



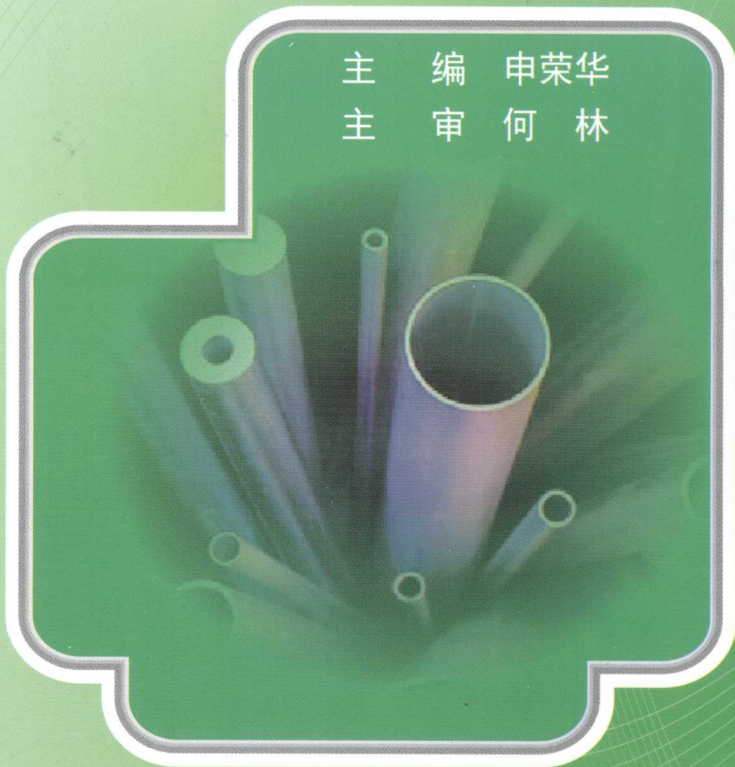
全国本科院校机械类 **创新型** 应用人才培养规划教材

# 工程材料及其成形技术基础

(第2版)

主 编 申荣华  
主 审 何 林

系统介绍工程材料及其性能  
重点阐述各类材料的成形技术  
突出工程材料的选择及实际应用



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

013045554

TB3-43  
89-2

全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材

# 工程材料及其成形技术基础 (第2版)

主 编 申 荣 华  
参 编 陈 之 奇 丁 旭 彭 和 宜  
姜 云 张 琳 娜  
主 审 何 林



TB3-43

89-2



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS



北航

C1653862

## 内 容 简 介

本书是依据“工程材料及其成形技术基础”课程教学大纲和教学基本要求编写。本书对工程材料和材料成形技术作了系统、全面的阐述,共分两篇12章,主要内容包括金属材料、高分子材料、陶瓷材料和复合材料的分类、成分、组织及性能特征,材料的改性原理及方法,工程设计中构件的选材及其制造加工工艺流程安排,毛坯或零件的各类成形原理,材料的成形工艺性能、成形工艺过程及成形技术的特点和应用等。

与本书配套的《工程材料及其成形技术基础学习指导与习题详解》也由北京大学出版社出版。

本书可作为高等院校机械工程类各专业的教材,也可作为有关工程技术人员的学习、参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

工程材料及其成形技术基础/申荣华主编. —2版. —北京:北京大学出版社,2013.5

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-22367-3

I. ①工… II. ①申… III. ①工程材料-成型-高等学校-教材 IV. ①TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 071360 号

书 名: 工程材料及其成形技术基础(第 2 版)

著作责任者: 申荣华 主编

策划编辑: 童君鑫

责任编辑: 黄红珍

标准书号: ISBN 978-7-301-22367-3/TH·0344

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电子信箱: [pup\\_6@163.com](mailto:pup_6@163.com)

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 31.5 印张 733 千字

2008 年 8 月第 1 版

2013 年 5 月第 2 版 2013 年 5 月第 1 次印刷

定 价: 58.00 元

---

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: [fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

## 第 2 版前言

本书自 2008 年 8 月出版，至今已重印两次。经过这几年的教学实践，证明本书适应创新型应用人才培养模式的课程要求，是一本具有较大教改力度的教材，因此得到了广大院校的支持和充分肯定，并提出了许多宝贵意见和修改建议，在此表示由衷的感谢。

因编者水平所限，第 1 版书中难免出现一些不尽如人意的地方，我们在广泛听取各使用院校意见的基础上，对教材进行了修订和调整。此次修订，除了采纳对第 1 版教材内容的各方面意见并结合近年来的学科发展进行了修改、充实外，还在各章节中增加了导入案例、阅读材料、案例分析等内容模块，以方便学生学习和应用。

此次修订工作由贵州大学申荣华教授主持，各编委按提出的修改意见进行修订。在修订过程中，参阅了大量国内外相关教材、专著及文章，得到贵州大学教务处、贵州大学机械工程学院的支持和帮助，在此向文献作者及提供支持和帮助的单位及个人谨致以衷心的感谢。特别感谢贵州大学机械工程学院博士生导师何林为第 2 版主审工作做出的贡献。

由于编者水平有限，书中不足之处难免，诚恳希望广大读者批评指正。

编 者

2013 年 1 月



# 第 1 版前言

机械制造业是材料及其成形技术应用的重要领域。随着机械制造业的发展,对产品的要求越来越高,无论是制造机床、汽车、农业机械,还是建造轮船、石油化工设备,都要求产品技术先进、质量好、寿命长、造价低。因此,在产品设计与制造过程中,会遇到越来越多的材料及材料成形加工方面的问题。这就要求工程技术人员掌握必要的材料科学与材料工程知识,具有正确选择材料和成形加工处理方法、合理安排加工工艺路线的能力。

“工程材料及其成形技术基础”是高等院校机械工程类各专业学生必修的一门综合性技术基础课。本书是按教育部面向 21 世纪工科本科机械类专业人才培养模式改革要求而编写的,内容包括工程材料和材料成形技术基础两大部分。内容以材料及其成形技术为主要研究对象,论述了金属材料、高分子材料、陶瓷材料和复合材料的分类、成分、组织及性能特征,材料的改性原理及方法,工程设计中构件的选材及其制造加工工艺路线安排,毛坯或零件的各类成形原理,材料的成形工艺性能、成形工艺过程及成形技术的特点和应用等。学习和掌握材料以及材料成形技术的基本理论及其应用特点,建立起材料及其成形加工工艺理论与工业应用之间的关系,具有合理选用材料及其成形工艺方法、合理安排加工工艺路线的能力,这对工科院校机械工程类专业的学生十分必要。

本书的主要特点在于围绕其核心内容“材料、选用、强化处理和成形技术”,改变目前大多数把工程材料和材料成形技术基础分别开设课程的教学安排,除对传统的经典内容加以精选外,按逻辑思维进行内容编排,以性能—材料及选用—强化处理—成形加工为主线,较系统的阐述机械工程中各类材料及其性能,材料的实际应用,工业上对材料进行强化处理的工艺或方法,各类材料的成形技术方法的原理、工艺过程、特点及应用等。

本书结构分明,信息量大,每章相对独立而又相关衔接,文字叙述力求精练,科学性、实用性强。

本书可配合多媒体 CAI 电子教材,使教师教学和学生学习更为方便。

本书由贵州大学申荣华、丁旭任主编,陈之奇、彭和宜任副主编,姜云、张琳娜参编。申荣华编写绪论、第 7 章、第 8 章、第 9 章,丁旭编写第 1 章、第 2 章、第 4 章和第 5 章,陈之奇编写第 3 章和第 12 章,彭和宜编写第 6 章及附录,姜云编写第 11 章,张琳娜编写第 10 章及书中部分图的绘制,全书由申荣华统稿。重庆理工大学博士生导师胡亚民博导担任本书主审。

本书在编写过程中,编者参阅了部分国内外相关教材、专著及论文,在此一并向文献作者致以深切的谢意!另外,要特别感谢贵州大学教务处对本书出版的大力支持!

本书建议授课学时 50~59,试验 4 学时,各章参考教学学时见下表。

章次	建议学时	章次	建议学时
绪论	1	第 7 章 金属材料的液态成形技术	6~7
第 1 章 零部件对材料性能的要求	2	第 8 章 金属固态塑性成形技术	6~7



(续)

章次	建议学时	章次	建议学时
第2章 材料的内部结构、组织与性能	6~7	第9章 粉末压制和常用复合材料成形简介	2~3
第3章 改变材料性能的主要途径	7~8	第10章 固态材料的连接成形技术	6~7
第4章 常用金属材料	5~6	第11章 有机高分子材料的成形技术	2~3
第5章 非金属材料及新型工程材料	3~4	第12章 材料成形技术方案拟定、产品检验及再制造技术	2
第6章 工程设计制造中的材料选择	2		

鉴于编者学识有限,书中难免有不足和欠妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2008年3月于贵阳

# 目 录

绪论 .....	1	2.3.2 陶瓷和高分子材料的组织与性能 .....	62
第一篇 工程材料 .....	7	习题 .....	63
第1章 零部件对材料性能的要求 .....	9	第3章 改变材料性能的主要途径 .....	64
1.1 零部件所受的各种负荷 .....	11	3.1 金属的热处理 .....	66
1.1.1 力学负荷 .....	12	3.1.1 钢的热处理 .....	67
1.1.2 热负荷 .....	13	3.1.2 铝合金的热处理 .....	89
1.1.3 环境介质的作用 .....	13	3.1.3 其他有色金属的热处理 .....	92
1.2 工程设计与加工处理所需要的材料性能 .....	14	3.2 金属的合金化改性 .....	93
1.2.1 整机性能、零部件性能与材料性能的关系 .....	14	3.2.1 合金元素的存在形式 .....	93
1.2.2 工程材料的使用性能 .....	14	3.2.2 合金元素的作用 .....	94
1.2.3 工程材料的加工工艺性能 .....	28	3.3 金属的形变强化 .....	95
1.3 工程材料的类型及主要特征 .....	29	3.3.1 冷塑性变形对金属组织与性能的影响 .....	95
1.3.1 工程材料的分类 .....	29	3.3.2 冷塑性变形金属在加热时组织与性能的变化 .....	98
1.3.2 各类材料的特征 .....	29	3.3.3 金属的热变形 .....	99
习题 .....	31	3.4 液态金属结晶时的细晶强化方法 .....	101
第2章 材料的内部结构、组织与性能 .....	32	3.4.1 金属的晶粒度与性能的关系 .....	101
2.1 材料的内部结构 .....	34	3.4.2 液态金属结晶时的细晶方法 .....	102
2.1.1 金属的结构 .....	34	3.5 有机高分子材料和陶瓷材料的改性简介 .....	102
2.1.2 有机高分子材料的结构 .....	41	3.5.1 高分子材料的改性 .....	102
2.1.3 陶瓷材料的结构 .....	43	3.5.2 陶瓷材料的增韧 .....	104
2.2 晶体材料的相图与组织形成 .....	45	3.6 材料的表面改性技术简介 .....	105
2.2.1 金属的凝固 .....	45	3.6.1 高能束表面改性 .....	105
2.2.2 二元合金结晶相图 .....	47	3.6.2 电镀及化学镀 .....	106
2.2.3 铁-碳合金相图与铁碳合金 .....	53	3.6.3 气相沉积技术 .....	107
2.3 材料的组织与性能 .....	61	3.6.4 热喷涂技术 .....	107
2.3.1 金属材料组织与性能 .....	62	3.6.5 化学转化膜技术 .....	108
		3.6.6 表面形变强化 .....	108
		习题 .....	109



<b>第4章 常用金属材料</b> .....	110	5.2.2 常用工程结构陶瓷	181
4.1 工业用钢分类、牌号及常存杂质	113	5.2.3 金属陶瓷	184
4.1.1 钢的分类	113	5.3 复合材料	187
4.1.2 钢的牌号	114	5.3.1 复合材料的性能特点	187
4.1.3 钢中常存元素与杂质	116	5.3.2 复合材料的增强体和基体	188
4.2 结构钢	117	5.3.3 常用复合材料与应用	189
4.2.1 碳素结构钢	117	5.4 新型工程材料简介	192
4.2.2 低合金高强度钢	118	5.4.1 纳米材料	192
4.2.3 优质碳素结构钢	119	5.4.2 烧蚀防热材料	193
4.2.4 合金结构钢	120	5.4.3 超硬材料	195
4.2.5 其他结构钢	123	5.4.4 超塑性合金	197
4.3 工具钢及特种钢	127	5.4.5 海绵金属和“无声”合金	198
4.3.1 工具钢	127	5.4.6 非晶态合金	200
4.3.2 不锈钢	135	5.4.7 隐身材料	200
4.3.3 耐热钢	138	5.4.8 形状记忆合金	201
4.3.4 耐磨钢	139	习题	206
4.4 铸铁	140	<b>第6章 工程设计制造中的材料选择</b>	208
4.4.1 铸铁的主要类型	140	6.1 零件失效与失效类型	211
4.4.2 各类铸铁的特点	141	6.1.1 失效概念	211
4.4.3 铸铁的热处理特点	144	6.1.2 失效的形式与对策	211
4.5 有色金属(非铁金属)及其合金	145	6.1.3 失效的原因	213
4.5.1 铝及其合金	145	6.2 零件设计中的材料选择	213
4.5.2 铜及其合金	149	6.2.1 选材原则	213
4.5.3 其他有色金属材料简介	152	6.2.2 零件选材时应注意的几个问题	215
习题	158	6.2.3 典型零件结构的选材简介	216
<b>第5章 非金属材料及新型工程材料</b>	160	6.3 金属类零件在制造加工过程中的热处理选择和安排	223
5.1 有机高分子材料	161	6.3.1 热处理在工艺路线中的位置	223
5.1.1 有机高分子材料的性能特征	162	6.3.2 钢铁普通热处理方案的选择	225
5.1.2 常用工程塑料与应用	163	6.3.3 钢铁表面热处理方案的选择	226
5.1.3 合成纤维	170	6.3.4 非铁合金热处理方案的选择	227
5.1.4 合成橡胶	172		
5.1.5 粘接剂及涂料	175		
5.2 工程陶瓷	181		
5.2.1 陶瓷材料的性能特点	181		

6.3.5 零件的热处理工艺性·····	227	习题·····	347
习题·····	233	<b>第9章 粉末压制和常用复合材料成形简介</b> ·····	350
<b>第二篇 材料成形技术基础</b> ·····	235	9.1 粉末压制成形理论基础·····	352
<b>第7章 金属材料的液态成形技术</b> ·····	237	9.1.1 金属粉末的制取及其特性·····	352
7.1 金属液态凝固成形技术理论基础·····	239	9.1.2 粉末压制成形原理及过程·····	356
7.1.1 金属液态凝固成形原理及工艺流程·····	239	9.2 粉末压制产品及应用·····	360
7.1.2 合金的铸造性能·····	241	9.3 粉末压制零件或制品的结构技术特征·····	364
7.2 常用液态凝固成形技术(铸造工艺)方法·····	249	9.4 陶瓷制品成形过程简介·····	366
7.2.1 砂型铸造·····	250	9.4.1 概述·····	366
7.2.2 特种铸造·····	264	9.4.2 现代陶瓷制品的成形过程及技术特征·····	366
7.2.3 常用铸造技术方法的比较·····	276	9.5 常用复合材料成形过程简介·····	367
7.3 常用合金铸件生产·····	278	9.5.1 纤维制取方法·····	367
7.3.1 铸铁件的生产·····	278	9.5.2 纤维复合材料成形方法·····	368
7.3.2 铸钢件的生产·····	284	习题·····	372
7.3.3 非铁合金铸件的生产·····	286	<b>第10章 固态材料的连接成形技术</b> ·····	373
7.3.4 铸件的常见缺陷·····	290	10.1 焊接成形过程·····	376
习题·····	293	10.1.1 焊接成形过程特征和理论基础·····	376
<b>第8章 金属固态塑性成形技术</b> ·····	295	10.1.2 金属常用焊接成形技术·····	391
8.1 金属固态塑性成形技术理论基础·····	297	10.2 常用金属材料的焊接·····	407
8.1.1 金属固态塑性成形原理及工艺过程·····	297	10.2.1 金属材料的焊接性·····	407
8.1.2 金属固态塑性变形理论基础·····	300	10.2.2 几种常用金属材料的焊接·····	408
8.2 常用金属固态塑性成形技术·····	306	10.3 塑料的焊接·····	412
8.2.1 自由锻造·····	306	10.4 固态粘接成形过程·····	414
8.2.2 模型锻造·····	314	10.4.1 粘接剂·····	414
8.2.3 胎模锻造·····	324	10.4.2 粘接成形技术·····	416
8.2.4 板料成形技术方法·····	325	10.4.3 粘接品质检验及其特点与应用·····	419
8.3 其他塑性成形技术简介·····	339	习题·····	423
8.3.1 挤压成形·····	339	<b>第11章 有机高分子材料的成型技术</b> ·····	425
8.3.2 辊轧成形·····	341	11.1 塑料制品的成型技术·····	429
8.3.3 超塑性成形·····	343		
8.3.4 摆辗成形·····	344		





11.1.1	塑料的成型特性 .....	429	12.1.1	零件所选材料与成形过程的关系 (即适应性原则) .....	467
11.1.2	塑料制品成型技术 方法 .....	432	12.1.2	零件技术特征与成形技术的 现实可能性与经济性 (即技术经济原则) .....	469
11.1.3	塑料制品结构的技术 特征 .....	446	12.1.3	材料成形技术的安全生产 (即安全原则) .....	471
11.2	橡胶制品的成型技术 .....	451	12.2	材料成形方案的技术经济 分析 .....	472
11.2.1	橡胶制品的成型性能 .....	452	12.3	成形件的品质检验 .....	480
11.2.2	橡胶制品的成型技术 方法 .....	453	习题 .....	487	
习题 .....	461				
<b>第 12 章</b>	<b>材料成形技术方案拟定及 产品检验 .....</b>	<b>463</b>	<b>参考文献 .....</b>	<b>488</b>	
12.1	材料成形技术方案拟定的一般 原则 .....	467			

# 绪 论

## 1. 材料及其成形加工的地位

材料是人类生产和社会发展的重要物质基础，也是日常生活基本资源中不可分割的一个组成部分。人类最早使用的材料是石头、树枝、泥土、兽皮等天然材料。由于火的使用，人类发明了自然界没有的新材料——陶瓷器及其制作技术，其后又冶炼出青铜和铁以及发明相应的制造加工技术，大大地推动了人类文明的进程。材料及其制作加工技术与人类的文明及发展密切相关，在人类文明史上还曾以材料作为划分时代的标志，如石器时代、青铜器时代、铁器时代等。由于材料对社会、经济、技术发展有巨大的影响，所以到了20世纪60年代，人们把材料、能源、信息并列称为现代技术和现代文明的三大支柱，70年代又把新型材料、信息技术和生物技术列为新技术革命的主要标志。

人们用各种材料制作各种人们所需的物质产品的过程称为制造加工，材料应用与材料成形加工是机械制造加工过程的重要组成部分。任何装备都是由许多零部件构成的，如一支普通的碳素笔由9个零件组装而成，而一部中型轿车约由7万个零件装配而成。材料只有经过各种制作加工，如成形、改性、机加工、连接等，最终形成产品，才能体现其功能和价值。

作为重要的基础工业，机械制造业为各行各业提供所需的机械装备，而数不清的各种机械装备又都是由性能各异的机械工程材料经机械制造加工成各种零件并装配而成的。机械制造加工过程的总流程及阶段(准备、材料成形、加工处理、成品)或模块划分通常如图0.1所示。

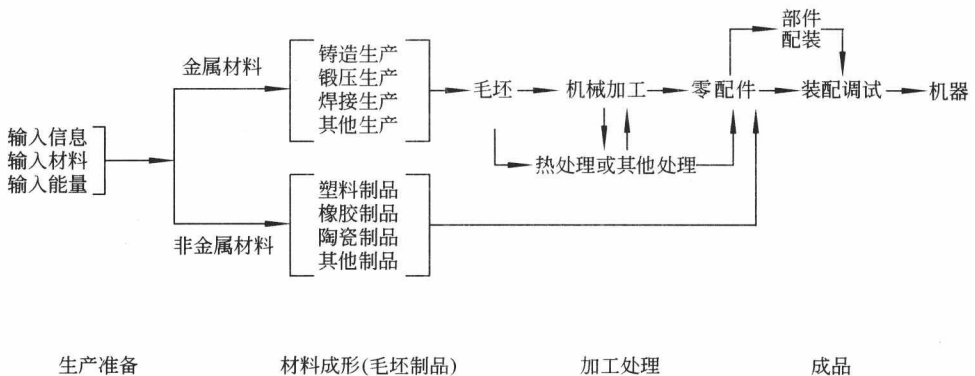


图 0.1 机械制造业总流程

对不同的零件(产品)，应选择相应的材料，采用与之相适宜的成形方法及加工处理过程，才能满足其性能和技术要求。制作加工技术的突破往往成为新产品能否问世、新技术能否产生的关键，故新材料、新技术、新工艺常常是相关联的。在现代生产中，整个机械



制造加工系统流程总是由信息流、能量流、物质流联系起来的, 这里的信息流主要是指计划、管理、设计、工艺等方面的信息; 能量流主要是指动力能源系统; 而物质流则主要从原材料经过毛坯制造、加工处理、装配到成品的过程。可见材料及其制作加工在制造业中占有重要的位置。

材料的选择与成形工艺的采用是机械零件获得所需性能的重要保证。原材料本身的性质是使机械零件的使用性能达到设计要求的基本保证, 因此对于不同性能要求的零件(产品), 显然首要的是应选用不同的材料; 另外, 材料的成形技术是机械制造加工业的关键技术之一, 它不仅是使零件或毛坯获得一定形状和尺寸的制造加工方法, 也是最终使零件或毛坯获得具有一定内部组织和性能的重要途径。例如, 通过液态凝固成形技术即铸造所得到铸件, 其形状尺寸是否符合设计要求当然是由铸造成形工艺所决定的, 而金属铸件的, 性能除与所使用的合金类型、成分有关外, 在很大程度上也取决于铸造成形的工艺方法。又如通过塑变成形的金属制件、粉末冶金成形的制品、热塑性成形的高分子材料产品乃至焊接构件的形状尺寸和性能也是如此。因此, 材料的选用及成形工艺的选择也是保证产品质量的前提。

机械工程材料及其成形技术还与人类社会有密不可分的关系。机械工程材料及其加工技术的地位和作用, 早已超出了技术经济的范畴。高新技术的发展、资源和能源的有效利用、通信技术的进步、工业产品质量和环境保护的改善、人们生活水平的提高等都与材料及其加工密切相关。从材料的设计、制备、加工处理、检测, 到器件(零件、部件、装备)的制造、使用, 直到回收利用, 已经形成了一个巨大的社会循环。这一循环的概念提示了材料、能源和环境之间具有强烈的交互作用。这种作用之所以显得越来越重要, 是因为人类在关注经济发展的同时, 也不得不面对材料和能源等资源的短缺以及人类生存环境的破坏和恶化。因此, 把自然资源和人类需要、社会发展和人类生存联系在一起的材料及其制造加工循环, 必然要引起全社会的高度重视。

在材料的生产和使用以及成形加工技术方面, 中华民族在人类文明历史的进程中有过辉煌的成就, 为人类文明作出了巨大的贡献, 这是鼓舞我们不断进步和创造的永恒力量。

## 2. 工程材料与成形技术的发展

### 1) 先进工程材料及其应用

新材料技术在信息、能源、军事等行业中的用途十分广泛, 可使各类装备升级换代, 性能大大提高。目前, 世界范围内的新材料已有数万种, 并以每年 5% 的速率递增, 正向高功能化、超高性能化、复合轻量和智能化的方向发展。

(1) 结构类材料。高性能结构材料是支撑航空航天、交通运输、电子信息、能源动力以及国家重大基础工程建设等领域的重要物质基础, 是目前国际上竞争最激烈的高技术新材料领域之一。

在传统材料改性优化方面, 通过对钢铁凝固和结晶控制等基础理论研究, 发现冶金过程晶粒细化调控可大大提高钢材强度, 发展的新一代钢铁材料的强度约比目前普通钢材提高了一倍, 研究成果已部分应用于汽车、建筑等行业, 被国内冶金界认为是推动钢铁行业结构调整、产品更新换代、提高钢铁行业技术水平的一次“革命”。

在高性能陶瓷部件方面, 我国解决了耐高温、高强、耐磨损、耐腐蚀陶瓷部件的关键制备技术, 并在钢铁工业、精密机械、煤炭、电力和环境保护等领域得到应用; 研发出具

有优异耐冲蚀磨损性能的煤矿重质选煤机用旋流器陶瓷内衬、潜水渣浆泵用耐磨陶瓷内衬，已在黄河治理中得到批量应用；研制的碳化硅泡沫陶瓷过滤器可替代氧化钇部分稳定氧化锆过滤器，用于不锈钢钢水的过滤；陶瓷热机的质量可减轻 30%，而功率则提高 30%，节约燃料 50%。

导弹弹体和卫星都要使用质量轻、强度高、刚度好、耐高温及弹性高的新型复合结构材料。如美国将火箭发动机金属壳体改用石墨纤维复合材料后其质量减轻了 38000kg；而用碳铝复合结构材料制造卫星的波导管，不仅满足了轴向刚度、低膨胀系数和导电性能等方面的要求，而且使质量减轻了 30%。将高密度钨合金与贫铀材料用于破甲弹制造，可以提高穿甲侵略力等。

复合功能薄膜浮法在线制备技术及新型节能镀膜玻璃的开发打破了我国此类产品一直依赖进口的局面；通过压力温度双重诱导与原位快速整体化，使高可靠性陶瓷部件批量化成熟关键技术级装备取得了创新性突破；高性能稀土永磁材料制备及关键技术取得创新性突破，成功应用于“神舟 5 号”、“神舟 6 号”系列飞船等高端产品的关键部件；高温超导材料及应用研究掌握了具有自主知识产权的铋系高温超导长带和线材产业化关键技术，达到国际先进水平。

(2) 功能材料。功能材料是指可以利用声、光、电、磁、热、化及生化等效应，把能量从一种形式转变成另一种形式的材料。功能材料品种很多，如电子计算机的记忆元件、激光器的工作物质红宝石、声呐振荡器的压电陶瓷，以及超导材料、光学塑料、热电材料、光敏材料、反激光材料、防辐射与电子材料等。

如形状记忆合金材料，由于它可以在温度变化的情况下恢复原有的形状，在设计人造卫星天线时采用的 Ni-Ti 形状记忆合金材料，在卫星发射前可将天线折叠起来，卫星升空后经太阳照射，天线可以自动打开，从而免去了一套繁琐的机构及自动开启装置。

现代隐形技术，除了外形设计上采用先进方法，进行热红外线和自身电磁隐性外，主要是使用新型吸收波材料，即在飞机表面涂覆能大量吸收雷达波的新型介质材料，将雷达电磁波吸收，使雷达无法发现。

功能材料在后勤装备中也得到广泛应用。20 世纪 80 年代，美国开发的先进军用冬服材料，不仅比原冬服质量减少 28%，保暖性提高 20%，而且还使雨水进不去，人体蒸发的汗却能顺利地排出去。日本陆军研制的含有 65% 的芳族聚酰胺和 35% 的耐热处理棉纤维的混纺织物制成的新型迷彩作训服，在 12s 内能承受 800℃ 高温，可大大减少战场烧伤的发生。

(3) 生态环境材料。生态环境材料是在人类认识到生态环境保护的重要战略意义和世界各国纷纷走可持续发展道路的背景下提出来的，是国内外材料科学与工程研究发展的必然趋势。制订环境材料评价标准实际上是对材料的先进性(功能性)、舒适性(经济性)和环境协调性三个方面进行标准指标定量。一般认为生态环境材料是具有满意的使用性能同时又被赋予优异的环境协调性的材料。这类材料的特点是消耗的资源 and 能源少，对生态和环境污染小，再生利用率高，而且从材料制造、使用、废弃直到再生循环利用的整个寿命过程，都与生态环境相协调。主要包括：环境相容材料，如纯天然材料(木材、石材等)、仿生材料(人工骨、人工器脏等)、绿色包装材料(绿色包装袋、包装容器)、生态建材(无毒装饰材料等)；环境降解材料(生物降解塑料等)；环境工程材料，如环境修复材料、环



境净化材料(分子筛、离子筛材料)、环境替代材料(无磷洗衣粉助剂)等。

## 2) 先进成形技术的发展及应用

装备的设计、材料选用和制造技术三者相辅相成,互相促进,互相制约。新一代装备的研制总伴随着新材料、新结构和新工艺的重大突破。材料成形技术的发展,必将促进装备性能和结构的发展。

材料成形加工是先进制造技术的重要组成部分,是保证装备质量的基础技术。现代材料成形技术是集多种学科于一体的综合技术,是最能代表国家制造技术水平的重要方面。在现代装备研制中,材料成形技术的发展与应用主要表现在如下几方面:

(1) 新的成形工艺方法发展迅速,如单晶空心叶片精铸、粉末高温合金涡轮盘超塑性锻造、搅拌摩擦焊接、喷射沉积成形和隔热涂层技术等。

(2) 大幅度减轻装备质量,降低制造成本。采用先进成形技术制造大型精密锻、铸件,采用先进焊接工艺制造的整体结构件,可减轻质量 20%和降低成本 30%左右,同时,还为设计人员提供了设计的灵活性。

(3) 常规成形加工逐步被现代技术改造。传统的锻、铸、焊、热处理及表面处理等工艺引进了计算机、真空和高能束等技术,被改造为高新技术。采用多向模锻、真空热处理、表面镀钼钛和喷丸以及挤压强化处理等先进工艺制造各类高要求零件。

(4) 组合或复合成形工艺得到应用,如超塑性成形/扩散连接、形变热处理技术以及电弧与激光复合热源焊接等。

(5) 成形工艺过程的模拟技术发展迅速,如铸件凝固过程的数值模拟、锻件和铸件缺陷形成及预测的数值模拟以及焊接热效应的数值模拟等。

(6) 成形技术与新结构、新材料并行发展,如摩擦焊接,热等静压和液相扩散焊等成形技术分别与整体涡轮转子、整体叶盘结构和大型夹芯结构风扇叶片及对开叶片等新结构并行发展;热等静压和超塑性锻造与粉末高温合金、液态金属快速冷却轧制与非晶态材料同步发展等。

成形技术是显著提高装备性能、大幅度减轻结构质量、降低制造成本和提高装备使用寿命及可靠性的关键技术,正沿着优质、高效、精密、大型和低污染的方向发展。为适应先进装备的发展,注重应用新材料和先进的成形技术具有重要意义。

## 3. 本课程的性质、任务和要求

工程材料及其成形技术基础是机械工程类专业一门重要的技术基础课。

在机械工程领域里,作为一名工程技术人员,无论其工作性质是侧重于设计,还是制造、管理、运行、维护等,都必然要面对工程材料以及成形工艺的选择、使用等问题,因而工程材料及其成形工艺的基本理论及基本专业知识是必不可少的。

就设计而言,在设计过程中不仅要确定产品及各种零部件的结构,还必须同时确定所选用的材料及相应的制造加工方法。设计、选材、加工三者之间是有机关联的关系,不能单独简单处理。在设计时往往需要在预先确定的范围内将几种方案进行分析比较,对每一种零件都要选择相应化学成分的材料来满足性能的要求,而每种材料的性能又不是一成不变的,它又取决于材料的内部组织结构,凡能改变内部组织结构的加工和使用过程,也必然改变材料的性能。另外,所选用的材料及所使用的加工工艺方法应与零件具有的结构特征相适应。这样,零件结构的设计、材料的选用、加工工艺方法的选择就成了相互关联的



综合性技术问题，不能把它们割裂开来，孤立地一个个加以解决，更何况还有经济的、社会的因素。因此，工程材料及其成形技术是机械设计的重要基础之一。

就制造加工而言，其过程常常是很复杂的，加工工序也很多，包括成形、连接、切削加工、特种加工、装配、检测、调试等，其间又可能穿插不同的整体强化、改性处理和表面改性处理等工序。合理选择不同的加工工艺方法并安排好工艺路线，是使产品最终达到技术经济指标要求的重要因素之一。其中，零件或毛坯的成形工艺，包括金属的铸造、塑性加工、焊接等是零件或毛坯制造加工过程中最基本的，也是对材料性能影响最大的加工工艺。故工程材料及其成形技术在机械制造中占有重要的地位。

本课程的基本要求：

(1) 基本理论方面。掌握材料三要素(成分、结构、微观组织)与使用性能的关系；材料改性及表面强化工艺与材料成分、性能间的关系；材料成形原理与材料组织、性能间的关系等。这些关系也可以简化为材料的成分、改性工艺及成形工艺对零件结构、微观组织、性能影响的规律。这些规律是制造、开发材料及确定改性与成形工艺的理论基础。

(2) 基本知识方面。包括下列五类问题：①各类机械工程材料的特点及选用，主要包括金属材料、工程陶瓷材料、高分子材料、复合材料；②材料改性工艺的过程及特点，主要是热处理工艺及表面改性工艺；③各种成形工艺过程及特点，包括液态凝固成形技术、固态塑变成形技术、连接成形技术、颗粒态材料成形技术及高分子材料成形技术等，主要以金属材料的铸造、塑性加工及焊接工艺为主；④零件或毛坯质量的控制，包括质量检验标准、检验项目及方法；⑤新材料的发展及现代改性与成形工艺的进展。

(3) 工程应用方面。熟悉各种常用工程材料的应用；各类材料成形工艺的应用；合理安排材料改性与成形工艺在工艺流程中的位置；熟悉材料及其加工中图样和技术条件的标注方法；了解各种成形零件的结构工艺性；了解材料质量检验方法与分析方法；具有对工程材料和性能改性以及成形工艺的分析能力等。

学完本课程后，将为后续课程——专业基础课、生产实习、课程设计、毕业设计打下坚实的基础。



# 第一篇

# 工程材料