

21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

模 具 设 计 与 制 造 系 列



# 压铸工艺与模具设计

李成凯 主编

嵇正波 施华 副主编

清华大学出版社

21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

模 具 设 计 与 制 造 系 列

# 压铸工艺与模具设计

李成凯 主编

嵇正波 施华 副主编



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书围绕压铸成型工艺和模具设计两大主题,系统介绍了压铸工艺方法、常用压铸合金、压铸机、压铸模设计和压铸模材料。本书通过典型压铸件的压铸模设计,体现“以工作过程为导向,工学结合”的理念,突出了压铸模设计的实用性和理论知识的适度性。

本书可作为大中专院校模具设计与制造专业的教学用书,也可作为相关工程技术人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

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

压铸工艺与模具设计/李成凯主编.--北京:清华大学出版社,2014

21世纪高职高专规划教材.模具设计与制造系列

ISBN 978-7-302-36117-6

I. ①压… II. ①李… III. ①压力铸造—生产工艺—高等职业教育—教材 ②压铸模—设计—高等职业教育—教材 IV. ①TG249.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 069699 号

责任编辑:刘翰鹏

封面设计:常雪影

责任校对:刘静

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>,010-62795764

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:14

字 数:317千字

版 次:2014年12月第1版

印 次:2014年12月第1次印刷

印 数:1~1500

定 价:28.00元

产品编号:054048-01

# 前 言

压铸方法是一种高效益、高效率的少切削金属成型工艺。近年来这一技术发展非常迅速。压铸技术在工业生产中应用非常广泛,从汽车到家电,几乎各个行业的产品都涉及压铸,压铸模在各类模具中的地位也越来越高。因此金属成型行业对压铸及压铸模的人才需求越来越多,各高校的材料成型及控制专业或者模具设计与制造专业普遍开设该课程,机械类专业也将此课程作为选修课程。

为了适应行业发展的需要以及我国高等教育发展和教学改革的需要,根据高等学校人才培养模式的要求,我们编写了本书。本书系统地介绍了压铸理论、压铸合金、压铸工艺、压铸机械和压铸模,重点介绍了压铸模各组成部分的设计要点及设计方法。全书兼顾理论基础和设计实践两个方面,注意理论密切联系实际,确保内容有一定深度并与实际紧密结合。书中附有与压铸密切相关的国家标准、设计方案、技术参数等,可供设计者参考、选用;书中附有的习题与思考题可供练习、思考。本书可作为模具设计与制造专业的教材,也可供压铸工程技术人员学习参考。

本书由淮安信息职业技术学院李成凯主编,江苏财经职业技术学院嵇正波、江苏食品职业技术学院施华为副主编。第1~9章、第12章由李成凯编写;第10章由施华编写;第11章由嵇正波编写。淮安信息职业技术学院何时剑主审。

由于编者水平有限,不足之处敬请广大读者批评指正。

编者

2014年6月

# 目 录

<b>第 1 章 压铸工艺方法、特点及应用</b> .....	1
1.1 压铸工艺方法发展概况 .....	1
1.2 压铸工艺过程 .....	2
1.3 压铸工艺原理 .....	4
1.3.1 压铸压力和压铸速度 .....	4
1.3.2 液态合金流动(充填)形态有关理论 .....	8
1.4 压铸工艺特点与应用范围 .....	10
1.4.1 压铸工艺特点 .....	10
1.4.2 压铸应用范围 .....	11
思考题 .....	12
<b>第 2 章 铸件工艺设计与压铸工艺</b> .....	13
2.1 铸件工艺设计 .....	13
2.1.1 压铸工艺对铸件结构的要求 .....	13
2.1.2 铸件的技术条件(技术要求) .....	15
2.1.3 铸件工艺设计(铸件基本结构设计) .....	28
2.2 压铸工艺参数 .....	34
2.2.1 压力参数 .....	34
2.2.2 速度参数 .....	35
2.2.3 温度参数 .....	35
2.2.4 时间参数 .....	37
2.3 压铸涂料 .....	39
2.3.1 压铸涂料的作用 .....	39
2.3.2 对压铸涂料的要求 .....	39
2.3.3 常用压铸涂料与使用 .....	39
2.4 铸件后处理 .....	41
2.4.1 铸件的清整 .....	41

2.4.2	压铸件的表面处理 .....	42
2.4.3	压铸件的热处理 .....	43
2.4.4	压铸件的浸渗处理 .....	43
2.5	压铸新工艺技术 .....	44
2.5.1	半固态压铸 .....	44
2.5.2	真空压铸 .....	46
2.5.3	充氧压铸 .....	47
2.5.4	精、速、密压铸 .....	48
2.5.5	黑色合金压铸 .....	49
	思考题 .....	50
<b>第3章</b>	<b>常用压铸合金 .....</b>	<b>51</b>
3.1	压铸合金的工艺性能要求 .....	51
3.2	常用压铸合金及其主要性能 .....	52
3.2.1	压铸合金分类及主要性能 .....	52
3.2.2	常用压铸合金 .....	53
3.3	压铸合金的选用 .....	59
	思考题 .....	60
<b>第4章</b>	<b>压铸机种类与选用 .....</b>	<b>61</b>
4.1	压铸机种类和特点 .....	61
4.1.1	压铸机种类与基本参数 .....	61
4.1.2	压铸机压铸过程与特点 .....	64
4.2	压铸机基本结构 .....	67
4.2.1	合模机构 .....	67
4.2.2	压射机构 .....	69
4.3	压铸机选用 .....	70
4.3.1	所需压铸机锁模力计算 .....	70
4.3.2	压室容量核算 .....	72
4.3.3	模具厚度核算 .....	73
4.3.4	开模行程/动模座板行程核算 .....	73
	思考题 .....	73
<b>第5章</b>	<b>压铸模的基本结构及分型面设计 .....</b>	<b>74</b>
5.1	压铸模的基本结构 .....	74
5.2	压铸模的分型面设计 .....	76
5.2.1	分型面的类型 .....	76
5.2.2	分型面的选择 .....	76

思考题 .....	80
<b>第 6 章 浇注系统及溢流、排气系统设计</b> .....	<b>81</b>
6.1 浇注系统设计 .....	81
6.1.1 浇注系统的结构与分类 .....	81
6.1.2 浇注系统各组成部分设计 .....	84
6.1.3 典型压铸件浇注系统分析 .....	92
6.2 溢流、排气系统设计 .....	101
6.2.1 溢流槽设计 .....	101
6.2.2 排气槽设计 .....	105
思考题 .....	108
<b>第 7 章 成型零件及模架设计</b> .....	<b>109</b>
7.1 成型零件的结构及分类 .....	109
7.1.1 整体式结构 .....	109
7.1.2 镶拼式结构 .....	110
7.1.3 镶拼式结构的设计要点 .....	110
7.1.4 镶块的固定形式 .....	116
7.1.5 型芯的结构及固定形式 .....	116
7.1.6 镶块和型芯的止转形式 .....	118
7.1.7 镶块和型芯的结构尺寸 .....	118
7.1.8 型腔镶块在分型面上的布置形式 .....	120
7.2 成型零件成型尺寸的计算 .....	122
7.2.1 压铸件的收缩率 .....	122
7.2.2 影响压铸件尺寸精度的主要因素 .....	123
7.2.3 成型零件成型尺寸的分类、计算要点及标注形式 .....	123
7.2.4 成型尺寸的计算 .....	124
7.3 模架的设计 .....	127
7.3.1 模架的基本结构 .....	127
7.3.2 模架设计的基本要求 .....	127
7.3.3 支承与固定零件设计 .....	127
7.3.4 导向零件设计 .....	131
7.4 加热与冷却系统设计 .....	133
7.4.1 加热与冷却系统的作用 .....	133
7.4.2 加热系统设计 .....	134
7.4.3 冷却系统设计 .....	136
思考题 .....	139

<b>第 8 章 抽芯机构设计</b> .....	140
8.1 常用抽芯机构的组成与分类 .....	140
8.1.1 抽芯机构的组成.....	140
8.1.2 抽芯机构的分类.....	140
8.1.3 抽芯机构的设计要点.....	141
8.2 抽芯力和抽芯距的确定 .....	142
8.2.1 影响抽芯力的主要因素.....	142
8.2.2 抽芯力的估算.....	143
8.2.3 抽芯距的确定.....	143
8.3 斜销抽芯机构 .....	144
8.3.1 斜销抽芯机构的组成及工作原理.....	144
8.3.2 斜销抽芯机构零、部件设计 .....	145
8.4 弯销抽芯机构 .....	150
8.4.1 弯销抽芯机构的特点.....	150
8.4.2 弯销的结构形式.....	150
8.4.3 弯销抽芯中的滑块的锁紧.....	151
8.4.4 弯销尺寸的确定.....	152
8.5 斜滑块抽芯机构 .....	153
8.5.1 斜滑块抽芯机构工作原理及结构特点.....	153
8.5.2 斜滑块抽芯机构的设计要点.....	153
8.6 齿轮齿条抽芯机构 .....	156
8.6.1 齿轮齿条抽芯机构的工作原理.....	156
8.6.2 齿轮齿条抽芯机构的设计要点.....	156
8.6.3 滑套齿轴齿条抽芯机构.....	158
8.6.4 利用推出机构推动齿轴齿条的抽芯机构.....	158
8.7 液压抽芯机构 .....	159
8.7.1 液压抽芯机构的工作原理及特点.....	159
8.7.2 液压抽芯机构设计要点.....	160
思考题.....	162
<b>第 9 章 推出机构设计</b> .....	163
9.1 推出机构的组成与分类 .....	163
9.1.1 推出机构的组成.....	163
9.1.2 推出机构的分类.....	163
9.2 推出机构的推出力与推出距离 .....	164
9.2.1 推出力的确定.....	164
9.2.2 推出距离的确定.....	165
9.3 推杆推出机构 .....	165



9.3.1	推杆推出机构的组成和特点	165
9.3.2	推杆推出部位的设置	166
9.3.3	推杆的基本形式与截面形状	166
9.3.4	推杆的止转方式和固定形式	167
9.3.5	推杆的尺寸	168
9.4	推管推出机构	168
9.4.1	推管推出机构的组成	168
9.4.2	推管设计要点	169
9.5	推板推出机构	170
9.5.1	推板推出机构的特点与组成	170
9.5.2	推板推出机构的设计要点	170
9.6	推出机构的复位与导向	170
9.6.1	推出机构的复位与预复位机构	170
9.6.2	推出机构的导向	172
9.7	其他推出机构	173
9.7.1	动模液压缸倒抽式推出机构	173
9.7.2	二次推出机构	174
9.7.3	摆动推出机构	174
	思考题	175
<b>第 10 章</b>	<b>压铸模材料与模具使用寿命</b>	<b>176</b>
10.1	压铸模材料选择和热处理要求	176
10.2	影响压铸模使用寿命的因素	177
10.2.1	压铸模制造过程中产生的应力	178
10.2.2	压铸模浇注过程中的应力	179
10.2.3	模具损伤的其他原因	180
	思考题	181
<b>第 11 章</b>	<b>压铸模技术要求与设计程序</b>	<b>182</b>
11.1	压铸模技术要求	182
11.2	压铸模设计程序	185
	思考题	187
<b>第 12 章</b>	<b>压铸模设计实例与结构图例</b>	<b>188</b>
12.1	吊扇电机转子压铸模设计实例	188
12.1.1	压铸件的工艺分析	188
12.1.2	分型面的确定	189
12.1.3	型腔数目的确定	189
12.1.4	浇注系统的设计	189

12.1.5	排溢系统的设计 .....	192
12.1.6	压铸机的选择 .....	192
12.1.7	压铸模的主要零件设计 .....	193
12.1.8	导向机构的设计 .....	194
12.1.9	动、定模座板设计 .....	195
12.1.10	压铸模结构及装配图绘制 .....	195
12.1.11	压铸模的工作原理 .....	196
12.1.12	压铸模零件图绘制 .....	197
12.2	压铸模结构图例 .....	201
	思考题 .....	205
附录	压铸成型缺陷分析 .....	207
参考文献	.....	211

## 压铸工艺方法、特点及应用

压力铸造(简称压铸)是液态合金在较高的压力作用下以较高的速率充填型腔,并在压力下凝固成型而获得铸件的一种铸造工艺方法。

### 1.1 压铸工艺方法发展概况

一般认为最早的压铸机械出现在 19 世纪初期,当时广泛用于压铸印刷的铅字在 19 世纪中叶已有专利提出。1885 年默根瑟勒(O. Mergenthaler)研究了以前专利,发明了印字压铸机。1905 年多勒(H. H. Doehler)研制了活塞式压铸机,1907 年瓦格内(V. Wagner)设计了鹅颈式气压压铸机,用于铝合金的压铸。1927 年捷克工程师波拉克(J. Polak)发明了坩埚与压室分离的立式冷压室压铸机,可显著地提高压射压力,克服了热压室压铸机的不足,使之更适合工业生产的要求,将压铸生产技术向前推进了一大步,使得铝、镁、铜等合金可采用压铸进行生产。随着对压铸件质量、产量要求的不断提高和压铸工艺应用范围的扩大,人们对压铸设备不断地提出新的、更高的要求,而新型压铸机的出现以及新工艺、新技术的采用,又促进了压铸生产更加迅速地发展。例如,为了消除压铸件内部的气孔、缩孔(松),改善铸件的质量,1958 年真空压铸在美国获得专利;1966 年美国 General Motors 公司提出了精、速、密压铸法,出现了双冲头(或称精、速、密)压铸;1969 年美国人爱列克斯提出了充氧压铸的无气孔压铸法。为了压铸带有镶嵌件的铸件及实现真空压铸,出现了水平分型的全立式压铸机。为了提高压射速度和实现瞬时增加压射力以便对液态金属进行有效的增压,提高铸件致密度,人们开发了三级压射系统的压铸机。又如在压铸生产过程中,除装备自动浇注、自动取件及自动润滑机构外,还可以通过安装成套测试仪器,对压铸过程中各工艺参数进行检测和控制,如压射力、压射速度显示监控装置和合型力自动控制装置以及计算机的应用等。

当前国外压铸技术发展的趋势是:压铸机向系列化、大型化及自动化发展;计算机在压铸生产中应用日益增多;压铸工艺不断采用新技术以及开展延长压铸模服役寿命研究等。

压力铸造在我国起始于 20 世纪 40 年代,1947 年上海就有人利用热室压铸机生产压铸铝合金挂锁,也有的工厂用旧式冷室压铸机生产电风扇上的铝件。但在工业上大量生产压铸件始于 20 世纪 50 年代,即在 1958 年以后。在这时期引进了捷克的 Polak 系列立式压

铸机和苏联 рив-прнетис 卧式压铸机,在汽车、电工和仪表行业中大批量生产压铸件,从此压铸工艺得到迅速发展。在这以后的 10 年中,我国的压铸技术取得了一定的成就,自行设计制造了压铸模,除掌握了常规压铸生产工艺外,还对一些新工艺,如真空压铸和黑色合金压铸进行了探讨,压铸件的应用范围扩展到农机、机床、办公用具、军工等领域。至 20 世纪 90 年代,我国的压铸技术达到一定水平,已自行设计和制造出成系列的性能良好的压铸机。国产压铸机从一般小型到 5000kN、6300kN、8000kN、10000kN、12500kN 及 16000kN 的大型压铸机均有生产,并且 20000~30000kN 的压铸机也已研制成功并批量生产,这标志着我国大型压铸机的设计、制造技术已具备国际水平。同时,我国还对压铸工艺参数测试技术与装置进行了探讨和研制,开展了压铸基础工艺参数对合金性能影响的研究,建立了新的压铸合金系列并拓展了新牌号的压铸合金。我国还研制成水基脱模剂,采用从国外引进的大型压铸机,生产出了大型压铸件,并开始在压铸工艺和模具设计中应用计算机技术。更重要的是在这一时期,我国已建立了自己的压铸技术队伍,培养出一批具有一定水平的压铸技术人才,已有能力在压铸技术与生产领域的各个方面进行开拓性的工作。近年来,压铸的飞速发展得力于汽车和摩托车、电子通信、家用电器等行业的高速发展,这几个行业是压铸件的主要用户。迄今,我国压铸技术已经形成了自己的体系,并正在稳步发展之中。

## 1.2 压铸工艺过程

压铸工艺过程是由压铸机来完成的。压铸机根据压室的工作条件分为热压室压铸机和冷压室压铸机两大类,而冷压室压铸机又根据压室的布置形式分为卧式和立式两类。

各种压铸机的压铸基本过程都为合模、压射、增压—保压、开模。图 1-1 所示为热压室压铸机压铸过程,图 1-2 所示为卧式冷压室压铸机压铸过程,图 1-3 所示为立式冷压室压铸机压铸过程,图 1-4 所示为升举压室压铸机压铸过程。

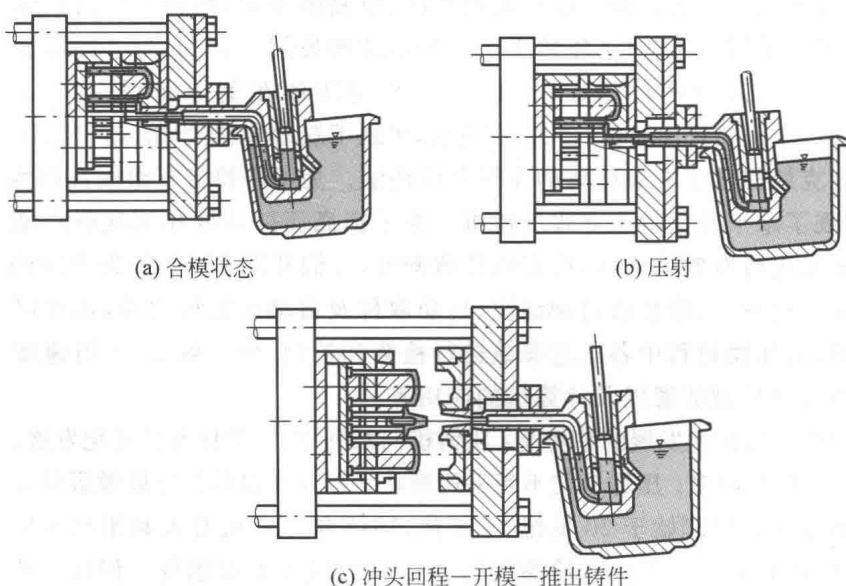


图 1-1 热压室压铸机压铸过程示意图

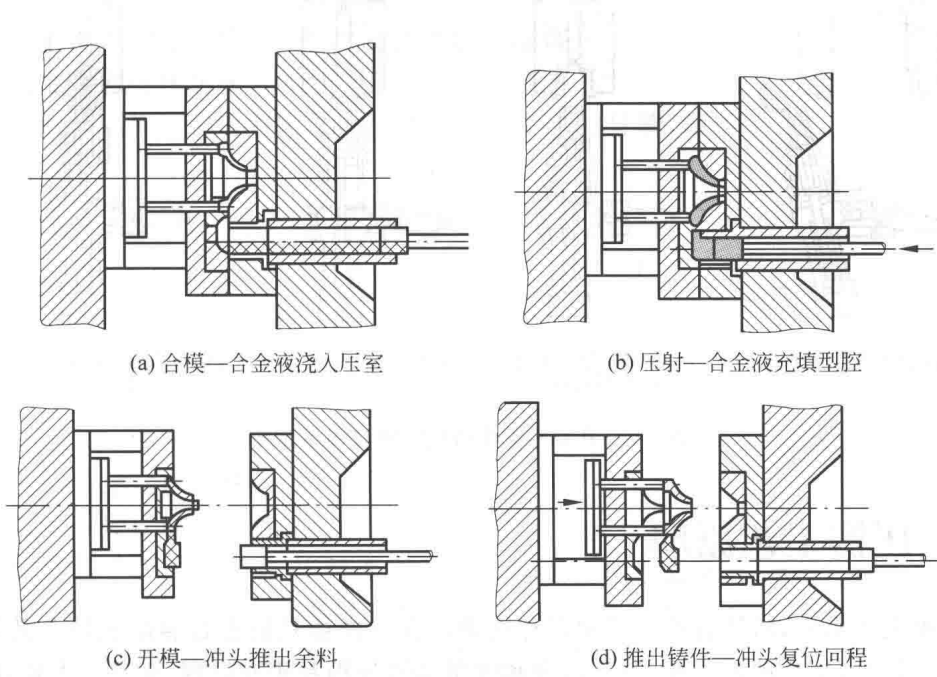


图 1-2 卧式冷压室压铸机压铸过程示意图

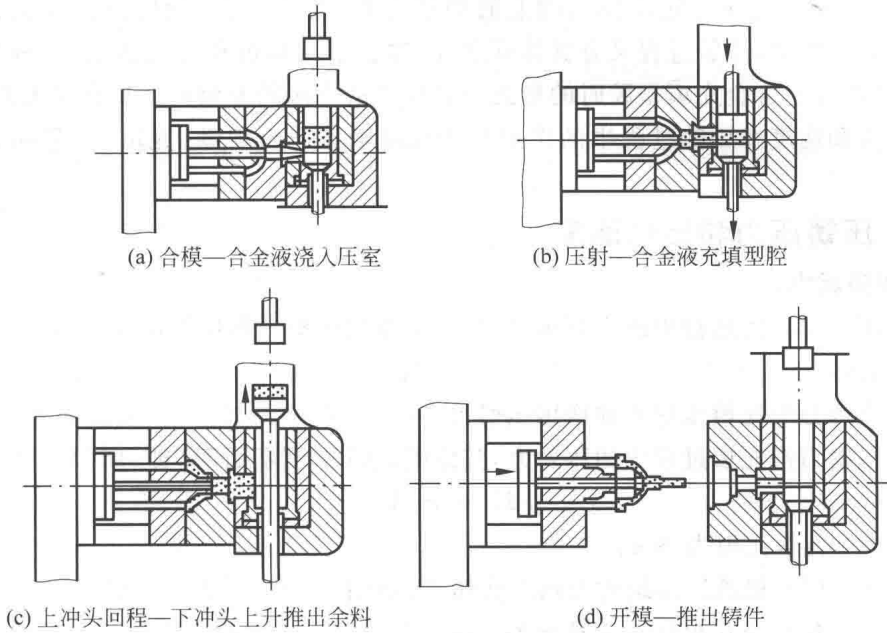


图 1-3 立式冷压室压铸机压铸过程示意图

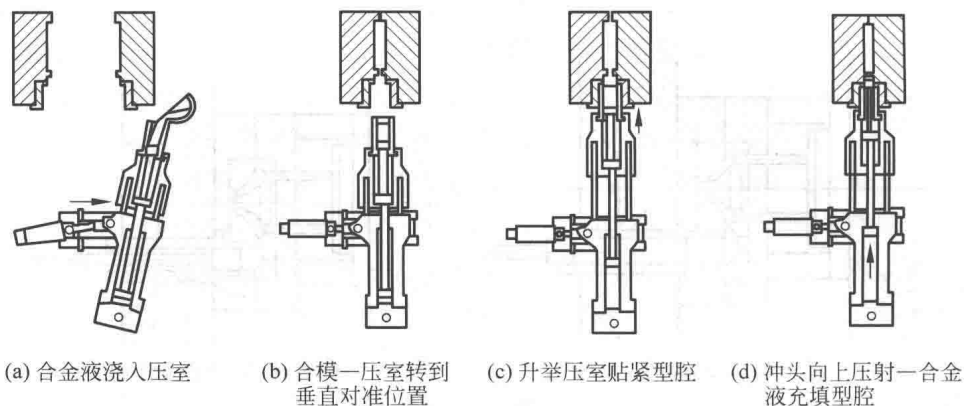


图 1-4 升举压室压铸机压铸过程示意图

## 1.3 压铸工艺原理

从本质上来说,压铸过程与其他各种铸造过程一样都是液态合金的流动与传热过程和凝固过程,也就是动量传递、质量传递和能量传递过程及相变过程,都是基本物理过程,都遵循自然界中关于物质运动的动量守恒原理、质量守恒原理和能量守恒原理及相变原理。所以压铸过程中液态合金的流动与传热问题和凝固问题也都可以由建立在动量守恒、质量守恒和能量守恒定律基础上的动量方程、连续方程、能量方程及相变(凝固)理论来描述。但是,压铸过程又有其特殊之处,这就是压铸过程是在高压、高速条件下进行的,这使得液态合金充填型腔时的形态与其他铸造方法的充填形态具有很大的差别,因而理解压力和速度在压铸过程中的作用和变化对液态合金流动(充填)形态的影响是必要的。

### 1.3.1 压铸压力和压铸速度

#### 1. 压铸压力

压铸压力是压铸过程中的主要参数之一,通常用压射力和压射比压来表示。

##### (1) 压射力

压射力可分为充填压射力和增压压射力。

充填压射力指充填过程中的压射力,其值由式(1-1)进行计算,即

$$F_y = P_g A_D \quad (1-1)$$

式中:  $F_y$ ——充填压射力, kN;

$P_g$ ——压铸机液压系统的管路工作压力, kPa;

$A_D$ ——压铸机压射缸活塞截面积,  $m^2$ 。

增压压射力则是指增压阶段的压射力,其值由式(1-2)进行计算,即

$$F_{yz} = P_{gz} A_D \quad (1-2)$$

式中:  $F_{yz}$ ——增压压射力, kN;

$P_{gz}$ ——压铸机压射缸内增压后的液压压力, kPa。

## (2) 压射比压

压射比压是指压室内与压射冲头接触的金属液在单位面积上所受到的压力,它也可分为压射比压和增压比压。

充填时的比压称为压射比压。压射比压由式(1-3)计算,即

$$P_b = \frac{F_y}{A_c} \quad (1-3)$$

式中:  $P_b$ ——压射比压, kPa;

$F_y$ ——充填压射力, kN;

$A_c$ ——压射冲头截面积,  $m^2$ 。

增压时的比压则叫做增压比压。增压比压由式(1-4)计算,即

$$P_{bz} = \frac{F_{yz}}{A_c} \quad (1-4)$$

式中:  $P_{bz}$ ——增压比压, kPa;

$F_{yz}$ ——增压压射力, kN。

由式(1-3)、式(1-4)可见,压射比压与压铸机的压射力成正比,而与压射冲头的截面积成反比。所以压射比压可以通过改变压射力和压射冲头直径(压室内径)来调节。

需要注意的是,压铸过程中,作用在液态金属上的压射比压并非一个常数,而是随着压铸过程的不同阶段而变化。通常,压铸过程中液态金属在压室与压铸模中的运动可分成4个阶段,不同阶段液态金属所受压力(比压)如图1-5所示。

阶段Ⅰ: 慢速封孔阶段。压射冲头以缓慢的速率推进,液态金属在较低的压力  $P_0$  作用下缓慢通过压室浇孔而被推向压室前部。采用低的压射速率是为了防止液态金属在越过压室浇孔时溅出,并有利于压室中气体的排出,尽量避免液态金属卷入气体。此时  $P_0$  仅用于克服压室与液压缸对运动活塞的摩擦阻力。

阶段Ⅱ: 合金液堆聚阶段。压射冲头以较阶段Ⅰ稍快的速率推进,液态合金在相应的压力  $P_1$  作用下充满压室前部和整个流道空间而堆聚于内浇口处。

阶段Ⅲ: 充填阶段。在此阶段压射冲头以设定的最大速率推进,对于压铸来说,通常内浇口总是整个浇注系统的控流部位,即内浇口处的流动阻力最大,故此阶段压力跃升至  $P_2$ 。液态合金在  $P_2$  压力作用下高速通过内浇口充满整个型腔。

阶段Ⅳ: 增压—保压阶段(也称压实阶段)。在充型结束(液态合金充满整个型腔)的瞬间,合金液停止流动,压射动能转变为冲击压力,压力升高至  $P_3$ 。与此同时,如果压射系统具有增压机构,则增压机构开始工作而使压力进一步上升至  $P_4$ ,并保持至铸件完全凝固为止。这一压力( $P_4$  或  $P_3$ )称为压实压力(compression pressure),也称为最终压力。由增压器开始工作至压力达到压实压力  $P_4$  的时间谓之增压响应(增压建压)时间,一般为  $0.02 \sim 0.04s$ ,现代压铸机的最短增压响应时间已小于  $0.002s$ 。

上述过程就是所谓的四阶段(四级)压射过程。需要指出的是,由于各种压铸机压射机构的工作特性各不相同,铸件结构形状不同,液态合金充填状态及工艺操作条件不同,实际压铸过程中的压力变化曲线会有很大的差别。

由上述可知,压铸过程中作用在液态合金上的压力呈现两种不同的形式和作用。

①合金液流动过程中的流体动压力,其作用是完成充填和成型过程。②充填结束后,以流

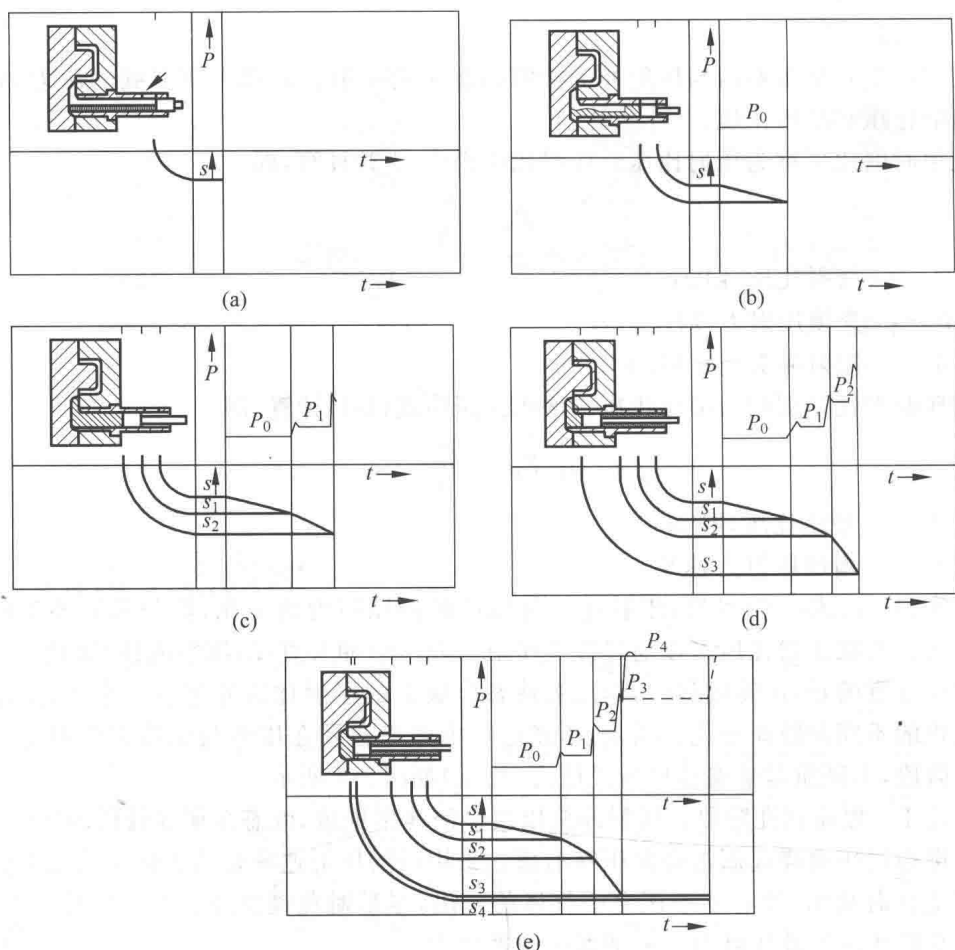


图 1-5 压铸过程不同阶段作用在液态金属液上的压力示意图

$P$ —压射压力； $s$ —冲头移动距离； $t$ —时间

(a)→(b) 封口；(b)→(c) 堆积；(c)→(d) 充填；(d)→(e) 压实

体静压力形式出现的压实压力，其作用是对凝固过程中的合金进行“压实”。压实压力的有效性除与合金的性质和铸件结构特点有关外，还与内浇口的形状、大小及位置有关。

## 2. 压铸速度

压铸速度(速率)是压铸工艺中另一个主要参数，压铸速度又分为压射速度与充填(充型)速度两个不同的概念。压射速度是指压室内压射冲头的推进速度，而充填速度指的则是内浇口处液态合金的流动速率，即内浇口速度。

速度与压力是互相影响，紧密相关的两个物理量。为讨论方便起见，不妨设液态合金是不可压缩的，且压铸过程中合金液在压室内冲头所处位置到内浇口处这一段路径中的流动视为稳态流动。

首先，由质量守恒原理可得

$$A_n v_n = A_c v_c \quad (1-5)$$

即

$$v_n = \frac{A_c}{A_n} v_c = \frac{\pi d_c^2}{4 A_n} v_c \quad (1-6)$$



式中:  $v_n$ ——内浇口速度,即充填速度, m/s;

$A_n$ ——内浇口截面积,  $m^2$ ;

$v_c$ ——压射冲头速度,即压射速度, m/s;

$A_c$ ——压射冲头截面积,  $m^2$ ;

$d_c$ ——压射冲头直径,即压室直径, m。

式(1-5)说明,不可压缩流体稳态流动时,其流速(严格来讲是其平均流速)与流道截面积成反比。即截面积大的地方流速小,截面积小的地方流速大。由于冲头(即压室)截面积总是远大于内浇口截面积,所以内浇口速度远大于压射速度,其原理即在于此。由式(1-6)可知,合金液充填速率可以通过改变  $d_c$ 、 $v_c$  和  $A_n$  的数值来调节。其中压室直径的变化既可以较显著地改变充填速度,也同时使压射比压的数值随之变化。而通过改变内浇口的截面积来调整充填速度则是不太方便的,这是因为压铸模上的内浇口截面积在修整时通常是扩大容易、缩小困难。压射速度的调节可通过调节压铸机上的压力阀来实现。在实际生产中究竟如何调整则应根据具体情况和条件来确定。

其次,假设液态合金是理想流体(即忽略液态合金的黏性,其动力黏度  $\mu=0$ ),由此应用伯努利(Bernoulli)方程可得

$$gz_c + \frac{P_b}{\rho} + \frac{v_c^2}{2} = gz_n + \frac{P_n}{\rho} + \frac{v_n^2}{2} \quad (1-7)$$

伯努利方程式(1-7)实质上是理想不可压缩流体稳定流动状态下能量守恒的数学表达,即单位质量流体所携带的总能量在其流经的路程上任何位置保持不变,但其势能、压力能和动能可以互相转换。对于压铸过程,重力(势能)的作用显然可以忽略,于是式(1-7)简化为

$$\frac{P_b}{\rho} + \frac{v_c^2}{2} = \frac{P_n}{\rho} + \frac{v_n^2}{2} \quad (1-8)$$

式中:  $P_b, P_n$ ——压射比压和内浇口处液态合金所受的压力, Pa;

$\rho$ ——液态合金密度,  $kg/m^3$ 。

式(1-8)以十分简单的形式清楚地给出了理想不可压缩流体稳定流动状态下,流体流动速度与所受压力之间的关系。即流速大的地方压力小,流速小的地方压力大。对于实际黏性流体,在考虑了沿程损耗后,依然可以得出同样的结论。

由式(1-8)可得充填速度为

$$v_n = \sqrt{2\left(\frac{P_b - P_n}{\rho} + v_c^2\right)} \quad (1-9)$$

注意到压射开始时  $v_c=0$ ,而压射比压  $P_b$  为表压(流体的相对压力,即流体的绝对压力与大气压力的差值。压力表测量到的就是此值,故通常叫做表压),  $P_n = P_{atm}$ (大气压力),于是式(1-9)可简化为

$$v_n = \sqrt{2\frac{P_b}{\rho}} \quad (1-10)$$

对于实际液态金属流体,其动力黏度  $\mu \neq 0$ ,流动过程中由于流体与边界的摩擦、流体与流体间的摩擦而产生阻力,因此流体流动过程中沿流动方向总能量是逐步减少的。对