



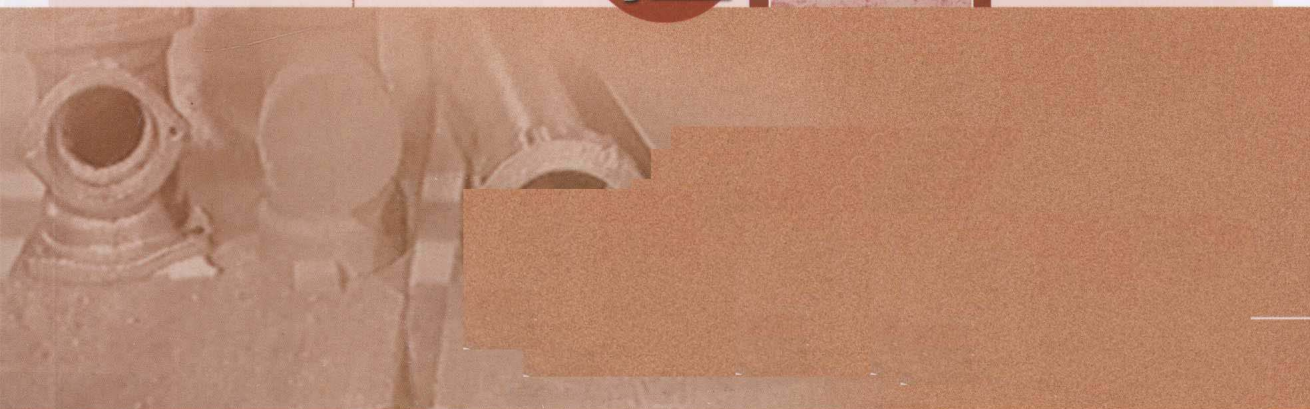
普通高等学校工程材料及机械制造基础
创新人才培养系列教材

工程实践

(非机械类)

教程

主编 骆莉 杨雄 陈仪先



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

普通高等学校工程材料及机械制造基础
创新人才培养系列教材

工程实践教程

(非机械类)

主 编 骆 莉 杨 雄 陈仪先
副主编 夏先平 吴海华 常万顺

华中科技大学出版社
中国武汉

内 容 简 介

本书根据教育部高等院校机械学科教学指导委员会机械基础课程教学指导分委员会工程材料及机械制造基础课程指导小组修订的“机械制造实习教学基本要求”的精神编写。

本书共分工程材料、毛坯成形、切削加工 3 篇,内容包括工程材料简介、钢的热处理、铸造、锻压、焊接、切削加工基础、车削加工、刨削加工、铣削加工、磨削加工、钳工、数控加工、电火花加工等 13 章。书中采用最新国家标准。

本书特点:实践教学内容以传统机械制造工艺为基础,进而介绍先进的制造工艺和方法。注重培养学生理论联系实际意识和能力,通过实际制作产品或作品,强化学生的工程实践效果;充分发挥学生的潜力,激发学生的创新思维,为学生参加“创新制作”、“创业计划”等大赛及今后工作做好相关知识和能力储备。

本书是高等院校非机械类专业的工程实践教材,也可供职工大学、电视大学等相关专业选用。

图书在版编目(CIP)数据

工程实践教程(非机械类)/骆莉 杨雄 陈仪先 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2010.8
ISBN 978-7-5609-6248-1

I.工… II.①骆… ②杨… ③陈… III.金属加工-高等学校-教材 IV.TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 095802 号

工程实践教程(非机械类)

骆莉 杨雄 陈仪先 主编

策划编辑:徐正达

责任编辑:姚同梅

封面设计:刘 卉

责任校对:朱 霞

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:华中科技大学印刷厂

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:13.5

字 数:286 千字

版 次:2010 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:22.80 元



华中科大

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

普通高等学校工程材料及机械制造基础
创新人才培养系列教材

编审委员会

主 任: **林萍华** (华中科技大学教授, 教育部高等学校材料成型
及控制工程专业教学指导分委员会副主任)

顾 问: **傅水根** (清华大学教授, 教育部高等学校机械基础
课程教学指导分委员会副主任)

孙康宁 (山东大学教授, 教育部高等学校机械基础
课程教学指导分委员会委员)

副主任: **童幸生** (江汉大学教授, 教育部高等学校机械基础
课程教学指导分委员会委员)

王连弟 (华中科技大学出版社副社长, 编审)

周世权 (华中科技大学工程实训中心副主任,
教授级高级工程师)

委 员: (按姓氏笔画顺序排列)

孔小东	王连弟	田文峰	汪 云
陈仪先	陈慧敏	杨 雄	林萍华
宗振华	周世权	赵新泽	骆 莉
夏先平	徐 翔	徐正达	徐自立
童幸生			

序 言

党的十七大提出,要把“提高自主创新能力、建设创新型国家”作为国家发展战略的核心和提高综合国力的关键。这是时代对我们提出的迫切要求。

改革开放以来,我国的经济建设取得了举世瞩目的成就,科学技术发展步入了一个重要跃升期。然而,与世界先进国家相比,我国科技缺乏原创性和可持续的动力,缺乏跨学科、跨领域重大继承创新的能力,缺乏引领世界科技发展的影响力。同时,我国科技人员的知识结构、业务能力、综合素质显得不足。多年以来形成的学校教育与社会教育的隔阂、智力教育与能力教育的隔阂、自然科学与社会科学的隔阂,造成了几代人科技创新能力的缺陷。时代呼唤各种类型的创新人才,知识的创新、传播和应用将成为社会发展的决定因素。

担负着培养创新人才重任的高等学校,如何培养创新人才呢?我以为有两点非常重要:创新教育和创新实践。湖北省金属工艺学教学专业委员会近年来完成了省级教学改革项目“工程材料及机械制造基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”,获得湖北省教学成果二等奖,并在全省十几所大学中推广应用,取得了良好的教学效果,由此带动了一批新的教学研究课题的开展。这是在创新教育和创新实践方面的有益尝试。

要进行创新教育,应当站在巨人的肩膀上,而这位巨人就是各门科学的重点基础课。只有打下了牢固的基础,才能自如地实现向新领域的转变,才能具有可靠的应变能力和坚实的后劲。没有良好的理论基础和知识结构,创新与创造就将成为无源之水、无本之木。然而,传统教育重传习、重因袭,缺乏对学生探究问题的鼓励,这极大地制约了学生智力的培养和独创性的发挥。因此,亟须在基本教育理念方面进行变革,在教学活动的实施中加强创新意识,在教材的编写中注入大量创新元素。在有效提升学生的创新品质方面,学校和教师有着不可替代的影响力和感召力。因此,重新理清“工程材料及机械制造基础系列课程”教学改革和教材编写的发展思路,探索该教学课程体系的内容与教学方法,是一项迫在眉睫

而又意义深远的工作。

科学的目的在于认识,而技术与工程的目的则在于实践,创造性思维基于实践,始于问题。正如杨叔子院士所说:“创新之根在实践。”对培养高素质创新人才而言,加强实践性教学环节具有重要的基础性作用和现实意义。工科教学的特征是实用性强,专业性强,方法性强,必须让学生从书本和课堂中适度解放出来,通过接触实践,接触实际问题,来增强学生对课堂书本知识的理解和掌握,以减少传习教学色彩,使学生获取宽广的工程感性知识。

近年来“工程材料及机械制造基础系列课程”教学改革实践表明,按照教学体系的总体方案和学生认知水平的发展,创新实践教育的内容似可划分为三个层次。第一层次,针对低年级学生的知识背景,着重让学生建立起工程系统概念,初步学会选用材料和选择制作工艺,了解制作对象的结构工艺性及常用的技术装备。第二层次,着手训练学生的动手能力与创新意识。首先通过基础科学原理的实验训练,养成科学、规范的研究习惯与方法;其次通过技术基础课程实验训练,了解工程技术创新的方法和过程;最后,也是最重要的一点,通过验证基础科学原理和技术科学原理的动手过程,切身体验科学发现与工程创新的方法与历程。第三层次,通过专业课程实验、课程设计、生产实习和毕业论文研究等综合实践环节,着重培养学生分析问题、解决问题的能力,让学生体会如何在工程上应用与发挥自身知识和能力,进行学以致用用的过渡。

湖北省金属工艺学教学专业委员会在组织实施“工程材料及机械制造基础系列课程”教学改革实践基础上,提出了“以工业系统认知为基础,以工艺实验分析能力为根本,以工艺设计为主线,加强工程实践,注重工艺创新”的教学新思路,打破了原有四门课程(金工实习、工程材料、材料成形工艺基础和机械制造基础)相对隔离的现状,改善了课程结构体系,努力实现整体优化,体现基于问题的学习、基于项目的学习、基于案例的学习以及探究式学习的创新教育思想,并在此基础上建立起新型的工业培训中心教学基地,大大推动了本系列课程的发展。

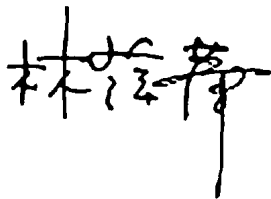
呈献给大家的“普通高等学校工程材料及机械制造基础创新人才培养系列教材”,是湖北省金属工艺学教学专业委员会获得省优秀教学成果二等奖后,与华中科技大学出版社经过进一步探索和实践取得的新成果,拟由《工程系统认识实践》(理工科通识)、《工程材料》、《材料成形工艺基础》、《机械制造基础》、《工程材料及其成形工艺》、《材料成形及机械制造

工艺基础》、《机械制造工艺基础》、《制造工艺综合实验》、《基于项目的工程实践》(机械及近机械类)、《工程实践教程》(非机械类)、《工程实践报告》等组成。它通过构建新的课程体系,改革教学内容、教学方法与教学手段,以期达到整体优化,促进学生的知识、能力和素质的均衡发展,特别是培养学生的工程素质、创新思维能力和独立获取知识的能力。殷切希望该系列教材能够得到广大读者和全国同仁的关心、支持和帮助。相信经过湖北省金属工艺学教学专业委员会的统一规划和各高校师生的团结协作,汲取国内同行课程改革的成功经验,遵循“解放思想、实事求是”的原则,我们能够进一步转变教育观念,在教学改革上更上一层楼。

面对科学技术的飞速发展,面对全球信息化浪潮的挑战,我们必须贯彻落实科学发展观,坚持与时俱进的精神品质,讲求竞争,倡导无私无畏的开拓精神,为全面提高全民族的创新能力,建设创新型国家培养更多的创新人才。

谨此为序。

教育部高等学校机械学科教学指导委员会委员
材料成型与控制工程专业教学指导分委员会副主任
湖北省金属工艺学教学专业委员会理事长
华中科技大学常务副校长,教授



2010年8月于喻家山

前 言

工程实践是一门实践性技术基础课,是工科非机械类学生必备的技能训练课,以及经管类学生增加工程背景、培养综合素质的重要必修课。本课程的教学目的是培养学生的工程实践能力和创新意识。

本书根据教育部高等院校机械学科教学指导委员会机械基础课程教学指导分委员会工程材料及机械制造基础课程指导小组修订的“机械制造实习教学基本要求”的精神,并结合相关专业人才培养目标及编者多年的工程实践教学改革经验编写而成。

本书特点如下:

(1)注重教材内容的基础性和实用性,力求文字简练、图文并茂,并采用最新国家标准,以期起到指导工程实践教学的目的;

(2)注重实践教学内容合理配置,以精选的传统机械制造工艺为基础,进而介绍先进的现代制造技术及工艺方法;

(3)注重培养学生理论联系实际意识和能力,通过实际制作产品或作品,强化学生的工程实践效果,以充分发挥学生的潜力,激发学生的创新思维,培养其综合素质。

本书由武汉纺织大学骆莉、长江大学杨雄、武汉工业学院陈仪先任主编,武汉工程大学夏先平、三峡大学吴海华、海军工程大学常万顺任副主编。本书编写分工情况如下:骆莉编写第6、7、8章,杨雄编写第9、10、11章,陈仪先编写第3章,夏先平、宛农(武汉工业学院)合编第1章,吴海华、常旺宝(三峡大学)、郑晓(武汉工业学院)共同编写第12、13章,骆莉、常万顺、郭毕佳(武汉纺织大学)共同编写第2、4章,吴修德(长江大学)、龚文邦(武汉纺织大学)共同编写第5章。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2010年5月

目 录

第 1 篇 工 程 材 料

第 1 章 工程材料简介	(1)
1.1 金属材料的力学性能	(1)
1.2 金属学基础	(4)
1.3 工业用钢	(9)
1.4 铸铁和非铁金属	(13)
1.5 工程塑料	(15)
复习思考题	(17)
第 2 章 钢的热处理	(18)
2.1 常用热处理方法	(18)
2.2 机械工程材料的选择	(24)
复习思考题	(25)

第 2 篇 毛 坯 成 形

第 3 章 铸造	(26)
3.1 概述	(26)
3.2 砂型铸造	(27)
3.3 特种铸造	(37)
3.4 铸件质量检验与缺陷分析	(41)
复习思考题	(42)
第 4 章 锻压	(44)
4.1 概述	(44)
4.2 金属的加热和锻件的冷却方法	(45)
4.3 自由锻	(48)
4.4 模锻与胎模锻	(54)
4.5 板料冲压	(55)
复习思考题	(58)
第 5 章 焊接	(59)
5.1 概述	(59)
5.2 常用焊接工艺方法	(60)

5.3 电阻焊、钎焊及特种焊接方法	(69)
5.4 常见焊接缺陷及其检验	(73)
复习思考题	(74)

第3篇 切削加工

第6章 切削加工基础	(75)
6.1 概述	(75)
6.2 零件的加工质量	(77)
6.3 常用的刀具材料	(79)
6.4 量具	(80)
复习思考题	(85)
第7章 车削加工	(87)
7.1 卧式车床的组成及典型传动机构	(88)
7.2 车刀的分类及主要角度	(92)
7.3 工件安装及所用附件	(95)
7.4 车床操作要点及基本车削工作	(101)
7.5 典型零件的车削工艺	(111)
复习思考题	(115)
第8章 刨削加工	(116)
8.1 刨削运动	(116)
8.2 牛头刨床	(117)
8.3 刨刀及其安装	(119)
8.4 工件的安装	(120)
8.5 刨削加工	(122)
8.6 龙门刨床和插床	(124)
复习思考题	(125)
第9章 铣削加工	(126)
9.1 铣床	(126)
9.2 铣刀	(128)
9.3 铣床附件	(129)
9.4 铣削加工	(132)
9.5 铣削加工的工艺特点和应用	(134)
9.6 铣削加工示例	(135)
复习思考题	(137)
第10章 磨削加工	(138)
10.1 磨床	(139)
10.2 砂轮	(141)

10.3 磨床的装夹方式和磨床附件·····	(142)
10.4 磨削加工·····	(143)
10.5 磨削加工的工艺特点和应用·····	(144)
10.6 零件磨削加工示例·····	(146)
复习思考题·····	(147)
第 11 章 钳工 ·····	(148)
11.1 划线·····	(149)
11.2 錾削·····	(151)
11.3 锯割·····	(154)
11.4 锉削·····	(155)
11.5 钻孔·····	(158)
11.6 攻螺纹和套螺纹·····	(160)
11.7 装配·····	(163)
11.8 加工实训:锤子的加工 ·····	(166)
复习思考题·····	(168)
第 12 章 数控加工 ·····	(169)
12.1 数控机床·····	(169)
12.2 数控编程的概念及种类·····	(171)
12.3 数控编程的基础知识·····	(173)
12.4 程序编制中的数值计算·····	(187)
12.5 手工程序编制·····	(190)
复习思考题·····	(195)
第 13 章 电火花加工 ·····	(196)
13.1 电火花加工的基本原理·····	(196)
13.2 电火花加工的特点与应用·····	(197)
13.3 电火花加工装置的主要组成部分·····	(198)
13.4 电火花加工的机理·····	(199)
13.5 冲模的电火花加工·····	(201)
复习思考题·····	(204)
参考文献 ·····	(205)

第1篇 工程材料

第1章 工程材料简介

本章重点 机械制造中常用工程材料性能和特点,不同材料的类型及基本特点,材料科学的发展趋势。

学习方法 先进行集中讲课,然后进行现场教学,让学生按教材中的要求将现场教学和操作中的内容填写入相应的表格中,回答相应的问题。

1.1 金属材料的力学性能

机械工程材料的选用,对机械设备的可靠性和使用寿命有直接影响,与机械设备的制造工艺、成本和生产率也密切相关。作为一名工程技术人员,必须了解材料的性能、牌号及用途。

金属材料的力学性能是指金属材料在外力作用下表现出来的性能,如强度、硬度、塑性和冲击韧度等。

1. 强度

强度是指材料在外力作用下抵抗永久变形和断裂的能力。强度通常以应力的形式来表示。当材料受外力作用而未被破坏时,其内部产生与外力相平衡的抵抗力(即内力),单位截面积上的内力称为应力。

强度可由拉伸试验测定,首先将标准拉伸试样(见图 1-1)夹持在拉伸试验机的两个夹头中,然后逐渐增加载荷,直至试样被拉断为止,图 1-1 右侧为拉伸试样,左侧为低碳钢的拉伸曲线。在点 O 至点 e 范围内,当应力去除后,试样恢复原状,表明材料处于弹性变形阶段;当应力超过点 e 时,材料除产生弹性变形外,还有塑性变形,即应力去除后试样不能恢复原状,尚有部分伸长量残留下来。当应力增大至点 H 后,曲线呈近似水平线段,表示应力虽未增加,但试样继续伸长,这种现象称为屈服。此后,欲使试样继续伸长又需增加外力,到点 m 后试样出现局部变细的缩颈现象,这是由于试样截面缩小,继续变形所需的应力开始减小,直到点 k 为止,此时试样在缩颈处断裂。

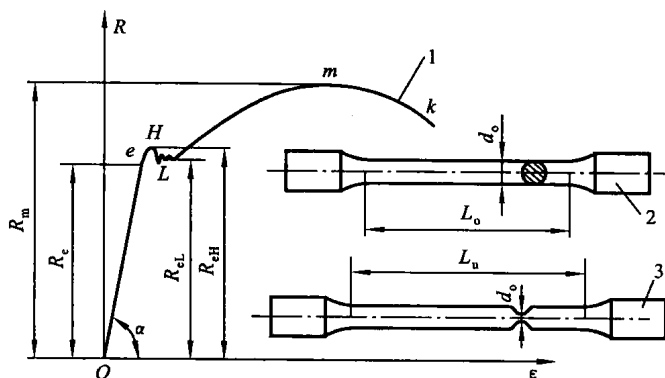


图 1-1 拉伸试样与拉伸曲线

1—低碳钢拉伸曲线 2—拉伸试样 3—拉伸后的试样

常用的强度指标有屈服强度和抗拉强度两种。

(1) 屈服强度 当材料呈现屈服现象时,在试验期间达到塑性变形发生而力不增加的应力点称为屈服强度(yield strength)。

试样发生屈服而力首次下降前的最高应力称为上屈服强度 R_{eH} ;在屈服期间,不计初始瞬时效应时的最低应力称为下屈服强度 R_{eL} 。如

$$R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_0} \quad (\text{MPa})$$

式中 F_{eL} ——试样产生下屈服现象时承受的载荷(N);

S_0 ——试样原始横截面积(mm^2)。

由于许多金属材料(如高碳钢、铸铁等)没有明显的屈服现象,所以工程中规定残余延伸率为 0.2% 时的应力称为“规定残余延伸强度”(条件屈服强度) $R_{r0.2}$ 。

(2) 抗拉强度 抗拉强度(tensile strength)以 R_m (旧标准中为 σ_b) 表示,是指材料在断裂前能承受的最大力 F_m 的应力。

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} \quad (\text{MPa})$$

式中 F_m ——试样在拉断前承受的最大载荷(N);

S_0 ——试样原始横截面积(mm^2)。

大多数机械零件工作时都不允许产生塑性变形,所以屈服强度是零件设计的主要参数,而对于因断裂而失效的零件,则用抗拉强度作为零件设计的主要参数。

塑性是金属材料在外力作用下,产生永久变形而不破坏的性能。常用的塑性指标有断后伸长率 A 和断面收缩率 Z , 定义

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\%$$

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\%$$

式中 L_0 ——试样原始标距(mm);
 L_u ——试样断后标距(mm);
 S_0 ——试样原始横截面积(mm²);
 S_u ——试样断后最小横截面积(mm²)。

用同样材料、不同长度的试样测得的断后延伸率将有所不同,应分别标以不同符号。用长试样($L_0=11.3\sqrt{S_0}$)测得的伸长率,以 $A_{11.3}$ 表示;用短试样($L_0=5.65\sqrt{S_0}$)测得的伸长率以 A 表示。在比较不同材料的断后伸长率时,应采用同样规格的试样进行测试。由于测定 $A_{11.3}$ 比较方便,一般情况下用 $A_{11.3}$ 作为塑性指标。

金属材料的塑性好坏对零件的加工和使用具有重要意义。塑性好的材料能顺利地进行锻压、轧制等成形工艺;使用时万一超载,也因产生塑性变形而不致立即断裂。因此大多数零件除要求具有较高强度外,还必须具有一定塑性,一般 $A_{11.3}$ 达到 5% 或 Z 达到 10% 就能满足使用要求。片面追求材料的塑性指标会导致强度降低,是不合适的。

2. 硬度

硬度(hardness)是金属材料抵抗硬物侵入其内部的能力。常用的硬度表示法有布氏硬度(HBS 或 HBW)和洛氏硬度(HRC)两种。

(1) 布氏硬度 布氏硬度是用直径为 D 的淬火钢球或硬质合金钢球,在规定载荷 F 作用下,压入试样表面并保持一定时间,然后卸除载荷,在试样上留下直径为 d 的压痕,以压痕单位球面积上所承受载荷的大小来确定的。布氏硬度值可按试验时的压痕直径 d ,直接查表得出。布氏硬度的测定方法如图 1-2 所示。

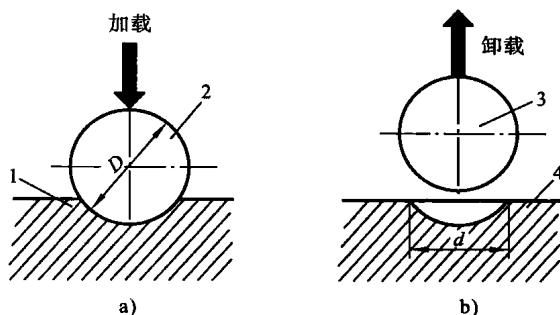


图 1-2 布氏硬度测定示意图

a) 加载 b) 卸载

1,4—被测金属 2,3—压头

硬度值写在硬度符号之前。当用淬火钢球作为压头时,硬度符号为 HBS,适用于测定较软的金属,如灰铸铁、非铁金属及经过退火、正火和调质处理的钢,其布氏硬度值小于 450。当用硬质合金球作为压头时,硬度符号为 HBW,适用于测定布氏硬度值为 450~650 的较硬的金属。

(2) 洛氏硬度 洛氏硬度是用顶角为 120° 的圆锥形金刚石压头压入试样进行测定的, 根据压痕深度可从硬度计刻度盘上直接读出洛氏硬度值。其应用范围为 $20 \sim 67 \text{ HRC}$ 。

与布氏硬度比较, 洛氏硬度测定简便迅速, 但由于压痕较小, 测量组织不均匀材料的硬度时误差较大。

洛氏硬度和布氏硬度在数值上有以下近似关系:

$$1 \text{ HRC} \approx \frac{1}{10} \text{ HBS}$$

由于硬度测定简便易行, 在不破坏产品的情况下就能进行, 而且硬度和其他力学性能指标(如抗拉强度)有一定的关系, 所以在零件的技术条件中常标出硬度要求。

3. 冲击韧度

有些机械零件(如汽车上的齿轮、起重机吊钩等)在使用过程中, 要承受较大冲击载荷的作用, 从而会产生比静载荷作用大得多的应力和变形。因此, 对承受冲击载荷的零件, 要求其不仅具有较高的强度, 而且还必须具有足够的韧度。金属材料抵抗冲击载荷作用的能力称为冲击韧度(sharp toughness)。

冲击韧度的测定是在冲击试验机上进行的。用一定高度的摆锤落下将试样冲断, 测出冲断试样所需的冲击功 A_K (单位为 J), 除以试样断口处的横截面积 $S(\text{cm}^2)$ 所得的值, 即为冲击韧度 a_K , 得

$$a_K = \frac{A_K}{S} \quad (\text{J}/\text{cm}^2)$$

1.2 金属学基础

1.2.1 金属的晶体构造

固态物质按其原子排列情况可分为晶体(crystal)和非晶体两种。塑料、玻璃、松香等非晶体物质的原子无规则排列, 食盐、石墨和金属及其合金等晶体物质的原子有规则排列。

晶体中最简单的原子排列如图 1-3a 所示。为了便于描述晶体中原子排列的规则, 把每个原子看成一个点, 把这些点用假想线连接起来便形成一个空间格子, 称为晶格(crystal lattice), 如图 1-3b 所示。晶格中的每个点称为结点。组成晶格的最基本单元称为晶胞(crystal embryo), 如图 1-3c 所示。

金属的晶格类型很多, 最常见的有体心立方晶格和面心立方晶格两种。

(1) 体心立方晶格 体心立方晶格(body-centered cubic)的晶胞是一个立方体, 原子分布在立方体的各结点和中心处, 如图 1-4a 所示。属于这种晶格类型的金属有 Cr(铬)、Pt(铂)、W(钨)、 $\alpha\text{-Fe}$ (温度在 912°C 以下的纯铁)等。

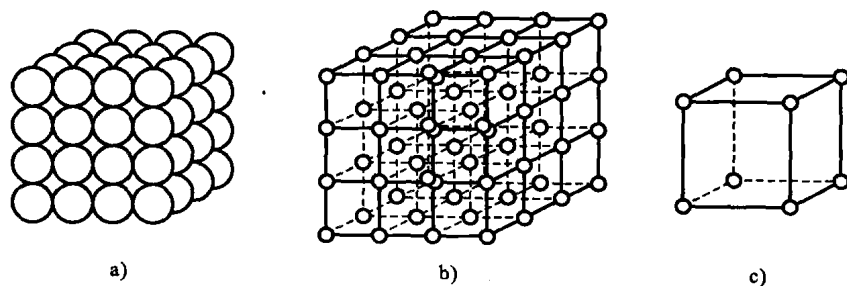


图 1-3 晶体构造示意图

a) 晶体中最简单的原子排列 b) 晶格 c) 晶胞

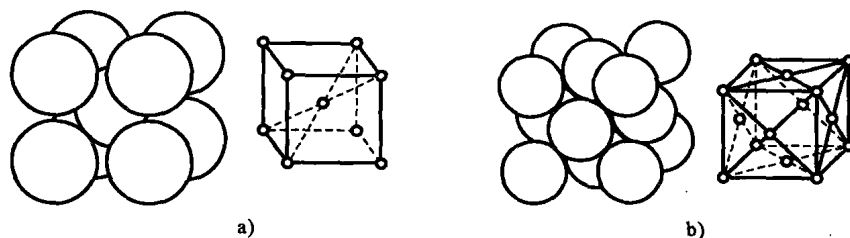


图 1-4 最常见的金属晶格类型

a) 体心立方晶格 b) 面心立方晶格

(2) 面心立方晶格 面心立方晶格(face-centered cubic)的晶胞也是一个立方体,原子分布在立方体的各结点和各面的中心处,如图 1-4b 所示。属于这种晶格类型的金属有 Cu(铜)、Ni(镍)、 γ -Fe(温度在 912~1 394 $^{\circ}\text{C}$ 的铁)等。

金属的晶格类型不同,其性能也不同。例如,面心立方晶格的 γ -Fe 的塑性比体心立方晶格的 α -Fe 的塑性好。

1.2.2 合金的基本结构

1. 固溶体

最简单的合金是二元合金,其组成元素有两种,在液态时它们互相溶解,形成成分均匀的液相。当液态金属结晶为固态时,如果这两种元素仍能互相溶解,即形成固溶体(solid solution)。固溶体具有溶剂组元的晶格类型。当溶质原子代替了部分溶剂原子所占据的结点时,称为置换固溶体,如图 1-5a 所示;当溶质原子直径小于溶剂原子直径的 59% 时,溶质原子易嵌入溶剂原子各结点之间的空隙内,形成间隙固溶体,如图 1-5b 所示。溶剂晶格中的间隙是有限的,所以溶解度不能很大。铁碳合金中 C(碳)溶解在 α -Fe 中形成的固溶体是间隙固溶体。

固溶体中溶质原子的大小和性质与溶剂的不同,迫使溶剂晶格产生畸变,使合金塑性变形阻力增大,表现为固溶体的强度和硬度增加,这种现象称为固溶强化。它是提高合金力学性能的一种方法。

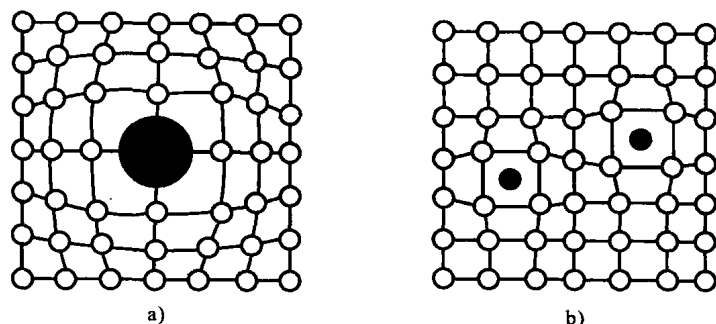


图 1-5 固溶体的晶格畸变

a) 置换固溶体 b) 间隙固溶体

2. 金属化合物

金属化合物是组元按一定比例结合而成的新物质。其晶格结构较复杂,与原组元完全不同,具有明显的金属特性。金属化合物一般具有熔点高、硬度高、脆性大的特点。这些硬质点在合金中可以提高合金的强度、硬度和耐磨性,降低塑性和韧性。铁碳合金中的 Fe_3C 就是金属化合物,称为渗碳体。这种金属化合物在合金中可以看做一个基本组元。

1.2.3 铁碳合金相图

合金是以一种金属元素为基础,在其中加入其他金属元素或非金属元素,经过熔炼或烧结制成的具有金属特性的材料。例如,钢铁是以铁为基础的铁碳合金。

铁碳合金相图是铁碳合金的含碳量、温度和组织之间关系的图解。

1. 纯铁的同素异晶转变

金属在固态时晶格类型随温度升降而发生变化的现象称为同素异晶转变。

纯铁在 1538°C 凝固后呈体心立方晶格(称为 $\delta\text{-Fe}$);当温度降至 1394°C 时,原子重新排列成面心立方晶格(称为 $\gamma\text{-Fe}$);继续冷却到 912°C ,纯铁又呈体心立方晶格(称为 $\alpha\text{-Fe}$)。

由于纯铁在不同温度时具有不同晶格类型,对碳元素和其他合金元素的溶解能力不同,因此采用加热和冷却的方法(即热处理),可以改变其组织状态,从而达到改善性能的目的。

2. 铁碳合金的基本组织

铁碳合金有以下五种基本组织。

(1) 铁素体 铁素体(ferrite)是 C 溶解在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的固溶体,用符号 F 表示,它仍然保持 $\alpha\text{-Fe}$ 的体心立方晶格。由于 C 在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的溶解度(质量分数)很小(室温时为 0.0008% ,在 727°C 时为 0.02%),因此其性能与纯铁几乎相同,其强度($R_m = 250\text{ MPa}$)、硬度(80 HBS)都很低,而塑性很好,断后伸长率($A_{11.3} = 45\% \sim 50\%$)较高。