Incertezza di misura spiegata sulla base dei test di durezza Leeb

Punti salienti dell'articolo (lettura di 10 minuti)

- L'analisi dell'incertezza di misura viene applicata per comprendere le differenze nei risultati delle prove e per determinare la fonte dell'errore.
- L'incertezza di un sistema di misura della durezza Leeb è costituita da una componente statistica, una componente inerente al dispositivo di misura e una componente derivante dalla catena metrologica tra gli standard nazionali e il dispositivo dell'utente (tracciabilità).
- L'incertezza non è un'analisi statistica, l'accuratezza, le specifiche e le tolleranze, gli errori e gli sbagli degli operatori.
- Buone pratiche per ridurre l'incertezza.
- La pratica migliore consiste nell'utilizzare le migliori apparecchiature con le migliori calibrazioni, come la ISO/IEC17025, e nel ridurre l'impatto della disomogeneità del campione effettuando da 3 a 10 misurazioni per calcolare la media, ricordando che la deviazione standard gioca un ruolo importante nel calcolo dell'incertezza.

Perché l'incertezza di misura delle prove di durezza è di grande importanza?

"In ogni misura, anche la più accurata, c'è sempre un margine di dubbio": ciò significa che non si può mai essere sicuri al 100% che il valore misurato sia quello vero. Per misurare questo "dubbio" e quantificarlo usiamo l'incertezza. Nel linguaggio quotidiano, siamo soliti esprimerla come "più o meno", ad esempio la barra d'acciaio è lunga 2 metri più o meno 1 cm, il che significa che la barra è lunga 2 metri ± 1 cm, quindi 1,99-2,01. Occorre tenere presente che il nastro di misurazione utilizzato per misurare la barra d'acciaio è stato prodotto e calibrato in base a un altro nastro o dispositivo di misurazione e ognuno di essi ha le proprie incertezze.

Per i dispositivi di prova di durezza, è l'incertezza combinata a rivestire la massima importanza, perché tiene conto di quel "dubbio" nell'intero processo di calibrazione del dispositivo fino a quando il prodotto finale - una sonda - viene calibrato e confermato conforme allo standard specifico. Le sonde vengono calibrate e controllate rispetto a blocchi di prova misurati e calibrati con altri dispositivi di prova che presentano anch'essi un'incertezza (dubbio), poiché, come indicato in precedenza, non si può essere sicuri al 100% che il valore sia quello indicato dal dispositivo per ogni misurazione. Ecco perché è fondamentale conoscere l'incertezza combinata.

L'incertezza di misura è importante per tutti coloro che desiderano effettuare misure di buona qualità e comprenderne i risultati, per determinare un esame "superato o fallito" o anche per valutare la tolleranza, dove è necessario conoscere l'incertezza prima di decidere se le tolleranze richieste sono state rispettate.

Se la fiducia al 100% è impossibile, cosa è sufficiente?

Al contrario di questo "dubbio" è la certezza, detta anche confidenza, che vogliamo conoscere quando forniamo un valore di misura. In metrologia, in genere si vuole avere una sicurezza del 95% quando si forniscono i valori. Ai lettori interessati si suggerisce di leggere il fattore di copertura K in fonti internet esterne (in genere è impostato a 2 e indica una confidenza del 95%, mentre K=1 indica una confidenza del 68%).

Per esempio: Potremmo dire che il valore di durezza di un blocco di prova misura 780 HLD ± 6 HLD, dove ± 6 HLD è l'incertezza. Con k = 2, l'affermazione implica che siamo sicuri al 95% che la durezza del blocco di prova sia compresa tra 774 HLD e 786 HLD.

Come viene definito nella ISO 16859 e quali sono i suoi componenti?

Analizziamo uno dei metodi descritti nella norma DIN EN ISO 16859-1, indicato come M2. I lettori non esperti di matematica possono anche saltare questo capitolo e passare a quello successivo. L'incertezza di un sistema di misurazione della durezza Leeb è costituita da una componente statistica, una componente inerente al dispositivo di misurazione e una componente derivante dalla catena metrologica tra lo standard nazionale e il dispositivo dell'utente (tracciabilità) e dal blocco di prova.

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

Dove:

U - L'incertezza di misura estesa combinata

k - Fattore di copertura (k=1, k=2)

u_H - Incertezza standard della macchina per la prova di durezza (k = 1 o k = 2), il vostro dispositivo per la misura su "Materiale di Riferimento Certificato (CRM)" - *id est.* un blocco di prova

u_{ms} - Incertezza standard dovuta alla risoluzione del durometro, ad esempio 1 HLD.

u_{MPE} - Incertezza estesa derivata dall'errore massimo ammesso

$$U_H = t \cdot S_H$$

Dove:

t - Fattore di Student calcolato sulla base delle tabelle statistiche (per 10 misurazioni il t=1,06 più basso è il numero di misurazioni, più alto è il fattore t)

S_H - Deviazione standard per le misurazioni sul CRM

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

n - Numero di misure

S_{AVG} - Valore medio della misurazione sul CRM (blocco di prova)

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

E l'ultimo componente dell'equazione, l'uMPE.

Erel - Errore massimo ammissibile indicato nella norma ISO16859.

H_{CRM} - valore del CRM (blocco di prova)

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	

Che impatto ha l'incertezza in parole semplici?

Il calcolo dell'incertezza per le misure di prova di durezza è un processo noioso. Fortunatamente esistono alcuni accorgimenti pratici che si possono applicare per combattere il "dubbio di misura" (leggi sotto). Sebbene i vari standard per i diversi metodi calcolino l'incertezza in modo leggermente diverso, il principio alla base rimane lo stesso per tutti i metodi di prova. In parole povere, i principali fattori che influenzano l'incertezza sono:

- Accuratezza e ripetibilità dell'apparecchiatura
- Parametri di conformità agli standard
- omogeneità della durezza del blocco di prova utilizzato durante la calibrazione e la verifica
- Procedure di prova del provino

In questo articolo, per semplicità, tralasciamo il metodo differenziale esatto, tuttavia un risultato di tale calcolo mostrerebbe che u_H ha il maggiore impatto sull'incertezza, cioè sul numero di misure effettuate (impatto sul fattore t-studenti) e sulla deviazione standard, guidata non solo dal numero di misure, ma anche dalla ripetibilità (definita anche come precisione) del dispositivo di misura .

Qual è la pratica migliore?

L'incertezza combinata ha tre componenti: l'incertezza della sonda, l'incertezza dovuta alla disomogeneità del pezzo in prova e l'incertezza massima dovuta alla conformità allo standard (in questo esempio è la DIN EN ISO 16859). L'utente ha un impatto su tutti e tre i componenti:

1. assicurando la migliore qualità dei dispositivi e delle loro calibrazioni
2. Effettuando un numero sufficientemente elevato di misurazioni sul pezzo in esame.
3. scegliendo le sonde conformi agli standard più rigorosi.

Fase 1

Per garantire la migliore qualità delle calibrazioni, si raccomanda agli utenti del sito di calibrare i propri dispositivi in base a calibrazioni accreditate come la ISO/IEC 17025 e con i migliori strumenti disponibili, dove ognuno dei componenti di calibrazione che svolgono un ruolo anche minore viene controllato, convalidato e approvato da revisori esterni indipendenti.

Una componente importante del processo di calibrazione è l'omogeneità della durezza del blocco di prova. Un CRM con durezza uniforme su tutta la superficie garantisce che ogni indentazione effettuata durante il processo di calibrazione dia risultati coerenti. Questa coerenza riduce la variazione dei dati di calibrazione, portando a una deviazione standard inferiore e, di conseguenza, a una minore incertezza nella calibrazione. Una scarsa omogeneità aumenta la componente di incertezza relativa al blocco di riferimento, che si propaga poi attraverso l'intero budget di incertezza del durometro.

Fase 2

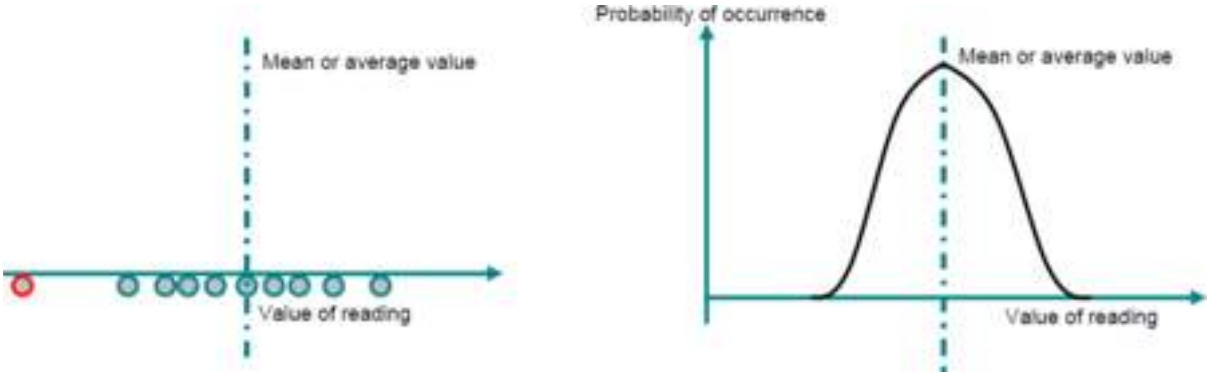
Per minimizzare l'impatto della disomogeneità del provino, si suggerisce agli utenti di aumentare il numero di misurazioni. Quante letture effettuare?

Se si utilizzano più letture individuali per ottenere il risultato finale, si avrà una maggiore certezza che la media calcolata sia più vicina alla durezza effettiva del pezzo in esame. Tuttavia, l'esecuzione di un maggior numero di misurazioni potrebbe richiedere uno sforzo supplementare e comportare un miglioramento complessivo marginale dei dati. Come regola generale, qualsiasi valore compreso tra 3 e 10 letture è generalmente accettabile, a meno che non sia indicato diversamente.

- L'adozione di 10 letture è una scelta comune, in quanto riduce l'incertezza statistica, media i valori anomali e semplifica l'aritmetica.
- In alcuni casi sono sufficienti 3 letture. Questa pratica è comune quando i provini sono relativamente omogenei in termini di durezza e quando la superficie del provino è ben preparata. Ad esempio, alcuni tipi di ghisa con microstrutture bifasiche avranno un'incertezza più elevata per difetto, a causa della possibile diffusione dei dati.
- L'esecuzione di 20 o addirittura 50 letture fornisce solo una stima leggermente migliore rispetto a 10.

Fase 3

Per garantire la massima conformità agli standard, sceglie un dispositivo conforme agli standard più rigorosi: DIN50159, GB/T 34205 per l'UCI e DIN EN ISO 16859 per il Leeb.



Cosa non è un'incertezza?

Avendo inventato il metodo Leeb oltre 48 anni fa, ci siamo imbattuti in varie definizioni di incertezza e di comprensione degli utenti, che chiaramente non sono affatto incertezze. Di seguito è riportato un breve elenco di ciò che **NON** è un'incertezza:

- **L'analisi statistica** non è la stessa cosa dell'analisi dell'incertezza. Le statistiche sono solitamente utilizzate nei calcoli dell'incertezza, ma possono essere usate per trarre conclusioni che vanno oltre l'uso per i calcoli dell'incertezza.
- **L'accuratezza** (o piuttosto l'imprecisione) non è la stessa cosa dell'incertezza. Correttamente, "accuratezza" è un termine qualitativo (ad esempio, si può dire che la misurazione è stata "accurata" o "non accurata"). L'incertezza è quantitativa. Una "cifra in più o in meno" può essere chiamata incertezza, ma non accuratezza.
- **Specifiche e tolleranze** non sono incertezze. Mentre le specifiche indicano ciò che ci si può aspettare da un prodotto (comprese le qualità "non tecniche" come il colore), le tolleranze possono essere definite come limiti di accettazione scelti per un processo o un sistema.
- **Errori** non sono la stessa cosa delle incertezze, soprattutto in passato è stato comune usare le parole in modo intercambiabile. Un errore si riferisce solitamente a un malfunzionamento all'interno del sistema. Tuttavia, recentemente anche il termine "errore" è stato usato come sinonimo di "bias", che di solito viene considerato come una componente dell'incertezza di misura.
- **Gli errori commessi dagli operatori** non sono incertezze di misura. Essi devono essere evitati lavorando con attenzione e ricontrollando il lavoro.

Riferimenti

Materiali metallici - Prova di durezza Leeb - Parte 1: Metodo di prova, DIN EN ISO16859-1

Materiali metallici - Prova di durezza Leeb - Parte 2: Verifica e taratura dei dispositivi di prova, DIN EN ISO16859-2

Prove di durezza portatili. Teoria, pratica, applicazioni, linee guida. 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.