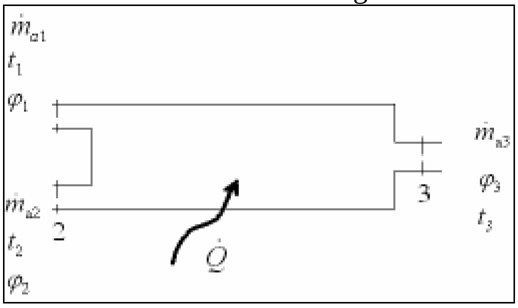
Esercizio 1

In una apparecchiatura per il trattamento aria arrivano due correnti di aria umida che si miscelano.
Le caratteristiche termodinamiche delle due correnti sono le seguenti:



Corrente 1	Corrente 2
$\dot{m}_{a1} = 2000 \frac{kg}{h}$	$\dot{m}_{a2} = 1000 \frac{kg}{h}$
$t_1 = 30\ ^oC$	$t_2 = 10\ ^oC$
$\varphi_1 = 50\%$	$\varphi_2 = 20\%$

La miscela viene riscaldata con una potenza termica pari a 5,2 kW.
Calcolare la temperatura e l'umidità relativa della corrente uscente.

Si consideri: $c_{pa} = 1{,}006\ \frac{kJ}{kg\ K}$. $r_0 = 2501 \frac{kJ}{kg}$ $c_{pv} = 1{,}875\ \frac{kJ}{kg\ K}$ $p_{atm} = 1{,}013\ \ 10^5\ Pa$.

Per valutare la pressione di saturazione utilizzare l'equazione $p_s = 611{,}85\, e^{\frac{17{,}502t}{240{,}9+t}}$ $[P_a]$ *con t espressa in Celsius.*

Esercizio 2.

Un cilindretto di acciaio al nichel, lungo L = 300 *mm* e di diametro pari a D = 50 *mm*, passa per mezzo di un nastro trasportatore attraverso una fornace lunga L_{for} = 6 *m* per un trattamento termico. La temperatura iniziale del cilindretto, T_i, è di 365 *K* e deve raggiungere la temperatura finale T_f, pari a 1100 *K*. Sapendo che la temperatura dei gas nella fornace, T_∞, è di 1540 *K* e che il coefficiente convettivo medio, *h*, è uguale a 80 $\frac{W}{m^2K}$, calcolare la velocità, *w*, del nastro trasportatore.

Si consideri $\rho_{acc} = 7945 \frac{kg}{m^3}$ $\quad k_{acc} = 26 \frac{W}{mK}$ $\quad c_{acc} = 460 \frac{J}{kgK}$ *e come area di scambio termico solo quella del mantello del cilindro.*

Teoria

1. Dimostrare l'equivalenza degli enunciati di Clausius e Kelvin-Planck .
2. Dimostrare che in ciclo di Rankine il lavoro tecnico di compressione è trascurabile rispetto a quello di espansione
3. Ricavare l'espressione della resistenza termica nel caso di conduzione monodimensionale senza generazione di calore in una parete cilindrica.(*Se si utilizza l'equazione di Fourier conviene esprimerla in coordinate cilindriche* $\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(kr\frac{dT}{dr}\right) = 0$).

Soluzione

1)
Valutiamo le condizioni termodinamiche in ingresso.

$$p_{s1} = 4250\ Pa \qquad p_{s2} = 1229\ Pa$$

$$x_1 = 0,622\frac{\varphi_1 p_{s1}}{p_{atm} - \varphi_1 p_{s1}} = 0,622\frac{0,5\cdot 4250}{1,013\cdot 10^5 - 0,5\cdot 4250} = 0,013\frac{kg_v}{kg_a}$$

$$x_2 = 0,622\frac{\varphi_2 p_{s2}}{p_{atm} - \varphi_2 p_{s2}} = 0,622\frac{0,2\cdot 1229}{1,013\cdot 10^5 - 0,2\cdot 1229} = 0,0015\frac{kg_v}{kg_a}$$

$$h_1 = c_{pa}t_1 + (r_0 + c_{pv}t_1)x_1 = 1,006\cdot 30 + \left(2501 + 1,875\cdot 30\right)\cdot 0,013 = 63,4\ \frac{kJ}{kg}$$

$$h_2 = c_{pa}t_2 + (r_0 + c_{pv}t_2)x_2 = 1,006\cdot 10 + \left(2501 + 1,875\cdot 10\right)\cdot 0,0015 = 13,8\ \frac{kJ}{kg}$$

Equazioni di bilancio

$$\dot{m}_{a1}h_1 + \dot{m}_{a2}h_2 + \dot{Q} = \dot{m}_{a3}h_3$$
$$\dot{m}_{a1}x_1 + \dot{m}_{a2}x_2 = \dot{m}_{a3}x_3$$
$$\dot{m}_{a1} + \dot{m}_{a2} = \dot{m}_{a3}$$

$$\dot{m}_{a1} = 0,556\frac{kg}{s} \quad \dot{m}_{a2} = 0,278\frac{kg}{s} \quad \dot{m}_{a3} = 0,834\frac{kg}{s}$$

$$h_3 = \frac{\dot{m}_{a1}h_1 + \dot{m}_{a2}h_2 + \dot{Q}}{\dot{m}_{a3}} = 53,1\frac{kJ}{kg}$$

$$x_3 = \frac{\dot{m}_{a1}x_1 + \dot{m}_{a2}x_2}{\dot{m}_{a3}} = 9,2\cdot 10^{-3}\ \frac{kg_v}{kg_a}$$

$$h_3 = c_{pa}t_3 + (r_0 + c_{pv}t_3)x_3 \quad \Rightarrow t_3 = 29,4\ {}^oC$$

$$p_{s3} = 4106\ Pa$$

$$x_3 = 0,622\frac{\varphi_3 p_{s3}}{p_{atm} - \varphi_3 p_{s3}} \quad \Rightarrow \varphi_3 = 0,36 = 36\%$$

2)

$$L_c = \frac{V}{A} \simeq \frac{\frac{\pi D^2}{4}L}{\pi D L} = \frac{D}{4} = 12,5\cdot 10^{-3}m$$

$$Bi = \frac{hL_c}{k} = \frac{80\cdot 12,5\cdot 10^{-3}}{26} = 0,038 < 0,1$$

$$\tau = \frac{\rho c L_c}{h}\ln\left(\frac{T_i - T_\infty}{T_f - T_\infty}\right) = 561 s$$

$$w = \frac{L_{for}}{\tau} = \frac{6}{646} = 1,1\cdot 10^{-1}\ \frac{m}{s}$$