



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO

Ensaio Mecânicos de Materiais

Aula 4 – Ensaio de Dobramento

Prof. MSc. Luiz Eduardo Miranda J. Rodrigues

Tópicos Abordados Nesta Aula

- Ensaio de Dobramento.

Definição do Ensaio

O ensaio de dobramento fornece somente uma indicação qualitativa da ductilidade do material. Normalmente os valores numéricos obtidos não têm qualquer importância.

Esse tipo de ensaio é largamente usado nas indústrias e laboratórios, por sua simplicidade, constando mesmo nas especificações de todos os países, onde são exigidos requisitos de ductilidade para certo material.

Realização do Ensaio

O ensaio consiste em dobrar um corpo de prova de eixo retilíneo e seção circular (maciça ou tubular), retangular ou quadrada, assentado em dois apoios afastados a uma distância especificada, de acordo com o tamanho do corpo de prova, por meio de um cutelo, que aplica um esforço perpendicular ao eixo do corpo de prova, até que seja atingido um ângulo desejado.

Dobramento x Flexão

- Quando um material for submetido a uma carga e esta causa uma deformação elástica, o material está submetido a um esforço de flexão.
- Quando um material for submetido a uma carga e esta causa uma deformação plástica, o mesmo está submetido a um esforço de dobramento.

Dobramento x Flexão

- Isso quer dizer que, no fundo, flexão e dobramento são etapas diferentes da aplicação de um mesmo esforço, sendo a flexão associada à fase elástica e o dobramento à fase plástica.

Características do Ensaio

O valor da carga, na maioria das vezes, não importa. O cutelo tem um diâmetro, D , que varia conforme a severidade do ensaio, sendo indicado nas especificações, onde de forma geral em função do diâmetro ou espessura do corpo de prova. O ângulo determina a severidade do ensaio e é geralmente de 90, 120 ou 180°.

Características do Ensaio

Ao se atingir o ângulo especificado, examina-se a olho nu a zona tracionada, que não deve apresentar trincas, fissuras ou fendas. Caso contrário, o material não terá passado no ensaio.

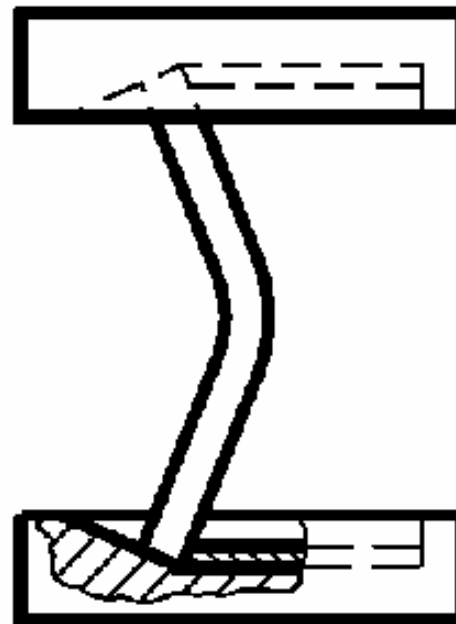
Como o dobramento pode ser realizado em qualquer ponto e em qualquer direção do corpo de prova, ele é um ensaio localizado e orientado, fornecendo assim, uma indicação da ductilidade em qualquer região desejada do material.

Processos de Ensaio de dobramento

Há três processos de ensaio de dobramento: o dobramento livre e o dobramento semiguiado e o dobramento guiado. A seguir são apresentadas as características de cada um.

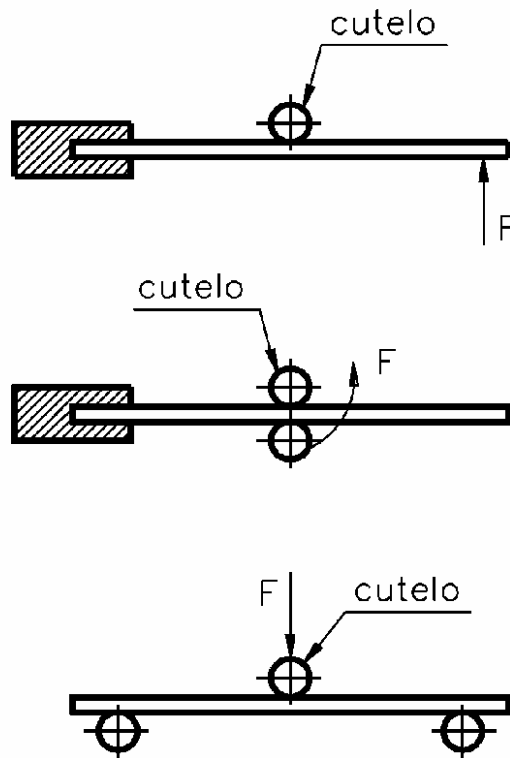
Dobramento Livre

É obtido pela aplicação de força nas extremidades do corpo de prova, sem aplicação de força no ponto máximo de dobramento.



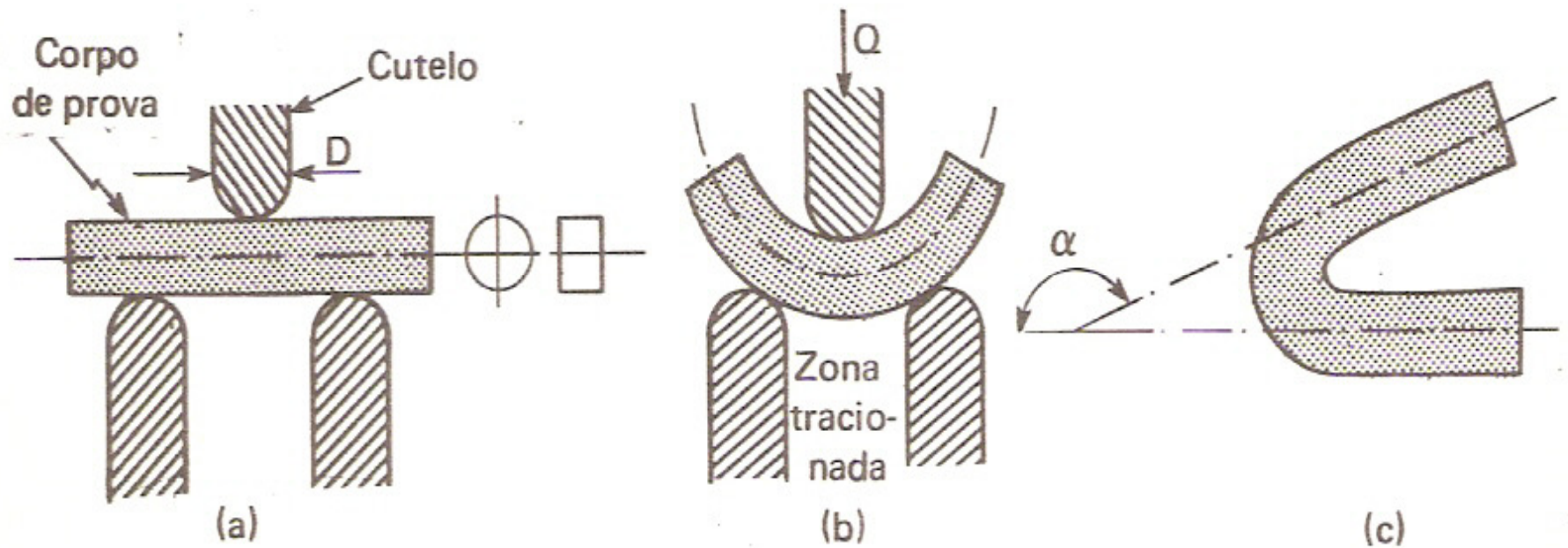
Dobramento Semiguiado

O dobramento vai ocorrer numa região determinada pela posição do cutelo.

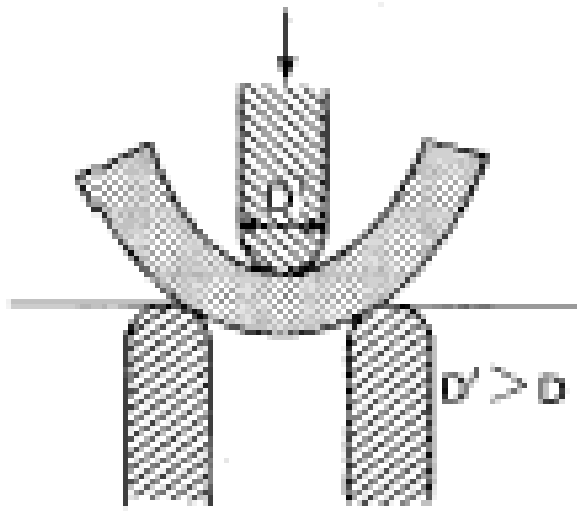


Possíveis métodos de ensaio de dobramento semiguiado, sendo que na primeira, a força é aplicada na extremidade livre do corpo de prova e nas outras duas figuras, o esforço é aplicado no centro do corpo de prova.

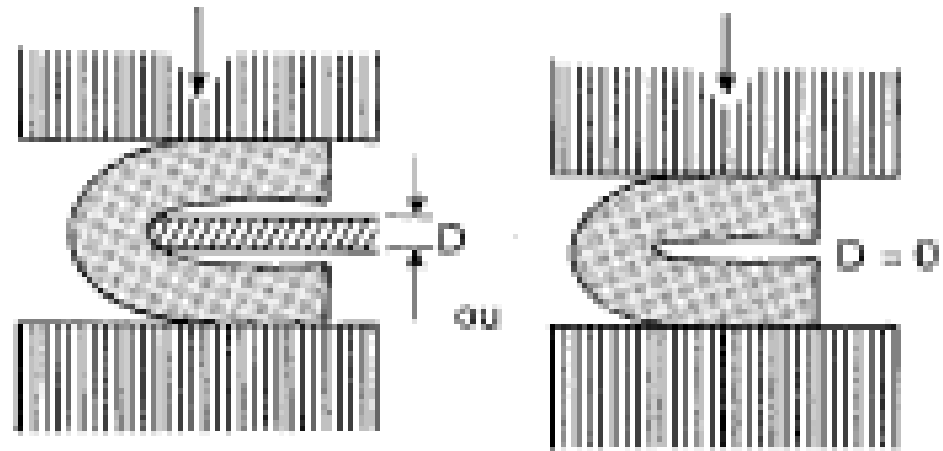
Dobramento Guiado



Dobramento a 180°



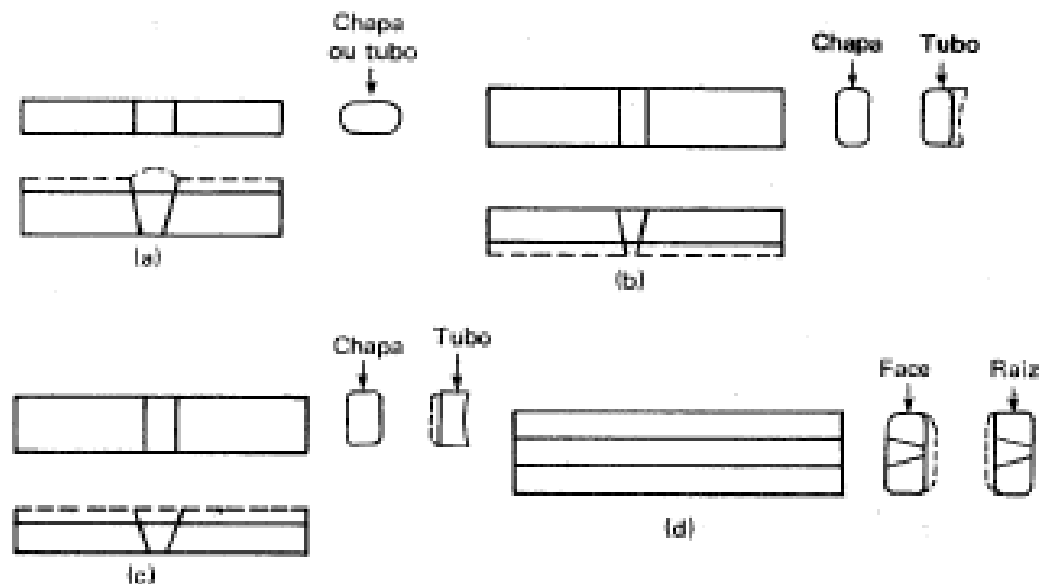
1ª etapa



2ª etapa

Análise dos Resultados

Os resultados são avaliados pela aparição ou não de fendas, fissuras ou ruptura na zona tracionada do corpo de prova dobrado até 180°, da mesma maneira explicada no caso do dobramento livre de corpos de prova soldados. Para esse método de ensaio, usa-se indistintamente o tipo de solda em filete ou de topo, para a soldagem das chapas ou dos tubos. A posição de retirada dos corpos de prova, tamanho dos mesmos e processo de usinagem são sempre indicados nas normas técnicas, bem como dos corpos de prova de tração que sempre acompanham os corpos de prova para dobramento.



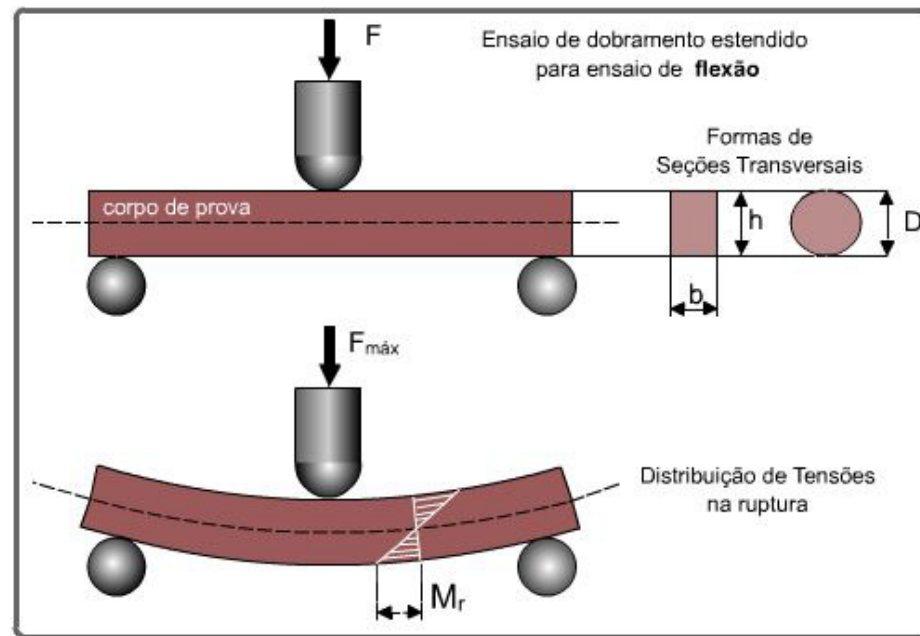
Dobramento em Materiais Frágeis

Materiais frágeis como ferro fundido cinzento, aços-ferramenta ou carbonetos sinterizados são frequentemente submetidos a um tipo de ensaio de dobramento, denominado dobramento transversal, que mede sua resistência e ductilidade (além da possibilidade de se avaliar também a tenacidade e resiliência desses materiais). Entretanto, sempre que possível, o ensaio de tração também deve ser realizado, ficando o dobramento transversal como uma espécie de ensaio substituto. Quanto mais duro for o material, maior aplicação terá esse ensaio, porque a facilidade de execução torna-o mais rápido que a usinagem de um corpo de prova para ensaio de tração. No entanto, para materiais muito frágeis, os resultados obtidos são muito divergentes, variando até 25%, de modo que, para esses casos, deve-se fazer sempre vários ensaios para se estabelecer um valor médio.

Dobramento para Materiais Frágeis

Os corpos de prova, de seção transversal retangular ou circular, são submetidos a carregamento transversal como no dobramento convencional.

A carga é aumentada lentamente até que ocorra a ruptura.



Ensaio de dobramento em barras para construção civil

Barras de aço usadas na construção civil são exemplos de materiais que, além de apresentarem resistência mecânica, devem suportar dobramentos severos durante sua utilização, e por isso são submetidos a ensaio de dobramento. Esta característica é tão importante que é normalizada e classificada em normas técnicas.

Ensaio de dobramento em barras para construção civil

Neste caso, o ensaio consiste em dobrar a barra até se atingir um ângulo de 180° com um cutelo de dimensão especificada de acordo com o tipo de aço da barra - quanto maior a resistência do aço, maior o cutelo. O dobramento normalmente é do tipo semiguiado.

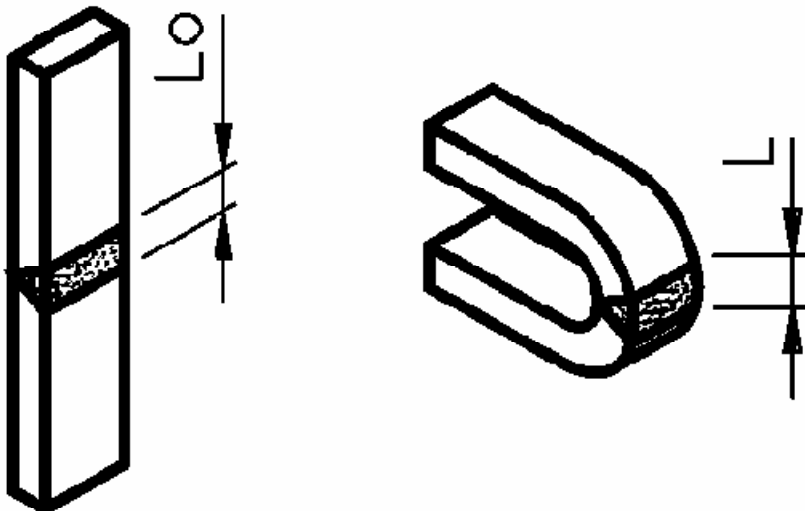
A aprovação da barra é dada pela ausência de fissuras ou fendas na zona tracionada do corpo de prova.

Dobramento em Corpos de Provas Soldados

O ensaio de dobramento em corpos de prova soldados, retirados de chapas ou tubos soldados, é realizado geralmente para a qualificação de profissionais que fazem solda (soldadores) e para avaliação de processos de solda.

Na avaliação da qualidade da solda costuma-se medir o alongamento da face da solda. O resultado serve para determinar se a solda é apropriada ou não para uma determinada aplicação.

Dobramento em Corpos de Provas Soldados



$$A = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100$$

Alongamento medido durante o ensaio de dobramento livre com corpo de prova soldados, retirados de chapas ou tubos soldados.

Aplicações na Indústria

O ensaio de dobramento é indicado em geral para componentes que serão efetivamente submetidos a operações de dobramento ou flexão em serviço. As normas recomendam o procedimento específico para vários tipos de componentes e materiais.

Aplicações na Indústria

Entre as aplicações usuais estão:

- Barras para construção civil.
- Barras soldadas para finalidades de qualificação de solda e de soldadores.
- Pequenos componentes para uso em micro-eletrônica.
- Peças acabadas como parafusos e pinos.

Das aplicações mencionadas foram detalhadas abaixo as mais comuns, que são os testes para barras de construção civil e para barras soldadas.

Próxima Aula

- Ensaio de Flexão.