

Explicación de la incertidumbre de medición basada en los ensayos de dureza Leeb

Lo más destacado del artículo (10 minutos de lectura)

- El análisis de la incertidumbre de medida se aplica para comprender las diferencias en los resultados de los ensayos y determinar el origen del error.
- La incertidumbre de un sistema de medición de la dureza [Leeb](#) consta de un componente estadístico, un componente inherente al dispositivo de medición y un componente derivado de la cadena metrológica entre los patrones nacionales y el dispositivo del usuario (trazabilidad).
- La incertidumbre no es un análisis estadístico, la precisión, la especificación y las tolerancias, los errores y los fallos los cometen los operarios.
- Buenas prácticas para disminuir la incertidumbre
- La mejor práctica consiste en utilizar los mejores equipos con las mejores calibraciones, como ISO/IEC17025, y reducir el impacto de la falta de homogeneidad de las muestras realizando entre 3 y 10 mediciones para calcular la media, recordando que la desviación típica desempeña un papel importante en el cálculo de la incertidumbre.

¿Por qué es tan importante la incertidumbre en la medición del ensayo de dureza?

"En toda medición, incluso en la más cuidadosamente realizada, siempre existe un margen de duda", lo que significa que nunca se puede estar seguro al 100% de que el valor medido sea el verdadero. Para medir esa "duda" y cuantificarla utilizamos la incertidumbre. En el lenguaje cotidiano, solemos expresarla como "más o menos", por ejemplo, la barra de acero mide 2 metros más o menos 1 cm, lo que significa que la barra tiene 2 metros \pm 1 cm, por lo tanto 1,99-2,01. Hay que tener en cuenta que la cinta métrica utilizada para medir la barra de acero se fabricó y calibró de acuerdo con otra cinta métrica o dispositivo y cada uno de ellos tenía sus propias incertidumbres.

En el caso de los dispositivos de ensayo de dureza, lo más importante es la incertidumbre combinada, porque da cuenta de esa "duda" a lo largo de todo el proceso de calibración del dispositivo hasta que el producto final -una sonda- se calibra y se confirma que cumple la norma específica. Las sondas se calibran y comprueban con bloques de prueba que se midieron y calibraron con otros dispositivos de prueba que también tenían su incertidumbre (duda), porque como se ha indicado anteriormente, no se puede estar seguro al 100% de que el valor sea el que muestra el dispositivo para cada medición. Por eso es fundamental conocer la incertidumbre combinada.

La incertidumbre de medida es relevante para todo aquel que desee realizar mediciones de buena calidad y entender los resultados, para determinar un examen "apto o no apto", o incluso a la hora de evaluar la tolerancia, donde es necesario conocer la incertidumbre antes de decidir si se cumplen las tolerancias requeridas.

Si el 100% de confianza es imposible, entonces ¿qué es suficiente?

Frente a esa "duda" está la certeza, también llamada confianza, que queremos conocer a la hora de proporcionar un valor de medición. En metrología, normalmente queremos tener un 95% de confianza al proporcionar los valores. Se sugiere a los lectores interesados que lean sobre el factor de cobertura K en fuentes externas de Internet (normalmente se establece en 2 e indica una confianza del 95%, mientras que K=1 indica una confianza del 68%).

Por ejemplo: Podríamos decir que el valor de dureza de un bloque de prueba mide 780 HLD \pm 6 HLD, donde \pm 6 HLD es la incertidumbre. Con $k = 2$, la afirmación implica que tenemos un 95% de confianza en que la dureza del bloque de prueba está entre 774 HLD y 786 HLD.

¿Cómo se define en la norma ISO 16859 y cuáles son sus componentes?

Analicemos uno de los métodos descritos en la norma DIN EN ISO 16859-1, denominado M2. Los lectores no expertos en matemáticas también pueden saltarse este capítulo y pasar al siguiente. La incertidumbre de un sistema de medición de la dureza Leeb consta de un componente estadístico, un componente inherente al dispositivo de medición y un componente derivado de la cadena metrológica entre el patrón nacional y el dispositivo del usuario (trazabilidad) y el bloque de ensayo.

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

Donde:

U - La incertidumbre de medida expandida combinada

k - Factor de cobertura ($k=1$, $k=2$)

u_H - Incertidumbre estándar del durómetro ($k = 1$ o $k = 2$), su dispositivo para la medición sobre "Material de Referencia Certificado (CRM)" - *id est.* un bloque de ensayo

u_{ms} - Incertidumbre estándar debida a la resolución del durómetro, por ejemplo 1 HLD.

u_{MPE} - Incertidumbre expandida derivada del error máximo permitido.

$$U_H = t \cdot S_H$$

Donde:

t - Factor de Student calculado a partir de las tablas estadísticas (para 10 mediciones el $t=1,06$ cuanto menor sea el número de mediciones, mayor será el factor t)

S_H - Desviación estándar de las mediciones en CRM

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

n - Número de mediciones

S_{AVG} - Valor medio de la medición en CRM (bloque de prueba)

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

Y el último componente de la Ecuación, el u_{MPE} .

Erel - Error máximo permitido dado en ISO16859

H_{CRM} - valor del CRM (bloque de prueba)

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	

¿Cuál es el impacto de la incertidumbre en palabras sencillas?

El cálculo de la incertidumbre de las mediciones de los ensayos de dureza es un proceso tedioso. Por suerte, existen algunas medidas prácticas que se pueden aplicar para combatir la "duda de medición" (lea a continuación). Aunque varias normas para diferentes métodos calculan la incertidumbre de forma ligeramente diferente, el principio subyacente sigue siendo el mismo para todos los métodos de ensayo. En palabras sencillas, los principales factores que influyen en la incertidumbre son:

- Precisión y repetibilidad del equipo
- Parámetros de conformidad estándar
- Homogeneidad de la dureza del bloque de ensayo utilizado durante la calibración y verificación
- Procedimientos de ensayo del bloque de prueba

En este artículo, omitimos el método diferencial exacto por simplicidad, sin embargo, un resultado de ese cálculo mostraría que u_H tiene el mayor impacto en la incertidumbre, es decir, el número de mediciones tomadas (impacto en el factor t-students) y la desviación estándar, impulsada no sólo por el número de mediciones, sino también por la repetibilidad (también definida como precisión) del dispositivo de medición .

¿Cuál es la mejor práctica?

La incertidumbre combinada tiene tres componentes: la incertidumbre de la sonda, la incertidumbre debida a la falta de homogeneidad de la pieza de ensayo y la incertidumbre máxima debida al cumplimiento de la norma (en este ejemplo, DIN EN ISO 16859). El usuario influye en los tres componentes:

1. Garantizando la mejor calidad de los dispositivos y sus calibraciones
2. realizando un número suficientemente elevado de mediciones de la pieza de ensayo
3. Eligiendo las sondas que cumplen las normas más rigurosas.

Etapas

Para garantizar la mejor calidad de las calibraciones, se recomienda a los usuarios de que calibren sus dispositivos con calibraciones acreditadas como la ISO/IEC 17025 y con las mejores herramientas disponibles, en las que cada uno de los componentes de calibración que desempeñan un papel, aunque sea menor, es comprobado, validado y aprobado por auditores externos independientes.

Un componente importante del proceso de calibración es la homogeneidad de la dureza del bloque de prueba. Un CRM con una dureza uniforme en toda su superficie garantiza que cada indentación realizada durante el proceso de calibración arroje resultados coherentes. Esta consistencia reduce la variación en los datos de calibración, lo que conduce a una menor desviación estándar y, en consecuencia, a una menor incertidumbre en la calibración. Una homogeneidad deficiente aumenta el componente de incertidumbre relacionado con el bloque de referencia, que luego se propaga a través de todo el presupuesto de incertidumbre del durómetro.

Paso 2

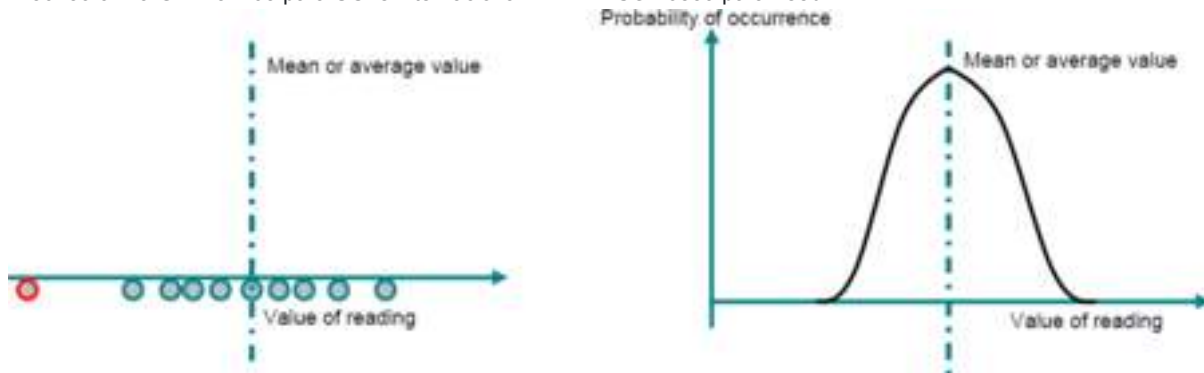
Para minimizar el impacto de la falta de homogeneidad de la pieza de ensayo, se sugiere a los usuarios que aumenten el número de mediciones. ¿Cuántas lecturas debe realizar?

Cuando se utilizan más lecturas individuales para obtener el resultado final, estaremos más seguros de que la media calculada se aproxima más a la dureza real de la pieza de ensayo. Sin embargo, realizar más mediciones podría suponer un esfuerzo adicional y dar lugar a una mejora global marginal de los datos. Como regla general, cualquier valor comprendido entre 3 y 10 lecturas suele ser aceptable, a menos que se indique lo contrario.

- Tomar 10 lecturas es una opción común, ya que reduce la incertidumbre estadística, promedia los valores atípicos y facilita la aritmética.
- En algunos casos, basta con tomar 3 lecturas. Esta práctica es habitual cuando las probetas tienen una dureza comparativamente homogénea y cuando la superficie de la probeta está bien preparada. Por ejemplo, algunos tipos de hierro fundido con microestructuras bifásicas tendrán una mayor incertidumbre por defecto, debido a la posible dispersión de los datos.
- Tomar 20 o incluso 50 lecturas sólo proporciona una estimación ligeramente mejor que 10.

Paso 3

Para garantizar el mejor cumplimiento de las normas, elija un dispositivo que cumpla las normas más rigurosas: DIN50159 china GB/T 34205 para UCI e internacional DIN EN ISO 16859 para Leeb.



¿Qué no es una incertidumbre?

Después de haber inventado el método Leeb hace más de 48 años, nos encontramos con varias definiciones de incertidumbre y comprensión de los usuarios, que claramente no son incertidumbres en absoluto. A continuación encontrará una breve lista de lo que **NO** es una incertidumbre:

- **Análisis estadístico** no es lo mismo que análisis de incertidumbre. Las estadísticas se utilizan normalmente en los cálculos de incertidumbre, pero pueden utilizarse para extraer conclusiones que van más allá de su uso en los cálculos de incertidumbre.
- **Precisión** (o más bien inexactitud) no es lo mismo que incertidumbre. Hablando con propiedad, "exactitud" es un término cualitativo (por ejemplo, se puede decir que la medición fue "exacta" o "no exacta"). La incertidumbre es cuantitativa. Una "cifra más o menos" puede denominarse incertidumbre, pero no exactitud.

- **Especificaciones y tolerancias** no son incertidumbres. Mientras que las especificaciones indican lo que puede esperarse de un producto (incluidas cualidades "no técnicas" como su color), las tolerancias podrían denominarse límites de aceptación que se eligen para un proceso o un sistema.
- **Errores** no es lo mismo que incertidumbres, especialmente en el pasado ha sido habitual utilizar las palabras indistintamente. Un error suele referirse a un mal funcionamiento dentro del sistema. Sin embargo, recientemente también se ha utilizado el término "error" como sinónimo de "sesgo", que suele considerarse un componente de la incertidumbre de medida.
- **Los errores cometidos por los operarios** no son incertidumbres de medición. Deben evitarse trabajando con cuidado y volviendo a comprobar el trabajo.

Referencias

Materiales metálicos - Ensayo de dureza Leeb - Parte 1: Método de ensayo, DIN EN ISO16859-1

Materiales metálicos - Ensayo de dureza Leeb - Parte 2: Verificación y calibración de los dispositivos de ensayo, DIN EN ISO16859-2

Ensayo de dureza portátil. Teoría Práctica, Aplicaciones, Directrices. Burnat, D., Raj, L., Frank, S., Ott, T. Schwerzenbach, Screening Eagle Technologies AG, 2022.



[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.