Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Mecânica

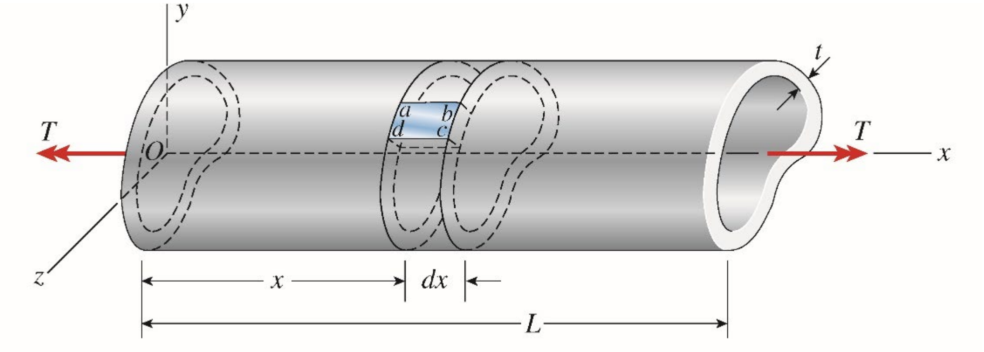
PME-3210 - Mecânica dos Sólidos I

Aula #15

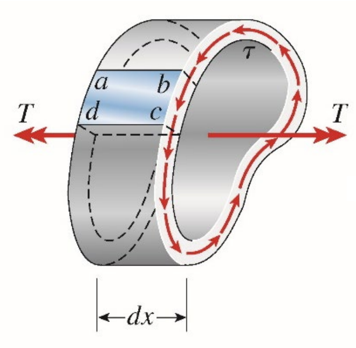
Prof. Dr. Clóvis de Arruda Martins

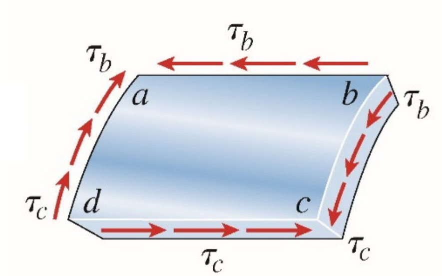
27/05/22

3.10 Tubos de paredes finas

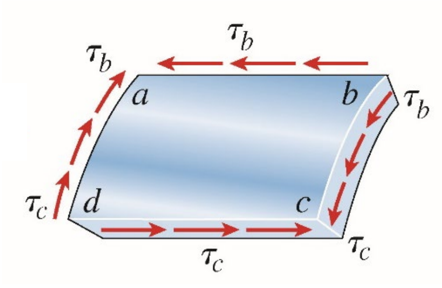


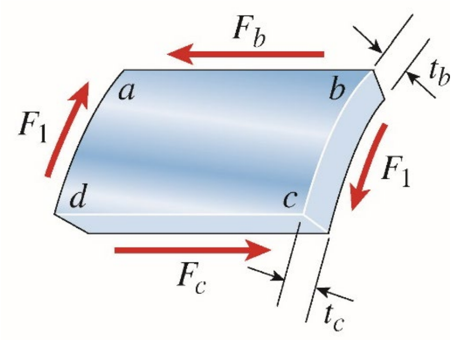
- Tubo cilíndrico
- Eixo reto
- Torção uniforme





$\tau \rightarrow$ constante ao longo da espessura, mas variável ao longo da largura





$$F_b = \tau_b \, t_b \, dx$$

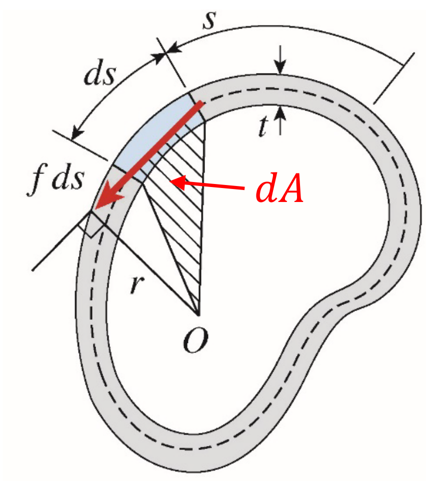
$$F_c = \tau_c \, t_c \, dx$$

$$F_b = F_c \;\Rightarrow \tau_b \, t_b = \tau_c \, t_c$$

Definição: fluxo de cisalhamento f

$$f = \tau \, t = constante \;\; (N/m)$$

Fórmula de torção para tubos de paredes finas



$$dT = r\, f\, ds$$

$$T = \int_0^{L_m} dT = f \int_0^{L_m} r\, ds$$

$L_m \rightarrow$ comprimento da linha média da seção

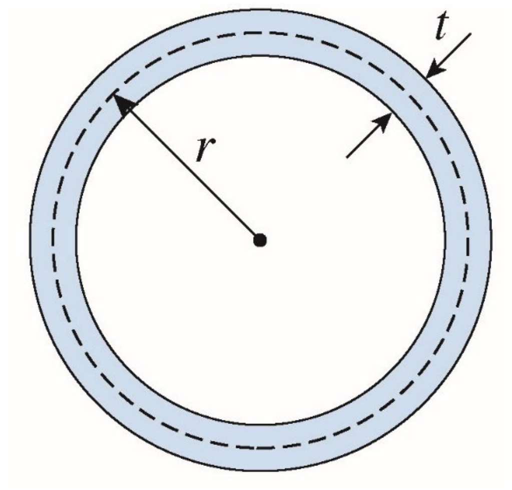
$$dA = \frac{1}{2} r ds$$

$$A_m = \int_0^{L_m} dA = \frac{1}{2} \int_0^{L_m} r\, ds$$

$A_m \rightarrow$ área interna à linha média da seção

$$\Rightarrow f = \frac{T}{2A_m} \Rightarrow \tau = \frac{T}{2tA_m}$$

Exemplo – tubo circular de parede fina



$$A_m = \pi r^2$$

$$\tau = \frac{T}{2\pi\, r^2 t}$$

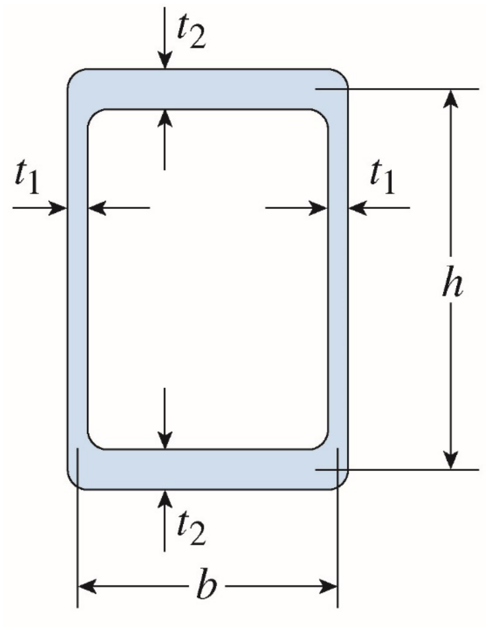
Lembrando que, para um tubo circular de parede fina,

$$I_p \cong 2\pi\, r^3 t$$

$$\tau = \frac{Tr}{I_p}$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{T}{2\pi\, r^2 t}$$

Exemplo – tubo retangular de parede fina



$$A_m = bh$$

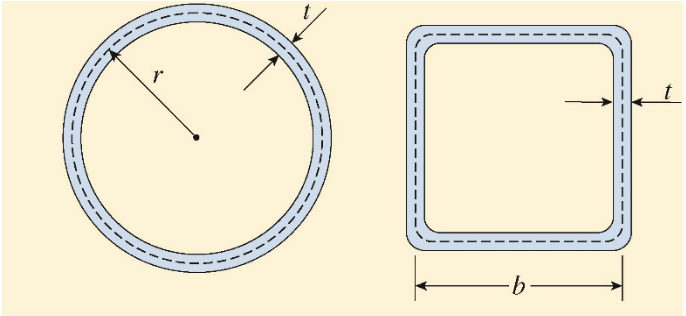
$$\tau_{vert} = \frac{T}{2t_1bh}$$

$$\tau_{horiz} = \frac{T}{2t_2bh}$$

$$\frac{\tau_{vert}}{\tau_{hor}} = \frac{t_2}{t_1}$$

Exemplo – comparação de formas

Um tubo circular e um tubo quadrado são construídos do mesmo material e submetidos ao mesmo torque. Ambos têm o mesmo comprimento, mesma espessura de parede e mesma área de seção transversal. Determine a razão entre as tensões de cisalhamento nas paredes.



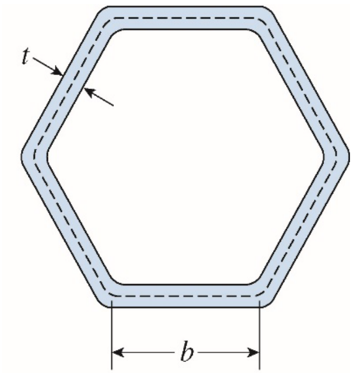
Mesma área $\Rightarrow 2\pi r t = 4bt \quad \Rightarrow b = \dfrac{\pi}{2} r$

$$\tau = \frac{T}{2A_m t}$$

Para o tubo circular: $\tau_1 = \dfrac{T}{2\pi r^2 t}$

Para o tubo quadrado: $\tau_2 = \dfrac{T}{2b^2 t} = \dfrac{2T}{\pi^2 r^2 t}$

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{\pi}{4} = 0{,}785$$

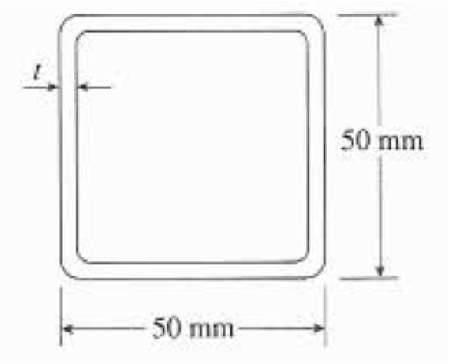


3.10-8 Um torque T é aplicado a um tubo de parede fina que tem a seção transversal na forma de um hexágono regular com espessura de parede constante t e lado b. Determinar a tensão de cisalhamento τ.

$$\tau = \frac{T}{2A_m t}$$

$$A_m = 6\frac{1}{2}b\frac{\sqrt{3}}{2}b = \frac{3\sqrt{3}}{2}b^2$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{T}{3\sqrt{3}b^2 t} \Rightarrow \tau = \frac{\sqrt{3}T}{9b^2 t}$$



3.10-10 Uma barra tubular de alumínio de seção transversal quadrada com dimensões externas $50\ mm$ X $50\ mm$ deve resistir a um torque $T = 300Nm$.
Calcule a espessura de parede mínima requerida se a tensão de cisalhamento admissível for $20MPa$.

$$A_m = (b - t)^2$$

$$\tau = \frac{T}{2A_m t} = \frac{T}{2(b-t)^2 t}$$

$$\tau_{adm} = \frac{T}{2(b - t_{mín})^2 t_{mín}}$$

Raízes: $\begin{cases} t_{mín} = 61{,}08\ mm \\ t_{mín} = 35{,}46\ mm \\ t_{mín} = 3{,}46\ mm \end{cases}$

$$\Rightarrow t_{mín} = 3{,}46\ mm$$

Referência:

Gere, J.M., Goodno, B.J. Mecânica dos Materiais – Tradução da 7ª edição norte-americana. Cengage Learning, 2010, 860p, Capítulo 3.