

## **CALIBRAÇÃO DE PENETRADORES ESFEROCÔNICOS DE DIAMANTE PARA ESCALAS DE DUREZA ROCKWELL**

*Antonio Sergio Conejero, Carlos Kazuo Suetake, Takashi Mizutani*

Mitutoyo Sul Americana Ltda, Suzano – SP – Brasil

[conejero@mitutoyo.com.br](mailto:conejero@mitutoyo.com.br)

[metrologia@mitutoyo.com.br](mailto:metrologia@mitutoyo.com.br)

[mizutani@mitutoyo.com.br](mailto:mizutani@mitutoyo.com.br)

**Resumo:** A finalidade do presente trabalho é apresentar a metodologia desenvolvida Laboratório para a medição por processo de apalpação mecânica e os aspectos e resultados apresentados, bem como a situação atual desses penetradores disponíveis no mercado.

**Palavras chaves:** Dureza, Rockwell, Penetrador

### **1. INTRODUÇÃO**

Neste trabalho pretendemos apresentar a metodologia para desenvolvida pelo laboratório de metrologia para a calibração de penetradores esferocônicos de diamante, utilizados para a medição de Dureza de Escalas Rockwell e Rockwell Superficial.

Muitos podem ser os métodos para a medição desse penetrador, mecanicamente ou por processos interferométricos, além do desempenho na medição de dureza, que abrange outros aspectos mais ainda complexos para a formação geológica e direção de cristalização do Diamante, a fixação do Diamante no corpo metálico e etc, que neste trabalho não pretendemos abordar.

### **2. PARAMETROS MEDIDOS EM UM PENETRADOR ESFEROCÔNICO DE DIAMANTE**

A medição do penetrador dá-se geometricamente para a suas características dimensionais e geométricas e também no desempenho na medição de dureza diversas faixas e escalas de dureza.

Os parametros geométricos e os desvios permissíveis, conforme a Norma NBRNM 146-1, 2 e 3, são:

- Ângulo do cone de  $120^\circ \pm 0,35^\circ$
- Raio concordante na extremidade do cone de 0,2 mm de raio  $\pm 0,010\text{mm}$
- Retilidade da aresta do cone e seu comprimento mínimo, 0,001mm/0,40mm
- Ortogonalidade do cone com o eixo de aplicação das cargas de ensaio não superior a  $0,5^\circ$

Para o desempenho na medição de dureza, são realizadas nos seguintes blocos-padrão de dureza:

Dureza Aproximada	Escala Rockwell
20	HRC
55	HRD
43	HR45N
92	HR15N

Para todas as escalas e faixas acima o valor médio do valor de dureza medido não pode diferir mais do que 0,8 unidade Rockwell, do padrão utilizado.

#### **2.1 Método de medição aplicado pelo Laboratório**

A norma NBRNM 146-2, indica a utilização de projeção óptica para a medição do penetrador. Esse método de medição além de requerer alta aptidão visual demanda muita experiência e habilidade do metrologista. Também a repetitividade das medições por métodos de projeção são dificultadas pelo cansaço visual e por dificuldades de projeção dada a característica do mensurando ser altamente polido e cristalino e ainda mais não ser exatamente um perfil plano mas com altura e profundidade, sendo dificultada a visualização por reflexos e aberrações ópticas do sistema de projeção.

Na metodologia aplicada pelo laboratório utiliza-se um equipamento de medição de perfil por escaneamento mecânico (Perfilômetro, ou especificamente Contracer que é uma abreviatura de Contourn Tracer), que consiste num braço articulado dotado de uma ponta seca e rígida que toca a peça e sua outra extremidade dotada de um sensor de medição de deslocamento, que pode ser um LVDT (Transdutor Linear de Indutância Variável) ou um medidor linear digital. No caso apresentado o equipamento é dotado de um sensor LVDT.

#### **2.2 Considerações sobre os Aspectos Geométricos do Penetrador Esferocônico**

Analizando mais detalhadamente, podemos entender a importância de calibrar um penetrador devido à sua complexidade na utilização, pois a exatidão do valor medido em dureza pode ser substancialmente alterado conforme a escala e faixa de dureza em que é utilizado.

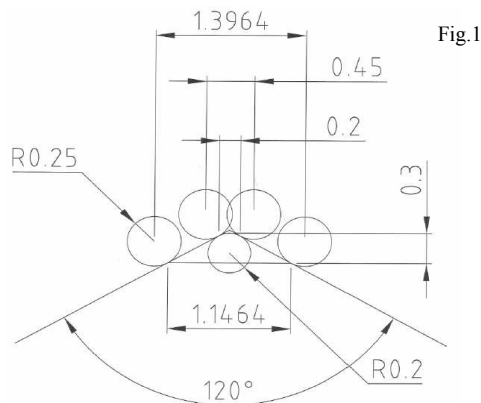


Fig.1

Na figura 1 demonstramos o penetrador esférico sendo escaneado por uma esfera de 0,5mm de diâmetro.

Na figura 2 podemos analisar por que os requisitos como retitude da geratriz e altura polida da mesma devem garantir a sua penetração sem interferir nos resultados de dureza a serem medidos.

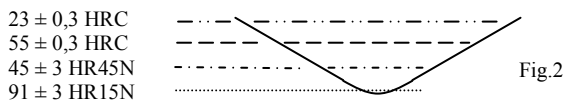


Fig.2

Algumas faixas de escalas de dureza utilizam apenas uma parte da esfera do raio de 0,2mm, outra totalmente e outras ainda o raio e mais uma porção da geratriz do cone.

## 2.2 Calibração do Perfilômetro e Rastreabilidade

O equipamento possui ajuste de ganho para os dois eixos de medição do equipamento, e a calibração do mesmo pode ser efetuada por vários tipos de padrões corporificados, e estes calibrados por outros processos ou equipamentos ainda mais exatos para essa calibração.

A calibração pode ocorrer para cada eixo do equipamento ou simultaneamente para ambos dependendo do padrão utilizado. No caso da aplicação para o penetrador esférico a altura pode ser calibrada por "Step Gauges" ou padrões com alturas escalonadas, que consiste num par de blocos-padrão com comprimentos diferentes apoiados sobre uma placa plana, a calibração desse padrão escalonado pode ser efetuada por interferometria direta, medindo a diferença da altura por franjas interferométricas, nesse caso a diferença do comprimento dos blocos deve ser considerada conforme os comprimentos de onda a serem utilizados na calibração de modo a não exceder o diferencial de comprimento espectral das fontes utilizadas. Ainda essa calibração pode ser efetuada por processos de comparação mecânica de alta exatidão (calibrador de blocos-padrão).

O eixo longitudinal tem sua calibração por padrões lineares simétricos e perfil repetitivo, tais como roscas ou entalhes angulares de passos conhecidos. Outra metodologia, que julgamos inédita, é a sobreposição de blocos-padrão dispostos obliquamente aos eixos do perfilômetro, permitindo a calibração simultânea dos eixos do equipamento. Entretanto este método é muito trabalhoso, apesar de mais exato, e dispensável se considerarmos o custo benefício (em tempo expendido

na calibração do equipamento) da incerteza necessária para a calibração dos penetradores esféricos.

Em resumo, a calibração independente dos eixos torna-se mais prática e rápida para o processo.

## 2.3 Resultados e Validação do Método

A validação do método obteve-se com a comparação de medidas contra penetradores já certificados pelo DKD ou JBI (Japan Bearing Institute), que é homologado pelo NAIST, Japão, para disseminar a calibração de penetradores de dureza Rockwell.

Na foto abaixo podemos ver detalhe do método de escaneamento mecânico, desenvolvido pelo laboratório



Detalhe do escaneamento mecânico de um penetrador esférico

Durante o processo de validação resultados de medição dos ângulos foram comparados também contra padrões angulares calibrados, para assegurar que o processo poderia medir o ângulo do penetrador com confiabilidade, incluindo o software utilizado pelo equipamento.

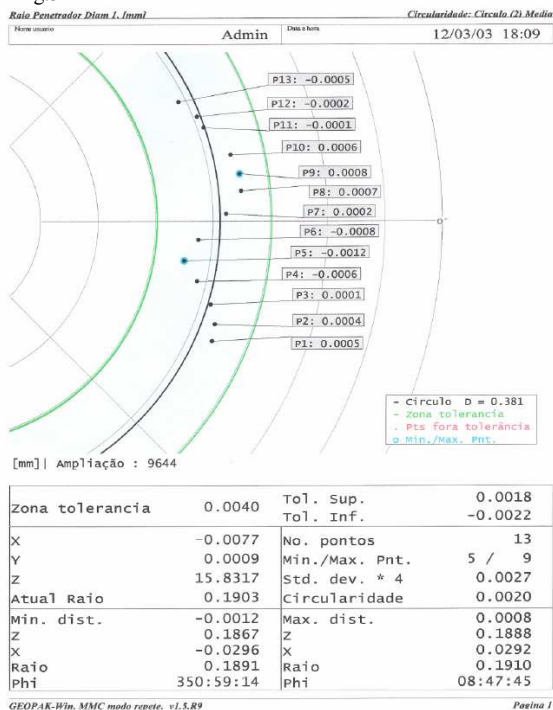
Para a medição do raio de 0,2 mm, também com o objetivo de validar a metodologia do laboratório, o mesmo raio foi escaneado por uma Máquina de Medir Coordenadas de alta exatidão (LEGEX 9106), obedecendo aos parâmetros teóricos mostrados na figura 1, e na figura 3 podemos ver detalhes do resultado obtido pela MMC.

Também no caso de medição do Raio, a validação se deu contra penetradores já calibrados por instituições como DKD, UKAS e JBI.

Apresentamos como exemplo, um dos vários obtidos, o Penetrador No. 4301, certificado DKD-K-06301, que certifica o raio de 0,2001 mm, e do laboratório valores do raio variaram entre 0,1997 e 0,2001.

O ângulo conforme certificado de 119° 59' 00", foi obtido pelo método do laboratório 119° 58' 52".

Fig.3



[1] Materiais Metálicos – Dureza Rockwell NBR NM 146, 1,2,3

[2] Metallic Materials - Rockwell Hardness Test ISO 6508-1, 2, 3

[3] Low, Samuel R. ; Rockwell Hardness, Measurement of Metallic Materials, Special Publication 960-5, January 2001 – NIST-National Institute of Standards and Technology.

## 2.4 Incerteza de Medição

### 2.4.1- Para o raio de 0,2 mm

A melhor capacidade de medição para o Raio considera como fontes de incerteza:

- Incerteza na determinação do raio pelos Institutos estrangeiros utilizados como referencia
- resolução do equipamento de medição
- incerteza do raio da ponta de medição (geometria)
- dispersão dos resultados

Para o laboratório a melhor capacidade foi acreditada com 0,0018mm (1,8  $\mu$ m)

### 2.4.2- Para o Ângulo 120°

São consideradas com fontes de incerteza

- a incerteza do padrão angular
- resolução do equipamento de medição
- Incerteza de erros de alinhamento do apalpador
- incertezas de correção do braço do equipamento
- dispersões dos valores medidos

A Acreditação do laboratório foi declarada de 0,03° (ou, 1' 48").

## 3- CONCLUSÕES

Baseando-se nos resultados apresentados foi possível não apenas a validação, mas principalmente a confiabilidade na metodologia desenvolvida. A calibração de Penetradores Esferocônicos ainda é uma prática pouco difundida, e na prática nos defrontamos com muitos paradigmas no campo industrial referente à metrologia em Dureza. Pretendemos em trabalhos futuros demonstrar essa deficiência por falta de conceitos metrológicos neste campo.

## 4- BIBLIOGRAFIA