



「十二五」普通高等教育本科国家级规划教材
普通高等学校机械制造技术基础
理论与实践一体化课程系列教材

机械制造

工艺基础

(第三版)

主编 周世权 田文峰

Jixie Zhizao Gongyi Jichu



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
普通高等学校机械制造技术基础理论与实践一体化课程系列教材

机械制造工艺基础

(第三版)

主 编	周世权	田文峰
副主编	彭江英	罗云华
	安 萍	罗烈雷

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书以机械制造工艺原理、工艺方法及工艺过程为基础,以零件制造工艺设计的一般原理和步骤、零件的结构工艺性及工艺规程的制定为主线,同时拓展现代工程技术和方法的内容,将机械制造工艺的学习分为铸造工艺、锻压工艺、焊接工艺、切削加工工艺基础、表面加工方法、特种加工及材料成形、机械制造工艺规程等七大部分。除介绍基本工艺原理和方法外,本书突出了工业生产中大量应用的机械化和自动化程度较高的工艺技术;为实现技术基础课程的教学目标,还适当增加了工艺设计与半定量计算的内容,以利于提高学生分析问题和解决问题的能力;同时,简述了制造工艺规程的制定和计算机数控加工的教学内容。为便于学生学习,书中配备了相应的复习思考题。

本书是机械大类平台课程系列教材之一,是培养具有分析和解决工程实际问题能力、综合制造工艺能力和现代制造技术人才创新能力的入门教材,既可作为高等工科院校机类及近机类本(专)科各专业的“机械制造工艺基础”或“金属工艺学”技术基础课程的教材,也可作为有关工程技术人员参考书。本书配有作者制作的教学课件,任课教师若需要,可与编辑联系(Tel: 027-87548431, Email: xuzhengda@163.com)。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺基础/周世权,田文峰主编. —3版. —武汉:华中科技大学出版社,2015.11

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材 普通高等学校机械制造技术基础与实践一体化课程系列教材

ISBN 978-7-5680-1398-7

I. ①机… II. ①周… ②田… III. ①机械制造工艺-高等学校-教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 272043 号

机械制造工艺基础(第三版)

周世权 田文峰 主编

策划编辑:徐正达

责任编辑:徐正达

封面设计:原色设计

责任校对:刘 竣

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)81321913

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:19

字 数:405千字

版 次:2010年10月第2版 2016年1月第3版第1次印刷

定 价:36.00元



华中出版

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

前 言

本书 2008 年入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材,2014 年入选“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,也是华中科技大学机械大类教学改革项目的成果之一。在 2014 年教育部机械基础教学指导委员会和工程训练教学指导委员会教学改革项目,以及 2015 年华南理工大学“机械制造技术基础理论与实践一体化课程建设”教学改革项目的支持下,我们按照“加强基础,重视实践,理论与实践相结合,培养创新能力”的要求,对“材料成形工艺基础”“机械制造技术基础”和“金工实习”课程的教学内容进行了较大的改革,并按新的机械大类课程体系的要求,从培养学生工程意识、基本工艺技能和综合实践能力的角度,组织了新的课程体系和教学内容,建设了理论与实践一体化课程系列教材。

《机械制造工艺基础》是一本主要研究常用工程材料坯件及机器零件的成形与制造工艺原理和综合性技术基础的教材,它是在原“金属工艺学”课程教材的基础上去粗取精、拓宽加深后形成的。它几乎涉及机器制造中的所有工程材料的成形与制造工艺,包括金属的液态成形(铸造)、塑性成形(锻压)、连接成形(焊接)、粉末冶金、注塑成形、快速成形、切削加工、电火花与线切割加工、激光加工等。

为了加强课堂教学与工程实践教学的联系与分工,对在工程实践教学中已经进行了深入学习的传统工艺,本书将不再详述;而主要论述在现代工业应用较多、有发展前景的新技术和新工艺中有一定深度的内容,并弱化了有关手工砂型铸造、自由锻、手工电弧焊、钳工与刨削加工等传统的内容,突出了机器造型、特种铸造、模锻、自动焊、数控技术、特种加工等先进技术与工艺。本书以培养学生分析零件结构工艺性和工艺设计方法的基本素质为主线,每章后面都附有难度不等的复习思考题,供学生复习使用。在本书的重点章节中,均附有综合性工艺设计作业题,与相应的计算机辅助工艺设计软件及创新实践项目配合使用,可使学生在有限的学时内自主、有效地应用教材的知识和实训中心的条件,完成综合工艺设计任务,实现理论与实践的紧密结合。本书还适当地增加了当今世界领先的数控加工和快速制造的内容,并在工艺规程中,对各种材料的成形与加

工工艺方法进行了归纳和总结,从而给学生学习后续课程、进行专业课程设计及今后的工作奠定较为扎实的工艺基础。

本书考虑了前、后相关课程的连贯与衔接,故要求学习本书之前应修完“工程制图”“基于项目的工程实践”(或“金工实习”)“工程材料”“互换性与技术测量”等课程。凡前述课程已阐述的内容,本书原则上不再赘述。

本书插图丰富、规范,各章内容的教与学都考虑了与多媒体手段相配合,内容简洁,语言精练,以适应机械大类专业教学的需要。

本书是普通高等学校本(专)科机械大类平台课程系列教材之一,是培养具有分析和解决工程实际问题能力、综合制造工艺能力和现代制造技术人才创新能力的入门教材,既可作为机械大类和机电类专业本(专)科教材,亦可供有关工程技术人员自学参考。

本书主编周世权,田文峰,副主编彭江英、罗云华、安萍、罗烈雷。参加本书编写的人员有:华中科技大学周世权(编写绪论,第3章,第5章的第5节,第6章的第1节)、田文峰(编写第7章的第1~5节)、罗云华(编写第2章的第4~6节,第6章的第2节)、安萍(编写第1章的第2、3节)、彭江英(编写第2章的第1~3节)、郎静(编写第7章的第6节),华夏学院常万顺(编写第5章的第1、2节),武汉纺织大学龚文邦(编写第1章的第1、5节),长江大学帅玉妹(编写第4章),海军工程大学孔小东(编写第5章的第3、4节),湖南文理学院罗烈雷(编写第1章的第4节)。全书由周世权统稿。

由于编者水平有限,书中难免存在错误或欠妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2016年1月

目 录

绪论	(1)
第 1 章 铸造工艺	(7)
1.1 铸造工艺基础	(8)
1.1.1 合金的充型能力	(8)
1.1.2 铸件的凝固	(11)
1.1.3 铸造合金的收缩与缩孔、缩松	(12)
1.1.4 铸造应力和铸件的变形与裂纹	(15)
1.1.5 合金的偏析及铸件中的气孔	(18)
1.2 砂型铸造	(19)
1.2.1 造型材料	(20)
1.2.2 造型、制芯方法	(21)
1.2.3 铸件浇注位置和分型面的选择	(25)
1.2.4 铸造工艺参数的确定	(27)
1.2.5 铸造工艺图的绘制	(30)
1.3 特种铸造	(33)
1.3.1 熔模铸造	(33)
1.3.2 金属型铸造	(34)
1.3.3 压力铸造	(36)
1.3.4 低压铸造	(37)
1.3.5 离心铸造	(38)
1.3.6 消失模铸造	(40)
1.3.7 挤压铸造	(41)
1.4 铸件结构设计	(42)
1.4.1 铸造工艺对铸件结构的要求	(42)
1.4.2 合金铸造性能对铸件结构的要求	(45)
1.4.3 不同的铸造方法对铸件结构的要求	(48)
1.5 铸造金属材料的特性	(50)
1.5.1 铸铁及铸铁件生产	(50)
1.5.2 铸钢及铸钢件生产	(55)
1.5.3 铝、铜合金及其铸件生产	(56)
复习思考题	(58)
第 2 章 锻压工艺	(62)
2.1 热塑性加工基础	(62)
2.1.1 加工硬化、回复与再结晶	(63)

2.1.2	冷变形与热变形	(64)
2.1.3	锻造比和流线	(65)
2.2	金属的可锻性	(66)
2.2.1	材料性质对金属可锻性的影响	(66)
2.2.2	加工条件对金属可锻性的影响	(67)
2.3	锻造工艺	(68)
2.3.1	模锻工艺	(68)
2.3.2	锤上模锻工艺规程的制定	(77)
2.3.3	模锻成形件的结构工艺性	(80)
2.3.4	特种压力加工	(81)
2.4	冷塑性变形加工基础	(85)
2.5	冲裁工艺	(89)
2.6	成形工艺	(92)
	复习思考题	(99)
第3章	焊接工艺	(103)
3.1	概述	(103)
3.2	焊接的基本原理	(105)
3.2.1	熔焊的基本原理	(105)
3.2.2	压焊的基本原理	(113)
3.2.3	焊接缺陷	(116)
3.2.4	焊接检验	(118)
3.3	焊接工艺方法	(120)
3.3.1	熔焊工艺方法	(120)
3.3.2	压焊工艺方法	(128)
3.4	金属的焊接性	(132)
3.4.1	焊接性的概念和估算方法	(132)
3.4.2	碳钢的焊接	(133)
3.4.3	有色金属的焊接	(135)
3.4.4	异种金属的焊接	(136)
3.5	焊接结构设计	(137)
3.5.1	焊件材料和方法的选择	(137)
3.5.2	焊接接头和焊缝尺寸的设计	(138)
	复习思考题	(142)
第4章	材料切削加工基础	(146)
4.1	切削加工基本知识	(146)
4.1.1	金属切削加工的特点及应用	(146)
4.1.2	零件的加工精度和表面粗糙度	(147)

4.1.3	切削用量及选用	(151)
4.1.4	切削刀具	(153)
4.2	金属切削加工的基础理论	(160)
4.2.1	切削过程	(161)
4.2.2	积屑瘤	(162)
4.2.3	残余应力与冷硬现象	(163)
4.2.4	切削力与切削功率	(164)
4.2.5	切削热	(166)
4.2.6	切削液的作用	(167)
4.2.7	刀具的磨损与耐用度	(167)
4.2.8	材料切削加工性	(169)
4.3	切削加工的技术经济评价	(170)
	复习思考题	(172)
第5章	典型表面的加工	(173)
5.1	概述	(173)
5.2	外圆表面的加工	(175)
5.2.1	外圆表面的车削	(175)
5.2.2	外圆表面的磨削	(179)
5.2.3	外圆表面的精加工及光整加工	(183)
5.3	孔加工	(186)
5.3.1	钻孔	(186)
5.3.2	扩孔和铰孔	(189)
5.3.3	镗孔	(190)
5.3.4	磨孔	(192)
5.3.5	拉削	(193)
5.3.6	孔的珩磨	(194)
5.3.7	孔的加工方法	(195)
5.4	平面加工	(197)
5.4.1	平面刨削	(197)
5.4.2	平面铣削	(199)
5.4.3	平面磨削	(200)
5.5	齿形加工	(202)
5.5.1	概述	(202)
5.5.2	铣齿	(204)
5.5.3	插齿	(206)
5.5.4	滚齿	(208)
5.5.5	齿形的光整加工方法	(211)

复习思考题	(215)
第 6 章 特种加工及材料成形新工艺	(216)
6.1 特种加工简介	(216)
6.1.1 电火花加工	(217)
6.1.2 超声波加工	(223)
6.1.3 激光加工	(224)
6.2 材料成形新工艺	(226)
6.2.1 粉末冶金	(226)
6.2.2 注塑工艺	(230)
6.2.3 快速成形	(233)
复习思考题	(237)
第 7 章 机械加工工艺规程	(238)
7.1 概述	(238)
7.1.1 生产过程与工艺过程	(238)
7.1.2 工艺过程的组成	(240)
7.1.3 生产纲领、生产类型及其工艺特征	(242)
7.2 安装与定位	(244)
7.2.1 工件的安装与基准	(244)
7.2.2 工件在夹具中的定位	(247)
7.2.3 定位基准的选择	(255)
7.3 零件加工的结构工艺性	(259)
7.4 工艺规程的编制过程	(262)
7.4.1 表面加工方法的选择	(262)
7.4.2 加工阶段的划分	(266)
7.4.3 工序的集中与分散	(267)
7.4.4 工序的安排	(267)
7.4.5 加工余量的确定	(269)
7.5 数控加工	(270)
7.5.1 数控加工的特点	(270)
7.5.2 数控加工方法	(271)
7.5.3 数控编程	(274)
7.6 典型零件的工艺规程编制举例	(276)
7.6.1 轴类零件的加工工艺	(276)
7.6.2 轮类零件的加工工艺	(281)
7.6.3 箱体类零件加工	(286)
复习思考题	(288)
参考文献	(295)



图 0-0 神舟十号载人飞船返回舱进入大气层

绪 论

1. 本课程的性质、地位和作用

“机械制造工艺基础”(fundamentals of manufacturing process)是学生学习机械制造系列课程必不可少的先修课,也是获得机械制造基本知识的技术基础课。

“机械制造工艺基础”研究产品从原材料到合格零部件或机器的制造工艺技术,实践性很强。学生在工程实践过程中通过参观典型的制造工程系统、独立的实践操作和综合项目工艺过程的训练,将有关制造工程的基本工艺理论、基本工艺知识、基本工艺方法和基本工艺实践有机结合起来,获取了丰富的感性知识;同时,将感性知识条理化,并上升为理性知识,实现认识的第一次飞跃,然后通过创新项目实践,实现从理性知识到指导实践的第二次飞跃。

高等工科院校是高级科技创新人才的摇篮,“机械制造工艺基础”课程是提供高级科技创新人才所应具备的基本知识和基本技能等综合素质的基础课程,也是机械学科大类的平台课程。

2. 本课程的内涵

制造业是贯穿我们生活所有阶段的人类活动。我们周围的一切,包括我们穿的、用的,我们居住的,甚至我们吃的大部分产品都经历了一些制造过程。manufacturing 一词源于拉丁文 manu(意为“手”)和 factus(意为“制造”),其经典的定义为“货物和物品通过手工或特别机械的制作,往往具有大规模和分工作业特点”。应看到,这一定义是不完整的,但我们可以用它理解制造在人类发展中的作用。

制造工程源于机械制造工程,是一门有着悠久历史的学科,经过科学技术工作者

的长期努力,现已发展成为包括机械工程、航空航天工程、电子产品制造工程和化工产品制造工程等在内的现代制造工程学科。制造工程研究物质从原材料到合格产品的制造工艺过程,但我们所说的制造工程,主要指机械工程,即将原材料通过制造工艺变为具有一定功能的零部件或机器的过程。

制造业是国民经济的基础,它担负着向其他各部门提供工具、仪器和机械设备与技术装备的任务。据西方工业国家统计,制造业创造了 60% 的社会财富(如美国为 68%),45% 的国民经济收入是由制造业完成的。如果没有制造业提供品质优良、技术先进的装备,那么信息技术、新材料技术、海洋工程技术、生物工程技术及空间技术等新技术的发展将受到严重的制约。可以说,机械制造业的发展水平是衡量一个国家经济实力和科学技术水平的重要标志之一。

制造工程的内容主要包括材料成形和加工工艺两大部分。其中,材料成形主要是在保证性能要求的前提下,优质、低成本地获取具有一定结构和形状的毛坯或产品的制造工艺,通常将其称为热加工工艺,主要包括铸造、锻压、焊接、热处理、粉末冶金、塑料成形、陶瓷和复合材料的成形等。但其内涵远远地超过了所谓热加工的范畴。而加工工艺一般是指将材料成形所获得的毛坯,通过切除的工艺,优质、低成本地获取具有一定结构和形状、一定的精度和表面品质的产品的工艺过程,通常将其称为冷加工工艺,主要包括车削、铣削、刨削、磨削、钳工、现代计算机控制的加工(如数控机床和加工中心等)、特种加工(如超声波、电火花和激光加工等)以及快速制造。但其内涵远远地超过了所谓冷加工的范畴。

3. 本课程的特点

科学技术的发展使传统的制造工艺越来越多地受到现代制造技术的挑战,同时,现代制造技术又要以传统的制造工艺为基础,因此,本课程将以传统的制造工艺为主,以现代制造技术为辅。由于现代制造技术已经成为大中型制造类企业的主要生产技术,所以,应努力使现代制造技术的内容所占比例不断提高。为此,传统制造技术与现代制造技术的结合,构成了本课程的基本特征。

1) 传统制造技术的特征 传统制造技术(traditional manufacturing technology)可概括为如图 0-1 所示的基本内容。它是在总结劳动人民几千年实践的基础上发展起来的,对推动人类社会的发展与进步、人民物质生活和精神生活水平的提高发挥了十分重要的作用。我国古代在金属加工工艺方面的成就极其辉煌。在公元前 16—前 11 世纪的商朝已是青铜器的全盛时期,当时青铜冶铸技术相当精湛。在河南安阳武官村出土的司母戊大方鼎是商朝的大型铸件,鼎重 875 kg,其上花纹精致。公元前 5 世纪的春秋时期,制剑术已相当高明,1965 年在湖北省江陵县出土的越王勾践剑,说明当时已掌握了高超的锻造和热处理技术。1980 年 12 月从秦始皇陵墓陪葬坑出土的大型彩绘铜车马,结构精致,形态逼真,由三千多个零部件组成,综合了铸造、焊接、凿削、研磨、抛光及各种连接工艺。明朝宋应星编著的《天工开物》一书论述了冶铁、铸造、炼钢、锻造、焊接(锡焊和银焊)、淬火等金属成

形与改性的工艺方法,它是世界上最早的有关金属工艺的科学著作之一。这些充分反映了我国古代在金属成形工艺方面的科学技术都曾远远超过同时代的欧洲,居世界领先地位,对世界文明和人类进步作出过巨大贡献。但是,我国历史上长期的封建统治,严重地束缚了科学技术的发展,造成了我国与先进国家之间很大的差距。

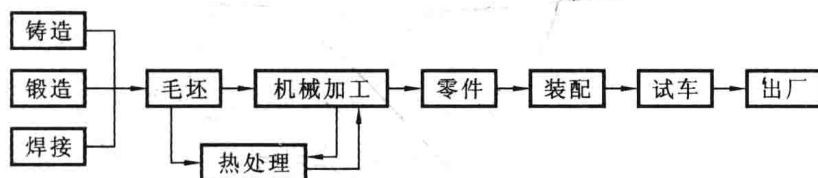


图 0-1 机械制造的工艺过程

制造技术的发展是由社会、政治、经济等多方面因素决定的,但纵观其发展历程,影响其发展最主要的因素则是技术的推动及市场的牵引。在人类历史上,一方面,科学技术的每次革命,必然引起制造技术的不断发展,也推动了制造业的发展;另一方面,人类的不断进步,人类需求的不断变化,推动了制造业的不断发展,也促进了制造技术的不断发展。近二百年来,在市场需求不断变化的驱动下,制造业的生产规模沿着“小批量→少品种大批量→多品种变批量”的道路发展;在科技高速发展的推动下,制造业的资源配置朝着“劳动密集、设备密集、信息密集、知识密集”的方向发展;与之相适应,制造技术的生产方式沿着“手工→机械化→单机自动化→刚性流水线自动化→柔性自动化→智能自动化”的道路发展。

传统的制造业起源于工业革命。18 世纪后半叶以蒸汽机和工具机的发明为特征的产业革命,标志着制造业已完成从手工业作坊式生产到以机械加工和分工原则为中心的工厂生产的艰难转变。19 世纪电气技术的发展,开辟了崭新的电气化时代,制造业也得到飞速发展,制造技术实现了批量生产、工业化规范生产的新局面。20 世纪内燃机的发明,引发了制造业的革命,流水生产线和泰勒工作制得到广泛的应用。两次世界大战特别是“二战”期间,以降低成本为中心的刚性的、大批大量的制造技术和生产管理有了很大的发展。可以说,这种大批大量以机器制造机器的技术是传统制造技术的主要特征。所以,本课程将主要介绍自动或半自动机械制造工艺方法,这类工艺技术在当今的工业规模生产中仍然占有相当大的比重。

2) 现代制造技术的特征 所谓制造技术,是指按照人们所需的目的,运用知识和技能,利用客观物质工具使原材料变成产品的技术的总称。制造技术是制造业的支柱,是一个国家经济持续增长的根本动力。

现代制造技术(modern manufacturing technology)是传统制造技术不断吸收机械、电子、信息、材料、通信及现代管理等技术的成果,将其综合应用于产品设计、制造、检测、管理、售后服务等机械制造全过程,实现优质、高效、低耗、清洁、灵活地生产,取得理想的技术经济效果的制造技术的总称。“二战”以后的七十年来,计算机、

微电子、信息和自动化技术有了迅速发展,由此推动着制造技术朝高品质生产和柔性生产的方向发展,并在制造业中得到愈来愈广泛的应用,先后出现了数控(NC)、计算机数控(CNC)、直接数控(DNC)、柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)、计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)、计算机集成制造(CIMS)、准时化生产(JIT)、制造资源规则(MRP)、精益生产(LP)和敏捷制造(AM)等多项先进的制造技术与制造模式,使制造业正经历着一场新的技术革命(第二次工业革命)。

现代制造技术具有下列特征:

(1) 计算机技术、传感技术、自动化技术、新材料技术及管理技术等与传统制造技术相结合,使制造技术成为一个能驾驭生产过程的物质流、信息流和能量流的系统工程。

(2) 传统制造技术一般单指加工制造过程的工艺方法,而现代制造技术则贯穿了从产品设计、加工制造到产品销售及使用、维护等的全过程,成为“市场→产品设计→制造→市场”的大系统。

(3) 传统制造技术的学科、专业单一,界限分明,而现代制造技术的各学科、专业间交叉、融合,其界限逐渐淡化甚至消失。比如纳米技术就是材料、机械、电子、计算机等多学科的融合。

(4) 生产规模的扩大及最佳技术经济效果的追求,使现代制造技术比传统制造技术更加重视工程技术与经营管理的结合,更加重视制造过程组织和管理体制的简化及合理化,产生一系列技术与管理相结合的新的生产方式。

(5) 发展现代制造技术的目的在于能够实现优质、高效、低耗、清洁、灵活的生产,并取得理想的技术经济效益。

市场竞争不仅要求低成本,而且也要求能生产出世界级的、高科技含量的产品。例如,代表当今制造技术最高水平的航空发动机(其结构如图 0-2 所示),就是热和流体力学、计算机技术、新材料和先进制造工艺的完美结合。其叶片一般要求在 600°C 以上的高温下工作,材料一般为耐热合金,采用顺序凝固和精密铸造方法成形,需要运用计算机辅助设计,并在加工中心上加工制造。这些知识将在专业课程中进一步学习。

4. 本课程的主要任务

(1) 使学生掌握主要的机械制造工艺的基本原理、主要方法 and 应用特点;熟悉机械零件的常用制造方法及其所用的主要设备和工具;了解新工艺、新技术、新材料在现代机械制造中的应用。

(2) 使学生对典型零件具有选择加工方法和进行工艺分析的初步能力,在主要工种方面应能独立完成典型零件的加工制造工艺过程计划的制订,并具有一定的工艺实验和工程实践的能力。

(3) 培养学生的产品品质意识和经济观念,理论联系实际、一丝不苟的作风,以及实验研究的初步能力等基本素质。

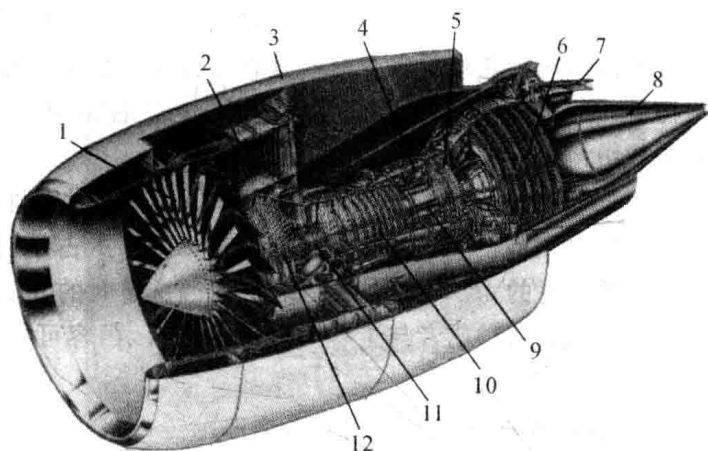


图 0-2 航空发动机的结构

1—叶片 2—风扇定子 3—扇形喷嘴 4—环形燃烧室 5—高压涡轮 6—低压涡轮
7—核心喷嘴 8—喷嘴中心体 9—高压轴 10—高压压气机 11—低压轴 12—低压压气机

(4) 使学生具有分析零件结构工艺性的基本能力,能够进行简单产品的结构设计和工艺设计,培养创新意识和综合能力。

本课程的主要内容为铸造工艺、锻压工艺、焊接工艺、切除加工工艺等基础工艺和产品的综合制造工艺,以及粉末冶金、塑料成形、特种加工及快速制造技术等先进工艺的基本原理和应用。

5. 本课程的教学方法

本课程的教学主要结合基于项目的工程实践,通过课堂讲授、作业和实践等方式完成。为了有效地使用本教材进行“机械制造工艺基础”课程的教学,希望注意以下几点:

(1) 教学中应结合工程实践,以掌握基本工艺原理为主。教材中的基本工艺都是在工程实践中学生亲手做过的或者现场教学看过的,因此,教师和学生都应十分注意将课程内容与实践内容紧密地联系起来,学生应在自主学习的基础上,通过教师的课堂分析,重点掌握各类工艺的基本原理。对于部分由于实习条件不够,一时难以实现的内容,可用计算机辅助教学的方式进行简单介绍。

(2) 应确实贯彻以工艺过程为主的指导思想。本教材只简单介绍设备和仪器的外部结构和主要功能,而重点介绍成形加工的工艺过程,通过制造过程中工艺参数的变化对零件品质的影响规律的分析,使学生具有对各种制造方法的工艺参数选择和技术经济性分析的基本能力。

(3) 应注意本教材与其他相关教学内容的合理安排。本教材的内容具有自身的相对独立性,但同时与其他教学环节又有一定的联系,如主要的工艺方法与《基于项目的工程实践》中的相关内容基本相同。因此,在教学中不应重复工艺操作过程,而应该将重点放在工艺原理的分析上,弥补实习中缺少的理论知识,使学生能够将感性

知识上升为理性知识,获得举一反三的教学效果。同时,还应减少重复讲授,提高教学效率。另外,有关零件结构工艺性的内容应该具有相对独立性,以工艺原理和特点为基础,以零件结构设计的合理性为目标,使学生掌握分析零件结构工艺性的原理和方法,同时具有初步的结构设计能力。

(4) 教学内容的学时分配。本教材的教学内容是按照 40 学时安排的,各学校可结合教学大纲与学校的实际情况进行适当的增减。主要内容所占学时的比例建议为:第 1 章至第 3 章占总学时的 40%,第 4 章至第 7 章占总学时的 60%。建议将实验学时以课外学分方式独立进行,或者与工程实践课程结合,内容可参考《基于项目的工程实践实操指导书》。

(5) 教材内容及特点。各章内容的组织本着循序渐进、由浅入深和减少重复的原则,力求系统化和独立性,减少过于细致的分析和相关步骤的分解,每章前都给出了重点和难点,教师应根据不同的要求,进行讲授和指定学生的自学范围及参考书。

(6) 各章末给出了案例计算和分析,其目的是为了举一反三,绝不可死记硬背,以帮助学生具体分析和解答实际问题。复习思考题是根据每章的重点和难点内容安排的,也有部分基本训练的题目,其目的是启发学生独立思考,培养分析问题、解决问题的能力,引导学生自主学习,学会查阅资料,认真进行归纳和小结,以便加深理解,从而培养实事求是的科学研究作风。

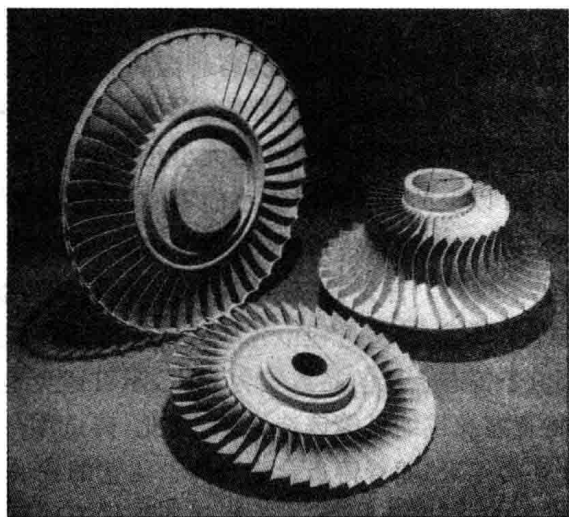


图 1-0 真空铸造的精密整体涡轮超合金铸件

第 1 章 铸造工艺

【学习指导】 学习本章前应预习《工程材料》教材中有关二元相图、凝固与结晶的内容,以及《机械制图》教材中有关三视图的内容。学习本章时,应该与“金工实习”中实际操作的相关工艺相联系,理论联系实践,并配合一定的习题和作业,参考《材料成形与机械制造技术基础——材料成形分册》教材的有关章节。

【主要内容】 铸造合金的充型能力与流动性,缩孔、缩松的产生与防止,铸造应力、变形与裂纹的产生与防止,常用造型方法,浇注位置和分型面的选择,铸造工艺图的绘制,特种铸造工艺,铸件的结构工艺性,铸件的生产及应用。

【学习重点】 铸造合金的流动性及其影响因素,顺序凝固和同时凝固的原理及应用,铸造热应力与变形的产生与防止,浇注位置和分型面的选择,铸件的外形、内腔、壁厚和壁间连接的结构设计,灰铸铁的特点及应用。

铸造(casting)是历史最为悠久的金属成形工艺,也是当今机械制造中毛坯生产的重要工艺方法。在机械制造业中,铸件的应用十分广泛。在一般机械设备中,铸件的质量往往要占机器总质量的 70%~80%,有些甚至更高。

铸造具有以下特点:

(1) 铸造是一种液态成形技术。形状十分复杂的铸件可以通过铸造生产,如带

有复杂内腔的内燃机的缸体和缸盖、机床的床身和箱体、涡轮机的机壳和涡轮等,都是采用铸造方法生产的。

(2) 铸造生产的适应范围非常广。首先,各种金属材料,如工业上常用的碳钢、合金钢、铸铁、铜合金、铝合金等,都可以通过铸造的方法制造出零件,其中应用广泛的铸铁件只能通过铸造方法获得;其次,铸件的大小几乎不限,质量从几克到几百吨,壁厚从 1 mm 以下到 1 m 以上的各种尺寸大小的零件均可通过铸造生产;再次,各种批量的零件生产,从单件生产到大量生产,铸造方法均能适应。

(3) 铸造生产的成本较低。首先,铸件的加工余量小,减少切削加工量,节省金属,从而降低了制造成本;其次,铸造过程中各项费用较低,铸件本身生产成本较低。

但是,一般来说,由于铸态金属的晶粒较为粗大,不可避免地存在一些化学成分的偏析、非金属夹杂物及缩孔或缩松等铸造缺陷,因此,铸造零件的力学性能和可靠性较锻造零件差。近几十年来,随着铸造合金和铸造工艺的发展,原来用钢材锻造的某些零件,如某些内燃机的曲轴、连杆等,现在也改用铸钢或球墨铸铁来铸造,由此大大降低生产成本,其工作的可靠性也没有受到影响。

1.1 铸造工艺基础

铸造生产过程非常复杂,影响铸件品质的因素也非常多。除铸造生产工艺外,造型材料、铸造合金、熔炼及浇注工艺等,也会对铸件品质产生重要的影响。

1.1.1 合金的充型能力

1. 合金流动性与充型能力的概念

液态合金充填型腔的过程称为充型。液态合金充满型腔,获得形状完整、轮廓清晰铸件的能力称为合金的充型能力(mold filling capacity)。合金一般是在纯液态下充满型腔的,但也有边充型边结晶的情况。在充填型腔的过程中,液态合金中形成的晶粒堵塞充型通道时,流动被迫停止。如果在型腔被充满之前液态合金就停止流动,铸件就会因“浇不足”而出现形状不完整的情况。

液态合金的充型能力首先取决于本身的流动能力,同时又与外界条件,如铸型性质、浇注条件、铸件结构等因素密切相关,是各种因素的综合反应。

液态合金本身的充型能力称为合金的流动性(fluidity),与合金的成分、杂质含量、物理性质和温度有关,而与外界因素无关,是表征合金铸造性能的主要方面之一。

流动性好的合金充型能力强,便于浇注出轮廓清晰、壁薄而形状复杂的铸件,同时也有利于非金属夹杂物和气体的上浮与排除,还有利于对合金冷却凝固过程所产生的收缩进行补缩。反之,流动性差的合金充型能力也较差,但可以通过外界条件的改善来提高其充型能力。

由于影响合金充型能力的因素很多,难以对各种合金在不同条件下的充型能力