Bref formulaire Transferts Thermiques

Chaleur

Flux de chaleur :

$\Phi \ en \ W$

Quantité d'énergie thermique qui traverse une surface par unité de temps

Densité de flux de chaleur :

$\phi \ en \ W/m^2$

Quantité d'énergie thermique qui traverse une surface par unité de temps et de surface

Loi de Fourier

$\vec{\phi} = -\lambda \, \vec{grad}(T)$

Avec λ, conductivité thermique du matériau en $Wm^{-1}K^{-1}$

Résistance thermique et résistance thermique surfacique d'une paroi

$\Delta T = \frac{e}{\lambda S}\Phi = R\Phi$ avec R résistance thermique en K/W

$\Delta T = \frac{e}{\lambda}\phi = R_s\phi$ avec R_s résistance thermique surfacique en m^2K/W

⚠ $R_S = R \times S$

Résistance thermique d'un cylindre creux

$\Delta T = R_{cyl}\Phi \ \ avec \ R_{cyl} = \frac{Ln(R_2/R_1)}{\lambda 2\pi L}$

Loi des résistances thermiques

Les résistances thermiques en série s'ajoutent

Capacité calorifique

Cp en $J \, kg^{-1} \, K^{-1}$

Source de chaleur $\dot{Q}$

$$\dot{Q} = mC_p\frac{dT}{dt}$$

Equation de la chaleur en conduction

Source de chaleur volumique $\dot{q}$

$\frac{dT}{dt} - \frac{\lambda}{\rho C_p}\nabla^2 T = \frac{\dot{q}}{\rho C_p}$

$\frac{\lambda}{\rho C_p} = D$, diffusivité thermique du matériau en m^2/s

Détermination de D par la méthode flash laser

$t_{1/2}$: temps de montée à la moitié de la température maxi, d : épaisseur du matériau.

$D = 0.138\frac{d^2}{t_{1/2}}$

Convection naturelle

$\phi = h(T_p - T_\infty)$ avec h en $Wm^{-2}K^{-1}$

$R = \frac{1}{hS}$ $\qquad$ $R_S = \frac{1}{h}$

Nombres de Biot et de Fourier, refroidissement d'un solide par convection

$B_i = \frac{hL_c}{\lambda} \quad F_o = \frac{Dt}{L_c^2}$

L_c est une longueur caractéristique de l'objet. Pour une sphère de rayon r, $L_c = r/3$

Si Bi est petit (<0.1), alors :

$\frac{T - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = exp(-B_i.F_o) = exp(-t/\tau)$ avec $\tau = \frac{\rho C_p L_c}{h}$

Rayonnement : flux, flux monochromatique, émittance, émittance monochromatique
Flux émis par une source radiante : $\Phi\ (W)$
Flux monochromatique = « flux émis par chaque longueur d'onde » $\Phi_\lambda\ (W/m\ ou\ W/nm)$
$\Phi = \int_0^\infty \Phi_\lambda d\lambda$
Emittance = densité de flux : $M = \frac{\Phi}{S}$ en W/m^2
Emittance monochromatique : $M_\lambda = \frac{\Phi_\lambda}{S}$ en W/m^3 ou $W/m^2/nm$
$M = \int_0^\infty M_\lambda d\lambda$

Rayonnement incident, réfléchi, transmis, absorbé
Flux incident (Φi) = Flux réfléchi (Φr) + Flux transmis (Φt) + Flux absorbé (Φa)
Réflectivité : r = Φr / Φi Transmissivité : t = Φt / Φi Absorptivité : a = Φa / Φi
r + a + t = 1

Corps noir
a=1, t=0, r=0

Loi de Stefan Boltzman
Emittance du corps noir : $M^0\ (W/m^2) = \sigma T^4\ \ avec\ \sigma = 5.67\ 10^{-8}\ \ Wm^{-2}K^{-4}$

Loi de Planck
Distribution spectrale de l'émittance : $M^0 = \int_0^\infty M^0_\lambda d\lambda$
$M^0_\lambda = \frac{a}{\lambda^5(exp(b/\lambda T)-1)}$
a = $3.741\ 10^{-16}$ = $2\pi hc^2$ avec h constante de Planck = $6.62\ 10^{-34}$ Js
b = 0.0143 = hc/k avec k constante de Boltzmann = $1.38\ 10^{-23}$ JK^{-1}

Loi de Wien
Longueur d'onde du maximum de l'émission : $\lambda_{max}\ (\mu m) = \frac{2898}{T}$

Equilibre du rayonnement entre 2 surfaces de corps noirs
S_1 et S_2 surfaces planes parallèles, bilan du flux de S_1 vers S_2 : $\Phi = \sigma S(T_1^4 - T_2^4)$
S_1 et S_2 en influence totale (S_2 entoure S_1) et S_1 convexe : $\Phi = \sigma S_1(T_1^4 - T_2^4)$

Corps « gris », émissivité ε
Emittance : $M = \epsilon\sigma T^4$
Emittance monochromatique : $M_\lambda = \epsilon M^0_\lambda$ en supposant ε indépendant de λ

Loi de Kirchhoff
Emissivité = absorptivité (vrai pour toute longueur d'onde)