



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 21838.4—2020/ISO 14577-4:2016  
代替 GB/T 21838.4—2008

---

## 金属材料 硬度和材料参数的 仪器化压入试验 第4部分： 金属和非金属覆盖层的试验方法

**Metallic materials—Instrumented indentation test for hardness and  
materials parameters—Part 4: Test method for metallic and non-metallic coatings**

(ISO 14577-4:2016, IDT)

2020-12-14 发布

2021-07-01 实施

---

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 符号和说明 .....	1
4 试验机的校准和检验 .....	2
5 试样 .....	2
5.1 一般要求 .....	2
5.2 表面粗糙度 .....	2
5.3 抛光 .....	3
5.4 试验面清洗 .....	3
6 试验程序 .....	3
6.1 试验条件 .....	3
6.2 试验步骤 .....	4
7 覆盖层表面压入试验的数据分析和结果评估 .....	4
7.1 一般要求 .....	4
7.2 覆盖层压入模量 .....	5
7.3 覆盖层压入硬度 .....	7
8 结果的不确定度 .....	12
9 试验报告 .....	12
附录 A (资料性) 接触点和完全弹性范围 .....	13
参考文献 .....	15

## 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。

GB/T 21838《金属材料 硬度和材料参数的仪器化压入试验》分为 4 个部分：

- 第 1 部分：试验方法；
- 第 2 部分：试验机的检验和校准；
- 第 3 部分：标准块的标定；
- 第 4 部分：金属和非金属覆盖层的试验方法。

本文件为 GB/T 21838 的第 4 部分。

本文件代替 GB/T 21838.4—2008《金属材料 硬度和材料参数的仪器化压痕试验 第 4 部分：金属和非金属覆盖层的试验方法》，与 GB/T 21838.4—2008 相比，主要技术变化如下：

- 删除了部分符号和说明(见 2008 年版的第 3 章)；
- 删除了间接检验失败时应对措施的流程图(见 2008 年版的图 1)；
- 删除了漂移率测定的描述(见 2008 年版的 6.2.2)；
- 修改了覆盖层压入模量的测定(见 7.2, 2008 年版的 7.2)；
- 修改了覆盖层压入硬度的测定(见 7.3, 2008 年版的 7.3)；
- 增加了不确定度估算的描述(见第 8 章)；
- 删除了规范性附录机架柔度校准程序(见 2008 年版的附录 A)。

本文件使用翻译法等同采用 ISO 14577-4:2016《金属材料 硬度和材料参数的仪器化压入试验 第 4 部分：金属和非金属覆盖层的试验方法》。

与本文件中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 27418—2017 测量不确定度评定和表示(ISO/IEC 指南 98-3:2008, MOD)。

本文件做了下列编辑性修改：

- 在表 1 中增加脚注：“对非圆形压痕， $a$  为接触面积等效半径”(见第 3 章)；
- 将“圆锥形 = 球形 > 维氏 > 玻氏”修改为“ $a_{\text{圆锥形}} = a_{\text{球形}} > a_{\text{维氏}} > a_{\text{玻氏}}$  (下标表示压头形状)”(见 7.1)。

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：上海材料研究所、采埃孚亚太集团有限公司、东莞材料基因高等理工研究院、冶金工业信息标准研究院、钢研纳克成都检测认证有限公司。

本文件主要起草人：王滨、王春亮、李荣锋、董莉、侯晓东、沙菲、侯慧宁、巴发海、高怡斐、王博亚。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- GB/T 21838.4—2008。

## 引 言

覆盖层的弹性和塑性性能是确定覆盖层产品质量的重要指标,实际上许多产品表面增加覆盖层可以提高其耐磨性,而高的硬度通常是提高耐磨性的前提。覆盖层硬度的测量常被作为一种质量控制手段。杨氏模量对覆盖层组分设计中的应力计算很重要。如,覆盖层抵抗外力的能力是覆盖层部件的一个重要特性。

采用仪器化压入试验可以相对简单地测定块体材料的硬度和压入模量。然而,当在覆盖层表面进行压入试验时,基体材料的性能对试验结果有影响,影响的程度取决于试验力、覆盖层性质和厚度等。

本文件提出的方法,其目的是在基体显著影响测量的情况下提供可能的分析方法,以从基体和覆盖层的复合型测量中得到覆盖层的性能。有时,覆盖层性能也可通过在其横截面上测量直接得到。

# 金属材料 硬度和材料参数的 仪器化压入试验 第4部分： 金属和非金属覆盖层的试验方法

## 1 范围

本文件规定了金属和非金属覆盖层硬度和材料参数的仪器化压入试验方法,它特别适用于纳米/显微范围内的薄覆盖层试验。如果压入深度相对于覆盖层厚度很小,以至于在任何可能情况下都可以忽略基体材料的影响而将覆盖层当作块体材料时,没有必要采用本文件,该情况下的试验限制条件会在本文件给出。

本方法仅限于对试样表面进行垂直压入的单层覆盖层试验,但如果相对于压痕尺寸来说,每一层的厚度或梯度大于测量分辨率,则也可在其横截面上测量有梯度和多层覆盖层材料的性能。

本方法不限定材料的类型,它适用于金属和非金属覆盖层。在本文件中,术语“覆盖层”用于描述与连接基体不同并有着均匀性质的任何固体层。该方法假定覆盖层性能不随压入深度变化。对于复合材料覆盖层,如果微观结构尺寸小于压痕尺寸,复合材料覆盖层可以被视作均匀的。

本文件仅适用使用顶端曲率半径足够小的棱锥或圆锥形压头,从而保证测量所产生的塑性变形发生在覆盖层内部。对粘弹性或易发生蠕变的材料,试验时间对其硬度测量影响很大。

注1: ISO 14577-1、ISO 14577-2 和 ISO 14577-3 规定了在所有力和位移范围内块体材料的仪器化压入试验方法。

注2: 这里采用的分析中未考虑压痕的凸起(pile-up)或凹陷(sink-in)。使用原子力显微镜(AFM)评价压痕的形状以确定压痕周围表面的凸起或凹陷,这些表面效应导致分析中接触面积的低估(凸起)或高估(凹陷),进而可能影响测量结果。凸起通常发生在完全加工硬化的材料上。由于覆盖层塑性变形区域中应力的约束,软的延性好的薄覆盖层材料更易形成凸起。文献表明,测量硬度时凸起会导致实际接触面积的增加,而这种影响对压入模量的测量不明显,因为凸起部分的刚性偏低<sup>[1,2]</sup>。

## 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 21838.1—2019 金属材料 硬度和材料参数的仪器化压入试验 第1部分:试验方法 (ISO 14577-1:2015, IDT)

ISO 14577-2:2015 金属材料 硬度和材料参数的仪器化压入试验 第2部分:试验机的检验和校准 (Metallic materials—Instrumented indentation test for hardness and materials parameters—Part 2: Verification and calibration of testing machines)

ISO/IEC 指南 98-3:2008 (GUM:1995) 测量不确定度 第3部分:测量不确定度表示的导则 [Uncertainty of measurement—Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)]

## 3 符号和说明

GB/T 21838.1—2019 的表1及本文件的表1中给出的符号和说明适用于本文件。