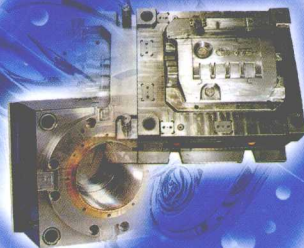




21世纪高职高专规划教材·机电类

金属材料与模具材料

主编 周超梅 于林华 主审 明立军 刘玉娟



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪高职高专规划教材·机电类

金属材料与模具材料

主 编 周超梅 于林华

主 审 明立军 刘玉娟

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是依据教育部制定的《高职高专教育工程材料类基础课程教学基本要求》，本着“必须、够用和少而精”的原则编写而成，是高职高专“十一五”规划教材。

全书共分13章，前8章为金属材料，后5章为常用模具材料部分，以机械制造生产第一线需要的知识、技能培养为目标，注重实用，重视综合性与实践性，力求反映高职高专课程和教学内容和体系的改革方向，力求有利于学生综合素质的形成和科学思维方式与创新能力的培养。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校机械工程类专业及技师培训的通用教材，也可供相关专业的师生及有关工程技术人员、企业管理人员参考使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

金属材料与模具材料/周超梅, 于林华主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2009. 5

ISBN 978 - 7 - 5640 - 2182 - 5

I. 金… II. ①周…②于… III. ①金属材料 - 高等学校: 技术学校 - 教材②模具 - 工程材料 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. TG14 TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 068852 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京圣瑞伦印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 19.75

字 数 / 400 千字

版 次 / 2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 4000 册

定 价 / 35.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

金属材料与模具材料

主 编 周超梅 于林华
主 审 明立军 刘玉娟
副主编 于 军 王淑君 殷秋菊 齐云飞
参编人员 吉 宁 柳 艳 王 颖 王 盈

前 言

本书是根据教育部制定的《高职高专教育工程材料类基础课程教学基本要求》，并在总结多年的教学改革及生产实践的经验基础上，本着“必须、够用和少而精”原则编写而成的，本书是高职高专教育“十一五”规划教材。

全书共分13章，第1~8章为金属材料部分，第9~13章为常用模具材料部分，每章均附有相应的复习题及思考题，力求体现教材的实用性与技能性，使教材能贯通于课堂教学、实训与实践教学的各个环节，并对部分新材料、新工艺、新技术作简明阐述。

本书具有以下主要特点：

1. 教材内容侧重于理论和技术的应用以及材料的选用，对基础理论部分以必需、够用为度。强调理论联系实际，贯穿以应用为中心这一主线，以掌握概念，强化应用为教学重点。
2. 为了便于自学，力求教材内容通俗易懂，图文并茂，深入浅出，重点突出。针对生产实践，力求内容简明实用，使学生易于理解，掌握各知识点的深度和广度，明确重点和难点。
3. 全书的名词、术语、牌号均采用了最新国家标准，使用法定计量单位，新标准均在书中得到体现。

本书由周超梅、于林华任主编，于军、王淑君、殷秋菊、齐云飞任副主编，参与编写人员为吉宁、柳艳、王颖。其中，绪论、第2、第4、第5、第6章由周超梅编写，第10、第11、第12、第13章由于林华编写，第1章由于军编写，第3章由齐云飞编写，第7章由王淑君编写，第8章由殷秋菊编写，第9章由吉宁、柳艳、王颖和王盈共同编写，本书由明立军、刘玉娟担任主审。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校机械工程类专业及技师培训的通用教材，也可供相关专业的师生及有关工程技术人员、企业管理人员参考使用。各校可根据专业特点，教学时数等具体情况，对内容的讲述进行调整或增删。

尽管作者在本书的编写过程中，力求完美，但由于水平有限，加之时间仓促，书中可能存在错误及不妥之处，恳请使用本书的广大师生和读者不吝批评指正，以便改进提高。

编 者

目 录

绪论	1
第1章 金属材料的性能	1
1.1 金属材料的力学性能	1
1.1.1 强度	1
1.1.2 塑性	6
1.1.3 硬度	7
1.1.4 冲击韧度	10
1.1.5 疲劳强度	11
1.2 金属材料的物理性能	14
1.3 金属材料的化学性能	15
1.4 金属材料的工艺性能	15
复习思考题	16
第2章 金属材料的基础知识	17
2.1 金属材料的晶体结构	17
2.1.1 晶体结构	17
2.1.2 常见的3种晶格类型	18
2.1.3 晶体结构的3种缺陷	19
2.2 合金的基本结构	21
2.2.1 合金的基本概念	21
2.2.2 合金的相结构	22
2.3 纯金属的结晶	23
2.3.1 纯金属的冷却曲线及过冷现象	24
2.3.2 纯金属的结晶过程	25
2.3.3 晶粒大小对金属力学性能的影响	26
2.3.4 细化晶粒的措施	26
2.4 合金的结晶	27
2.4.1 二元匀晶相图的建立	27
2.4.2 二元共晶相图	28
2.4.3 合金性能与相图的关系	29



复习思考题	31
第3章 金属的塑性变形与再结晶	32
3.1 金属的塑性变形	32
3.1.1 单晶体的塑性变形	32
3.1.2 多晶体的塑性变形	34
3.2 冷塑性变形对金属组织与性能的影响	35
3.2.1 金属组织和结构的变化	35
3.2.2 冷塑性变形引起的残余内应力	37
3.3 冷变形金属在加热时组织与性能的变化	38
3.3.1 回复	38
3.3.2 再结晶	39
3.3.3 晶粒长大	40
3.3.4 影响再结晶退火后晶粒大小的因素	40
3.4 金属的热塑性变形加工	41
3.4.1 热加工的概念	41
3.4.2 热加工对金属组织与性能的影响	41
复习思考题	43
第4章 铁碳合金	44
4.1 纯铁的同素异构转变及铁碳合金的组织	44
4.1.1 纯铁的同素异构转变	44
4.1.2 铁素体	46
4.1.3 奥氏体	46
4.1.4 渗碳体	47
4.1.5 珠光体	47
4.1.6 莱氏体	47
4.2 铁碳合金相图	48
4.2.1 简化后的铁碳合金相图	48
4.2.2 Fe-Fe ₃ C 相图中主要点的意义	48
4.2.3 Fe-Fe ₃ C 相图中主要线的意义	50
4.2.4 Fe-Fe ₃ C 相图中的相区	51
4.3 典型铁碳合金的结晶过程及室温组织	51
4.3.1 铁碳合金的分类	51
4.3.2 共析钢的结晶过程	52
4.3.3 亚共析钢的结晶过程	52

4.3.4 过共析钢的结晶过程	54
4.3.5 共晶白口铸铁的结晶过程	55
4.3.6 亚共晶白口铸铁的结晶过程	56
4.3.7 过共晶白口铸铁的结晶过程	56
4.4 含碳量与铁碳合金组织及性能的关系	58
4.4.1 铁碳合金碳质量分数与组织的关系	58
4.4.2 碳质量分数对力学性能的影响	58
4.4.3 铁碳合金相图的应用	59
4.5 碳素钢	60
4.5.1 钢中的杂质元素对钢性能的影响	60
4.5.2 碳素钢的分类	61
4.5.3 碳素钢的牌号及应用	62
复习思考题	68
第5章 钢的热处理	70
5.1 钢在加热时的组织转变	70
5.1.1 钢的临界温度	70
5.1.2 奥氏体的形成	71
5.1.3 影响奥氏体形成的因素	72
5.1.4 奥氏体晶粒大小及影响因素	72
5.2 钢在冷却时的组织转变	74
5.2.1 过冷奥氏体的等温转变图	75
5.2.2 过冷奥氏体等温转变过程、产物及性能	77
5.2.3 影响C曲线的因素	85
5.2.4 过冷奥氏体连续冷却曲线与C曲线的关系	88
5.3 钢的退火与正火	90
5.3.1 退火	90
5.3.2 正火	92
5.4 钢的淬火	94
5.4.1 淬火的目的是	94
5.4.2 淬火的加热温度和保温时间	95
5.4.3 淬火冷却介质	96
5.4.4 常用的淬火方法	97
5.4.5 钢的淬透性与淬硬性	99
5.4.6 淬火缺陷	103



5.5 钢的回火	104
5.5.1 回火时组织和性能的变化	104
5.5.2 回火的分类及应用	107
5.5.3 钢的回火脆性	108
5.6 钢的表面热处理	108
5.6.1 感应加热表面淬火	109
5.6.2 火焰加热表面淬火	110
5.7 化学热处理	110
5.7.1 化学热处理的概念及基本过程	110
5.7.2 钢的渗碳	111
5.7.3 钢的渗氮(氮化)	114
5.7.4 钢的碳氮共渗	116
5.7.5 渗硼	117
5.7.6 渗金属	118
5.8 热处理新技术简介	120
5.8.1 可控气氛热处理	120
5.8.2 真空热处理	121
5.8.3 激光热处理	121
5.8.4 离子注入	121
5.9 热处理工艺的应用	122
5.9.1 热处理的技术条件	122
5.9.2 热处理的工序位置	124
5.9.3 热处理零件的结构工艺性	125
复习思考题	126
第6章 合金钢	128
6.1 合金元素在钢中的作用	128
6.1.1 强化铁素体	128
6.1.2 形成合金碳化物	128
6.1.3 细化晶粒	129
6.1.4 提高钢的淬透性	130
6.1.5 提高钢的回火稳定性	130
6.2 合金钢的分类及牌号	131
6.2.1 合金钢的分类	131
6.2.2 合金钢的牌号	132

6.3 合金结构钢	133
6.3.1 低合金结构钢	133
6.3.2 合金渗碳钢	136
6.3.3 合金调质钢	137
6.3.4 合金弹簧钢	141
6.3.5 滚动轴承钢	142
6.4 合金工具钢	146
6.4.1 合金刀具钢	146
6.4.2 合金量具钢	156
6.5 特殊性能钢	157
6.5.1 不锈钢	157
6.5.2 耐热钢	162
6.5.3 耐磨钢	165
复习思考题	166
第7章 铸铁	167
7.1 铸铁的分类	167
7.2 铸铁的石墨化及影响因素	168
7.2.1 成分的影响	168
7.2.2 冷却速度的影响	169
7.3 灰铸铁	169
7.3.1 灰铸铁的组织与性能	169
7.3.2 灰铸铁的孕育处理	170
7.3.3 灰铸铁的牌号及用途	171
7.3.4 灰铸铁的热处理	171
7.4 可锻铸铁	172
7.4.1 可锻铸铁的生产过程	172
7.4.2 可锻铸铁的组织与性能	172
7.4.3 可锻铸铁的牌号及用途	173
7.5 球墨铸铁	174
7.5.1 球墨铸铁的生产过程	174
7.5.2 球墨铸铁的组织与性能	174
7.5.3 球墨铸铁的牌号及用途	175
7.5.4 球墨铸铁的热处理	176
7.6 蠕墨铸铁	177



7.7 合金铸铁	177
7.7.1 耐磨铸铁	177
7.7.2 耐热铸铁	178
7.7.3 耐蚀铸铁	179
复习思考题	180
第8章 有色金属及其合金	181
8.1 铜及其合金	181
8.1.1 铜	181
8.1.2 铜合金	182
8.2 铝及其合金	187
8.2.1 铝	187
8.2.2 铝合金	188
8.3 轴承合金	193
8.3.1 锡基轴承合金 (锡基巴氏合金)	194
8.3.2 铅基轴承合金 (铅基巴氏合金)	195
8.3.3 铝基轴承合金	196
8.4 硬质合金	197
8.4.1 硬质合金的性能特点	197
8.4.2 常用的硬质合金	197
8.5 钛及钛合金	199
8.5.1 钛	199
8.5.2 钛合金	200
复习思考题	204
第9章 模具材料综述	205
9.1 模具与模具材料的应用	205
9.1.1 模具在工业生产中的作用与地位	205
9.1.2 模具的特点	206
9.1.3 模具材料的工艺要求与特点	206
9.2 模具及模具材料的分类	206
9.2.1 模具的分类	207
9.2.2 模具材料的分类	207
9.3 模具材料的性能要求	207
9.3.1 模具材料的使用性能要求	208
9.3.2 模具材料的工艺性能要求	209

9.4 模具失效与模具使用寿命	210
9.4.1 模具的失效形式	210
9.4.2 模具的失效分析	210
9.4.3 模具的失效机理形式分析	212
9.4.4 影响模具寿命的基本因素	214
复习思考题	218
第10章 冷作模具材料	219
10.1 冷作模具材料的工作条件与性能要求	219
10.1.1 冲裁模	219
10.1.2 变形模	220
10.1.3 冷挤压模	221
10.1.4 冷镦模	222
10.2 冷作模具用钢	222
10.2.1 低淬透性冷作模具钢	223
10.2.2 低变形冷作模具钢	224
10.2.3 高耐磨微变形冷作模具钢	225
10.2.4 高强度高耐磨冷作模具钢	227
10.2.5 高强韧性冷作模具钢	227
10.2.6 高耐磨、高韧性冷作模具钢	230
10.2.7 抗冲击冷作模具钢	231
10.2.8 其他类型冷作模具钢	232
10.3 冷作模具材料的选用	233
10.3.1 冷作模具钢的选用原则	233
10.3.2 常用冷作模具钢的选用	234
10.4 冷作模具钢的热处理	240
10.4.1 常用冷作模具钢的热处理工艺	240
10.4.2 冷作模具钢的热处理特点	241
复习思考题	242
第11章 塑料模具材料	243
11.1 塑料模具的工作条件及失效形式	243
11.1.1 塑料模具的工作条件	243
11.1.2 塑料模具的失效形式	244
11.2 塑料模具材料的主要性能要求	245
11.2.1 塑料模具材料的使用性能要求	245



11.2.2 塑料模具材料的工艺性能要求	246
11.3 塑料模具用钢	247
11.3.1 碳素型塑料模具钢	249
11.3.2 渗碳型塑料模具钢	250
11.3.3 淬硬型塑料模具钢	252
11.3.4 预硬型塑料模具钢	252
11.3.5 时效硬化型塑料模具钢	254
11.3.6 耐蚀塑料模具钢	256
11.4 塑料模具材料的选用	257
11.4.1 选材的基本要求	257
11.4.2 选择模具材料时应考虑的因素	258
复习思考题	258
第12章 热作模具材料	260
12.1 热作模具钢	260
12.1.1 热作模具钢的主要性能要求	260
12.1.2 热作模具钢的分类及化学成分	261
12.2 热锻模	263
12.2.1 锤锻模工作条件及主要失效形式	263
12.2.2 锤锻模的性能要求	263
12.2.3 锤锻模用钢	263
12.2.4 锤锻模选材	265
12.3 热挤压模	267
12.3.1 工作条件及主要失效形式	267
12.3.2 热挤压模具性能要求	267
12.3.3 热挤压模用钢	267
12.3.4 热挤压模具钢的选材	269
12.4 压铸模	270
12.4.1 工作条件和失效形式	271
12.4.2 压铸模用钢	271
12.5 热冲裁模	272
12.5.1 热冲裁模的主要性能要求和失效形式	273
12.5.2 热冲裁模用钢	273
12.6 热作模具钢的热处理	274
复习思考题	275

第 13 章 模具表面工程技术	276
13.1 模具表面工程技术概述	276
13.1.1 表面工程技术的概念	276
13.1.2 表面工程技术的发展	276
13.1.3 表面工程技术的意义和目的	277
13.2 模具表面的涂镀技术	278
13.2.1 电镀	278
13.2.2 电刷镀	279
13.2.3 化学镀	281
13.2.4 热喷涂	281
13.2.5 热浸镀	284
13.2.6 气相沉积技术	284
13.3 模具表面的其他强化技术	289
13.3.1 激光表面强化技术	289
13.3.2 电子束表面强化	290
13.3.3 离子注入表面处理	292
复习思考题	292
附录	293
参考文献	298



绪 论

材料是人类生产、生活和社会发展所必需的物质基础，材料的利用情况是人类文明发展水平的标志。每一种重要的新型材料的发现和应用，都构成了人类文明发展史的里程碑，历史证明，每一次重大新技术的发现和应用，往往都依赖于新材料的发展。

人们对材料的认识也是在历史的发展中逐步深入的，人类在公元前 10 万年左右进入了石器时代，在不断改进石器和寻找石料的过程中发现了天然铜块和铜矿石，在用火烧陶器的过程中发现了冶铜术，在公元前 5 000 年人类进入了青铜器时代，公元前 1 200 年左右，人类进入了铁器时代。18—19 世纪，人类进入了钢铁时代，20 世纪后半叶，由于硅的应用，半导体材料得到广泛的应用，20 世纪八九十年代，高分子材料，复合材料，先进陶瓷材料在工程领域的应用越来越广泛。而当今纳米材料的研发和利用也正在逐渐走入工程材料领域，正是材料科学对人类社会的经济所起到的不可估量的巨大作用，世界各国都非常重视对材料科学的研究，材料的种类、数量和质量成为衡量一个国家科学技术，国民经济水平以及社会文明的重要标志之一。

工程材料是指工程上使用的材料，其种类繁多，按其组成特点可分为金属材料、有机高分子材料、无机非金属材料及复合材料 4 大类；按用途可分为机械工程材料、建筑材料、生物材料等多种类别。工程材料按其性能特点可分为结构材料和功能材料两大类。结构材料以力学性能为主；功能材料以特殊的物理、化学性能为主，如超导、激光、形状记忆、能量转换等材料。

在当今的机械制造领域，应用广泛的机械工程材料主要是结构材料，即金属材料，尤其是以钢铁材料作为主要材料，而结构材料所表现出来的力学性能是由金属内部的组织结构所决定的。自 1863 年第一台光学显微镜问世，到 1912 年 X 射线衍射技术的出现、1932 年电子显微分析技术应用、当今各种先进的显微技术应用，人们观察到金属内部的组织、结构包括晶粒大小、种类、形状和晶粒间的相对数量及相对分布，原子集合体中各原子的具体组合方式等的能力越来越强。人们对晶体微观结构的研究，大大推动了工程材料的研究和发展，同时，固体物理、量子力学和化学的发展又有力地推动了工程材料学的深入研究。

工程材料中应用最广泛的是金属材料，包括黑色金属和有色金属。黑色金属是指铁和以铁为基的合金，即钢铁材料，它占金属材料总量的 95% 以上。钢包括碳素钢和合金钢。碳

素钢包括碳素结构钢和碳素工具钢等。合金钢包括合金结构钢、合金工具钢和特殊性能钢等。铸铁包括一般性能铸铁和特殊性能铸铁。一般性能铸铁包括灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁和蠕墨铸铁等。特殊性能铸铁包括耐磨铸铁、耐热铸铁和耐蚀铸铁等。

由于钢铁的力学性能和低廉价格，在工程材料中一直占据着不可替代的主导地位。但是，随着现代工业的发展，模具逐渐成为材料成型加工的重要工艺装备，成为机械、电子、轻工、国防等工业生产的重要基础之一。利用模具可以实现材料成型加工中的少或无切削加工，从而提高材料的利用率和生产效率。而模具材料是模具制造的基础，模具材料的应用，在基础工业中占有着极其重要的地位。模具材料和热处理技术及表面工程处理技术对模具的使用寿命、精度起着关键性的作用。因此，根据模具的服役条件，合理选用模具材料，根据模具材料的性能特点合理的选用模具结构，根据模具材料的特性采取相应的维护措施，在企业生产实践中是十分重要的。

金属材料与模具材料是机械制造类各专业的一门必修的专业基础课程。通过本课程的学习，了解常用金属材料与模具材料的成分、组织、性能和加工工艺之间的关系、用途，并初步具备合理选择材料和使用材料、正确选择加工方法及安排、制定加工工艺路线的能力，为继续学习其他相关课程和从事一线生产、技术及管理工作奠定必要的基础。



第 1 章

金属材料的性能

在当今的机械制造领域，应用广泛的机械工程材料主要是结构材料，即金属材料，金属材料之所以能得到广泛的应用，是因为它具有良好的性能。

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能两个方面。使用性能是指金属材料在使用条件下所表现出来的性能，它包括力学性能、物理性能和化学性能。工艺性能是指金属材料在加工过程中所表现出来的性能，它包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能和切削加工性能等。

1.1 金属材料的力学性能

设计零件时大多以其力学性能为主要依据，因此掌握金属材料的力学性能是非常重要的。所谓金属材料的力学性能是指金属材料在外力作用下所表现出来的性能。可以通过一系列标准试验来测定。力学性能包括强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

1.1.1 强度

1. 强度

金属材料在外力作用下，抵抗塑性变形和断裂的能力称为强度。强度的大小通常用应力来表示。金属受到外力作用时，为了保持其形状不变，在材料内部产生与外力相对抗的力，这个力称为内力。应力就是单位面积上的内力。

金属材料在使用过程中所受的外力也称为载荷。根据载荷作用性质的不同，载荷可分为静载荷、冲击载荷及交变载荷。静载荷是指大小方向不变或变化过程缓慢的载荷。冲击载荷是指在短时间内以较高速度作用在零件上的载荷。交变载荷是指大小和方向随时间作周期性变化的载荷。

根据载荷作用方式的不同，载荷又可分为拉伸载荷、压缩载荷、弯曲载荷、剪切载荷和扭转载荷等。如图 1-1 所示。

金属受拉伸载荷或压缩载荷作用时，其横截面积上的应力按下列公式计算