



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

工程材料

主编

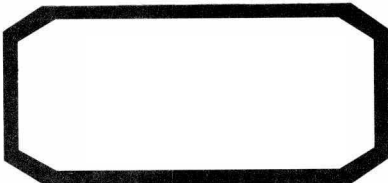
徐自立

陈慧敏
吴修德

Gongcheng Cailiao



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



普通高等院校工程材料专业基础课程系列教材

工 程 材 料

主 编 徐自立
陈慧敏
吴修德
副主编 骆 莉

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书根据教育部高教司颁布的高等学校工科本科《工程材料及机械制造基础教学基本要求》而编写,内容力求简明扼要、强化实际应用。本书以金属材料为重点,着重介绍了金属材料及热处理的基础知识、一些常用的非金属材料 and 新型材料及其新工艺、新进展,以及机械零件选材与失效分析方面的知识和方法。全书共分十一章,主要内容有:材料的性能;金属的结构与塑性变形;金属的结晶与二元合金相图;铁碳合金;金属热处理;合金钢;铸铁;非铁金属及其合金;非金属材料及其应用;现代新型材料及其应用;机械零件的选材与失效分析。

本书可作为高等院校机类、近机类专业的技术基础课教材,也可供有关工程技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料/徐自立 陈慧敏 吴修德 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2012.6
ISBN 978-7-5609-7461-3

I. 工… II. ①徐… ②陈… ③吴… III. 工程材料 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 229917 号

工程材料

徐自立 陈慧敏 吴修德 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:周 娟

责任监印:张正林

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:武汉佳年华科技有限公司

印 刷:华中科技大学印刷厂

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:20

字 数:426千字

版 次:2012年6月第1版第1次印刷

定 价:32.00元



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

前 言

工程材料是高等院校机类和近机类学生的一门重要的技术基础课。随着科学技术的发展,新材料和新技术不断问世及应用,这就对工程材料的教学提出了新的要求。

根据教育部颁布的高等学校工科本科《工程材料及机械制造基础教学基本要求》,结合高等学校工科教学的实际,湖北省金属工艺学教学专业委员会和华中科技大学出版社组织国内部分本科院校编写出版了这本《工程材料》,作为系列教材之一供各大专院校使用。

与以往同类教材相比,本书具有以下几方面的特点。

(1) 精简理论叙述,注重实践应用。在阐述基础知识的同时紧密联系生产实际,对材料处理和选用进行了介绍。

(2) 精炼了传统的内容,并同时进行了内容的更新和章节的调整,例如适当拓展了关于相图方面的知识,专门介绍了非金属材料 and 新型材料知识。

(3) 适当增加了关于新材料、新技术、新工艺的内容,反映了工程材料的发展趋势。

(4) 本书适应性强,有较大的选择余地,可根据不同专业的需要及课时要求选择适当内容进行讲授。

本书由武汉纺织大学徐自立、湖北工业大学陈慧敏、长江大学吴修德任主编,武汉纺织大学骆莉任副主编。编写分工如下:徐自立编写绪论和第1、3、6、7、11章,陈慧敏编写第5章和附录D,吴修德编写第8章和附录A、B、C,骆莉编写第2章,三峡大学孙晓华编写第9章,湖北工业大学夏露编写第4章,江汉大学文理学院曹俊编写第10章。全书由徐自立统稿。

在编写本书的过程中参考了已出版的各类工程材料、《机械工程材料》、《工程材料及热加工基础》、《金属学及热处理》等教材,并注意吸收了各院校教学改革的经验及科研成果,在此,谨向以上相关单位和个人表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2011年5月

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性因素。

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。

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。

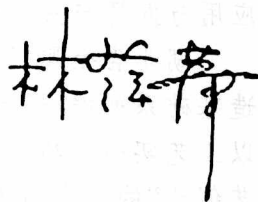
呈献给大家的“普通高等学校工程材料及机械制造基础创新人才培养系列教材”,是湖北省金属工艺学教学专业委员会获得省优秀教学成果二等奖后,与华中科技大学出版社经过进一步探索和实践取得的新成果,拟由《工程系统认识实践》(理工科通识)、《工程材料》、《材料成形工艺基础》、《机械制造基础》、《工程材料及其成形工艺》、《材料成形及机械制造

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。期望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,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注和支持。相信在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下,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

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			

目 录

绪论	(1)
第1章 材料的性能	(4)
1.1 静态力学性能	(4)
1.1.1 强度、刚度和塑性	(4)
1.1.2 硬度	(6)
1.2 动态力学性能	(9)
1.3 其他性能	(11)
思考与练习	(13)
第2章 金属的结构与塑性变形	(15)
2.1 纯金属的晶体结构	(15)
2.1.1 晶体结构的基本概念	(15)
2.1.2 常见金属的晶格类型	(16)
2.1.3 单晶体的各向异性与多晶体的各向同性	(18)
2.1.4 实际金属的结构	(19)
2.2 合金的晶体结构	(23)
2.2.1 合金概述	(23)
2.2.2 固溶体	(24)
2.2.3 金属间化合物	(25)
2.3 金属的冷变形行为	(26)
2.3.1 单晶体金属的塑性变形	(26)
2.3.2 实际金属的塑性变形	(29)
2.4 冷变形金属对金属组织和性能的影响	(30)
2.4.1 塑性变形对金属组织结构的影响	(31)
2.4.2 塑性变形对金属性能的影响	(32)
2.5 冷变形金属在加热时组织和性能的变化	(33)
2.5.1 回复	(33)
2.5.2 再结晶	(34)
2.5.3 晶粒长大	(38)
2.6 金属的热变形加工	(38)
思考与练习	(40)
第3章 金属的结晶与二元合金相图	(41)
3.1 金属的结晶及其控制	(41)
3.1.1 结晶概述	(41)
3.1.2 金属的结晶过程	(42)

3.1.3	晶粒的大小及控制	(45)
3.1.4	铸锭的凝固组织	(46)
3.1.5	晶体的同素异构现象	(47)
3.2	二元合金相图的建立及其意义	(48)
3.3	二元合金相图的基本类型及杠杆定律	(50)
3.3.1	匀晶相图	(50)
3.3.2	共晶相图	(52)
3.3.3	包晶相图	(56)
3.3.4	其他相图	(57)
3.3.5	合金的性能与相图的关系	(60)
思考与练习		(61)
第4章	铁碳合金	(63)
4.1	铁碳合金相图及其分析和应用	(63)
4.1.1	铁碳合金中的基本相	(64)
4.1.2	Fe-Fe ₃ C 相图分析	(64)
4.1.3	典型合金结晶过程分析	(66)
4.1.4	碳对铁碳合金组织和性能的影响	(70)
4.1.5	Fe-Fe ₃ C 相图的应用和局限性	(71)
4.2	碳钢	(73)
4.2.1	钢中的元素	(73)
4.2.2	碳钢的牌号、性能和用途	(74)
4.2.3	铸钢	(81)
思考与练习		(82)
第5章	金属热处理	(83)
5.1	钢受热时的转变	(83)
5.2	钢在冷却时的转变	(86)
5.2.1	过冷奥氏体等温转变曲线	(87)
5.2.2	过冷奥氏体连续转变曲线	(96)
5.3	钢的退火与正火	(97)
5.3.1	退火和正火的目的	(97)
5.3.2	退火工艺及其应用	(98)
5.3.3	正火工艺及其应用	(100)
5.4	钢的淬火	(100)
5.4.1	淬火的目的	(100)
5.4.2	淬火的一般工艺	(101)
5.4.3	常用的淬火方法	(103)
5.5	钢的回火	(105)
5.5.1	回火目的	(105)

5.5.2	淬火钢回火时的组织转变和产物	(105)
5.5.3	淬火钢回火时的性能变化	(107)
5.5.4	回火的种类及应用	(107)
5.5.5	自身回火淬火法	(109)
5.6	钢的淬透性	(110)
5.7	钢的表面淬火	(113)
5.7.1	感应加热表面淬火	(114)
5.7.2	火焰加热表面淬火	(115)
5.7.3	激光加热表面淬火	(116)
5.8	钢的化学热处理	(117)
5.8.1	渗碳	(117)
5.8.2	渗氮	(120)
5.8.3	碳氮共渗	(121)
5.8.4	其他化学热处理方法	(122)
5.9	热处理注意事项	(122)
	思考与练习	(127)
第6章	合金钢	(128)
6.1	合金钢中的元素	(128)
6.1.1	合金元素在钢中的存在形式和对基本相的影响	(129)
6.1.2	合金元素对铁碳合金相图的影响	(131)
6.1.3	合金元素对钢热处理组织转变的影响	(132)
6.1.4	合金元素对钢力学性能的影响	(135)
6.1.5	合金元素对钢工艺性能的影响	(138)
6.2	合金结构钢及其应用	(139)
6.2.1	合金渗碳钢	(139)
6.2.2	合金调质钢	(142)
6.2.3	合金弹簧钢	(144)
6.2.4	滚动轴承钢	(148)
6.2.5	其他常用合金结构钢	(152)
6.3	合金工具钢及其应用	(158)
6.3.1	低合金刃具钢	(158)
6.3.2	高速钢	(161)
6.3.3	合金冷作模具钢	(166)
6.3.4	合金热作模具钢	(170)
6.3.5	合金量具钢	(172)
6.4	特殊性能钢及其应用	(174)
6.4.1	不锈钢	(174)
6.4.2	耐热钢及耐热合金	(180)

6.4.3 耐磨钢	(187)
思考与练习	(188)
第7章 铸铁	(190)
7.1 铸铁的石墨化和分类	(190)
7.1.1 铸铁的石墨化	(190)
7.1.2 铸铁的分类	(191)
7.2 灰铸铁	(193)
7.2.1 影响灰铸铁组织和性能的因素	(195)
7.2.2 灰铸铁的热处理	(197)
7.3 球墨铸铁	(197)
7.3.1 球墨铸铁的化学成分和球化处理	(197)
7.3.2 球墨铸铁的牌号、组织和性能	(198)
7.3.3 球墨铸铁的热处理	(199)
7.4 其他铸铁	(201)
7.4.1 可锻铸铁	(201)
7.4.2 蠕墨铸铁	(203)
7.4.3 特殊性能铸铁	(204)
思考与练习	(206)
第8章 非铁金属及合金	(207)
8.1 铝及铝合金	(207)
8.1.1 纯铝及其应用	(207)
8.1.2 铝合金及其应用	(208)
8.2 铜及铜合金	(215)
8.2.1 工业纯铜及其应用	(215)
8.2.2 铜合金及其应用	(216)
8.3 滑动轴承合金	(221)
8.3.1 滑动轴承的工作条件及对性能、组织的要求	(221)
8.3.2 各类滑动轴承合金应用简介	(221)
8.4 钛及钛合金	(224)
8.4.1 纯钛及其应用	(224)
8.4.2 钛合金及其应用	(224)
8.5 粉末冶金材料及其应用	(226)
8.5.1 粉末冶金工艺	(226)
8.5.2 粉末冶金技术的应用	(227)
8.5.3 粉末冶金材料——硬质合金及其应用	(227)
思考与练习	(228)
第9章 非金属材料及其应用	(229)
9.1 高分子材料	(229)

9.1.1	高分子化合物的组成和分类	(229)
9.1.2	高分子材料的命名及分类	(230)
9.1.3	工程塑料	(232)
9.1.4	合成橡胶与合成纤维	(238)
9.1.5	合成胶黏剂和涂料	(240)
9.2	工业陶瓷	(242)
9.2.1	陶瓷材料的分类	(243)
9.2.2	常用工程陶瓷及其应用	(243)
	思考与练习	(245)
第 10 章	现代新型材料及其应用	(246)
10.1	复合材料	(246)
10.2	其他新型材料	(251)
10.2.1	形状记忆合金	(251)
10.2.2	非晶态合金	(254)
10.2.3	纳米材料	(257)
10.2.4	阻尼合金	(261)
10.2.5	超导材料	(262)
10.2.6	梯度功能材料	(263)
	思考与练习	(266)
第 11 章	机械零件的选材与失效分析	(267)
11.1	机械零件的失效分析	(267)
11.2	机械零件选材的基本原则及分析	(270)
11.2.1	选材的基本原则	(270)
11.2.2	机械零件强度与材料力学性能的关系	(273)
11.3	常用机械零件的选材及加工路线	(275)
11.3.1	轴类零件	(275)
11.3.2	齿轮类零件	(278)
11.3.3	弹簧类零件	(282)
11.3.4	箱体支承类零件	(283)
11.3.5	仪表壳体类零件	(284)
11.3.6	常用机械的主要零件的选材	(284)
	思考与练习	(288)
附录 A	钢铁金属硬度与强度的换算表	(290)
附录 B	淬火钢回火温度与硬度的关系	(293)
附录 C	常用塑料、复合材料缩写代号	(294)
附录 D	机械工程材料实验	(295)
	参考文献	(308)

绪 论

材料是人类生产和生活所必需的物质基础。人类的衣食住行都离不开材料;未来新型产业的发展,也无不依赖于材料的进步。机械制造、交通运输、国防及科研大量使用钢铁、非铁金属、粉末冶金材料及各种非金属材料,固体电子器件少不了锗、硅等半导体材料,光电子技术器件需要具有一定特性的功能材料,医学上制造人工脏器、人造骨骼、人造血管等要用各种具有特殊功能且与人体相容的新材料,海洋探测设备及各种海底设施需要耐压、耐蚀的新型结构材料,航空航天及相关武器装备必须用到一些轻质高强的尖端材料,等等。

材料的发展经历了从低级到高级、从简单到复杂、从天然到合成的发展历程。半个世纪以来,材料的研究和生产以及材料科学理论都得到了迅速的发展。1863年第一台金相光学显微镜的问世,促进了金相学的研究,使人们步入材料的微观世界。1912年人们发现了X射线,由此开始了晶体微观结构的研究。1932年电子显微镜以及后来出现的各种先进分析工具的发明,又把人们带到了微观世界的更深层次。一些与材料有关的基础学科(如固体物理、量子力学、化学等)的发展,又有力地推动了材料研究的深化。在不久的将来,人工合成材料将得到较大的发展,进入金属、高分子、陶瓷及复合材料共存的时代。

材料按用途可分为工程材料和功能材料。工程材料按用途又可分为建筑工程材料、机械工程材料、电工材料等;按原子聚集状态又可分为单晶体材料、多晶体材料和非晶体材料等;按材料的化学成分和结构特点又可分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。

材料科学就是一门研究材料成分、微观组织与结构、加工工艺、性能与应用之间内在联系及其变化规律的学科。它以化学、固体物理、力学等为基础,是一门多学科交叉的边缘学科。材料科学理论与实验是材料发展与创新的基础与前提。

由于材料在人类社会中的重要作用,许多国家都把材料科学作为重点发展的学科,而材料的品种、数量和质量也成了衡量一个国家科学技术和国民经济水平以及国防力量的重要标志之一。

1. 工程材料的应用与发展趋势

工程材料主要指应用于工程构件、机械零件、工具等领域的结构材料,包括金属、高分子、陶瓷及复合材料,其中最基本的是金属材料。工程材料学作为一门材料学科,它主要研究的是材料学科的实用部分,重点是上述结构材料的性能、结构、工艺、应用之间的关系。

金属材料工业已形成了庞大的生产能力,而且产品质量稳定,在性价比方面具有一定优势,所以金属材料仍是目前应用最广泛的工程材料。金属材料包括纯金属及其合金。在工业上,把金属材料分为两类:一类是钢铁金属,它是指以铁为基的合金

(钢和铸铁)应用最广;另一类是非铁金属,它是指钢铁金属以外的所有金属及其合金。按照特性的不同,非铁金属又分为轻金属、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很快的工程材料,预料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;无机材料是指不含碳、氢的化合物,其中以陶瓷应用最广。

复合材料是一种新型的、具有很大发展前途的工程材料,它是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而构成的。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。复合材料能取代某些金属材料,作为未来最有希望的材料已日益受到人们的重视。

原子能、航空航天、电子、海洋开发等现代工业的发展,对材料提出了更为严格的要求,今后将会出现相对密度更小、强度更高、加工性更好、能满足特殊性能要求的新材料。

2. 材料和机械工程

机械工程是一个含义非常广泛的概念,它几乎涉及国民经济各个领域中所所有的机械产品,这些机械产品都是由采用多种不同性能的材料加工成的零件组装而成的。显然,正确选择和合理使用材料十分重要。

现代机械工程正朝着大型、高速、耐高温、耐高压、耐低温、耐受恶劣环境影响等方向发展。苛刻的工作条件,要求各种机械装备技术功能优异,产品质量高而稳定、寿命长而可靠,能安全地运行。一台机器要真正发挥这些优异的技术功能,除合理的设计及正确的使用(操作和维护)外,合理的选材和加工也是十分关键的。如果选材和加工不当,轻则使机械的技术功能下降,重则使装备失效甚至酿成事故。大量事实说明,机械产品在设计、加工和使用中的材料和工艺问题是我国机械产品质量差、寿命低的主要原因之一。

工程技术人员设计机械产品时,应根据零件的使用工况选用合适的材料,确定材料的加工工艺,限定使用状态下零件内部的显微组织,校核零件能否在规定的寿命期限内正常服役等等。但不少工程技术人员照抄别人的用材方案,或者在设计零件时,大量选用所谓“万能”的材料,例如 45 钢。如此选材将对产品的质量和寿命造成不良影响,甚至带来危险,这已为许多质量事故所证实。在材料选用和处理中,零件材料使用状态的组织是决定机器质量和寿命的主要因素。这一重要问题常常被忽视。如我国 20 世纪 80 年代初某厂生产的电冰箱,产品设计合理,各项性能指标都不低于甚至超过日本名牌电冰箱,但寿命却比后者低得多。把两种电冰箱制冷泵中的柱塞用金相显微镜和电子显微镜检查分析后发现:日本冰箱制冷泵的柱塞是用优质耐磨铸铁制成,其显微组织是在珠光体基体上分布着极细的片状石墨和一些磷共晶,而我们的柱塞却使用了未经任何处理的普通碳素钢,其组织为耐磨性能较差的铁素体和珠

光体。合理地选材不但会使零件服役寿命提高,而且还可能带来机械效率的提高和运行成本的降低。例如,要提高热机效率势必会提高工作温度,所以要求制造热机的材料在高温下具有足够的强度、韧度和耐热性,这是一般钢铁材料无法达到的。而用新型陶瓷材料来制造高温结构陶瓷柴油机,可节油 30%,将热机效率提高 50%。目前甚至还研制出了在 1400 °C 下工作的涡轮发动机陶瓷叶片,大大提高了发动机工作效率。类似的例子不胜枚举。材料内部组织的设计,往往由于设计者材料知识的不足而被草率处理,其后果往往不容易被察觉。有些选材不当的问题,其性质就像用呢料缝制了一件贴身内衣一样。常常有这样的情况:图样上某一个公差带确定不当很容易就被发现了,而某些近似荒唐的选材方案却得以顺利通过。

从这里不难看出,选择材料和加工工艺实质上是一个极重要的关于零件内部组织结构设计的问题。它的任务是通过选定适当化学成分的材料,经合理的加工工艺过程来获得满足使用要求的零件内部显微组织。可见,从微观本质上去认识材料,并且掌握它们与外界条件之间的规律性联系,进而合理地使用材料,乃是工程材料学的根本任务。

3. 工程材料课程的目的和基本要求

工程材料是材料学中的重要部分,作为机械制造基础系列课程之一,是高等学校机械类及近机类专业必修的技术基础课。学习本课程的目的为了获得有关工程材料的基础理论和必要的工艺知识,培养工艺分析的初步能力,熟悉常用工程材料的种类、成分、组织、性能和改进方法,理解和掌握材料的性能、结构、工艺、使用之间的关系规律,并能合理使用材料和正确选择加工工艺。

金属学及热处理是本课程的核心内容。学习本课程的基本要求是:了解工程材料尤其是金属材料的性能、纯金属及合金的结构和性能、二元合金相图的建立和含义、铁碳合金相图;熟悉热处理组织转变规律,掌握普通热处理和表面热处理的特点和应用;掌握常用钢铁材料和其他金属材料的特点及应用;熟悉非金属材料的特性及应用;了解一些新型材料的发展和應用;了解零件的主要失效形式,熟悉选材原则并学会合理选用材料和相应的热处理工艺。

第 1 章 材料的性能

材料的性能总体上可分为使用性能和工艺性能两种。使用性能是指材料为保证零件能正常工作和有一定工作寿命而应具备的性能,它包括力学性能、物理性能和化学性能。工艺性能是指材料为保证零件的加工过程能顺利进行而应具备的性能,它包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能和热处理工艺性能等。

材料的使用性能是进行机械零件选材时的首要考虑因素。通常机械零件和工具所涉及的使用性能一般指力学性能,即材料抵抗外力作用时所显示的性能,包括强度、刚度、塑性、硬度、冲击韧度、疲劳强度等,它们是通过标准试验来测定的。

1.1 静态力学性能

1.1.1 强度、刚度和塑性

测定材料强度与塑性,最常用的方法是拉伸试验。试验在拉伸试验机上进行,试验过程中必须保证试样上所施加的载荷是静态的,且应使试样内部的应力均匀分布。按国家标准《金属材料 室温拉伸试验方法》(GB/T 228—2002)制作标准拉伸试样,在试验机上缓慢地从试样两端由零开始加载,使之承受轴向拉力 F ,并引起试样沿轴向伸长 $\Delta L (=L_1 - L_0)$,直至试样断裂。为消除试样尺寸大小的影响,将拉力 F 除以试样原始截面积 S_0 ,即得拉应力 R ,单位 MPa;将伸长量 ΔL 除以试样原始标距 L_0 ,即得伸长率,又称应变 ϵ 。以 R 为纵坐标, ϵ 为横坐标,则可画出应力-应变图($R-\epsilon$ 曲线),如图 1-1 所示。从 $R-\epsilon$ 曲线中可获取被测材料的一些性能信息,如弹性、强度、塑性等。

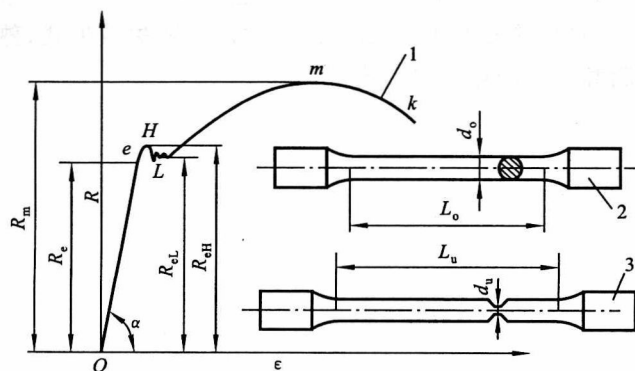


图 1-1 拉伸试样及低碳钢的 $R-\epsilon$ 曲线

1. 强度

(1) 规定非比例延伸强度 拉伸试验中,在任一给定的非比例延伸(去除弹性延