

Prova scritta del 14/09/2021

Trasmissione del Calore

Prof. Gennaro Cuccurullo

Una piastra quadrata ($L=177.2$ mm) di un riscaldatore industriale esibisce una temperatura superficiale pari a $T_w = 250^\circ\text{C}$. La piastra è collocata orizzontalmente in un vasto ambiente le cui pareti, unitamente all'aria stagnante circostante, sono a temperatura uniforme di 20°C .

Si determini:

1. La potenza scambiata convettivamente

Supponendo che la piastra sia un corpo nero, si valuti:

2. La radiosità della piastra
3. la potenza elettrica da fornire alla piastra
4. la lunghezza d'onda a cui il potere emissivo della piastra è massimo

Supponendo che la piastra sia un corpo grigio con emissività pari a $\varepsilon = 0.8$, si valuti:

5. La radiosità della piastra
6. l'irradiazione sulla piastra
7. la potenza elettrica da fornire alla piastra
8. la lunghezza d'onda a cui il potere emissivo della piastra è massimo

NOTA: per la valutazione del coefficiente di scambio in convezione naturale si utilizzi la correlazione:

$$Nu_L = 0.54 Ra_L^{1/4} \quad 10^4 < Ra_L < 10^7$$

ove la lunghezza di riferimento è data dal rapporto area bagnata/perimetro.

$$\dot{Q}_{conv} = h A (T_w - T_f)$$

Calcolo di h CONV. NATURALE

$$T_{film} = \frac{T_f + T_w}{2} = \frac{20 + 250}{2} = 135^\circ C$$

Proprietà dell'aria a T_{film}

$$\beta = \frac{1}{T_{film}} = 2,45 \cdot 10^{-3} K^{-1} \quad Pr = 0,7025$$

$$\nu = 2,69 \cdot 10^{-5} m^2/s$$

$$k = 0,0336 \frac{W}{mK}$$

$$L_{ref} = \frac{\text{Area bagnata}}{\text{perimetro}} = \frac{L^2}{4L} = \frac{L}{4} = \frac{177,2 \cdot 10^{-3}}{4} = 0,0443 m$$



$$Gr = \frac{g \beta (T_w - T_\infty) L_{ref}^3}{\nu^2} = \frac{9,81 \cdot 2,45 \cdot 10^{-3} (250 - 20) \cdot 0,0443^3}{(2,69 \cdot 10^{-5})^2}$$

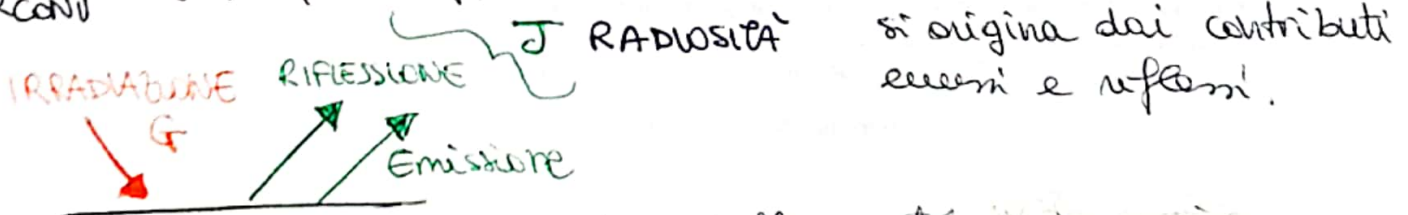
$$Gr = 664155$$

$$Ra = 664155 \cdot 0,7025 = 466568$$

$$Nu_L = 0,54 \cdot Ra^{1/4} = 14,11$$

$$h = \frac{Nu k}{L_{ref}} = \frac{14,11 \cdot 0,0336}{0,0443} = 10,7 \frac{W}{m^2K}$$

$$\dot{Q}_{conv} = h A (T_w - T_f) = 10,7 \cdot (177,2 \cdot 10^{-3})^2 (250 - 20) = 77,28 W$$



Si consideri la cavità costituita dalle pareti come un ambiente molto ampio rispetto alla piastra.

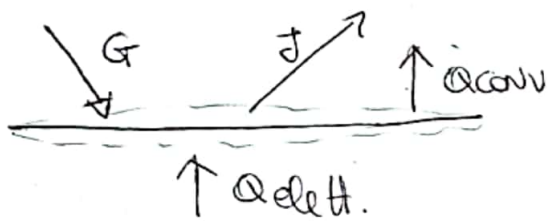
La piastra è opaca e presenta viscosità termica trascurabile.

CORPO NERO

La radiosità nel ICASO corrisponde con $\epsilon_b(T)$ (2)

$$J = \sigma T_w^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} (273 + 250)^4 = 4242,19 \frac{W}{m^2}$$

(3) La potenza elettrica da fornire alla piastra.



Bilancio

$$\dot{Q}_{el} = \dot{Q}_{conv} + A(\sigma T_w^4 - G) = 77,28 + (177,2 \cdot 10^{-3})^2 (5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 523^4 - 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 293^4)$$

$G = \sigma T_p^4$ CONTRIBUTO dovuto alle pareti CAVITA'.

$$\dot{Q}_{el} = 197,37 \text{ W}$$

(4) λ_{max} a cui il potere emissivo delle piastre è massimo

$$\lambda_{max} = \frac{2897,8}{250 + 273} = 5,54 \mu\text{m}$$

CORPO GRIGIO $\epsilon = 0,8$ $\rho = 0,2$

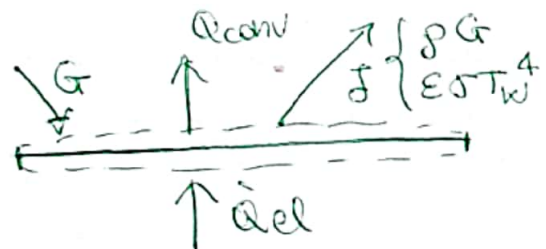
(5) Radiosità J

$$J = G_p + \epsilon E(T) = 0,2 \cdot 417,88 + 0,8 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} (250 + 273)^4$$

$$J = 3477,32 \frac{W}{m^2}$$

(6) IRRADIAZIONE SULLA PIASTRA

$$G = \sigma T_p^4 = 417,88 \frac{W}{m^2}$$



(7) Potenza elettrica

$$\dot{Q}_{el} = \dot{Q}_{conv} + A[\epsilon \sigma T_w^4 + (1 - \epsilon)G - G]$$

$$\dot{Q}_{el} = 173,35 \text{ W}$$

(8) (4)