Explicação da incerteza de medição com base nos ensaios de dureza Leeb

Destaques do artigo (10 min. de leitura)

- A análise da incerteza de medição é aplicada para entender as diferenças nos resultados dos testes e para determinar a fonte de erro.
- A incerteza de um sistema de medição da dureza Leeb consiste numa componente estatística, numa componente inerente ao dispositivo de medição e numa componente resultante da cadeia metrológica entre as normas nacionais e o dispositivo do utilizador (rastreabilidade).
- A incerteza não é uma análise estatística, a exatidão, a especificação e as tolerâncias, os erros e os enganos cometidos pelos operadores.
- Boas práticas para diminuir a incerteza.
- A melhor prática é utilizar o melhor equipamento com as melhores calibrações, como a ISO/IEC17025, e reduzir o impacto da falta de homogeneidade da amostra, efectuando entre 3-10 medições para calcular a média, lembrando que o desvio padrão desempenha um papel importante no cálculo da incerteza

Porque é que a incerteza de medição dos ensaios de dureza é de grande importância?

"Em todas as medições, mesmo as mais cuidadosamente efectuadas, existe sempre uma margem de dúvida." Isto significa que nunca se pode ter 100% de certeza de que o valor medido é o verdadeiro valor. Para medir essa "dúvida" e quantificá-la, utilizamos a incerteza. Na linguagem quotidiana, costumamos expressá-la como "mais ou menos", por exemplo, a barra de aço tem 2 metros de comprimento mais ou menos 1 cm, o que significa que a barra tem 2 metros ± 1 cm, ou seja, 1,99-2,01. É necessário ter em conta que a fita métrica utilizada para medir a barra de aço foi produzida e calibrada de acordo com outra fita ou dispositivo de medição e que cada um deles tem as suas próprias incertezas.

No caso dos dispositivos de ensaio de dureza, é a incerteza combinada que tem maior importância, porque representa essa "dúvida" ao longo de todo o processo de calibração do dispositivo até que o produto final - uma sonda - seja calibrado e confirmado como estando em conformidade com a norma específica. As sondas são calibradas e verificadas contra blocos de teste que foram medidos e calibrados com outros dispositivos de teste que também tinham a sua incerteza (dúvida), porque, como indicado acima, não se pode ter 100% de certeza de que o valor é o que o dispositivo mostra para cada medição. É por isso que é fundamental conhecer a incerteza combinada.

A incerteza de medição é relevante para todos os que pretendem efetuar medições de boa qualidade e compreender os resultados, para determinar um exame de "aprovação ou reprovação", ou mesmo quando se avalia a tolerância, em que é necessário conhecer a incerteza antes de decidir se as tolerâncias exigidas foram cumpridas.

Se 100% de confiança é impossível, então o que é suficiente?

Ao contrário dessa "dúvida", é a certeza, também designada por confiança, que queremos conhecer quando fornecemos um valor de medição. Em metrologia, normalmente queremos ter 95% de confiança quando fornecemos os valores. Sugere-se aos leitores interessados que leiam sobre o fator de cobertura K em fontes externas da Internet (normalmente é fixado em 2 e indica uma confiança de 95%, enquanto K=1 indica 68% de confiança).

Por exemplo: Podemos dizer que o valor da dureza de um bloco de ensaio mede 780 HLD ± 6 HLD, onde ± 6 HLD é a incerteza. Com k = 2, a afirmação implica que estamos 95% confiantes de que a dureza do bloco de ensaio está entre 774 HLD e 786 HLD.

Como é definido na norma ISO 16859 e quais são os seus componentes?

Vamos analisar um dos métodos descritos na norma DIN EN ISO 16859-1, designado por M2. Os leitores que não tenham conhecimentos de matemática podem saltar este capítulo e passar ao seguinte. A incerteza de um sistema de medição da dureza Leeb é constituída por uma componente estatística, uma componente inerente ao dispositivo de medição e uma componente resultante da cadeia metrológica entre a norma nacional e o dispositivo do utilizador (rastreabilidade) e o bloco de ensaio.

$$U = k\sqrt{U_H^2 + u_{ms}^2\left(\frac{U_{MPE}}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

Onde:

U - A incerteza de medição expandida combinada

k - Fator de cobertura (k=1, k=2)

u_H - Incerteza padrão da máquina de ensaio de dureza (k = 1 ou k = 2), o seu dispositivo para medição em "Material de Referência Certificado (CRM)" - *id est.* um bloco de ensaio

u_{ms} - Incerteza padrão devido à resolução do aparelho de ensaio de dureza, por exemplo, 1 HLD.

u_{MPE} - Incerteza expandida derivada do erro máximo admissível

$$U_H = t \cdot S_H$$

Onde:

t - Fator de Student calculado com base nas tabelas estatísticas (para 10 medições, t=1,06; quanto menor o número de medições, maior o fator t)

S_H - Desvio padrão para as medições no CRM

$$S_H = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(H_i - H_{AVG})^2}$$

n - Número de medições

S_{AVG} - Valor médio da medição no CRM (bloco de teste)

$$U_{MPE} = E_{rel} \cdot H_{CRM}$$

E o último componente da equação, o uMPE.

Erel - Erro máximo admissível indicado na norma ISO16859

H_{CRM} - valor do CRM (bloco de teste)

Type of impact device	Leeb hardness of reference test block	Maximum permissible error (Erel) %
D, D+15	<500	±4.0
DL, S	<700	
C, E	<600	
G	<450	
D, D+15	500 to 700	±3.0
DL, S	700 to 850	
C, E	600 to 750	
G	450 to 600	
D, D+15	>700	±2.0
DL, S	>850	
C, E	>750	
G	>600	

Qual o impacto da incerteza em palavras simples?

O cálculo da incerteza das medições dos ensaios de dureza é um processo fastidioso. Felizmente, existem alguns passos práticos que podem ser aplicados para combater a "dúvida de medição" (ler abaixo). Embora várias normas para diferentes métodos calculem a incerteza de forma ligeiramente diferente, o princípio subjacente permanece o mesmo para todos os métodos de ensaio. Em palavras simples, os principais factores que influenciam a incerteza são:

- Precisão e repetibilidade do equipamento
- Parâmetros de conformidade com a norma
- Homogeneidade da dureza do bloco de ensaio utilizado durante a calibração e a verificação
- Procedimentos de ensaio da peça de teste

Neste artigo, ignoramos o método diferencial exato por uma questão de simplicidade; no entanto, o resultado desse cálculo mostraria que u_H tem o maior impacto na incerteza, ou seja, no número de medições efectuadas (impacto no fator t-students) e no desvio-padrão, devido não só ao número de medições, mas também à repetibilidade (também definida como precisão) do dispositivo de medição .

Qual é a melhor prática?

A incerteza combinada tem três componentes: a incerteza da sonda, a incerteza devida à falta de homogeneidade da peça de teste e a incerteza máxima devida à conformidade com a norma (neste exemplo, a norma DIN EN ISO 16859). O utilizador tem um impacto nos três componentes através de:

1. Assegurando a melhor qualidade dos dispositivos e das suas calibrações
2. Efectuando um número suficientemente elevado de medições da peça a ensaiar
3. Escolher as sondas que cumprem as normas mais rigorosas.

Passo 1

Para garantir a melhor qualidade das calibrações, recomenda-se aos utilizadores que calibrem os seus dispositivos em calibrações acreditadas, como a ISO/IEC 17025, e com as melhores ferramentas disponíveis, em que cada um dos componentes de calibração que desempenha um papel, mesmo que menor, é verificado, validado e aprovado por auditores externos independentes.

Um componente importante do processo de calibração é a homogeneidade da dureza do bloco de teste. Um MRC com dureza uniforme em toda a sua superfície assegura que cada indentação efectuada durante o processo de calibração produza resultados consistentes. Esta consistência reduz a variação nos dados de calibração, levando a um menor desvio padrão e, consequentemente, a uma menor incerteza na calibração. Uma homogeneidade deficiente aumenta a componente de incerteza relacionada com o bloco de referência, que se propaga através de todo o orçamento de incerteza do aparelho de ensaio de dureza.

Passo 2

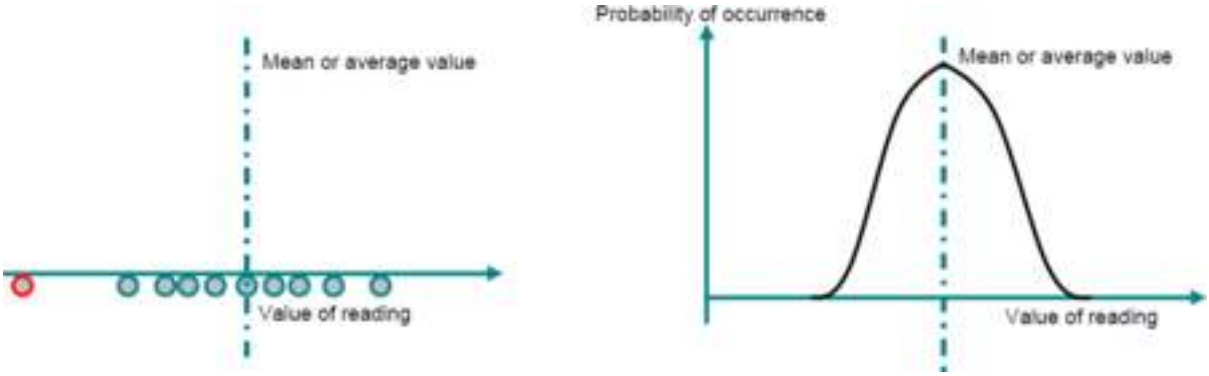
Para minimizar o impacto da falta de homogeneidade da peça de teste, sugere-se aos utilizadores que aumentem o número de medições. Quantas leituras devem ser efectuadas?

Quando são utilizadas mais leituras individuais para obter o resultado final, teremos mais certeza de que a média calculada está mais próxima da dureza real da peça de teste. No entanto, efetuar mais medições pode exigir um esforço adicional e resultar numa melhoria global marginal dos dados. Como regra geral, qualquer valor entre 3 e 10 leituras é geralmente aceitável, exceto quando indicado em contrário.

- A realização de 10 leituras é uma escolha comum, uma vez que reduz a incerteza estatística, calcula a média dos valores anómalos e facilita a aritmética.
- Nalguns casos, é suficiente efetuar 3 leituras. Esta prática é comum quando as peças de ensaio são comparativamente homogéneas em termos de dureza e quando a superfície da peça de ensaio está bem preparada. Por exemplo, alguns tipos de ferro fundido com microestruturas bifásicas terão uma incerteza mais elevada por defeito, devido a uma possível dispersão de dados.
- Efetuar 20 ou mesmo 50 leituras apenas dá uma estimativa ligeiramente melhor do que 10.

Passo 3

Para garantir a melhor conformidade com as normas, escolhe um dispositivo que cumpra as normas mais rigorosas: DIN50159 GB/T 34205 chinês para UCI e DIN EN ISO 16859 internacional para Leeb.



O que é que não é uma incerteza?

Tendo inventado o método Leeb há mais de 48 anos, deparámo-nos com várias definições de incerteza e compreensão dos utilizadores, que claramente não são incertezas de todo. Abaixo está uma pequena lista do que é **NÃO** uma incerteza:

- **Análise estatística** não é o mesmo que análise de incerteza. As estatísticas são normalmente utilizadas em cálculos de incerteza, mas podem ser utilizadas para tirar conclusões que vão para além da utilização em cálculos de incerteza.
- **Precisão** (ou melhor, inexatidão) não é o mesmo que incerteza. Em termos corretos, "precisão" é um termo qualitativo (por exemplo, pode dizer-se que a medição foi "precisa" ou "não precisa"). A incerteza é quantitativa. Um "valor positivo ou negativo" pode ser designado por incerteza, mas não por exatidão.
- **Especificações e tolerâncias** não são incertezas. Enquanto as especificações indicam o que se pode esperar de um produto (incluindo qualidades "não técnicas" como a sua cor), as tolerâncias podem ser referidas como limites de aceitação que são escolhidos para um processo ou um sistema.
- **Erros** não são o mesmo que incertezas, especialmente no passado, era comum usar as palavras indistintamente. Um erro refere-se normalmente a um mau funcionamento do sistema. No entanto, recentemente, o termo "erro" também tem sido utilizado como sinónimo de "enviesamento", que normalmente é considerado como um componente da incerteza de medição.
- **Os erros cometidos pelos operadores** não são incertezas de medição. Devem ser evitados através de um trabalho cuidadoso e de uma dupla verificação do trabalho.

Referências

Materiais metálicos - Ensaio de dureza Leeb - Parte 1: Método de ensaio, DIN EN ISO16859-1

Materiais metálicos - Ensaio de dureza Leeb - Parte 2: Verificação e calibração dos dispositivos de ensaio, DIN EN ISO16859-2

Ensaio de dureza portátil. Teoria, prática, aplicações, diretrizes. Burnat, D., Raj, L., Frank, S., Ott, T. Schwerzenbach, Screening Eagle Technologies AG, 2022.

SCREENING EAGLE | proceq

Terms Of Use
Website Data Privacy Policy

Copyright © 2024 Screening Eagle Technologies. All rights reserved. The trademarks and logos displayed herein are registered and unregistered trademarks of Screening Eagle Technologies S.A. and/or its affiliates, in Switzerland and certain other countries.