



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



普通高等教育“十五”国家级规划教材

材料成形工艺

第2版

华中科技大学 夏巨谏 主编
西北工业大学 张启勋



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
普通高等教育“十五”国家级规划教材

材料成形工艺

第2版

主 编	夏巨谌	张启勋	
参 编	郝启堂	李远才	姚泽坤
	王新云	金俊松	熊腊森
	刘顺洪	杨思乾	李德群
	周华民		



机械工业出版社

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，全书共分为六篇：第一篇简要讲述材料成形工艺的发展概况、作用及特点；第二篇讲述液态金属的成形过程及控制、各种砂型与特种铸造成形的原理和方法、铸件的铸造工艺设计；第三篇着重讲述固态金属塑性成形中的模锻工艺及锻模设计、板料冲压工艺及冲模设计，其次讲述其他体积金属塑性成形和板管成形新工艺；第四篇系统讲述金属焊接成形原理、主要工艺方法、构件的焊接设计、焊接新技术和焊接成形件的缺陷分析及检测技术；第五篇在简要讲述塑料的性能与工艺特性的基础上，重点讲述塑料制品的设计原则、注射成型工艺及模具，其次讲述橡胶成形工艺与橡胶成形模具设计；第六篇着重讲述各种成形工艺方法的选用原则和工艺方案的技术经济论证。

本书可供高等院校材料加工工程专业的学生使用，也可供机械类专业学生和从事铸、锻、焊生产技术与科学研究工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料成形工艺/夏巨谔, 张启勋主编. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2010. 1

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-111-29295-1

I. 材… II. ①夏…②张… III. 工程材料—成型—工艺—高等学校—教材 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 231592 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 冯春生 责任编辑: 周璐婷 版式设计: 霍永明

责任校对: 陈延翔 责任印制: 李妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2010 年 2 月第 2 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 22.25 印张 · 552 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-29295-1

定价: 36.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010)88379649

读者服务部: (010)68993821

封面无防伪标均为盗版

第2版前言

《材料成形工艺》(第1版)于2004年10月出版发行以来,较好地满足了材料成形及控制工程专业人才培养的要求。广大读者在充分肯定成绩的同时,也提出了不少中肯的意见,这些意见主要可归纳为:材料成形工艺是材料成形及控制工程专业本科生毕业后从事的技术工作内容,因此,希望教材内容应与目前铸、锻、焊及塑料等制造行业的相应技术需求紧密结合;使学生具有较强的工艺分析计算与模具设计能力;使学生了解国内外发展动态,培养创新能力。

本书在保持《材料成形工艺》(第1版)的体系结构特点的基础上,着重围绕这些意见和专业发展趋势进行了修订,现将其主要修订内容说明如下:

1) 第一篇概述为第1版的绪论,虽然主要内容仍是讲述铸、锻、焊、注塑等材料成形工艺的发展概况、作用、特点及发展趋势,但修订后的内容不仅能使学生学到这些入门知识,更重要的还能了解不同成形工艺的共同特点;其一,材料主要是在热态下成形;其二,材料是在模具的型腔内压制成形;其三,成形工艺的发展方向是精密成形。第六篇即原书第五篇综合应用,着重讲述了铸、锻、冲、焊、注塑等材料成形工艺方法的选用原则和工艺方案的技术经济论证。该两篇较为充分地概括了各种材料成形工艺的共同特点和内在联系,有利于培养学生对各种材料成形工艺的综合分析和总体把握能力,符合教育部“全面推进素质教育,培养创新人才”的高等教育改革与教材建设的精神。

2) 第二篇液态金属铸造成形工艺是在第1版第一篇的基础上修订而成。第2版第二章是在保持第1版第一章液态金属成形过程及控制的基本结构及内容的基础上,作了少许修改,并适当增加了成形机理分析;针对我国目前砂型铸造产量占整个铸件产量的80%以上这一生产实际,在第三章集中讲述砂型铸造,将其成套技术讲深讲透;第四章为特种铸造,简要介绍熔模铸造、消失模铸造、压力铸造、离心铸造和低压与差压铸造的工艺原理、特点及应用范围;第五章讲述液态金属成形工艺设计,并在最后一节介绍一完整的设计实例。

3) 第三篇固态金属塑性成形工艺(第1版第二篇),将第1版第五章毛坯加热与锻件冷却、第六章开式模锻工艺及模具设计和第七章精密模锻工艺及模具设计合并为第2版第六章模锻工艺及锻模设计,第七章其他体积金属塑性成形工艺是将第1版第八章中的墩锻成形工艺改为粉末金属锻造而成;第八章冲压工艺及冲模设计和第九章板管成形新工艺两章,分别是在第1版第九章中增加了板料冲压性能试验方法、板料成形极限、模具结构设计和板管液压成形。针对冲压行业量大面广的特点,本篇在修订时压缩了体积金属塑性成形工艺的篇幅,增加了板料金属塑性成形工艺的内容。

4) 第四篇金属焊接成形工艺是在第1版第三篇金属连接成形工艺的基础上,删去使用面窄而又与焊接无实质联系的螺钉联接、铆接、粘接和钣金咬接等联接方法,增加搅拌摩擦焊接、金属焊接等内容,集中讲述金属焊接原理、主要工艺方法、构件焊接设计、焊接新技术、焊接件的缺陷分析及检测技术。

5) 第五篇高分子材料成形工艺,是在第1版第四篇的基础上增加了塑料片材、板材、棒材的热成形、挤塑成形工艺及模具。

6) 第六篇即原书第五篇综合应用,着重讲述了铸、锻、冲、焊、注塑等材料成形工艺方法的选用原则和工艺方案的技术经济论证。讲课教师可在书中所列选用原则和实例的基础上,增加自己所熟悉的典型实例来丰富讲授内容。

经过上述修订,本书的结构将更加合理,重点更加突出,更加贴近工业生产实际,也更加便于教师讲授和学生学习。

本书由华中科技大学夏巨谌、西北工业大学张启勋主编,参加编写的有西北工业大学张启勋、郝启堂,华中科技大学李远才(第二篇),华中科技大学夏巨谌、王新云、金俊松,西北工业大学姚泽坤(第三篇),华中科技大学刘顺洪、熊腊森,西北工业大学杨思乾(第四篇),华中科技大学李德群、周华民、夏巨谌(第一篇、第五篇、第六篇)。本书由武汉理工大学华林、姜奎华两位教授主审。

鉴于作者水平所限,书中如有不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

第1版前言

为了适应国家教育改革形势的发展,根据教育部最新专业目录,全国大部分理工科院校已将原铸造、锻压、焊接专业合并组建为材料成形及控制工程大专业。要培养综合素质高、专业口径宽、知识结构合理的栋梁之材,在很大程度上取决于教材建设。

本书已入选为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。它是在华中科技大学等高校编写出版的改革教材《塑性成形工艺及设备》、《铸造工程基础》、《焊接工程基础》基础上,结合西北工业大学相关教材改革成果及近年来大材料、大机械类及材料加工工程与机械制造相互交叉的专业学科发展趋势,以培养具有国际竞争力的高素质创造性人才为目标,力争编写成一本精品教材。

本书的编写思路及特点为:以工艺为主线,兼顾模具设计;以传统工艺为基础,兼顾精密成形新工艺的导向;侧重基础,着重于工艺基础和关键技术的论述;对于不同类型的成形工艺,做到精选内容,写透一种,举一反三;在绪论中着重讲述不同成形工艺的共同点,在结尾(第五篇)中归纳出不同成形工艺的选用原则和方法,既有利于全书形成有机的整体,又有利于培养从多方面观察与分析实际工艺问题和技术创新能力。

全书由液态金属铸造成形工艺、固态金属塑性成形工艺、金属连接成形工艺、高分子材料成形工艺和材料成形工艺的选用共五篇组成。第一篇系统地讲述了液态金属的成形过程及控制、各种典型铸造技术的原理和方法、铸件的工艺设计和液态金属成形新工艺;第二篇在简要介绍毛坯加热和锻件冷却的基础上,着重讲述了固态金属塑性成形中的开式模锻、精密模锻、板料冲压及板管成形等工艺和相应的模具设计;第三篇系统地讲述了金属连接成形原理、主要工艺方法、构件的焊接设计、焊接新技术和焊接成形件的缺陷分析及相应的检测技术;第四篇在简要讲述塑料的性能与工艺特性的基础上,着重讲述了塑料制品的设计原则、注射成型工艺及注射模,其次讲述了橡胶成形工艺及模具;第五篇着重讲述了各种成形工艺的选用原则、方法和工艺方案的技术经济论证。

本书由华中科技大学夏巨谌、西北工业大学张启勋主编。具体分工如下:张启勋(第一、三章),西北工业大学郝启堂(第二章),华中科技大学樊自田(第四章),夏巨谌与西北工业大学姚泽坤(第五、六、七、八章),夏巨谌(绪论、第二十章),华中科技大学陈志明、王新云(第九、十章),华中科技大学熊腊森(第十一、十二、十三、十四章),西北工业大学杨思乾(第十五章),华中科技大学李德群、周华民(第十六、十七、十八、十九章)。本书由武汉理工大学姜奎华教授主审。

鉴于作者水平所限,书中如有不当之处,敬请读者批评指正。

编者

目 录

第 2 版前言

第 1 版前言

第一篇 概 述

第一章 材料成形工艺的发展概况、作用、特点及发展趋势	2
复习思考题	7

第二篇 液态金属铸造成形工艺

第二章 液态金属成形过程及控制	10
第一节 液态金属充型过程的水力学特性及流动情况	10
第二节 浇注系统的设计	19
第三节 液态金属凝固收缩过程的工艺分析	26
第四节 冒口设计	29
第五节 冷铁设计	38
复习思考题	43
第三章 砂型铸造	44
第一节 砂型和砂芯的制造方法	44
第二节 粘土湿型	45
第三节 钠水玻璃砂型	49
第四节 树脂砂型(芯)	53
第五节 砂型(芯)的烘干合箱、浇注及落砂清理	62
复习思考题	64
第四章 特种铸造	66
第一节 熔模铸造	66
第二节 消失模铸造	70
第三节 压力铸造	74
第四节 离心铸造	81
第五节 低压与差压铸造	86
复习思考题	89
第五章 液态金属成形工艺设计	91
第一节 液态金属成形工艺设计概论	91
第二节 铸造工艺方案的确定	92
第三节 铸造工艺参数的确定	97
第四节 液态金属成形工艺设计实例	100
复习思考题	104

第三篇 固态金属塑性成形工艺

第六章 模锻工艺及锻模设计	106
第一节 毛坯加热与锻件冷却	106
第二节 锻件分类及锻件图设计	107
第三节 开式模锻的变形特征及终锻与预锻模膛设计	113
第四节 制坯工步的选择及模膛设计	117
第五节 锻模结构的设计	124
第六节 闭式模锻工艺及模具设计特点	131
第七节 精密模锻的特点及应用	137
复习思考题	138

第七章 其他体积金属塑性成形工艺 ··· 140	第四节 拉深 ····· 166
第一节 挤压成形工艺 ····· 140	第五节 冲压模具设计 ····· 170
第二节 等温锻造工艺 ····· 145	第六节 冲压工艺及模具设计实例 ····· 182
第三节 粉末冶金锻造 ····· 147	复习思考题 ····· 185
复习思考题 ····· 149	第九章 板管成形新工艺 ····· 186
第八章 冲压工艺及冲模设计 ····· 150	第一节 板料的旋压成形 ····· 186
第一节 概述 ····· 150	第二节 板料的介质成形 ····· 189
第二节 冲裁 ····· 153	第三节 板料的超塑性与电磁成形 ····· 194
第三节 弯曲 ····· 161	第四节 管料的塑性成形 ····· 196
	复习思考题 ····· 204
第四篇 金属焊接成形工艺	
第十章 金属焊接成形的主要工艺 ····· 206	第十二章 金属构件焊接工艺设计 ····· 253
第一节 电弧焊 ····· 206	第一节 金属材料的焊接性 ····· 253
第二节 电阻焊 ····· 225	第二节 金属构件常用材料的焊接 ····· 256
第三节 钎焊 ····· 230	第三节 焊接方法的选择 ····· 263
复习思考题 ····· 234	第四节 金属构件焊接接头的设计 ····· 265
第十一章 焊接新技术及相关技术 ····· 235	复习思考题 ····· 269
第一节 高能束焊接 ····· 235	第十三章 焊接成形件的缺陷及检测 ··· 270
第二节 智能化焊接 ····· 239	第一节 常见焊接缺陷 ····· 270
第三节 搅拌摩擦焊 ····· 242	第二节 焊接检验方法 ····· 271
第四节 金属焊接的相关技术 ····· 248	第三节 焊接过程的检测与控制 ····· 280
复习思考题 ····· 252	复习思考题 ····· 283
第五篇 高分子材料成形工艺	
第十四章 塑料的性能与工艺特性 ····· 286	第二节 螺纹与齿轮的设计 ····· 302
第一节 塑料的性能和用途 ····· 286	第三节 金属嵌件的设计 ····· 304
第二节 塑料的组成和分类 ····· 287	第四节 制品尺寸精度与表面粗糙度 ····· 305
第三节 塑料的工艺特性 ····· 289	复习思考题 ····· 309
复习思考题 ····· 293	第十六章 注射成型工艺及注射模 ····· 310
第十五章 塑料制品的设计原则 ····· 294	第一节 注射工艺过程 ····· 310
第一节 制品的材料和几何形状 ····· 294	第二节 注射工艺的影响因素 ····· 312
	第三节 常用塑料及其注射工艺 ····· 314

第四节 热成型.....	317	第一节 橡胶的特性与分类	325
第五节 注射模具的基本结构	319	第二节 橡胶成型的基本工艺	326
复习思考题	324	第三节 橡胶成型模具的设计	330
第十七章 橡胶成形工艺及模具.....	325	复习思考题	336

第六篇 综合应用

第十八章 材料成形工艺的选用.....	338	参考文献.....	347
复习思考题	346		

第一篇

概 述

1

第一章 材料成形工艺的发展概况、作用、特点及发展趋势

材料成形工艺主要包括液态金属铸造成形工艺、固态金属塑性成形工艺、金属材料焊接成形工艺和高分子材料成形工艺等(简称铸造、塑性成形、焊接和注塑,或称铸、锻、焊和注塑),是机械制造的重要组成部分,是现代化工业生产技术的基础。铸、锻、焊生产能力及其工艺水平,对一个国家的工业、农业、国防和科学技术的发展影响很大。

一、我国材料成形工艺的发展概况

材料成形工艺,尤其是铸造和锻造,我国是世界上应用最早的国家之一。目前发现的青铜器是1975年在甘肃省东乡林家村古遗址中的一把铜刀,距今已有5000多年。1978年在湖北省随州出土距今2400年前战国初期的曾侯乙墓青铜器总质量达10t左右,其中有64件的一套编钟,分8组包括辅件在内用铜达5t之多。钟面铸有变体龙纹和花卉纹饰,有的细如发丝,钟上铸有镀金铭文2800多字,标记音名与音律。整套编钟音域宽达五个半八度,可演奏各类名曲,音律准确和谐,音色优美动听,铸造工艺水平极高。公元前6~7世纪的春秋时代,我国就发明了冶铸生铁的技术,比欧洲早1700年。1972年,河北藁城县商代遗址出土的兵器经考证,距今已有3300余年,经采用现代技术检验,其刃口采用合金嵌锻而成,这是我国至今发现最早生产的锻件。早在远古的铜、铁器时代,当人类刚开始掌握金属冶炼并用来制作简单的生产和生活器具时,火烙铁钎焊、锻焊方法就已为古人所发现并得到应用。我国的铸、锻生产虽然历史悠久,但长期处于手工和作坊的落后状态,直到新中国成立之后,我国的铸、锻、焊工业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、焊生产也突飞猛进。据统计,我国压铸机数量超过3000台,大小铸造厂遍布全国。近几年来,我国铸件产量已超过1000万t/年,居世界前列;我国目前拥有重点锻造企业350余家,其中合资与外资锻造企业数十家,主要锻造设备32000台,锻件年产量近500万t。目前全世界锻件年产量约1500万t,我国锻件产量居第一位。1996年以来,我国年钢产量达2亿t以上,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、焊生产的差距不是表现在规模和产量上,而是集中表现在质量和效率上。据文献介绍,20世纪90年代初统计的铸造生产,美国50~60t/(人·年),日本70t/(人·年),前苏联40t/(人·年),而中国低于8t/(人·年)。锻件和焊接件生产情况与铸造生产情况类似。概括起来,我国铸、锻、焊工业存在的主要问题是:企业数量多,但规模小,尤其是专业化生产的企业少,商品铸、锻、焊接件少;一般设备数量多,高精高效专用设备少,一般铸、锻焊生产能力过剩,而高精和特种铸、锻、焊生产能力不足;计算机CAD/CAM/CAE技术应用不广;专业人才力量薄弱等。

尽管存在这些问题,但发展前景非常广阔。一是汽车工业大发展尤其是轿车加速进入家

庭,家用电器更新换代和与制造业息息相关的各行各业大发展,为我国铸、锻、焊工业的发展提供了强大动力;二是我国加入WTO后,一些工业发达国家纷纷将制造业尤其是铸、锻、焊加工业向我国转移,同时,出口迅速增长,为我国铸、锻、焊及塑料工业发展和技术进步提供了极好机遇。

二、材料成形工艺的作用和地位

材料成形工艺在汽车、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。它是实现这些行业中的铸件、锻件、钣金件、焊接件、塑料件和橡胶件等生产的主要方式和方法。

采用铸造方法可以生产铸钢件、铸铁件,各种铝、铜、镁、钛及锌等有色合金铸件,我国已铸造出重约315t的大型厚板轧机的铸钢框架,重260t的大型铸铁钢锭模,还铸出 30×10^4 kW水轮机转子等复杂铸件,其尺寸精度达到国际电工会议规定的标准。采用铸造方法还可铸造壁厚为0.3mm、长度为12mm、质量为12g的小型铸件。铸件的比例在机床、内燃机、重型机器中占70%~90%;在风机、压缩机中占60%~80%;在农业机械中占40%~70%;在汽车中占20%~30%。综合起来,铸件在一般机器生产中占总质量的40%~80%。

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,还可生产塑料件与橡胶制品。塑性成形加工的零件与制品,其比例在汽车中与摩托车中占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%。

虽然采用焊接方法生产独立的制件或产品不如铸、锻方法的多,但据国外权威机构统计,目前在各种门类的工业制品中,半数上都采用一种或多种焊接技术才能制成。在钢铁、汽车和铁路车辆、舰船、航空航天飞行器,原子能反应堆及电站、石油化工设备,机床和工程机械、电器与电子产品以及家电等众多现代工业产品与桥梁,高层建筑,城市高架或地铁、油和气远距离输送管道、高能粒子加速器等许多重大工程中,焊接技术都占据十分重要的地位,其应用尤为广泛。

总之,材料成形工艺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加工成半成品或最终产品。

以载货汽车为例,一辆汽车由数十个部件、上万个零件装配而成。其中发动机上的气缸体、气缸套、气缸盖、离合器壳体、手动变速箱壳体、自动变速箱壳体、后桥壳体、活塞、活塞环、化油器壳体、油泵壳体等,系采用铸铁、铸铝和铝合金压铸工艺生产;连杆、曲轴、气门、齿轮、同步器、万向节、十字轴、半轴、前桥等及板簧零件,系采用模锻工艺生产;驾驶室顶棚、车门、前盖板、挡泥板、侧围板、后围板、车箱、油箱、底盘上的大梁、横梁、保险杠、轮毂等零件,系采用冲压工艺和焊接工艺联合生产;仪表板(部分汽车)、转向盘、灯罩(部分)等,系采用注塑件;而轮胎为橡胶压制件。总之,一辆汽车有80%~90%的零件系采用成形工艺生产的。

三、材料成形工艺的特点

材料成形工艺的几种主要方法有铸造、锻造、冲压、焊接与注塑等。铸造是将液态合金

注入铸造模型(简称铸型)中使之冷却,凝固而获得铸件产品;锻造与冲压是将固态金属(体积金属或板料金属)加热,或在室温下在锻压机器的外力作用下通过模具成形为所需锻件或冲压件产品;焊接则是将若干个坯件或零件通过焊接方法连接成为一个整体构件而获得焊接制品;注塑是采用注射成型机将粒状塑料连续输入到成型机的料筒并加热熔融使其呈粘性流动状态,由料筒中的螺杆或柱塞通过喷嘴注入到闭合的模具型腔中,经过保压和冷却固化定型而得到塑料制品。

由上述几种主要材料成形方法的工艺原理,并与机械切削加工工艺相比较,可将材料成形工艺的特点归纳如下:

(1) 材料一般在热态下模压成形 在此热态下(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,留有一定的机械(切削)加工余量或机械加工余量为零。

(2) 材料利用率高 对于相同的零件产品,当采用棒料或块状金属为毛坯时,要通过车、钻、铇、铣、磨等方法将多余金属切削掉,从而得到所需零件产品;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%;当采用精密成形工艺生产时,其材料利用率分别为83%、92%。可见,采用普通成形工艺时,材料利用率比切削加工时分别提高了27%、35%;而采用精密成形工艺时则分别提高了42%、55%。其一般规律是,零件形状越复杂,采用成形工艺时的材料利用率越高。

(3) 产品性能好 这主要是成形工艺生产时,材料尤其是金属材料沿零件的轮廓形状分布,金属纤维连续,而切削加工时则将金属纤维割断;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“结实”程度,其综合效果是有利于提高零件产品的内在质量,主要是力学性能,如强度、疲劳寿命等。以锥齿轮为例,采用成形工艺生产同采用切削加工生产相比,其强度、抗弯疲劳寿命分别提高20%,而热处理变形降低了30%,这将有利于提高其使用寿命。

(4) 产品尺寸规格一致 特别是对大批量生产的机电与家电产品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,仍以锥齿轮和汽车轮胎螺母为例,同采用切削加工相比其生产率分别提高2倍和3倍,有的零件可提高数倍乃至数十倍。

(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 即使在室温下成形,因模具或模型的磨损、弹性变形等因素,必将影响制件尺寸精度和表面粗糙度;而当在热态下成形时,因金属毛坯的氧化和热胀冷缩等因素,其制件尺寸精度和表面粗糙度更受影响。

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

四、材料成形工艺的分类

根据材料种类和成形方法的不同,材料成形工艺大致的分类如图1-1所示。此外,若按制件的机械加工余量及公差大小,还可分为一般铸锻成形和精密成形。

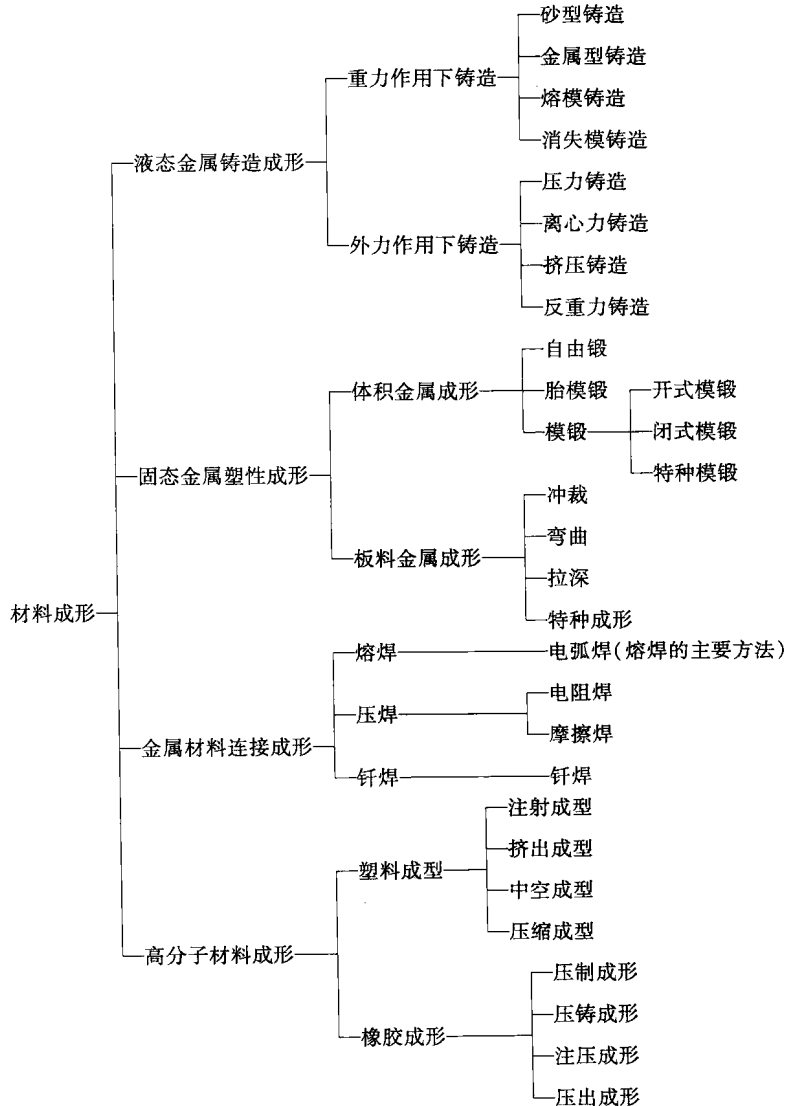


图 1-1 材料成形工艺分类

分类的作用主要是为了制订成形方案和模具、模型与工装设计。显然，类型相同和相近的工艺其成形工艺方案、模具或模型与工装设计方法相同或相近。

五、材料成形工艺的发展趋势

1. 精密成形工艺

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，即通常所说的向精密成形发展。以轿车为例，其铸、锻件生产工艺的发展趋势为，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，精化毛坯应用广泛，例如精密铸件、精密锻件、板料精密冲裁件等。精密成形较为普遍的方法是，将零件上难于进行切削加工的、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，效果良好。

2. 复合成形工艺

复合成形工艺有铸锻复合、锻焊复合、铸焊复合和不同塑性成形方法的复合等。如液态模锻即铸锻复合成形工艺，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、镁等有色金属合金零件的成形加工，近年来发展很快。

复合塑性成形工艺种类多，发展迅速，这主要有：多工序温冷复合精密成形，如锥齿轮，先采用温态闭式精密模锻获得变形余量极小的齿轮锻件，经过清理、退火和磷化皂化处理，再采用冷挤压方法获得最终零件，精度可达7级，完全满足轿车的使用要求；内高压胀形与冷冲压工艺复合成形，如轮廓为三维曲线的复杂管件，即先采用高达200MPa以上的内高压，使其按模具型腔成形为不同截面和形状的直长管件，然后采用压扁、弯曲或扭转等工序获得所需制件等。

铸焊、锻焊复合工艺则主要用于一些大型机架或构件，它采用铸造或锻造方法加工成铸钢或锻钢单元体，然后通过焊接方法获得所需制件。板料冲压与焊接复合工艺即先采用冲压方法获得单个钣金制件，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。

3. 材料成形过程的计算机数值模拟(CAE)

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型过程模拟等。目前，数值模拟的方法主要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，同时可预测是否会形成缺陷及其所在位置，为制订合理的工艺参数，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。

4. 模具、模型及工装的计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)

模具、模型及工装是实现材料成形工艺生产的重要工艺装备，生产一辆载货汽车，一般需要各种模具1000余套。工业发达国家的模具产业已于20世纪80年代初逐步从机床行业分离出来形成了一个独立的工业部门，且其产值超过了机床工业。我国台湾省的模具工业的产值于1987年首次超过了该省机床工业。20世纪80年代以来，我国的模具工业发展也十分迅速，近年来，一直以每年15%左右的速度快速发展，并于90年代末其产值也超过了机床工业的产值。2007年中国模具工业总产值达500亿元人民币，但仍花数亿美元进口轿车及电子产品等所需大型、精密、复杂模具。这表明，中国模具工业不仅在数量上还有很大的发展空间，而在品种与质量上发展空间更大。

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年代开始进行研究与开发，80年代一些简单的模具CAD/CAM系统开始应用于模具设计与制造，90年代中末期以来得到了较快的发展，开发了不少的实用化的

商业软件。我国以华中科技大学模具技术国家重点实验室和上海交通大学模具 CAD 工程技术研究中心为代表,先后于 20 世纪 80 年代初期和中期开始开展注射模、多工位级进模、汽车覆盖件冲压成形模和低压铸造模具 CAD/CAM 系统的开发,其中,注射模和低压铸造模具 CAD/CAM 系统已在全国塑料制品和铸造行业中推广应用。

未来,一是在模具设计与制造中推广应用国内外高水平的 CAD/CAM 商业软件;二是加紧开发与应用 CAD/CAM/CAE 一体化系统软件,使我国一体化系统软件尽快赶上国外先进水平,促进我国模具设计与制造技术快速发展。

复习思考题

1. 试说明材料成形工艺在科学技术及国民经济中的作用。
2. 分析材料成形工艺的特点,并分析不同材料成形工艺中的共性技术有哪些?
3. 论述材料成形工艺的发展趋势。

