



高等院校应用型特色规划教材

# 金属压铸工艺 与模具设计

骆耕生 许琳 主编



清华大学出版社

高等院校应用型特色规划教材

TG249.2  
9

# 金属压铸工艺与模具设计

骆栩生 许琳 主 编

清华大学出版社  
北 京

## 内 容 简 介

本书从实用的角度出发,在系统地介绍了压铸技术的基础上重点介绍了压铸模的设计方法。全书共14章,主要内容包括:压铸原理和金属充填理论、压铸合金、压铸件设计、常规的和特殊的压铸工艺、压铸机、压铸模设计概述、浇注及排溢系统设计、压铸模成型零部件和模体设计、抽芯和推出机构设计、温度调节系统设计及模具技术条件和设计程序等。

本书可作为大专院校模具、材料成型、机电一体化等专业的本科教材,并可供有关科技人员参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

### 图书在版编目(CIP)数据

金属压铸工艺与模具设计/骆相生,许琳主编. —北京:清华大学出版社,2006.7

(高等院校应用型特色规划教材)

ISBN 7-302-13367-0

I.金… II.①骆…②许… III.压铸模—设计—高等学校:技术学校—教材 IV.TG241

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第077349号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 客户服务:010-62776969

组稿编辑:刘天飞

文稿编辑:张彦青

排版人员:李 欣

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:三河市化甲屯小学装订二厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:15.75 字数:370千字

版 次:2006年7月第1版 2006年7月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-13367-0/TG·22

印 数:1~4000

定 价:22.00元

# 前 言

随着现代工业高速发展的需要, 铸件在汽车、航空、电器仪表、电信器材等各个领域中的应用日益广泛, 对铸件的质量要求也越来越高。在由合金原材料转变为铸件的成型过程中, 合金原材料的选用、压铸设备的选择和压铸模的设计与制造、压铸工艺的制订是压铸生产的四大环节, 要经济地生产出优质铸件, 主要是要有正确合理的压铸工艺和高质量的压铸模。

为了适应我国高等教育发展和教学改革的需要, 根据新世纪人才培养模式的新变化, 结合各学校从事模具专业教学改革的研究和实践, 吸收各学校教学改革的成功经验, 我们编写了该教材。本书由多年从事压铸工艺、模具设计和研究的高校教师以及企业具有丰富实践经验的压铸生产和模具设计工程技术人员参加编写, 参考了国内外大量有关压铸技术和模具设计制造方面的专著与最新技术资料 and 成果。本书从内容上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, 加强实用性, 突出实践性, 确保内容有一定深度并与实际紧密结合。书中附有大量技术参数、设计方案及压铸模结构例图, 可供设计者参考、选用, 并有大量思考题供学习者复习巩固。通过本书的学习, 读者应能对压铸生产基础理论有一定的理解, 并具备一定的设计铸件及压铸模能力。

本书全面系统地介绍了压铸原理、压铸合金、压铸工艺和压铸机, 并重点介绍了压铸模的结构及各组成部分的设计要点和设计方法。本书可作为 50 学时左右的教材。

本书由南昌大学机电工程学院骆相生、许琳编写, 书中第 6~14 章的插图由骆尔提、骆思绮绘制。本书在编写过程中得到多方面的支持和帮助, 在此一并表示感谢。

由于编者理论水平和实践经验有限, 书中难免有不当和错误之处, 恳请读者批评指正。

# 目 录

|                                 |    |                                  |    |
|---------------------------------|----|----------------------------------|----|
| 第1章 概述.....                     | 1  | 3.2.5 压铸齿与螺纹 .....               | 25 |
| 1.1 铸造工艺与压力铸造.....              | 1  | 3.2.6 嵌件 .....                   | 26 |
| 1.2 压铸原理与金属充填理论.....            | 2  | 3.2.7 凸纹、凸台、文字与图案 .....          | 27 |
| 1.2.1 压铸原理.....                 | 2  | 3.3 压铸件结构设计的工艺性.....             | 27 |
| 1.2.2 金属充填理论.....               | 6  | 3.3.1 简化模具结构、<br>延长模具寿命 .....    | 27 |
| 1.3 压铸工艺特点及其应用和发展.....          | 9  | 3.3.2 有利于脱模与抽芯 .....             | 29 |
| 1.3.1 压铸工艺特点.....               | 9  | 3.3.3 防止压铸件变形 .....              | 30 |
| 1.3.2 压铸工艺的应用及发展.....           | 10 | 思考题.....                         | 30 |
| 思考题.....                        | 10 | 第4章 压铸工艺.....                    | 31 |
| 第2章 压铸合金.....                   | 11 | 4.1 压力.....                      | 31 |
| 2.1 压铸合金性能要求.....               | 11 | 4.1.1 压射力 .....                  | 31 |
| 2.2 压铸合金.....                   | 11 | 4.1.2 比压及其选择 .....               | 32 |
| 2.2.1 铅合金和锡合金.....              | 11 | 4.1.3 胀模力 .....                  | 34 |
| 2.2.2 锌合金.....                  | 12 | 4.2 速度.....                      | 34 |
| 2.2.3 铝合金.....                  | 12 | 4.2.1 压射速度 .....                 | 34 |
| 2.2.4 镁合金.....                  | 15 | 4.2.2 内浇口速度 .....                | 35 |
| 2.2.5 铜合金.....                  | 15 | 4.2.3 内浇口速度与压射<br>速度和压力的关系 ..... | 36 |
| 思考题.....                        | 16 | 4.3 温度.....                      | 36 |
| 第3章 压铸件设计.....                  | 17 | 4.3.1 合金浇注温度 .....               | 37 |
| 3.1 压铸件的精度、表面粗糙度<br>及加工余量.....  | 17 | 4.3.2 模具温度和模具热平衡 .....           | 38 |
| 3.1.1 压铸件的尺寸精度.....             | 17 | 4.4 时间.....                      | 42 |
| 3.1.2 表面形状和位置.....              | 19 | 4.4.1 充填时间和增压建压时间 .....          | 42 |
| 3.1.3 表面粗糙度.....                | 20 | 4.4.2 持压时间和留模时间 .....            | 43 |
| 3.1.4 加工余量.....                 | 20 | 4.5 压室充满度.....                   | 44 |
| 3.2 压铸件基本结构单元设计.....            | 21 | 4.6 压铸用涂料.....                   | 45 |
| 3.2.1 壁的厚度、连接形式<br>及连接处的圆角..... | 21 | 4.6.1 涂料的作用和<br>对涂料的要求 .....     | 45 |
| 3.2.2 脱模斜度.....                 | 23 | 4.6.2 涂料的种类和使用 .....             | 45 |
| 3.2.3 压铸孔和槽.....                | 24 | 4.7 压铸件的整修和处理.....               | 46 |
| 3.2.4 肋.....                    | 25 |                                  |    |

|                                   |    |                                     |     |
|-----------------------------------|----|-------------------------------------|-----|
| 4.7.1 压铸件的清理、<br>整形和修补.....       | 46 | 7.3 压铸模结构组成.....                    | 75  |
| 4.7.2 压铸件的后处理<br>和表面处理.....       | 47 | 7.4 分型面设计.....                      | 76  |
| 思考题.....                          | 48 | 7.4.1 分型面的形式.....                   | 76  |
| <b>第5章 特殊压铸工艺简介</b> .....         | 49 | 7.4.2 分型面选择原则.....                  | 77  |
| 5.1 真空压铸.....                     | 49 | 思考题.....                            | 80  |
| 5.1.1 真空压铸的特点.....                | 49 | <b>第8章 浇注系统及排溢系统设计</b> .....        | 81  |
| 5.1.2 真空压铸的密封.....                | 49 | 8.1 浇注系统设计.....                     | 81  |
| 5.2 充氧压铸.....                     | 51 | 8.1.1 直浇道设计.....                    | 81  |
| 5.2.1 充氧压铸的特点.....                | 51 | 8.1.2 横浇道设计.....                    | 86  |
| 5.2.2 充氧压铸装置及工艺参数.....            | 51 | 8.1.3 内浇口设计.....                    | 88  |
| 5.3 精密压铸.....                     | 52 | 8.1.4 典型压铸件浇注系统设计.....              | 95  |
| 5.4 半固态压铸.....                    | 53 | 8.2 溢流与排气系统设计.....                  | 101 |
| 5.5 黑色金属压铸.....                   | 54 | 8.2.1 溢流槽设计.....                    | 101 |
| 思考题.....                          | 55 | 8.2.2 排气槽设计.....                    | 104 |
| <b>第6章 压铸机</b> .....              | 56 | 思考题.....                            | 105 |
| 6.1 各类压铸机的特点.....                 | 56 | <b>第9章 压铸模成型零部件<br/>与模体设计</b> ..... | 106 |
| 6.1.1 各类压铸机的特点.....               | 56 | 9.1 成型零件结构设计.....                   | 106 |
| 6.1.2 国产压铸机型号<br>及主要参数.....       | 57 | 9.1.1 成型零件结构形式.....                 | 106 |
| 6.2 压铸机的基本结构.....                 | 57 | 9.1.2 镶拼式结构设计要点.....                | 107 |
| 6.2.1 合模机构.....                   | 57 | 9.1.3 成型零件的固定.....                  | 109 |
| 6.2.2 压射机构.....                   | 59 | 9.1.4 成型零件结构尺寸.....                 | 112 |
| 6.3 压铸机的选用及有关参数的校核.....           | 60 | 9.1.5 成型零件成型尺寸计算.....               | 115 |
| 6.3.1 根据压铸件的生产规模<br>和品种选择压铸机..... | 60 | 9.2 压铸模模体设计与计算.....                 | 122 |
| 6.3.2 根据压铸件的轮廓尺寸<br>和质量选择压铸机..... | 61 | 9.2.1 压铸模模体设计.....                  | 122 |
| 思考题.....                          | 64 | 9.2.2 动定模套板边框厚度计算.....              | 124 |
| <b>第7章 压铸模设计概述</b> .....          | 65 | 9.2.3 动模支承板厚度计算.....                | 126 |
| 7.1 压铸机特性曲线.....                  | 65 | 9.2.4 动定模座板设计.....                  | 128 |
| 7.1.1 压铸机压力—流量<br>特性曲线.....       | 65 | 9.2.5 导向机构设计.....                   | 130 |
| 7.1.2 压铸模压力-流量特性<br>曲线和工作点.....   | 69 | 思考题.....                            | 133 |
| 7.2 压铸模设计原则.....                  | 75 | <b>第10章 抽芯机构设计</b> .....            | 134 |
|                                   |    | 10.1 常用抽芯机构及其组成.....                | 134 |
|                                   |    | 10.1.1 常用抽芯机构的特点.....               | 134 |
|                                   |    | 10.1.2 抽芯机构的组成.....                 | 135 |
|                                   |    | 10.1.3 抽芯机构的设计要点.....               | 135 |
|                                   |    | 10.2 抽芯力和抽芯距离的确定.....               | 136 |
|                                   |    | 10.2.1 抽芯力的估算.....                  | 136 |

|                                  |     |                                       |     |
|----------------------------------|-----|---------------------------------------|-----|
| 10.2.2 抽芯距离的计算.....              | 137 | 11.3.1 推管推出机构特点<br>和常见组装形式 .....      | 177 |
| 10.3 斜导柱抽芯机构.....                | 138 | 11.3.2 推管设计 .....                     | 179 |
| 10.3.1 斜导柱抽芯<br>机构的抽芯过程.....     | 139 | 11.4 推件板推出机构.....                     | 180 |
| 10.3.2 斜导柱抽芯机构的设计.....           | 139 | 11.5 复位与预复位机构设计.....                  | 181 |
| 10.3.3 抽芯机构与推出<br>机构的干扰.....     | 148 | 11.5.1 推出机构的复位 .....                  | 181 |
| 10.4 弯销抽芯机构.....                 | 149 | 11.5.2 预复位机构 .....                    | 182 |
| 10.4.1 弯销抽芯机构的<br>组成及抽芯过程.....   | 149 | 11.6 推出机构的导向.....                     | 184 |
| 10.4.2 弯销抽芯机构的特点.....            | 150 | 11.7 其他推出机构.....                      | 184 |
| 10.4.3 弯销设计.....                 | 150 | 思考题.....                              | 188 |
| 10.5 斜滑块抽芯机构.....                | 153 | <b>第 12 章 加热与冷却系统设计</b> .....         | 189 |
| 10.5.1 斜滑块抽芯机构的<br>组成及抽芯过程.....  | 153 | 12.1 模具的加热.....                       | 189 |
| 10.5.2 斜滑块抽芯机构设计要点.....          | 154 | 12.2 模具的冷却.....                       | 190 |
| 10.5.3 斜滑块的设计.....               | 155 | 思考题.....                              | 194 |
| 10.6 齿轮齿条抽芯机构.....               | 159 | <b>第 13 章 压铸模的技术要求</b> .....          | 195 |
| 10.6.1 齿轮齿条抽芯机构的<br>组成与抽芯过程..... | 159 | 13.1 压铸模零件技术要求.....                   | 195 |
| 10.6.2 齿轮齿条抽芯<br>机构设计要点.....     | 160 | 13.1.1 压铸模零件的公差与配合 ...                | 195 |
| 10.7 液压抽芯机构.....                 | 160 | 13.1.2 压铸模零件的形位公差 .....               | 197 |
| 10.7.1 液压抽芯机构的<br>组成及抽芯过程.....   | 161 | 13.1.3 压铸模零件表面粗糙度 .....               | 199 |
| 10.7.2 液压抽芯机构设计要点.....           | 161 | 13.1.4 压铸模零件技术要求 .....                | 200 |
| 10.8 其他抽芯形式.....                 | 161 | 13.2 压铸模总体安装技术要求.....                 | 201 |
| 思考题.....                         | 165 | 13.3 压铸模常用材料的选用<br>及热处理要求.....        | 202 |
| <b>第 11 章 推出机构设计</b> .....       | 166 | 13.3.1 成型零件材料选用<br>及热处理要求 .....       | 203 |
| 11.1 推出机构分类及组成.....              | 166 | 13.3.2 非成型零件的材料<br>选用及热处理要求 .....     | 204 |
| 11.1.1 推出机构的分类.....              | 166 | 思考题.....                              | 204 |
| 11.1.2 推出机构的组成.....              | 167 | <b>第 14 章 压铸模设计程序及图例</b> .....        | 205 |
| 11.1.3 推出机构设计要点.....             | 167 | 14.1 压铸模设计程序.....                     | 205 |
| 11.2 推杆推出机构.....                 | 170 | 14.2 压铸模设计举例.....                     | 207 |
| 11.2.1 推杆推出机构的特点.....            | 170 | 14.3 压铸模结构图例.....                     | 214 |
| 11.2.2 推杆设计.....                 | 171 | 思考题.....                              | 222 |
| 11.2.3 推板尺寸.....                 | 176 | <b>附录 A 国产常用压铸机型号<br/>及主要参数</b> ..... | 223 |
| 11.3 推管推出机构.....                 | 177 |                                       |     |

|                  |                   |
|------------------|-------------------|
| 附录 B 国产常用压铸      | 附录 D 组成通用模架组合的标准  |
| 机结构简图..... 227   | 零件的功能及应用..... 231 |
| 附录 C 压铸模标准       |                   |
| 零件应用示例 ..... 230 |                   |

# 第 1 章 概 述

压力铸造简称压铸，属铸造工艺的范畴，是特种铸造中的一种。通常将砂型铸造以外的铸造方法统称为“特种铸造”，常用的特种铸造方法有近十种之多，而压铸是其中应用很广的方法之一。

## 1.1 铸造工艺与压力铸造

在金属成型工艺发展过程中，铸造是历史最为悠久的一种工艺。将金属液浇入铸型内待其凝固冷却后获得铸件，称为重力铸造。铸型根据材料不同有泥型、砂型、金属型、失蜡型等。我国早在三千多年以前就用泥范(泥型)来浇注各种铸件了。

根据文献记载和实物考察研究，铸造技术的发展可分为两大阶段，前阶段以青铜铸造技术为主，后阶段以铸铁技术为主。大约五千年以前，人们就用铸型浇出形状简单的铜件，到中世纪末，装饰青铜和锡基铸件开始用于欧洲的教堂和家庭生活。我国在商周时代，青铜技术达到了成熟期。河南安阳出土的殷朝祭器司母戊鼎重达 700 多公斤，长高都超过一米，四周饰有精美的蟠龙纹及饕餮纹。湖北随县出土的一大批青铜器，种类繁多，纹饰细致精美。其中六十四件编钟铸造精巧、音律准确、音色优美。这些充分证明殷商时期铜合金的冶炼和铸造技术已达到了很高的水平。

我国在公元前六世纪就发明了生铁冶铸技术，比欧洲早一千八百多年。隋唐以后，随着社会经济的发展铸造技术有了很大的进步。公元 974 年铸造的河北沧州大铁狮高 6.1 m，长 5.5 m，重达 50 t。明朝永乐年间铸造的永乐青铜大钟重达 40 t，钟体内外遍铸经文十余万字。

我国古代铸造技术成就辉煌，但在近百年来却大大落后于西方先进工业国家，有许多技术甚至都失传了。到新中国成立之后，铸造技术又呈现出蓬勃的生机。南京晨光机器厂于 1989 年为香港的“天坛”铸造了一尊青铜大佛，又在 1994 年铸造出“泰国第一佛”释迦牟尼坐像和莲花的部分，总高 22 m，重 40 t。

社会需要是促进科学技术发展的主要原因。当一种生产工艺不能满足社会需要时，就会有新的更好的工艺产生，压铸技术的出现就是如此。压铸最早用来铸造印刷用的铅字，当时需要生产大量清晰光洁以及可互换的铸造铅字，压铸法随之产生。1885 年奥默根瑟勒(Mergenthaler)发明了铅字压铸机。最初压铸的合金是低熔点的铅和锡合金。随着对压铸件需求量的增加，要求采用压铸法生产熔点和强度都更高的合金零件，这样，相应的压铸技术、压铸模具和压铸设备就不断地改进发展。1905 年多勒(Doehler)研究成功用于工业生产的压铸机，压铸锌、锡、铅合金铸件。1907 年瓦格纳(Wagner)首先制成气动活塞压铸机，用于生产铝合金铸件。1927 年捷克工程师约瑟夫·波拉克(Joset Polak)设计了冷压室压铸机，

克服了热压室压铸机的不足之处,从而使压铸生产技术前进了一大步,铝、镁、铜等合金零件开始广泛采用压铸工艺进行生产。压铸生产是所有铸造工艺中生产速度最快的一种,也是最富有竞争力的工艺之一,使得它在短短的 160 多年的时间内发展成为航空航天、交通运输、仪器仪表、通信等领域内有色金属铸件的主要生产工艺。

20 世纪 60 年代至 70 年代是压铸工艺与设备逐步完善的时期。而 70 年代到现在,则是电子技术和计算机技术加速用于压铸工艺与设备的大发展阶段。数控压铸机、计算机控制压铸柔性单元及系统(压铸 FMC 及 FMS)和压铸工艺与设备计算机辅助设计(CAD)的出现,标志着压铸生产开始从经验操作转变到科学控制新阶段,从而使铸件的质量、自动化程度及劳动生产率都得到极大的提高。

各种常用铸造方法适用范围及技术经济指标见表 1.1。

## 1.2 压铸原理与金属充填理论

高压和高速是压铸时金属液充填成型过程中的两大特点,也是压铸与其他铸造方法最根本的区别所在。

### 1.2.1 压铸原理

压铸是将液态或半固态金属浇入压铸机的压室中,金属液在运动的压射冲头作用下,以极快的速度充填型腔,并在压力的作用下结晶凝固而获得铸件的一种铸造方法。压铸时作用在金属液上的压射比压从几兆帕至几十兆帕不等,有时甚至高达 500 兆帕。金属液充填型腔时,浇口处的线速度达  $0.5 \sim 70 \text{ m/s}$ 。充填的时间极短,一般为  $0.01 \sim 0.03 \text{ s}$ 。压铸生产过程如图 1.1 所示。

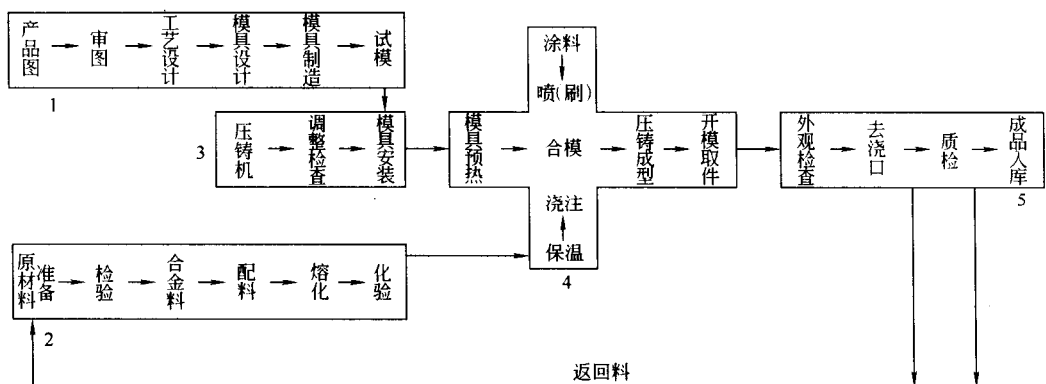


图 1.1 压铸工艺流程图

1—模具制造; 2—合金熔炼; 3—压铸准备; 4—压铸; 5—清理检验

压铸过程是由压铸机来实现的,压铸机分热压室压铸机和冷压室压铸机两大类。

表 1.1 各种常用铸造方法适用范围及技术经济指标

|                 | 砂型铸造                  | 熔模铸造               | 金属型铸造               | 压力铸造                   | 离心铸造        | 陶瓷型铸造    | 低 压 铸 造     |                     | 挤压铸造                 | 真空吸铸   | 连续铸造     |
|-----------------|-----------------------|--------------------|---------------------|------------------------|-------------|----------|-------------|---------------------|----------------------|--------|----------|
|                 | 各种铸造合金                | 各种铸造合金             | 常用铸造合金              | 有色铸造合金                 | 各种铸造合金      | 以合金钢为主   | 砂型          | 金属型                 |                      |        |          |
| 铸件材料            | 各种铸造合金                | 各种铸造合金             | 常用铸造合金              | 有色铸造合金                 | 各种铸造合金      | 以合金钢为主   | 常用铸造合金      | 有色铸造合金              | 各种铸造合金和形变合金          | 以铜合金为主 | 常用铸造合金   |
| 铸件大小            | 几乎不受限制                | 中、小铸件              | 以中、小铸件为主            | 以中、小铸件为主               | 大、中、小铸件     | 大、中、小铸件  | 大、中、小铸件     | 中、小铸件               | 中、小铸件                |        |          |
| 铸件复杂程度          | 复杂                    | 复杂                 | 一般                  | 较复杂                    | 一般或简单       | 一般       | 较复杂         | 较复杂                 | 一般或简单                | 简单     | 简单       |
| 铸件的壁厚/mm        | $\geq 3$              | 0.3(孔 $\phi 0.5$ ) | 铝合金 $>3$<br>铸铁 $>5$ | 铜合金2其他合金0.5~1.0        |             |          | 2~3         | 1.5~2.0             | 2~5                  |        | 4        |
| 铸件尺寸精度①         | ZJ7~ZJ6               | ZJ3~ZJ2            | ZJ5~ZJ4             | ZJ2~ZJ1                |             | ZJ4~ZJ3  | ZJ7~ZJ6     | ZJ5~ZJ4             | ZJ4~ZJ2              |        |          |
| 铸件表面粗糙度 $R_a$ ② | ~12.5                 | 6.3~1.6            | 12.5~3.2            | 3.2~0.8                |             | 12.5~3.2 | ~12.5       | 12.5~3.2            | 3.2~1.6              |        |          |
| 工艺实收率           | 30%~50%               | 60%                | 40%~50%             | 60%                    | 85%~95%     | 50%~60%  | 50~60%      | 50~60%              | 90~98%               | 85~95% | 90%      |
| 毛坯利用率           | 60%~70%               | 80%~90%            | 70%~80%             | 95%                    | 70%~90%     | 90%      | 80~90%      | 80~95%              | 70~90%               | 70~90% | 90% (铸管) |
| 铸件内部质量          | 晶粒粗、组织疏松、铸造缺陷较多、力学性能差 | 采用重力浇注时与砂型铸造相近似    | 晶粒细、组织致密、力学性能高、气密性好 | 晶粒细、力学性能较高、但易产生气孔不能热处理 | 组织致密、力学性能较高 | 与砂型铸造相近似 | 组织致密、力学性能较高 | 晶粒细、组织致密、力学性能高、气密性好 | 晶粒细、组织致密、力学性能较高、气密性好 |        |          |
| 生产批量            | 各种批量均宜                | 以成批、大量为宜           | 以成批、大量为宜            | 以大量为宜                  | 成批、大量       | 单件、小批    | 小批、成批       | 以成批、大量为宜            | 成批、大量                | 成批、大量  | 大量       |
| 生产率             | 随机械化程度增高而增高           | 随机械化程度增高而增高        | 较高                  | 很高                     | 较高          | 低        | 一般          | 较高                  | 高                    | 一般     | 高        |
| 生产准备周期          | 短                     | 较长                 | 较长                  | 长                      | 较长          | 短        | 较长          | 较长                  | 较长                   | 较长     | 较长       |
| 设备费用            | 随机械化程度增高而增高           | 随机械化程度增高而增高        | 中等                  | 高                      | 中等          | 低        | 中等          | 中等                  | 高                    | 中等     | 高        |
| 工装费用            | 随机械化程度增高而增高           | 较高                 | 中等                  | 高                      | 一般          | 低        | 低           | 中等                  | 中等                   |        |          |

注：①按 HBO-7-67。

②按 GB103-83

## 1. 热压室压铸机工作的基本原理

热压室压铸机的压室通常浸没在坩埚的金属液中，如图 1.2 所示。压铸过程中，金属液在压射冲头上升时通过进口进入压室；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。

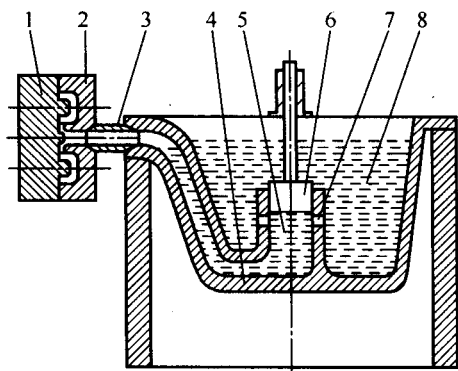


图 1.2 热压室压铸机压铸原理图

1—动模；2—定模；3—喷嘴；4—坩埚；5—压室；6—压射冲头；7—进口；8—金属液

## 2. 冷压室压铸机工作的基本原理

冷压室压铸机的压室与保温坩埚是分开的，压铸时由人工用料勺从保温坩埚内舀取金属液浇入压室后再进行压铸。根据压铸模与压室的相对位置不同，冷压室压铸机又可分为立式、卧式、全立式三种。

(1) 立式冷压室压铸机的基本原理。压室与压射机构处于垂直位置，压铸过程如图 1.3 所示。浇入压室中的金属液被反料冲头托住，以防止金属液流入型腔。当压射冲头下压快要接触金属液面时，反料冲头突然下降让出喷嘴入口，金属液在压射冲头的作用下充填型腔并使铸件在压力下冷却凝固。压射冲头在完成金属液充填型腔并保压后返回。反料冲头上升切断余料并将其推至压室的上沿，以便去除余料。最后反料冲头返回，动定模分开，取出压铸件，完成一个压铸循环。

(2) 卧式冷压室压铸机的基本原理。压室与压射机构处于水平位置，压铸过程如图 1.4 所示。压铸过程中，金属液从加料口浇入压室，压射冲头向前运动，推动金属液使之经浇道充填模具型腔。金属液在压力下冷却凝固，然后开模，取出带着浇注系统和余料的压铸件，完成一个压铸循环。

(3) 全立式冷压室压铸机的基本原理。全立式冷压室压铸机的合模机构和压射机构垂直布置。它又分上压式和下压式两种。上压式压铸原理如图 1.5(a)所示。压铸过程是先加料后合模，然后压射冲头由下向上运动将金属液通过浇注系统压入型腔。下压式压铸原理如图 1.5(b)所示。合模后，将金属液浇入压室中，依靠下冲头底部弹簧弹力，由下冲头托住金属液，防止其在重力的作用下流入型腔。当上冲头下压时，通过金属液推动下冲头，下冲头下降，让出浇道，金属液在上冲头的压力作用下充填型腔。

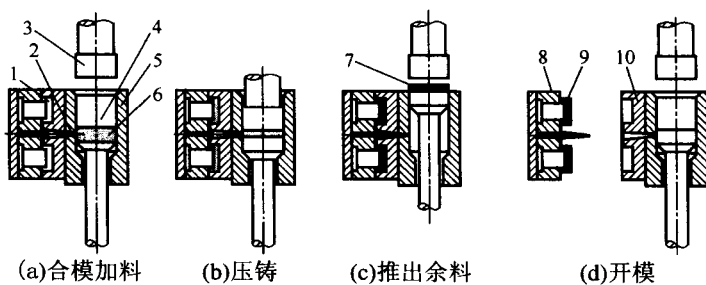


图 1.3 立式冷压室压铸机压铸过程示意图

1—型腔；2—直浇道；3—压射冲头；4—金属液；5—压射缸；  
6—反料冲头；7—余料；8—动模；9—压铸件；10—定模

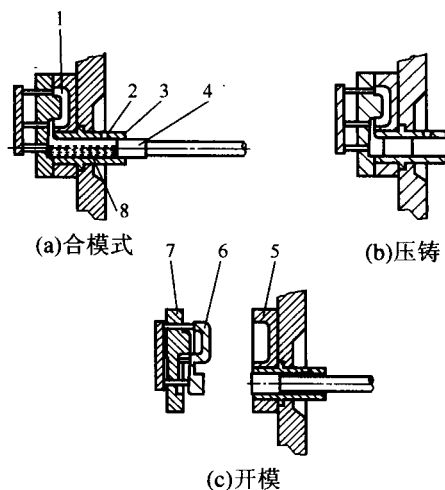


图 1.4 卧式冷压室压铸机压铸过程示意图

1—型腔；2—加料口；3—压室；4—压射冲头；5—定模；6—压铸件；7—动模；8—金属液

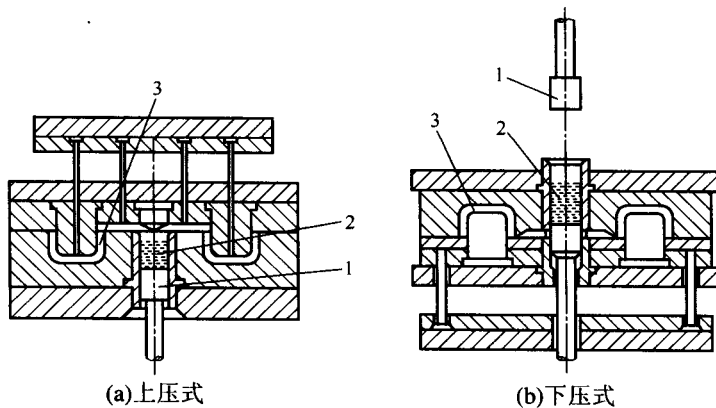


图 1.5 全立式冷压室压铸机压铸过程示意图

1—压射冲头；2—金属液；3—型腔

## 1.2.2 金属充理论

由前可知,压铸是金属液在极高的压力作用下,在很短的时间内以极高的速度充满型腔的。这个过程是十分复杂的,它涉及流体动力学问题和热力学问题,并且与许多因素有关,如金属液的成分、黏度、表面张力、重度及结晶温度,铸件的结构形状,浇口的位置、形状及大小,压射比压、压射速度,浇注系统,模具温度等。这些因素又是动态的,相互影响的。

高温金属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、流纹、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,而且充填速度越大受到的阻力也越大。金属液进入型腔时,首先受到型腔内气体的阻力,排气不良的铸型与排气良好的铸型相比,在充填金属液时,前者的充填速度只有后者的一半。其次,金属液充填型腔过程中碰到型壁和型芯时也将受到较大的阻力,能量损失较大。

为了清楚地看到金属液在充型受阻后对铸件成型的影响,我们可以做充填 U 形型腔的试验。试验用 U 形铸件,一个端部为矩形,另一个端部是圆形。浇口都位于铸件另一端一壁的中心,直径为 2 mm,长为 10 mm,如图 1.6 所示。金属液充填速度为 15~20 m/s。图 1.7、图 1.8 分别表示金属液充填二种型腔的情况。比较图 1.7 和图 1.8 在相近的充填时间段内各自的充填情况,可以看到:

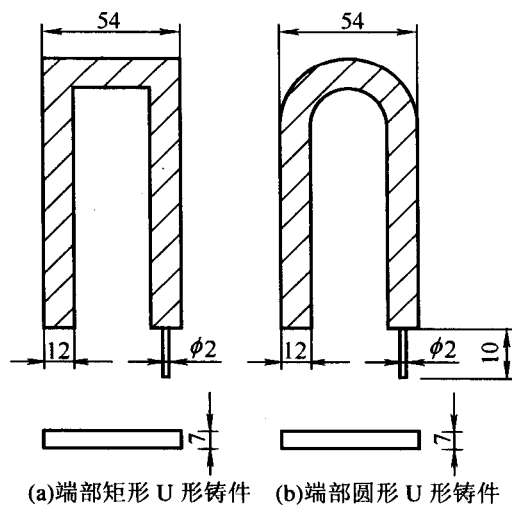
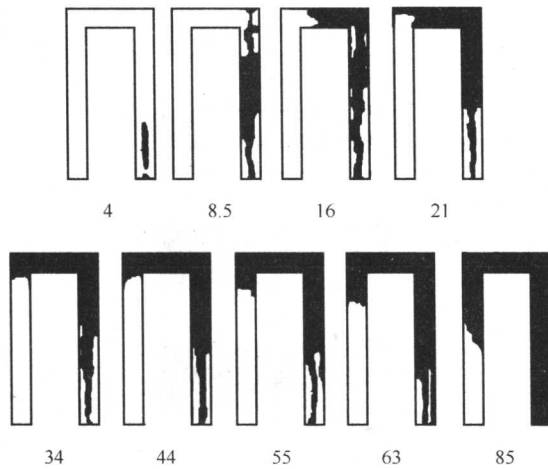
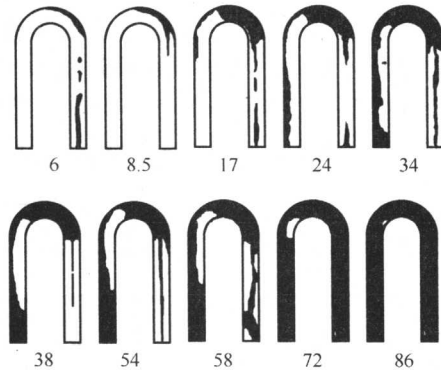


图 1.6 试验用 U 形铸件图

(1) 金属液充填端部为矩形的型腔时受到的阻力比端部为圆形的大。

(2) 端部为矩形时,在  $16 \times 10^{-3}$  s 时金属液就有回流产生,回流现象一直持续到充填结束。这是因为液流在直角转折处受到较大阻力,金属液动能损失较大,向前充填的速度降低,致使从浇口进入型腔的金属液在此积聚起来并产生回流。

图 1.7 端部为矩形的 U 形型腔的充填时间/ $10^{-3}$  s图 1.8 端部圆形 U 形型腔的充填时间/ $10^{-3}$  s

(3)  $85 \times 10^{-3}$  s 时端部为矩形的 U 形型腔尚有  $1/5$  的型腔未被充满, 而端部为圆形的 U 形型腔在  $86 \times 10^{-3}$  s 时已全部充满。

(4) 试验测定了流动速度。在端部为矩形的 U 形型腔中流动速度由  $15 \sim 20$  m/s 下降到  $2.5 \sim 4$  m/s 时, 端部为圆形的 U 形型腔只降到  $8.5 \sim 9.6$  m/s。

当金属液在压力作用下进入型腔, 喷射的金属流未撞击对面型壁之前, 其保持初始的方向及截面形状。撞击型壁后, 该处金属液将形成扰动的聚集区。继续充填, 则扰动明显增加。先期撞击型壁的金属液流束从聚集区沿型壁向浇口方向折回, 折回的金属液量与金属流束的截面大小、速度及金属液的黏度有关。在折回的过程中由于与型壁摩擦及热量损失, 损耗了能量, 从而使流束减慢下来, 以致聚集区的金属液超过了往回折的金属液。因此在返回充填型腔的过程中, 产生剧烈的涡流现象, 如图 1.9 所示。

当  $f/F > 1/3$  且以较低的速度充填时, 除金属液聚集区的前沿部分稍有扰动外其余部分相当稳定。而且, 随着聚集区的增加, 充填过程越来越平稳。反之, 当  $f/F < 1/3$  且高速充填型腔时, 则在整个充填过程中聚集区都发生激烈扰动。

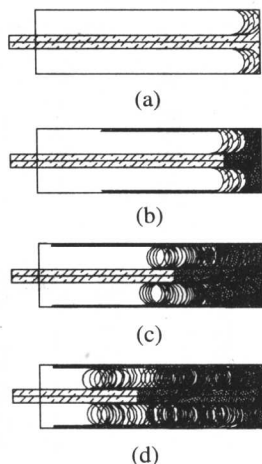


图 1.9 弗洛梅尔喷射充填理论示意图

勃兰特(Brandt)提出全壁厚理论。他认为：金属液经内浇口进入型腔后，随即扩展至型壁，以后沿整个型腔截面向前充填，直至型腔全部被金属液充满为止，如图 1.10 所示。这种理论还认为，由于金属液是以“全壁厚”形态向前推进犹如“液态活塞”，所以充填时不产生涡流现象，并且型腔中的气体很容易得到充分排除。当内浇口处金属液速度低于  $0.3 \text{ m/s}$ ，内浇口厚度  $\delta$  与铸件厚度  $t$  之比  $\delta/t > 1/2 \sim 2/3$  时，易产生全壁厚充填形态。

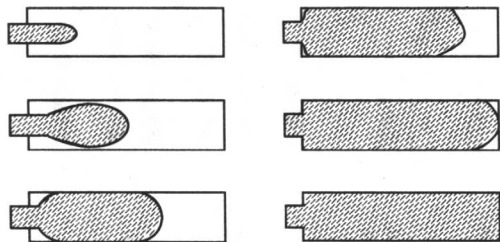


图 1.10 勃兰特全壁厚充填理论示意图

三阶段充填理论是 1944 年由巴顿(Barton)提出来的。巴顿认为：充填过程是包含力学、热力学和流体力学因素在内的复杂过程。充填过程可分为三个阶段，如图 1.11 所示。

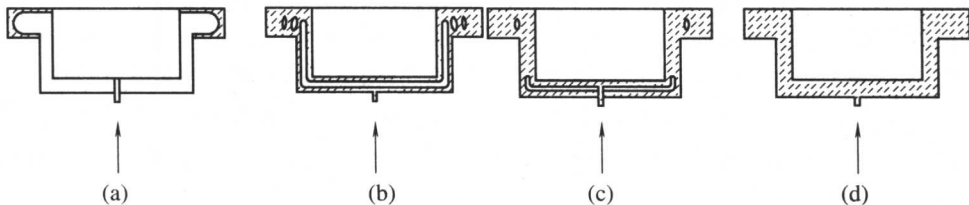


图 1.11 巴顿三阶段充填理论示意图

第一阶段：金属液以接近内浇口横截面的形状进入型腔，首先撞击到对面的型壁，在该处沿型壁向型腔四周扩展后返回浇口，在金属液流过的型壁上形成铸件的外壳(薄壳层)。

第二阶段：随后进入的金属液沉积在薄壳层内，并继续充填，直至充满。

第三阶段：在型腔完全充满的同时，压力通过余料中心部分尚未凝固的金属液的传递而作用在铸件上。

巴顿还认为，充填过程的三个阶段对铸件质量所起的作用是不同的。第一阶段是影响铸件表面质量；第二阶段是影响铸件的硬度；第三阶段是影响铸件的强度。

三阶段充填理论与喷射充填理论的实验结果基本一致，全壁厚充填理论只在特定的条件下才出现。由于压铸过程中充填铸型是在极短的时间内完成的，并且金属液有些是不连续的，另外，充填过程还受压铸工艺参数、铸件的结构与形状、浇口的位置与大小、压铸合金性能等因素的影响，因此对充填理论一直存在着不同的看法。

## 1.3 压铸工艺特点及其应用和发展

压铸是高压高速充填成型，所以压铸工艺和生产过程、压铸件的结构和质量以及有关性能都有自己的特点。

### 1.3.1 压铸工艺特点

与其他金属成型工艺相比，压铸的特点为：

(1) 生产率极高，生产过程容易实现机械化和自动化。一般冷压室压铸机每八小时可压铸 600~700 次，热压室压铸机每八小时可压铸 3 000~7 000 次。而且一幅压铸模中的型腔往往不止一个，这样生产的压铸件数也就成倍地增加了。

(2) 铸件的尺寸精度高，其尺寸稳定、一致性好、加工余量少而且有很好的装配性。压铸件的精度可达 IT11~IT13 级，有时可达 IT9 级。表面粗糙度值一般为  $R_a 0.8 \sim 3.2 \mu\text{m}$ ，最低达  $R_a 0.4 \mu\text{m}$ 。一般压铸件只需对少数几个尺寸部位进行机械加工，有的零件甚至于不需机械加工就可直接装配使用。这样材料利用率高，可达 60%~80%，毛坯利用率达 90%。

(3) 铸件组织致密，具有较高的强度和硬度。由于压铸时金属液是在压力下凝固的，又因高速充填，冷却速度极快，使铸件表面生成一层冷硬层(约 0.3~0.8 mm)，该层的金属晶粒细小，组织致密。所以压铸件强度和硬度较高，坚实耐磨。当压铸件壁厚适当且均匀时，其强度更高。

(4) 可以压铸形状复杂、轮廓清晰的薄壁深腔铸件，因为金属液在高压下能保持高的流动性。压铸件最小壁厚锌合金可达到 0.3 mm，铝合金约为 0.5 mm。最小铸出孔径为 0.7 mm，可铸螺纹的最小螺距为 0.75 mm。

(5) 镶铸法可省去装配工序，简化制造工艺。在压铸件的特定部位上可以直接嵌入所需的其他材料的制件，例如磁铁、铜套、绝缘材料等嵌件以满足特殊要求，既省去了装配工序，又简化了制造工艺。

(6) 铸件内部有气孔存在，但一般仍能满足使用要求。由于金属液充填速度极快，充填时卷入型腔中的气体很难完全排除，致使压铸件内常有气孔及氧化夹杂物存在，从而降低了压铸件的质量。因此，一般压铸件不能进行热处理，也不宜在高温下工作。同样，也