

模具设计丛书

卧式压铸机用 压铸模69例 设计应用评析

田福祥 著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



模具设计丛书

卧式压铸机用
压铸模 69 例
设计应用评析

田福祥 著



机械工业出版社

本书以实用为目的,精选先进、实用的卧式压铸机用压铸模结构 69 例,论述了压铸工艺,模具设计思路、结构特点和工作过程。有 8 个压铸模设计计算示例,展示了各典型制件的工艺计算和模具设计的详细过程。全书 11 章,包括单分型面压铸模、多分型面压铸模、斜销和弯销侧向分型抽芯压铸模、斜滑块侧向分型抽芯压铸模、延时侧抽芯和二级侧抽芯压铸模、带浮动零件的压铸模、特殊和复杂侧抽芯压铸模、带典型推出和复位机构的压铸模和二次推出铸件的压铸模。本书的实例都各有新颖独特之处,模具结构详细具体,读者设计模具时,可借鉴和参考本书相似或相近的实例,触类旁通,借他山之石,攻我山之玉,取得事半功倍之效。

本书既可供企业的压铸模设计人员使用,也可供高等院校师生的课堂教学、课程设计和毕业设计参考。

图书在版编目(CIP)数据

卧式压铸机用压铸模 69 例设计应用评析 / 田福祥著.

—北京:机械工业出版社, 2011.8

(模具设计丛书)

ISBN978-7-111-35544-1

I. ①卧... II. ①田... III. ①压铸模—设计 IV.
①TG241

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 156884 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:黄丽梅 责任编辑:黄丽梅

封面设计:姚毅 责任印制:李妍

唐山丰电印务有限公司印刷

2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

210mm×297mm·10.75 印张·342 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN978-7-111-35544-1

定价:53.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

策划编辑:(010) 88379770

社服务中心:(010) 88361066 网络服务

销售一部:(010) 68326294 门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

压力铸造是一种先进的少无切削特种铸造工艺，生产效率高，在现代工业中应用广泛。现有相关的设计手册和书籍中，设计规范、图表和数表占主体，实用模具结构，特别是针对具体模具的评析较少，至今未见压铸模设计应用实例方面的书籍。

本书以实用为目的，广泛吸收生产实践中的先进经验，精选新颖、先进、实用的卧式压铸机用压铸模结构 69 例。包括单分型面压铸模、多分型面压铸模、斜销和弯销侧向分型抽芯压铸模、斜滑块侧向分型抽芯压铸模、延时侧抽芯和二级侧抽芯压铸模、带浮动零件的压铸模、特殊和复杂侧抽芯压铸模、带典型推出和复位机构的压铸模和二次推出铸件的压铸模。每个实例都有各自的特点和新颖之处，许多模具构思巧妙。

本书以压铸模结构设计为主线，突出实用性，力求压铸工艺与模具结构相结合，设计规范与设计技巧相结合，理论知识与实践经验相结合，避开繁冗抽象的理论叙述，力求简明、直观、实用。针对一些模具及其构件的特殊性，还论述了模具加工工艺、装配和调整技巧，使模具设计与模具制造紧密结合。

全书按模具结构的特点分为 11 章，每个实例为一节。对每个典型的压铸件均给出具体的压铸模结构，详细论述了制件的成型工艺性、模具的设计思路、模具的结构特点、模具的工作过程、关键技术，以及可能出现的问题和处理方法。第 11 章给出 8 个压铸模设计计算示例，针对典型制件，展示压铸工艺计算和模具优化设计的详细过程。

实践中许多压铸件的形状或尺寸相近，材料或成型工艺性相同或相近。因此本书的目的在于：设计人员设计模具时，可根据制品的形状、尺寸、批量、材质和设备等条件，参考借鉴本书中相应或相近的实例，触类旁通，合理地设计压铸件，确定分型面的位置和形状、模具结构和型腔组合形式、浇口的结构形式和尺寸、脱模机构、模具冷却系统和机械化程度等。从而借他山之石，攻我山之玉，取得事半功倍之效。

作者以精品的标准撰写本书，但因时间和作者水平所限，书中难免有疏漏或不足之处，作者愿与读者探讨，纠正谬误，为铸造技术发展尽绵薄之力。

本书既可供模具设计人员使用，也可供高等院校师生的课堂教学、课程设计和毕业设计参考。

作 者

目 录

前言

第 1 章 压铸工艺与压铸模基本结构.....	1
1.1 压铸原理与压铸机.....	1
1.2 压铸工艺过程、工艺参数及成型特点.....	3
1.3 压铸合金和压铸机的选择.....	7
1.4 压铸模基本结构及其组成.....	10
1.5 压铸模常用材料和热处理要求.....	15
参考文献.....	16
第 2 章 单分型面压铸模.....	17
2.1 平面分型鼠笼转子压铸模.....	17
2.2 阶梯式分型 V 形板压铸模.....	18
2.3 液压侧抽芯分电器外壳压铸模.....	19
2.4 1 模 4 腔舌簧阀压铸模.....	21
2.5 平面分型摩托车右曲轴箱盖压铸模.....	22
2.6 家族式压铸模.....	23
2.7 阶梯式分型阀盖压铸模.....	25
2.8 壳体组合压铸模.....	27
2.9 改进的继电器支架压铸模.....	28
参考文献.....	29
第 3 章 多分型面压铸模.....	30
3.1 顺序分型机构.....	30
3.2 二次分型滑块切刀切断浇口余料转盘压铸模.....	35
3.3 二次分型斜销定模侧抽芯扭断中心浇口压铸模.....	36
3.4 二次分型弯销定模侧抽芯压铸模.....	38
3.5 三次分型复杂薄壁深筒压铸模.....	40
3.6 二次分型拉断余料的压铸模.....	41
3.7 多点浇口三次分型电机转子压铸模.....	43
3.8 三板式液压侧分型扭断浇口摩托车轮压铸模.....	46
参考文献.....	49
第 4 章 斜销和弯销侧向分型抽芯压铸模.....	50
4.1 斜销侧抽芯减振器接头压铸模.....	50
4.2 双斜销侧抽芯带轮真空压铸模.....	52
4.3 三斜销侧向分型抽芯不推件压铸模.....	54
4.4 二次分型斜销定模侧抽芯电刷端盖压铸模.....	55
4.5 斜销侧向分型抽芯轮毂压铸模.....	56
4.6 斜销侧抽组合型芯气缸体压铸模.....	58
4.7 斜销-对合滑块侧向分型抽芯复杂壳体压铸模.....	60
4.8 改进的机车门把手压铸模.....	61
4.9 推杆和推管卸料并捻器压铸模.....	64

参考文献.....	66
第 5 章 斜滑块侧向分型抽芯压铸模.....	67
5.1 斜滑块外侧抽芯电机定子铁芯坯压铸模.....	67
5.2 带止动销的纵向对分凹模脱外螺纹压铸模.....	68
5.3 8 个斜滑块内抽芯二次分型压铸模.....	70
5.4 斜滑块脱间断内螺纹的压铸模.....	72
参考文献.....	74
第 6 章 延时侧抽芯和二级侧抽芯压铸模.....	75
6.1 阶梯分型弯销延时侧抽芯压铸模.....	75
6.2 三斜销延时侧抽芯壳体压铸模.....	76
6.3 滑块浮动延时侧抽芯轿车阀体压铸模.....	78
6.4 双斜销长距离二级侧抽芯压铸模.....	81
6.5 斜销延时侧抽芯 V 形槽带轮压铸模.....	82
6.6 斜销-齿条-齿轮二级侧抽芯薄壁深筒件压铸模.....	84
6.7 二级滑块侧抽芯多孔三通零件压铸模.....	86
参考文献.....	88
第 7 章 特殊和复杂侧抽芯压铸模.....	89
7.1 动模 24 滑块径向分型涡轮压铸模.....	89
7.2 斜销-齿轴-齿条斜向抽芯浮子室体压铸模.....	91
7.3 推板上的弯销侧抽芯薄壁深腔壳体压铸模.....	92
7.4 滑块中途转动长距离侧抽芯压铸模.....	95
7.5 齿轮-双齿条斜向抽芯压铸模.....	97
7.6 弯销-斜销联合斜向抽芯压铸模.....	99
7.7 斜销和液压多向侧抽芯支架真空压铸模.....	100
参考文献.....	103
第 8 章 带浮动零件的压铸模.....	104
8.1 分流器浮动的中心浇口压铸模.....	104
8.2 动模型芯轴向浮动的压铸模.....	105
8.3 定模型芯浮动和动模型芯强制浮动的压铸模.....	106
8.4 动、定模型芯强制复位浮动的压铸模.....	108
8.5 斜销侧抽芯分流锥浮动电机座压铸模.....	109
8.6 分流锥浮动录音机芯飞轮压铸模.....	111
参考文献.....	113
第 9 章 带典型推出和复位机构的压铸模.....	114
9.1 型芯推件带凸筋薄板压铸模.....	114
9.2 杠杆增力推件板卸件电机外壳压铸模.....	115
9.3 带活动镶块的螺旋叶片压铸模.....	117
9.4 一模两腔推件板推件的压铸模.....	118
9.5 推杆和推管推件叶轮压铸模.....	119
9.6 预复位的摆块和推管推件叶轮压铸模.....	121
参考文献.....	124
第 10 章 二次推出铸件的压铸模.....	125
10.1 推件板-推杆二次推出薄壁壳体压铸模.....	125
10.2 浮动推杆二次推出针盘铜圈压铸模.....	127

10.3	劈杆侧抽芯二次推件框体压铸模.....	128
10.4	摆杆-推管-推件板二次推件复杂壳体压铸模.....	130
10.5	中心浇口推管推件板二次推件压铸模.....	132
10.6	推杆二次推件托板压铸模.....	134
	参考文献.....	139
第 11 章	压铸模设计计算示例.....	140
11.1	中心浇口电机壳体压铸模设计.....	140
11.2	二次分型转子体压铸模设计.....	144
11.3	斜销定模空间斜抽芯曲轴箱右盖压铸模设计.....	147
11.4	斜销定模侧向分型抽芯电机风叶压铸模设计.....	149
11.5	斜销侧抽芯自行车把立管压铸模设计.....	153
11.6	扭断中心浇口二次分型端盖压铸模设计.....	156
11.7	凹模纵向四分式摩托车轮毂压铸模设计.....	158
11.8	滤座压铸模优化设计.....	162
	参考文献.....	165

第 1 章 压铸工艺与压铸模基本结构

压力铸造是一种先进的少无切削特种铸造工艺，生产效率高。压铸成型的铸件表面粗糙度低（ $Ra1.6\sim 25\mu\text{m}$ ），尺寸精度高（2~5 级），力学性能好。

1.1 压铸原理与压铸机

1.1.1 压铸原理

压力铸造是熔融合金在高压、高速条件下射入紧锁的钢制压铸模型腔内，并在高压下冷却凝固，获得轮廓清晰制件的精密铸造方法。在一定条件下，可压铸出孔和齿部，甚至可压铸出螺纹。因此压铸件一般不再需要大量的后续加工。

高压和高速是压铸工艺的重要特征，压铸压力为几兆帕至几十兆帕（即几十到几百大气压），填充初始速度为 $0.5\sim 70\text{m/s}$ ，填充时间一般为 $0.01\sim 0.03\text{s}$ 。

1.1.2 压铸机的类别和工作过程

压铸机、压铸模和压铸合金是压铸生产的三要素，压铸合金用安装在压铸机上的压铸模压铸成为制件。有不同种类和型号的压铸机，压铸机的选择必须满足压铸工艺参数要求。

压铸机的基本类别如表 1-1 所示。模具结构方式设计主要根据前三种分类特征的压铸机。热室压铸机和冷室压铸机有表 1-1 中类别 2.1、2.2、3.1 和 3.2 各种结构，实际应用时难以按单一分类特征选用，一般按表 1-2 的常用类别分类。

1. 普通热室压铸机

普通热室压铸机的压室是立式的，合模方式是卧式的，压室与坩埚联成一体。压室浸在保温熔化坩埚的液态金属中，压射部件不直接与基座连接，而是装在坩埚上面。压铸过程如图 1-1 所示。当压射冲头 6 上升时，液态金属 1 通过进口浇入压室 7 内。合模后，压射冲头 6 下压，液态金属沿着通道 2 经喷嘴 4 填充压铸模 5，经保压、冷却凝固成型，然后开模取件，完成一个压铸循环。

这种压铸机的优点是生产工序简单，效率高，金属消耗少，工艺稳定，压入型腔的液体金属较干净，铸件品质好，易实现自动化。但压室、压射冲头长期浸在液体金属中，影响使用寿命，还易增加合金的含铁量。热室压铸机目前大多用于压铸锌合金等低熔点合金铸件，少量用于压铸小型铝、镁合金压铸件。

表 1-1 压铸机的基本类别

分类特征	基本类别
1 压室浇注方式或受热条件	1.1 冷室压铸机（包括冷室位于模具分型面的）
	1.2 热室压铸机（活塞式和气压室）
2 压室结构和布置方式	2.1 卧式压室压铸机（压室中心线是水平的）
	2.2 立式压室压铸机（压室中心线是垂直的）
3 总体结构（合模方式）	3.1 卧式合模压铸机（水平方向合模）
	3.2 立式合模压铸机（垂直方向合模）
4 功率（及其锁模力）	4.1 小型压铸机（热室 $<630\text{kN}$ ，冷室 $<2500\text{kN}$ ）
	4.2 中型压铸机（热室 $<630\sim 4000\text{kN}$ ，冷室 $<2500\sim 6300\text{kN}$ ）
	4.3 大型压铸机（热室 $>4000\text{kN}$ ，冷室 $>6300\text{kN}$ ）
5 通用程度	5.1 通用压铸机
	5.2 专用压铸机
6 自动化程度	6.1 半自动压铸机
	6.2 全自动压铸机

表 1-2 压铸机的常用类别

压室浇注方式	类别	压室中心线	合模方式
冷室压铸机	卧式冷室压铸机	水平	水平
	立式冷室压铸机	垂直	水平
	全立式（冷室）压铸机	垂直	垂直
热室压铸机	普通热室压铸机	垂直	水平
	卧式热室压铸机	水平	水平
	镁合金热室压铸机		
专用压铸机	如：电机转子压铸机等		

2. 卧式冷室压铸机

卧式冷室压铸机的压室和合模方式都是卧式的，即压室中心线（即压射冲头运动方向）和模具方向开合都是水平的。压铸模与压室的相对位置及压铸过程如图 1-2 所示。合模后，液态金属浇入压室 4，压射冲头 5 向前推进，将液态金属经通道压入型腔 3，经保压、冷却凝固成型，然后开模取件；开模时，余料借助压射冲头前身的动作离开压室，同铸件一起取出，完成一个压铸循环。

卧式冷室压铸机的特点：①金属液进入型腔转折少，流动阻力小，有利于充分发挥充型能力和增压作用；②卧式压铸机压射中心可调，有利于模具设计；③较立式压铸机便于操作，便于维修，容易实现自动化；④金属

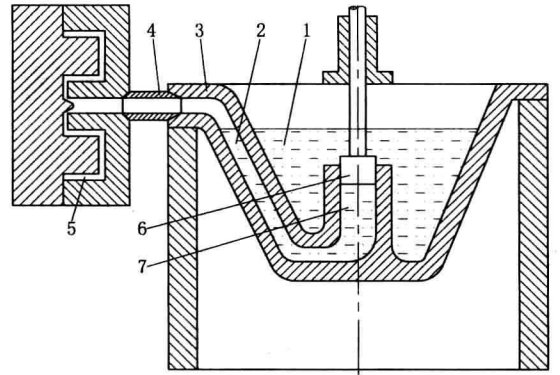


图 1-1 热室压铸机压铸过程示意图

1—液态金属 2—通道 3—坩埚 4—喷嘴 5—压铸模 6—压射冲头 7—压室

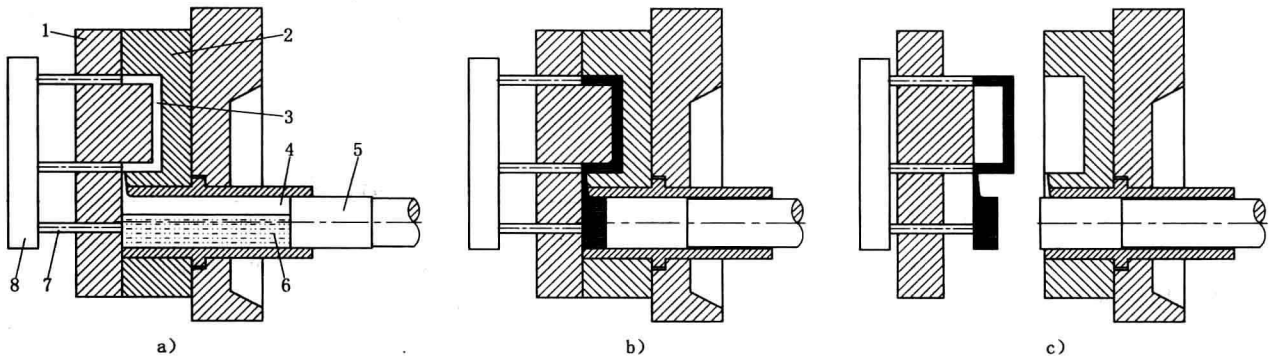


图 1-2 卧式冷室压铸机压铸原理

a) 浇料、合模 b) 压铸 c) 开模、推出

1—定模 2—动模 3—型腔 4—压室 5—压射冲头 6—金属液体 7—推杆 8—推板

液在压室内与空气接触面积大，压射时，如冲头预行进速度不当，金属液容易将压室内的空气卷入型腔；⑤设置中心浇口时，多一个附加分型面，增加了模具的复杂性。

3. 立式冷室压铸机

立式冷室压铸机的压室是立式的，合模方式是卧式的，即压室中心线（即压射冲头运动方向）垂直，而模具水平方向开合。压铸模与压室的相对位置及压铸过程如图 1-3 所示。合模后，浇入压室 2 中的液态金属 3，被已封住喷嘴孔的反料冲头 4 托住，当压射冲头 1 向下压到液态金属面时，反料冲头开始下降（下降高度由弹簧或分配阀控制），打开喷嘴，液态金属被压入型腔，凝固后，压射冲头退回，反料冲头上升，

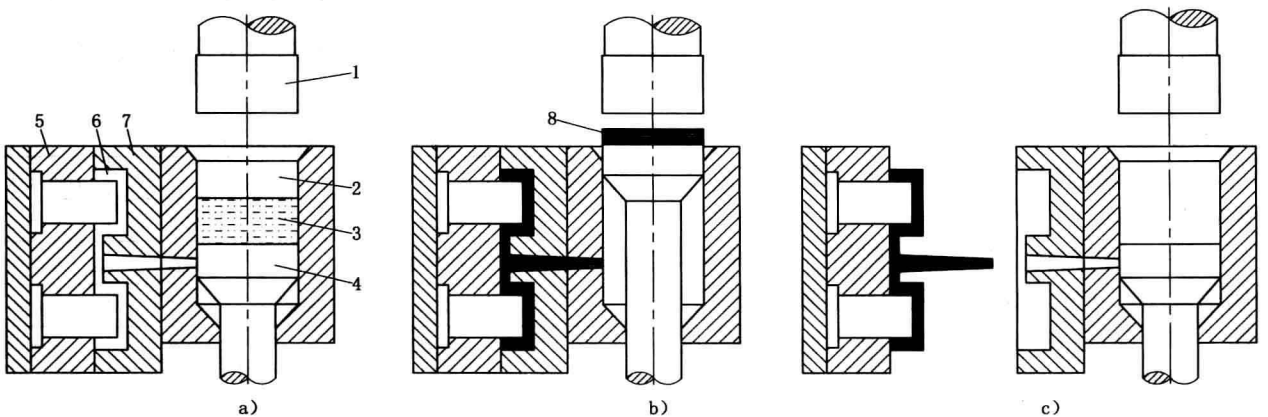


图 1-3 立式冷室压铸机压铸原理

a) 浇料、合模 b) 压铸、切余料 c) 开模

1—压射冲头 2—压室 3—液态金属 4—反料冲头 5—动模 6—型腔 7—定模 8—余料

切断余料 8，并将其顶出压室，余料取走后再降到原位，然后开模，推出机构（图中为示出）推出铸件，完成一个压铸循环。

立式冷室压铸机的特点：宜于设计中心浇道；压射机构直立，占地面积小；金属液进入型腔时经过转折，压力损耗较大；切断余料机构复杂，维修不便。

4.全立式（冷室）压铸机

全立式压铸机只有冷室的，其压室和合模方式都是立式的，即压室中心线（即压射冲头运动方向）和模具开合方向都是竖直的，如图 1-4 所示。液态金属 2 浇入压室后合模，压射冲头 1 上行将液态金属压入型腔，冷凝后开模顶出铸件。

全立式压铸机适用于各种非铁合金压铸，广泛用于压铸电机转子类零件生产。特点：熔融合金进入模具型腔时转折少，流程短，压力损耗小，故不需要很高的压射比压；冲头上下运行平稳，安放嵌件方便；但取出铸件和操作维修不方便，生产效率比前两种压铸机低。简言之，全立式压铸机的优点是压力大，能压铸较大的非铁合金铸件，缺点是热量损失大，操作较繁琐，生产率较低。

生产中选用压铸机主要考虑两个方面：①压铸件的品种和批量。小批量生产，常选用液压系统简单、适应性强并能快速调整的压铸机。大批量生产，应选用压铸效率高或自动化程度高的压铸机。单一大批量生产，则选用专用压铸机。②铸件的不同结构和工艺参数。

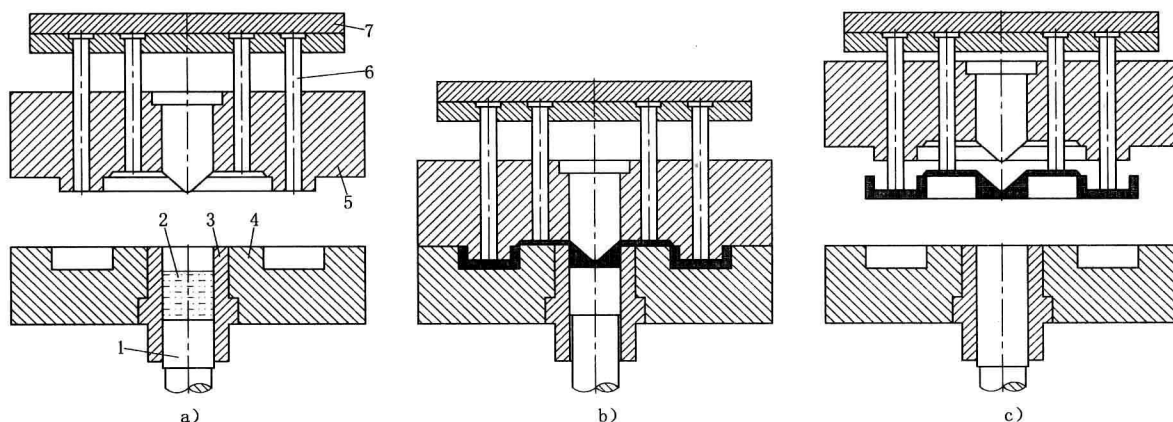


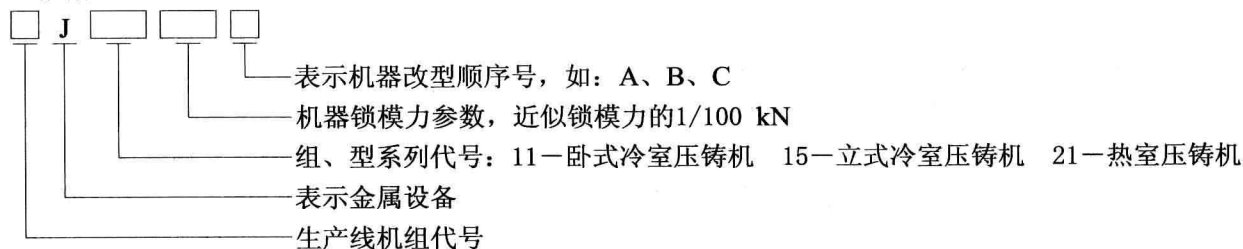
图 1-4 全立式压铸机压铸原理

a) 浇料 b) 压铸 c) 推出

1—压射冲头 2—液态金属 3—浇口套 4—定模 5—动模 6—推杆 7—推板

1.1.3 压铸机型号

根据 JB/T3000-2006 铸造设备型号编制方法的规定，压铸机型号（代号）意义如下：



举例说明：J213 表示 250kN 的卧式热室压铸机；J2110 表示 1000kN 的卧式热室压铸机；J1513 表示 1250kN 的立式冷室压铸机；J1125B 表示 2500kN 第二次改型的卧式冷室压铸机。

如果企业为了识别其他企业生产的同类产品，而需要在型号上表示，允许在类代号处加特定代号。

1.2 压铸工艺过程、工艺参数及成型特点

1.2.1 压铸过程

压铸过程循环图如图 1-5 所示。

1.2.2 压铸工艺参数

金属液填充型腔并压铸成型的过程，是相互矛盾的各种因素统一的过程。最主要的因素是：压力、填充速度、温度、时间及填充特性等。各因素在压铸过程中是相辅相成而又相互制约的，只有正确地选择与调整这些因素相互之间的关系，才能获得预期的效果。

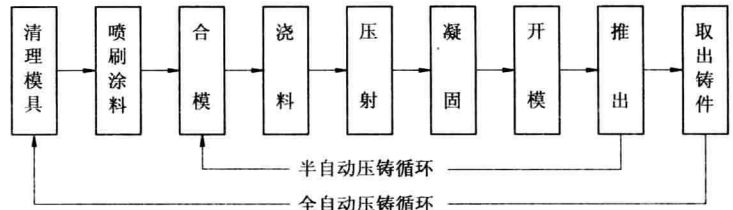


图 1-5 压铸过程循环图

1. 压力

压力是获得压铸件组织致密和轮廓清晰的重要因素，又是压铸区别于其它铸造方法的主要特征，其大小取决于压铸机的结构及功率。在压铸中，压力的表示形式有压射力和比压两种。

(1) 压射力 压射力是压铸机压射机构中推动压射活塞运动的力。压射力是由泵产生压力油，并通过蓄压罐，在压射缸内通过压射活塞传递给压射冲头，进而推动金属液填充入模具型腔的力。压射力是反映压铸机功率大小的主要参数。压射力的大小决定于压射缸的截面积和工作液的压力。

(2) 比压 压室内熔融金属在单位面积上所受的力称为比压。比压反映了熔融金属在填充时的各个阶段以及金属液流经各个不同截面时的力。压射比压对铸件的强度和致密性影响较大，尤其对气孔率的影响十分突出。比压在 20MPa 以下变化时气孔率较大且无明显变化，比压大于 20MPa 时，气孔率随比压的增大而直线下降。比压高，可提高铸件强度和致密性。但比压过高，会降低压铸模的使用寿命，增加粘模倾向，并使铸件的延伸率显著下降。

2. 胀型力和锁模力

(1) 胀型力 压铸过程中，填充型腔的金属液对模具型腔壁面的压力称为胀型力（又称反压力）。作用于分型面的胀型力称为分型面胀力，而作用于型腔各个侧壁的胀型力，则称为侧向胀型力。

(2) 锁模力 为了克服反压力，以锁紧模型的分型面，防止金属液的飞溅，保证铸件的尺寸精度，而提供的作用力。

3. 速度

压铸生产中，速度的表示形式分为压射速度（冲头速度）和填充速度（内浇口速度）。

(1) 压射速度 压室内冲头推动熔融金属时的速度。常用合金的压射速度见表1-3。

(2) 填充速度 金属液通过内浇口导入型腔时的线速度。它是压铸件获得光洁表面及清晰轮廓的主要因素，其大小决定于比压、金属液密度及压射速度。常用的填充速度见表1-4。

4. 温度

温度是压铸过程的热因素。为了提供良好的填充条件，控制和保持热因素的稳定性，必须有相应的温度规范，包括模具温度和熔融金属浇入温度。

(1) 模具温度 为了使模具避免受到剧烈的热冲击，提高模具使用寿命，应尽量减小模具工作温度与金属液浇注温度之间的差值；为了使压铸循环提高效率并使铸件快速凝固，模具工作温度也不应过高。因此，应根据铸件的结构种类来选择模具的工作温度，一般以金属液凝固温度的二分之一为限。模具工作温度的稳定和平衡是影响压铸效率的关键。锌合金压铸时，模具工作温度为150~200℃，铝合金为200~300℃，镁合金为220~300℃，铜合金为300~380℃。

表1-3 常用合金的压射速度 (单位: m/s)

合金	锌合金	铝合金	镁合金	铜合金
压射冲头空行程	0.3~0.5	0.5~1.1	0.3~0.8	0.5~0.8
压射速度	0.3~0.5	0.5~1.1	0.3~0.8	0.5~0.8

表1-4 常用的填充速度 (单位: m/s)

合金	锌合金	铝合金	镁合金	铜合金
简单壁厚铸件	10~15	10~15	20~25	10~15
一般壁厚铸件	15	15~25	25~35	15
薄壁复杂铸件	15~20	25~30	35~40	15~20

(2) 金属浇注温度 金属液从压室至填充型腔时的平均温度称为浇注温度。高的浇注温度，金属液流

动性好，铸件表面品质好，但气体在金属内的溶解度及金属液的氧化加剧，压铸模的寿命减短，铝合金易

粘模；低的浇注温度，金属液流动性差。但可采用增大排气槽深度来改善排气条件。由于低温的金属液在压射过程中产生涡流、包气的可能性减小，铸件内在品质提高，减少了因壁厚差而在厚壁处产生缩松及气孔的可能性，同时减少了金属液对模具的熔蚀及粘模，从而延长了模具的寿命。所以在保证铸件成型及表面品质的前提下，以不超过该合金液相线以上20~30℃为宜。各种合金常用的浇注温度见表1-5。

表1-5 常用合金的浇注温度 (单位: ℃)

合 金		锌合金		铝合金			镁合金	铜合金	
		含铝的	含铜的	含硅的	含铜的	含镁的		普通黄铜	硅黄铜
铸件壁厚 ≤3mm	结构简单	420~440	520~540	610~630	620~650	640~660	640~680	850~900	870~910
	结构复杂	430~450	530~550	640~680	640~700	650~700	650~700	870~920	880~920
铸件壁厚 >3mm	结构简单	410~430	510~530	590~630	600~640	620~660	620~660	820~860	850~900
	结构复杂	420~440	520~540	610~630	620~650	640~670	640~680	850~900	870~910

注：锌、铝合金温度不宜超过450℃，否则结晶粗大。

5.时间

(1) 填充时间 自液体合金开始进入型腔到充满型腔为止所需要的时间为填充时间。填充时间与铸件轮廓尺寸、壁厚和形状复杂程度以及液体合金和压铸模的温度等因素有关。形状简单的厚壁铸件以及浇注温度与压铸模的温度差小时，填充时间可以长些；反之，则填充时间应短些。铸件的平均壁厚与填充时间的推荐值见表1-6。

(2) 持压时间 从液体合金充满型腔建立最终静压力瞬时起，在此压力持续作用下至铸件凝固完毕这段时间称为持压时间。在这一期间内应建立自铸件至内浇口及余料的顺序凝固条件，使压力能传递至正在凝固的合金，以获得组织致密的铸件。

(3) 留模时间 铸件在压铸模中停留时间从持压终了至开模取出铸件所需要的时间，称留模时间。留模时间的长短实际上就是铸件出模时温度的高低。因此，若留模时间太短，铸件出模时温度较高，强度低，自型内顶出铸件时可能发生变形，铸件中气体膨胀使其表面出现鼓泡；但若留模时间过长，铸件出型时温度低，收缩大，抽芯及顶出铸件的阻力增大，对热脆性合金铸件会发生开裂。留模时间与合金种类和铸件壁厚有关，一般情况下，留模时间按铸件平均壁厚每毫米约需3s。

表1-6 铸件的平均壁厚与填充时间的推荐值

铸件平均壁厚/mm	1	1.5	2	2.5	3	4
填充时间/s	0.010~0.014	0.014~0.020	0.018~0.026	0.022~0.032	0.028~0.040	0.040~0.060
铸件平均壁厚/mm	5	6	7	8	9	10
填充时间/s	0.048~0.072	0.056~0.064	0.066~0.100	0.076~0.116	0.088~0.138	0.100~0.160

1.2.3 压力铸造技术的特点

压铸模是由具有不同作用的金属件组合而成的金属永久模。压铸模由两半模组成，以便铸件冷凝后将其从型腔中取出。金属液通过流道（即压室）→浇道→内浇口系统填充型腔，通过溢流排气系统排出气体。

金属压铸工艺过程是将压铸合金、压铸模和压铸机三大要素有机地接合起来，并加以运用，是压力、速度、温度等相互制约的因素得以统一的过程。

在压力铸造中，一般作用于金属上的压力在20~200 MPa范围内，充型的初始速度为0.5~70 m/s，充型时间仅为0.01~0.03 s。压力铸造的充型及凝固方式，使其具有一些独特的优点：

1) 可以得到薄壁、形状复杂但轮廓清晰的铸件。通常铸件的壁厚在1~6 mm范围内，小铸件可以做得更薄，而大铸件的壁可以更厚。对于复杂的零件，或其它铸造方法无法制备的零件，即使产量小，也只能使用压力铸造方法。

2) 铸件精度高，尺寸稳定，一致性好，加工余量少，表面光洁，加工余量一般在0.2~0.5 mm范围内，表面粗糙度在Ra3.2μm以下。由压力铸造制备的铸件装配互换性好，只要对零件进行少量加工便可进行装配，有的零件甚至无须机械加工就能直接装配使用。

3) 铸件组织致密，具有较好的力学性能。由于铸件在金属型中在压力作用下凝固，所获得的晶粒细

小, 组织致密, 强度较高。另外, 由于激冷造成铸件表面硬化, 形成约 0.3~0.5 mm 的硬化层, 具有良好的耐磨性。

4) 效率高, 生产周期短, 一次操作循环时间约 5 s~3 min, 一般多为 300 件/min, 适于大批量生产。

5) 压力铸造采用镶铸法(生产带嵌件的铸件)可以省去装配工序并简化制造工艺。镶铸的材料一般为钢、铸铁、铜、绝缘材料等, 镶铸体形状有圆管状、薄片等。利用镶铸法可制备出有特殊要求的铸件。

压铸成型的缺点:

1) 采用一般压铸法的铸件容易产生气孔, 不能进行热处理, 压铸某些内凹件还比较困难。

2) 压铸设备造价高, 模具制造复杂, 费工时, 一般不宜于小批量生产。

3) 压铸高熔点金属(如铜、黑色金属)时, 压铸模的使用寿命低, 故黑色金属的压铸很少使用。

4) 压铸模的成型部分在高温、高压及多变应力的条件下工作, 因此对其材料的性能有特殊的要求。

1.2.4 压铸成型的应用范围

压铸是近代金属加工工艺中发展较快的一种高效率、少无切削的金属成型精密铸造方法。这种工艺方法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、航空航天产品的零部件以及电器仪表、无线电通信、电视机、计算机、农业机具、医疗器械、洗衣机、电冰箱、钟表、照相机、建筑装饰以及日用五金等各种产品的零部件的生产方面。目前生产的一些压铸零件最小的只有十分之几克, 最大的铝合金铸件质量达 50kg, 最大的直径可达 2m。各种合金压铸件的质量和尺寸范围如表 1-7 所示。

表 1-7 合金压铸件质量和尺寸范围

合金	质量/g		平均壁厚/mm		外形尺寸/mm		最小孔径/mm
	最大	最小	最大	最小	最大	最小	
锌合金	92000	0.3	10	0.3	400	2	0.7
铝合金	60000	0.14	12	0.7	1220×160×4.5	—	0.7
铜合金	12000	10	20	0.8	—	—	—

注: 铜合金最大壁厚指局部尺寸。

压铸零件的形状多种多样, 大体上可分为六类: 圆盘类(号盘座等)、圆盖类(机盖、底盘等)、圆环类(轴承保持器、方向盘等)、筒体类(凸缘外套、导管、仪表盖、深腔仪表罩、化油器等)、多孔缸体或壳体类(汽车与摩托车的气缸体、气缸盖等)、特殊形状类(叶轮、喇叭、装饰性压铸件等)。

目前压铸成型主要用于有色合金, 多是结晶温度范围小、热裂倾向小以及收缩系数小的铝合金、锌合金、镁合金, 及部分铜合金。至于黑色金属的压铸, 由于缺乏理想的耐高温模具材料, 尚处于研究试验阶段。在有色合金的压铸中, 铝合金所占比例最高(约 30%~60%), 锌合金次之, 铜合金仅占压铸件总量的 1%~2%。镁合金铸件易产生裂纹, 且工艺复杂。

目前扩大应用范围的主要趋势是发展大型压铸件生产、承力零件压铸生产、压铸生产自动化、黑色合金压铸以及研制熔点高、耐热疲劳、抗热裂倾向好的模具材料, 延长压铸模具服役寿命等。

1.2.5 压力铸造新工艺

压铸件的缺陷是内部气孔和疏松, 产生的原因是充型时型腔的气体未完全排出, 并且铸件在凝固收缩时也得不到补缩, 对压铸件的性能和扩大其应用范围都有不利的影响。因此, 采用了一些新的工艺措施。

1. 真空压铸^[2]

真空压铸是利用辅助设备将压铸模腔内的空气抽出, 形成真空状态下将金属液压铸成型的方法。

真空压铸的特点: 可消除或减少压铸件内部的气孔, 提高铸件的力学性能和表面品质, 改善铸件的镀覆性能; 大大减少型腔的反压力, 可使用较低的比压及铸造性能较差的合金, 甚至可用小机器压铸较大和较薄的铸件。

2. 加氧压铸

加氧压铸是在铝合金液填充型腔前, 用氧气填充压室和型腔而取代其中的空气及其它气体。当铝合金液填充时, 氧气一方面通过排气槽排出, 另一方面由喷射的铝液与没有排出的氧气发生化学反应而产生氧

化铝微粒，分散在压铸件内部，使压铸件内不产生气孔。

氧气加入方法归结为两种，即由压室加氧和由压铸模上设置的专用装置加氧。一般立式压铸机多采用从反料冲头通入氧气，而卧式压铸机上则多采用在压铸模上设置加氧孔加氧。加氧压铸中要严格控制加氧时间及加氧压力两个主要工艺因素。此外，还必须合理地设计浇注系统和排气系统，正确选择压射速度，选用不挥发的涂料，以保证压铸品质。

加氧压铸的特点：①消除或减少气孔，铸件品质高，机械强度提高 10%，延伸率提高 1.5~2 倍；②压铸件可在 290~300℃的环境中工作；③与真空压铸相比，加氧压铸结构简单，操作方便，投资少。

3. 精、速、密压铸^[2]

精、速、密压铸（双压射冲头）时采用一种由两个套在一起的内外压射冲头。在开始压射时，两个压射冲头同时前进；当填充完毕，型腔达到一定压力后，限时开关启动，内压射冲头继续前进，补充压实铸件。这种方法的基本特征是：①内浇口较厚，一般为 3~5 mm；②填充速度较低，一般为 4~6 m/s；③压铸后用内压射冲头补充加压，此时比压是 3500~100000 kN，内压射冲头的行程为 50~150 mm；④控制压铸件的凝固，填充时，让液态金属平稳地填充型腔，使金属液在型腔内由远至近地起到充实的作用。同理，在压铸件壁厚处，也可在压铸模上另设补压冲头，对压铸件进行补充压实，以获得致密的组织结构。

4. 定向、抽气、加氧压铸^[2]

定向、抽气、加氧压铸实质上是一种真空压铸和加氧压铸相结合的工艺。工艺过程是：在液态金属填充型腔之前，先将气体沿液态金属填充的方向以超过填充的速度抽出，使金属液顺利地填充；对有深凹或死角的复杂铸件，在抽气的同时进行加氧，以达到更好的效果。

5. 半固态压铸^[3]

半固态压铸是当液态金属在凝固时，进行强烈的搅拌，并在一定的冷却速率下获得约 50% 甚至更高的固态组分的浆料，用这种浆料进行压铸。通常有两种方法：一种是将上述半固态的金属浆料直接压射到型腔里形成铸件，称为流变铸造法；一种是将半固态浆料预先制成一定大小的锭块，需要时再重新加热到半固态温度，然后送入压室进行压铸，称为搅熔铸造法。

半固态压铸与全液态金属压铸相比有如下优点：

1) 由于降低了浇注温度，而且半固态金属在搅拌时已有 50% 的熔化潜热散失掉，所以大大减少了对压室、压铸模腔和压铸机组成部件的热冲击，因而可以提高压铸模面的使用寿命。

2) 由于半固态金属粘度比全液态金属大，内浇口处流速低，因而填充时少喷溅，无湍流，卷入的空气少；由于半固态收缩小，所以铸件不易出现疏松、缩孔，故提高了铸件品质。

3) 半固态金属像软固体一样输送到压室，操作简单方便。

半固态压铸的出现，为解决黑色金属压铸模寿命低的问题指出了新途径，而且对提高铸件品质、改善压铸机压射系统的工作条件，都有一定的作用，是有前途的一种新工艺。

6. 固态压铸

固态压铸以粉状或粒状的固态金属加入压室进行压铸。固态压铸压射进入模具型腔的也是半固态浆液，与半固态压铸的区别在于加入压室的是固态金属，而生成浆液的一系列工序都在压室内完成，直到压射产生触变而压铸成型为止。所以，固态压铸所用的压铸机最大的区别和特点就是压室的结构和工作原理。为此，固态压铸就如同注塑成型一样的原理来压铸金属，这使压铸的变革更加具有戏剧性。然而，这种新的工艺方法也存在不少问题和困难需要解决，并且大多数的研究工作都集中在这个复杂的压室内。

1.3 压铸合金和压铸机的选择

1.3.1 对压铸合金的基本要求

压铸合金是压铸生产的要素之一，要生产优良的压铸件，除了要有合理的零件结构，设计完善的压铸模和工艺性能优良的压铸机外，还需要有性能良好的合金。

压铸件的断面厚度取决于它承受的应力和合金材料本身的强度，具有较高强度是压铸合金的优点之一。选用压铸合金时，应充分考虑其使用性能、工艺性能、使用场合、生产条件和经济性等多种因素。

合金的性能包括使用性能和工艺性能两个方面。使用性能是铸件的使用条件对合金提出的一般要求，包括物理、力学和化学性能等。至于工艺性能，对压铸来说，根据压铸的工艺特点，用于压铸的合金应具有以下性质：

(1) 在高温下有足够的强度和可塑性、小的热脆性 压铸时，金属在模具内凝固成型的温度仍然较高。在冷凝收缩的过程中，必然有应力产生而引起铸件的热裂。当合金在高温又有较大的脆性时，热裂更为严重。所以要求合金首先应具备在高温下有足够的强度和可塑性及热脆性小的性质。

(2) 小的结晶温度范围 结晶温度范围大的合金会产生树枝状结晶，增加金属流动阻力，对填充过程有一定的影响。结晶温度范围大时，会使凝固过程较长时间地处于半液体状态，阻碍内部收缩，容易形成缩孔而使铸件组织不致密，甚至在收缩过程中，可能使铸件的表面形成裂纹；当结晶温度范围小时，应尽可能使金属在模具内各点接近于同时凝固，这样液体收缩形成的集中缩孔容易得到补缩而消除，铸件组织致密。而且在凝固过程中，由于收缩受阻而产生晶间裂纹时，也容易得到金属液的填充，使裂纹愈合。所以铸件的热裂倾向性小。因此，具有小的结晶间隔和含有大量共晶体的合金是最理想的压铸合金。

(3) 尽可能小的收缩 合金在模具内冷却凝固，产生体积收缩。由于模具型腔的形状（铸件的形状）是复杂的，截面又是变化的，所以收缩时常常引起缩孔、缩松和应力的产生。收缩程度越大，这种现象越严重。因此，要求压铸合金的收缩尽量小。

1.3.2 铝合金

铝合金在许多方面特别是使用性能方面比其他合金优越。铝合金具有良好的压铸性能，密度较小（2.5~2.7g/cm³），比强度大（抗拉强度与密度之比 σ_b/γ ，可达 12）；高温力学性能很好，在低温下工作时，也同样保持良好的力学性能（尤其是韧性）。因此铝合金压铸发展极为迅速，在各个工业部门应用的广泛性远远高于其他合金。常用压铸铝合金的力学性能、工艺性能和使用性能见表 1-8。

表 1-8 常用压铸铝合金的力学性能、工艺性能和使用性能

合金代号		ZL101	Y102	ZL103	Y104	ZL105	ZL301	Y302	Y401
力学性能	抗拉强度/GPa	0.16	0.16	0.17	0.15	0.16	0.28	0.15	0.25
	伸长率(%)	2	2	0.5	2	2	9	1	1.5
	布氏硬度 HBW	50	50	65	50	65	60	55	90
密度/(g/cm ³)		2.66	2.65	2.7	2.65	2.68	2.55	2.5	2.8
线收缩率(%)		0.9~1.2	0.8~1.1	1.1~1.35	0.9~1.1	0.9~1.2	1.0~1.35	1.2~1.25	1.2
体收缩率(%)		3.7~4.1	3.0~3.5	4.0~4.2	3.2~3.5	4.5~4.9	4.8~6.9	4.5~4.7	—
气密性		5	3	4	4	4	2	3	4
抗缩松倾向		4	5	4	4	4	1	3	4
流动性		5	5	4	5	5	3	4	4
耐腐蚀性		4	4	2	3	3	5	4	3
切削加工性		3	1	3	4	4	5	5	4
焊接性		4	4	4	3	4	3	3	4
抗热裂倾向		5	5	4	4	4	3	4	5
液相线温度/℃		620	600	616	600	622	630	650	575
固相线温度/℃		577	577	577	575	570	449	550	545
浇注温度/℃		630~680	610~650	630~690	610~650	630~700	640~690	660~700	590~650

注：表中所列工艺性能的级数含义如下：5—优；4—良好；3—中等；2—较差；1—很差。

铝的表面有一层与铝结合得很牢的、致密的氧化膜，故大部分铝合金在淡水、海水、浓硝酸、硝酸盐、汽油及各种有机物中均有良好的耐蚀性。但这层氧化膜能被氯离子及碱离子所破坏，因此，铝在碱、碳酸

盐、盐酸及卤化物中很快被腐蚀。氧化铝膜的化学稳定性及熔点都很高，故在高温工作时，仍有良好的抗蚀性和抗氧化性能。铝合金的导电性和导热性都很好，并且还具有良好的切削性能。

铝有较大的比热容和凝固潜热，大部分的铸铝合金均有较小的结晶温度间隔，组织中亦常含有相当数量的共晶体，其线收缩较小，故具有良好的填充性能、较小的热裂倾向。但铸铝合金仍有相当大的体收缩值，易在最后凝固处生成大的集中缩孔。

(1) Al-Si 合金 由于 Al-Si 合金具有结晶温度间隔小、合金中硅相有很大的凝固潜热和较大的比热容、其线收缩系数也比较小等特点，因此其铸造性能一般要比其他铝合金好，其充型能力也较好，热裂、缩松倾向也都比较小。Al-Si 共晶体中所含的脆性相（硅相）数量最少，质量分数仅为 10% 左右，因而其塑性比其他铝合金的共晶体好，仅存的脆性相还可通过变质处理来进一步提高塑性。铸造合金组织中常要有相当数量的共晶体，以保持其良好的铸造性能；共晶体数量的增加又会使合金变脆而降低力学性能，两者之间存在一定的矛盾。但是由于 Al-Si 共晶体有良好的塑性，能较好地兼顾力学性能和铸造性能两方面的要求，所以 Al-Si 合金是目前应用最广泛的压铸铝合金。

(2) Al-Mg 合金 Al-Mg 合金的性能特点是：室温力学性能好；抗蚀性强；铸造性能比较差；力学性能波动和壁厚效应都较大；长期使用，因时效作用而使合金的塑性下降，甚至压铸件出现开裂的现象，压铸件产生压力腐蚀裂纹的倾向也较大。

(3) Al-Zn 合金 Al-Zn 合金压铸件经自然时效后，可获得较高的力学性能，当其锌的质量分数大于 10% 时，强度显著提高。此合金的缺点是耐蚀性差，有应力腐蚀的倾向，压铸时易热裂。常用的 Y401 合金流动性好易充满型腔，缺点是形成气孔倾向性大，硅、铁含量少时易开裂。

(4) 特殊性能的压铸铝合金 装饰型 Al-Mn 合金：适用于阳极氧化处理和着色处理，伸长率高，还具有相当的耐蚀性，但其强度不高，收缩率大，且易粘模；热处理型 Al-Si-Cu 合金：可进行淬火后不完全人工时效和淬火后完全人工时效至最大硬度；此外还有表面处理和热处理复合模的 Al-Mg-Zn 合金、耐磨型过共晶 Al-Si 合金和防爆防震型 Al-Zn 合金等。

1.3.3 锌合金

锌合金的压铸性能很好，具有结晶温度范围小，不能产生疏松；填充成型容易，浇注温度较低，模具的使用寿命较长，不易粘附模具型壁；铸件精度较高等特点。同时，力学性能也较高，特别是抗压和耐磨都很好。此外，锌合金铸件能够很好地接受各种表面处理，尤其是电镀。

锌合金缺点之一是老化现象，这是限制锌合金应用范围的主要原因。同时锌合金工作温度范围较窄，温度低于 0℃ 时，其冲击韧性急剧降低；温度升高时，力学性能下降，且易发生蠕变。因此，受力零件温度一般不超过 100℃。加之锌合金密度较大，故航空、电子、仪表等行业产品很少采用锌合金压铸件。

1.3.4 镁合金

在各种压铸用的合金中，镁合金的密度最小（1.76~1.83g/cm³），只相当于铸铁的 25%、铝合金的 64% 左右，而力学性能又很好，故镁合金压铸件的应用正在逐渐扩大。镁合金的强度比铝合金高，但大部分镁合金的屈服极限却低于铝合金，承受载荷的能力稍差。镁合金有良好的刚度和减震性，在承受冲击载荷时能吸收较大的冲击能量，故可制造承受强烈颠簸和起滞震作用的零件。

镁合金在压铸时，与铁的亲和力小，粘模现象少，模具寿命较铝合金长，并且成分和尺寸的稳定性也都较好，同时还具有良好的切削加工性。设计镁合金铸件时，为了提高承受载荷能力，通常采用的加强筋或避免出现放大的平面壁结构的设计方法，对于镁合金来说尤其重要。又因镁合金压铸时，易产生缩松和热裂，故铸件的壁厚变化应较平缓过渡，不应急剧变化，更应避免出现尖角。

1.3.5 铜合金

压铸件节约材料，而铜价格昂贵，因此铜合金压铸件的应用范围不断扩大，虽然铜合金熔点高，模具使用寿命短，但因为铜合金所具有的许多优越性能，铜合金在压铸生产中仍然十分普遍。铜合金的导电性能也很好，并且具有抗磁性能，常用来制造不允许受磁场干扰的仪器上的零件。

铜合金在大气及海水中都有良好的抗蚀性能，并且具有小的摩擦因数，耐磨性也很好，疲劳极限和导热性都很高，线膨胀系数也较小，故多制造耐磨、导热或受热时希望尺寸增大不多的零件。

1.3.6 压铸机的选择

各种压铸合金的熔化温度不同、化学性质不同，应该根据压铸合金来选择不同的压铸机。

铝合金对铁有很高的化学活性，而且浇注温度较高，主要采用冷室压铸机。最好是选用卧式冷室压铸机。只有在带中心浇口的小型压铸件、生产条件又为中小批量的情况下，才采用立式冷室压铸机。

采用热室压铸机压铸铝合金时，热压室寿命短。随着选择压室及压射冲头的面层材料以及热压室部件的连接方法的解决，加之热室压铸机具有热损失少、便于传递压力、工作节奏快、生产效率高、带入氧化物少、能压铸壁很薄的铸件等因素，有望采用热室压铸机生产薄壁小型铝压铸件。

锌合金用冷室和热室压出的压铸件，品质相差无几。但是，用热室压铸机能大大缩短循环时间，提高设备生产效率，容易实现自动化，减少金属消耗等。因此，锌合金采用热室压铸机可以大大降低压铸件的成本，这对生产批量大的工厂特别重要。所以锌合金主要应当采用热室压铸机。

镁合金压铸主要采用冷室压铸机，适用于铝合金的气压式定量浇料装置原则上也适用于镁合金，只须用惰性气体代替压缩空气。镁合金也可采用热室压铸机，但镁合金的熔点比锌合金高，而且氧化剧烈易于燃烧，因此镁合金长时间处于坩埚内保温条件下，需要有防止氧化的附加措施，或最好选用与普通热室压铸机不同的专用热室压铸机。

铜合金熔化温度高，通常压铸只采用冷室压铸机。因在高温条件下工作，故模具内部需设置冷却系统。

1.4 压铸模基本结构及其组成

1.4.1 压铸模种类

压铸模有多种，按不同原则压铸模分为不同类别。

1. 按压铸机分类

按压铸机分类，如：普通热室压铸机用压铸模（见图 1-6）、卧式冷室压铸机用压铸模（见图 1-7）、立式冷室压铸机用压铸模（见图 1-8）和全立式（冷室）压铸机用压铸模（见图 1-9）。

热室压铸的发展特点：一是研制大规格的机器，主要用于压铸镁合金零件。二是小规格的热室压铸机实现控制自动化，使之得以生产高品质的小型乃至微型锌合金压铸件。

冷室压铸机用压铸模应用最广，其中卧式压铸模和立式压铸模最多。

2. 按压铸模构造分类

按压铸模构造分为整体式压铸模、镶拼式压铸模、共用模套式压铸模和组合式压铸模。

整体式压铸模的型腔直接在模块上加工成型。整体式压铸模特点：①

强度高，刚性好，可减少模具的装配量，缩小模具外形尺寸；②易于设置冷却水道；③提高压铸高熔点金属的模具寿命。

整体式压铸模的使用场合：①型腔较浅的小型单腔或型腔加工比较简单的模具；②交货期短，生产批

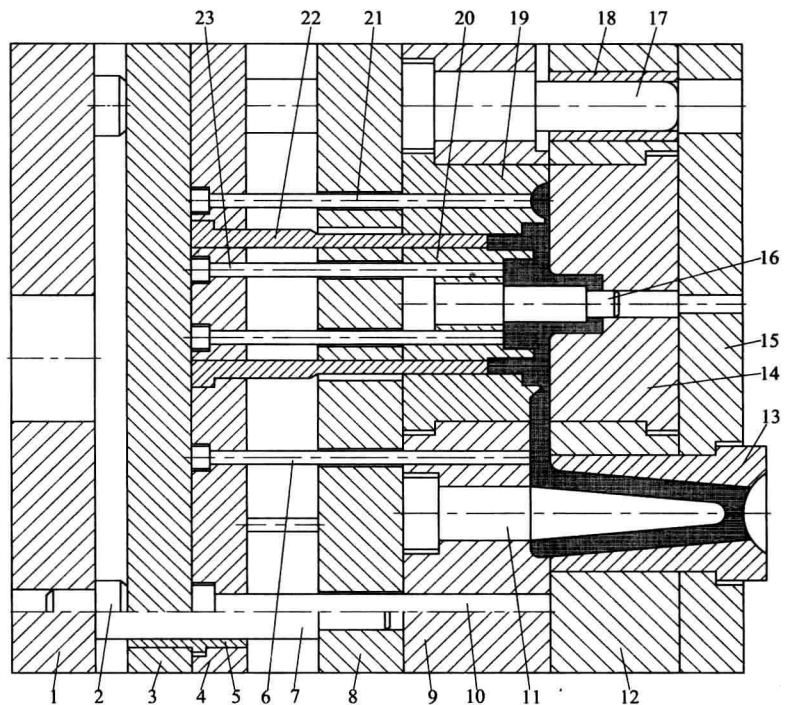


图1-6 热室压铸机用压铸模^[1]

- 1—动模座板 2—限位钉 3—推板 4—推杆固定板 5—导套 6—推杆 7—导柱
- 8—支撑板 9—动模套板 10—复位杆 11—分流锥 12—定模套板 13—浇口套
- 14—定模镶块 15—定模座板 16—型芯 17—导柱 18—导套 19、20—动模
- 21—推杆 22—扇形推杆 23—推杆