

超越手动便携式硬度测试：电动探头的优势

文章摘要

- **台式硬度计**：移动性受限、重力依赖和测量耗时
- **便携式 UCI 硬度计**：克服了固定式维氏硬度计的移动性和可及性问题，可进行全方位测试
- **机动 UCI 与手动 UCI 探头对比**：电动探头可减少操作员对测量的影响，确保更高的测量重复性
- **压痕深度注意事项**：极低的压痕深度需要仔细的表面准备
- **涂层测试**：要求最小厚度为标准规定的压痕深度的 10 倍

简介

台式 **维氏硬度计** 长期以来一直是精密硬度测量的黄金标准，但也存在一些实际挑战。这些设备体积大，固定不动，需要可控的环境，因此不适合现场应用。由于它们依赖重力，因此只能从顶部进行测量，从而限制了测试位置的灵活性。

测量过程本身非常耗时，需要进行样品制备、压痕和随后的显微分析。每个压痕都必须进行光学评估，这增加了复杂性，并延长了从测量到得出结果的时间。此外，由于较大或形状不规则的部件无法始终置于测试仪内，因此这些设备在可触及性方面存在困难。

由于存在这些限制，寻求 **移动性、更快的测量速度和现场测试能力** 的行业转向 **便携式硬度测试仪**，如 **UCI (超声接触阻抗)** 设备，可在任何方向进行现场直接测试。

电动 UCI 探头与手动 UCI 探头

电动 UCI 探头的推出大大提高了测试载荷低于 1kgf 时的测量精度和可重复性。手动操作的测头需要用户始终如一地施加力，而电动测头 **则不同，它可以自动施加力**，最大限度地减少用户引起的变化。这一点在 **显微硬度测试中尤为重要**，在这种测试中，力值低于 **10N** 会产生极浅的压痕，对测量精度的要求很高。

手动测头的另一个挑战是确保正确的测头对准。根据 **ASTM A1038、DIN 10159 和 GB/T34205**，**为保持测量精度，探头与测试表面的垂直度偏差不应超过 $\pm 5^\circ$** 。手动实现这一精度水平可能比较困难，尤其是在尴尬的位置进行测试时。**电动探头可确保稳定的垂直定位**，大大减少操作人员的影响，提高重复性。

压痕深度 的重要性再怎么强调也不为过。力较小时，压痕很小，只能在显微镜下进行检测。这意味着 **高测量分辨率至关重要**，探头操作中的任何偏差都会严重影响测量结果。电动探头通过标准化压痕深度和施力来解决这一问题，因此非常适合 **精度和一致性** 至关重要的应用。

压痕有多深？

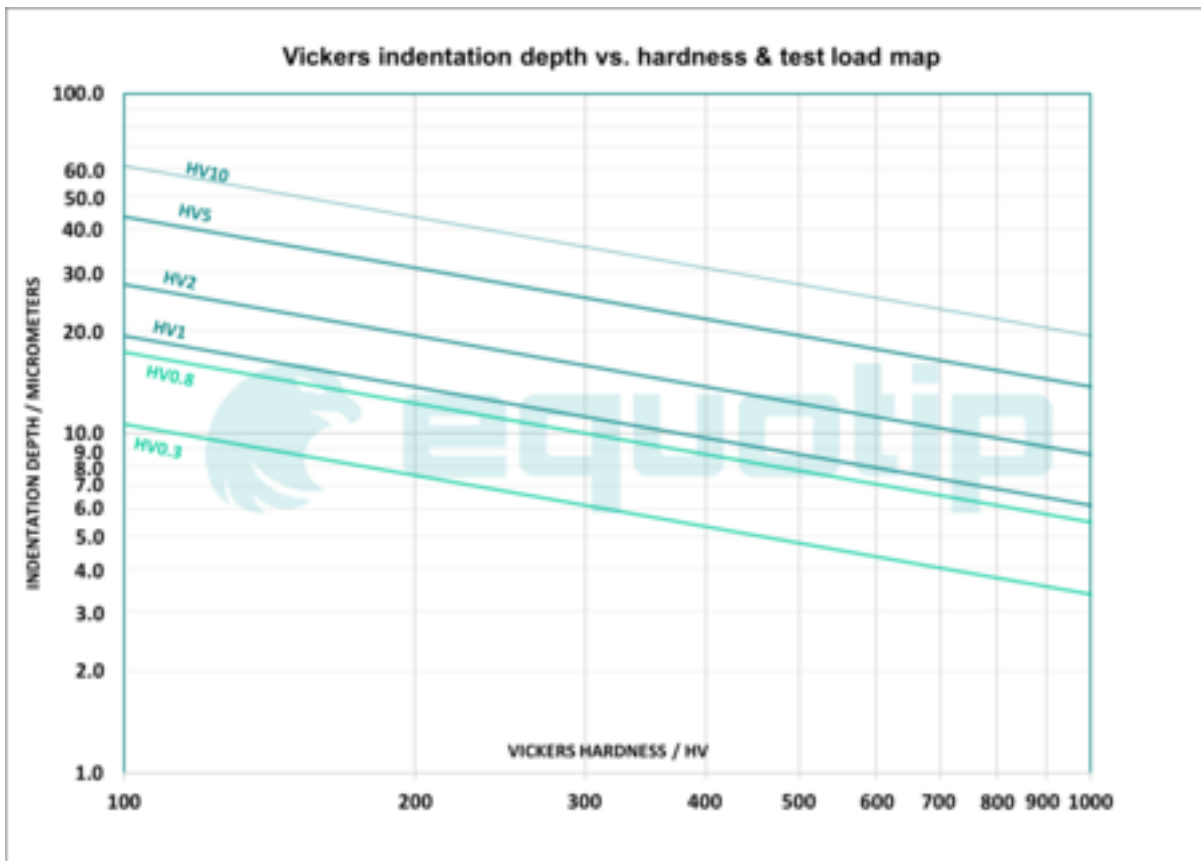
压痕深度是硬度测试的关键因素，影响测量精度和可靠性。根据 **ASTM A1038**，压痕深度的计算公式为：

$$h=0.062 (F/HV)^{0.5}$$

其中：

- **h** = 压痕深度（毫米）
- **F** = 测试力（牛顿）
- **HV** = 材料硬度（维氏硬度计）

浅压痕既有优势也有挑战。虽然浅压痕允许进行非破坏性测试，并有利于精细表面，但也意味着 **高分辨率测量设备是必要的**，以确保可靠性。此外，**建议表面光洁度低于 1.6 μm**，以避免不规则现象影响结果。如果表面过于粗糙，压痕可能不均匀，导致硬度值不准确。下图描述了测试载荷、硬度和压痕深度之间的关系。这对于非常坚硬的表面尤为重要，因为压痕深度可低至 3 μm。在如此低的压痕深度下，操作人员能够提供稳定、无振动的操作而不影响测量结果，这种情况实属罕见。



特别适用于涂层应用的电动探头

在测试 **铬、镍和铜等涂层**，以及 **氮化、渗碳、碳氮共渗和感应淬火等硬化表面**时，适当的压痕深度控制至关重要。**压痕深度不得超过涂层厚度的 10%**，以确保测量准确，不受基体干扰。

UCI 硬度测试的另一个关键因素是 **针对特定材料的校准**。UCI 方法通常针对 **杨氏模量为 210 GPa 的材料进行校准**（常见于钢材）。然而，诸如 **铜 (110 GPa) 或铬 (279 GPa)** 等材料会表现出不同的弹性特性，从而影响测量精度。要获得可靠的硬度值，UCI 测试仪必须根据相同材料类型的参考样品进行校准，以确保结果准确反映材料特性。

[电动 UCI 探头](#) 尤其适合涂层和表面处理应用，因为它们能在较低的压痕深度下提供 **精确且可重复的测量**，确保符合 **行业标准**。**超快速评估** 的能力使其成为 **质量保证和各种工业应用中过程控制** 的重要工具。这可确保涂层和硬化层符合严格的耐用性和性能标准，同时保持表面完整性。此外，精确和恒定的施力可以在显微镜下对压痕进行事后检查，并与台式设备的测量结果进行交叉检查。

Application guide based on the test force / kgf	0.3	0.8
Thin coatings with highly polished surface	●	
Coatings with thickness over 40 micron	●	○
Hardening layer with thickness over 20 micron	●	○
Rotogravure cylinders	●	
Precision parts	●	●
Bearing race		●
Bearings guide rail		●
Bearings		●
Crankshafts and camshafts		●
Ion nitridated layers	●	●
Precision mold	●	●
Small parts	●	●
Case hardeninng	●	●
Polished metals (Steel, Al, Ti, etc) without wisible surface damage	●	●
● - applicable , ○ - Possible, depeding on the specimen		

比较：UCI 与台式硬度计对比台式硬度计

最适合	实验室测试	现场测试	精确现场测试
特点	台式硬度计台式（维氏）	便携式 UCI（手动）	便携式 UCI（电动）
测量时间	长（光学分析）	短	短
移动性	固定式	便携式	便携式
操作员影响	无（固定设置）	中-高	低（带磁性脚）

结论

对于需要 **移动性的行业**、，便携式 UCI 测试仪是台式维氏硬度测试仪的理想替代品。虽然台式设备可提供 **高精度硬度值**，但它们 **固定、耗时，而且测试方向有限**。另一方面，

UCI 测试仪可在任何方向进行现场硬度测试，**大大缩短了从测试到得出结果的时间**。在 UCI 类别中，**电动探头**在中脱颖而出，特别是在 **低力应用** 中，压痕深度最小，测量精度至关重要。通过确保一致的施力和减少操作员的影响，电动探头提供了 **可靠而精确的硬度测试解决方案**，尤其适用于 **涂层和显微硬度应用**。

最终，选择正确的硬度测试方法取决于 **应用要求、测试位置和所需的精度水平**。了解每种方法的优势和局限性可帮助各行业优化测试流程，在各种条件下实现 **可靠、可重复和准确的硬度测量**。

参考文献

Metallische Werkstoffe - Härteprüfung nach dem UCI-Verfahren - Teil 2: Prüfung und Kalibrierung der Härteprüfgeräte, DIN 50159-2:2015-01, 2015

《超声接触阻抗法便携式硬度测试标准测试方法》，ASTM A1038-19, 2019

《金属材料-硬度测试-超声接触阻抗法》，GB/T 34205-2017, 2017

便携式硬度测试。理论实践、应用、指南。Burnat, D., Raj, L., Frank, S., Ott, T. Schwerzenbach, Screening Eagle Technologies AG, 2022.

《金属材料--维氏硬度试验--第 2 部分：试验机的验证和校准》。ISO 6507-2:2018



[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.