

Ensaio de tração: análise dos resultados

Introdução

A máquina de ensaio está pronta para começar seu trabalho: o corpo de prova fixado, a velocidade de aplicação da força ajustada, a escala selecionada! Só falta ligar o equipamento e acompanhar seu funcionamento.

Terminado o ensaio, vem uma etapa muito importante: a análise dos resultados.

Nesta etapa determinam-se as principais propriedades que podem ser obtidas no ensaio de tração.

Nesta aula você ficará sabendo **como** são determinadas essas propriedades e qual a sua importância no dia-a-dia e nas aplicações na área de mecânica.

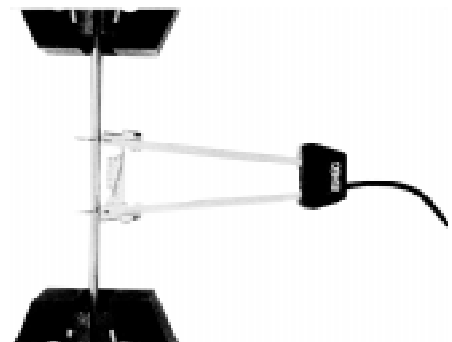
Nossa aula

Como calcular o alongamento

Imagine que você vá produzir uma peça por estamparia ou dobramento, por exemplo. Você precisará obter uma deformação maior que a desejada, porque após aliviar a força aplicada o material sofrerá uma recuperação nas suas dimensões, igual ao alongamento elástico.

Se o alongamento elástico for conhecido, isto será fácil. Se não, só na tentativa e aí imagine o prejuízo em retrabalhar as ferramentas.

O alongamento elástico pode ser medido de forma direta por meio de um aparelho chamado extensômetro, que é acoplado ao corpo de prova.



Você já viu que o alongamento plástico define a ductilidade do material: quanto maior o alongamento plástico, maior a facilidade de deformar o material. Pelo alongamento, podemos saber para que tipo de processo de produção um material é indicado (forja a frio, laminação, estamparia profunda, etc.).

A fórmula para calcular o alongamento você já aprendeu na Aula 2 deste módulo:

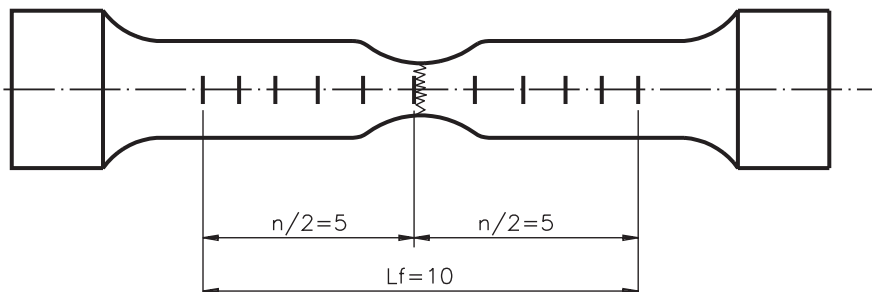
$$A = \frac{L_f - L_o}{L_o}$$

O comprimento inicial (L_o) foi medido antes de se submeter o corpo de prova ao ensaio. Portanto, para calcular o alongamento, resta saber qual o comprimento final (L_f).

Você está lembrado daqueles riscos transversais que foram feitos na preparação do corpo de prova? Pois é! A parte útil do corpo de prova ficou dividida em certo número (n) de partes iguais. Agora você vai saber para que serve essa marcação.

A primeira coisa a fazer é juntar, da melhor forma possível, as duas partes do corpo de prova.

Depois, procura-se o risco mais próximo da ruptura e conta-se a metade das divisões ($n/2$) para cada lado. Mede-se então o comprimento final, que corresponde à distância entre os dois extremos dessa contagem.

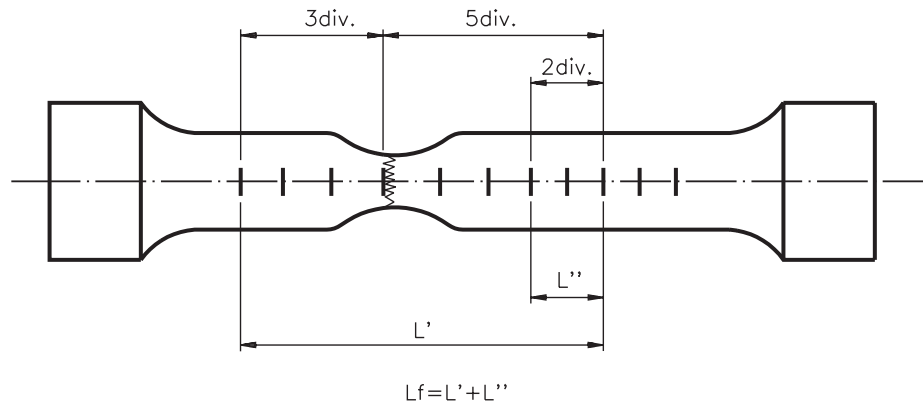


Este é o método para determinar o comprimento final quando a ruptura ocorre no centro da parte útil do corpo de prova.

Mas, se a ruptura ocorrer fora do centro, de modo a não permitir a contagem de $n/2$ divisões de cada lado, deve-se adotar o seguinte procedimento normalizado:

- Toma-se o risco mais próximo da ruptura.
- Conta-se $n/2$ divisões de um dos lados.
- Acrescentam-se ao comprimento do lado oposto quantas divisões forem necessárias para completar as $n/2$ divisões.

A medida de L_f será a somatória de $L' + L''$, conforme mostra a figura a seguir.



Determinação do limite elástico ou de proporcionalidade

Para sentir a importância desta propriedade, imagine-se dentro de um elevador, que funciona preso por um cabo de aço. O que aconteceria se o cabo se alongasse um pouquinho toda vez que o elevador subisse ou descesse?

O cabo de aço iria ficar cada vez mais fino, até que a sua espessura se tornasse tal que não suportaria mais o peso da cabine (e com você lá dentro!).

Não seria nada agradável uma queda do vigésimo andar. É, mas isto aconteceria se a solicitação ultrapassasse o limite elástico, porque qualquer solicitação acima do limite elástico causa deformação permanente.

Portanto, o limite elástico é a máxima tensão a que uma peça pode ser submetida. Por isso, o conhecimento de seu valor é fundamental para qualquer aplicação.

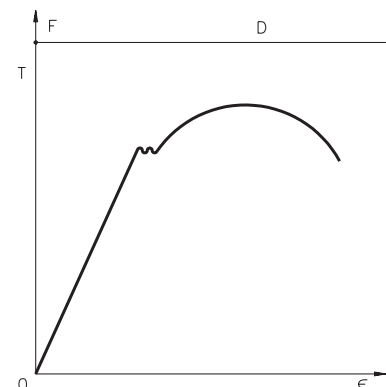
A rigor, a determinação do limite elástico deveria ser feita por carregamentos e descarregamentos sucessivos, até que se alcançasse uma tensão que mostrasse, com precisão, uma deformação permanente.

Este processo é muito trabalhoso e não faz parte dos ensaios de rotina. Porém, devido à importância de se conhecer o limite elástico, em 1939 um cientista chamado Johnson propôs um método para determinar um **limite elástico aparente**, que ficou conhecido como **limite Johnson**.

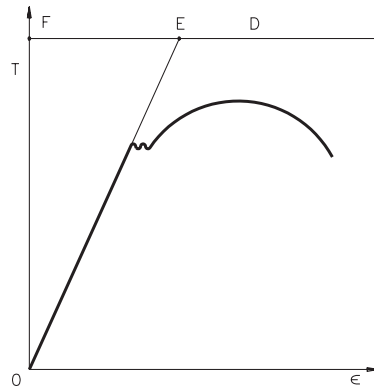
O limite Johnson corresponde à tensão na qual a velocidade de deformação é 50% maior que na origem.

Veja como determinar o limite Johnson na prática, acompanhando os passos explicados a seguir.

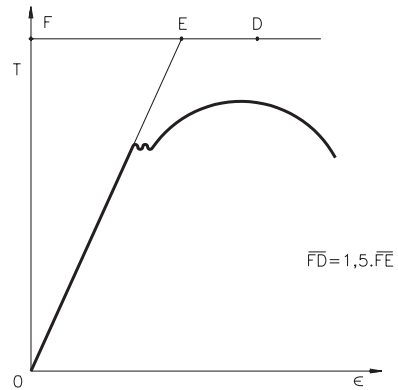
1. Trace uma reta perpendicular ao eixo das tensões, fora da região da curva tensão-deformação (F-D).



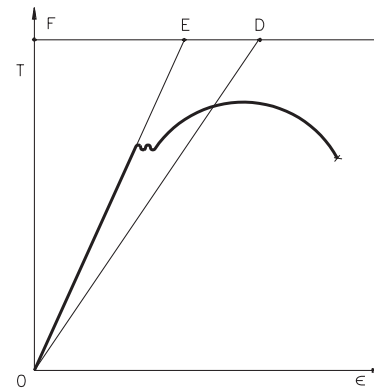
2. Prolongue a reta da zona elástica, a partir do ponto O, até que ela corte a reta FD no ponto E.



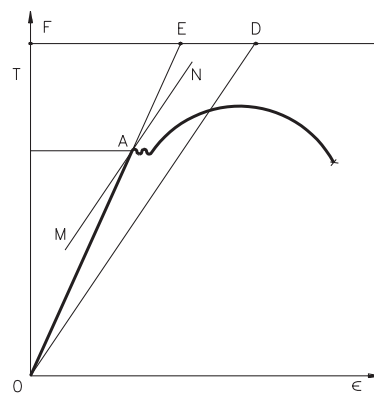
3. Remarque o ponto D de modo que a medida do segmento FD seja igual a uma vez e meia o segmento FE.



4. Trace a reta OD.



5. Trace a reta MN paralela a OD, tangenciando a curva tensão-deformação.



O limite Johnson é o valor de tensão do ponto tangencial (A).

Limite de escoamento: valores convencionais

O **limite de escoamento** é, em algumas situações, alternativa ao limite elástico, pois também delimita o início da deformação permanente (um pouco acima).

Ele é obtido verificando-se a parada do ponteiro na escala da força durante o ensaio e o patamar formado no gráfico exibido pela máquina. Com esse dado é possível calcular o limite de escoamento do material.

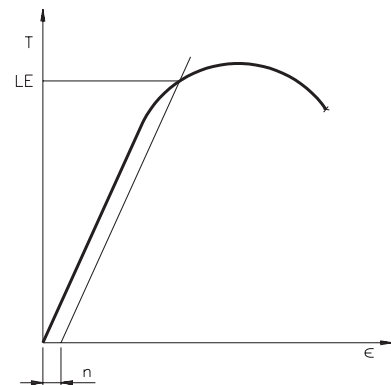
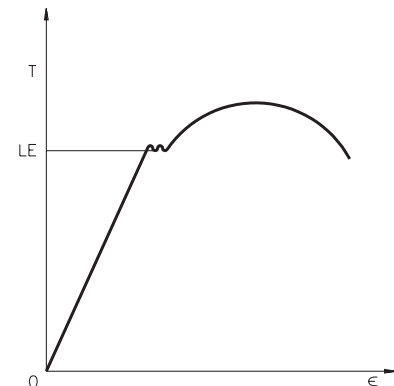
Entretanto, vários metais não apresentam escoamento, e mesmo nas ligas em que ocorre ele não pode ser observado, na maioria dos casos, porque acontece muito rápido e não é possível detectá-lo.

Por essas razões, foram convencionados alguns valores para determinar este limite.

O valor convencional (n) corresponde a um alongamento percentual. Os valores de uso mais freqüente são:

- $n = 0,2\%$, para metais e ligas metálicas em geral;
- $n = 0,1\%$, para aços ou ligas não ferrosas mais duras;
- $n = 0,01\%$, para aços-mola.

Graficamente, o limite de escoamento dos materiais citados pode ser determinado pelo traçado de uma linha paralela ao trecho reto do diagrama tensão-deformação, a partir do ponto n . Quando essa linha interceptar a curva, o limite de escoamento estará determinado, como mostra a figura ao lado.



Tensão no limite de resistência

Este valor de tensão é utilizado para a especificação dos materiais nas normas, pois é o único resultado preciso que se pode obter no ensaio de tração e é utilizado como base de cálculo de todas as outras tensões determinadas neste ensaio.

Por exemplo, um aço 1080 apresenta um limite de resistência de aproximadamente 700 MPa. Ao produzirmos novos lotes desse aço, devemos executar seu ensaio para verificar se ele realmente possui esta resistência. Ou seja, esta especificação é utilizada para comparar a resistência de um aço produzido com o valor referencial da norma.

Conhecer o limite de resistência também é útil para comparar materiais. Por exemplo, um aço 1020 apresenta aproximadamente 400 MPa de resistência à tração. Este valor nos demonstra que o aço 1080 tem uma resistência 300 MPa maior que o 1020. Apesar de não se utilizar este valor para dimensionar estruturas, ele servirá de base para o controle de qualidade dessas ligas.

Dificuldades com a tensão de ruptura

É difícil determinar com precisão o limite de ruptura, pois não há forma de parar o ponteiro da força no instante exato da ruptura. Além disso, o limite de ruptura não serve para caracterizar o material, pois quanto mais dúctil ele é, mais se deforma antes de romper-se.

Calculando a estricção

Como você já estudou na Aula 3 deste módulo, a estricção também é uma medida da ductilidade do material. É representada pela letra Z, e calculada pela seguinte fórmula:

$$Z = \frac{S_0 - S_f}{S_0}$$

onde S_0 é a área de seção transversal inicial e S_f a área de seção final, conhecida pela medição da região fraturada.

Exemplo de relatório de ensaio de tração

Interessado(a): JJA

Data: 22/12/95

Material ensaiado (descrição): Aço 1020

Equipamento: Máquina universal

Norma(s) seguida(s): ABNT – NBR 6152

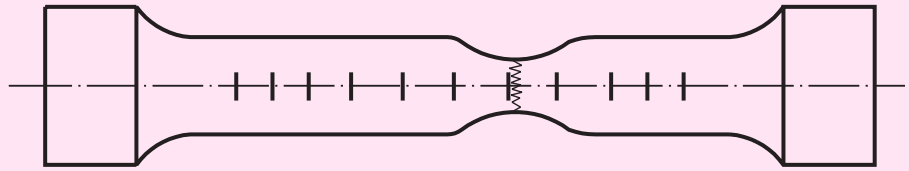
C.P. nº	Ø Médio mm	Comprimento útil mm	Área da seção inicial mm²	Limite de escoamento		Limite de resistência		Alongamento		Estricção	
				N	MPa	N	MPa	mm Lf	%	mm Df	%
1	10	50	78,54	21991	280	32987	420	62	24	6	64
Executante:				Visto:							

E então? Com todos os conceitos já aprendidos, a interpretação do relatório é relativamente simples, não é mesmo? Para cada corpo de prova ensaiado são registrados os dados iniciais e depois o comportamento da força de tração durante o ensaio. É assim que se obtêm os dados necessários para oferecer maior segurança ao consumidor, desde o projeto ao produto final.

Exercícios

Exercício 1

Sabendo que o número de divisões (n) do corpo de prova a seguir é 10, represente o comprimento final (L_f).



Exercício 2

Que propriedade é mais importante determinar na prática: o limite elástico ou o limite de ruptura? Justifique sua resposta.

Exercício 3

O limite Johnson serve para determinar:

- a) o limite de resistência efetiva;
- b) o limite elástico aparente;
- c) o limite de ruptura;
- d) o limite de escoamento.

Exercício 4

Escreva **V** se a frase a seguir for verdadeira ou **F** se for falsa:

- Em alguns casos, em vez de determinar o limite elástico, podemos recorrer ao limite de escoamento para saber qual a carga máxima suportada por um corpo.

Exercício 5

Complete a frase com a alternativa que a torna verdadeira:

O conhecimento do limite de resistência é importante porque

- a) é o valor utilizado para dimensionar estruturas.
- b) é o único resultado preciso que se pode obter no ensaio de tração.

