FENÔMENOS DE TRANSPORTE II

TRANSFERÊNCIA DE CALOR DEQ303

Condução Unidimensional em Regime Estacionário

4ª parte

(Análise alternativa da condução, sistemas radiais e ex.3.5)

Professor Osvaldo Chiavone Filho

Análise alternativa da condução

$$q_x \int_{x_0}^{x} \frac{dx}{A(x)} = -\int_{T_0}^{T} k(T)\, dT$$

Forma integrada

$$q_x \frac{\Delta x}{A} = -k\, \Delta T$$

$$\Delta x = x_1 - x_0 \,; \quad \Delta T = T_1 - T_0$$

Transferência unidimensional em regime estacionário e sem geração de calor (ver ex. 3.3)

Sistemas Radiais - O Cilindro

Cilindro oco:

- Superfícies interna e externa se encontram opostas a fluidos a diferentes temperaturas
- Regime estacionário
- Eg = 0

$$\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(k_r\frac{dT}{dr}\right)=0$$

- Considerando a Lei de Fourier:

Taxa na qual a energia é conduzida através de uma superfície cilíndrica qualquer no sólido pode ser expressa como:

$$q_r = -kA\frac{dT}{dr} = -k(2\pi rL)\frac{dT}{dr}$$

$q_r =$ Taxa de transferência de calor por condução

- A distribuição da temperatura no cilindro, aplicando as condições limites apropriadas, pode ser determinada pela solução geral:

$$T_{(r)} = C_1 \ln r + C_2$$

Para obter as constantes de integração C1 e C2 são introduzidas as seguintes condições limites:

$T(r1) = T_{s,1}$

$T(r2) = T_{s,2}$

- Aplicando essas condições a solução geral:

$T_{s,1} = C_1 \ln r_1 + C_2$
$T_{s,2} = C_1 \ln r_2 + C_2$

Logo:

$$T(r) = \frac{T_{s,1} - T_{s,2}}{\ln {r_1}/{r_2}} \ln \frac{r}{r_2} + T_{S,2}$$

- Se a distribuição da temperatura for utilizada com a lei de Fourier, obtemos a seguinte expressão para a taxa de transferência de calor:

$$q_r = \frac{2\pi L k\left(T_{s,1} - T_{s,2}\right)}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \qquad q_r \neq f(r);$$

Logo, a Resistência Térmica resulta:

$$R_{t,cond} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi L k}$$

pode também ser obtida pelo método alternativo

Considerando o sistema composto a seguir:

- Parede plana composta;
- Desprezando a resistência de contato das interfaces.

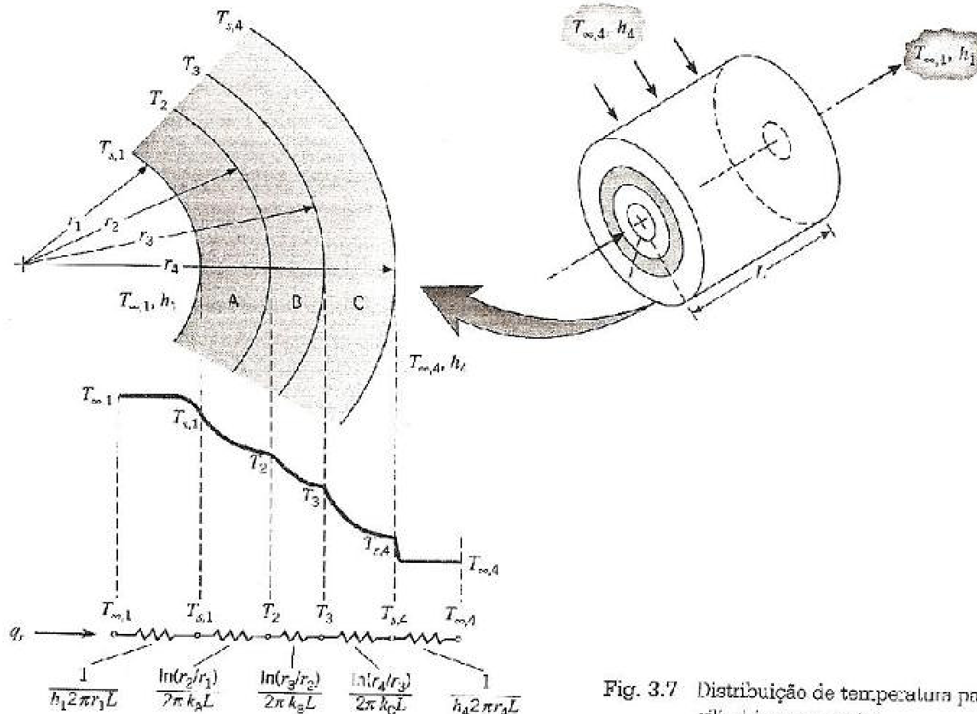


Fig. 3.7 Distribuição de temperatura para uma parede cilíndrica composta.

$$q_r = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{R_{tot}} = UA\left(T_{\infty,1} - T_{\infty,4}\right)$$

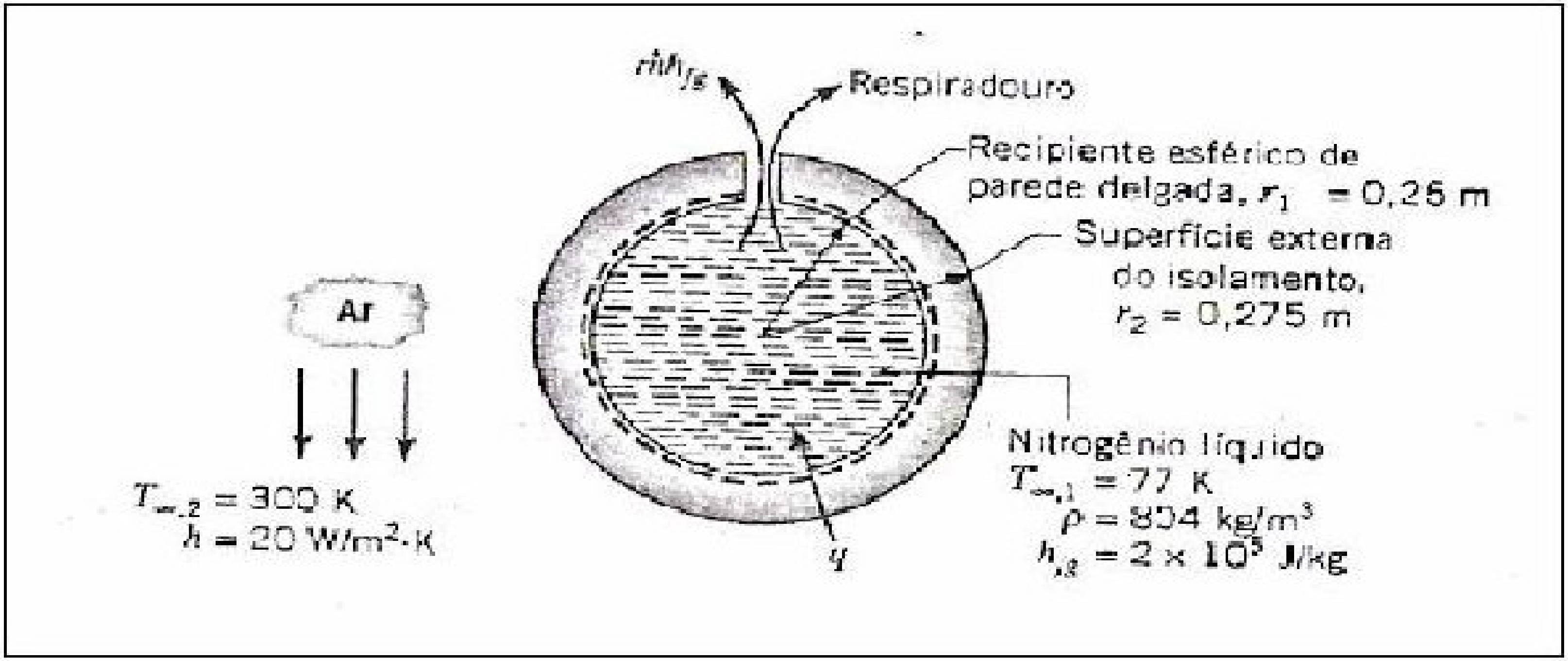
- Ver final da seção 3.3.1

- O coeficiente global é definido em termos de quaisquer áreas intermediárias:

$$U_1 A_1 = U_2 A_2 = U_3 A_3 = U_4 A_4 = \left(\Sigma R_t\right)^{-1}$$

Exemplo 3.5

Um recipiente esférico metálico de parede delgada é utilizado para armazenar nitrogênio líquido a 77 K. O recipiente é coberto com um isolamento reflectivo composto de pó de sílica. Calcular a taxa de transferência de calor para o nitrogênio líquido e a taxa de perda de líquido por evaporação, de acordo com os dados especificados na figura.



Hipóteses:

- Condições de regime estacionário
- Transferência unidimensional na direção radial
- Resistências desprezíveis à transferência de calor através da parede do recipiente e do recipiente para o nitrogênio.
- Propriedades constantes
- Troca por radiação desprezível entre a superfície externa e a vizinhança

Resolução:

1. **O circuito térmico envolve a resistência à convecção e à condução em série, portanto a taxa de transferência de calor é igual a:**

$$q = \frac{T_{\infty,2} - T_{\infty,1}}{R_{t,cond} - R_{t,conv}}$$

$$q = \frac{T_{\infty,2} - T_{\infty,1}}{\left(\frac{1}{4\pi K}\right)\left[\left(\frac{1}{r_1}\right) - \left(\frac{1}{r_2}\right)\right] + \left(\frac{1}{h4\pi r_2^2}\right)}$$

Logo,

$$q = \frac{[300 - 77]k}{\left(\frac{1}{4\pi\left(0{,}0017\,\frac{w}{m \times k}\right)}\right)\left[\left(\frac{1}{0{,}25m}\right) - \left(\frac{1}{0{,}275m}\right)\right] + \left(\frac{1}{\left(20\,\frac{w}{m^2 \times k}\right)4\pi(0{,}275m)^2}\right)}$$

$$q = \frac{223}{17{,}02 + 0{,}05}$$

q =13,06W

2.Fazendo um balanço de energia

$$\dot{E}_e - \dot{E}_s = 0$$

$$q - \dot{m} h_{fg} = 0 \Rightarrow \dot{m} = \frac{q}{h_{fg}}$$

$$\dot{m} = \frac{13{,}06 J \times kg}{2 \times 10^5 J \times s} \Rightarrow \dot{m} = 6{,}53 \times 10^{-5} \, kg/s$$