Comprendre l'importance du module d'Young des matériaux non standard dans les essais de dureté par impédance de contact ultrasonique (UCI)

Vue d'ensemble

- La méthode de l'impédance de contact ultrasonique (UCI) est une adaptation de l'essai de dureté Vickers conventionnel.
- La méthode UCI mesure la dureté par le changement de la fréquence du résonateur avant et après l'indentation et est fortement corrélée au module de Youngs
- La mesure de matériaux dont le module d'Young est sensiblement différent de celui de l'acier standard peut conduire à des résultats inexacts, à moins que des corrections appropriées ne soient appliquées. Même de petites différences de module d'Young entre l'étalonnage par défaut et le matériau testé peuvent introduire un biais systématique, c'est pourquoi il est recommandé de procéder à des ajustements.

Introduction

La mesure de la dureté des matériaux non standard - ceux qui diffèrent sensiblement de l'acier standard dont le module d'élasticité (module de Young) est de 210 GPa - peut conduire à des résultats inexacts lorsque l'on utilise la méthode de l'impédance de contact ultrasonique (UCI). En effet, la technique UCI repose sur les propriétés élastiques du matériau testé. Dans cet article, nous expliquerons les principes fondamentaux de la méthode Vickers conventionnelle sur banc d'essai et de la méthode UCI. Nous verrons également pourquoi il faut être prudent lorsque l'on effectue des mesures sur des matériaux autres que l'acier standard. En comprenant et en appliquant les corrections appropriées, vous pouvez obtenir des résultats fiables rapidement et efficacement. Si vous avez déjà mesuré, par exemple, 600 HV sur de l'aluminium avec un appareil UCI, cet article est fait pour vous.

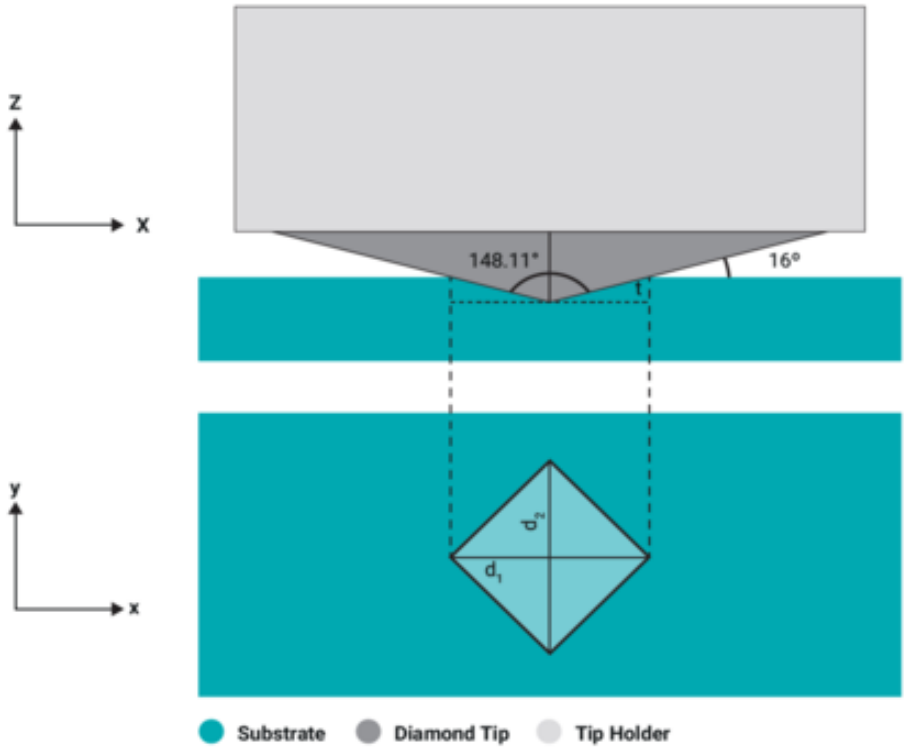
Comment fonctionne l'impédance de contact ultrasonique par rapport à la méthode de laboratoire ?

Méthode Vickers sur table

Dans l'essai de dureté Vickers de paillasse, un pénétrateur en diamant avec une géométrie pyramidale précise (136° entre les facettes opposées ou 148,11° entre les arêtes opposées) est pressé dans le matériau sous une charge spécifique. Cette action crée une indentation de forme carrée. La taille de cette empreinte est ensuite mesurée au microscope en déterminant la longueur des deux diagonales. L'indice de dureté Vickers (HV) est calculé en divisant la force appliquée par la surface de l'empreinte.

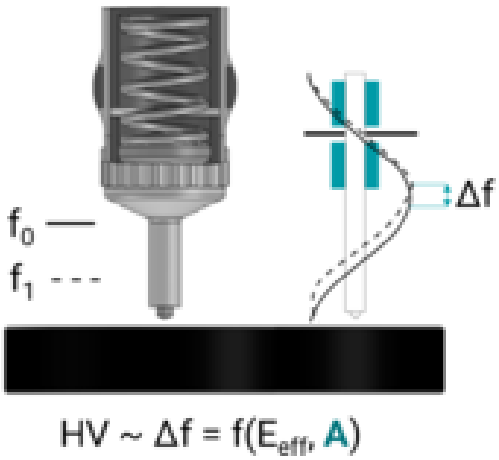
- **Les matériaux plus mous** produisent des empreintes plus larges et plus profondes, avec des diagonales plus longues.
- **Les matériaux plus durs** produisent des empreintes plus petites et moins profondes avec des diagonales plus courtes.

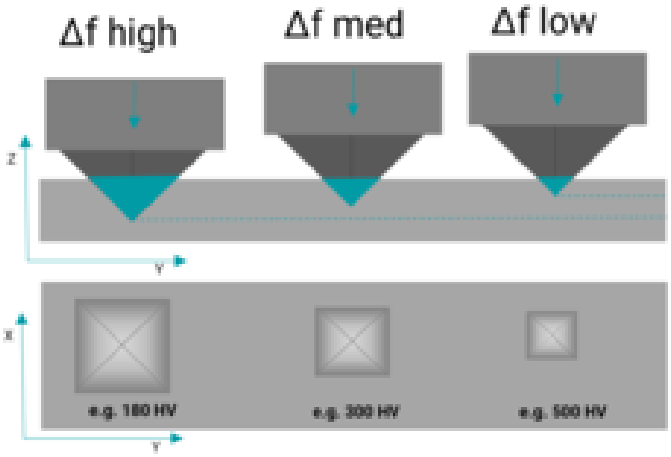
Cette méthode repose sur des mesures optiques et peut prendre du temps en raison de la nécessité d'une analyse microscopique.



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

La méthode **Méthode UCI** utilise le même pénétrateur en diamant, mais monté sur une tige vibrante qui résonne à une fréquence ultrasonique. Lorsque le pénétrateur en diamant est enfoncé dans le matériau, le contact de surface entre l'indentation et le diamant modifie la fréquence de résonance. Plus l'indentation est grande, plus le changement de fréquence est important. Plutôt que de mesurer optiquement la diagonale de l'indentation, la méthode UCI utilise le changement de fréquence pour calculer instantanément la valeur de la dureté.





La fréquence de résonance dépend toutefois fortement des propriétés élastiques du matériau, et les étalonnages standard de tous les appareils sur le marché sont fixés à l'acier et à l'acier moulé avec un module d'Young (E, également appelé module d'élasticité) de 210 GPa. Cela signifie que si vous mesurez un matériau dont le module E est différent de 210 GPa, alors que votre appareil "croit" qu'il s'agit du matériau standard, vous obtiendrez des mesures erronées. Plus la différence de module E est importante, plus l'erreur est grande. Par conséquent, si vous avez mesuré de l'aluminium avec la méthode UCI et que vous avez obtenu 500-600 HV, il est très probable que le problème se situe à ce niveau. Le tableau suivant résume les principales caractéristiques de mesure entre les deux méthodes.

	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!

Quelles sont les tolérances du module d'Youngs pour utiliser l'étalonnage par défaut du matériau ? Étude de cas sur l'acier P91.

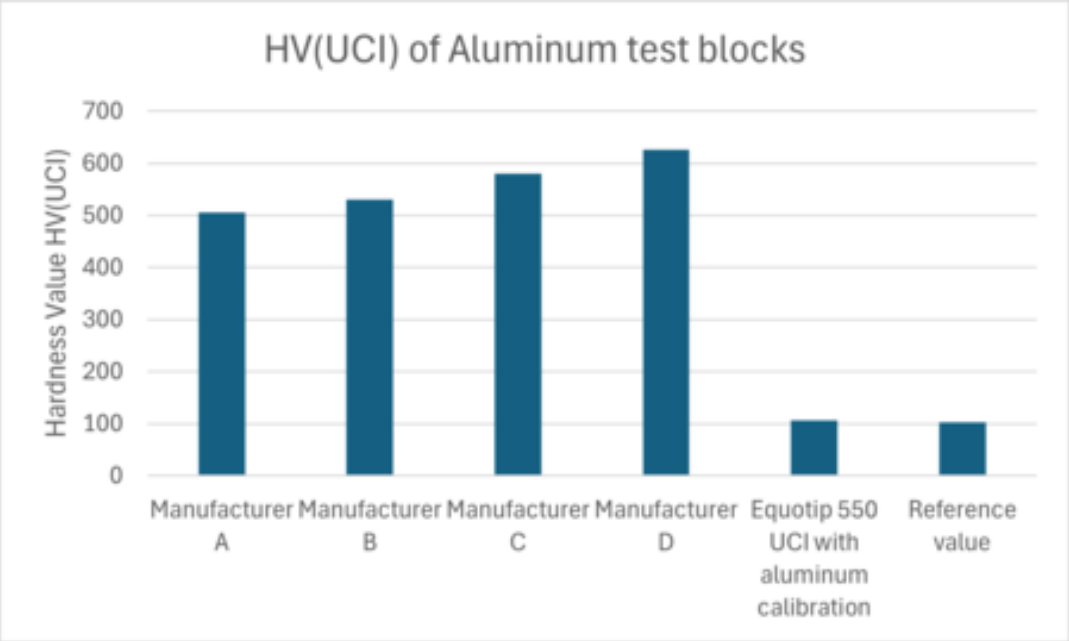
Une règle générale consiste à limiter les matériaux d'essai à ceux qui ont un **Module de Young** ne dépassant pas **±10 GPa** par rapport au matériau étalonné. Toutefois, cela ne garantit pas des mesures exemptes de biais. Prenez l'acier **Acier T/P91**qui a un module d'Young moyen de **212- 218 GPa (dans cet exemple 218 GPa)**. Cela se situe dans la fourchette acceptable, mais un essai Vickers stationnaire pourrait donner une dureté de **185 HV**alors que les sondes UCI pourraient donner une dureté de **165-170 HV d**en fonction du fabricant. À première vue, cela semble acceptable, mais un écart pouvant aller jusqu'à **11%** est possible, dépassant de loin toutes les tolérances standard.

Il est essentiel de tenir compte de ces écarts, car les négliger peut conduire à sous-estimer ou à surestimer la dureté, ce qui peut compromettre la sécurité ou la qualité du matériau testé ; ce manque d'ajustement peut donner l'impression qu'un matériau fragile est sûr, et inversement. Il faut tenir compte du fait que ce biais ne tient pas encore compte de l'erreur de l'utilisateur (par exemple, la perpendicularité de la mesure), du biais de la préparation de la surface et des mesures effectuées sur le terrain.

C'est donc une bonne pratique que de toujours tenir compte des sources de biais, même mineures, et de les éliminer dans la mesure du possible. L'exemple ci-dessous montre que l'utilisateur mesure le P91 avec une correction prédéfinie par le fabricant.

Qu'en est-il des autres matériaux dont le module d'Young est très différent ?

Examinons un exemple plus extrême. Considérons un bloc moteur en aluminium, d'une dureté standard de **103 HV** à l'aide d'un essai Vickers de table. Lorsqu'il est testé à l'aide de l'UCI sans étalonnage approprié, les résultats peuvent varier considérablement en fonction du fabricant. L'essentiel à retenir ici est que sans un étalonnage correct, vous risquez d'obtenir des résultats trompeurs. Cela peut être évident dans le cas de l'aluminium, puisqu'il n'existe pas d'aluminium aussi dur, mais de plus petites divergences peuvent passer inaperçues et conduire à des évaluations inexactes.



Pour garantir la précision des mesures, des étalonnages spéciaux tenant compte des différents modules de Young sont nécessaires. Les fabricants les fournissent souvent ou les utilisateurs peuvent créer leurs propres étalonnages par le biais d'un étalonnage externe.

Quelle est la meilleure pratique ?

Comprendre le matériel

- **Identifier le module d'Young**: Connaître les propriétés élastiques du matériau testé.
- **Vérifier les options du fabricant**: De nombreux appareils proposent des étalonnages prédéfinis pour différents matériaux.

Appliquer les corrections

- **Utiliser les étalonnages du fabricant**: Sélectionnez l'étalonnage du matériau approprié s'il est disponible.
- **Créer des corrections personnalisées**: La plupart des appareils d'OPC modernes permettent souvent aux utilisateurs de générer leurs propres courbes de correction.

Méthodes de génération de courbes de correction

1. **Déplacement d'un point**
    - **Utilisation**: Ajustements simples et rapides.
    - **Limites**: Idéal pour des corrections mineures sur une plage de dureté étroite.
2. **Courbe à deux points**
    - **L'utilisation**: Tient compte de la non-linéarité sur une plus grande plage.
    - **Avantages**: Plus précis que le décalage d'un point pour les matériaux présentant des différences significatives.
3. **Courbe polynomiale**
    - **Utilisation**: Définit la correction à l'aide de coefficients mathématiques.
    - **Avantages**: Offre la plus grande précision sur une large gamme de valeurs de dureté.

Mise en œuvre des corrections :

Avec les appareils modernes, la génération de corrections peut être très facile à exécuter. Vous trouverez ci-dessous une vidéo d'instruction démontrant à quel point c'est facile avec l'Equotip 550 UCI.

La méthode UCI offre des avantages significatifs par rapport à la méthode Vickers conventionnelle sur banc, notamment des mesures plus rapides et une plus grande portabilité. Toutefois, comme les résultats de l'ICU sont influencés par les propriétés élastiques du matériau, il est essentiel d'appliquer les corrections appropriées lors de l'essai de matériaux non standard.

En comprenant l'impact du module de Young sur les mesures UCI et en suivant les meilleures pratiques d'étalonnage, vous pouvez obtenir des mesures de dureté précises et fiables sur une large gamme de matériaux.

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.