了解超声接触阻抗 (UCI) 硬度测试中非标准材料杨氏模量的重要性

概述

- 超声接触阻抗 (UCI) 方法是对传统维氏硬度测试的一种改进。
- UCI 方法通过压痕前后谐振器频率的变化来测量硬度，并与杨氏模量密切相关。
- 如果测量材料的杨氏模量与标准钢材的杨氏模量相差很大，除非进行适当的修正，否则测量结果可能不准确。即使默认校准和测试材料之间的杨氏模量差异很小，也会产生系统偏差，因此建议进行调整。

导言

使用超声波接触阻抗 (UCI) 方法测量非标准材料的硬度时，如果与弹性模量（杨氏模量）为 210 GPa 的标准钢材存在显著差异，就会导致测量结果不准确。这是因为 UCI 技术依赖于被测材料的弹性特性。在本文中，我们将解释传统台式维氏方法和 UCI 方法的基本原理。我们还将讨论为什么在对标准钢以外的材料进行测量时必须谨慎。通过了解和应用适当的修正，您可以快速有效地获得可靠的结果。因此，如果您曾经使用 UCI 设备测量过铝材上的 600 HV，那么这篇文章就是为您准备的。

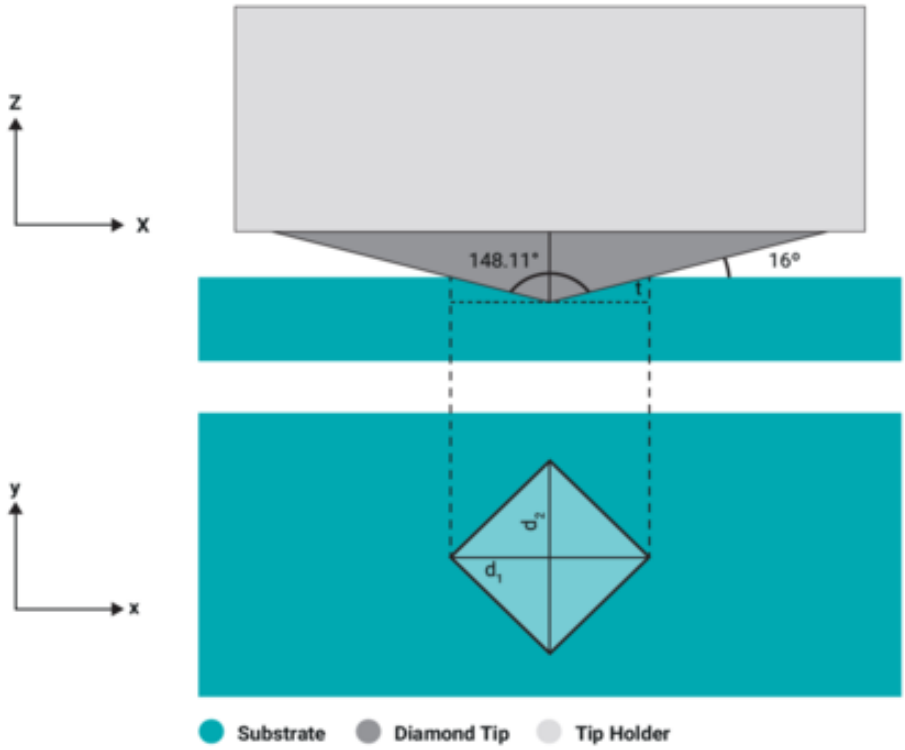
与台式方法相比，超声接触阻抗如何工作？

台式维氏方法

在台式维氏硬度测试中，在特定载荷下将具有精确金字塔几何形状（相对刻面之间成 136°，或相对边缘之间成 148.11°）的金刚石压头压入材料中。这一动作会产生一个方形压痕。然后通过确定两个对角线的长度，在显微镜下测量压痕的大小。维氏硬度值 (HV) 的计算方法是用外力除以压痕的表面积。

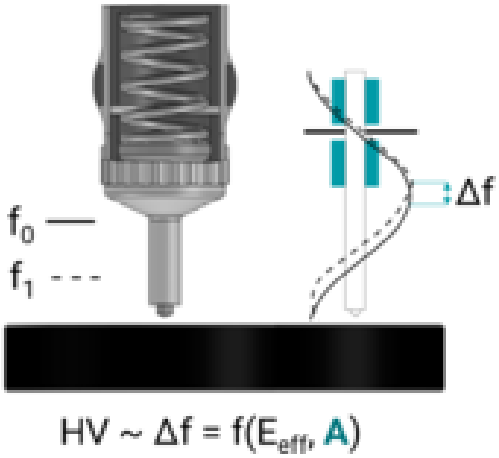
- **较软的材料**导致压痕更大、更深、对角线更长。
- **较硬的材料**产生的压痕较小、较浅，对角线较短。

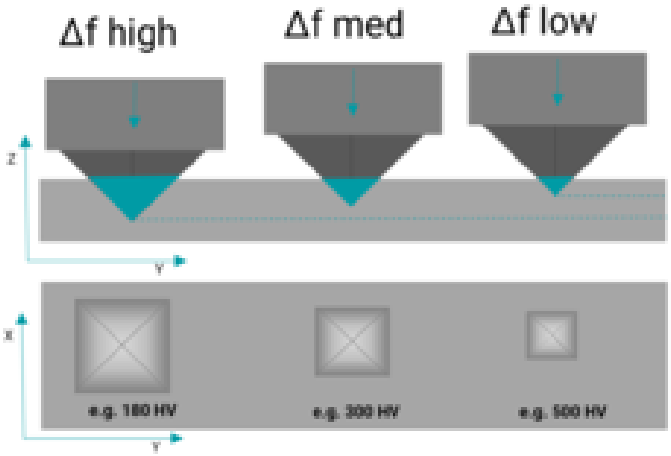
这种方法依赖于光学测量，由于需要进行显微分析，因此可能比较耗时。



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

UCI 方法 **UCI 方法**使用相同的金刚石压头，但安装在振动杆上，振动杆的共振频率为超声波。当金刚石压头压入材料时，压痕和金刚石之间的表面接触会改变共振频率。 压痕越大，频率变化越大。UCI 方法不是用光学方法测量压痕的对角线，而是利用频率变化即时计算硬度值。





然而，共振频率也与材料的弹性特性密切相关，市场上所有设备的标准校准都设定为杨氏模量（E，也称弹性模量）为 210 GPa 的钢和铸钢。这意味着，如果您测量的任何材料的 E 模量与 210 GPa 不同，而仪器却 "认为 "它是标准材料，您将得到错误的测量结果。E 模量相差越大，误差就越大。因此，如果您用 UCI 方法测量铝，得到的结果是 500-600 HV，这很可能就是问题所在。下表总结了两种方法最重要的测量特征。

	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!

使用默认材料校准的杨氏模量公差是多少？P91 钢案例研究。

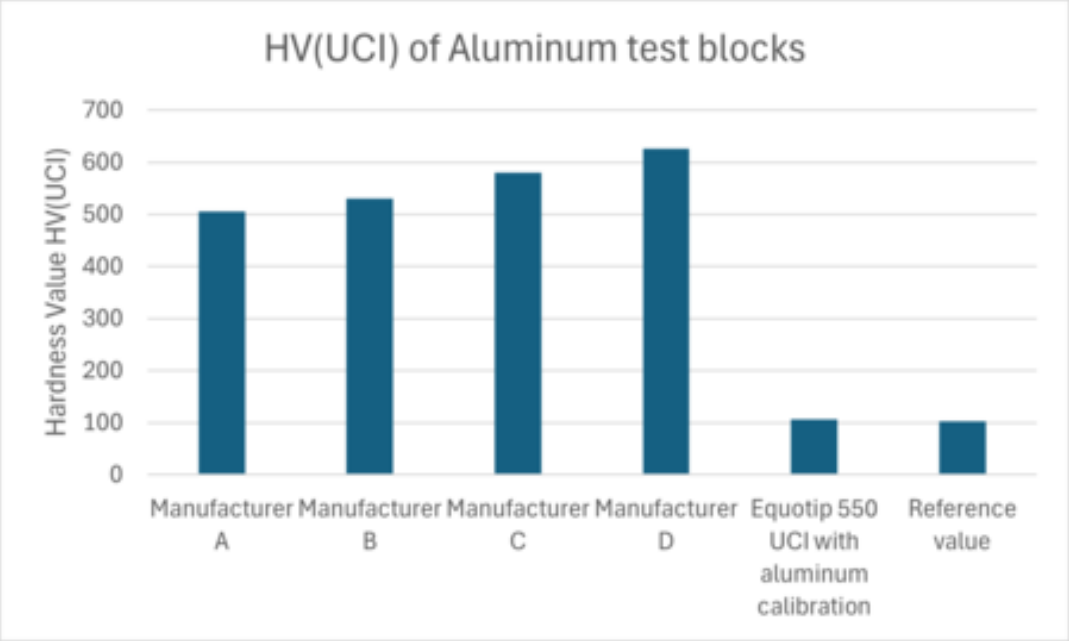
一般的经验法则是将测试材料限制在杨氏模量为 **杨氏模量**偏差不超过 **±10 GPa**的材料。但是，这并不能保证测量结果没有偏差。以 **T/P91 钢**的平均杨氏模量为 **212-218GPa（本例中为 218GPa）。**.这属于可接受的范围，但固定维氏硬度测试得出的硬度可能为 **185 HV**而 UCI 探头可能显示 **165-170 HV**取决于制造商。乍一看，这似乎是可以接受的，但高达 **11%**可能远远超出所有标准公差。

必须考虑到这些偏差，因为忽略这些偏差可能会导致低估或高估硬度，从而可能影响被测材料的安全或质量；缺乏调整可能会使脆性材料看起来安全，反之亦然。需要注意的是，这种偏差尚未考虑用户误差（如测量的垂直度）、表面制备偏差和现场测量。

因此，即使是微小的偏差源也要考虑在内，并尽可能消除它们。下面是一个现场示例，用户在测量 P91 时使用了制造商预定义的修正。

那么杨氏模量相差很大的其他材料呢？

让我们来看一个更极端的例子。考虑一个铝制发动机缸体，其标准硬度为 **103 HV**使用台式维氏硬度测试。在没有正确校准的情况下使用 UCI 进行测试，结果可能会因制造商的不同而大相径庭。这里的主要启示是，如果没有正确的校准，最终可能会得到误导性的结果。在铝的情况下，这一点可能很明显，因为不存在如此坚硬的铝，但较小的差异可能会被忽视，从而导致不准确的评估。



为确保测量准确，需要根据不同的杨氏模量进行特殊校准。制造商通常会提供这些校准，用户也可以通过外部校准创建自己的校准。

最佳做法是什么？

了解材料

- **确定杨氏模量**:了解测试材料的弹性特性。
- **检查制造商选项**:许多设备都提供针对不同材料的预设定标。

申请更正

- **使用制造商校准**:选择适当的材料校准（如有）。
- **创建自定义校正**:大多数现代 UCI 设备通常允许用户生成自己的校正曲线。

生成校正曲线的方法

1. **单点转移**
    - **使用方法**:简单、快速的调整。
    - **局限性**:最适合在较窄的硬度范围内进行微小修正。
2. **两点曲线**
    - **使用方法**:在更大范围内考虑非线性因素。
    - **优点**:对于差异显著的材料，比单点偏移更精确。
3. **多项式曲线**
    - **使用方法**:使用数学系数定义校正。
    - **优点**:在广泛的硬度值范围内提供最高精度。

实施纠正：

使用现代设备可以非常容易地进行校正，下面的教学视频演示了 Equotip 550 UCI 是如何轻松实现校正的。

与传统的台式维氏方法相比，UCI 方法具有明显的优势，包括测量速度更快、便携性更强。不过，由于 UCI 结果会受到材料弹性特性的影响，因此在测试非标准材料时进行适当的修正至关重要。

通过了解杨氏模量对 UCI 测量的影响并遵循校准的最佳实践，您可以在各种材料上获得准确可靠的硬度测量结果。

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.