

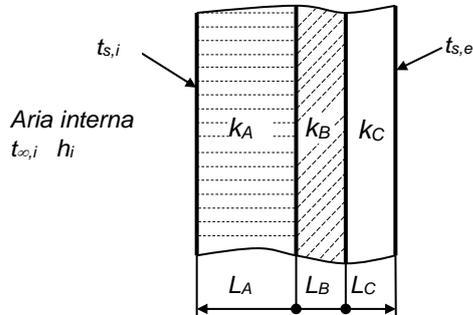
| | | |
|---------------|------------|-----------------|
| Cognome | Nome | Matricola |
|---------------|------------|-----------------|

Ing. Navale. Ing. Civile

Prova scritta di Fisica Tecnica – Trasmissione del Calore – 04.07.2023

Esercizio

Come schematizzato in figura, la parete di un forno è composta di tre materiali diversi, A, B, e C.



È noto il valore della conducibilità termica dei materiali A e C, pari a k_A e k_C , mentre la conducibilità termica del materiale B è incognita.

Gli spessori dei tre strati sono L_A , L_B ed L_C .

A regime le misure effettuate indicano una temperatura della superficie esterna del forno $t_{s,e}$ ed una temperatura della superficie interna $t_{s,i}$, mentre l'aria interna al forno ha una temperatura $t_{\infty,i}$.

Il coefficiente convettivo interno è noto, e pari a h_i .

Determinare:

1. Il valore della conducibilità termica del materiale B, k_B .
2. Le temperature all'interfaccia fra i materiali A e B e fra i materiali B e C.

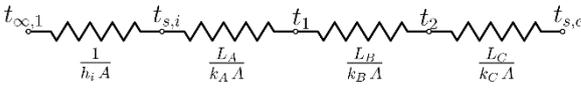
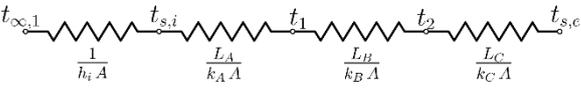
| TEMA | k_A [W/mK] | k_C [W/mK] | L_A [m] | L_B [m] | L_C [m] | $t_{s,e}$ [°C] | $t_{s,i}$ [°C] | $t_{\infty,i}$ [°C] | h_i [W/(m ² K)] |
|----------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| A | 15 | 40 | 0.30 | 0.15 | 0.15 | 30 | 780 | 800 | 25 |
| B | 15 | 50 | 0.40 | 0.15 | 0.15 | 35 | 770 | 800 | 30 |

Teoria

Convezione forzata nei deflussi interni:

- Cosa significa “completo sviluppo dinamico (o di velocità)”?
- Cosa significa “completo sviluppo termico”?

Soluzione

| Tema A | Tema B |
|--|--|
| <p>La rete elettrica equivalente è la seguente:</p> | <p>La rete elettrica equivalente è la seguente:</p> |
|  |  |
| $q = \frac{\Delta T}{R_{Tot}} = \frac{\Delta T}{\sum_i R_i} = \frac{t_{\infty,i} - t_{\infty,e}}{\frac{1}{A} \left[\frac{1}{h_i} + \frac{L_A}{k_A} + \frac{L_B}{k_B} + \frac{L_C}{k_C} \right]}$ $q'' = \frac{q}{A} = \frac{t_{\infty,i} - t_{\infty,e}}{\left[\frac{1}{h_i} + \frac{L_A}{k_A} + \frac{L_B}{k_B} + \frac{L_C}{k_C} \right]} \quad (1)$ | $q = \frac{\Delta T}{R_{Tot}} = \frac{\Delta T}{\sum_i R_i} = \frac{t_{\infty,i} - t_{\infty,e}}{\frac{1}{A} \left[\frac{1}{h_i} + \frac{L_A}{k_A} + \frac{L_B}{k_B} + \frac{L_C}{k_C} \right]}$ $q'' = \frac{q}{A} = \frac{t_{\infty,i} - t_{\infty,e}}{\left[\frac{1}{h_i} + \frac{L_A}{k_A} + \frac{L_B}{k_B} + \frac{L_C}{k_C} \right]} \quad (1)$ |
| <p>Inoltre, il flusso termico specifico può venir calcolato con la seguente relazione, che comprende solo grandezze note:</p> | <p>Inoltre, il flusso termico specifico può venir calcolato con la seguente relazione, che comprende solo grandezze note:</p> |
| $q'' = \frac{t_{\infty,i} - t_{s,i}}{\frac{1}{h_i}} = h_i (t_{\infty,i} - t_{s,i}) = 500 \text{ [W/m}^2\text{]}$ | $q'' = \frac{t_{\infty,i} - t_{s,i}}{\frac{1}{h_i}} = h_i (t_{\infty,i} - t_{s,i}) = 900 \text{ [W/m}^2\text{]}$ |
| <p>Per cui, noto q'', dalla (1):</p> | <p>Per cui, noto q'', dalla (1):</p> |
| $\left[\frac{1}{h_i} + \frac{L_A}{k_A} + \frac{L_B}{k_B} + \frac{L_C}{k_C} \right] = \frac{t_{\infty,i} - t_{s,e}}{q''}$ $\frac{L_B}{k_B} = \frac{t_{\infty,i} - t_{s,e}}{q''} - \left[\frac{1}{h_i} + \frac{L_A}{k_A} + \frac{L_C}{k_C} \right]$ | $\left[\frac{1}{h_i} + \frac{L_A}{k_A} + \frac{L_B}{k_B} + \frac{L_C}{k_C} \right] = \frac{t_{\infty,i} - t_{s,e}}{q''}$ $\frac{L_B}{k_B} = \frac{t_{\infty,i} - t_{s,e}}{q''} - \left[\frac{1}{h_i} + \frac{L_A}{k_A} + \frac{L_C}{k_C} \right]$ |
| <p>Da cui:</p> | <p>Da cui:</p> |
| $k_B = \frac{L_B}{\frac{t_{\infty,i} - t_{s,e}}{q''} - \left[\frac{1}{h_i} + \frac{L_A}{k_A} + \frac{L_C}{k_C} \right]} = 0.102 \text{ [W/mK]}$ | $k_B = \frac{L_B}{\frac{t_{\infty,i} - t_{s,e}}{q''} - \left[\frac{1}{h_i} + \frac{L_A}{k_A} + \frac{L_C}{k_C} \right]} = 0.191 \text{ [W/mK]}$ |
| <p>Si tratta quindi di un materiale isolante, interposto fra refrattario e strato (protezione) esterna.</p> | <p>Si tratta quindi di un materiale isolante, interposto fra refrattario e strato (protezione) esterna.</p> |
| <p>Le temperature alle interfacce t_1 e t_2:</p> | <p>Le temperature alle interfacce t_1 e t_2:</p> |
| $q'' = \frac{t_{s,i} - t_1}{\frac{L_A}{k_A}} = \frac{t_1 - t_2}{\frac{L_B}{k_B}}$ $t_1 = t_{s,i} - q'' \frac{L_A}{k_A} = 770 \text{ [}^\circ\text{C]}$ $t_2 = t_1 - q'' \frac{L_B}{k_B} = 31.88 \text{ [}^\circ\text{C]}$ | $q'' = \frac{t_{s,i} - t_1}{\frac{L_A}{k_A}} = \frac{t_1 - t_2}{\frac{L_B}{k_B}}$ $t_1 = t_{s,i} - q'' \frac{L_A}{k_A} = 746 \text{ [}^\circ\text{C]}$ $t_2 = t_1 - q'' \frac{L_B}{k_B} = 37.70 \text{ [}^\circ\text{C]}$ |
| <p>Com'era prevedibile, il salto termico maggiore avviene proprio attraverso il materiale B.</p> | <p>Com'era prevedibile, il salto termico maggiore avviene proprio attraverso il materiale B.</p> |