

一. 概述

压力铸造是近代金属加工工艺中发展较快的一种少无切削的特种铸造方法。它是将熔融金属在高压高速下充填铸型，并在高压下结晶凝固形成铸件的过程。高压高速是压力铸造的主要特征。常用的压力为数十兆帕，填充速度（内浇口速度）约为 16~80 米/秒，金属液填充模具型腔的时间极短，约为 0.01~0.2 秒。

由于用这种方法生产产品具有生产效率高，工序简单，铸件公差等级较高，表面粗糙度好，机械强度大，可以省去大量的机械加工工序和设备，节约原材料等优点，所以现已成为我国铸造业中的一个重要组成部分。

二. 压铸过程中的主要参数

在压力铸造的整个过程中，压力起到了主导作用。熔融金属不仅在压力作用下充满压室进入浇注系统，而填充又在压力作用下凝固成型。在压射过程中各个阶段，随着冲头位置的移动，压力也出现不同的变化，这个变化规律都会对铸件质量产生重大影响。因此我们应对压铸过程中压力的作用与变化要有一个感性认识，这也是压铸技术的理论基础。

现以常用的卧式冷室压铸机为例，来逐步描绘出压射过程中，随着冲头位置的移动和压力之间的变化规律。

首先要说明的是在以下各阶段图形中，左图表示压射的过程，右上图表示每一个位移阶段相应的压力变化值，右下图为相应的压射冲头位移曲线。

现将图中各阶段的具体内容说明如下：

图 (a)，起始阶段，金属液开始浇入压室，准备压射。

图 (b)，第 I 阶段，压射冲头慢速移动越过浇料口，金属液受到冲头的推动，由于速度较慢，压室中不产生浪涌，故金属液不致从浇口中溅出，这种状况也是在起始压射阶段所要求的。这时推动金属液的压力为 P_0 。其作用有二，即克服压射油缸中活塞在移动时的摩擦力和冲头与压室之间的摩擦力。冲头越过浇料口的这段距离为 S_1 ，称为慢速封口阶段。

图 (c)，第 II 阶段，压射冲头以高于第 I 阶段的速度向前运动，此时金属液充满整个压室前端，聚集到内浇口前沿之处，与这一阶段速度响应的压力上升值达到 P_1 ，冲头在这一阶段所运动的距离为 S_2 ，称为金属液堆积阶段。在这一阶段金属液到达内浇口前沿的一瞬间，由于内浇口为整个浇注系统中的截面最小，对金属液的阻力最大，压射压力因而升高。其升高值以能够足以突破内浇口处的阻力为止。

图 (d)，第 III 阶段，从这一阶段开始，其压射压力由于受到内浇口处阻力的影响升高至 P_2 ，而此时的冲头速度将要求达到调定的运动速度，以高速推动金属液通过内浇口进入型腔，这种冲头速度通称为压射速度，而这一阶段冲头的运动距离为 S_3 ，称为填充阶段。

图 (e)，第 IV 阶段，这一阶段是按照压射缸所调定的压力，使铸件在凝固阶段进一步致密的最终加压。其最终压力的大小，取决于压铸机压射系统的性能。有两种情况可以解释，当压射系统无增压机构时，其最终压力的上升为 P_3 ，但当压射系统中带有增压机构时，其最终的增压压力可以从 P_3 上升至 P_4 ，这一阶段压射冲头只前移一段极短的距离 S_4 ，从上图中可清楚地看到。这一阶段称为增压压实阶段。

以上所述，如果按照压射各个阶段来划分的话，可以称作为四级压射系统，对于现代化的压铸机而言，多数按以上要求进行设计。各阶段速度的变化，可以根据铸件的种类和要求进行调节，并可在监视设备上显示、储存和记录各阶段最合理的变化，以达到稳定生产的目的。至于通常所称的三级压射系统，则是将四级压射系统中的第 II 阶段和第 III 阶段合并为一个阶段而加以命名的。

三. 压铸工艺

压铸工艺是将压铸机、压铸模和合金三大要素有机地组合而加以综合运用过程。而压铸时金属按填充型腔的过程，是将压力、速度、温度以及时间等工艺因素得到统一的过程。同时，这些工艺因素又相互影响，相互制约，并且相辅相

成。只有正确选择和调整这些因素，使之协调一致，才能获得预期的结果。因此，在压铸过程中不仅要重视铸件结构的工艺性，压铸模的先进性，压铸机性能和结构优良性，压铸合金选用的适应性和熔炼工艺的规范性；更应重视压力、温度和时间等工艺参数对铸件质量的重要作用。在压铸过程中应重视对这些参数进行有效的控制。

（一）压力

压力的存在是压铸工艺区别其他铸造方法的主要特点。

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。它是反映压铸机功能的一个主要参数。

压射力的大小，由压射缸的截面积和工作液的压力所决定。压射力的计算公式如下：

$$P_{\text{压射力}} = P_{\text{压射油缸}} \times \pi \times D^2 / 4$$

式中： $P_{\text{压射力}}$ —压射力（N—牛）

$P_{\text{压射油缸}}$ —压射油缸内工作液的压力（Pa—帕）

D —压射缸的直径（m—米）

$$\pi = 3.1416$$

2. 比压

压室内熔融金属在单位面积上所受的力称为比压。比压也是压射力与压室截面积的比值关系换算的结果。其计算公式如下：

$$P_{\text{比压}} = P_{\text{压射力}} / F_{\text{压室截面积}}$$

式中： $P_{\text{比压}}$ —比压（Pa—帕）

$P_{\text{压射力}}$ —压射力（N—牛）

$F_{\text{压室截面积}}$ —压室截面积（ m^2 —米²）

即 $F_{\text{压室截面积}} = \pi D^2 / 4$ 式中 D （m—米）为压室直径

$$\pi = 3.1416$$

3. 压力的作用

（1）比压对铸件机械性能的影响

比压增大，结晶细，细晶层增厚，由于填充特性改善，表面质量提高，气孔影响减轻，从而抗拉强度提高，但延伸率有所降低。

（2）对填充条件的影响

合金熔液在高比压作用下填充型腔，合金温度升高，流动性改善，有利于铸件质量的提高。

4. 比压的选择

(1) 根据铸件的强度要求考虑

将铸件分为有强度要求的和一般要求的两类，对于有强度要求的，应该具有良好的致密度。这是应该采用高的增压比压。

(2) 根据铸件壁厚考虑

在一般情况下，压铸薄壁铸件时，型腔中的流动阻力较大，内浇口也采用较薄的厚度，因此具有大的阻力，故要有较大的填充比压，才能保证达到需要的内浇口速度。

对于厚壁铸件，一方面选定的内浇口速度较低，并且金属的凝固时间较长，可以采用较小的填充比压；另一方面，为了使铸件具有一定的致密度，还需要有足够的增压比压才能满足要求。

对于形状复杂的铸件，填充比压应选用高一些。此外，如合金的类别，内浇口速度的大小，压铸机合模能力的功率及模具的强度等，都应作适当考虑。

填充比压的大小，主要根据选定的内浇口速度计算得到。

至于增压比压的大小，根据合金类别，可参考下表数值选用。当型腔中排气条件良好，内浇口厚度与铸件壁厚的比值适当的情况下，可选用低的增压比压。而排气条件愈差，内浇口厚度与铸件壁厚比值愈小时，则增压比压应愈高。

推荐选用增压比压范围表

零件类型	铝合金	锌合金	黄铜
承受轻负荷的零件	30~40MPa	13~20MPa	30~40MPa
承受较大负荷的零件	40~80MPa	20~30MPa	40~60MPa
气密性面大壁薄零件	80~120MPa	25~40MPa	80~100MPa
锌合金以热室压铸机为主			

5. 胀型力和锁模力

压铸过程中，填充结束并转为增压阶段时，作用于正在凝固的金属上的比压（增压比压），通过金属（铸件浇注系统、排溢系统）传递型腔壁面，此压力称为胀型力（又称反压力）。

当胀型力作用在分型面上时，便为分型面胀型力，而作用在型腔各个侧壁方向时，则称为侧面胀型力。胀型力可用下式表示：

$$P_{\text{胀型力}} = P_{\text{比压}} \times A_{\text{投影面积}}$$

式中： $P_{\text{胀型力}}$ —胀型力（N—牛）

$P_{\text{比压}}$ —增压比压（Pa—帕）

$A_{\text{投影面积}}$ —承受胀型力的投影面积（ m^2 -米²）

通常情况下必须使锁模力大于计算得到的胀型力。否则，在金属液压射时，模具分型面会胀开，从而产生金属飞溅，并使型腔中的压力无法建立，造成铸件尺寸公差难以保证，甚至难以成型。

锁模力（即合模力）是选用压铸机时首先要确定的重要参数。一般应满足下面公式的要求：

$$P_{\text{锁模力}} \geq K \times P_{\text{胀型力}}$$

式中： $P_{\text{锁模力}}$ —压铸机的锁模力（N—牛）

K —安全系数（一般取 $K=1.3$ ）

$P_{\text{胀型力}}$ —胀型力（N—牛）

（二）压射速度

压射过程中，压射速度受压力的直接影响，又与压力共同对铸件内部质量、表面质量和轮廓清晰程度起着重要的作用。

生产中，速度的表示通常为冲头速度（压射速度）和内浇口速度两种。

1. 压射速度

压室内的压射冲头推动金属移动时的速度称为压射速度（又称为冲头速度）。而压射速度分为两级，I 级压射速度亦称为慢压射速度，这级速度是指冲头起始动作直至冲头将室内的金属送入内浇口之前的运动速度，在这一阶段中要求将压室中的金属液充满压室，在既不过多地降低合金液温度又有利于排除压室中的气体的原则下，该阶段速度应尽量低，一般为 0.3 米/秒。II 级压射速度又称快压射速度。这个速度由压铸机的特性所决定。压铸机所给定的最高压射速度一般在 4~5 米/秒范围内，旧式的压铸机压射速度较低，而近代的压铸机则较高，甚至达到 9 米/秒。

（1）快压射速度的作用和影响

提高压射速度，动能转化为热能，提高了合金熔液的流动性，有利于消除流痕、冷隔等缺陷，提高了机械性能和表面质量；但速度过快时，合金熔液雾状与气体混合，产生严重涡流包气，机械性能下降。

（2）快压射速度的选择考虑因素

①压铸合金的特性：熔化潜热、合金的比热、导热性和凝固温度范围。

②模具温度高时，压射速度可适当减低，在考虑到模具热传导状况，模具设计结构和制造质量，以及提高模具寿命，亦可适当限制压射速度。

③铸件质量要求：表面质量要求高和薄壁复杂件，采用较高的压射速度。

2. 内浇口速度

熔融金属在冲头移动作用下，经过横浇道到达内浇口，然后填充型腔，当机器的压射系统性能优良时，熔融金属通过内浇口的速度可以认为不变（或变化很

小), 这个不变的速度, 即熔融金属通过内浇口导入型腔的线速度, 便称为内浇口速度, 通常采用的内浇口速度范围为 15~70 米/秒。

熔融金属在通过内浇口后, 进入型腔各部分流动(填充)时, 由于型腔的形状和厚度(铸件的壁厚), 模具热状态(温度场分布)等各种因素的影响, 流动的速度随时在发生变化, 这种变化的速度称为填充速度。

通常在工艺参数上只选定不变的速度来衡量, 所以内浇口速度就是重要的工艺参数之一。

内浇口速度的高低与铸件机械性能的影响极大, 内浇口速度太低, 铸件强度下降; 速度提高, 强度上升; 速度过高强度又下降。

3. 冲头速度(压射速度)与内浇口速度(填充速度)的关系

根据连续性原理, 内浇口速度和压射速度的关系可由下式表示:

$$V_{\text{内浇口}} = F_{\text{压射室}} \times V_{\text{压射}} / F_{\text{内浇口}}$$

式中: $V_{\text{内浇口}}$ — 内浇口速度 (m/s—米/秒)

$F_{\text{压射室}}$ — 压射室截面积 (cm^2 —厘米²)

$V_{\text{压射}}$ — 压射速度 (m/s—米/秒)

$F_{\text{内浇口}}$ — 内浇口截面积 (cm^2 —厘米²)

因此, 冲头压射速度越高, 则金属流经内浇口速度越高。

4. 速度的选择

在压铸生产中, 速度与压力共同对铸件内在质量, 表面要求和轮廓清晰度起着重要作用。

综上所述, 如果对压铸件的机械性能, 如抗拉强度和致密性提出了高的要求, 则不应选用过大的内浇口速度, 这样能降低由于紊流所造成的涡流, 这个涡流含有空气和由涂料挥发的气体。随着卷入涡流内的空气和蒸汽的增多, 压铸件组织内部呈多孔性, 机械性能明显变坏。

如果压铸件结构是复杂的薄壁零件, 并对其表面质量提出了较高的要求, 应选用较高的压射速度和内浇口速度, 完全是必要的。

根据铸件的不同情况, 可按下表的推荐值选用, 核算出压射速度, 进行试压修正。

浇注系统各个部位填充速度推荐值表

部位	直浇道	横浇道	内浇口
填充速度(m/s)	15~25	20~35	30~60

推荐的铸件平均壁厚与内浇口速度的关系表

铸件平均壁厚 (mm)	内浇口速度(m/s)	铸件平均壁厚 (mm)	内浇口速度(m/s)
1	46~55	5	32~40
1.5	44~53	6	30~37
2	42~50	7	28~34
2.5	40~48	8	26~32
3	38~46	9	24~29
3.5	36~44	10	24~27
4	34~42		

内浇口速度与压射速度、压室直径和内浇口截面积有关，可通过以下方面调整：

- (1) 调整压射冲头速度
- (2) 更换压射室直径
- (3) 改变内浇口截面积

(三) 压射行程

根据压铸填充过程各个阶段的冲头位移—压力曲线图可知，压射冲头移动总共分为五个阶段。其中第 I 阶段（慢速封口阶段）加上第 II 阶段（金属液堆积阶段）的压射冲头的位移量通常称为慢压射行程。第 III 阶段（填充阶段）的压射冲头的位移量通常称为快压射行程。第 IV 阶段（增压压实阶段）的压射冲头位移量通常称为增压压实行程。

特别要提及的是，铸件气孔中的气体来源于合金液、模具型腔、压射室及涂料。但在正常规范的生产中铸件气孔中的气体主要来源于模具型腔和压射室，模具型腔主要靠合理的浇注系统和溢流排气系统来最大程度地减少气体进入铸件并使之排出模外，而压射室中的气体是靠调整压射行程来控制压射冲头快速填充位移的起点，也就是慢压射行程的终点，使合金液以慢速充满压室前端堆积于内浇口前沿，从而最大程度地减少气体被合金液卷入而带入模具型腔，达到最大程度地减少铸件中的气孔，提高铸件的内部质量。而在正常生产中铸件气孔中的气体主要来源于压射室。所以，在压铸过程中对压射行程的控制是非常必要的。

压射行程的计算：

$$L_{\text{快}} = G / \gamma / F_{\text{压室}}$$

式中： $L_{\text{快}}$ —快压射行程（cm—厘米）

G —进入内浇口所有合金的重量（铸件重量+溢渣包重量）（g—克）

γ —合金的液态密度（ g/cm^3 —克/厘米³）

铝合金的液态密度 $\gamma = 2.4\text{g}/\text{cm}^3$

$F_{\text{压室}}$ —压射室截面积（ cm^2 —厘米²）

压铸机快压行程的调整位置的计算：

$$L_{\text{快压起点}} = L_{\text{冲头伸出}} + L_{\text{料饼厚}} + L_{\text{快}}$$

式中： $L_{\text{快压起点}}$ —快压行程开关距冲头跟随终点行程开关的距离（cm—厘米）

$L_{\text{冲头伸出}}$ —冲头跟随伸出模具分型面的距离（cm—厘米）

$L_{\text{料饼厚}}$ —铸件浇注系统中余料饼的厚度（cm—厘米）

$L_{\text{快}}$ —快压射行程（cm—厘米）

（四）温度

压铸过程中，温度对填充过程的热状态，以及操作的效率等方面起着重要的作用。压铸中所指的温度是指浇注温度和模具温度。温度控制是获得优良铸件的重要因素。

1. 浇注温度

熔融金属的浇注温度是指它自压室进入型腔时的平均温度。由于对压室内的金属液的温度测量不方便，一般以保温炉的温度表示。

（1）浇注温度的作用和影响

- ①气体在合金中溶解度，随温度的升高而增大，其溶解金属中的气体，在压铸过程中难以析出，对塑性是有影响的。
- ②含铁量随合金温度升高而增加，使流动性降低，结晶粗大，性能恶化。
- ③铝合金随温度升高氧化加剧，氧化夹杂物增多，使合金性能恶化。因此合金过热，易产生缩孔、裂纹、气孔、氧化夹杂物，故机械性能降低。合金温度过低，也会产生成分不均匀，流动性差，影响填充条件，产生缺陷。
- ④合金温度对填充流态有直接影响。浇注温度过高，又高速的作用下，易产生紊流、涡流包气。

（2）合金浇注温度选择

通常在保证“成型”和所要求表面质量的前提下，尽可能采用低的温度。浇注温度一般高于压铸合金的液相线温度 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。推荐压铸合金的浇注温度如下表。

压铸合金浇注温度推荐值表

合金类别	锌合金	铝合金	镁合金	铜合金
浇注温度℃	410~450	610~700	640~700	900~980

2. 模具温度

在压铸过程中，模具需要一定的温度，模具的温度是压铸工艺中又一重要的因素，它对提高生产效率和获得优质铸件有着重要的作用。

(1) 模具温度的作用和影响

- ①在填充过程中，模温对液流温度、粘度、流动性、填充时间和填充流态等均有较大影响。模温过低时，表层冷凝后又被高速液流破碎，产生表层缺陷，甚至不能“成型”，模温过高时，虽有利于获得光洁的铸件表面，但易出现收缩凹陷。
- ②模温对合金液冷却速度、结晶状态、收缩应力均有明显影响。模温过低时，收缩应力增大，铸件易产生裂纹。
- ③模温对模具寿命影响甚大，激烈的温度变化，形成复杂的应力状态，频繁的应力交变导致模具龟裂。
- ④模温对铸件尺寸公差的影响，模温稳定，则铸件尺寸收缩率也相应稳定，尺寸公差等级也得以提高。

(2) 影响模具温度的主要因素

- ①合金浇注温度、浇注量、热容量和导热性。
- ②浇注系统和溢流槽的设计，用以调整热平衡状态。
- ③压射比压和压射速度。
- ④模具设计，模具体积大，热容量大，模温波动较小。模具材料导热性愈好，温度分布较均匀有利于改善热平衡。
- ⑤模具合理预热，提高初温，有利于改善热平衡，提高模具寿命。
- ⑥生产频率越快，模温升高，在一定范围内对铸件和模具寿命都是有利的。
- ⑦模具润滑起到隔热和散热作用。

(3) 模具温度对机械性能的影响

模具温度提高，改善了填充条件，使机械性能得到提高。模温过高，合金冷却温度降低，细晶层厚减薄，晶粒较粗大，故强度有所下降。

为此，要获得质量稳定的优质铸件，必须将模具温度严格控制在最佳的工艺范围内。这就必须应用模具冷却加热装置，以保证模具在恒定温度范围内工作。

(4) 模具温度的选择与控制

①模具温度的选择

模具温度的选择，应根据铸件的形状大小和结构特点，合金的性质与浇注条件等各个方面的因素综合考虑。推荐的模具的预热温度及工作温度如下表所示。

推荐的模具工作温度表

合金类别	模具预热温度 (°C)	模具工作温度 (°C)
锌合金	120~160	160~200
镁合金	150~180	180~250
铝合金	150~180	180~260
铜合金	200~250	250~300

②模具温度的控制

为了保证压铸生产过程的正常连续进行，模具工作温度应保持在一定的范围内，就必须使模具处于热平衡的状态下。模具热平衡指的是，在每一个压铸循环中，熔融金属传给模具的热量，应等于模具传走的热量和冷却及加热装置所传走的热量。

模具温度控制可采用专制的，采用不燃油作介质的模具加热冷却装置系统。但大多数目前还是采用在模具上开设水冷却和电加热装置来进行模具的温度控制。

(五) 时间

压铸工艺上的“时间”是填充时间，增压建压时间，持压时间及留模时间。这些“时间”都是压力、速度、温度这三个因素，再加上熔融金属的物理特性，铸件结构（特别是壁厚），模具结构（尤其是浇注系统和溢流系统）等各方面的综合结果。时间是一个多元复合的因素，但它与上述各因素有着密切的关系。因此，“时间”在压铸工艺上是至关重要的。

1. 填充时间

熔融金属在压力作用下开始进入型腔直到充满的过程所需的时间称为填充时间。

填充时间是压力、速度、温度、模具的浇注与溢流系统的特点，合金的性质，以及铸件结构（壁厚）等多种因素结合以后所产生的结果。因而，也是填充过程中各种因素相互协调程度的综合反映。

填充时间以熔融金属尚未凝固而填充完成为原则，填充时间的选择按下表：

铸件的平均壁厚与填充时间的推荐值表

铸件平均壁厚 (mm)	填充时间 (s)	铸件平均壁厚 (mm)	填充时间 (s)
1	0.010~0.014	5	0.048~0.072
1.5	0.014~0.020	6	0.056~0.084
2	0.018~0.026	7	0.066~0.100
2.5	0.022~0.032	8	0.076~0.116
3	0.028~0.040	9	0.088~0.138
3.5	0.034~0.050	10	0.100~0.160
4	0.040~0.060		

按表选用时还应考虑下列情况：

- ①合金浇注温度高时，填充时间可选长些。
- ②模具温度高时，填充时间可选长些。
- ③铸件厚壁部分离内浇口远时，填充时间可选长些。
- ④熔化潜热和比热高的合金，填充时间可选长些。

2. 增压建压时间

增压建压时间是指熔融金属在充型过程中的增压阶段，从充满型腔的瞬时开始，直至增压压力达到预定值所需建立起来的时间。也就是压射比压上升到增压比压建立起来所需的时间。

3. 持压时间

熔融金属充满型腔后，使熔融金属在增压比压作用下凝固的这段时间，称为持压时间。

持压作用是使压射冲头将压力通过还未凝固的余料、浇口部分的金属传递到型腔，使正在凝固的金属在高压下结晶，从而获得致密的铸件。

持压时间的选择，按下列因素考虑：

- ①压铸合金的特性：压铸合金结晶范围大，持压时间应选得长些。
- ②铸件壁厚：铸件平均壁厚厚度大，持压时间可选得长些。
- ③浇注系统：内浇口厚，持压时间可选得长些。

推荐常用的比压时间表 (s)

合金	铸件壁厚 (mm)	
	<2.5	2.5~6
锌合金	1~2	3~4
铝合金	1~2	3~5
镁合金	1~2	3~5
铜合金	2~3	5~7

4. 留模时间

留模时间是压铸过程中，从持压终了至开模顶出铸件的这段时间。足够的留模时间，是使铸件在模具内得到充分凝固和适度的冷却使之具有一定的强度，在开模和顶出时，铸件不致产生变形或拉裂。

留模时间的选择，通常以顶出铸件不变形、不开裂的最短时间为宜。然而，过长的留模时间不仅降低了生产效率，而且会带来不良的后果。例如：不易脱模，因合金的热脆性而引起裂纹，改变了预定的收缩量。

推荐常用的留模时间表 (s)

合金	壁厚<3mm	壁厚 3~6mm	壁厚>6mm
锌合金	5~10	7~12	20~25
铝合金	7~12	10~15	25~30
镁合金	7~12	10~15	25~30
铜合金	8~15	15~20	25~30

综上所述，压铸生产中的工艺参数压力、速度、温度、时间选择可按下列原则：

- ①铸件壁越厚，结构越复杂，压射力越大。
- ②铸件壁越薄，结构越复杂，压铸速度越快。
- ③铸件壁越厚，持压留模时间需越长。
- ④铸件壁越薄，结构越复杂，模温浇温需越高。

(六) 压室的充满度

通过对各种工艺因素的分析，并根据机器提供的规格，初步选定了压室直径后，还应考虑压室的容量，而浇入压室的金属液量占压室总容量的程度称为压室的充满度，通常以百分率计。

充满度对于卧式冷室压铸机有着特殊的意义。因为，卧式冷室压铸机的压室在浇入金属液后，并不是完全充满而只在金属液上方留有一定的空间。这个空间占有的体积越大，存有空气越多，这对于填充型腔时的气体量有很大的影响。其次，充满度小，合金液在压室内激冷度过大，对填充也不利。另外，压室充满度也不应过小，以免上部空间过大。故一般充满度应控制在 80%~40% 范围内，而以 75% 左右为最适宜。

（七）压铸涂料

压铸过程中，在机器的压室和冲头的配合面、模具型腔表面、浇道表面、活动部分的配合部位（如抽芯机构、顶出机构、导柱及导套等）都必须根据工艺要求喷上或涂上不同的材料，统称压铸涂料。

1. 涂料的作用

- ①高温条件下具有良好的润滑性。
- ②减少填充过程瞬间的热扩散，保持熔融金属的流动性，从而改善合金的成型性。
- ③避免熔融金属对型腔的冲刷及粘附（对铝合金而言），改善模具工作条件，提高铸件表面质量。
- ④减少铸件与模具成型表面（尤其是型芯）之间的摩擦，从而减少型芯和型腔的磨损，延长模具的寿命。

2. 涂料的使用

压铸涂料可分为模具涂料和冲头涂料两大类。模具涂料（又称脱模剂）用在模具型腔及浇注系统表面，冲头涂料则用在压室与冲头配合部分的表面及端面。

压铸涂料在使用时应重视操作和注意用量。不论是涂刷还是喷涂，都要薄而均匀，避免涂层太厚或遗漏涂喷。喷涂或涂刷后，应待涂料稀释剂挥发后，才能合模—浇料—压射。否则，将使型腔或压室增加大量的挥发性气体，使铸件产生气孔缺陷，甚至由于这些气体而形成高的反压力，使铸件成型困难。

目前，市场上涂料种类很多，外购应根据压铸合金、模具结构、铸件形状、型腔表面质量、操作工艺以及来源等因素而定。应遵照其说明书的要求来使用。

四. 铝合金

(一) 日本 ADC12 牌号合金

化学成分										
Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ni	Sn	Pb	Ti	Al
1.5~3.5	9.6~12.0	<0.3	<1.0	<1.3	<0.5	<0.5	<0.2	<0.3	<0.2	余量
机械性能 (压铸件切取试样)										
抗拉强度 (MPa)			延伸率 (%)				硬度 (HB)			
228			1.4				74.1			

(二) 压铸铝合金中各元素的作用和影响

1. 硅 (Si)

硅是大多数压铸铝合金的主要元素。它能改善合金的铸造性能。硅与铝能组成固溶体。在 577℃ 时, 硅在铝中的溶解度为 1.65%, 室温时为 0.2%、含硅量至 11.7% 时, 硅与铝形成共晶体。提高合金的高温造型性, 减少收缩率, 无热裂倾向。二元铝基合金有高的耐蚀性。当合金中含硅量超过共晶成分, 而铜、铁等杂质又多时, 即出现游离硅的硬质点, 使切削加工困难, 高硅铝合金对铸件坩埚的熔蚀作用严重。

2. 铜 (Cu)

铜和铝组成固溶体, 当温度在 548℃ 时, 铜在铝中的溶解度应为 5.65%, 室温时降至 0.1% 左右, 增加含铜量, 能提高合金的流动性, 抗拉强度和硬度, 但降低了耐蚀性和塑性, 热裂倾向增大。

3. 镁 (Mg)

在高硅铝合金中加入少量 (约 0.2~0.3%) 的镁, 可提高强度和屈服极限, 提高了合金的切削加工性。

含镁 8% 的铝合金具有优良的耐蚀性, 但其铸造性能差, 在高温下的强度和塑性都低, 冷却时收缩大, 故易产生热裂和形成疏松。

4. 锌 (Zn)

锌在铝合金中能提高流动性, 增加热脆性, 降低耐蚀性, 故应控制锌的含量在规定范围中。至于含锌量很高的 ZL401 铝合金却具有较好的铸造性能和机械性能, 切削加工也比较好。

5. 铁 (Fe)

在所有铝合金中都含有害杂质。因铝合金中含铁量太高时, 铁以 FeAl_3 、 Fe_2Al_7

和Al—Si—Fe的片状或针状组织存在于合金中，降低机械性能，这种组织还会使合金的流动性减低，热裂性增大，但由于铝合金对模具的粘附作用十分强烈，当铁含量在0.6%以下时尤为强烈。当超过0.6%后，粘模现象便大为减轻，故含铁量一般应控制在0.6~1%范围内对压铸是有好处的，但最高不能超过1.5%。

6. 锰 (Mn)

锰在铝合金中能减少铁有害影响，能使铝合金中由铁形成的片状或针状组织变为细密的晶体组织，故一般铝合金允许有0.5%以下的锰存在。含锰量过高时，会引起偏析。

7. 镍 (Ni)

镍在铝合金中能提高合金的强度和硬度，降低耐蚀性。镍与铁的作用一样，能减少合金对模具的熔蚀，同时又能中和铁的有害影响，提高合金的焊接性能。当镍含量在1~1.5%时，铸件经抛光能获得光洁的表面。由于镍的来源缺乏，应尽量少采用含镍的铝合金。

8. 钛 (Ti)

铝合金中加入微量的钛，能显著细化铝合金的晶粒组织，提高合金的机械性能，降低合金的热裂倾向。

五. 压铸机应具有的操作程序

1.合模—（浇料）—压射—开模—顶出（复位）—（取件、清模、喷涂）—……

【适用于无抽芯器压铸模】

2.动模抽芯器插芯—合模—（浇料）—压射—开模—动模抽芯器抽芯—顶出（复位）—（取件、清模、喷涂）—……【适用于有动模抽芯器压铸模】

3.合模—静模抽芯器插芯—（浇料）—压射—静模抽芯器抽芯—开模—顶出（复位）—（取件、清模、喷涂）—……【适用于有静模抽芯器压铸模】

4.动模抽芯器插芯—合模—静模抽芯器插芯—（浇料）—压射—静模抽芯器抽芯—开模—动模抽芯器抽芯—顶出（复位）—（取件、清模、喷涂）—……【适用于有动、静模抽芯器压铸模】

六. 压铸件的缺陷及分析

1. 流痕

其他名称：条纹

特征：铸件表面上呈现与金属液流动方向相一致的，用手感觉得出的局部下陷光滑纹路。此缺陷无发展倾向，用抛光法能去除。

产生原因	排除措施
①两股金属流不同步充满型腔而留下的痕迹。 ②模具温度低，如锌合金模温低于 150℃，铝合金模温低于 180℃，都易产生这类缺陷。 ③填充速度太高。 ④涂料用量过多。	①调整内浇口截面积或位置。 ②调整模具温度，增大溢流槽。 ③适当调整填充速度以改变金属液填充型腔的流态。 ④涂料适用薄而喷匀。

2. 冷隔

其他名称：冷接

特征：温度较低的金屬流互相对接但未熔合而出现的缝隙。呈现不规则的线形，有穿透的和不穿透的两种，在外力作用下有发展趋势。

产生原因	排除措施
①金属液浇注温度低或模具温度低。 ②合金成分不符合标准，流动性差。 ③金属液分股填充，融合不良。 ④浇口不合理，流程太长。 ⑤填充速度低或排气不良。 ⑥比压偏低。	①适当提高浇注温度和模具温度。 ②改变合金成分，提高流动性。 ③改进浇注系统，改善填充条件。 ④改善排溢条件，加大溢流量。 ⑤提高压射速度，改善排气条件。 ⑥提高比压。

3. 擦伤

其他名称：拉伤、拉痕、粘模伤痕

特征：顺着脱模方向，由于金属粘附，模具制造斜度太小而造成铸件表面的拉伤痕迹，严重时称为拉伤面。

产生原因	排除措施
①型芯、型壁的铸造斜度大小或出现倒斜度。 ②型芯、型壁有压伤痕。 ③合金粘附模具。 ④铸件顶出偏斜或型芯轴线偏斜。 ⑤型壁表面粗糙。	①修正模具，保证制造斜度。 ②打光压痕。 ③合理设计浇注系统避免金属流对冲型芯型壁，适当降低填充速度。 ④修正模具结构。 ⑤打光表面。

⑥涂料常喷涂不到。	⑥涂料用量薄而均匀，不能漏喷涂料。
⑦铝合金中含铁量低于 0.6%。	⑦适当增加含铁量至适当增加含铁量至 0.6~0.8%。

4. 凹陷

其他名称：缩凹、缩陷、憋气、塌边

特征：铸件平滑表面上出现凹瘪的部分，其表面呈自然冷却状态。

产生原因	排除措施
①铸件结构设计不合理，有局部厚实部位，产生热节。	①改善铸件结构，使壁厚稍为均匀，厚薄相差较大的连接处应逐步缓和过渡，消除热节。
②合金收缩率大。	②选择收缩率小的合金。
③内浇口截面积太小。	③正确设置浇注系统，适当加大内浇口的截面积。
④比压低。	④增大压射力。
⑤模具温度太高	⑤适当调整模具热平衡条件，采用温控装置以及冷却等。

5. 气泡

其他名称：鼓泡

特征：铸件表皮下，聚集气体鼓胀所形成的泡。

产生原因	排除措施
①模具温度太高。	①冷却模具至工作温度。
②填充速度太高，金属液流卷入气体过多。	②降低压射速度，避免涡流包气。
③涂料发气量大，用量过多，浇注前未燃尽，使挥发气体被包在铸件表层。	③选用发气量小的涂料，用量薄而均匀，燃尽后合模。
④排气不畅。	④清理和增设溢流槽和排气道。
⑤开模过早。	⑤调整留模时间。
⑥合金熔炼温度过高。	⑥修整熔炼工艺。

6. 气孔

其他名称：空气孔

特征：卷入压铸件内部的气体所形成的形状较为规则，表面较为光滑的空洞。

产生原因	排除措施
<p>主要是包卷气体引起：</p> <p>①浇口位置选择和导流形状不当，导致金属液进入型腔产生正面撞击和产生旋涡。</p> <p>②浇道形状设计不良。</p> <p>③压室充满度不够。</p> <p>④内浇口速度太高，产生湍流。</p> <p>⑤排气不畅。</p> <p>⑥模具型腔位置太深。</p> <p>⑦涂料过多，填充前未燃尽。</p> <p>⑧炉料不干净，精炼不良。</p> <p>⑨机械加工余量太大。</p>	<p>①选择有利型腔内气体排除的浇口位置和导流形状，避免金属液先封闭分型面上的排溢系统。</p> <p>②直浇道的喷嘴截面积应尽可能比内浇口截面积大。</p> <p>③提高压室充满度，尽可能选用较小的压室并采用定量浇注。</p> <p>④在满足成型良好条件下，增大内浇口厚度以降低填充速度。</p> <p>⑤在型腔最后填充部位处开设溢流槽和排气道，并应避免溢流槽和排气道被金属液封闭。</p> <p>⑥深腔处开设排气塞，采用镶拼形式增加排气。</p> <p>⑦涂料用量薄而均匀，燃尽后填充，采用发气量小的涂料。</p> <p>⑧炉料必须处理干净、干燥，严格遵守熔炼工艺。</p> <p>⑨减少机械加工余量。</p> <p>⑩调整压射速度和快压射速度的转换点。降低浇注温度，增加比压。</p>

7. 缩孔

其他名称：缩空、缩眼

特征：压铸件在冷凝过程中，由于内部补偿不足所造成的形状不规则，表面较粗糙的孔洞。

产生原因	排除措施
①合金浇注温度过高。	①遵守合金熔炼规范，避免合金液过热太长，降低浇注温度。
②铸件结构壁厚不均匀，产生热节。	②改进铸件结构，消除金属积聚部位，壁厚均匀，缓慢过渡。
③比压太低。	③适当提高比压。

④溢流槽容量不够，溢口太薄。	④加大溢流槽容量，增厚溢流口。
⑤压室充满度太小，余料太薄，最终补缩起不到作用。	⑤提高压室充满度，采用定量浇注。
⑥内浇口较小。	⑥适当改善浇注系统，以利压力很好地传递。
⑦模具的局部温度偏高。	⑦冷却模具局部温度偏高处。

8. 花纹

特征：铸件表面上呈现的光滑条纹，肉眼可见，但用手感觉不出，颜色不同于基体金属的纹路，用 0# 砂布稍擦几下即可去除。

产生原因	排除措施
①填充速度太快。	①尽可能降低压射速度。
②涂料用量太多。	②涂料用量薄而均匀。
③模具温度偏低。	③提高模具温度。

9. 裂纹

特征：铸件上合金基体被破坏或断开形成细丝状的缝隙，有穿透的和不穿透的两种，有发展趋势。

裂纹可以分为冷裂纹和热裂纹两种，他们的主要区别是冷裂纹铸件开裂处金属未被氧化，热裂纹铸件开裂处金属被氧化。

产生原因	排除措施
①铸件结构不合理，收缩收到阻碍，铸造圆角太小。	①改进铸件结构，减少壁厚差，增大铸造圆角。
②抽芯及顶出装置在工作中发生偏斜，受力不均匀。	②修正模具结构。
③模具温度低。	③提高模具工作温度。
④开模及抽芯时间太迟。	④缩短开模及抽芯时间。
⑤选用合金不当或有害杂质过高，使合金塑性下降。	⑤严格控制有害杂质，调整合金成分。

10. 欠铸

其他名称：浇不足、轮廓不清、边角残缺

特征：金属液未充满型腔，铸件上出现填充不完整的部位。

产生原因	排除措施
<p>(1) 合金液流动不良引起:</p> <p>①合金液含气量高, 氧化严重, 以致流动性下降。</p> <p>②合金浇注温度及模具温度过低。</p> <p>③内浇口速度过低。</p> <p>④蓄能器内氮气压力不足。</p> <p>⑤压室充满度小。</p> <p>⑥铸件壁太薄或厚薄悬殊等设计不当。</p> <p>(2) 浇注系统不良引起:</p> <p>①浇口位置, 导流方式, 内浇口股数选择不当。</p> <p>②内浇口截面积太小。</p> <p>(3) 排气条件不良引起:</p> <p>①排气不畅。</p> <p>②涂料过多, 未被烘干燃尽。</p> <p>③模具温度过高, 型腔内气体压力较高, 不易排出。</p>	<p>(1) 改善合金的流动性:</p> <p>①采用正确的熔炼工艺, 排除气体及非金属夹杂物。</p> <p>②适当提高合金浇注温度和模具温度。</p> <p>③提高压射速度。</p> <p>④补充氮气, 提高有效压力。</p> <p>⑤采用定量浇注。</p> <p>⑥改进铸件结构, 适当调整壁厚。</p> <p>(2) 改进浇注系统:</p> <p>①正确选择浇口位置和导流方式, 对不良形状铸件及大铸件采用多股内浇口为有利。</p> <p>②增大内浇口截面积或提高压射速度。</p> <p>(3) 改善排气条件:</p> <p>①增设溢流槽和排气道, 深凹型腔处可开设通气塞。</p> <p>②涂料使用薄而均匀, 吹干燃尽后合模。</p> <p>③降低模具温度至工作温度。</p>

11. 印痕

其他名称: 推杆印痕、镶块或活动块拼接印痕。

特征: 铸件表面由于模具型腔磕碰及推杆、镶块、活动块等零件拼接所留下的凸出和凹下的痕迹。

产生原因	排除措施
<p>①推杆调整不齐或端部磨损。</p> <p>②模具型腔、滑块拼接部分和其活动部分配合欠佳。</p> <p>③推杆面积太小。</p>	<p>①调整推杆至正确位置。</p> <p>②紧固镶块或其他活动部分, 消除不应有的凹凸部分。</p> <p>③加大推杆面积或增加个数。</p>

12. 网状毛刺

其他名称：网状痕迹、网状花纹、龟裂毛刺

特征：由于模具型腔表面产生热疲劳而形成的铸件表面上的网状凸起痕迹和金属刺。

产生原因	排除措施
①模具型腔表面龟裂造成的痕迹，内浇口区域附件的热传导最集中，摩擦阻力最大，经受熔融金属的冲蚀最强，冷热交替最剧，最易产生热裂，形成龟裂。	①正确选用模具材料及合理的热处理工艺。
②模具材料不当，或热处理工艺不正确。	②模具在压铸前必须预热到工作温度范围。
③模具冷热温度变化大。	③尽可能降低合金浇注温度。
④合金液浇注温度过高，模具预热不够。	④降低合金液浇注温度，模具预热到合适温度。
⑤模具型腔表面粗糙度 Ra 太大。	⑤提高模具型腔表面质量，降低 Ra 数值，镶块定期退火，消除应力。
⑥金属流速高及正面冲刷型壁。	⑥正确设计浇注系统，在满足成型良好的条件下，尽可能用较小的压射速度。

13. 有色斑点

其他名称：油斑、黑色斑点

特征：铸件表面上呈现的不同于基体金属的斑点，一般由涂料碳化物形成。

产生原因	排除措施
①涂料不纯或用量过多。	①涂料使用应薄而均匀，不能堆积，要用压缩空气吹散。
②涂料中含石墨过多。	②减少涂料中的石墨含量或选用无石墨水基涂料。

14. 麻面

特征：充型过程中由于模具温度或合金温度太低，在近似于欠压条件下铸件表面形成的细小麻点状分布区域。

产生原因	排除措施
①填充时，金属分散成密集液滴，高速撞击型壁。	①正确设计浇注系统，避免金属液产生飞溅，改善排气条件，避免液流卷入过多气体，降低内浇口速度并提高模具温度。
②内浇口厚度偏小。	②适当调整内浇口厚度。

15. 飞边

其他名称：披缝

特征：铸件边缘上出现的金属薄片。

产生原因	排除措施
①压射前机器的锁模力调整不佳。	①检查合模力或增压情况，调整压射增压机构，使压射增压峰值降低。
②模具及滑块损坏，闭锁元件失效。	②检查模具滑块损坏程度并修整之，确保封锁元件起到作用。
③模具镶块及滑块磨损。	③检查磨损情况并修复。
④模具强度不够造成变形。	④正确计算模具强度。
⑤分型面上杂物未清理干净。	⑤清除分型面上杂物。
⑥投影面积计算不正确，超过锁模力。	⑥正确计算，调整好合模力。
⑦压射速度过高，形成压力冲击峰过高。	⑦适当调整压射速度。

16. 分层

其他名称：隔皮

特征：铸件上局部存在有明显的金属层次。

产生原因	排除措施
①模具刚性不够，在金属液填充过程中，模板产生抖动。	①加强模具刚度，紧固模具部件。
②压射冲头与压室配合不好，在压射中前进速度不平稳。	②调整压射冲头与压射，保证配合良好。
③浇注系统设计不当。	③合理设计内浇口。

17. 疏松

特征：铸件表面上 呈现松散不紧实的宏观组织。

产生原因	排除措施
①模具温度过低。 ②合金浇注温度过低。 ③比压低。 ④涂料过多。	①提高模具的温度之工作温度。 ②适当提高合金浇注温度。 ③提高比压。 ④涂料薄而均匀。

18. 错边（错扣）

其他名称：错缝

特征：铸件的一部分与另一部分在分型面上错开，发生相对位移(对螺纹称错扣)。

产生原因	排除措施
①模具镶块位移。 ②模具导向件磨损。 ③两半模的镶块制造误差。	①调整镶块，加以紧固。 ②更换导柱，导套。 ③进行修整，消除误差。

19. 变形

其他名称：扭曲、翘曲

特征：铸件几何形状与设计要求不符的整体变形。

产生原因	排除措施
①铸件结构设计不良，引起不均匀的收缩。 ②开模过早，铸件刚性不够。 ③铸件斜度太小。 ④取置铸件的操作不当。 ⑤堆放不合理或去除浇口方法不当。 ⑥推杆位置布置不当。	①改进铸件结构，使壁厚均匀。 ②确定最佳开模时间，加强铸件刚性。 ③放大铸造斜度。 ④取放铸件应小心轻取轻放。 ⑤铸件堆放应用专用箱，去除浇口方法应恰当。 ⑥有的变形铸件可经整形消除。

20. 碰伤

特性：铸件表面因撞击而造成的伤痕。

产生原因	排除措施
去浇口，清理，校正和搬运流转过程中不小心碰伤。	清理铸件要小心，存放及搬运铸件，不应堆叠或互相撞击，采用专用存放运输箱。

21. 硬质点

其他名称：氧化夹杂、夹杂。

特征：铸件基体内存在有硬度高于金属基体的细小质点或块状物，使加工困难，刀具磨损严重，加工后铸件上常常显示出不同亮度的硬质点。

产生原因	排除措施
<p>合金中混入或析出比基体金属硬的金属或非金属物质，如：Al_2O_3及游离硅等。</p> <p>(1) 氧化铝 (Al_2O_3)</p> <p>① 铝合金未精炼好。</p> <p>② 浇注时混入了氧化物。</p> <p>(2) 有铝、铁、锰、硅组成的复杂化合物，主要是由MnAl_3在熔池较冷处形成，然后以MnAl_3为核心使Fe析出，又有硅等参加反应形成化合物。</p> <p>(3) 游离硅混入物</p> <p>① 铝硅合金含硅高</p> <p>② 铝硅合金在半液态浇注，存在了游离硅。</p>	<p>(1) 熔炼时要减少不必要的搅动和过热，保持合金液洁净，铝合金液长期在炉内保温时，应周期性精炼去气。</p> <p>(2) 铝合金中含有钛、锰、铁等元素时，应勿使偏析并保持洁净，用干燥的精炼剂精炼，但在铝合金含有镁时，要注意补偿。</p> <p>(3) 铝合金中含铜、铁量多时，应使含硅量降低到 10.5% 以下，适当提高浇注温度，以免硅析出。</p>

22. 脆性

特征：铸件基本金属晶粒过于粗大或细小，铸件易断裂或碰碎。

产生原因	排除措施
<p>① 合金液过热过大或保温时间过长。</p> <p>② 激烈过冷，结晶过细。</p> <p>③ 铝合金中杂质锌、铁等含量太多。</p> <p>④ 铝合金中含铜量超出规定范围。</p>	<p>① 合金不宜过热，避免合金长时间保温。</p> <p>② 提高模具温度，降低浇注温度。</p> <p>③ 严格控制合金化学成分。</p> <p>④ 保证坩埚涂料层完整良好。</p>

23. 渗漏

特征：压铸件经试验产生漏水、漏气或渗水

产生原因	排除措施
①压力不足。 ②浇注系统设计不合理或铸件结构不合理。 ③合金选择不当。 ④排气不良。	①提高比压。 ②改进浇注系统和排气系统。 ③选用良好合金。 ④尽量避免加工。 ⑤铸件进行浸渍处理。

24. 化学成分不符合要求

特征：经化学分析，铸件合金元素不符合要求或杂质过多。

产生原因	排除措施
①配料不正确。 ②原材料及回炉料未加分析即行投入使用。	①炉料应经化学分析后才能配用。 ②炉料应严格管理，新旧料要按一定比例配用。 ③严格遵守熔炼工艺。 ④熔炼工具应刷涂料。

25. 机械性能不符合要求

特征：铸件合金的机械强度、延伸率低于要求标准。

产生原因	排除措施
①合金化学成分不符标准。 ②铸件内有气孔、缩孔、夹渣等。 ③对试样处理方法不对等。 ④铸件结构不合理，限制了铸件达到标准。 ⑤熔炼工艺不当。	①配料、熔化要严格控制化学成分及杂质含量。 ②严格遵守熔炼工艺。 ③按要求做试样，在生产中要定期对铸件进行工艺性试验。 ④改进铸件结构。 ⑤严格控制合金熔炼温度和浇注温度，尽量消除合金形成氧化物的各种因素。