



全国高等职业教育机电类“十二五”规划教材

JINSHU CAILIAO YU RECHULI

金属材料与热处理

崔国明 刘志远 主编



黄河水利出版社

全国高等职业教育机电类“十二五”规划教材

金属材料与热处理

主 编 崔国明 刘志远
副主编 侯毅红 李兴霞
卢松涛

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书是全国高等职业教育机电类“十二五”规划教材。该教材主要由金属学、热处理原理及工艺、常见金属三大部分组成。全书共分 11 章,主要包括金属材料的性能,金属的晶体结构与结晶,合金的结构与相图,铁碳合金相图及碳素钢,金属的塑性变形及再结晶,钢的热处理原理及工艺,常用的金属材料等。此外,本书还简单介绍了非金属材料的知识,作为拓展或选学内容。

本书可作为高职高专院校、成人高校、本科院校举办的二级职业技术学院、民办高校机械、机电类专业的通用教材,也适用于五年制高职、中职的相关专业教学用书,并可作为相关工程技术人员参考书或企业职工培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

金属材料与热处理/崔国明,刘志远主编. —郑州:
黄河水利出版社,2012. 1
全国高等职业教育机电类“十二五”规划教材
ISBN 978 - 7 - 5509 - 0033 - 2

I. ①金… II. ①崔… ②刘… III. ①金属材料 -
高等职业教育 - 教材 ②热处理 - 高等职业教育 - 教材
IV. ①TG14 ②TG15

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 264721 号

策划编辑:王文科 电话:0371-66025273 E-mail:wwk5257@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:bhslcbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:16.75

字数:408 千字

版次:2012 年 1 月第 1 版

印数:1—4 100

印次:2012 年 1 月第 1 次印刷

定价:33.00 元

前言

本教材是根据教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》、《高职高专教育专业人才培养目标及规格》和《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》等文件精神,由工作在教学第一线的、具有丰富教学实践经验的教师共同编写而成的。

在编写过程中,编者在认真总结多年教学经验,并吸取了许多同类教材优点的基础上,结合当前高等职业教育培养应用型技能人才的需要,精心组织编写内容。其特点是:以“必须、够用、实用”为度,精选理论知识,突出基本知识的针对性、指导性;以能力培养为本,精选实例、习题及实验,突出教材的实用性和应用性;本着科学、严谨的态度,突破传统教材知识陈旧、标准落后的局限性,及时更新教材内容,尽量采用最新国家标准,突出教材的先进性、规范性。

在编写手法上,尽量做到深入浅出、通俗易懂,使教材清晰、形象,易于学习。全书名词、术语、材料的牌号、性能指标等均采用了最新国家标准,使用法定计量单位。每章附有习题,附录中配有实验指导书,以方便教师教学,帮助学生掌握基本概念、巩固所学知识、培养专业应用能力。

该教材主要由金属学、热处理原理和工艺、常见金属三大部分组成,具体编写内容包括金属材料的性能、金属的晶体结构与结晶、合金的结构与相图、铁碳合金相图及碳素钢、金属的塑性变形及再结晶、钢的热处理原理及工艺、常用的金属材料等。此外,本书还简单介绍了非金属材料的知识,作为拓展或选学内容。

本书可作为高职高专院校、成人高校、本科院校举办的二级职业技术学院、民办高校机械、机电类专业的通用教材,也适用于五年制高职、中职的相关专业教学用书,并可作为相关工程技术人员的参考书或企业职工培训教材。

本书由河南机电高等专科学校崔国明、郑州职业技术学院刘志远任主编,周口科技职业学院侯毅红、河南机电高等专科学校李兴霞、商丘科技职业学院卢松涛任副主编。参加编写的还有黄河水利职业技术学院岳鹏,河南机电高等专科学校马天凤、原国森、楚庄。具体编写分工如下:李兴霞编写绪论和第十一章;岳鹏编写第一章和第十章;侯毅红编写第二章、第三章;马天凤编写第四章;卢松涛编写第五章、第七章;崔国明编写第六章;刘志远编写第八章和第九章;原国森编写附录部分;楚庄参加了部分章节的编写和修订工作。全书由崔国明精心组织,负责统稿和定稿。

河南科技大学宋延沛教授和河南机电高等专科学校翟德梅教授审阅了全书,并提出了许多宝贵意见和建议,在此深表感谢。另外,本书在编写过程中参考了大量的文献资料,主要文献列于书后,在此谨向所有参考文献的作者,以及对本教材编写给予大力支持的领导和

专家一并表示衷心的感谢。

尽管我们在编写时已做出了很大努力,但由于水平有限,书中难免存在疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正,以便下次修订时改进。

编 者
2011 年 8 月

绪 论

第一节 材料知识概述

一、材料的重要地位

材料是人类用来制造各种生产工具和生活用品的物质,是人类赖以生存和发展的物质基础。新材料的产生和应用是人类社会进步和文明程度的重要标志。因此,史学家以新材料的使用作为人类进步的里程碑来划分社会发展阶段,如石器时代、青铜器时代、铁器时代等。

近百年来材料科学发展迅速,人类先后进入了钢铁时代、硅时代,如今正处于人工合成新材料时代。自 20 世纪 70 年代以来,材料、能源与信息已逐步成为现代技术的三大支柱,而材料又是能源与信息发展的物质基础。同时,随着高新技术群的兴起,人们又把新材料与信息技术、生物技术并列作为当今新技术革命的三大重要标志。

因此,现代社会中,材料已成为国民经济建设、国防建设和人民生活的重要组成部分。新材料的品种、数量、性能和质量,已成为衡量一个国家科学技术和现代化水平发展的重要标志。

二、材料的分类

现代材料种类繁多,据粗略统计,目前世界上的材料总和已达 40 余万种,且每年还在不断增加。为了便于认识和应用,学者们从不同角度对材料进行了分类。

按性能特点和主要功用,材料分为结构材料和功能材料两大类。结构材料是以强度、硬度、韧性等力学性能为基础,用以制造承受各种载荷(或受力)为主的构件。为满足特殊条件下的工作需要,结构材料也有导热、线膨胀、抗氧化、抗腐蚀、耐高温等物理化学性能要求。功能材料主要是以物理、化学、生物性能为基础,用以制造具有一定的电、磁、声、光、热、生物等特殊功能的材料,例如半导体材料、超导材料、光电子材料、磁性材料、新能源材料等。功能材料属于一种新型材料,发展潜力很大。但应该指出,在机械制造中仍以结构材料为主,通常所说的机械工程材料主要是指各类结构材料。

按化学成分和结合键的特性,材料可分为金属材料、无机非金属材料(陶瓷材料)、有机高分子材料、复合材料四大类。其中复合材料是由前三类材料的任意两种或两种以上复合而成的新型材料。下面分别介绍一下这四类材料。

(一) 金属材料

纯金属及其合金统称金属材料,它是目前应用最广、用量最大且最重要的机械工程材料。在工业上,金属材料分为黑色金属和有色金属两大类。

黑色金属是指铁、锰、铬及其合金。其中锰、铬及其合金在工程上很少单独应用,故常用

的黑色金属材料是铁合金,即所谓的钢铁材料,它包括各类钢和铸铁。

有色金属是指除黑色金属外的所有金属材料。按照特性不同,有色金属又分为轻金属(相对密度小于5)、重金属(相对密度大于5)、贵金属、稀有金属等多种。常用的有色金属材料有铝合金、铜合金、钛合金、镁合金等,其中铝、钛、镁合金的密度小,比强度、比刚度大,因此在航空、航天工业领域中被广泛应用。

应当指出,虽然有色金属具有很多优越性能,但受到资源短缺、价格高、工艺复杂等因素的限制,故目前黑色金属钢铁材料仍然是工业中产量最大、应用最广的金属材料。据统计,在一般机械制造业(如农业机械、机床设备、化工设备,及各类工程机械等)中,钢铁材料约占90%,有色金属仅占5%左右。因此,钢铁材料及其相关知识仍然是机械类专业的学习重点。

(二) 无机非金属材料

传统的无机非金属材料主要是硅酸盐材料,包括陶瓷、水泥、玻璃及耐火材料四类。其中陶瓷应用历史最早、应用范围最广,也最具代表性,因此无机非金属材料又常常统称为陶瓷材料。新型的无机非金属材料是20世纪中期以后发展起来的新材料,它在组成上已不局限于硅酸盐,还包括人工合成的氧化物、氮化物、硼化物等,例如结构陶瓷、功能陶瓷、半导体、新型玻璃等。传统的无机非金属材料具有耐高温、抗腐蚀、耐磨损等优点,因此仍然是应用最广泛的。

(三) 有机高分子材料

有机高分子材料是由碳、氢、氮、氧等元素为组元的高分子化合物组成的,又称为高聚物、聚合物。它通常可分为塑料、橡胶、合成纤维、胶粘剂和涂料等五类。高分子材料具有耐腐蚀性、电绝缘性、隔音、减振、重量轻、原料来源丰富、价廉以及成形加工容易等优点,因此应用日益广泛,并发展非常迅速。

(四) 复合材料

上述三类材料各有其优点和缺点,为了克服单一材料的不足,发挥其优势,这样就产生了由不同材料组成的复合材料。按基体材料不同,复合材料可分为金属基、聚合物基、陶瓷碳基等。通常复合材料具有高的比强度和比弹性模量,良好的抗疲劳性、减振性和耐高温性等优良的综合性能,已广泛应用于航空、航天、建筑、国防工业及通用机械等领域。复合材料是一种很有发展前途的新材料。

自进入21世纪,虽然各种非金属材料发展较快,应用范围不断扩大,但金属材料在工业中的主导地位仍不可动摇,因此金属材料及其相关知识仍是本课程的重点内容,而非金属材料在相关章节也有简单介绍。

第二节 金属材料与热处理技术的发展史

我国是最早使用金属材料与热处理技术的国家之一,并取得了辉煌的成就,对人类文明的发展作出了巨大贡献。

金属材料的发展史非常悠久。大汶口文化遗址出土的距今约6000年的红铜屑表明,早在公元前4000年以前,我们的祖先就已开始使用天然存在的纯铜。至公元前1000多年的殷商时代,我国的青铜冶炼与铸造技术已达到很高的水平,安阳殷墟遗址出土的司母戊鼎

是迄今世界上发现最早的大型精美青铜器。早在周代时,我国就开始冶铁,这比欧洲出现铁器的时间早约 2 000 年。到春秋、战国时期,冶铁技术已很发达,铸铁已广泛用于农具生产。洛阳出土的春秋战国之交的铁铲,是迄今发现最早的可锻铸铁件,这比欧洲同种材料早约 2 200 年。东汉时期,我国就掌握了炼钢技术,这也比欧洲早 1 600 多年。从汉代到明代,我国的冶铁、炼钢、锻铁、淬火等各种金属加工方法以及钢铁材料的应用都已达到了相当高的水平。所有这些在西汉司马迁的《史记·天官书》、东汉班固的《汉书·王褒传》、明代宋应星的《天工开物》等科学史书中作了详细的记载与论述。

在热处理技术方面,我们勤劳智慧的祖先也作出了杰出贡献。退火工艺的发明应该说是金属热处理的开端。早在殷商时期,退火工艺就被用于青铜器和自然金的加工,如安阳大司空殷商墓出土的金箔,经鉴定是采用锻打和退火工艺制成的。到春秋时期,我国固体渗碳处理已开始用于兵器加工。到战国时期,我国淬火工艺已用于兵器加工,如河北易县战国晚期遗址出土的钢剑,经检验,其刃部主要由淬火马氏体构成。到秦汉以后,金属热处理技术得到很大发展,回火、正火及表面淬火工艺也开始广泛应用。直到明末清初时期,我国的热处理技术一直处于世界领先水平。

历史证明,我国古代人民在金属材料与热处理技术方面有过辉煌成就,但在新中国成立之前的近百年时间,我国工业和科学技术一直处于落后状态。

当今世界各国的科学技术都在迅速发展,我国科学技术也取得了举世瞩目的成就,但在金属材料精深加工、热处理工艺新技术等领域,与发达国家相比仍有一定差距。因此,我们应加倍努力学习专业知识,勇于探索、敢于创新,为赶超世界先进水平作贡献。

第三节 金属材料与热处理课程的性质、学习目的和学习方法

一、本课程的性质

金属材料与热处理是研究金属材料的“成分—工艺—组织—性能”之间关系,探索提高金属材料性能、满足使用要求的途径,介绍常见金属材料的性能特点、应用范围的一门学科,它是机械制造中金属零件选材、制定金属加工工艺、改善金属产品性能的重要理论基础。因此,本课程是机械类及近机械类各专业必修的专业技术基础课。

二、本课程的学习目的

金属材料与热处理课程主要包括金属材料性能、金属学基础知识、钢的热处理、常用金属材料及其选用等内容。其目的是为了让学生了解金属学基本知识,掌握金属材料热处理基本原理,熟悉常见金属材料的热处理工艺、性能特点及应用范围,为后续相关专业课程的学习和将来从事生产技术工作奠定必要的基础知识和专业技能。

三、本课程的学习方法

金属材料与热处理课程是一门理论性和实践性较强的课程。本课程给初学者的印象是名词多、术语多、概念抽象,具有较强的理论性,比较难理解。但只要我们了解到这些理论既

来源于实践,又服务于实践的本质,认识到本课程的可实践性特点,理解并掌握本课程的内容主线和基本规律(材料的成分、工艺决定材料的组织结构,组织结构又决定材料的性能,而性能最终决定材料的应用范围),就一定能把这门课程学好。

总而言之,初学者应结合课程特点和规律进行学习,才能很好地掌握本课程的知识。下面给出几点具体的学习建议,以供参考。

(1)重视传统学习方法。认真听讲并做好笔记,在理解概念的基础上,课后进行必要的识记,为系统、深入学习打下坚实基础。

(2)重视实验教学、认识实习及生产实习等实践性教学环节。通过验证性试验、感性认识来逐步理解和把握金属材料的基本规律,了解课程的实用性和重要性,提高学习兴趣。

(3)注重综合应用能力的培养。要勤于动脑、善于观察,努力尝试分析、解决身边遇到的有关金属材料方面的问题,不断提高自身专业素质,以达到学以致用最终目的。

(4)坚定自己的学习信心。这一点也很重要,那就是一定要相信自己、肯定自己、超越自己,一定能把这门课程学好、用好,将来在自己的工作岗位上成就一番事业。

目 录

前 言

绪 论	(1)
第一节 材料知识概述	(1)
第二节 金属材料与热处理技术的发展史	(2)
第三节 金属材料与热处理课程的性质、学习目的和学习方法	(3)
第一章 金属材料的性能	(5)
第一节 金属材料的力学性能	(5)
第二节 金属材料的其他性能	(20)
习 题	(23)
第二章 金属的晶体结构与结晶	(25)
第一节 金属的晶体结构	(25)
第二节 实际金属的晶体结构	(30)
第三节 纯金属的结晶	(35)
第四节 金属铸锭的组织与缺陷	(43)
习 题	(45)
第三章 合金的结构与相图	(46)
第一节 合金的基本概念	(46)
第二节 合金的相结构	(47)
第三节 二元合金相图	(50)
习 题	(60)
第四章 铁碳合金相图及碳素钢	(61)
第一节 铁碳合金的组元及其基本相	(61)
第二节 铁碳合金相图及其应用	(63)
第三节 碳素钢	(78)
习 题	(86)
第五章 金属的塑性变形及再结晶	(88)
第一节 金属的塑性变形	(88)
第二节 冷塑性变形金属在加热时组织和性能的变化	(93)
习 题	(98)
第六章 钢的热处理原理及工艺	(99)
第一节 钢在加热时的转变	(99)
第二节 钢在冷却时的转变	(102)
第三节 钢的普通热处理工艺	(112)
第四节 钢的表面淬火和化学热处理	(124)

第五节 热处理件质量与技术检验	(130)
第六节 热处理技术条件的标注及工序位置的确定	(135)
习 题	(138)
第七章 合金钢	(141)
第一节 合金钢的分类及牌号	(141)
第二节 合金元素在钢中的作用	(143)
第三节 合金结构钢	(147)
第四节 合金工具钢	(157)
第五节 特殊性能钢	(164)
习 题	(169)
第八章 铸 铁	(171)
第一节 铸铁概述	(171)
第二节 常用铸铁	(174)
第三节 合金铸铁	(184)
习 题	(186)
第九章 有色金属及粉末冶金材料	(187)
第一节 铝及其合金	(187)
第二节 铜及其合金	(191)
第三节 滑动轴承合金	(194)
第四节 粉末冶金材料	(198)
习 题	(200)
第十章 非金属材料	(202)
第一节 高分子材料	(202)
第二节 陶瓷材料	(210)
第三节 复合材料	(213)
第四节 新型材料	(216)
习 题	(219)
第十一章 材料的选用	(220)
第一节 失效分析	(220)
第二节 选材的原则	(223)
第三节 典型零件选材实例及工艺分析	(226)
习 题	(233)
附录 I 实验指导书	(234)
实验一 金属材料硬度的测试	(234)
实验二 金相显微镜的使用及金相试样的制备	(238)
实验三 铁碳合金平衡组织观察	(243)
实验四 钢的热处理综合性实验	(246)
附录 II 压痕直径与布氏硬度对照表	(251)
参考文献	(259)

绪 论

第一节 材料知识概述

一、材料的重要地位

材料是人类用来制造各种生产工具和生活用品的物质,是人类赖以生存和发展的物质基础。新材料的产生和应用是人类社会进步和文明程度的重要标志。因此,史学家以新材料的使用作为人类进步的里程碑来划分社会发展阶段,如石器时代、青铜器时代、铁器时代等。

近百年来材料科学发展迅速,人类先后进入了钢铁时代、硅时代,如今正处于人工合成新材料时代。自 20 世纪 70 年代以来,材料、能源与信息已逐步成为现代技术的三大支柱,而材料又是能源与信息发展的物质基础。同时,随着高新技术群的兴起,人们又把新材料与信息技术、生物技术并列作为当今新技术革命的三大重要标志。

因此,现代社会中,材料已成为国民经济建设、国防建设和人民生活的重要组成部分。新材料的品种、数量、性能和质量,已成为衡量一个国家科学技术和现代化水平发展的重要标志。

二、材料的分类

现代材料种类繁多,据粗略统计,目前世界上的材料总和已达 40 余万种,且每年还在不断增加。为了便于认识和应用,学者们从不同角度对材料进行了分类。

按性能特点和主要功用,材料分为结构材料和功能材料两大类。结构材料是以强度、硬度、韧性等力学性能为基础,用以制造承受各种载荷(或受力)为主的构件。为满足特殊条件下的工作需要,结构材料也有导热、线膨胀、抗氧化、抗腐蚀、耐高温等物理化学性能要求。功能材料主要是以物理、化学、生物性能为基础,用以制造具有一定的电、磁、声、光、热、生物等特殊功能的材料,例如半导体材料、超导材料、光电子材料、磁性材料、新能源材料等。功能材料属于一种新型材料,发展潜力很大。但应该指出,在机械制造中仍以结构材料为主,通常所说的机械工程材料主要是指各类结构材料。

按化学成分和结合键的特性,材料可分为金属材料、无机非金属材料(陶瓷材料)、有机高分子材料、复合材料四大类。其中复合材料是由前三类材料的任意两种或两种以上复合而成的新型材料。下面分别介绍一下这四类材料。

(一)金属材料

纯金属及其合金统称金属材料,它是目前应用最广、用量最大且最重要的机械工程材料。在工业上,金属材料分为黑色金属和有色金属两大类。

黑色金属是指铁、锰、铬及其合金。其中锰、铬及其合金在工程上很少单独应用,故常用

的黑色金属材料是铁合金,即所谓的钢铁材料,它包括各类钢和铸铁。

有色金属是指除黑色金属外的所有金属材料。按照特性不同,有色金属又分为轻金属(相对密度小于5)、重金属(相对密度大于5)、贵金属、稀有金属等多种。常用的有色金属材料有铝合金、铜合金、钛合金、镁合金等,其中铝、钛、镁合金的密度小,比强度、比刚度大,因此在航空、航天工业领域中被广泛应用。

应当指出,虽然有色金属具有很多优越性能,但受到资源短缺、价格高、工艺复杂等因素的限制,故目前黑色金属钢铁材料仍然是工业中产量最大、应用最广的金属材料。据统计,在一般机械制造业(如农业机械、机床设备、化工设备,及各类工程机械等)中,钢铁材料约占90%,有色金属仅占5%左右。因此,钢铁材料及其相关知识仍然是机械类专业的学习重点。

(二) 无机非金属材料

传统的无机非金属材料主要是硅酸盐材料,包括陶瓷、水泥、玻璃及耐火材料四类。其中陶瓷应用历史最早、应用范围最广,也最具代表性,因此无机非金属材料又常常统称为陶瓷材料。新型的无机非金属材料是20世纪中期以后发展起来的新材料,它在组成上已不局限于硅酸盐,还包括人工合成的氧化物、氮化物、硼化物等,例如结构陶瓷、功能陶瓷、半导体、新型玻璃等。传统的无机非金属材料具有耐高温、抗腐蚀、耐磨损等优点,因此仍然是应用最广泛的。

(三) 有机高分子材料

有机高分子材料是由碳、氢、氮、氧等元素为组元的高分子化合物组成的,又称为高聚物、聚合物。它通常可分为塑料、橡胶、合成纤维、胶粘剂和涂料等五类。高分子材料具有耐腐蚀性、电绝缘性、隔音、减振、重量轻、原料来源丰富、价廉以及成形加工容易等优点,因此应用日益广泛,并发展非常迅速。

(四) 复合材料

上述三类材料各有其优点和缺点,为了克服单一材料的不足,发挥其优势,这样就产生了由不同材料组成的复合材料。按基体材料不同,复合材料可分为金属基、聚合物基、陶瓷碳基等。通常复合材料具有高的比强度和比弹性模量,良好的抗疲劳性、减振性和耐高温性等优良的综合性能,已广泛应用于航空、航天、建筑、国防工业及通用机械等领域。复合材料是一种很有发展前途的新材料。

自进入21世纪,虽然各种非金属材料发展较快,应用范围不断扩大,但金属材料在工业中的主导地位仍不可动摇,因此金属材料及其相关知识仍是本课程的重点内容,而非金属材料在相关章节也有简单介绍。

第二节 金属材料与热处理技术的发展史

我国是最早使用金属材料与热处理技术的国家之一,并取得了辉煌的成就,对人类文明的发展作出了巨大贡献。

金属材料的发展史非常悠久。大汶口文化遗址出土的距今约6000年的红铜屑表明,早在公元前4000年以前,我们的祖先就已开始使用天然存在的纯铜。至公元前1000多年的殷商时代,我国的青铜冶炼与铸造技术已达到很高的水平,安阳殷墟遗址出土的司母戊鼎

是迄今世界上发现最早的大型精美青铜器。早在周代时,我国就开始冶铁,这比欧洲出现铁器的时间早约 2 000 年。到春秋、战国时期,冶铁技术已很发达,铸铁已广泛用于农具生产。洛阳出土的春秋战国之交的铁铲,是迄今发现最早的可锻铸铁件,这比欧洲同种材料早约 2 200 年。东汉时期,我国就掌握了炼钢技术,这也比欧洲早 1 600 多年。从汉代到明代,我国的冶铁、炼钢、锻铁、淬火等各种金属加工方法以及钢铁材料的应用都已达到了相当高的水平。所有这些在西汉司马迁的《史记·天官书》、东汉班固的《汉书·王褒传》、明代宋应星的《天工开物》等科学史书中作了详细的记载与论述。

在热处理技术方面,我们勤劳智慧的祖先也作出了杰出贡献。退火工艺的发明应该说是金属热处理的开端。早在殷商时期,退火工艺就被用于青铜器和自然金的加工,如安阳大司空殷商墓出土的金箔,经鉴定是采用锻打和退火工艺制成的。到春秋时期,我国固体渗碳处理已开始用于兵器加工。到战国时期,我国淬火工艺已用于兵器加工,如河北易县战国晚期遗址出土的钢剑,经检验,其刃部主要由淬火马氏体构成。到秦汉以后,金属热处理技术得到很大发展,回火、正火及表面淬火工艺也开始广泛应用。直到明末清初时期,我国的热处理技术一直处于世界领先水平。

历史证明,我国古代人民在金属材料与热处理技术方面有过辉煌成就,但在新中国成立之前的近百年时间,我国工业和科学技术一直处于落后状态。

当今世界各国的科学技术都在迅速发展,我国科学技术也取得了举世瞩目的成就,但在金属材料精深加工、热处理工艺新技术等领域,与发达国家相比仍有一定差距。因此,我们应加倍努力学习专业知识,勇于探索、敢于创新,为赶超世界先进水平作贡献。

第三节 金属材料与热处理课程的性质、学习目的和学习方法

一、本课程的性质

金属材料与热处理是研究金属材料的“成分—工艺—组织—性能”之间关系,探索提高金属材料性能、满足使用要求的途径,介绍常见金属材料的性能特点、应用范围的一门学科,它是机械制造中金属零件选材、制定金属加工工艺、改善金属产品性能的重要理论基础。因此,本课程是机械类及近机械类各专业必修的专业技术基础课。

二、本课程的学习目的

金属材料与热处理课程主要包括金属材料性能、金属学基础知识、钢的热处理、常用金属材料及其选用等内容。其目的是为了让学生了解金属学基本知识,掌握金属材料热处理基本原理,熟悉常见金属材料的热处理工艺、性能特点及应用范围,为后续相关专业课程的学习和将来从事生产技术工作奠定必要的基础知识和专业技能。

三、本课程的学习方法

金属材料与热处理课程是一门理论性和实践性较强的课程。本课程给初学者的印象是名词多、术语多、概念抽象,具有较强的理论性,比较难理解。但只要我们了解到这些理论既

来源于实践,又服务于实践的本质,认识到本课程的可实践性特点,理解并掌握本课程的内容主线和基本规律(材料的成分、工艺决定材料的组织结构,组织结构又决定材料的性能,而性能最终决定材料的应用范围),就一定能把这门课程学好。

总而言之,初学者应结合课程特点和规律进行学习,才能很好地掌握本课程的知识。下面给出几点具体的学习建议,以供参考。

(1)重视传统学习方法。认真听讲并做好笔记,在理解概念的基础上,课后进行必要的识记,为系统、深入学习打下坚实基础。

(2)重视实验教学、认识实习及生产实习等实践性教学环节。通过验证性试验、感性认识来逐步理解和把握金属材料的基本规律,了解课程的实用性和重要性,提高学习兴趣。

(3)注重综合应用能力的培养。要勤于动脑、善于观察,努力尝试分析、解决身边遇到的有关金属材料方面的问题,不断提高自身专业素质,以达到学以致用最终目的。

(4)坚定自己的学习信心。这一点也很重要,那就是一定要相信自己、肯定自己、超越自己,一定能把这门课程学好、用好,将来在自己的工作岗位上成就一番事业。

第一章 金属材料的性能

材料性能是指材料在外界因素(工艺或使用条件)的作用下所表现出来的行为或性能,通常分为工艺性能和使用性能两大类。工艺性能是指材料在加工过程中所表现出来的对工艺的适应性行为,包括铸造性能、锻压性能、焊接性能和切削加工性能等。使用性能是指材料在使用过程中所表现出来的行为,即保证工件正常工作并有一定工作寿命的性能,包括力学性能、物理性能和化学性能等。

金属材料不仅具有很多良好的工艺性能,而且还具有许多优良的使用性能,因而被广泛应用于制造各类机械构件、零件、工具,以及日常生活用具。因此,了解并掌握金属材料的各种性能,对在机械制造过程中能正确、经济、合理地选用金属材料有重要意义。

第一节 金属材料的力学性能

根据《金属材料 力学性能试验术语》(GB/T 10623—2008)中定义,材料力学性能是指“材料在力作用下所显示的与弹性和非弹性反应相关或包含应力—应变关系的性能”。通俗地讲,金属材料的力学性能是指金属在外加载荷(外力)作用下,或载荷与环境因素(温度、介质和加载速率)共同作用下所表现的力学行为,它在宏观上表现为金属的变形和断裂。

因此,金属材料的力学性能又可以简单地理解为:金属抵抗外加载荷(外力)引起的变形和断裂的能力。这种能力的大小、强弱可用金属力学性能指标来衡量,常用的金属力学性能指标有强度、刚度、弹性、塑性(或延性)、硬度、韧性和疲劳强度等。

一、材料的受力与变形

金属材料在实际使用中受外力和内力的作用,必然产生变形。下面简述这些力和变形。

(一)外力

外力就是指载荷,也称负载或负荷。不同性质的载荷作用在金属材料上,金属材料就表现出不同的力学性能。因此,了解载荷分类就很有必要,载荷一般分静载荷、冲击载荷、交变载荷。

1. 静载荷

大小不变或缓慢变化的载荷,称为静载荷。

2. 冲击载荷

大小突然变化的载荷,称为冲击载荷。

3. 交变载荷

大小、方向或大小和方向同时随时间发生周期性变化的载荷,称为交变载荷,又称循环载荷。

(二) 变形

金属材料受载荷作用后,形状和尺寸发生变化,称为变形。变形按卸除载荷后能否完全消失,分为弹性变形和塑性变形两种。

1. 弹性变形

材料在载荷作用下发生变形,当载荷卸除后,变形也完全消失。这种随载荷的卸除而消失的变形称为弹性变形。

2. 塑性变形

当作用在材料上的载荷超过某一限度,此时若卸除载荷,大部分变形随之消失(弹性变形部分),但是仍留下一部分变形不能消失。这种不能随载荷的卸除而消失的变形称为塑性变形,又称永久变形。

(三) 应力和应变

单位长度上的变形量称为应变,用 ε 表示。材料发生变形时内部产生了与外力相对抗的力,称为内力。单位面积上的内力称为应力,用 σ 表示,单位为 MPa。

金属在受拉伸载荷作用变形时,其拉伸方向上的应变

$$\varepsilon = \Delta l / l_0$$

式中 l_0 ——材料拉伸变形前长度;

Δl ——材料伸长量。

其横截面上的应力

$$\sigma = F / S$$

式中 S ——材料拉伸变形前的横截面积;

F ——拉伸载荷。

二、金属室温静拉伸试验

拉伸试验是应用最广泛的金属力学性能试验方法之一,它是根据《金属材料 室温拉伸试验方法》(GB/T 228—2002)在金属材料拉伸试验机上进行的。

试验前,应根据《金属材料 室温拉伸试验方法》(GB/T 228—2002)进行取坯制样。常用的圆形拉伸试样如图 1-1 所示,其中 d 为试样平行长度部分的原始直径, L_0 为试样原始标距。圆形试样分为长试样($L_0 = 10d$)和短试样($L_0 = 5d$)两种,但试验时一般优先选用短试样。

试验过程:先将试样装夹在试验机上,然后缓慢施加轴向载荷 F ,使试样逐渐沿轴向伸长,直至拉断。试验后获得轴向载荷 F 与伸长量 ΔL 之间的关系曲线,即拉伸曲线,又称力—拉伸曲线。如图 1-2 所示是低碳钢的力—拉伸曲线。

由图 1-2 可以看出,低碳钢试样的拉伸过程可分为以下几个变形阶段。

(一) Oe ——弹性变形阶段

拉伸曲线的 Op 线段是直线,这一部分严格符合胡克定律,试样伸长量 ΔL 与外力成正比。 pe 段试样的伸长量与载荷已不再成比例关系,拉伸曲线不成直线,但试样仍处于弹性变形阶段。在拉伸试验时,若施加在试样上的载荷未超过 F_e (F_e 为试样能恢复到原始形状和尺寸的最大载荷),那么在此阶段试样所发生的变形均为弹性变形。