



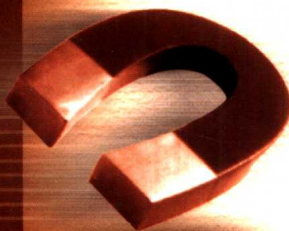
21世纪高等学校工程材料及
机械制造工艺基础系列教材

工程材料



主编 徐自立

主审 周述积



华中科技大学出版社

E-mail: hustpp@wuhan.cngb.com

21 世纪高等学校工程材料及机械制造工艺基础系列教材

工 程 材 料

主 编 徐自立

主 审 周述积

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程材料/徐自立 主编
武汉:华中科技大学出版社,2003年2月
ISBN 7-5609-2888-9

I. 工…
II. 徐…
III. 工程材料-高等学校-教材
IV. TB3

21 世纪高等学校
工程材料及机械制造工艺基础系列教材
工程材料

徐自立 主编

策划编辑:徐正达
责任编辑:叶见欣 钟珊
责任校对:蔡晓璐

封面设计:刘 卉
责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社
武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87545012

录 排:华中科技大学出版社照排室
印 刷:湖北恒吉印务有限责任公司

开本:787×960 1/16	印张:24.5	字数:433 000
版次:2003年2月第1版	印次:2003年2月第1次印刷	印数:1—3 000
ISBN 7-5609-2888-9/TB·57		定价:29.80 元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书是根据教育部高教司[1995]82号通知颁布的高等学校工科本科《工程材料及机械制造工艺基础教学基本要求》编写的,内容力求简明扼要。着重介绍了金属材料及热处理的基础知识,也介绍了一些常用的非金属材料 and 新型材料。同时介绍了当前工程材料的新工艺、新进展。最后结合工业实际介绍了选材方面的知识和方法。全书共分十章,主要内容有:材料的性能,材料的结构与力学行为,材料的成形凝固与二元合金相图,铁碳合金,金属热处理及表面处理技术,工业用钢,铸铁,非铁金属及其合金,非金属材料及其它新型材料,机械零件的选材等。

本书可作为高等学校机类、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参考。

21 世纪高等学校 工程材料及机械制造工艺基础系列教材

编审委员会

顾 问： 傅水根 孙康宁
 (清华大学教授) (山东大学教授)
 刘胜青 陈金水
 (四川大学教授) (天津大学教授)

主 任： 杜海鹰
 (湖北省教育厅高等教育处处长)

副主任： 徐鸿本 黎秋萍
 (教授) (编审)

秘书长： 周世权
 (湖北省金工研究会理事长)

委 员： (按姓氏笔画顺序排列)

田文峰	朱大林	朱梅五	刘太林	李 桦
杨 雄	吴海华	周小平	周述积	胡建华
徐正达	徐自立	徐 翔	郭柏林	舒华岱
童幸生				

序 言

在加入 WTO 以后,我国在经济、文化和教育等方面正全面走向国际化,因此,国家对高层次、高质量和创造性人才的需求日益迫切。世界经济发展中最激烈的竞争,目前不仅表现在生产和科技领域,同时也表现在培养人才的教育领域。教育部于 1996 年制定并实施的“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”,不只是一项富有远见的教育改革计划,而且是迎接新世纪挑战的重要战略部署。湖北省教育厅根据教育部的教育教学改革精神,结合加强工艺性和实践性课程教学的要求,批准实施“工程材料及机械制造工艺基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”项目,可以预计,这个项目的完成,将会对湖北省乃至全国的同类系列课程的深化改革产生重要影响,为我国制造工业的高层次人才培养和产业发展作出重要贡献。

在工程类人才培养中,工程材料及机械制造工艺基础系列课程的教学内容和课程体系改革占有极为重要的地位。它有利于帮助学生摆脱初、中等教育中过分重视书本而严重脱离实践的现状,是培养学生具备工艺知识、工程实践能力、工程素质和创新意识的关键性课程。结合我国高等教育教学、科研以及制造产业的特点,教改项目组提出“以创新工艺设计与制造为根本,以现代制造工艺为龙头,以 CAD/CAM 为主线,加强工程实践,注重工艺创新”的教学改革思路。正如江泽民同志所指出:“创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。”创新永远是教育教学改革的重要课题,将现代科学技术,特别是现代科学工艺技术以及现代信息技术融入教学实践,是使教育教学充满活力的重要途径。现代制造技术中的 CAD/CAM 技术,既是改造传统制造产业、促进创新设计的重要手段,又是工程学科教育改革的重要组成部分。为了适应现代社会对机械制造的高要求,在我国高校加强外语和计算机技术等工具型课程是十分必要的,但必须同时重视与工艺相关的制造理论课程和工程实践课程,其中特别要强调实习和实验等以操作性为主的工程实践、作业和课程设计等基本训练,以及独立思考性的创新实践。因此,新

的工程材料及机械制造工艺基础系列课程体系的设置,将打破原4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)相对封闭的现状,改善其结构体系,力求实现整体优化,并建立起新型的工程培训中心教学基地。重视开展学校、地区乃至国家之间的学术交流,促进教材建设的国际化。作为课程体系核心的系列课程教材,拟由《工程实践》(机械及近机械类)、《工程实践》(非机械类)、《工程材料》、《材料成形及机械制造工艺基础》和《材料成形及机械制造工艺综合设计型创新实验》等组成。通过构建新的课程体系、改革教学内容,来有效地达到整体优化学生的知识、能力和素质,特别是工程素质、创新思维能力和独立获取知识能力的培养目标。

“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”是邓小平同志对我国社会主义教育事业提出的总体要求,也是我们开展教学改革的指导方针。相信华中科技大学作为教改项目的牵头单位,一定能与全省十余所高校的师生团结一致,吸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,进一步转变教育观念,努力争取突破性进展。

呈献给大家的这套系列教材,是湖北省金属工艺学教学研究会教改项目组师生们多年工作的初步成果,还有待在教学实践中去反复锤炼。殷切希望得到广大读者和全国同仁的关心、支持和帮助,以将本系列课程的深化改革推向一个崭新的阶段。

教育部高等学校机械学科教学指导委员会委员
教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会副主任
工程材料及机械制造工艺基础课程指导小组组长

清华大学教授

傅水根

2002年5月于清华园

前 言

工程材料是高等学校机类和近机类学生的一门技术基础课。随着科学技术的发展,新材料和新技术的不断问世及应用,对工程材料的教学提出了新的要求。近年来,根据教育部要求,各大专院校对工程材料及机械制造工艺基础系列课程进行了不同程度的改革,教材建设就是其中一项重要改革内容。

根据教育部高教司[1995]82号通知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,由湖北省高校金属工艺学研究会编写出版了这本《工程材料》,作为系列教材之一供各大专院校选用。

与以往同类教材相比,本书具有以下几方面的特点:

(1) 注重理论与实践的结合。阐述基础知识的同时,在材料处理和选用方面紧密联系生产实际进行介绍。

(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的建立和所代表的意义,将铁碳合金作为单独一章介绍,提高了非金属材料 and 新型材料的比重,加强了材料结构方面基础理论的内容等。

(3) 增加了新材料、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。

参加本书编写的人员有:武汉科技学院徐自立(前言、绪论、第1、2、3、6章、附录),湖北工学院周小平(第4、5章),江汉石油学院杨雄(第7、10章),三峡大学娜日松(第9章),江汉大学余竟成(第8章)。由徐自立任主编,周小平、杨雄任副主编,湖北汽车工业学院周述积教授主审。

本书在编写中参考了已出版的《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》等各类教材,并注意吸收各院校的教学改革经验及科研成果,对此,谨向上述涉及的单位和个人表示衷

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

2002 年 6 月

目 录

序言

前言

绪论 (1)

第 1 章 材料的性能 (4)

1.1 静态力学性能 (4)

1.1.1 拉伸试验和应力-应变曲线 (4)

1.1.2 硬度 (7)

1.1.3 硬度与抗拉强度的近似换算 (9)

1.2 动态力学性能 (9)

1.2.1 冲击韧度 (9)

1.2.2 多冲抗力 (11)

1.2.3 疲劳强度 (11)

1.3 断裂韧度 (13)

1.4 高、低温性能 (14)

1.4.1 高温性能 (14)

1.4.2 低温性能 (14)

1.5 材料的工艺性能 (15)

复习思考题 (15)

第 2 章 材料的结构与力学行为 (17)

2.1 纯金属的晶体结构 (17)

2.1.1 晶体结构的基本概念 (17)

2.1.2 常见金属的晶格类型 (19)

2.1.3 实际金属的晶体 (22)

2.1.4 实际金属的结构 (22)

2.2 合金的晶体结构 (27)

2.2.1 合金概述 (27)

2.2.2 固溶体 (28)

2.2.3 金属间化合物 (30)

2.3 非金属材料的结构 (32)

2.3.1 高分子材料的结构	(32)
2.3.2 大分子间的作用力	(33)
2.3.3 大分子链的柔顺性	(34)
2.3.4 高分子材料的聚集态	(34)
2.3.5 陶瓷材料的结构	(35)
2.4 金属的常温塑性变形	(37)
2.4.1 单晶体金属的塑性变形	(37)
2.4.2 实际金属的塑性变形	(40)
2.5 冷变形对金属组织和性能的影响	(42)
2.5.1 塑性变形对金属组织结构的影响	(42)
2.5.2 塑性变形对金属性能的影响	(44)
2.6 冷变形金属在加热时组织和性能的变化	(45)
2.6.1 回复	(45)
2.6.2 再结晶	(46)
2.6.3 晶粒长大	(49)
2.7 金属的热变形加工	(51)
2.7.1 热变形加工与冷变形加工的区别	(51)
2.7.2 热变形加工对金属组织和性能的影响	(51)
2.8 高分子材料的力学状态	(52)
2.8.1 线型无定形高聚物的三种力学状态	(52)
2.8.2 线型结晶型高聚物的力学状态	(54)
2.8.3 体型高聚物的力学状态	(55)
2.9 高聚物的力学行为	(55)
2.9.1 高弹性	(55)
2.9.2 粘弹性	(56)
2.9.3 塑性与受迫弹性	(58)
2.9.4 强度与断裂	(59)
复习思考题	(61)
第3章 材料的成形凝固与二元合金相图	(62)
3.1 凝固的基本概念	(62)
3.1.1 结晶概述	(62)
3.1.2 凝固产物	(63)
3.2 金属的结晶与冷却曲线	(64)
3.2.1 金属的结晶过程	(64)
3.2.2 晶核的形成	(64)

3.2.3 晶核的长大	(65)
3.2.4 纯金属结晶的冷却曲线	(66)
3.2.5 晶粒大小及控制	(67)
3.2.6 铸锭的凝固组织	(69)
3.3 材料的同素异构现象	(71)
3.3.1 晶体的同素异构	(71)
3.3.2 有机物的同分异构	(72)
3.4 二元合金相图的建立及其代表的意义	(73)
3.4.1 二元合金相图的建立	(74)
3.4.2 相图的物理意义	(75)
3.5 二元合金相图的基本类型及杠杆定律	(76)
3.5.1 匀晶相图	(76)
3.5.2 共晶相图	(78)
3.5.3 包晶相图	(83)
3.5.4 其它相图	(84)
3.5.5 合金的性能与相图的关系	(86)
复习思考题	(88)
第4章 铁碳合金	(89)
4.1 铁碳合金相图	(89)
4.1.1 铁碳合金中的基本相	(90)
4.1.2 Fe-Fe ₃ C 相图分析	(91)
4.2 典型合金结晶过程分析	(92)
4.2.1 共析钢	(93)
4.2.2 亚共析钢	(94)
4.2.3 过共析钢	(95)
4.2.4 共晶白口铸铁	(96)
4.2.5 亚共晶白口铸铁	(96)
4.2.6 过共晶白口铸铁	(97)
4.3 碳的质量分数对铁碳合金组织和性能的影响	(98)
4.3.1 对组织的影响	(98)
4.3.2 对性能的影响	(98)
4.4 铁碳合金相图的应用和局限性	(99)
4.4.1 铁碳合金相图的应用	(99)
4.4.2 铁碳合金相图的局限性	(100)
复习思考题	(101)

第 5 章 金属热处理及表面处理技术	(102)
5.1 钢加热时的组织转变	(103)
5.1.1 奥氏体的形成	(103)
5.1.2 奥氏体晶粒的长大及影响因素	(104)
5.1.3 加热时间	(104)
5.1.4 加热时常见的缺陷	(105)
5.2 钢在冷却时的转变	(105)
5.2.1 过冷奥氏体等温转变曲线	(106)
5.2.2 过冷奥氏体等温转变产物的组织和性能	(107)
5.2.3 影响过冷奥氏体等温转变的因素	(114)
5.2.4 过冷奥氏体连续转变曲线	(116)
5.3 钢的退火与正火	(117)
5.3.1 退火和正火的目的	(117)
5.3.2 退火工艺及其应用	(118)
5.3.3 正火工艺及其应用	(120)
5.4 钢的淬火	(120)
5.4.1 淬火的目的是	(120)
5.4.2 淬火的一般工艺	(121)
5.4.3 常用的淬火方法	(124)
5.5 钢的回火	(127)
5.5.1 回火的目的	(127)
5.5.2 淬火钢回火时的组织转变和产物	(127)
5.5.3 淬火钢回火时性能变化	(128)
5.5.4 回火的种类及应用	(130)
5.5.5 自身回火淬火法	(131)
5.6 钢的淬透性	(132)
5.6.1 钢的淬透性	(132)
5.6.2 钢的淬火变形与开裂	(136)
5.7 钢的表面淬火	(142)
5.7.1 感应加热表面淬火	(142)
5.7.2 火焰加热表面淬火	(144)
5.7.3 激光加热表面淬火	(145)
5.8 钢的化学热处理	(146)
5.8.1 高温化学热处理	(146)
5.8.2 中低温化学热处理	(150)

5.9 材料的表面处理技术	(152)
5.9.1 气相沉积技术	(152)
5.9.2 离子注入表面强化技术	(157)
5.9.3 激光表面处理	(160)
复习思考题	(161)
第6章 工业用钢	(163)
6.1 钢材生产及其品种和规格	(163)
6.1.1 钢材生产简述	(163)
6.1.2 钢材的品种和规格	(164)
6.2 钢的分类	(166)
6.3 钢中的常存元素和杂质元素	(167)
6.4 钢中合金元素的作用	(168)
6.4.1 合金元素在钢中的存在形式和对基本相的影响	(169)
6.4.2 合金元素对铁碳合金相图的影响	(170)
6.4.3 合金元素对钢热处理组织转变的影响	(172)
6.4.4 合金元素对钢性能的影响	(176)
6.4.5 碳素钢与合金钢的比较	(180)
6.5 碳素钢及其应用	(182)
6.5.1 普通碳素结构钢	(182)
6.5.2 优质碳素结构钢	(183)
6.5.3 碳素工具钢	(185)
6.5.4 铸钢	(187)
6.6 合金结构钢及其应用	(188)
6.6.1 合金结构钢的分类与编号	(188)
6.6.2 合金渗碳钢	(188)
6.6.3 合金调质钢	(191)
6.6.4 合金弹簧钢	(196)
6.6.5 滚动轴承钢	(199)
6.7 其它常用合金结构钢	(202)
6.7.1 低合金结构钢	(202)
6.7.2 易切削结构钢	(205)
6.8 合金工具钢及其应用	(206)
6.8.1 合金工具钢的分类和编号	(206)
6.8.2 低合金刀具钢	(206)
6.8.3 高速钢	(209)

6.8.4 合金冷作模具钢	(214)
6.8.5 合金热作模具钢	(217)
6.8.6 合金量具钢	(220)
6.9 特殊性能钢及其应用	(222)
6.9.1 不锈钢	(222)
6.9.2 耐热钢及耐热合金	(228)
6.9.3 耐磨钢	(234)
复习思考题	(235)
第7章 铸 铁	(237)
7.1 概论	(237)
7.1.1 铸铁的石墨化	(237)
7.1.2 铸铁的分类	(239)
7.2 灰铸铁	(240)
7.2.1 灰铸铁的牌号	(241)
7.2.2 影响灰铸铁组织和性能的因素	(242)
7.2.3 孕育处理	(243)
7.2.4 灰铸铁的热处理	(244)
7.3 球墨铸铁	(244)
7.3.1 球墨铸铁的成分和球化处理	(244)
7.3.2 球墨铸铁的牌号、组织和性能	(245)
7.3.3 球墨铸铁的热处理	(246)
7.4 其它铸铁	(249)
7.4.1 可锻铸铁	(249)
7.4.2 蠕墨铸铁	(250)
7.4.3 特殊性能铸铁	(251)
复习思考题	(253)
第8章 非铁金属材料	(254)
8.1 铝及铝合金	(255)
8.1.1 工业纯铝	(255)
8.1.2 铝合金	(256)
8.2 铜及铜合金	(264)
8.2.1 工业纯铜的性质及用途	(264)
8.2.2 铜合金	(265)
8.3 滑动轴承合金	(269)
8.3.1 滑动轴承工作条件及对材料性能、组织的要求	(269)

8.3.2 各类轴承合金简介	(270)
8.4 钛及钛合金	(272)
8.4.1 纯钛	(272)
8.4.2 钛合金	(272)
8.5 粉末冶金材料	(274)
8.5.1 粉末冶金工艺及烧结技术进展简介	(274)
8.5.2 硬质合金	(275)
复习思考题	(276)
第9章 非金属材料及其它材料	(278)
9.1 高分子材料	(278)
9.1.1 高分子材料的定义	(278)
9.1.2 高分子化合物的组成	(278)
9.1.3 高分子化合物的合成	(279)
9.1.4 高分子材料的命名及分类	(280)
9.1.5 工程塑料	(281)
9.1.6 合成橡胶与合成纤维	(289)
9.1.7 合成胶粘剂和涂料	(292)
9.2 工业陶瓷	(295)
9.2.1 陶瓷材料的分类	(295)
9.2.2 常用工业陶瓷	(297)
9.3 复合材料	(298)
9.3.1 复合材料的定义	(298)
9.3.2 复合材料的分类	(300)
9.3.3 复合材料的性能特点和增强机制	(300)
9.3.4 复合材料简介	(303)
9.4 其它新型材料	(309)
9.4.1 梯度功能材料	(309)
9.4.2 纳米材料	(312)
9.4.3 形状记忆合金	(316)
9.4.4 非晶态合金	(319)
9.4.5 阻尼合金	(322)
复习思考题	(324)
第10章 机械设计与选材	(326)
10.1 机械零件的失效分析	(326)
10.1.1 失效的概念	(326)

10.1.2 失效的形式	(326)
10.1.3 失效的原因	(328)
10.1.4 失效分析的方法	(329)
10.2 选材的依据和基本原则	(331)
10.2.1 使用性能与选材	(331)
10.2.2 选材与材料工艺性能的关系	(335)
10.2.3 经济性与选材	(336)
10.2.4 选材的定量方法	(341)
10.3 机械零件的强度与材料力学性能的关系	(345)
10.3.1 小试件试验数据与实际情况的差异	(346)
10.3.2 材料的强度、塑性、韧性对零件强度的作用	(346)
10.4 淬火零件的结构工艺性和热处理工序安排	(348)
10.4.1 零件结构和夹具的设计	(348)
10.4.2 预防淬火缺陷的其它办法	(349)
10.4.3 热处理方案的选择和技术条件的标注	(351)
10.4.4 热处理工艺路线的合理安排	(353)
10.5 常用机械零件的选材	(354)
10.5.1 工程材料的使用概况	(354)
10.5.2 轴类零件的选材	(355)
10.5.3 齿轮类零件的选材	(359)
10.5.4 发动机主要构件的选材	(361)
10.5.5 壳体类零件的选材	(362)
10.5.6 常用动力装置的选材	(363)
复习思考题	(365)
 附表 1 钢铁材料的硬度及强度换算表	(367)
附表 2 淬火钢回火温度与硬度的关系	(369)
附表 3 国内外部分钢号对照	(370)
附表 4 常用塑料、复合材料缩写代号	(372)
参考文献	(373)