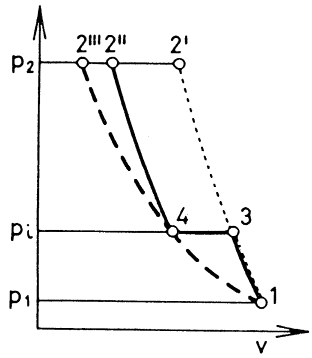
Prova scritta di Fisica Tecnica I – 29/01/2008

Esercizio 1

Un compressore aspira una portata volumetrica di aria $\dot{V}_1 = 150 \dfrac{m^3}{h}$, considerata un gas ideale, alla pressione p_1=1,00 *bar* e alla temperatura t_1=20,0 ^oC e la comprime fino alla pressione p_2= 30,0 *bar*.
Calcolare:

1. La potenza tecnica teorica di compressione supponendo la trasformazione isoterma reversibile.
2. La potenza tecnica teorica di compressione supponendo la trasformazione isoentropica.
3. La potenza tecnica teorica minima di compressione supponendo che la trasformazione isoentropica avvenga in due stadi con inter-refrigerazione fino a t_4=20,0 ^oC .
4. La potenza termica scambiata nelle tre trasformazioni.



Note: Considerare $c_p=1{,}005\ \dfrac{kJ}{kg\ K}$ $R=287{,}0\ \dfrac{J}{kg\ K}$ $k=1{,}40$.

Esercizio 2.

Una termocoppia, di diametro D = 1 *mm* ed emissività $\varepsilon = 0{,}85$, viene utilizzata per misurare in condizioni stazionarie la temperatura di una corrente d'aria, che fluisce con velocità w = 5 *m/s* in una condotta di D_c = 300 *mm*. Le pareti della condotta hanno un emissività $\varepsilon_c = 0{,}9$ e sono ad una temperatura t_p = 227 ^oC. La termocoppia misura una temperatura uguale a t_t= 527 ^oC.
Valutare l'effettiva temperatura del gas.

Note: Considerare come proprietà termofisiche dell'aria: $\nu = 9{,}34 \cdot 10^{-5} \dfrac{m^2}{s}$ $k = 0{,}0596 \dfrac{W}{mK}$.

Per valutare il numero di Nusselt medio utilizzare la correlazione di Mc Adams: $\overline{Nu}_D = 0{,}37 Re_D^{0,6}$

$\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \dfrac{W}{m^2 K^4}$

Teoria

1. Disegnare qualitativamente sui piani *T-s* e *p-h* il ciclo inverso a vapore e ricavare la formula del coefficiente di effetto utile.
2. Ricavare la formula dell'umidità specifica di una miscela di aria umida in funzione dell'umidità relativa.
3. Dimostrare che in condizioni stazionarie l'andamento della temperatura in una parete piana di superficie infinita e spessore L è una funzione lineare.

Soluzione

Esercizio 1

1) $\dot{m} = \frac{\dot{V}_1}{v_1}$

$$v_1 = \frac{RT_1}{p_1} = \frac{287,0*293,15}{1*10^5} = 0,841\frac{m^3}{kg}$$

$$\dot{m} = \frac{150}{0,841*3600} = 4,95*10^{-2}\frac{kg}{s}$$

$$P_{isoter} = -\dot{m}RT_1 \ln\frac{p_2}{p_1} = -4,95*10^{-2}*287,0*293*\ln\frac{30}{1} = -14200\,W = -14,2\,kW$$

2)

$$P_{isoentr} = \dot{m}\frac{k}{k-1}RT_1\left[1-\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right] = 4,95*10^{-2}*\frac{1,40}{0,40}287,0*293,15\left(1-30^{\frac{1,4-1}{1,4}}\right) = -23900\,W = -23,9\,kW$$

3) $p_i = \sqrt{p_1 p_2} = \sqrt{30} = 5,48\,bar$

$$P_{2stadi} = P_{13} + P_{42} = \dot{m}\frac{k}{k-1}RT_1\left\{\left[1-\left(\frac{p_i}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]+\left[1-\left(\frac{p_2}{p_i}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]\right\} = -18200\,W = -18.2\,kW$$

4) $\dot{Q}_{isoterm} = P_{isoterm} = -14,2\,kW$

$\dot{Q}_{isoentr} = 0$

$\dot{Q}_{34} = \dot{m}c_p\left(t_4 - t_3\right)$

$t_4 = 20,0^oC$

$$T_3 = T_1\left(\frac{p_i}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} = 293*\left(\frac{5,48}{1}\right)^{\frac{1,40-1}{1,40}} = 476\,K = 203^oC$$

$$\dot{Q}_{34} = 4,95*10^{-2}*1,005*\left(20-203\right) = -9,10\,kW$$

Esercizio 2

1)

$q_{irr} = q_{conv}$

$T_t = 800,15\,K \qquad T_p = 500,15\,K$

$$Re_D = \frac{Dw}{\nu} = \frac{1\cdot 10^{-3}\cdot 5}{9,34\cdot 10^{-5}} = 53,5$$

$$\overline{Nu_D} = 0,37{Re_D}^{0,6} = 0,37\cdot 53,5^{0,6} = 4,03$$

$$\overline{h} = \frac{k}{D}\overline{Nu_D} = \frac{0,0596}{10^{-3}}\cdot 4,03 = 240\frac{W}{m^2K}$$

$$\overline{h}A_t\left(T_g - T_t\right) = \varepsilon_t A_t \sigma\left(T_t^4 - T_p^4\right)$$

$$T_g = \frac{\varepsilon_t\sigma\left(T_t^4 - T_p^4\right)}{\overline{h}} + T_t = 869,9K = 596,7^oC$$