

# EEK332 - Mecânica dos Sólidos II

Prof. Fernando Pereira Duda  
duda@mecanica.ufrj.br

## Primeira Lista de Exercícios

**0.** Exercícios da segunda edição do livro do Crandall, Dahl e Lardner:  
4.2, 4.4, 4.10, 4.16, 4.17, 4.19, 4.30, 5.1, 5.3, 5.45, 5.47, 5.48, 5.51

**1.** Obter a expressão da tensão equivalente em termos das tensões principais,

$$\sigma_{eq} = f(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3),$$

para cada um dos seguintes critérios de resistência:

- i) Critério da Tensão Normal Máxima (Rankine);
- ii) Critério da Tensão de Cisalhamento Máxima (Tresca, Coulomb);
- iii) Critério da Deformação Normal Máxima (St. Venant);
- iv) Critério da Energia de Distorção Máxima (Huber, von Mises, Hencky).

Comparar as tensões equivalentes obtidas acima no caso do cisalhamento puro. Adotar  $\nu = 0,3$  (caso do aço).

**2.** Obter a expressão da tensão equivalente de von Mises em termos das componentes de tensão em uma base ortornormal qualquer.

**3.** Para oss estados de tensões representados pelas matrizes

$$\begin{bmatrix} \sigma & \tau & 0 \\ \tau & \sigma & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} \sigma & \sigma & \sigma \\ \sigma & \sigma & \sigma \\ \sigma & \sigma & \sigma \end{bmatrix}$$

em alguma base ortornormal, obtenha as tensões e deformações principais, as tensões equivalentes de Tresca e von Mises. Esboce os diagramas de Mohr tridimensional correspondentes. Considere  $\tau > 0$  e  $\sigma$  assumindo todos os valores possíveis.

**3.** Um cilindro aberto com raio interno  $a$  e raio externo  $b$  é submetido a uma pressão interna  $p$ . Calcular a maior pressão interna admissível de acordo com os Critérios de Tresca e von Mises.

A tensão limite do material é  $\sigma_L$ . Particularizar os resultados obtidos para  $\frac{b}{a} = 50$  e  $\sigma_L = 250$  MPa. Reconsiderar o problema anterior considerando um cilindro fechado.

4. Um tubo fechado de parede grossa, com raio interno  $a$ , raio externo  $b$  e comprimento  $L$ , é submetido a uma pressão interna  $p$ . Neste caso: i) obtenha e plote as distribuições das tensões de Tresca e von Mises, indicando seus valores máximos; ii) compare o maior valor da tensão de Tresca com a tensão correspondente obtida no contexto da aproximação de parede fina, calculando o erro decorrente da mencionada aproximação quando  $(b - a)/a = 0.1, 0.01, 0.001$ ; iii) determine as variações do raio externo e do comprimento do cilindro devido a pressão interna; iv) obtenha as deformações principais e de cisalhamento máxima na superfície interna do cilindro.

5. Um cilindro de aço é submetido a uma pressão interna quatro vezes maior que a pressão externa. Calcular a maior pressão interna admissível de acordo com os critérios de resistência descritos no Exercício 1. Dados: tensão limite  $\sigma_L = 340$  MPa, módulo de Poisson  $\nu = 0,3$ , raio interno  $a = 0,1$  m, raio externo  $b = 0,15$  m.

6. Um cilindro fechado, como raio interno de 50 mm, deve suportar uma pressão interna de 72 MPa com um fator de segurança 2. A tensão limite é 480 MPa. Considerando apenas os pontos distantes das extremidades, qual deve ser o raio externo de acordo com o Critério de Tresca? Qual a variação dos raios interno e externo se  $E = 70$  GPa e  $\nu = \frac{1}{3}$ ?

7. Um cabo de aço é usado para segurar um dispositivo submerso em águas profundas. Determinar a distribuição de tensões na parte submersa do cabo (comprimento  $H$ ) e determinar a tensão equivalente usando o Critério de Tresca. Dados: peso do dispositivo na água  $P$ , o peso específico da água  $\gamma$  e peso específico do cabo  $\gamma_c$ , área da seção transversal do cabo  $A$ .

8. Um cilindro composto é formado através da montagem por interferência usando dois cilindros de mesmo material. O cilindro deve suportar uma pressão interna  $p$ . Admitindo que os cilindros tem a mesma resistência, obter a pressão de contato  $p_c$ , o raio  $c$  e a interferência  $\Delta$  de modo que a tensão equivalente seja a menor possível. Nesta situação, comparar a tensão equivalente no cilindro composto com a tensão equivalente em um cilindro simples com as mesmas dimensões. Reconsiderando o exercício anterior, comparar o consumo de material se ao invés de um cilindro simples for usado um cilindro composto.

9. Um disco de aço, com raio externo de 250 mm, é fixado em um eixo vazado, com raio externo igual a 40 mm e raio interno igual a 20 mm, através da montagem por interferência. A interferência entre o disco e o eixo é  $2,5 \times 10^{-3}$  mm. O disco e o eixo são feitos do mesmo material para o qual  $E = 208$  GPa,  $\nu = 0,3$  e  $\rho = 7860$  Kg/m<sup>3</sup>. Determinar e plotar a distribuição de tensões no conjunto eixo/disco produzida pela montagem. Qual a velocidade angular do disco a partir da qual ocorrerá folga entre o eixo e o disco?

10. Calcular os raios  $c$  e  $b$  e a interferência  $\Delta$  para um canhão de duas camadas, de raio interno  $a = 50$  mm. A pressão máxima no momento de disparo é  $p = 2000$  Kg/cm<sup>2</sup>. O material é o aço ( $E = 2 \times 10^6$  Kg/cm<sup>2</sup>,  $\sigma_L = 6000$  Kg/cm<sup>2</sup>) e o coeficiente de segurança é  $n = 2$ .

11. Uma barra de aço está introduzida sob pressão em uma placa também de aço. Estimar a força que deve ser aplicada na barra, na direção axial, para retirá-la da placa. Dados: interferência  $\Delta = 0.03$  mm, diâmetro da barra  $D = 60$  mm, espessura da placa  $h = 100$  mm, coeficiente de atrito entre a placa e a barra  $f = 0,25$ , módulo de elasticidade  $E = 2 \times 10^6$  Kg/cm<sup>2</sup>.

**12.** Um disco de aço, com 0,03m de espessura e 0,76mm de diâmetro, é montado por interferência em um eixo sólido de aço, de diâmetro 0,1600m. O furo no disco mede 0,1598m de diâmetro quando o disco está livre de tensões. Determinar: a distribuição de tensões no conjunto eixo/disco produzida pela montagem (plote); a velocidade angular do disco a partir da qual ocorrerá folga entre o eixo e o disco assim como as tensões nesta velocidade (plote).