

模具设计丛书

立式压铸机用 压铸模和挤铸模65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

立式压铸机用
压铸模和挤铸模 65 例
设计应用评析



机械工业出版社

前 言

压力铸造和挤压铸造是两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。压力铸造和挤压铸造的成型机理、工艺规范和模具结构既相似又各有特点。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。

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、实用的立式压铸机用压铸模和挤铸模结构 65 例。包括具有特殊分型面或复杂浇注系统的压铸模、斜销和斜滑块侧向分型抽芯压铸模、特殊和复杂侧抽芯压铸模、空间斜向抽芯压铸模、带嵌件铸件的压铸模、机动脱螺纹压铸模、带特殊推出机构的压铸模、全立式压铸机用压铸模，以及有色金属和钢质挤铸模等。

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，还提供了模具加工工艺、装配和调整技巧，使模具设计与模具制造紧密结合。

本书按压铸模和挤铸模分为上、下两篇，按模具结构特点分为 13 章。每个实例为一节，对典型压铸件给出了具体的压铸模具结构，详细论述了制件的成型工艺性、模具的设计思路、模具结构特点、模具工作过程、关键技术，以及可能出现的问题和处理方法。

第 10 章给出了两个压铸模设计计算示例，针对典型制件，给出压铸工艺计算和模具设计的详细过程。

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，为铸造技术的发展尽绵薄之力。

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

上篇 立式压铸机用压铸模

第 1 章 压铸总论.....	1
1.1 压铸过程与特点.....	1
1.2 压铸合金.....	2
1.3 压铸机.....	4
1.4 压铸模.....	7
1.5 压铸工艺参数.....	11
参考文献.....	12
第 2 章 具有特殊分型面或复杂浇注系统的压铸模.....	13
2.1 带活动镶块的定模推件二次分型压铸模.....	13
2.2 活块移出模外利用开模力抽芯的压铸模.....	15
2.3 弯销内抽芯带法兰薄壁筒压铸模.....	17
2.4 曲面分型一模两件曲杆压铸模.....	19
2.5 对称倾斜分型面斜销侧分型薄壁壳体压铸模.....	21
参考文献.....	23
第 3 章 斜销和斜滑块侧向分型抽芯压铸模.....	24
3.1 斜滑块侧抽组合型芯散热器压铸模.....	24
3.2 斜销-滑块侧分型壳体压铸模.....	25
3.3 斜推杆内侧抽芯箱体压铸模.....	26
3.4 四开式斜滑块侧分型绳轮压铸模.....	27
3.5 四斜滑块组合凹模及带自锁推出机构的压铸模.....	29
3.6 二次分型斜销定模侧抽芯复杂薄壁件压铸模.....	31
3.7 斜销和斜滑块侧向分型抽芯一模两件压铸模.....	35
3.8 斜滑块侧向分型抽芯壳体压铸模.....	37
参考文献.....	39
第 4 章 特殊和复杂侧抽芯压铸模.....	40
4.1 复合弯销与液压抽拔交叉型芯压铸模.....	40
4.2 弯销-二级滑块侧抽芯异型管压铸模.....	44
4.3 液压-齿轮-齿条圆弧侧抽芯龙头体压铸模.....	46
4.4 圆周 12 型芯圆弧抽芯风轮压铸模.....	48
4.5 斜销-齿条-转盘机构多向抽芯压铸模.....	51
4.6 斜销-液压二级侧抽芯薄壁筒压铸模.....	54
4.7 斜销二级侧向抽拔组合型芯锁芯压铸模.....	55
4.8 液压-弯销-活块内侧抽芯复杂壳体压铸模.....	58
参考文献.....	61
第 5 章 空间斜向抽芯压铸模.....	62
5.1 钢丝绳-滚轮斜向抽芯压铸模.....	62
5.2 齿扇-齿条斜向抽芯压铸模.....	63

5.3 齿轴-齿条斜向抽拔交叉型芯双浇口压铸模.....	66
5.4 弯销-斜滑块斜向抽芯压铸模.....	69
5.5 1模12腔齿条-齿轴斜向抽芯压铸模.....	70
参考文献.....	72
第6章 带嵌件铸件的压铸模.....	73
6.1 嵌件概述.....	73
6.2 1模6腔微电机转子压铸模.....	73
6.3 带三嵌件碗形件压铸模.....	75
6.4 三次分型针轴磁钢总成压铸模.....	77
参考文献.....	79
第7章 机动脱螺纹压铸模.....	80
7.1 扇瓣收缩内抽芯螺纹型芯转动脱螺纹压铸模.....	80
7.2 螺纹型芯转动脱螺纹1模4腔压铸模.....	82
7.3 齿轮-齿条传动横向旋转脱螺纹挂套压铸模.....	84
7.4 滚珠丝杠-齿轮传动脱螺纹压铸模.....	86
7.5 大螺旋角螺杆传动脱螺纹压铸模.....	88
7.6 螺纹型环转动脱螺纹1模4腔压铸模.....	90
7.7 对合斜滑块脱螺纹1模8腔压铸模.....	92
参考文献.....	94
第8章 带特殊推出机构的压铸模.....	95
8.1 带斜推出机构的斜插座压铸模.....	95
8.2 型腔板-推杆二级推件薄圆盘压铸模.....	96
8.3 内外推管同时推件圆柱齿轮压铸模.....	98
8.4 斜销不完全侧抽芯浮动滑块推件压铸模.....	101
参考文献.....	102
第9章 全立式压铸模.....	103
9.1 铝合金盖全立式压铸模.....	103
9.2 双分型面斜销侧抽芯复杂轴套全立式压铸模.....	104
9.3 空调压缩机连杆全立式压铸模.....	105
9.4 双分型面双浇口凹模纵向对分全立式压铸模.....	107
9.5 挡纱肋盘全立式压铸模.....	108
9.6 斜销侧向分型抽芯锥形电机定子压铸模.....	109
9.7 凹模纵向四分式震动机壳全立式压铸模.....	111
9.8 斜销侧分四开式凹模电机壳体全立式压铸模.....	112
9.9 双分型面1模3腔砂轮机转子全立式压铸模.....	113
参考文献.....	116
第10章 压铸模设计计算示例.....	117
10.1 阶梯式分型1模4腔端盖支架压铸模.....	117
10.2 微电机转子全立式压铸模.....	121
参考文献.....	123
下篇 挤铸模	
第11章 挤压铸造工艺和模具组成.....	124
11.1 挤压铸造成型机理和工艺参数.....	124

11.2 挤铸模的组成.....	128
参考文献.....	132
第 12 章 有色金属挤铸模.....	133
12.1 带侧抽芯机构的挤铸模.....	133
12.2 上模液压推件铝盖挤铸模.....	134
12.3 压头增压支承座挤铸模.....	135
12.4 炮弹壳体挤铸模.....	137
12.5 曲面薄壁件挤铸模.....	138
12.6 铜合金燃气具阀体挤铸模.....	139
12.7 液压侧抽芯上模推件活塞挤铸模.....	140
12.8 自行车把立管挤铸模.....	141
参考文献.....	144
第 13 章 钢质挤铸模.....	145
13.1 钢质挤压铸造概述.....	145
13.2 齿轮锻模模块挤铸模.....	146
13.3 带楔铁卸料机构的挤铸模.....	147
13.4 液态金属自动定量的挤铸模.....	148
13.5 测速齿轮半固态流变挤压模.....	149
13.6 锤头挤铸模.....	150
13.7 带溢流槽的耙片挤铸模.....	152
参考文献.....	155

上篇 立式压铸机用压铸模

第 1 章 压铸总论

1.1 压铸过程与特点

1.1.1 压铸过程

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，是一种先进的少无切削特种铸造工艺，生产效率高。在一定条件下，可压铸出孔和齿部，甚至可压铸出螺纹。压铸件一般不再需要大量的后续加工，压铸件的表面粗糙度好（ $Ra1.6\sim 25\mu\text{m}$ ），尺寸精度高（2~5 级），力学性能好。高压和高速是压铸工艺的重要特征，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 $0.01\sim 0.03\text{s}$ 。

压铸过程循环图如图 1-1 所示。

1.1.2 压力铸造的特点

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，以便铸件凝固后将其从型腔中取出。金属液通过压室→浇道→内浇口系统填充型腔，通过溢流排气系统排出气体。

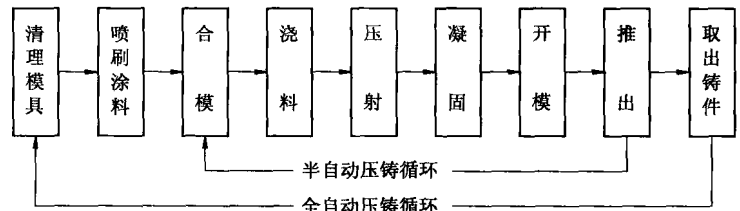


图 1-1 压铸过程循环图

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，使压力、速度、温度等相互制约的因素得以统一的过程。压力铸造中作用于金属上的压力为 $20\sim 200\text{MPa}$ ，充型的初始速度为 $0.5\sim 70\text{m/s}$ ，充型时间仅为 $0.01\sim 0.03\text{s}$ 。

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。通常铸件的壁厚为 $1\sim 6\text{mm}$ ；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 $0.2\sim 0.5\text{mm}$ 范围内，表面粗糙度在 $Ra3.2\mu\text{m}$ 以下；③铸件组织致密，具有较好的力学性能，由于铸件是在金属型中压力的作用下凝固，所获得的晶粒细小、组织致密，强度较高，由于激冷造成铸件表面硬化，形成约 $0.3\sim 0.5\text{mm}$ 的硬化层，耐磨性好；④效率高，生产周期短，一次操作循环时间约 $5\text{s}\sim 3\text{min}$ ，一般多为 $300\text{件}/\text{min}$ ，适于大批量的生产；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。

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。

1.1.3 压铸成型的应用范围

压铸广泛应用于兵器、汽车与摩托车、航空航天产品的零部件以及电器仪表、通信、计算机、农机、医疗器械、家用电器、钟表、建筑装饰和日用五金等产品的零部件生产。目前生产的压铸件最小的只有几克，最大的达 50kg （铝合金铸件），最大的直径可达 2m 。各种合金压铸件的质量和尺寸范围见表 1-1。

压铸零件形状大体上可分为六类：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（仪表盖、深腔仪表罩等）、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非铁合金，一般是结晶温度范围小、热裂倾向小以及收缩率小的铝合金、锌合金、镁合金及部分铜合金。铝合金占比例最高（约 30%~60%），锌合金次之。铜合金比例仅占铸件总量的 1%~2%。镁合金铸件易产生裂纹，且工艺复杂。

表 1-1 合金压铸件的质量和尺寸范围

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。

1.2 压铸合金

1.2.1 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。合金的性能包括使用性能和工艺性能两个方面。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。

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。压铸合金的工艺性要求包括以下几方面：

(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。所以首先要求合金在高温下具备足够的强度和可塑性及小的热脆性。

(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，阻碍了内部收缩，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，有利于金属液的填充，使裂纹愈合。

(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。

1.2.2 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（ $2.5\sim 2.7\text{g/cm}^3$ ），强度大（抗拉强度与密度之比 σ_b/ρ 可达 12）；高温力学性能很好，在低温下工作时，同样保持良好的力学性能（尤其是韧性）。因此铝合金压铸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 1-2。

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破坏，因此铝在碱、碳酸盐、盐酸及卤化物中很快就会被腐蚀。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。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，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，其充型能力较好，热裂、缩松倾向也都比较小，因此其铸造性能一般要比其他铝合金好。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。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 合金是应用最广泛的压铸合金。

(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。

表 1-2 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。

(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。

1.2.3 锌合金

锌合金的压铸性能很好，具有结晶温度范围小、不产生疏松；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。锌合金的力学性能也较高，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。

1.2.4 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。铸镁合金强度比铝合金高，但大部分镁合金的屈服极限却低于铝合金。镁合金有良好的刚度和减振性，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振作用的零件。镁合金在压铸时，粘模现象少，模具寿命较压铸铝合金长。

镁合金铸件成分和尺寸的稳定性也较好，还具有良好的切削加工性。为了提高承载能力，设计镁合金铸件时通常设置加强筋或避免出现放大的平面壁结构。因为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，避免急剧变化和尖角。

1.2.5 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，但铜合金的导电性能好，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。铜合金有良好的抗蚀性能和小的摩擦因数，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 压铸机

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。

1.3.1 压铸机的类别和工作过程

压铸机的基本类别如表 1-3 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 1-3 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 1-4 的常用类别分类。

1. 普通热室压铸机^[1]

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 1-2 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。

表 1-3 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 < 630kN，冷室 < 2500kN）
	4.2 中型压铸机（热室 < 630~4000kN，冷室 < 2500~6300kN）
	4.3 大型压铸机（热室 > 4000kN，冷室 > 6300kN）
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 1-4 压铸机的常用类别

压室浇注方式	类别	压室中心线	合模方向
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：电动机转子压铸机等		

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。

2. 卧式冷室压铸机^[1]

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

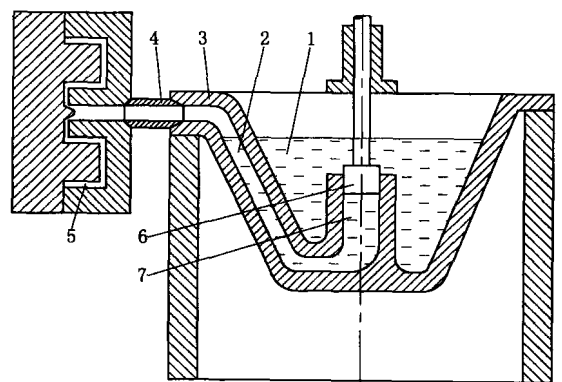


图 1-2 热室压铸机压铸过程示意图

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

合都是水平的。压铸模与压室的相对位置及压铸过程如图 1-3 所示。合模后，液态金属浇入压室 4，压射冲头 5 向前推进，将液态金属经流道压入型腔 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量和增压作用；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金属液在压室内与空气接触面积大，压射时，如冲头预行速度不当，容易将压室内的空气卷入金属液中，一并进入型腔；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^[1]

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 1-4 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，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。

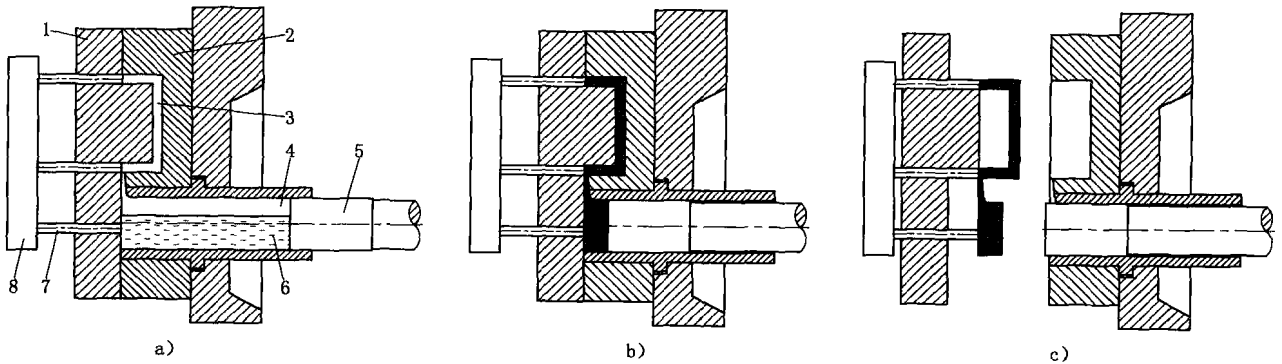


图1-3 卧式冷室压铸机压铸原理

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

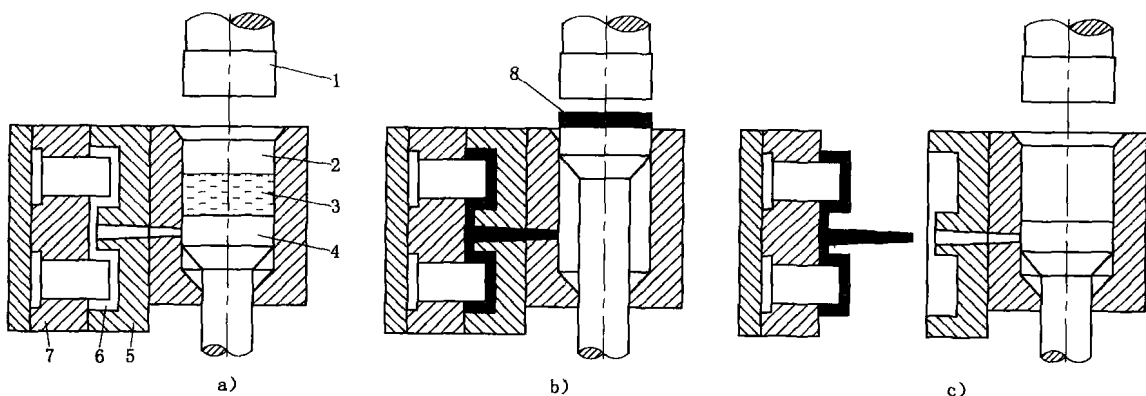


图1-4 立式冷室压铸机压铸原理

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

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）和模具方向开合都是竖直的，如图 1-5 所示。液态金属 2 浇入压室 3 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，广泛用于压铸电动机转子类零件。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；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。

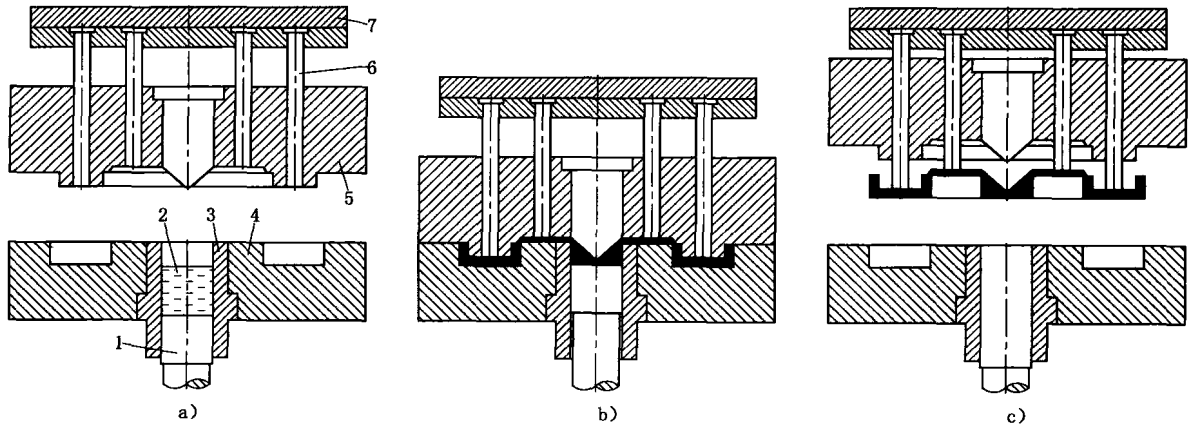


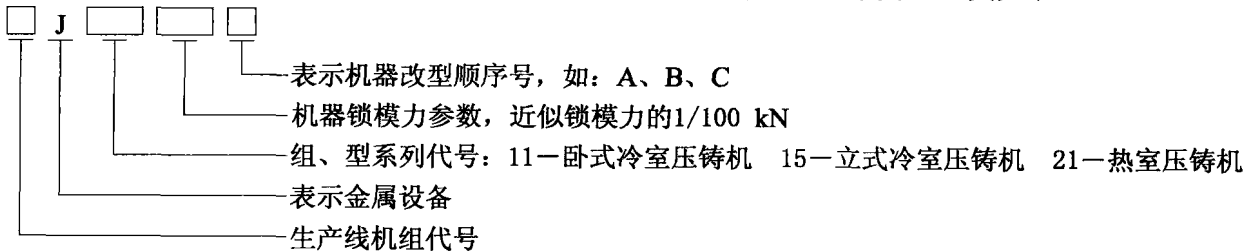
图 1-5 全立式压铸机压铸工作原理

a) 浇料 b) 压铸 c) 推出

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

1.3.2 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。

1.3.3 压铸机的选择

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铸件的不同结构以及各种合金压铸合金的熔化温度和化学性质。

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，热室寿命短。随着选择压室及压射冲头的面层材料以及热室部件的连接问题的解决，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特点，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，可以大大降低压铸件成本。

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，氧化剧烈易于燃烧，长时间处于坩埚内保温条件下，需要有防止氧化措施，或选用与普通热室压铸机不同的专用热室压铸机。

铜合金熔点高，通常只采用冷室压铸机进行压铸。因在高温条件下工作，模具内部需设置冷却系统。

1.4 压铸模

1.4.1 压铸模种类和基本结构

压铸模有多种，其分类如下：

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。整体式压铸模的特点：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，生产批量小，不需进行热处理的模具。

3) 受压铸机拉杆位置限制，模具外形尺寸不能过大，不能采用镶拼结构的模具。

广泛应用的是镶拼式压铸模，其型腔和型芯由镶块组成，装入模具的套板内加以固定。镶拼式压铸模的特点：①对于复杂的成型表面，可以用机械加工代替钳工操作，简化加工工艺，同时可按铸件的几何形状在镶块上构成复杂的分型面，而在套板上仍为平直分型面；②节省耐热合金钢，有利于更换和修理易损件；③拼合处的适当间隙有利于排出型腔内的气体；④减少热处理变形，便于在热处理后进行修整；

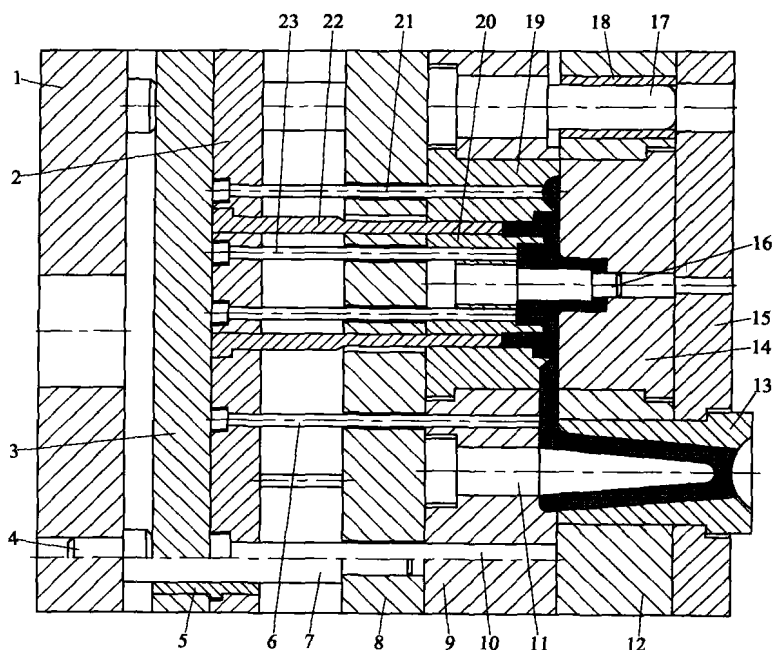


图 1-6 热室压铸机用压铸模^[1]

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—支承板 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

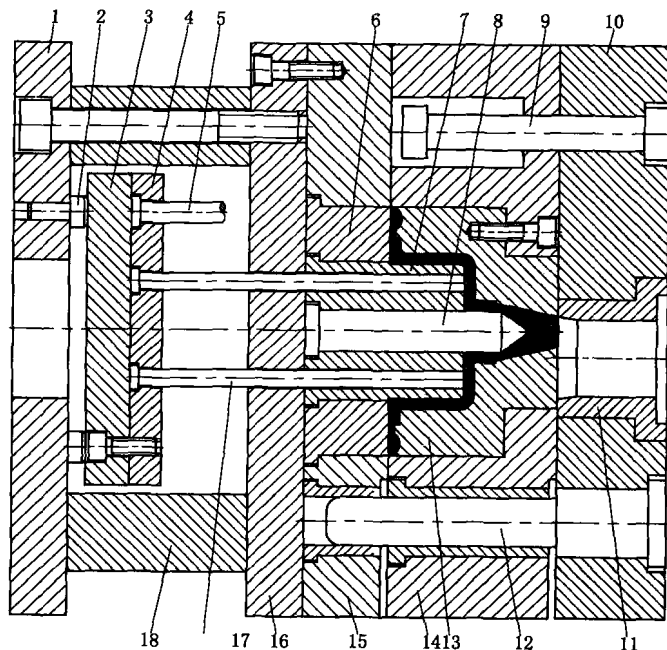


图 1-7 卧式冷室压铸机用压铸模^[1]

1—动模座板 2—挡钉 3—推板 4—推杆固定板 5—复位杆 6—动模镶块
7—动模型芯 8—分流锥 9—限位杆 10—定模座板 11—浇口套 12—导柱
13—定模镶块 14—定模套板 15—动模套板 16—支承板 17—推杆 18—垫块

⑤ 镶块坯料较易锻造，组织均匀，品质较高。
 镶嵌式模具一般用于型腔较深或较大型的模具、多型腔模具、成型表面比较复杂的模具。

共用模套式压铸模是镶拼式压铸模的一种变形，不同的型腔镶块共用一个模套，构成数个不同的模具。

组合式压铸模是将标准模座固定安装在压铸机上，带有导柱、推出机构和冷却管的模体可在短时间内快速更换。

3. 按型腔数分类

按型腔数压铸模分为单腔压铸模、同形多腔压铸模和异形多腔压铸模。

1.4.2 压铸模基本组成部分

压铸模是由动模和定模两个主要部分组成的，定模与压铸机压射机构连接，并固定在定模安装板上，浇注系统与压室相通；动模则安装在压铸机的动模安装板上，并随动模安装板移动而与定模合模或开模。

1. 成型部分

成型部分由镶块及型芯组成，装在动、定模上，模具在合模后，构成铸件的成型空腔，通常称为型腔，是决定铸件几何形状和尺寸公差等级的部分。

2. 浇注系统

浇注系统是金属液在压力的作用下，填充型腔的通道。它由直浇道、横浇道、内浇口、溢流槽、排气道等部分组成（见图 1-10），其位置、形状和大小直接影响到金属液的充模时间、充模速度以及填充形态、部位和方向，对压铸件品质起决定性作用。

浇注系统中最重要的是内浇口设计。内浇口的作用是根据铸件的结构、形状、大小，以最佳流动状态把金属液引入型腔，且在保压阶段起到补缩作用。内浇口设计最重要的是确定内浇口的位置和方向，要使金属液顺序地填充型腔，空气很好地排出，冷料排入集渣包，而且还要注意金属液不能正面冲击型芯，以免产生粘芯现象，影

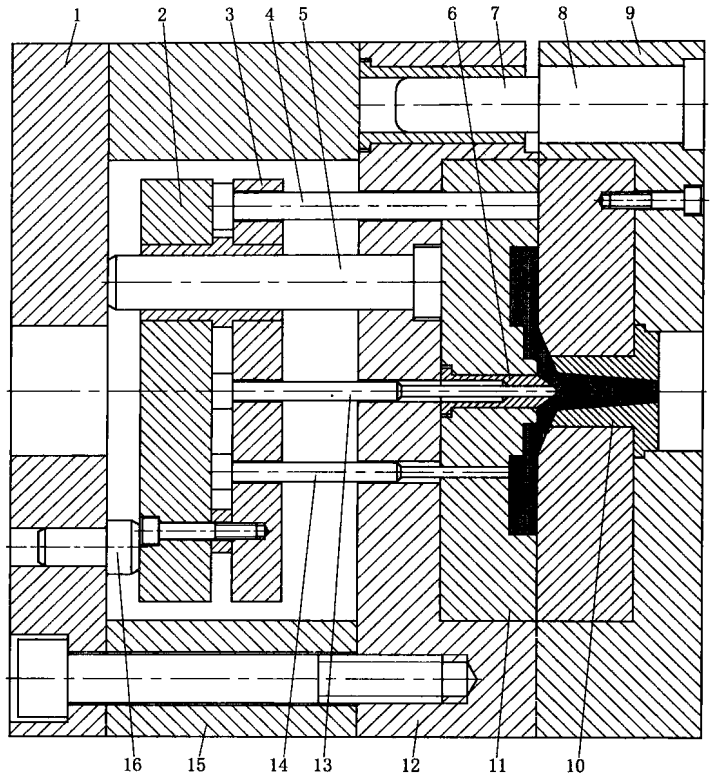


图 1-8 立式冷室压铸机用压铸模^[1]

- 1—动模座板 2—推板 3—推杆固定板 4—复位杆 5—导柱 6—分流锥
- 7—导柱 8—定模镶块 9—定模套板 10—浇口套 11—动模镶块 12—支承板
- 13、14—推杆 15—垫块 16—限位钉

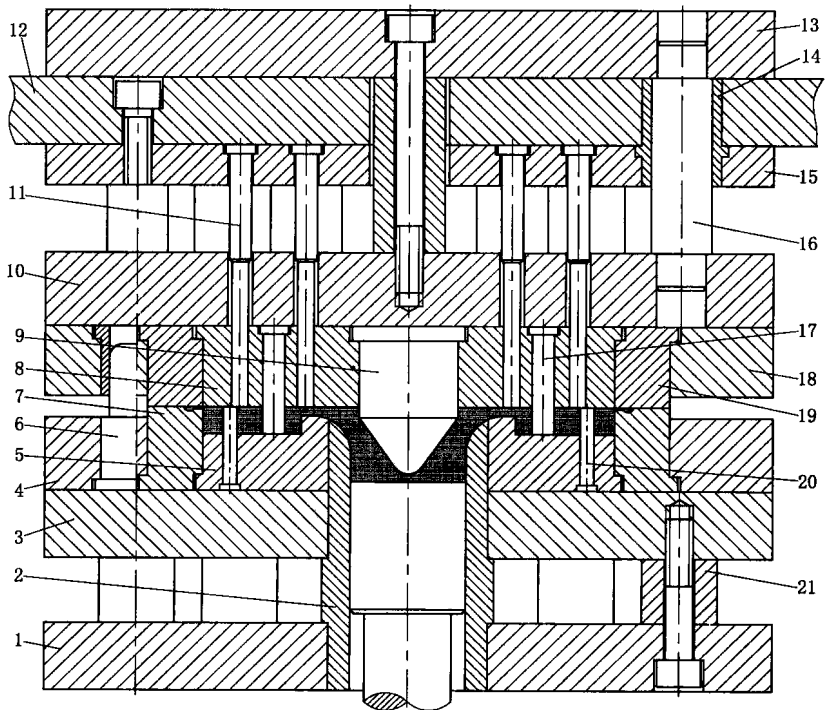


图 1-9 全立式冷室压铸机用压铸模^[1]

- 1—座板 2—压室 3—定模座板 4—动模导板 5—定模镶块 6—导柱 7—定模镶块
- 8—动模镶块 9—分流锥 10—支承板 11—推杆 12—推板 13—动模座板 14—导套
- 15—推杆固定板 16—导柱 17—型芯 18—定模套板 19—动模镶块 20—型芯 21—垫块

响抽芯。浇口位置的设置应使金属液避免过多迂回，填充路径尽可能短，减少金属液涡流，减少包卷气体，有利于型腔内气体排出，压力传递和型腔温度场分布均匀，便于清除浇道余料。内浇口截面是通过金属液以一定的速度和在预定的时间内充满型腔得来的。

横浇道是金属液从压室通过直浇道之后流向内浇口的通道。同时还能借助于横浇道中体积较大的金属液预热型腔，当压铸件冷却收缩时用来补缩与传递静压力。横浇道截面面积取内浇口截面面积的1.25~1.6倍。内浇口厚度与相连的压铸件壁厚有关。只有在满足内浇口厚度/压铸件壁厚 $<1/4$ 的情况下才能保证金属是流束充满。

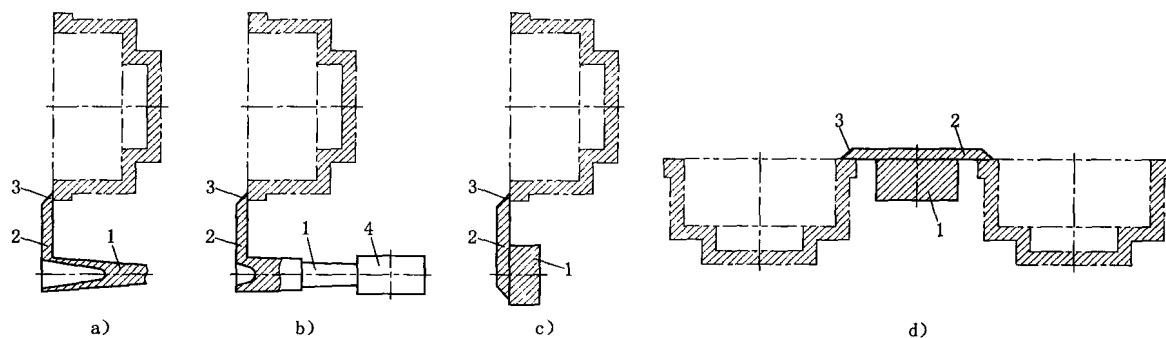


图 1-10 浇注系统^[1]

a) 热室 b) 立式冷室 c) 卧式冷室 d) 全立式
1—直浇道 2—横浇道 3—内浇口 4—余料

3. 溢流与排气系统

溢流与排气系统是排除压室、浇道和型腔中气体的通道。压铸过程中模具型腔、压室、合金液中的气体以及涂料产生的气体在短时间填充过程中来不及全部排出，部分气体被卷入合金液中，易在铸件中产生气孔。因此，在分型面上应设计溢流与排气系统，即在金属液流的末端均匀开设溢流槽（集渣包）及排气槽，并利用成型零件之间的间隙排气。溢流槽可以容纳最先进入型腔的冷金属液和混入其中的气体和氧化夹杂，可以调节模具的温度场分布，改善模具的热平衡状态，并且溢流槽要安置在易于切除的地方，不影响铸件的外观。在型腔填充过程中溢流槽、排气槽和浇注系统是一个不可分割的整体，溢流槽和排气槽可以提高压铸件品质，消除局部紊流带来的缺陷，有时还能弥补浇注系统设计不合理而带来的铸造缺陷。

4. 抽芯机构

铸件在取出时会受型芯或型腔的阻碍，因此必须把这些型芯或型腔做成活动的（型腔做成活块），以便将这些活动的型芯或型腔活块抽出后，顺利取出铸件。带动这些活动模芯或型腔活块抽动的机构称为抽芯机构。

5. 推出机构

压铸模中使铸件从模具的成型零件中脱出的机构，称为推出机构，包括推出零件和复位零件。推出机构一般设置于动模上。推出机构一般由推出元件（如推杆、推管、推件板、成型推块、斜滑块等）、复位元件、限位元件、导向元件、结构元件组成。

6. 模架与导向部分

模架将模具各部分按一定的规律和位置加以组合和固定，并使模具能够安装到机器上，一般包括各种模板、座架和导向部分等构架零件。导向部分是引导定模和动模在开模与合模时可靠地按照一定方向进行运动的导准部分，一般由导套、导柱组成。

7. 加热与冷却系统

模具温度是影响压铸件品质的一个重要因素。在压铸前必须对模型进行充分预热，以避免金属液对低温模型的“热冲击”而使模型寿命缩短；防止金属液“激冷”失去流动性，影响压铸件品质。效果较好的加热方法是辐射式电热盘条状电阻的外热式电加热法，其中常采用电热管加热。

当模具温度过高时，应采取冷却措施，保持模型的热平衡，以保证压铸生产的连续性，提高生产效率及压铸件品质，防止压铸件产生气孔、缩孔、疏松等缺陷，避免温度升高的成型零件粘模、拉伤。

在每个压铸循环中，模型吸收热量（包括模型由金属液带入热量和金属液填充型腔所消耗的一部分机械能转换成的热量），同时也向周围散发热量。模型的热平衡是指单位时间内模型吸收的热量与散发的热量相等。模型的温度控制就是把模型热平衡时的温度控制在模型最佳工作温度范围内。影响模型温度的因素很多，很难精确计算其吸热与散热情况。一般先粗略计算，通过调整冷却介质的流量和流速，使模型保持热平衡。当计算的模型散热与吸热基本平衡时可不设冷却系统。

模具的冷却方法主要是风冷和水冷。

1) 风冷法：靠压缩空气机的风力加强模具的散热，模具内不需设置冷却装置，结构简单，但冷却速度慢，适用于要求散热较小的模具。

2) 水冷法：大多用直流式冷却水管冷却。对模具中那些特别容易过热的部位，如直流道、型芯、凸出部位、形成铸件厚壁部位等，多用循环式冷却水管和喷流式水管，以达到部分冷却的目的。

初始生产时冷却水管通入蒸汽，使模具接近成型工艺所需温度。连续生产时通入冷水，通过调节水流大小把模具温度控制在一定的范围内。

1.4.3 压铸模常用材料和热处理要求

表 1-5 是压铸模成型零件及有特殊要求的零件的常用材料和热处理要求。压铸模非成型零件的常用材料和热处理要求见表 1-6。

表 1-5 压铸模成型零件及有特殊要求的零件的常用材料和热处理要求

模具零件名称	模具材料		热处理硬度 (HRC)	
	牌号	标准号	用于压铸锌合金、镁合金、铝合金	用于压铸铜合金
型芯、定动模镶块、活动镶块	3Cr2W8V	GB/T1299	45~50	38~42
分流锥、推杆、浇口套、导流块	4Cr5MoSiV1	GB/T1299	42~48	—

表 1-6 压铸模非成型零件的常用材料和热处理要求

模具零件名称	模具材料	热处理硬度 (HRC)
推杆、推管、推板、复位杆等推出与复位零件	T8A	50~55
导柱、导套等导向零件及导滑零件	T10A	
滑块、斜滑块、斜销等抽芯零件	9Mn2V	
齿轮、齿轴等抽芯零件	45	40~45
定模套板、动模套板、支承板等支承与固定零件	Q235-A	28~32
定模座板、动模座板、垫块、等模架零件	30~45	回火
推出与复位机构用板	Q235-A	

压铸模型腔直接与高温、高压和高速填充的金属液接触，因此模具材料需满足以下要求：

- 1) 导热性高（可减小温度梯度），热膨胀系数小，以减小热应力。
- 2) 热屈服强度高，导致塑性变形小，热疲劳破坏的程度低，能很好地抵抗热裂纹的产生。
- 3) 抗回火性好，即抵抗高温软化的能力强。
- 4) 蠕变强度（抵抗高温和机械负荷联合作用的能力）高，以避免因机械负荷循环变化引起热裂。

压铸模最重要的零件是与金属液接触的成型工作零件，通常用热作模具钢制成。由于被压铸材料的温度差别较大，因而对压铸模的材料及性能要求也不同。用于制造锌合金、镁合金和铝合金的压铸模材料，必须具有高的回火抗力和冷热疲劳抗力，还具有良好的渗氮（或碳氮共渗）工艺性能；而用于铜合金压铸模的工作条件更为苛刻，其材料还应具有高的热强性以防止变形和开裂，以及高导热性以减少温度梯度，从而降低热应力。我国用于压铸模最有代表性的新钢种为 4Cr5MoSiV (H13)。用 4Cr5MoVSi (H13) 作成型零件材料，比采用传统的 3Cr2W8V 提高寿命 4~6 倍，材料成本只增加 20% 左右。

传统的调质加表面氮化的热处理工艺，往往在压铸数千模次后模具型腔会出现表面龟裂和开裂，模具寿命较短。为延长模具使用寿命，对 4Cr5MoSiV 钢采取以下制模处理工艺：①下料；②碳化物细匀化预处理，即在铸造型芯的钢液中加入微量合金元素，然后反复加热和冷却；③粗加工（留加工余量）；④800~

870℃调质处理,硬度 30~35HRC; ⑤精加工; ⑥1000℃~1050℃真空淬火,硬度 56~58HRC; ⑦560℃回火二次,回火硬度 43~47HRC^[2]。

与常规等温球化退火态相比,碳化物细匀化预处理态可显著减少淬、回火件的变形量,并延长模具使用寿命。最好取最低淬火温度,应以不造成模具大的变形为原则选择较快的冷却速度。一次回火出现的硬化现象需要进行二次回火处理,以达到指定的模具硬度^[2]。

1.5 压铸工艺参数

合金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。

1.5.1 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。压射力是由液压泵产生压力油,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体的压力。

(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。

1.5.2 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型力,而作用于型腔各个侧壁的胀型力,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,防止合金液的飞溅,保证铸件的尺寸精度,而提供的作用力。

1.5.3 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1-7。

(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1-8。

表1-7 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 压射速度	0.3~0.5	0.5~1.1	0.3~0.8	0.5~0.8

表1-8 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

1.5.4 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,包括模具温度和金属液浇注温度。

(1) 模具温度 为了避免使模具受到剧烈的热冲击,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;为了提高压铸循环效率和使铸件快速凝固,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℃。