Principi di Ingegneria Chimica
Anno Accademico 2012-2013

Cognome	Nome	Matricola	Firma

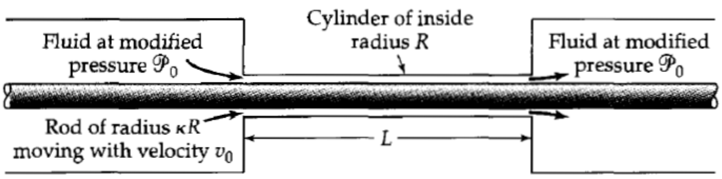
Problema 1. Un ceppo di legno di forma cilindrica e di diametro D è inizialmente a temperatura T_0, quando viene esposto ad una corrente di gas caldi, con le caratteristiche dell'aria e a temperatura T_∞ e velocità, ortogonale all'asse del cilindro, v_∞. Il legno ha conducibilità k_L, diffusività termica α_L e temperatura di ignizione T_I.

Determinare:

1. Il coefficiente medio di scambio termico per convezione tra i fumi caldi e il cilindro di legno;
2. Se il problema di riscaldamento del ceppo va trattato a parametri concentrati o a parametri distribuiti;
3. Dopo quanto tempo il ceppo comincia a bruciare.

Dati. $D = 15$ cm, $T_0 = 20$°C, $T_\infty = 400$°C, $v_\infty = 1$ m/s, $k_L = 0.15$ W/(m·K), $\alpha_L = 1.6 \cdot 10^{-7}$ m²/s, $T_I = 280$°C.

Problema 2. Un filo metallico di raggio κR si muove con velocità v_0 all'interno di un condotto, di raggio R e lunghezza L. Il condotto collega due ambienti pieni di un polimero fuso, di densità ρ e viscosità μ, alla pressione $\mathcal{P}_0$ (si tratta di un dispositivo per la ricopertura di conduttori con guaine isolanti). Determinare:



1. Il profilo di velocità nell'intercapedine tra filo metallico e parete interna del condotto;
2. La portata di polimero che viene trascinata nell'intercapedine;
3. La forza di attrito che agisce sul filo.

Dati. $R = 5$ cm, $\kappa = 0.8$, $v_0 = 2$ m/s, $L = 1.5$ m, $\rho = 1200$ kg/m³, $\mu = 20$ Pa·s.

Istruzioni: compilare innanzitutto con i propri dati la parte alta di questo foglio; per le risposte utilizzare solo questo foglio.

Problema 1. Un ceppo di legno di forma cilindrica e di diametro D è inizialmente a temperatura T_0, quando viene esposto ad una corrente di gas caldi, con le caratteristiche dell'aria e a temperatura T_∞ e velocità, ortogonale all'asse del cilindro, v_∞. Il legno ha conducibilità k_L, diffusività termica α_L e temperatura di ignizione T_I.

Determinare:

1. Il coefficiente medio di scambio termico per convezione tra i fumi caldi e il cilindro di legno;
2. Se il problema di riscaldamento del ceppo va trattato a parametri concentrati o a parametri distribuiti;
3. Dopo quanto tempo il ceppo comincia a bruciare.

Dati. $D = 15$ cm, $T_0 = 20°C$, $T_\infty = 400°C$, $v_\infty = 1$ m/s, $k_L = 0.15$ W/(m·K), $\alpha_L = 1.6 \cdot 10^{-7}$ m²/s, $T_I = 280°C$.

$D := 15 \cdot cm \quad T_0 := 20\,°C \quad T_{inf} := 400\,°C \quad T_I := 280\,°C \quad v_{inf} := 1 \cdot \frac{m}{s} \quad k_L := 0.15 \cdot \frac{W}{m \cdot K} \quad \alpha_L := 1.6 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{m^2}{s}$

$R := 0.5 \cdot D = 7.5 \cdot cm$

$T_f := \frac{1}{2} \cdot (T_0 + T_{inf}) = 483.15\,K \qquad T_f = 210 \cdot °C \qquad \nu_A(T_f) = 3.586 \times 10^{-5} \cdot \frac{m^2}{s}$

$N_{Re} := \frac{v_{inf} \cdot D}{\nu_A(T_f)} = 4.183 \times 10^3 \qquad N_{Pr} := N_{Pr.A}(T_f) = 0.699$

Correlazione 14.4-7 p. 440 nuova edizione

$$N_{Nu} := \left(0.4 \cdot N_{Re}^{0.5} + 0.06 \cdot N_{Re}^{0.67}\right) \cdot N_{Pr}^{0.4} \cdot \left(\frac{\mu_A(T_0)}{\mu_A(T_{inf})}\right)^{0.25} = 31.341$$

Oppure dal grafico p. 417 vecchia edizione

$$j_H := \frac{N_{Nu}}{N_{Re} \cdot N_{Pr}^{0.33}} = 8.433 \times 10^{-3} \qquad h := \frac{N_{Nu} \cdot k_A(T_f)}{D} = 8.028 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$L_c = \frac{volume}{area\_di\_scambio} = \frac{\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L}{\pi \cdot D \cdot L} = \frac{D}{4} \qquad L_c := \frac{D}{4} \qquad N_{Bi} := \frac{h}{\frac{k_L}{L_c}} = 2.007$$

parametri distribuiti

Attenzione. Si riscalda prima la superficie, dove comincia la combustione. Quindi n = 1.

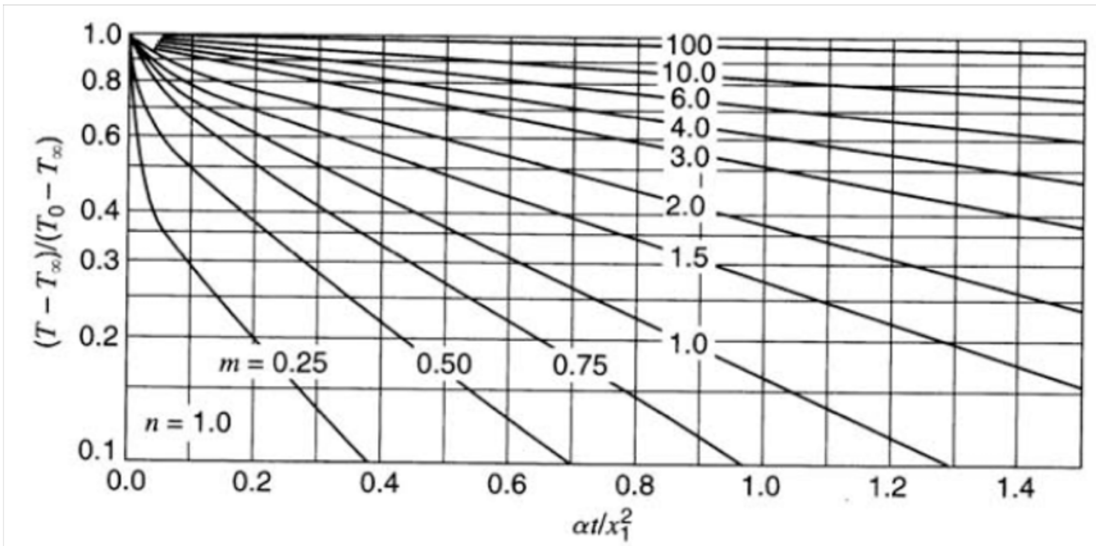
$$m := \left(\frac{h}{\frac{k_L}{R}}\right)^{-1} = 0.249 \qquad n := 1 \qquad \theta° := \frac{T_{inf} - T_I}{T_{inf} - T_0} = 0.316$$

Dal grafico dei transitori per i cilindri (attenzione, per i valori assunti da m e n occorre il grafico di dettaglio, non quello generale)

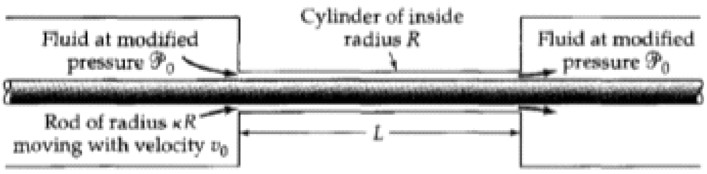
$t° := 10 \cdot min \qquad$ Given $\qquad \Theta_{cyl}\left(t°, R, \frac{h \cdot R}{k_L}\right) = \theta° \qquad t° := Minerr(t°) = 3.357 \times 10^3\,s$

$t° = 55.954 \cdot min$

$$\frac{t° \cdot \alpha_L}{R^2} = 0.095$$



Problema 2. Un filo metallico di raggio κR si muove con velocità v_0 all'interno di un condotto, di raggio R e lunghezza L. Il condotto collega due ambienti pieni di un polimero fuso, di densità ρ e viscosità μ, alla pressione $\mathcal{P}_0$ (si tratta di un dispositivo per la ricopertura di conduttori con guaine isolanti). Determinare:



1. Il profilo di velocità nell'intercapedine tra filo metallico e parete interna del condotto;
2. La portata di polimero che viene trascinata nell'intercapedine;
3. La forza di attrito che agisce sul filo.

Dati. $R = 5$ cm, $\kappa = 0.8$, $v_0 = 2$ m/s, $L = 1.5$ m, $\rho = 1200$ kg/m³, $\mu = 20$ Pa·s.

$R := 5\cdot cm$ $\quad \kappa := 0.8$ $\quad v_0 := 2\cdot\frac{m}{s}$ $\quad L := 15\cdot m$ $\quad \rho := 1200\cdot\frac{kg}{m^3}$ $\quad \mu := 20\cdot Pa\cdot s$

(a) $\dfrac{v_z}{v_0} = \dfrac{\ln(r/R)}{\ln\kappa}$

(b) $w = \dfrac{\pi R^2 v_0 \rho}{2}\left[\dfrac{(1-\kappa^2)}{\ln(1/\kappa)} - 2\kappa^2\right]$

(c) $F_z = -2\pi L\mu v_0/\ln(1/\kappa)$

$$w := \frac{\pi\cdot R^2\cdot v_0\cdot\rho}{2}\cdot\left(\frac{1-\kappa^2}{\ln\left(\frac{1}{\kappa}\right)} - 2\cdot\kappa^2\right) = 3.141\,\frac{kg}{s}$$

$$F_z := -2\cdot\pi\cdot L\cdot\mu\cdot\frac{v_0}{\ln\left(\frac{1}{\kappa}\right)} = -16.895\cdot kN$$

a. The momentum balance is the same as that in Eq. 2.3-11 or Eq. 2.4-2, but with the pressure-difference term omitted. We can substitute Newton's law of viscosity into this equation to get

$$-\mu\frac{dv_z}{dr}=\frac{C_1}{r}, \text{ whence } \quad v_z=-\frac{C_1}{\mu}\ln r+C_2 \quad \text{or} \quad \frac{v_z}{v_0}=-D_1\ln\frac{r}{R}+D_2$$

That is, we select new integration constants, so that they are dimensionless. These integration constants are determined from the no-slip conditions at the cylindrical surfaces: $v_z(\kappa R)=v_0$ and $v_z(R)=0$. The constants of integration are $D_2=0$ and $D_1=-1/\ln\kappa$. This leads then directly to the result given in the book.

b. The mass rate of flow is

$$w=\int_0^{2\pi}\int_{\kappa R}^{R}\rho v_z r\,dr\,d\theta=2\pi\rho\frac{v_0R^2}{\ln\kappa}\int_\kappa^1(\ln\xi)\xi d\xi$$
$$=2\pi\rho\frac{v_0R^2}{\ln\kappa}\left(\tfrac{1}{2}\xi^2\ln\xi-\tfrac{1}{4}\xi^2\right)\Big|_\kappa^1=2\pi\rho\frac{v_0R^2}{\ln\kappa}\left(-\tfrac{1}{2}\kappa^2\ln\kappa-\tfrac{1}{4}\left(1-\kappa^2\right)\right)$$

which is equivalent to the answer in the text.

c. The force on a length L of the rod

$$F=\int_0^L\int_0^{2\pi}\left(+\mu\frac{dv_z}{dr}\right)\Big|_{r=\kappa R}\kappa R\,d\theta\,dz=2\pi\kappa RL\mu v_0\frac{(1/\kappa R)}{\ln\kappa}$$

which gives the expression in the book.