



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

普通高等院校工程训练系列规划教材

材料成形 技术基础

汤猷则 主编
刘舜尧 主审

清华大学出版社



普通高等教育“十五”国家级规划教材

普通高等院校工程训练系列规划教材

材料成形 技术基础

汤猷则 主编

刘舜尧 主审

责任编辑：陈丽霞
封面设计：陈丽霞
半印：陈丽霞

清华大学出版社 清华大学出版社 清华大学出版社

http://www.tup.com.cn

总社 010-62770172

发行部 010-62770172

发行部 010-62770172

清华大学出版社 清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

清华大学出版社

北京

“十一五”国家级规划教材 内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在编写过程中认真总结了材料成形技术课程建设与教学改革的经验,在精选传统材料成形技术内容的基础上,增加了在现代工业制造工程中应用的新材料、新技术和新工艺,介绍了当前材料成形技术的新进展及发展趋势。全书共分7章,内容包括:液态金属铸造成形、固态金属塑性成形、金属材料焊接成形、粉末冶金成形、非金属材料与复合材料的成形、快速原型制造技术、选择材料成形方法时要考虑的问题。每节后附有适量的思考练习题。

本书是高等工科院校机械类专业本科学生的通用教材,也可供工科近机类专业学生选用,同时可作为相关科研及工程技术人员的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

材料成形技术基础/汤猷则主编. —北京:清华大学出版社,2008.7

(普通高等院校工程训练系列规划教材)

ISBN 978-7-302-17466-0

I. 材… II. 汤… III. 工程材料—成形—高等学校—教材 IV. TB3

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第057274号

责任编辑:张秋玲

责任校对:赵丽敏

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 刷 者:北京市昌平环球印刷厂

装 订 者:三河市兴旺装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:21.5

字 数:521千字

版 次:2008年7月第1版

印 次:2008年7月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:39.80元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:024885-01

改革开放以来,我国贯彻科教兴国、可持续发展的伟大战略,坚持科学发展观,国家的科技实力、经济实力和国际影响力大为增强。如今,中国已经发展成为世界制造大国,国际市场上已经离不开物美价廉的中国产品。然而,我国要从制造大国向制造强国和创新强国过渡,要使我国的产品在国际市场上赢得更高的声誉,必须尽快提高产品质量的竞争力和知识产权的竞争力。清华大学出版社和本编审委员会联合推出的普通高等院校工程训练系列规划教材,就是希望通过工程训练这一培养本科生的重要窗口,依靠作者们根据当前的科技水平和社会发展需求所精心策划和编写的系列教材,培养出更多视野宽、基础厚、素质高、能力强和富于创造性的人才。

我们知道,大学、大专和高职高专都设有各种各样的实验室。其目的是通过这些教学实验,使学生不仅能比较深入地掌握书本上的理论知识,而且掌握实验仪器的操作方法,领悟实验中所蕴含的科学方法。但由于教学实验与工程训练存在较大的差别,因此,如果我们的大学生不经过工程训练这样一个重要的实践教学环节,当毕业后步入社会时,就有可能感到难以适从。

对于工程训练,我们认为这是一种与社会、企业及工程技术的接口式训练。在工程训练的整个过程中,学生所使用的各种仪器设备都来自社会企业的产品,有的还是现代企业正在使用的主流产品。这样,学生一旦步入社会,步入工作岗位,就会发现他们在学校所进行的工程训练,与社会企业的需求具有很好的一致性。另外,凡是接受过工程训练的学生,不仅为学习其他相关的技术基础课程和专业课程打下了基础,而且同时具有一定的工程技术素养,开始走向工程了。这样就为他们进入社会与企业,更好地融入新的工作群体,展示与发挥自己的才能创造了有利的条件。

近10年来,国家和高校对工程实践教育给予了高度重视,我国的理工科院校普遍建立了工程训练中心,拥有前所未有的、极为丰富的教学资源,同时面向大量的本科学生群体。这些宝贵的实践教学资源,像数控加工、特种加工、先进的材料成形、表面贴装、数字化制造等硬件和软件基础设施,与国家的企业发展及工程技术发展密切相关。而这些涉及多学科领域的教学基础设施,又可以通过教师和其他知识分子的创造性劳动,转化和衍生出为适应我国社会与企业所迫切需求的课程与教材,使国家投入的宝贵资源发

挥其应有的教育教学功能。

为此,本系列教材的编审,将贯彻下列基本原则:

(1) 努力贯彻教育部和财政部有关“质量工程”的文件精神,注重课程改革与教材改革配套进行。

(2) 要求符合教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组所制订的课程教学基本要求。

(3) 在整体将注意力投向先进制造技术的同时,要力求把握好常规制造技术与先进制造技术的关联,把握好制造基础知识的取舍。

(4) 先进的工艺技术,是发展我国制造业的关键技术之一。因此,在教材的内涵方面,要着力体现工艺设备、工艺方法、工艺创新、工艺管理和工艺教育的有机结合。

(5) 有助于培养学生独立获取知识的能力,有利于增强学生的工程实践能力和创新思维能力。

(6) 融汇实践教学改革的最新成果,体现出知识的基础性和实用性,以及工程训练和创新实践的可操作性。

(7) 慎重选择主编和主审,慎重选择教材内涵,严格按照和体现国家技术标准。

(8) 注重各章节间的内部逻辑联系,力求做到文字简练,图文并茂,便于自学。

本系列教材的编写和出版,是我国高等教育课程和教材改革中的一种尝试,一定会存在许多不足之处。希望全国同行和广大读者不断提出宝贵意见,使我们编写出的教材更好地为教育教学改革服务,更好地为培养高质量的人才服务。

普通高等院校工程训练系列规划教材编审委员会

主任委员:傅水根

2008年2月于清华园

前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。它是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》和《工程材料及机械制造基础系列课程改革指南》的精神,在认真吸取国内兄弟院校教学改革和课程建设成果的基础上,结合编者多年的教学实践体会和教学经验编写而成的。

材料的选用与材料成形技术是机械制造生产过程中必须考虑的重要问题。材料的选用与材料成形技术密切相关。材料只有经过各种加工,包括材料的成形、切削加工、改性处理、热处理和连接等,最后形成产品,才能体现其功能和价值。随着科学技术的飞速发展,以金属材料为主要加工对象的机械制造技术已经发生了根本性的变化,金属在现代制造业中所占的比重日益下降,各种新材料所占的比重越来越大。材料成形技术已不再是仅仅涉及金属材料的成形,而是涉及各种不同工程材料的成形。因此,拓宽材料成形技术基础的研究领域,建设好以现代工程材料成形工艺为基础的课程,是适应当前工程教育和现代制造技术发展的必然趋势。

社会主义市场经济的发展对高等教育的人才培养提出了新的要求,既要注重培养学生获取知识的能力,更要注重学生全面素质的提高。基于这一要求,本书以各种材料的成形技术为主线,系统阐述了材料成形技术的基本原理、基本知识和工程应用三个层次的内容。在体系上,精选传统金属工艺学内容,增加先进制造技术及其工艺方法。在内容上,突出材料成形的理论基础,强化综合分析与应用,增加了在制造业中普遍应用的新材料,增加了计算机应用等多方面的新工艺和新技术。在选材及选择成形方法方面,安排了许多实例,给学生以一定的启发,同时还加强了质量、成本、环保、竞争意识等教学内容。另外,书末还增加了常用材料成形技术专业术语英汉对照表,以帮助学生科技英语。

教材注重理论联系实际。在讲清基本原理的基础上,从应用的角度出发,引入了大量实例,让学生从中学习分析和设计材料成形的基本方法和技巧。

教材注重加强针对性和实用性,力求把传授专业知识和培养专业技术应用能力有机地结合起来。培养学生正确运用材料成形的理论和方法的能力,让学生掌握解决实际问题的方法和手段,以达到使学生所学知识与工作

岗位要求内容接轨的目的。

教材内容的安排遵循人的认知规律。对概念、术语的引入,从实际出发,由浅入深,概念明确,条理性强。各节之后均附有思考练习题,供学生课后复习与扩展知识能力使用。

教材内的专业名词、术语、符号、单位等均采用最新国家标准和行业标准。

教材适用面宽。本教材既可作为高等工科院校机械类专业本科学生的通用教材,也可供工科近机类专业学生选用,同时可供相关科研及工程技术人员学习参考。教材具有较广的实用性和较大的参考价值。

本书由汤猷则主编,湘潭大学周增文、湖南工学院何鹤林任副主编。参加编写的人员还有中南大学钟世金,国防科技大学周继伟,湖南大学叶久新。

本书由中南大学刘舜尧教授主审,他对本教材的编写提出了许多宝贵的建设性意见,在此谨表示衷心的感谢!

在本书的编写过程中,参考并引用了许多有关手册、教材、学术杂志、文献资料上的相关内容,借鉴了兄弟院校和同行专家的教学改革成果。值此本教材出版之际,特向以上专家、教授表示诚挚的感谢!

本书涉及的专业面较广,由于编者水平所限,书中难免有错误和不足之处,敬请读者及专家指正。

编者

2008年4月

目录

绪论	1
1 液态金属铸造成形	6
1.1 液态金属成形理论基础	6
1.1.1 液态金属的流动性和充型能力	7
1.1.2 铸件的凝固与收缩	10
1.1.3 铸造内应力、变形和裂纹	15
思考练习题	19
1.2 砂型铸造	20
1.2.1 概述	21
1.2.2 造型材料及工艺装备	22
1.2.3 造型与造芯方法	25
1.2.4 砂型(芯)的烘干、合型、浇注及清理	30
1.2.5 铸造工艺方案的选择	33
1.2.6 铸造工艺参数的选择	36
1.2.7 铸造成形工艺设计实例	39
思考练习题	43
1.3 特种铸造	46
1.3.1 熔模铸造	46
1.3.2 金属型铸造	48
1.3.3 压力铸造	50
1.3.4 低压铸造	51
1.3.5 离心铸造	52
1.3.6 陶瓷型铸造	54
1.3.7 实型铸造	55
1.3.8 磁型铸造	55
思考练习题	56
1.4 常用合金铸件的生产	56
1.4.1 铸铁件生产	57

1.4.2 铸钢件生产	70
1.4.3 非铁合金铸件生产	72
1.4.4 常用铸造方法的比较	76
思考练习题	77
1.5 铸件结构设计	78
1.5.1 铸造工艺对铸件结构设计的要求	78
1.5.2 铸造性能对铸件结构设计的要求	80
思考练习题	84
1.6 液态金属成形新工艺、新技术	85
1.6.1 悬浮铸造	85
1.6.2 半固态金属铸造	86
1.6.3 近终形状铸造	87
1.6.4 计算机数值模拟技术	87
思考练习题	89
2 固态金属塑性成形	90
2.1 金属塑性成形理论基础	91
2.1.1 金属塑性变形的实质	91
2.1.2 金属的冷变形强化与再结晶	94
2.1.3 金属的冷、热塑性变形对组织结构和性能的影响	96
2.1.4 金属的锻造性能及影响锻造性能的因素	98
思考练习题	101
2.2 自由锻造	101
2.2.1 自由锻造的基本工序	102
2.2.2 自由锻造工艺规程的制定	103
2.2.3 自由锻造锻件的结构工艺性	107
2.2.4 毛坯加热方法	109
2.2.5 锻件冷却	112
思考练习题	113
2.3 模型锻造	113
2.3.1 锤上模锻	114
2.3.2 压力机上模锻	117
2.3.3 胎模锻	120
2.3.4 模锻件的结构工艺性	121
2.3.5 锻模结构设计	122
2.3.6 切边与冲连皮模的设计	125
思考练习题	126
2.4 板料冲压	127

2.4.1	冲压基本工序	127
2.4.2	冷冲压模具	135
2.4.3	冲压件的结构工艺性	141
	思考练习题	143
2.5	其他塑性成形方法	144
2.5.1	精密模锻	144
2.5.2	精密冲裁	145
2.5.3	挤压成形	146
2.5.4	轧制成形	148
2.5.5	塑性成形新工艺、新技术	149
	思考练习题	154
3	金属材料焊接成形	155
3.1	金属材料焊接成形理论基础	156
3.1.1	焊接基础知识	156
3.1.2	焊接电弧	158
3.1.3	熔化焊化学冶金过程	159
3.1.4	焊接接头	161
3.1.5	焊接应力与变形	163
	思考练习题	166
3.2	常用电弧焊方法	167
3.2.1	焊条电弧焊	167
3.2.2	埋弧自动焊	170
3.2.3	气体保护电弧焊	174
3.2.4	等离子弧焊接与切割	177
	思考练习题	179
3.3	其他焊接方法	179
3.3.1	熔焊	179
3.3.2	压焊	186
3.3.3	钎焊	189
3.3.4	焊接新技术、新工艺	191
	思考练习题	194
3.4	常用金属材料的焊接	194
3.4.1	金属材料的焊接性	194
3.4.2	碳素钢和低合金结构钢的焊接	196
3.4.3	不锈钢、耐热钢的焊接	197
3.4.4	铸铁的焊补	200
3.4.5	非铁金属及其合金的焊接	201

思考练习题	202
3.5 焊接件的结构工艺性	203
3.5.1 焊接结构件材料的选择	203
3.5.2 焊接方法的选择	204
3.5.3 焊接接头设计	206
3.5.4 焊接结构工艺设计	208
3.5.5 焊接结构图的绘制	211
3.5.6 焊接检验	214
思考练习题	216
4 粉末冶金成形	218
4.1 粉末冶金成形工艺	218
4.1.1 粉末的制取	218
4.1.2 粉末制品的成形	220
4.1.3 烧结	222
4.1.4 后处理	224
4.1.5 粉末冶金成形新技术、新工艺	224
思考练习题	227
4.2 粉末冶金制品的结构工艺性	228
4.2.1 粉末冶金制品的结构工艺要求	228
4.2.2 粉末冶金制品中的常见缺陷	231
思考练习题	234
5 非金属材料与复合材料的成形	235
5.1 工程塑料及其成形	235
5.1.1 工程塑料的组成及分类	235
5.1.2 工程塑料的成形性能	238
5.1.3 工程塑料的成形方法及模具	240
5.1.4 塑料制品的结构工艺性	250
思考练习题	257
5.2 橡胶及其成形	257
5.2.1 工业橡胶的组成及特点	257
5.2.2 橡胶制品成形技术	259
思考练习题	262
5.3 胶粘剂及黏结成形	262
5.3.1 胶接的特点及应用	263
5.3.2 常用胶粘剂	263
5.3.3 胶接工艺	265
思考练习题	267

5.4 工业陶瓷及其成形	267
5.4.1 陶瓷的组织结构及性能	267
5.4.2 常用陶瓷材料	269
5.4.3 陶瓷制品成形技术	270
思考练习题	276
5.5 复合材料及其成形	276
5.5.1 复合材料的性能特点	276
5.5.2 复合材料的分类	277
5.5.3 复合材料的成形方法	278
思考练习题	281
6 快速原型制造技术	282
6.1 快速原型制造技术的基本原理及应用特点	282
6.1.1 快速原型制造技术的基本原理	282
6.1.2 快速原型制造技术的应用特点	284
思考练习题	285
6.2 快速原型制造技术的典型工艺方法	286
6.2.1 立体光固化成形法	286
6.2.2 层合实体制造法	287
6.2.3 选择性激光烧结法	288
6.2.4 熔丝沉积制模法	290
6.2.5 三维喷涂黏结成形法	290
6.2.6 快速原型系统的主要技术指标	291
思考练习题	291
6.3 快速原型制造技术的应用及展望	292
6.3.1 采用逆向工程构造三维模型	292
6.3.2 快速原型制造技术的应用	294
6.3.3 快速原型制造技术展望	297
思考练习题	298
7 选择材料成形方法时要考虑的问题	299
7.1 材料成形方法的选择	299
7.1.1 零件的失效分析	299
7.1.2 材料成形方法选择的基本原则	301
思考练习题	305
7.2 零件毛坯的主要种类及成形特点	305
7.2.1 金属的铸造成形特点	305
7.2.2 金属的塑性成形特点	306

7.2.3 金属的焊接成形特点	307
7.2.4 塑料件的成形特点	310
7.2.5 粉末冶金件、陶瓷及复合材料件等的成形特点	311
思考练习题	316
7.3 常用零件毛坯的成形方法	316
7.3.1 常用零件毛坯的特点	316
7.3.2 毛坯成形方法选择实例	319
思考练习题	321
常用专业术语	323
主要参考文献	330

绪 论

“材料成形技术基础”是机械工程专业和相关工程专业的一门重要的综合性技术基础课程,主要研究机器零件的常用材料和材料成形方法,即从选择材料到毛坯或零件的成形。它是机械制造技术的重要组成部分,是现代工业生产技术的基础。材料成形技术可分为液态成形技术(铸造)、塑性成形技术(锻压)、连接成形技术(焊接)、粉末冶金成形技术、非金属材料成形技术等。大多数机械零件是用上述方法制成毛坯,然后经过机械加工(车、铣、刨、磨等),具有符合要求的尺寸、形状、相对位置和表面质量。

1. 我国材料成形技术的发展概况

我国是世界上应用材料成形技术最早的国家之一,特别是铸造和锻造。1975年在甘肃省东乡林家村古遗址中发现的一把青铜器铜刀,距今已有 5000 多年。出土的殷商祭器司马戊大鼎,不仅体积庞大,长和高都超过 1 m,质量达 875 kg,而且花纹精巧,造形美观,说明当时已具有很先进的铸造技术。1978 年在湖北省随州还出土了距今 2400 年前战国初期的曾侯乙墓青铜器,总质量达 10 t 左右,其中还有 64 件一套的编钟。公元前 6—7 世纪的春秋时代,我国就发明了冶铸生铁技术,比欧洲早 1700 年。对 1972 年河北藁城县商代遗址出土的兵器进行考证,距今已有 3300 余年。经采用现代技术检验,其刃口是采用合金嵌锻而成,这是我国至今发现的最早生产的锻件。我国的铸、锻生产历史虽然悠久,但由于历史原因,我国的社会生产力发展受到了严重束缚,长期处于手工和作坊式的落后状态,直到新中国成立之后,我国的铸、锻、焊工业才随着机械制造业的发展同步壮大起来。

改革开放以来,随着我国国民经济的持续快速发展,铸、锻、焊等生产也随之快速发展。统计表明,我国压铸机数量已超过 3000 台,大小铸造厂遍布全国。近几年来,我国铸件产量已达 1000 万 t/年,居世界前三位。我国目前拥有重点锻造企业 350 多家,其中合资与外资锻造企业 20 余家,主要锻造设备 32 000 多台,锻件年产量 260 余万 t。目前全世界锻件年产量约 1450 万 t,我国锻件产量居第一位。1996 年我国钢产量达 1 亿 t,居世界第一位,其中以焊接管为主的钢管近 1000 万 t,我国现已建有各类焊管厂 600 多家,焊管机组多达 2000 余套。铸件、锻件、焊接件的出口也逐年增长。

我国是铸、锻、焊件大国,但不是强国。与工业发达国家相比,我国的铸、锻、焊件生产的规模和产量上去了,但质量和效率上却存在较大差距。

2. 材料成形技术的作用和地位

材料成形技术在汽车、拖拉机与农用机械、工程机械、动力机械、起重机械、石油化工机

械、桥梁、冶金、机床、航空航天、兵器、仪器仪表、轻工和家用电器等制造业中,起着极为重要的作用。这些行业中的铸件、锻件、钣金件、焊接件、塑料件和橡胶件等的主要生产方式和方法都是利用材料成形技术。

采用铸造方法可以生产铸钢件,铸铁件,各种铝、铜、镁、钛及锌等有色金属铸件。我国铸件年产量超过 1400 万 t,是世界铸件生产第一大国。现已铸造出重约 315 t 的大型厚板轧机的铸钢框架,重 260 t 的大型铸铁钢锭模,还铸出了 300 MW 水轮机转子等复杂铸件,其尺寸精度达到了国际电工行业规定的标准。

采用塑性成形方法,既可生产钢锻件、钢板冲压件、各种有色金属及其合金的锻件和板料冲压件,也可生产塑料件与橡胶制件。据统计,全世界 75% 的钢材经由塑性加工。塑性成形加工的零件与制件,其比例在汽车与摩托车中占 70%~80%,在拖拉机及农业机械中约占 50%,在航空航天飞行器中占 50%~60%,在仪表中约占 90%,在家用电器中占 90%~95%,在工程与动力机械中占 20%~40%。

虽然采用连接方法生产独立的制件或产品不如采用铸、锻方法生产的数量多,但据国外权威机构统计,目前在各种门类的工业制品中,45% 的金属结构用焊接方法才得以成形,半数以上都是采用一种或多种连接技术制成的。

总之,材料成形技术是整个制造技术的一个重要领域,金属材料约有 70% 以上需经过铸、锻、焊成形加工才能获得所需制件,非金属材料也主要依靠成形方法才能被加工成半成品或最终产品。

只有使用先进的材料成形技术,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,将是振兴中国制造业的关键。

3. 主要的材料成形技术

由于传统的材料成形过程——铸造、锻造和焊接技术中,都有一个对坯料进行加热的过程,因此,材料成形技术曾被称为材料热加工工艺。材料成形技术是一门研究如何利用热加工方法将材料加工成机器零件和结构,并研究如何保证、评估、提高这些部件和结构的安全可靠度和寿命的技术科学,它属于机械制造学科。然而,现代科学技术的飞速发展,大量新材料新技术的应用,材料与成形技术的一体化使材料成形技术的内容已远远超过了传统的热加工范围,例如常温下的冷冲压、超声波焊接、物理气相沉积、化学气相沉积以及激光快速成形技术等,这些工艺方法已远远超过了传统的成形技术的概念,因此,现代材料成形技术可定义为:一切用物理、化学、冶金原理制造机器零件和结构,或改进机器零件化学成分、微观组织及性能的方法。其任务不仅是要研究如何使机器零件获得必要的几何尺寸,同时还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,从而保证机器零件的安全可靠度和寿命。

4. 材料成形技术的特点

根据材料成形方法的工艺原理不同,并与机械切削加工工艺相比较,可将材料成形技术的特点归纳如下:

(1) 一般在热态下成形。材料在热态下(液态或固态)通过模具或模型,在机器外力或材料自重作用下成形为所需制件,制件形状与最终零件产品相似或完全相同,有些留有一定

的机械加工余量。

(2) 产品性能良好。首先,采用成形工艺生产时,材料尤其是金属材料沿着零件的轮廓形状能够分布着连续的金属纤维,而一般切削加工时会将金属纤维割断。其次,材料在外力或自重作用下成形,处于三向压应力或以压应力为主的应力状态下成形,有利于提高材料的成形性能和材料的紧实程度,其综合效果有利于提高零件产品的内在质量,这里主要是指力学性能,如强度、疲劳寿命等。

(3) 材料利用率相对较高。对于相同的零件产品,当毛坯为棒状或块状金属时,一般要通过车、钻、刨、铣、磨等方法将多余金属切削掉,从而得到所需的零件产品;当采用铸、锻件为毛坯进行切削加工时,则仅将其机械加工余量切削掉即可。以常见的锥齿轮和汽车轮胎螺母为例,当采用第一种工艺方法生产时,其材料利用率分别为 41%、37%;当采用第二种工艺方法生产时,其材料利用率分别为 68%、72%。其一般规律是,零件形状越复杂,采用成形工艺加工时的材料利用率越高。

(4) 产品尺寸规格一致。对于大批量生产的机电与家电产品来说,由于产品尺寸规格一致,生产中更能获得价廉物美的效果。

(5) 劳动生产率高。对于成形工艺,普遍可采用机械化、自动化流水作业来实现大批大量乃至大规模生产。

(6) 一般制件尺寸精度比切削加工的低,而表面粗糙度值比切削加工的高。

因此,对于金属零件的生产,一般采用材料成形工艺来获得具有一定机械加工余量和尺寸公差毛坯,然后通过机械切削加工获得最终产品。

5. 材料成形技术的发展趋势

1) 采用精密成形技术

从节约材料资源和能源出发,零件的少、无切削加工已成为制造技术发展的重要方向。材料成形的精密化,从尺寸上看,已进入亚微米和纳米技术领域。在 20 世纪 90 年代中期,国际生产技术协会及有关专家曾预测:到 21 世纪初,零件粗加工的 75%、精加工的 50% 将采用成形工艺来实现。其总的发展趋势是,由近形(near net shape of productions)向净形(net shape of productions)发展,即向通常所说的向精密成形方向发展。以轿车为例,汽车质量减轻 10% 可使燃烧效率提高 10%,并减少 10% 的污染。为了达到每 100 km 油耗减少到 3 L 的目标,要求整车质量与目前相比减轻 40%~50%。因此,其铸、锻件生产的发展趋势为:以轻代重,以薄代厚,少、无切削,精密化,成线成套,高效自动化。

目前,广泛应用精密毛坯,例如精密铸件、精密锻件、板料精密冲裁件等。精密成形零件主要是一些形状比较简单的零件。而较为普遍的方法是,将零件上难以进行切削加工的、形状复杂的部分采用精密成形工艺,使其完全达到最终形状与尺寸精度,而其余容易采用切削加工的部分,仍采用切削加工方法使其达到最终要求。近年来,有的齿轮加工就采用这一方法,即齿形采用精铸或精锻,而小花键孔和一些窄的台阶面均采用切削加工,这样可以达到良好的效果。

2) 采用复合成形技术

复合成形工艺包括铸锻复合、铸焊复合、锻焊复合和不同塑性成形方法的复合等。如液态模锻即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,然后施以机械静压

力,使熔融或半熔融状态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、锻两种工艺的的优点,尤其适合于锰、锌、铜、镁等有色金属合金零件的成形加工,近年来发展很快。

铸焊、锻焊复合工艺,则主要应用于一些大型机架或构件,一般首先采用铸造或锻造方法加工成铸钢或锻钢单元体,然后通过焊接将单元体连接成形获得所需制件。板料冲压与焊接复合工艺,是先采用冲压方法获得单个钣金制件,再通过焊接方法获得所需的整体构件,这在轿车覆盖件和载货汽车车身的生产中应用广泛。

3) 采用快速成形技术
生产的发展促使铸造、锻压、焊接等成形不断采用新技术和新方法,从不同的角度不断地提高生产率。同时,各种新型高效成形技术不断涌现,其主要方法有:将逆向设计(RE)、快速成形(RP)、快速制模(RT)技术结合起来,建立起快速制造平台;将数值模拟技术应用与铸、锻、焊和热处理等工艺设计中,并与物理模拟和专家系统结合起来确定工艺参数,优化工艺方案,预测加工过程中可能产生的缺陷及防止措施,控制和保证成形工件的质量。例如,波音公司采用的现代产品开发系统,将新产品研制周期从8年缩短到5年,工程返工量减少了50%。2002年日本丰田公司在研制佳美新车型时将研发周期缩短了10个月。

目前,快速成形原理的多种技术和方法已进入了实用阶段。这些技术的发展和已引起成形技术的一场革命,并正在改变着传统的机械制造业。

4) 采用计算机辅助设计与制造技术

模具、模型及工装是实现材料成形生产的重要工艺装备。例如,生产一辆东风EQ140载货汽车,一般需要各种模具4000多套。如果采用计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)就能大大提高其设计、制造效率与质量。模具CAD/CAM是发展模具工业的先进技术,其优点是将计算机的快速与人的智力紧密结合,可显著提高模具设计与制造的速度和质量,缩短周期,快速反应,提高竞争力。工业发达国家于20世纪70年代开始研究与开发CAD/CAM技术,到80年代已将一些简单的模具CAD/CAM系统应用于模具设计与制造,90年代中末期以来CAD/CAM技术得到了较快的发展,开发了不少实用性的商业软件。

5) 采用计算机数值模拟技术

材料成形过程模拟有液态金属凝固过程模拟、固态金属塑性成形过程模拟、金属材料焊接过程模拟和塑料注射成形过程模拟等。目前,计算机数值模拟(CAE)的方法主要是采用有限元法通过计算机实现。通过成形过程的模拟分析,可以获得工件的内部金属或高分子材料质点的流向分布、温度场、应力与应变场、成形力-变形行程曲线和瞬间轮廓形状,同时还可预测是否会形成缺陷及缺陷所在位置,为制定合理的工艺参数、优化原始毛坯(如钣金件的展开毛坯)和中间毛坯、获得优质制件提供更为科学的依据。

随着功能强大的专业软件和高效集成制造设备的出现,以三维造形为基础,基于并行工程(CE)的模具CAD/CAM技术正成为发展方向,它能实现面向制造和装配的设计,实现成形过程的模拟和数控加工过程的仿真,使设计、制造一体化。

6. 教学目的及要求

本课程的教学目的及要求是:

(1) 初步掌握铸造、锻压、焊接、粉末冶金及其他材料成形加工的基本原理和工艺方法;