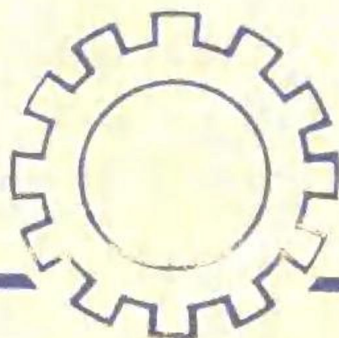


中等专业技术学校教材

机械基础

常州无线电工业学校 编

江苏科学技术出版社



中等专业学校教材

机 械 基 础

常州无线电工业学校 编

3260/27

江苏科学技术出版社

B035088

前 言

本教材是根据 1979 年 6 月电子工业部(原第四机械工业部)在无锡召开的教材会议的精神和 1980 年 3 月常州会议通过的编写大纲进行编写的。

教材编写时数为 188 学时,其中第二十一、二十三(除电加工外)、二十四、二十五章的约 40 学时,安排在实习劳动中讲,故实际教学时数为 148 学时。书中注有*号的,为加深加宽内容。具体讲授时,可根据各校各专业的要求,对内容作适当选删。

我们期望通过这样的安排,使学生能对常用的金属材料的性质和用途有所了解,并明确选择热处理方法的目的;正确地选择公差与配合以及使用常用的测量工具进行测量;能对零件的受力和变形情况作出正确分析;对无线电整机中常用的机构及其运动有所了解;对零件的加工有一大致的了解。

本书第一至十一章由应光焕编写,第十二、十四至二十、二十二章由陆茂盛编写,第十三章由黄天民编写,第二十一、二十三至二十五章由万承仪编写。

无锡无线电工业学校的姜明德、殷志介、葛洪彦、杨瑞初、时文华同志分别主审了各章手稿。初稿完成后,由无锡无线电工业学校主持召开了审稿会议,审定了全书。

编 者

1982 年 9 月

内 容 提 要

本书比较系统地介绍了金属材料与热处理、公差配合与技术测量、力学基础、机构与零件、机械加工等方面的技术基础知识。

本书可用作中等专业学校电子类各专业机械基础课程的教材，也可供从事无线电整机设计和生产的技术人员、工人阅读参考。

若用作教材，具体讲授内容可根据各专业的要求，作适当选删。

目 录

第一篇 金属材料及热处理

第一章 金属的机械性能及其试验

方法..... 1

§ 1-1 强度和塑性..... 1

§ 1-2 硬度..... 3

§ 1-3 韧性..... 7

第二章 金相学基础..... 9

§ 2-1 纯金属及合金的构造..... 9

§ 2-2 二元合金状态图..... 15

§ 2-3 铁碳合金状态图..... 19

第三章 钢的热处理..... 27

§ 3-1 概述..... 27

§ 3-2 热处理基本理论..... 28

§ 3-3 热处理的工艺方法..... 30

§ 3-4 钢的表面热处理..... 34

§ 3-5 钢的热处理常见缺陷..... 36

第四章 黑色金属..... 37

§ 4-1 钢..... 37

§ 4-2 铸铁..... 50

第五章 有色金属..... 55

§ 5-1 铜及铜合金..... 55

§ 5-2 铝及铝合金..... 58

§ 5-3 其它有色金属及其合金..... 62

第六章 电镀和化学涂覆..... 64

§ 6-1 电镀..... 64

§ 6-2 油漆涂覆..... 66

§ 6-3 金属的热浸涂覆和化学涂覆..... 66

§ 6-4 电镀和化学涂覆的标记..... 67

第二篇 公差、配合与技术测量

第七章 互换性的基本概念..... 69

§ 7-1 互换性概述..... 69

§ 7-2 公差与配合的基本术语和定义..... 70

第八章 公差与配合制度..... 78

§ 8-1 概述..... 78

§ 8-2 国家标准公差与配合制度..... 78

第九章 常用量具的结构和使用..... 119

§ 9-1 游标量具..... 119

§ 9-2 螺旋测微量具..... 121

§ 9-3 量块和光滑极限量规..... 122

§ 9-4 机械式量仪..... 126

§ 9-5 检验角度的量具..... 129

第十章 表面光洁度、形状和位置公差..... 133

§ 10-1 表面光洁度..... 133

§ 10-2 形状公差和位置公差..... 136

第十一章 尺寸链..... 150

§ 11-1 基本概念..... 150

§ 11-2 尺寸链的计算..... 151

第三篇 力学基础

第十二章 静力学..... 157

§ 12-1 静力学基本概念与受力图..... 157

§ 12-2 平面汇交力系..... 167

§ 12-3 力矩、力偶..... 175

§ 12-4 平面任意力系..... 182

§ 12-5 空间力系概述..... 192

§ 12-6 摩擦..... 199

第十三章 材料力学..... 204

§ 13-1 概述..... 204

§ 13-2 轴向拉伸和轴向压缩..... 205

§ 13-3 剪切与挤压..... 217

§ 13-4 扭转·····	223
§ 13-5 弯曲·····	233
* § 13-6 组合变形·····	251

第四篇 机构与零件

第十四章 平面连杆机构·····	260
------------------	-----

§ 14-1 平面连杆机构的基本形式及 应用·····	262
--------------------------------	-----

§ 14-2 平面连杆机构的基本性质·····	268
-------------------------	-----

§ 14-3 平面四杆机构的设计·····	271
-----------------------	-----

第十五章 凸轮机构·····	275
----------------	-----

§ 15-1 概述·····	275
----------------	-----

§ 15-2 作图法设计凸轮轮廓·····	277
-----------------------	-----

§ 15-3 凸轮设计时应注意的几个问 题·····	280
-------------------------------	-----

第十六章 间歇运动机构·····	284
------------------	-----

§ 16-1 棘轮机构·····	284
------------------	-----

§ 16-2 槽轮机构·····	287
------------------	-----

§ 16-3 定位器和限动器·····	289
---------------------	-----

第十七章 机件的联接·····	297
-----------------	-----

§ 17-1 螺纹联接·····	297
------------------	-----

§ 17-2 机件的其它联接方法·····	304
-----------------------	-----

第十八章 齿轮传动·····	307
----------------	-----

§ 18-1 概述·····	307
----------------	-----

§ 18-2 渐开线及其性质·····	308
---------------------	-----

§ 18-3 直齿圆柱齿轮的主要参数和 几何尺寸·····	309
----------------------------------	-----

§ 18-4 渐开线齿轮的啮合特点·····	312
------------------------	-----

§ 18-5 渐开线齿轮加工方法和根切 现象·····	315
--------------------------------	-----

§ 18-6 斜齿轮、锥齿轮传动·····	320
-----------------------	-----

§ 18-7 齿轮回差的产生与消除·····	329
------------------------	-----

§ 18-8 蜗轮蜗杆传动·····	331
--------------------	-----

§ 18-9 轮系及其传动比·····	335
---------------------	-----

§ 18-10 圆柱齿轮传动设计简介·····	341
-------------------------	-----

第十九章 其它传动·····	346
----------------	-----

§ 19-1 摩擦传动·····	346
------------------	-----

§ 19-2 带传动·····	347
-----------------	-----

§ 19-3 挠性强迫传动·····	351
--------------------	-----

第二十章 轴、轴承、联轴器及弹簧·····	353
-----------------------	-----

§ 20-1 轴·····	353
---------------	-----

§ 20-2 轴承·····	357
----------------	-----

§ 20-3 联轴器和离合器·····	361
---------------------	-----

§ 20-4 弹簧·····	367
----------------	-----

第五篇 机械加工基本知识

第二十一章 金属的热加工·····	377
-------------------	-----

§ 21-1 铸造生产·····	377
------------------	-----

§ 21-2 锻压生产·····	385
------------------	-----

§ 21-3 焊接生产·····	390
------------------	-----

第二十二章 金属切削基础知识·····	407
---------------------	-----

§ 22-1 刀具材料·····	407
------------------	-----

§ 22-2 金属切削基本概念·····	408
----------------------	-----

§ 22-3 金属的切削过程·····	411
---------------------	-----

第二十三章 金属切削加工·····	417
-------------------	-----

§ 23-1 车削加工·····	417
------------------	-----

§ 23-2 刨削加工·····	434
------------------	-----

§ 23-3 铣削加工·····	438
------------------	-----

§ 23-4 磨削加工·····	449
------------------	-----

§ 23-5 电火花加工·····	456
-------------------	-----

§ 23-6 零件加工工艺的制定·····	462
-----------------------	-----

第二十四章 钣金工·····	470
----------------	-----

§ 24-1 钣金工基本概念·····	470
---------------------	-----

§ 24-2 剪切下料和排料·····	471
---------------------	-----

§ 24-3 弯曲·····	473
----------------	-----

§ 24-4 校正·····	482
----------------	-----

§ 24-5 板料的联接方法·····	483
---------------------	-----

§ 24-6 钣料冲压·····	484
------------------	-----

第二十五章 钳工·····	491
---------------	-----

§ 25-1 钳工常用设备与工量具·····	491
------------------------	-----

§ 25-2 划线·····	493
----------------	-----

§ 25-3 凿削·····	499
----------------	-----

§ 25-4 锉削·····	503
----------------	-----

§ 25-5 锯割·····	507
----------------	-----

§ 25-6 钻孔、扩孔和铰孔·····	510
----------------------	-----

§ 25-7 攻丝与套丝·····	520
-------------------	-----

§ 25-8 铆接·····	523
----------------	-----

第一篇 金属材料及热处理

第一章 金属的机械性能及其试验方法

金属材料的品种繁多,它们的性能各不相同。为了合理地使用各种金属材料,对其性能的了解是十分必要的。金属材料的性能包括物理性能(如导电性,导热性,热膨胀性等),化学性能(如抗腐蚀性,抗氧化性等),工艺性能(如铸造性,焊接性,切削性等)。一般机器零件常以机械性能作为设计和选用的依据。所谓机械性能,是指金属抵抗外力的能力。因此,本章只讨论金属的机械性能。机械性能主要包括强度、塑性、硬度和韧性等。

§1-1 强度和塑性

一、强度

强度就是金属抵抗在外力作用下产生塑性变形和断裂的能力。抵抗外力的能力越大,则强度越高。

我们要制造轻巧而又坚固的机器和合理的利用材料,就必须知道材料的强度。根据受力状况不同,金属强度可分为抗拉、抗压、抗弯和抗剪强度等,但应用最普遍的是抗拉强度。测定金属抗拉强度指标最简单的方法是拉伸试验。

二、拉伸试验法

为了保证在不同的试验机上试验相同的材料能得到相同的结果,对试样的大小和形状作了规定。最常用的试样如图 1-1 所示。图中 d_0 为原始直径, L_0 为计算长度。试样的形状及尺寸已列入国家标准:长试样 $L_0 = 10d_0$; 短试样 $L_0 = 5d_0$ 。

试验是将试样装在拉伸试验机上,然后加以缓慢增加的拉力,随着拉力的增加而不断伸长,直到破坏为止。从作用的外力与伸长的关系中,可以说明材料的各个变形阶段及其抵抗变形的能力。若以纵坐标表示外力大小,以横坐标表示试样的伸长量 ΔL ,绘成图形,称为拉伸图,见图 1-2。

从图 1-2 可见,在开始的 oe 阶段,试样在外力作用下均匀伸长,伸长量与所加载荷成正比关系,这时如果去掉外力,试样仍能恢复到原状。这一阶段的变形即是弹性变形,这时外力 P_e 称为弹性极限载荷。当外力超过 P_e 时,若去除外力试样已不能恢复原状,外力继续增加到 P_s ,此时虽然外力没有

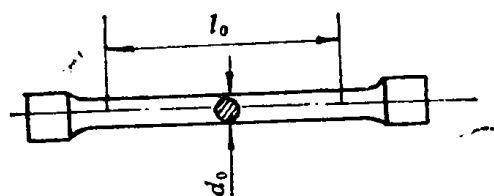


图 1-1 拉伸试样

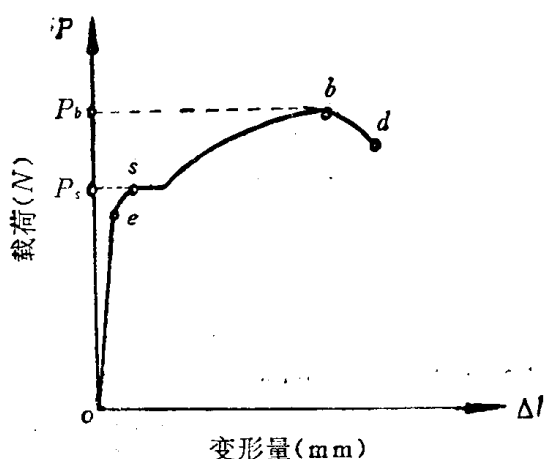


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线图

增加而变形仍在继续, 这种现象叫屈服。外力 P_s 称为屈服极限载荷。过了屈服阶段, 欲使试样再进一步变形, 必须继续增加外力。当外力增至 P_b 时, 变形显著地集中在材料最弱的部分, 局部形成细颈, 抗拉力下降, 到 d 点时, 试样就断裂。外力 P_b 称为强度极限载荷。在试样开始断裂之前, 弹性变形阶段结束之后的一段时间, 是材料塑性变形阶段。不过材料在屈服之前, 塑性变形很小, 而屈服之后塑性变形就增大很多, 这一特性是很值得我们注意的。作为机器的零件要求不产生永久变形或破坏, 这就是作用在它上面的外力不能大于屈服极限载荷。

但有些情况却不然, 如对于需要经过压力加工而改变形状的材料, 则只有当外力大于弹性极限载荷而小于强度极限载荷时, 才能成形而又不被破坏。

我们在衡量材料抵抗变形能力时, 不能只看作用在材料上的极限载荷的大小, 还要看材料截面的大小, 因为材料相同而横截面积不同的试样能承受的极限载荷也不会一样。因此, 在确定材料对外力的抵抗能力时, 应该用单位截面上所承受的极限载荷大小来表示。材料的弹性极限 σ_e , 屈服极限 σ_s 和强度极限 σ_b 的计算公式为:

$$\sigma_e = \frac{P_e}{F_0} \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \quad \text{N/mm}^2$$

式中 F_0 ——试样原截面积(mm^2)。

σ_s 和 σ_b 是设计零件的重要依据。

三、塑 性

塑性是指金属材料在载荷的作用下产生塑性变形而不破坏的能力。金属受力时, 产生塑性变形的程度越大, 则塑性越好。

对于需经压力加工的金属零件, 就要求它具有良好的塑性。电讯器材中的许多冲压零件, 如罩壳、回路盒、支架等, 就是利用金属的塑性经压力加工成型的。

材料的塑性指标可以通过拉伸试验, 在测得金属强度的同时确定出来。金属材料常用的塑性指标有: 延伸率 δ 和断面收缩率 ψ 。

延伸率是试样断裂时的伸长量同原来长度之比值的百分率, 即:

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \cdot 100\%$$

① 根据国际单位制的规定, 力的单位是牛顿, 代号牛(N)。1 公斤力(kgf) = 9.80665 牛(N)。

式中 L_1 ——试样断裂时的长度(mm);

L_0 ——试样原来的长度(mm)。

断面收缩率是试样在断口处横断面积的缩减量同原横截面面积之比值的百分率,即:

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} 100\%$$

式中 F_1 ——试样断裂时的横截面积(mm²)。

δ 和 ψ 的数值越大,材料塑性越好。

§1-2 硬 度

一、硬 度

硬度通常是指金属材料抵抗其它更硬物体压入表面的能力,也可以说是材料对局部塑性变形的抗力。压坑越浅,则硬度越高。

在实用中我们必须知道金属硬度的这一特性,例如作为刀具的材料一定要比被切削的材料硬。一般地讲材料硬度越大耐磨性越好。因而,为了提高材料的耐磨性,可用提高材料硬度的方法。

硬度试验是金属机械性能试验中最简单的一种。它无需专门试样,又不损坏被试金属,故应用广泛。

二、硬度试验法

(一)布氏硬度试验

图 1-3 是用一定直径 D 的淬硬钢球,在规定载荷 P 的作用下压入试样表面,并保持一定的时间,然后卸除载荷,用压痕单位球面积上所承受的载荷大小作为所测金属材料的硬度值,称为布氏硬度,用符号 HB 表示。即:

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{P}{\frac{\pi D}{2}(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad \text{kgf/mm}^2$$

式中 P ——钢球上加的载荷(kgf);

F ——被试金属表面压痕球面积(mm²);

D ——钢球直径(mm);

d ——压痕的直径(mm)。

HB 越大,表示金属材料的硬度越高。

布氏硬度试验时,钢球的直径 D 和载荷 P 可根据被试金属的种类、性质和厚度,按有关标准规定选择,见表 1-1。试验后用专门的刻度放大镜测出压痕直径 d 的大小,再查表 1-2,即可得到布氏硬度值。习惯上,HB 只标数值,不标出单位(kgf/mm²),例如 HB = 235 或 HB235。

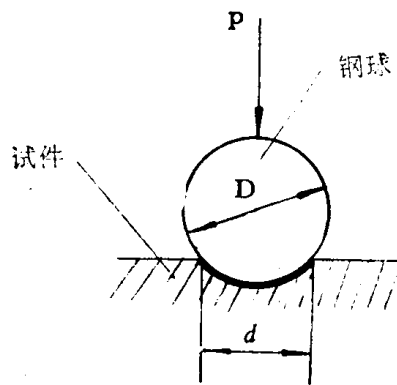


图 1-3 布氏硬度试验示意图

表 1-1

布氏硬度试验规范

金属种类	布氏硬度值范围 (HB)	试样厚度 (mm)	载荷 P 与钢球 直径 D 的关系	钢球直径 D (mm)	载 荷 P (kgf)	载荷保持时间 (S)
黑色 金属	140~450	6~3	$P = 30D^2$	10.0	300	10
		4~2		5.0	750	
		< 2		2.5	187.5	
	< 140	> 6	$P = 10D^2$	10.0	1000	10
		6~3		5.0	250	
		< 3		2.5	62.5	
有 色 金 属	> 130	6~3	$P = 30D^2$	10.0	3000	30
		4~2		5.0	750	
		< 2		2.5	187.5	
	36~130	9~3	$P = 10D^2$	10.0	1000	30
		6~3		5.0	250	
		< 3		2.5	62.5	
	8~35	> 6	$P = 2.5D^2$	10.0	250	60
		6~3		5.0	62.5	
		< 3		2.5	15.6	

表 1-2

压痕直径与布氏硬度对照表

压痕直径 (mm) d 10.2 d 5 或 4 d 2.5	使用下列载荷之硬度值 HB			压痕直径 (mm) d 10.2 d 5 或 4 d 2.5	使用下列载荷之硬度值 HB			压痕直径 (mm) d 10.2 d 5 或 4 d 2.5	使用下列载荷之硬度值 HB		
	$P = 30D^2$	$P = 10D^2$	$P = 2.5D^2$		$P = 30D^2$	$P = 10D^2$	$P = 2.5D^2$		$P = 30D^2$	$P = 10D^2$	$P = 2.5D^2$
2.90	440			3.95	235	78.3	19.6	5.09	143	47.5	11.9
2.95	429			4.00	229	76.3	19.1	5.05	140	46.5	11.6
3.00	415		34.6	4.05	223	74.3	18.6	5.10	137	45.5	11.4
3.05	401		33.4	4.10	217	72.4	18.1	5.15	134	44.6	11.2
3.10	388	129	32.3	4.15	212	70.6	17.6	5.20	131	43.7	10.9
3.15	375	125	31.3	4.20	207	68.8	17.2	5.25	128	42.8	10.7
3.20	363	121	30.3	4.25	201	67.1	16.8	5.30	126	41.9	10.5
3.25	352	117	29.3	4.30	197	65.5	16.4	5.35	123	41.0	10.3
3.30	341	114	28.4	4.35	192	63.9	16.0	5.40	121	40.2	10.1
3.35	331	110	27.6	4.40	187	62.4	15.6	5.45	118	39.4	9.86
3.40	321	107	26.7	4.45	183	60.9	15.2	5.50	116	38.6	9.66
3.45	311	104	25.9	4.50	179	59.5	14.9	5.55	114	37.9	9.46
3.50	302	101	25.2	4.55	174	58.1	14.5	5.60	111	37.1	9.27
3.55	293	97.7	24.5	4.60	170	56.8	14.2	5.65	109	36.4	9.10
3.60	285	95.0	23.7	4.65	167	55.5	13.9	5.70	107	35.7	8.93
3.65	277	92.3	23.1	4.70	163	54.3	13.6	5.75	105	35.0	8.76
3.70	269	89.7	22.4	4.75	159	53.0	13.3	5.80	103	34.3	8.59
3.75	262	87.2	21.8	4.80	156	51.9	13.0	5.85	101	33.7	8.43
3.80	255	84.9	21.2	4.85	152	50.7	12.7	5.90	99.2	33.1	8.26
3.85	248	82.6	20.7	4.90	149	49.6	12.4	5.95	97.3	32.4	8.11
3.90	241	80.4	20.1	4.95	146	48.6	12.2	6.00	95.5	31.8	7.96

布氏硬度试验的优缺点：

优点：1. 测定的硬度值比较准确，因为这种试验方法，使用的钢球直径较大，金属被试验的面积大。2. 可按硬度值 HB 近似确定金属的抗拉强度，因为在 HB 与 σ_b 之间存在一定的关系，如根据经验，对于：低碳钢 $\sigma_b = 0.36HB$ ；高碳钢 $\sigma_b = 0.34HB$ ；调质合金钢 $\sigma_b \approx 0.325HB$ ；铝铸件 $\sigma_b \approx 0.26HB$ ；冷加工黄铜及青铜 $\sigma_b \approx 0.4HB$ ；退火黄铜及青铜 $\sigma_b \approx 0.55HB$ 。

缺点：1. 由于受淬火钢球本身硬度的限制，因而不能试验硬度高于 HB450 的材料，否则会使钢球本身产生变形而影响硬度值准确度。2. 由于试验后在金属表面上留下的印痕较大，因而不适于试验成品和薄片金属零件的硬度。

(二)洛氏硬度试验

由于布氏硬度试验不能用来测定成品和硬度高于 HB450 的材料，因而采用另一种试验方法——洛氏硬度试验。见图 1-4。

试验是用顶角为 120° 的金刚石圆锥体作为压头。由于压坑微小，而且是测量深度，如果材料表面不平则会影响测量的准确性。为了避免这一缺陷，在开始时，先加初载荷 10kgf，使压头紧密接触试件表面 a ，并压入到 b 处，以 b 处作为衡量压入深度的起点，再加上主载荷使压头压入到 c 处，然后去掉主载荷，由于被试金属弹性变形的恢复，压头向上回升到 d 处。于是，深度 $\overline{bd}$ 就是压头在主载荷作用下压入金属表面的塑性变形深度。此深度越大，金属的硬度越低，反之，硬度越高。被试金属的洛氏硬度数值，在去掉主载荷后，直接由硬度表盘上的指针指出。

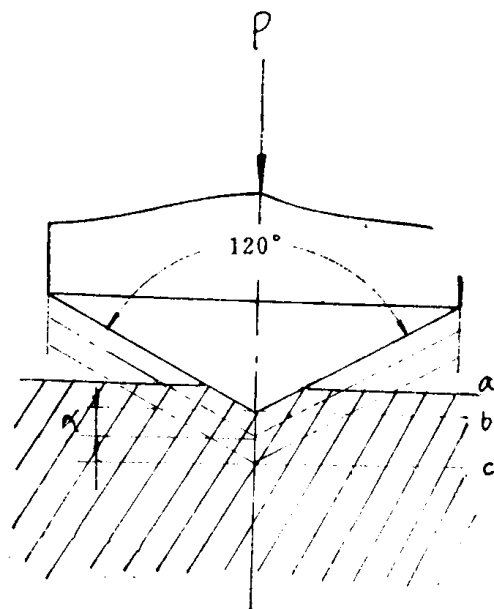


图 1-4 洛氏硬度试验示意图

洛氏硬度值没有单位，只是根据不同的试验材料，不同的压印头和所加压力大小有三种标记：中等硬度材料可用 HRC 表示；软材料用 HRB 表示；最硬的材料用 HRA 表示；见表 1-3。其中以 HRC 应用最多，一般经过淬火处理的钢零件或工具都用它。

表 1-3

洛氏硬度试验规范

洛氏硬度	压 头		负 荷 (kgf)		适 用 范 围
	形 状	大 小	预 负 荷	主 负 荷	
HRC	金刚石圆锥	圆锥顶角 120°	10	140	HRC20~67 的硬金属如淬火钢
HRB	钢 球	直径 $= \frac{1}{16}$ (1.59 mm)	10	90	HRB25~100 的软金属如中低碳钢
HRA	金刚石圆锥	圆锥顶角 120°	10	50	HRA70 以上很硬很薄的材料

洛氏硬度试验的优缺点:

优点: 1. 测量简单迅速,能直接从指示表上读出硬度值。2. 试验是采用圆锥金刚石,可以用来测量最硬的金属材料。3. 试验后工件表面的压痕小,故可测量成品。

缺点: 测定某些合金的硬度时结果不够精确,例如对组织不均匀的合金,因为压痕小,一次可能打在硬的颗粒上,另一次可能打在软的颗粒上,因而不能得出正确的结果。

当 $HB > 220$ 时, HRC 与 HB 的关系大约为 1:10。

上述两种硬度试验法是生产中最常用的方法, 几种硬度值之间的关系, 已经制成对照表(见表 1-4, 表 1-5), 供工作中换算和比较。

表 1-4

黑色金属硬度及强度换算表

(根据 GB1172-74 摘编)

洛氏硬度		布氏硬度	维氏硬度	近似强度值	洛氏硬度		布氏硬度	维氏硬度	近似强度值
HRC	HRA	HB30D ²	HV	$\sigma_b(\text{kgf/mm}^2)$	HRC	HRA	HB30D ²	HV	$\sigma_b(\text{kgf/mm}^2)$
(70)	(86.6)		(1037)		45	73.2	424	436	148.0
(69)	(86.1)		(997)		44	72.6	413	423	143.4
(68)	(85.5)		(959)		43	72.1	401	411	138.9
67	85.0		923		42	71.6	391	399	134.7
66	84.4		889		41	71.1	380	388	130.7
65	83.9		856		40	70.5	370	377	126.8
64	83.3		825		39	70.0	360	367	123.2
63	82.8		795		38		350	357	119.7
62	82.2		766		37		341	347	116.3
61	81.7		739		36		332	333	113.1
60	81.2		713	260.7	35		323	329	110.0
59	80.6		688	249.6	34		314	320	107.0
58	80.1		664	239.1	33		306	312	104.2
57	79.5		642	229.3	32		298	304	101.5
56	79.0		620	220.1	31		291	296	98.9
55	78.5		599	211.5	30		283	289	96.4
54	77.9		579	203.4	29		276	281	94.0
53	77.4		561	195.7	28		269	274	91.7
52	76.9		543	188.5	27		263	268	89.5
51	76.3	(501)	525	181.7	26		257	261	87.4
50	75.8	(488)	509	175.3	25		251	255	85.4
49	75.3	(474)	493	169.2	24		245	249	83.5
48	74.7	(461)	478	163.5	23		240	243	81.6
47	74.2	449	463	158.1	22		234	237	79.9
46	73.7	436	449	152.9	21		229	231	78.2
					20		225	226	76.7

表 1-5

黑色金属硬度及强度换算表

(根据 GB1172-74 摘编)

洛氏硬度 ^c HRB	布氏硬度 HB10D ²	维氏硬度 HV	近似强度值 σ_b (kgf/mm ²)	洛氏硬度 HRB	布氏硬度 HB10D ²	维氏硬度 HV	近似强度值 σ_b (kgf/mm ²)
100		233	80.3	79	130	143	49.8
99		227	78.3	78	128	140	48.9
98		222	76.3	77	126	138	48.0
97		216	74.4	76	124	135	47.2
96		211	72.6	75	122	132	46.4
95		206	70.8	74	120	130	45.6
94		201	69.1	73	118	128	44.9
93		196	67.5	72	116	125	44.2
92		191	65.9	71	115	123	43.5
91		187	64.4	70	113	121	42.9
90		183	62.9	69	112	119	42.3
89		178	61.4	68	110	117	41.8
88		174	60.1	67	109	115	41.2
87		170	58.7	66	108	114	40.7
86		166	57.5	65	107	112	40.2
85		163	56.2	64	106	110	39.8
84		159	55.0	63	105	109	39.4
83		156	53.9	62	104	108	39.0
82	138	152	52.8	61	103	106	38.6
81	136	149	51.8	60	102	105	38.3
80	133	146	50.8				

§1-3 韧 性

一、韧 性

金属材料抵抗冲击载荷而不致破坏的性能称为韧性。

韧性也是金属机械性能的一个重要特性。在实际工作中,有很多材料虽然它们在缓慢而逐渐增加的外力作用下,显示出很好的抵抗能力,但在受冲击力作用的情况下,材料的抵抗能力就显得很差,例如用铸铁材料制的零件,虽然在静载荷的作用下具有一定的抵抗能力,但受冲击作用,就很容易折断。雷达天线在工作状态需要波束扫描,在进行跟踪时,突然反向,突然停止运动,在天线上就会受到冲击载荷(惯性力)的作用,因此,金属材料必须具有抵抗冲击力的能力,即所谓的冲击韧性。冲击韧性是衡量金属材料抵抗冲击载荷的强度指标。金属材料韧性的好坏,通过冲击试验来测定。

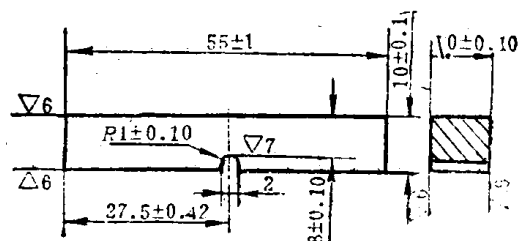


图 1-5 冲击试验的试样

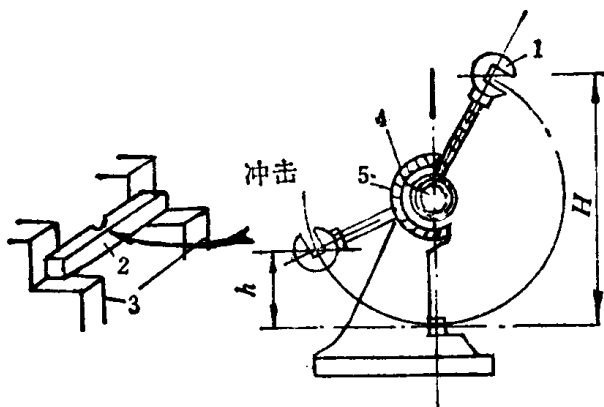


图 1-6 冲击试验示意图

二、冲击试验法

冲击试验所用的试样见图 1-5。

试验时(图1-6),把摆锤 1 升高 H , 把试样 2 放在机架 3 的台阶上。摆锤下落时, 打断了试样, 并又升高了 h 。与摆锤连在一起的指针 4, 就在刻度盘 5 上记录了摆锤所转过的角度。

要想测量单位面积上的冲击力, 将是很困难的, 但是测量单位面积上所消耗的功(冲击值), 则比较方便。所以, 这种试验方法比较实用。

韧性的大小用冲击值表示。

$$\alpha_k = \frac{A}{F} = \frac{P(H-h)}{F} \quad \text{J/cm}^2$$

式中 P ——摆锤重量(N);
 H ——摆锤在冲击前所上升的高度(m);
 h ——摆锤冲击后上升的高度(m);
 F ——试样缺口处截面积(cm^2);
 A ——摆锤冲断试样所消耗的功(J)。
 α_k ——冲击值。

冲击值 α_k 越大, 表示材料的韧性越好。

以上所讲的各种机械性能, 是互相关联而又彼此有影响的, 如硬的材料其冲击韧性与可塑性就必然差些。因而在选择材料时一定要根据实际需要来选定, 除了要考虑所设计零件要求的主要性能外, 还要注意到与主要性能相矛盾的其它性能, 从而使它们之间得到较好的统一。

习 题

1. 什么叫机械性能? 金属的机械性能包括哪些方面?
2. 什么叫强度? 在拉伸试验中金属强度有哪几项主要指标? 它们各在工程应用上有什么意义?
3. 什么叫塑性? 在拉伸试验中标志金属塑性的指标是哪些?
4. 什么叫硬度?
5. 试述布氏硬度试验的方法, 表示符号及其优缺点。
6. 试述洛氏硬度试验的方法、种类、表示符号及其优缺点。
7. 什么叫韧性? 其大小用什么表示?

第二章 金相学基础

金属材料的性能不仅与其化学元素有关,而且与其内部的组织构造有关。金相学就是研究金属内部组织结构及其变化规律的科学。

§2-1 纯金属及合金的构造

一、纯金属的构造

(一) 金属的晶体结构

一切物质都由原子组成。根据原子在物质内部聚集状态不同,可将物质分为晶体与非晶体两大类。非晶体物质内部的原子无规则杂乱地堆积着,这类物质如松香、玻璃、沥青、树胶等。而晶体物质内部的原子在空间都是有规律排列的(图 2-1 a)。金属和合金在固态下都是晶体。

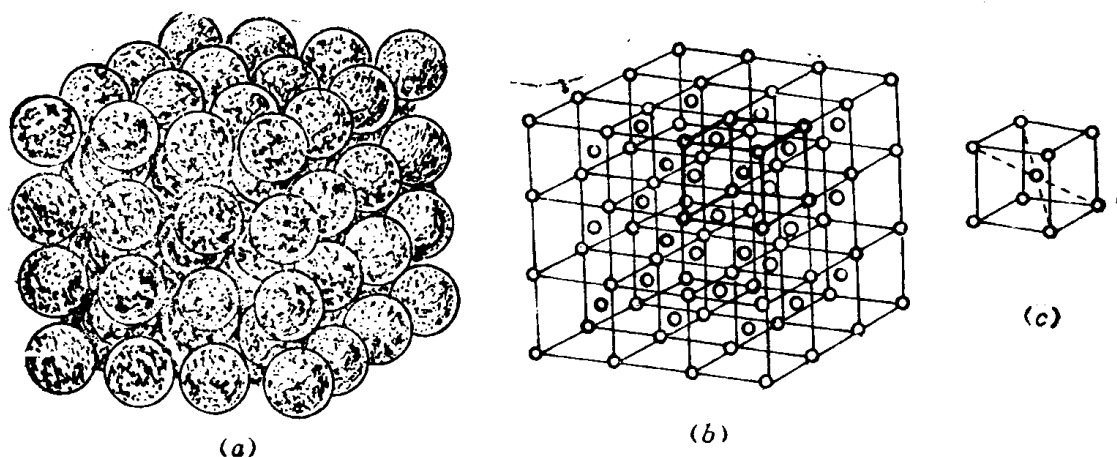


图 2-1 晶体、晶格及晶胞示意图

a—晶体中原子的排列 b—晶格 c—晶胞

晶格 利用X射线分析法,已经测得了各种晶格中原子的排列规律。为了便于分析和描述晶体中原子排列的情况,可示意地将原子看成一个小球,并用假想线条将各原子的中心连接起来,这样就得到了一个抽象化了的空间格架。描述原子在晶体中排列方式的空间格架,叫做晶格(图2-1 b)。

晶胞 由于晶体中原子排列具有周期性的特点,为了简化分析,通常取晶格中一个能够完整反映晶格特征的最小几何单元—晶胞,来描述该晶体结构的类型和原子在空间排列的规律(图 2-1 c)。

晶面 在金属晶体中,由一系列原子所组成的平面称为晶面。

(二) 常见金属晶格的类型

金属的晶体结构类型很多,主要有以下三种类型:

1. 体心立方晶格 它的晶胞是一个立方体,在立方体的各个棱角上和立方体的中心各有一原子(图 2-2 a)。

属于这种晶格类型的金属有铬(Cr)、钼(Mo)、钨(W)和 α 铁(α -Fe)等。

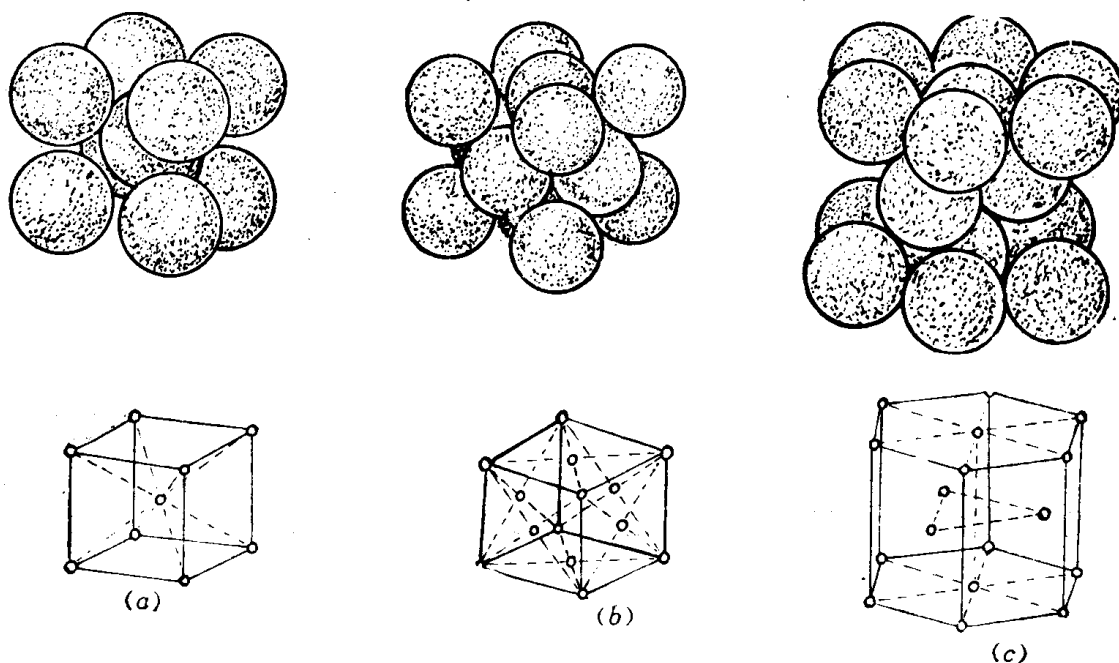


图 2-2 金属晶格的基本类型

a—体心立方晶格 b—面心立方晶格 c—密集六方晶格

2. 面心立方晶格 它的晶胞也是一个立方体,在立方体的各个棱角上和各面的中心各有一个原子(图 2-2 b)。

属于这种晶格类型的金属有铝(Al)、铜(Cu)、镍(Ni)和 γ 铁(γ -Fe)等。

3. 密集六方晶格 它的晶胞是六棱柱体,在柱体的各个棱角上和上、下两面的中心各有一原子,此外,在柱体的中间还有三个原子(图 2-2 c)。

属于这种晶格类型的金属有镁(Mg)、锌(Zn)、铍(Be)等。

判断晶体的特征,除晶格类型外,还有晶格常数。晶格常数是指在晶胞棱线上相邻两原子中心间的距离(图 2-2 a)。晶格常数的大小,与原子半径的大小有关,当晶格常数和晶格类型改变时,金属的性能也会产生相应的变化。

二、纯金属的结晶

金属由液态转变为固态时的凝固过程,即晶体结构形成的过程称为结晶。

(一) 冷却曲线及过冷度

冷却曲线 将熔化的金属非常缓慢地冷却,在冷却过程中观察并记录温度随时间变化的数据,将数据描绘在温度——时间坐标图上,便可得到纯金属的冷却曲线。图 2-3 所示为冷

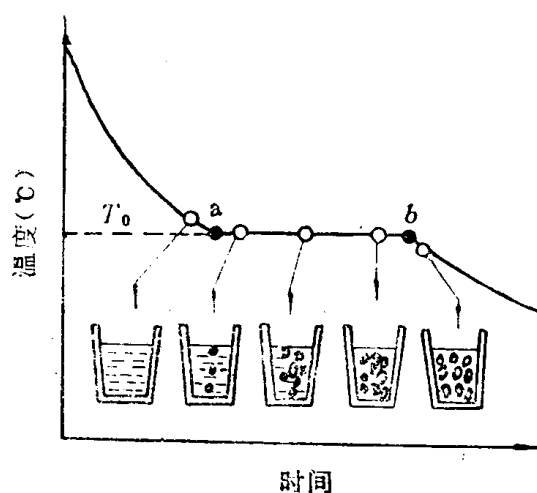


图 2-3 纯金属冷却曲线

却曲线。

由冷却曲线可见,液体金属随着冷却时间的增长,温度将不断降低。当冷却到 a 点时,液体金属开始结晶。由于金属结晶过程中释放出结晶潜热,此时结晶潜热补偿了冷却时散失在空气中的热量,因而温度并不随时间的增长而下降,直至 b 点结晶终止时才继续下降。 ab 两点之间为结晶阶段,在冷却曲线上表现为一水平线段,它所对应的温度就是金属结晶的温度,或称为理论结晶温度。

金属发生结构改变的温度称为临界点。结晶温度就是临界点的一种。

过冷度 在实际生产中,金属自液体冷却时,不可能非常缓慢。在这种情况下,金属的实际结晶温度(T_1)总是要低于理论结晶温度(T_0),这一现象称为“过冷”,其冷却曲线见图 2-4 所示。理论结晶温度和实际结晶温度之差叫做过冷度。过冷度不是一个恒定值,冷却速度越大,则液态金属的实际结晶温度就越低,过冷度也就越大。

(二) 结晶过程

当金属在液体状态时,原子的动能较大,运动速度很高,故原子没有严格的排列规则。随着温度的下降,原子的运动能逐渐减小,运动速度也逐渐减慢。当冷却到一定温度时,便有少数原子自发地聚集在一起,按一定的晶格形式排列起来,形成结晶核心。当晶核出现后,周围的原子就以它为中心,逐渐的按照结晶核心晶格排列方向继续排列起来,即开始了晶核的长大。

当已形成的各个晶核在成长的同时,新的晶核又陆续出现,也同样在成长着。直到液体金属完全消失,而按照各个晶核成长的各个部分彼此接触时,结晶过程就告结束。见图 2-5。由于彼此接触的结果,晶体便失去了规则的几何外形(内部组织仍有规则的排列)。

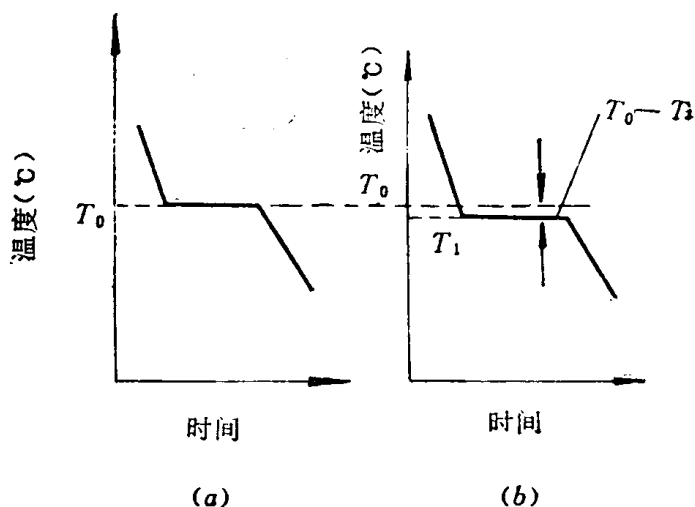


图 2-4 纯金属凝固时的冷却曲线

a —理论结晶温度 b —实际结晶温度

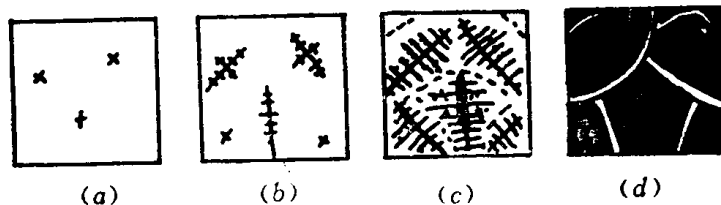


图 2-5 纯金属结晶过程示意图

图 2-5 还描述了金属结构的一个重要概念: 即一个金属块, 是由很多方位不同的小晶体所构成。由许多小晶体所构成的晶体, 称为多晶体(图 2-6 b)。一般金属都是多晶体。多晶体中的小晶体, 通常称为晶粒。如果整个金属只由一个晶粒构成, 则叫做单晶体(图 2-5 a)。单晶体需用专门方法制得。