



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO

Ensaio Mecânicos de Materiais

Aula 6 – Ensaio de Compressão

Prof. MSc. Luiz Eduardo Miranda J. Rodrigues

Tópicos Abordados Nesta Aula

- Ensaio de Compressão.
- Propriedades Avaliadas do Ensaio.
- Exemplos de Cálculo.

Definições

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.

Material Dúctil

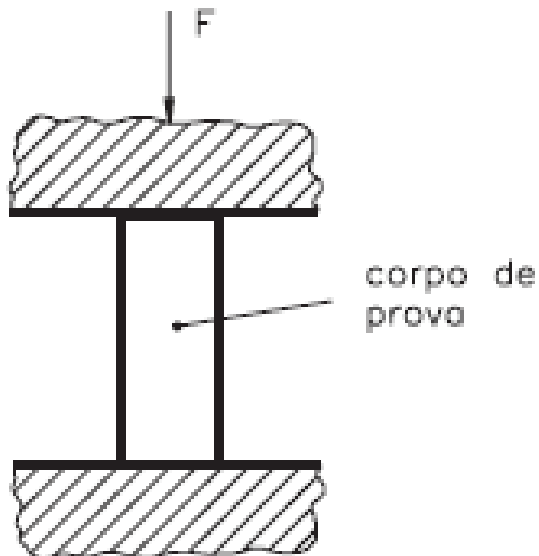
Um material dúctil é aquele que pode ser alongado, flexionado ou torcido, e que admite deformação plástica permanente, após a deformação elástica.

Material Frágil

Um material frágil rompe-se ainda na fase elástica. Para estes materiais o domínio plástico é praticamente inexistente, indicando sua não capacidade de absorver deformações permanentes.

Esforço de Compressão

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.

Normas para o Ensaio de Compressão

- NBR 5739 - Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.
- NBR-7190 - Ensaio de Resistência a compressão.
- NBR-7222-94 resistência à tração indireta, medida no ensaio de compressão diametral,
- NBR 12767 – Rochas para revestimento – determinação da resistência à compressão uniaxial.

Realização do Ensaio

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.

Corpo de Prova

O corpo de prova tem usualmente a forma cilíndrica, com relação comprimento/diâmetro (L/D) entre **2** e **8** (em casos excepcionais a relação pode ser **1** – caso de teste de metal para mancais). O comprimento não deve ser muito grande, para evitar efeitos indesejáveis de **flambagem**, nem muito pequeno, pois o **atrito** nas superfícies de contato com a máquina de ensaio poderá prejudicar a validade dos resultados. A apresentação dos resultados dos testes deve sempre especificar a relação L/D.

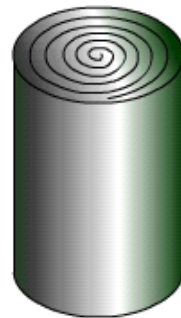
Efeitos do Atrito

- O atrito gera tensões na superfície de contato, impedindo o movimento dos elementos situados nesta superfície, e provocando a alteração do formato original cilíndrico do corpo de prova durante o processo. Mais longe da superfície de contato os elementos fluem radialmente para fora numa taxa proporcional à sua distância ao centro do corpo. Este é o abaulamento ou efeito barril.

Efeitos do Atrito

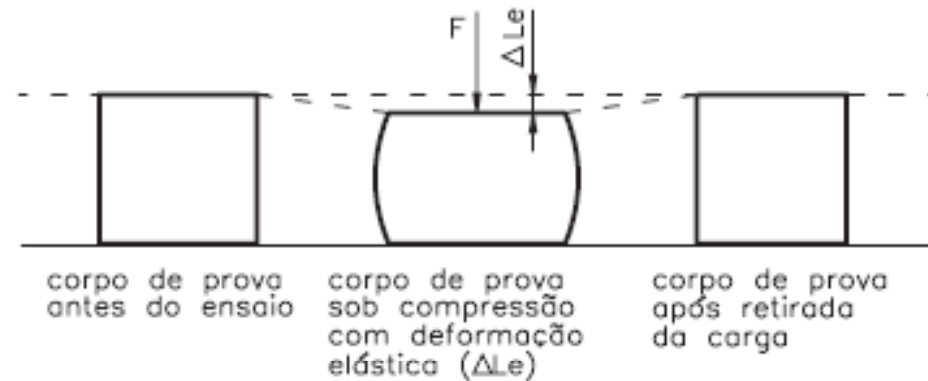
Para reter o material de lubrificação usinam-se sulcos rasos em ambas as faces do corpo de prova. Este procedimento garante a lubrificação durante o teste, minimizando o atrito.

Corpo de prova mostrando os sulcos usinados para reter o material de lubrificação

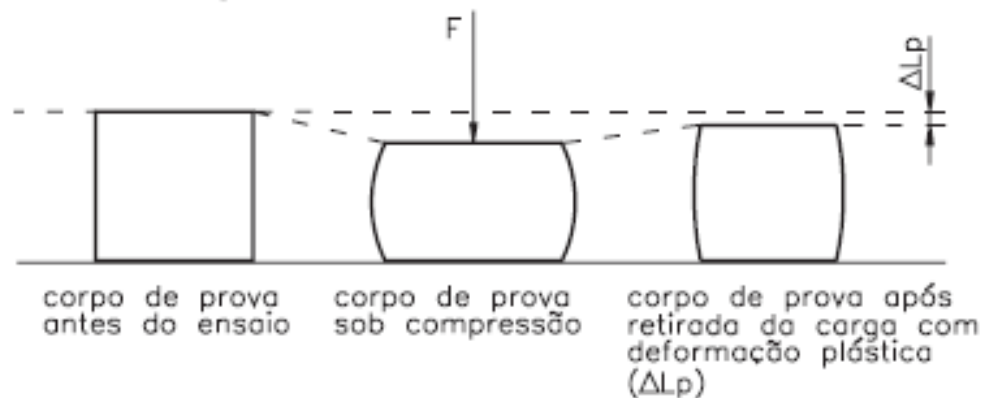


Deformações Elástica e Plástica

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.



Comportamento dos Materiais

Materiais dúcteis e materiais frágeis, especificamente metais, comportam-se diferentemente no ensaio de compressão. Enquanto os metais frágeis rompem praticamente sem fase elástica, os metais dúcteis sofrem grande deformação na fase plástica, às vezes sem atingir a ruptura.

Equações Matemáticas

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 |
| $\varepsilon = \frac{L_o - L_f}{L_o}$ | ε → deformação |
| | $L_o - L_f$ → variação do comprimento do corpo |
| | L_o → comprimento inicial do corpo |
| $E = \frac{T}{\varepsilon}$ | E → módulo de elasticidade |
| | T → tensão |
| | ε → deformação |

Exercício

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.

Limitações do Ensaio de compressão

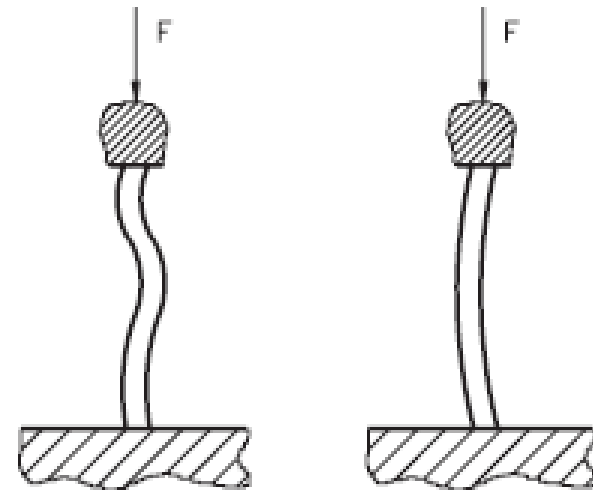
O ensaio de compressão não é muito utilizado para os metais em razão das dificuldades para medir as propriedades avaliadas neste tipo de ensaio. Os valores numéricos são de difícil verificação, podendo levar a erros.

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).

Ocorrência de Flambagem

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.



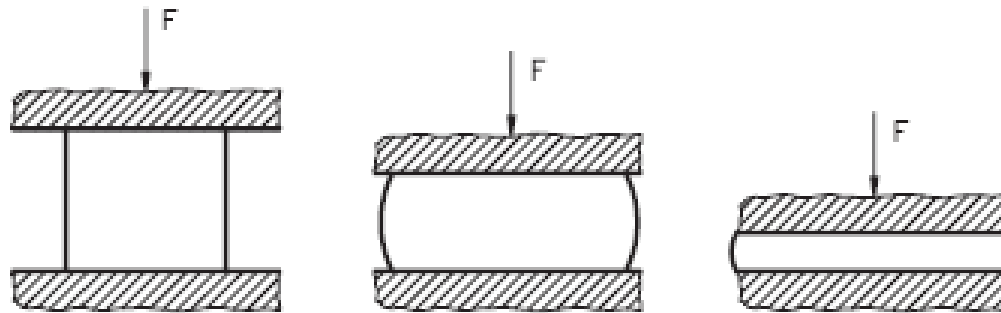
Características da Flambagem

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.

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.

Compressão em Materiais Frágeis

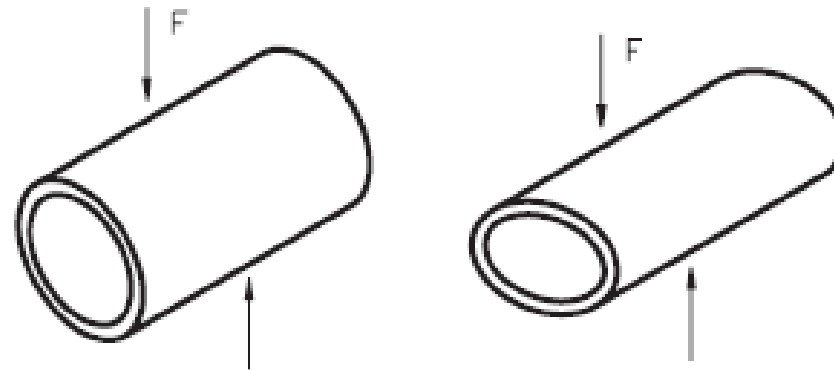
O ensaio de compressão é mais utilizado para materiais frágeis. Uma vez que nesses materiais a fase elástica é muito pequena, não é possível determinar com precisão as propriedades relativas a esta fase.

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.

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.

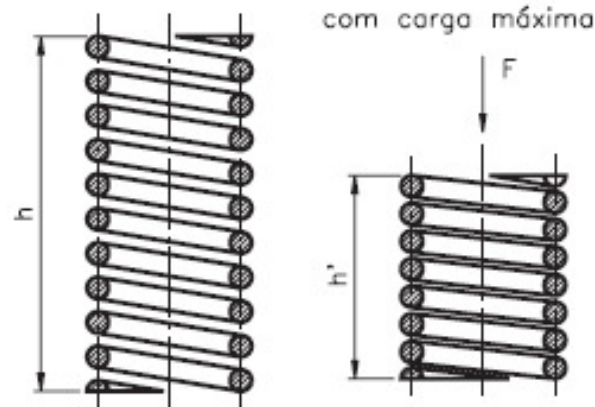
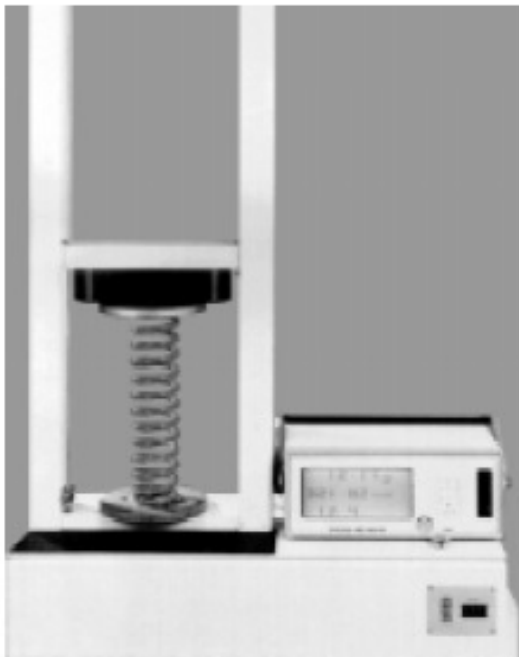
Este ensaio permite avaliar qualitativamente a ductilidade do material, do tubo e do cordão de solda do mesmo, pois quanto mais o tubo se deforma sem trincas, mais dúctil será o material.

Compressão em Produtos Acabados

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.



Exemplos de Ensaio



Modos de Deformação

Os possíveis modos de deformação no teste de compressão são:

- (a) Flambagem, quando $L/D > 5$
- (b) Cisalhamento, quando $L/D > 2.5$
- (c) Barril duplo, quando $L/D > 2.0$
- (d) Barril, quando $L/D > 2.0$ e há fricção nas superfícies de contato.
- (e) Compressão homogênea, quando $L/D < 2.0$ e não existe fricção nas superfícies de contato.
- (f) Instabilidade compressiva devido ao amolecimento do material por efeito de carga.

Próxima Aula

- Ensaio de Cisalhamento.