



普通高等教育“十二五”规划教材
PUTONG GAODENGJIAOYU SHIERWU GUIHUAJIAOCAI

机械工程材料

◎主 编:高为国 钟丽萍 ◎副主编:夏卿坤 江乐新 刘先兰

JIXIEGONGCHENGCAILIAO



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

普通高等教育“十二五”规划教材
PUTONG GAODENGJIAOYU SHIERWU GUIHUAJIAOCAI

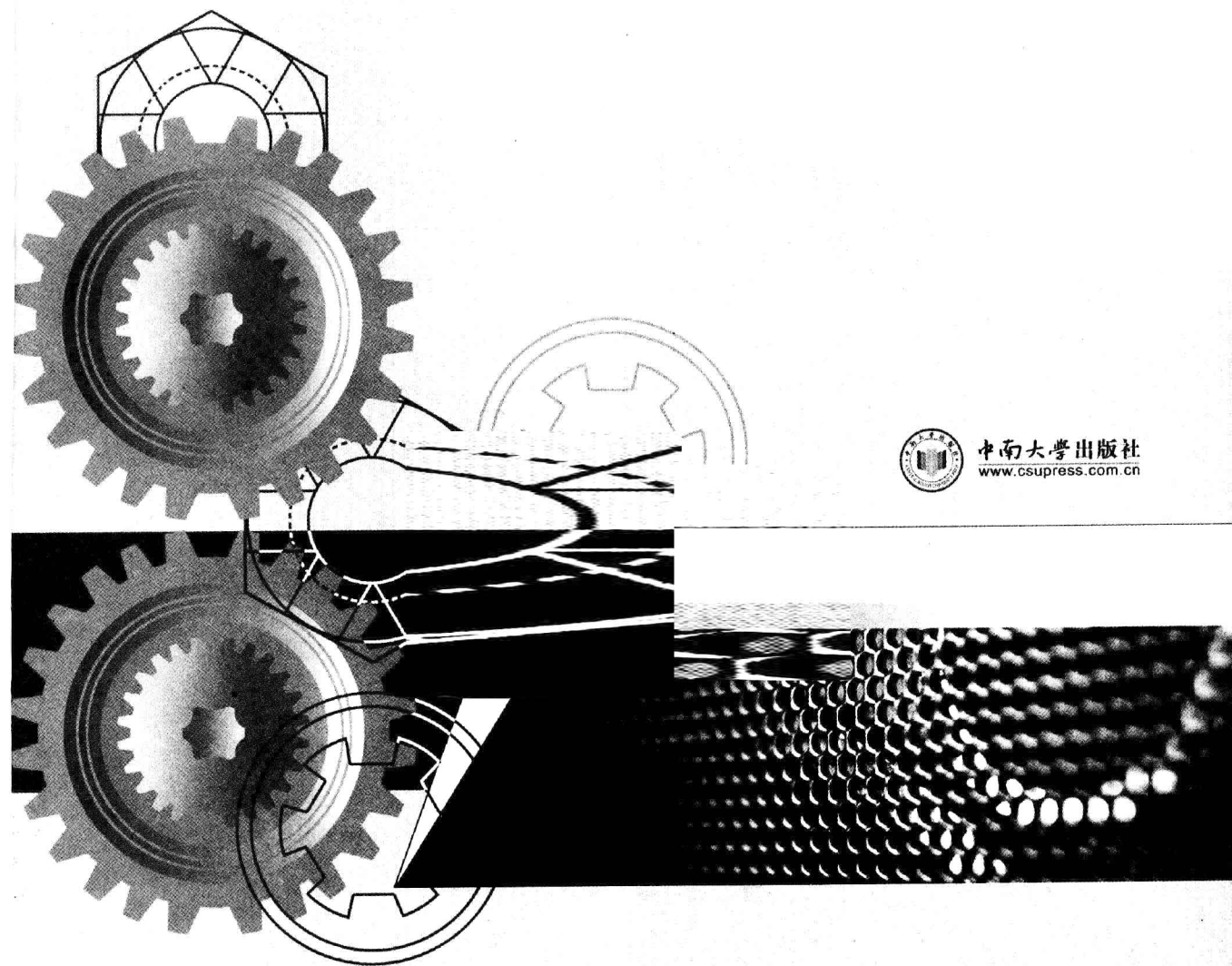
机械工程材料

◎主 编:高为国 钟丽萍 ◎副主编:夏卿坤 江乐新 刘先兰

JIXIEGONGCHENGCAILIAO



中南大学出版社
www.csupress.com.cn



图书在版编目(CIP)数据

机械工程材料/高为国,钟丽萍主编. —长沙:中南大学出版社,
2011. 7

ISBN 978-7-5487-0126-2

I. 机... II. ①高... ②钟... III. 机械制造材料 IV. TH14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 214584 号

机械工程材料

高为国 钟丽萍 主 编

夏卿坤 江乐新 刘先兰 副主编

☐责任编辑 谭 平

☐责任印制 周 颖

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙利君漾印刷厂

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 19 ☐字数 468 千字 ☐插页

☐版 次 2011 年 7 月第 1 版 ☐2011 年 7 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-0126-2

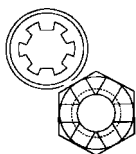
☐定 价 32.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

内容简介

本书根据教育部“机械工程材料”课程的教学基本要求编写，从机械类、近机械类专业学生的实际应用出发，以机械工程材料的基础知识为主线，重点介绍了常用机械工程材料及其应用。全书共分为8章，主要包括材料的结构与凝固、材料的性能与力学行为、二元合金相图与铁碳合金、钢的热处理、合金钢与铸铁、非铁金属材料、非金属材料、材料的失效分析、材料选择及工艺路线制订等内容。为了帮助学生复习和巩固所学知识，在各章后面均附有习题。

本书是普通高等学校机械类、近机械类专业学生的教材，亦可作为相关学科以及机械设计、材料加工等行业的工程技术人员的学习参考资料。



普通高等教育机械工程学科“十二五”规划教材编委会

主任

(以姓氏笔画为序)

王艾伦 刘舜尧 李孟仁 尚建忠 唐进元

委员

(以姓氏笔画为序)

丁敬平	万贤杞	王剑彬	王菊槐	王湘江	尹喜云
龙春光	叶久新	田福生	朱石沙	伍利群	刘吉兆
刘先兰	刘忠伟	刘金华	安伟科	杨舜洲	李必文
李 岚	李 岳	李新华	何国旗	何哲明	何竞飞
汪大鹏	张敬坚	陈召国	陈志刚	林国湘	罗烈雷
周里群	周知进	赵又红	胡成武	胡仲勋	胡争光
胡忠举	胡泽豪	钟丽萍	贺尚红	聂松辉	莫亚武
夏宏玉	夏卿坤	夏毅敏	高为国	高英武	郭克希
龚曙光	彭如恕	彭佑多	蒋寿生	曾周亮	谭援强
谭晶莹	潘存云				

总序 FOREWORD.

机械工程学科作为联结自然科学与工程行为的桥梁,它是支撑物质社会的重要基础,在国家经济发展与科学技术发展布局中占有重要的地位,21 世纪的机械工程学科面临诸多重大挑战,其突破将催生社会重大经济变革。当前机械工程学科进入了一个全新的发展阶段,总的发展趋势是:以提升人类生活品质为目标,发展新概念产品、高效高功能制造技术、功能极端化装备设计制造理论与技术、制造过程智能化和精准化理论与技术、人造系统与自然界和谐发展的可持续制造技术等。这对担负机械工程人才培养任务的高等学校提出了新挑战:高校必须突破传统思维束缚,培养能适应国家高速发展需求的具有机械学科新知识结构和创新能力的高素质人才。

为了顺应机械工程学科高等教育发展的新形势,湖南省机械工程学会、湖南省机械原理教学研究会、湖南省机械设计教学研究会、湖南省工程图学教学研究会、湖南省金工教学研究会与中南大学出版社一起积极组织了高等学校机械类专业系列教材的建设规划工作。成立了规划教材编委会。编委会由各高等学校机电学院院长及具有较高理论水平和教学经验的教授、学者和专家组成。编委会组织国内近 20 所高等学校长期在教学、教改第一线工作的骨干教师召开了多次教材建设研讨会和提纲讨论会,充分交流教学成果、教改经验、教材建设经验,把教学研究成果与教材建设结合起来,并对教材编写的指导思想、特色、内容等进行了充分的论证,统一认识,明确思路。在此基础上,经编委会推荐和遴选,近百名具有丰富教学实践经验的教师参加了这套教材的编写工作。历经两年多的努力,这套教材终于与读者见面了,它凝结了全体编写者与组织者的心血,是他们集体智慧的结晶,也是他们教学教改成果的总结,体现了编写者对教育部“质量工程”精神的深刻领悟和对本学科教育规律的把握。

这套教材包括了高等学校机械类专业的基础课和部分专业基础课教材。整体看来,这套教材具有以下特色:

(1)根据教育部高等学校教学指导委员会相关课程的教学基本要求编写。遵循“重基础、宽口径、强能力、强应用”的原则，注重科学性、系统性、实践性。

(2)注重创新。本套教材不但反映了机械学科新知识、新技术、新方法的发展趋势和研究成果，还反映了其他相关学科在与机械学科的融合与渗透中产生的新前沿，体现了学科交叉对本学科的促进；教材与工程实践联系密切，应用实例丰富，体现了机械学科应用领域在不断扩大。

(3)注重质量。本套教材编写组对教材内容进行了严格的审定与把关，教材力求概念准确、叙述精炼、案例典型、深入浅出、用词规范，采用最新国家标准及技术规范，确保了教材的高质量与权威性。

(4)教材体系立体化。为了方便教师教学与学生学习，本套教材还提供了电子课件、教学指导、教学大纲、考试大纲、题库、案例素材等教学资源支持服务平台。

教材要出精品，而精品不是一蹴而就的，我将这套书推荐给大家，请广大读者对它提出意见与建议，以利进一步提高。也希望教材编委会及出版社能做到与时俱进，根据高等教育改革发展形势、机械工程学科发展趋势和使用中的新体验，不断对教材进行修改、创新、完善，精益求精，使之更好地适应高等教育人才培养的需要。

衷心祝愿这套教材能在我国机械工程学科高等教育中充分发挥它的作用，也期待着这套教材能哺育新一代学子茁壮成长。

中国工程院院士 钟 掘

2011年7月

前言 PREFACE.

材料是人类用来制造各种产品的物质,是人类生活和生产的物质基础。材料、能源和信息是现代科学技术发展的三大支柱,而材料又是能源和信息领域的基础。人类社会的发展与材料的使用是密不可分的,材料的应用水平直接反映了人类社会的文明程度,历史学家以石器时代、陶器时代、青铜器时代、铁器时代、人工合成材料时代等来划分人类历史发展的各个阶段,也正好说明了这一点。随着现代科学技术和社会经济建设的迅速发展,一切从事工业生产的工程技术人员都必须具备有关机械工程材料方面的基本知识。

“机械工程材料”课程是普通高等学校机械类、近机械类专业的一门重要的专业基础课,本课程的教学任务是从机械工程的应用角度出发,阐述机械工程材料的基本理论,明确材料的成分、组织结构、加工工艺和性能之间的关系,介绍常用机械工程材料及其应用等基本知识。本课程的教学目的是使学生通过学习,掌握机械工程材料的基本理论及相关基础知识,熟悉材料的成分、组织结构、加工工艺、性能与应用之间的相互关系及其变化规律,掌握常用工程材料的性能特点、应用范围和热处理工艺,初步具备根据零件的工作条件和性能要求合理选择与使用工程材料,正确制订零件加工工艺路线的能力。

本书从机械工程应用对材料性能要求的角度出发,以材料科学与工程的重点概念、基本知识和原理为主线,在精简传统理论知识的同时,将重点放在材料的性能特征、选择及工程应用上,致力于科学性、系统性和实用性相结合,突出工程应用和材料相结合,具有较强的工程应用背景。书中引入了较多的新材料、新技术知识以及材料新工艺技术的新应用知识,有利于培养学生的工程实践能力和创新能力。全书语言简练、结构合理、内容新颖,相关内容采用了最新的国家标准。

全书共分为8章,主要内容包括三个部分:第一部分阐述工程材料的基础理论知识,内容涉及材料的结构与凝固、材料的性能与力学行为、二元合金相图与铁碳合金、钢的热处理,

重点阐述工程材料的基本概念、基本理论以及材料成分、组织结构和性能之间的关系及其影响规律。第二部分着重介绍各类机械工程材料的成分、组织、性能与应用,包含了常用的工业用钢、铸铁、非铁金属材料、非金属材料等,在系统讲述传统钢铁材料的同时,突出了非铁金属材料和非金属材料强化原理、性能特点和工程应用。第三部分主要涉及材料的选择和应用,主要介绍了工程材料及零件的主要失效形式、选材的基本原则和方法、加工工艺路线的制订和分析等,特别是强调了热处理工艺的实际应用。

本书第1章的1.1、1.2、1.3由中南大学江乐新副教授编写,第1章的1.4、1.5、1.6由湖南农业大学陈力航工程师编写,第2章的2.1、2.2、2.3、2.4由邵阳学院陈国新副教授编写,第2章的2.5、2.6及第4章和附录F由中南林业科技大学钟丽萍教授编写,第3章的3.1、3.2、3.3由湖南工学院刘先兰教授编写,第3章的3.4、3.5、3.6、3.7及第7章和附录A~附录E由湖南工程学院高为国教授编写,第5章的5.1、5.2、5.3、5.4、5.5由长沙学院夏卿坤教授编写,第5章的5.6、5.7、5.8由长沙理工大学戴晓元副教授编写,第6章由湖南科技大学颜建辉博士编写,第8章由南华大学樊湘芳副教授编写。全书由高为国、钟丽萍任主编,夏卿坤、江乐新、刘先兰任副主编。

本书在编写过程中参考了部分国内外的相关教材、科技著作和论文资料,中南大学出版社给予了指导和帮助,在此特向有关编者、作者和单位表示衷心的感谢!

由于编者的水平有限,加之编写时间仓促,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2011年7月

CONTENTS. 目录

绪论	(1)
第1章 材料的结构与凝固	(4)
1.1 金属的晶体结构	(4)
1.2 合金的晶体结构	(14)
1.3 非金属材料的结构	(16)
1.4 凝固的基本概念	(21)
1.5 金属的结晶	(23)
1.6 材料的同素异构现象	(28)
习题	(30)
第2章 材料的性能与力学行为	(31)
2.1 材料的静态力学性能	(31)
2.2 材料的动态力学性能	(36)
2.3 材料的物理、化学性能	(40)
2.4 材料的工艺性能	(41)
2.5 金属的塑性变形及强化	(41)
2.6 金属的再结晶与热变形加工	(50)
习题	(56)
第3章 二元合金相图与铁碳合金	(57)
3.1 二元合金相图的建立及意义	(57)
3.2 二元合金相图的基本类型	(61)
3.3 合金性能与相图之间的关系	(74)
3.4 铁碳合金的基本组织	(76)
3.5 Fe - Fe ₃ C 相图	(77)
3.6 钢铁材料生产简介	(85)

3.7 碳钢	(88)
习题	(94)
第4章 钢的热处理	(96)
4.1 热处理的概念与分类	(96)
4.2 钢在加热时的组织转变	(98)
4.3 钢在冷却时的组织转变	(100)
4.4 钢的退火与正火	(111)
4.5 钢的淬火与回火	(115)
4.6 钢的表面热处理	(126)
4.7 热处理的新技术、新工艺	(133)
4.8 热处理工艺路线安排与技术条件标注	(138)
习题	(141)
第5章 合金钢与铸铁	(143)
5.1 合金元素在钢中的作用	(143)
5.2 合金钢的分类与编号	(147)
5.3 合金结构钢及其应用	(149)
5.4 合金工具钢及其应用	(162)
5.5 特殊性能钢及其应用	(173)
5.6 铸铁及其石墨化	(179)
5.7 灰口铸铁	(182)
5.8 特殊性能铸铁	(190)
习题	(192)
第6章 非铁金属材料	(194)
6.1 铝及铝合金	(194)
6.2 铜及铜合金	(204)
6.3 钛及钛合金	(215)
6.4 滑动轴承合金	(219)
6.5 粉末冶金材料	(223)
习题	(227)

第 7 章 非金属材料	(228)
7.1 高分子材料	(228)
7.2 陶瓷材料	(237)
7.3 复合材料	(241)
习题	(245)
第 8 章 失效分析、材料选择及热处理工艺	(247)
8.1 零件的失效分析	(247)
8.2 零件设计中的材料选择	(251)
8.3 典型零件、工具的材料选择与热处理工艺	(254)
习题	(264)
附录	(265)
附录 A 国内外常用钢的牌号对照	(265)
附录 B 国内外常用铸铁的牌号对照	(269)
附录 C 国内外常用铝及铝合金的牌号对照	(270)
附录 D 常用钢的临界温度	(271)
附录 E 常用塑料、复合材料的缩写代号	(275)
附录 F 机械工程材料常用词汇汉 - 英对照表	(277)
参考文献	(288)

绪 论

材料、能源、信息是现代技术的三大支柱,而材料又是国民经济发展、社会进步和国家安全的物质基础,材料的进步对决定人类文化的总体面貌具有极为重要的影响。人类社会的发展与材料的使用是密不可分的,材料的使用状况直接反映了人类社会的文明水平,历史学家以石器时代、陶瓷时代、青铜器时代、铁器时代来划分人类历史发展的各个阶段,也正好说明了这一点。尤其是近百年来,随着社会需求的增加和科学技术的迅猛发展,各种新型材料更是层出不穷,出现了半导体时代、高分子材料时代、人工合成材料时代、复合材料时代和即将进入的纳米时代。

材料技术的发展促进了材料的开发与利用,使材料和材料技术形成了一个相互依存的统一体,功能材料与器件、储能材料与能源转换器、仿生材料与生物机器人、材料设计与制备技术等已成为材料领域研究与发展的主要方向。

机械制造、交通运输、国防和科研等各个行业都需要大量地使用机械工程材料。从日常生活用具到高、精、尖的机械产品,从简单的手工工具到复杂的飞机、卫星、运载火箭等,无一不是由不同种类和性能的机械工程材料制成的。因此,机械工程材料在现代工业中占有极其重要的地位。

机械工程材料是指用于工程和机械制造方面的各种材料的总称。在实际生产中常分为金属材料和非金属材料两大类。其中,金属材料是最重要的机械工程材料,它包括黑色金属材料 and 有色金属(非铁合金)材料两类。黑色金属材料是指铁及铁基合金,如钢、铸铁和铁合金等;有色金属材料是指除了铁及铁基合金以外的金属及其合金,如铜及铜合金、铝及铝合金、钛及钛合金等。其中,以黑色金属材料应用最广,占机械工程材料的90%以上。非金属材料是指除了金属材料以外的材料,在机械制造中主要使用的有高分子材料、陶瓷材料和复合材料等。非金属材料具有某些独特的性能,因而它在有些方面的应用是金属材料不可代替的。目前,非金属材料已成为一种重要的新型工程材料,有着广阔的发展前景。

中华民族为材料的发展及其应用做出了重大的贡献,在人类的发展史上,最先使用的工具是石器,我们的祖先用坚硬的燧石和石英石等天然材料制成石刀、石锄、石斧等工具。早在新石器时代,中华民族的先人就用黏土烧制成陶器,作为日常生活用品使用;仰韶文化时期,便在氧化性气氛炉中烧制出了红陶;东汉时期发明了瓷器,成为世界上最早生产瓷器的国家。我国人民也是世界上最早掌握青铜、钢铁冶炼和加工技术的民族之一。远在三千多年以前,我国的商代就有了高度发达的青铜冶炼技术和铸造技术,如殷商祭器司母戊大鼎,其体积庞大,长和高都超过1 m,重量达875 kg,外形尺寸为1.33 m×0.87 m×1.1 m,花纹极

其精美,造型十分美观,是迄今为止世界上最古老的大型青铜器。商代的铁刃青铜戈是我国最早的带铁器具,这说明我国商代的劳动人民就开始使用铁器了。湖北江陵楚墓中发现的埋藏了两千多年的越王勾践的两把宝剑,长0.577 m、宽0.04 m,至今仍寒光闪闪,异常锋利。春秋战国时期,我国劳动人民又发明了冶铁技术,开始大量制造铁器,比欧洲国家早了一千八百多年;河南南阳汉代冶作坊出土的9件铁农具,有8件是黑心可锻铸铁制成,其质量与现代铸铁产品相当;由于生产发展和战争的需要,在战国时期,热处理中的渗碳工艺也得到使用和发展,人们还掌握了将铁经高温冶炼制成钢的方法,当时为了强化兵器,钢的热处理中最重要的热处理工艺淬火工艺也随之产生,在战国时期的刀剑金相组织中就出现了淬火马氏体组织。

《天工开物》是我国明代杰出科学家宋应星所写的一部科学巨著,书中详细记载了我国劳动人民在冶炼技术和工艺方法等方面的伟大成就,它不仅是我国历史上有关冶金技术和工艺的最完整的论著,也是世界上最古老的最全面的科学著作之一,书中对钢铁材料的退火、淬火、渗碳等热处理工艺进行了详细地论述。

新中国成立以后,建立了机械制造、石油化工、电子电器、矿山冶金、航空航天等许多现代工业,特别是近几十年来,我国工业生产发展迅速,取得了举世瞩目的成就:20世纪60年代我国便自行设计和制造了12000 t的水压机;我国的人造地球卫星、洲际弹道导弹以及长征系列运载火箭等相继研制成功。在金属材料方面,已经建立了符合我国资源的合金钢系统,2008年北京奥运会的国家体育场“鸟巢”,工程主体结构采用了我国自行研制开发的Q460E低合金高强度钢,其屈服强度指标达到了460 MPa以上,在国家标准中,Q460E的最大厚度是100 mm,而“鸟巢”使用的钢板厚度史无前例地达到了110 mm;我国自行研制的稀土镁球墨铸铁具有世界先进水平;各种有色金属材料及特殊性能合金已经在质量和品种上逐步满足了国防和工农业生产的需要。非金属材料的开发与利用也有了长足地进步,用新型陶瓷材料制成的高温结构陶瓷柴油机可节油30%,热机效率可提高50%,用陶瓷制造的蜗轮发动机叶片可在1400℃的高温下工作;在北京五棵松篮球馆的建设中,采用了室内新型PRC轻质隔墙,具有较高的隔音、防水、环保和保温等性能,防水施工均使用了无味无毒的JS复合防水涂料,屋面采用PVC防水卷材系统,包括防水、吸音、隔热、保温等9种材料组成的复合屋面,在屋面PVC卷材施工中,使用自动焊接设备焊接,保证了16000 m²卷材的接缝严密,经过一个雨季的淋水检验无渗漏。在热处理方面有许多新技术、新工艺、新设备不断被用于生产中。但是必须指出,当今世界各国的科学技术都在迅速发展,我国在机械工程材料方面与先进国家相比,仍有一定的差距。所以,我们必须加倍努力学习,刻苦钻研业务,赶超世界先进水平。

“机械工程材料”是机械类和近机械类专业必修的一门技术基础课,其教学目标是使学生获得常用机械工程材料的基本知识,为学习其他课程和从事生产技术工作打下必要的基础。本课程的主要内容有机械工程材料概述、金属的晶体结构与结晶、合金的相结构与结晶、铁碳合金、钢的热处理、合金钢、铸铁、有色金属与粉末冶金材料、其他常用的机械工程材料、工程设计制造与材料选择以及相应的实验内容等。由此可见,“机械工程材料”是一门内容广泛、理论和实践相结合的课程。由于材料与热处理常成为机械产品质量的关键,所以,学习和掌握本课程对一个合格的机械制造类工程技术人员来说是十分必要的。

通过机械工程材料课程的学习,应使学生熟悉常用机械工程材料的成分、组织、热处理

工艺、性能之间的关系以及变化规律,初步掌握常用机械工程材料的牌号、性能特点及应用范围,并能具有合理地选择材料、正确运用热处理方法、妥善安排热处理工序位置的初步能力;实验是培养学生独立工作能力和实际操作技能重要的教学环节,要求学生认真预习实验内容,在教师的指导下认真完成实验,并写出实验报告;根据教学内容的不同要求,应适当安排部分综合性的课堂讨论或综合练习,以培养学生分析问题和解决问题的能力。

“机械工程材料”是从生产实践中发展起来的一门学科,而又直接用于指导实践活动,具有丰富的理论性和实践性。材料的种类繁多,性能各异,而且在本课程中名词术语较多,概念较多,定性的描述和说明较多,比较抽象,入门较困难。因此,要求学生弄清重要的名词术语、基本概念和基本理论,按成分、组织、性能、用途的主线去学习和记忆,利用实验和实习等各个教学环节掌握基本操作技能,同时认真完成作业、认真进行课堂讨论、写好实验报告,以更好地掌握本课程的知识点,提高应用能力。

本课程的实践性较强,很多工艺方法、零部件的形状及材料的规格等知识点都直接来源于生产实践,并与之紧密结合。所以,该课程应安排在金工实习之后开设,使之在获得了一定的感性知识之后进行系统的学习,效果较好;课程中的某些内容,如热处理方法及工序位置的安排、工程材料选择、材料的代用等还需在后续课程、课程设计、毕业设计中不断学习、巩固和提高,才能做到真正的理解和灵活、准确地应用。

第1章

材料的结构与凝固

【概述】

◎材料的内部结构及化学成分是决定其性能的两个重要因素。本章从微观的角度分别介绍和分析了金属材料及非金属材料的基本概念及其结构,并对金属的凝固及结晶和材料的同素异构现象进行了阐述。

1.1 金属的晶体结构

1.1.1 晶体结构的基本概念

(1) 晶体与非晶体

自然界中的固体物质按其原子(离子或分子)的聚集状态可分为晶体和非晶体两大类。内部原子(离子或分子)在三维空间按一定几何形状有规则排列的固体称为晶体;如天然金刚石、钻石、水晶、氯化钠、明矾等。固态金属的原子排列是有规则的,因而固态金属一般情况下均是晶体。内部原子(离子或分子)在三维空间无规则排列的物质均是非晶体;如玻璃、松香、石蜡、棉花、木材等都是非晶体。液态金属的原子排列无周期规则性,不是晶体。

晶体与非晶体由于原子排列方式的不同导致了其在性能上的区别,其主要表现:一是晶体熔化时具有固定的熔点,而非晶体却存在一个软化温度范围,没有明显的熔点;二是晶体具有各向异性,即晶体中各个不同的方向上,晶体的强度、硬度及弹性模量、电导率、光折射率等力学性能和物理性能不同,而非晶体却为各向同性。

(2) 空间点阵、晶格、晶胞

晶体中原子(离子或分子)规则排列的方式称为晶体结构,假定理想晶体中的原子都是固定不动的刚性球,则晶体是由这些刚性球堆垛而成,如图1-1(a)为这种原子的堆垛模型。为了便于研究,常常将构成晶体的实际质点(原子或离子)抽象为纯粹的几何阵点,将这些阵点用假想的直线连接起来,构成三维的空间格架,这种描述晶体中原子(或离子)规则排列的空间格架称为空间点阵,这种假想的格架也称为晶格,如图1-1(b)所示。能够反映晶格特征的最小组成单元称为晶胞,如图1-1(c)所示。晶胞在三维空间的重复排列构成晶格。晶胞的基本特征即反映该晶体结构(晶格)的特点。

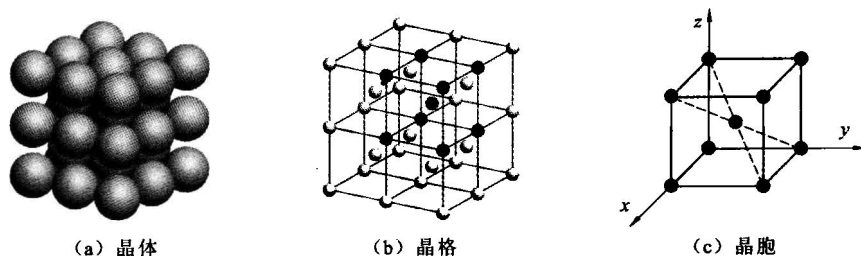


图 1-1 晶体中的原子堆垛刚性球模型示意图

(3) 晶格参数及晶格常数

晶格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 六个参数来描述,称为晶格参数(如图 1-2)。其中 a 、 b 、 c 为晶格常数。金属的晶格常数一般为 $1 \times 10^{-10} \text{ m} \sim 7 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。不同的金属因其晶体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。金属的晶体结构可用 X 射线结构分析技术进行分析测定。

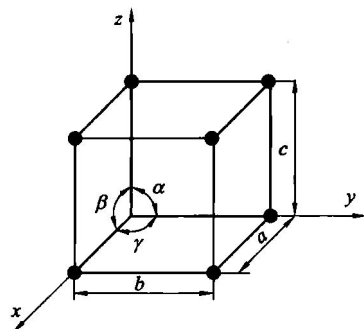


图 1-2 晶格参数

1.1.2 三种常见的金属晶体结构

在已知的 80 多种金属元素中,由于其原子趋向于规则地紧密排列,除了少数具有复杂的晶体结构外,大多数具有简单的、紧密排列的晶体结构,最常见的晶体结构有三种类型:体心立方晶格、面心立方晶格和密排六方晶格。

(1) 体心立方晶格

体心立方晶格的晶胞刚性球模型见图 1-3(a)、质点模型见图 1-4(a)。晶胞的三个棱边长度相等,三个轴间夹角均为 90° ,构成立方体。除了在晶胞的 8 个角上各有 1 个原子外,在立方体的中心还有 1 个原子。具有体心立方结构的金属有 Ti、V、Cr、Mo、W 及 α -Fe 等 30 多种。

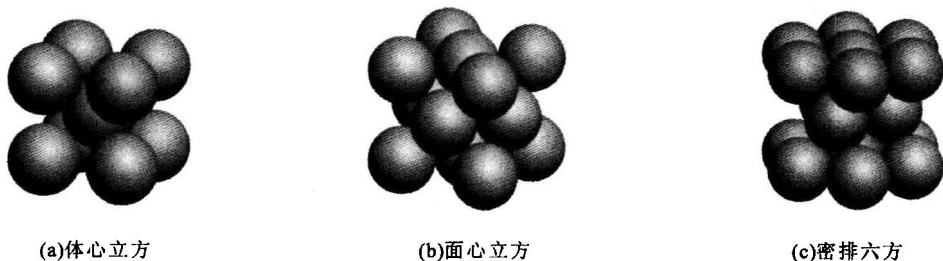


图 1-3 三种常见的金属晶体结构(刚性球模型)示意图

(2) 面心立方晶格

面心立方晶格的晶胞刚性球模型见图 1-3(b)、质点模型见图 1-4(b)。晶胞的三个棱边长度相等,三个轴间夹角均为 90° ,构成立方体。除在晶胞的 8 个角上各有 1 个原子外,在