

Explication de l'incertitude de mesure sur la base des essais de dureté Leeb

Points forts de l'article (10 min de lecture)

- L'analyse de l'incertitude de mesure est appliquée pour comprendre les différences entre les résultats d'essai et pour déterminer la source d'erreur.
- L'incertitude d'un système de mesure de la dureté [Leeb](#) est constituée d'une composante statistique, d'une composante inhérente à l'appareil de mesure et d'une composante découlant de la chaîne métrologique entre les étalons nationaux et l'appareil utilisateur (traçabilité).
- L'incertitude n'est pas une analyse statistique, la précision, la spécification et les tolérances, les erreurs et les fautes sont le fait des opérateurs.
- Bonnes pratiques pour réduire l'incertitude.
- La meilleure pratique consiste à utiliser le meilleur équipement avec les meilleurs étalonnages tels que ISO/IEC17025 et à réduire l'impact de l'inhomogénéité de l'échantillon en effectuant entre 3 et 10 mesures pour calculer la moyenne, en se rappelant que l'écart-type joue un rôle important dans le calcul de l'incertitude.

Pourquoi l'incertitude de mesure des essais de dureté revêt-elle une grande importance ?

"Dans toute mesure, même la plus soignée, il existe toujours une marge de doute", ce qui signifie que l'on ne peut jamais être sûr à 100 % que la valeur mesurée est la vraie valeur. Pour mesurer ce "doute" et le quantifier, nous utilisons l'incertitude. Dans le langage courant, nous avons l'habitude de l'exprimer sous la forme d'une marge d'incertitude. Par exemple, la barre d'acier mesure 2 mètres de long, avec une marge d'incertitude de 1 cm, ce qui signifie que la barre a une longueur de 2 mètres \pm 1 cm, soit 1,99-2,01. Il faut garder à l'esprit que le ruban de mesure utilisé pour mesurer la barre d'acier a été produit et calibré en fonction d'un autre ruban ou dispositif de mesure et que chacun d'entre eux avait ses propres incertitudes.

Pour les appareils d'essai de dureté, c'est l'incertitude combinée qui est la plus importante, car elle tient compte de ce "doute" tout au long du processus d'étalonnage de l'appareil jusqu'à ce que le produit final - une sonde - soit étalonné et confirmé conforme à la norme spécifique. Les sondes sont étalonnées et vérifiées par rapport à des blocs d'essai qui ont été mesurés et étalonnés avec d'autres dispositifs d'essai qui ont également leur incertitude (doute), car comme indiqué ci-dessus, vous ne pouvez pas être sûr à 100 % que la valeur est celle que l'appareil indique pour chaque mesure. C'est pourquoi il est essentiel de connaître l'incertitude combinée.

L'incertitude de mesure est importante pour tous ceux qui souhaitent effectuer des mesures de bonne qualité et comprendre les résultats, pour déterminer un examen "réussi ou échoué", ou même lors de l'évaluation de la tolérance, où il est nécessaire de connaître l'incertitude avant de décider si les tolérances requises ont été respectées.

Si une confiance à 100 % est impossible, alors qu'est-ce qui est suffisant ?

Contrairement à ce "doute", c'est la certitude, également appelée confiance, que nous voulons connaître lorsque nous fournissons une valeur de mesure. En métrologie, nous voulons généralement être sûrs à 95 % lorsque nous fournissons des valeurs. Les lecteurs intéressés sont invités à se renseigner sur le facteur de couverture K dans des sources Internet externes (il est généralement fixé à 2 et indique une confiance de 95 %, tandis que K=1 indique une confiance de 68 %).

A titre d'exemple : Nous pourrions dire que la valeur de dureté d'un bloc d'essai mesure 780 HLD \pm 6 HLD, où \pm 6 HLD est l'incertitude. Avec k = 2, l'énoncé implique que nous sommes sûrs à 95 % que la dureté du bloc d'essai se situe entre 774 HLD et 786 HLD.

Comment est-elle définie dans la norme ISO 16859 et quelles sont ses composantes ?

Examinons l'une des méthodes décrites dans la norme DIN EN ISO 16859-1, désignée par M2. Les lecteurs peu doués en mathématiques peuvent également sauter ce chapitre et passer au suivant. L'incertitude d'un système de mesure de la dureté Leeb se compose d'une composante statistique, d'une composante inhérente à l'appareil de mesure et d'une composante découlant de la chaîne métrologique entre l'étalon national, l'appareil utilisateur (traçabilité) et le bloc d'essai.

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

Où :

U - L'incertitude de mesure élargie combinée

k - Facteur de couverture (k=1, k=2)

u_H - Incertitude standard de la machine d'essai de dureté (k = 1 ou k = 2), votre appareil de mesure sur "matériau de référence certifié (CRM)" - *id est*. un bloc d'essai

u_{ms} - Incertitude standard due à la résolution de l'appareil d'essai de dureté, par exemple 1 HLD.

U_{MPE} - Incertitude élargie dérivée de l'erreur maximale tolérée.

$$U_H = t \cdot S_H$$

Où :

t - Facteur de Student calculé sur la base des tableaux statistiques (pour 10 mesures, le facteur t est de 1,06 ; plus le nombre de mesures est faible, plus le facteur t est élevé).

S_H - Écart-type pour les mesures sur le CRM

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

n - Nombre de mesures

S_{AVG} - Valeur moyenne de la mesure sur CRM (bloc de test)

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

Et la dernière composante de l'équation, l'uMPE.

Erel - Erreur maximale tolérée indiquée dans la norme ISO16859

H_{CRM} - valeur du CRM (bloc d'essai)

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	

Quel est l'impact de l'incertitude en quelques mots ?

Le calcul de l'incertitude pour les mesures d'essai de dureté est un processus fastidieux. Heureusement, il existe quelques mesures pratiques que l'on peut appliquer pour combattre le "doute de la mesure" (voir ci-dessous). Bien que les normes relatives aux différentes méthodes calculent l'incertitude de manière légèrement différente, le principe sous-jacent reste le même pour toutes les méthodes d'essai. En d'autres termes, les principaux facteurs qui influencent l'incertitude sont les suivants :

- Précision et répétabilité de l'équipement
- Paramètres de conformité aux normes
- Homogénéité de la dureté du bloc d'essai utilisé lors de l'étalonnage et de la vérification
- Procédures d'essai de l'éprouvette

Dans cet article, nous omettons la méthode différentielle exacte pour des raisons de simplicité, mais le résultat de ce calcul montrerait que u_H a le plus grand impact sur l'incertitude, c'est-à-dire le nombre de mesures prises (impact sur le facteur t-student) et l'écart type, déterminé non seulement par le nombre de mesures, mais aussi par la répétabilité (également définie comme la précision) de l'appareil de mesure .

Quelle est la meilleure pratique ?

L'incertitude combinée a trois composantes : l'incertitude de la sonde, l'incertitude due à l'inhomogénéité de la pièce d'essai et l'incertitude maximale due à la conformité à la norme (dans cet exemple, il s'agit de la norme DIN EN ISO 16859). L'utilisateur a un impact sur ces trois composantes :

1. en garantissant la meilleure qualité possible des appareils et de leurs étalonnages
2. en effectuant un nombre suffisamment élevé de mesures sur la pièce à tester
3. choisissant les sondes conformes aux normes les plus rigoureuses.

Étape 1

Pour garantir la meilleure qualité des étalonnages, il est recommandé aux utilisateurs d'étalonner leurs appareils dans le cadre d'étalonnages accrédités tels que ISO/IEC 17025 et avec les meilleurs outils disponibles, où chacun des composants d'étalonnage jouant un rôle même mineur est vérifié, validé et approuvé par des auditeurs externes indépendants.

L'homogénéité de la dureté du bloc d'essai est un élément important du processus d'étalonnage. Un CRM dont la dureté est uniforme sur toute sa surface garantit que chaque indentation effectuée au cours du processus d'étalonnage donne des résultats cohérents. Cette homogénéité réduit la variation des données d'étalonnage, ce qui entraîne une diminution de l'écart-type et, par conséquent, de l'incertitude de l'étalonnage. Une mauvaise homogénéité augmente la composante d'incertitude liée au bloc de référence, qui se propage ensuite dans l'ensemble du budget d'incertitude de l'appareil d'essai de dureté.

Étape 2

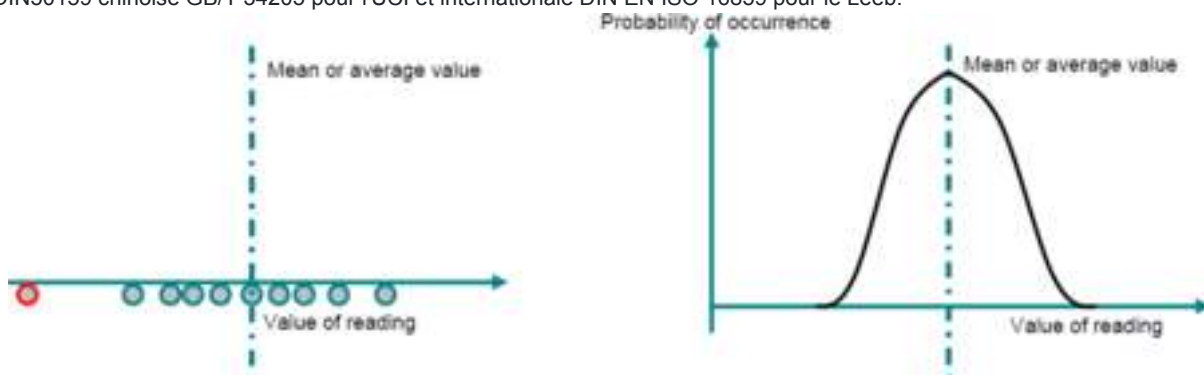
Pour minimiser l'impact de l'inhomogénéité de l'éprouvette, il est suggéré aux utilisateurs d'augmenter le nombre de mesures. Combien de mesures devez-vous effectuer ?

Lorsque davantage de mesures individuelles sont utilisées pour obtenir le résultat final, nous sommes plus certains que la moyenne calculée est plus proche de la dureté réelle de l'éprouvette. Cependant, effectuer davantage de mesures peut demander un effort supplémentaire et n'apporter qu'une amélioration globale marginale des données. En règle générale, un nombre de mesures compris entre 3 et 10 est acceptable, sauf indication contraire.

- Il est courant de prendre 10 mesures, car cela réduit l'incertitude statistique, établit une moyenne des valeurs aberrantes et facilite l'arithmétique.
- Dans certains cas, 3 lectures suffisent. Cette pratique est courante lorsque les pièces à tester sont relativement homogènes en termes de dureté et lorsque la surface de la pièce à tester est bien préparée. Par exemple, certains types de fonte avec des microstructures biphasiques auront une incertitude plus élevée par défaut, en raison d'une éventuelle dispersion des données.
- Prendre 20 ou même 50 lectures ne donne qu'une estimation légèrement meilleure que 10.

Étape 3

Pour garantir la meilleure conformité aux normes, choisit un appareil conforme aux normes les plus rigoureuses : DIN50159 chinoise GB/T 34205 pour l'UCI et internationale DIN EN ISO 16859 pour le Leeb.



Qu'est-ce qui n'est pas une incertitude ?

Après avoir inventé la méthode Leeb il y a plus de 48 ans, nous avons rencontré diverses définitions de l'incertitude et de la compréhension des utilisateurs, qui ne sont manifestement pas des incertitudes. Voici une courte liste de ce qui n'est **PAS** une incertitude :

- **L'analyse statistique** n'est pas la même chose que l'analyse d'incertitude. Les statistiques sont généralement utilisées dans les calculs d'incertitude mais peuvent être utilisées pour tirer des conclusions qui vont au-delà de l'utilisation pour les calculs d'incertitude.
- **La précision** (ou plutôt l'inexactitude) n'est pas la même chose que l'incertitude. En effet, la "précision" est un terme qualitatif (par exemple, on peut dire que la mesure est "précise" ou "non précise"). L'incertitude est quantitative. Un "chiffre en plus ou en moins" peut être appelé incertitude, mais pas la précision.

- **Spécifications et tolérances** ne sont pas des incertitudes. Alors que les spécifications indiquent ce que l'on peut attendre d'un produit (y compris les qualités "non techniques" telles que sa couleur), les tolérances pourraient être considérées comme des limites d'acceptation choisies pour un processus ou un système.
- **Erreurs** n'est pas la même chose que les incertitudes, surtout dans le passé où il était courant d'utiliser les mots de manière interchangeable. Une erreur fait généralement référence à un dysfonctionnement du système. Toutefois, le terme "erreur" a récemment été utilisé comme synonyme de "biais", qui est généralement considéré comme une composante de l'incertitude de mesure.
- **Les erreurs commises par les opérateurs** ne sont pas des incertitudes de mesure. Elles doivent être évitées en travaillant avec soin et en revérifiant le travail.

Références

Matériaux métalliques - Essai de dureté Leeb - Partie 1 : Méthode d'essai, DIN EN ISO16859-1

Matériaux métalliques - Essai de dureté Leeb - Partie 2 : Vérification et étalonnage des dispositifs d'essai, DIN EN ISO16859-2

Essai de dureté portable. Théorie, pratique, applications, lignes 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.