

.....  
NOME e COGNOME

.....  
CORSO di LAUREA

.....  
VOTO

## Tema A

### Termodinamica

In una turbina a vapore le condizioni di entrata del vapore sono

$$p_e = 3 \text{ MPa}, t_e = 400^\circ \text{C} \text{ e } w_e = 160 \text{ m/s}$$

Le condizioni di uscita sono

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

Il lavoro tecnico utile è pari a  $L_{eu}' = 540 \text{ kJ/kg}$ , mentre le variazioni di energia potenziale tra entrata ed uscita sono trascurabili. Si calcolino:

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 a  $300 \text{ K}$

### Trasmissione del calore

Uno scambiatore di calore a tubi concentrici in controcorrente riscalda una portata  $\dot{m}_f$  d'acqua da  $20^\circ \text{C}$  a  $80^\circ \text{C}$  utilizzando una portata  $\dot{m}_c$  di olio diatermico che si raffredda da  $160^\circ \text{C}$  a  $140^\circ \text{C}$ . Il tubo interno ha diametro  $D_i = 20 \text{ mm}$ , ed il coefficiente globale di scambio termico, riferito alla superficie interna, vale  $U_i = 500 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ . Il flusso termico scambiato in condizioni di progetto è pari a  $q = 3000 \text{ W}$ .

1. Tracciare gli andamenti della temperatura dei fluidi.
2. Determinare la lunghezza dello scambiatore.

Dopo un periodo d'uso, con le stesse portate  $\dot{m}_f$  e  $\dot{m}_c$  e le stesse temperature entranti, si trova che la temperatura dell'acqua all'uscita è scesa a  $65^\circ \text{C}$ .

3. Determinare la corrispondente temperatura di uscita dell'olio diatermico ed il nuovo coefficiente globale di scambio termico  $U_i^*$ .

## Termodinamica

Dal diagramma di Mollier:

$$h_e = 3231 \text{ kJ/kg}, s_e = 6,921 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$h_u = 2676 \text{ kJ/kg}, s_u = 7,355 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$Q_{eu} = L'_{eu} + (h_u - h_e) + \frac{w_u^2 - w_e^2}{2} = -22,8 \text{ kJ/kg}$$

$$(\Delta s_{irr})_{eu} = s_u - s_e - \frac{Q_{eu}}{T_a} = 0,51 \text{ kJ/(kg K)}$$

## Trasmissione del calore

$$\Delta t_{ml} = \frac{(\Delta t_1 - \Delta t_2)}{\ln\left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}\right)} = 98,7 \text{ K} \quad q = A_i U_i \Delta t_{ml} \Rightarrow A_i = \frac{q}{U_i \Delta t_{ml}} = 0,0608 \text{ m}^2$$

$$A_i = \pi D_i L \Rightarrow L = \frac{A_i}{\pi D_i} = 0,96 \text{ m}$$

$$q^* = \dot{m}_f c_f (t_{fu} - t_{fe}) \quad q = \dot{m}_f c_f (t_{fu} - t_{fe}) \Rightarrow q^* = q \frac{(t_{fu} - t_{fe})^*}{(t_{fu} - t_{fe})} = 2250 \text{ W}$$

Similmente

$$q^* = \dot{m}_c c_c (t_{ce} - t_{cu}) \quad q = \dot{m}_c c_c (t_{ce} - t_{cu}) \Rightarrow (t_{ce} - t_{cu})^* = \frac{q^*}{q} (t_{ce} - t_{cu}) \Rightarrow t_{cu} = 145^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_{ml} = \frac{(\Delta t_1^* - \Delta t_2^*)}{\ln\left(\frac{\Delta t_1^*}{\Delta t_2^*}\right)} = 109,3 \text{ K} \quad e \quad U_i^* = \frac{q^*}{A \Delta t_{ml}^*} = 338,6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$