

中等职业
供热通风与
空调专业系列教材

机械基础

余 宁 主编 贺俊杰 主审



ZHONG DENG ZHIYE
GONGRE TONGFENG YU
KONGTIAO ZHUANYE
XILIE JIAOCAI

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/余宁主编. —北京:中国建筑工业出版社,
2002

中等职业供热通风与空调专业系列教材

ISBN 7-112-05115-0

I. 机… II. 余… III. 机械学—专业学校—教材
IV. TH11

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第032979号

本书是中等职业学校建筑设备类专业(“供热通风与空调专业”、“建筑给水排水专业”、“建筑水电专业”和“建筑设备安装专业”等)必修的专业技术基础课程的教材。书中主要介绍了金属材料及热处理,非金属材料(塑料、陶瓷、橡胶)的类型、性能及使用,电、气焊与气割,公差与配合及形位误差等方面的基础知识,可为建筑设备的安装、维护保养和运行管理打下必要的基础。

本书针对职业技术教育特点,实用性强、通俗易懂。全书由南京建筑工程学校余宁主编,教学学时为 70 左右。

中等职业供热通风与空调专业系列教材

机 械 基 础

余 宁 主编

贺俊杰 主审

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

世界知识印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:15 字数:360 千字

2002 年 12 月第一版 2002 年 12 月第一次印刷

印数:1—3000 册 定价:24.00 元

ISBN 7-112-05115-0

G·346(10729)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址:<http://www.china-abp.com.cn>

网上书店:<http://www.china-building.com.cn>

前 言

《机械基础》是根据 2001 年 9 月建设部中等专业学校供热通风与空调专业指导委员会讨论制定(由建设部颁发)的教育标准和课程教学大纲要求来编写的。并作为“建筑给排水专业”、“建筑设备安装专业”必修的专业技术基础课程的教材,也可作为建筑设备类专业的函授和职业岗位培训的教材,以及从事以上专业的工程技术人员参考用书。

本书主要介绍了金属材料及热处理;常用金属材料(碳钢、铸铁、合金钢、铜合金、铝合金等)、非金属材料(塑料、陶瓷、橡胶)的类型、性能及使用;电、气焊与气割;常用机械传动与联接及机械零件;互换性、公差与配合及形位误差等方面的基础知识,为管道施工、建筑设备的安装、维护保养和运行管理打下必要的基础。

本书力求体现职业技术教育的特点,从培养应用型人才的要求出发,在编写过程中,贯彻实用性的原则,内容注重理论联系实际,符合职业教育的基本要求。

全书采用了国家最新技术规范 and 标准,尽量删繁就简、突出专业需要与实用,文字上力求简练、准确、通畅,配有大量图表,简明扼要,通俗易懂,便于自学。本书暂未出思考题和习题,授课教师可根据实际情况和学生特点,布置必要且实用的思考题或习题。

全书教学时数为 74 学时左右。考虑到中专生的要求和实际工作的需要,本书对某些章节内容打了“*”号处理,这些内容可根据需要作为选学。这些内容如不学,不会影响其他内容的学习。

全书由南京建筑工程学校高级讲师余宁主编,内蒙古建筑职业技术学院副教授贺俊杰主审。

限于编者水平及编写时间的限制,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2002 年 2 月

目 录

绪论	1
----------	---

第 1 篇 金属材料及热处理

第 1 章 金属的性能	2
1-1 金属的机械性能	2
1-2 金属的物理、化学性能和工艺性能	7
第 2 章 金属的晶体结构	10
2-1 金属及合金的晶体结构	10
2-2 金属的结晶及同素异构转变	13
第 3 章 铁碳合金	15
3-1 铁碳合金的基本组织	15
3-2 铁碳合金状态图	16
3-3 Fe-Fe ₃ C 合金状态图的应用	21
第 4 章 钢的热处理	23
4-1 热处理的意义、工艺及类型	23
4-2 钢在加热、冷却时的组织变化	24
4-3 钢的常用热处理工艺	28
4-4 钢的表面热处理	33
第 5 章 常用工程材料	37
5-1 碳素钢	37
5-2 合金钢	40
5-3 铸铁与铸钢	46
5-4 有色金属	51
5-5 非金属材料	57

第 2 篇 焊接与气割

概述	65
第 6 章 手工电弧焊	67
6-1 焊接电弧	67
6-2 手工电弧焊设备	70
6-3 电焊条	73
6-4 手工电弧焊工艺	79
6-5 常用金属材料的焊接	87
6-6 焊接应力与变形	96
第 7 章 气焊与气割	102

7-1 气焊、气割的设备及工具	102
7-2 气焊与气割用材料	108
7-3 气焊	111
7-4 气割	118
* 第 8 章 其他焊接方法	121
8-1 埋弧焊	121
8-2 气体保护电弧焊	122
8-3 电渣焊	123
8-4 电阻焊	125
8-5 等离子弧焊接与切割	127
8-6 钎焊	130
第 9 章 焊接缺陷及检验	134
9-1 常见焊接缺陷	134
9-2 焊接质量的检验	137

第 3 篇 机械传动和机械连接

概述	142
第 10 章 常用机械传动	146
10-1 平面连杆机构	146
10-2 间歇运动机构	152
10-3 齿轮机构与轮系传动	157
10-4 带传动与链传动	171
第 11 章 常用机械连接形式	179
11-1 螺纹连接	179
11-2 键、销连接	185
11-3 联轴器、离合器和制动器	188
第 12 章 支承零部件	196
12-1 轴	196
12-2 滑动轴承	199
12-3 滚动轴承	202
* 第 13 章 互换性与公差配合	208
13-1 标准化、通用化、系列化及互换性	208
13-2 公差与配合	208
13-3 表面粗糙度及形状位置公差	226
参考文献	232

绪 论

一、本课程的性质与内容

《机械基础》是供热通风与空调、建筑给水排水、建筑水电工程安装等建筑设备类专业的一门技术基础课程。其内容包括金属材料及热处理、焊接与气割、机械传动、联接、配合及零件等,主要讲述金属材料的性能、分类、牌号及用途,常用热处理工艺,手工电弧焊、气焊、气割的基本知识和常用机械零件、传动、联接、公差与配合的有关知识。这些知识,对于从事一般工业与民用建筑中通风与空调、供热、制冷、给水排水、锅炉设备等的安装施工、维护管理的技术人员来说是必不可少的。

二、课程的任务

通过本课程的学习,使学习者了解金属材料的主要性能,常用金属材料的牌号、主要用途和一般选用原则;常用热处理工艺,具有采用适当热处理工艺来改善金属材料性能的能力;熟悉手工电弧焊、气焊与气割的工艺,看懂焊接工艺符号,并初步具有电、气焊焊接与气割的能力和能分析焊接易产生缺陷的原因及防止措施的能力;了解常用机械联接的形式、特点及公差与配合的基础知识;了解常用机构的组成、传动原理、使用特点及常用机械零件选用的知识。通过学习,为建筑设备的安装、管道的施工及有关设备的维护管理打下必要的基础。

三、本课程与专业的关系

随着科学技术的迅猛发展,人民物质文化生活的不断提高,在现代建筑中,为了满足生产上的需要,提供卫生、舒适、安全的生活环境和工作环境,充分发挥建筑物应有的功能,设置完善的给水排水、供热与采暖、通风与空调、电梯等设备系统已是建筑必不可少的内容。

对于建筑设备类专业的工程技术人员和从事建筑设备施工安装、运行维护、操作管理的专业人员来说,掌握一定的机械基础知识则是必不可少的。例如,在管道施工中,锅炉、电梯设备施工中及其他建筑设备支承架等的施工中所用到的气焊、电焊及气割方面的知识和金属材料知识;锅炉胀管的热处理知识;以及给水排水、通风空调、供热采暖、锅炉、电梯等设备系统的机械,如泵、风机、运行机构等的施工安装、调试、运行维护所需的机械传动、机械联接、机械零件方面的知识;为了保证各种零件的装配和维修,常用零件必须具有互换性,需要了解的公差与配合的基本知识都是一个工程施工技术人员不可缺少的知识。如果不懂得有关的机械知识,则将无法进行上述系统设备的施工安装、调试及运行维护工作。

四、机械基础课程的特点及学习方法

机械基础是一门综合性的技术基础课程,内容十分丰富。本书介绍的金属材料及热处理,焊接与气割,机械传动、联接及零件三大部分内容基本上各自独立,相互影响不大,学习时可根据情况进行适当的前后调整或选学。

本课程的许多内容实践性较强,学习时应注意理论与生产实际相联系,能重视本课程安排的有关实践性教学环节和专业安排的实训操作项目。

本课程由于受教学时数和教学要求的限制,所讲内容只是有关机械的基础知识,或者说只是机械知识的一个入门。学习者若想对机械知识作进一步的探讨,还应参考有关机械专业方面的书籍。

第 1 篇 金属材料及热处理

第 1 章 金属的性能

金属材料的品种繁多,性能各不相同。为了合理地使用各种金属材料,了解金属的主要性能是十分必要的。

建筑设备工程上使用的金属材料以合金为主,很少使用纯金属。所谓合金是指由两种或两种以上的金属元素,或者金属元素与非金属元素所组成的具有金属性质的物质。例如,由铁和碳组成的钢,铜和锌组成的黄铜,铝与铜、镁、锰、硅等元素组成的铝合金都是建筑设备工程上常用的合金。

金属材料的性能,包括机械性能、工艺性能、物理性能和化学性能。

1-1 金属的机械性能

金属材料的机械性能是指金属抵抗外力作用的能力,又称为力学性能。通常所研究的机械性能主要指强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

一、强度

强度是指材料在外力作用下,抵抗塑性变形和断裂的能力。抵抗能力越大,强度越高。金属强度可分为抗拉、抗压、抗弯和抗剪强度,应用最普遍的是抗拉强度。

抗拉强度通常是通过材料的拉伸试验来测定。试验前先将试验材料做成符合国家标准的标准试样,如图 1-1 所示。图中 d_0 为试样直径, l_0 为计算长度(长试样 $l_0 = 10d_0$, 短试样 $l_0 = 5d_0$)。试验时,将试样装在拉伸试验机上,然后缓慢增加一个轴向静拉力 P , 观察由拉力引起的试样变形伸长量 Δl , 直到破坏为止。将拉力 P 和对应的变形伸长量 Δl 绘成图形, 称为拉伸图, 见图 1-2。

为了消除拉伸曲线与试件横截面积 F_0 和长度 l_0 的影响, 可用应力 σ 即单位截面积上的拉力 P/F

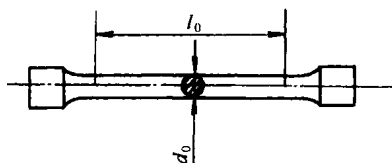


图 1-1 拉伸试样

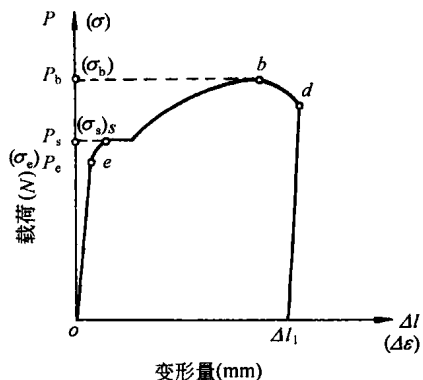


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线图

和应变 ϵ 即单位长度上的伸长量 $\Delta l/l_0$ 来替换 P 和 Δl , 便得到材料拉伸时的应力—应变曲线或 $\sigma-\epsilon$ 曲线。

根据 $\sigma-\epsilon$ 曲线, 低碳钢的拉伸过程可分为: 弹性阶段 oe 、屈服阶段 es 、硬化阶段 sb 和颈缩破坏阶段 bd 。

材料在屈服阶段的最低应力叫屈服极限, 用 σ_s 表示。对于没有明显屈服阶段的材料, 则以试样产生塑性应变 $\epsilon=0.2\%$ 时的应力作为屈服极限, 用 $\sigma_{0.2}$ 表示。材料在硬化阶段所能承受的最大应力叫强度极限, 用 σ_b 表示。

σ_s (或 $\sigma_{0.2}$) 和 σ_b 是表示金属材料强度的两个重要指标。材料不能在超过其 σ_s 的载荷条件下工作, 否则会引起机械零件不允许的塑性变形; 材料更不能在超过其 σ_b 的载荷条件下工作, 否则会导致机械零件的破坏。在暖通工程上, 压力容器、锅炉等的设计中, 计算应力都要控制在 σ_s 以下。

工程上, 还常用到屈强比的概念, 它是指 σ_s 与 σ_b 的比值, 即 σ_s/σ_b 。屈强比的大小能反映材料强度有效利用情况和安全使用程度的情况。材料的屈强比越小, 安全使用的可靠性越高, 一旦超载, 也能由于塑性变形使金属的强度提高 (常称硬化) 而不至于立刻断裂。但屈强比太小, 则材料强度的有效利用太低, 造成材料的浪费。根据零件的不同需要, 金属材料的屈强比可以通过预拉伸做冷处理或热处理等手段进行适当的调整。对于压力容器所用材料 σ_s 与 σ_b 的比值控制在 0.7 左右。

二、塑性

金属材料的塑性是指在外力作用下产生塑性变形而不破坏的能力。塑性越大, 材料受力所能产生塑性变形的程度越大。对于需锻压加工的金属零件, 就要求它具有良好的塑性。例如, 制作风管的钢板、煨弯水管、支承架等都需要良好的塑性。

材料的塑性指标也是通过拉伸试验确定出来的。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 Δl_1 同原来长度 l_0 (见图 1-2) 的百分比, 即:

$$\delta = \Delta l_1 / l_0 \times 100\%$$

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的百分比, 即

$$\psi = (F_0 - F_1) / F_0 \times 100\%$$

式中 F_0 ——试样原来的横截面面积, mm^2 , $F_0 = \frac{\pi d_0^2}{4}$;

F_1 ——试样断口处的横截面面积, mm^2 。

工程上将延伸率 $\delta \geq 5\%$ 的材料称为塑性材料, 把 $\delta < 5\%$ 的材料称为脆性材料。例如常用的 A_3 钢 (低碳钢 Q235) 的延伸率 $\delta = 20\% \sim 30\%$, 是典型的塑性材料; 而铸铁的 $\delta = 0.5\% \sim 0.6\%$, 属于典型的脆性材料。

三、弹性

材料的弹性是指外力去除后, 材料能完全恢复其原来形状的性能。材料在弹性阶段 (图 1-2 中 e 点以下), 当外力消除后, 变形消失, 这种变形叫做弹性变形。

金属材料的弹性常用弹性极限 (σ_e) 表示, 它是指材料只产生弹性变形的最大应力。

四、硬度

硬度是指金属材料抵抗硬物体压入的能力, 是衡量材料软硬或材料抵抗局部塑性变形

能力的一个指标。通常材料的硬度越高,其耐磨性越好。作为刀具的材料一定要比被切削的材料硬。

根据硬度试验方法的不同,常用的硬度指标有布氏硬度(HBS、HBW)和洛氏硬度(HRA、HRB、HRC)。一般布氏硬度用于较软材料硬度的表示,洛氏硬度用于较硬材料硬度的表示。

(一) 布氏硬度

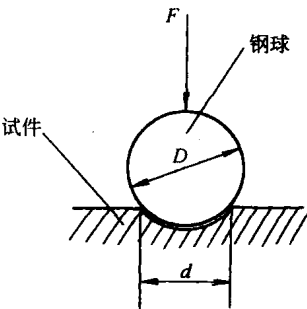


图 1-3 布氏硬度试验示意图

布氏硬度的测试原理如图 1-3 所示。它是采用直径为 D 的钢球,以一定的压力 F 将其压入被测金属表面,以留下的压痕球面积上所承受的载荷大小作为所测金属材料的布氏硬度值。当压头为淬火钢球时,布氏硬度用 HBS 表示,适用于测定布氏硬度值在 450 以下的材料;当压头为硬质合金球时,布氏硬度用 HBW 表示,适用于测定布氏硬度值在 450~650 的材料。符号 HBS 或 HBW 之前的数值为硬度值,例如 120HBS、330HBS。

布氏硬度适用于测定未经淬火的各种钢、灰口铸铁和有色金属的硬度。布氏硬度试验的特点是:

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,金属被测面积相对较大,受材料局部缺陷的影响小。(2) 可按所测 HB 值近似确定金属的抗拉强度。因为在 HB 与 σ_b 之间存在如下的近似关系:对于低碳钢 $\sigma_b \approx 0.36HB$;高碳钢 $\sigma_b \approx 0.34HB$;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) 只能用于试验硬度低于 HB450 的材料。因为淬火钢球自身硬度有限,测试硬度若太高,测量的精度会受到很大影响。(2) 压痕较大,不适宜成品和薄片金属零件的测验。

(二) 洛氏硬度

洛氏硬度的测试原理见图 1-4 所示。它是用顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 $\frac{1}{16}$ 英寸的钢球在被测材料上所压的压痕深度作为所测材料的洛氏硬度值。

根据压头和加载的不同,洛氏硬度有三种标记,分别用 HRA、HRB 和 HRC 表示。它们所用的压头、载荷及测试范围见表 1-1。

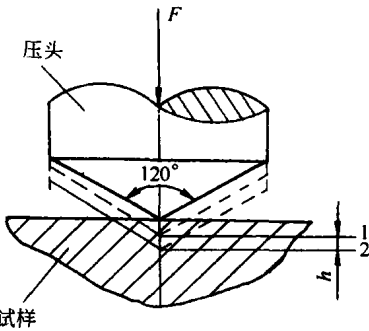


图 1-4 洛氏硬度的测试原理

洛氏硬度的压头、载荷及测试范围

表 1-1

标 尺	压 头 类 型	总载荷 $N(kgf)$	硬度测试范围	应 用 举 例
A	金刚石圆锥	558.4 (60)	20~85 HRA	高硬度零件、表面硬化层、硬质合金等
B	淬火钢球	980.7 (100)	20~100 HRB	退火钢、铸铁、铜合金、铝合金等
C	金刚石圆锥	1471 (150)	20~70 HRC	淬火钢、调质钢等

洛氏硬度试验的特点:

优点:(1)测量简单迅速,能直接从指示表上读出硬度值。(2)测量硬度的范围较广,既可测量最硬的金属材料,也可测量较软的金属材料。(3)压痕小,不损伤试件表面,故可测量成品。

缺点:因为压痕小,对组织不均匀的金属材料,如铸铁,其准确性不如布氏硬度。

布氏硬度 HB 与洛氏硬度及强度之间的关系参见表 1-2,以供换算比较。从表 1-2 可以看出,当 HB>220 时,HRC 与 HB 的关系大约为 1:10。

黑色金属硬度及强度换算表

表 1-2

洛氏硬度 HRB		布氏硬度 HB10D ²	近似强度值 σ_b (kgf/mm ²)	洛氏硬度 HRB		布氏硬度 HB10D ²	近似强度值 σ_b (kgf/mm ²)
100			80.3	79		130	49.8
99			78.3	78		128	48.9
98			76.3	77		126	48.0
97			74.4	76		124	47.2
96			72.6	75		122	46.4
95			70.8	74		120	45.6
94			69.1	73		118	44.0
93			67.5	72		116	44.2
92			65.9	71		115	43.5
91			64.4	70		113	42.9
90			62.9	69		112	42.3
89			61.4	68		110	41.8
88			60.1	67		109	41.2
87			58.7	66		108	40.7
86			57.5	65		107	40.3
85			56.2	64		106	39.8
84			55.0	63		105	39.4
83			53.9	62		104	39.0
82		138	52.8	61		103	38.6
81		136	51.8	60		102	38.3
80		133	50.8				

洛氏硬度		布氏硬度 HB30D ²	近似强度值* σ_b (kgf/mm ²)	洛氏硬度		布氏硬度 HB30D ²	近似强度值 σ_b (kgf/mm ²)
HRC	HRA			HRC	HRA		
(70)	(86.6)			54	77.9		203.4
(69)	(86.1)			53	77.4		195.7
(68)	(85.5)			52	76.9		188.5
67	85.0			51	76.3	(501)	181.7
66	84.4			50	75.8	(488)	175.3
65	83.9			49	75.3	(474)	169.2
64	83.3			48	74.7	(461)	163.5
63	82.8			47	74.2	449	158.1
62	82.2			46	73.7	436	152.9
61	81.7			45	73.2	424	148.0
60	81.2		260.7	44	72.6	413	143.4
59	80.6		249.6	43	72.1	401	138.9
58	80.1		239.1	42	71.6	391	134.7
57	79.5		229.3	41	71.1	380	130.7
56	79.0		220.1	40	70.5	370	126.8
55	78.5		211.5	39	70.0	360	123.2

续表

洛氏硬度		布氏硬度 HB30D ²	近似强度值* $\sigma_b(\text{kgf/mm}^2)$	洛氏硬度		布氏硬度 HB30D ²	近似强度值 $\sigma_b(\text{kgf/mm}^2)$
HRC	HRA			HRC	HRA		
38		350	119.7	28		269	91.7
37		341	116.3	27		263	89.5
36		332	113.1	26		257	87.4
35		323	110.0	25		251	85.4
34		314	107.0	24		245	83.5
33		306	104.2	23		240	81.6
32		298	101.5	22		234	79.9
31		291	98.9	21		229	78.2
30		283	96.4	20		225	76.7
29		276	94.0				

* 表中 σ_b 值为便于和硬度值比较,单位用 kgf/mm^2 , $1\text{kgf/mm}^2 = 9.8\text{MPa}$ 。

五、冲击韧性

前面讨论的是静载荷下的机械性能,但在机器运转中,有很多零件会受到冲击载荷的作用。冲击载荷比静载荷的破坏力要大得多。我们将金属材料抵抗冲击载荷而不致破坏的能力叫做冲击韧性,简称“韧性”。

金属材料韧性的大小用指标冲击值来衡量,其测定方法如图 1-5 所示。它是将一定形状和尺寸的试样 2 安装在冲击试验机的支座上,再将试验机上的摆锤 1 从一定高度 H 处自由落下,在冲断试样后,摆锤继续向前升高到 h 高度。则消耗于冲断试样单位横截面积上的冲击功即为冲击韧性值 a_k 。即:

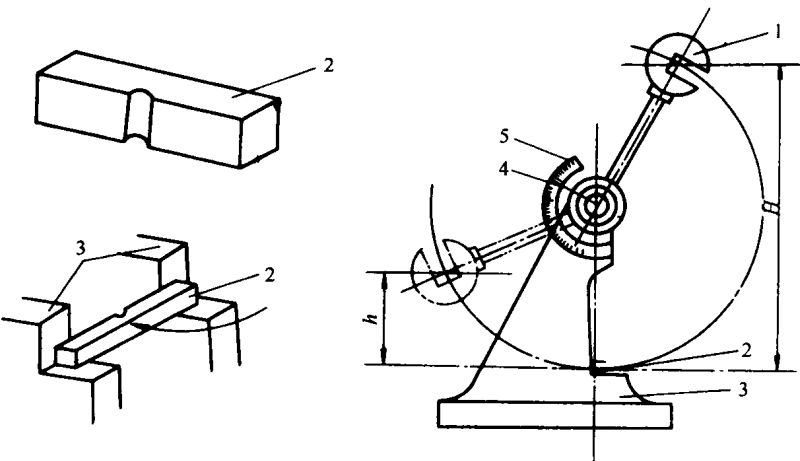


图 1-5 冲击试验简图
1—摆锤;2—标准试样;3—支座;4—指针;5—刻度盘

$$a_k = \frac{W_k}{A} = \frac{G(H-h)}{A}$$

式中 W_k ——冲击功,J;
 A ——试样断口横截面积, cm^2 ;
 G ——摆锤重力,N。

常用的冲击试验机,冲击功可以从刻盘上读出,一般不需要计算。显然 a_k 值越大,表示材料的韧性越好,受到冲击时越不容易断裂。

温度对材料的冲击值大小有很大的影响。有些材料在室温时(20℃左右)有一定的 a_k 值,但在零下的低温时, a_k 值下降很大,易发生脆断。这一现象对在低温下工作的制冷设备、空调机等机械应引起注意。

六、疲劳强度

在机械中,许多零件是在交变载荷下工作的。其工作载荷虽然远低于屈服极限,但经过相当时间后,也会发生断裂。这种现象叫做疲劳断裂,即金属的疲劳损坏。

金属材料在无数次(试验一般规定:钢为 $10^6 \sim 10^8$ 次,有色金属为 $10^7 \sim 10^8$ 次)重复的交变载荷作用下,而不至于破裂的最大应力称为疲劳强度,或称疲劳极限,用符号 σ_{-1} 表示。

金属疲劳强度与抗拉强度间具有一定的近似关系。一般钢 $\sigma_{-1} \approx (0.4 \sim 0.55) \sigma_b$; 有色金属 $\sigma_{-1} \approx (0.3 \sim 0.4) \sigma_b$ 。

大多数疲劳裂纹都是先从工件表面形成的,因此,采用表面强化处理,如表面淬火、渗碳、氮化、喷丸等处理,或提高工件表面光洁度,都能大大提高疲劳强度。

1-2 金属的物理、化学性能和工艺性能

一、物理性能

金属的主要物理性能是指相对密度、熔点、热膨胀性和导热性等。

(一) 相对密度

相对密度原称“比重”,是材料的质量与同等体积水的质量的比值。常用金属材料的相对密度差别很大,如碳钢为 7.8~7.85、合金钢 7.9、铸铁 7.15,而铝只有 2.7,钛合金为 4.5。

在机械制造时,往往需同时考虑材料的强度和相对密度,即要求零件能体积小、重量轻、强度高。这里引出材料的比强度的概念,它是指强度与相对密度的比值。钢的强度虽高,但相对密度也大;铝、铜等轻质合金相对密度虽小,但强度也低。所以它们的比强度都不高。在各种金属中,比强度最高的是钛,其相对密度只有铁的一半,而强度则比铁高。因此,高比强度的钛合金在国防科学上应用广泛。

(二) 熔点

熔点是指材料由固态变为液态时的温度。熔点高的金属材料,在高温工作时,一般能保持良好的机械性能。因此,高温下工作的零件,如高压蒸汽锅炉需采用熔点较高的结构钢来制造。

(三) 热膨胀性

热膨胀性是指材料在加热时,其体积增大的性质。金属的热膨胀性常用线膨胀系数 α 来表示。所谓线膨胀系数是材料单位长度、单位温升时的伸长量。例如,碳钢在 20℃ 时的线膨胀系数 $\alpha = 11.4 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 。

在设计或组装热力管网、锅炉、换热器等设备时,必须考虑材料的热膨胀性,不然会引起固定支承及设备内部构件很大的膨胀力。

(四) 导热性

导热性是指材料传导热量的能力,它是用材料的导热系数来反映的。所谓导热系数是

指材料单位时间内、单位长度内相差单位温度差时,能够通过单位面积的热量。

导热性好的金属材料,加热或冷却时,内外温差小,产生的内应力也小。在进行焊接、热处理时,对于导热性较差的高速钢,必须采用较慢的加热或冷却速度,才能防止裂纹。

导热性好的零件散热性也好。为了提高换热设备的工作效率,应选择导热性好的材料来制造。

二、化学性能

机械材料所要求的化学性能主要是指材料抵抗化学侵蚀的能力,如耐锈性、抗氧化性、耐酸耐碱性等。

金属的化学腐蚀是相当严重的。据统计,全世界每年由于腐蚀而报废的金属设备和材料近1亿吨,相当于金属年产量的 $\frac{1}{4}$ 。因此,做好金属的抗腐抗蚀工作是十分重要的。

(一) 耐锈性

由于空气中存在氧、水蒸气、一氧化碳以及二氧化硫等气体,金属将受到它们不同程度的锈蚀。如钢的生锈,铜产生的绿锈等。

金属材料的耐锈性就是指其抵抗锈蚀的能力。为了提高金属材料的耐锈能力,可在金属表面涂防锈漆或镀一层耐蚀性较高的金属材料,如镀锌、镀铬。

(二) 抗氧化性

抗氧化性是指材料抵抗高温氧化性腐蚀作用的能力。对于锅炉、高温高压管等设备材料,不仅要求它们耐热,而且要求它们具有良好的抗氧化性,如耐热钢。否则,由于材料表面的氧化层剥落,造成管壁变薄而强度下降。

(三) 耐酸耐碱性

它是指材料抵抗酸或碱腐蚀的能力。酸、碱对金属材料的腐蚀要比空气强烈得多。对于在这类介质中工作的管道、设备应采用耐酸、耐碱能力强的不锈钢、铜合金以及陶瓷等非金属材料制造。

三、工艺性能

金属材料的工艺性能,是指它在加工过程中表现出来的接受加工的难易程度。其主要包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能等。

(一) 铸造性能

它是指金属材料采用铸造方法获得合格铸件的能力。

金属材料的铸造性能可用材料的流动性、收缩性和偏析倾向来反映。流动性表征了熔化后的金属液体充满铸型的能力;收缩性是反映金属由液态向固态凝固后体积收缩的程度;偏析则是指金属浇铸凝固后内部化学成分和组织、性能的不均匀性。一般来说,熔点低的金属铸造性能比熔点高的要好。

(二) 锻造性能

它是指金属材料在一定温度范围内承受压力加工来改变形状而不至破坏、开裂的能力。一般来说,塑性好的材料,锻造性能也好。

(三) 焊接性能

它是指金属材料用焊接方法获得良好焊缝的难易程度。焊接性能好,表示材料比较好焊。

（四）切削性能

它是指金属材料被切削加工时获得良好表面的能力。切削性能主要与材料的硬度、韧性等有关。

（五）热处理性能

它是指金属材料在热处理过程中,获得所要求的热处理效果的难易程度。主要指淬硬性、淬透性。淬硬性指材料在正常淬火条件下所能获得的最大硬度;淬透性指材料淬火时所能获得的淬硬层深度。

第 2 章 金属的晶体结构

金属及合金的性能不仅与其化学元素有关,而且还与它们的内部组织结构有关。本章主要讨论金属的常见晶体结构、结晶过程及金属组织结构与机械性能间的关系。

2-1 金属及合金的晶体结构

一、金属的晶体结构

自然界中的化学元素有金属和非金属两大类,其中金属元素约占四分之三。在工程上使用的固态金属,其原子都成有规则的排列,属于晶体物质,见图 2-1(a)所示。

为了便于分析比较各种晶体中的原子排列规则,通常把描述原子在晶体中排列的空间格式称为晶格,见图 2-1(b)所示。晶格的基本单位称为晶胞,如图 2-1(c)所示。常见的金属晶格类型有以下三种:

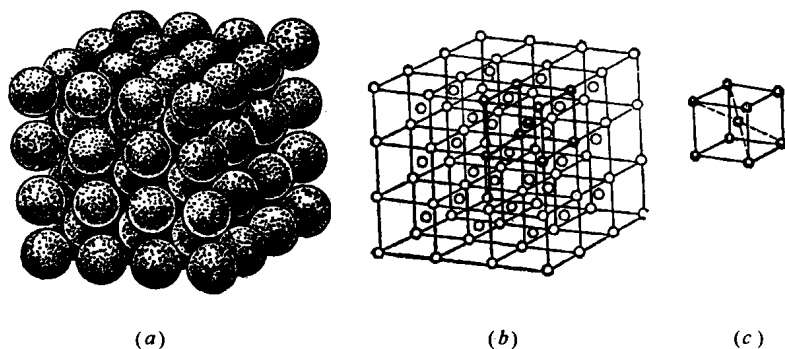


图 2-1 晶体及晶格示意图
(a) 晶体中原子的排列;(b) 晶格;(c) 晶胞

(一) 体心立方晶格

体心立方晶格的晶胞是一个立方体,在晶胞的每个角上和中心各有一个原子,见图 2-2(a)所示。

属这类晶格的金属有二十多种,如铬(α -Cr)、钛(β -Ti)、钨(W)、钼(Mo)、钒(V)、铌(Nb)和温度在 $1538\sim 1394^{\circ}\text{C}$ 之间及 912°C 以下的铁(α -Fe)等。它们一般具有较高的熔点,较高的强度和较好的塑性。

(二) 面心立方晶格

面心立方晶格也是一个立方体,但在晶胞的每个角上和立方体每个面的中心各有一个原子,见图 2-2(b)所示。

属于这类晶格的金属也有二十余种,如铜(Cu)、铝(Al)、镍(Ni)、铅(Pb)、银(Ag)、金(Au)、锰(γ -Mn)、钴(β -Co)和温度在 $912\sim 1394^{\circ}\text{C}$ 的铁(γ -Fe)等。它们的塑性都很好。

(三) 密排六方晶格

这种晶格的晶胞是一个正六棱柱体,其晶胞的每个角和上、下底面中心各有一原子外,

在晶胞的中间还排列着三个原子,见图 2-2(c)所示。

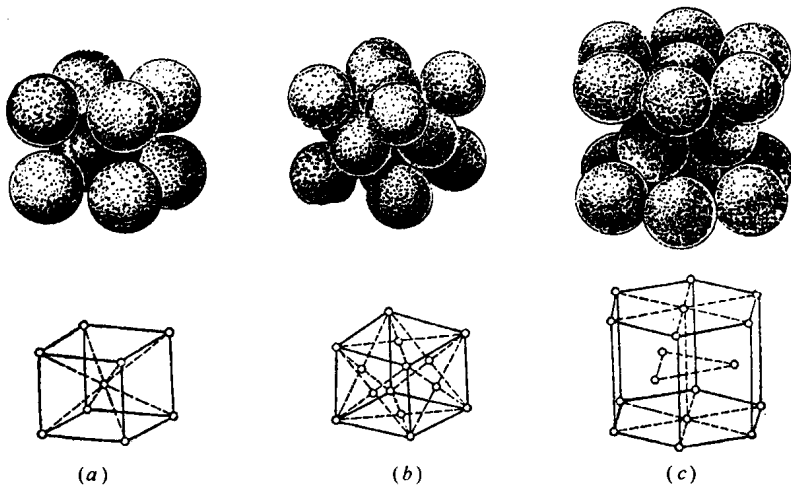


图 2-2 常见金属晶格的类型
(a) 体心立方晶格;(b) 面心立方晶格;(c) 密排六方晶格

属于这类晶格的金属有三十多种,如镁(Mg)、钛(α -Ti)、锌(Zn)、铍(Be)、钴(α -Co)和铬(β -Cr)等。

二、实际金属的组织与结构

金属的晶体组织有单晶体和多晶体之分。如果整个金属只有一个晶粒构成,则叫做单晶体,见图 2-3(a)所示。如果金属是由很多方位不同的小晶体所组成,见图 2-3(b)所示,则称为多晶体。单晶体在自然界中很少存在,相当大的单个金属晶粒只有用人工的方法专门生产。实际的金属材料都是多晶体。

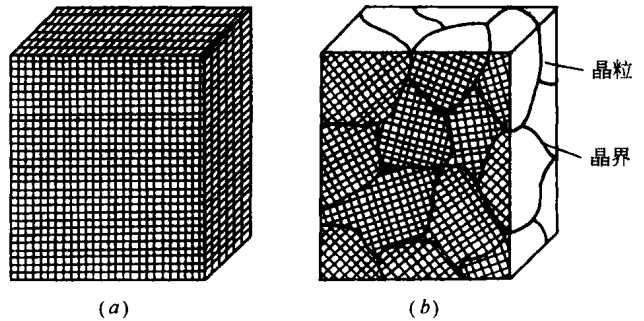


图 2-3 单晶体与多晶体的结构示意图
(a) 单晶体;(b) 多晶体

对于单晶体金属来说,由于各晶面和各晶向上原子排列密度的不同,金属的机械性能表现出方向上的各向异性;而在多晶体金属中,由于各晶粒方向上的随意性,各单晶体的各向异性彼此抵消,一般表现出性能的各向同性。

实际金属不仅是由多晶体组成,而且其晶体内存在许多缺陷。这些缺陷对金属的机械性能和物理、化学性能都有显著的影响。

(一) 面缺陷

多晶体金属由于晶粒与晶粒之间结晶方位的不同,形成交界,叫做“晶界”,见图 2-3(b)所示。该处的原子排列是不整齐的,晶格歪扭畸变,并常有杂质存在。这使得晶界比起晶粒内部来说抗蚀性要差,熔点要低。由于细晶粒金属比粗晶粒金属的晶界多得多,使得细晶粒

金属的强度比粗晶粒金属要高,塑性、韧性要好。

(二) 线缺陷

如图 2-4 所示,在某个晶面又插入一个原子面(叫多余半晶面)形成了一个刃型位错。实际金属晶体内存在大量的位错。实验表明,经冷加工塑性变形后,由于位错密度的增加,可使金属的强度大大提高。

(三) 点缺陷

如图 2-5 所示,晶格中存在“空位”与“间隙”原子等点缺陷,使得晶体结构发生歪曲畸变。其结果使金属的屈服强度提高。

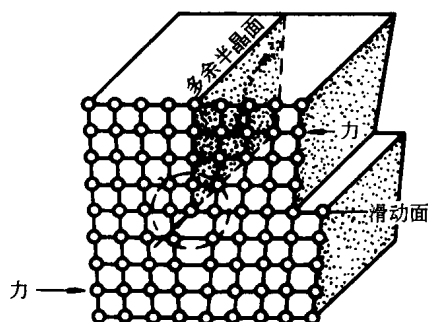


图 2-4 刃型位错的示意图

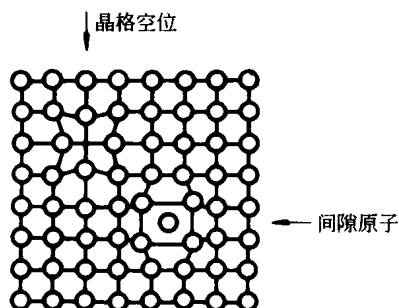


图 2-5 点缺陷示意图

三、合金的构造及特性

纯金属的强度和硬度一般较低,不能满足工程设备制造的需要。故工程上所用的金属材料大都是合金。

通常把组成合金的元素称为组元。组元一般指纯金属,但稳定化合物也可看成是一个组元。根据组元的数目,合金可分为二元合金,三元合金等。例如,钢是铁和碳组成的二元合金,黄铜是铜和锌组成的二元合金。按照合金固态时结构的情况,合金一般可分为以下三类:

(一) 固溶体

合金各组元在固态时具有相互溶解能力而形成均匀的固体,这种固体合金称为固溶体。固溶体仍保留基本组元(溶剂)的晶格。例如,黄铜就是锌(溶质)原子溶入铜(溶剂)的晶格中而形成的固溶体。

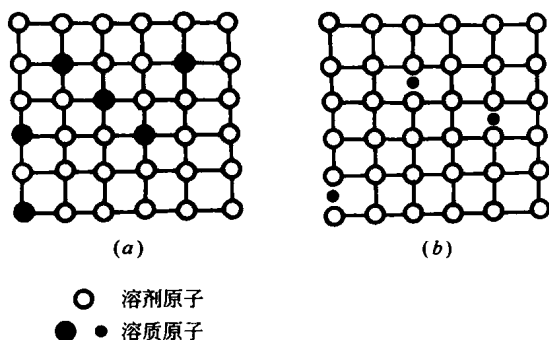


图 2-6 固溶体结构示意图
(a) 置换固溶体;(b) 间隙固溶体

按照溶质原子在溶剂晶格中所占的位置不同,固溶体可分为置换固溶体和间隙固溶体两种,见图 2-6 所示。

固溶体的性能由于是在溶剂元素性能的基础上的强化,使固溶体不但有较高的强度、硬度,并且还保持有足够的韧性和塑性。

(二) 化合物

它是指合金各组元的原子按照一定的数量比相互化合成一种完全不同于原来组元晶格的固体物质。化合物的性能