

## GABARITO – Prova FQMat 2024/02 (Engenharia)

**Questão 01:** Qual dos seguintes aspectos não é melhorado pela redução do tamanho de grão dos metais?

a) Dureza

**b) Elasticidade**

c) Tenacidade

d) Resistência

A redução do tamanho de grão aumenta a dureza, tenacidade e resistência do material. A elasticidade não é aumentada pela redução do tamanho de grão.

---

**Questão 02:** Para uma liga de alumínio, a tensão na qual a deformação plástica inicia é de 160 MPa ( $\sigma_y$ ), e o módulo de elasticidade é de 80 GPa ( $E$ ). As seguintes perguntas surgem: (a) Qual é a carga máxima ( $F_y$ ) que pode ser aplicada a uma amostra com uma área de seção transversal de 320 mm<sup>2</sup> ( $A_0$ ) sem causar deformação plástica? (b) Se o comprimento original da amostra é de 100 mm ( $l_o$ ), qual é o comprimento máximo ( $l_i$ ) ao qual ele pode ser esticado sem induzir deformação plástica?

(a)

$$\begin{aligned} F_y &= \sigma_y A_0 = (160 \times 10^6 \text{ N/m}^2)(320 \times 10^{-6} \text{ m}^2) \\ &= 51,2 \text{ kN (1 ponto)} \end{aligned}$$

(b)

$$\begin{aligned} l_i &= l_o \left( 1 + \frac{\sigma_y}{E} \right) \\ &= (100 \text{ mm}) \left[ 1 + \frac{160 \text{ MPa}}{80 \times 10^3 \text{ MPa}} \right] \\ &= 100,20 \text{ mm (1 ponto)} \end{aligned}$$

---

**Questão 03.** Uma amostra cilíndrica de alumínio T3, com diâmetro de 6 mm ( $d_0$ ), está sendo elasticamente tracionada. Quando submetida a uma força de 18 kN ( $F$ ), o diâmetro do espécime **diminui** em  $3 \times 10^{-3}$  mm ( $\Delta d$ ). A tarefa é calcular o coeficiente de Poisson para este material, considerando o seu módulo de elasticidade de 70 GPa ( $E$ ).

Considerando uma área inicial  $A_0$ , a deformação axial é:

$$\varepsilon_z = \frac{\sigma}{E} = \frac{F}{A_0 E} = \frac{F}{\pi \left(\frac{d_0}{2}\right)^2 E} = \frac{4F}{\pi d_0^2 E}$$

A deformação transversal é:

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta d}{d_0}$$

O coeficiente de Poisson é então definido como:

$$\begin{aligned} \nu &= -\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_z} = -\frac{\left(\frac{\Delta d}{d_0}\right)}{\left(\frac{4F}{\pi d_0^2 E}\right)} = -\frac{d_0 \Delta d \pi E}{4F} \\ &= -\frac{(6 \times 10^{-3} \text{ m})(-3 \times 10^{-6} \text{ m})(\pi) \left(70 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)}{4(18,000 \text{ N})} \end{aligned}$$

$$\approx 0,055 \text{ (2 pontos)}$$

**Questão 04:** Uma amostra de ferro fundido dúctil, com uma seção transversal retangular de dimensões 4,8 mm x 15,9 mm, está sendo deformado em tração. Com os dados de carga-elongação fornecidos (ver tabela abaixo), as seguintes questões precisam ser abordadas:

- Plotar os dados como tensão de engenharia versus deformação.
- Calcular o módulo de elasticidade.
- Determinar a resistência ao escoamento com um deslocamento de deformação de 0,002.
- Encontrar a resistência à tração desta liga.
- Calcular o módulo de resiliência.

Carregamento (N)	Comprimento (mm)
0	75,000
4.740	75,025
9.140	75,050
12.920	75,075
16.540	75,113
18.300	75,150
20.170	75,225
22.900	75,375
25.070	75,525
26.800	76,500
28.640	78,000
30.240	79,500
31.100	81,000
30.820	82,500
29.180	84,000
27.190	85,500
24.140	87,000
18.970	88,725
Fratura	

- a) A tensão de engenharia (*Stress*) em MPa é definida como a razão entre o carregamento em Newtons e a área inicial da seção transversal em milímetros quadrados ( $4,8 \times 15,9 \text{ mm}^2$ ). A deformação (*Strain*) é definida como a razão entre: i. a variação do comprimento da amostra e ii. o comprimento inicial.

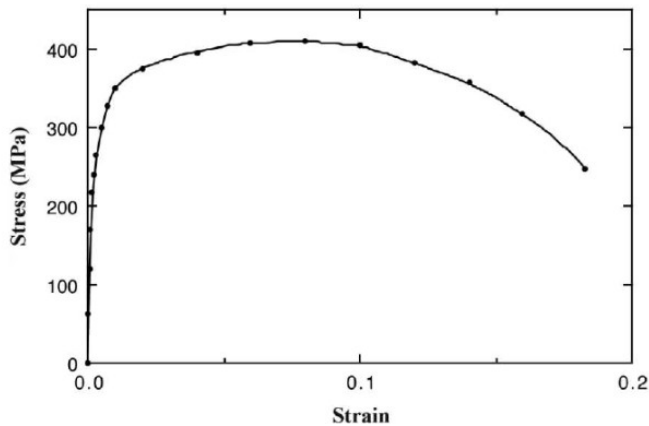


Figura 1. (0,4 pontos)

- b) O módulo de elasticidade é definido como a inclinação da porção linear do gráfico tensão-deformação:

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{100 \text{ MPa} - 0 \text{ MPa}}{0,0005 - 0} = 200.000 \text{ MPa}$$

$$= 200 \text{ GPa (0,4 pontos)}$$

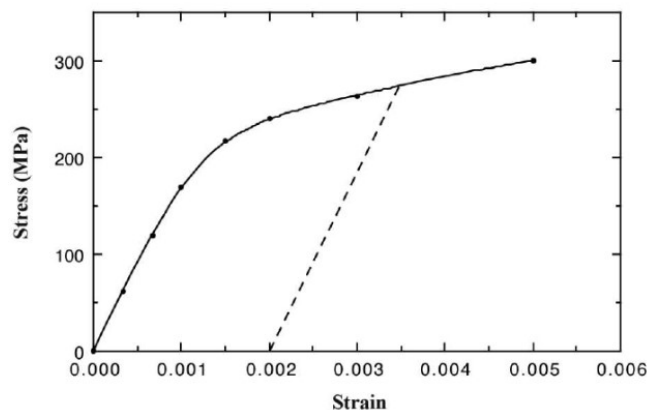


Figura 2.

- c) A linha tracejada na Figura 2 indicia uma tensão de escoamento de aproximadamente **280 MPa** para um *offset* de deformação de 0,002. (0,4 pontos)
- d) A resistência à tração, conforme Figura 1, é aproximadamente **410 MPa** (o ponto máximo da curva tensão-deformação). (0,4 pontos)
- e) O módulo de resiliência ( $U_r$ ) é estimado como a área abaixo da curva tensão-deformação até a tensão o ponto escoamento, a qual é matematicamente descrita em função da tensão de escoamento ( $\sigma_y$ ) e do módulo de elasticidade ( $E$ ).

$$U_r = \frac{\sigma_y^2}{2E} = \frac{(280 \times 10^6 \text{ N/m}^2)^2}{2(200 \times 10^9 \text{ N/m}^2)} = 1,96 \times 10^5 \text{ J/m}^3 \text{ (0,4 pontos)}$$

- a) Redução do tamanho do grão
- b) Endurecimento por solução sólida
- c) Endurecimento por deformação

**d) Incremento do tamanho do grão (2 pontos)**

Redução do tamanho do grão, fortalecimento da solução sólida e endurecimento por deformação são todos mecanismos de fortalecimento que aumentam a dureza do material. O aumento do tamanho do grão não é um mecanismo de fortalecimento.