



普通高等教育
『十一五』
国家级规划教材

材料成形装备 及自动化

樊自田 主编



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

材料成形装备 及自动化

主 编	樊自田
副主编	莫健华
参 编	万 里 陈 金 姜幼卿
	叶春生
主 审	吴浚郊 张俊德



机械工业出版社

本书共分为9章,介绍了装备在材料成形中的作用及工业自动化的含义、金属液态成形装备及自动化、金属塑性成形装备及自动化、金属连接成形装备及自动化、高分子材料成形设备及自动化、快速成形装备及控制、玻璃和陶瓷等其他材料成形装备、热处理工业炉及其控制、材料成形加工中的环境保护装备。

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,可供高等院校材料成形及控制工程专业本科生、材料加工工程专业研究生使用,也可供机械大类和材料大类专业学生及从事相关专业生产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

材料成形装备及自动化/樊自田主编. —北京:机械工业出版社, 2006.3

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 7-111-18617-6

I. 材… II. 樊… III. 工程材料-成型-设备-自动化系统-高等学校-教材 IV. TB3

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第015760号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:张祖凤 版式设计:霍永明 责任校对:吴美英

封面设计:姚毅 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2006年8月第1版·第1次印刷

1000mm×1400mm B5·14.375印张·557千字

定价:35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线电话(010)88379711

封面无防伪标均为盗版



樊自田 男, 1962年10月生, 华中科技大学教授、博士生导师。分别于1988年和1999年获华中理工大学硕士和博士学位。现任华中科技大学材料学院材料工程系副主任, 兼任全国铸造学会学术委员会委员、全国铸造学会造型材料学术委员会委员、全国半固态加工成形学术委员会委员。

长期从事金属液态成形工艺、材料及装备的理论研究、教学实践及应用开发工作。主要研究方向为: 铝镁合金液态精确成形及过程控制, 基于水玻璃砂的绿色清洁生产技术, 材料加工虚拟系统等。主持过国家自然科学基金资助项目“可控气压下镁合金消失模铸造的充型特征及界面作用(50275058)”、“非常温作用下水玻璃旧砂表面特征及界面作用(50575085)”及数十项与国内著名企业的合作项目。

在国内外重要期刊和国际会议上发表研究论文80余篇, 获国家专利5项, 出版著作4部, 获省部级科技进步三等奖1项。已培养博士、硕士研究生15名, 在读博士、硕士研究生11名。

前言

装备是整个工业和国民经济的基础,工业的自动化与信息化又是现代工业与国民经济发展的必然趋势。材料成形装备及其自动化的进展是材料成形工业技术发展的主要标志,全面了解并掌握材料成形装备及自动化方面的知识是对当代“材料成形及控制工程”专业大学生的必然要求。

经过数十年的发展,原铸造、锻压、焊接、热处理等专业已自成体系,相对较为独立。这些专业又分成形工艺、成形材料、成形装备等研究方向,且以讲授金属材料的热加工成形内容为主,专业学习的知识面较窄。新的“材料成形及控制工程”专业的知识内容,覆盖了原铸造、锻压、焊接、热处理等专业,还包括塑料、陶瓷、玻璃等材料的成形及过程控制的内容,其中,“成形装备及自动化”课程是本专业的核心课程之一,内容包含了原来的“铸造机械化”、“锻压设备”、“焊接设备及自动化”、“热处理工业炉”、“塑料成形机械”、“陶瓷工业机械设备”、“玻璃加工机械”等课程内容。以往的教材已无法满足新专业的教学内容的要求,针对此,编写了本教材,以满足专业合并改造后材料成形及控制工程专业的教学及人才培养。

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,编写的指导思想:以讲述材料成形装备的结构和原理为主体,以讲述装备的控制与自动化为重点。内容既包括传统材料成形加工方法(铸造、锻压、焊接)的装备及其自动化的内容,又包括高分子材料(塑料、橡胶等)及其他材料(陶瓷材料、玻璃等)的成形装备与控制,还介绍了材料加工成形领域的最新研究与应用成果,如“材料的快速成形装备控制”、“半固态金属成形装备”等现代先进材料成形加工技术的内容。鉴于21世纪对环境保护、绿色加工成形技术的重视与发展,书中还介绍了“材料成形加工中的环境保护装备”,符合材料成形加工及制造行业绿色可持续发展的时代要求。

在编写方法上,编者力争反映材料成形装备及自动化的共性知识,使金属材料、高分子材料、陶瓷材料等的加工成形设备融为一体,促进专业的融合及其知识面的拓宽。重点或详细介绍各材料成形装备及方法中的主要设备和自动化程度较高的新型设备,而对其中的次要设备或较旧式设备只作简要介绍或不作介绍。

本书由华中科技大学樊自田教授担任主编,华中科技大学莫健华教授为副主编。编写分工为:第1章、第7~9章,樊自田教授;第2章,华中科技大学万里副教授、樊自田教授;第3章,华中科技大学陈柏金副教授;第4章,华中科

技大学姜幼卿副教授；第5章，华中科技大学叶春生副教授；第6章，莫健华教授。本书由清华大学吴浚郊教授、武汉理工大学华林教授、华中科技大学张俊德教授担任主审。主审分工为：第1章、第2章、第9章，吴浚郊教授；第3~6章，华林教授；第7章、第8章，张俊德教授。

由于涉及的内容繁多，加之作者水平有限，书中难免有不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 材料的分类及其成形装备概述	1
1.1.1 材料的分类	1
1.1.2 材料的成形方法分类及装备概述	2
1.2 装备在材料成形加工中的作用	6
1.3 工业自动化的含义	7
1.3.1 工业生产过程	8
1.3.2 工业自动化内容	8
1.4 本课程的知识基础及教学目标	10
第2章 金属液态成形装备及自动化	11
2.1 概述	11
2.2 金属熔化及浇注装备	13
2.2.1 冲天炉熔化	13
2.2.2 电炉熔化	18
2.2.3 自动浇注装备	20
2.3 砂处理装备及自动检测系统	25
2.3.1 砂处理装备概述	25
2.3.2 旧砂处理装备	26
2.3.3 混砂装备	28
2.3.4 砂处理系统的自动检测/监测	34
2.4 造型装备及自动化生产线	35
2.4.1 粘土砂用造型装备	36
2.4.2 树脂砂制芯/型装备	53
2.4.3 造型生产线	57
2.5 铸件落砂及清理自动化	62
2.5.1 铸件落砂	62
2.5.2 铸件清理	63
2.6 压力铸造装备及自动化	65
2.6.1 压铸机分类及结构	65
2.6.2 压铸机的液压及电气控制	72
2.6.3 压铸生产自动化	75
2.7 低压铸造装备及自动化	77

2.7.1 低压铸造机的类型及构造	77
2.7.2 低压铸造的自动加压控制系统	78
2.8 消失模精密铸造装备及生产线	80
2.8.1 泡沫塑料模样的成形装备	81
2.8.2 造型装备及生产线	83
2.9 半固态铸造成形装备	87
2.9.1 半固态浆料的制备装置	88
2.9.2 半固态铸造成形装备	90
2.9.3 半固态铸造的其他装置	90
2.9.4 半固态铸造生产线及自动化	92
第3章 金属塑性成形装备及自动化	94
3.1 概述	94
3.1.1 金属塑性成形装备在现代工业中的地位	94
3.1.2 金属塑性成形装备的发展趋势	94
3.1.3 金属塑性成形装备的分类	96
3.2 液压成形装备	97
3.2.1 液压机的控制原理与特点	99
3.2.2 板材冲压液压机	102
3.2.3 锻造液压机	105
3.3 精冲压力机	111
3.3.1 精冲原理	112
3.3.2 精冲压力机工作特点	112
3.3.3 精冲压力机结构简介	114
3.3.4 精冲压力机的规格及主要技术参数	117
3.4 多工位压力机	117
3.4.1 多工位压力机的工作原理及特点	118
3.4.2 多工位压力机结构简介	121
3.4.3 多工位送料系统	124
3.5 数控冲压装备	131
3.5.1 数控转塔冲床工作原理及特点	131
3.5.2 数控转塔冲床结构	133
3.5.3 数控转塔冲床数控系统	137
3.6 伺服压力机	140
3.6.1 伺服压力机的工作原理	141
3.6.2 伺服折弯机同步控制系统	143
3.7 塑性成形自动化技术	146
3.7.1 板料冲压生产线自动化	146
3.7.2 锻压生产的柔性加工系统	149

第 4 章 金属连接成形设备及自动化	158
4.1 概述	158
4.2 弧焊设备及自动化	159
4.2.1 电弧静特性和弧焊电源基本特性简介	159
4.2.2 埋弧焊设备	163
4.2.3 熔化极氩弧焊设备	169
4.2.4 CO ₂ 气体保护电弧焊设备	175
4.2.5 钨极氩弧焊设备	178
4.2.6 等离子弧焊接设备	184
4.3 电阻焊装备及自动化	191
4.3.1 电阻焊原理及分类	191
4.3.2 电阻焊机的基本结构	192
4.3.3 点焊装备	193
4.3.4 缝焊装备	200
4.3.5 对焊装备	206
4.4 激光焊接设备	213
4.4.1 激光焊原理及分类	213
4.4.2 固体激光焊接机	214
4.4.3 气体激光焊接机	217
4.5 焊接机器人	222
4.5.1 概述	222
4.5.2 点焊机器人	223
4.5.3 弧焊机器人	228
第 5 章 高分子材料成形设备及自动化	233
5.1 概论	233
5.1.1 高分子材料的加工性能	233
5.1.2 高分子材料成形方法分类	234
5.1.3 高分子材料加工成形设备的特点	235
5.2 塑料注射机	236
5.2.1 注射部分主要性能参数	236
5.2.2 合模力性能参数	245
5.2.3 注塑工艺控制流程	248
5.2.4 注射机的电气控制系统	252
5.3 橡胶成形设备及自动化	259
5.3.1 橡胶挤出机的基本结构和工作原理	260
5.3.2 橡胶挤出机的基本技术参数	260
5.3.3 橡胶挤出机的控制系统	262
5.4 其他高分子材料成形设备	269

5.4.1 压制成形	269
5.4.2 压延成形	273
5.4.3 板材成形设备	273
5.4.4 成形装备的发展趋势	274
第 6 章 快速成形装备及控制系统	276
6.1 概述	276
6.1.1 快速成形技术的发展	276
6.1.2 快速成形技术的应用	277
6.1.3 快速成形技术的展望	278
6.2 典型快速成形系统	279
6.2.1 立体光刻成形	279
6.2.2 选择性激光烧结成形	285
6.2.3 熔丝沉积成形	291
6.2.4 薄材叠层成形	298
6.3 CAD 图形与快速成形系统的数据交换	304
6.3.1 引言	304
6.3.2 STL 格式	304
6.3.3 CLI 格式	306
6.3.4 从三维 CAD 造型软件导出 STL 格式文件	310
6.4 快速成形技术的数据处理	312
6.4.1 STL 格式的数字模型	312
6.4.2 STL 文件的一致性规则及错误	312
6.4.3 STL 文件的错误处理方法	315
6.4.4 STL 格式的优缺点及其改进格式	316
6.4.5 数字模型的数据处理	318
6.4.6 快速成形技术的加工路径	322
6.4.7 切片轮廓的偏置算法	324
6.4.8 变网格划分算法	328
6.4.9 便宜算法——RP 常用的一种路径优化算法	330
6.4.10 RP 软件介绍	331
6.5 金属板材数控无模单点成形系统	335
6.5.1 引言	335
6.5.2 国外金属板材无模成形技术研究简况	335
6.5.3 金属板材无模单点成形原理	335
6.5.4 国内的研究与装备开发	337
第 7 章 其他重要的材料成形装备	342
7.1 陶瓷成形装备	342
7.1.1 陶瓷技术装备概述	342

7.1.2 陶瓷原料生产加工装备	344
7.1.3 成形机械装备	350
7.1.4 施釉与装饰机械装备	356
7.2 玻璃成形装备	359
7.2.1 玻璃制品生产的工艺过程	360
7.2.2 玻璃成型的主要装备	361
7.2.3 以制瓶机为中心的生产线	366
7.2.4 玻璃制品的加工装备	367
7.3 粉末材料成形装备	371
7.3.1 粉末冶金加工工艺过程简介	371
7.3.2 粉末材料压力成形装备	375
7.3.3 烧结及气体保护设备	381
第8章 工业炉及其控制	386
8.1 工业炉的种类及特点	386
8.1.1 热能的产生与热交换概述	386
8.1.2 工业炉的种类及特点	387
8.1.3 工业炉的基本要求及其主要组成	388
8.2 热处理工业炉及其生产线	389
8.2.1 热处理工艺概述	389
8.2.2 连续淬火热处理炉	390
8.2.3 多室可控气氛渗碳炉	394
8.2.4 真空热处理炉	394
8.3 热处理生产自动线	396
8.3.1 盐浴炉及其热处理生产线	396
8.3.2 气体渗碳淬火自动线	399
8.3.3 钢板弹簧热处理生产线	403
8.4 其他工业用炉	408
8.4.1 多用途箱式电阻炉	408
8.4.2 室式锻造加热炉	410
8.4.3 干燥炉	412
8.5 炉温检测及控制系统	415
8.5.1 常用的测温方法	415
8.5.2 温度检测系统组成	416
8.5.3 炉温自动控制系统举例	416
第9章 材料加工中的环境保护装备	420
9.1 环境保护的意义及国家的环境保护法	420
9.1.1 可持续发展与绿色制造	420
9.1.2 国家的环境保护法简介	420

9.1.3 材料加工中的环保设备概述	421
9.2 除尘装备	422
9.2.1 粉尘的危害及其最高容许浓度	422
9.2.2 旋风除尘器	423
9.2.3 袋式除尘器	424
9.3 噪声及振动控制	424
9.3.1 噪声的危害及其允许等级	424
9.3.2 噪声控制	424
9.3.3 压力加工设备的隔振装置	425
9.4 废气净化装置	427
9.4.1 废气的最高容许浓度及其净化方法	427
9.4.2 冲天炉喷淋式烟气净化装置	428
9.4.3 消失模铸造 (EPC) 废气净化装置	430
9.5 污水处理设备	430
9.5.1 污水的排放标准及处理方法	430
9.5.2 污水处理工艺流程	432
9.5.3 污水处理设备	432
9.6 旧砂再生回用设备	433
9.6.1 旧砂回用与旧砂再生	433
9.6.2 旧砂再生的方法及选择	434
9.6.3 典型再生设备的结构原理及使用特点	435
9.6.4 再生砂的后处理	436
9.6.5 典型的旧砂干法再生系统	437
9.6.6 典型的旧砂湿法再生系统	439
9.6.7 典型的旧砂热法再生系统	441
参考文献	443

第 1 章 绪 论

1.1 材料的分类及其成形装备概述

1.1.1 材料的分类

材料通常是指可以用来制造有用的构件、器件或其他物品的物质。根据化学组成和显微结构特点，材料分为金属材料、无机非金属材料、高分子材料、复合材料等种类，其中的复合材料是由前三者相互构成的。材料的分类及组成关系如图 1-1 所示。

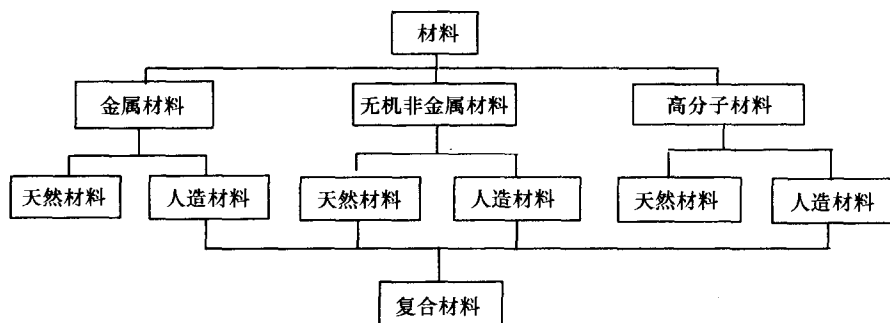


图 1-1 材料的分类及组成关系

金属材料包括钢铁、铜合金、铝合金、镁合金等。高分子材料包括塑料、树脂、橡胶等。无机非金属材料几乎包括除金属材料、高分子材料以外的所有材料，主要有陶瓷、玻璃、胶凝材料（水泥、石灰和石膏等）、混凝土、耐火材料、天然矿物材料等。

复合材料是指由两个或两个以上独立的物理相，包括粘结材料（基体）和颗粒、纤维或片状材料所组成的一种固体产物。复合材料的组成分为两大部分：基体与增强材料。其中，基体是构成复合材料连续相的单一材料（如玻璃钢中的树脂），增强材料是复合材料中不构成连续相的材料（如玻璃钢中的玻璃纤维）。复合材料根据其基体材料的不同，又可分为聚合物基复合材料（如树脂基复合材料）、金属基复合材料、无机非金属基复合材料（如陶瓷基复合材料）三种。

材料还可以根据其性能特征、用途、状态等分类。根据性能特征的不同，可

分为结构材料、功能材料,前者以力学性能为主,后者以物理、化学特性为主。根据用途可分为建筑材料、航空材料、电子材料、半导体材料等。根据状态可分为固体材料、液体材料、粉末材料。

1.1.2 材料的成形方法分类及装备概述

不同的材料应采用不同的成形方法,同一种材料处于不同状态时也有不同的成形方法。

(1) 金属材料成形 对金属材料而言,其成形方法通常分为冷加工、热加工两大类。冷加工成形是指切削加工,如车削、刨削、磨削、铣削、镗削等。热加工成形则有铸造(或液态成形)、锻压(挤压)、焊接、粉末冶金等方法。

由于铸造成形和焊接成形是在金属的液态下经冷却凝固后完成,故有人将它们称为金属的液态成形;而金属的锻压(挤压)成形是在固态下通过施力使金属材料受力后塑性变形而完成,故又称为金属材料的塑性成形。当金属处于半固态下(即金属的温度处于固相线与液相线之间),可采用半固态铸造或液态锻压成形。

金属材料的铸造成形、塑性成形、焊接成形的工艺方法又多种多样,常见的金属材料热加工成形方法特点及主要装备等见表 1-1。金属材料成形装备的种类十分繁多,其主要装备及其自动化将在后面的章节阐述。

表 1-1 常见的金属材料热加工成形方法特点及主要装备

金属材料成形方法		工艺特点、适用场合	主要装备
铸造成形	砂型铸造	用模样和型砂制造砂型的铸造工艺,制造砂型经过:型(芯)砂紧实、起模、下芯、合型、浇注、落砂、清理等过程。根据粘结剂的不同,它又包括粘土砂型铸造、树脂砂型铸造、水玻璃砂型铸造、壳型(覆膜砂型)铸造等。它应用十分广泛,可适用于钢、铁、铜、铝、镁等各类金属及其合金材料的各种尺寸和重量的铸件生产	各类造型机、制芯机、铸型输送机及辅助装备、落砂机、砂处理设备、清理设备等
	金属型铸造	采用金属铸型的铸造工艺,金属型可以重复使用,又称为永久型铸造。金属型铸造的工艺过程及装备较为简单,常用于铜、铝、镁、锌等有色金属及合金的铸件生产	金属型铸造机
	熔模铸造	铸型为蜡模熔失后而形成的中空型壳,又称为失蜡铸造或精密铸造。所得铸件尺寸精度高、表面粗糙度低,其工艺过程包括蜡模制造、结壳、脱蜡、焙烧、浇注等。它主要用于高熔点和难切削的铸钢、合金铸钢、合金铸铁等材料的中小精密铸件(如航空航天铸件等)的生产	压蜡机、结壳生产线、焙烧炉等
	消失模铸造	用泡沫塑料模样代替木模或金属型,用无粘结剂干砂、水玻璃砂等型砂进行造型,无需起模,高温金属液浇注到铸型中的模样上,泡沫模样受热汽化、消失而形成铸件。其工艺过程包括铸件模样及其浇冒系统的制造与组合、涂料及干燥、填砂及振动紧实、浇注及落砂等,可用于钢、铁、铜、铝、镁等各类金属及合金材料的铸件生产	模样成形机、振动紧实台、热干砂冷却系统、真空系统等

(续)

金属材料成形方法		工艺特点、适用场合	主要装备
铸造成形	离心铸造	将金属液浇入高速旋转的金属铸型中,使其在离心力作用下充填铸型、凝固形成铸件。它用于生产空心旋转体铸件很有优势,大量用来生产管筒类铸件(如铁管、铜套、缸套等)	离心铸造机
	压力铸造	在高压(30~70MPa)作用下将液态或半固态金属快速(充填速度5~100m/s、充型时间0.05~0.2s)压入金属铸型中,并在压力下凝固获得铸件的方法。压铸的生产率高易于实现自动化,可生产尺寸精度高、表面粗糙度低、结构形状复杂的铸件,目前主要用生产锌、铝、镁等有色金属合金铸件	冷室压铸机、热室压铸机
	低压铸造	介于金属型铸造与压力铸造之间的一种铸造方法,在低压(0.02~0.07MPa)干燥的气体作用下将金属液注入型腔,并在压力下凝固成形铸件。低压铸造时,铸件无需设置冒口,由浇道兼起补缩作用,铸件的组织性能好,主要用于铝合金铸件的大量生产,也可用于球墨铸铁、铜合金等的较大铸件	低压铸造机
	挤压铸造	在铸型中浇入一定量的金属液,上型随即向下运动,金属液自下而上充型。其主要特征是压力(2~10MPa)和速度(0.1~0.4m/s)较低,无涡流飞溅现象,铸件致密无气孔。能铸造出高品质的大平面薄壁件(汽车门、机罩等),多用于铝合金,也可用于钢铁铸件	挤压铸造机
塑性成形	轧制塑性成形	金属坯料在两个回转轧辊之间受压变形而形成各种产品的成形工艺。轧制过程中坯料靠摩擦力得以连续从轧辊之间通过而受压变形,结果是其截面减小、长度增加。轧制通常用于生产钢板、型材、管材等,也可直接成形零件毛坯	各类轧机
	挤压塑性成形	金属坯料在挤压模内受压被挤出模孔而变形的成形工艺。挤压过程中,坯料的截面依模孔的形状减小其长度增加。挤压可以获得各种复杂截面的型材或零件,适于低碳钢、非铁金属及合金的加工,也可用于合金钢和难熔合金的成形	各类压力机
	拉拔塑性成形	将金属坯料拉过拉拔模的模孔而变形的成形工艺。拉拔模模孔的截面形状和使用性能对产品有决定性影响。该工艺主要用于制造各类细线材薄壁管等,可以完成低碳钢和大多数非铁金属及其合金的拉拔成形	各类拉拔(或拉力)机
	自由锻成形	金属坯料在上、下砧间受冲击力或压力作用而变形的成形工艺。该成形工艺简单,自由度大,无需模具,成本低。它常用于成形低碳钢的零件毛坯	各类锻锤
	模锻成形	金属坯料在具有一定形状的锻模模膛内受冲击或压力而变形的成形工艺,主要用于成形低碳钢质重要的受力零件或精锻毛坯,如机器的主轴、重要齿轮、连杆、炮管等	各类锻锤或压力机
	板料冲压成形	金属坯料在冲模之间受压产生分离或变形的成形工艺,广泛用于汽车、电器、仪表及日用品制造工业,如小汽车外壳、仪表盘架等	各类压力机

(续)

金属材料成形方法			工艺特点、适用场合	主要装备
焊接成形	熔焊	电弧焊	以带有药皮的焊丝为一个电极,以工件为另一个电极,通过短路引燃电弧,在电弧的高温作用下,工件(母材)和焊丝熔化形成熔池,经冷却凝固后形成焊缝而实现工件间的连接。根据焊接过程中的保护介质的不同,它又可分为焊条电弧焊、气体保护焊、埋弧焊等种类,它们工艺装备简单,主要用于板材的焊接。它适用于低碳钢和低合金的焊接,也适用于有色金属、铸铁、不锈钢等材料的焊接	各类弧焊机
		电渣焊	利用电流通过熔渣时产生的电阻热加热并熔化焊丝和母材来进行焊接的一种熔焊方法,又可分为丝极电渣焊、板极电渣焊、管板电渣焊等。电渣焊时,焊接电源的一极接在焊丝的导电嘴上,另一极接在工件上,焊丝由机头上的送丝机构送入渣池熔化,其凝固后形成焊缝。它可用于锅炉、重型机械、化工等行业的厚大工件的焊接,材质除碳钢、各类合金钢、铸件外,也可用来焊接各种有色金属	电渣焊机
		电子束焊	利用高速运动的电子撞击工件时,将动能转化为热能并将焊缝熔化进行熔化焊。该工艺焊接质量好,但成本高,主要用于微电子器件、导弹外壳、核电站炉气包、难熔或活性金属等焊接,广泛用于原子能、航空、航天等技术领域	电子束焊机
		激光焊	利用光学系统将激光束聚焦成微小的光斑,使其能量密度达 $10^{13} \text{W}/\text{cm}^2$,材料熔化而焊接。它又可分为脉冲激光焊和连续激光焊。该工艺生产率高,无焊接变形,材料不易氧化,但设备系统复杂,常用于薄板和微型电子器件的焊接	激光焊机
		等离子弧焊	利用机械压缩效应、热压缩效应和电磁收缩效应将电弧压缩为细小的等离子体的一种焊接工艺。等离子弧的温度高,能量密度大,穿透能力强,可一次性熔化较厚的材料,既可用于焊接又可用于切削。该工艺广泛用于国防工业的合金钢、钨、钼、钴、钛等金属的焊接,如钛合金导弹壳体、波纹管等,但等离子弧焊设备系统复杂,气体耗量大等	等离子弧焊机
	压焊	电阻焊	利用电阻热为热源,并在压力下通过塑性变形和再结晶实现焊接,其过程包括预压、通电加热、压力下冷却结晶等。电阻焊又有点焊和缝焊之分,当采用圆柱电极实施焊接时即为电阻点焊;电阻缝焊是连续的点焊过程,缝焊用连续转动的盘状电极代替柱状电极。电阻焊主要用于汽车、飞机等薄板的大量生产	电阻点焊机和电阻缝焊机
		摩擦焊	利用工件接触面相对旋转运动中相互摩擦所产生的热使端面达到塑性状态,然后迅速顶锻,完成焊接的一种压焊方法。摩擦焊的优点很多,主要有焊件的尺寸精度高,接头品质好,生产率高,适于焊接异种金属(如:铜-不锈钢、铝-铜等)的焊接等。它主要用于汽车、拖拉机工业中批量的杆状零件及圆柄刀具的焊接	摩擦焊机

(续)

金属材料成形方法	工艺特点、适用场合	主要装备
焊接成形	将表面清洗好的工件以搭接形式装配在一起,把钎料(熔点比焊件低)放在接头间隙附近或接头间隙中,当工件与钎料被加热到稍高于钎料的熔点温度后,钎料熔化,被吸入并充满工件间隙中,液态钎料与工件金属相互扩散溶解,冷却后形成钎焊接头。钎焊又分为硬钎焊、软钎焊。硬钎焊的钎料熔点在 450℃ 以上,接头强度较高,在 200MPa 以上,用于受力较大的钢铁和铜合金构件的焊接及工具、刀具的焊接;软钎焊的钎料熔点在 450℃ 以下,接头强度较低,一般不超过 70MPa,只用于受力不大、工作温度较低的仪表、导电元件、铜合金等的焊接	钎焊设备

(2) 塑料成形 塑料制品的种类很多,其成形装备也多种多样,主要有挤出机、注射机等。

几乎所有的热塑性塑料都可以用挤出成形法加工,挤出成形的产品包括管材、各种型材、板材、薄膜、中空制品等。另外,挤出机还可用于塑料的混合、造粒、塑化等。

注射成形是将热塑性塑料或热固性塑料加工成制品的重要成形方法之一。注射成形能够加工出外形复杂、尺寸精确和带有嵌件的塑料制品。注射机是注射成形的主要成形设备,其生产效率高,易实现自动化。

(3) 粉末材料的成形 许多材料都可以粉末形式出现,如金属粉末、陶瓷粉末、高分子聚合物粉末等。粉末材料通常可采用压制烧结成形(如粉末冶金)和粘结注射成形等。

粉末冶金是一种制造金属粉末,并以金属粉末(有时也添加少量非金属粉末)为原料,经过混合、成形和烧结,制造材料或制品的成形方法。它能制造出用传统的熔铸和加工方法无法制成、具有独特性能的材料或制品。粉末冶金的生产工艺与陶瓷的生产工艺在形式上相似,故粉末冶金又称为金属陶瓷法。

粉末注射成形(Powder Injection Molding, PIM)是一种采用粘结剂固结金属粉末、陶瓷粉末、复合材料、金属间化合物的一种特殊成形方法。它是在传统粉末冶金技术基础上,结合塑料工业的注射成形技术而发展起来的一种近净成形(Near-Shaped)技术。目前,极有发展前景的注射成形粉末材料有金属粉末的注射成形(Metal Powder Injection Molding, MIM)和陶瓷粉末的注射成形(Ceramic Injection Molding, CIM)。

(4) 材料的快速成形 快速成形(RP——Rapid Prototyping)技术的发明和出现,给材料的加工成形注入了全新的概念。它基于“离散/堆积”的成形思想,集数控技术、CAD/CAM 技术、激光技术、新材料和新工艺技术等于一身,以极