

.....
NOME e COGNOME

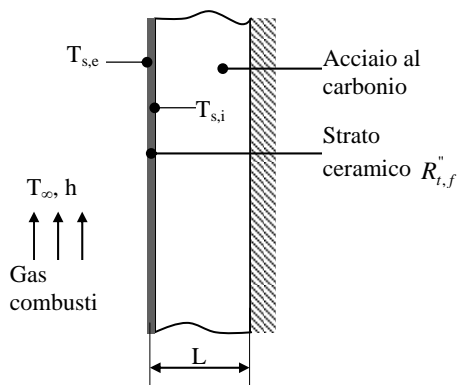
.....
CORSO di LAUREA

.....
Voto/i

Esercizio

La parete di un forno è costituita da una lastra di acciaio al carbonio ($k = 60 \text{ W/(m K)}$, $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$, $c = 430 \text{ J/(kg K)}$) di spessore $L = 15 \text{ mm}$. Per proteggerla dagli effetti corrosivi dei gas di combustione, la superficie interna della lastra è rivestita da uno strato sottile di materiale ceramico con una resistenza termica, per unità di superficie, pari a $R_{t,f}'' = 0.01 \text{ m}^2\text{K/W}$. La superficie opposta può considerarsi perfettamente isolata (adiabatica).

All'avviamento del forno la parete si trova ad una temperatura $T_i = 300 \text{ K}$, ed i gas combusti, con $T_\infty = 1300 \text{ K}$, lambiscono la parete con $h = 50 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$.

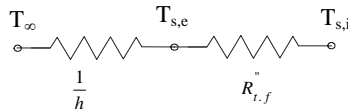


Trascurando la capacità termica dello strato ceramico determinare:

- Il tempo necessario affinché la temperatura all'interfaccia acciaio-strato ceramico, $T_{s,i}$, raggiunga 1200 K ;
- La temperatura della superficie esposta ai gas, $T_{s,e}$, in tale istante.

Soluzione

La presenza dello strato ceramico altera la resistenza termica esterna della parete, che può essere schematizzata come segue:



Pertanto il coefficiente globale di scambio termico (trasmittanza) è:

$$U = \frac{1}{R_{tot} A} = \frac{1}{R_{tot}''} = \left(\sum_i R_i'' \right)^{-1} = \left(\frac{1}{h} + R_{t,f}'' \right)^{-1} = 33.3 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

Il numero di Biot:

$$Bi = \frac{U L}{k} = \frac{33.3 \cdot 0.015}{60} = 8.33 \times 10^{-3} \ll 0.1$$

Quindi è lecito utilizzare il metodo dei parametri concentrati.

a) Con riferimento all'unità di superficie:

$$\frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \exp(-\tau/\tau_t) = \exp(-\tau/RC) = \exp(-\tau U / \rho c L)$$

da cui:

$$\tau = -\frac{\rho L c}{U} \ln \frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty} = 3501 \text{ s } (\approx 0.97 h)$$

b) La temperatura $T_{s,e}$ può si può ottenere attraverso un bilancio sulla superficie esterna:

$$q_{conv}'' = q_{cond}'' \Rightarrow h(T_\infty - T_{s,e}) = \frac{T_{s,e} - T_{s,i}}{R_{t,f}''} \text{ da cui:}$$

$$T_{s,e} = \frac{T_{s,i} + h R_{t,f}'' T_\infty}{1 + h R_{t,f}''} = 1233 \text{ K}$$

