



高等职业教育“十一五”规划教材
高职高专机电类教材系列

倪兆荣 张海筹 / 主 编
张 帆 朱成华 / 副主编
王宏启 / 主 审

机械工程材料



科学出版社
www.sciencep.com

高等职业教育“十一五”规划教材

高职高专机电类教材系列

机 械 工 程 材 料

倪兆荣 张海筹 主 编

张 帆 朱成华 副主编

王宏启 主 审

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书共分14章, 主要内容包括材料的性能, 金属及合金的晶体结构和结晶, 铁碳合金相图、钢的热处理原理和基本工艺, 工程上常用的碳素钢、合金钢、工具钢、特殊性能钢、粉末冶金、铸铁、有色金属, 以及非金属材料成分、性能和应用; 同时介绍了机械零件毛坯种类及如何选择。

本书可作为高职高专机械类、近机类专业的教学用书, 也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程材料/倪兆荣, 张海筹主编.—北京: 科学出版社, 2007
(高等职业教育“十一五”规划教材·高职高专机电类教材系列)
ISBN 978-7-03-019344-5

I. 机… II. ①倪…②张… III. 机械制造材料—高等学校: 技术学校—教材 IV. TH14

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第102086号

责任编辑: 何舒民/责任校对: 柏连海
责任印制: 吕春珉/封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年8月第一版 开本: 787×1092 1/16
2007年8月第一次印刷 印张: 16
印数: 1—3 000 字数: 323 000

定价: 23.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137154(VT03)

目 录

第 1 章 材料的性能	1
1.1 材料的机械性能	1
1.1.1 强度	1
1.1.2 硬度	3
1.1.3 塑性	7
1.1.4 韧性	8
1.1.5 疲劳强度	9
1.2 材料的物理、化学性能	10
1.2.1 物理性能	10
1.2.2 化学性能	12
1.3 材料的工艺性能	13
1.3.1 铸造性能	13
1.3.2 锻造性能	13
1.3.3 焊接性能	14
1.3.4 热处理性能	14
1.3.5 切削加工性能	14
思考题与习题	14
第 2 章 金属的晶体结构与结晶	16
2.1 金属的晶体结构	16
2.1.1 金属的特性与金属键	16
2.1.2 晶体结构的基本概念	17
2.1.3 三种常见的典型晶体结构	18
2.1.4 晶体的各向异性	22
2.1.5 多晶型性	23
2.2 实际金属的晶体结构	24
2.2.1 点缺陷	24
2.2.2 线缺陷	26
2.2.3 面缺陷	27
2.3 纯金属的结晶	29

2.3.1 金属结晶的现象	29
2.3.2 金属结晶的条件	31
2.3.3 晶核的形成与长大	32
2.3.4 结晶后晶粒大小的控制	34
2.4 金属铸锭的组织	35
2.4.1 铸锭三晶区的形成	36
2.4.2 铸锭三晶区的组织与性能	37
2.4.3 铸锭组织中三个晶区相对厚度的控制	38
思考题与习题	38
第3章 合金的结构和结晶	40
3.1 合金中的相结构	40
3.1.1 基本概念	40
3.1.2 相的分类	41
3.1.3 固溶体	41
3.1.4 金属化合物	44
3.2 二元合金相图	46
3.2.1 相图的建立	46
3.2.2 二元匀晶相图	47
3.2.3 二元共晶相图	50
3.2.4 其他常用的二元合金相图	54
3.3 相图与合金性能的关系	56
3.3.1 相图与合金使用性能的关系	56
3.3.2 相图与合金工艺性能的关系	57
思考题与习题	58
第4章 铁碳合金相图和碳钢	59
4.1 纯铁、铁碳合金的相结构及其性能	59
4.1.1 纯铁	59
4.1.2 铁碳合金的相结构、基本组织及其性能	61
4.2 Fe-Fe ₃ C 相图分析	64
4.2.1 Fe-Fe ₃ C 相图分析	64
4.2.2 Fe-Fe ₃ C 相图中铁碳合金的分类	66
4.2.3 典型铁碳合金的结晶过程分析	67
4.2.4 铁碳合金的成分、组织与性能的关系	73
4.2.5 Fe-Fe ₃ C 相图的生产应用	75
4.3 碳素钢	75

4.3.1 常存杂质元素对碳钢性能的影响	76
4.3.2 碳钢的分类	76
4.3.3 碳钢的牌号与应用	77
思考题与习题	82
第 5 章 金属的塑性变形与结晶	83
5.1 金属的塑性变形	83
5.1.1 单晶体的弹性变形	83
5.1.2 单晶体的塑性变形	84
5.1.3 多晶体的塑性变形	85
5.2 金属塑性变形对金属组织和性能的影响	85
5.2.1 塑性变形后金属组织和结构的变化	85
5.2.2 塑性变形后金属性能的改变	86
5.3 回复与再结晶	88
5.3.1 回复	88
5.3.2 再结晶	89
5.4 金属的热变形	90
5.4.1 热变形加工与冷变形加工的区别	90
5.4.2 热变形加工对金属组织与性能的影响	91
思考题与习题	92
第 6 章 钢的热处理	94
6.1 钢在加热时的转变	94
6.1.1 共析钢的奥氏体形成过程	95
6.1.2 影响奥氏体形成速度的因素	96
6.1.3 奥氏体晶粒大小及其影响因素	99
6.2 钢在冷却时的组织转变	101
6.2.1 共析钢过冷奥氏体的等温转变曲线	102
6.2.2 共析钢的等温转变产物与性能	104
6.2.3 影响过冷奥氏体等温转变的因素	117
6.2.4 过冷奥氏体连续冷却转变曲线	118
6.3 钢的退火与正火	119
6.3.1 退火目的及工艺	119
6.3.2 正火	122
6.3.3 退火与正火的选用	123
6.4 钢的淬火	123
6.4.1 淬火工艺及方法	123

6.4.2	钢的淬透性与淬硬性	126
6.4.3	常见的淬火缺陷及预防	127
6.5	钢的回火	129
6.5.1	淬火钢的回火转变	129
6.5.2	回火的种类及应用	130
6.6	钢的表面热处理和化学热处理	131
6.6.1	钢的表面淬火	131
6.6.2	钢的化学热处理	133
6.6.3	热处理新技术简介	137
	思考题与习题	138
第 7 章	合金钢	140
7.1	合金元素在钢中的作用	140
7.1.1	钢中的合金元素	140
7.1.2	合金钢的分类及牌号	143
7.2	合金结构钢	144
7.2.1	低合金结构钢	144
7.2.2	合金渗碳钢	145
7.2.3	合金调质钢	146
7.2.4	合金弹簧钢	147
7.2.5	滚动轴承钢	148
7.3	合金工具钢	149
7.3.1	合金刀具钢	150
7.3.2	合金模具钢	150
7.3.3	合金量具钢	151
	思考题与习题	152
第 8 章	工具钢	153
8.1	刀具钢	153
8.1.1	刀具钢的工作条件和基本性能要求	153
8.1.2	刀具用的碳素工具钢	153
8.1.3	刀具用的低合金工具钢	155
8.1.4	高速钢	157
8.2	模具钢	160
8.2.1	冷作模具钢	160
8.2.2	热作模具钢	166
8.2.3	塑料模具钢	168

8.3 量具钢	172
思考题与习题	173
第 9 章 特殊性能钢	175
9.1 不锈钢	175
9.1.1 金属的腐蚀和保护	175
9.1.2 不锈钢的化学成分特点及合金化原理	176
9.1.3 常用的不锈钢	177
9.2 耐热钢	178
9.2.1 提高钢的耐热性的途径	178
9.2.2 常用耐热钢及其特点	179
9.3 耐磨钢	180
9.3.1 耐磨钢简介	180
9.3.2 高锰钢	180
思考题与习题	182
第 10 章 粉末冶金与硬质合金	183
10.1 粉末冶金法简介	183
10.1.1 粉末冶金制造工艺	183
10.1.2 粉末冶金工艺特点	185
10.1.3 粉末冶金烧结技术的进展及其应用	185
10.2 硬质合金	188
10.2.1 硬质合金的性能特点	188
10.2.2 硬质合金的分类和应用	188
思考题与习题	189
第 11 章 铸铁	190
11.1 铸铁的分类	190
11.2 普通灰铸铁	191
11.2.1 灰铸铁的化学成分、组织和性能	191
11.2.2 灰铸铁的牌号和用途	193
11.2.3 灰铸铁的热处理	194
11.3 球墨铸铁	194
11.3.1 球墨铸铁的化学成分、组织和性能	195
11.3.2 球墨铸铁的牌号和用途	196
11.3.3 球墨铸铁的热处理	196
11.4 蠕墨铸铁	197

11.4.1 蠕墨铸铁的成分、组织和性能	197
11.4.2 蠕墨铸铁的牌号和用途	198
11.5 可锻铸铁	198
11.5.1 可锻铸铁的成分、组织和性能	198
11.5.2 可锻铸铁的牌号和用途	199
思考题与习题	199
第 12 章 有色金属及合金	200
12.1 铝及铝合金	200
12.1.1 纯铝	200
12.1.2 铝合金	200
12.2 铜及铜合金	203
12.2.1 纯铜	203
12.2.2 铜合金	203
12.3 轴承合金	205
12.3.1 轴承合金的性能要求	205
12.3.2 轴承合金的组织特点	206
12.3.3 常用的轴承合金	206
思考题与习题	207
第 13 章 非金属材料	208
13.1 高分子材料	208
13.1.1 高分子材料的基础知识	208
13.1.2 塑料	210
13.1.3 橡胶	213
13.1.4 胶粘剂	216
13.1.5 高分子涂料	219
13.2 陶瓷材料	221
13.2.1 陶瓷材料的概念	221
13.2.2 陶瓷分类和组织结构	221
13.3 复合材料	224
13.3.1 复合材料的概念	224
13.3.2 复合材料的特点	225
13.3.3 复合材料制造方法	226
13.3.4 常用复合材料	227
思考题与习题	229

第 14 章 机械零件材料及毛坯选择	231
14.1 机械零件对材料的一般要求	231
14.1.1 满足使用性能要求	231
14.1.2 材料的工艺性能良好	232
14.1.3 充分考虑经济性	235
14.2 机械零件材料及毛坯选择实例分析	235
14.2.1 齿轮类零件	236
14.2.2 轴类零件的选材	238
14.2.3 箱座类零件的选材	240
思考题与习题	241
参考文献	242

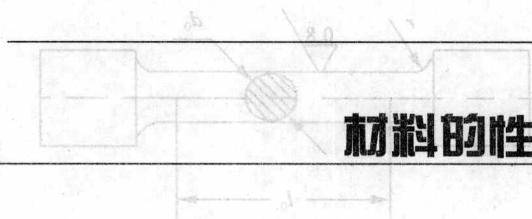


图 1.1 金属材料拉伸试验示意图

金属材料性能直接关系到金属制品和金属结构的质量、使用寿命和加工成本，是产品选材和拟定加工工艺方案的重要依据。金属材料性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用过程中所表现出来的性能，包括力学性能（强度、硬度、塑性等）、物理性能（导电性、导热性等）和化学性能（耐蚀性、抗氧化性等）。工艺性能是指金属材料在各种加工过程中所表现出来的性能，包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能和切削加工性能等。

1.1 材料的机械性能

金属材料作为结构材料使用时，选材的依据主要是力学性能指标。力学性能又称机械性能，是指金属材料在外力（载荷）作用下所表现出的抵抗变形和破坏的能力。它是衡量工程材料性能优劣的主要指标，也是设计过程中选材、设计计算和工艺评定的主要依据。常用的力学性能有强度、硬度、塑性、冲击韧性和疲劳强度等。

1.1.1 强度

金属材料在外力作用下抵抗永久变形和断裂的能力，称为强度。按载荷作用方式不同，强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和抗剪强度等。通常以抗拉强度作为判断金属材料强度高低的指标。金属材料的抗拉强度用标准试样在万能材料试验机上进行拉伸试验来测定。

1. 拉伸曲线

图 1.1 为拉伸用标准试样，通常分为长试样（ $l_0 = 10d_0$ ）和短试样（ $l_0 = 5d_0$ ）两种。 l_0 和 d_0 值有规定的标准值，一般 l_0 为 100mm 或 50mm。

试验时，标准试样装夹在万能材料试验机上，缓慢加载拉伸。随着载荷的增加，试样逐渐伸长，直至试样拉断。载荷（ F ）与相应的试样伸长量（ Δl ）可由试验机或人工

绘成拉伸曲线图。

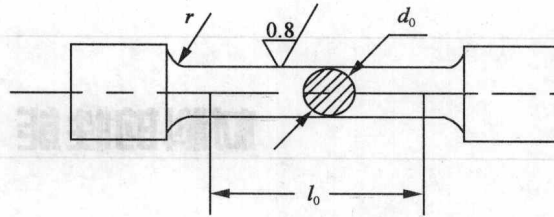


图 1.1 拉伸标准试样

图 1.2 为低碳钢（退火状态）的拉伸曲线。以此为例说明拉伸过程中的几个变形阶段。

(1) Oe ——弹性变形阶段

试样的伸长量与载荷成正比关系，在此范围内如果卸除载荷，试样能完全恢复到原来的形状和尺寸。 F_e 为试样产生弹性变形所承受的最大载荷。

(2) es ——弹塑性变形阶段

在此阶段，试样的伸长量不再成比例增加，卸载后试样不能完全恢复到原来的形状和尺寸，此时试样除弹性变形外，还产生了塑性变形。载荷增至 F_s ，曲线出现水平或锯齿形线段，表示试样继续伸长而载荷不再增加，这种现象称为“屈服”。 F_s 称为“屈服载荷”。

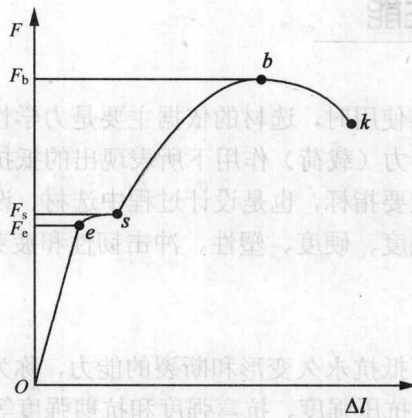


图 1.2 低碳钢的拉伸曲线

(3) sb ——均匀塑性变形阶段

载荷超过 F_s 后，试样开始产生明显而均匀的塑性变形，塑性变形使试样的变形抗力增大，要想使试样继续变形，必须加大载荷。 F_b 为试样拉伸试验的最大载荷。

(4) bk ——断裂阶段

载荷达到最大值 F_b 后，试样局部开始急剧缩小，出现“颈缩”现象，试样变形所需载荷也随之降低， k 点时试样发生断裂。

工程上使用的金属材料，并不是都有明显的 4 个阶段。对于脆性材料，没有明显的

4个阶段，弹性变形后马上发生断裂。

2. 强度指标

金属材料的强度是用应力来度量的。常用的强度指标有屈服强度和抗拉强度。

(1) 屈服强度 σ_s

屈服强度是指在拉伸过程中，载荷不增加，试样还继续发生变形的最小应力(MPa)，或者说是在拉伸过程中，试样产生塑性变形的最小应力，其值为

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} \quad (1.1)$$

式中， F_s ——屈服时的最小载荷，N；

A_0 ——试样的原始截面积， mm^2 。

对于没有明显屈服现象的金属材料（如铸铁、高碳钢等），通常以产生0.2%塑性变形所对应的应力作为屈服强度，称为条件屈服强度，用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

(2) 抗拉强度 σ_b

抗拉强度是指金属材料在拉断前所承受的最大应力(MPa)，其值为

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} \quad (1.2)$$

式中， F_b ——试样拉断前所承受的最大载荷，N。

屈服强度和抗拉强度都是机械零件设计和选材的重要依据。机械零件在工作时，一般不允许产生明显的塑性变形。

1.1.2 硬度

硬度是指材料抵抗局部变形，特别是塑性变形、压痕或划痕的能力，是衡量材料软硬程度的指标。测定硬度的方法有压入法、刻划法、回跳法等。在机械行业中，最常用的是压入法。实验时，用载荷将压头（钢球、金刚石、圆锥体等）压入试样表层，根据压入程度来测量其硬度值。对不同材料的试样（当所用压头、载荷相同时），如果压入深度（或压痕面积）越大，则该材料硬度越低；反之，则硬度越高。因此，压入法测定的硬度表示材料抵抗压头压入（引起的塑性变形）的能力。常用的硬度指标有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度等。

1. 布氏硬度

布氏硬度的测定原理如图1.3所示。用一定压力将淬火钢球或硬质合金球压头压入试样表面，保持规定时间后卸除载荷，测量试样表面留下的压痕直径 d ，并由此计算出压痕的球缺面积，此球缺单位面积上所承受的载荷即为布氏硬度值。布氏硬度值的计算公式为

$$\text{HBS}(\text{HBW}) = \frac{F}{S} = 0.102 \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (1.3)$$

或

$$\text{HBS}(\text{HBW}) = \frac{F}{S} = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (\text{kgf/mm}^2) \quad (1.4)$$

式中, F ——实验载荷, N 或 kgf^①;

S ——压痕面积, mm²;

(1.1) D ——压头直径, mm;

d ——压痕直径, mm;

HBS、HBW——压头分别为淬火球和硬质合金球时的硬度符号。

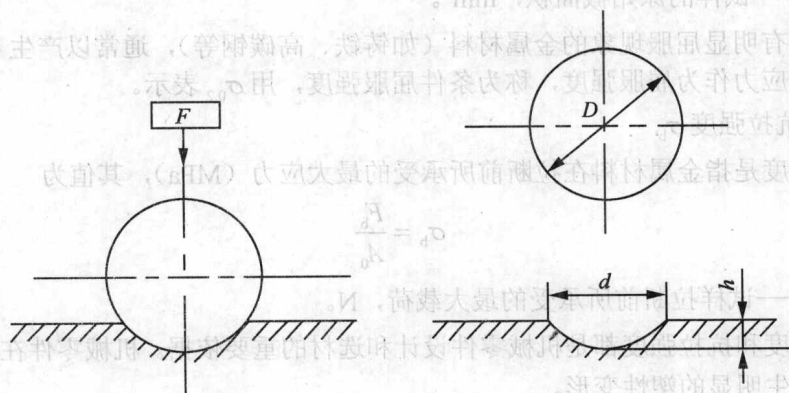


图 1.3 布氏硬度测定原理图

实际测试时, 测出压痕直径 d 后, 利用相关表格, 即可查出相应的硬度值。其中, 淬火钢球压头适用于布氏硬度值低于 450 的材料, 硬质合金球压头适用于布氏硬度值为 450~650 的材料。

布氏硬度试验所用的压头直径有五种规格 (10mm、5mm、2.5mm、2mm、1mm), 在试样厚度允许的情况下, 为使数据准确, 应尽量优先选用 10mm 的压头。布氏硬度的表示方法为: 硬度值+硬度符号 (HBS 或 HBW)+试验条件, 如 150HBS10/1000/30 表示用直径为 10mm 的淬火钢球压头、试验力为 1000kgf、持续时间为 30s 时测得的布氏硬度值为 150, 又如 500HBW5/750 表示用直径为 5mm 的硬质合金压头、试验力为 750kgf、持续时间为 10~15s 时测得的布氏硬度值为 500。

布氏硬度试验的优点是压痕面积较大, 能较好地反映材料的平均硬度, 数据较稳定, 重复性好, 适用于测试组织粗大、不均匀的材料, 如灰铸铁等的硬度。缺点是测试麻烦, 压痕较大, 不适于成品及薄试样的检验, 并且对不同硬度的材料, 需要更换压头和载荷。布氏硬度多用于铸铁以及退火、正火和调质处理的碳钢和滑动轴承合金的硬度测定, 并

^① 1kgf=9.806 65N, 下同。

且试验规定淬火钢球的硬度必须大于工件的 2.7 倍。

为使试验数据准确，布氏硬度试验时，要根据试样的材料、硬度等按照表 1.1 的实验规范选择 F/D^2 和载荷。

表 1.1 布氏硬度试验规范

材料种类	布氏硬度 使用范围 /HB	球直径 D/mm	$0.102F/D^2$	试验力 F/N (kgf)	试验力保持 时间/s	备注
钢和铸铁	≥ 140	10	30	294 200 (3000)	10	压痕中心距试样边缘距 离不应小于压痕平均直径的 2.5 倍
		5		7355 (750)		
		2.5		1839 (187.5)		
	<140	10	10	9807 (1000)	10~15	
		5		2452 (250)		
		2.5		613 (62.5)		
非铁金属 材料	≥ 130	10	30	29 420 (3000)	30	两相邻压痕中心距离不 应小于压痕平均直径的 4 倍 试样厚度至少应为压痕 深度的 10 倍，试验后，试样 支撑面应无可见变形痕迹
		5		7355 (750)		
		2.5		1839 (187.5)		
	35~130	10	10	9807 (1000)	30	
		5		2452 (250)		
		2.5		613 (62.5)		
	<35	10	2.5	2452 (250)	60	
		5		613 (62.5)		
		2.5		153 (15.5)		

2. 洛氏硬度

洛氏硬度试验是目前应用最广泛的硬度试验方法。它是通过测量压痕深度来确定硬度值的,这是与布氏硬度的主要区别。常用的压头有两种：顶角为 120° 的金刚石圆锥体压头和直径为 1.5875mm 的淬火钢球压头。

洛氏硬度测定时，需要先施加初载荷 98.1N (10kgf)，然后加主载荷。加初载荷的目的是为保证压头与存在轻微不平的表面间良好接触。洛氏硬度的计算公式为

$$HR = C - \frac{h}{0.002} \tag{1.5}$$

式中，HR——为洛氏硬度的表示符号；

C——为常数（其取值见表 1.2）；

h——为卸载后测得的压痕深度，mm。

洛氏硬度没有单位，常用的标尺有 A、B、C 三种，分别记为 HRA、HRB、HRC。表 1.2 给出了三种常见标尺的试验规范及应用。实际测试时，洛氏硬度值可由硬度计直接读出。洛氏硬度的表示方法为：HR 的左边为硬度值，HR 的右边为标尺记号，如 55HRC 表示用 C 标尺测定的洛氏硬度值为 55。

表 1.2 洛氏硬度试验的标尺、试验规范及应用

标尺	硬度符号	压头类型	C 值	初载荷	主载荷	总载荷	测量硬度范围	应用举例
A	HRA	金刚石圆锥	100		490.3 (50)	588.4 (60)	20~88	硬质合金、硬化薄钢板、表面薄层硬化钢
B	HRB	F1.588 钢球	130	98.07 (10)	882.6 (90)	980.7 (100)	20~100	低碳钢、铜合金、铁素体可锻铸铁
C	HRC	金刚石圆锥	100		1373 (140)	1471 (150)	20~70	淬火钢、高硬度铸件、珠光体可锻铸铁

洛氏硬度试验的优点是压痕较小，可用于成品零件的质量检验，并且测试效率较高。缺点是由于压痕较小，对组织较粗大且不均匀的材料，如灰铁、滑动轴承合金等测得的硬度值不够准确，并且不同标尺（由于载荷、压头不同）测得的硬度值彼此没有联系，相互之间不存在换算关系，不可直接进行比较。洛氏硬度的三种标尺中，C 标尺应用最多，其大量用于淬火及回火钢件的硬度测试。

由于洛氏硬度法所用载荷较大，故不适于测定极薄工件和表面硬化层的硬度。为此，应用洛氏硬度的试验原理，发展了载荷较小的表面洛氏硬度试验。其初载荷为 29.4N（3kgf），总载荷有三种：147.1N（15kgf）、294.3N（30kgf）、441.3N（45kgf）。表面洛氏硬度的试验规范及应用见表 1.3。

表 1.3 表面洛氏硬度试验的标尺、试验规范及应用

标尺	硬度符号	压头类型	初载荷	主载荷	总载荷	测量硬度范围	应用举例
15N	HR15N	金刚石圆锥	29.42 (3)	117.7 (12)	147.1 (15)	70~94	渗氮钢、渗碳钢、极薄钢板、刀刃、
30N	HR30N			264.8 (27)	294.2 (30)	42~86	
45N	HR45N			411.9 (42)	441.3 (45)	20~77	零件边缘部分、表面镀层
15N	HR15N	φ1.588 钢球	29.42 (3)	117.7 (12)	147.1 (15)	67~93	低碳钢、铜合金、铝合金等薄板
30N	HR30N			264.8 (27)	294.2 (30)	29~82	
45N	HR45N			411.9 (42)	441.3 (45)	1~72	

3. 维氏硬度

为了能用一种标尺测定从极软到极硬的材料，特设计了维氏硬度试验法。维氏硬度试验原理与布氏硬度相同，也是用单位压痕表面积所承受的载荷来表示硬度值，所不同的是测定维氏硬度时所用的压头为金刚石四棱锥体。维氏硬度值（HV）的计算公式为

$$\text{当载荷以 N 计量单位时, } HV = \frac{F}{S} = 0.1891 \frac{F}{d^2} \quad (1.6)$$

$$\text{当载荷以 kgf 计量单位时, } HV = \frac{F}{S} = 0.185 \, 44 \frac{F}{d^2} \quad (1.7)$$

式中, F ——试验载荷;

S ——压痕表面积;

d ——压痕对角线长度。

试验时, 测出压痕两对角线的平均长度, 由已备好的表即可查出硬度值。与布氏硬度一样, 维氏硬度也不标出单位。

维氏硬度试验常用载荷有六种: 49.1 (5) N (kgf)、98.1 (10) N (kgf)、86.2 (20) N (kgf)、294.3 (30) N (kgf)、490.5 (50) N (kgf)、981 (100) N (kgf)。一般在试样厚度允许情况下, 应尽量选较大载荷, 以获得较大的压痕, 提高测量精度。

维氏硬度的表示方法与布氏硬度类似, 也是在硬度符号 (HV) 左边为硬度值, 右边为试验条件。如 600HV30/20 表示在 30kgf 载荷作用下, 保持 20s (保持 10~15s 时, 不予标注) 测得的维氏硬度值为 600。

维氏硬度试验的优点是: ①硬度测量范围宽, 极软、极硬材料均可测试, 并且由于只用一种标尺, 便于比较材料的软硬; ②载荷范围较宽, 既适用于薄试样 (如渗碳层、渗氮层等), 也适用于厚试样; ③载荷可任意选择, 不存在载荷与压头间的匹配限制; ④压痕清晰, 容易测量, 精度较布氏硬度法高。缺点是测试效率不如洛氏硬度高。

为测定极小区域的硬度, 特设计了维氏显微硬度计。维氏显微硬度计载荷极小 (最大载荷不超过 200g), 共有五级: 0.0981 (0.01) N (kgf)、0.1961 (0.02) N (kgf)、0.4903 (0.057) N (kgf)、0.9807 (0.1) N (kgf)、1.961 (0.2) N (kgf)。压痕对角线以 μm 计。维氏显微硬度计可用于金属组织中的晶粒及合金相、金属箔和极薄件的表层硬度测定。

1.1.3 塑性

塑性是指材料在载荷作用下产生塑性变形而不断裂的能力。常用的塑性指标有断后伸长率 δ 和断面收缩率 ψ , 它们也是通过拉伸试验测得的。

断后伸长率又叫延伸率, 是指试样被拉断后, 标距的伸长量 Δl 与原始标距 l_0 之比, 即

$$\delta = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1.8)$$

式中, l ——试样断后的标距长度;

l_0 ——原始标距长度。

由于用长试样 ($l_0/d_0=10$) 与短试样 ($l_0/d_0=5$) 测出的断后伸长率不相等, 使用时要用下标标明。 δ_{10} 、 δ_5 分别表示长、短试样的断后伸长率, 长试样也可不加下标。

断面收缩率 ψ 是指试样拉断后, 拉断处横截面积的缩减量与原始横截面积之比, 即

$$\psi = \frac{\Delta S}{S_0} \times 100\% = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100\% \quad (1.9)$$