (T_s^4 - T_p^4) = 392.8 \text{ W/m}^2$$

$$q'_{irr} = q''_{irr} \pi D = 246.8 \text{ W/m}$$

Complessivamente, il flusso termico scambiato per unità di lunghezza della tubazione è:

$$q' = q'_{conv} + q'_{irr} = 456.7 \text{ W/m}$$