



“十二五”国家重点图书出版规划项目
材料科学研究与工程技术系列(应用型院校用书)

工程材料

Engineering Materials

主编 莫淑华
王春艳

主审 乔英杰

院士专家著书 体现先进性 前瞻性 反映材料领域的研究成果
学科融合贯通 注重交叉性 学术性 立足材料科学的人才培养
内容丰富翔实 追求研究性 实用性 促进材料工程的创新发展

哈尔滨工业大学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目

材料科学研究与工程技术系列(应用型院校用书)

工 程 材 料

主 编	莫淑华	王春艳
副主编	王国星	尹志娟
主 审	乔英杰	

哈爾濱工業大學出版社

内容简介

本书是国家“十二五”重点图书出版规划项目“材料科学研究与工程技术系列”之一。本书以材料的“成分-结构-性能-应用”为结构体系,采用最新的国家标准和行业标准,在探索教材新结构的同时保证内容的科学性、先进性和适用性,注重对学生工程实践能力的培养。全书分为三篇,总计 15 章,内容包括材料的结构与性能、工程材料的改性、工程材料简介与应用三大特色模块,基本理论体系完善,适当介绍新材料、新技术、新工艺等有关内容。

本书可作为高等学校本科机械类、近机类及材料类专业学生教材,也可作为研究生及有关专业技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料/莫淑华,王春艳主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2011.8
ISBN 978-7-5603-3244-4

I. ①工… II. ①莫… ②王… III. ①工程材料
IV. ①TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 038397 号

责任编辑 田新华 孙 竞

封面设计 卞秉利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 17.5 字数 450 千字

版 次 2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-3244-4

定 价 38.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

为适应高等教育改革形势下的教学需求,贯彻落实教育部“卓越工程师培养计划”和 CDIO 工程教育模式体系,我们在总结近几年工程材料课程教改成果和遵循材料科学与工程体系的基础上,将“工程材料”课程内容进行有机整合并优化,以注重学生专业知识水平提升,加强实践能力和工程素质的培养为主线,突出应用型本科院校的适应性、实用性和针对性,编写了此书。教材内容以工程领域广泛使用的工程材料为研究对象,以材料的“化学成分-组织结构-性能-应用”为课程结构体系,由浅入深地展开。内容编排上力求在探索教材新结构的同时保证教材内容的科学性、先进性、适用性和相对稳定性。

全书分为三篇,总计 15 章,搭建了材料的结构与性能、工程材料的改性、工程材料简介与应用三大特色模块。在内容选择上注意根据材料科学与工程的发展,顺应制造工程的实际需要,突出了现代工程技术人员所应必备的材料学基本理论和知识。在重点剖析结构材料的同时,适当地介绍功能材料;在重点分析工业上广泛使用的金属材料的同时,适量地介绍非金属材料、新型材料以及新技术、新工艺等方面的有关知识。全书尽可能体现教材内容的实用性与先进性,注重理论联系实际,学以致用,加强对学生实际工程技术能力的培养。

近年来,为与国际先进技术接轨,我国已对许多材料试验方法标准、材料牌号标准、材料技术条件标准进行了修订,有些更新力度还比较大。本教材力求体现这种更新,采用最新的国家标准和行业标准并增加生产实践中广泛应用的相关图表、资料、经验公式和材料设计实例,以增加本教材的实用性。

为培养学生创造性思维和独立分析与解决实际问题的能力,各章均附有习题,旨在帮助学生及时理解、消化本章内容。

本书由黑龙江工程学院莫淑华、王春艳任主编,王国星、尹志娟任副主编。绪论及第 1 章由莫淑华编写,第 2、3、13 章由王春艳编写,第 4、5 章由于久灏编写,第 6、7、8 章由尹志娟编写,第 9、10、11、12 章由王国星编写,第 14、15 章由王丽雪编写。哈尔滨工程大学乔英杰教授任主审。

本书可作为高等学校本科机械类、近机类及材料类专业学生的教材,也可作为研究生和有关专业技术人员的参考用书。

编写过程中,编者参阅了部分国内外相关教材、科技著作及论文,在此向文献作者表示由衷的谢意!

由于编者学识所限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2011 年 3 月

目 录

绪 论	1
-----	---

第一篇 材料的结构与性能

第 1 章 纯金属与合金的晶体结构	7
1.1 纯金属的晶体结构	7
1.2 纯金属的实际晶体结构	12
1.3 合金的结构	15
习题与思考题	19
第 2 章 纯金属与合金的结晶	20
2.1 纯金属的结晶	20
2.2 合金的结晶	25
2.3 合金的性能与相图的关系	32
习题与思考题	33
第 3 章 铁碳合金	35
3.1 铁碳合金中的基本组织	35
3.2 铁碳合金相图	38
3.3 典型铁碳合金的结晶过程	41
3.4 含碳量对铁碳合金平衡组织和力学性能的影响	45
3.5 铁碳相图的实际应用	47
3.6 铁碳合金双重相图	48
习题与思考题	50
第 4 章 金属材料的力学性能	51
4.1 强度与塑性	51
4.2 硬度	53
4.3 韧性	57
4.4 疲劳强度	60
4.5 蠕变极限与持久强度	63
习题与思考题	66
第 5 章 非金属材料及复合材料的结构与性能	67
5.1 高分子材料的结构与性能	67
5.2 陶瓷材料的结构与性能	75
5.3 复合材料的结构与性能	81
习题与思考题	85

第二篇 工程材料的改性

第 6 章 金属材料的改性	89
6.1 金属材料的强化	89
6.2 钢的热处理	91
6.3 钢的合金化	110
6.4 表面技术	114
习题与思考题	121
第 7 章 非金属材料的改性	122
7.1 高分子材料的改性	122
7.2 陶瓷材料的改性	124
习题与思考题	130
第 8 章 复合材料的增强机制	131
8.1 复合材料增强体	131
8.2 纤维增强复合材料的增强机制	133
8.3 颗粒增强复合材料的增强机制	134
8.4 叠层复合材料的增强机制	135
习题与思考题	137

第三篇 工程材料简介与应用

第 9 章 金属材料	141
9.1 工业用钢	141
9.2 铸铁	167
9.3 有色金属及其合金	174
习题与思考题	188
第 10 章 高分子材料	190
10.1 高分子材料概述	190
10.2 工程塑料	193
10.3 合成纤维	200
10.4 合成橡胶	203
10.5 其他高分子材料	206
习题与思考题	208
第 11 章 陶瓷材料	210
11.1 陶瓷材料概述	210
11.2 常用陶瓷材料	213
习题与思考题	217
第 12 章 复合材料	218
12.1 复合材料概述	218

12.2 常用复合材料	220
12.3 复合材料未来发展	223
习题与思考题	224
第 13 章 新材料简介	226
13.1 减振合金	226
13.2 形状记忆合金	229
13.3 磁性材料	231
13.4 超导材料	235
13.5 纳米材料	237
习题与思考题	243
第 14 章 工程材料的选用	244
14.1 选材的一般原则	244
14.2 零件的失效与选材	247
14.3 力学性能指标在选材中的作用	249
14.4 典型工程制件的选材与工艺案例分析	250
习题与思考题	256
第 15 章 工程材料的应用	257
15.1 汽车零件用材	257
15.2 机床零件用材	259
15.3 仪器仪表用材	261
15.4 热能设备用材	262
15.5 化工设备用材	264
15.6 航空航天器用材	265
习题与思考题	267
附录	269
参考文献	272

绪 论

世界是由物质构成的,物质是指在人类生活环境内所能获取的单元素的单质或多元素的化合物。物质是制备材料的原料,一切人工制品都是由一定的材料组成的。材料是人类生存和发展的物质基础,是人类认识自然和改造自然的工具。材料、能源、信息是现代文明的三大支柱,支撑着人类社会的发展与繁荣。

所谓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,是组成生产工具的物质基础。材料和物质是两个不同的概念。材料可由一种物质或若干种物质构成。同一种材料,由于制备方法或加工工艺的不同可制成用途各异的材料。有的物质本身就是一种材料,如木材、棉、麻等天然材料。但大多数物质不是材料,需要通过一定的工艺过程才能转化为材料。如铁矿石、焦炭等是原料,而钢铁是材料。对于材料可作“好”与“不好”之评价,对于物质则不能。目前世界各国注册的材料有几十万种,并在不断增加之中。新材料的研究、开发与应用反映了一个国家的科学技术水平,因此,材料水平是人类进步的里程碑。

0.1 材料与社会经济发展

材料是人类社会经济发展的物质基础和先导。自从人类出现,就开始使用材料和制造材料,人类使用材料的历史经历了七个时代,即石器时代(公元前 10 万年)、青铜器时代(公元前 3000 年)、铁器时代(公元前 1000 年)、水泥时代(公元 0 年)、钢时代(1800 年)、硅时代(1950 年)、新材料时代(1990 年)。

从远古的石器时代到公元前的青铜器时代和铁器时代,金属材料的使用标志着社会生产力的发展,人类开始逐渐进入文明的社会。18 世纪钢时代的来临,引起了世界范围的工业革命,因而产生了若干经济发达的强国,如美、英等国。1950 年开始进入硅时代,这是信息技术革命的时代,对世界产生了深远的影响。在钢时代和硅时代中,人们强烈认识到材料科学对社会发展与进步的重要作用。无论是专门从事研究材料的科技人员,还是经济学家、银行家、企业家,直到国家领导阶层的经济决策人,都密切注意材料研究的动向和发展趋势,以便及时把握住时机在世界经济发展的竞争中占有一席之地。

值得一提的是英国和日本的技术政策的得与失留给我们的启示。英国曾在钢时代到来之时,由于有预见性,因此在世界钢铁生产中占有一定的优势,1952 年钢产量为 2 082 万吨,给英国的经济发展带来了巨大的活力。日本二战后,瞄准世界仍处于钢时代,大力发展低成本和高质量的钢,从 1952 年生产 700 万吨钢,发展到 1972 年的 9 690 万吨,而英国当时只有 2 500 万吨。日本处于遥遥领先地位。日本这一技术政策推动了日本的汽车工业和其他一些使用钢材的产业,使日本经济有了很大发展。在 1970 年以后,日本又注意到世界已处于硅时代,因此,在保持钢的生产优势的同时,大力发展半导体工业,使得家

用电器的生产在世界市场中占绝对优势。然而,英国由于没有相应的技术政策和战略眼光,忽视了硅时代的到来,1988 年仅就信息技术产品而言,英国对日本的贸易赤字就达 2.2 亿英镑,英国从第一流的经济大国变为第二流的经济发达国家,而日本却从第二流的经济发达国家变为第一流的经济大国。由此可见,材料的发展,直接关系到一个国家的经济命运。现在多数发达国家已经认识到材料发展的重要性。1986 年《科学的美国人》杂志曾专期讨论有关材料的研究。文章指出:“先进材料对未来的宇航、电子设备、汽车以及其他工业的发展是必要的,材料科学的进展决定了经济关键部门增长速率的极限范围。”1990 年美国总统一布的科学顾问布鲁姆莱(Allany Bromley)明确指出:“材料科学在美国是最重要的学科。”在日本的未来工业规划的基础技术中,在 11 个主要项目中有 7 个项目是基于先进材料之上。从国际上看,世界各国尤其是主要大国也都把发展新能源、新材料、信息网络、生物医药、节能环保、低碳技术、绿色经济等作为新一轮产业发展的重点。2010 年 9 月 8 日,中国国务院总理温家宝主持召开国务院常务会议,原则通过《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》。战略性新兴产业包括节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料和新能源汽车共七大产业。新材料使新技术得以产生和应用,而新技术又促进了新工业的出现和发展。新材料的开发与应用,对人类社会文明与经济的发展,有着不可估量的作用,在国民经济中占有极其重要的地位。

0.2 工程材料及其分类

材料通常可分为气态、液态和固态三大类。一般工程中使用的多为固态材料。工程材料主要指用于机械工程、电气工程、建筑工程、化工工程、航空航天工程等领域材料的统称。工程材料种类繁多,分类方法有多种。

0.2.1 按材料的物理化学属性分类

按材料组成和结合键的性能将材料分为四大类,这是最常用的分类方法。各类材料都具有不同的结构与特征。

各类材料的具体分类见图 0.1。金属材料、无机非金属材料、高分子材料因原子间的相互作用不同,在各种性能上差异极大,构成现代工业三大材料体系。复合材料是由上述三类材料以基体和增强体的形式相互复合而成的一种新型材料,其特点是对不同材料取长补短,在性能方面大于组分材料之和,具有广泛的应用前景。

0.2.2 按材料使用性能分类

材料按使用性能可分为结构材料和功能材料两类。

(1) 结构材料 结构材料是用来制造承受载荷、传递动力的零件和构件的材料。可以是金属材料、高分子材料、陶瓷材料和复合材料等。结构材料强调强度、刚度、塑性、韧性、硬度、疲劳强度等力学性能指标。

(2) 功能材料 功能材料是用来制造具有特殊功能的元件、器件的材料。如信息记录材料、超导材料、传感器材料、储氢材料、激光材料等。功能材料强调声、光、电、磁、热等物理性能指标。

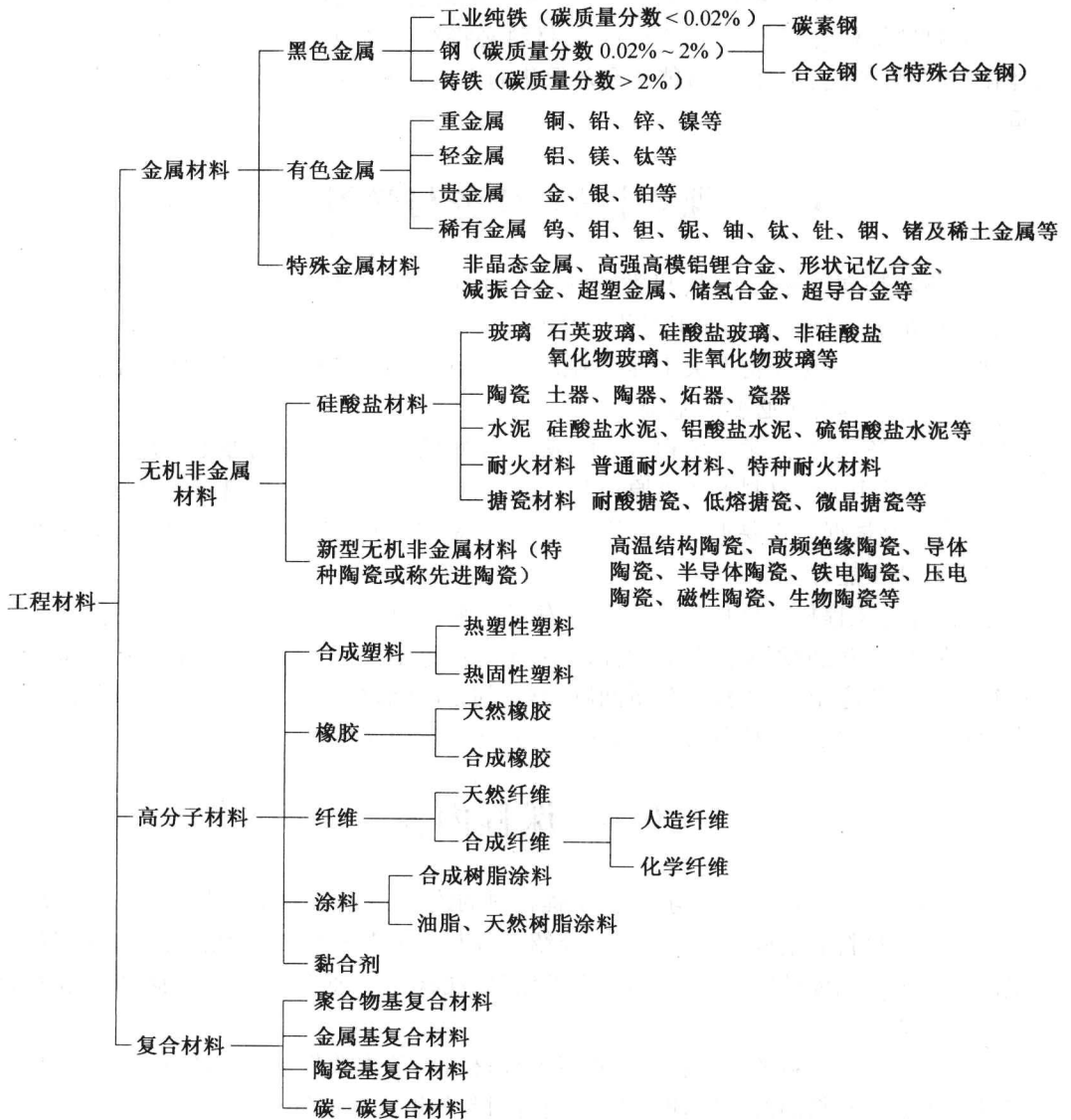


图 0.1 工程材料的分类

0.2.3 按使用领域的不同分类

材料按使用领域可分为机械工程材料、建筑材料、电子材料、医用材料、仪表材料和能源材料等。

0.2.4 按材料的发展过程分类

材料按其发展过程可分为传统材料和新型材料(又称新材料或先进材料)。

(1) 传统材料指制造工艺成熟且已长期、广泛应用的材料。

(2) 新材料指借助于高、新技术而开发出的且具有优异性能和应用前景的一类材料。

随着现代科学技术的发展,材料的分类方法也大大细化,以适应新形势的发展,如目

前常把能源开发、转换、运输、存储所需材料称为能源材料,而把信息接收、处理、存储和传播所需的材料统称为信息材料。21 世纪,材料必将在高新技术的基础上朝着精细化、高功能化、超高性能化、复合化、智能化和环保化的方向发展,为人类社会的物质文明建设发挥重要作用。

0.3 课程目的、任务与学习方法

工程材料是高等院校工科(机类、近机类、材料类等)专业必修的技术基础课,是研究工程材料的成分、组织结构、加工工艺与性能关系的一门科学。

课程目的:使学生获得有关工程材料的基本理论和基础知识,为将来应用工程材料和学习有关专业课程奠定必要的基础。

课程的任务:①熟悉常用工程材料的成分、组织结构以及有关的加工工艺与性能间的关系;②掌握常用工程材料的改性原理及工程应用;③了解常用工程材料的牌号及性能特点;④具有能够根据使用要求正确选用常用材料、制定一般零件与构件的热处理方法及其工序位置的初步能力。

学习方法:工程材料是从生产实践中发展起来,又直接为生产实践服务的科学。因此,本课程具有较强的理论性和应用性,学习中应注重于分析、理解与运用,并注意前后知识的衔接与综合应用;为了提高分析问题、解决问题的能力,在理论学习外,还要注意密切联系生产实际,重视实验环节,认真完成作业并积极参与课程讨论。

0.4 课程内容

本书内容分为材料的结构与性能、工程材料的改性、工程材料简介与应用三个模块。

模块一 材料的结构与性能:主要介绍工程材料的基本理论与性能指标,内容包括纯金属与合金的晶体结构、纯金属与合金的结晶、铁碳合金、金属材料的性能、非金属材料的结构与性能等;

模块二 工程材料的改性:主要介绍工程材料的基本改性原理与方法,内容包括金属材料与非金属材料的改性原理与工艺、复合材料的增强机制等;

模块三 工程材料简介与应用:主要介绍常用工程材料的性能、特点以及工程中选材方法与应用案例,内容包括金属材料、高分子材料、陶瓷材料、复合材料、功能材料、信息材料及工程材料的选用与应用等。

第一篇 材料的结构与性能

第1章 纯金属与合金的晶体结构

在外界条件一定时,材料的性能取决于材料内部的构造。内部构造是组成材料的原子种类、数量、排列方式和空间分布。习惯上将组成材料的原子种类和数量称为成分,它们的排列方式和空间分布称为组织结构,这里,我们把这两者统称为结构。所以,要研究材料结构与性能之间的关系,必须弄清楚材料在固态下的结合方式及结构特点。

1.1 纯金属的晶体结构

✧ 引例

金属材料是指金属元素或以金属元素为主构成的具有金属特性的材料的统称,包括纯金属、合金和特种金属材料等。人类文明的发展和社会的进步同金属材料关系十分密切。继石器时代之后出现的铜器时代、铁器时代,均以金属材料的应用为其时代的显著标志。现代种类繁多的金属材料已成为人类社会发展的物质基础。图 1.1 为目前最为常见的金属棒材。

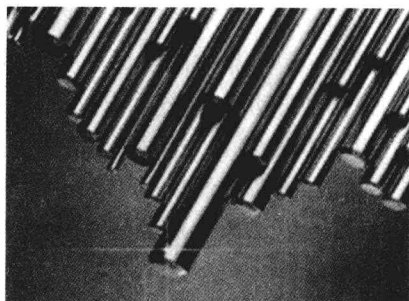


图 1.1 金属棒材

自然界中的固态物质,按其内部粒子(原子、分子等)排列情况可分为晶体与非晶体两大类。绝大多数固态无机物都是晶体。

1.1.1 晶体的概念

1.1.1.1 晶体

原子(或分子)在三维空间中有规则地周期性重复排列构成的物质称为晶体。几乎所有的金属,大部分的陶瓷以及一些聚合物等都是晶体。晶体的特点是结构有序、各向异性、有固定的熔点等。

1.1.1.2 非晶体

原子(或分子)在三维空间中无规则堆积在一起构成的物质称为非晶体,如玻璃、石蜡、松香等。非晶体的特点是结构无序、没有固定熔点、各向同性、热导率和热膨胀性小、塑性形变大等。

需要指出,晶体和非晶体在一定条件下是可以互相转化的。如金属液体在高速冷却条件下可以得到非晶态金属,即所谓的金属玻璃,而玻璃经过高温长时间加热处理,也可形成晶态玻璃。

1.1.1.3 晶体结构

晶体中原子(或分子)在空间呈现规则排列的方式称为晶体结构。晶体中的原子都

是在它的平衡位置上不停地振动着。为了便于分析,通常假定它们是一些静止不动的小球,各种晶体结构就可以看成是这些小球按一定的几何方式紧密排列堆积而成。图 1.2 (a) 是简单立方晶体的原子排列示意图。组成晶体的物质质点不同,排列的规则(或周期性)也不同,从而可以形成各种各样的晶体结构,所以实际存在的晶体结构会有很多种。

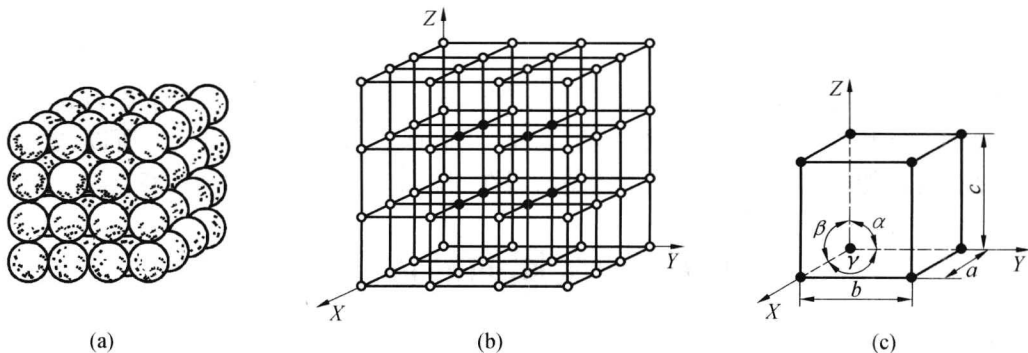


图 1.2 晶体结构示意图

为了便于表明晶体内部原子排列的规律,我们把每个原子抽象成一个几何点,这个点就代表原子的振动中心,这种排列的形式称为空间点阵。把这些点用直线连接起来,便形成一个空间格架,这种格架称为晶格。晶格中每个点称为结点,如图 1.2(b) 所示。由于晶体中原子的规则排列具有周期性的特点,通常从晶格中选取一个能够完全反映晶格特征的最小几何单元来分析晶体中原子排列的规律,这个最小的几何单元称为晶胞,如图 1.2(c) 所示。

晶格就是由许多大小、形状和位向相同的晶胞在空间重复堆积而成。晶胞的几何特征可以用晶胞的三条棱边长 a 、 b 、 c 和三条棱边之间的夹角 α 、 β 、 γ 等六个参数来描述。其中 a 、 b 、 c 称为晶格常数。晶格常数以 nm(纳米)为单位度量(以前曾以 $\text{\AA}$ (埃)为单位, $1\text{\AA}=0.1\text{ nm}$)。金属的晶格常数一般为 $(1\sim7)\times10^{-1}\text{ nm}$ 。晶胞的棱间夹角称为晶轴间夹角。通过晶胞某一结点沿其三条棱边的坐标轴 X 、 Y 、 Z ,称为晶轴。

不同元素组成的金属晶体因晶格形式及晶格常数的不同,表现出不同的物理、化学和力学性能。

1.1.2 典型金属晶格

在金属元素中,除少数具有复杂的晶体结构外,大多数具有简单的晶体结构,典型的金属晶格有以下三种类型。

1.1.2.1 体心立方晶格

体心立方晶格的晶胞如图 1.3 所示。晶格常数 $a=b=c$,所以只要一个常数 a 即可表示;晶轴间夹角 $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$;形状是一个立方体。在体心立方晶胞的每个角上和晶胞中心都有 1 个原子。在顶角上的原子为相邻 8 个晶胞所共有,故每个晶胞只占有 $1/8$,只有立方体中心的那个原子才完全属于该晶胞所独有,所以实际上属于每个体心立方晶胞的原子数为 2 个,即 $8\times1/8+1=2$ 个。属于这类晶格的金属有 $\alpha\text{-Fe}$ 、 Cr 、 V 、 W 、 Mo 、 Nb 等。

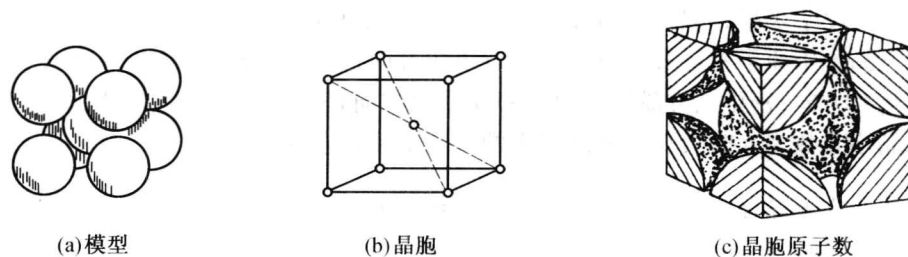


图 1.3 体心立方晶胞

1.1.2.2 面心立方晶格

面心立方晶胞如图 1.4 所示。它的形状也是一个立方体。在面心立方晶胞中,原子位于立方体的 8 个顶角和 6 个面的中心。属于面心立方晶胞的原子数为 4 个,即 $8 \times 1/8 + 6 \times 1/2 = 4$ 个。具有面心立方晶体结构的金属有 γ -Fe、Al、Cu、Ag、Au、Pb、Ni、 β -Co 等。

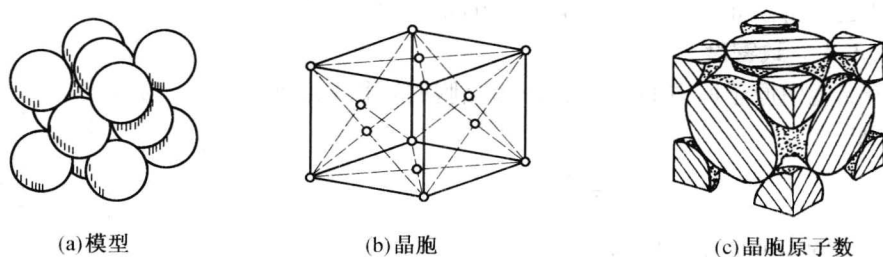


图 1.4 面心立方晶胞

1.1.2.3 密排六方晶格

密排六方晶胞如图 1.5 所示。它的形状是一个正六面柱体,在晶胞的 12 个角上各有 1 个原子,上底面和下底面的中心各有 1 个原子,上下底面的中间有 3 个原子。因此,密排六方晶格的晶胞中所含的原子数为 6 个,即 $6 \times 1/6 \times 2 + 2 \times 1/2 + 3 = 6$ 个。属于这类晶格的金属有 Mg、Zn、Be、Cd 等。

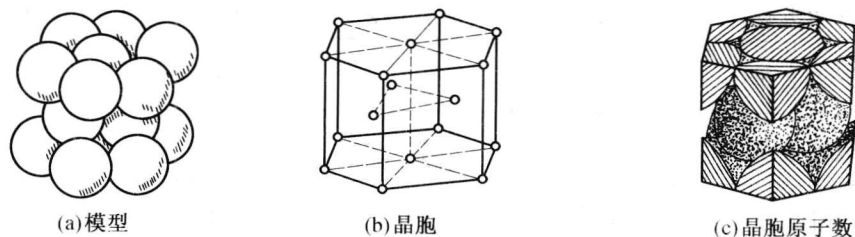


图 1.5 密排六方晶胞

1.1.3 金属晶体结构的重要参数

用于表征金属晶体结构特点的参数除前面提到的晶胞原子数外,还有原子半径、配位数、致密度等。

1.1.3.1 原子半径

原子半径不易测量,一般规定晶胞中原子密度最大方向上相邻两原子之间平均距离

的一半为原子半径,或晶胞中相距最近的两个原子间距离的一半。对于典型金属晶格,体心立方晶胞中原子密度最大方向是体对角线方向;面心立方晶胞中原子密度最大方向是面对角线方向;密排六方晶胞中原子密度最大方向是六方边长方向。由此可以很容易推算出晶格常数为 a 时典型金属晶格中的原子半径 r 分别为:

$$\text{体心立方晶格} \quad r = \frac{\sqrt{3}}{4}a$$

$$\text{面心立方晶格} \quad r = \frac{\sqrt{2}}{4}a$$

$$\text{密排六方晶格} \quad r = \frac{a}{2}$$

1.1.3.2 配位数

晶体结构中,与任一原子最临近、等距离的原子数目称为配位数。配位数越大,晶体中原子排列越紧密。如图 1.6 所示体心立方晶格的配位数为 8。

1.1.3.3 致密度

每个晶胞中原子所占的总体积 nv 与晶胞的体积 V 之比称为致密度,即

$$K = \frac{nv}{V}$$

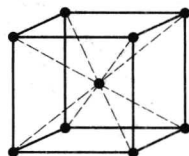


图 1.6 晶体结构示意图

式中 n 为晶胞中的原子个数, v 为原子体积。

致密度越大,晶格中原子体积分数越大。致密度也称为晶格密积因数。如体心立方晶格的致密度为 0.68,说明晶格中原子体积分数为 68%,余下的 32% 为空隙。

三种典型金属晶格的晶格参数见表 1.1。由表可知,无论从致密度或配位数来看,面心立方和密排六方晶格的原子排列均是最紧密的。

表 1.1 典型金属的晶格参数

晶格类型	晶胞中的原子个数	原子半径	配位数	致密度
体心立方	2	$\frac{\sqrt{3}}{4}a$	8	0.68
面心立方	4	$\frac{\sqrt{2}}{4}a$	12	0.74
密排六方	6	$\frac{1}{2}a$	12	0.74

1.1.4 晶面指数和晶向指数

晶体中通过一系列原子中心的平面称为晶面。通过两个以上原子中心的直线为原子列,各原子列的方向称为晶向。每一组平行的晶面和晶向都可用一组数字来标定其位向,这组数字分别称为晶面指数和晶向指数。晶面指数用数字加圆括号或花括号表示,晶向指数用数字加方括号或尖括号表示。常用的是三指数体系。