Prova scritta di Fisica Tecnica - 03.06.2002

(Ing. Meccanica, Navale, Elettrica, dei Materiali, Elettronica)

……………………….. ……………………….. ……………………..……

NOME e COGNOME **CORSO di LAUREA** **Voto**

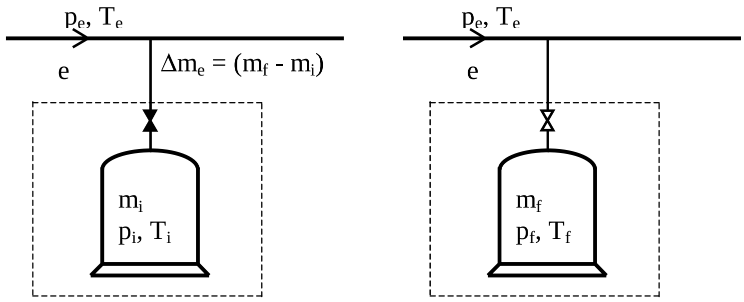
Esercizio 1

Un recipiente di volume $V = 1.5\ m^3$ contiene O_2 alla pressione di 120 kPa e 27 ºC.
Il recipiente è collegato ad una linea di distribuzione di O_2 a 600 kPa e 50 ºC. Dalla linea l'ossigeno entra nel recipiente fino a che la pressione in quest'ultimo raggiunge il valore di 600 kPa.

Assumendo adiabatico il processo di riempimento e trascurabili le energie cinetiche e potenziali, determinare la massa di ossigeno che entra nel recipiente e la temperatura finale nel recipiente.
Si consideri l'ossigeno un gas ideale a calori specifici costanti.

Note:

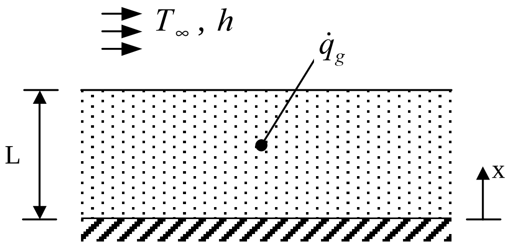
M_{O2} = 32 kg/kmol
$\overline{R}$ = 8314 J/(kmol K)
$k = c_p/c_v = 1.4$



Esercizio 2

Uno strato piano di rifiuti, di spessore L = 2m, è esposto all'aria in superficie, e può essere assunto termicamente isolato sul fondo.

A causa delle reazioni chimiche di ossidazione che hanno luogo nello strato, si ha una generazione interna di calore pari a $\dot{q}_g$ =20 W/m^3.



In regime stazionario e nelle ipotesi che la conduttività termica del materiale alla rinfusa sia pari a k = 0.1 W/(m K), che la temperatura dell'aria sia T_∞ = 35 ºC e che il coefficiente convettivo sia h = 15 W/(m^2 K), valutare:

1) L'andamento della temperatura all'interno dello strato di rifiuti;
2) La temperatura massima.

Soluzioni

Esercizio 1

Se risolto come sistema aperto:

$$U_f - U_i = \hat{Q}_{if} - \hat{L}'_{if} + \sum \Delta m_e \left(h_e + \frac{w_e^2}{2} + g z_e \right) - \sum \Delta m_u \left(h_u + \frac{w_u^2}{2} + g z_u \right)$$

essendo nel nostro caso (una sola entrata):

$\hat{Q}_{if} = \hat{L}'_{if} = \frac{w_e^2}{2} = g z_e = \Delta m_u = 0$, e quindi si ottiene:

$$\boxed{U_f - U_i = m_f u_f - m_i u_i = \Delta m_e h_e = (m_f - m_i) h_e}$$

Se risolto come sistema chiuso:

$$U_f - U_i = \hat{Q}_{if} - \hat{L}_{if}$$

essendo $\hat{Q}_{if} = 0$, risulta $U_f - U_i = -\hat{L}_{if}$

Quindi: $m_f u_f - [m_i u_i + (m_f - m_i) u_e] = -\hat{L}_{if} = (m_f - m_i) p_e v_e$

$$\boxed{m_f u_f - m_i u_i = (m_f - m_i)[u_e + p_e v_e] = (m_f - m_i) h_e}$$

ovviamente uguale al risultato precedente.

Proseguendo:

$$m_f c_v T_f - m_i c_v T_i = m_f c_p T_e - m_i c_p T_e$$

$$m_f (c_v T_f - c_p T_e) + m_i (c_p T_e - c_v T_i) = 0$$

Vi sono 3 incognite, m_i, m_f e T_f, ma m_i e T_f si ricavano dall'equazione di stato:

$$m_i = \frac{p_i V}{R T_i} \qquad\qquad T_f = \frac{p_f V}{m_f R}$$

Sostituendo, dopo alcuni semplici passaggi, si ricava:

$$\boxed{m_f = \frac{V}{k R T_e} \left[p_f + \frac{p_i}{T_i} (k T_e - T_i) \right]}$$

Per l'ossigeno:

$$R = \overline{R} / M_{O2} = 8314/32 = 259.8\ J/(kg\ K)$$

da cui:

$$m_f = 8.434\ kg$$

$$\boxed{\Delta m_e = m_f - m_i = m_f - \frac{p_i V}{R T_i} = 6.13\ kg} \qquad\qquad (m_i = 2.31\ kg)$$

$$\boxed{T_f = \frac{p_f V}{m_f R} = 410.7\ K = 137.6\ ^\circ C}$$

Esercizio 2

Dall'equazione della conduzione, in regime stazionario, scritta per un sistema di riferimento Cartesiano:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(k\frac{\partial T}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(k\frac{\partial T}{\partial z}\right)+\dot{q}_g=0$$

si ricava, osservando che il problema è monodimensionale e la conduttività termica è costante:

$$\frac{d^2T}{dx^2}+\frac{\dot{q}_g}{k}=0$$

che integrata due volte fornisce:

$$\frac{dT}{dx}=-\frac{\dot{q}_g}{k}x+C_1$$

$$T=-\frac{\dot{q}_g}{2k}x^2+C_1x+C_2$$

dove le costanti C_1 e C_2 si ricavano sulla base delle condizioni al contorno.

a) $q''=-k\dfrac{dT}{dx}=0 \qquad \text{per } x=0 \qquad \rightarrow C_1=0$

b) Per ricavare C2 dovremmo conoscere $T_s = T(L)$.
La determinazione di T_s, ad esempio, può ottenersi agevolmente ricorrendo ad un bilancio integrale:
$$\dot{q}_g L = h(T_S - T_\infty)$$
da cui:
$$T_S = T_\infty + \frac{\dot{q}_g L}{h}$$
Il valore di C_2 è quindi dato dalla:

$$C_2 = T_\infty + \dot{q}_g L\left(\frac{L}{2k}+\frac{1}{h}\right)$$

Sostituendo nell'espressione di $T(x)$:

1) $T = T_\infty + \dfrac{\dot{q}_g L}{h}+\dfrac{\dot{q}_g L^2}{2k}\left[1-\left(\dfrac{x}{L}\right)^2\right] = T_S + \dfrac{\dot{q}_g L^2}{2k}\left[1-\left(\dfrac{x}{L}\right)^2\right]$

2) $T_{MAX} = T(0) = 438\ ^\circ C$

Osservazioni:

- la temperatura massima raggiunge un valore che provoca l'autoaccensione della maggior parte dei materiali combustibili;
- la temperatura massima, per tale problema, è scarsamente influenzata dalla temperatura esterna e dal coefficiente convettivo;
- l'effetto più marcato è dovuto allo spessore L: riducendolo da 2 m ad 1m, T_{MAX} si riduce a 138 ºC.