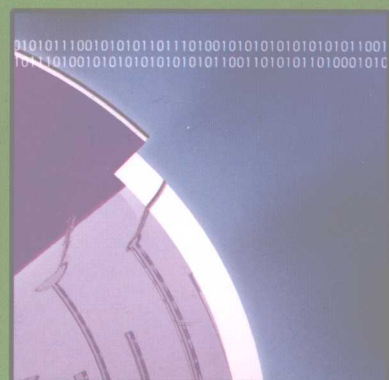
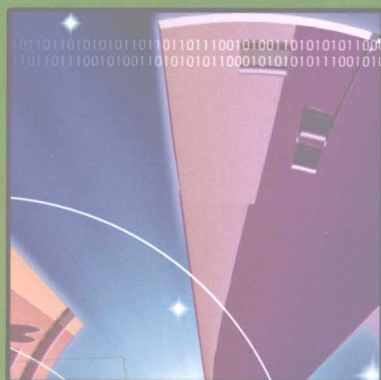


材料成形装备 控制技术

CAILIAO CHENGXING ZHUANGBEI
KONGZHI JISHU

吴丰顺 熊晓红 万里 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



材料成形装备控制技术

吴丰顺 熊晓红 万 里 编著



机械工业出版社

本书全面系统地介绍了材料成形装备的分类、组成、功能及其控制技术。主要内容包括材料成形过程中的检测技术、材料成形装备常用的执行装置、PID 控制技术、材料成形装备计算机控制系统、材料成形过程中的电加热装置及控制、材料连接成形设备及控制技术、铸造成形装备控制系统、塑性成形设备及控制技术。本书的主要特点是理论联系实际,对实际生产中的材料成形装备控制电路的工作原理和控制技术进行了全面系统的分析。

本书适合从事材料加工装备研发、制造或使用的专业技术人员阅读,也可作为高等院校材料加工专业硕士研究生和材料成形与控制专业高年级本科生的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

材料成形装备控制技术/吴丰顺等编著. —北京:机械工业出版社, 2008. 8

ISBN 978 - 7 - 111 - 24753 - 1

I. 材… II. 吴… III. 工程材料 - 成型 - 设备 - 控制系统 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 118396 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:陈保华

责任编辑:高依楠 版式设计:霍永明 责任校对:姚培新

封面设计:鞠 杨 责任印制:邓 博

北京京丰印刷厂印刷

2008 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm×239mm·26.75 印张·2 插页·530 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 24753 - 1

定价:45.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 68351729

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书主要包括材料成形过程中的检测技术、材料成形装备常用的执行装置、PID 控制技术、材料成形装备计算机控制系统、材料成形过程中的电加热装置及控制、材料连接成形设备及控制技术、铸造成形装备控制系统、塑性成形设备及控制技术。

为适应国家教育改革的发展,根据教育部颁发的新专业目录,全国大部分工科院校已将原铸造、焊接、锻压专业合并为材料成形与控制专业,原铸造、焊接、锻压的研究生专业也合并为材料加工工程专业。本科教学阶段的铸造、焊接和锻压(塑性)装备相关的教学内容进行了大量的删减,并归并到材料成形装备自动化中讲述,讲授的重点内容是介绍工艺对装备的要求、装备的组成分类和基本应用等。目前无论是对材料成形与控制专业的本科生,还是对材料加工工程专业的硕士研究生,都缺少专门讲述材料成形装备控制技术的书籍。“材料成形装备控制技术”是研究生培养计划修订后(2004)的新课程,是作者在多年研究生课程“材料加工生产过程自动化”和近年的“材料成形装备控制技术”的教学实践和多年科研实践的基础上编写而成的。编写素材来源于国内外最先进的材料成形装备的操作手册、使用说明书或国内高校及科研院所的研究成果。本书的主要特点是理论联系实际,对实际生产中的材料成形装备控制电路的工作原理和控制技术进行了全面系统的分析。因此本书适合从事材料加工装备研发、制造或使用的专业技术人员阅读,也可作为高等院校材料加工专业硕士研究生和材料成形与控制专业高年级本科生的教材。

本书内容涉及“材料加工工程”和“材料数字化成形”专业硕士研究生的重要专业课程,将使研究生对材料加工常用装备的控制技术有全面的了解,通过实例剖析,引导读者深入思考,了解和掌握具体控制方法的实际应用,为设计和制造材料成形装备奠定基础。

本书的作者主讲材料加工硕士研究生课程“材料加工生产过程自动化”和“材料成形装备控制技术”以及机械大类本科生“机械工程控制基础”多年,主持和参与多项国家级、省部级项目和多项与企业合作的项目,该书是在作者多年从事教学和科研工作的基础上编写的。

全书共分9章。其中,第1、2、6、7章由华中科技大学吴丰顺编写;第3章的3.1节、3.2节、第4章和第9章由华中科技大学熊晓红编写,第3章的3.3节、3.4节,第5章和第8章由华中科技大学万里编写。研究生刘辉、蔚洋、

IV

邓玉萍、杜彬、邹建和黎俊参加了部分工作。全书由华中科技大学吴丰顺负责统稿，由华中科技大学材料学院熊腊森教授审定。

由于作者水平所限，加上涉及内容繁多，在内容的取舍和专题的论述上难免出现错误和不当之处，敬请读者批评指正。

本书得到华中科技大学研究生教学改革重点基金的资助，由华中科技大学教育发展基金支持出版。

作 者

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 金属材料成形方法及装备简介	1
1.1.1 金属材料成形方法及特点	1
1.1.2 金属材料成形装备概述	3
1.1.3 材料成形装备控制的特点	10
1.2 材料成形装备控制理论基础	11
1.2.1 材料成形装备控制系统的组成和分类	11
1.2.2 材料成形装备的计算机控制技术	14
1.3 本课程的知识基础及任务	20
第2章 材料成形过程中的检测技术	21
2.1 概述	21
2.2 电流的检测	21
2.2.1 电阻测量法原理及应用	21
2.2.2 电感测量法	26
2.2.3 霍尔效应测量法	34
2.2.4 电流的光纤传感器检测	37
2.2.5 电流测量传感器的选用	38
2.3 电压检测	38
2.3.1 电压的直接检测	39
2.3.2 分压电阻测量法	39
2.3.3 电压的互感器测量法	41
2.4 温度的检测与控制	42
2.4.1 温度的基本概念及测量原理	43
2.4.2 温度的检测方法	43
2.4.3 温度检测的应用	53
2.5 位移的测量	56
2.5.1 位移测量的基本原理	56
2.5.2 材料加工中的位移的测量	65
2.6 转速的测量	68
2.6.1 转速测量的基本原理与方法	69
2.6.2 转速的测量在材料加工中的应用	71
2.7 压力的检测	73

2.7.1 压力的基本概念及测量原理	73
2.7.2 压力测量的主要方法和分类	74
2.7.3 材料加工中的压力测量	75
第3章 材料成形装备常用的执行装置	77
3.1 概述	77
3.2 电动装置	78
3.2.1 步进电动机及驱动	78
3.2.2 直流伺服电动机及驱动	85
3.2.3 交流伺服电动机及驱动	94
3.3 液压装置	112
3.3.1 液压传动原理及组成	112
3.3.2 液压系统的特点	114
3.3.3 液压装置的发展趋势	115
3.3.4 典型液压元件工作原理	115
3.4 气压装置	117
3.4.1 气压装置的优缺点	117
3.4.2 气压装置的构成	119
第4章 PID 控制技术	120
4.1 PID 控制的来源	120
4.2 PID 调节器的控制作用	121
4.2.1 比例 (P) 控制器	121
4.2.2 比例积分 (PI) 控制器	122
4.2.3 比例积分微分 (PID) 控制器	123
4.2.4 对 PID 控制规律的剖析	123
4.3 数字 PID 算法及改进	126
4.3.1 数字 PID 算法	126
4.3.2 算法改进	129
4.4 PID 算法中参数的整定	132
4.5 智能 PID 控制策略	136
第5章 材料成形装备计算机控制系统	141
5.1 计算机控制系统的总线技术	141
5.1.1 总线的分类及模块化	141
5.1.2 总线的体系结构和控制方式	144
5.1.3 内部总线	148
5.1.4 外部总线	152
5.2 计算机控制系统中的信号采样	155
5.2.1 采样过程	156
5.2.2 采样定理	157

5.2.3 采样周期的选择	160
5.3 计算机控制系统中的输入输出接口技术	161
5.3.1 模拟量输入接口	161
5.3.2 模拟量输出接口	164
5.3.3 数字量输入输出通道	166
5.4 数字插补	168
5.4.1 插补基本原理	168
5.4.2 常用插补方法	168
5.5 计算机控制系统抗干扰措施	173
5.5.1 材料加工装备控制系统的干扰方式	173
5.5.2 硬件抗干扰措施	174
5.5.3 软件抗干扰措施	177
5.6 材料成形装备计算机控制系统的设计	183
5.6.1 材料成形装备计算机控制系统的设计要求与特点	183
5.6.2 计算机控制系统设计的一般步骤	186
第6章 材料成形过程中的电加热装置及控制	189
6.1 材料成形过程的能量来源	189
6.1.1 材料加工中常用的能源	189
6.1.2 材料成形中的电加热技术及应用	191
6.2 材料成形过程中的电阻加热技术	192
6.2.1 电阻加热炉	193
6.2.2 电阻焊装置	209
6.3 材料成形过程中的感应加热技术	232
6.3.1 感应加热炉	233
6.3.2 感应焊接热源装置	234
6.3.3 感应加热设备的控制技术	235
第7章 材料连接成形设备及控制技术	242
7.1 弧焊电源-电弧系统简介	242
7.1.1 弧焊电源的外特性和电弧的静特性	242
7.1.2 弧焊电源外特性的控制原理	244
7.1.3 弧焊电源的其他控制内容	245
7.2 整流式弧焊电源实例分析	246
7.2.1 熔化极电弧焊设备及其控制技术	246
7.2.2 钨极氩弧焊设备 (TIG) 及控制技术	251
7.3 逆变式弧焊电源	263
7.3.1 逆变式弧焊电源的原理	263
7.3.2 单端正激弧焊逆变电源实例分析	270
7.3.3 半桥式弧焊逆变电源实例分析	279

7.3.4 全桥式弧焊逆变电源实例分析	284
7.4 数字化弧焊电源	290
7.4.1 数字化弧焊电源的特点	290
7.4.2 数字化弧焊电源的实现	290
7.4.3 数字化弧焊电源实例	295
7.5 弧压控制系统	302
7.6 生产线中的连接成形装备及控制	309
7.6.1 机械部分组成	309
7.6.2 电气部分组成	311
7.6.3 气路和水路	313
7.6.4 系统的 PLC 控制	313
第 8 章 铸造成形装备控制系统	315
8.1 冲天炉熔化的测量及自动控制系统	315
8.1.1 冲天炉熔炼过程的测量	315
8.1.2 冲天炉熔炼过程的自动控制系统	318
8.2 基于 PROFIBUS 总线的湿型砂处理控制技术	321
8.2.1 PROFIBUS 技术特征及优点	322
8.2.2 控制系统的网络结构	323
8.2.3 控制系统的软件设计	323
8.3 基于 MCS-51 单片机的配料用电子秤	325
8.3.1 电子配料秤的工作原理	325
8.3.2 单元电路分析	326
8.3.3 调试程序	333
8.3.4 精度计算	333
8.4 湿型砂静压造型生产线的控制技术	334
8.4.1 静压造型线的组成及工艺流程	334
8.4.2 计算机控制系统的构成	336
8.4.3 控制系统设计中的难点	338
8.5 压铸成形的计算机控制系统	338
8.5.1 计算机控制装置的基本结构	339
8.5.2 压铸机计算机控制系统的特点	341
8.6 低压铸造控制系统实例	345
8.6.1 液面加压系统的控制原理	345
8.6.2 低压铸造控制系统	346
第 9 章 塑性成形设备及控制技术	352
9.1 塑性成形设备及计算机控制的特点	352
9.2 数字控制技术(数控系统)发展状况	353
9.2.1 国外发展动态	353

9.2.2 国内发展动态	355
9.3 塑性成形设备通用数控系统结构	359
9.3.1 硬件体系结构	359
9.3.2 塑性成形设备数控系统软件功能	362
9.4 快速锻造液压机组的计算机控制	367
9.4.1 三级分布式控制系统	367
9.4.2 基于现场总线技术的控制系统	381
9.5 激光快速成形系统计算机控制技术	386
9.5.1 激光快速成形原理及特点	386
9.5.2 控制系统结构	390
9.5.3 快速成形软件框架结构	393
9.5.4 软件功能	401
9.5.5 关键控制技术	405
参考文献	417

第1章 绪 论

1.1 金属材料成形方法及装备简介

金属材料成形是机械制造的主要工序，是指以材料科学为基础，采用车、铣、刨、磨、镗等冷加工方法，或铸（液态成形）、锻（塑性成形）、焊（连接成形），以及粉末冶金等热加工方法，将原材料制造加工成毛坯或零部件及构件的过程。金属材料成形涉及的材料主要包括钢铁材料（黑色金属材料）、铝、镁、铜、锌及其合金（有色金属材料）。本书主要介绍金属材料的热加工成形装备及控制技术。

1.1.1 金属材料成形方法及特点

金属材料的热加工成形技术通常泛指铸（液态成形）、锻（塑性成形）、焊（连接成形）等制造工艺，目前又称为材料成形（或成型）加工技术。

1. 金属材料的液态成形

金属的液态成形是指熔炼金属，制造铸型，将熔融金属浇铸到铸型，金属凝固后获得一定形状和性能铸件的工艺过程，金属的液态成形也称为铸造。

液态金属成形按金属液的浇注工艺分为重力铸造和压力铸造。重力铸造是指金属液在地球重力作用下注入铸型的工艺，也称浇铸，广义的重力铸造包括砂型浇铸、金属型浇铸、熔模铸造、消失模铸造和泥模铸造等，狭义的重力铸造专指金属型浇铸。压力铸造是指金属液在其他外力（不含重力）作用下注入铸型的工艺。广义的压力铸造包括压铸机的压力铸造、真空铸造、低压铸造、离心铸造和挤压铸造等；狭义的压力铸造专指压铸机的金属型压力铸造，简称压铸。

金属液态成形的优点如下：

- 1) 能制造各种尺寸和形状复杂的铸件，尤其是内腔复杂的铸件。
- 2) 铸件的形状和尺寸与零件很接近，因而节省了金属材料和加工工时。
- 3) 绝大多数金属均能用液态成形方法制成铸件。
- 4) 液态成形生产适用于各种生产类型。
- 5) 液态成形所用的原材料来源广泛，价格低廉，并可回收使用，还可利用金属废料和废机件。

2. 金属材料的塑性成形

金属的塑性成形是利用金属材料的塑性性质，通过外力作用，对金属材料进行加工，使之具有所需形状的工艺过程。

金属塑性成形的种类很多，目前还没有统一的分类方法。按照其成形的特点，一般把塑性加工分为五大类：轧制、挤压（正挤压）、拉拔、锻造（镦粗或自由锻、开式模锻、闭式模锻）、冲压。其中每一类又包括了各种加工方法，形成了各自的加工领域。

根据加工温度，塑性成形分冷成形、温成形和热成形。温成形要考虑温度对材料性质的影响，热成形还要考虑材料的蠕变效应。根据金属材料的形状特点，金属塑性成形包括块体成形、板料成形及轧制等。

金属塑性成形的优点如下：

- 1) 金属材料经成形过程后，其组织得到改善、性能得到提高。
- 2) 塑性成形属于无切屑成形方法，主要是依靠金属在塑性状态下的体积转移来实现的。这个过程不会产生切削，因而能使工件获得良好的流线形状，材料的利用率高。
- 3) 某些塑性成形工艺具有很高的生产率，如金属材料的轧制、拉丝、挤压等工艺。
- 4) 通过金属塑性成形得到的工件可以达到较高的精度。

3. 金属材料的连接成形

金属材料的连接成形（焊接）是指通过加热或加压，或加热和加压并用，用或不用填充材料，使两个分离的金属物体（同种或异种）在接合面处产生原子间结合而连接在一起，形成永久连结，并满足一定使用要求的工艺过程。

按照焊接过程中材料所处的状态不同，可以把焊接分为三类，即熔焊、压焊和钎焊。

熔焊是利用局部加热的方法，使焊件的接触处达到熔化状态，再加入（或不加入）填充材料，相互扩散融合，冷凝后彼此结合在一起。熔焊的方法又由于热源的种类不同，主要分为气焊和电弧焊两大类。

压焊采用的方法，是对被焊件加热或不加热的同时，采用加压、扩散等物理方法，使两种材料的接触面紧密接触，促使原子间产生结合，而形成两焊件间的牢固连结。

钎焊是将比被焊材料熔点低的钎料熔化至液态，然后使其扩散到被焊材料中（浸润作用），达到结合的方法。它与熔焊有相似之处，也可获得较为牢固的接头，但两者的熔化连结方式不同。

基本连接成形（焊接）的分类如图 1-1 所示。

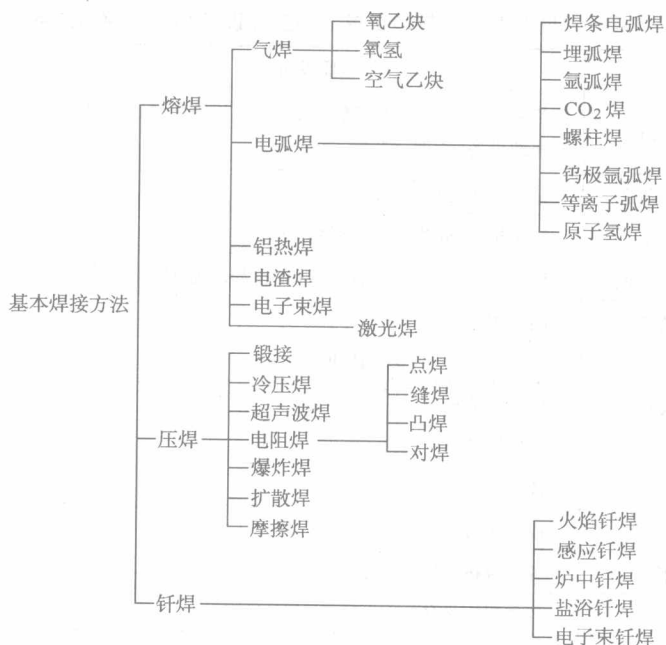


图 1-1 基本连接成形方法（焊接）

连接成形（焊接）的优点如下：

- 1) 节约金属材料。与铆接和铸造结构相比，焊接结构重量轻，所用原材料少。
- 2) 产品气密性好。能实现密封连接，用于水箱和油箱的制造。
- 3) 以小拼大，化复杂为简单，缩短工期。
- 4) 便于制造双金属结构。

连接成形的缺点是焊缝处的力学性能有所降低（应力集中、焊缝组织不均匀），个别焊接方法的焊接质量检验仍有困难。

1.1.2 金属材料成形装备概述

金属材料成形装备按成形方法进行分类，可分为液态成形装备、塑性成形装备和连接成形装备。每种成形装备根据具体的成形工艺特点，又衍生出很多不同的成形装备。表 1-1 为常见金属材料热加工成形的主要装备。

1. 液态成形设备的控制

(1) 温度控制 金属的液体成形首先涉及的是金属材料的加热和熔化。金属的加热和熔化多采用加热炉进行，涉及到温度的检测和温度的控制；另外砂型铸造过程中，砂温的调节、模型的温控也涉及温度的检测和控制。

表 1-1 常见金属材料热加工成形的主要设备和主要控制内容

金属材料成形方法			主要设备	主要控制内容
铸造成形	重力作用下的铸造成形	砂型铸造	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	温度控制 液位控制
		金属型铸造	金属型铸造机	压力控制
		熔模铸造	压蜡机、结壳生产线、焙烧炉等	干、湿度控制
		消失模铸造	模样成形机、振动紧实台、热干砂冷却系统、真空系统等	称重控制
	外力作用下的铸造成形	离心铸造	离心铸造机	速度控制
		压力铸造	冷式压铸机、热式压铸机	程序控制
		低压铸造	低压铸造机	气动控制
		挤压铸造	挤压铸造机	液压控制
塑性成形	轧制塑性成形		各类轧机	温度控制
	挤压塑性成形		各类压力机	压力控制
	拉拔塑性成形		各类拉拔(或拉力)机	速度控制
	自由锻成形		各类锻压设备	位置控制
	模锻成形		各类锻压设备	程序控制
	板料冲压成形		各类压力机	气动控制 液压控制
焊接成形	熔焊	电弧焊	焊条电弧焊、熔化极气体保护焊、非熔化极气体保护焊设备	电流控制
		电渣焊	电渣焊设备	电压控制
		电子束焊	电子束焊设备	温度控制
		激光焊	激光焊设备	压力控制
		等离子弧焊	等离子焊设备	速度控制
	压焊	电阻焊	电阻点焊、电阻缝焊、电阻对焊、闪光焊设备	位置控制
		摩擦焊	摩擦焊、导电摩擦焊设备	程序控制
	钎焊		电炉和盐浴炉,电弧、激光、电子束钎焊设备	气动控制 液压控制

(2) 液位控制 铝合金扁锭铸造中广泛采用 PID 闭环液位自动控制技术,即控制铝液,保证其以一定速度下流(由激光等传感器检测,由步进电动机和气缸控制栓塞,得到合适的开口度,让铝液以几乎相同的速度经铸嘴流出),使金属液位实现自动稳定控制,从而实现铝合金扁锭的低液位铸造,既可提高扁锭内部质量和表面质量,又可以减少铣削量。

(3) 流量控制 对铸造结晶器冷却水流量进行精确控制,可以保证铸锭结晶均匀,使内部质量得以改善,提高表面光滑度。一般可以采用 PID 闭环控制技术。

(4) 压力控制 高压铸造工艺中,在快压射速度阶段,系统内的运动部分(液压油、液压缸活塞、冲头、冲杆及熔融金属)具有相当大的动能。当型腔充满时,这些物质必须停止移动,其能量通过产生一个很高的压力峰值(冲击压力)得以消散;否则所产生的冲击压力峰值导致设备与模具承受额外的压力,使设备和模具的寿命缩短,同时使铸件产生飞边。因此,必须对高压铸造中的压力进行控制。采用闭环速度控制,通过启动控制阀——吸收来自储能器的初始油压峰值,消除金属振荡波动;关闭浇口——推动冲头通过浇料口;慢速接近(内浇口)——保持“关键的慢压射速度”,减少气体包卷;快速压射——型腔填充时保持快压射速度;低冲击——在型腔冲头行程的几分之一距离内作极快的减速,保持一个比传统工艺还要短的总型腔填充时间;最后填充——极快地重新打开控制阀,确保增强阶段快速进行而不受任何干涉;最后压实(增强)——增强器启动等阶段进行适时的速度控制,可以很大程度减小冲击压力。图 1-2 显示了一台典型的实时速度控制压力的液压系统原理简图。

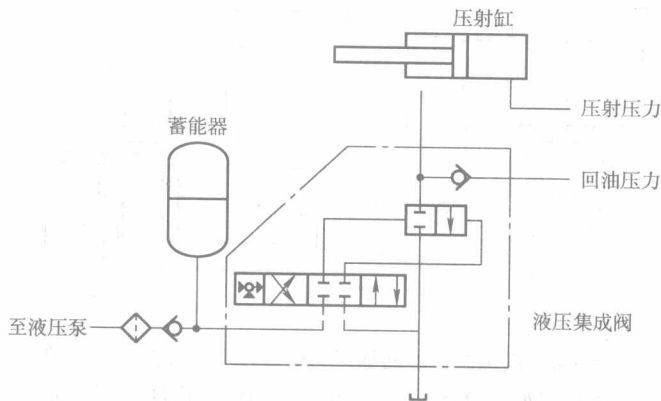


图 1-2 实时速度控制压力的液压系统原理简图

低压铸造生产工艺中,合金液的充型速度、液流的平稳性及加压压力跃变速度,是影响铸件成品率、合格率的重要因素。通常要求合金液在无紊流状态下充型;充型速度可以调节,最佳充型参数具有精确重复再现性。这些要求可由铸造充型压力控制系统来完成,主要实现保温炉内的压力可以根据设定的曲线精确、重复再现,而不受保温炉泄漏、供气管路气压波动和金属液位变动的影响。图 1-3 为低压铸造压力控制系统的气路原理图。图 1-4 为低压铸造液面加压与模具温度闭环控制示意图。

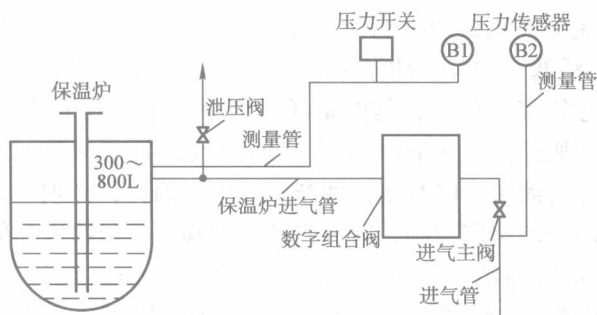


图 1-3 低压铸造压力控制系统气路原理图

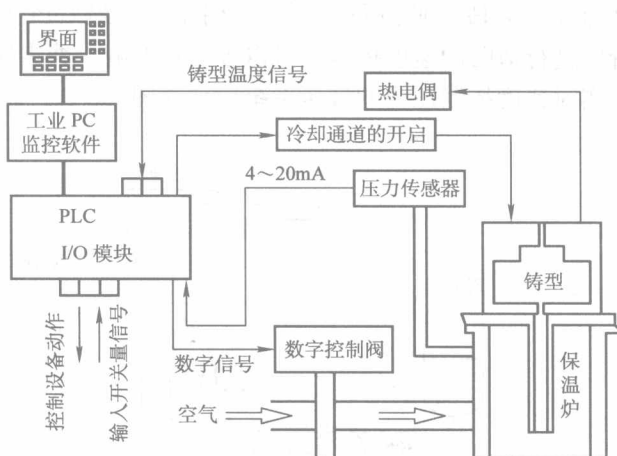


图 1-4 低压铸造液面加压与模具温度闭环控制示意图

低压铸机可以采用如图 1-5 所示的模糊控制对压力进行控制，以提高铸机的工作性能和铸件的质量。

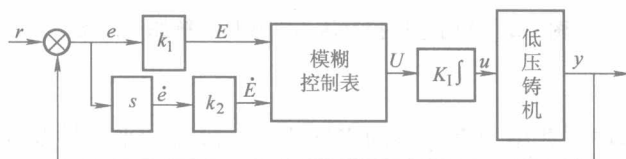


图 1-5 低压铸造模糊控制框图

图中， e 、 $\dot{e}$ 和 u 分别为误差、误差变化率和输出量； E 、 $\dot{E}$ 和 U 分别为 e 、 $\dot{e}$ 和 u 的模糊语言变量； k_1 、 k_2 为由精确量， e 、 $\dot{e}$ 转化为 E 、 $\dot{E}$ 的转化因子，称为量化因子； K_1 表示模糊表的输出量与受控对象的实际输入量之间的比例关

系,称为比例因子;参考输入 r 为低压铸造的充型压力; y 为压力传感器测得的实际充型压力。在充型过程中,控制系统连续对液位高度进行采样测取,并与预定值进行比较,调整充型过程。铝液充满后,由装在铸型顶部的触点发出信号。模糊控制按增压曲线跟踪执行增压过程,待达到预定的结晶压力后,自动进入保压阶段进行定时保压,直至放气撤压。控制执行机构是实现低压铸造既定浇铸规范的执行机构,由电-气转换器和气动调节阀组成,根据计算机通过接口电路输出的模拟量,控制气动调节阀的开度,输出气量给坩埚。采用 Fuzzy-PI 调节器控制的充型曲线与理论充型曲线更为接近。

(5) 气动控制和液压控制 气动控制技术具有以下优点:

1) 气压传动使用空气作为介质,空气取之不尽,不存在介质供应困难和介质费用支出的问题;另外,用过的空气可直接排入大气而不会污染环境,管路系统也因此可以简化,不需要像液压传动那样,再设排气管道。

2) 与液压传动相比,气压传动反应快,动作迅速,因此多用于快速机械的传动和控制技术。

3) 压缩空气压力较低,粘度也很小,因此它便于集中供应和较远距离输送。由于气压较低,与液压传动相比,对气动元件的材质和加工精度要求降低,使元件制作容易、成本低。

4) 空气的性质受温度的影响小。高温下,不会发生燃烧和爆炸,故使用安全;温度变化时,其粘度的变化极小,故不会影响传动性能。

5) 由于气体的可压缩性,便于实现系统的过载自动保护。

6) 气动元件容易维护修理,介质容易净化,管道不易堵塞,也不存在介质变质、补充和更换等问题。

7) 对恶劣环境如冲击、振动、粉尘、腐蚀、强辐射等的适应性强。

气压传动存在以下的缺点:

1) 由于空气的可压缩性,使气动装置的工作速度不易稳定和调节,尤其外载荷的变化对工作速度的影响较大。近代由于采用了各种气液联动装置,气压传动也能实现较稳定的无级调速。

2) 由于空气压力较低,在功率相等的条件下,较液压传动装置结构尺寸大。因此,气压传动装置的总功率不宜过大。

3) 与电子、光学控制比较,气动信号传递速度较慢。因此,气控技术不宜用在信号传递速度要求十分快的复杂线路中;另外,实现生产过程的遥控也比较困难。但对一般机械设备,气动信号的传递速度是能满足要求的。

4) 气动装置的噪声较大。

5) 气动装置的配管连接比电线连接麻烦。

尽管气动技术存在一些缺点,但因它具有一些独特的优点,因而在工业上,