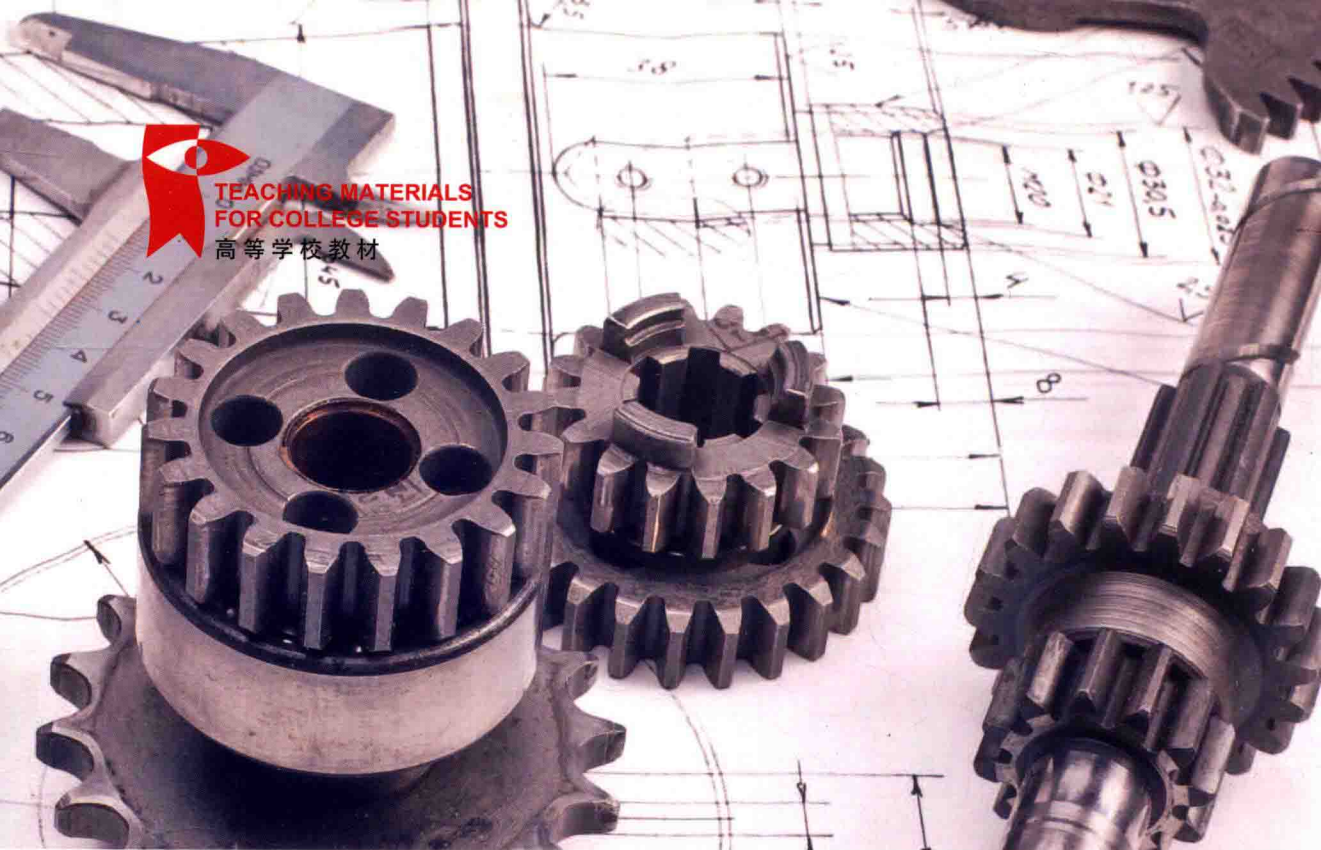




TEACHING MATERIALS
FOR COLLEGE STUDENTS
高等学校教材



机械制造技术

(第2版)

JIXIE ZHIZAO JISHU

主 编 王世敬 李小朋 张立军

非
外
借



中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS



TEACHING MATERIALS
FOR COLLEGE STUDENTS

高等学校教材

机械制造技术

(第2版)

JIXIE ZHIZAO JISHU

主 编 王世敬 李小朋 张立军

副主编 相恒富 纪仁杰 秦冬黎



中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术/王世敬,李小鹏,张立军主编. —

2版. —东营:中国石油大学出版社,2017.6

ISBN 978-7-5636-5508-3

I. ①机… II. ①王… ②李… ③张… III. ①机械制
造工艺 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 079646 号

中国石油大学(华东)规划教材

书 名: 机械制造技术(第2版)

主 编: 王世敬 李小鹏 张立军

责任编辑: 曹秀丽(电话 0532—86981532)

封面设计: 青岛友一广告传媒有限公司

出 版 者: 中国石油大学出版社

(地址: 山东省青岛市黄岛区长江西路66号 邮编: 266580)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子邮箱: shiyoujiaoyu@126.com

排 版 者: 青岛汇英栋梁文化传媒有限公司

印 刷 者: 青岛炜瑞印务有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86981531, 86983437)

开 本: 185 mm×260 mm

印 张: 27.75

字 数: 706 千

版 印 次: 2009年9月第1版 2017年6月第2版 2017年6月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5636-5508-3

印 数: 1—2 000 册

定 价: 56.00 元

前言

Preface

(第2版)

自《机械制造技术》第一版出版以来,我国高校机械制造基础课程教学的条件不断改善,课程教学改革取得重大进展,与本课程有关的一些技术标准和教学大纲也得到了更新。为保持教材活力,反映课程教学改革取得的最新成果,适应本科机械类专业课程教学的需求,编者对第1版的教材按增删、调整、更新、精简的原则进行修订。本次修订主要做了以下工作:

1. 在教材的内容体系上顺延第一版的基本风格,以保持和发扬其已有特色,但对具体内容进行了优化与整合。考虑到“互换性与测量技术”通常独立开课,因此删去了第一版的第4章“几何量公差”;在机械制造材料的选用方面,金属及非金属粉末、工程塑料、橡胶、复合材料、陶瓷和黏胶等所占的比重逐步增加,为反映这方面的基本知识,本次修订新增了粉末材料成形、非金属材料成形、复合材料成形和快速成形。同时又对教材部分内容做了编排调整,将第7章与第8章合并,作为先进制造技术进行介绍,使全书的章节内容配置更加科学合理。全书调整后内容仍为8章,但进行了大量更新。为便于学生掌握和巩固已学知识,各章后均附有分析应用型习题。

2. 进行了严格的标准化审查。在跟踪材料及其成形工艺方面新的国家标准和行业标准的基础上,对一些与本书有关的技术内容进行更新,使书中的基本概念、名词术语、符号、计量单位等均与最新现行标准一致,以保证教学内容上的科学性和先进性。

3. 拓宽了教材的适用性,以满足机械类不同专业在学时方面的教学需要。编写中注意吸收不同类型高校在机械制造基础课程教学内容、教学模式和教学方法改革方面的成功经验,使教材适应大多数工科院校和成人远程教育的机械设计制造及其自动化、机电一体化、材料控制、车辆工程等机械类专业及过程装备与控制、工业工程等近机械类专业本科的教学需要。

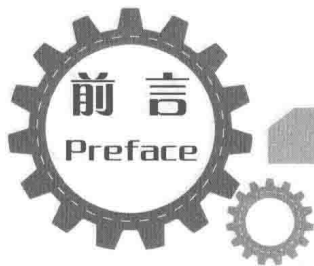
本书由中国石油大学(华东)王世敬、李小朋、张立军任主编,各章编写分工为:王世敬第1章、第4章、第6章和第7章,李小朋第5章,张立军绪论和第2章,相恒富第3章,纪仁杰第8章,秦冬黎参与了部分内容的编写工作,罗偲整理了部分图片。上海电机学院机械工程学院的精密加工专家汤学华教授,中国石油大学(华东)博士生导师肖文生教授及刘永红教授担任本教材的主审,并提出许多宝贵意见,编者在此表示衷心的感谢。

在编写过程中,编者参阅了部分国内外相关教材、科技著作和论文(详见参考文献),在此向文献资料的作者表示深切的谢意!

由于编者学识有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2017 年 1 月于青岛



(第1版)

机械制造技术是一门研究机械零件从毛坯到成品的加工方法及制造工艺的技术基础课程,是高等院校机械类专业的必修课。本书根据高等院校机械工程类专业调整提出的教改要求和教育部最新颁布的普通高等学校工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求,并结合教学实际情况,针对机械制造技术课程教学基本内容和要求编写。

本书主要内容包括铸造成形、锻压成形、焊接成形、几何量公差、金属切削加工基础知识、机械零件表面加工、精密工程与超高速加工、机械制造系统自动化与先进生产模式等。全书对传统制造技术进行了提炼,并充实了先进制造工艺方面的内容,反映了制造技术的发展趋势。

在编写过程中,本书在以下几个方面进行了探索和尝试:

1. 优化课程内容,完善课程体系。在总结近年来机械类系列课程改革经验的基础上,调整教学思路,并对课程内容进行优化,构建了“液态成形—塑性成形—几何精度—去除成形—先进制造模式”的课程体系。在内容编排上,力求在探索教材新结构的同时,保证内容的科学性、先进性、适用性和相对稳定性。

2. 在内容选择上,适应制造工程的实际需要,将机械类部分专业课教学内容融入本课程中,并在每章增加制造技术最新进展的相关内容,以拓宽学生的知识视野。同时,书中对制造技术基础知识进行了必要加强,体现了学科内容的系统性和先进性。

3. 注重制造工艺基础设计训练,培养综合分析能力。以制造工艺设计的基本内容和步骤、工艺方案的选择、结构工艺设计为主体,理论联系实际,强调学以致用,以加强对学生实际工程能力的培养。

4. 每章均有一定量的习题,用以培养学生的思考能力,使学生牢固掌握所学内容。

5. 贯彻规范,整体优化,形成系列。全面贯彻国家标准,力求深入浅出、简明扼要、重点突出、体系完整。书中还增加了生产中广泛应用的图表、资料、经验公式和工艺设计实例,以增加教材的实用性。

本书可作为高等工科院校本科机械类、近机械类相关专业学生的教材,供60~70学时讲授使用。本书也可作为高等职业技术学校机械类专业的教材及有关工程技术人员的参考资料。

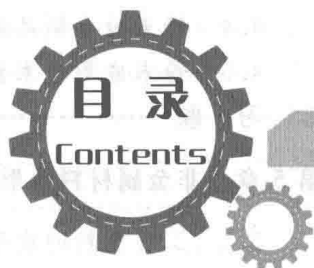
本书由中国石油大学(华东)雷毅教授、贾星兰教授主审。在本书编写过程中得到了中国

石油大学(华东)教务处、中国石油大学出版社及有关院校领导和老师的大力支持,同时吸收了许多同行教师对编写工作所提出的宝贵意见,在此一并致谢。此外,编者在编写时还参阅了众多相关文献资料,所用参考文献均已列于书后。在此对相关出版社和作者表示衷心感谢。

由于编者水平和经验所限,书中难免有不妥之处,敬请同行和读者批评指正。

编 者

2009 年 2 月于青岛



绪 论	1
第 1 章 金属凝固成形	4
1.1 概 述	4
1.2 金属凝固成形理论基础	5
1.3 金属凝固成形方法	19
1.4 金属凝固成形工艺设计	37
1.5 金属凝固成形的结构设计	50
1.6 常用铸造合金的生产	60
习 题	63
第 2 章 金属塑性成形	66
2.1 概 述	66
2.2 金属塑性成形工艺基础	67
2.3 金属塑性成形工艺方法	74
2.4 金属塑性成形工艺设计	101
2.5 金属塑性成形件结构设计	111
习 题	116
第 3 章 金属焊接成形	119
3.1 概 述	119
3.2 金属焊接成形理论基础	120
3.3 金属焊接成形方法	128
3.4 常用金属材料的焊接	148
3.5 焊接结构工艺设计	153
习 题	160

第4章 粉末材料成形	162
4.1 概 述	162
4.2 粉末材料成形理论基础	163
4.3 粉末材料成形工艺过程	174
4.4 粉末冶金制品的结构设计	217
4.5 粉末成形技术新进展	220
习 题	225
第5章 非金属材料成形和快速成形	226
5.1 工程塑料的成形	226
5.2 橡胶的成形	241
5.3 胶接成形	242
5.4 复合材料的成形	245
5.5 快速成形	249
习 题	257
第6章 金属切削成型的基础知识	259
6.1 切削成型概述	258
6.2 金属切削刀具	261
6.3 刀具材料	269
6.4 金属切削过程及其物理现象	274
6.5 工件材料的切削加工性	285
6.6 金属切削条件的选择	288
6.7 金属切削加工质量	292
6.8 金属切削机床的基础知识	294
习 题	315
第7章 金属切削成型方法	317
7.1 车削加工	317
7.2 钻削加工	321
7.3 镗削加工	325
7.4 铣削加工	329
7.5 刨削和拉削加工	333
7.6 磨削加工	336
7.7 表面的精整、光整加工	345
7.8 螺纹加工	348
7.9 齿面加工	350
7.10 成形面加工	356
7.11 零件表面的加工方案	358
7.12 零件结构的工艺设计	365



7.13 零件工艺过程举例	368
习 题	371
第 8 章 先进制造技术	373
8.1 先进制造技术概述	373
8.2 精密与超精密加工	375
8.3 金刚石刀具精密切削加工	379
8.4 精密与超精密磨料加工	389
8.5 精密研磨与抛光	393
8.6 微细加工	397
8.7 超高速加工	402
8.8 制造系统自动化	412
8.9 先进生产模式	423
习 题	431
参考文献	432

绪论

一、机械制造技术概述

1. 机械制造业在国民经济中的地位

制造是人类用双手或借助一定的工具,运用主观掌握的知识和技能,按所需目的将制造资源转化为可供人们使用或利用的产品并投放市场的全过程。制造业是所有与制造有关的企业机构的总体,它涉及国民经济的大量部门,是国民经济和综合国力的支柱产业。国民经济各部门的生产技术水平和经济效益在很大程度上取决于机械工业所能提供装备的技术性能、质量和可靠性,因此机械工业的技术水平和规模是衡量一个国家科技水平和经济实力的重要标志。

从1949年以来,我国机械工业有了很大发展,已经成为工业中产品门类比较齐全、具有相当规模和一定技术基础的产业部门之一,为其他产业部门的发展做出了重要贡献。

改革开放以来,机械工业充分利用国内外的技术资源,有计划地进行技术改造,引导企业走依靠科技进步的道路,使制造技术、产品质量和水平以及经济效益稳步提高,为繁荣国内市场、扩大出口创汇、推动国民经济的发展起到了重要作用。但是与工业发达国家相比,我国机械工业的水平还存在阶段性的差距,主要表现在机械产品质量和水平不够高、技术开发能力不够强及科技投入少。特别是相对其他产业来说,人们对机械工业作用的认识还不足,甚至有相当一段时间不够重视。近年来,世界各国都把提高产品竞争力和发展高新技术、抢占未来经济制高点作为科技工作的主攻方向,对机械工业的重要性和作用有了进一步认识,对机械工业科技发展提出更高的要求。我国也明确提出要振兴机械工业,使之成为国民经济的支柱产业,从而确定了机械工业在国民经济中的重要地位,同时也向机械工业提出了更高的要求。

进入21世纪,中国已是制造大国,位居世界第四,仅次于美国、日本、德国,但核心基础零部件(元器件)、先进基础工艺、关键基础材料和产业技术基础等工业基础能力依然薄弱。汽车、电力、石化、造船、机械等支柱产业的基础技术和材料成形加工技术与工业发达国家相比,仍有很大差距。一些重大工程的关键铸锻件(如长江三峡水轮机的第一个叶轮、航空工业发动机及其他重要的动力机械)的成形制造技术尚有待突破。只有使用先进的材料加工技术,才能获得高质量的产品结构和性能,因此大力加强和重视材料成形技术与科学的发展将是振兴制造业的关键。

机械制造业担负着向国民经济其他部门提供技术装备的任务,是国民经济的重要基础工业部门。有了先进的技术装备,才能生产出品质精良、使用性能可靠、技术附加值高的产品,产



品才有足够的市场竞争力。机械制造业提供的技术装备的水平与质量直接影响国民经济各部门的生产技术水平和经济效益。强大的机械制造业为国民经济的发展提供了物质条件基础,因此国民经济的发展速度在很大程度上取决于机械制造业的技术水平和发展速度。

2. 机械制造技术的重要性

机械制造技术是完成制造活动所涉及的一系列技术的总称,是提高产品竞争力的关键,也是制造业赖以生存和发展的主体技术。机械制造技术的重要性主要体现在以下 3 个方面:

1) 制造技术与人类社会的进步密切相关

人类的发展过程就是一个制造水平不断进步的过程。在人类发展的初期,为了生存,人们制造石器用于狩猎;此后出现了陶器、铜器、铁器和一些简单的机械,如刀、剑、弓、箭等兵器,锅、壶、盆、罐等用具,犁、磨、碾、水车等农具。这些工具和用具的制造过程都是简单的制造过程,主要围绕生活必需和存亡征战,制造资源、规模和技术水平都非常有限。随着社会的发展,制造技术的范围和规模在不断扩大,技术水平也在逐渐向文化、艺术、工业方面发展,出现了纸张、笔墨、活版印刷、石雕、珠宝、钱币、金银饰品等制造技术。到了资本主义社会和社会主义社会,出现了大工业生产,使得人类的物质生活和文明有了很大提高。例如蒸汽机制造技术的问世带来了工业革命和大工业生产,内燃机制造技术的出现和发展形成了现代汽车、火车和舰船,喷气涡轮增压发动机制造技术促进了现代喷气式客机和超音速飞机的发展;集成电路制造技术的进步提高了现代计算机的运行速度;纳米技术的出现开创了微型机械的先河;宇宙飞船、航天飞机、人造卫星以及空间工作站等技术的出现使人类的活动走出地球,走向太空。

2) 制造技术是所有行业的支柱

制造技术的涉及面非常广,冶金、建筑、水利、机械、电子、信息、运输、农业等各个行业都需要制造业的支持。如冶金行业需要冶炼、轧制设备,建筑行业需要塔吊、挖掘机和推土机等工程机械,现代农业需要农业机械的支持。因此,制造技术既有普遍性、基础性的一面,又有特殊性、专业性的一面,是所有行业的支柱。

3) 制造技术是国家经济与国防的基石

一个国家的国力主要体现在政治实力、经济实力、军事实力上,而经济和军事实力与制造技术的关系十分密切。只有在制造上是一个强国,才能在军事上是一个强国,因为一个国家必须有自己的军事工业,而不能靠购买别国的军事装备来保卫自己。有了国力和国防才有国际地位,才能立足于世界。美国从 20 世纪 50 年代以来只重视高技术和军用技术的发展,忽视了制造技术的作用,严重影响了国民经济的竞争力。80 年代初美国开始反省,总统委员会在关于工业竞争的报告中指出:美国在重要的、高速增长的技术市场上失利的一个重要原因是没有把自己的技术应用到制造上。据美国国家生产力委员会调查,在企业生产力构成中,制造技术的作用占 62%。世界上所有国家,特别是经济比较发达的国家都非常重视制造技术的发展。日本在第二次世界大战后一直对制造技术十分重视,先后提出了“技术立国”和“新技术立国”的道路,而且狠狠抓住制造技术的关键——精密工程、特种加工和制造系统自动化,使日本在战后的短短几十年里,一跃而成为经济大国。美国在克林顿总统执政后,迅速把制造技术提到重要日程上,决心争夺制造业的霸主地位,并推行“计算机集成制造系统”和“21 世纪制造企业战略”,提出集成制造、敏捷制造、虚拟制造和并行工程、“两毫米工程”等举措,促进了先进制造技术的发展,同时对美国的工业生产和经济复苏产生了重大影响。

3. 机械制造技术的内涵

机械制造技术一般是指机械制造中的工艺技术,但在不同的发展阶段具有不同的技术内



涵。在现阶段,机械制造技术包含从产品设计、加工制造到产品销售、用户服务等整个产品生命周期全过程的所有相关技术,涉及设计、工艺、加工自动化、非传统加工以及管理等多个领域。机械制造技术不仅需要数学、力学等基础科学的支撑,还需要系统科学、控制技术、计算机技术、信息科学、管理科学乃至社会科学的辅助,是多学科交叉、技术集成的大制造概念。

二、机械制造科学的发展

机械制造科学是一门有着悠久历史的学科。通常意义上,机械制造科学多指研究机械制造过程中的材料成形工艺过程和方法的科学,其研究的主要内容如下:

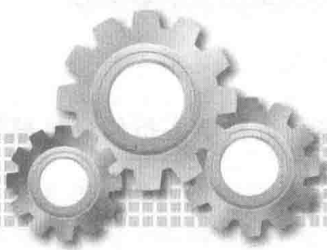
- (1) 机械制造的基础理论。
- (2) 机械制造工艺过程设计以及工艺装备的设计。
- (3) 材料成形工艺方法,包括去除加工、结合加工和变形加工等。
- (4) 机械制造系统的自动化、柔性化、集成化和智能化。

计算机技术、微电子技术、控制技术、传感技术与机电一体化技术的迅速发展,对机械制造科学的发展产生了深远的影响。由系统论、信息论和控制论所形成的系统科学和方法论,与机械制造科学结合形成了制造系统的概念,这是机械制造科学发展的一个重大突破。机械制造科学与管理科学的融合更丰富了机械制造科学的内容,出现了质量保证体系等。因此,机械制造的发展已经从一种经验、技艺、方法逐步成为一门工程科学。

三、机械制造技术课程的主要内容、特点及学习方法

机械制造技术是机械类专业必修的一门综合性的基础课。本课程主要涉及机械制造工程中工程材料的变形、结合、去除加工技术和先进制造技术等内容,基本涵盖所有金属和非金属材料的成形。变形加工包括金属材料的凝固成形、塑性成形、焊接成形和粉末成形,工程塑料、橡胶、复合材料的成形、快速成形以及有关材料成形的先进技术与其发展趋势等;结合加工主要包括连接加工中的焊接和黏接;去除成形主要包括切削加工的基本知识、机械零件表面的加工方法、精密和超精密加工、微细加工、超高速加工等;最后对先进制造技术中制造系统自动化与先进制造模式进行简要介绍。期望通过本课程的教学,使学生初步掌握各种材料成形技术的基本原理和工艺方法,并具有一定的综合分析和处理材料成形实际问题的能力,可以根据毛坯或零件正确选择成形方法并初步制定工艺及参数;具有综合运用工艺知识分析零件结构工艺性的初步能力;具有零件精度设计的初步能力;了解有关新材料、新工艺、新技术及其发展趋势。通过对这些知识的掌握,为学习后续其他有关课程及今后从事机械设计与制造方面的工作奠定必要的技术基础。

鉴于本课程具有内容上的广泛性、高度的综合性和极强的实践性的特点,学习中要注意调整和改进学习方法,注重主动学习、自主学习,提高学习效率,理论联系实际,自觉培养独立分析与解决问题的能力。要在掌握基本理论的前提下,加强实践操练,以加深对所学知识的理解、掌握和运用能力,从而真正达到本课程的学习目的。



第1章

金属凝固成形

1.1 概述

金属凝固成形习惯上称为铸造。铸造的实质就是金属材料在液态下的凝固成形。由于液态金属易于流动,所以各种金属材料都能用铸造成形的方法制成具有一定尺寸和形状的铸件,并使其形状和尺寸尽量与零件接近,以节省金属,减少加工余量,降低成本。因此,铸造在机械制造业中占有重要地位。据统计,在机床、内燃机中铸件占机器总重量的70%~90%,在拖拉机和农用机械中占50%~70%。

铸造技术在我国已有6 000多年的悠久历史。我国是世界上较早掌握铸造技术的文明古国之一,在2 500多年以前(公元前513年)就铸出270 kg的铸铁刑鼎。我国也是最早应用铸铁的国家之一。至今,铸造仍是广泛应用的毛坯生产方法。

所谓铸造,是首先制造与零件形状相适应的铸型,然后将熔融金属浇入、压射或吸入铸型型腔中,待其冷却凝固后获得所需形状和性能的毛坯或零件的工艺方法。用铸造方法制造的毛坯或零件称为铸件。大多数铸件需要经过机械加工后才能成为各种机器零件,少数铸件也可以直接作为成品或零件使用。金属材料的凝固成形与其他成形方法相比,具有如下特点:

(1) 成形方便,适应性广。

铸件的轮廓尺寸可由几毫米到数十米,壁厚由几毫米到几百毫米,质量由几克到几百吨。可以制造外形复杂,尤其是具有复杂内腔的铸件。例如,机床床身、内燃机的缸体和缸盖、箱体等的毛坯均为铸件。从黑色金属、非铁金属到难熔合金均可采用铸造方法成形,特别是某些塑性差的材料,如铸铁等,只能用铸造方法制造毛坯。铸造既可用于单件、小批量生产,也可用于成批及大批量生产。

(2) 生产成本低、经济性好。

铸件在一般机器中占总质量的40%~80%,而成本只占机器总成本的25%~30%。成本低廉的原因是:与锻件相比,其动力消耗小,铸件形状、尺寸与零件比较接近,节约机加工工时和金属材料;铸件所用材料来源广,且可以利用金属废料和废机件。

(3) 铸件质量不够稳定,力学性能较差。

铸造生产工序较多,影响铸件质量的因素复杂,有些工艺过程难以控制,因而铸件质量不够稳定,废品率较高;铸件显微组织粗大,内部易产生缩孔、缩松、气孔、砂眼等缺陷,其力学性能不如同类材料的锻件高;铸件表面较粗糙,尺寸精度不高。

(4) 生产条件较差,劳动强度高。

目前广泛使用的砂型铸造大多属于手工操作,工人的劳动强度大,生产条件差。

随着生产技术的不断发展,铸件的性能和质量正在进一步提高,劳动条件也在逐步改善。当前铸造技术发展的趋势是,在加强铸造基础理论研究的同时,发展新的铸造工艺,研制新的铸造设备;在稳定提高铸件质量、精度、减小表面粗糙度的前提下发展专业化生产,积极实现铸造生产过程的机械化和自动化,减少公害,节约能源,降低成本,使铸造技术向着精密、洁净、高效的方向发展,进一步成为可与其他成形工艺相竞争的少余量或无余量的成形工艺。这将改变人们对铸造生产的传统观念和认识,也使得铸造的应用范围越来越广。

1.2 金属凝固成形理论基础

1.2.1 合金的铸造性能

铸造过程中,铸件的质量与合金的铸造性能密切相关。所谓合金的铸造性能,是指在铸造生产过程中合金铸造成形的难易程度。容易获得轮廓清晰、内腔完整和尺寸精确的铸件的合金,其铸造性能就好。应该指出,合金的铸造性能是一个复杂的综合性能,通常用充型能力、收缩性等来衡量。影响铸造性能的因素很多,除合金元素的化学成分外,还有工艺因素等。因此,掌握合金的铸造性能,采取合理的工艺措施,可以防止铸造缺陷,提高铸件质量。

1.2.1.1 合金的充型能力

熔融金属充满型腔,形成轮廓清晰、形状完整的铸件的能力叫作液态合金的充型能力。影响液态合金的充型能力的因素有两个:一是合金的流动性,也就是液态金属本身的流动能力;二是外界条件,即铸型性质、浇铸条件、铸型结构等。因此,合金的充型能力是上述各种因素的综合反映。

1) 合金的流动性

液态金属本身的流动能力称为合金的流动性。流动性好的合金,充型能力强,易得到形状完整、轮廓清晰、尺寸准确、薄而复杂的铸件;反之,铸件容易产生浇不足、冷隔等铸造缺陷。流动性好还有利于金属液中的气体、非金属夹杂物的上浮与排除,有利于补充铸件凝固过程中的收缩。流动性不好,则铸件容易产生气孔、夹渣以及缩孔、缩松等铸造缺陷。

铸造合金流动性的好坏,通常以螺旋形流动性试样的长度来衡量。将金属液浇入图 1-1 所示的螺旋形试样的铸型中,在相同的铸型及浇注条件下,得到的螺旋形试样越长,表示该合金的流动性越好。

影响液态合金流动性的因素主要有合金种类、成分、温度、杂质含量和其他物理性能等。

(1) 合金的种类。合金的流动性与合金的熔点、导热系数、合金液的黏度等物理性能有关。常用铸造合金中(表 1-1),灰铸铁流动性最好,硅黄铜、铝硅合金次之。铸钢的熔点高,在铸型中散热快、凝固快,流动性差。铝合金导热性能好,流动性也较差。

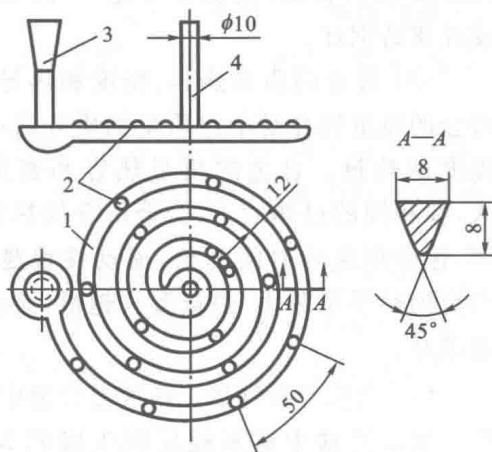


图 1-1 螺旋形试样

1—试样;2—试样凸点;3—浇口;4—出气口

表 1-1 常用合金的流动性比较

合 金	造型材料	浇注温度/℃	螺旋线长度/mm
铸铁($w_{C+Si}=6.2\%$)	砂 型	1 300	1 800
($w_{C+Si}=5.9\%$)		1 300	1 300
($w_{C+Si}=5.2\%$)		1 300	1 000
($w_{C+Si}=4.2\%$)		1 300	600
铸钢($w_C=0.4\%$)	砂 型	1 600	100
		1 640	200
铝硅合金	金属型(300 ℃)	690~720	100~800
镁合金(Mg-Al-Zn)	砂 型	700	400~600
锡青铜($w_{Sn}=9\%\sim11\%$)	砂 型	1 040	420
($w_{Zn}=2\%\sim4\%$)			
硅黄铜($w_{Si}=1.5\%\sim4.5\%$)		1 100	1 000

(2) 合金的成分。同种合金中,成分不同的合金具有不同的结晶特点,流动性也不同。纯金属及共晶成分合金的结晶是在恒温下进行的,结晶由铸件壁表面开始逐层向中心凝固,凝固层的内表面较为光滑,对尚未凝固的金属流动阻力小,金属流动的距离长。此外,对共晶成分的合金,由于其熔点最低,在相同浇注温度下,过热度(浇注温度与合金熔点的温差)大,液态金属存在的时间较长。因此,纯金属及共晶成分合金的流动性最好。

非共晶合金的结晶是在一定温度范围内进行的,铸件断面上有“固-液”双相并存区域。在此区域初生的树枝状晶使凝固层内表面参差不齐,阻碍液态合金的流动,因而对未结晶的液态合金的流动产生较大的阻力,流动性较差。合金的结晶温度范围越宽,树枝状晶越发达,对金属流动的阻力越大,金属的流动性就越差。

图 1-2 所示为铁碳合金的碳质量分数与流动性的关系。可见,纯铁和共晶铸铁的流动性最好,亚共晶铸铁和碳钢随着凝固温度范围变宽,流动性变差。铸铁的流动性比铸钢好。

(3) 合金的质量热容、密度和热导率。合金的质量热容是单位质量物质升高单位温度的热量。合金的质量热容和密度越大,在相同的过热度下,合金所含的热量越多,保持高温的时间越长,流动性也越好。合金的热导率越小,热量散失越慢,流动性也越好。

(4) 杂质与含气量。在液态合金中,凡能形成高熔点夹杂物的元素均会降低合金的流动性。如灰铸铁中锰和硫反应生成的 MnS 熔点高达 $1\ 650\text{ }^{\circ}\text{C}$,钢中 MnO ($1\ 785\text{ }^{\circ}\text{C}$), SiO_2 ($1\ 710\text{ }^{\circ}\text{C}$), Al_2O_3 ($2\ 050\text{ }^{\circ}\text{C}$), Cr_2O_3 ($1\ 900\text{ }^{\circ}\text{C}$), VC ($2\ 050\text{ }^{\circ}\text{C}$), BN ($3\ 000\text{ }^{\circ}\text{C}$), TiC ($3\ 180\text{ }^{\circ}\text{C}$) 等以及铝、镁合金中的氧化物夹杂,都使合金的流动性下降。但是,在熔融合金中呈液态的夹杂物由于熔点较低,在合金的熔融温度下有较大的过热,会使合金的黏度减小,从而提高合金

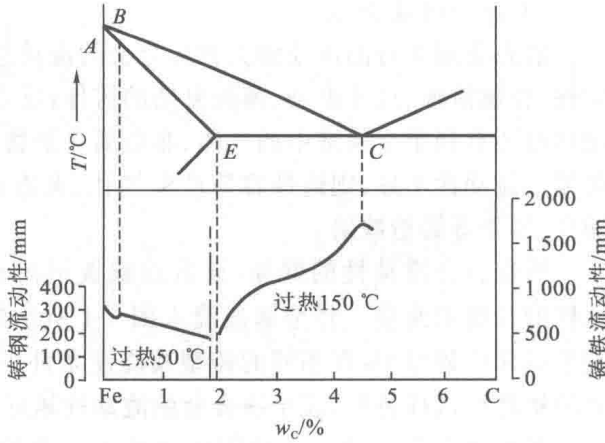


图 1-2 铁碳合金的碳质量分数与流动性的关系



的流动性。例如,用酸性炉熔炼的钢液,其夹杂物多为熔点较低的硅酸盐,在同样过热条件下,熔融钢液的流动性比在碱性炉中熔炼的要好。熔融金属中含气量愈少,合金的流动性愈好。

2) 外界条件

合金的流动性对充型能力的影响最大,其他影响合金充型能力的因素有浇注条件、铸型条件和铸件结构等。这些因素主要是通过影响金属与铸型之间的热交换条件,从而改变金属液的流动时间,或是影响金属液在铸型中的水动力学条件,从而改变金属液的流动速度来影响合金充型能力的。如果能够使金属液的流动时间延长,或加快流动速度,就可以改善金属液的充型能力。合金的流动性对充型能力的影响最大。此外,铸型和工艺条件也会改变合金的充型能力。

(1) 浇注条件。主要指浇注温度、充型压力和浇注速度。

① 浇注温度。浇注温度对合金充型能力有决定性影响。在一定范围内,浇注温度越高,合金流动性越好。因为浇注温度高,液态金属所含的热量多,在同样冷却条件下,保持液态的时间长,流动性好;浇注温度越高,合金的黏度越低,液体在铸型中的流动阻力减小,合金能够流动较长的距离;浇注温度越高,传给铸型的热量就越多,使铸型的温度升高,可以减缓铸型对金属的激冷作用,因而有利于液体金属的充型。因此,对薄壁铸件或流动性较差的合金,为防止浇不足和冷隔等缺陷的产生,可适当提高浇注温度。但浇注温度过高,液态合金的收缩增大,吸气量增加,氧化严重,铸件易产生缩孔、缩松、气孔、粘砂、粗晶等缺陷。故在保证充型能力足够的前提下应尽量降低浇注温度,一般在合金熔点以上 $100\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

② 充型压力。充型压力越大,液态合金在流动方向上的驱动力就越大,充型能力也就越好。砂型铸造时,充型压力是由直浇道的静压力产生的。适当提高直浇道的高度,可提高充型能力,但过高的砂型浇注压力易使铸件产生砂眼、气孔等缺陷。在低压铸造、压力铸造和离心铸造时,因人为加大了充型压力,故充型能力较强,从而易获得轮廓清晰、组织致密的铸件。

③ 浇注速度。浇注速度越快,充型的动压力越大。但浇注速度太快,易冲坏砂型,且可能使型腔内的气体来不及逸出,从而形成砂眼、气孔等缺陷及呛火等问题。生产中用控制浇注时间的方法来控制浇注速度。

此外,浇注系统结构越复杂,流动阻力越大,充型能力就越低。

(2) 铸型条件。铸型对合金充型能力也有显著影响,这主要体现在以下三个方面。

① 铸型的蓄热能力。即铸型从液态合金吸收并储存热量的能力。铸型的蓄热能力越大,铸型对液态合金的冷却能力越强,使合金保持液态的时间就越短,充型能力下降。例如,金属型铸造比砂型铸造充型能力差,容易产生浇不足等缺陷。

② 铸型温度。铸型的温度越高,铸型和金属液之间的温差越小,金属液冷却速度就越慢,保持液态的时间就越长,从而使合金充型能力提高。例如,金属型铸造和熔模铸造时,常将铸型预热到数百摄氏度。

③ 铸型中的气体。由于液态金属的热作用,型腔中的气体膨胀,型砂中的水分汽化、有机物燃烧和分解,从而使铸型产生大量气体。如果铸型的透气性差,则型腔内的气体压力迅速增大,阻碍熔融金属的充型。为此,应适当降低型砂的含水量和发气物质含量,以及开设必要的排气孔和增设排气冒口。

(3) 铸件结构。当铸件壁厚小、有大的水平面时,液态合金散热速度快,其充型能力差。若铸件结构复杂,则液态合金流动时的阻力大,其充型能力差。因此,在进行铸件结构设计时,铸件的壁厚必须大于最小允许壁厚值(表 1-2),且铸件的形状应力求简单。对于形状复杂、薄壁、大平面的铸件,应尽量选择流动性好的合金或采取其他相应措施。