Comprensión de la importancia del módulo de Young de los materiales no estándar en los ensayos de dureza por impedancia de contacto ultrasónica (UCI)

Visión general

- El método de la impedancia de contacto ultrasónica (UCI) es una adaptación del ensayo de dureza Vickers convencional.
- El método UCI mide la dureza a través del cambio de la frecuencia del resonador antes y después de la indentación y está fuertemente correlacionado con el módulo de Youngs
- La medición de materiales con un módulo de Young significativamente diferente del acero estándar puede dar lugar a resultados inexactos a menos que se apliquen las correcciones adecuadas. Incluso pequeñas diferencias en el módulo de Young entre la calibración por defecto y el material de ensayo pueden introducir un sesgo sistemático, por lo que se recomienda realizar ajustes.

Introducción

La medición de la dureza de materiales no estándar -aquellos que difieren significativamente del acero estándar con un módulo elástico (módulo de Young) de 210 GPa- puede dar lugar a resultados inexactos cuando se utiliza el método de la impedancia de contacto ultrasónica (UCI). Esto se debe a que la técnica UCI se basa en las propiedades elásticas del material que se está probando. En este artículo, explicaremos los fundamentos tanto del método Vickers convencional como del método UCI. También explicaremos por qué es necesario tener cuidado cuando se realizan mediciones en materiales distintos del acero estándar. Si comprende y aplica las correcciones adecuadas, podrá obtener resultados fiables de forma rápida y eficaz. Así pues, si alguna vez ha medido, por ejemplo, 600 HV en aluminio con un dispositivo UCI, este artículo es para usted.

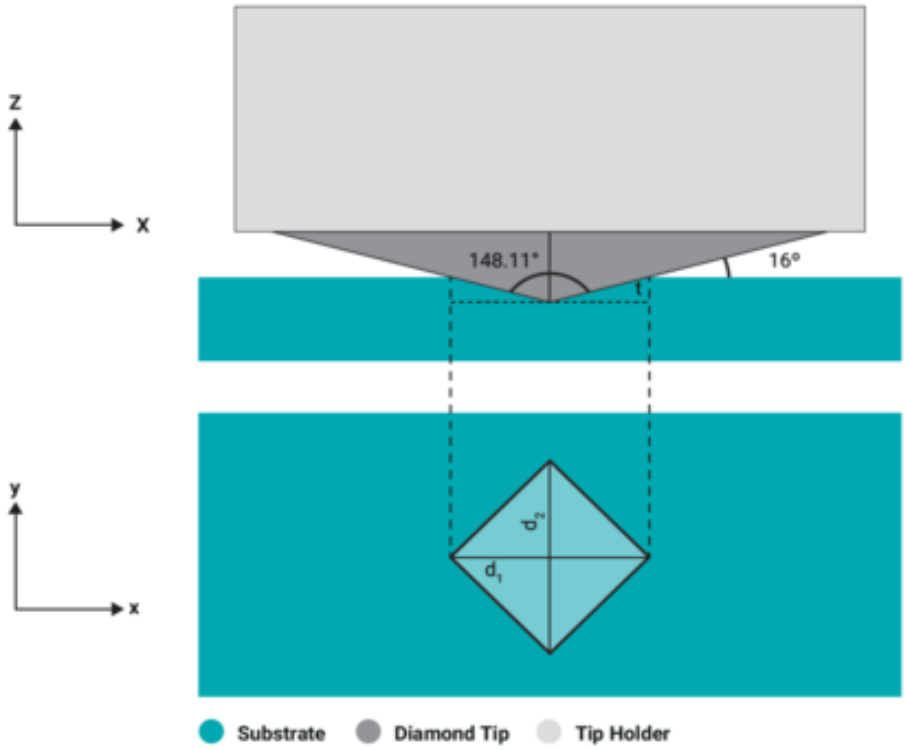
Cómo funciona la impedancia de contacto ultrasónica en comparación con el método de sobremesa?

Método Vickers de sobremesa

En el ensayo de dureza Vickers de banco, un penetrador de diamante con una geometría piramidal precisa (136° entre las facetas opuestas o 148,11° entre los bordes opuestos) se presiona en el material bajo una carga específica. Esta acción crea una hendidura de forma cuadrada. El tamaño de esta hendidura se mide al microscopio determinando las longitudes de las dos diagonales. El número de dureza Vickers (HV) se calcula dividiendo la fuerza aplicada por la superficie de la indentación.

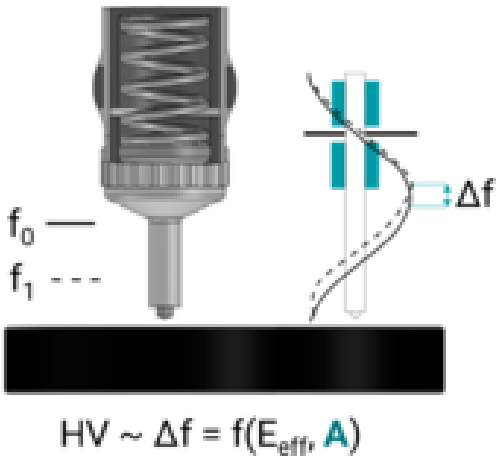
- **Los materiales más blandos** dan lugar a hendiduras más grandes y profundas con diagonales más largas.
- **Los materiales más duros** producen hendiduras más pequeñas y superficiales con diagonales más cortas.

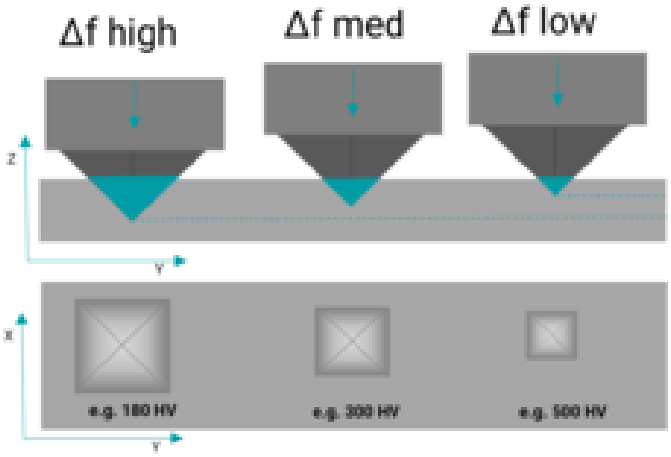
Este método se basa en mediciones ópticas y puede llevar mucho tiempo debido a la necesidad de realizar análisis microscópicos.



$$HV = \frac{F}{A} = 0{,}1891 \cdot \frac{F}{d^2}$$

El **Método UCI** utiliza el mismo penetrador de diamante, pero montado en una varilla vibrante que resuena a una frecuencia ultrasónica. Cuando el penetrador de diamante se presiona en el material, el contacto superficial entre la penetración y el diamante altera la frecuencia de resonancia. Cuanto mayor es la indentación, mayor es el cambio de frecuencia. En lugar de medir ópticamente la diagonal de la indentación, el método UCI utiliza el cambio de frecuencia para calcular instantáneamente el valor de dureza.





Sin embargo, la frecuencia de resonancia también depende en gran medida de las propiedades elásticas del material, y las calibraciones estándar de todos los dispositivos del mercado se establecen en acero y acero fundido con un módulo de Young (E, también llamado módulo elástico) de 210 GPa. Esto significa que si mide cualquier material con un módulo E diferente de 210 GPa, mientras que su dispositivo "cree" que es el material estándar, obtendrá mediciones erróneas. Cuanto mayor sea la diferencia en el módulo E, mayor será el error. Por tanto, si ha medido aluminio con el método UCI y ha recibido 500-600 HV, lo más probable es que éste sea el problema. La siguiente tabla resume las características de medición más importantes entre ambos métodos.

	Stationary (bench top) Vickers	Ultrasonic Contact Impedance
Indenter	Pyramid 136° indenter	Pyramid 136° indenter
Test load	HV1-HV100	HV0.1-HV10
Load application time	10-15s	0.5-2s
Scale	e.g. HV5	e.g. HV5 (UCI)
Computation	HV=F/A	HV ~ $\Delta f = f(E_{eff}, A)$
Material depencendy	Material-Independent	Material-Dependent!

¿Cuáles son las tolerancias del módulo de Young para utilizar la calibración de material por defecto? Caso práctico del acero P91.

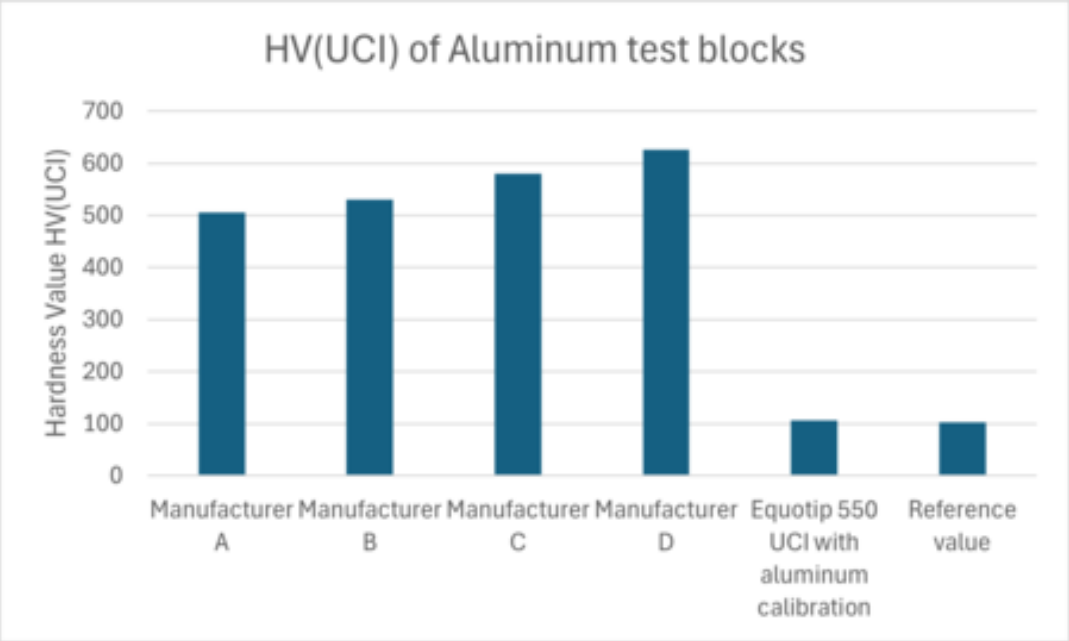
Una regla general es limitar los materiales de ensayo a aquellos con un **Módulo de Young** no superior a **±10 GPa** con respecto al material calibrado. Sin embargo, esto no garantiza mediciones sin sesgo. Tomemos como ejemplo **Acero T/P91**que tiene un módulo de Young medio de **212- 218 GPa (en este ejemplo 218 GPa)**. Esto entra dentro del rango aceptable, pero un ensayo Vickers estacionario podría dar una dureza de **185 HV**mientras que las sondas UCI podrían mostrar **165-170 HV d**ependiendo del fabricante. A primera vista, esto parece aceptable, pero una desviación de hasta el **11%** superando con creces todas las tolerancias estándar.

Es esencial tener en cuenta estas desviaciones, ya que pasarlas por alto puede llevar a subestimar o sobrestimar la dureza, comprometiendo potencialmente la seguridad o la calidad del material ensayado; esta falta de ajuste puede hacer que un material frágil parezca seguro y al revés. Tenga en cuenta que este sesgo aún no tiene en cuenta el error del usuario (por ejemplo, la perpendicularidad de la medición) el sesgo de la preparación de la superficie y las mediciones realizadas sobre el terreno.

Por lo tanto, es una buena práctica tener siempre en cuenta incluso las fuentes de sesgo menores y eliminarlas siempre que sea posible. A continuación se muestra un ejemplo de campo del usuario midiendo P91 con la corrección predefinida por el fabricante.

¿Qué ocurre con otros materiales con módulos de Young muy diferentes?

Veamos un ejemplo más extremo. Consideremos un bloque de motor de aluminio, con una dureza estándar de **103 HV** utilizando una prueba Vickers de banco. Si se realiza el ensayo con UCI sin la calibración adecuada, los resultados pueden variar enormemente en función del fabricante. La clave es que, sin la calibración correcta, se pueden obtener resultados engañosos. Esto puede ser obvio en el caso del aluminio, ya que no existe un aluminio tan duro, pero las discrepancias más pequeñas pueden pasar desapercibidas, dando lugar a evaluaciones inexactas.



Para garantizar mediciones precisas, se necesitan calibraciones especiales que tengan en cuenta los distintos módulos de Young. Los fabricantes suelen proporcionarlas, o los usuarios pueden crear las suyas propias mediante calibración externa.

¿Cuál es la mejor práctica?

Comprender el material

- **Identificar el módulo de Young**: Conozca las propiedades elásticas del material que está probando.
- **Compruebe las opciones del fabricante**: Muchos dispositivos ofrecen calibraciones preestablecidas para diferentes materiales.

Aplicar correcciones

- **Utilizar calibraciones del fabricante**: Seleccione la calibración de material adecuada si está disponible.
- **Crear correcciones personalizadas**: La mayoría de los dispositivos UCI modernos suelen permitir a los usuarios generar sus propias curvas de corrección.

Métodos para generar curvas de corrección

1. **Cambio de un punto**
    - **Utilización**: Ajustes sencillos y rápidos.
    - **Limitaciones**: Ideal para pequeñas correcciones en un estrecho margen de dureza.
2. **Curva de dos puntos**
    - **Utilización**: Tiene en cuenta la no linealidad en un rango más amplio.
    - **Ventajas**: Más preciso que el desplazamiento de un punto para materiales con diferencias significativas.
3. **Curva polinómica**
    - **Uso**: Define la corrección mediante coeficientes matemáticos.
    - **Ventajas**: Ofrece la máxima precisión en una amplia gama de valores de dureza.

Aplicación de correcciones:

Con los dispositivos modernos la generación de correcciones puede ser realmente fácil de ejecutar, a continuación el video instructivo, demostrando lo fácil que es con el Equotip 550 UCI.

El método UCI ofrece ventajas significativas sobre el método Vickers convencional de sobremesa, como mediciones más rápidas y mayor portabilidad. Sin embargo, dado que los resultados del UCI se ven influidos por las propiedades elásticas del material, es crucial aplicar las correcciones adecuadas cuando se ensayan materiales no estándar.

Si conoce el impacto del módulo de Young en las mediciones de UCI y sigue las mejores prácticas de calibración, podrá obtener mediciones de dureza precisas y fiables en una amplia gama de materiales.

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.