

Introdução

Você com certeza já andou de elevador, já observou uma carga sendo elevada por um guindaste ou viu, na sua empresa, uma ponte rolante transportando grandes cargas pra lá e pra cá. Além das grandes cargas movimentadas nessas situações, um outro fato certamente chama a sua atenção: são os cabos de aço usados nesses equipamentos!

Você faz idéia do esforço que esses cabos têm de agüentar ao deslocar estas cargas? Sabe como se chama esse esforço e como ele é calculado? Sabe que a determinação deste tipo de esforço e a especificação das dimensões de cabos estão entre os problemas mais freqüentemente encontrados no campo da Mecânica?

Tanto o superdimensionamento como o subdimensionamento de produtos podem trazer conseqüências graves: o primeiro porque gera desperdício de material, maior consumo de energia e baixo desempenho; o segundo porque o produto vai falhar e, além do prejuízo, pode causar sérios acidentes, com danos irreparáveis.

Essas considerações servem para ilustrar o quanto é importante conhecer a **resistência** dos materiais, que pode ser avaliada pela realização de ensaios mecânicos. O ensaio mecânico mais importante para a determinação da resistência dos materiais é o **ensaio de tração**.

Se você está interessado em aprofundar seus conhecimentos sobre esses assuntos, está no caminho certo. Nesta aula você terá oportunidade de conhecer as unidades de medida usadas nos

ensaios mecânicos de tração. Ficarão sabendo o que se entende por tensão e deformação. E aprenderão a fórmula para calcular a tensão a que estão submetidos os materiais durante o uso. Fique com a gente!

Para que servem os ensaios de tração

Como você já sabe, as propriedades mecânicas constituem uma das características mais importantes dos metais em suas várias aplicações na engenharia, visto que o projeto e a fabricação de produtos se baseiam principalmente no comportamento destas propriedades.

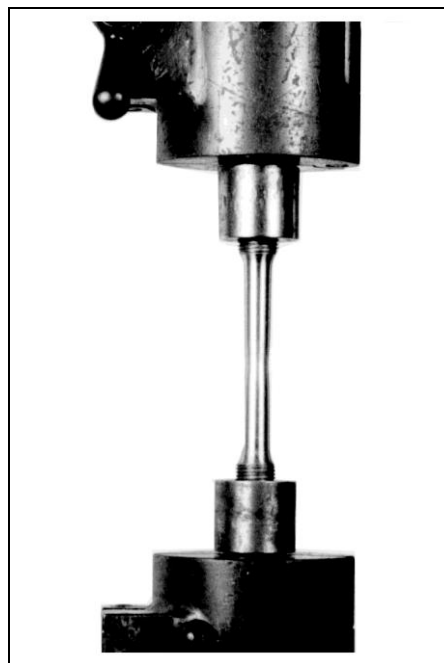
A determinação das propriedades mecânicas dos materiais é obtida por meio de ensaios mecânicos, realizados no próprio produto ou em corpos de prova de dimensões e formas especificadas, segundo procedimentos padronizados por normas brasileiras e estrangeiras.

Fique por dentro

O corpo de prova é preferencialmente utilizado quando o resultado do ensaio precisa ser comparado com especificações de normas internacionais.

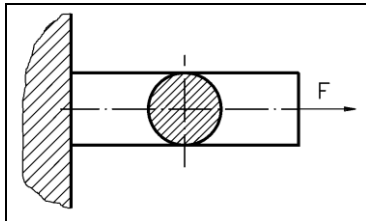
O **ensaio de tração** consiste em submeter o material a um esforço que tende a alongá-lo até a ruptura. Os esforços ou cargas são medidos na própria máquina de ensaio.

No ensaio de tração o corpo é deformado por alongamento, até o momento em que se rompe. Os ensaios de tração permitem conhecer como os materiais reagem aos esforços de tração, quais os limites de tração que suportam e a partir de que momento se rompem.



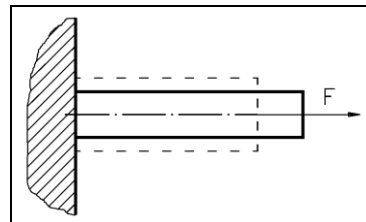
Antes da ruptura, a deformação

Imagine um corpo preso numa das extremidades, submetido a uma força, como na ilustração ao lado. Quando esta força é aplicada na direção do **eixo longitudinal**, dizemos que se trata de uma força axial. Ao mesmo tempo, a força axial é perpendicular à seção transversal do corpo.

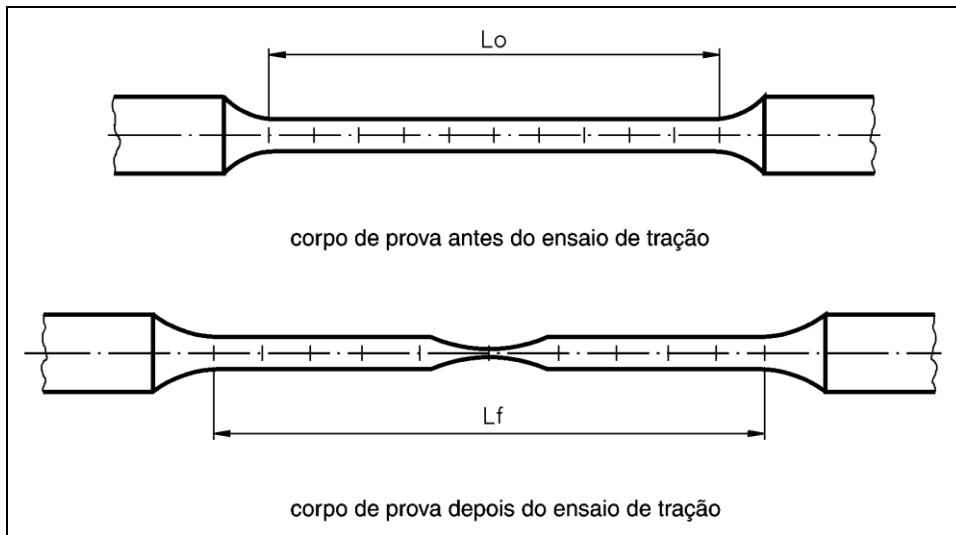


Observe novamente a ilustração anterior. Repare que a força axial está dirigida para fora do corpo sobre o qual foi aplicada. Quando a força axial está dirigida para fora do corpo, trata-se de uma **força axial de tração**.

A aplicação de uma força axial de tração num corpo preso produz uma **deformação** no corpo, isto é, um aumento no seu comprimento com diminuição da área da seção transversal.



Este aumento de comprimento recebe o nome de **alongamento**. Veja o efeito do alongamento num corpo submetido a um ensaio de tração.



Na norma brasileira, o alongamento é representado pela letra **A** e é calculado subtraindo-se o comprimento inicial do comprimento final e dividindo-se o resultado pelo comprimento inicial.

Em linguagem matemática, esta afirmação pode ser expressa pela seguinte igualdade: $A = \frac{L_f - L_0}{L_0}$ sendo que L_0 representa o comprimento inicial antes do ensaio e L_f representa o comprimento final após o ensaio.

Suponha que você quer saber qual o alongamento sofrido por um corpo de 12mm que, submetido a uma força axial de tração, ficou com 13,2mm de comprimento.

Aplicando a fórmula anterior, você fica sabendo que:

$$A = \frac{L_f - L_0}{L_0} \Rightarrow A = \frac{13,2 - 12}{12} \Rightarrow A = \frac{1,2}{12} = 0,1\text{mm/mm}$$

A unidade mm/mm indica que ocorre uma deformação de 0,1mm por 1mm de dimensão do material.

Pode-se também indicar a deformação de maneira percentual. Para obter a deformação expressa em porcentagem, basta multiplicar o resultado anterior por 100.

No nosso exemplo: $A = 0,1\text{mm/mm} \times 100 = 10\%$.

E agora, que tal você tentar?

Verificando o entendimento

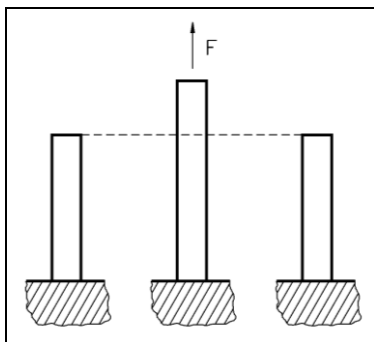
Escreva na forma percentual o valor da deformação correspondente a 0,2cm/cm.

Resposta:

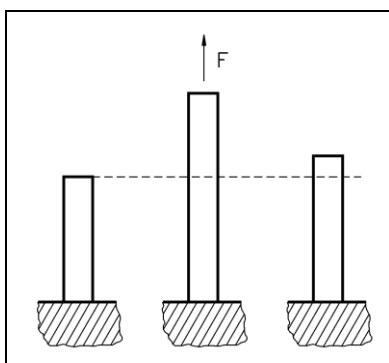
A resposta correta é 20%. Você deve ter chegado a este valor multiplicando 0,2 por 100.

Há dois tipos de deformação, que se sucedem quando o material é submetido a uma força de tração: a elástica e a plástica.

- **Deformação elástica:** não é permanente. Uma vez cessados os esforços, o material volta à sua forma original.



- **Deformação plástica:** é permanente. Uma vez cessados os esforços, o material recupera a deformação elástica, mas fica com uma deformação residual plástica, não voltando mais à sua forma original.



Tensão de tração: o que é e como é medida

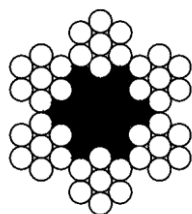
A força de tração atua sobre a área da seção transversal do material. Tem-se assim uma relação entre essa força aplicada e a área do material que está sendo exigida, denominada **tensão**. Neste módulo, a tensão será representada pela letra **T**.

Em outras palavras

Tensão (T) é a relação entre uma força (F) e uma unidade de área (S): $T = \frac{F}{S}$

Dica

Para efeito de cálculo da tensão suportada por um material, considera-se como área útil da seção deste material a soma das áreas de suas partes maciças. Por exemplo: um cabo metálico para elevação de pesos, cuja área da seção é de $132,73\text{mm}^2$, composto por 42 espiras de $1,2\text{mm}^2$, tem como área útil $50,4\text{mm}^2$.



A unidade de medida de força adotada pelo Sistema Internacional de Unidades (SI) é o **newton (N)**.

Fique por dentro

A unidade **quilograma-força (kgf)** ainda é usada no Brasil porque a maioria das máquinas disponíveis possui escalas nesta unidade. Porém, após a realização dos ensaios, os valores de força devem ser convertidos para **newton (N)**.

A unidade de medida de área é o metro quadrado (m^2). No caso da medida de tensão, é mais freqüentemente usado seu submúltiplo, o milímetro quadrado (mm^2).

Assim, a tensão é expressa matematicamente como:

$$T = \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Fique por dentro

Durante muito tempo, a tensão foi medida em **kgf/mm²** ou em **psi** (*pound square inch*, que quer dizer: libra por polegada quadrada).

Com adoção do **Sistema Internacional** de Unidades (**SI**) pelo Brasil, em 1978, essas unidades foram substituídas pelo **pascal (Pa)**. Um múltiplo dessa unidade, o **megapascal (MPa)**, vem sendo utilizado por um número crescente de países, inclusive o Brasil.

Veja no quadro de conversões a seguir a correspondência entre essas unidades de medida.

1 N	= 0,10 2kgf		
1 kgf	= 0,454 lb	= 9,807 N	
1 MPa	= 1N/mm ²	= 0,102 kgf/mm ²	
1 kgf/mm ²	= 1422,27 psi	= 9,807 MPa	= 9,807 N/mm ²

Que tal parar e aplicar o que foi visto? Então, resolva o exercício a seguir.

Verificando o entendimento

Sabendo que a tensão sofrida por um corpo é de 20 N/mm², como você expressa esta mesma medida em Mpa?

Para dar sua resposta, consulte o quadro de conversões, se achar necessário.

Resposta:

Se você interpretou corretamente o quadro de conversões, sua resposta deve ter sido 20 MPa.

Para matar a curiosidade, veja a conversão desta mesma medida para:

kgf/mm² → se 1 MPa = 0,102 kgf/mm², então: 20 MPa = 2,04 kgf/mm²
e para:

psi → se 1 kgf/mm² = 1422,27 psi, então 2,04 kgf/mm² = 2901,4308 psi

Calculando a tensão

Um amigo, que está montando uma oficina de manutenção mecânica, pediu sua ajuda para calcular a tensão que deve ser suportada por um tirante de aço de 4mm^2 de seção, sabendo que o material estará exposto a uma força de 40 N.

Simples, não é mesmo? Sabendo qual a força aplicada ($F = 40\text{ N}$) e qual a área da seção do tirante ($S = 4\text{mm}^2$), basta aplicar a fórmula:

$$T = \frac{F}{S} \Rightarrow T = \frac{40\text{N}}{4\text{mm}^2} \Rightarrow T = \frac{10\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Portanto, a tensão que o cabo deverá suportar é de 10 N/mm^2 . Mas, se seu amigo quiser saber a resposta em megapascal, o resultado será 10 MPa.

Muito bem! Por ora, se todos os assuntos apresentados ficaram claros, já está mais que bom. Antes de passar para o estudo da próxima aula, resolva os exercícios a seguir para ter certeza de que tudo que foi visto nesta aula não apresenta mais mistérios para você.

Exercícios

1. Assinale com um **X** a(s) resposta(s) que completa(m) a frase corretamente:

O ensaio de tração tem por finalidade(s) determinar:

- a) () o limite de resistência à tração;
 - b) () a impressão causada por um penetrador;
 - c) () o diâmetro do material ensaiado;
 - d) () o alongamento do corpo ensaiado.
-
2. Quando se realiza ensaio de tração, podem ocorrer duas deformações. Assinale com um **X** quais são elas, **na seqüência** em que os fenômenos ocorrem no material.
- a) () plástica e elástica;
 - b) () plástica e normal;
 - c) () plástica e regular;
 - d) () elástica e plástica.

3. Calcule a deformação sofrida por um corpo de 15cm, que após um ensaio de tração passou a apresentar 16cm de comprimento. Expresse a resposta de forma percentual.
4. Sabendo que a tensão de um corpo é igual a 12 N/mm^2 , a quanto corresponde essa tensão em kgf/mm^2 ? (Consulte o quadro de conversões, se necessário).
5. Qual a tensão, em MPa, sofrida por um corpo com 35mm^2 que está sob efeito de uma força de 200 kgf? (Consulte o quadro de conversões, se necessário).

Gabarito

1. a, d
2. d
3. 6,66%
4. $1,224 \text{ kgf/mm}^2$
5. 56,0 MPa