

DUREZA DE CORPOS SINTERIZADOS
Por Domingos T. A. Figueira Filho

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.

Como os corpos sinterizados são compostos de regiões sólidas e poros, os valores de *macrodureza* determinados pelos métodos convencionais Brinell, Rockwell ou Vickers são geralmente menores do que aqueles de materiais inteiramente sólidos, com a mesma composição e condição metalúrgica. De fato, o penetrador encontrará uma resistência muito menor no sinterizado e a presença aleatória dos poros faz com que a diferença entre os valores mínimo e máximo da dureza seja muito maior do que aqueles obtidos no material inteiramente sólido.

A macrodureza assim obtida é denominada *DUREZA APARENTE*.

Muitas vezes os valores de *dureza aparente* podem ser diferentes nos diversos pontos da peça sinterizada, sendo comum a indicação de "regiões de ensaio" particulares.

Os valores de dureza aparente obtidos não devem ser associados à Resistência à Tração ou à Resistência ao Desgaste, em particular com a abrasão. Comumente pode-se chegar a conclusões errôneas, dado à presença da porosidade e caso a dureza medida seja afetada, por exemplo, pela ação da abrasão superficial na aplicação da carga de ensaio. Valores mais baixos da *dureza aparente de sinterização* não significam que as propriedades funcionais do material sinterizado sejam sempre afetadas negativamente.

Os valores de dureza aparente de sinterizados nunca devem ser convertidos de uma escala para outra.

A verdadeira dureza da estrutura do sinterizado, dureza da fase metálica presente, é comparável com a dureza do metal fundido de mesma composição e condição metalúrgica. Esta determinação somente pode ser efetuada pelo ensaio de *MICRODUREZA*, utilizando-se geralmente a escala Vickers, carga 100 gramas (HV 0,1) , 200 gramas (HV 0,2) ou ainda 300 gramas (HV 0,3).

Conforme recomendações normativas, a Dureza isoladamente não deve ser motivo de aprovação, rejeição ou impedimento de lotes de peças sinterizadas.

2. DETERMINAÇÃO DA DUREZA APARENTE (Macro dureza).

2.1 - CAMPO DE APLICAÇÃO.

Este procedimento de ensaio é aplicável a peças cuja dureza de sinterização seja praticamente uniforme até uma profundidade de 5 mm abaixo da superfície. A este grupo pertencem peças no estado sinterizado, com ou sem calibração e sem nenhum tratamento posterior, ou peças posteriormente termicamente tratadas.

2.2 - APARATOS DE ENSAIO

Aparelhos de ensaio de dureza conforme especificações constantes nas normas :

- ISO 6506 para dureza BRINELL.
- ISO 6507 para dureza VICKERS.
- ISO 6508 para dureza ROCKWELL.

2.3 - DEFINIÇÃO DA ESCALA A SER UTILIZADA.

De acordo com a norma ISO 4498, a escala adequada para se medir a dureza de uma peça sinterizada deve ser escolhida por meio de um *ensaio preliminar* na escala HV 5 (49,03 N).

Valores de Dureza obtidos em ensaio preliminar na escala Vickers HV 5	Sugestão de Escala de Dureza a ser adotada para a determinação da Dureza Aparente.
de 15 até 60	HV 5 HB 2,5 / 15,625 / 30 HRH
acima de 60 até 100	HV 10 HB 2,5 / 31,25 / 30 HRF
acima de 100 até 200	HV 30 HB 2,5 / 62,5 / 30 HRB
acima de 200 até 400	HV 50 HB 2,5 / 187,5 / 30 HRA
Acima de 400	HV 100 HB 2,5 / 187,5 / 30 HRC

Nota: A escala de dureza HB está expressa indicando, na seqüência, o diâmetro do penetrador tipo esférico em (mm), a carga em (Kgf) e o tempo em (s).

2.4 - REQUISITOS IMPOSTOS AOS CORPOS DE PROVA

- Os corpos de prova devem ser suficientemente espessos para que as marcas dos penetradores não apareçam na superfície oposta à superfície de penetração.
- As superfícies dos corpos de prova devem ser paralelas, pois caso contrário haverá uma leitura falsa.
- A área de penetração deve ser suficientemente para que a impressão do penetrador não deforme as bordas do corpo de prova.
- O apoio do corpo de prova deve ser limpo e liso. Pode-se usar papel lixa < 400 µm.
- Penetradores devem ser verificados contra deformações, lascamentos e defeitos para evitar medidas imprecisas.

2.5 – PROCEDIMENTO.

- O aparelho de ensaio deve ser montado em uma superfície livre de vibrações.
- Usar o penetrador e a carga própria para a escala de dureza escolhida.
- O aparelho de dureza deve ser checado contra um bloco padrão e calibrado.
- Usar dispositivos especiais para apoiar convenientemente os corpos de prova.
- Os corpos de prova devem ser ensaiados de acordo com o procedimento padrão para o método de ensaio escolhido. As impressões devem ser feitas de maneira que sua leitura não seja afetada pelas impressões anteriores.

2.6 - RESULTADOS

2.6.1 – Dureza aparente de uma peça sinterizada.

- Tomar cinco medidas de macrodureza.
- Descartar o menor valor encontrado.
- Relatar a **DUREZA APARENTE** como o valor médio aritmético dos quatro valores remanescentes, arredondando-se ao seguinte número inteiro.

2.6.2 – Intervalo de Dureza Aparente de um lote de peças sinterizadas.

- Tomar pelo menos três amostras do lote.
- Determinar a **DUREZA APARENTE** de cada amostra.
- Relatar o **INTERVALO DE DUREZA APARENTE** indicando o menor e o maior valores obtidos.

3. DETERMINAÇÃO DA MICRODUREZA.

3.1 - APARATO DE ENSAIO.

Microdurômetro, com possibilidade de aplicar cargas a partir de 100 gramas força (0,98 N), atendendo as especificações constantes na norma ISO 4507.

3.2 - REQUISITOS IMPOSTOS AOS CORPOS DE PROVA.

- A região de ensaio deve ser preparada de forma que a superfície permaneça perpendicular à força de ensaio.
É permitido o embutimento de corpos de prova em resina acrílica.
- A superfície de ensaio deverá ser preparada com lixas metalográficas e polidas com pasta de diamante (6 µm máximo).
- Devem ser tomadas precauções para evitar danos em cantos, empastamentos, modificação de poros e super aquecimento.

3.3 - PROCEDIMENTO.

- Efetuar as medidas de microdureza na região de ensaio, de tal forma que a distancia entre duas indentações seja maior que duas vezes e meia o comprimento médio das diagonais de impressão.
- Tomar o cuidado para que as indentações não sejam influenciadas pelos poros.
- Indentações irregulares deverão ser descartadas.

3.4 - RESULTADOS.

- Efetuar sete medidas de microdureza na região de ensaio.
- Descartar os dois menores valores obtidos.
- Relatar a microdureza como a média aritmética dos cinco valores restantes.

4. NORMALIZAÇÃO DE REFERÊNCIA.

ISO 4498

MPIF Standard 43

MPIF Standard 52

APÊNDICE

Informações úteis para o ensaio de dureza de sinterizados.

DUREZA BRINELL

↪ Medida do diâmetro da impressão no durômetro, seguida de leitura do valor da dureza na Tabela abaixo:

Designação	Descrição
HB 2,5 / 15,625 / 30	Penetrador = Esfera de aço diâmetro 2,5 mm. Carga = 15,625 Kgf Tempo = 30 s
HB 2,5 / 31,25 / 30	Penetrador = Esfera de aço diâmetro 2,5 mm. Carga = 31,25 Kgf Tempo = 30 s
HB 2,5 / 62,5 / 30	Penetrador = Esfera de aço diâmetro 2,5 mm. Carga = 62,5 Kgf Tempo = 30 s
HB 2,5 / 187,5 / 30	Penetrador = Esfera de aço diâmetro 2,5 mm. Carga = 187,5 Kgf Tempo = 30 s

DUREZA ROCKWELL

↪ Leitura direta na escala do Durômetro.

Escala	Penetrador	Pré-carga		Carga total		Cor da escala
		Kgf	N	Kgf	N	
HRH	Esfera de aço Diâmetro 3,175 mm (1/8")	10	98,07	60	588,4	Vermelha
HRF	Esfera de aço diâmetro 1,5875 mm (1/16")	10	98,07	60	588,4	Vermelha
HRB	Esfera de aço Diâmetro 1,5875 mm (1/16")	10	98,07	100	980,7	Vermelha
HRC	Cone de diamante 120°	10	98,07	150	1471,0	Preta
HRA	Cone de diamante 120°	10	98,07	60	588,4	Preta

DUREZA ROCKWELL SUPERFICIAL

↳ Leitura direta na escala do durômetro

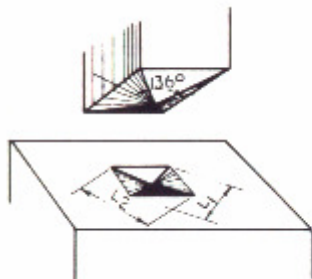
Escala	Penetrador	Pré-carga		Carga total		Cor da escala
		Kgf	N	Kgf	N	
HR 15 N HR 30 N HR 45 N	Cone de diamante 120°	10	98,07	15 30 45	147,1 294,2 441,3	Vermelha
HR 15 T HR 30 T HR 45 T	Esfera de aço Diâmetro 1,5875 mm (1/16")	10	98,07	15 30 45	147,1 294,2 441,3	Vermelha
HR 15 X HR 30 X HR 45 X	Esfera de aço Diâmetro 6,35 mm (1/4")	10	98,07	15 30 45	147,1 294,2 441,3	Vermelha
HR 15 Y HR 30 Y HR 45 Y	Esfera de aço Diâmetro 12,7 mm (1/2")	10	98,07	15 30 45	147,1 294,2 441,3	Vermelha

DUREZA VICKERS

↳ Medida de diagonal da impressão no durômetro, seguida de leitura na Tabela.

Escala	Penetrador	Carga	
		Kgf	N
HV 1	diamante forma piramidal 136°	1	9,807
HV 5	diamante forma piramidal 136°	5	49,03
HV 10	diamante forma piramidal 136°	10	98,07

Penetrador e Impressão Vickers:



$$L = \frac{L1 + L2}{2}$$

MICRODUREZA VICKERS

↪ Medida de diagonal da impressão no Microdurômetro, seguida de leitura na Tabela.

Escala	Penetrador	Carga	
		gf	N
HV 0,1	diamante forma piramidal 136°	100	0,9807
HV 0,2	diamante forma piramidal 136°	200	1,9614
HV 0,3	diamante forma piramidal 136°	300	2,9421