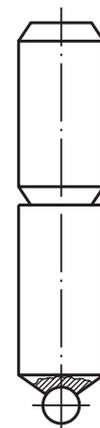
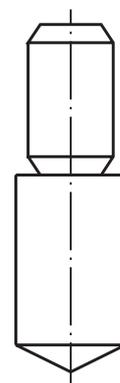


Os penetradores utilizados na máquina de ensaio de dureza Rockwell são do tipo esférico (esfera de aço temperado) ou cônico (cone de diamante com 120° de conicidade).

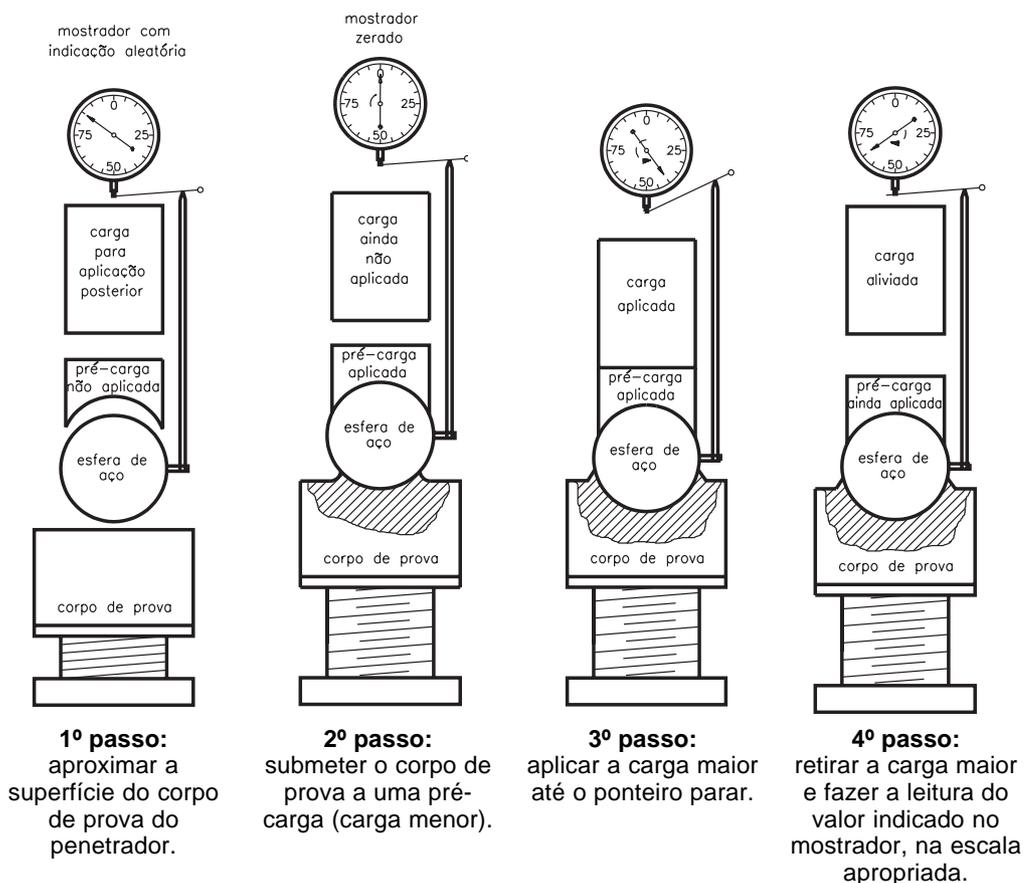


penetrador esférico



penetrador cônico

Descrição do processo

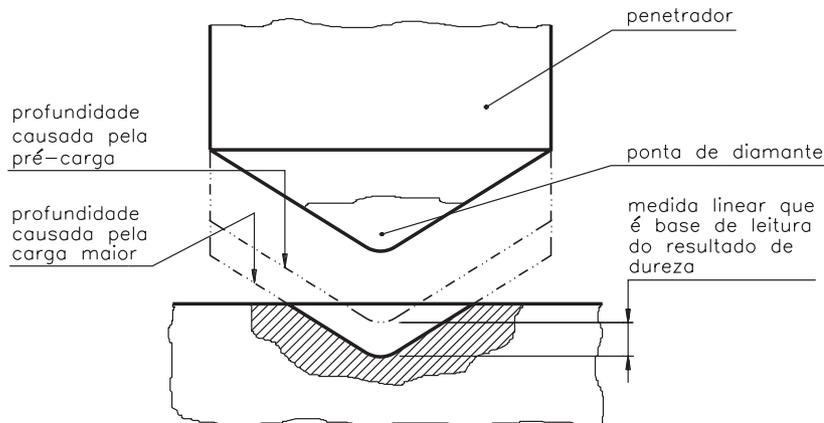


Quando se utiliza o penetrador cônico de diamante, deve-se fazer a leitura do resultado na escala externa do mostrador, de cor preta. Ao se usar o penetrador esférico, faz-se a leitura do resultado na escala vermelha.

Nos equipamentos com mostrador digital, uma vez fixada a escala a ser usada, o valor é dado diretamente na escala determinada.

O valor indicado na escala do mostrador é o valor da dureza Rockwell. Este valor corresponde à profundidade alcançada pelo penetrador, subtraídas a recuperação elástica do material, após a retirada da carga maior, e a profundidade decorrente da aplicação da pré-carga.

Em outras palavras: a profundidade da impressão produzida pela carga maior é a base de medida do ensaio Rockwell. Veja a seguir a representação esquemática da profundidade produzida por um penetrador cônico de diamante.



Curiosidade

A escala do mostrador é construída de tal modo que uma impressão profunda corresponde a um valor baixo na escala e uma impressão rasa corresponde a um valor alto na escala. Desse modo, um valor alto na escala indica que se trata de um material de alta dureza.

Equipamento para ensaio de dureza Rockwell



Pode-se realizar o ensaio de dureza Rockwell em dois tipos de máquinas, ambas com a mesma técnica de operação, que diferem apenas pela precisão de seus componentes.

A máquina padrão mede a **dureza Rockwell normal** e é indicada para avaliação de dureza em geral.

A máquina mais precisa mede a **dureza Rockwell superficial**, e é indicada para avaliação de dureza em folhas finas ou lâminas, ou camadas superficiais de materiais.

Na máquina Rockwell normal, cada divisão da escala equivale a 0,02 mm; na máquina Rockwell superficial, cada divisão equivale a 0,01 mm.

As escalas de dureza Rockwell foram determinadas em função do tipo de penetrador e do valor da carga maior.

Nos ensaios de dureza Rockwell normal utiliza-se uma pré-carga de 10 kgf e a carga maior pode ser de 60, 100 ou 150 kgf.

Nos ensaios de dureza Rockwell superficial a pré-carga é de 3 kgf e a carga maior pode ser de 15, 30 ou 45 kgf.

Estas escalas não têm relação entre si. Por isso, não faz sentido comparar a dureza de materiais submetidos a ensaio de dureza Rockwell utilizando escalas diferentes. Ou seja, um material ensaiado numa escala só pode ser comparado a outro material ensaiado na mesma escala.

E por falar em escalas, analise os quadros a seguir, que mostram as escalas mais utilizadas nos processos industriais.

ESCALA DE DUREZA ROCKWELL NORMAL E APLICAÇÕES					
ESCALA	COR DA ESCALA	CARGA MAIOR	PENETRADOR	FAIXA DE UTILIZAÇÃO	CAMPO DE APLICAÇÃO
A	preta	60	diamante cone 120°	20 a 88 HRA	Carbonetos, folhas de aço com fina camada superficial endurecida
C	preta	150	diamante cone 120°	20 a 70 HRC	Aço, titânio, aços com camada endurecida profunda, materiais com HRB>100
D	preta	100	diamante cone 120°	40 a 77 HRD	Chapas finas de aço com média camada endurecida
B	vermelha	100	esfera aço 1,5875 mm	20 a 100 HRB	Ligas de cobre, aços brandos, ligas de alumínio, ferro maleável etc.
E	vermelha	100	esfera aço 3,175 mm	70 a 100 HRE	Ferro fundido, ligas de alumínio e de magnésio
F	vermelha	60	esfera aço 1,5875 mm	60 a 100 HRF	Ligas de cobre recozidas, folhas finas de metais moles
G	vermelha	150	esfera aço 1,5875 mm	30 a 94 HRG	Ferro maleável, ligas de cobre-níquel-zinco e de cobre-níquel
H	vermelha	60	esfera aço 3,175 mm	80 a 100 HRH	Alumínio, zinco, chumbo
K	vermelha	150	esfera aço 3,175 mm	40 a 100 HRK	Metais de mancais e outros muito moles ou finos

ESCALA DE DUREZA ROCKWELL SUPERFICIAL E APLICAÇÕES					
ESCALA	COR DA ESCALA	CARGA MAIOR	PENETRADOR	FAIXA DE UTILIZAÇÃO	CAMPO DE APLICAÇÃO
15 N	preta	15	diamante cone 120°	65 a 90 HR 15N	Uso em aplicações similares às escalas HRC, HRA, HRD
30 N	preta	30	diamante	40 a 80 HR 30N	Uso em aplicações similares às escalas HRC, HRA, HRD
45 N	preta	45	diamante	35 a 70 HR 45N	Uso em aplicações similares às escalas HRC, HRA, HRD
15 T	vermelha	15	esfera aço 1,5875 mm	50 a 94 HR 15T	Uso em aplicações similares às escalas HRB, HRF, HRG
30 T	vermelha	30	esfera aço 1,5875 mm	10 a 84 HR 30T	Uso em aplicações similares às escalas HRB, HRF, HRG
45 T	vermelha	45	esfera aço 1,5875 mm	10 a 75 HR 45T	Uso em aplicações similares às escalas HRB, HRF, HRG

Para entender a informação contida na coluna **Faixa de utilização**, você precisa saber como são representados os valores de dureza Rockwell. É o que explicaremos a seguir.

Representação da dureza Rockwell

O número de dureza Rockwell deve ser seguido pelo símbolo HR, com um sufixo que indique a escala utilizada.

Veja, por exemplo, a interpretação do resultado 64HRC:

- 64 é o valor de dureza obtido no ensaio;
- HR indica que se trata de ensaio de dureza Rockwell;
- a última letra, no exemplo C, indica qual a escala empregada.

Pare e resolva!

Verificando o entendimento

Como você interpreta o seguinte resultado: 50HR15N?

Resposta:

Se você escreveu que 50 é o valor de dureza Rockwell superficial na escala 15N, acertou.

O número obtido no ensaio Rockwell corresponde a um valor adimensional, que somente possui significado quando comparado com outros valores da mesma escala.

Utilizando as escalas de dureza Rockwell

Suponha que lhe peçam para fazer um ensaio de dureza Rockwell na escala C. Recorrendo aos quadros apresentados anteriormente, que trazem as escalas de dureza Rockwell, é possível identificar as condições de realização do ensaio. Como fazer isso? Acompanhe a demonstração.

- Uma vez que o ensaio deve ser feito na escala C, você já sabe que se trata de um ensaio de dureza Rockwell normal.
- O ensaio é de dureza Rockwell normal, logo a máquina a ser utilizada é a padrão.
- O penetrador para esta escala é o cônico de diamante.
- O penetrador deve ter 120° de conicidade.
- A carga maior do ensaio é de 150 kgf.
- A leitura do resultado é feita na escala preta do relógio.

Ficou claro? Então resolva o próximo exercício para comprovar o entendimento.

Verificando o entendimento

Uma empresa adquiriu um material com a seguinte especificação: 70HR15T. Quais as condições do ensaio para confirmar se o material está de acordo com a especificação?

Resposta:

Tipo de máquina:

Tipo de penetrador:

Dimensão do penetrador:

Pré-carga:

Carga maior:

Cor da escala onde é feita a leitura do resultado:

A representação HR15T indica que as informações deverão ser procuradas na escala Rockwell superficial. Logo, a máquina deve ser a mais precisa. O penetrador será uma esfera de aço com 1,5875 mm de diâmetro. Será aplicada uma pré-carga de 3 kgf e a carga maior será de 15 kgf. O resultado deverá ser lido na escala vermelha.

Profundidade de penetração

A profundidade que o penetrador vai atingir durante o ensaio é importante para definir a espessura mínima do corpo de prova.

De modo geral, a espessura mínima do corpo de prova deve ser 17 vezes a profundidade atingida pelo penetrador.

Entretanto, não há meios de medir a profundidade exata atingida pelo penetrador no ensaio de dureza Rockwell.

É possível obter a medida aproximada desta profundidade (P), a partir do valor de dureza indicado na escala da máquina de ensaio, utilizando as fórmulas a seguir:

- Penetrador de diamante:
HR normal: $P = 0,002 \times (100 - HR)$
HR superficial: $P = 0,001 \times (100 - HR)$
- Penetrador esférico:
HR normal: $P = 0,002 \times (130 - HR)$
HR superficial: $P = 0,001 \times (100 - HR)$

Por exemplo, a profundidade aproximada de penetração que será atingida ao ensaiar um material com dureza estimada de 40HRC é de 0,12 mm.

Como se chegou a este resultado? Consultando as tabelas com as escalas de dureza Rockwell, ficamos sabendo que a escala C se refere à dureza Rockwell normal e que esta escala utiliza penetrador de diamante. O passo seguinte foi escolher a fórmula: $P = 0,002 \times (100 - HR)$ e fazer as contas.

Tente você também!

Verificando o entendimento

Qual deve ser a espessura mínima de uma chapa que será submetida ao ensaio de dureza Rockwell para um material com dureza esperada de 80HRB?

Resposta:

A primeira coisa que você deve ter feito é descobrir a profundidade aproximada atingida pelo penetrador.

Para isso, deve ter ido ao quadro com a escala B (dureza Rockwell normal), e constatado que esta escala usa penetrador esférico.

Com essas informações, deve ter escolhido a fórmula: $P = 0,002 \times (130 - 80)$ para encontrar o valor da profundidade aproximada. Feitos os cálculos, deve ter concluído que esta profundidade é de aproximadamente 0,1 mm.

Uma vez que a espessura do corpo de prova equivale, em geral, a pelo menos 17 vezes a medida da profundidade, a espessura mínima da chapa deve ser de 1,7 mm.

Como você viu, o ensaio de dureza Rockwell tornou possível avaliar a dureza de materiais que não poderiam ser submetidos ao ensaio Brinell. Mesmo assim, há situações em que nem o ensaio Brinell nem o Rockwell são recomendáveis. Por isso, a próxima aula será dedicada a outro tipo de ensaio de dureza, o ensaio Vickers.

Mas antes de estudar um assunto novo, é bom que você esteja seguro de que os assuntos desta aula ficaram bem entendidos. Uma maneira de verificar isso é fazendo os exercícios propostos a seguir.

Exercícios

Exercício 1

Assinale com um X as vantagens que o método de ensaio Rockwell apresenta em relação ao método de ensaio Brinell.

- a) () permite avaliar a dureza de metais endurecidos;
- b) () deixa grandes marcas de impressão no material ensaiado;
- c) () permite leitura direta do resultado do ensaio na própria máquina;
- d) () serve para materiais heterogêneos.

Exercício 2

No ensaio de dureza Rockwell, a profundidade da impressão que serve como base da medida de dureza é causada pela:

- a) () pré-carga;
- b) () carga maior;
- c) () pré-carga mais carga maior;
- d) () carga maior, menos pré-carga.

Exercício 3

O ensaio de dureza Rockwell normal utiliza as cargas maiores de:

- a) () 60 – 100 – 150 kgf;
- b) () 15 – 30 – 45 kgf;
- c) () 15,625 – 31,25 – 62,5 kgf;
- d) () qualquer valor de carga.

Exercício 4

Descreva as condições de ensaio de dureza Rockwell para o material com a dureza estimada de 40HR45N:

- a) tipo de máquina:
- b) tipo de penetrador:
- c) dimensão do penetrador:
- d) carga maior:
- e) cor da escala onde é lido o resultado:

Exercício 5

Calcule a espessura mínima que deve ter uma chapa que será ensaiada pelo método Rockwell, sabendo que a dureza estimada do material é 45 HRC.

