

Revista Eletrônica

AeroDesign

Magazine



Volume 16 - Número 1 – 2024

ISSN - 2177-5907

Ensaio Mecânico de Dureza de Rockwell

João Vitor Salustiano Leite
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
joao.salustiano@aluno.ifsp.edu.br

Maria Eduarda Calisto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
m.calisto@aluno.ifsp.edu.br

Matheus José Ferreira Borelli
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
borelli.matheus@aluno.ifsp.edu.br

Roger Henrique da Costa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
roger.h@aluno.ifsp.edu.br

Resumo

O ensaio de dureza de Rockwell é um método de avaliação da resistência de um material à penetração por uma ferramenta padronizada. Foi desenvolvido por Stanley Rockwell em 1919 e utiliza uma escala de letras para indicar a dureza do material testado. O artigo aborda o processo de realização, ferramentas utilizadas e uso das escalas.

Palavras-chave

Dureza Rockwell, Metodologia, Ensaio de Materiais.

1 - Introdução

Os ensaios destrutivos são os mais utilizados para a compreensão das propriedades dos materiais e o comportamento do corpo de prova. Esses ensaios realizam procedimentos que provocam inutilidade nos materiais, mesmo que não cause muitos danos ao corpo de prova. O ensaio de dureza produz um pequeno dano na grande maioria dos testes, porém deixa sinais que serão possíveis pontos de concentração de tensão e falhas.

O conceito de dureza não é o mesmo para todas suas aplicações. Na mineralogia é a resistência ao “risco” que um material tem em relação a outro; na metalurgia é a capacidade de resistência à

deformação plástica permanente; na mecânica é a resistência à abrasão ou à penetração e na usinagem a dificuldade ao corte.

No início do século XX ocorreram muitos avanços no campo da determinação da dureza, sendo um deles o método de Rockwell. Esse método oferece algumas vantagens sobre outros testes desenvolvidos, pois permite avaliar a dureza de diversos metais, desde os mais macios até os mais duros, no entanto, também tem suas limitações, o que sugere que não é a solução técnica ideal.

O método de Rockwell consiste na aplicação de uma carga no material utilizando diferentes tipos de penetradores para a realização dos testes. Dentre esses penetradores se tem esferas menores que meia polegada, além de ser utilizado cones de diamante, conhecidos por ter uma alta dureza, sendo eles utilizados nos materiais de elevada dureza.

Tendo como intuito final, as instruções de como realizar o teste Rockwell, qual o equipamento utilizar, além de introduzir a utilização das diferentes escalas da dureza de Rockwell.

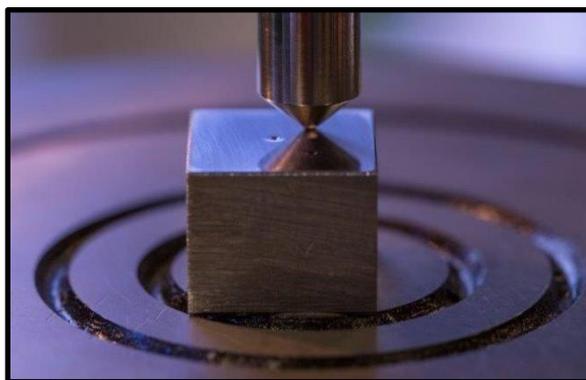


Figura 1 - Penetração do corpo de prova utilizando o ensaio de dureza de Rockwell.

2 – Descrição do Ensaio de dureza Rockwell

O ensaio de Rockwell é um método de teste de dureza que determina a resistência à penetração de um material. É um procedimento não destrutivo que pode ser aplicado a uma ampla gama de materiais, como metais, plásticos e cerâmicas.

Criada em 1922 por Rockwell, a dureza Rockwell é um ensaio mecânico que lê o resultado diretamente na máquina, assim, é mais rápido e livre de erros de medição causados pelo manuseio do operador. É de uso internacional e representado pela sigla HR. Outra vantagem é que por possibilitar o uso de pequenos penetradores, pode não prejudicar a peça utilizada no método. É recomendada para linhas de produção devido sua velocidade, e é usada em tratamentos térmicos ou superficiais.

O ensaio de Rockwell é realizado usando um penetrador de diamante ou carbeto de tungstênio em forma de cone ou esfera, que é pressionado na superfície do material com uma carga pré-definida.

A profundidade de penetração é medida com um relógio comparador ou uma célula de carga, que registra a carga e a profundidade da penetração.

Encontra-se dois tipos de máquinas utilizadas para medir a dureza Rockwell. Ambas seguem as mesmas técnicas de operação, mas se diferenciam pela precisão de seus componentes. A máquina padrão é utilizada para medir a dureza Rockwell comum, enquanto a máquina mais precisa é empregada para medir a dureza Rockwell superficial.

Existem diferentes escalas de dureza Rockwell, cada uma com sua própria combinação de carga e penetrador. Essas escalas são arbitrárias, porém baseadas na profundidade da penetração e são designadas por letras (A, B, C, etc.), as quais a sigla HR pode aparecer para diferenciar e definir a dureza, e o número de dureza obtido corresponde a valores adimensionais.

As escalas mais comuns são B e C, usadas para metais mais duros e mais moles, respectivamente. A escala A é usada para metais mais macios, enquanto a escala D é usada para materiais muito duros, como aços temperados.

Existem dois tipos de penetradores: o esférico, que consiste em uma esfera de aço temperado, e o cônico, um cone de diamante possuindo 120° de conicidade, chamado de penetrador Brale.

A máquina já possui as escalas para todos os tipos de dureza Rockwell, que são facultativas, entretanto são definidas a partir da profundidade de penetração e representadas por letras, que devem aparecer após a sigla HR. O valor obtido é adimensional.

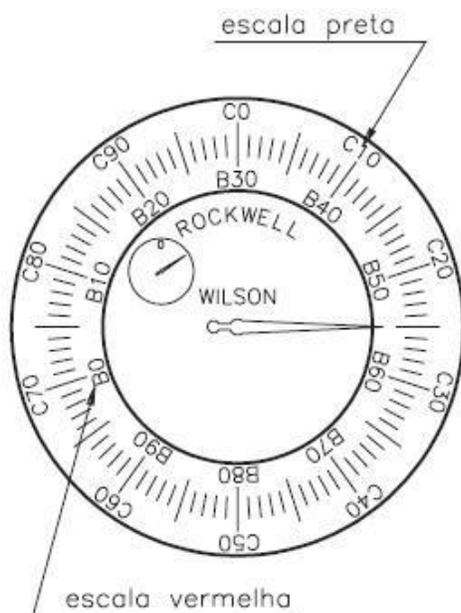


Figura 2 - Mostrador da máquina.

Para o caso da dureza Rockwell comum, a espessura mínima é dez vezes a profundidade da impressão. Então se a impressão perfurar ou puder ser notada do outro lado do corpo de prova, a escala da dureza deve ser reduzida ou então passada para a dureza Rockwell superficial. As impressões devem ser espaçadas umas das outras por pelo menos três vezes o seu diâmetro da impressão, para não haver interferências de medição.

Já para o caso da dureza Rockwell superficial recomenda-se utilizar a escala 45-T para espessuras acima de 1mm, 45-N e 30-T para espessuras acima de 0,9mm, 15-T e 30 N para espessuras acima de 0,5mm e 115-N para espessuras acima de 0,4mm.

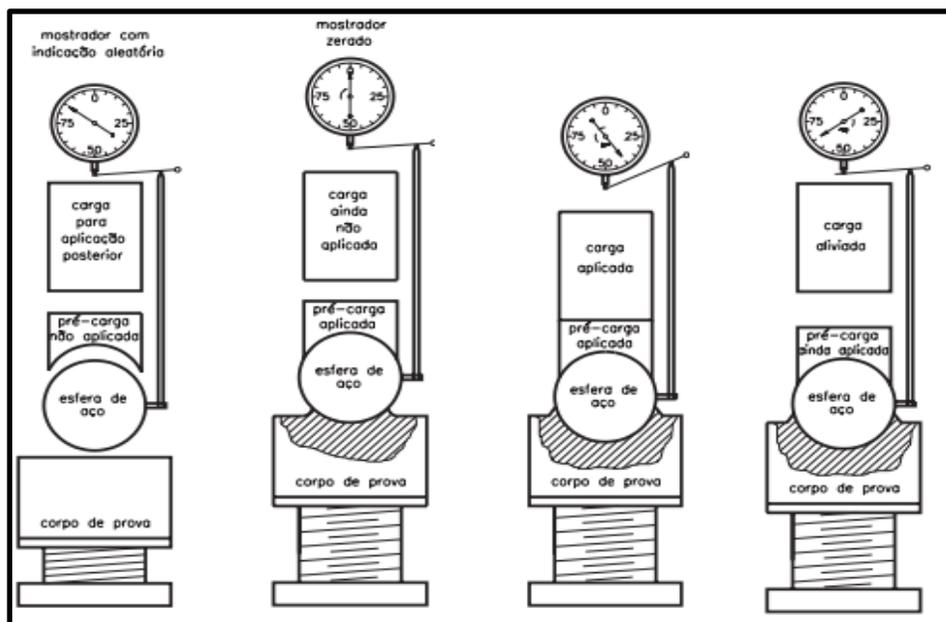


Figura 3 - Descrição do processo do ensaio da Dureza Rockwell.

3 – Metodologia Para a Realização do do Ensaio

A realização do ensaio de dureza Rockwell, pode ser em dois tipos de máquinas, como dito anteriormente, uma para medir a dureza Rockwell comum e a outra para a dureza Rockwell superficial.

No entanto, assim como os outros ensaios mecânicos, há uma etapa inicial de escolha do material e preparação do corpo de prova e da superfície, que deve ser limpa e lixada para eliminar qualquer irregularidade que possa ocasionar em erros.

Mesmo com essa preparação, a carga menor serve ainda para minimizar os efeitos dessas irregularidades superficiais, assim como alguma aderência das bordas do metal no penetrador. A primeira medida do ensaio de dureza Rockwell é descartada, pois essa primeira impressão serve para ajustar o penetrador na máquina. Caso a superfície não seja plana, deve-se realizar uma correção, pois a dureza Rockwell é medida pela profundidade e não pela área.

Para a seleção da escala da dureza, do penetrador e da carga maior para um ensaio de dureza Rockwell comum deve-se analisar as escalas conforme a aplicação de material desejado. Estas se encontram na Tabela 1. A pré-carga da dureza Rockwell comum é sempre 10kgf.

Tabela 1 – Escala de Dureza Rockwell comum.

ESCALA DE DUREZA ROCKWELL NORMAL E SUAS APLICAÇÕES							
ESCALA	COR DA ESCALA	PENETRADOR	CARGA MAIOR (kgf)	FAIXA DE UTILIZAÇÃO	CAMPO DE APLICAÇÃO		
A	Preta	Diamante cone 120º	60	20 a 80 HRA	Carbonetos cementados, aço fino, e aços endurecidos de baixa camada de endurecimento.		
C			150	20 a 70HRC	Aço, titânio, aços com camada endurecida profunda, materiais com HRB>100		
D			100	40 a 77 HRD	Chapas finas de aço com média camada endurecida		
B	Vermelha	Esfera de 1,59mm	100	50 a 100 HRB	Ligas de cobre, aços brandos, ligas de alumínio, ferro maleável etc.		
E		Esfera de 3,17mm	100	70 a 100 HRE	Ferro fundido, ligas de alumínio e de magnésio		
F		Esfera de 1,59mm	60	60 a 100 HRF	Ligas de cobre recozidas, folhas finas de metais moles		
G		Esfera de 1,59mm	150	30 a 94 HRG	Ferro maleável, ligas de cobre-níquel-zinco e de cobre-níquel		
H		Esfera de 3,17mm	60		Alumínio, chumbo, zinco		
K		Esfera de 3,17mm	150				
L		Esfera de 6,35mm	60				
M		Esfera de 6,35mm	100				
P		Esfera de 6,35mm	150				
R		Esfera de 12,70mm	60				
S	Esfera de 12,70mm	100					
V	Esfera de 12,70mm	150					
							Metais de mancais e outros muito moles ou finos

O ensaio de dureza Rockwell superficial, também possui suas escalas independentes, que devem ser analisadas para escolha ideal das condições, assim como na comum, e estão presentes na Tabela 2. A pré-carga da dureza Rockwell superficial é sempre 3kgf.

Tabela 2 – Escala de Dureza Rockwell.

ESCALA DE DUREZA ROCKWELL SUPERFICIAL E SUAS APLICAÇÕES					
ESCALA	COR DA ESCALA	PENETRADOR	CARGA MAIOR (kgf)	FAIXA DE UTILIZAÇÃO	CAMPO DE APLICAÇÃO
15 N	preta	Diamante cone 120º	15	60 a 90 HR 15N	Uso em aplicações similares às escalas HRC, HRA e HRD
30 N	preta	Diamante	30	40 a 80 HR 30N	Uso em aplicações similares às escalas HRC, HRA e HRD
45 N	preta	Diamante	45	35 a 70 HR 45N	Uso em aplicações similares às escalas HRC, HRA e HRD
15 T	vermelha	Esfera de 1,59mm	15	50 a 94 HR 15T	Uso em aplicações similares às escalas HRB, HRF e HRG
30 T	vermelha	Esfera de 1,59mm	30	10 a 84 HR 30T	Uso em aplicações similares às escalas HRB, HRF e HRG
45 T	vermelha	Esfera de 1,59mm	45	10 a 75 HR 45T	Uso em aplicações similares às escalas HRB, HRF e HRG

Após o dimensionamento da escala, o próximo passo é colocar a peça na máquina de forma que a superfície fique em contato com o penetrador, e então aplicar a pré-carga (carga menor) e posicionar o ponteiro da máquina até o ponto de referência. A máquina possui um pequeno ponteiro que indica a profundidade e registra o momento em que a pré-carga é aplicada. No momento em que esse ponteiro atinge um determinado ponto no mostrador, a carga menor terá sido aplicada. Em simultâneo, o ponteiro maior gira no sentido horário. Se a escala do ponteiro maior ficar fora do zero após ser aplicada a pré-carga, deve-se acertar o zero nesse momento.



Figura 4 – Durômetro Rockwell.

A seguir, aciona-se a alavanca que aplica a carga maior em velocidade constante e controlada, aumentando a profundidade da penetração, com a qual o ponteiro maior gira em sentido anti-horário. Retirada a carga pela mesma alavanca em que se aplica, assim que ela parar, o ponteiro gira no sentido horário, indicando a dureza da amostra. Para finalizar, basta retirar a amostra, gira-se a rosca que apoia o corpo de prova, descarregando a máquina.

Num equipamento mais recente, com mostrador digital, esse processo é simplificado, pois não há a necessidade de ajustar o ponteiro.



Figura 5 -Durômetro Rockwell Digital.

Ao se realizar o ensaio para um material desconhecido, deve-se primeiramente tentar uma escala mais alta para evitar danos ao penetrador. Por exemplo, utiliza-se a escala HRC para depois testar outras, caso esteja fora do intervalo da escala Rockwell C.

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

Penetrador de diamante:

HR normal: $Profundidade (P) = 0,002 \times (100 - HR)$

HR superficial: $Profundidade (P) = 0,001 \times (100 - HR)$

Penetrador esférico:

HR normal: $Profundidade (P) = 0,002 \times (130 - HR)$

HR superficial: $Profundidade (P) = 0,001 \times (100 - HR)$

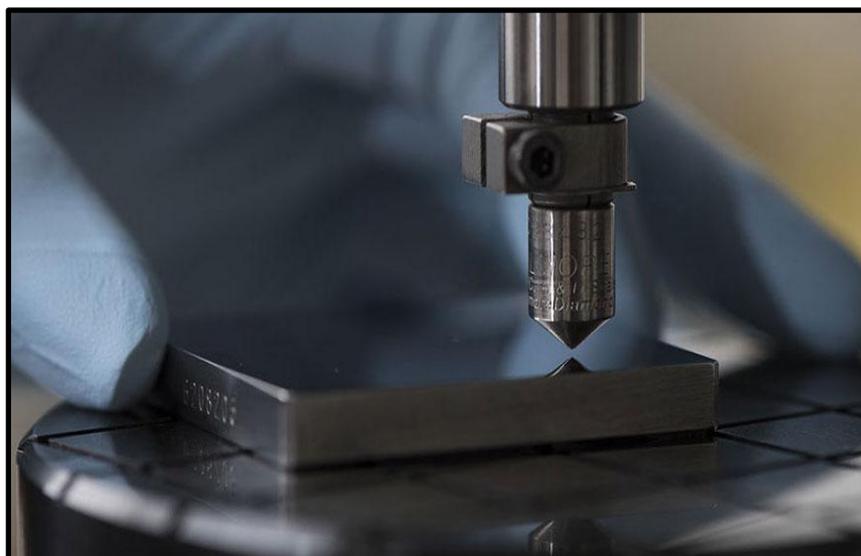


Figura 6 - Corpo de prova sendo utilizado no ensaio de dureza de Rockwell.

4 – Resultados Obtidos

Os resultados obtidos neste ensaio são utilizados para avaliação da qualidade de determinado material. Servem também como parâmetro para comparar diferentes materiais e garantir que os padrões de qualidade sejam atendidos.

Como citado acima, são geralmente apresentados em uma escala de letras, as quais possuem um número e uma letra correspondente, indicando o valor da dureza e a escala em que foi medida. A escala mais utilizada é a escala C, que usa uma carga de 150 kgf e uma esfera de diamante de 120 graus como penetrador. Os resultados são apresentados como um número seguido pela letra "C", como "60C".

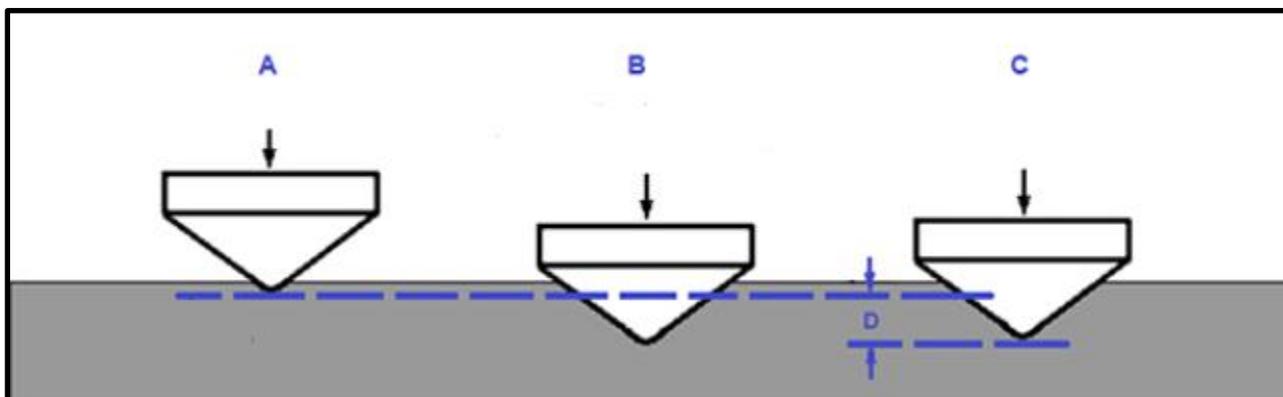


Figura 7 -Ilustração do método de teste.

A = Profundidade alcançada pelo penetrador após a aplicação da pré-carga (carga menor);

B = Posição do penetrador durante a carga total, cargas menores mais cargas principais;

C = Posição final alcançada pelo penetrador após a recuperação elástica do material da amostra;

D = Medição da distância tomada representando a diferença entre a pré-carga e a posição de carga principal. Esta distância é usada para calcular o número de dureza Rockwell.

Existem vários fatores que podem alterar os resultados do teste, como o modo que a superfície foi preparada, a profundidade de penetração e a precisão do equipamento utilizado. Assim, é necessário seguir detalhadamente os procedimentos de teste e utilizar instrumentos de medição confiáveis para atingir a maior precisão possível no resultado.



Figura 8 – Ensaio de Rockwell sendo aplicado.

5 – Aplicações na Indústria

O método pesquisado é amplamente utilizado na indústria para determinar a dureza de materiais metálicos e plásticos, e suas aplicações incluem:

- a) Controle da qualidade:** o ensaio de dureza Rockwell é usado para verificar se os materiais utilizados na produção atendem às especificações de dureza exigidas pelo projeto;
- b) Seleção de materiais:** a dureza é uma medida importante para a seleção de materiais, especialmente em aplicações onde o material deve ser resistente ao desgaste ou danos por impacto;
- c) Inspeção de peças:** a dureza pode ser usada para verificar se as peças foram fabricadas corretamente e se atendem às especificações do projeto;
- d) Controle de processos:** a medição da dureza pode ser usada para controlar processos de fabricação, como tratamentos térmicos, usinagem e processamento;
- e) Teste de resistência:** o ensaio de dureza Rockwell pode ser usado para testar a alta resistência de materiais a condições extremas, como temperaturas e pressão;
- f) Identificação de ligas:** a dureza pode ser usada como uma ferramenta para identificar ligas metálicas desconhecidas;

Desta forma, o ensaio de dureza Rockwell é amplamente utilizado na indústria para garantir que os materiais e peças atendam às especificações de projeto e para controlar a fabricação.



Figura 8 – Ensaio realizado na Rijeza Metalurgia.

6 – Considerações Finais

Em conclusão, o método medição de dureza Rockwell é amplamente utilizado na indústria como uma ferramenta essencial para avaliar a qualidade e a resistência de materiais diversos. É possível obter informações precisas sobre a dureza do material por meio da penetração de um penetrador de diamante ou esfera de aço, essencial para adaptá-lo e adequá-lo a diferentes aplicações.

Ademais, faz-se importante salientar que a dureza Rockwell pode ser medida em diferentes escalas, o que a torna ainda mais versátil e aplicável a diversos materiais, desde metais até polímeros.

Devido a essa capacidade de medição em escalas, a indústria em geral pode desfrutar dessa ferramenta valiosa.

Portanto, é uma ferramenta importante para assegurar a segurança e a eficácia de produtos e processos industriais, e seu uso é fundamental para assegurar a qualidade de materiais utilizados em setores importantes, como aeronáutico, automotivo e metalúrgico.

7 – Referências

George Krauss. Steels: Heat Treatment and Processing Principles. ASM. 1989.USA.

Sérgio Augusto de Souza. Ensaios Mecânicos de Materiais Metálicos. 5a edição. Editora Edgard Blücher Ltda. 1982. São Paulo.

Amauri Garcia; J. A. Spim, C. A. dos Santos. Ensaios dos Materiais. LTC. 2000. Rio de Janeiro.