

Esercizio 1

Una portata volumetrica $\dot{V} = 500 \text{ m}^3/\text{h}$ di aria entra in uno scambiatore alla pressione $p_1 = 0,8 \text{ MPa}$ e temperatura $t_1 = 310^\circ\text{C}$, viene riscaldata isobaricamente fino alla temperatura $t_2 = 800^\circ\text{C}$, poi entra in una turbina nella quale espande fino alla pressione $p_3 = 0,1 \text{ MPa}$ e temperatura $t_3 = 370^\circ\text{C}$. L'espansione può essere considerata adiabatica (irreversibile). Considerando l'aria come gas ideale a calori specifici caratteristici costanti, con massa molare $M = 28,97 \text{ kg/kmol}$ e $k = 1,4$ e trascurando le variazioni di energia cinetica e potenziale si chiede di:

1. rappresentare qualitativamente, nei diagrammi (p, v) e (T, s) , le trasformazioni subite dall'aria; e valutare;
2. la potenza ottenuta nel caso di espansione adiabatica irreversibile $P_{irr} \text{ (kW)}$;
3. la potenza ottenuta nel caso di espansione adiabatica reversibile con le stesse condizioni all'ingresso e stessa pressione all'uscita $P_{rev} \text{ (kW)}$;
4. il rendimento isoentropico η_{ie} dell'espansione;
5. il flusso termico fornito all'aria nello scambiatore $q_{12} \text{ (kW)}$;
6. il flusso di entropia generata nel processo $\dot{S}_{irr} \text{ (W/K)}$ considerando che il flusso termico sia fornito da una sorgente termica alla temperatura t_2 ;

Esercizio 2

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

1. tracciare gli andamenti della temperatura dei due fluidi;
2. calcolare la lunghezza dello scambiatore L ;

Dopo un periodo d'uso, con le stesse portate e le stesse temperature entranti, si trova che la temperatura dell'acqua all'uscita è pari a $t_{fu}^* = 65^\circ\text{C}$. In queste condizioni determinare:

3. la temperatura di uscita dell'olio diatermico t_{cu}^* ;
4. il nuovo coefficiente globale di scambio termico U_i^* .

Esercizio 1

$$v_1 = \frac{\bar{R}}{M} \frac{T_1}{p_1} = 0,2092 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \Rightarrow \dot{m} = \frac{\dot{V}}{v_1} = 0,6643 \text{ kg/s}$$

$$P_{irr} = \dot{m} c_p (T_2 - T_3) = \dot{m} R \frac{k}{k-1} (T_2 - T_3) = 287 \text{ kW}$$

reversibile

$$T_{3'} = T_2 \left(\frac{p_2}{p_3} \right)^{\frac{1-k}{k}} = 592 \text{ K} \Rightarrow P_{rev} = \dot{m} c_p (T_2 - T_{3'}) = 321,1 \text{ kW}$$

$$\eta_{ie} = \frac{P_{irr}}{P_{rev}} = 0,894$$

$$q_{12} = \dot{m} c_p (T_2 - T_1) = 327,1 \text{ kW}$$

$$s_3 - s_1 = c_p \ln \left[\frac{T_3}{T_1} \left(\frac{p_3}{p_1} \right)^{\frac{1-k}{k}} \right] = 0,696 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$\dot{m} (s_3 - s_1) = \frac{q_{12}}{T_2} + \dot{S}_{irr} \Rightarrow \dot{S}_{irr} = \dot{m} (s_3 - s_1) - \frac{q_{12}}{T_2} = 0,1575 \frac{\text{kW}}{\text{K}}$$

Esercizio 2

$$\Delta t_{ml} = \frac{(\Delta t_1 - \Delta t_2)}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = 98,7 \text{ K}$$

$$q = A_i U_i \Delta t_{ml} \Rightarrow A_i = \frac{q}{U_i \Delta t_{ml}} = 0,0608 \text{ m}^2$$

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

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

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

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