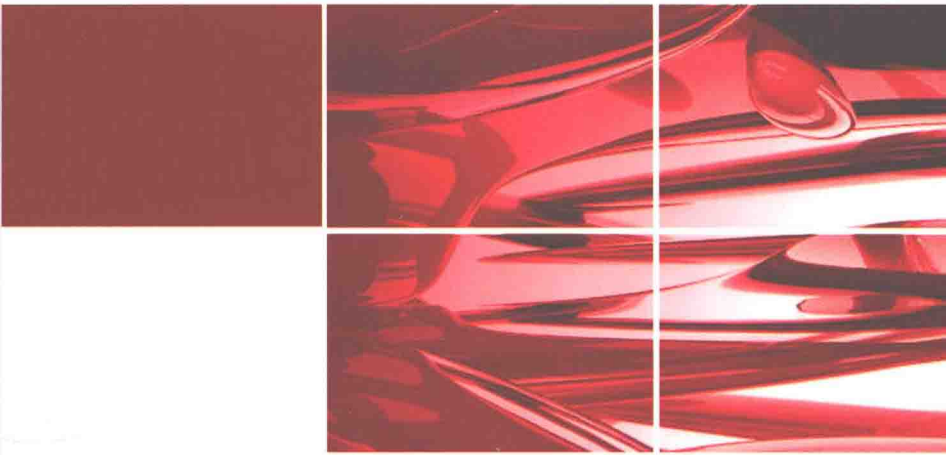


普通高等教育“十二五”规划教材



工程材料及其 成形基础

崔明铎 刘河洲 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

工程材料及其成形基础

主 编	崔明铎	刘河洲	
副主编	任国成	刘延利	于 宽
参 编	蒋丽丽	平 建	傅丽云
	陈培丽	来小丽	于 慧
	郭艳君	米丰敏	
主 审	吕怡方		



机械工业出版社

本书是根据教育部最新颁布的“工程材料与机械制造基础课程教学基本要求”并结合高等学校多年的教学改革经验,为适应与满足人才市场的多样化需求,面向、符合、激活学生个性与能力的多样化特点而编写的,是机械、材料类专业系列课程教材之一。

本书内容包括:工程材料的性能、金属与合金的晶体结构和二元合金相图、钢的热处理、工业用钢与铸铁、非铁合金及粉末冶金、非金属材料,以及工程材料的合理选用,以铸造成形、塑性成形、连接成形等常规成形方法为主,增加了其他工程材料的成形、快速成形技术和零件结构成形工艺分析。

本书可作为本科、专科、高职和成人教育等层次院校的通用教材,也可供其他相关专业的师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料及其成形基础/崔明铎,刘河洲主编. —北京:机械工业出版社, 2014. 8

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-46772-4

I. ①工… II. ①崔…②刘… III. ①工程材料—成形—高等学校—教材 IV. ①TB3

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第108086号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:丁昕祯 责任编辑:丁昕祯 章承林

版式设计:赵颖喆 责任校对:刘怡丹

封面设计:张静 责任印制:李洋

北京振兴源印务有限公司印刷

2014年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·22.5印张·552千字

标准书号:ISBN 978-7-111-46772-4

定价:43.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前言

本书根据教育部最新颁布的“工程材料与机械制造基础课程教学基本要求”并结合普通高等学校多年的教学改革经验而编写，是按照教育质量观、教材质量观必须随高等教育大众化，适应与满足人才市场的多样化需求，面向、符合、激活学生个性与能力的多样化特点而编写的，是机械、材料类专业系列课程教材之一。

本书内容包括：工程材料的性能、金属与合金的晶体结构和二元合金相图、钢的热处理、工业用钢与铸铁、非铁合金及粉末冶金、非金属材料，以及工程材料的合理选用，以铸造成形、塑性成形、连接成形等常规成形方法为主，增加了其他工程材料的成形、快速成形技术和零件结构成形工艺分析。

本书编写中注意突出以下几个特点：

1. 教材编写在坚持内容新颖、简洁，结构合理，层次鲜明，直观形象，减少文字叙述，利用表格，图文并茂等特点的同时，总篇幅以够用为原则。
2. 全书名词术语和计量单位采用最新国家标准及其他相关标准且与教材内容结合紧密。
3. 本书的内容强调基础性，重视概念的准确性。作为专业基础课，基本理论、基本概念、基本知识的取材都必须是基础而且是成熟的。本教材充分体现了这一特点。
4. 增加了相关技术领域最新进展的介绍，力求科学、系统、先进、实用。既注重学生获取知识、分析问题与解决工程技术实际问题能力的培养，又力求体现对学生工程素质和创新思维能力的培养，通过课堂教学强化大学毕业生从事工程实践能力的理论基础。

本书由崔明铎、刘河洲担任主编并统稿，任国成、刘延利、于宽担任副主编，吕怡方担任主审。

参加本书编写并做出贡献的还有蒋丽丽、平建、傅丽云、陈培丽、来小丽、于慧、郭艳君、米丰敏等。

本书在编写中参考了有关教材和相关文献，并征求了有关领导与相关企业人士的意见，吕怡方教授在审阅书稿时，提出了很多宝贵的意见，在此向上述人员一并表示谢意。

由于编者理论水平及教学经验所限，本书难免有谬误或欠妥之处，希望读者和各校教师同仁提出批评和建议，共同搞好本门课程的教材建设工作，不胜企盼。

编者

目 录

前言	
绪论	1
第1篇 材料篇	
第1章 工程材料的性能	7
1.1 静载时材料的力学性能	7
1.1.1 强度与塑性	7
1.1.2 弹性与刚度	9
1.1.3 硬度	9
1.2 动载时材料的力学性能	11
1.2.1 冲击韧性	11
1.2.2 疲劳强度	11
1.3 工程材料的物理、化学及工艺性能	12
1.3.1 物理性能	12
1.3.2 化学性能	12
1.3.3 工艺性能	12
思考题	13
第2章 金属与合金的晶体结构和二元合金相图	14
2.1 金属的晶体结构	14
2.1.1 晶体的概念	14
2.1.2 实际晶体结构	16
2.2 金属的结晶与同素异构转变	17
2.2.1 纯金属的结晶	17
2.2.2 晶粒大小及控制	19
2.2.3 金属的同素异构转变	19
2.3 合金及合金的相结构	20
2.3.1 合金	20
2.3.2 合金的相结构	20
2.4 二元合金相图	22
2.4.1 匀晶相图	22
2.4.2 共晶相图	24
2.4.3 包晶相图	24
2.4.4 共析相图	25
2.5 铁碳合金的基本组织与性能和铁碳合金相图	25
2.5.1 铁碳合金的基本组织与性能	26
2.5.2 铁碳合金相图	26
思考题	33
第3章 钢的热处理	35
3.1 钢的热处理概述	35
3.1.1 钢在加热时的组织转变	35
3.1.2 钢在冷却时的组织转变	37
3.2 整体热处理方法	42
3.2.1 退火	42
3.2.2 正火	44
3.2.3 淬火	44
3.2.4 回火	46
3.3 钢的淬透性	48
3.3.1 淬透性的概念	48
3.3.2 淬透性对热处理后力学性能的影响	48
3.3.3 影响淬透性及淬硬深度的因素	49
3.3.4 淬透性的测定与表示方法	49
3.4 钢的表面淬火和化学热处理	50
3.4.1 钢的表面淬火	50
3.4.2 化学热处理	52
3.5 其他热处理工艺简介	54
3.5.1 真空热处理	55
3.5.2 可控气氛热处理	55
3.5.3 形变热处理	55
3.5.4 超细化热处理	55



3.5.5 高能束表面改性热处理	56	5.1.2 铝合金及其强化处理	106
3.6 热处理工件的结构工艺性	57	5.1.3 铝合金分类及其应用	108
3.6.1 热处理工艺对零件结构的要求	57	5.2 铜及铜合金	113
3.6.2 和结构工艺性有关的其他要求	58	5.2.1 纯铜	113
思考题	58	5.2.2 铜合金	113
第4章 工业用钢与铸铁	60	5.3 其他非铁合金简介	119
4.1 概述	60	5.3.1 钛及钛合金	119
4.1.1 钢的分类与牌号	60	5.3.2 镁及镁合金	120
4.1.2 杂质对钢质量的影响	63	5.3.3 锌及锌合金	121
4.1.3 合金元素在钢中的作用	64	5.4 铸造轴承合金与粉末冶金	121
4.2 工程结构用钢	67	5.4.1 铸造轴承合金	121
4.2.1 工程结构用钢概述	67	5.4.2 粉末冶金	123
4.2.2 碳素结构钢（非合金结构钢）	67	思考题	124
4.2.3 低合金高强度结构钢	68	第6章 非金属材料	125
4.3 机械结构用钢	70	6.1 聚合物材料	125
4.3.1 优质的、特殊质量的非合金结构 钢（优质碳素结构钢）	70	6.1.1 聚合物的分类	125
4.3.2 特殊质量的机械结构用合金钢	72	6.1.2 塑料	125
4.3.3 易切削钢	78	6.1.3 橡胶	128
4.3.4 铸钢	79	6.1.4 纤维	131
4.4 滚动轴承钢	80	6.1.5 涂料	131
4.5 工具钢	83	6.1.6 粘合剂	132
4.5.1 工具钢概述	83	6.1.7 功能聚合物材料简介	133
4.5.2 刃具钢	83	6.2 陶瓷	133
4.5.3 高速工具钢	85	6.2.1 陶瓷材料的性能特点	134
4.5.4 模具钢	87	6.2.2 常用工程结构陶瓷	134
4.6 不锈钢、耐热钢和低温钢	91	6.3 复合材料	137
4.6.1 不锈钢	91	6.3.1 复合材料的性能特点	137
4.6.2 耐热钢	93	6.3.2 树脂基复合材料	139
4.6.3 低温钢	94	6.3.3 金属基复合材料	141
4.7 特殊物理性能钢	95	6.3.4 其他类型的复合材料	142
4.8 铸铁	95	思考题	142
4.8.1 概述	95	第7章 工程材料的合理选用	143
4.8.2 铸铁石墨化	95	7.1 机械零件合理选材的基本原则和 步骤	143
4.8.3 铸铁分类	97	7.1.1 使用性原则	143
4.8.4 常用铸铁的牌号、性能与应用	97	7.1.2 工艺性原则	144
思考题	105	7.1.3 经济性原则	146
第5章 非铁合金及粉末冶金	106	7.1.4 可持续发展原则	147
5.1 铝及铝合金	106	7.1.5 选材的基本步骤	148
5.1.1 纯铝	106	7.2 机械零件的失效分析	148

7.2.1 零件失效及失效形式	149	8.6 铸件的工艺设计	182
7.2.2 失效分析	149	8.6.1 合金铸造性能	182
7.3 常用零件选材的方法和注意事项	150	8.6.2 铸造工艺设计	184
7.3.1 以防止过量变形为主的选材	150	8.7 铸件的结构工艺性	189
7.3.2 以抗磨损性能为主的选材	150	8.7.1 合金铸造性能对铸件结构设计的要求	189
7.3.3 以抗疲劳性能为主的选材	151	8.7.2 铸造工艺对铸件结构设计的要求	193
7.3.4 以综合力学性能为主的选材	151	8.7.3 铸造方法对铸件结构设计的要求	196
7.3.5 选材时的注意事项	151	8.8 铸造成形技术的新发展	198
7.4 典型零件(轴)的选材及热处理	152	思考题	198
7.4.1 轴概述	152	第9章 塑性成形	200
7.4.2 轴的主要性能要求和分类	153	9.1 概述	200
7.4.3 轴类零件(机床主轴)的选材与工艺路线实例	153	9.2 金属塑性成形理论基础	202
思考题	154	9.2.1 金属的塑性变形基础	202
第2篇 成形篇	155	9.2.2 金属的可锻性	205
第8章 铸造成形	157	9.3 锻造	207
8.1 概述	157	9.3.1 自由锻	207
8.2 铸造方法及其应用	157	9.3.2 模锻	210
8.2.1 造型材料和模样	158	9.4 锻造工艺规程的制订	216
8.2.2 铸造工艺图、模样和芯盒	159	9.4.1 自由锻工艺规程的制订	217
8.2.3 浇注系统和冒口	160	9.4.2 模锻工艺规程的制订	220
8.2.4 手工造型和制芯	162	9.5 锻件的结构工艺性	223
8.2.5 综合工艺分析举例	166	9.5.1 自由锻件的结构工艺性	223
8.2.6 机器造型与制芯	168	9.5.2 模锻件的结构工艺性	225
8.3 合金的熔炼与浇注	171	9.6 冲压	226
8.3.1 合金的熔炼	171	9.6.1 冲压设备	226
8.3.2 铸型浇注	172	9.6.2 冲模	227
8.4 铸件清理和常见缺陷分析	173	9.6.3 冲压基本工序	228
8.4.1 铸件的落砂和清理	173	9.6.4 冲压件工艺规程的制订	236
8.4.2 铸件常见缺陷分析与挽救措施	174	9.7 冲压件的结构工艺性	237
8.5 特种铸造	176	9.7.1 冲压件的形状	238
8.5.1 熔模铸造	176	9.7.2 冲压件的尺寸	238
8.5.2 压力铸造	177	9.7.3 冲压件的精度和表面质量	239
8.5.3 金属型铸造	178	9.8 其他塑性成形方法	240
8.5.4 离心铸造	179	9.8.1 挤压	240
8.5.5 陶瓷型铸造	179	9.8.2 轧制	242
8.5.6 挤压铸造	180	9.8.3 拉拔	243
8.5.7 磁性铸造	181	9.8.4 精密模锻	243
8.5.8 石墨型铸造	181	9.8.5 粉末锻造	244
8.5.9 其他特种铸造方法	181		



9.8.6 液态模锻	244	10.6.5 粘接的应用举例	284
9.8.7 超塑性成形	245	10.7 铆接	285
9.8.8 高速高能成形	245	10.7.1 概述	285
9.8.9 计算机在塑性成形中的应用	246	10.7.2 铆钉	285
思考题	247	10.7.3 铆接工具	286
第10章 连接成形	249	10.7.4 铆接工艺	286
10.1 概述	249	思考题	287
10.1.1 焊接方法及其分类	249	第11章 其他工程材料的成形	288
10.1.2 粘接(胶接)	250	11.1 塑料制品的成形	288
10.1.3 铆接	250	11.1.1 概述	288
10.2 电弧焊接基础知识	250	11.1.2 塑料的一次成形	289
10.2.1 电弧焊的基本知识	250	11.1.3 塑料的二次成形	292
10.2.2 焊接接头的组织与性能	251	11.1.4 塑料的二次加工	294
10.2.3 焊接结构力学	253	11.2 橡胶制品的成形	298
10.2.4 焊接缺陷及分析	257	11.2.1 橡胶制品的生产过程	299
10.2.5 焊接材料	258	11.2.2 橡胶的成形方法	300
10.3 常用焊接方法	261	11.3 无机非金属材料成形基础	302
10.3.1 埋弧焊	261	11.3.1 粉体的制备技术	302
10.3.2 氩弧焊	262	11.3.2 特种陶瓷成形工艺	303
10.3.3 二氧化碳气体保护焊	263	11.3.3 特种陶瓷烧结	307
10.3.4 电阻焊	264	11.4 复合材料的成形	307
10.3.5 摩擦焊	266	11.4.1 树脂基复合材料的成形	308
10.3.6 扩散焊	267	11.4.2 金属基复合材料的成形	310
10.3.7 钎焊	269	11.4.3 陶瓷基复合材料的成形	311
10.3.8 等离子弧焊与切割	270	思考题	312
10.3.9 电子束焊	271	第12章 快速成形技术	313
10.3.10 焊接新技术及其发展	271	12.1 概述	313
10.4 常用材料焊接	272	12.1.1 快速成形技术原理	313
10.4.1 金属材料的焊接性	272	12.1.2 快速成形技术的实现	314
10.4.2 常用金属材料的焊接	273	12.1.3 快速成形方法分类	315
10.4.3 异种材料的连接	277	12.1.4 快速成形的特点	315
10.5 焊接件结构设计	277	12.1.5 快速成形的应用	316
10.5.1 焊接结构件的材料选用	278	12.1.6 快速成形的发展趋势	318
10.5.2 焊接工艺方法的选用	279	12.2 熔融沉积快速成形	318
10.5.3 焊缝结构的合理设计	280	12.2.1 工艺原理	318
10.5.4 焊接接头及坡口形式	281	12.2.2 工艺特点	319
10.6 粘接	282	12.2.3 成形设备	320
10.6.1 概述	282	12.2.4 成形材料	321
10.6.2 粘结剂	283	12.2.5 影响因素分析	322
10.6.3 粘接接头的设计	283	12.2.6 应用实例——叶轮原型制作	323
10.6.4 粘接工艺	284		



12.3 其他快速成形工艺简介	326	原则	337
12.3.1 光敏树脂液相固化成形 (SLA)	326	13.1.2 常用材料成形方法的比较	340
12.3.2 分层实体制造 (LOM)	327	13.2 典型零件毛坯成形方法的选择	342
12.3.3 选择性激光烧结 (SLS)	328	13.2.1 轴杆类零件	342
12.3.4 三维打印 (3DP)	329	13.2.2 盘套类零件	342
12.4 逆向工程技术概述	330	13.2.3 支架箱体类零件	344
12.4.1 逆向工程的定义	330	13.3 零件成形方法选择的技术经济 分析	344
12.4.2 逆向工程的工作流程	331	13.3.1 零件成形的技术经济分析 概述	344
12.4.3 逆向工程系统的组成	332	13.3.2 铸件的生产成本分析	346
12.4.4 逆向工程与产品创新	333	13.3.3 锻件的生产成本分析	349
12.4.5 逆向工程的应用	335	13.3.4 焊接件的生产成本分析	349
思考题	336	思考题	351
第13章 零件结构成形工艺分析	337	参考文献	352
13.1 零件毛坯成形方法的选择	337		
13.1.1 零件毛坯成形方法的选择			

绪 论

工程材料及其成形工艺,是指研究如何选用工程材料并将其加工成形为机器零件(或毛坯)的学科。工程材料及其成形工艺是机械、材料等机类专业学生的一门重要的技术基础课程,通过本课程的学习,可获得常用工程材料及其成形工艺学的基本知识,培养学生的工艺分析能力,了解现代材料成形的先进工艺、技术和发展趋势,是后续课程学习和工作实践的 necessary 基础。

1. 工程材料及其成形工艺的发展简史

在几十万年前,人类学会了用火。其后,人类的祖先学会并掌握了用火烧制陶器、瓷器的技术,并在9世纪开始逐步传至东非和阿拉伯世界、日本、欧洲等地,对世界文明产生了很大的影响,瓷器已成为中国文化的象征。

在5000年前,我们的祖先便已率先掌握了青铜与红铜等铜合金的冶炼技术,到商周时代我国的青铜冶炼技术已达到了很高的水平与生产规模,如重达875kg的后母戊鼎,是迄今世界上最古老的大型青铜器。湖北江陵楚墓中出土的两把越王勾践的剑,至今仍锋利无比,湖北随县出土的战国编钟等都是我国古代文化艺术高度发达的见证。约公元前8世纪至公元前5世纪的著作《考工记》中,记载着钟鼎、斧斤等六类青铜器的成分、性能和用途之间关系的“六齐”规律,是世界上最早的有关冶金的工艺总结。

春秋时期,我国开始大量使用铁器。兴隆战国铁器遗址中发掘出了浇注农具用的金属型,说明当时冶铸技术已由砂型铸造进入金属型铸造的高级阶段。在西汉后期,我国就发明了炼钢方法——炒钢法,该方法在英国18世纪才获得应用。

作为高分子材料,古代主要用的是天然的丝绸、棉、麻之类。其中,丝绸于11世纪由我国传到波斯、阿拉伯、埃及,于1470年传到意大利,进入欧洲。

工程材料及其成形工艺是伴随着人类使用材料的历史而发展的。在人类使用材料之初,通过将天然材料,如石头、陶土打制成石器和烧制成陶器,最原始的材料成形工艺便由此产生。随着人们在使用青铜、钢铁等的过程中逐步创造出了铸造、锻造、焊接等金属成形工艺。

对于铸造(液态)成形技术的掌握运用在我国相当久远,闻名于世的泥范(砂型)、铁范(金属型)和失蜡铸造,是我国古代三大铸造技术的典型代表。如,北京故宫、颐和园内精美的铜狮、铜鹤、铜龟和铜亭构件等,是失蜡铸造技术在明清时期的作品。

在河北藁城出土的商朝铁刃铜钺是我国发现的最早的锻件,它表明早在3000年前我国就已掌握了锻造和锻焊技术。在陕西临潼秦始皇陵陪葬坑发现的铜车马中,金银饰件的固定用的就是一种无机粘结剂,这表明我国是最早使用粘接技术的国家。

明朝科学家宋应星所著《天工开物》一书中,记载了冶铁、炼铜、铸钟、锻铁、焊接、淬火等多种金属成形工艺和改性方法及生产经验,是世界上记载材料成形工艺最早的科学著

作之一。

现代的塑料和先进陶瓷材料的出现,使非金属材料的成形工艺得到了迅速发展,而且各种人工设计、人工合成的新型材料层出不穷,各种与之相应的先进成形工艺也在不断涌现并大显身手。现在,随着计算机、微电子、信息和自动化技术的迅速融入,一大批新型成形技术涌现的同时,材料成形工艺已开始向着优质化、精密化、绿色化和柔性化的方向发展。

2. 工程材料及其成形工艺在国民经济中的地位

制造业是指所有生产和装配制成品的企业群体的总称,包括机械制造、运输工具制造、电气设备、仪器仪表、食品工业、服装、家具、化工、建材、冶金等,在整个国民经济中占很大的比重,工程材料及其成形技术作为制造业的一项基础的和主要的生产技术,直接影响制造业的效率,并且在一定程度上代表着我国工业和科技发展水平,现在,直接影响着世界经济的发展。

已有数据表明,在机床和通用机械中,铸件质量占 70% ~ 80%;汽车中,铸件质量约占 20%,锻件质量约占 70%;飞机上的锻件质量约占 85%;家用电器和通信产品中,60% ~ 80% 的零部件是冲压件和塑料成形件。世界钢材总产量一半多是通过焊接制成构件或产品后投入使用的。从我国热衷的轿车构成为例,汽车发动机中的缸体、缸盖、活塞等一般都是铸造而成的,连杆、传动轴、车轮轴等多是锻造而成的,车身、车门、车架、油箱等是冲压和焊接制成的,车内饰件、仪表盘、车灯罩、保险杠等是塑料成形制件,轮胎等是橡胶成形制品。显然,没有先进的工程材料及其成形技术,就没有现代制造业。

改革开放以来,通过技术引进和技术创新,我国的材料及其成形工艺技术水平得到了高速发展,是公认的世界主要制造业中心。我国制造生产的产品在质量、品种和产量上都比过去有了大幅度的提高,如钢铁、水泥、彩电、手机、洗衣机等,许多重要产品的产量已居世界第一位,不仅满足了国内市场需求,也以强大的竞争力不断扩展其在国际市场上的占有率,表现出我国的经济充满活力、蒸蒸日上。

当然,与发达国家相比,我国在材料及其成形技术水平上还存在差距,尤其是在技术创新能力和企业核心竞争力方面的差距还很大,要赶超世界先进水平,还有许多工作要做。

3. 工程材料及其成形工艺课程的内容

本书主要论及的是常见工程材料及其成形工艺的基础知识。

其中,材料篇主要是阐述常用工程材料的成分、组织结构、热处理与材料性能以及材料应用之间的关系及其变化规律;改善和提高材料性能的各种热处理方法;工程中常用的非金属材料等方面的基础知识。

成形篇主要介绍铸造成形、锻压成形、连接、其他材料制品的成形及快速成形等方法,教材对以上成形的方式、成形产品的结构、成形工艺、技术经济性、成形方法的选择和发展趋势等问题进行了介绍、探讨和比较。由此,教材体系与结构如下:

(1) 工程材料篇

1) 从选用材料的角度出发,主要介绍各种材料力学性能的主要指标及其应用等。

2) 材料的性能与其化学成分和内部组织结构的关系及其工艺方法的影响,以培养学生掌握有关工程材料的基本理论知识。

3) 阐述工程材料的成分、结构、处理和性能之间的基本规律,使学生能根据各种不同零件的使用要求,掌握合理选用材料的初步能力。



(2) 成形工艺篇

1) 铸造成形。阐述铸件成形方法、特种铸造、铸件结构工艺性及现代铸造技术发展趋势。

2) 锻压成形。阐述金属的塑性变形理论, 锻压成形方法, 锻件结构工艺性及锻压新技术。

3) 连接成形。阐述焊接成形理论, 各种焊接成形方法、焊接件结构工艺性、简介黏结、铆接等工艺技术其新技术、新工艺。

4) 非金属制品的成形。介绍工程塑料、橡胶成形及粉体的制备技术、特种陶瓷成形工艺等知识。

5) 快速成形。介绍快速成形的方法、分类与特点; 熟悉快速成形的应用及其发展趋势。

6) 零件结构成形工艺分析。介绍各种成形方法的选择原则、工艺比较、成形技术的选择和经济性分析等。

4. 本课程的学习要求与学习方法

作为高等工科学校机类和近机类专业学生的一门必修课, 本课程的适宜学时数为 60 ~ 80 学时。学生在学完本课程之后, 应达到以下基本要求:

1) 掌握常用工程材料的成分、组织结构、热处理与材料性能以及材料应用之间的关系及其变化规律; 改善和提高材料性能的各种热处理方法; 工程中常用的非金属材料等方面的基础知识。

2) 掌握各种成形方法的基本原理、工艺特点和应用场合, 了解常用的成形设备及其用途, 具有进行材料成形工艺分析和合理选择毛坯(或零件)成形方法的初步能力。

3) 具有分析零件结构工艺性的初步能力。

4) 了解与工程材料及其成形工艺有关的新材料、新工艺及其发展趋势。

学习本课程的学生应具有一定的工程材料及其成形工艺的感性知识以及有关机械制图和工程材料的基础知识。为此, 开设本课之前, 必须先修工程实训、工程制图、互换性及其测量技术等课程。

本课程的特点之一是涵盖知识面广, 集多种学科知识、多种工艺方法为一体, 体现了多学科的交叉与渗透, 学习时应注重课程内容的前后连贯和其相关性; 另一特点是因涉及面广, 信息量大, 实践性强, 教学中以知识传授叙述性内容为主, 因而在学习方法上应当进行适当的调整, 以求获得良好的学习效果。因此, 要注意在前期工程实训的实践经历和平时日常生活中接触到的机械产品的实例, 加深对所学内容的理解。在完成本课程的作业和工艺设计练习中, 通过独立思考, 掌握相关内容。本课程中所学的知识在以后的专业课程学习、课程设计和毕业设计及将来的社会实践中都会再用到, 应充分利用这些机会来对其反复练习, 扎实掌握, 巩固提高。

要充分认识到本课程在培养学生的工程意识、创新意识、运用规范的过程语言能力和解决工程实际问题的能力, 具有其他课程难以替代的作用。

第 1 篇 材料篇

第 1 章 工程材料的性能

要正确地选择和使用工程材料，必须首先要了解工程材料的性能。工程材料的性能主要包括使用性能和工艺性能。使用性能是指材料的力学性能、物理性能和化学性能。力学性能是选材的主要依据，同时兼顾物理和化学性能。工艺性能是指材料在加工过程中所反映出来的适应性能。

材料的力学性能是材料在承受各种载荷时的行为。按照载荷状态可分为静载荷与动载荷。其中静载荷是指试验时对试样缓慢加载。常用的拉伸试验和硬度试验属于静载荷。

1.1 静载时材料的力学性能

1.1.1 强度与塑性

GB/T 228.1—2010《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》规定了金属材料拉伸试验方法的原理、定义、符号和说明、试样及其尺寸测量、试验设备、试验要求、性能测定、测定结果数值修约和试验报告。

试验过程为：准备试样（图 1-1），在拉伸试验机上加载，试样在载荷作用下发生弹性变形、塑性变形直至最后断裂。在拉伸中，试验机自动记录每一个瞬间的载荷和伸长量之间的关系，并绘出应力-应变曲线（纵坐标为载荷，横坐标为伸长量）。由计算机控制的具有数据采集系统的试验机可直接获得强度和塑性的试验数据。

图 1-2 所示为退火低碳钢单向静载拉伸应力-应变曲线。其中， $abcd$ 段为屈服变形阶段， dB 段为均匀塑性变形阶段， B 点为试样屈服后所能承受的最大受力（ R_m ）点， Bk 段是颈缩阶段。该曲线可直接反映出材料的强度与塑性的性能高低。

1. 强度

强度是指材料抵抗塑性变形和破坏的能力。

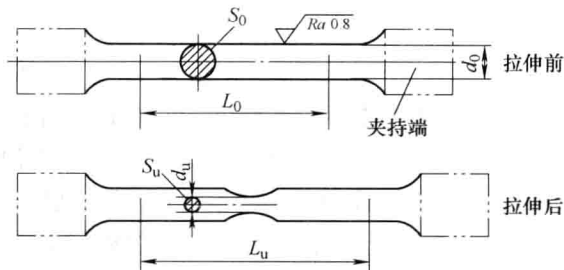


图 1-1 拉伸试样图

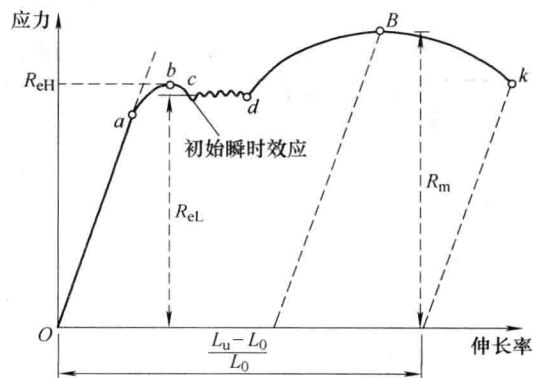


图 1-2 退火低碳钢单向静载拉伸应力-应变曲线



按外力的作用方式不同,可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和抗剪强度等。当承受拉力时,强度特性指标主要是屈服强度和抗拉强度。

(1) 屈服强度 屈服强度是指当金属材料呈现屈服现象时,在试验期间塑性变形发生而力不增加时的应力。应区分上屈服强度和下屈服强度。

测定上屈服强度用的力是试验时在应力-应变曲线上曲线首次下降前的最大力。测定下屈服强度用的力是试样屈服时,不计初始瞬时效应时的最小力(图1-2)。

上屈服强度和下屈服强度都是用载荷(力)除以试样原始横截面积(S_0)得到的应力值,其符号分别为 R_{eH} (MPa)和 R_{eL} (MPa)。在相关材料强度表达中常指其 R_{eH} 值。

有些金属材料的应力-应变曲线上没有明显的屈服现象,如高碳钢和脆性材料等,可采用规定非比例延伸强度 R_p ,如规定非比例延伸率为0.2%时对应的应力值作为规定非比例延伸强度,用符号 $R_{p0.2}$ (MPa)表示。

(2) 抗拉强度 抗拉强度是指试样被拉断前的最大承载能力(F_m)除以试样原始横截面积(S_0)得到的应力值,用符号 R_m (MPa)表示。

屈服强度、抗拉强度是在选择金属材料及机械零件强度设计时的重要依据。

2. 塑性

材料在外力作用下,产生塑性变形而不断裂的性能称为塑性。塑性大小常用断后伸长率(A)和断面收缩率(Z)表示。即

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\%$$
$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\%$$

式中, L_u 为试样拉断后的标距长度(mm)(图1-1); S_u 为试样拉断后的最小横截面积(mm^2)。

A和Z的值越大,材料的塑性越好。应当说明的是:仅当试样的标距长度、横截面的形状和面积均相同时,或当选取的比例试样的比例系数 k 相同时,断后伸长率的数值才具有可比性。

金属材料应具有一定的塑性才能顺利地承受各种变形加工,并且有一定塑性的金属零件,可以提高零件使用的可靠性,不会出现突然断裂。

目前,还有许多金属材料的力学性能名词符号是沿用旧标准GB/T 228—1987标注的,为方便使用,表1-1列出了关于金属材料强度与塑性的新、旧标准名词和符号对照。

表1-1 金属材料强度与塑性的新、旧标准名词和符号对照

新标准 (GB/T 228.1—2010)		旧标准 (GB/T 228—1987)	
性能名称	符号	性能名称	符号
断面收缩率	Z	断面收缩率	ψ
断后伸长率	A	断后伸长率	δ_5
	$A_{11.3}$		δ_{10}
屈服强度	—	屈服强度	σ_s
上屈服强度	R_{eH}	上屈服强度	σ_{sU}
下屈服强度	R_{eL}	下屈服强度	σ_{sL}
规定非比例延伸强度	R_p	规定非比例延伸强度	σ_p
	例如 $R_{p0.2}$		例如 $\sigma_{p0.2}$
抗拉强度	R_m	抗拉强度	σ_b