

.....
NOME e COGNOME.....
CORSO di LAUREA.....
Voto**Esercizio 1**

Nel condensatore di un impianto frigorifero, una portata $\dot{m}_h = 250 \text{ kg/h}$ di refrigerante R-134a entra alla pressione di 2 MPa ed alla temperatura di 80 °C, ed esce alla stessa pressione in condizioni di liquido saturo.

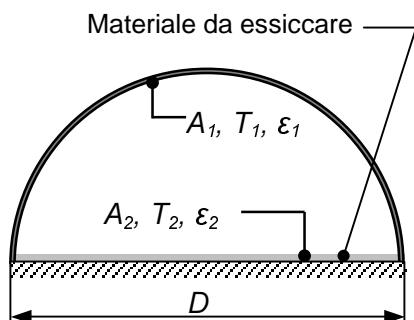
Il fluido di raffreddamento è acqua, con calore specifico $c_c = 4.187 \text{ kJ/(kg K)}$, entrante a 20 °C ed uscente a 30 °C.

Con l'ausilio del diagramma (p, h) allegato, ipotizzando il condensatore adiabatico verso l'esterno e trascurando le variazioni di energia cinetica e potenziale fra ingresso e uscita, determinare:

- 1) Il flusso termico scambiato fra le due correnti fluide;
- 2) La portata di massa dell'acqua \dot{m}_c in [kg/s];
- 3) La variazione di entropia specifica dell'acqua fra entrata ed uscita $(s_{cu} - s_{ce})$;
- 4) La generazione di entropia nello scambiatore \dot{S}_{irr} , espressa in [W/K].

Esercizio 2

Un forno per l'essiccazione è costituito da un lungo canale a sezione semicircolare, come illustrato in figura, con diametro $D = 1 \text{ m}$.



Il materiale da essiccare ricopre completamente la base del forno, mentre la parete semicircolare è mantenuta ad una temperatura $T_1 = 1200 \text{ K}$.

Assumendo che le superfici siano ambedue grigie diffuse, con $\varepsilon_1 = 0.5$ ed $\varepsilon_2 = 0.96$, e che il materiale imbibito d'acqua si trovi a $T_2 = 330 \text{ K}$ durante il processo, determinare:

- 1) Il fattore di vista F_{12} ;
- 2) Il flusso termico scambiato fra le due superfici per unità di lunghezza del forno, q'_{12} ;
- 3) La velocità di essiccazione per unità di lunghezza del forno, \dot{m}' in [kg/(m s)], noto che il calore latente dell'acqua, alla temperatura T_2 , è pari a $r = 2366 \text{ kJ/kg}$.

Nota

La costante di Stefan-Boltzmann vale:

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

Soluzioni

Esercizio 1

Dal diagramma (p, h) per l'R-134a si ha:

$$\begin{aligned}h_{he} &= h_2 = 448 \text{ kJ/kg}; & h_{hu} &= h_3 = 300 \text{ kJ/kg} \\s_{he} &= 1.75 \text{ kJ/kg K}; & s_{hu} &= 1.32 \text{ kJ/kg K}\end{aligned}$$

La portata in massa del refrigerante vale:

$$\dot{m}_h = 250 \text{ kg/h} = 250/3600 = 0.0694 \text{ kg/s}$$

1) Flusso termico scambiato:

$$|q_{23}^-| = \dot{m}_h (h_{he} - h_{hu}) = 0.0694(448 - 300) = 10.27 \text{ kW}$$

2) Dal bilancio entalpico:

$$|q_{23}^-| = \dot{m}_c (h_{cu} - h_{ce}) = \dot{m}_c c_c (t_{cu} - t_{ce})$$

da cui:

$$\dot{m}_c = \frac{|q_{23}^-|}{c_c (t_{cu} - t_{ce})} = \frac{10.27}{4.187(30 - 20)} = 0.245 \text{ kg/s}$$

3) L'acqua è un fluido incompressibile, pertanto:

$$s_{cu} - s_{ce} = c_c \ln \frac{T_{cu}}{T_{ce}} = 4.187 \ln \frac{(273.15 + 30)}{(273.15 + 20)} = 0.141 \text{ kJ/(kg K)}$$

4) Dal bilancio di entropia per un sistema aperto in regime stazionario e senza scambi termici con l'esterno:

$$\begin{aligned}\dot{S}_{irr} &= \sum \dot{m}_u s_u - \sum \dot{m}_e s_e = \dot{m}_h (s_{hu} - s_{he}) + \dot{m}_c (s_{cu} - s_{ce}) \\ \dot{S}_{irr} &= 0.0694(1.32 - 1.75) + 0.245 \cdot 0.141 = 4.7 \cdot 10^{-3} \text{ kW/K} = 4.7 \text{ W/K}\end{aligned}$$

Esercizio 2

- 1) Il fattore di vista F_{12} si ricava facilmente osservando che:

Dalla regola della somma $F_{21} + F_{22} = 1 \rightarrow F_{21} = 1$, poiché $F_{22} = 0$

Dalla legge di reciprocità $A_1 F_{12} = A_2 F_{21} \rightarrow F_{12} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{DL}{\pi D/2 L} = \frac{2}{\pi} = 0.637$

- 2) Trattandosi di una cavità formata da due superfici grigie diffuse si ha:

$$q'_{12} = \frac{q_{12}}{L} = \frac{1}{L} \frac{\sigma(T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1-\varepsilon_1}{A_1 \varepsilon_1} + \frac{1}{A_1 F_{12}} + \frac{1-\varepsilon_2}{A_2 \varepsilon_2}} \quad [\text{W/m}]$$

dove L è la lunghezza del forno.

Sostituendo i valori numerici si ricava:

$$q'_{12} = 69680 \text{ W/m} \cong 69.7 \text{ kW/m}$$

- 3) Da un bilancio di energia sulla superficie 2:

$$q'_{12} = q'_{ev} = \dot{m}' \Delta h = \dot{m}' r$$

da cui:

$$\dot{m}' = \frac{q'_{12}}{r} = \frac{69.7}{2366} = 29.46 \cdot 10^{-3} \text{ kg/(ms)} \cong 29.5 \text{ g/(ms)}$$