

21世纪普通高等教育规划教材

JIXIE  
GONGCHENG  
CAILIAO

# 机械工程材料

徐先锋 何柏林 主编



化学工业出版社

21世纪普通高等教育规划教材

JIXIE  
GONGCHENG  
CAILIAO

# 机械工程材料

徐先锋 何柏林 主编

 化学工业出版社

· 北京 ·

全书围绕着“结构/成分、性质、合成/加工、效能（使用性能）”这条主线，系统地介绍了钢铁、有色金属、高分子和陶瓷等工程材料的基础理论和应用知识，力求做到深入浅出，让读者对工程材料的种类、特性和应用有一个全面的了解，最终达到能够根据机械零件的服役条件和失效形式合理选用工程材料的初步能力。

本书可作为高等院校机械类和近机械类各专业的教材使用，也可作为其他工科专业的选修课程教材或供有关工程技术人员参考。

# 机械工程材料

主编 林柏林 蔡洪岩

## 图书在版编目 (CIP) 数据

机械工程材料/徐先锋, 何柏林主编. —北京: 化学工业出版社, 2010.1

21世纪普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-122-07353-2

I. 机… II. ①徐…②何… III. 机械制造材料-高等学校-教材 IV. TH14

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 230614 号

责任编辑: 叶晶磊 唐旭华  
责任校对: 战河红

文字编辑: 颜克俭  
装帧设计: 张辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司  
787mm×1092mm 1/16 印张 17 字数 438 千字 2012 年 7 月北京第 1 版第 2 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

# 《机械工程材料》编写人员

主 编 徐先锋 何柏林

编写人员 (以姓氏笔画为序)

王红英 匡唐清 李树桢 何柏林 陈朝霞

赵龙志 徐先锋 熊光耀 黎秋萍

本书编写过程中，注重对机械工程材料基本知识和基本原理的阐述，力求由浅入深，易于易懂，使读者了解常用材料的成分、组织、性能之间的关系，了解金属材料的基本途径，掌握钢材热处理的基本原理；了解热处理工艺在机械加工流程中的位置和作用，熟悉常用金属材料的牌号、成分、组织及用途，初步具备合理选材、正确制定加工工艺及失效分析的能力。

全书共分为13章。第1章、第5章和第11章由徐先锋、王红英编写；第2章、第3章和第7章由何柏林、李树桢编写；第4章由匡唐清编写；第6章由陈朝霞编写；第8章由熊光耀编写；第10章和第13章由黎秋萍编写；第9章由赵龙志编写。编者还为本教材配备了配套的课件，课件是免费索取。

由于编者水平有限，本书难免存在不当之处，恳请读者批评指正。

编者

2009年11月

# 前 言

“机械工程材料”课程是工科院校机械类专业的一门专业基础课。随着科学技术的进步，机械工程领域中机械学科和材料学科的交叉越来越多，了解材料学科的相关知识和在机械设计与制造时合理地选用材料，是机械工程专业学生的一项必备的专业技能。为提高机械类学生的专业水平，培养更多的懂材料、热处理以及能够合理选用材料的高素质应用型人才，编者参考了国内外有关教材、著作和文献，精心编写了本教材。

本书编写过程中，注重对机械工程材料基本知识和基本原理的阐述，力求由浅入深，易懂易学，使读者了解常用材料的成分、组织、性能之间的关系；了解强化金属材料的基本途径；掌握钢材热处理的基本原理；了解热处理工艺在机械加工流程中的位置和作用；熟悉常用金属材料的牌号、成分、组织及用途，初步具备合理选材、正确制定加工工艺及失效分析的能力。

全书共分为13章。第1章、第5章和第6章由徐先锋、王红英编写；第2章、第3章和第7章由何柏林、李树桢编写；第4章和第8章由陈朝霞编写；第9章由熊光耀编写；第10章和第13章由黎秋萍编写；第11章由匡唐清编写；第12章由赵龙志编写。编者还为本教材配备了精美的课件，供购买者免费索取。

由于编者水平有限，本书难免存在不当之处，敬请读者批评指正。

编者

2009年11月

## 3 晶体结构与结晶

3.1 金属的晶体结构	25	3.2 金属的结晶	36
3.1.1 晶体的概念	25	3.2.1 金属的结晶	36
3.1.2 晶系	26	3.2.2 金属的结晶过程	37
3.1.3 晶面指数	27	3.2.3 金属的结晶动力学	39
3.1.4 晶面指数	28	3.2.4 金属的结晶、金属的晶粒与晶界	39
3.1.5 常见的金属晶体结构	30	3.2.5 金属的晶界与晶界运动	39
3.1.6 单晶体的各向异性	32	3.2.6 金属的晶界与晶界运动	40
3.2 实际金属结构	33	3.2.7 金属的晶界与晶界运动	41
3.2.1 多晶体结构	33		

## 4 金属的塑性变形与再结晶

4.1 金属的塑性变形	42	4.1.1 金属的塑性变形	42
-------------	----	---------------	----

# 目 录

<b>1 绪论</b> .....	1
1.1 材料的概念、分类及在人类社会发 展进程中的地位和作用 .....	1
1.1.1 材料的概念和分类 .....	1
1.1.2 材料在人类社会发 展进程中的地位 和作用 .....	2
1.2 材料科学与工程的内容及相互 关系 .....	3
1.3 材料的发展 .....	5
1.3.1 传统材料的改进 .....	5
1.3.2 新材料的开发 .....	6
1.4 材料与机械工程 .....	7
1.4.1 材料与机械工程的关系 .....	7
1.4.2 机械工程材料 .....	7
1.4.3 机械工程材料的主要内 容 .....	8
习题 .....	9
<b>2 材料的力学性能</b> .....	10
2.1 概述 .....	10
2.2 静载力学性能 .....	10
2.2.1 拉伸试验 .....	10
2.2.2 弹性和刚度 .....	11
2.2.3 强度 .....	12
2.2.4 塑性 .....	13
2.2.5 真实应力-应变 .....	14
2.2.6 形变强化模数和形变强 化指数 .....	15
2.2.7 强度与塑性、韧性之 间的关系 .....	16
2.2.8 影响断裂的因素 .....	16
2.3 硬度试验 .....	17
2.3.1 布氏硬度 .....	18
2.3.2 洛氏硬度 .....	18
2.3.3 维氏硬度 .....	19
2.4 冲击韧性 .....	20
2.4.1 冲击试验 .....	20
2.4.2 冷脆转变 .....	21
2.5 断裂韧性 .....	21
2.6 疲劳 .....	22
2.7 高温力学性能 .....	23
2.8 材料力学性能的变异 .....	24
习题 .....	24
<b>3 晶体结构与结晶</b> .....	25
3.1 金属的晶体结构 .....	25
3.1.1 晶体的概念 .....	25
3.1.2 晶系 .....	26
3.1.3 晶向指数 .....	27
3.1.4 晶面指数 .....	28
3.1.5 常见的金属晶体结 构 .....	30
3.1.6 单晶体的各向异性 .....	32
3.2 实际金属结构 .....	33
3.2.1 多晶体结构 .....	33
3.2.2 晶体缺陷 .....	33
3.3 金属的结晶 .....	36
3.3.1 金属结晶的概念 .....	37
3.3.2 金属的结晶过程 .....	37
3.3.3 影响生核与长大的 因素 .....	39
3.3.4 难熔杂质、振动和搅 拌的影响 .....	39
3.3.5 金属的同素异构转 变 .....	39
3.3.6 金属铸锭组织与缺 陷 .....	40
习题 .....	41
<b>4 金属的塑性变形与再结晶</b> .....	42
4.1 金属的塑性变形 .....	42
4.1.1 单晶体的塑性变 形 .....	42

4.1.2 多晶体的塑性变形	45	4.5 超塑性	56
4.2 塑性变形对金属组织和性能的影响	46	4.5.1 超塑性的概念	56
4.3 变形金属在加热时的组织和性能的变化	49	4.5.2 超塑性的历史及发展	56
4.4 金属的热加工	53	4.5.3 超塑性的分类及工艺特点	57
4.4.1 热加工的概念	53	4.5.4 典型的超塑性材料	58
4.4.2 热加工的优点和缺点	54	4.5.5 超塑性的应用	59
		习题	59
<b>5 二元合金</b>	60		
5.1 合金相结构	60	5.2.1 合金相图概述	65
5.1.1 固溶体	61	5.2.2 二元合金相图	66
5.1.2 金属间化合物	63	5.3 合金性能与相图的关系	73
5.2 二元合金相图	65	习题	75
<b>6 铁碳合金</b>	76		
6.1 铁碳合金的相结构与性能	76	6.3 碳钢	89
6.2 铁碳合金相图	78	6.3.1 常存杂质对碳钢性能的影响	89
6.2.1 相图分析	78	6.3.2 碳钢的分类	89
6.2.2 典型合金的结晶过程	79	6.3.3 碳钢的编号和用途	90
6.2.3 含碳量对铁碳合金平衡组织和性能的影响	87	习题	93
<b>7 钢的热处理</b>	95		
7.1 概述	95	7.6.3 钢的淬透性	114
7.2 钢加热时的奥氏体的转变	96	7.6.4 淬火的方法	118
7.2.1 奥氏体的形成(以共析钢为例)	96	7.7 钢的回火	121
7.2.2 影响奥氏体化的因素	98	7.7.1 淬火钢回火时组织和性能的变化	121
7.2.3 奥氏体晶粒在加热时的生长	99	7.7.2 回火的分类及应用	122
7.2.4 不同奥氏体晶粒度的应用	100	7.7.3 回火脆性	124
7.3 奥氏体在冷却过程中的分解	100	7.8 钢的表面淬火	124
7.3.1 等温转变曲线	100	7.8.1 感应加热表面淬火	124
7.3.2 过冷奥氏体转变产物的组织与性能	101	7.8.2 火焰加热表面淬火	126
7.4 钢的退火	109	7.9 钢的化学热处理	127
7.5 钢的正火	111	7.9.1 渗碳	127
7.6 钢的淬火	112	7.9.2 氮化	128
7.6.1 淬火温度的选择和加热时间	112	7.9.3 碳氮共渗	130
7.6.2 淬火介质	114	习题	131
<b>8 合金钢</b>	133		
8.1 合金元素在钢中的作用	133	影响	135
8.1.1 合金元素对钢中基本相的影响	133	8.1.3 合金元素对热处理的影响	135
8.1.2 合金元素对 Fe-Fe <sub>3</sub> C 相图的影响	133	8.1.4 常用的各种合金元素对合金钢的力学性能影响	137

8.2 合金的强化机理 .....	138	8.4.6 易切削钢 .....	156
8.2.1 合金的强化 .....	138	8.4.7 渗氮钢 .....	156
8.2.2 材料强化应用举例 .....	140	8.4.8 超高强度钢 .....	157
8.2.3 合金的韧化 .....	141	8.5 合金工具钢 .....	157
8.3 合金钢的分类和编号方法 .....	141	8.5.1 合金刀具钢 .....	158
8.3.1 合金钢的分类 .....	141	8.5.2 合金模具钢 .....	160
8.3.2 合金钢的编号 .....	142	8.5.3 量具用钢 .....	163
8.4 合金结构钢 .....	142	8.5.4 新型合金工具钢 .....	165
8.4.1 低合金高强度结构钢 .....	142	8.6 特殊性能钢及合金 .....	166
8.4.2 渗碳钢 .....	145	8.6.1 不锈钢 .....	166
8.4.3 调质钢 .....	147	8.6.2 耐热钢 .....	169
8.4.4 弹簧钢 .....	151	8.6.3 耐磨钢 .....	170
8.4.5 滚动轴承钢 .....	152	习题 .....	170

## 9 铸铁 .....

9.1 铸铁的石墨化 .....	172	9.4.2 可锻铸铁分类 .....	178
9.2 铸铁分类 .....	173	9.4.3 可锻铸铁的牌号及用途 .....	178
9.2.1 按碳存在的形式分类 .....	173	9.5 球墨铸铁 .....	179
9.2.2 按化学成分分类 .....	174	9.5.1 球墨铸铁的化学成分 .....	179
9.3 普通灰铸铁 .....	174	9.5.2 球墨铸铁的组织和性能 .....	179
9.3.1 灰铸铁的化学成分、组织、性能 及用途 .....	174	9.5.3 球墨铸铁的牌号及用途 .....	180
9.3.2 灰铸铁的孕育处理及孕育 铸铁 .....	176	9.5.4 球墨铸铁的热处理 .....	180
9.3.3 灰铸铁的热处理 .....	177	9.6 合金铸铁 .....	181
9.4 可锻铸铁 .....	178	9.6.1 耐磨铸铁 .....	181
9.4.1 可锻铸铁的组织与性能 .....	178	9.6.2 耐热铸铁 .....	182
		9.6.3 耐蚀铸铁 .....	182
		习题 .....	182

## 10 有色金属及其合金 .....

10.1 铝及其合金 .....	183	10.4 钛及钛合金 .....	195
10.1.1 纯铝 .....	184	10.4.1 纯钛 .....	195
10.1.2 铝合金 .....	184	10.4.2 钛合金 .....	195
10.2 铜及其合金 .....	190	10.5 轴承合金 .....	197
10.2.1 纯铜 .....	190	10.5.1 轴承合金性能要求和组织 特点 .....	197
10.2.2 铜合金 .....	191	10.5.2 常用轴承合金 .....	198
10.3 镁及镁合金 .....	194	习题 .....	199
10.3.1 纯镁 .....	194		
10.3.2 镁合金 .....	194		

## 11 高分子材料 .....

11.1 概述 .....	200	11.1.5 高分子材料的性能特点 .....	212
11.1.1 高分子材料的基本概念 .....	200	11.2 工程塑料 .....	214
11.1.2 高分子化合物的结构 .....	201	11.2.1 塑料的性能特点 .....	214
11.1.3 高分子化合物的物理状态 .....	206	11.2.2 塑料的组成 .....	214
11.1.4 高分子化合物的力学行为 .....	208	11.2.3 塑料的分类 .....	216



11.2.4	常用工程塑料的性能和用途	217	11.5.2	胶黏剂的组成	223
11.3	橡胶	219	11.5.3	胶黏剂的表示方法及分类原则	223
11.3.1	橡胶的特性和应用	219	11.5.4	胶黏剂的选择	226
11.3.2	橡胶的组成	220	11.5.5	常用胶黏剂	226
11.3.3	橡胶的分类	220	11.6	涂料	226
11.3.4	常用橡胶材料	220	11.6.1	涂料的作用	226
11.4	合成纤维	222	11.6.2	涂料的组成	226
11.5	胶黏剂	222	11.6.3	常用涂料	226
11.5.1	胶结特点	222	习题		227
<b>12 先进材料</b>					228
12.1	概述	228	12.2	纳米材料	232
12.1.1	先进材料发展的历史和社会地位	228	12.2.1	纳米科学技术	232
12.1.2	先进材料研究与应用现状	229	12.2.2	纳米材料的性能及用途	233
12.1.3	先进材料发展前景的展望	232	12.3	复合材料	236
			习题		242
<b>13 材料的选用及加工路线</b>					243
13.1	机械零件的失效	243	13.2.3	经济性原则	249
13.1.1	零件失效分析	243	13.3	典型零件的选材与加工工艺	249
13.1.2	零件变形失效分析及选材	244	13.3.1	齿轮选材	249
13.1.3	零件断裂失效分析及选材	244	13.3.2	轴类零件选材	251
13.1.4	零件表面损伤失效分析与选材	245	13.3.3	箱体类选材	252
13.2	材料选用的一般原则	246	13.3.4	弹簧选材	253
13.2.1	使用性能原则	246	13.3.5	刀具选材	257
13.2.2	工艺性能原则	247	习题		259
<b>参考文献</b>					261

华东交通大学教材出版基金资助

JIXIE  
GONGCHENG  
CAILIAO

# 机械工程材料

ISBN 978-7-122-07353-2



9 787122 073532 >

定价：32.00元



[www.cip.com.cn](http://www.cip.com.cn)

读科技图书 上化工社网

销售分类建议：教材/机械类/工程材料