

Ensaio de compressão

Podemos observar o esforço de compressão na construção mecânica, principalmente em estruturas e em equipamentos como suportes, bases de máquinas, barramentos etc.

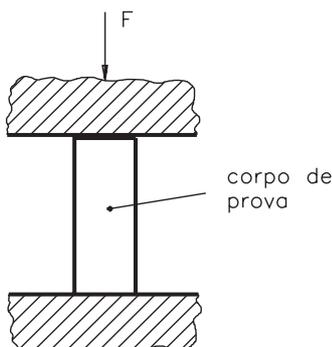
Às vezes, a grande exigência requerida para um projeto é a resistência à compressão. Nesses casos, o projetista deve especificar um material que possua boa resistência à compressão, que não se deforme facilmente e que assegure boa precisão dimensional quando solicitado por esforços de compressão.

O ensaio de compressão é o mais indicado para avaliar essas características, principalmente quando se trata de materiais frágeis, como ferro fundido, madeira, pedra e concreto. É também recomendado para produtos acabados, como molas e tubos.

Porém, não se costuma utilizar ensaios de compressão para os metais. Estudando os assuntos desta aula, você ficará sabendo quais as razões que explicam o pouco uso dos ensaios de compressão na área da mecânica, analisará as semelhanças entre o esforço de compressão e o esforço de tração, já estudado nas aulas anteriores, e ficará a par dos procedimentos para a realização do ensaio de compressão.

O que a compressão e a tração têm em comum

De modo geral, podemos dizer que a compressão é um esforço axial, que tende a provocar um encurtamento do corpo submetido a este esforço.



Nos ensaios de compressão, os corpos de prova são submetidos a uma força axial para dentro, distribuída de modo uniforme em toda a seção transversal do corpo de prova.

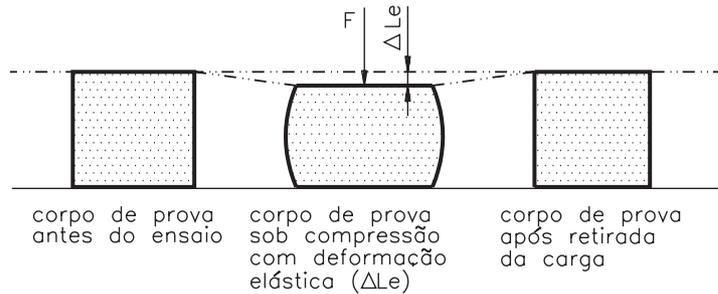
Introdução

Nossa aula

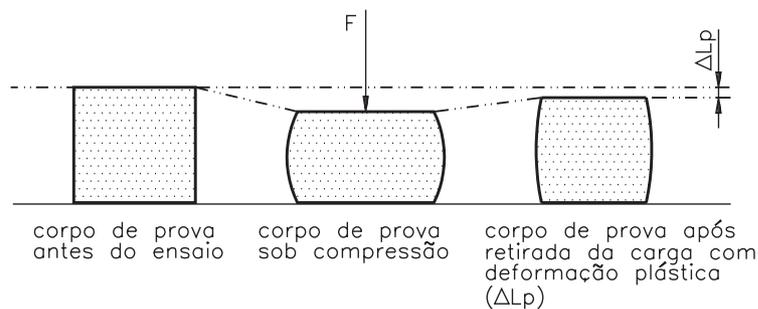
Do mesmo modo que o ensaio de tração, o ensaio de compressão pode ser executado na máquina universal de ensaios, com a adaptação de duas placas lisas – uma fixa e outra móvel. É entre elas que o corpo de prova é apoiado e mantido firme durante a compressão.

As relações que valem para a tração valem também para a compressão. Isso significa que um corpo submetido a compressão também sofre uma deformação elástica e a seguir uma deformação plástica.

Na fase de deformação elástica, o corpo volta ao tamanho original quando se retira a carga de compressão.



Na fase de deformação plástica, o corpo retém uma deformação residual depois de ser descarregado.



Nos ensaios de compressão, a lei de Hooke também vale para a fase elástica da deformação, e é possível determinar o módulo de elasticidade para diferentes materiais.

Na compressão, as fórmulas para cálculo da tensão, da deformação e do módulo de elasticidade são semelhantes às que já foram demonstradas em aulas anteriores para a tensão de tração. Por isso, serão mostradas de maneira resumida, no quadro a seguir.

RELAÇÕES VÁLIDAS PARA OS ESFORÇOS DE COMPRESSÃO	
FÓRMULA	SIGNIFICADO
$T = \frac{F}{S}$	T → tensão de compressão
	F → força de compressão
	S → área da seção do corpo
$\epsilon = \frac{L_o - L_f}{L_o}$	ϵ → deformação
	$L_o - L_f$ → variação do comprimento do corpo
	L_o → comprimento inicial do corpo
$E = \frac{T}{\epsilon}$	E → módulo de elasticidade
	T → tensão
	ϵ → deformação

Está na hora de resolver um exercício para testar seu entendimento do assunto. Consulte as fórmulas, se necessário.

Verificando o entendimento

Um corpo de prova de aço com diâmetro $d = 20$ mm e comprimento $L = 60$ mm será submetido a um ensaio de compressão. Se for aplicada uma força F de 100.000 N, qual a tensão absorvida pelo corpo de prova (T) e qual a deformação do mesmo (ϵ)? O módulo de elasticidade do aço (E) é igual a 210.000 MPa.

Respostas: $T = \dots\dots\dots$ e $\epsilon = \dots\dots\dots$

Que tal conferir? Compare seus procedimentos com os apresentados a seguir.

Em primeiro lugar, você deve ter calculado a área da seção do corpo de prova aplicando a fórmula:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow S = \frac{3,14 (20)^2}{4} = \frac{3,14 \times 400}{4} = 3,14 \times 100 = 314 \text{ mm}^2$$

Conhecendo a área da seção, é possível calcular a tensão de compressão aplicando a fórmula:

$$T = \frac{F}{S} \rightarrow T = \frac{100.000 \text{ N}}{314 \text{ mm}^2} \rightarrow 318,47 \text{ N/mm}^2 = 318,47 \text{ MPa}$$

Para calcular a deformação sofrida pelo corpo de prova aplicando a fórmula,

$$\epsilon = \frac{L_0 - L_f}{L_0}$$

precisamos do comprimento inicial (60 mm) e do comprimento final, que ainda não conhecemos.

Mas sabemos que o módulo de elasticidade deste aço é de 210.000 MPa. Então podemos calcular a deformação isolando esta variável na fórmula do módulo de elasticidade:

$$E = \frac{T}{\epsilon} \rightarrow \epsilon = \frac{T}{E} \rightarrow \epsilon = \frac{318,47 \text{ MPa}}{210.000 \text{ MPa}} = 0,0015165$$

Para obter a deformação em valor percentual, basta multiplicar o resultado anterior por 100, ou seja: $0,0015165 \times 100 = 0,15165\%$.

Isso significa que o corpo sofrerá uma deformação de 0,15165% em seu comprimento, ou seja, de 0,09099 mm. Como se trata de um ensaio de compressão, esta variação será no sentido do encurtamento. Portanto, o comprimento final do corpo de prova será de 59,909 mm.

Muito bem! Agora que você já viu as semelhanças entre os esforços de tração e de compressão, que tal ir mais fundo para saber por que este tipo de ensaio nem sempre é recomendável?

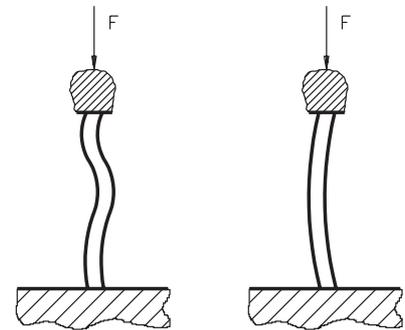
Limitações do ensaio de compressão

O ensaio de compressão não é muito utilizado para os metais em razão das dificuldades para medir as propriedades avaliadas neste tipo de ensaio. Os valores numéricos são de difícil verificação, podendo levar a erros.

Um problema que sempre ocorre no ensaio de compressão é o **atrito** entre o corpo de prova e as placas da máquina de ensaio.

A deformação lateral do corpo de prova é barrada pelo atrito entre as superfícies do corpo de prova e da máquina. Para diminuir esse problema, é necessário revestir as faces superior e inferior do corpo de prova com materiais de baixo atrito (parafina, teflon etc).

Outro problema é a possível ocorrência de **flambagem**, isto é, encurvamento do corpo de prova. Isso decorre da instabilidade na compressão do metal dúctil. Dependendo das formas de fixação do corpo de prova, há diversas possibilidades de encurvamento, conforme mostra a figura ao lado.

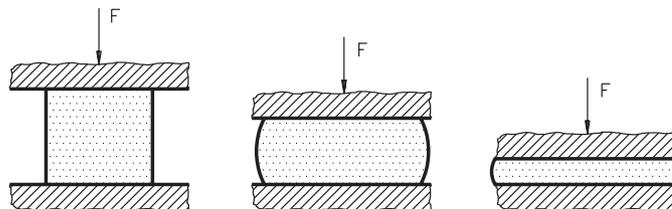


A flambagem ocorre principalmente em corpos de prova com comprimento maior em relação ao diâmetro. Por esse motivo, dependendo do grau de ductilidade do material, é necessário limitar o comprimento dos corpos de prova, que devem ter de 3 a 8 vezes o valor de seu diâmetro. Em alguns materiais muito dúcteis esta relação pode chegar a 1:1 (um por um).

Outro cuidado a ser tomado para evitar a flambagem é o de garantir o perfeito paralelismo entre as placas do equipamento utilizado no ensaio de compressão. Deve-se centrar o corpo de prova no equipamento de teste, para garantir que o esforço de compressão se distribua uniformemente.

Ensaio de compressão em materiais dúcteis

Nos materiais dúcteis a compressão vai provocando uma deformação lateral apreciável. Essa deformação lateral prossegue com o ensaio até o corpo de prova se transformar num disco, sem que ocorra a ruptura.



É por isso que o ensaio de compressão de materiais dúcteis fornece apenas as propriedades mecânicas referentes à zona elástica.

As propriedades mecânicas mais avaliadas por meio do ensaio são: **limite de proporcionalidade**, **limite de escoamento** e **módulo de elasticidade**.

Ensaio de compressão em materiais frágeis

O ensaio de compressão é mais utilizado para materiais frágeis. Uma vez que nesses materiais a fase elástica é muito pequena, não é possível determinar com precisão as propriedades relativas a esta fase.

A única propriedade mecânica que é avaliada nos ensaios de compressão de materiais frágeis é o seu limite de resistência à compressão.

Do mesmo modo que nos ensaios de tração, o limite de resistência à compressão é calculado pela carga máxima dividida pela seção original do corpo de prova.

Relembrando

Fórmula matemática para cálculo do limite de resistência:

$$LR = \frac{F_{\max}}{S_0}$$

onde F_{\max} corresponde à carga máxima atingida após o escoamento e S_0 corresponde à área inicial da seção.

Com essa informação, fica fácil resolver o próximo exercício. Vamos tentar?

Verificando o entendimento

Qual o limite de resistência à compressão (LR) de um material que tem 400 mm^2 de área da seção transversal e que se rompeu com uma carga de 760 kN?

Resposta: LR =

Confira. Sabendo que a fórmula para cálculo do limite de resistência à tensão de compressão é:

$$LR = \frac{F_{\max}}{S_0}$$

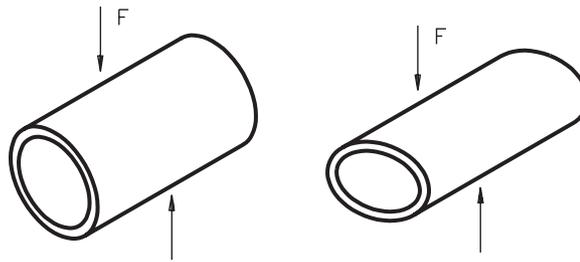
basta substituir os termos da fórmula pelos valores conhecidos:

$$LR = \frac{760.000 \text{ N}}{400 \text{ mm}^2} = 1.900 \text{ N/mm}^2 = 1.900 \text{ MPa}$$

Na prática, considera-se que o limite de resistência à compressão é cerca de 8 vezes maior que o limite de resistência à tração. Não sendo viável a realização do ensaio de compressão, esta relação é tomada como base para o cálculo da resistência à compressão.

Ensaio de compressão em produtos acabados

Ensaio de achatamento em tubos – Consiste em colocar uma amostra de um segmento de tubo deitada entre as placas da máquina de compressão e aplicar carga até achatá-la.



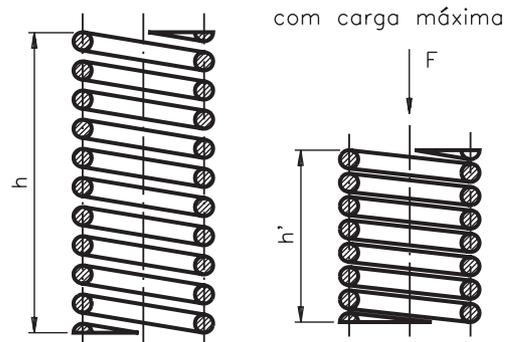
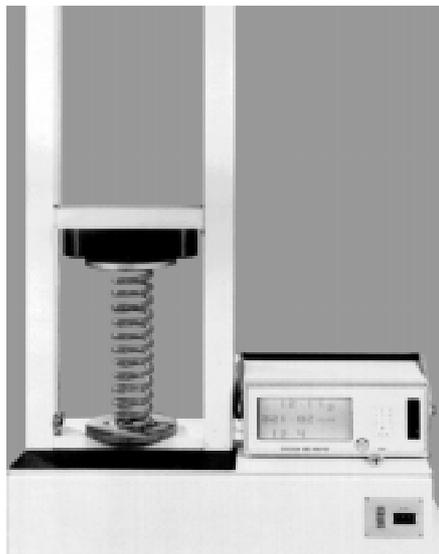
A distância final entre as placas, que varia conforme a dimensão do tubo, deve ser registrada. O resultado é avaliado pelo aparecimento ou não de fissuras, ou seja, rachaduras, sem levar em conta a carga aplicada.

Este ensaio permite avaliar qualitativamente a ductilidade do material, do tubo e do cordão de solda do mesmo, pois quanto mais o tubo se deforma sem trincas, mais dúctil será o material.

Ensaio em molas – Para determinar a constante elástica de uma mola, ou para verificar sua resistência, faz-se o ensaio de compressão.

Para determinar a constante da mola, constrói-se um gráfico tensão-deformação, obtendo-se um coeficiente angular que é a constante da mola, ou seja, o módulo de elasticidade.

Por outro lado, para verificar a resistência da mola, aplicam-se cargas predeterminadas e mede-se a altura da mola após cada carga.



Fim da aula! Hora de rever a matéria e se preparar para resolver os exercícios apresentados a seguir. Pelos resultados, você terá uma medida do seu progresso.

Marque com um X a resposta correta:

Exercício 1

Garantir o paralelismo entre as placas da máquina de ensaio e limitar o comprimento dos corpos de prova, nos ensaios de compressão, são cuidados necessários para evitar

- a) () a flambagem;
- b) () o atrito;
- c) () a ruptura;
- d) () o achatamento.

Exercício 2

Na compressão de metais dúcteis **não** é possível determinar:

- a) () o limite elástico;
- b) () o limite de escoamento;
- c) () a deformação;
- d) () o limite de ruptura.

Exercício 3

Nos ensaios de compressão de materiais frágeis, a propriedade mecânica avaliada é:

- a) () limite de proporcionalidade;
- b) () limite de elasticidade;
- c) () limite de resistência;
- d) () limite de escoamento.

Exercício 4

Ensaaios de compressão costumam ser realizados em produtos acabados, tais como:

- a) () barras e chapas;
- b) () tubos e molas;
- c) () molas e mancais;
- d) () tubos e discos.

Exercício 5

Sabendo que um ferro fundido apresenta 200 MPa de resistência à tração, qual o valor aproximado da resistência à compressão deste material?

