

■ Métodos de Medição de Dureza e Guia para Seleção de Durômetros

Método de Ensaio	Microdureza (Micro Vickers)	Características de material (micro superfícies)	Vickers	Rockwell	Rockwell Superficial	Espunja, borracha e plástico	Portátil tipo rebote	Brinell	Shore
Material									
IC wafer	●	●							
Metal duro, cerâmica (ferramentas de corte)		▲	●	●					
Aços liga (materiais com tratamento térmico, etc.)	●	▲	●	●	●		●		●
Metais não ferrosos	●	▲	●	●	●		●		
Plásticos		▲		●		●			
Rebolos abrasivos				●					
Fundição (materiais fundidos em geral)								●	
Borrachas e materiais esponjosos						●			
Forma									
Folhas finas (navalhas e lâminas de barbear, facas, etc.)	●	●	●		●				
Pinturas metálicas ou não, folhas de alumínio, etc.	●	●							
Peças pequenas (por exemplo de relógios, agulhas de máquinas de costura), etc.	●	▲							
Peças e componentes de grande tamanho, estruturas, etc.							●	●	●
Ligas de materiais metálicos com durezas por fase.	●	●							
Placas e componentes de plástico	▲	▲		●		●			
Espunjas e placas de borracha						●			
Aplicação									
Resistência ou propriedade física dos materiais	●	●	●	●	●	●	▲	●	●
Processos de tratamento térmico normal e superficial	●		●	●	●		▲		▲
Capas de carbureto, dureza em camadas finas	●		●						
Camada de material descarbonado	●		●		●				
Camada endurecida por chama ou indução elétrica	●		●	●					
Ensaio de endurecimento dos materiais			●	●					
Dureza máxima de um ponto soldado			●						
Dureza de soldaduras			●	●					
Dureza de alta temperatura (características em alta temperatura, trabalhos a quente)			●						
Resistência à fratura (cerâmicas)	●		●						

Símbolos: ● Mais apropriado ▲ Razoavelmente apropriado

■ Métodos de Medição de Dureza

(1) Vickers

A dureza Vickers é um método de ensaio que tem o mais amplo campo de aplicação, permitindo a inspeção de dureza com uma força de ensaio arbitrária. Este ensaio tem uma grande aplicação particularmente para ensaios de dureza conduzidos com uma força de ensaio menor que 9,807N (1kgf). Como se mostra na seguinte fórmula, a dureza Vickers é um valor determinado dividindo a força de ensaio F (N) entre a área de contato (S) em (mm²) entre uma peça e um penetrador, que se calcula mediante o comprimento da diagonal d (mm, promedio das duas diagonais) de uma penetração formada (uma pirâmide quadrada de diamante com ângulo $\theta = 136^\circ$ entre faces opostas) na superfície da peça com uma força de ensaio F (N). k é uma constante (1/g) = 1/9.80665).

$$HV = k \frac{F}{S} = 0.102 \frac{F}{S} = 0.102 \frac{2F \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} = 0.1891 \frac{F}{d^2} \quad \begin{matrix} F: N \\ d: mm \end{matrix}$$

O erro na dureza Vickers calculada se dá pela seguinte fórmula. Nesta fórmula, Δd_1 , Δd_2 e "a" representam o erro de medição devido ao microscópio, um erro na leitura de uma penetração e o comprimento de uma borda de linha gerada por faces opostas ao penetrador. A unidade de $\Delta \theta$ é graus.

$$\frac{\Delta HV}{HV} = \frac{\Delta F}{F} - 2 \frac{\Delta d_1}{d} - 2 \frac{\Delta d_2}{d} - \frac{a^2}{d^2} 3.5 \times 10^{-3} \Delta \theta$$

(2) Knoop

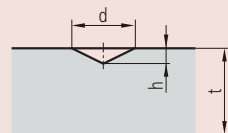
Como mostrado na seguinte fórmula, a dureza Knoop é um valor obtido ao dividir a força de ensaio entre a área projetada A (mm²) de uma penetração, que se calcula a partir da diagonal mais comprida d (mm) da indentação formada por um penetrador de diamante (sua seção transversal é um losango com ângulos das faces opostas de $172^\circ 30'$ e 130°) dentro de uma peça com força de ensaio F aplicada. A dureza Knoop também se pode medir substituindo o penetrador Vickers de uma máquina de ensaio de microdureza por um penetrador Knoop.

$$HK = k \frac{F}{A} = 0.102 \frac{F}{A} = 0.102 \frac{F}{cd^2} = 1.451 \frac{F}{d^2} \quad \begin{matrix} F: N \\ d: mm \\ c: Constante \end{matrix}$$

(3) Rockwell e Rockwell Superficial

Para medir dureza Rockwell ou Rockwell Superficial, primeiro se aplica uma força inicial de ensaio e depois uma força de ensaio a uma peça e se retorna à força de ensaio inicial usando um penetrador de diamante com ângulo da ponta cônica de 120° raio da ponta: 0,2 mm) ou um penetrador de esfera (de metal duro). Esta dureza se obtém da fórmula de dureza, expressada pela diferença na profundidade de penetração h (mm) entre a primeira e segunda força aplicada. Rockwell usa uma força inicial de ensaio de 98.07N, e Rockwell superficial de 29.42N. Um símbolo específico proporcionado em combinação com um tipo de penetrador, força de ensaio e fórmula de dureza se conhece como uma escala. As Normas Industriais Japonesas (JIS) definem várias escalas de dureza relacionadas.

■ Relação entre a Dureza Vickers e a Espessura Mínima de uma Peça

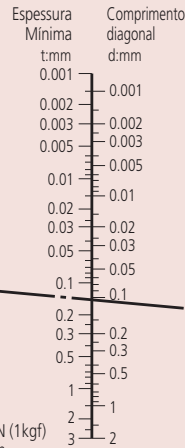
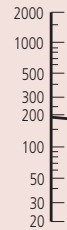


$$HV = 0.1891 \frac{F}{d^2}$$

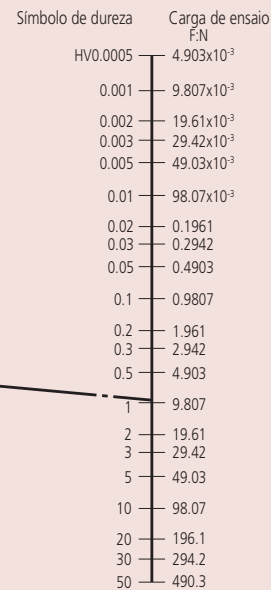
$t > 1.5d$
 $h = d/7$

t: Espessura (mm)
d: Comprimento (mm)
h: Profundidade (mm)

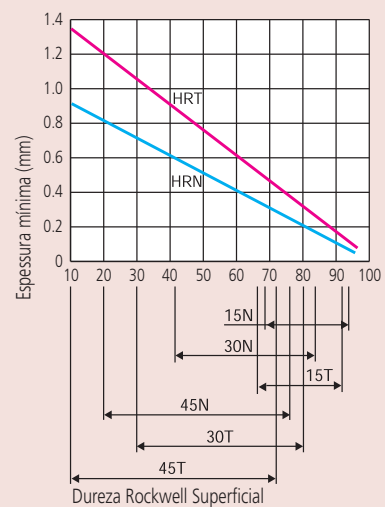
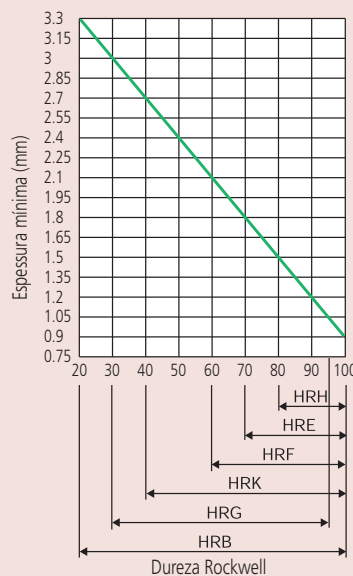
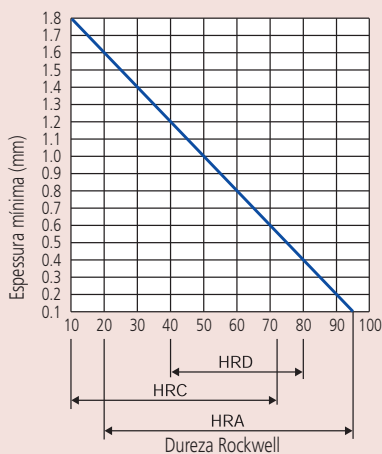
Dureza Vickers
HV



[Exemplo]
Espessura t: 0.15mm
Dureza: 185HV1
Força de teste F: 9.807N (1kgf)
Comprimento d: 0.1mm



■ Relação entre a Dureza Rockwell/Rockwell Superficial e a espessura Mínima de uma Peça



■ Escalas de Dureza Rockwell

Escala	Penetrador	Força de ensaio	Aplicação
A	Diamante	588.4N	Metal duro, lâmina fina de aço
D		980.7N	Aço com dureza superficial
C		1471N	Aço (maior que 100HRB ou menor que 70HRC)
F	Esfera de 1.5875mm diâmetro	588.4N	Buchas metálicas, cobre recozido
B		980.7N	Estanho
G		1471N	Liga de alumínio duro, cobre berílio, broze fosforoso
H	Esfera de 3.175mm diâmetro	588.4N	Bucha metálica, rebolo abrasivo
E		980.7N	Buchas metálicas
K		1471N	Buchas metálica endurecidas
L	Esfera de 6.35mm diâmetro	588.4N	Plástico, chumbo
M		980.7N	
P	1471N		
R	Esfera de 12.7mm diâmetro	588.4N	Plásticos
S		980.7N	
V	1471N		

■ Escalas de Dureza Rockwell Superficial

Escala	Penetrador	Força de ensaio	Aplicação
15-N	Diamante	147.1N	Camadas finas temperadas em aço tais como carburetos ou nitretamentos
30-N		294.2N	
45-N		441.3N	
15-T	Esfera de 1.5875mm diâmetro	147.1N	Folhas finas de metal, aço baixo carbono, bronze, estanho, etc.
30-T		294.2N	
45-T		441.3N	
15-W	Esfera de 3.175mm diâmetro	147.1N	Plástico, zinco, ligas para buchas, etc.
30-W		294.2N	
45-W		441.3N	
15-X	Esfera de 6.35mm diâmetro	147.1N	Plástico, zinco, ligas para buchas, etc.
30-X		294.2N	
45-X		441.3N	
15-Y	Esfera de 12.7mm diâmetro	147.1N	Plástico, zinco, ligas para buchas, etc.
30-Y		294.2N	
45-Y		441.3N	