

Notas de Aula - Ensaio de Dureza

Disciplina: Ensaaios de Materiais // Engenharia Mecânica - UEM

1 de abril de 2008

1 Introdução

A dureza é a propriedade mecânica de um material apresentar resistência ao risco ou à formação de uma marca permanente quando pressionado por outro material ou por marcadores padronizados.

Características geométricas da impressão ou marca (área superficial ou profundidade) são medidas e correlacionadas com um valor numérico que representa a dureza do material. Tal correlação é baseada na tensão que o penetrador necessita para vencer a resistência superficial do material. A dureza de um material depende diretamente das forças de ligação entre átomos, íons ou moléculas, assim como da resistência mecânica.

Uma importante característica da dureza, em especial para a engenharia mecânica, é a sua correlação com o limite de resistência e o limite de escoamento dos metais.

2 Dureza por Risco

Entre os ensaios por risco, destaca-se a dureza Mohs, a qual consiste de uma escala de 10 minerais padrão organizados de tal forma que o diamante, material mais duro, risca todos os outros. Contudo, esse tipo de ensaio é pouco utilizado nos materiais metálicos, sendo mais aplicado no campo da mineralogia.

Outro método de dureza por risco é a microdureza Bierbaum. Este ensaio consiste na aplicação de uma força de 3gf, por meio de um diamante padronizado, com formato igual a um canto de cubo com ângulo de contato de 35° , sobre uma superfície previamente preparada por polimento e ataque químico. A dureza Bierbaum é determinada a partir da medição da largura do risco, realizada por meio de um microscópio, conforme apresentada na

equação seguinte.

$$k = \frac{10^4}{\lambda^2}$$

3 Dureza por Rebote

Dentre os ensaios dinâmicos, cuja impressão é causada pela queda livre de um êmbolo com uma ponta padronizada de diamante, destaca-se a dureza Shore. Neste ensaio, o valor da dureza é proporcional á energia de deformação consumida para formar a marca no corpo de prova e representada pela altura alcançada no rebote do êmbolo. Desta forma, materiais ducteis irão consumir mais energia na deformação do corpo de prova e o êmbolo alcançará uma altura menor no retorno, indicando uma dureza mais baixa.

O ensaio para a determinação da dureza Shore emprega uma barra de aço de peso 2,5 N, com uma ponta arredondada de diamante colocada dentro de um tubo de vidro com um escala graduada de 0 a 140, tal barra é liberada de um altura padrão (256 mm), e a altura de rebote após o choque é considerada a dureza Shore.

Alguns estudos correlacionam os valores de dureza Shore com o limite de resistência à tração de aços-carbono.

4 Dureza por Penetração

4.1 Dureza Brinell

Foi o primeiro ensaio de penetração padronizado e reconhecido industrialmente, sendo a denominação Brinell referente ao nome do seu idealizador J. A. Brinell, o qual propôs o ensaio em 1900. O ensaio de dureza Brinell consiste em um esfera de aço temperado ou carboneto de tungstênio na superfície do material ensaiado. A dureza Brinell é determinada por meio da razão entre carga aplicada e a área da calota esférica resultante, conforme descrito a seguir.

$$dureza = \frac{P}{S}$$

em que,

dureza = dureza do material, Pa;

P = carga de impressão, N;

S = área da calota esférica impressa, mm^2 .

Contudo, na utilização do ensaio o cálculo da dureza é desnecessário, pois existem tabelas preparadas para fornecer o valor da dureza Brinell a partir dos diâmetros da impressão formada.

Usualmente, a dureza Brinell é representada pelas notações HBs e HBw, seguidas dos valores de representativos de dureza, para esferas de aço e carboneto de tungstênio, respectivamente.

Tanto a carga quanto o diâmetro da esfera dependem do material, os quais devem ser adequados ao tamanho, espessura e a estrutura interna do corpo de prova. Na prática, empregam-se com maior frequência esferas com diâmetro de 10 mm, bem como, o tempo de aplicação da carga é da ordem de 10 a 15 segundos.

A dureza Brinell pode ser correlacionada com o limite de resistência a tração de materiais metálicos. Apesar de tais relações não serem necessariamente precisas, são importantes para uma estimativa da resistência de um material quando não se dispõe de uma máquina de tração, ou vice-versa. Para durezas Brinell maiores que 380, a relação não deve ser aplicada, pois a dureza passa a crescer mais rapidamente do que o limite de resistência à tração. A equação abaixo caracteriza tal relação.

$$\sigma_u = \alpha \cdot HB$$

em que,

σ_u = limite de resistência à tração, MPa;

α = constante experimental para materiais de engenharia.

O ensaio de dureza Brinell não é adequado para caracterizar peças que tenham sofrido tratamentos superficiais, pois a penetração pode ultrapassar a camada com tratamento e gerar erros nos valores obtidos. Não obstante, este tipo de ensaio é indicado para materiais com estrutura interna não-uniforme, em função da maior área de impressão em relação a outros ensaios. Entretanto, devido ao tamanho da impressão formada, o ensaio pode ser considerado destrutivo.

4.2 Dureza Rockwell

É o método mais utilizado internacionalmente. A denominação Rockwell deve-se de sua proposta ter sido feita pela indústria Rockwell, dos Estados Unidos, em 1922. A dureza Rockwell não apresenta relação com a área da impressão formada no material ensaiada, como na dureza Brinell.

A dureza Rockwell pode ser classificada como comum ou superficial, dependendo da pré-carga e carga aplicada. A profundidade de penetração é correlacionada pela máquina em um número arbitrário, cuja leitura é feita diretamente na escala da máquina. O número de dureza Rockwell é sempre citado com o símbolo HR, seguido da escala utilizada (A, B, C, D, E, entre outras.)

O penetrador pode ser de diamante esferocônico com ângulo de 120° e ponta ligeiramente arredondada ($r = 2mm$), bem como pode ser esférico de aço endurecido, geralmente com diâmetro de 1,59 mm, podendo existir também nos diâmetros de 3,17; 6,35 e 12,70 mm.

No caso de ensaios de dureza Rockwell, utilizam-se pré-carga de 98 N e força (total) de 589 N; 981 N e 1471 N; e para dureza superficial, pré-carga de 29 N e forças de 147, 294 e 441 N. A aplicação da pré-carga é necessária para eliminar a ação de eventuais defeitos superficiais e auxiliar na fixação do corpo de prova.

Em relação ao ensaio de dureza Brinell, pode-se destacar as seguintes vantagens do método Rockwell:

- rapidez de execução;
- maior exatidão e isenção de erros, já que não exige leitura do tamanho da impressão;
- pequeno tamanho da impressão;
- possibilidade de utilização para materiais duros.

4.3 Dureza Vickers

Método semelhante ao ensaio de dureza Brinell, uma vez que relaciona a carga aplicada com a área superficial da impressão. Recebeu o nome Vickers devido a Companhia Vickers-Armstrong Ltda. que fabricou as máquinas para operar esse tipo de dureza, sendo o método desenvolvido por Smith e Sandland em 1925.

O penetrador padronizado é uma pirâmide de base quadrada e com ângulo de 136° entre as faces. Em função da geometria do penetrador o ensaio de dureza Vickers também é conhecido como teste de dureza de pirâmide de diamante. A seguir são apresentadas algumas características do ensaio:

- impressões extremamente pequenas;
- aplica-se a um amplo espectro de materiais;
- exige cuidadosa preparação do corpo de prova;
- em função da demora do ensaio é de limitada utilização industrial.

A designação da dureza é formada pelo valor da dureza seguido pelo símbolo HV.