

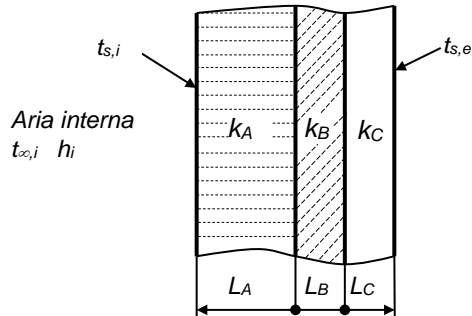
Cognome .....	Nome .....	Matricola .....
---------------	------------	-----------------

**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.

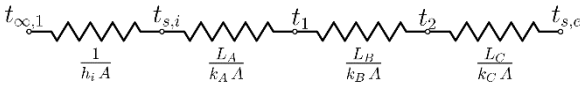
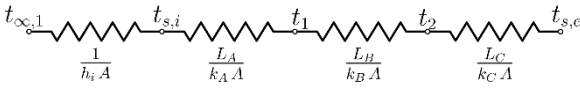
TEMA	$k_A$ [W/mK]	$k_C$ [W/mK]	$L_A$ [m]	$L_B$ [m]	$L_C$ [m]	$t_{s,e}$ [°C]	$t_{s,i}$ [°C]	$t_{\infty,i}$ [°C]	$h_i$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
<b>A</b>	15	40	0.30	0.15	0.15	30	780	800	25
<b>B</b>	15	50	0.40	0.15	0.15	35	770	800	30

**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 <math>q''</math>, dalla (1):</p>	<p>Per cui, noto <math>q''</math>, 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 <math>t_1</math> e <math>t_2</math>:</p>	<p>Le temperature alle interfacce <math>t_1</math> e <math>t_2</math>:</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>