

高职高专“十五”规划教材

GAOZHI
GAOZHUAN
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

机械 工程 材料

余建宏 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

高职高专“十五”规划教材

GAOZHI
GAOZHUAN
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

机械工程材料

主 编 余建宏
编 写 曲传江 吴汉香
刘美华
主 审 陈敏熊



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书是根据中国电力教育协会“十五”规划高职高专系列教材指导委员会第一次会议精神,为适应高职高专院校教学改革的要求并解决本课程在教学中存在的问题而编写的。内容包括:材料性能,金属晶体结构,金属结晶,金属塑性变形与再结晶,钢热处理原理及工艺,碳钢及合金钢,铸铁,有色金属及其合金,非金属材料,机械零件失效与选材共十章。

本书可作为高职高专院校机械类各专业的教材,也适合机械工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程材料/余建宏主编. —北京:中国电力出版社, 2005

高职高专“十五”规划教材

ISBN 7-5083-3029-3

I. 机... II. 余... 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(2005)第 009538 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 3 月第一版 2005 年 3 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.75 印张 293 千字
印数 0001—3000 册 定价 19.80 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

序

随着新世纪的到来,我国进入全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。新世纪新阶段的新任务,对我国高等职业教育提出了新要求。我国加入世界贸易组织和经济全球化迅速发展的新形势,也要求高等职业教育必须开创新局面。

高职高专教材建设是高等职业教育的重要组成部分,是一项极具重要意义的基础性工作,对高等职业教育培养目标的实现起着举足轻重的作用。为贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》精神,进一步推动高等职业教育的发展,加强高职高专教材建设,根据教育部关于通过多层次的教材建设,逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系的精神,中国电力教育协会会同中国高等职业技术教育研究会和中国电力出版社,组织有关专家对高职高专“十五”教材规划工作进行研究,在广泛征求各方面意见的基础上,制订了反映电力及相关行业特点、体现高等职业教育特色的高职高专“十五”教材规划。同时,为适应电力体制改革和电力高等职业教育发展的需要,中国电力教育协会筹备组建全国电力高等职业教育教材建设指导委员会,以便更好地推动新世纪电力高职高专教材的研究、规划与开发。

高职高专“十五”规划教材紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才开展编写工作。基础课程教材注重体现以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点;专业课程教材着重加强针对性和实用性。同时,“十五”规划教材不仅注重内容和体系的改革,还注重方法和手段的改革,以满足科技发展和生产实际的需求。此外,高职高专“十五”规划教材还着力推动高等职业教育人才培养模式改革,促进高等职业教育协调发展。相信通过我们的不断努力,一批内容新、体系新、方法新、手段新,在内容质量上和出版质量上有突破的高水平高职高专教材,很快就能陆续推出,力争尽快形成一纲多本、优化配套,适用于不同地区、不同学校、特色鲜明的高职高专教育教材体系。

在高职高专“十五”教材规划的组织实施过程中,得到了教育部、国家电力公司、中国电力企业联合会、中国高等职业技术教育研究会、中国电力出版社、有关院校和广大教师的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

教材建设是一项长期而艰巨的任务,不可能一蹴而就,需要不断完善。因此,在教材的使用过程中,请大家随时提出宝贵的意见和建议,以便今后修订或增补。(联系方式:100761 北京市宣武区白广路二条1号综合楼9层 中国电力教育协会教材建设办公室 010-63416237)

中国电力教育协会

前 言

“工程材料”课程是工科院校机械类专业的一门技术基础课。随着科学技术的发展,新材料的不断开发和应用,不仅要求工程技术人员要掌握传统的金属材料,而且对新材料也要有一定的了解,如陶瓷材料、高分子材料、复合材料等非金属材料。本课程以金属材料为重点,适当增加非金属材料的篇幅,在强调基本概念和基础理论的同时介绍各类工程材料的相关知识。通过本课程的学习,了解常用材料的成分、组织、性能之间的关系,了解强化金属的途径;掌握钢的热处理原理的基本概念,了解热处理工艺在机械加工流程中的位置和作用,熟悉常用金属材料的牌号、成分、组织及用途,初步具备合理选材、正确制定加工工艺以及失效分析的能力。

本书共十章,内容包括金属材料和非金属材料两大部分。第一章为材料的性能;第二章至第八章为金属材料,内容包括金属的结构,金属的液态和固态相变,常用金属材料等;第九章为非金属材料,内容包括陶瓷材料、高分子材料和复合材料;第十章为材料的选用及其失效分析。

本书第一、六、十章由余建宏编写;第二、三、四、九章由曲传江编写;第五章由吴汉香编写;第七、八章由刘美华编写。全书由余建宏主编,陈敏熊主审。

由于编者水平有限,本书难免存在缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者

2005年1月

目 录

序

前言

第一章 材料的性能	1
第一节 材料的使用性能	1
第二节 材料的工艺性能	7
第二章 金属的晶体结构	9
第一节 纯金属的晶体结构	9
第二节 合金的晶体结构	17
第三章 金属的结晶	22
第一节 纯金属的结晶	22
第二节 合金的结晶	29
第三节 铁碳合金	42
第四章 金属的塑性变形与再结晶	54
第一节 金属的塑性变形	54
第二节 塑性变形对金属组织和性能的影响	58
第三节 变形金属在加热时的组织和性能变化	60
第四节 金属的热加工	62
第五章 钢的热处理原理及工艺	64
第一节 钢的热处理原理	64
第二节 钢的普通热处理工艺	73
第三节 钢的淬透性及应用	77
第四节 钢的表面淬火	79
第五节 钢的化学热处理	81
第六章 碳钢及合金钢	86
第一节 碳钢	86

第二节 合金钢	89
第三节 粉末冶金及其运用	118
第七章 铸铁	124
第一节 概述	124
第二节 常用铸铁	130
第三节 合金铸铁	136
第八章 有色金属及其合金	139
第一节 铝及铝合金	139
第二节 铜及铜合金	144
第三节 钛及钛合金	149
第四节 轴承合金	151
第九章 非金属材料	155
第一节 高分子材料的基础知识	155
第二节 高分子材料	159
第三节 陶瓷材料	164
第四节 复合材料	169
第十章 机械零件失效与选材	182
第一节 零件失效与选材的关系	182
第二节 选用材料基本原则	187
第三节 典型零件选材及热处理	189
参考文献	196

第一章

材 料 的 性 能

材料的性能包括使用性能和工艺性能两方面。使用性能是指材料在使用条件下所表现出来的性能,包括机械性能、物理性能和化学性能;工艺性能是指制造工艺过程中,材料承受各种加工的能力。

第一节 材料的使用性能

一、材料的机械性能

材料在外力作用下所表现出来的性能,称为机械性能,或称力学性能。它包括材料的弹性、刚度、强度、塑性、硬度、冲击吸收功、疲劳强度和断裂韧性等,是结构材料应具备的最主要性能。

(一) 弹性和刚度

材料在外力作用下要发生变形,如果外力去除后,材料能恢复到原来形状,那么这样的变形称为弹性变形。材料不产生永久变形的性能,称为弹性。材料在弹性范围内,应力与应变成正比,即

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

式中 σ ——应力;

ϵ ——应变;

E ——弹性模量。

材料不产生永久变形的最大应力,称为弹性极限,用 σ_e 表示。

弹性模量 E 是衡量材料产生弹性变形难易程度的指标。材料的 E 愈大,表示在一定应力作用下能发生的弹性变形愈小,即材料的刚度愈大。

金属材料的弹性模量大小,仅取决于材料本身,合金化、冷热加工对它的影响很小。但弹性模量随温度的升高而逐渐降低。

(二) 强度

在外力作用下,材料抵抗变形和断裂的能力称为强度。按外力的类型不同,强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗扭强度等。金属材料在承受拉力时,其抵抗变形和断裂的能力主要用屈服强度 σ_s 和抗拉强度 σ_b 两个指标来衡量。

1. 屈服强度

当材料所受的应力超出弹性范围,这时若去除外力,材料不能完全恢复到原来形状,即保留一部分的残余变形,这部分变形称为塑性变形。材料在外力作用下开始产生塑性变形的最低应力,称为屈服强度,用 σ_s 表示。屈服强度是材料抵抗微量塑性变形的能力,是设计时的主要参数之一。

2. 抗拉强度

抗拉强度是材料被拉断前,能承受的最大应力,用 σ_b 表示。它也是设计和选材的主要参数之一。

金属材料的强度与其化学成分和工艺过程有密切关系。

(三) 塑性

材料在外力作用下,产生塑性变形而不断裂的性能称为塑性。塑性大小用延伸率 δ 和断面收缩率 φ 两个指标来衡量。

材料的 δ 、 φ 愈大,表示材料的塑性愈好。塑性好的金属材料,可进行大变形量的加工(如轧制、拉拔、深冲成型等)而不被破坏。在使用过程中,塑性好的材料,在超载时,由于首先产生塑性变形而不致发生突然断裂,从而提高零件使用的可靠性。

以上几个机械性能指标,可以通过材料的拉伸试验测得。拉伸试验是先将材料加工成如图1-1(a)的标准试样;然后放到拉伸试验机上进行拉伸,随着外力的增加,试样经过弹性变形、塑性变形、最后断裂,见图1-1(b);测得的应力—应变曲线,见图1-1(c)。

曲线中 oe 为弹性变形阶段, e 点对应的应力为材料的弹性极限 σ_e 。 s 点为屈服点,表明材料开始发生明显塑性变形, s 点对应的应力为屈服强度 σ_s 。 b 点对应的应力为材料所能承受的最大应力,即抗拉强度 σ_b 。材料在 z 点处发生断裂。

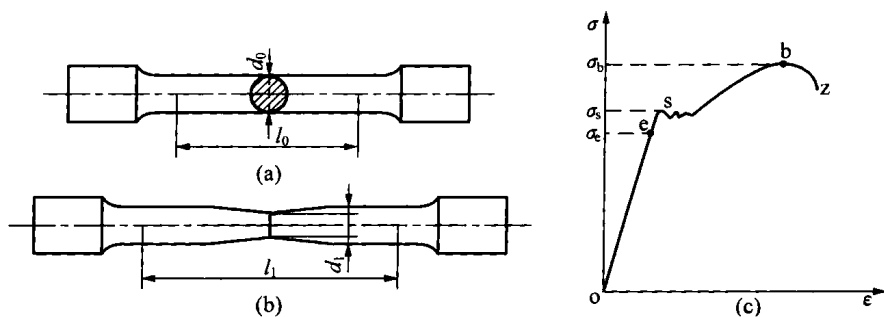


图 1-1 拉伸试样及低碳钢应力—应变曲线
(a) 拉伸前; (b) 拉伸后; (c) 低碳钢应力—应变曲线

塑性指标 δ 、 φ 的计算如下

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

$$\varphi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$

式中 L_1 ——试样拉断后的长度；
 L_0 ——试样原始长度；
 F_1 ——试样拉断处的截面积；
 F_0 ——试样原始截面积。

需要指出的是，对没有明显的屈服点的材料（见图 1-2），则用产生 0.2% 残余应变时的应力值作为材料的屈服强度，用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

（四）硬度

硬度是指材料表面抵抗其他硬物压入的能力。由于硬度的测量方法很多，因此表示方式也有多种。工程上常用的有以下三种。

1. 布氏硬度

布氏硬度的测试原理是：用直径为 D 的淬火钢球（或硬质合金球），以一定的压力 P 压入被测材料的表面 [见图 1-3 (a)]，保持一定时间后，卸除载荷 P ，在材料的表面留下一直径为 d 的压痕 [见图 1-3 (b)]。载荷 P 除以压痕表面积所得之值即为布氏硬度，用符号 HB 表示。由于压头的材料不同，因此布氏硬度值用不同的符号表示以示区别。当压头为淬火钢球时，其符号为 HBS（适用于布氏硬度值在 450 以下的材料）；当压头为硬质合金球时，其符号为 HBW（适用于布氏硬度值为 450 ~ 650 的材料）。

$$HB = 0.102 \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

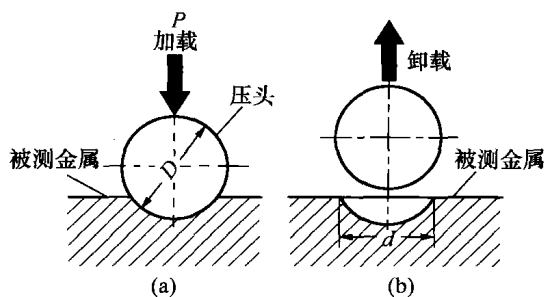


图 1-3 布氏硬度测试原理

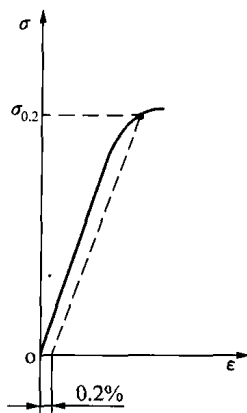


图 1-2 铸铁应力—应变曲线

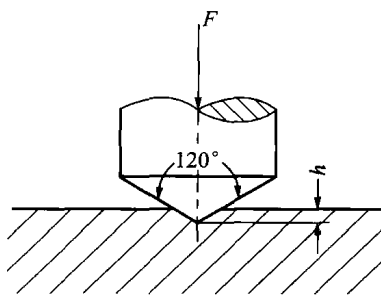


图 1-4 洛氏硬度测试原理

布氏硬度主要用于测试硬度较低的金属材料，如退火、正火及调质处理后的钢材、铸铁、有色金属等。

2. 洛氏硬度

洛氏硬度的测试原理是：采用顶角为 120° 的金刚石圆锥压头（或钢球），以一定的载荷压入被测材料表面（见图 1-4）；根据压入的深度来度量材料的硬度，压入的深度越大，表示材料的硬度越低，压入的深度可以在洛氏硬度计的表盘上显示。因此，洛氏硬度的测量值

可以在硬度计上读得。

根据压头的种类和载荷大小,洛氏硬度有多种表示方式,常用的有 HRA、HRB、HRC 三种(见表 1-1)。其中 HRC 是采用顶角为 120° 的金刚石圆锥压头,载荷为 150N,一般用于测量硬度较高的材料(如淬火处理后的钢材等)。

表 1-1 洛氏硬度试验规范

标 尺	压 头	总载荷 (N)	适用测试材料	有效值
HRA	120° 金刚石圆锥体	588.4	硬质合金、表面淬火钢	60 ~ 85
HRB	$\phi 1.588\text{mm}$ 淬火钢球	980.7	退火钢、非铁合金	20 ~ 100
HRC	120° 金刚石圆锥体	1471	一般淬火钢件	20 ~ 70

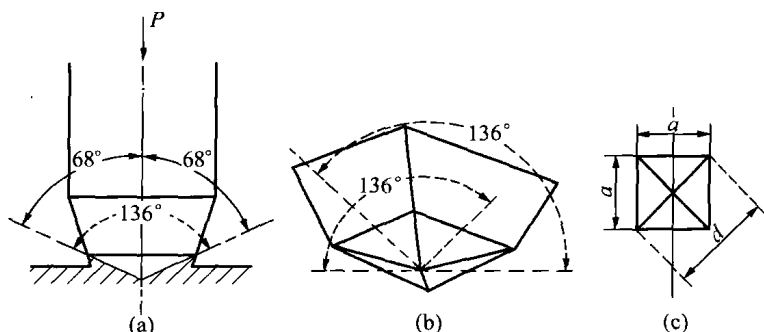


图 1-5 维氏硬度的试验原理

(a) 维氏硬度试验原理剖面图; (b) 顶角为 136° 的金刚石压头; (c) 被测材料表面压痕

3. 维氏硬度

维氏硬度的测试原理[见图 1-5 (a)]: 使用的压头是顶角为 136° 的金刚石正四棱锥体[见图 1-5 (b)], 在载荷 P 的作用下压入被测材料表面, 保持一段时间后, 卸除载荷, 在被测材料的表面留下一四方锥形压痕[见图 1-5 (c)], 测量压痕的对角线长度 d , 可计算出压痕的表面积

积 F , P/F 的值便是维氏硬度值, 维氏硬度用符号 HV 表示

$$HV = P/F = 1.8544 P/d^2$$

维氏硬度适用于测定材料表面的硬化层、金属镀层及薄片金属的硬度。载荷 P 可从 49.03 ~ 980.7N 范围内根据试样大小、厚薄和其他条件进行选择。

(五) 冲击吸收功

许多机械零件在工作时要受到冲击载荷, 如风铲、锤杆、冲模和锻模等。冲击载荷引起的应力比静载荷大得多, 因此有更大的破坏作用, 金属材料抵抗冲击载荷的能力称为韧性。目前工程技术上常用一次摆锤冲击试验来测定金属受冲击载荷的能力。

测量方法: ①先将材料加工成带有 V 型或 U 型缺口的标准试样, 如图 1-6 所示。②将标准试样放到冲击试验机上, 将具有一定重量 G 的摆锤举至一定高度 H_1 , 使其获得一定的势能 GH_1 , 再将其释放, 冲断试样, 摆锤的剩余势能 GH_2 (见图 1-7)。③根据摆锤势能差, 测得试样冲击吸收功 A_k 为

$$A_k = GH_1 - GH_2$$

式中: A_k 为冲击吸收功 (J)。使用不同类型的试样, 其冲击吸收功分别标为 A_{kU} (U 型缺口) 或 A_{kV} (V 型缺口)。

冲击吸收功 A_k 除以缺口处截面积 S_0 得到材料的冲击韧性 a_k , 即

$$a_k = \frac{A_k}{S_0}$$

冲击吸收功 A_k 值越大, 则材料的韧性越好。材料的冲击吸收功的大小受材料的显微组织、宏观缺陷以及环境温度等因素影响, 因而测得的冲击韧性值误差较大。冲击吸收功可用于检验冶炼、热加工、热处理等工艺的质量。

(六) 断裂韧性

工程零 (构) 件在应力低于许用应力的情况下, 有时也会发生突然断裂, 称为低应力脆断。其原因是实际使用的材料中常常存在一些裂纹或类似裂纹的缺陷, 如材料本身缺陷 (夹杂、气孔等) 或

加工和使用过程中产生的缺陷, 裂纹在应力的作用下失稳而扩展, 导致零 (构) 件断裂。

如图 1-8 所示, 当材料中存在一长为 $2a$ 的裂纹, 在应力的作用下裂纹尖端前沿存在应力集中, 形成裂纹尖端应力场, 按断裂力学分析, 其大小可用应力强度因子 K_I 来描述

$$K_I = Y\sigma\sqrt{a}$$

式中 K_I ——应力强度因子 ($\text{MN}/\text{m}^{3/2}$);

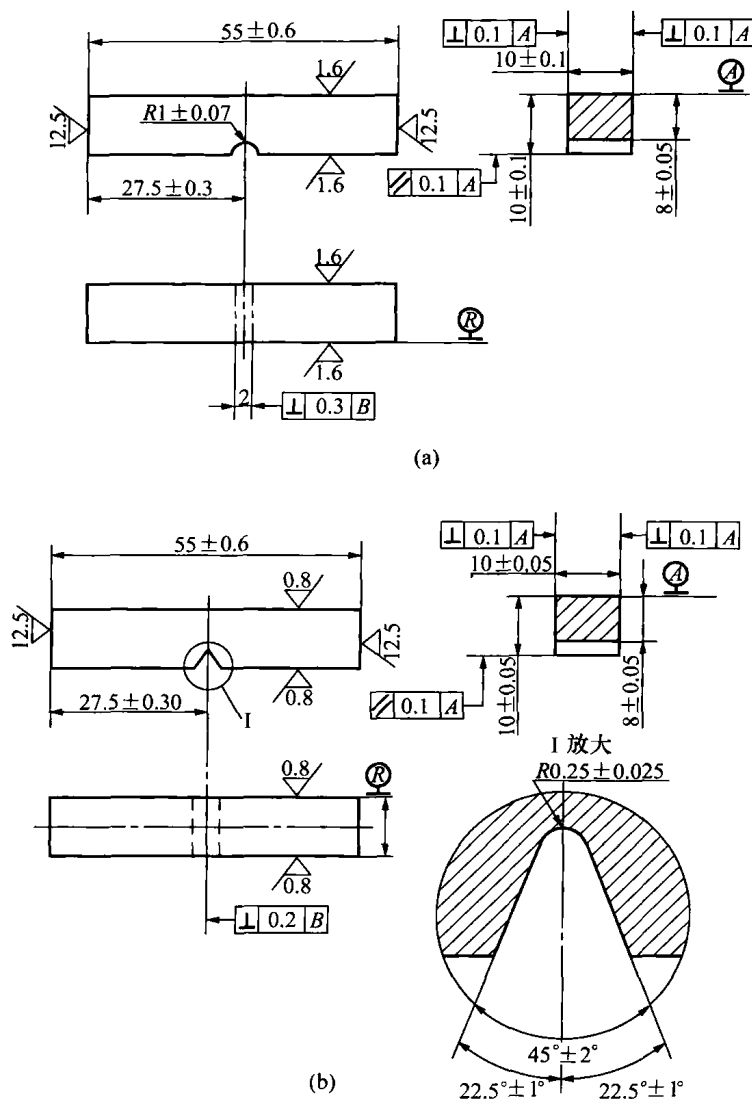


图 1-6 冲击试样

(a) U 型缺口的标准试样; (b) V 型缺口的标准试样

Y ——与试样和裂纹几何尺寸有关的系数；

σ ——外加应力 (N/mm^2)；

a ——裂纹的半长 (mm)。

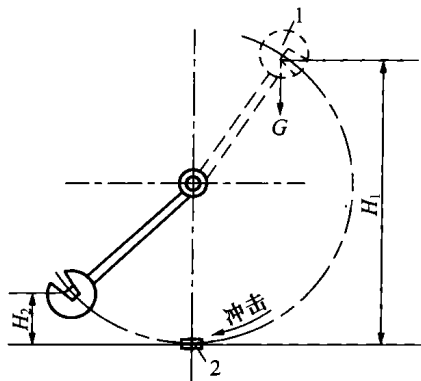


图 1-7 冲击试验示意图

1—摆锤；2—试样

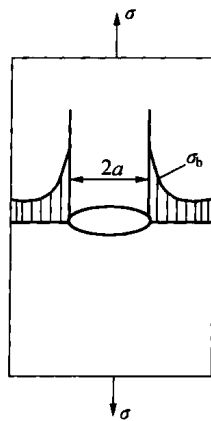


图 1-8 裂纹处的
应力集中

当外力 σ 逐渐增大或者是裂纹长度 $2a$ 逐渐扩展时，裂纹尖端的应力强度因子也随着逐渐增大。当 K_I 增大到某一临界值时，就能使裂纹前沿某一区域的内应力大到足以使裂纹产生突然的失稳扩展，而导致断裂。这个强度因子的临界值，称为材料的断裂韧性，用 K_{IC} ($\text{MN} \cdot \text{m}^{-3/2}$) 表示。它反映了材料有裂纹时，抵抗脆性断裂的能力。

K_{IC} 是材料本身的特性，由材料的成分、组织状态决定，可通过试验来测定。温度、加载速度对其有一定影响。

断裂韧性在工程上有重要的实际意义，如根据零（构）件中的最大裂纹长度，可计算出其能承受的最大载荷，或根据零（构）件所受的载荷，可确定零（构）件中允许存在的最大裂纹长度。所以，断裂韧性为安全设计提供了一个重要的机械性能指标。

（七）疲劳强度

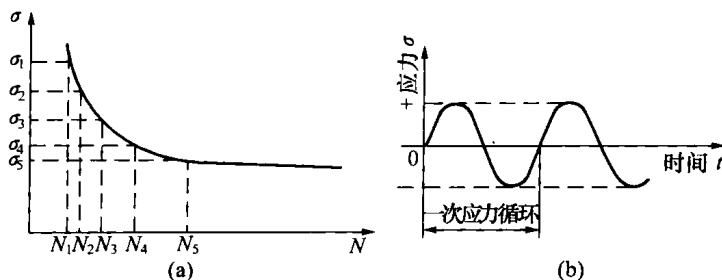


图 1-9 疲劳曲线和对称循环交变应力

(a) 疲劳曲线；(b) 对称循环交变应力

许多机械零件（如轴、齿轮、弹簧等），在工作时受到交变载荷作用，即使应力远低于材料的屈服强度，但经过一定循环次数后便发生突然断裂，这种现象称为疲劳。实验证明，金属材料承受的交变应力 σ 与材料断裂前承受交变应力的循环次数 N 之间的关系如图 1-9 所示。

由图 1-9 可知，金属承受的交变应力越小，则断裂时应力循环次数 N 越大。当应力低

于某一定值时,曲线与横坐标平行,表明试样可以经受无限次循环而不破坏,这一应力称为疲劳强度(或称疲劳极限)。实际上,在疲劳试验时不可能做无限次应力循环。因此工程上所指的疲劳强度,是指在一定的应力循环次数下不发生断裂的最大应力,一般规定钢铁材料的循环次数为 10^7 ,有色金属如铝合金为 10^8 。根据交变应力的不同疲劳强度的表示符号也不同,如用 σ_{-1} 表示金属材料受对称循环交变应力时的疲劳强度。

金属发生疲劳的原因,主要是表面或内部缺陷以及加工过程中形成的刀痕等。采取各种表面强化方法(如喷丸、表面热处理等)以及提高冶金质量和表面质量,都能提高零件的疲劳强度。

二、材料的物理、化学性能

机械零件主要采用金属材料制造,其使用性能以机械性能为主,但在某些条件下,必须考虑物理、化学性能。例如,飞机零件要选用密度小的铝合金制造;而在高温蒸汽中工作的汽轮机叶片要选用化学稳定性良好的不锈钢等。

金属材料的物理性能主要有密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性和磁性等。

金属材料的化学性能是指在常温或高温环境下抵抗各种化学作用的能力,如在高温环境下的抗氧化性和在酸或碱环境下的耐腐蚀性等。

第二节 材料的工艺性能

大部分的机械零件是由金属材料制成,其一般的加工工艺过程见图1-10。

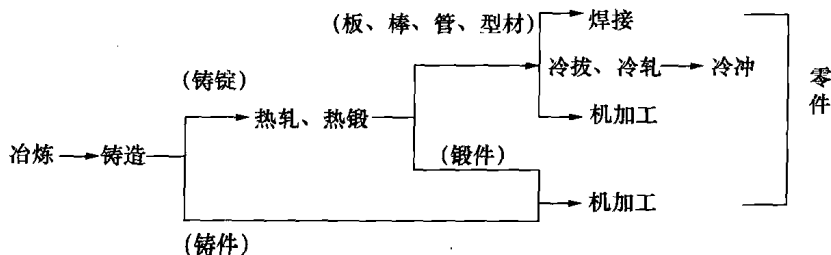


图 1-10 机械零件的加工工艺过程

在铸造、压力加工、焊接、机加工等加工前后,一般还要进行不同类型的热处理,以达到所要求的性能。因此由金属材料制成的零件其加工过程十分复杂。

材料的工艺性能将影响零件加工后的质量以及成本。因此在选材时,不仅要考虑材料的使用性能,而且应当考虑其工艺性能。金属材料的主要工艺性能如下:

(1) 铸造性能,是指金属材料在铸造成形时获得优质铸件的能力,包括液体金属的流动性,凝固过程中的收缩、偏析等方面。

(2) 压力加工性能,是指金属材料承受压力加工的能力。它主要取决于金属材料的塑性和变形抗力。

(3) 焊接性能,是指金属材料在一定的焊接工艺条件下,获得优质焊缝的难易程度。

(4) 切削性能，金属材料的切削性能包括切削时的切削力、切削后的表面质量以及刀具寿命三个方面。

(5) 热处理性能，是指金属材料承受热处理加工并获得良好性能的能力。它包括淬透性、变形开裂倾向、过热敏感性、回火脆性以及回火稳定性等。

第三章

金属的晶体结构

金属材料的成分不同、状态不同，内部结构也不同，表现出的性能就不一样。因此，研究材料的晶体结构，研究金属的成分、状态与性能的关系及其变化规律，对于充分发挥材料潜能，研究新材料具有重要意义。

第一节 纯金属的晶体结构

一、金属的概念

对于金属，大家都很熟悉。固态金属的共同特性主要表现为不透明，有金属光泽，有较高的强度和塑性，有良好的导电性和导热性，并且随着温度的升高，其导电能力下降、电阻率增大，即具有正的电阻温度系数。具有正的电阻温度系数是金属独有的一个特点。而一切非金属都与此相反，随着温度升高，电阻率减小、导电性提高。固态金属的这些特性，是由金属原子的结构特点和金属原子间的结合方式决定的。

由物理及化学知识人们了解到，原子是由原子核和核外电子组成的。原子核带正电，核外电子带负电，每个电子都在原子核外的一定“轨道”上高速运动着，形成一层层的电子层。金属原子的结构特点是，最外层的电子数目较少，一般只有一二个，个别的有三四个，而且这些最外层电子（甚至过渡族金属的次外层电子）与原子核的结合力很弱，容易摆脱原子核的束缚变成自由电子。这就使金属原子在与非金属原子结合时，容易失去价电子变成正离子。这种特征在金属原子彼此结合的过程中也表现出来。当大量金属原子结合在一起成为固体时，绝大部分金属原子在周围其他原子核的影响下将失去价电子成为正离子。正离子按照一定的几何规律规则地排列起来，以各自的固定位置为中心进行轻微的热振动；绝大多数价电子则以自由电子的形式在正离子之间自由地运动，为整个金属所共有，好像气体充满其间，称为“电子云”或“电子气”。金属就是依靠这些公有化了的自由电子与各正离子之间的静电引力结合在一起的。金属原子的这种结合方式叫作“金属键”。图 2-1 是金属键结合示意图。

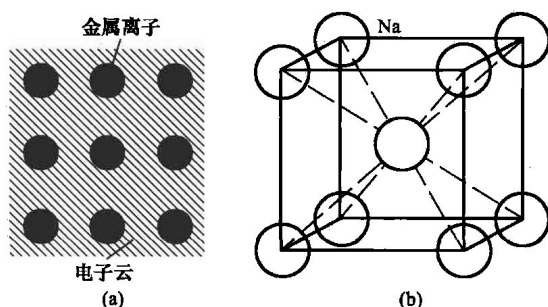


图 2-1 金属键结合示意图
(a) 金属键示意图；(b) 钠结构

金属材料表现出的各种特性,都是和金属键结合密切相关的。首先,由于金属中电子云的存在,只要在金属物体两端造成不大的电位差,其自由电子便会向正极方向流动形成电流,因此金属具有良好的导电性。金属中正离子振动的振幅随温度升高而增大,阻碍了电子的运动,导致金属具有正的电阻温度系数。金属的导热不仅像非金属那样通过其原子的振动,还通过自由电子的运动来实现,结果使金属具有比非金属优良的导热性。金属键使金属不仅具有较高的强度,而且具有良好的塑性。

综上所述,金属的各种特性都与其金属键结合有关。不仅如此,当金属形成晶体时,其晶体结构的特点也是与金属键结合分不开的。

二、晶体概念

固体材料按其内部原子(离子或分子)的聚集状态,分为晶体和非晶体两大类。

晶体是指原子(离子、分子或原子团)在三维空间作规则周期性重复排列的物质。图2-2(a)所示为最简单的晶体结构模型。自然界中绝大多数固体都是晶体。工业应用的金属及合金几乎都是晶体。晶体之所以具有规则的原子排列,主要是由于各原子之间相互吸引力与排斥力相平衡的结果。

非晶体的原子则是无规律地堆集在一起的。

为了便于分析晶体中原子排列规律及几何形状,通常以假想的线条将原子中心连接起来构成一个空间格子,而将原子抽象为几何结点,如图2-2(b)所示。这种表示晶体中原子排列形式的空间格子,称为“晶格”,各连线的交点称为“结点”,在结点上的小圆圈(黑点)表示各原子中心的位置。显然,由于晶体中原子重复排列的规律性,我们可以从其晶格中确定一个最基本的几何单元来表达其排列形式的特征,如图2-2(c)所示。组成晶格的这种最基本的几何单元,称为“晶胞”。晶胞各边尺寸 a 、 b 、 c 叫作“晶格常数”,晶胞各边之间的相互夹角常分别以 α 、 β 、 γ 表示。在图2-2(c)中所示的晶胞叫作简单立方晶胞。具有简单立方晶胞的晶体叫作简单立方晶体。

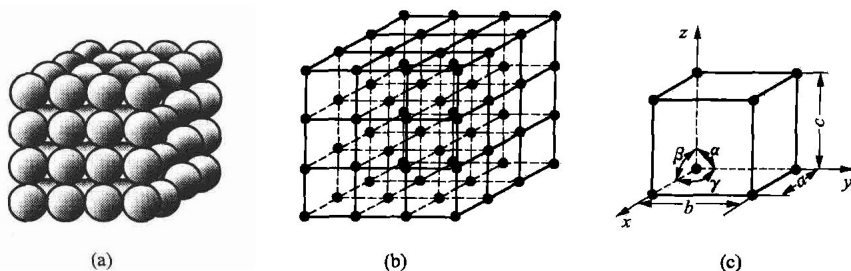


图2-2 晶体中原子排列示意图
(a) 晶体结构模型; (b) 晶格; (c) 晶胞

各种晶体物质,或其晶格形式不同,或其晶格常数不同,主要与其原子结构、原子间结合键的形式有关。因晶格形式及晶格常数不同,因此不同晶体便表现出

不同的物理、化学性能和力学性能。

三、常见三种金属晶格

由于金属键具有很强的结合力,所以金属中的原子趋向于紧密排列,这便使金属的晶格类型大为减少,而且具有对称性和比较简单的几何形式。常见金属的晶格形式有以下三种。