

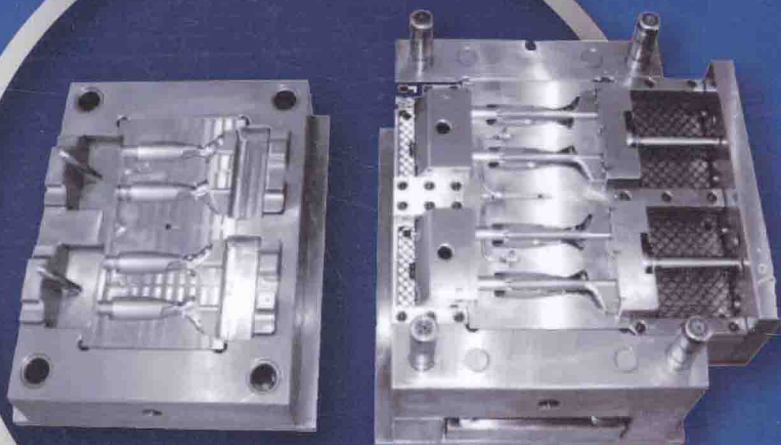
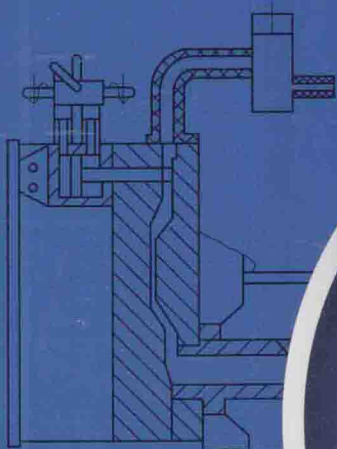


第二版

YAZHU MUJU SHEJI  
SHIYONG JIAOCHENG

# 压铸模具设计 实用教程

黄尧 黄勇 主编



化学工业出版社

 **第二版**

# 压铸模具设计 实用教程

黄尧 黄勇 主编  
于丽君 徐淑姣 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

压铸模具设计实用教程/黄尧, 黄勇主编. —2 版.  
北京: 化学工业出版社, 2014. 7  
ISBN 978-7-122-20737-1

I. ①压… II. ①黄…②黄… III. ①压铸模-设计-  
教材 IV. ①TG241

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 104377 号

---

责任编辑: 贾 娜  
责任校对: 徐贞珍

装帧设计: 刘丽华

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司  
装 订: 三河市宇新装订厂  
787mm×1092mm 1/16 印张 14½ 字数 391 千字 2014 年 9 月北京第 2 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

## 第二版 前言

压铸模具是进行金属压力铸造生产的主要工艺装备，在现代机械、汽车、电子产品等制造业中有着广泛的应用。近年来我国压力铸造工业发展迅速，从业人员大量增加，压铸市场容量及发展空间很大。

压铸模具结构和压铸工艺参数选择的合理性对于铸件质量、成品率以及模具的使用寿命都会产生极大的影响。压铸模具的造价较高，如果设计制造不合理，将增加模具成本和延长模具的生产周期，带来很大的经济损失。为了给广大读者在进行压铸模具设计及压铸工艺参数设计时提供一定的帮助，我们编写了本书。

本书第一版于2011年9月出版，自出版以来，得到了广大读者的肯定，也收到了一些改进意见。根据读者反馈，我们对本书进行了修订，在第一版的基础上增加了模具设计尺寸选择等内容，精选了一些更加实用的实例，删除了不重要和不常用的内容。

本书对压铸模具设计及压铸工艺参数设计等内容进行了详细的讲解，注重科学性、先进性、系统性和实用性，兼顾理论基础和设计实践。主要内容包括：压铸模具设计基础、浇注系统和排溢系统的设计、分型面及成型零件与结构零件的设计、侧抽芯机构及推出机构的设计、压铸模技术要求及材料的选择等。本书具有技术先进、图例丰富、数据翔实、实用性强等特点，可供从事压铸模具设计的工程技术人员及大中专院校相关专业师生学习使用。

本书由北京化工大学博士黄尧和沈阳理工大学教授黄勇主编，沈阳工学院于丽君和沈阳理工大学徐淑姣副主编，沈阳理工大学金越、周金华及沈阳工学院赵艳红等参与编写。其中，金越编写第1章，黄勇编写第2章、第5章和第9章，黄尧编写第3章和第6章，徐淑姣编写第4章，周金华编写第7章，于丽君编写第8章，赵艳红编写第10章。全书由北京化工大学黄尧博士负责统稿，沈阳理工大学研究生张景、安振须、孙季和韩莹等做了一定的工作。

本书在编写过程中得到了辽宁公安学院邓玉萍教授、辽宁大学许作铭、139厂许明海、沈阳中天汽车（模具）铸件有限公司留方、沈阳压铸技术研究所梁文德等专家的帮助，在此一并表示感谢！

由于编者水平所限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者和专家批评指正。

编者

## 第1章 概述

1

1.1 压铸成型的基本原理与压铸过程 .....	1
1.1.1 压铸原理 .....	1
1.1.2 压铸过程 .....	2
1.2 压铸的特点与应用范围 .....	5
1.2.1 压铸的特点 .....	5
1.2.2 压铸的应用范围 .....	5
1.3 压铸新技术 .....	6
1.3.1 半固态压铸工艺 .....	6
1.3.2 真空压铸 .....	8
1.3.3 充氧压铸 .....	10
1.3.4 精速密压铸 .....	11
1.3.5 黑色金属压铸 .....	11

## 第2章 压铸合金及压铸设计

13

2.1 压铸合金 .....	13
2.1.1 对压铸合金的要求 .....	13
2.1.2 常用压铸合金及其主要特性 .....	14
2.2 铸件的设计 .....	16
2.2.1 铸件的精度、表面粗糙度及加工余量 .....	16
2.2.2 铸件的表面形状和位置 .....	19
2.3 铸件基本结构单元的设计 .....	19
2.3.1 壁厚 .....	19
2.3.2 圆角 .....	20
2.3.3 筋 .....	21
2.3.4 出型斜度 .....	21
2.3.5 孔 .....	22
2.3.6 螺纹 .....	22
2.3.7 凸纹和直纹 .....	23
2.3.8 齿轮和网纹 .....	23
2.3.9 文字、标志和图案 .....	23
2.3.10 嵌件 .....	24
2.4 铸件结构设计的工艺性 .....	25

2.4.1	简化模具、延长模具使用寿命	25
2.4.2	减少抽芯部位	26
2.4.3	方便压铸件脱模和抽芯	27
2.4.4	防止变形	27
2.4.5	由其他加工方法改为压铸时注意事项	28

### 第3章 压铸机及压铸工艺

30

3.1	压铸机的分类及特点	30
3.1.1	压铸机的分类	30
3.1.2	各类压铸机的特点	31
3.2	压铸机的基本结构	33
3.2.1	合模机构	33
3.2.2	压射机构	36
3.3	压铸机的选用及相关参数的校核	36
3.3.1	压铸机选用的原则	36
3.3.2	计算压铸机所需的锁模力	37
3.3.3	确定比压	38
3.3.4	核算压室容量	38
3.3.5	实际压力中心偏离锁模力中心时锁模力的计算	38
3.3.6	开合型距离与压铸型厚度的关系	39
3.4	压铸机的型号及主要参数	40
3.5	压铸工艺	41
3.5.1	压力	41
3.5.2	速度	43
3.5.3	温度	44
3.5.4	时间	46
3.5.5	压室充满度	47
3.5.6	压铸用涂料	48
3.5.7	压铸件的后处理和表面处理	48

### 第4章 压铸模设计基础

50

4.1	压铸模概述	50
4.2	压铸模的结构形式	50
4.2.1	压铸模的基本结构	50
4.2.2	压铸模的分类	52
4.2.3	压铸模典型结构图	54
4.3	压铸模设计的基本原则	56
4.4	压铸模的设计程序	57
4.4.1	研究、消化产品图	57
4.4.2	对压铸件进行工艺分析	58
4.4.3	拟定模具总体设计的初步方案	58
4.4.4	方案的讨论与论证	59

4.4.5	绘制主要零件工程图	59
4.4.6	绘制模具装配图	59
4.4.7	绘制其余全部自制零件的工程图	60
4.4.8	编写设计说明书	60
4.4.9	审核	60
4.4.10	试模、现场跟踪	60
4.4.11	全面总结、积累经验	60

## 第5章 浇注系统和排溢系统的设计

61

5.1	浇注系统的基本结构、分类和设计	61
5.1.1	浇注系统的结构	61
5.1.2	浇注系统的分类	62
5.1.3	浇注系统设计的主要内容	65
5.2	内浇口的设计	65
5.2.1	内浇口的基本类型及其作用	65
5.2.2	内浇口位置设计要点	67
5.2.3	内浇口截面积的确定	68
5.2.4	内浇口厚度的设计	70
5.3	横浇道的设计	71
5.3.1	横浇道的基本形式	71
5.3.2	多型腔横浇道的布局	73
5.3.3	横浇道与内浇道的连接	75
5.3.4	横浇道设计要点	75
5.4	直浇道的设计	76
5.4.1	热压室压铸模直浇道	77
5.4.2	卧式冷压室压铸模直浇道	80
5.5	排溢系统的设计	81
5.5.1	排溢系统的组成及其作用	81
5.5.2	溢流槽的设计	82
5.5.3	排气道的设计	86
5.6	典型压铸件浇注系统设计实例	88

## 第6章 分型面的设计

93

6.1	分型面的基本部位和影响因素	93
6.1.1	分型面的基本部位	93
6.1.2	分型面的影响因素	93
6.2	分型面的基本类型	94
6.2.1	单分型面	94
6.2.2	多分型面	94
6.2.3	侧分型面	94
6.3	分型面的选择原则	97
6.4	典型分型面分析	103



6.5 典型分型面设计实例 .....	106
6.5.1 成型位置影响侧抽芯距离的结构实例 .....	106
6.5.2 改变分型面可避免侧抽芯的实例 .....	106

## 第7章 成型零件与结构零件的设计

108

7.1 成型零件的结构形式 .....	108
7.1.1 整体式与组合式结构 .....	108
7.1.2 局部组合与完全组合式结构 .....	110
7.1.3 组合式结构形式的特点 .....	110
7.1.4 小型芯的固定形式 .....	111
7.1.5 镶块固定形式和型芯的止转形式 .....	113
7.1.6 活动型芯的安装与定位 .....	114
7.1.7 成型零件的设计要点 .....	115
7.2 成型零件主要尺寸 .....	116
7.2.1 镶块的主要尺寸 .....	116
7.2.2 型芯的主要尺寸 .....	116
7.2.3 影响压铸件尺寸的因素 .....	119
7.2.4 确定成型尺寸的原则 .....	120
7.2.5 成型尺寸计算和偏差的标注 .....	122
7.2.6 压铸件螺纹孔直径、深度和型芯尺寸的确定 .....	130
7.3 成型零件的设计 .....	133
7.4 模体的组合形式 .....	135
7.4.1 模体的基本类型与主要结构件 .....	135
7.4.2 模体的设计要点 .....	136
7.5 模体主要结构件设计 .....	138
7.5.1 套板尺寸的设计 .....	138
7.5.2 镶块在套板内的布置 .....	141
7.6 模体结构零件的设计 .....	141
7.6.1 导柱导套 .....	141
7.6.2 模板的设计 .....	142
7.7 加热与冷却系统的设计 .....	143
7.7.1 加热与冷却系统的作用 .....	143
7.7.2 加热系统的设计 .....	143
7.7.3 冷却系统的设计 .....	144

## 第8章 侧抽芯机构的设计

146

8.1 侧抽芯机构的组成及设计要点 .....	146
8.1.1 侧抽芯机构的主要组成 .....	146
8.1.2 常用抽芯机构的特点 .....	146
8.1.3 抽芯机构的设计要点 .....	147
8.2 抽芯力和抽芯距离 .....	149
8.2.1 抽芯力的计算 .....	149



8.2.2	抽芯距离的确定 .....	150
8.3	斜销抽芯机构 .....	151
8.3.1	斜销抽芯机构的组合形式与动作过程 .....	151
8.3.2	斜销的设计 .....	151
8.3.3	斜销的延时抽芯 .....	153
8.3.4	侧滑块定位和楔紧装置的设计 .....	154
8.3.5	斜销侧抽芯机构应用实例 .....	160
8.4	弯销侧抽芯机构 .....	161
8.4.1	弯销侧抽芯机构的组成 .....	161
8.4.2	弯销侧抽芯过程 .....	161
8.4.3	弯销侧抽芯机构的设计要点 .....	162
8.4.4	弯销侧抽芯机构应用实例 .....	165
8.5	斜滑块侧抽芯机构 .....	166
8.5.1	斜滑块侧抽芯机构的组成与动作过程 .....	166
8.5.2	斜滑块侧抽芯机构的设计要点 .....	166
8.5.3	斜滑块的设计 .....	168
8.6	齿轮齿条侧抽芯机构 .....	169
8.7	液压抽芯机构 .....	169
8.7.1	液压抽芯机构的组成与动作过程 .....	170
8.7.2	液压抽芯机构的设计要点 .....	171
8.8	滑块及滑块限位楔紧的设计 .....	171
8.8.1	滑块基本形式和主要尺寸 .....	172
8.8.2	滑块导滑部分的结构 .....	175
8.8.3	滑块限位与楔紧装置的设计 .....	177
8.9	嵌件的进给和定位 .....	181
8.9.1	嵌件进给和定位设计要点 .....	181
8.9.2	嵌件在模具内的安装与定位 .....	181
8.10	典型压铸件侧向抽芯机构的设计 .....	182

## 第9章 推出机构的设计

186

9.1	推出机构的组成与分类 .....	186
9.1.1	推出机构的主要组成与分类 .....	186
9.1.2	推出机构的设计要点 .....	187
9.2	推杆推出机构 .....	188
9.2.1	推杆推出机构的组成 .....	188
9.2.2	推杆推出部位设置要点 .....	188
9.2.3	推杆推出端的形状 .....	189
9.2.4	推杆的固定方式与止转形式 .....	190
9.2.5	推杆的尺寸与配合 .....	191
9.3	推管推出机构 .....	194
9.3.1	推管推出机构的形式及其组成 .....	194
9.3.2	推管的设计要点 .....	196
9.4	卸料板推出机构 .....	197

9.4.1 卸料板推出机构的组成与分类 .....	197
9.4.2 卸料板推出机构的设计要点 .....	198
9.5 推出机构的复位与导向 .....	199
9.5.1 推出机构的复位 .....	199
9.5.2 推出机构的预复位 .....	202
9.6 典型压铸件推出机构的设计 .....	204

## 第 10 章 压铸模技术要求及材料选择

208

10.1 压铸模的技术要求 .....	208
10.1.1 压铸模装配图上需注明的技术要求 .....	208
10.1.2 压铸模外形和安装部位的技术要求 .....	208
10.1.3 压铸模总装的技术要求 .....	209
10.2 结构零件的公差与配合 .....	209
10.2.1 结构零件轴与孔的配合和精度 .....	209
10.2.2 结构零件的轴向配合 .....	210
10.2.3 未注公差尺寸的有关规定 .....	212
10.2.4 形位公差和表面粗糙度 .....	213
10.3 压铸模零件的材料选择及热处理技术 .....	218
10.3.1 压铸模所处的工作状况及对模具的影响 .....	218
10.3.2 影响压铸模寿命的因素及提高寿命的措施 .....	218
10.3.3 压铸模材料的选择和热处理 .....	220

## 参考文献

222

# 1



## 第1章

# 概述

压力铸造（简称压铸）属于特种铸造的范畴。是一种将液态或半固态金属在高速高压下充入压铸模型腔内，并使其在压力下凝固形成铸件的方法。它可以连续地、大批量地生产出与压铸型腔相符的压铸件，这是其他工艺方法所不能比拟的。近年来，随着产品零件向着高质量、精密、薄壁、轻量、高效化的方向发展，压力铸造愈来愈充分地显示出优越性。

### 1.1 压铸成型的基本原理与压铸过程

#### 1.1.1 压铸原理

从20世纪20年代开始，有许多人对压铸原理作了较为深入的研究，也出现了以提出者本人冠名的各种关于液体金属流动特点的一系列相关理论体系，这些理论体系主要为巴顿理论、布兰特理论等。

在压铸过程中，金属的充填是极其复杂的包含流体力学、流体动力学、热力学等方面的综合过程。它与铸件结构、压射速度、压力、压铸模温度、金属液的温度、金属液黏度、浇注系统的形状和尺寸大小等都有着密切的关系。

高温合金液压入温度较低的压铸模浇注系统内时，金属液与模具之间就产生各种形式的热交换。金属液失去热量，温度降低；模具得到了热量，温度提高。金属液温度降低，表面张力增大，黏度增大，流动性降低。当它们超过某一限度时，铸件就会产生轮廓不清晰、缺肉、冷隔、裂纹、夹渣等铸造缺陷。此外，金属液充填型腔时还受到各种阻力的影响，如型腔内的气体阻力、碰到型壁和型芯时的阻力。

因而金属液充填形态对压铸件质量起着决定性的作用，为此，必须掌握金属液充填形态的规律，了解充填特性，以便正确地设计浇注系统，获得优质的铸件。

压铸原理主要以巴顿（H. K. Barton）理论为基础。该理论认为液体金属充填铸型的过程是一个包含着流体动力学和热力学的复杂过程，充填过程可以分为三个阶段，如图1-1所示。

第一阶段：金属液以接近内浇口截面的形状进入型腔，首先撞击到对面的型壁，在该处沿型壁四周扩展后返回浇口，在金属液流过的型壁上逐渐形成外壳（薄壳层）。

第二阶段：随后进入的金属沉积在薄壳的表面上进行充填。扰动的积聚金属围绕着第一阶

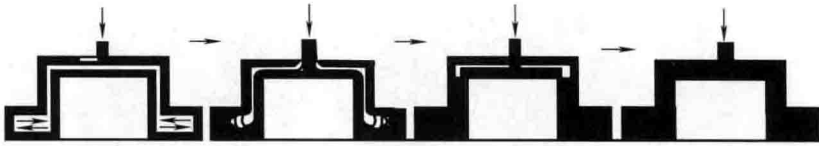
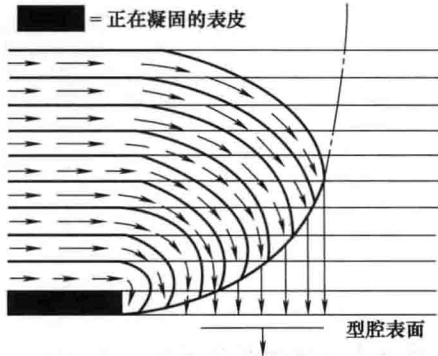


图 1-1 三阶段充填理论

图 1-2 金属液流最前沿流动情况  
(巴顿, 1944 年)

段形成的核心扩大和合并。这里, 迅速流动的金属上层扩展到前沿, 并在液流内绕着瞬时旋转中心而旋转。当金属流动停止时, 它具有相当大的力撞击型腔表面, 旋转中心就在此层内, 其固有的移动是与液流中的平均速度相一致的。在此层内的金属有着垂直于液流流动方向运动的最小分量。围绕着这个中心旋转, 逐步地将金属从上层带到下层, 因而大体上保持了液流的表皮厚度, 直至填满。如图 1-2 所示, 第一阶段最初形成的表皮在第二阶段时处于固态线或固态线附近的温度。

第三阶段: 金属液完全充满型壁后, 型腔、浇注系统和压室是一个封闭的水力学系统, 在这一系统中各处压力是相等的, 压射力通过铸件中心使处于液态的金属继续作用。

### 1.1.2 压铸过程

压铸过程循环见图 1-3, 较为详尽表述压铸过程的工程图见图 1-4。

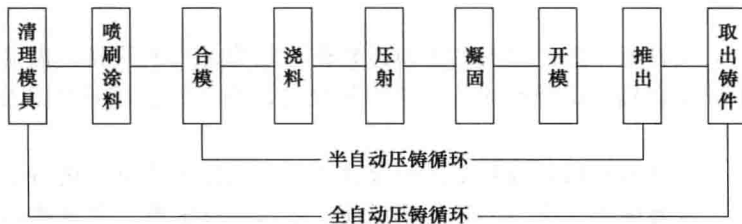


图 1-3 压铸过程循环

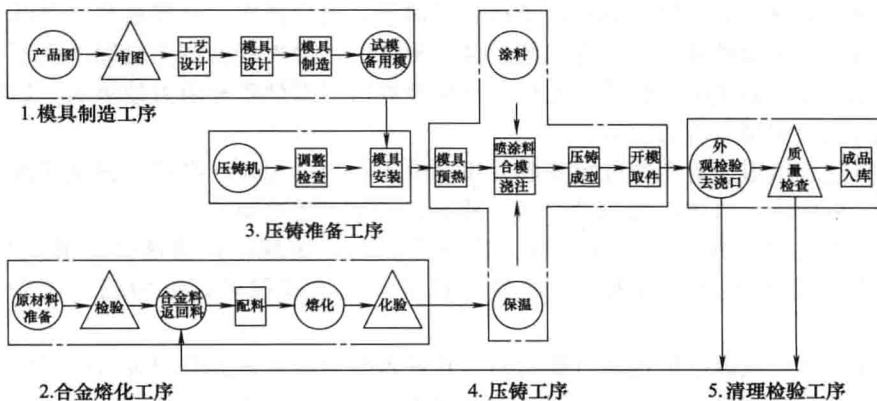


图 1-4 压力铸造工程图

压铸可分为热室压铸机压力铸造和冷室压铸机压力铸造两大类。其中冷室压铸机压力铸造又分为立式、卧式和全立式压铸机压铸。

### (1) 热室压铸机的压铸过程

热室压铸机的压铸过程：热室压铸机的压室浸在保温坩埚内的熔融合金中，压射部件装在坩埚上面，其压铸过程如图 1-5 所示。

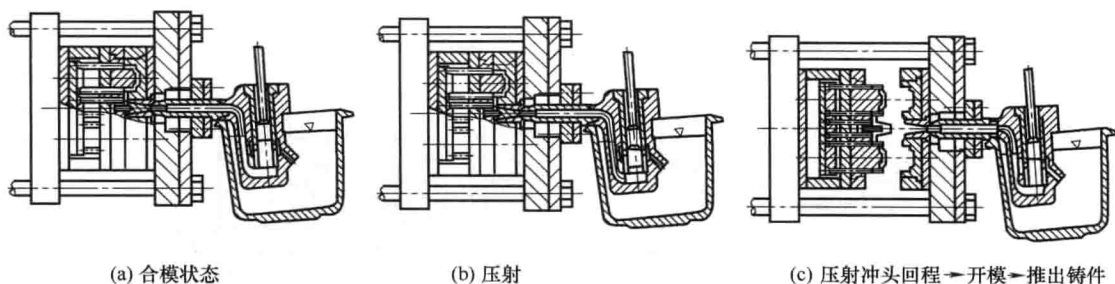


图 1-5 热室压铸机压铸过程

其基本原理如下：压铸过程中，金属液在压射冲头上升时进入压室；压射冲头下压时，金属液沿着通道经喷嘴充填压铸模型腔，待金属液冷却凝固成型后，压射冲头上升，此时开模取出铸件，完成一个压铸循环。

### (2) 冷室压铸机的压铸过程

① 立式冷室压铸机的压铸过程：立式冷室压铸机压室的中心平行于模具的分型面，称为垂直侧压室。其压铸过程如图 1-6 所示。

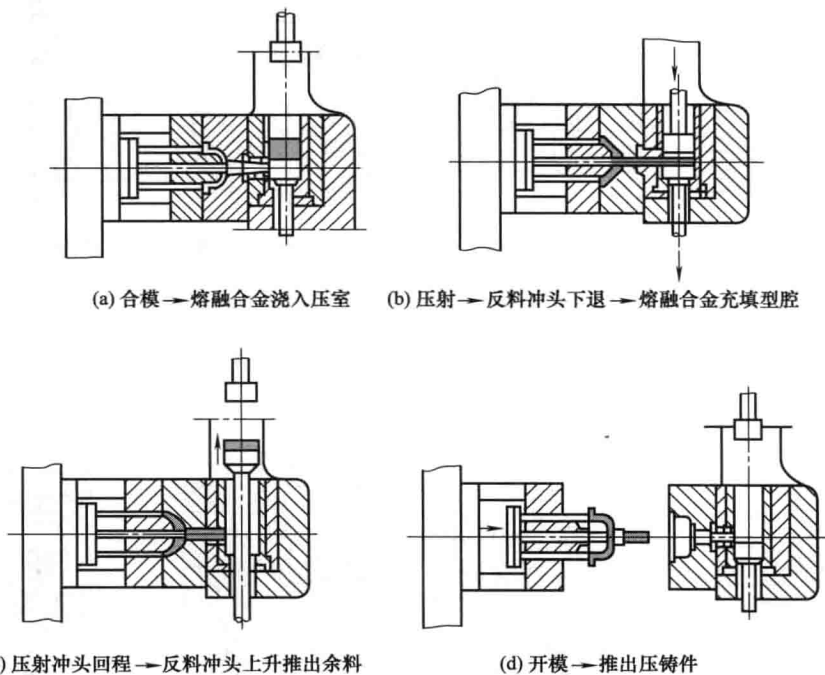


图 1-6 立式冷室压铸机压铸过程

② 卧式冷室压铸机的压铸过程：卧式冷室压铸机压室的中心线垂直于模具分型面，称为水平压室。压铸过程如图 1-7 所示。

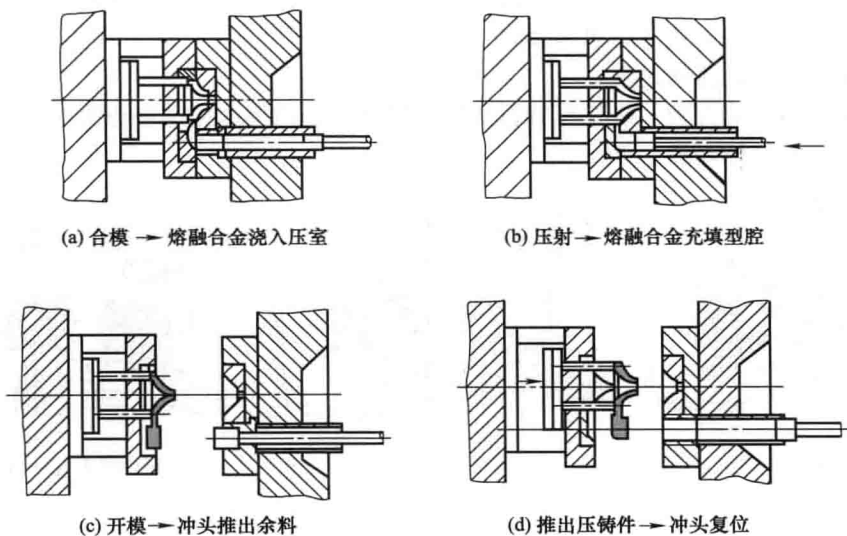


图 1-7 卧式冷室压铸机压铸过程

③ 全立式冷室压铸机的压铸过程：合模机构和压射机构垂直布置的压铸机称为全立式压铸机。

a. 冲头上压式全立式冷室压铸机的压铸过程如图 1-8 所示。

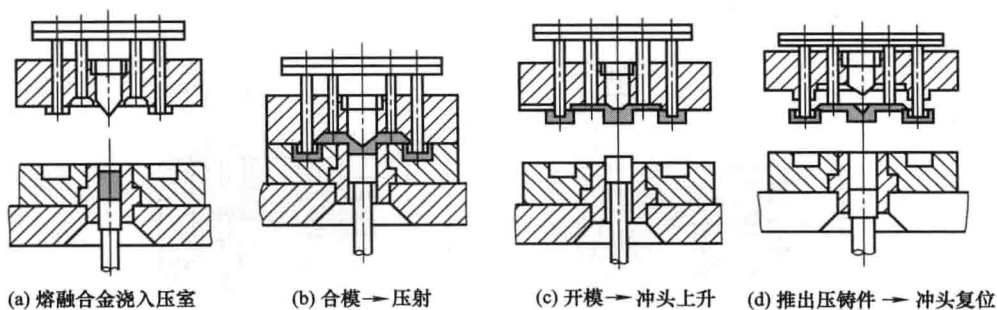


图 1-8 冲头上压式全立式冷室压铸机压铸过程

b. 冲头下压式全立式冷室压铸机的压铸过程如图 1-9 所示。

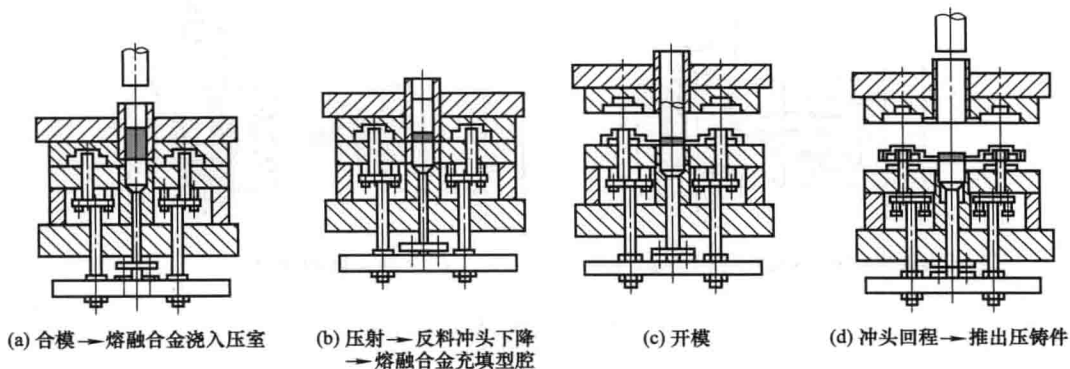


图 1-9 冲头下压式全立式冷室压铸机压铸过程

## 1.2 压铸的特点与应用范围

### 1.2.1 压铸的特点

随着科学技术的发展和各种换代产品的更新和创新,需要多种多样、形状复杂、精度要求较高的金属结构件。在加工这些结构件时,在初级阶段往往采用金属铸造成型或精密铸造成型的方法。这些方法成型的铸件一般还必须进行机械加工,才能达到结构件的技术要求和组装要求,而且外观粗糙,浪费了大量的人力和原材料,达不到理想的经济效果。

压铸工艺具有以下优点。

① 压铸件的尺寸精度高、表面质量好。压铸件的尺寸精度可达 IT11~IT13 级,最高时可达 IT9 级;压铸件的表面粗糙度  $Ra$  值为  $0.8\sim 3.2\mu\text{m}$ ,甚至可达  $Ra0.4\mu\text{m}$ ,压铸件互换性好。

② 可以生产出形状复杂、轮廓清晰、深腔薄壁的压铸件。压铸锌合金时最小壁厚达  $0.3\text{mm}$ ,铝合金可达  $0.5\text{mm}$ ,最小铸出孔径为  $0.7\text{mm}$ 。同时可以铸出清晰的文字和图案。

③ 压铸件组织致密,具有较高的强度和硬度。由于熔融合金充填时间短,在压铸模内冷却迅速,同时又在高压下凝固结晶。因此,在压铸件上靠近表面的一层金属晶粒较细、组织致密,使得压铸件具有较高的强度、硬度和良好的耐磨性。

④ 材料利用率高。压铸件可不经或只需少量的机械加工就可直接使用。材料利用率可达  $60\%\sim 80\%$ ,毛坯利用率在  $90\%$  以上。

⑤ 生产效率高,易实现机械化和自动化生产。冷室压铸机平均每小时可压铸  $80\sim 100$  次,热室压铸机平均每小时可压铸  $400\sim 1000$  次,适合于大批量生产。

⑥ 经济效益好。由于压铸件尺寸精确,表面质量好,加工余量小或不经机械加工即可进行装配,减少了机械加工设备和加工工时,压铸件价格便宜,可获得较好的经济效益。

压铸工艺具有以下缺点。

① 压铸模的成本较高,制造周期较长,对于批量较小的铸件,在应用上受到一定的限制。

② 压铸合金的种类受到限制。目前所采用的压铸模材料,其耐热性能只适用于熔点较低的铝、锌、镁等合金的压铸;而铜合金在压铸时,由于其熔点较高,模具寿命短的问题已比较突出。由于黑色金属的熔点高,压铸模的使用寿命决定了黑色金属压铸很难用于实际生产。因此,研究和开发新的压铸模具材料和新压铸工艺方法,是今后工作的方向。

低熔点的合金,如铝、锌、镁等,它们的力学性能也往往比较低。因此,对一些要求力学强度较高的承重件、耐磨件的铸件在应用上也受到了限制。

③ 由于在压铸成型时,金属液在高温状态下以极快的速度充型,型腔和压室中的气体很难完全排出,常以气孔或疏松的形式存留在压铸件中,不同程度地影响使用性能及后续的工艺加工性能。

### 1.2.2 压铸的应用范围

压铸是最先进的金属成型方法之一,是实现少切屑、无切屑的有效途径,应用很广,发展很快。目前压铸合金不再局限于非铁合金的锌、铝、镁和铜,而且也逐渐扩大用来压铸铸铁和铸钢件。在非铁合金的压铸中,铝合金占比例最高( $30\%\sim 60\%$ ),锌合金次之(在国外,锌合金铸件绝大部分为压铸件),铜合金比例仅占压铸件总量的  $1\%\sim 2\%$ ,镁合金是近几年国际上比较关注的合金材料,对镁合金的研究开发,特别是镁合金的压铸、挤压铸造、半固态加工等技术的研究更是呈现遍地开花的局面。



压铸件的尺寸和质量, 取决于压铸机的功率。由于压铸机的功率不断增大, 压铸件外形尺寸可以从几毫米到 1~2m; 质量可以从几克到数十千克。国外可压铸直径为 2m、质量为 50kg 的铝铸件。压铸件已广泛地应用在国民经济的各行各业中, 如兵器、汽车与摩托车、航空航天产品、电器仪表、无线电通信器件、计算机、农业机具、医疗器械、洗衣机、电视机、电冰箱、钟表、照相机、日用五金件以及建筑装饰件等各种产品的零部件的生产方面。

## 1.3 压铸新技术

### 1.3.1 半固态压铸工艺

在金属液以一定的冷却速率进行凝固的过程中, 对其施加剧烈的搅拌、或改变金属的热状态、或加入晶粒细化剂、或进行快速凝固, 以改变初生固相的形核和长大过程, 可得到一种液态金属母液中均匀地悬浮着一定球状初生固相(固体组分可达 50% 左右甚至更高)的固-液混合浆料, 这种浆料仍具有很好的流动性, 可进行压铸。用这种半液半固浆料进行压铸的方法称为半固态压铸。

#### (1) 半固态压铸的特点

半固态金属浆料或坯料与传统过热的液态金属相比, 具有一半左右的初生固相; 而与固态金属相比, 又含有一半左右的液相, 且固相为非枝晶态。所以, 半固态压铸与全液态金属压铸相比有许多优点。

① 热冲击减少, 压铸模的使用寿命获得提高。浆料为含有 50% 左右固体组分的半固态金属, 这样就有 50% 左右的熔化潜热散失掉了, 降低了浇注温度, 成型模具的工作温度低, 留模时间也短, 所以大大减少了对压室、压铸模型腔和压铸机组成部件的热冲击。因而可以提高压铸模的使用寿命。

② 铸件的质量获得提高。半固态金属黏度比全液态金属大, 内浇道处流速低, 充填时少喷溅, 无湍流, 卷入的空气少, 铸件的致密性得到提高。而且半固态收缩小, 所以铸件不易出现缩松和缩孔, 提高了铸件质量。对于需要进行热处理的厚壁铸件也能压铸。

③ 力学性能大大提高。零件因晶粒细化、组织分布均匀, 力学性能大幅度提高。

④ 可压铸薄壁铸件。半固态金属浆料像软固体一样输送到压室, 压射到内浇道处或薄壁处, 由于流动速率提高, 使黏度降低, 充模性能提高。故半固态压铸对薄壁件能良好充模, 并可改善铸件表面质量。

⑤ 节约金属及能量, 生产率获得提高。可精确地计量压射金属的质量, 从而节约金属及能量, 同时还可以改善工作环境。由于凝固速度加快, 生产率也得到提高, 成品率几乎是 100%。

⑥ 工艺简单, 便于实现自动化。工艺过程简单, 适合专业化生产和微机应用, 便于实现自动化。

#### (2) 半固态合金的制备方法

制备具有非枝晶组织的半固态合金浆料, 除采用原始的机械搅拌法外, 近些年又开发了一些新方法, 如电磁搅拌法、超声振动搅拌法、应变激活法、喷射铸造法、控制浇注温度法、喷射沉积法及液相线法等。目前已进入工业应用的主要是电磁搅拌法和应变激活法, 其他方法都还处在试验阶段, 尚未投入工业应用。

① 机械搅拌法。机械搅拌法有两种类型: 一种是早期由 M. C. F. Lemings 等采用的由两个同心带齿圆筒组成的搅拌装置, 内筒静止, 外筒旋转, 从而得到非枝晶组织的半固态浆料; 另一种是在熔融的金属中插入搅拌器来进行搅动。机械搅拌法的设备比较简单, 并且可以通过

控制搅拌温度、搅拌速度和冷却速度等工艺参数来研究金属的搅动凝固规律和半固态金属的流变性能。目前实验室研究大多采用此法。

机械搅拌法的缺点是：操作困难，生产效率低；固相率只能限制在 30%~60% 范围内；插入熔融金属的搅拌器会造成污染而影响材料的性能等；对高熔点的黑色金属，由于搅拌桨叶材料的限制，应用受到限制；容易氧化的镁合金也不适宜采用此法。

② 电磁搅拌法。电磁搅拌法是利用电磁感应产生感应电流，感应电流在外加旋转磁场的作用下促使金属固液浆料激烈地搅动，使枝晶组织转变为非枝晶组织。将电磁搅拌法与连铸技术相结合可以生产连续的搅拌铸锭，这是目前半固态铸造工业应用的主要生产工艺方法。

产生旋转磁场的方法主要有两种：一种是在感应线圈内通交变电流的传统方法，如图 1-10 所示；另一种是旋转永磁体法。两者相比，后者造价低、能耗少，同时电磁感应由高性能的永磁材料组成，其内部产生的磁场强度高，通过改变永磁体的排列方式，可以使金属液产生明显的三维流动，提高了搅拌效果。

与机械搅拌法相比，电磁搅拌法不会造成金属浆料的污染，也不会卷入气体，金属浆料的质量较高，参数控制也较方便；缺点是设备投资较大，工艺也比较复杂，制造成本较高。

③ 应变激活法。应变激活法是将常规铸锭经热态挤压预变形制成半成品棒料，通过变形

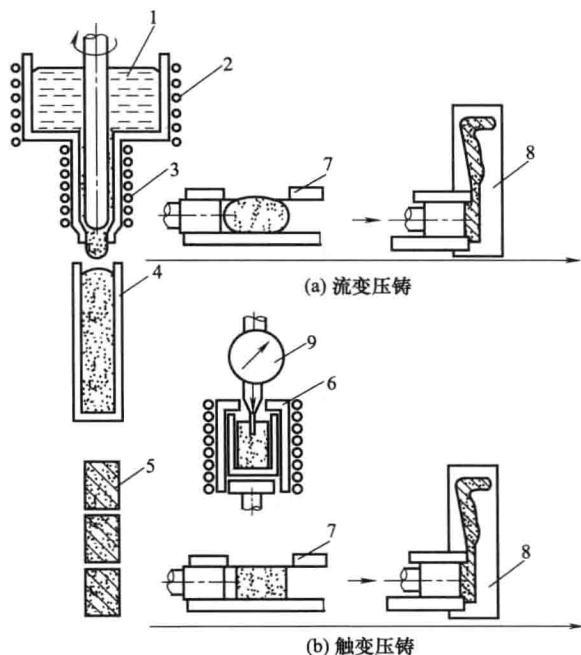


图 1-11 半固态压铸装置原理示意图

1—压铸合金；2—感应加热器；3—冷却器；4—流变铸锭；5—坯料；6—坯料重新加热装置；7—压射室；8—压铸模；9—软度指示针

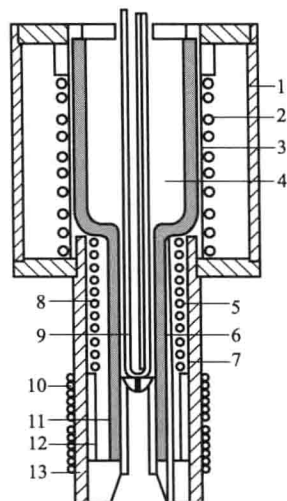


图 1-10 传统半固态浆料连续制备装置

1—外壳；2,10,13—感应线圈；3—坩埚；4—熔融金属；5—感应冷却线圈；6—捣实的耐火材料；7—热电偶；8—陶瓷材料；9—金属浆液；11—陶瓷套筒；12—绝缘材料

破碎铸态组织，然后对热变形的棒料再施加少量的冷变形，在组织中预先储存部分变形能量，最后按需要将变形后的金属棒料分切成一定大小，加热到固液两相区等温一定时间，快速冷却后即可获得非枝晶组织铸锭。在加热过程中先是发生再结晶，然后部分熔化，最终球形固相颗粒分散在液相中，获得半固态组织。该方法制备的压铸金属坯料纯净，产量较大，对制备熔点较高的非枝晶合金具有独特的优越性。缺点主要是制备的坯料尺寸较小，只适合制作小型零件毛坯，另外还要多一道预变形工序，增加成本。

### (3) 半固态压铸成型方法

半固态压铸通常分为两种：流变压铸和触变压铸。前者是将得到的半固态金属浆料在保持其半固态温度下直接压射到型腔里形成铸件，如图 1-11 (a) 所示；后者是将半固态浆料进