

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
面向21世纪课程教材

21世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材

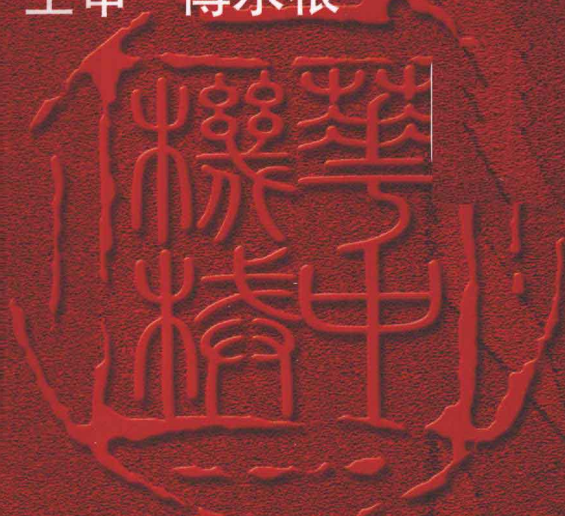
材料成形与机械制造技术基础

——材料成形分册

(原名：材料成形工艺基础)

主编 沈其文 赵敖生

主审 傅水根



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

材料成形与机械制造技术基础

——材料成形分册

(原名:材料成形工艺基础)

主 编 沈其文 赵敖生
副主编 周世权 陈本德
参 编 罗云华 褚 衡 彭江英

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 简 介

本教材《材料成形及机械制造技术基础——材料成形分册》是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,其前身是面向 21 世纪课程教材、普通高等教育“十五”国家级规划教材《材料成形工艺基础》(沈其文主编)。

本教材是在总结近几年教育部的“工程制图与机械基础系列课程教学内容与课程体系改革”的教改项目中所取得的经验,参考《金属工艺学》《机械制造基础》等教材的基础上,以扩大知识面、提高起点、满足宽口径教学要求为原则重新编写而成的。

本教材共分为铸造成形技术、塑性成形技术、焊接成形技术、材料的其他成形技术、材料成形技术的选择等 5 篇共 22 章,保留了前版教材《材料成形工艺基础》的特点,对传统的金属工艺学的内容进行了精选,并以零件形体结构设计与成形工艺的可行性为主线贯穿全书,大幅度增加了新材料、新工艺、新技术的内容,包括反映当今最新高科技成果的快速成形技术等内容,还增加了塑料、橡胶、粉末冶金、陶瓷及复合材料成形技术等章节。

本教材内容丰富,语言生动、流畅,通俗易懂;插图新颖、规范,图文并茂,便于自学;复习思考题量大且难度不一,可供不同层次读者选做。

本教材可作为高等学校机电类本、专科学生的教材,也可供有关工程技术及新闻、经济管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料成形与机械制造技术基础——材料成形分册/沈其文 赵教生 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2011.4

ISBN 978-7-5609-5764-7

I. 材… II. ①沈… ②赵… III. 工程材料-成形-工艺-高等学校-教材 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 198614 号

材料成形与机械制造技术基础——材料成形分册

沈其文 赵教生 主编

责任编辑:徐正达

封面设计:潘群

责任校对:朱霞

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录排:华中科技大学惠友文印中心

印刷:湖北恒泰印务有限公司

开本:710mm×1000mm 1/16

印张:30 插页:2

字数:656千字

版次:2011年4月第1版第1次印刷

定价:45.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

21 世纪高等学校
机械设计制造及其自动化专业系列教材
编 审 委 员 会

顾问： 姚福生 黄文虎 张启先
(工程院院士) (工程院院士) (工程院院士)

谢友柏 宋玉泉 艾 兴
(工程院院士) (科学院院士) (工程院院士)

熊有伦
(科学院院士)

主任： 杨叔子 周 济 李培根
(科学院院士) (工程院院士) (工程院院士)

委员： (按姓氏笔画顺序排列)

于骏一 王安麟 王连弟 王明智 毛志远

左武炘 卢文祥 朱承高 师汉民 刘太林

李 斌 杜彦良 杨家军 吴昌林 吴 波

吴宗泽 何玉林 何岭松 陈康宁 陈心昭

陈 明 陈定方 张春林 张福润 张 策

张健民 冷增祥 范华汉 周祖德 洪迈生

姜 楷 殷国富 宾鸿赞 黄纯颖 童秉枢

傅水根 傅祥志 廖效果 黎秋萍 戴 同

秘书： 刘 锦 徐正达 万亚军

21 世纪高等学校 机械设计制造及其自动化专业系列教材

总 序

“中心藏之，何日忘之”，在新中国成立 60 周年之际，时隔“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”出版 9 年之后，再次为此系列教材写序时，《诗经》中的这两句诗又一次涌上心头，衷心感谢作者们的辛勤写作，感谢多年来读者对这套系列教材的支持与信任，感谢为这套系列教材出版与完善作过努力的所有朋友们。

追思世纪交替之际，华中科技大学出版社在众多院士和专家的支持与指导下，根据 1998 年教育部颁布的新的普通高等学校专业目录，紧密结合“机械类专业人才培养方案体系改革的研究与实践”和“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革研究与实践”两个重大教学改革成果，约请全国 20 多所院校数十位长期从事教学和教学改革工作的教师，经多年辛勤劳动编写了“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”。这套系列教材共出版了 20 多本，涵盖了“机械设计制造及其自动化”专业的所有主要专业基础课程和部分专业方向选修课程，是一套改革力度比较大的教材，集中反映了华中科技大学和国内众多兄弟院校在改革机械工程类人才培养模式和课程内容体系方面所取得的成果。

抚今这套系列教材出版发行 9 年来，已被全国数百所院校采用，受到了教师和学生的广泛欢迎。目前，已有 13 本列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材，多本获国家级、省部级奖励。其中的一些教材（如《机械工程控制基础》《机电传动控制》《机械制造技术基础》等）已成为同类教材的佼佼者。更难得的是，“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”也已成为一个著名的丛书品牌。9 年前为这套教材作序的时候，我希望这套教材能“加强各兄弟院校在教学改革方面的交流与合作，对机械工程类专业人才培养质量的提高起到积极的促进作用”，现在看来，这一目标很好地达到了，让人倍感欣慰。

李白讲得十分正确：“人非尧舜，谁能尽善？”我始终认为，金无足赤，人无完人，文无完文，书无完书。尽管这套系列教材取得了可喜的成绩，但毫无疑问，这套书中，某本书中，这样或那样的错误、不妥、疏漏与不足，必然会存在。何况形势总在不断的发展，更需要进一步来完善，与时俱进，奋发前进。较之9年前，机械工程学科有了很大的变化和发展，为了满足当前机械工程类专业人才培养的需要，华中科技大学出版社在教育部高等学校机械学科教学指导委员会的指导下，对这套系列教材进行了全面修订，并在原基础上进一步拓展，在全国范围内约请了一大批知名专家，力争组织最好的作者队伍，有计划地更新和丰富“21世纪机械设计制造及其自动化专业系列教材”。此次修订可谓非常必要、十分及时，修订工作也极为认真。

“得时后代超前代，识路前贤励后贤。”这套系列教材能取得今天的业绩，是几代机械工程教育工作者和出版工作者共同努力的结果。我深信，对于这次计划进行修订的教材，编写者一定能在继承已出版教材优点的基础上，结合高等教育的深入推进与本门课程的教学发展形势，广泛听取使用者的意见与建议，将教材凝练为精品；对于这次新拓展的教材，编写者也一定能吸收和发展原教材的优点，结合自身的特色，写成高质量的教材，以适应“提高教育质量”这一要求。是的，我一贯认为我们的事业是集体的，我们深信由前贤、后贤一定能一起将我们的事业推向新的高度！

尽管这套系列教材正开始全面的修订，但真理不会穷尽，认识决无终结，进步没有止境。“嚶其鸣矣，求其友声”，我们衷心希望同行专家和读者继续不吝赐教，及时批评指正。

是为之序。

中国科学院院士

Jan

2009.9.9

前 言

本教材《材料成形与机械制造技术基础——材料成形分册》是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是一本以常用工程材料及其成形技术为主要内容的技术基础课教材。本教材的前身是《材料成形工艺基础》(沈其文主编),其第二版列为教育部面向 21 世纪课程教材,第三版入选普通高等教育“十五”国家级规划教材。本教材是在以前各版的基础上,根据市场经济和工业水平迅速发展,拓宽了材料及其成形技术的范围,着重强调技术基础而重新编写的。同时,为拓宽口径、加强知识的融会贯通,另行编写了《材料成形与机械制造技术基础——机械制造分册》(沈其文、赵教生主编),作为本教材的姊妹篇。

在重新编写本教材之际,特作如下几点说明。

(1) 本教材前几版是在贯彻 1998 年国家教委会议精神,适应宽口径、新专业的教学需要,提高起点,加强基础,淡化专业界限,深化教学改革,拓宽学生视野的指导思想下编写的,涵盖整个材料工程所有的成形技术和工艺设计的内容,其深度、广度实际上有些偏重于专业基础课,强调以培养学生分析零件结构工艺性和选择成形工艺方法的基本素质为主线,它对于机械制造、机电一体化等专业是非常适合的。但是,在“材料工程”等专业进行教改的过程中,又出现了与专业课更接近的如《材料工程》等专业基础教材,为了避免前后课程内容重复的现象,我们决定将本教材更准确地定位为技术基础课教材,以扩大读者使用范围。

(2) 本教材不过分强调零件的结构工艺性及工艺设计,其原因是许多三维绘图软件,如 Unigraphics、Pro/Engineer、AutoCAD、I-DEAS、CAXA、CATIA、Solid Works 的不断迅速升级,其模块设计功能更强,可早期发现有关零件结构工艺性的问题,并能及时纠正错误,弥补其设计的不足。

(3) 本教材更注重贯彻“能适应才能创业”的指导思想。为了使学生能多方适应科学技术的突飞猛进和社会的不断进步,本教材又大幅度增加了新的成形技术,并与“机械制造技术基础”相结合,以弥补原书中缺少

机械制造技术内容的不足。这是因为制造技术本身就是零件成形不可缺少的、最普遍的零件成形技术,并且许多成形技术所需的工模具及其尺寸公差和表面质量要求都与制造技术密切相关。

(4) 本教材尽可能结合日常所见到的机械零件如飞机、汽车、火车、自行车、家庭用具中的零件来选择材料及其成形技术,尽可能做到图文并茂,以便于读者理解,补充目前高等学校实习条件限制而难以见到的新工艺、新技术等方面的内容。

(5) 本教材特别注重同一种成形技术对于不同材料的应用。例如,液态成形技术不仅适用于铸造;也适用于锻造(如液态模锻),不仅适用于金属,也适用于塑料(如浇注成形)、陶瓷(如注浆成形)、复合材料(如液相成形);轧制、挤压成形技术不仅适用于金属,也适用于塑料(如挤出、压塑成形)、陶瓷(如压制成形)、玻璃(如拉引、压制成形)、复合材料(如挤拉、加压成形);焊接成形技术不仅适用于金属,也适用于塑料、陶瓷等(如等离子弧焊、激光焊、超声波焊及钎焊)。

(6) 关于称材料“成形”还是材料“成型”,国外同类教材中区分较清楚,“成形”为“shaping”,“成型”为“forming”。一般“成型”技术通常使用具有内腔的模具,其最终产品通常是接近或就是所要求的形状,几乎不需要加工或只需要少量加工。例如形状复杂的金属或塑料壳体零件都是将它们熔化成液态浇入模腔中“成型”的。而形状简单的零件一般只用简单的工模具或不用有模腔的模具来“成形”,如丝材及圆钢的拉拔、轧制等;切削加工使材料加工成形,一般也不需要模具。考虑到在一本教材中同时出现两种提法会影响读者阅读,因此本教材中仍然称材料“成形”,而不称材料“成型”,尽管它们有明确的分工。

(7) 本教材内容涉及领域广泛,叙述尽量通俗易懂,使之适合于机械类、材料工程类专业师生的教学,也适合于非机械类,包括新闻、经济管理类型的本科、专科及职业技术学院师生的教学,还适合于各类技术及管理人员自学阅读。

本教材仍保留了前几版的特色,突出了成形技术及与之相关的主要设备的基本原理,而淡化了机械设备及工艺装备详细结构的介绍,并以培养学生分析零件结构工艺性和选择成形技术的基本素质;同时,大幅度增加了新技术、新工艺的内容,特别是当今世界领先的相关高科技内容,并增加了材料成形技术综合选择篇章,对各种材料的成形技术进行了归纳总结,从而为学生学习后续课程、进行专业课程设计及今后的工作奠定较

为扎实的基础。本教材考虑了与电化教学手段的配合,每章都附有难度不等的复习思考题,以满足不同课时教学的要求,供不同层次学生复习使用。

本教材仍考虑了与前后相关课程的衔接。在学习本教材之前应修完“工程制图”“工程材料”“工程实践”(或“金工实习”)及“互换性与技术测量”等先行课程。凡在前期课程中已介绍的内容,除与材料成形密切相关的以外,本教材原则上不再赘述。但为了能让学生对材料成形技术有一个完整的概念,对有些必要的内容(如钢铁生产的过程)作了相应的介绍。

本教材在结构上突破了传统体系,以零件的结构与其成形工艺可行性的矛盾分析为核心,提高了学习的起点;内容丰富充实,深入浅出,有关新工艺、新材料的内容比较多,并有一定深度;体系完整、新颖,重点突出,主次分明,实践性强,避免了千篇一律式的叙述;淡化了专业界限,完整地表达了相关知识之间的内在联系,加强了基础知识,拓宽了学生的视野;语言流畅,通俗易懂,插图丰富、规范且图文并茂。

本教材的主编为沈其文、赵教生,副主编为周世权、陈本德。参加编写的有:沈其文(编写第1、2、3、5、18章和第4、21、22章的部分内容),罗云华(编写第6、7、9章和第8章的部分内容),周世权(编写第10、11、13、14章和第12章的部分内容),褚衡(编写第15、16章),彭江英(编写第17章),李远才(编写第19章),王运贇(编写第20章),刘瑞祥(编写第4章的部分内容),安萍(编写第8章的部分内容),吴懿平(编写第12章的部分内容),余立华(编写第21、22章的部分内容)。全书由沈其文、赵教生统稿。

由于编者水平有限,在教学改革中探索的经验也还有待进一步完善,因此,本教材难免存在错误或疏漏之处,恳请读者指正。

编 者

2010年元月



第0章 概述	(1)
--------	-----

第1篇 铸造成形技术

第1章 铸造成形技术的理论基础	(5)
1.1 铸造成形技术的特点和分类	(5)
1.2 合金的铸造性能	(6)
复习思考题	(17)
第2章 常用铸造合金及其熔炼	(19)
2.1 钢铁的生产过程	(19)
2.2 铸铁及其熔炼	(21)
2.3 铸钢及其熔炼	(34)
2.4 铸造非铁合金及其熔炼	(36)
复习思考题	(40)
第3章 金属的铸造成形技术	(42)
3.1 铸造成形技术的类型	(42)
3.2 一次消耗性铸型的铸造成形技术	(42)
3.3 永久性铸型的铸造成形技术	(63)
3.4 复合铸造成形技术及其新进展	(74)
复习思考题	(83)
第4章 铸造工艺设计	(85)
4.1 铸造工艺方案的确定	(85)
4.2 铸造工艺参数的确定	(90)
4.3 芯头及芯座	(93)
4.4 浇注系统	(94)
4.5 冒口	(96)
4.6 铸件的凝固模拟	(98)
4.7 铸造工艺方案及工艺图示例	(102)
复习思考题	(106)

第 5 章 铸件的结构设计	(109)
5.1 铸件设计的内容	(109)
5.2 铸件结构设计应考虑的其他方面	(118)
复习思考题	(121)

第 2 篇 塑性成形技术

第 6 章 金属塑性成形技术的理论基础	(125)
6.1 金属塑性成型的基本工艺	(125)
6.2 金属的塑性变形	(127)
6.3 塑性变形理论及假设	(130)
6.4 影响塑性变形的因素	(132)
复习思考题	(134)
第 7 章 锻造成形技术	(135)
7.1 自由锻	(135)
7.2 模锻	(135)
7.3 锻造工艺规程的制订	(142)
7.4 锻件的结构工艺性	(145)
复习思考题	(147)
第 8 章 板料的冲压成形技术	(149)
8.1 分离工序	(149)
8.2 成形工序	(156)
8.3 冲压件的设计	(168)
8.4 冲压工艺规程的制订	(171)
复习思考题	(176)
第 9 章 金属的其他塑性成形技术	(178)
9.1 挤压	(178)
9.2 轧制	(182)
9.3 摆动辗压	(186)
9.4 墩锻	(187)
9.5 精密模锻	(188)
9.6 多向模锻	(189)
9.7 径向(旋转)锻造	(190)
9.8 粉末锻造	(191)
9.9 超塑性成形	(192)
9.10 液压成形	(193)

9.11 高能高速成形·····	(194)
9.12 数控成形·····	(197)
复习思考题·····	(199)

第3篇 焊接成形技术

第10章 熔焊成形技术 ·····	(203)
10.1 熔焊的三要素·····	(204)
10.2 焊接接头的组织与性能·····	(211)
10.3 焊接变形和焊接应力·····	(213)
10.4 焊接缺陷·····	(217)
10.5 焊接检验·····	(219)
10.6 熔焊·····	(223)
复习思考题·····	(233)
第11章 压焊成形技术 ·····	(235)
11.1 电阻焊·····	(235)
11.2 摩擦焊·····	(239)
11.3 超声波焊·····	(241)
11.4 扩散焊·····	(242)
11.5 爆炸焊·····	(243)
复习思考题·····	(245)
第12章 钎焊、封接与胶接技术 ·····	(246)
12.1 钎焊·····	(246)
12.2 封接·····	(253)
12.3 胶接·····	(256)
复习思考题·····	(261)
第13章 金属材料的焊接性 ·····	(262)
13.1 金属材料焊接性的概念及评估方法·····	(262)
13.2 碳钢的焊接·····	(264)
13.3 合金结构钢的焊接·····	(265)
13.4 铸铁的焊补·····	(267)
13.5 非铁金属的焊接·····	(268)
13.6 异种金属的焊接性分析·····	(270)
复习思考题·····	(271)
第14章 焊接结构的设计 ·····	(273)
14.1 焊件材料及焊接方法的选择·····	(273)

14.2	焊接接头的工艺设计·····	(274)
14.3	典型焊件的工艺设计举例·····	(278)
	复习思考题·····	(279)

第4篇 材料的其他成形技术

第15章	塑料的成形技术 ·····	(283)
15.1	塑料的性能及选用·····	(283)
15.2	塑件的成形技术·····	(291)
15.3	塑件结构的工艺性·····	(305)
15.4	塑件的浇注系统·····	(312)
	复习思考题·····	(320)
第16章	橡胶及其模塑成形技术 ·····	(322)
16.1	常用橡胶材料的添加剂·····	(322)
16.2	橡胶材料的主要品种·····	(326)
16.3	橡胶模塑制品的成形·····	(328)
	复习思考题·····	(339)
第17章	粉末冶金成形技术 ·····	(340)
17.1	粉末冶金成形工艺过程·····	(340)
17.2	粉末冶金成形的应用·····	(352)
17.3	粉末冶金制品的结构工艺性·····	(354)
17.4	常见缺陷分析·····	(358)
	复习思考题·····	(359)
第18章	陶瓷及玻璃材料的成形技术 ·····	(361)
18.1	工程陶瓷粉体的性能及制备·····	(362)
18.2	工程陶瓷的成形技术·····	(367)
18.3	工程陶瓷的烧结及修整·····	(375)
18.4	玻璃的成形技术·····	(378)
18.5	超导体的成形技术·····	(383)
	复习思考题·····	(384)
第19章	复合材料的成形技术 ·····	(385)
19.1	复合材料的分类·····	(385)
19.2	纤维增强塑料的成形·····	(387)
19.3	陶瓷基复合材料的成形·····	(395)
19.4	金属基复合材料的成形·····	(398)

复习思考题	(405)
第 20 章 快速成形与快速制模技术	(406)
20.1 快速成形原理与快速成形过程	(406)
20.2 快速成形技术	(410)
20.3 快速制模技术	(419)
20.4 快速成形技术的应用与发展	(423)
复习思考题	(428)
第 5 篇 材料成形技术的选择	
第 21 章 常用材料成形技术分析	(431)
21.1 材料成形技术的确定程序及选择原则	(431)
21.2 材料成形技术的选择依据	(432)
21.3 主要成形技术的特点	(434)
复习思考题	(448)
第 22 章 材料成形技术方案的变更及选用举例	(449)
22.1 经济性对材料成形方案的影响	(449)
22.2 产品品质对材料成形技术的影响	(452)
22.3 材料成形技术的选择举例	(454)
复习思考题	(461)
参考文献	(463)



概 述

随着经济的飞速发展和社会的不断进步,人们对所使用的机器设备、仪器、工具、用具及其零件的性能、品质的要求越来越高,这推动了科学技术和制造工程的进步。各式各样的产品,不论其大小和复杂程度如何,都可以通过选择不同的材料及其成形技术而得到。汽车就是其中的典型代表,它由几万个零件装配而成。这些零件的制造几乎涵盖了金属、粉末冶金、塑料橡胶、陶瓷、玻璃及复合材料等所有的工程材料及其相应的成形技术。插页中的图 0.1、图 0.2 所示分别是汽车和汽车发动机的主要零件,分述如下。

发动机汽缸体、汽缸盖:优质灰铸铁,砂型或壳型铸造成形(中大型汽车);铝合金,压铸成形(小轿车)。

进气歧管:铝合金,金属型铸造或消失模铸造成形。

排气歧管:蠕墨铸铁,砂型或壳型铸造成形;不锈钢,熔模精密铸造成形。

曲轴、凸轮轴、齿轮:中碳钢、低合金钢,模锻成形;球墨铸铁,铸造成形。

水泵体:铝合金,砂型铸造或金属型铸造成形。

汽缸套:灰铸铁或合金铸铁,离心铸造成形。

活塞:铝合金,金属型铸造、低压铸造成形或液态模锻成形。

气门:合金钢,墩锻成形。

衬套:铜合金,粉末冶金成形。

连杆、前桥:中碳钢,轧制成形。

车身、挡泥板、油箱:碳钢薄板,冲压成形后再用电阻点焊或缝焊焊接成形。

轮毂:铝合金,压铸成形或液态模锻成形。

方向盘:塑料,注塑成形。

挡风玻璃:钢化玻璃,压制成形。

轮胎:橡胶,压缩成形。

火花塞:陶瓷,灌浆成形。

与汽车一样,一般的机器装置都涉及多种材料及其成形技术,图 0.3 所示为最为常见的金属材料的主要成形技术。材料及其成形技术在人类生活的各个领域已无处不在。我们必须认真学习和掌握常用工程材料基本的力学性能和工艺性能,充分认识材料基本成形技术的特点和应用范围,了解材料及其成形技术与经济建设的重

要关系,能比较正确地选用材料及其成形技术,为国家的现代化建设奠定扎实的技术基础。

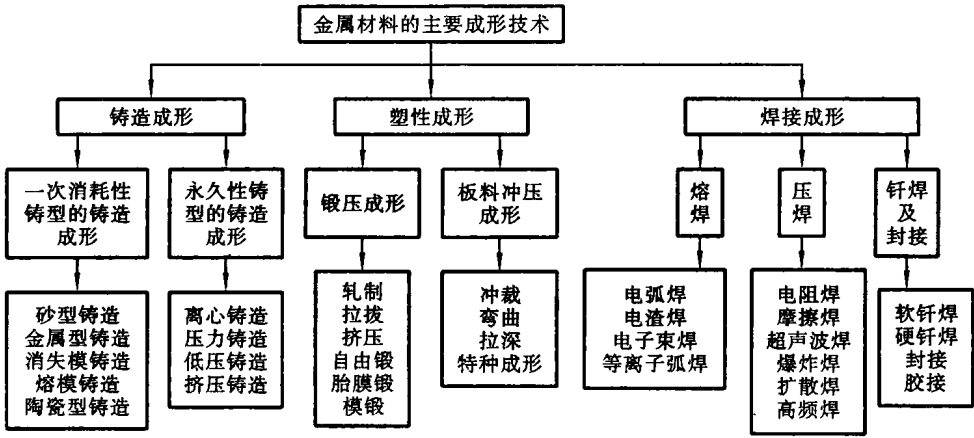


图 0.3 金属材料的主要成形技术

第 1 篇

铸造成形技术

