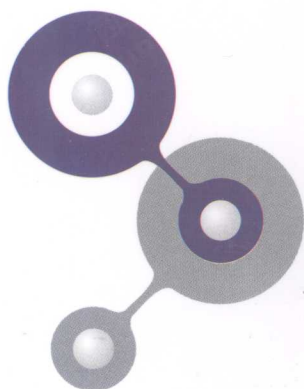




高等学校机械设计制造及自动化专业“十一五”规划教材



工程材料与应用

主编 戈晓岚 许晓静
主审 王特典



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校机械设计制造及自动化专业“十一五”规划教材

工程材料与应用

主编 戈晓岚 许晓静

主审 王特典

西安电子科技大学出版社

2007

内 容 简 介

本书按照高校教改要求,以国家教育部最新颁布的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》中工程材料的基本教学内容和要求为依据,对现有的相关教材进行了必要的分析,汲取了国内外同类教材的某些优点,并结合相关院校的教改成果及作者多年的教学经验编写而成。

本书以化学成分、工艺→组织、结构→性能→用途为主线,将金属与非金属材料结合在一起,既突出共性,又兼顾个性;从理论上简明扼要地论述了材料的成分、结构、组织与性能的关系,并着重叙述了材料改性的原理、方法,以及常用工程材料的成分、结构、性能和用途;从选材和材料改性等方面介绍了工程材料的实际应用。书中基本术语和材料牌号等都采用了新标准。

本书既可作为高等院校本科机械类和近机类专业的教材,亦可作为高职、高专院校相关专业的教材和有关专业人员的参考书。

★ 本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料与应用 / 戈晓岚, 许晓静主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2007.10

高等学校机械设计制造及自动化专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-1907-1

I. 工… II. ①戈… ②许… III. 工程材料—高等学校—教材 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 115083 号

策 划 毛红兵

责任编辑 张 梁 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2007年10月第1版 2007年10月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 13.75

字 数 315千字

印 数 1~4000册

定 价 19.00元

ISBN 978-7-5606-1907-1/TB·0012

XDUP 2199001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

高等学校

自动化、电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化专业

“十一五”规划教材编审专家委员会名单

主任：张永康

副主任：姜周曙 刘喜梅 柴光远

自动化组

组长：刘喜梅（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

韦力	王建中	巨永锋	孙强	陈在平	李正明
吴斌	杨马英	张九根	周玉国	党宏社	高嵩
秦付军	席爱民	穆向阳			

电气工程组

组长：姜周曙（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

闫苏莉	李荣正	余健明
段晨东	郝润科	谭博学

机械设计制造组

组长：柴光远（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

刘战锋	刘晓婷	朱建公	朱若燕	何法江	李鹏飞
麦云飞	汪传生	张功学	张永康	胡小平	赵玉刚
柴国钟	原思聪	黄惟公	赫东锋	谭继文	

项目策划：马乐惠

策划：毛红兵 马武装 马晓娟

前 言

教材是教学的依据,是教师多年教学经验的沉淀,是教改成果的体现,也是教改的重点和难点。本书按照高校教改要求,以国家教育部最新颁布的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》中工程材料的基本教学内容和要求为依据,对现有的相关教材进行了必要的分析,汲取了国内外同类教材的某些优点,并结合相关院校的教改成果及作者多年的教学经验编写而成。本书提出“保持特色,精炼基础;拓宽知识,跟踪时代;注重应用,强化能力”,坚持“精、实、广、新、活”的五字目标。精即提高起点,精炼基础;实即注重应用,培养能力;广即拓宽知识面,注重各学科知识的综合;新即知识适当更新,既保持特色,又注意学科前沿;活即强调自学能力和科学思维方法的训练,变“学会”为“会学”。

本书以化学成分、工艺→组织、结构→性能→用途为主线,将金属与非金属材料结合在一起,既突出共性,又兼顾个性;从理论上简明扼要地论述了材料的成分、结构、组织与性能的关系,并着重叙述了材料改性的原理、方法,以及常用工程材料的成分、结构、性能和用途;从选材和材料改性等方面介绍了工程材料的实际应用。本书将教材内容和学习指导有机融合,每章后都有帮助读者消化、巩固、深化学习内容及应用的学习指导和复习题。书中基本术语和材料牌号等都采用了新标准。

本书由戈晓岚教授和许晓静教授编写,王特典教授主审。在编写过程中,张洁副教授和江苏省金工教学研究会的许多同行对本书提出了许多宝贵意见,吴晶老师为本书提供了部分照片,在此表示衷心感谢。

本书既可作为高等院校本科机械类和近机类专业学生的教材,亦可作为高职、高专院校相关专业的教材和有关专业人员的参考书。使用本书时,可根据各专业或工种的具体情况对内容作必要的调整或增删,有些内容可供学员自学。

由于编者水平所限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者斧正。

编 者
2007年5月

目 录

绪论	1
第 1 章 材料的内部结构	6
1.1 固体材料的结构	6
1.1.1 晶态结构	6
1.1.2 非晶态结构	7
1.1.3 晶体和非晶体的性能特点	7
1.2 金属晶体结构与结晶	7
1.2.1 常见金属晶体的结构	7
1.2.2 实际金属的结构	9
1.2.3 金属结晶过程	11
1.3 高分子化合物的组成与结构	15
1.3.1 高分子化合物的组成	15
1.3.2 大分子链的组成与结构	16
1.3.3 大分子链的聚集态结构	19
1.4 陶瓷材料的组成与结构	20
1.4.1 晶体相	21
1.4.2 玻璃相	23
1.4.3 气相	23
1.4.4 同质多晶转变	24
本章学习指导	24
复习题	24
第 2 章 材料的力学行为	26
2.1 材料的性能	26
2.1.1 静态力学性能	26
2.1.2 动态力学性能	32
2.1.3 高、低温性能	35
2.1.4 材料的工艺性能	35
2.1.5 工艺过程对材料性能的影响	36
2.2 金属的塑性变形与再结晶	37
2.2.1 单晶体的弹性及塑性变形	38
2.2.2 实际金属的塑性变形	41
2.2.3 塑性变形对金属组织与性能的影响	41
2.2.4 金属的再结晶	44

2.3 金属的热加工	46
2.3.1 金属的热加工与冷加工	46
2.3.2 热加工对金属组织和性能的影响	48
2.4 材料的超塑性	49
2.4.1 超塑性现象	49
2.4.2 合金超塑性的应用	50
2.4.3 陶瓷材料超塑性	51
2.5 高聚物的力学状态	51
2.5.1 线型无定型高聚物的力学状态	51
2.5.2 结晶和交联对高聚物力学状态的影响	53
本章学习指导	54
复习题	55
第3章 合金的结构及平衡相图	57
3.1 合金的结构	57
3.1.1 固溶体	57
3.1.2 金属化合物	58
3.1.3 机械混合物	58
3.2 平衡相图的概念	59
3.2.1 平衡相图	59
3.2.2 冷却曲线	59
3.2.3 溶解度的研究	60
3.2.4 几个特例	60
3.3 平衡相图的应用	61
3.3.1 表象点的研究	61
3.3.2 合金的结晶	62
3.3.3 三相反应	62
3.3.4 金属化合物	63
3.3.5 相图与合金性能之间的关系	63
3.4 铁—碳平衡相图	65
3.4.1 铁碳合金的基本相	66
3.4.2 Fe-Fe ₃ C 相图中点和线的意义	67
3.4.3 单相区	68
3.4.4 钢的组织转变	68
3.4.5 白口铁的组织转变	70
3.4.6 含碳量与铁碳合金性能关系	71
本章学习指导	74
复习题	75
第4章 热处理	76
4.1 概述	76

4.1.1 改善工艺性能的热处理	76
4.1.2 提高强度的热处理	76
4.2 钢在加热时的转变	77
4.3 钢在冷却时的转变	79
4.3.1 等温冷却转变	79
4.3.2 连续冷却转变	83
4.4 钢的退火与正火	83
4.4.1 钢的退火	83
4.4.2 钢的正火	85
4.5 钢的淬火	85
4.5.1 淬火加热温度的选择	85
4.5.2 淬火介质	86
4.5.3 淬火方法	87
4.6 钢的回火	88
4.6.1 回火的目的	88
4.6.2 淬火钢回火时的组织转变	89
4.6.3 回火种类及其应用	90
4.6.4 回火脆性	91
4.7 淬火钢的三大特性	93
4.7.1 钢的淬硬性	93
4.7.2 钢的淬透性	94
4.7.3 钢的回火稳定性	94
4.8 钢的表面热处理	95
4.8.1 钢的表面淬火	95
4.8.2 钢的化学热处理	97
本章学习指导	101
复习题	101
第5章 工业用钢及铸铁	103
5.1 钢的综述	103
5.1.1 钢材生产简介	103
5.1.2 钢的分类、编号与成分特点	105
5.1.3 碳钢和合金钢的特点	108
5.2 结构钢	110
5.2.1 工程结构钢	110
5.2.2 机器结构钢	113
5.3 工具钢	121
5.3.1 刀具钢	121
5.3.2 模具钢	125
5.3.3 量具钢	127

5.4 特殊性能钢	127
5.4.1 不锈钢	127
5.4.2 耐热钢	128
5.4.3 耐磨钢	128
5.5 铸铁	128
5.5.1 灰铸铁	130
5.5.2 蠕墨铸铁	133
5.5.3 可锻铸铁	134
5.5.4 球墨铸铁	135
5.5.5 合金铸铁	137
本章学习指导	137
复习题	138
第 6 章 有色金属及其合金	140
6.1 铝及铝合金	140
6.1.1 综述	140
6.1.2 铝合金	140
6.2 铜及铜合金	146
6.2.1 综述	146
6.2.2 黄铜	146
6.2.3 青铜	148
6.3 轴承合金	150
6.3.1 锡基轴承合金	151
6.3.2 铅基轴承合金	152
6.3.3 铝基轴承合金	153
6.3.4 铜基轴承合金	153
6.3.5 锌基轴承合金	153
6.4 其他有色金属及合金	154
6.4.1 钛及钛合金	154
6.4.2 锌基合金	155
6.4.3 镍基合金	156
本章学习指导	156
复习题	157
第 7 章 非金属材料	158
7.1 塑料	158
7.1.1 塑料的组成、特点及分类	158
7.1.2 常用工程塑料简介	159
7.2 橡胶	164
7.2.1 橡胶的组成	164
7.2.2 常用橡胶材料	165

7.3 工业陶瓷	166
7.3.1 陶瓷的性能	166
7.3.2 常用工业陶瓷	168
7.4 复合材料	171
7.4.1 纤维复合材料	173
7.4.2 层合复合材料	174
7.4.3 颗粒复合材料	175
本章学习指导	175
复习题	176
第8章 机械零件选材	177
8.1 选材的原则与方法	177
8.1.1 选材的一般原则	177
8.1.2 选材的步骤和方法	179
8.2 材料选择方法举例	183
8.2.1 以综合力学性能为主的选材方法	183
8.2.2 以耐磨性为主的钢材选择方法	184
8.2.3 以弹性为主的选材方法	186
8.2.4 常用工具的选材	187
本章学习指导	188
复习题	189
部分习题参考答案	190
第1章部分习题参考答案	190
第2章部分习题参考答案	191
第3章部分习题参考答案	193
第4章部分习题参考答案	196
第5章部分习题参考答案	199
第6章部分习题参考答案	202
第7章部分习题参考答案	204
第8章部分习题参考答案	205
参考文献	206

绪论

1. 材料的定义、分类及基本性质

材料是指具有满足指定工作条件下使用要求的形态和物理性状的物质，它是组成生产工具的物质基础。

材料是一个多品种的产业，其品种以各种方式在迅速增长。目前估计世界上已有 50 万种材料，8000 多万种化合物，并正在以每年 25 万种的速度增加。

工程材料是指工程上使用的材料，其种类繁多，有许多不同的分类方法。若按用途分，可分为建筑工程材料、机械工程材料、电工材料等；若按原子聚集状态分，可分为单晶体材料、多晶体材料和非晶体材料；若按材料的化学成分、结合键的特点分，可分为金属材料、有机高分子材料、无机非金属材料(陶瓷)和半导体材料四大类。图 0-1 所示价键四面体清晰地表示出了各类材料之间的本质区别和内在联系。

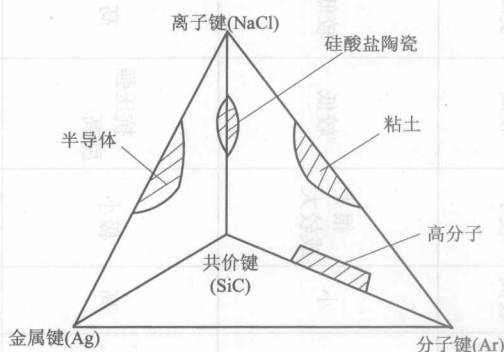


图 0-1 价键四面体

金属材料是目前应用最广泛的工程材料之一，它包括纯金属及其合金。在工业上，把金属材料分为两类：一类是黑色金属，它是指铁、锰、铬及其合金，其中以铁为基的合金(钢和铸铁)应用最广；另一类是有色金属，它是指除黑色金属以外的所有金属及其合金。按照特性的不同，有色金属又分为轻金属、重金属、贵金属、稀有金属和放射性金属等多种。

非金属材料是近几十年来发展速度很快的工程材料，预计今后还会有更大的发展。非金属材料包括有机高分子材料和无机非金属材料两大类。有机高分子材料的主要成分是碳和氢，按其应用可分为塑料、橡胶、合成纤维；而无机非金属材料是指不含碳、氢的化合物，其中以陶瓷应用最广。把两种或两种以上的不同性质或不同组织结构的材料以微观或宏观的形式组合在一起，从而构成复合材料。复合材料是一种新型的、具有很大发展前途的工程材料，它不仅保留了组成材料各自的优点，而且具有单一材料所没有的优异性能。工程材料的基本特点见表 0-1。

表 0-1 工程材料的基本特点

分类	基本组成	原子间结合键	结构类型	材料举例	弹性模量	弹性变形量	强度	硬度	塑性	耐热性	熔点	耐腐蚀性	导电、导热性	成型性	其他性能
金属材料	金属元素为主	金属键为主	晶体	钢、铸铁、铜合金、铝合金	较高	较小	较高	较高	良好(除铸铁等)	较高	较高	一定程度	良好	良好	相对密度大、不透明、有金属光泽
有机高分子材料	有机高分子化合物为主	分子内共价键、分子间或键交联	无定形态、晶态(混有晶态区)	塑料、橡胶	小	很大或较大	较低	较低	变化大	较低	较低	高	绝缘、导热不良	良好	相对密度小、热膨胀系数大、抗蠕变性、能低、减摩性好
陶瓷材料	硅酸盐、氧化物、碳化物等	离子键为主，也有共价键	晶体为主	陶瓷器、 Al_2O_3 、 MgO 、BN、TiC、WC、SiC	高	极小	抗压强度高	高	脆	高	高	高	绝缘、导热不良	差	耐磨性好、抗热震性差、抗拉强度低
复合材料	几种材料的组合	复杂	混合	硼、碳、玻璃、金属等组成的纤维复合材料	高于单一材料		高于单一材料			高于单一材料		高于单一材料	技术复杂		

材料科学与工程是“关于材料组成、结构、制备工艺与其性能及使用过程间相互关系的知识开发及应用的科学”，可用图 0-2(a)所示的四面体来表示。材料的组成、结构、制备工艺、性能是密切相关的。结构/成分是**关键**，组织结构决定了材料的使用性能，而成分、工艺的**配合**又决定了组织结构。使用性能是材料在使用状态下表现出的行为，它与设计、工程环境(服役条件)密切相关。使用性能主要包括可靠性、耐用性、寿命预测及延寿措施等。材料的合成/制备、材料的性质是元器件或设备设计过程中必不可少的一个组成部分。合成/制备是指建立原子、分子和分子聚集体的新排列，在从原子尺度到宏观尺度的所有尺度上对结构进行控制以及**高效而有竞争力地制造材料和零件的演变过程**。材料的性质是材料对外界刺激(如电场、磁场、温度场、力场等)的整体响应，材料的导电性、导热性、光学性能、磁化率、超导转变温度、力学性能等都是材料在相应应力场作用下的响应。

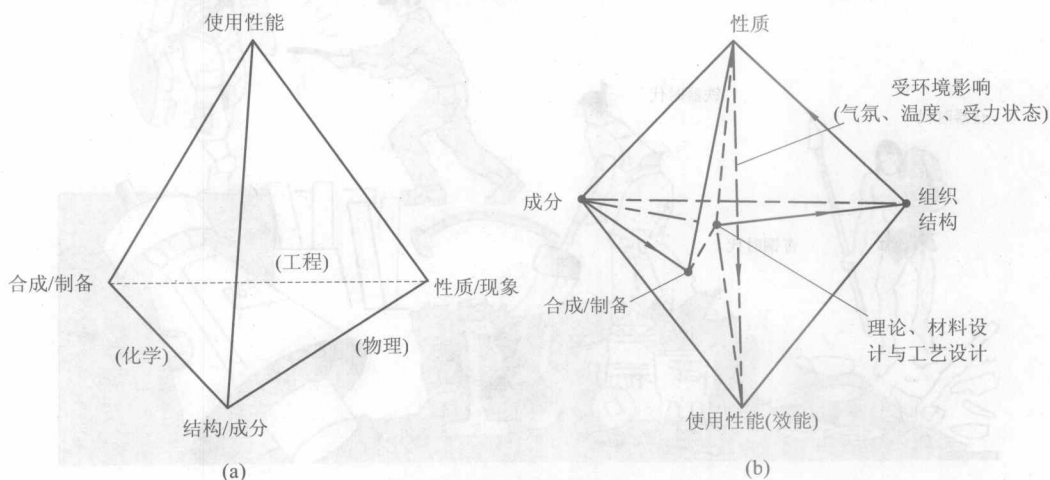


图 0-2 材料科学与工程四面体与五要素

(a) 四面体; (b) 五要素

随着材料设计的兴起和环境因素的重大影响，形成了材料科学和工程**的五要素模型**，即成分、合成/制备、组织结构、性质和使用性能，如图 0-2(b)所示。这五个要素中的每一个要素或几个相关要素都有其理论，根据理论建立模型，通过模型可以进行材料设计或工艺设计，以达到提高性能和使用效能、节约资源、减少污染、降低成本及易于再循环的最佳状态。

图 0-3 说明通过基础学科已有的知识指导了材料成分、结构与性能的研究，也指导了工艺流程的发展，通过工艺流程生产出可供使用的工程材料，而工程材料在使用过程中所暴露的问题，再反馈到成分、结构与性

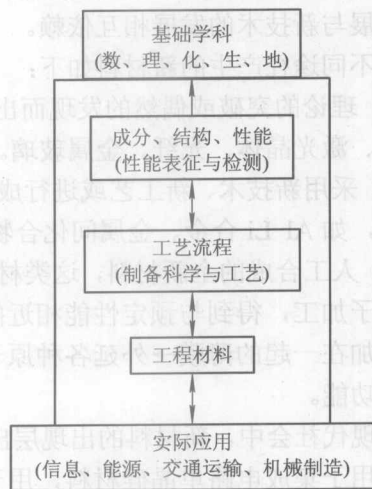


图 0-3 材料科学及其基础科学与实际应用间的关系

能的研究,进而改进工艺过程,得到更为合适的工程材料。如此反复,使材料不断改进而更加成熟。

2. 材料的地位、作用和发展

从日常生活用具到高、精、尖的产品,从简单的手工工具到技术复杂的航天器、机器人,这些都是由不同种类、不同性能的材料加工而成的。历史学家把人类的历史按人类所使用的材料种类划分为石器时代、青铜器时代、铁器时代、钢铁时代和新材料时代(见图 0-4)。可见,材料的利用和发展标志着人类文明的发展水平,构成了人类文明史的里程碑。



图 0-4 材料的发展与人类的进步

在现代工业生产中,人们把材料、能源、信息称为现代技术的三大支柱,而材料进步是现代技术革命的先锋,未来的空间工业、海洋工业和基因工程都离不开材料科学。新材料的发展与新技术的发展相互依赖。

由不同途径产生的新材料如下:

- (1) 理论的突破或偶然的发现而出现的新材料,如超导材料、形状记忆合金、不锈钢、半导体、激光晶体、光纤、金属玻璃。
- (2) 采用新技术、新工艺或进行成分与组织的调整,对现有材料进行改进并大幅度改善其性能,如 Al-Li 合金、金属间化合物、碳纤维及各种复合材料。
- (3) 人工合成的全新材料,这类材料代表材料的未来。利用计算机等先进技术可进行原子或分子加工,得到与预定性能相近的材料和器件,如利用化学气相沉积在晶体上生长一层层叠加在一起的薄膜→外延各种原子;有机高分子合金化、共混、共聚、镶嵌等→各种结构、功能。

在现代社会中,新材料的出现层出不穷,这大大推动了社会的进步和科学技术的发展,例如,用于集成电路单晶硅材料,用于人造地球卫星的形状记忆合金,前途光明的超导材料,能源工程的贮氢材料等。就拿超导材料来说,这种材料在一定温度下电阻为零,如果把超导材料用于计算机将大大提高其运算速度;如把它用于输电线路,北煤南运的问题将

得到解决;如把它用于高速悬浮列车以代替永磁材料,悬浮列车将为我们的运输业带来革命。再如1985年美国化学家Kroto发现的一种新的碳的同素异形体 C_{60} ,一种由60个碳原子组成的大分子,成为一个球形,人们称之为烯球(Fullerene)或巴基球(Bucky ball)。它是合成金刚石的理想原料;掺后为超导材料; C_{60} 和 C_{70} 溶液具有光限性; C_{60} 也是治疗癌症药物的载体。事实上,新材料的发展速度很快,工程技术人员要认识和使用它,管理决策人员更要有远见。

目前的机械工业正向着高速、自动、精密方向迅速发展,在产品的设计与制造过程中,遇到的材料与材料的加工工艺方面的问题越来越多,工业的发展与“工程材料”这门课程之间的关系亦愈加密切。这就要求工程技术人员具有足够的材料及其加工工艺的知识,也要求管理工作人员能在复杂的工业生产过程中使财力、物力、人力得到充分利用,并具有远见卓识的头脑,把握好科技的发展动态,为社会主义经济建设服务。

3. 编写思路

对现有的相关教材进行必要的分析,“保持特色,精炼基础;拓宽知识,跟踪时代;注重应用,强化能力”,坚持“精、实、广、新、活”的五字目标。精即提高起点,精炼基础;实即注重应用,培养能力;广即拓宽知识面,注重各学科知识的综合;新即知识适当更新,既保持特色,又注意学科前沿;活即强调自学能力和科学思维方法的训练,变“学会”为“会学”。其主要特色与创新在于:①以选材和改性为主线,将金属与非金属材料结合在一起,既突出共性,又兼顾个性;②全部使用新标准;③强化应用事例;④引入新的知识,以跟踪时代,拓宽学生的知识面。

4. 学习要求和学习方法

“工程材料与应用”是机械类各专业的技术基础课,它的先修课程是物理、化学、材料力学、金工实习等。课程的目的是使学生了解工程材料的基础知识,了解常用材料的成分、组织、性能与加工工艺之间的关系及其用途,使学生初步具有合理选用材料、正确确定加工方法及工艺的能力。学生在掌握材料基础知识的基础上,应进一步掌握:一条工艺路线,即由原材料到产品的制造过程,尤其应掌握材料改性(如热处理)在工艺路线中的位置;两个图,即Fe-C相图和“C”曲线,注意这两个图的具体应用和适用条件;四种材料,即金属材料、有机高分子材料、无机非金属材料、复合材料,包括性能、改性、牌号、用途及材料选择的基本知识,其中以金属材料为重点。

本课程是一门理论和实践性很强的课程,而且叙述性的内容较多,讲授时应注意教学方法,尽可能列举学生能接受的生产应用实例,辅以课堂讨论,强化实验,加深学生对课程内容的理解。学生应按化学成分、工艺→组织、结构→性能→用途这条主线进行学习。同时还应充分应用学过的知识,及时复习,认真阅读每章的学习指导,认真完成实验和课外作业,在学习时应常进行“①对不对(判断性思考)?②是什么(叙述性思考)?③为什么(理性思考)?④还有什么(扩散性思考)?”的检核,尽力理解并消化工程材料的基本理论知识,达到能初步应用的目的。

第 1 章 材料的内部结构

1.1 固体材料的结构

固体材料的结构是指组成固体相的原子、离子或分子等粒子在空间的排列方式。按粒子排列是否有序，固体材料可分为晶态和非晶态(无定型态)两大类。

1.1.1 晶态结构

1. 晶体、晶格和晶胞

绝大多数固体具有晶态结构，即为晶体，其组成粒子在三维空间作有规则的周期性重复排列(见图 1-1(a))。规则排列的方式即称晶体结构。为了便于研究晶体结构，假设通过粒子中心划出许多空间直线，这些直线则形成空间格架，称为晶格(见图 1-1(b))。晶格的结点为粒子平衡中心位置。晶格的最小几何组成单元称为晶胞(见图 1-1(c))，晶胞在空间的重复堆砌便构成了晶格。因此，可以用晶胞来描述晶格。

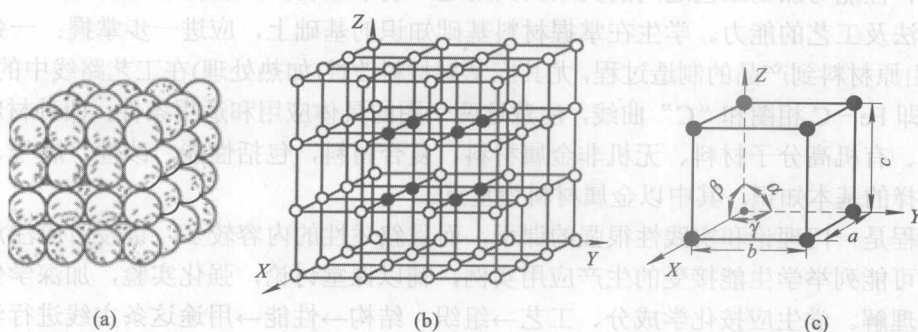


图 1-1 简单立方晶格与晶胞的示意图

(a) 晶体的原子排列模型; (b) 晶格; (c) 晶胞

2. 晶向、晶面

晶体中，由原子组成的任一平面称为晶面；由原子组成的任一系列的方向称为晶向。在晶体内部，不同晶面和晶向的原子排列情况不同。

3. 异构现象

1) 同素异晶现象

同素异晶现象是指一种元素具有不同晶体结构的现象,所形成的具有不同结构的晶体称为同素异晶体。在一定条件下,同素异晶体可以相互转变,称为同素异晶转变。在具有同素异晶现象的固体中,最典型的例子是铁,其同素异晶转变过程将在后面介绍。

2) 同质多晶现象

成分相同的无机化合物具有不同的晶体结构,称为同质多晶现象,所形成的不同结构的晶体称为变体。如二氧化硅晶体有石英、鳞石英、方石英三种变体,它们在一定温度条件下可以相互转变。

结构不同的晶体,尽管其成分相同,但仍具有不同性能。如金刚石是石墨的同素异晶体,其硬度在各种物质中已达顶峰,而石墨却很软。

1.1.2 非晶态结构

呈非晶态结构的固体中,组成粒子的排列杂乱无规则,称这种固体为非晶体或无定型体。由于粒子排列状态与液态相似,故也称为“被冻结的液体”,如无机玻璃和许多有机高分子化合物等。

1.1.3 晶体和非晶体的性能特点

晶体与非晶体结构上的差异,使得它们在性能上具有不同的特点,这主要表现在以下几个方面:

(1) 晶体具有固定的熔点和凝固点(如纯铁熔点为 1538°C),粒子规则排列的固态与无规则排列的液态间的转变有明确的分界线。非晶体无固定的熔点和凝固点,粒子无规则排列的液态和固态间的转变是连续的,在整个凝固过程中,仅仅是粒子运动由易变难,以至不能再运动,而粒子无规则排列状态没有显著变化。

(2) 晶体中各晶向上的粒子排列情况不同,因此各方向上的性能有差异,即呈各向异性。非晶体却无此现象,即呈各向同性。

(3) 晶体永久变形通常以塑性流动方式进行,粒子运动受晶体规则的约束。非晶体的永久变形则以粘性流动方式进行,粒子运动是自由的。

应指出,固体呈晶态还是非晶态并非绝对不变,在特定条件下,一些常规呈晶态的固体可变成非晶态;而一些常规呈非晶态的固体也可部分或全部变为晶态,从而导致性能上发生很大变化。如使液态金属以极快速度冷却,则可形成非晶态金属;而对常规呈非晶态的无机玻璃进行特殊处理,可使其部分或全部成为晶态。

1.2 金属晶体结构与结晶

1.2.1 常见金属晶体的结构

在所有晶体中,金属的晶体结构最简单。在晶格的结点上各分布一金属原子,便构成