



[美] V. E. 莱萨特
A. 德贝利斯

计量出版社

硬度试验手册

硬度试验手册

〔美〕 V.E.莱萨特 A.德贝利斯

廖日嶽 金文博 译

董武堂 校

计量出版社

1985·北京

内 容 提 要

本手册是一部以材料分类及工艺特征为范例指导硬度试验的综合性手册。

该手册简明扼要地介绍硬度试验的定义、方法和适用范围；系统地介绍各种材料的硬度对试验方法的选择，仪器的要求，试样的制备，操作的注意事项，试验数据的分析处理；还着重论述布氏、洛氏、显微硬度和其它几种硬度计的结构、正确使用等。书中对非金属材料的硬度试验和细线材、长轴零件与渗碳层的硬度试验等也提供了参考资料。

本书可供从事硬度计量、测试人员、硬度计设计、检验、修理人员、热处理工作者学习使用，也可供大专院校有关专业师生、工矿企业科技人员和工人参考。

HARDNESS TESTING HANDBOOK

Vincent E. Lysaght and Anthony DeBellis

硬度试验手册

〔美〕 V. E. 莱萨特 A. 德贝利斯

廖日崧 金文博 译 董武堂 校

计量出版社出版

(北京和平里11区7号)

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

开本 787×1092 1/32 印张 5¹/₄

字数 110 千字 印数 1—20,000

1985 年 5 月第一版 1985 年 5 月第一次印刷

统一书号 15210·391

定价 1.05 元

译校者的话

《硬度试验手册》是作者在美国电缆和链条公司(ACCO)威尔逊仪器仪表部从事硬度计设计、制造、使用等方面的经验总结。

本书详细介绍了硬度的基本概念、各种硬度试验的原理、试验方法的选择、设备的使用、维修、校验、试样的制备以及试验数据的分析处理等。

本书条理分明，通俗易懂，具有初中以上文化程度的读者均能阅读。对于在工厂、学校、科研机关和计量部门从事硬度试验的工人与科技人员来说，既可备以查用，又可借以丰富知识。同时，也可供大专院校有关专业师生参考。

本书在翻译过程中，得到中国科技情报所陈守双同志和中国计量科学研究院杨辉其等同志的帮助；译稿交付出版时，承蒙吴忠葵高级工程师审阅教正，在此一并感谢。限于译、校者的水平，在译文中难免有不妥之处，请读者批评指正。

序 言

用户只有懂得各种不同硬度试验的原理、优点和局限性，并且掌握有关技术规格和质量管理的常用硬度试验的实践知识以后，才能认识到硬度试验的全部价值。已有很多教科书谈到硬度试验，其中以 S.R. 威廉斯(S.R. Williams)、D. 特布 (D. Tabor)、H. 奥尼尔 (H. O'Neill)，B.W. 莫特 (B.W. Mott) 和 V.E. 莱萨特 (V.E. Lysaght) 等人编写的教科书尤为杰出。上述教科书，几乎包括了各种硬度试验的必要资料；然而，这些书没有给予一定篇幅来阐述常用的各种硬度计。本手册正是在这种情况下编写的，以使工作繁忙的工程技术人员和车间负责人不需花费很多时间，就能迅速获得很感兴趣且又不可缺少的资料。

V.E. 莱萨特在硬度计的设计、制造、销售以及使用方面具有 40 余年的经验。他曾任过美国链条和电缆公司 (ACCO) 威尔逊仪表部的销售经理，继后又任该公司的副董事长，已于 1967 年退休。现任该公司顾问。A. 德贝利斯 (Anthony DeBellis) 在 V.E. 莱萨特先生的专门指导下工作达 10 年之久。他于 1966 年起任威尔逊仪表部销售经理。本手册综述了对使用者最为重要的资料。

目 录

序 言	(1)
第一章 硬度的概念	(1)
一、金属硬度的定义	(1)
二、硬度试验的优点	(1)
三、各种硬度试验的选择	(1)
四、宏观硬度和显微硬度的试验	(2)
第二章 硬度试验的常用范围	(3)
一、黑色金属材料	(3)
1. 淬火和回火钢	(5)
2. 表面硬化钢	(5)
3. 乔米尼顶端淬火试验	(9)
4. 脱碳	(9)
5. 锻钢	(10)
6. 铸铁	(10)
7. 烧结碳化物	(11)
8. 粉末金属	(11)
9. 钢板	(13)
10. 锡板	(14)
11. 板材的测砧效应	(14)
二、有色金属材料	(16)
1. 黄铜	(16)
2. 铝	(16)
3. 锌	(16)

4. 钛	(16)
三、非金属材料	(21)
1. 塑料	(21)
2. 油漆层和有机涂层	(25)
3. 玻璃、矿石、陶瓷	(25)
4. 橡胶	(26)
第三章 布氏硬度试验	(27)
一、布氏硬度试验的概述	(27)
二、布氏硬度计	(29)
三、布氏钢球压头	(32)
四、试验表面的制备	(32)
五、压痕的测量	(33)
六、压痕的间距	(36)
七、检定	(36)
八、主要须知事项	(37)
九、负荷的选择	(38)
十、梅氏分析	(38)
十一、几何形状相似的压痕	(39)
第四章 洛氏硬度试验	(42)
一、洛氏硬度试验的原理	(42)
二、常规的洛氏硬度试验	(43)
三、表面洛氏硬度试验	(44)
四、洛氏硬度试验的优点	(45)
五、刻度的选择	(46)
1. 材料的型号	(47)
2. 试样的厚度	(48)
3. 试验区域的宽度	(50)
4. 刻度的极限值	(55)
六、圆柱试样的修正	(56)

七、压痕深度的计算	(56)
1. 常规洛氏硬度刻度	(56)
2. 表面洛氏硬度刻度	(59)
八、试样的测砧	(61)
九、洛氏硬度计	(69)
1. 常用的洛氏硬度试验	(70)
2. 生产线上的洛氏硬度试验	(70)
3. 大而重的零件的洛氏硬度试验	(74)
4. 内表面的洛氏硬度试验	(76)
5. 高温洛氏硬度试验	(80)
6. 放射性容器内的洛氏硬度试验	(82)
7. 检定	(82)
第五章 显微硬度试验	(84)
一、努普刻度	(84)
二、136°金刚石角锥刻度	(86)
三、努普压头和金刚石角锥压头	(88)
四、显微硬度计	(89)
五、表面制备	(91)
六、光学测量装置	(94)
七、检定	(95)
八、压痕的测量	(95)
九、硬度值与负荷的关系	(95)
十、适用范围	(98)
1. 小型精密零件	(98)
2. 表面层深度的测定	(98)
3. 薄型材料和细线材	(99)
4. 小面积的测定	(102)
5. 各种组织结构的硬度	(103)
6. 刀刃附近的硬度	(105)

7. 牙科用材料.....	(108)
第六章 其它几种硬度试验	(109)
一、肖氏硬度试验	(109)
二、莫氏刻度	(113)
三、划痕硬度试验	(114)
四、杜罗麦特硬度计	(116)
第七章 换算	(118)
一、简要历史	(118)
二、威尔逊换算表	(118)
三、美国材料试验学会换算表	(119)
附 录	(120)
表 1 工具所用钢材的成分	(120)
表 2 工具所用的钢材	(121)
表 3 1 gf 试验负荷的努普硬度值	(135)
表 4 1 gf 试验负荷的维氏显微硬度值	(143)
表 5 换算表 1— 3.....	(152)

第一章 硬度的概念

一、金属硬度的定义

金属硬度的定义通称为抵抗永久压痕的能力。一般硬度试验的原理是：在一定时间间隔里，施加一定比例的负荷，把硬质压头压入所要测试的金属表面。然后，测量压痕的深度或大小。本手册就是简述测量金属硬度的静态压痕硬度试验法。

通常，硬度试验的主要目的就是测定材料的适用性，或材料为使用目的所进行的特殊处理。硬度试验是检验金属和合金性能最容易、最常用的方法之一。

二、硬度试验的优点

为什么硬度试验具有这样高的价值呢？其主要原因就是材料硬度和其它物理特性之间存在着某种关系。例如，硬度试验和拉力试验基本上都是测量金属抵抗塑性变形的能力。同时，上述两种试验在某种程度上都是测量同样的特性，所以其结果是完全可以相互比较的。硬度试验的优点就在于：它是一种简单的，而又容易的非破坏性试验。

三、各种硬度试验的选择

硬度不是材料的基本特性。硬度值实际上可以根据不同的试验方法来选取。因为硬度没有绝对标准。除非按照所确

定的方法，在一定时间内以及采用一定形状的压头和施加已知的负荷外，硬度是没有量纲的。在十八世纪以前很长的一段时间里，很多学者和科学家都论述过硬度。但是，他们早期所做的这种工作多数都是推测，况且只涉及到硬度的性质，尚未阐述硬度的测量。

四、宏观硬度和显微硬度的试验

美国的习惯做法是把硬度试验分为两类：宏观硬度和显微硬度。宏观硬度是指采用 1kgf 以上负荷进行的硬度试验。诸如，工具、模具和重型板材的硬度试验。显微硬度是指采用 1kgf 或小于 1kgf 负荷进行的硬度试验，诸如，试验极薄（薄到 0.0005in*）板材、特别小的零部件、表面淬火的薄片零件、电镀表层以及材料的各个组织结构等的硬度。

* 1 in = 25.4mm——编注。

第二章 硬度试验的常用范围

最常用的压痕硬度试验有：布氏硬度试验，洛氏硬度试验，表面洛氏硬度试验和显微硬度试验（努普硬度试验和维氏显微硬度试验）。

简言之，布氏硬度试验是用来试验锻件和铸件（特别是铸铁的）。洛氏硬度试验是用来试验黑色金属材料 and 有色金属材料、淬火和回火钢、表面淬火钢、重型板材以及烧结碳化物。表面洛氏硬度试验是用来试验需施加较小负荷的黑色和有色金属材料。诸如，薄的表面淬火层和氮化层、脱碳表面以及轻型板材。维氏显微硬度试验（努普硬度试验和维氏显微硬度试验）是用来试验极小而极薄的零件以及表层深度的测定。

这些硬度试验的适用范围详述如下，并将证明是非常有用的。

根据美国材料试验学会 ASTM-E 18 标准所列的表（3）现在重列于表 1。该表详述各种洛氏硬度试验的用途以及推荐采用的洛氏刻度。这种概要一览表将在第四章“洛氏硬度试验”内详述。

一、黑色金属材料

实际上，所有黑色金属材料均可在洛氏硬度计上进行试验，但有两种材料例外。第一种是在显微硬度计上进行试验的薄片材料，另一种是采用布氏硬度试验的粗晶粒材料。由

于布氏硬度试验的负荷较重和压头钢球直径较大 (10mm), 所以具有试验结果值是几个晶粒硬度的平均值, 而不是单个

表 1 各种洛氏刻度的典型适用范围

刻度标志	典 型 适 用 范 围
B	铜合金、软钢 (低碳钢) 铝合金、可锻铸铁等
C	钢、硬质铸铁、珠光体可锻铸铁、钛、深表面硬化钢 (深表面淬火钢) 以及其它硬度大于B 刻度100的材料
A	烧结碳化物、薄钢片以及表面硬化钢
D	薄钢片、中等深度表面硬化钢以及珠光体可锻铸铁
E	铸铁、铝及镁合金、轴承金属
F	退火铜合金、软质金属薄板
G	磷青铜、铍铜合金、可锻铸铁, 上限硬度为 G92 (以免压扁钢球)
H	铝、锌、铅
K	轴承金属、其它极软或极薄材料。应用不产生测砧效应的最小钢球和最大负荷的材料
L	
M	
P	
R	
S	
V	

表面洛氏硬度计的 N 刻度适用于与那些采用洛氏 C, A, D 刻度试验材质类似的材料, 但属于较薄型或表层不深者。T 刻度适用于与那些使用洛氏 B, F, G 刻度试验材质类似的材料, 但属于较薄型材料。凡是要求微小压痕的地方, 均使用表面洛氏硬度计。

W, X 和 Y 刻度适用于极软材料。

晶粒的硬度值的优越性。

1. 淬火和回火钢

淬火和回火钢的硬度试验主要采用洛氏 C 刻度，但有时为了研究工作的需要也采用金刚石角锥压头维氏显微硬度试验 (DPH)。如果材料太薄，不宜采用洛氏 C 刻度，可以采用洛氏 A 刻度，甚至可以采用表面洛氏硬度计的 15N 或 30N 刻度。为了更好选用所推荐的刻度，请参阅最小厚度表 (第四章表 14)。钢的硬化程度、各种不同含碳量所引起的硬度变化以及各合金元素对钢硬度的影响——所有这些测量均可采用洛氏硬度计的 C 刻度。

根据美国《机械》(Machinery) 杂志所发表的“选用最合适的工具用钢”文章的内容，就可以得到各种工具的洛氏硬度试验的最佳数值。现在重印表 1 和表 2 列于附录并将各种类型工具所采用的材料和应具有的特性及其最佳的洛氏硬度范围列于表内。

2. 表面硬化钢

由于硬度试验可以测定出表面硬化钢的硬化层深度及其硬度分布规律，所以它对表面硬化钢来说是非常重要的测试手段。除表面硬化层以外的剩余材料通常称为材芯。

在试验表面硬化材料时，表面硬化层的深度应能承受住压头的压入效应。也就是说，表面硬化深度至少应该是压痕深度的 10 倍。例如，HRC63 时压痕深度约为 0.003in。要想获得确切的硬度数值，则表面硬化层深度至少应为 0.030in。利用这种方法可以检验出表面硬化层的深度。在上述例子中，可用洛氏 A 和 C 刻度作过试验。如果采用洛氏 C 刻度所得读数低于 HRC63，则表明这种材料的表面层不是较软，就是深度小于 0.030in。如果再用 A 刻度试验，

若所得读数为 HRA83●时, 这表明表面层硬, 但其深度小于 0.030in。反之, 若 A 刻度读数低于 HRA83, 则说明表面层太软了。

除表层硬度外, 测定表层深度常常是很有价值的。这种深度既可称为“有效表层深度”, 也可称为“总表层深度”。

“有效表层深度”是指从硬化层表面到所保持规定硬度值那个点的垂直距离。这个规定硬度除非另有说明外, 通常为 HRC50。

“总表层深度”是指从表面起到表层与芯子间在化学或物理特性上没有任何差异的那个点的垂直距离。

测定有效表层深度和总表层深度的最精确而且能反复进行的方法便是横截面的硬度测量法。所推荐的各种不同表面深度测量法示于图 1—4。

表层深度测定法

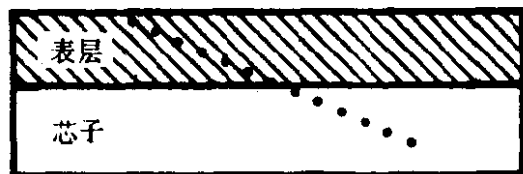


图 1 表示薄层和中层深度的硬度测定法所用的横截面试样。圆点表示硬度压痕的位置

① 洛氏 A 刻度可以从附录表 5 中换算成 HRC63。

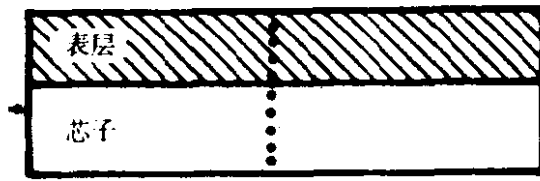


图 2 表示中层和厚层深度的硬度测定法所用的横截面试样。圆点表示硬度压痕的位置

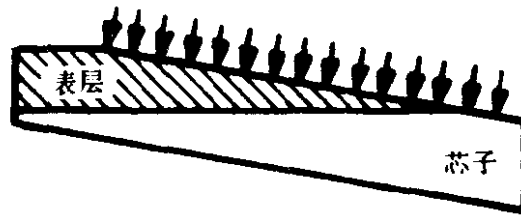


图 3 表示薄层和中层深度的截面硬度测定法所用的斜面磨削试样。箭头表示硬度压痕的位置

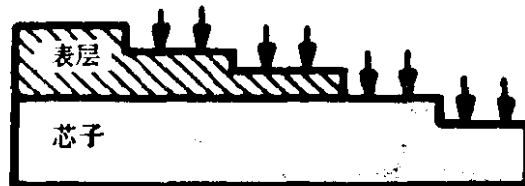


图 4 表示中层和厚层深度的截面硬度测定法所用的阶梯磨削试样。箭头表示硬度压痕的位置

为了求得精确的数值，两压痕中心之间的距离不得小于压痕直径的 3 倍。基于上述这种原因和洛氏压痕大小的关系，大多数硬度测定均采用杜康式 (Tukon) 硬度计的努普

刻度或 DPH 刻度。典型的努普硬度试验截面的图样及其图解法示于图 5。

同时，表面洛氏硬度计也可用来检验表层硬度和表层深度。R. 萨弗蒂尼(R.Suffredini) 在美国材料试验学会通报 No.223 期(1957 年 7 月)上详细介绍了表面洛氏硬度计作表层深度检验用的研究。

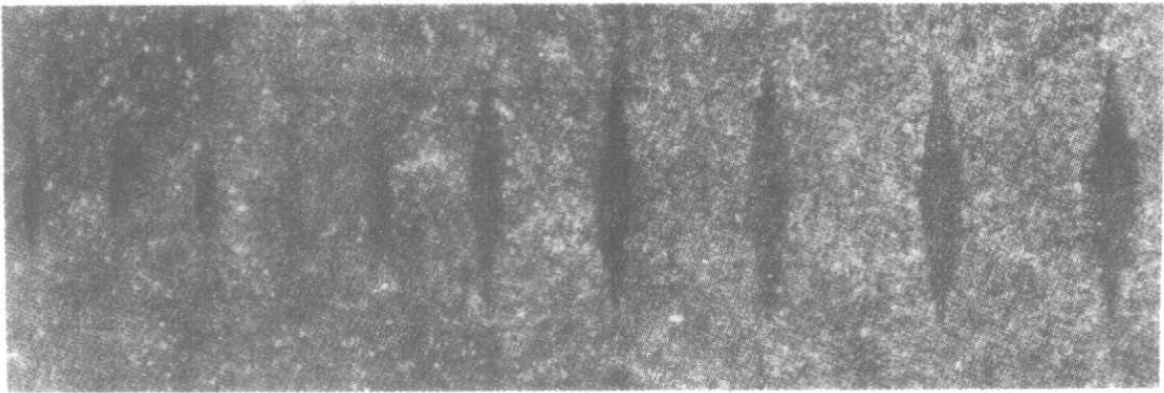
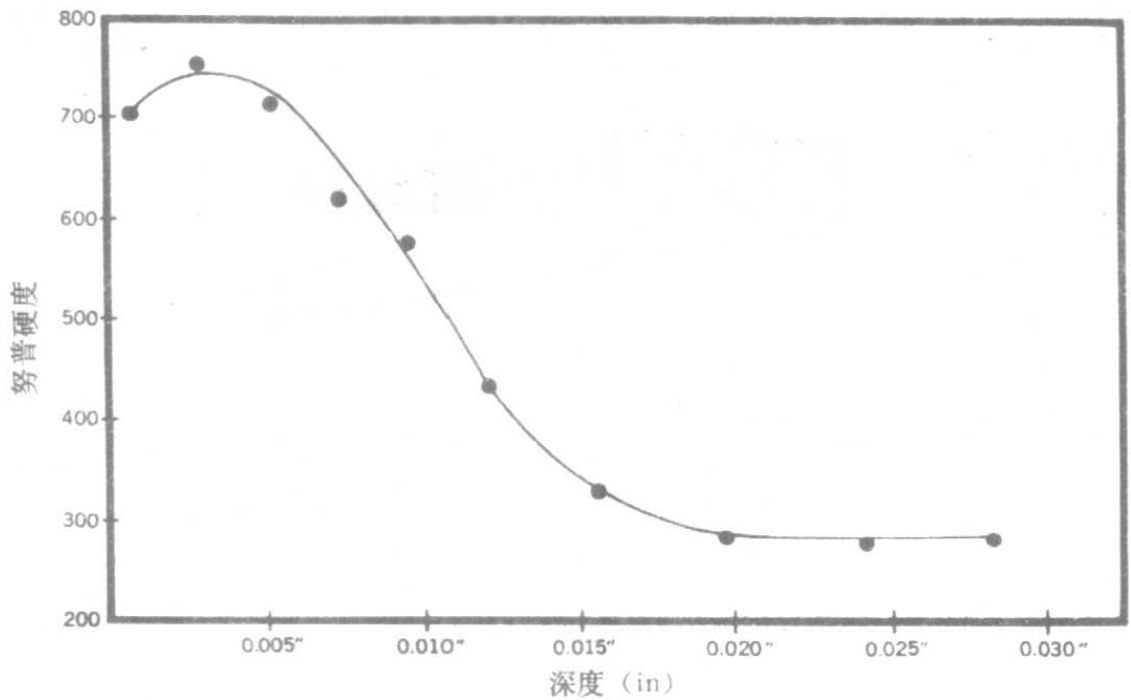


图 5 表面硬化试样的横截面上所作的
典型努普压痕图像