



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 9790—2021

代替 GB/T 9790—1988

## 金属材料 金属及其他无机覆盖层的 维氏和努氏显微硬度试验

Metallic materials—Vickers and Knoop microhardness tests of metallic and  
other inorganic coatings

(ISO 4516:2002, Metallic and other inorganic coatings—Vickers and  
Knoop microhardness tests, MOD)

2021-04-30 发布

2021-11-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布



目 次

前言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 原理 ..... 2

5 符号和说明 ..... 2

6 设备 ..... 3

7 影响测量准确度的因素 ..... 5

8 试验程序 ..... 8

9 结果的不确定度 ..... 10

10 试验报告 ..... 10

附录 A (资料性) 本文件章条编号与 ISO 4516:2002 章条编号对照 ..... 12

附录 B (资料性) 本文件与 ISO 4516:2002 技术性差异及其原因 ..... 14

参考文献 ..... 16





## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 9790—1988《金属覆盖层及其他有关覆盖层 维氏和努氏显微硬度试验》。与 GB/T 9790—1988 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术内容变化如下：

- 更改了范围中的试验力值，增加了测量覆盖层表面显微硬度的规定（见第1章，1988年版的第1章）；
- 增加了术语和定义（见第3章）；
- 更改了原理表述（见第4章，1988年版的第3章）；
- 增加了硬度值结果表示示例和多个符号内容（见第5章）；
- 增加了对硬度计计量符合性的规定（见6.1）；
- 更改了维氏硬度计压头和努氏硬度计压头参数（见6.2.1.1、6.2.1.2，1988年版的5.2.1.1、5.2.1.2）；
- 更改了对标准硬度块的规定（见6.3，1988年版的5.3）；
- 更改了试验力选择范围的表达形式，由文字变为表格，增加了硬度值小于100材料选择试验力指南注释（见7.1，1988年版的6.1）；
- 更改了振动影响因素的描述（见7.4，1988年版的6.4）；
- 更改了粗糙度影响因素的描述（见7.5.1，1988年版的6.5.1）；
- 更改了试样表面倾斜的规定（见7.6.2，1988年版的6.6.2）；
- 更改了显微镜分辨率影响因素的描述（见7.8，1988年版的6.8）；
- 增加了覆盖层的微观结构对压痕位置的影响（见7.9）；
- 增加了测定过程概要的描述（见8.1）；
- 更改了使用维氏压头时覆盖层厚度的内容（见8.3.1，1988年版的7.2.1）；
- 更改了试样的制备内容（见8.3.2，1988年版的7.2.2）；
- 更改了压痕的内容（见8.3.3，1988年版的7.2.3）；
- 更改了测定覆盖层表面的内容（见8.4，1988年版的7.3）；
- 更改了光学测量的内容（见8.6，1988年版的7.5）；
- 更改了两条对角线的长度差规定（见8.7，1988年版的8.6）；
- 更改了替代试样的内容（见8.8，1988年版7.7）；
- 增加了结果的不确定度（见第9章）。

本文件使用重新起草法修改采用 ISO 4516:2002《金属及其他无机覆盖层 维氏和努氏显微硬度试验》。

本文件与 ISO 4516:2002 相比，结构上有较多调整，附录A列出了本文件与 ISO 4516:2002 的条款编号对照一览表。

本文件与 ISO 4516:2002 相比存在技术差异，这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线（|）进行了标识，附录B给出了本文件与 ISO 4516:2002 技术性差异及其原因一览表以供参考。

本文件做了下列编辑性修改：

- 将标准名称修改为《金属材料 金属及其他无机覆盖层的维氏和努氏显微硬度试验》；
- 删除了 ISO 4516:2002 的参考文献。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本文件起草单位:首钢集团有限公司、国家钢铁及制品质量监督检验中心、深圳万测试验设备有限公司、冶金工业信息标准研究院。

本文件主要起草人:王萍、温娟、董莉、张晓丽、黄星、侯慧宁、姚成虎、贾惠平、李丹丹。

本文件于 1988 年首次发布,本次为第一次修订。

# 金属材料 金属及其他无机覆盖层的 维氏和努氏显微硬度试验

## 1 范围

本文件规定了金属及其他无机覆盖层的维氏和努氏显微硬度试验的原理、符号和说明、设备、影响测量准确度的因素、试验程序、结果的不确定度和试验报告。

本文件适用于电沉积覆盖层、自催化覆盖层、喷涂铝的覆盖层和铝阳极氧化膜等多种覆盖层的测定。测定时试验力一般不大于 9.807 N(1 kgf)。本文件 8.3 适用于覆盖层截面的显微硬度测定,8.4 适用于覆盖层表面的显微硬度测定。

注 1: GB/T 18449 的第 1 部分~第 4 部分描述了金属材料努氏硬度试验。GB/T 4340 的第 1 部分~第 4 部分描述了金属材料维氏硬度试验。GB/T 21838(所有部分)描述了金属材料硬度和材料参数的仪器化压痕试验。

注 2: 覆盖层试验力通常选用 GB/T 4340.1—2009 中显微维氏硬度范围内的试验力。但是,由于宜尽可能选择大的试验力,也可选用 GB/T 4340.1—2009 中小力值维氏硬度范围内的试验力。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 4340.1—2009 金属材料 维氏硬度试验 第 1 部分:试验方法(ISO 6507-1:2005,MOD)

GB/T 4340.2 金属材料 维氏硬度试验 第 2 部分:硬度计的检验与校准(GB/T 4340.2—2012,ISO 6507-2:2005,MOD)

GB/T 4340.4 金属材料 维氏硬度试验 第 4 部分:硬度值表(GB/T 4340.4—2009,ISO 6507-4:2005,IDT)

GB/T 6462 金属和氧化物覆盖层 厚度测量 显微镜法(GB/T 6462—2005,ISO 1463:2003, IDT)

GB/T 18449.1—2009 金属材料 努氏硬度试验 第 1 部分:试验方法(ISO 4545-1:2005,MOD)

GB/T 18449.2 金属材料 努氏硬度试验 第 2 部分:硬度计的检验与校准(GB/T 18449.2—2012,ISO 4545-2:2005,MOD)

GB/T 18449.4 金属材料 努氏硬度试验 第 4 部分:硬度值表(GB/T 18449.4—2009,ISO 4545-4:2005,IDT)

JJG 151 金属维氏硬度计检定规程

JJG 1047 金属努氏硬度计检定规程

## 3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 原理

以规定的试验力,将具有一定形状的金剛石压头以适当的压入速度缓慢垂直压入被测定的覆盖层,保持规定的时间后卸除试验力,用显微镜测量压痕的对角线长度。将测量的对角线长度代入硬度计算公式或根据对角线长度查硬度值表(维氏硬度查 GB/T 4340.4,努氏硬度查 GB/T 18449.4)得到维氏或努氏显微硬度值。

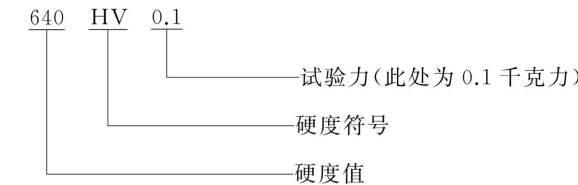
5 符号和说明

维氏和努氏显微硬度分别用 HV 和 HK 表示,此符号前的数字表示硬度值,符号后面是:

- a) 试验力(为牛顿乘以比例系数 0.102)(见表 1);
- b) 试验力保持时间,以秒为单位。一般试验力保持 10 s~15 s,如果试验力保持时间不在 10 s~15 s 范围内,注明试验力保持时间。

维氏硬度的表示方法如示例 1,努氏硬度的表示方法如示例 2。

示例 1: 640HV0.1:表示维氏硬度值 640、试验力 0.1 kgf(0.980 7 N)、试验力保持时间 10 s~15 s。



示例 2: 640HK0.1/20:表示努氏硬度值 640、试验力 0.1 kgf(0.980 7 N)、试验力保持时间 20 s。



表 1 符号和说明

符号	单位	说明	
		维氏	努氏
$h$	$\mu\text{m}$	压痕深度	
$F$	N	试验力	试验力
$d_1$	$\mu\text{m}$	压痕对角线长度	
$d_2$	$\mu\text{m}$	压痕对角线长度	
$d_v$	$\mu\text{m}$	压痕两对角线长度 $d_1$ 、 $d_2$ 的算术平均值 $d_v = (d_1 + d_2) / 2$	
$d_K$	$\mu\text{m}$		压痕长对角线的长度
HV 和 HK		维氏硬度值 = $(0.102F) / A_v = 0.189\ 1 \times 10^6 F / d_v^2$	努氏硬度值 = $(0.102F) / A_K = 1.451\ 4 \times 10^6 F / d_K^2$
$A_v$	$\text{mm}^2$	压痕接触面积	

表 1 符号和说明 (续)

符号	单位	说明	
		维氏	努氏
$A_K$	$\text{mm}^2$		压痕投影面积
$t$	$\mu\text{m}$	覆盖层厚度	覆盖层厚度
$s$		$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\text{HV}_i - \overline{\text{HV}})^2}$	$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\text{HV}_i - \overline{\text{HK}})^2}$
$n$		测量数	测量数
$\overline{\text{HV}}$ 和 $\overline{\text{HK}}$		$\overline{\text{HV}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{HV}_i}{n}$	$\overline{\text{HK}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{HK}_i}{n}$
$V$	%	变异系数 $V = 100 s / \overline{\text{HV}}$	变异系数 $V = 100 s / \overline{\text{HK}}$

6 设备

6.1 硬度计

维氏硬度计应符合 GB/T 4340.2 或 JJG 151 的规定,努氏硬度计应符合 GB/T 18449.2 或 JJG 1047 的规定。

6.2 压头

6.2.1 形状和尺寸

6.2.1.1 维氏硬度计压头

硬度计压头为金刚石正四棱锥体,其相对两面之间的顶角为  $136^\circ \pm 0.50^\circ$ ,两相对棱之间的夹角为  $148.11^\circ \pm 0.76^\circ$ ,如图 1。应采用具有适当精度的测角仪核查此角。对角线  $d_1$  和  $d_2$  的平均值与压痕深度  $h$  的关系约为 7 : 1,公式(1)表示了对角线  $d_1$  和  $d_2$  与压痕深度  $h$  的近似关系。

$$7h \approx \frac{d_1 + d_2}{2} \dots\dots\dots (1)$$

四个面对压头的轴线应当具有同样的倾角(误差在  $\pm 0.5^\circ$  以内),并交于一点。常规条件下交点处的放大如图 2 所示,其相对面间交线的最大允许长度应为  $0.5 \mu\text{m}$ 。

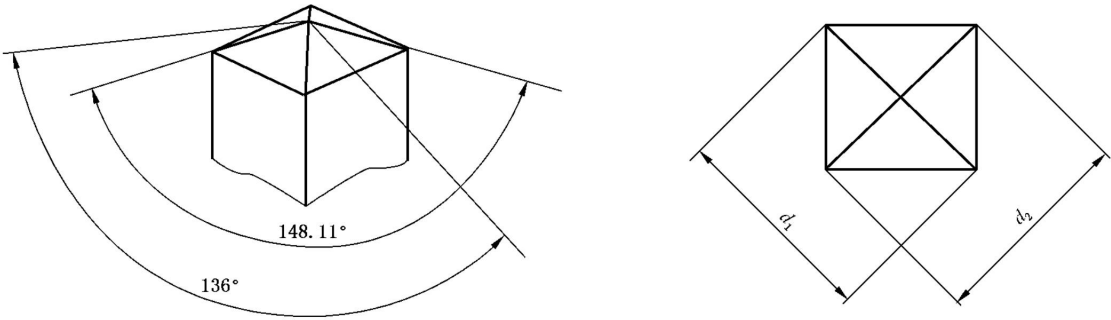
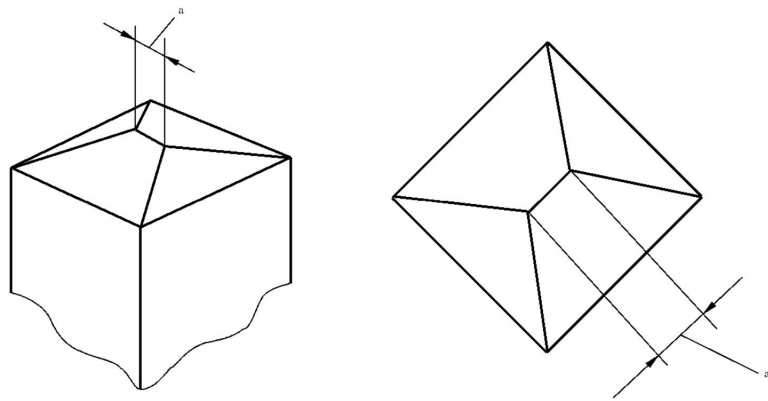


图 1 维氏硬度计压头示意图



<sup>a</sup> 相对面间交线的最大允许长度  $0.5 \mu\text{m}$ 。

图2 维氏硬度计压头锥顶交线示意图

6.2.1.2 努氏硬度计压头

努氏硬度计压头为具有菱形基面的金刚石棱锥体(见图3)。长度方向的两个相对棱边之间的顶角应为  $172.5^\circ \pm 0.1^\circ$ ，宽度方向两个相对棱边之间的顶角应为  $130^\circ \pm 1.0^\circ$ 。应采用具有适当精度的测角仪核查此角。四个面对压头的轴线应当具有同样的倾斜度(误差在  $\pm 0.5^\circ$  以内)，并在一点相交。常规条件下交点处的放大如图4所示，其相对面间交线的最大长度应为  $1.0 \mu\text{m}$ 。长对角线和压痕深度之间的关系约为  $30:1$ 。

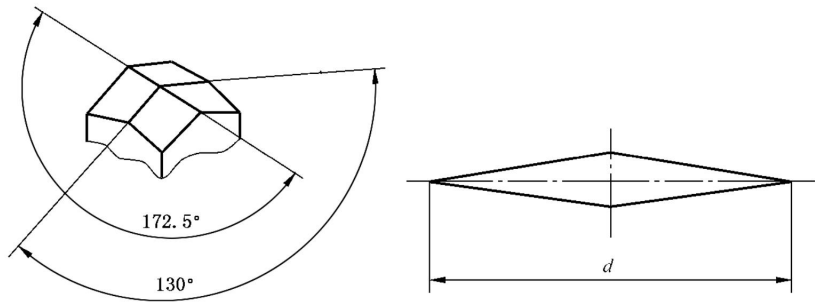
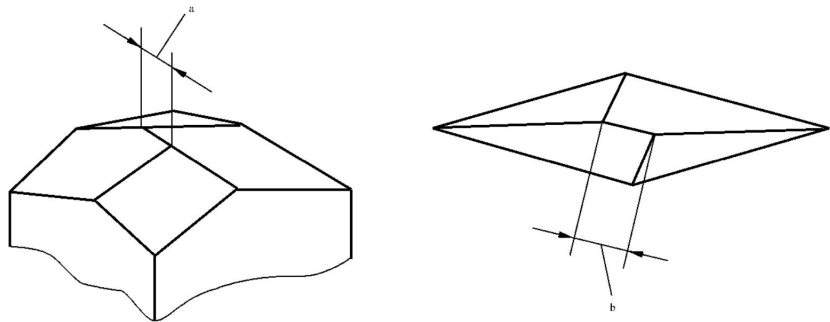


图3 努氏硬度计压头示意图



<sup>a</sup> 相对面间交线的允许长度。

<sup>b</sup> 相对面间交线的最大允许长度  $1.0 \mu\text{m}$ 。

图4 努氏硬度计压头锥顶交线示意图

6.2.2 表面特征

硬度计压头的表面应光滑,无裂纹和其他瑕疵或缺陷。应定期检查压头,清除任何外来污物。如果硬度计压头发生开裂、破损或在安装时有松动应立即更换。

注:清洗压头的方法是把压头压入铜或硬度较低的钢中予以清除,也可浸入对设备无害的溶剂中进行清洗。压头可以使用扫描电子显微镜或数值孔径大于 0.85 的光学显微镜进行核查。压头的裂纹、其他瑕疵或缺陷常可以通过检查压痕的形状和对称性而察知。此外清洁技术也可由制造商提供。

6.3 标准硬度块

标准硬度块表面涂有防护层以防止在储存期间被腐蚀,因此标准硬度块在使用前应清洁。

应使用标准硬度块核查硬度计及测量操作,所用标准硬度块的硬度值应接近测试的硬度值。标准硬度块应为细晶粒的金属,经过校准机构或硬度计制造厂商校准,具有已知的均匀硬度值。选用的标准硬度块的标称试验力应与测试试验力接近,两者偏差应在标称试验力的 25% 以内。同时满足以下条件:

- a) 标准硬度块的校准值与标称硬度值的偏差应在标称硬度值的 5% 以内;
- b) 标准硬度块的测试面和支撑面应当平行,误差不超过  $\pm 0.000\ 5\ \text{mm/mm}$ ;
- c) 平面度的偏差不超过  $5\ \mu\text{m}$ ;
- d) 试样表面粗糙度  $Ra$  不超过  $0.1\ \mu\text{m}$ ;
- e) 标准硬度块应被制造商消磁并在使用过程中始终保持这种状态。

使用标准硬度块间接校准硬度计的频次取决于硬度计的使用频率。间接校准的时间间隔一般应不超过 12 个月。应在当天使用硬度计之前,用标准硬度块对硬度计所用的标尺进行核查。

7 影响测量准确度的因素

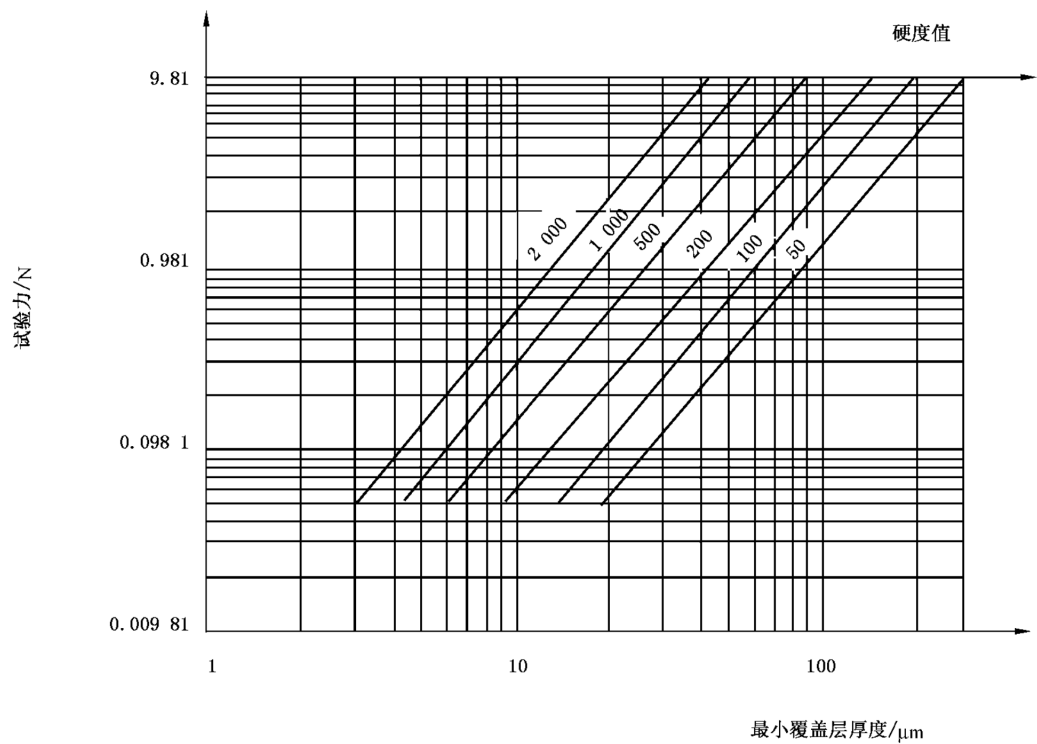
7.1 试验力

与试验力大于 9.807 N(1 kgf)得到的宏观硬度值比较,显微硬度测定值受试验力大小的影响更大。只有在试验力(误差在 1% 以内)及保持时间相同的情况下,才能获得可比硬度值。

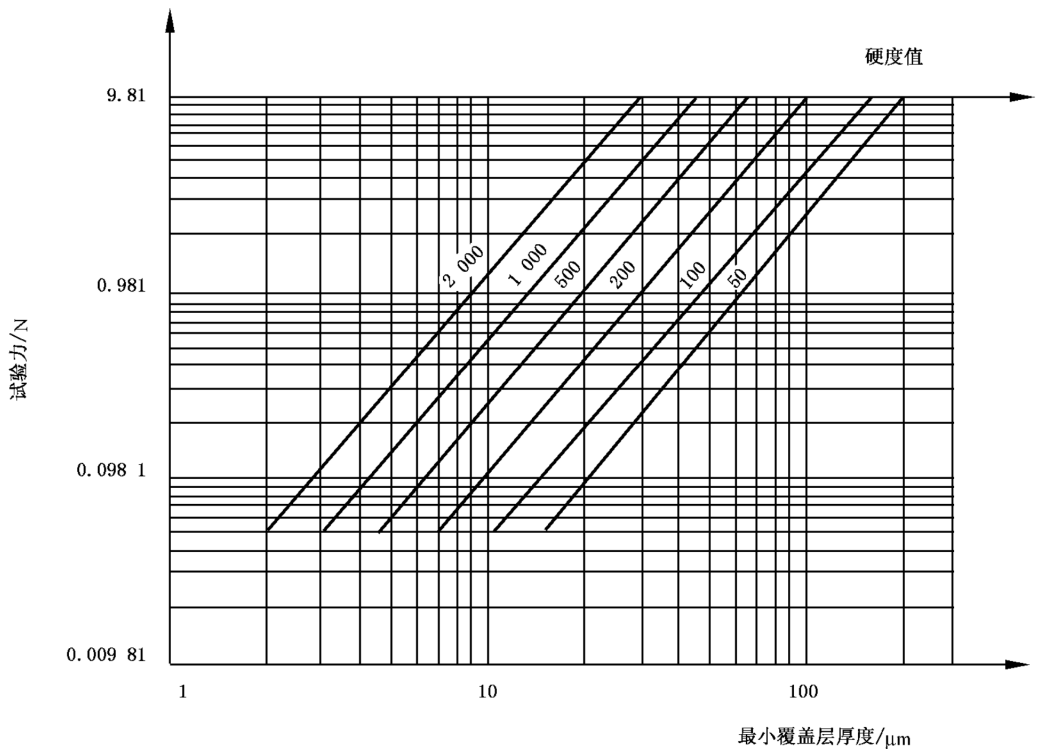
要获得覆盖层最准确的显微硬度值,应当采用与覆盖层厚度相适应的最大试验力(见图 5)。只有采用相同的试验力,才能获得可比结果。表 2 列出了试验力的选择范围。

表 2 试验力选择的通用指南

材料	试验力 $F/\text{N}$	试验条件
覆盖层硬度值不小于 300(HV 或 HK)	0.981	HV0.1 或 HK0.1
铝上硬阳极氧化膜	0.490	HV0.05 或 HK0.05
硬度值小于 300(HV 或 HK)的材料,如贵金属及其合金,一般的薄覆盖层	0.245	HV0.025 或 HK0.025
硬度值小于 100(HV 或 HK)的材料	0.098 1	HV0.01 或 HK0.01
注 1: 对于覆盖层比较软的金属,如镀锌层、锌铝合金层等,如设备配置条件允许,可选用 10 gf 试验力。 注 2: 如果由于某些原因,采用了其他的试验力,则得到的硬度值与采用规定的试验力所测得的硬度值可能有明显的差别。		



a) 维氏硬度



b) 努氏硬度

图 5 最小覆盖层厚度、试验力及硬度值之间的关系



## 7.2 压头速度

如果压头同试样表面接触的速度太大,则获得的硬度值偏低。应选择合适的压头速度,即在这个速度下,速度的任何降低不会导致硬度值的变化。试验力应能用合适的仪器测量;在加载过程中,试验力应不超过规定的试验力。大多数仪器的压头下降速度在  $15\ \mu\text{m/s}\sim 70\ \mu\text{m/s}$  范围内。

要确定所用速度是否正确,应逐渐降低压头速度作重复试验,直至硬度值无明显变化,硬度值无明显变化时的速度即为所选试验力下正确的压头速度。进行上述试验应当采用与实际硬度测定时相同的覆盖层材料和试验力。

## 7.3 试验力的保持时间

试验力宜保持  $14\pm 1\ \text{s}$ ,当试验力的保持时间不在  $14\pm 1\ \text{s}$  范围内,应在试验报告中注明(见第 10 章)。如果试验力的保持时间小于  $10\ \text{s}$ ,则压痕的大小可能与保持时间有关,硬度值可能偏高。对于一些室温下呈现明显蠕变的材料,试验力保持时间将更至关重要。较长的试验力保持时间可能对振动更敏感。

## 7.4 振动

无论试验力大小,试验中出现的振动都是一种严重的误差源,试验力较小时,这种影响更明显。如果有振动存在,一般获得的硬度值偏低。使用与试验表面硬度相近的标准硬度块进行对比测定(见 6.3),可以测定出这种误差源。为了减小振动的影响,可把试样装在刚性支撑台上。

噪声会导致硬度测量产生误差,导致较低的硬度值。振动源可能有:

- a) 风扇;
- b) 空调;
- c) 公路噪声。

## 7.5 试样的表面状况

### 7.5.1 粗糙度

如果试样表面粗糙,则不可能准确地测量出压痕对角线的长度,因此一般都在试样的横截面上测定显微硬度。试样应进行化学、电解或机械抛光,见 GB/T 6462。如果试样表面经过研磨和抛光,也可以在试样表面上测定,试样表面粗糙度应在报告中说明。

机械抛光时应尽量减少局部发热或加工硬化,否则会使原有硬度值发生改变。由于受金相试样制备技术的影响,覆盖层总会有一定的加工硬化,应注意尽量减少这种影响。

### 7.5.2 表面曲率

表面曲率会给硬度测定带来一定的误差,而且这种误差随着曲率半径的减小而增大。凸表面上的硬度示值比实际值高。

如果维氏硬度试验需要在曲率较大的试样表面上进行,可以通过采用 GB/T 4340.1—2009 的修正系数进行修正来消除影响。

努氏硬度值用与试验对象曲率半径相同、硬度值大致相等并已知其硬度值的试样测定而得到的修正系数进行修正。如果零件是圆柱形的,应把压头的长对角线调整到圆柱的轴线方向。

## 7.6 试样的放置

### 7.6.1 试验面的调整

如果压头轴线与试验面不垂直,则测量无效。当垂直误差小于  $0.5^\circ$  时,可以获得准确的结果。如果

被测材料是各向同性的,而在同一对角线的两个侧边明显不等时,则表明试验面不垂直于压头的轴线。

### 7.6.2 表面倾斜

试样应固定,以便在试验过程中不发生移动。为避免压痕变形,被测试样应固定在载物台或夹具上,使试验面垂直于试验力的作用方向,在整个试验过程中应始终保持这种状态。试验过程中,试验面的位置变化不应超过  $0.5\ \mu\text{m}$ 。

### 7.7 脆性材料

在加载过程中试样如果产生裂纹,则不能获得有效的硬度值。通常用减小试验力的办法来解决,但会导致准确度降低。

### 7.8 显微镜分辨率

通过采用显微镜物镜可以达到 8.6 所规定的准确度。采用照明系统时,试样的待测面应处于与光轴成直角的位置,并通过视域光栏来调节照明光束的大小,使反射光束照射整个视场的三分之二以上,但不超过整个视场。对于非常硬的覆盖层(硬度值大于  $750\ \text{HV}$ ),物镜的数值孔径应不小于 0.85。光学系统的放大率可用合适的台式千分尺进行核查。

注 1: 通过使用绿色滤光片,可以在人眼的最大灵敏度范围内进行测量。

注 2: 当对角线小于  $10\ \mu\text{m}$  时,准确度会显著降低。

### 7.9 压痕的位置

硬度测量受覆盖层近处其他材料的影响。例如,如果压痕接近基体,而基体又比覆盖层软时,则获得的硬度值可能偏低。如果材料包含沉淀物或夹杂物,则压痕会在这些材料微观结构的不均匀处产生变形。如果压痕出现不正常的形状,可能产生这些类型的误差(见 8.3.1, 8.3.2, 8.4)。

注: 覆盖层的微观结构影响硬度的测量,有的覆盖层有不同的组织结构,沿覆盖层厚度方向显微硬度值有差异,硬度测定位置由双方协商确定。

## 8 试验程序

### 8.1 概要

按设备说明书使用,试验中应注意第 7 章提到的因素。在覆盖层的特性(光滑度,厚度等)能够保证准确读取压痕对角线的条件下,硬度试验可以在覆盖层的横截面上或表面上进行。

### 8.2 试验力的选择

除因为技术原因另有规定或选择外,均需用 7.1 规定的试验力。如果由于某些原因,采用了其他的试验力,则获得的硬度值与采用规定的试验力所获得的硬度值相比可能有明显的差别,但该结果可作为对比和参考之用。

### 8.3 覆盖层截面硬度的测定

#### 8.3.1 覆盖层厚度

当采用维氏压头时,覆盖层应有足够的厚度,对于软覆盖层,厚度应至少为  $100\ \mu\text{m}$  ( $\text{HV}0.025$ ),对于硬覆盖层,厚度应至少为  $80\ \mu\text{m}$  ( $\text{HV}0.1$ )。当试验位置确定且压痕的一条对角线垂直于覆盖层边缘时,压痕应满足如下要求:

- a) 压痕两条对角线的长度应基本相等,其差值应在 5% 以内;
- b) 压痕的四个边应基本相等,其差值应在 5% 以内。

当采用努氏压头时,对于软覆盖层,厚度应至少为 40  $\mu\text{m}$  (硬度值小于 300 HK);对于硬覆盖层,厚度应至少为 25  $\mu\text{m}$  (硬度值不小于 300 HK)。这大约相当于压痕长对角线长度的 0.6 倍。压痕的对称性要求,长压痕对角线的一半与另一半差值在 10% 以内。

注:对于厚度小于 25  $\mu\text{m}$  较薄覆盖层,如设备配置允许,可以选择 HK0.01 或 (HV0.001/HK0.001) 试验条件,且在显微镜放大倍数至少 400 倍以上条件下测量压痕,获得覆盖层硬度。这样得到的硬度值可能不准确,但是能够反应覆盖层的特性,如覆盖层的耐磨性能。

### 8.3.2 试样制备

应根据 GB/T 6462 规定,镶夹、抛光和浸蚀试样。也可以去除样品的一部分,用与原始覆盖层硬度大致相同的材料,在其上覆盖一层厚度至少为 12  $\mu\text{m}$  的覆盖层。应尽量减少加工硬化的影响(见 7.5.1)。如可能,应避免在浸蚀表面上试验。

注:对于锌铝等易发生水敏的软金属覆盖层,制样时会遇水氧化、锈蚀发黑,无法清晰观测到覆盖层压痕,建议抛光时减少用水冲洗,可用酒精代替。

### 8.3.3 压痕

努氏压痕的长对角线应平行于覆盖层与基体的结合面。努氏压痕两相邻压痕之间的距离及压痕中心到覆盖层与基体的结合面或试样边缘的间距,对于硬覆盖层,应至少为短对角线长度的 2.5 倍;对于软覆盖层,应至少为短对角线长度的 3 倍。维氏压痕的一条对角线应当与覆盖层与基体的结合面约呈 90°,维氏硬度两个压痕中心之间的距离至少应为压痕两对角线平均长度的 5 倍;任意压痕中心到覆盖层与基体的结合面或试样边缘的间距,至少应为压痕对角线长度的 3 倍。测定层状材料时,应当把结合面看作决定压痕位置的一个边。

## 8.4 覆盖层表面硬度的测定

在覆盖层表面上进行硬度测定之前,应当采用 GB/T 6462 等有关标准测量覆盖层的厚度。所采用的试验力应当使压痕深度小于覆盖层厚度的十分之一(见图 5)。维氏硬度试验时,覆盖层的厚度应至少为压痕对角线平均长度的 1.4 倍,努氏硬度试验时,覆盖层的厚度应至少为压痕长对角线长度的 0.35 倍。维氏硬度和努氏硬度试验时的最小厚度应为 15  $\mu\text{m}$  (见图 5)。

注:制备表面试样时,初次磨制时使用的砂纸粒度不能太粗,可以选择粒度较细(500 # 以上)的砂纸进行磨制,磨制的道次少,力度不能过大,否则会将覆盖层磨掉。

## 8.5 温度

试验应在 23  $^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  的环境下进行,任何超出此范围的试验温度应在报告中注明。

## 8.6 光学测量

应在视场中央测量硬度压痕,压痕面积不宜超过整个视场的三分之二。

用测微尺目镜或最好用螺旋测微尺目镜测量压痕,确定示值的测量游标应总是从同一方向移向测定部位,而且应当总是以其刻线的同一边缘为准读数。也可用测量系统软件中提供的四顶点法、对角线法等方法测量压痕。

在每次测量前或对光学系统进行了改变放大倍数的调整后,应核查放大倍数。

光学系统的放大倍数应使用误差小于 0.2  $\mu\text{m}$  的测微尺进行校准,放大倍数的核查应由硬度测量人

员进行。可使用带刻度的目镜或通过网格转化来进行测量。

使用图像分析系统测量压痕时会由于光学对比度的偏差而引起测量误差,因此在测量时应使用合适的光学条件。

### 8.7 计算

计算维氏硬度时,压痕对角线的平均长度应为两个分别测量的压痕对角线长度的算术平均值。如果覆盖层材料是非晶态的或与压痕尺寸相比具有小的晶粒尺寸,两条对角线长度的差小于较长对角线长度的5%,该硬度测量结果才被认为是有效的。

每一试样在有效测试区域内至少取五个压痕,计算其平均值作为试样的硬度值,计算的变异系数通常应小于5%,如果得到的变异系数较大,应在试验报告中说明。如需要报告最大值与最小值之间的硬度值,可在试验报告中说明。

### 8.8 替代试样

如果生产零部件的几何形状不适合硬度测定时,则可以使用替代试样,前提是替代试样是使用相近的生产工艺或与其接近的等效材料制备的。这样所获得的硬度值也许不能反映产品的真实硬度,但是,如果这样的硬度数值与覆盖层的其他性能,例如耐磨性有对应关系时,这些数值就可能是有用的。对于电镀零件,此数值可以有效地用于控制电镀槽液,特别是镀层硬度对槽液成分和其他参数很敏感的镀层,如金镀层的槽液控制。制作替代试样时,试验条件如电流密度、温度、搅拌和槽液成分等,应尽可能与实际产品的条件接近。

## 9 结果的不确定度

如需要,维氏硬度测定可按照 GB/T 4340.1—2009 进行完整的不确定度评估,GB/T 4340.1—2009 附录 D 给出了不确定度评估的详细说明。努氏硬度测定可按照 GB/T 18449.1—2009 进行完整的不确定度评估,GB/T 18449.1—2009 附录 B 给出了不确定度评估的详细说明。

## 10 试验报告

10.1 除非另有规定,试验报告应包括如下内容:

- a) 本文件编号;
- b) 试验结果;
- c) 测量位置(如截面或表面);
- d) 表面粗糙度;
- e) 表面曲率;
- f) 试验温度;
- g) 变异系数;
- h) 覆盖层厚度;
- i) 试验日期;
- j) 操作人员;
- k) 试验力保持时间(如果不在 10 s~15 s 范围内)。

10.2 试样检测报告示例如表 3 所示。

表 3 试验报告示例

a) 本文件编号	GB/T 9790—2021
b) 显微硬度值	800HV0.1/25
c) 测量位置	截面
d) 表面粗糙度	0.1 $\mu\text{m}$ <i>Ra</i>
e) 表面曲率	平面
f) 试验温度	25 $^{\circ}\text{C}$
g) 变异系数	0.1%
h) 覆盖层厚度	25 $\mu\text{m}$
i) 本报告日期	年-月-日
j) 操作人员	×××
k) 试验力保持时间	25 s

## 附 录 A

(资料性)

## 本文件章条编号与 ISO 4516:2002 章条编号对照

表 A.1 给出了本文件章条编号与 ISO 4516:2002 章条编号对照一览表。

表 A.1 本文件章条编号与 ISO 4516:2002 章条编号对照

本文件章条编号	对应的 ISO 4516:2002 章条编号
1	1
2	2
3	—
4	3
5	4
6.1	5.1
6.2.1.1	5.2.1.1
6.2.1.2	5.2.1.2
6.2.2	5.2.2
6.3	5.3
7.1	6.1
7.2	6.2
7.3	6.3
7.4	6.4
7.5.1	6.5.1
7.5.2	6.5.2
7.6.1	6.6.1
7.6.2	6.6.2
7.7	6.7
7.8	6.8
7.9	6.9
8.1	7.1
8.2	7.2
8.3.1	7.3.1
8.3.2	7.3.2

表 A.1 本文件章条编号与 ISO 4516:2002 章条编号对照 (续)

本文件章条编号	对应的 ISO 4516:2002 章条编号
8.3.3	7.3.3
8.4	7.4
8.5	7.5
8.6	7.6
8.7	7.7
8.8	7.8
9	—
10.1	8.1
10.2	8.2
附录 A	—
附录 B	—

附 录 B

(资料性)

本文件与 ISO 4516:2002 技术性差异及其原因

表 B.1 给出了本文件与 ISO 4516:2002 技术性差异及其原因一览表。

表 B.1 本文件与 ISO 4516:2002 技术性差异及其原因

本文件 章条编号	技术性差异	原因
1	更改了范围中的试验力值	与本标准中的试验力值及设备标注的试验力值保持一致
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 用等同采用国际标准的 GB/T 6462 代替 ISO 1463(见 8.3.2,8.4);</li> <li>● 用修改采用国际标准的 GB/T 4340.1 代替 ISO 6507-1(见 7.5.2,第 9 章);</li> <li>● 删除了 ISO 9002(见 ISO 4516:2002 的 8.1);</li> <li>● 增加引用了 GB/T 4340.2(见 6.1);</li> <li>● 增加引用了 GB/T 4340.4(见 4);</li> <li>● 增加引用了 GB/T 18449.1—2009(见 9);</li> <li>● 增加引用了 GB/T 18449.2(见 6.1);</li> <li>● 增加引用了 GB/T 18449.4(见 4);</li> <li>● 增加引用了 JJG 151(见 6.1);</li> <li>● 增加引用了 JJG 1047(见 6.1)</li> </ul>	适应我国的技术条件
4	更改了原理的表述	在本标准特殊性的基础上,与 GB/T 4340.1—2009 和 GB/T 18449.1—2009 中的试验原理保持一致
5	更改了表 1 中的标准方差公式	ISO 4516:2002 公式有误
6.1	增加了对硬度计计量符合性的规定	适应我国国情
6.2.1.1、 6.2.1.2	更改了维氏硬度计压头和努氏硬度计压头参数	与 GB/T 4340.2 和 GB/T 18449.2 一致
7.1	更改了试验力的大小	与 GB/T 4340.1—2009 和 GB/T 18449.1—2009 一致
7.2	更改了试验中压头的加载速度	与 GB/T 18449.1—2009 一致
8.3.1	更改了努氏硬度长压痕对角线的一半与另一半的相差值,并增加一个注	与 GB/T 18449.1—2009 一致 ISO 4516:2002 中 7.3.1.b) 条款规定试样厚度至少 25 um 以上,但实际使用中更有薄的样品,且设备配置能够满足测试,故增加了薄规格厚度样品的测定



表 B.1 本文件与 ISO 4516:2002 技术性差异及其原因 (续)

本文件 章条编号	技术性差异	原因
8.6	增加了采用测量系统软件测量压痕的规定	设备已升级,加入硬度计设备软件自带的测试压痕方法,适应我国国情
9	增加了结果的不确定度	参考 GB/T 4340.1—2009 和 GB/T 18449.1—2009 评估不确定度,便于不确定度的评定

参 考 文 献

- [1] GB/T 21838(所有部分) 金属材料 硬度和材料参数的仪器化压入试验
-



中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
金属材料 金属及其他无机覆盖层的  
维氏和努氏显微硬度试验

GB/T 9790—2021

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: [www.spc.org.cn](http://www.spc.org.cn)

服务热线: 400-168-0010

2021年4月第一版

\*

书号: 155066 · 1-67326

版权专有 侵权必究



GB/T 9790-2021



码上扫一扫 正版服务到