

求,斜度由扩大方向获得;外形以大端为准,符合图样要求,斜度由缩小方向获得。

## 2. 嵌件

塑件中镶嵌的金属或其他材料制作的零件称为嵌件,如图 6-4 所示。嵌件的结构除应保证能与塑件可靠联接外,还应便于嵌件在模具内固定,并能防止漏料或产生飞边。嵌件周围的塑料层应有足够的厚度,以防止因嵌件和塑料的收缩不同而产生的内应力使塑件开裂。

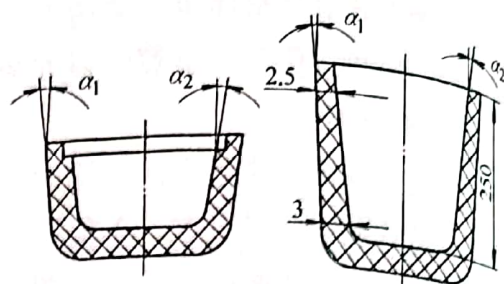


图 6-3 脱模斜度

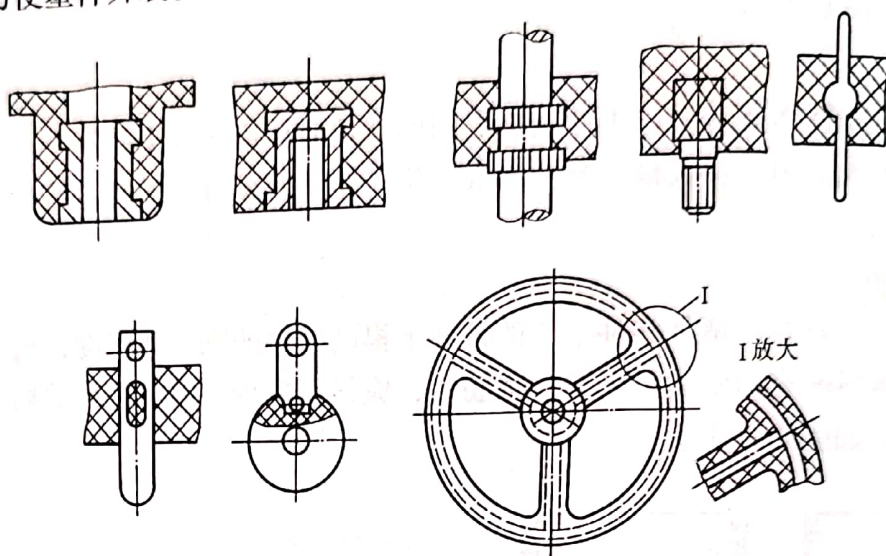


图 6-4 嵌件

## 3. 花纹、标记和文字

塑件上的花纹、标记、文字应保证易于成型和脱模,并且便于模具制造。

## 4. 螺纹

塑件上外螺纹的直径不宜小于 4mm,内螺纹的直径不宜小于 2mm,螺纹精度不高于 IT8 级。塑料螺纹与金属螺纹的联结长度一般不宜超过螺纹直径的 1.5 ~ 2 倍。同一塑件上有两段同轴螺纹时,应使它们的螺距相等,旋向相同。

## 5. 尺寸精度

塑料收缩率的波动,成型工艺条件的变化,模具成型零件的制造精度、装配精度及其磨损等,都会影响塑件的精度。因此,塑件的精度一般低于金属件切削加工的精度。

# 6.4 塑料注射成型工艺与设备

注射成型又称为注射模塑或注塑,主要用于热塑性塑料的成型,也用于少量热固性塑料的成型。

## 6.4.1 普通注射成型工艺

普通注射成型工艺是在热塑性塑料通用注射机上进行的注射成型工艺,其原理如图 6-5 所示。将塑料加入注射机的料筒内加热塑化成呈黏流态的熔体,然后借助螺杆(或柱塞)

的推力，使熔体以较高的压力和速度经喷嘴和模具浇注系统充满闭合的模具型腔，再经一定时间的冷却使塑料硬化定型后，即可开启模具，取出制品。

通用注射成型的工艺过程主要由合模、加料塑化、注射、保压、制件冷却、开模和制件顶出等环节组成，这些环节相互组合形成一个工作循环，在注射机控制系统控制下可以实现自动或半自动生产。

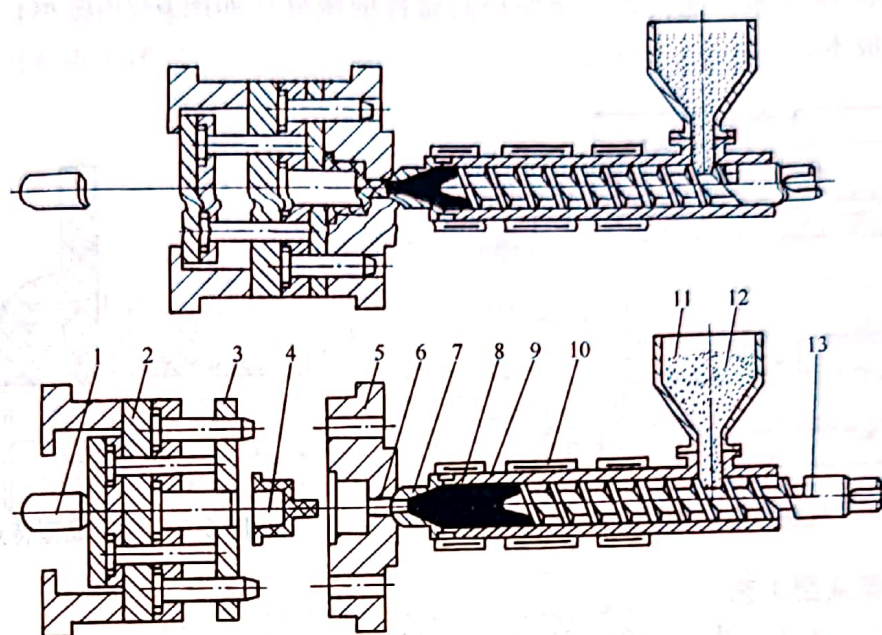


图 6-5 注射成型原理

1—注射机顶杆 2—动模 3—推出机构 4—塑件 5—定模 6—浇注系统  
7—喷嘴 8—熔体 9—料筒 10—电加热圈 11—料斗 12—塑料 13—螺杆

## 6.4.2 特种注射成型工艺

为了满足某些场合的特殊需要，在通用注射成型工艺的基础上进行适当改进，可形成许多特种注射成型工艺，现仅介绍下述 4 种。

### 1. 热固性塑料注射成型工艺

热固性塑料注射成型需要使用专用的热固性塑料注射机，其原理是将塑料加入注射机料筒内加热到  $130^{\circ}\text{C}$  左右，使塑料产生物理变化和缓慢的化学变化而塑化成呈稠胶状的物料，然后由螺杆或柱塞以  $120 \sim 200\text{MPa}$  的压力将此物料注射入温度为  $170 \sim 180^{\circ}\text{C}$  的模具型腔内，在模具的继续加热下，塑料产生快速的化学变化而逐渐固化，经过一定时间使塑件固化定型后即可开模取出塑件。

### 2. 热流道注射成型工艺

热流道注射成型工艺是利用热流道模具成型塑件的一种注射成型工艺。它与普通注射成型工艺的区别是在注射成型过程中模具浇注系统内的熔料不会凝固，也不随塑件脱模。热流道模具又称为无流道凝料模具，其结构形式按使流道内塑料保持熔融状态的方法有绝热流道、半绝热流道和加热流道三种。聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等塑料可选用各种形式的热流道模具成型，聚氯乙烯、ABS、聚甲醛、聚碳酸酯等塑料应选用加热流道式热流道模具成型。



### 3. 气体辅助注射成型工艺

气体辅助注射成型简称气辅注射成型，其原理如图 6-6 所示。先将一定量的熔融塑料注射入模具型腔，然后通过流道向模腔内输入惰性压缩气体 ( $N_2$ )，借助气体压力将熔料继续推进，并将注入型腔的熔料吹胀，直至熔料贴满模具型腔的壁面，在塑件内部形成中空的气道。气辅注射成型的优点是：塑件的表面质量较高；能够避免塑件厚薄不均造成的缩痕和翘曲变形，如图 6-7a 所示；能代替加强肋提高塑件的刚度，如图 6-7b 所示；能减轻塑件质量，降低塑件成本。

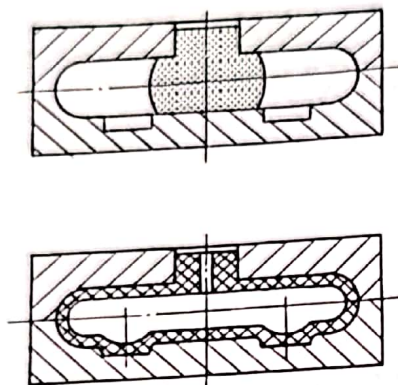


图 6-6 气辅注射成型原理

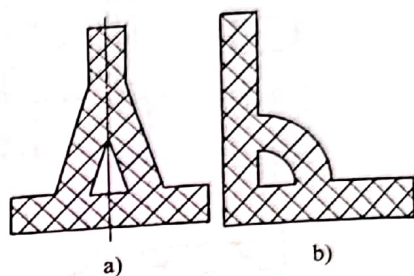


图 6-7 气辅成型特点

### 4. 注射吹塑成型工艺

注射吹塑是用于生产中空塑件的注射成型工艺。注射吹塑有多种方法，图 6-8 是模芯作回转运动的注射吹塑成型原理：先将熔料注入坯模形成管坯，然后在管坯冷却凝固前打开模具，转动模芯使管坯移至吹塑模腔，合上模具完成吹塑成型。

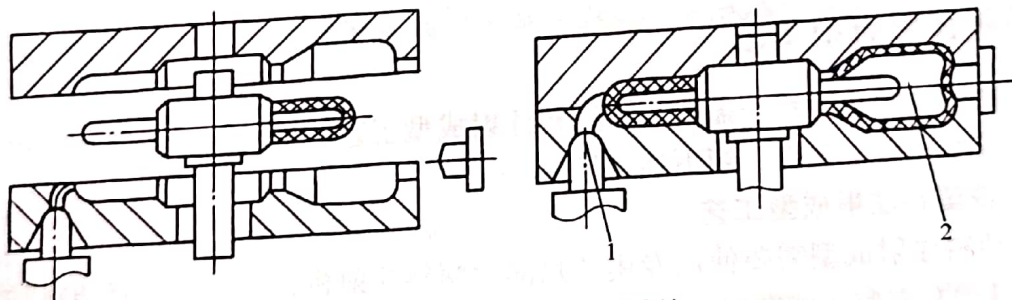


图 6-8 注射吹塑成型原理

1—注射 2—吹塑

#### 6.4.3 塑料注射机的类型和结构组成

塑料注射机按用途可以分为热塑性塑料通用注射机和专用注射机（热固性塑料注射机、注射吹塑机、发泡注射机、排气注射机等）；按外形可以分为卧式注射机、立式注射机和直角式注射机；按塑料在料筒内的塑化方式可以分为柱塞式注射机和螺杆式注射机。目前，在生产中应用最为广泛的是卧式螺杆式热塑性塑料通用注射机。

塑料注射机一般由注射装置、合模装置、液压和电气控制系统、机架等四个部分组成。图 6-9 所示为卧式热塑性塑料通用注射机的外形结构图。

注射装置的作用是：将一定量的塑料加入料筒；将加入料筒内的塑料加热并均匀地塑化

成熔体；以足够的速度和压力将一定量的塑料熔体注射进模具型腔；注射完成后保持一定时间的压力，进行补缩并防止熔体返流。

合模装置的作用是：准确可靠地实现模具的开、合模动作，注射时保证可靠地锁紧模具；开模时保证制件顶出脱模。

液压和电气控制系统的作用是：控制注射机的工作循环过程和成型工艺条件，使注射机按注射工艺预定的动作要求和工作要求准确有效的工作。

机架的作用是将上述三个部分组合在一起，同时作为液压系统的油箱。

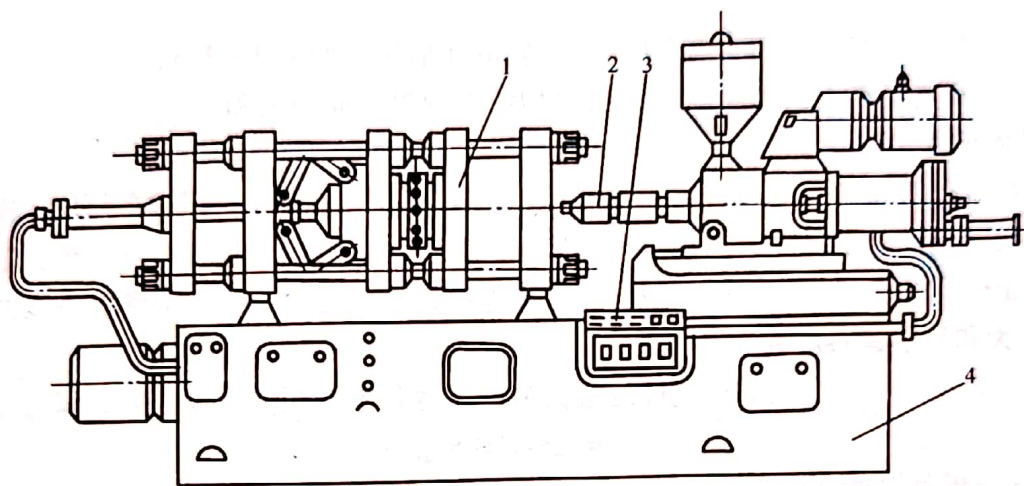


图 6-9 卧式热塑性塑料通用注射机外形结构图

1—合模装置 2—注射装置 3—液压和电气控制系统 4—机架

#### 6.4.4 塑料注射机的规格及其与模具的关系

塑料注射机的规格是指决定注射机加工能力和适用范围的一些主要技术参数，在设计塑料注射模时，应根据实际情况对这些技术参数进行校核。

##### 1. 注射量

注射量是指注射机进行一次注射成型所能注射出熔料的最大容积，它决定了一台注射机所能成型塑件的最大体积。一台注射机的最大注射量受注射成型工艺条件的影响而有一定的波动，因而在实际生产中常用公称注射量或理论注射量来间接表示注射机的加工能力。

公称注射量是指在对空注射条件下，注射螺杆或柱塞作一次最大注射行程时，注射机所能达到的最大注射量，它近似等于注射机实际能够达到的最大注射量。

理论注射量是指注射机在理论上能够达到的最大注射量，它与注射机实际能够达到的最大注射量之间的关系可用下式表示

$$V_g = \alpha V_l \quad (6-1)$$

式中  $V_g$ ——注射机最大注射量 ( $\text{cm}^3$ )；

$V_l$ ——注射机理论注射量 ( $\text{cm}^3$ )；

$\alpha$ ——射出系数，受注射成型工艺条件的影响，实际生产中常取  $\alpha = 0.7 \sim 0.9$ 。

注射机的注射量应与塑件的体积相适应，一般用下式校核

$$V \leq KV_g \quad (6-2)$$

式中  $V$ ——塑件及浇注系统的总体积 ( $\text{cm}^3$ )；



$V_g$ ——注射机最大注射量 ( $\text{cm}^3$ );

$K$ ——注射机最大注射量利用系数, 一般取  $K=0.8$ 。

## 2. 合模力

合模力是指在注射成型时注射机合模装置对模具施加的夹紧力, 它在一定程度上决定了注射机所能成型的塑件在分型面上的最大投影面积。

注射机的合模力应大于模腔内塑料熔体的压力产生的胀开模具的力, 即

$$F \geq p_q A \quad (6-3)$$

式中  $F$ ——合模力 (N);

$p_q$ ——模腔内熔体的压力 (MPa), 一般取注射压力的  $1/3 \sim 2/3$ ;

$A$ ——所有塑件及浇注系统在模具分型面上的投影面积之和。

## 3. 模板尺寸和拉杆间距

模具最大外形尺寸不能超过注射机的动、定模板的外形尺寸, 同时必须保证模具能通过拉杆间距安装到动、定模板上, 模板上还应留有足够的余地用于装夹模具。模具定位圈的直径与模板定位孔的直径按较松的间隙配合, 以保证模具主浇道轴线与喷嘴孔轴线的同轴度。

## 4. 最大和最小模具厚度

模具的厚度一般应在注射机允许的最大模具厚度和最小模具厚度之间, 即

$$H_{\min} \leq H \leq H_{\max} \quad (6-4)$$

式中  $H$ ——模具厚度 (mm);

$H_{\min}$ ——注射机允许的最小模具厚度 (mm);

$H_{\max}$ ——注射机允许的最大模具厚度 (mm)。

## 5. 开模行程

注射机的开模行程必须保证模具开启后能顺利取出塑件。不同结构的模具所需开模行程有一定的差异, 图 6-10 所示为模具开模行程核算的两个实例, 供参考。

对于图 6-10a 所示模具, 开模行程  $S$  按下式校核

$$S \geq H_1 + H_2 + (5 \sim 10) \text{ mm} \quad (6-5)$$

对于图 6-10b 所示模具, 开模行程  $S$  按下式校核

$$S \geq H_1 + H_2 + H_3 + (5 \sim 10) \text{ mm} \quad (6-6)$$

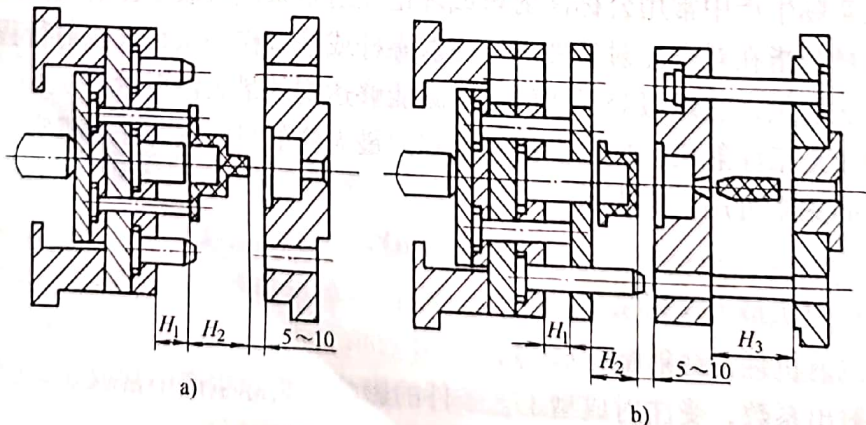


图 6-10 开模行程校核

## 6. 顶出机构参数

注射机顶出机构的形式有: 中心机械顶出, 两侧机械顶出; 中心液压顶出加两侧机械顶



出。采用中心顶出时，模具应对称固定在注射机动、定模板上，以保证注射机的顶杆顶在模具推板的中心位置上。采用两侧顶出时，应根据顶杆位置确定模具推板尺寸，保证注射机顶杆能够顶到模具推板上。模具动模座板上的顶杆孔直径应大于注射机顶杆直径1~2mm。

## 7. 喷嘴头部尺寸

注射机喷嘴的头部尺寸和模具上与之接触的主浇道的口部尺寸如图6-11a所示，两者之间应相互吻合，不能出现图6-11b、c所示的情形，具体要求如下

$$D_1 = D + (0.5 \sim 1) \text{ mm} \quad (6-7)$$

$$R_1 = R + (1 \sim 2) \text{ mm} \quad (6-8)$$

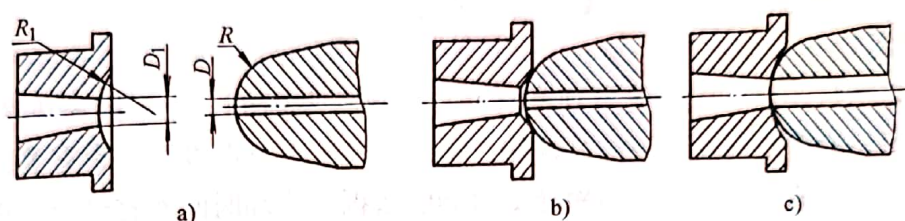


图6-11 注射机喷嘴头部尺寸和模具主浇道口部尺寸的关系

塑料注射机规格型号的命名尚无统一的标准。旧型号的注射机常用SYS、XS-Z、XS-ZY分别表示立式注射机、卧式柱塞式注射机和卧式螺杆式注射机，用公称注射量表示注射机的规格，例如SYS-30、XS-Z-60、XS-ZY-125A、XS-ZY-250等，主参数后的字母为改型设计序号。新型号的注射机常用SZ、SZL、SZG分别表示卧式注射机、立式注射机和热固性塑料注射机，用理论注射量/合模力表示注射机的规格，例如SZL-15/30、SZ300/1400、SZG-500/1500等。

## 6.4.5 注射成型工艺条件

### 1. 料筒和喷嘴温度

料筒温度应高于塑料的粘流温度（无定形塑料）或熔点（结晶型塑料）。适当提高料筒温度可以提高熔料的流动性，有利于充模成型，但温度过高易引起塑料的变色、降解和分解。料筒的加热区域一般分为前、中、后三段，靠近喷嘴的为前段，靠近加料口的为后段。三段的加热温度一般是前段最高、中段次之，后段最低，螺杆式注射机也可使前段温度略低于中段温度。注射含水量较大的塑料时，应适当提高后段的温度。

喷嘴的温度应略低于料筒前端的温度。喷嘴温度过高，熔料易产生流涎现象。喷嘴温度过低，喷嘴口的熔料会凝固成冷料，或堵塞喷嘴，或在注射时冷料进入模腔而影响塑件质量。

### 2. 注射压力与注射速度

螺杆或柱塞在注射时对单位面积的塑料熔体施加的作用力称为注射压力。提高注射压力可以增强熔料的流动能力，增加充模流程。但注射压力过高，易使塑件产生飞边，影响外观质量；塑件冷却后对型芯和型腔的包紧力增加，脱模困难；塑件内部产生较大的内应力，影响其使用性能，甚至会产生应力开裂而成为废品。注射压力过低时，易使熔料充模不足。

螺杆或柱塞在注射时的移动速度称为注射速度。采用慢速注射时，熔料充模速度慢，易因熔体表面凝固使塑件产生凹痕和熔接缝。采用高速注射时，可以提高生产率，同时能减小模腔内的熔料温差，改善压力传递效果，从而得到密度均匀、内应力小的精密制件。但注射



速度过高时，熔料流经浇口等处易产生不规则的流动和烧伤等现象，影响制件表面质量。

### 3. 保压压力和保压时间

熔料充满模腔后，螺杆或柱塞必须在一定时间内继续保持对料筒内熔料的压力。保压的作用主要是补缩，即在模腔内的塑料熔体冷却收缩后能补充一部分熔料进入模腔，以提高塑件质量。保压压力一般等于注射压力，也可以小于注射压力。保压时间与料温、模温、塑件壁厚、模具浇注系统尺寸大小等有关。保压压力高、时间长，则塑件的密度高，尺寸收缩量小，但是塑件的内应力大，脱模困难。保压时间可以在料筒温度、模具温度和保压压力确定后，通过逐渐增加保压时间，观察塑件尺寸的变化情况加以确定，当保压时间增加到使塑件尺寸趋于稳定时，对应的时间就是最佳保压时间。

### 4. 冷却时间

冷却时间是指从注射、保压结束到模具开启的这段时间，它一般占成型周期的70%~80%。冷却时间与塑料冷却速度及结晶性能、塑件壁厚、模具温度等因素有关，一般以塑件脱模时不致引起变形的原则作为确定最短冷却时间的依据。冷却时间不宜过长，否则不但影响生产率，还会导致塑件脱模困难。

### 5. 螺杆转速与背压

螺杆式注射机在加料塑化时的螺杆转速对塑化的效率和质量有直接影响。提高螺杆转速可以增加塑料前移时的剪切摩擦热，从而提高塑化效率和熔体温度，但是容易引起热敏性塑料的过热分解，或在注射成型熔体黏度高的塑料时造成螺杆传动系统过载。

背压又称为塑化压力，是指在加料塑化过程中螺杆转动后退时料筒前端的熔料所具有的压力。提高背压能够提高熔体的温度及熔体温度的均匀性，有利于色料的均匀混合，有助于排除熔体中的气体，但是背压过高又会导致塑料降解、变色或塑件表面出现银丝。

一般情况下，对于结晶型塑料应取较高的螺杆转速和背压，对于热敏性塑料和熔体黏度高的塑料应取较低的螺杆转速和背压。

### 6. 模具温度

模具温度及其波动对塑件质量有很大的影响。模具温度过低，导致熔体冷却速度加快，流动性降低，会使塑件轮廓不清晰，表面无光泽，甚至充不满模腔或产生熔接痕。模具温度过低，熔料充模速度又较慢时，还会使塑件内应力增大，容易产生翘曲变形或应力开裂。模具温度过高，则塑件的收缩率大，脱模后塑件的变形大，易影响塑件的形状和尺寸精度。在成型结晶型塑料时，模具温度对结晶度有很大的影响。

注射成型熔体黏度低，流动性好的无定形塑料时，一般要求模具有较低的温度。注射成型熔体黏度高，流动性差的无定型塑料时，一般要求模具有较高的温度，注射成型结晶型塑料时，应根据塑料结晶的要求来确定模具温度。对于温度要求较低的模具，若是成型小型薄壁塑件，可以通过自然冷却保持热平衡，若是成型大型或厚壁塑件，应设置冷却系统进行强制冷却。当模具温度要求在80℃以上时，应设置加热装置对模具进行加热。

### 7. 加料量与余料

注射成型必须准确控制加料量，并保证每次注射后料筒前端留有一定的余料。加料量过少，则料筒前端的余料不足，会使塑件产生缺料、凹痕、空洞等缺陷。加料量过多，则料筒前端的余料过多，不仅使注射时压力损失增加，还会使塑料在料筒中的停留时间增加，导致变色和分解。余料量一般控制在10~20mm为宜。