

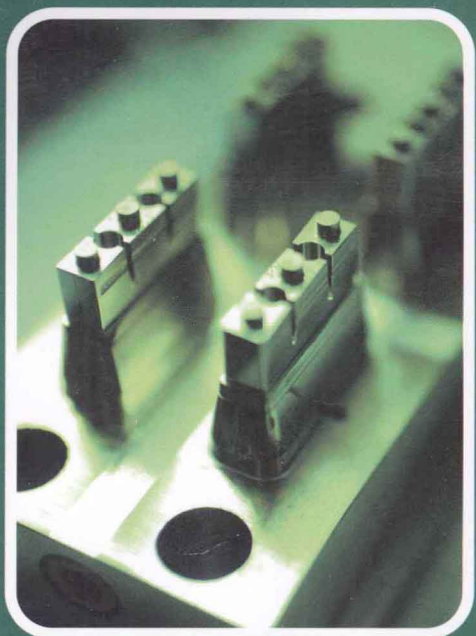


全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

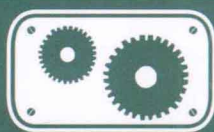
丛书顾问 ▶ 李培根 林萍华

材料成形 工艺基础

崔敏 魏敏 ▶ 主编



CAILIAO CHENGXING
GONGYI JICHU



JIXIELEI * SHIERWU



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列

材料成形工艺基础

主 编	崔 敏	魏 敏			
副主编	杨树川	邓 宇	贺文海	王旭峰	
	秦丽元	杨冬香	刘 好	范修文	

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书以我国高等工科院校机械类专业人才培养目标为出发点,以材料成形技术的基本原理、工艺方法、成形设备和工程应用为主线,系统阐述了与产品制造有关的工程材料的常见成形工艺。全书共分为9章,内容包括金属铸造成形、金属塑性成形、金属连接成形、高分子材料成形、粉末冶金及陶瓷材料成形、复合材料成形、快速成形和材料成形工艺选择等。每章末都配有复习思考题。

本书内容翔实、由浅入深、基础理论与实践应用紧密结合,既可作为高等工科院校机械类专业本科生的通用教材,又可作为工科近机类专业本科生的选修教材,还可作为从事相关工程技术领域的科技人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

材料成形工艺基础/崔 敏 魏 敏 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013.9
ISBN 978-7-5609-9140-5

I. 材… II. ①崔… ②魏… 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(2013)第 130040 号

材料成形工艺基础

崔 敏 魏 敏 主编

策划编辑:严育才

责任编辑:刘 勤

封面设计:范翠璇

责任校对:封力煊

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)81321915

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:华中理工大学印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:17

字 数:455千字

版 次:2013年9月第1版第1次印刷

定 价:32.80元



华中科大

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

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

编审委员会

顾问：李培根 华中科技大学

林萍华 华中科技大学

主任：吴昌林 华中科技大学

副主任：(按姓氏笔画顺序排列)

王生武 邓效忠 轧 钢 庄哲峰 杨家军 杨 萍

吴 波 何岭松 陈 炜 竺志超 高中庸 谢 军

委员：(排名不分先后)

许良元 程荣龙 曹建国 郭克希 朱贤华 贾卫平

丁晓非 张生芳 董 欣 庄哲峰 蔡业彬 许泽银

许德璋 叶大鹏 李耀刚 耿 铁 邓效忠 宫爱红

成经平 刘 政 王连弟 张庐陵 张建国 郭润兰

张永贵 胡世军 汪建新 李 岚 杨术明 杨树川

李长河 马晓丽 刘小健 汤学华 孙恒五 聂秋根

赵 坚 马 光 梅顺齐 蔡安江 刘俊卿 龚曙光

吴凤和 李 忠 罗国富 张 鹏 张鬲君 柴保明

孙 未 何 庆 李 理 孙文磊 李文星 杨咸启

秘 书：

俞道凯 万亚军

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

序

“十二五”时期是全面建设小康社会的关键时期,是深化改革开放、加快转变经济发展方式的攻坚时期,也是贯彻落实《国家中长期教育改革和规划纲要(2010—2020年)》的关键五年。教育改革与发展面临着前所未有的机遇和挑战。以加快转变经济发展方式为主线,推进经济结构战略性调整、建立现代产业体系,推进资源节约型、环境友好型社会建设,迫切需要进一步提高劳动者素质,调整人才培养结构,增加应用型、技能型、复合型人才的供给。同时,当今世界处在大发展、大调整、大变革时期,为了迎接日益加剧的全球人才、科技和教育竞争,迫切需要全面提高教育质量,加快拔尖创新人才的培养,提高高等学校的自主创新能力,推动“中国制造”向“中国创造”转变。

为此,近年来教育部先后印发了《教育部关于实施卓越工程师教育培养计划的若干意见》(教高〔2011〕1号)、《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》(教高〔2011〕5号)、《关于“十二五”期间实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”的意见》(教高〔2011〕6号)、《教育部关于全面提高高等教育质量的若干意见》(教高〔2012〕4号)等指导性意见,对全国高校本科教学改革和发展方向提出了明确的要求。在上述大背景下,教育部高等学校机械学科教学指导委员会根据教育部高教司的统一部署,先后起草了《普通高等学校本科专业目录机械类专业教学规范》、《高等学校本科机械基础课程教学基本要求》,加强教学内容和课程体系改革的研究,对高校机械类专业和课程教学进行指导。

为了贯彻落实教育规划纲要和教育部文件精神,满足各高校高素质应用型高级专门人才培养要求,根据《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》文件精神,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,联合一批机械学科办学实力强的高等学校、部分机械特色专业突出的学校和教学指导委员会委员、国家级教学团队负责人、国家级教学名师组成编委

会,邀请来自全国高校机械学科教学一线的教师组织编写全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材,将为提高高等教育本科教学质量和人才培养质量提供有力保障。

当前经济社会的发展,对高校的人才培养质量提出了更高的要求。该套教材在编写中,应着力构建满足机械工程师后备人才培养要求的教材体系,以机械工程师知识和能力的培养为根本,与企业对机械工程师的能力目标紧密结合,力求满足学科、教学和社会三方面的需求;在结构上和内容上体现思想性、科学性、先进性,把握行业人才要求,突出工程教育特色。同时注意吸收教学指导委员会教学内容和课程体系改革的研究成果,根据教学指导委员会颁布的各课程教学专业规范要求编写,开发教材配套资源(习题、课程设计和实践教材及数字化学习资源),适应新时期教学需要。

教材建设是高校教学中的基础性工作,是一项长期的工作,需要不断吸取人才培养模式和教学改革成果,吸取学科和行业的新知识、新技术、新成果。本套教材的编写出版只是近年来各参与学校教学改革的初步总结,还需要各位专家、同行提出宝贵意见,以进一步修订、完善,不断提高教材质量。

谨为之序。

国家级教学名师

华中科技大学教授、博导

2012年8月



前 言

“材料成形工艺基础”是高等工科院校机械类专业和相关专业的一门综合性技术基础课程。本书是全国普通高等学校“十二五”规划系列教材之一。编写本书的目的是使读者能全面、系统地获得有关工程材料成形的基本原理和基本工艺知识,了解现代机械制造中有关材料成形的新工艺、新技术及其发展趋势,并为学习其他相关课程及从事机械设计和制造工作奠定必要的技术基础。

本书依循科学技术的发展步伐,根据国家教育部颁布的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》的精神,并结合编者多年的教学实践经验和教学体会编写而成。本书主要介绍了工程材料的各种常用成形技术,包括金属铸造成形、金属塑性成形、金属连接成形、高分子材料成形、粉末冶金与陶瓷材料成形、复合材料成形、快速成形技术以及材料成形工艺的选择等内容。本书力求知识体系的立体性、基础性和可扩展性,在内容上按照材料成形技术的基本原理、基本知识和工程应用三个层次进行编排,使知识的构成更加完整、叙述更有条理、内容更加丰富,便于读者对知识的理解和掌握。

本书的主要特点如下。

(1) 一个突出 即突出基础知识。生产中每一种成形技术都有其一定的基础知识,这包括成形基本原理、成形常用方法及其设备、工艺基础等知识。本书从培养创新人才的需要出发,依照人们的认知过程和学习规律,由浅入深,由基础到专业,由特殊到一般,理论联系实际逐步展开,逐层剖析。

(2) 两个强化 一是强化工艺的综合分析与设计,在基础章节中给出了较多的典型零件成形工艺设计的工程实例,并以诸如铸造工艺图、锻造工艺图和焊接结构图等工艺文件的形式表现设计意图,加强综合性、应用性的教学内容。二是强化工程意识,培养创新能力。现代工业工程追求最佳整体效益,必须树立质量、成本、效率和绿色环保等意识,从全局和整体的需要出发,针对研究对象的具体情况选择合适的成形工艺,注重应用的综合性和整体性,才能取得良好的效果。在每章后面还设计有复习思考题和创新性练习题,以便于学生课后对知识进行巩固和梳理。

(3) 三个增加 一是在每章内容前增加了“本章学习要领”部分,列出了学习该章应知应会的具体要求,以明确教学目标,达到削枝强干的目的。二是在每章内容中增加了“三新”(新材料、新工艺、新技术)知识的介绍,尤其是对材料成形新工艺和新技术的介绍。三是在各章中增加了常用专业术语的英汉对照,并在附录中予以汇总,方便阅读者使用。

本书既可作为高等工科院校机械类专业本科生的通用教材,又可作为工科近机类专业本科生的选修教材,也可作为从事相关工程技术领域的科技人员的参考书。

本书由崔敏和魏敏担任主编。参加本书编写的人员有(按章节顺序):五邑大学崔敏(第1章、第6章、第9章和附录),五邑大学杨冬香、西安科技大学贺文海(第2章),宁夏大学杨树川(第3章),广东石油化工学院邓宇、刘好(第4章),石河子大学魏敏(第5章),塔里木大学王旭峰、范修文(第7章),东北农业大学秦丽元(第8章)。

在本书的编写过程中,得到了华中科技大学出版社的大力支持,同时吸收了许多教师对编

写工作提出的宝贵意见,刘洋对本书的出版亦有贡献,在此一并表示衷心感谢。本书还参考引用了大量的有关教材、手册、期刊及网络检索的资料,所用参考文献均已列入书后,在此向其作者表示衷心的感谢。

由于受编者水平的限制,书中难免有疏忽错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2012 年 12 月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
本章学习要领	(1)
1.1 材料成形工艺的定义	(1)
1.2 材料成形方法及其特点	(2)
1.3 材料成形工艺发展概况	(4)
1.4 材料成形工艺的发展趋势	(5)
1.5 本课程的性质和学习方法	(6)
复习思考题	(6)
第 2 章 金属液态成形	(7)
本章学习要领	(7)
2.1 金属液态成形的理论基础	(7)
2.2 金属液态成形工艺及设备	(25)
2.3 液态成形金属件的工艺设计	(39)
2.4 液态成形金属件的结构设计	(49)
2.5 金属液态成形新工艺	(59)
复习思考题	(68)
第 3 章 金属塑性成形	(71)
本章学习要领	(71)
3.1 金属塑性成形的理论基础	(71)
3.2 锻造工艺	(77)
3.3 板料冲压工艺	(105)
3.4 塑性成形新工艺	(123)
复习思考题	(125)
第 4 章 金属连接成形	(127)
本章学习要领	(127)
4.1 金属连接成形的理论基础	(127)
4.2 焊接成形方法及设备	(144)
4.3 常用金属材料的焊接性能	(157)
4.4 焊接工艺设计	(161)
4.5 焊接成形新技术	(173)
复习思考题	(178)
第 5 章 高分子材料成形	(183)
本章学习要领	(183)
5.1 高分子材料成形的基本原理	(183)
5.2 高分子材料成形方法及设备	(186)

5.3 高分子材料制品的结构工艺性	(194)
复习思考题	(199)
第6章 粉末冶金及陶瓷材料成形	(200)
本章学习要领	(200)
6.1 概述	(200)
6.2 粉末冶金及陶瓷材料成形的基本原理	(201)
6.3 粉末冶金及陶瓷材料的生产工艺	(205)
6.4 粉末冶金制品的结构工艺性	(213)
复习思考题	(214)
第7章 复合材料成形	(215)
本章学习要领	(215)
7.1 复合材料的组成及特点	(215)
7.2 复合材料的成形工艺	(219)
复习思考题	(229)
第8章 快速成形技术	(230)
本章学习要领	(230)
8.1 快速成形技术概述	(230)
8.2 快速成形工艺及设备	(233)
8.3 快速成形技术的发展及应用	(236)
复习思考题	(238)
第9章 材料成形工艺选择	(239)
本章学习要领	(239)
9.1 常用毛坯及其成形方法的比较	(239)
9.2 材料成形工艺的选择原则和依据	(242)
9.3 典型零件毛坯的成形工艺选用	(245)
复习思考题	(251)
附录	(253)
材料成形工艺基础专业术语中英文对照表	(253)
参考文献	(260)

第1章 绪 论

本章学习要领

- (1) 了解材料加工常用技术及机器制造的一般过程,了解材料成形工艺的含义及其在机械制造中的作用。
- (2) 初步认识材料成形方法的分类及特点,了解材料成形工艺的发展趋势。
- (3) 了解本课程的性质、基本内容、特点及其学习方法。

1.1 材料成形工艺的定义

1. 机器制造的一般过程

任何机器或设备,大至船舶、飞机、车辆,小至钟表、玩具,都是由相应的零件装配而成的。这些零件所用的材料有金属材料,也有非金属材料,将这些材料通过各种技术可加工成为满足使用要求的各式零件。材料的加工方法有多种多样,归纳起来分属以下几类技术。

1) 成形加工技术

成形加工可用来改变材料的形状和尺寸,并兼有改变材料性能的作用,主要包括金属的液态成形、塑性成形、连接成形,以及高分子材料、无机非金属材料 and 复合材料成形等。

2) 切削加工技术

利用刀具与工件之间相互作用来改变材料的形状和尺寸的加工技术,主要包括车、铣、刨、钻、磨等加工方法。

3) 特种加工技术

特种加工技术泛指用电能、热能、光能、电化学能、化学能、声能及特殊机械能等能量达到去除或增加材料的加工技术,从而实现材料被去除、变形、改变性能或被镀覆等,包括电火花加工、电解加工、超声波加工、激光加工等方法。

4) 热处理技术

热处理技术是利用金属相变规律,采用加热、保温、冷却的方法,在加工过程中改善并控制金属所需组织与性能(物理、化学及力学性能)的技术,如退火、正火、淬火、回火等。

5) 表面处理技术

表面处理技术是通过材料基体表面加涂层或改变表面形貌、化学组成、相组成、微观结构、缺陷状态,达到提高材料抵御环境作用能力或赋予材料表面某种功能特性的技术,包括表面淬火、表面形变强化、化学热处理、表面涂(镀)层、气相沉积镀膜等。表面处理技术在发展新型材料上也起着重要作用。

选择零件的加工方法,需要综合考虑零件的性能要求、形状尺寸特征、工作条件、生产批量和制造成本等多种因素,以达到技术上可行和经济上合理。零件制成后再经过检验、装配、调试,最终得到整机产品。机器制造的一般过程如图 1.1 所示。

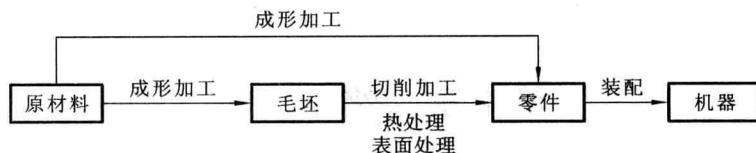


图 1.1 机器制造的一般过程

2. 材料成形工艺的定义

材料成形技术(materials forming technology)是一门研究如何将材料加工成形为符合产品性能要求的机器零件或结构,并研究如何保证、评估、提高这些零件和结构的安全可靠性和寿命的技术科学,它属于机械制造学科。传统的材料成形工艺主要是指金属材料的铸造、锻造和焊接等成形方法和过程,由于在它们的生产工艺中都有一个对坯料进行加热的过程,因此,材料成形工艺曾被称为材料热加工工艺。随着现代科学技术的飞速发展,新材料、新工艺和新技术如雨后春笋般地大量涌现,材料成形的范围不断扩展,材料成形技术的内容已远远超出了热加工的范围,如常温下的冷冲压、超声波焊接、各种非金属材料的成形、材料与成形一体化技术及快速成形技术等。现代材料成形工艺可定义为:一切用物理、化学、冶金等原理制造机器零件或结构,以及改进机器零件或结构的化学成分、组织及性能的方法与过程。材料成形学科的任务不仅是要研究如何使机器零件获得必要的几何尺寸,更重要的是要研究如何通过过程控制获得一定的化学成分、组织结构和性能,从而保证和提高机器零件的安全可靠性和寿命。

1.2 材料成形方法及其特点

1. 材料成形方法的分类

根据材料的化学成分和显微结构特点,材料成形方法可分为以下几类。

1) 金属材料成形

它包括金属材料的液态成形、塑性成形和连接成形。金属的液态成形是将液态金属浇注到与零件形状相仿的铸型空腔,冷却后获得所需形状和尺寸的毛坯或零件的工艺。如砂型铸造,能成形各种复杂形状,特别是复杂内腔的零件,生产成本低,对材料的适应性宽泛,应用范围广,但成形工艺较为复杂,影响铸件质量的因素较多。

金属的塑性成形是利用材料的塑性使材料产生变形获得所需形状和尺寸的毛坯或零件的工艺。经塑性成形的零件可消除不良的铸态组织,形成完整的锻造流线,使零件的力学性能得到提高。如自由锻工艺灵活,适用于单件、小批生产;模型锻造的材料利用率高,锻件尺寸稳定,适用于中、小型零件的大量生产。

金属的连接成形是将分离的材料通过加热或加压等方式使其达到原子之间结合的永久性连接工艺。除应用于金属材料的焊接外,还可用于塑料焊接、玻璃焊接和陶瓷焊接。连接成形常用于箱体、容器、管道及各类框架等的成形,还可与其他成形工艺相结合制造形状复杂的零件,如铸-焊复合结构、锻-焊复合结构等。

2) 高分子材料成形

随着高分子材料的应用日益广泛,其成形技术也得到迅猛发展。塑料、橡胶等高分子材料在一定温度下可流动性熔体,因此可通过注射、挤压、吹塑、压延等各种方法成形。高分子材料的成形工艺对生产设备及模具的强度要求较低,设备投资小,生产成本低,生产效率高。

3) 无机非金属材料成形

陶瓷和玻璃等都居于无机非金属材料,而在机械中应用较多的是特种陶瓷。陶瓷成形是将制备好的粉料,通过注浆成形、模压成形等方法制成具有一定形状和尺寸的坯件,然后进行干燥、烧结等工序制成陶瓷制品。陶瓷材料由于熔点高、无可塑性,故其切削加工性较差。

4) 复合材料成形

复合材料由多相材料复合而成,充分发挥了各组分材料的性能优点,并具有单一材料所不具备的特殊性能。同时,可根据使用性能的需要进行材料的结构设计,即实现材料的组成结构与成形制造的一体化。复合材料根据其种类不同可采用多种成形方法,具有很好的加工工艺性。

材料成形方法的分类如图 1.2 所示。

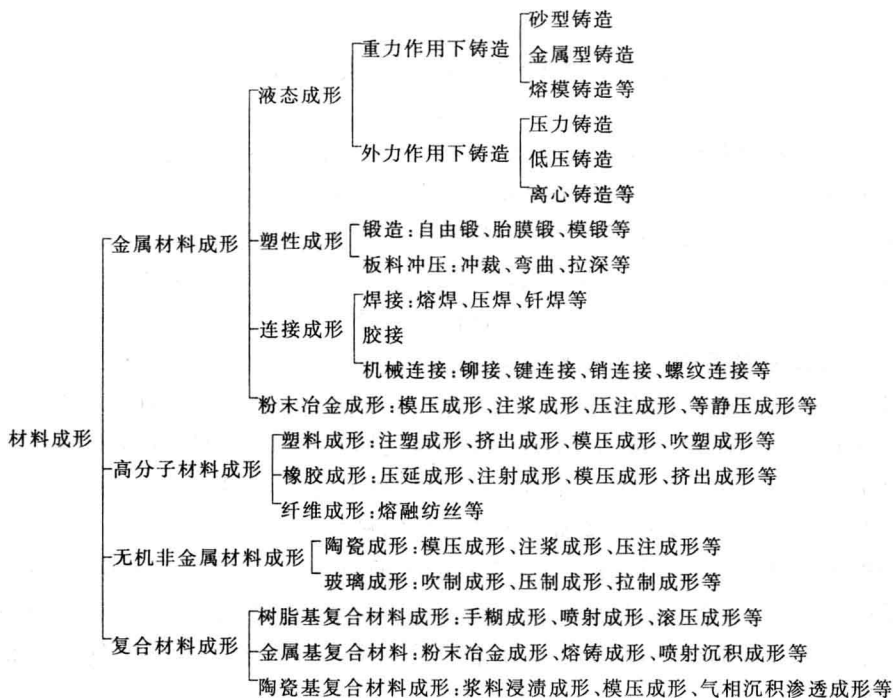


图 1.2 材料成形方法分类

2. 材料成形工艺的特点

以上各种材料成形方法在产品性能的改变、复杂形状的适应能力、材料的利用率、生产效率等方面有着不同的特点,甚至有其他制造方法不可替代的特点。与其他机械加工技术比较,材料成形工艺具有如下特点。

(1) 材料一般在热态下成形 材料成形通常在热态(液态或固态)下进行,以获得较好的成形性能。通过制作与零件形状相仿的模样或模具,使材料在自重或外力作用下充满型腔,成形为所需制件。

(2) 成形工艺各具特色 材料的成形方法种类繁多,有些成形工艺还具有其独特的性能特点,是其他加工工艺所不能比拟的。例如,金属材料通过塑性成形可以改变金属的组织,使材料的力学性能大大高于采用切削加工材料的性能;对于脆性材料铸铁而言,铸造是材料成形的最佳选择,具有复杂型腔的箱体、壳体和缸体件,通常采用液态成形;而高熔点难熔材料制造的零件则需采用粉末冶金方法成形。

(3) 材料的利用率高 对于相同的零件产品,当采用切削加工时,要通过各种材料的去除方式才能获得所需的零件产品;而当采用铸造、锻造等材料成形工艺时,成形后便可直接获得零件的形状,或去除少量加工余量即可。以汽车锥齿轮为例,采用棒料或块料为毛坯,进行切削加工成形,材料的利用率为41%,当采用铸件或锻件为毛坯并辅以切削加工,材料的利用率可达83%。一般地,零件的形状越复杂,采用成形工艺的零件材料利用率越高。

(4) 生产效率高 材料的成形工艺过程易于采用机械化、自动化生产方式,可以实现大批量生产。例如,采用高速冲床生产小型零件,单班产量可高达20 000件。

(5) 成形制品的精度通常要低于切削加工零件的精度 在成形过程中,由于制品存在着不同程度的收缩,因此,成形制品的精度一般要低于切削加工零件的精度。对于大部分尺寸精度和表面粗糙度要求较高的金属零件,仍需要成形后再经切削加工获得最终产品。

1.3 材料成形工艺发展概况

我国古代劳动人民对材料及其成形技术的研究远远超过同时代的欧洲,直到17世纪,我国还一直处于世界领先地位,为世界文明和人类进步作出了巨大贡献。

我国祖先最早用火烧制陶器和瓷器,在隋唐五代时期我国的陶瓷技术已登峰造极,当时生产的瓷器被誉为“青如天、明如镜、薄如纸、声如磬”,已成为中国文化的象征。1939年在河南安阳出土的商代晚期(至今已有3000多年)青铜器司母戊鼎重达875 kg,体积庞大、花纹精巧。1965年在湖北江陵县楚墓中出土的越王勾践青铜宝剑,虽然埋在地下已有2000多年,出土时依然寒气逼人、毫无锈蚀、锋利无比,稍一用力,便可将多层白纸划破。在河南辉县战国墓中,殉葬铜器的耳和足是用钎焊方法与本体连接的,这比欧洲国家应用钎焊技术还早2000多年。我国明朝科学家宋应星编著的《天工开物》一书中记载了冶铁、炼钢、铸钟、锻铁、淬火等各种金属的加工方法,它是世界上有关金属加工工艺最早的科学著作之一。

我们的祖先在材料及其成形技术方面有过辉煌的成就,但是由于历史原因,我国的生产力发展受到了严重束缚,科学技术长期处于落后状态。中华人民共和国成立以后,我国的材料成形技术发生了翻天覆地的变化,经历了从简单的手工操作到复杂的大型化、智能化和机械化生产的发展过程。

改革开放以来,随着钢铁、化学、能源等基础工业的快速崛起,航空航天工业的飞速发展和汽车生产的大众化,我国的铸、锻、焊等成形技术得到快速发展。根据行业协会的统计,2011年全国铸件总产量达4 150万吨,连续10年居世界首位,以平均每年10.9%的速度增加,覆盖汽车、能源、机床、管道泵阀、航空航天、工程机械等铸件行业。2009年全球的锻件总产量在2 300万吨左右,我国锻件产量为776万吨,其中汽车锻件产量为368万吨,模锻件产量为479万吨,产量也居世界首位。一个国家焊接消耗材料的生产情况可以反映其焊接技术的总体水平,我国焊材的生产总体上是与钢材生产同步增长。仅统计焊条与焊丝,1996年的产量为62.96万吨,发展到2002年已达144.9万吨,产量翻了一番,如果加上进口的焊材,总耗量达到147万吨,成为世界最大的焊材生产与消费国家。

然而,应该清醒地看到,我国虽是一个铸造、锻造、焊接大国,但远不是一个铸造、锻造、焊接强国。与工业发达国家相比,我国在产品质量和生产效率上还存在较大的差距,需要我们新一代技术人员不懈的努力。

1.4 材料成形工艺的发展趋势

随着生产力的发展和生活水平的提高,人们对机器设备及其零部件提出了越来越高的要求。跨入新世纪,材料成形工艺呈现以下几种发展趋势。

1. 成形技术的精密化

在20世纪90年代中期,国际生产技术协会及有关专家预测:到21世纪初,零件粗加工的75%、精加工的50%将采用精密成形工艺来实现。

成形技术的精密化包括两方面的内容:一是零件外形尺寸的精密化,即从接近零件形状的近成形(near net shape of productions)向直接制成零件的净成形(net shape of productions)方向发展;二是零件内部成分组织性能的精密化,向“近无缺陷”方向发展,包括成分准确均匀、组织细密、消除内部缺陷。以轿车制造为例,其铸件、锻件生产工艺的发展趋势为以轻代重、以薄代厚、成线成套、少(无)切削精密化、高效成形自动化。

2. 材料制备与成形一体化

发展材料设计、制备与成形加工一体化技术,可以实现先进材料与零部件的高效、近终形、短流程成形。其中典型的技术有喷射技术、粉末注射成形、激光快速成形等,材料制备与成形一体化技术为高温合金、钛合金、难熔金属、金属间化合物、复合材料、功能梯度材料的制备与成形提供了更为高效便捷的途径,是实现真正意义上的全过程组织性能精确控制的前提和基础。

3. 复合成形

复合成形工艺有铸-锻复合、铸-焊复合、锻-焊复合和不同塑性成形方法的复合等,如液态模锻、连铸连轧、冲压件的焊接成形等。

液态模锻为铸锻复合成形工艺,它是将一定量的液态金属注入金属模膛,然后施加机械静压力,使熔融或半熔融的金属在压力下结晶凝固,并产生少量塑性变形,从而获得所需制件。它综合了铸、锻两种工艺的优点,尤其适合于锰、锌、铜、镁等非铁合金零件的成形加工,近年来发展迅速。

“连铸连轧”是将钢液通过连铸机得到高温无缺陷钢坯,无须清理和再加热(但需经过短时均热和保温处理),而直接轧制成形的工艺。该工艺使铸坯的热量得到充分利用,改善了连铸坯表面的内部质量,提高了金属收得率,将过去的炼钢厂和热轧厂有机地压缩、组合到一起,缩短了生产周期,降低了能量消耗,从而大幅度提高了经济效益,给钢铁企业带来了更大的市场竞争力和发展空间。

冲压件的焊接成形是板料冲压与焊接的复合成形工艺,即先采用冲压方法获得所需制件,再通过焊接方法得到所需整体构件,这在载货汽车的车身和轿车覆盖件的生产中应用广泛。同样,还有铸焊、铸锻复合成形工艺,它们主要用于一些大型机架或构件的成形。

4. 数字化成形

计算机及其应用技术的发展,对材料加工成形技术的进步起到了重要的促进作用。材料数字化成形是除实验和理论之外解决材料科学中实际问题的第三个重要的研究方法,已逐渐被人们接受。其具体表现为加工前成形过程的模拟仿真和组织预测,加工中材料成形的数字化控制,加工后产品质量的自动检测等。数字化成形的最终目标是优化成形加工方法和工艺,实现对制备、成形与加工全过程的精确设计与精确控制,对制品零件的内在质量实施自动检测。

5. 材料成形自动化

自动化是把复杂的机械、电子和以计算机为基础的系统应用于生产操作和控制中,使生产在较少的人工操作与干预下自动进行的技术。实现材料成形加工过程的自动化,可以大大提高劳动生产率,降低工人的劳动强度,避免生产中人为因素的影响,保障产品的质量与精度,大大降低原材料的消耗。

6. 绿色清洁生产

一些传统的材料成形加工行业,其劳动条件较为恶劣,对环境造成的污染也较大。改善工作环境,实现绿色清洁生产应是 21 世纪材料加工成形行业的奋斗目标之一。随着人们环境保护意识的不断加强,环保和清洁生产的工艺与装备得到了大量采用。除尘设备、降噪设备的使用,使得工人的操作环境及劳动条件大为改善;生产废料(如废渣、废气、废水等)的再生利用或无害处理,大大减少了生产资源的浪费和对环境造成的污染,符合绿色可持续发展的时代要求;绿色材料与绿色成形工艺的应用,不仅优化了工厂环境、而且可实现零工业污染物排放。

1.5 本课程的性质和学习方法

1. 课程性质

“材料成形工艺基础”是高等院校机械类专业必修的一门综合性的技术基础课。本课程主要涉及与产品制造有关的材料成形技术的基本知识。

本课程的先修课程主要有工程制图、工程材料、金工实习和工程力学等。

2. 课程基本要求

学生在先修课程学习的基础上,通过本课程的学习,能够掌握毛坯或制品的成形方法、成形原理及其成形的工艺特点,初步具有根据毛坯或制品的使用要求正确选择材料、成形方法和制定工艺及参数的能力;初步具有综合运用工艺知识分析零件结构工艺性的能力;了解有关新材料、新工艺、新技术及其发展趋势。为学习其他有关课程及以后从事机械设计与制造方面的工作,奠定必要的基础。

3. 学习方法

“材料成形工艺基础”是一门技术性和实践性很强的课程,有丰富的工程应用背景,在学习过程中要紧密联系金工实习、现代工程训练、现场参观、实验教学等实践环节、充分利用现代化教学手段(如多媒体课件、电视录像片等)以增强感性认识,做到理论联系实际。

由于材料的种类繁多,其性能千变万化,因此课程中涉及的材料成形的概念多,专业术语多,工艺方法多。对于每一种成形技术,可以按照“成形基本原理→成形方法与设备→典型成形工艺→零件结构工艺性→成形新技术”这一主线进行学习和复习。在此基础上建立各种成形方法之间的关系,对比各类成形工艺的特点和应用。

同时,积极参加一定量的以任务为导向的工程训练项目,注重主动学习、自主学习能力的培养,努力做到知行结合,以达到学以致用目的。

复习思考题

- 1.1 简述机械制造的一般过程,说明材料成形工艺在其中的作用。
- 1.2 按照材料的化学成分和显微结构特点,材料成形方法可分为哪几类?
- 1.3 与切削加工工艺相比较,材料成形工艺有哪些特点?并举例说明。

第2章 金属液态成形

本章学习要领

本章主要介绍金属液态成形的基本理论,液态成形的工艺方法、砂型铸造的工艺设计和金属液态成形件的结构设计等内容。具体学习要求如下。

- (1) 熟悉铸件凝固过程,合金铸造性能及其对铸件质量的影响。
- (2) 掌握砂型铸造和常用特种铸造方法的特点和应用,能绘制砂型铸造典型铸件的铸造工艺图,具有较合理地选用铸造方法的能力。
- (3) 了解常用铸造合金的熔炼特点和应用。
- (4) 初步具有分析零件铸造结构工艺性和铸造缺陷的能力。
- (5) 了解铸造新工艺、新技术及其发展趋势。

2.1 金属液态成形的理论基础

2.1.1 概述

将熔融的金属液浇注到具有特定形状内腔的铸型(casting mold)中,待其冷却凝固后,用破坏铸型或使铸型分离的方法取出成形金属件的工艺方法,称为金属液态成形或铸造(casting)。铸造是最早被人类活动所掌握的金属成形方法之一,其区别于其他成形方法的基本特点是利用液态金属的流动性来成形。在铸造生产中用于浇注铸件的金属材料,称为铸造金属,它是以一种金属元素为主要成分,并加入其他金属或非金属元素而组成的合金,习惯上又称铸造合金(cast alloy),成形金属件称为铸件。

铸造工艺可分为三个基本部分,即铸造金属的熔炼、铸型(芯)的制作和铸件的处理。

金属铸造成形因其在液态下成形而具有诸多优点,被广泛应用于制造领域。

(1) 适应性广 其一,铸件材料方面,工业上常用的金属材料,如铸铁、碳素钢、合金钢及非铁合金等,都可用铸造成形,尤其是对于塑性很差的材料,如铸铁,此工艺是制造其零件或毛坯的唯一成形方法;其二,铸件大小方面,铸件的尺寸、重量基本不受限制,重量可以从零点几克到数百吨,壁厚可从1 mm到1 000 mm;其三,铸件形状方面,可以制造形状复杂,特别是具有复杂内腔的毛坯或零件,如箱体、机床床身、缸体等均可铸造成形。

(2) 生产成本低 铸造用原材料来源广泛,价格低廉,有一定的回用性。而且铸造成形件与零件形状相似,尺寸相近,如大的内孔等均可铸出,可减少机械加工切削量。

铸造成形同时也有以下缺点:

(1) 因其在液态下成形,铸件内部组织的均匀性和致密性较差,晶粒粗大,从而导致铸件某些力学性能较差;

(2) 工序较多,生产过程难以精确控制,铸件容易出现缩孔、缩松、气孔、砂眼等缺陷,产品