

第一章 基础知识

1. 塑料可分为哪几种？其特点是什么？

按塑料中合成树脂的分子结构及热性能，塑料可分为两种，一种是热塑性塑料，另一种是热固性塑料。

(1) 热塑性塑料的特点

1) 树脂的分子呈线形或支链形结构。

2) 加热时软化，当达到一定温度时呈熔融状态，成为可流动的粘稠流体，在一定的压力下可成形为一定的形状，冷却后即可保持已成形的形状。如果再次加热又可软化、熔融，反复成形。

3) 在加热、冷却成形过程中只有物理变化而无化学变化。

(2) 热固性塑料的特点。

1) 树脂的分子呈体形结构。

2) 在受热之初，树脂的分子仍呈线形结构，仍具有热塑性塑料的可塑性。当继续加热时，线形分子主链间形成化学键结合（即交联），分子呈网形结构，当温度达到一定值时，分子变为体形结构，树脂转变为既不熔融又不溶解的不再变化的形状。重复加热时不再软化，不再具有可塑性。

3) 在成形过程中既有物理变化，又有化学变化。

热塑性塑料主要有聚乙烯、聚氯乙烯、ABS、聚丙烯、聚苯乙烯、尼龙、聚甲醛等。

热固性塑料主要有酚醛塑料、氨基塑料、环氧树脂、聚邻苯二甲酸二烯丙酯、有机硅塑料、硅酮塑料等。

2. 什么是塑料的收缩性？影响塑料收缩性的基本因素有哪些？

塑料通常是在一定的温度下加压成形的，当冷却到室温时其尺寸变化主要遵照热胀冷缩的原理进行收缩，这种性能称为塑料的收缩性。

影响塑料收缩性的主要因素有以下几方面：

1) 化学结构的变化。例如热固性塑料在成形过程中树脂分子由线形结构变为体形结构，而体形结构的体积质量比线形结构的体积质量大，故要收缩。

2) 热收缩。塑件在成形后的冷却过程中，温度降低，尺寸要收缩。

3) 塑件在成形时，由于受到成形压力和剪切力的作用、各向异性、添加剂的不均匀性以及模具温度的影响，成形后的塑件有残余应力存在，这种残余应力的变化引起塑件发生再收缩，一般称为后收缩。

3. 什么是塑料的比体积和压缩率？

塑料的比体积是单位质量塑料所占的体积。塑料的压缩率是塑料的体积与塑件体积之比，其值恒大于1。

比体积和压缩率都表示热固性塑料的松散程度，它们都是计算模具加料腔尺寸的重要参数。比体积和压缩率大的要求加料腔大；反之，加料腔要小一些。另外，比体积和压缩率大的热固性塑料内部充气多，成形时排气困难，成形周期较长，生产率低。因此，对于某些比体积和压缩率大的热

固性塑料应先制成锭料，这样可以提高生产率，同时也改善了工作条件。

各种常用压制用塑料的比体积见表 1-1。常用热固性塑料的压缩率和体积质量见表 1-2。

表 1-1 常用压制用塑料的比体积

| 塑料种类 | 比体积 $v/(\text{cm}^3/\text{g})$ |
|-----------|--------------------------------|
| 酚醛塑料(粉料) | 1.8~2.8 |
| 氨基塑料(粉料) | 2.5~3.0 |
| 碎布塑料(片状料) | 3.0~6.0 |

表 1-2 常用热固性塑料的体积质量和压缩比

| 塑料 | 填充料 | 体积质量 $\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)$ | 压缩比 K |
|--------------|-------|------------------------------------|---------|
| 酚醛塑料 | 木粉填充 | 1.34~1.45 | 2.5~3.5 |
| | 石棉填充 | 1.45~2.0 | 2.5~3.5 |
| | 云母填充 | 1.65~1.92 | 2~3 |
| | 碎布填充 | 1.36~1.43 | 5~7 |
| 脲醛塑料 | 纸浆填充 | 1.47~1.52 | 3.5~4.5 |
| 三聚氰胺 甲醛塑料 | 纸浆填充 | 1.45~1.52 | 3.5~4.5 |
| | 石棉填充 | 1.70~2.0 | 3.5~4.5 |
| | 碎布填充 | 1.5 | 6~10 |
| | 棉短绒填充 | 1.5~1.55 | 4~7 |

4. 热塑性塑料在恒定压力下，随温度的变化呈现哪几种状态？

热塑性塑料在恒定压力下，随着加工温度的变化呈现玻璃态、高弹态和粘流态三种状态。

1) 呈玻璃态的塑料是坚硬的固体。玻璃态塑料受外力作用有一定的变形能力,变形是可逆的,当外力消失后,其变形也随之消失。

2) 呈高弹态的塑料,其变形能力增大,但变形仍是可逆的。在该状态下可进行真空成形、压延成形、中空成形等。

3) 呈粘流态的塑料成形加工具有不可逆性,在成形和冷却后,形状永远保持下来。在该种状态下可进行注射、吹塑、挤塑等成形加工。

5. 塑件的尺寸、公差及表面质量有什么要求?

塑件的尺寸、公差及表面质量要求如下:

(1) 尺寸要求 塑件在注射模塑成形时,因受注射机的最大注射量、锁模力和模板尺寸等因素的限制,尺寸不能太大。塑件在压塑模塑成形时,因受压力机的最大压力及工作台尺寸的限制,尺寸也不能太大。流动性差的塑料制作薄壁塑件,在进行注射成形或传递模塑时,因塑料熔体不易充满型腔,或易生成熔接痕,所以,塑件尺寸也不能太大。

(2) 公差要求 目前,全国还没有统一的塑件公差标准,可参考表 1-3 及表 1-4。

表 1-3 只列出公差值,具体的上、下偏差可根据塑件的配合性质进行分配。对于在成形中受到各种因素影响,可能造成较大的误差尺寸,如压缩模塑塑件的高度尺寸,其公差值为表中数值再加上附加值。1~2 级精度的附加值为 0.05mm, 3~5 级精度的附加值为 0.1mm, 6~8 级精度的附加值为 0.2mm。对于塑件上的未注公差尺寸,可采用表中的 8 级精度。其中对孔的公差可采用基准孔,对于轴的公差可采用基准轴。

表 1-3 塑件公差数值表

| 基本尺寸 L/mm | 精 度 等 级 | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | 公 差 数 值 Δ/mm | | | | | | | |
| <3 | 0.04 | 0.06 | 0.08 | 0.12 | 0.16 | 0.24 | 0.32 | 0.48 |
| 3~6 | 0.05 | 0.07 | 0.08 | 0.14 | 0.18 | 0.28 | 0.36 | 0.58 |
| 6~10 | 0.06 | 0.08 | 0.10 | 0.16 | 0.20 | 0.32 | 0.40 | 0.61 |
| 10~14 | 0.07 | 0.09 | 0.12 | 0.18 | 0.22 | 0.36 | 0.44 | 0.72 |
| 14~18 | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.20 | 0.24 | 0.40 | 0.48 | 0.80 |
| 18~24 | 0.09 | 0.11 | 0.14 | 0.22 | 0.28 | 0.44 | 0.56 | 0.88 |
| 24~30 | 0.10 | 0.12 | 0.16 | 0.24 | 0.32 | 0.48 | 0.64 | 0.96 |
| 30~40 | 0.11 | 0.13 | 0.18 | 0.26 | 0.36 | 0.52 | 0.72 | 1.04 |
| 40~50 | 0.12 | 0.14 | 0.20 | 0.28 | 0.40 | 0.56 | 0.80 | 1.20 |
| 50~65 | 0.13 | 0.16 | 0.22 | 0.32 | 0.46 | 0.64 | 0.92 | 1.40 |
| 65~80 | 0.14 | 0.19 | 0.26 | 0.38 | 0.52 | 0.76 | 1.04 | 1.60 |
| 80~100 | 0.16 | 0.22 | 0.30 | 0.44 | 0.60 | 0.88 | 1.20 | 1.80 |
| 100~120 | 0.18 | 0.25 | 0.34 | 0.50 | 0.68 | 1.00 | 1.36 | 2.00 |
| 120~140 | | 0.28 | 0.38 | 0.56 | 0.76 | 1.12 | 1.52 | 2.20 |
| 140~160 | | 0.31 | 0.42 | 0.62 | 0.84 | 1.24 | 1.68 | 2.40 |
| 160~180 | | 0.34 | 0.46 | 0.68 | 0.92 | 1.36 | 1.84 | 2.70 |
| 180~200 | | 0.37 | 0.50 | 0.74 | 1.00 | 1.50 | 2.00 | 3.00 |
| 200~225 | | 0.41 | 0.56 | 0.82 | 1.10 | 1.64 | 2.20 | 3.30 |
| 225~250 | | 0.45 | 0.62 | 0.90 | 1.20 | 1.80 | 2.40 | 3.60 |
| 250~280 | | 0.50 | 0.68 | 1.00 | 1.30 | 2.00 | 2.60 | 4.00 |

(续)

| 基本尺寸 L/mm | 精度等级 | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | 公差数值 Δ/mm | | | | | | | |
| 280~315 | | 0.55 | 0.74 | 1.10 | 1.40 | 2.20 | 2.80 | 4.40 |
| 315~355 | | 0.60 | 0.82 | 1.20 | 1.60 | 2.40 | 3.20 | 4.80 |
| 355~400 | | 0.65 | 0.90 | 1.30 | 1.80 | 2.60 | 3.60 | 5.20 |
| 400~450 | | 0.70 | 1.00 | 1.40 | 2.00 | 2.80 | 4.00 | 5.60 |
| 450~500 | | 0.80 | 1.10 | 1.60 | 2.20 | 3.20 | 4.40 | 6.40 |

注：标准中规定的数值以塑件成形后或经必要的后处理后，在相对湿度为65%、温度为20℃的环境下放置24h，在塑件和量具为20℃时进行测量为准。

表 1-4 塑件精度等级的选用

| 类型 | 塑料品种 | 建议采用的精度等级 | | |
|----|--|-----------|------|-----|
| | | 高精度 | 一般精度 | 低精度 |
| 1 | 聚苯乙烯 ABS 聚甲基丙烯酸甲酯 聚碳酸酯 聚砜 酚醛塑料 氨基塑料 玻璃纤维 30% 增强塑料 | 3 | 4 | 5 |
| 2 | 尼龙 6、尼龙 66、尼龙 610、尼龙 9、尼龙 1010 氯化聚醚 硬聚氯乙烯、醋酸纤维素 | 4 | 5 | 6 |

(续)

| 类型 | 塑料品种 | 建议采用的精度等级 | | |
|----|---------------------|-----------|------|-----|
| | | 高精度 | 一般精度 | 低精度 |
| 3 | 聚甲醛 聚丙烯 低压聚乙烯 | 5 | 6 | 7 |
| 4 | 软聚氯乙烯 高压聚乙烯 | 6 | 7 | 8 |

注：1. 其他塑料可按加工尺寸稳定性，参照上表选择精度等级。

2. 1、2级精度为精密技术级，只有特殊条件下采用。

3. 选用精度等级时，应考虑起模斜度对尺寸公差的影响。

(3) 表面质量 对塑件表面质量主要考虑以下几方面：有无斑点、条纹、凹痕、起泡、变色、表面光泽性及表面粗糙度等。必须避免以上表面缺陷的产生。表面光泽性和表面粗糙度应根据塑件使用要求而定。

6. 对塑件的几何形状有什么要求？

对塑件的几何形状主要有以下几方面的要求。

(1) 塑件的外形 为了开模时容易取出塑件，其外形应尽量避免有凹凸面、侧向孔，如图 1-1 所示。

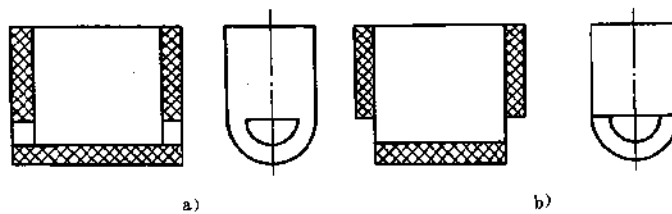


图 1-1 塑件的形状工艺性

a) 塑件原来形状 b) 改进后塑件形状

(2) 塑件的壁厚 塑件的壁厚不宜过小或过大。如果壁厚太小,则塑件的强度、刚度不够,同时,给成形带来困难。如果壁厚太大,不仅造成材料的浪费,而且容易产生气泡、缩孔等缺陷。同时,因成形时冷却时间过长而降低生产率。所以,塑件壁厚设计应合理。常用热固性塑料塑件的壁厚可参考表 1-5。常用热塑性塑料塑件的壁厚可参考表 1-6。

表 1-5 常用热固性塑料塑件壁厚范围

| 塑料品种 | 塑件的壁厚范围 t/mm | 塑料品种 | 塑件的壁厚范围 t/mm |
|------|--------------------------|------|--------------------------|
| 酚醛塑料 | 1.5~2.5 | 氨基塑料 | 0.9~5.0 |
| 木粉填充 | | 纤维填充 | |
| 布屑填充 | 1.5~9.5 | 布屑填充 | 1.5~5.0 |
| 矿物填充 | 3.0~2.5 | 矿物填充 | 1.0~9.5 |

表 1-6 常用热塑性塑料塑件壁厚范围

| 塑料 | 料温 $t/^\circ\text{C}$ | 注射压力 p/MPa | 模温 $t/^\circ\text{C}$ | 壁厚 t/mm |
|----------|-----------------------|---------------------|-----------------------|------------------|
| 聚乙烯 | 150~300 | 60~150 | 40~60 | 0.9~4.0 |
| 聚丙烯 | 160~260 | 80~120 | 55~65 | 0.6~3.5 |
| 聚酰胺(尼龙) | 200~320 | 80~150 | 80~120 | 0.6~3.0 |
| 均聚甲醛 | 180~220 | 10~200 | 80~110 | 1.5~5.0 |
| 聚苯乙烯和 AS | 200~300 | 80~200 | 40~60 | 1.0~4.0 |
| ABS | 200~260 | 80~200 | 40~60 | 1.5~4.5 |
| 丙烯酸酯类 | 180~250 | 100~200 | 50~70 | 1.5~5.0 |
| 硬聚氯乙烯 | 180~210 | 100~250 | 45~60 | 1.5~5.0 |
| 聚碳酸酯 | 280~320 | 40~220 | 90~120 | 1.5~5.0 |
| 醋酸纤维素 | 160~250 | 60~200 | 50~60 | 1.0~4.0 |

(3) 起模斜度 为了成形后的塑件便于从模具中取出,与起模方向平行的塑件表面应设计出起模斜度。常用的起模斜度可参考表 1-7。起模斜度的取向如图 1-2 所示。

表 1-7 塑件起模斜度

| 塑 料 | | 起 模 斜 度 | |
|---------------|----|-----------|---------|
| | | 型 腔 | 型 芯 |
| 聚 酰 胺 | 通用 | 20'~40' | 25'~40' |
| | 增强 | 20'~50' | 20'~40' |
| 聚 乙 烯 | | 20'~45' | 25'~45' |
| 聚 甲 基 丙 烯 酸 酯 | | 35'~1°30' | 30'~1° |
| 聚 苯 乙 烯 | | 35'~1°30' | 30'~1° |
| 聚 碳 酸 酯 | | 35'~1° | 30'~50' |
| ABS | | 40'~1°20' | 35'~1° |

起模斜度的取向原则为：内孔以小端为准，外形以大端为准。

(4) 塑件的加强肋 为了保证塑件的强度和刚度而不使塑件的壁厚过大,可在塑件的适当位置设计加强肋,如图 1-3 所示。加强肋的尺寸如图 1-4 所示。

设计加强肋时应注意：

1) 在布置加强肋时,应避免塑料的高度集中,以免产生缩孔和气泡,如图 1-5 所示。

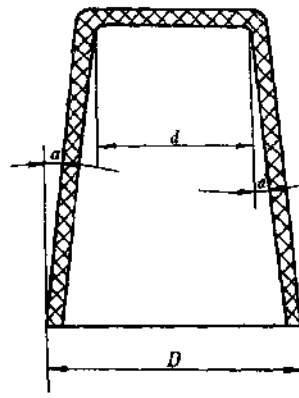


图 1-2 塑件起模斜度的取向

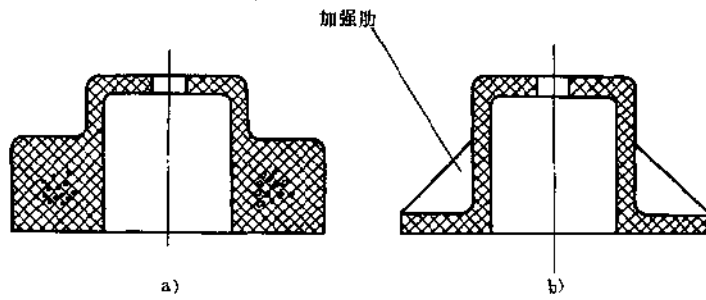


图 1-3 采用加强肋减小壁厚
a) 原塑件 b) 设计加强肋后的塑件

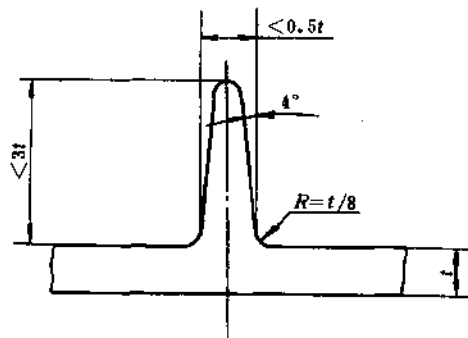


图 1-4 加强肋的尺寸

2) 加强肋的端面不应与塑件支承面平齐，应有一定间隙，如图 1-6 所示。

(5) 塑件的支承面 设计支承面时不应以塑件的一个面为支承面，常采用边框或底脚（三点或四点）为支承面，如图 1-7 所示。

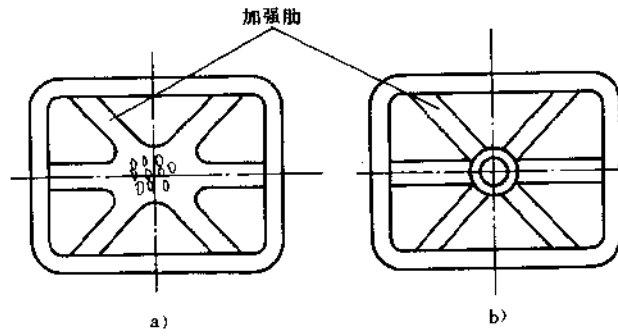


图 1-5 加强肋的布置
a) 原塑件 b) 改进后的塑件

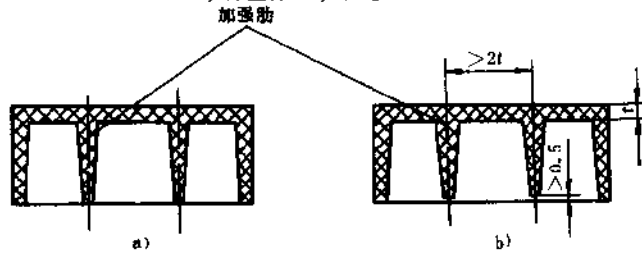


图 1-6 加强肋的设计
a) 不合理 b) 合理

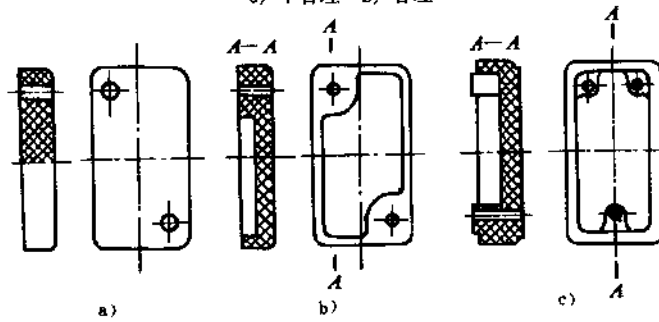


图 1-7 塑件的支承面
a) 以一个面为支承面 b) 以边框为支承面 c) 以底脚为支承面

(6) 塑件的圆角 塑件上的转角尽量避免尖角，而应以圆弧过渡，圆角半径应大于 $0.5t$ 。尺寸可参考图 1-8。

(7) 塑件上孔的设计 塑件上的孔有通孔、盲孔、螺纹孔等，设计时要按以下要求：

1) 孔的形状要简单。这样便于成形和简化模具结构。

2) 热固性塑料、孔边距与孔径的关系应符合表 1-8 的要求。孔深与孔径的关系见表 1-9。孔间距或孔边距过小时，应按图 1-9 所示的方法进行改进。

塑件上用于紧固和其他受力的孔应设计出凸台，如图 1-10 所示。

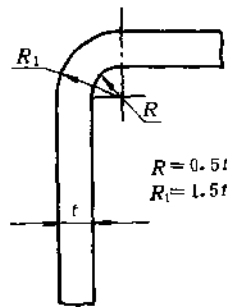


图 1-8 塑件圆角半径的确定

表 1-8 热固性塑料孔间距、孔边距与孔径的关系

| 孔径 d/mm | <1.5 | 1.5~3 | 3~6 | 6~10 | 10~18 | 18~30 |
|--------------------------|-------|-------|-----|------|-------|-------|
| 孔间距 孔边距 b/mm | 1~1.5 | 1.5~2 | 2~3 | 3~4 | 4~5 | 5~7 |

注：1. 热塑性塑料的取值为热固性塑料的 75%。

2. 两孔径不一致时，以小孔之孔径查表。

3. 增强塑料宜取大。

表 1-9 孔径与孔深的关系

| 成形方式 | 孔的形式 | 孔 的 深 度 | |
|---------|------|---------|-----------|
| | | 通 孔 | 不通孔 |
| 压缩模塑 | 横 孔 | $2.5d$ | $<1.5d$ |
| | 竖 孔 | $5d$ | $<2.5d$ |
| 挤出或注射模塑 | 竖 | $10d$ | $4\sim5d$ |

注：1. 表中 d 为孔的直径。

2. 采用纤维状塑料时，表中数值应乘系数 0.75。

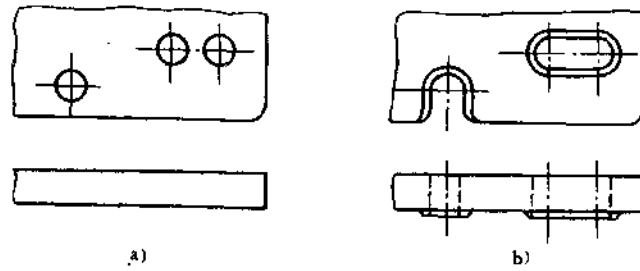


图 1-9 孔间距或孔边距过小时的改进设计
a) 原塑件的孔 b) 改进后塑件上的孔

在注射模塑和传递模塑中，可以采用互相垂直的孔或斜交的孔，但两个孔的型芯不能互相嵌合，如图 1-11a 所示，而必须采用如图 1-11b 所示的结构。抽芯时，先抽两侧面的小型芯，然后再抽大型芯。对于压缩模塑则不宜采用垂直的孔和斜交孔。

(8) 塑件的花纹、标记、符号及文字 塑件上设计的花纹应易于成形和起模，纹向应与起模方向一致，如图 1-12 所示。

塑件上的标记、符号和文字多采用凹坑凸字，在凸字的周边带有凹入的装饰框，如图 1-13 所示。

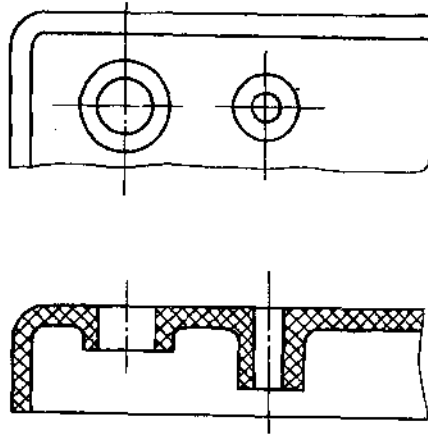


图 1-10 孔的加强

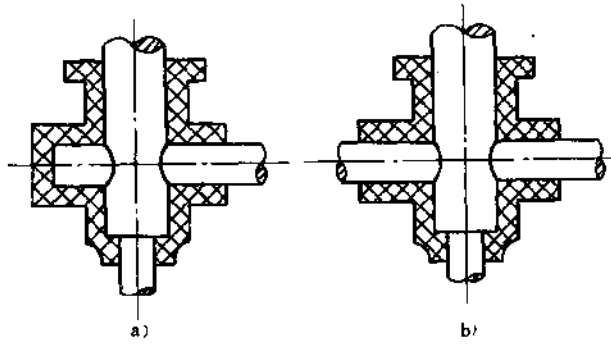


图 1-11 两相交孔的设计
a) 嵌合型芯 b) 带有侧抽芯的型芯

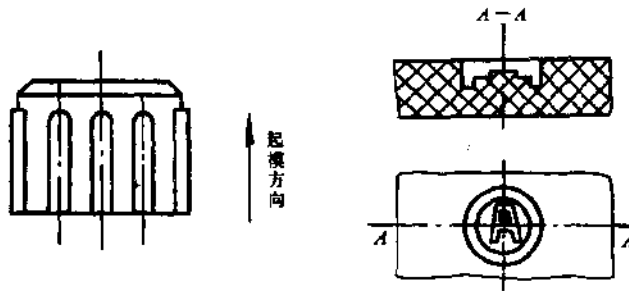


图 1-12 塑件花纹的设计

图 1-13 塑件上的文字结构形式

7. 模塑成形对塑件螺纹有什么要求?

对于在塑件上直接成形的螺纹有以下要求:

- 1) 塑件上的外螺纹直径应大于 4mm, 螺孔直径应大于 2mm。螺纹精度低于 IT8。
- 2) 塑件上的螺纹选用范围见表 1-10。

表 1-10 螺纹选用范围 (mm)

| 螺纹公称直径 d | 螺 距 | | | | |
|---------------|--------|--------|------|-----|-----|
| | 普通螺纹粗牙 | 普通螺纹细牙 | | | |
| 2 | 0.4 | — | — | — | — |
| 2.5 | 0.45 | — | — | — | — |
| 3 | 0.5 | — | — | — | — |
| 4 | 0.7 | — | — | — | — |
| 5 | 0.8 | — | — | — | — |
| 6 | 1 | — | — | — | — |
| 8 | 1.25 | 1 | — | — | — |
| 10 | 1.5 | 1.25 | 1 | — | — |
| 12 | 1.75 | 1.5 | 1.25 | — | — |
| 16 | 2 | 1.5 | 1 | — | — |
| 20 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | — |
| 24 | 3 | 2 | 1.5 | 1 | — |
| 30 | 3.5 | — | 2 | 1.5 | 1 |
| 36 | 4 | 3 | 2 | 1.5 | — |
| 42 | 4.5 | — | 3 | 2 | 1.5 |
| 48 | 5 | — | 3 | 2 | 1.5 |

注：表中“—”为建议不采用的范围。

3) 塑料螺纹与金属螺纹的配合长度小于螺纹直径的 1.5~2 倍。

4) 螺纹的始、末端应按图 1-14 设计,其长度可查表 1-11。

5) 在塑件同一轴线上有两段螺纹时,应使两段螺纹方向相同、螺距相等。当螺纹方向相反或螺距不等时,应采用两段

螺纹型芯组合使用,成形后分段拧下,如图 1-15 所示。图 1-15a 为两段螺纹方向相同、螺距相等时;图 1-15b 为两段螺纹方向相反或螺距不等时。此时,采用两段螺纹型芯,把小型芯的豁口柄插入大型芯中(两者采用 H9/f9 配合)。

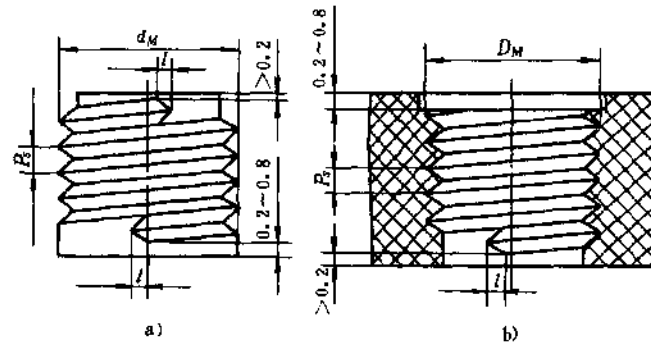


图 1-14 螺纹始端和末端的过渡结构

a) 螺柱 b) 螺孔

表 1-11 塑件螺纹始、末部分长度 (mm)

| 螺纹直径 d | 螺 距 P | | |
|---------------|---------------|--------|------|
| | <0.5 | >0.5 | >1 |
| | 始、末部分长度尺寸 l | | |
| ≤ 10 | 1 | 2 | 3 |
| $>10 \sim 20$ | 2 | 2 | 4 |
| $>20 \sim 34$ | 2 | 4 | 6 |
| $>34 \sim 52$ | 3 | 6 | 8 |
| >52 | 3 | 8 | 10 |

注: 始、末部分长度相当于车制金属螺纹时的退刀长度。

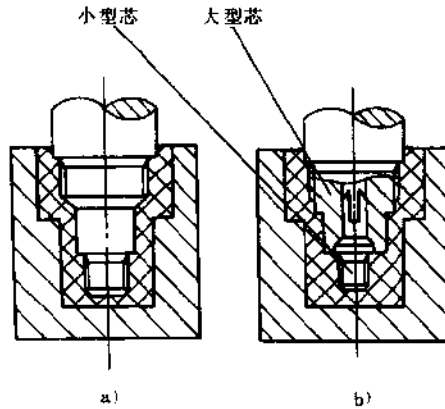


图 1-15 具有两段同轴螺纹的塑件
 a) 塑件上两段螺纹方向相同、螺距相等
 b) 塑件上两段螺纹方向相反、螺距不等

8. 模塑对塑料齿轮有什么要求？

模塑对塑料齿轮有以下要求：

- 1) 相互啮合的塑料齿轮用相同材料制成。
- 2) 塑料齿轮尽量采用较大圆角半径过渡，应尽量避免截面突变。
- 3) 轴与孔的配合采用过渡配合而不采用过盈配合。轴与孔的固定方法如图 1-16 所示，其中图 1-16a 为轴与孔部分平面配合，图 1-16b 为用两个定位销固定。
- 4) 齿轮各部分的尺寸如图 1-17 所示，图中各尺寸关系见公式 (1-1) ~ 公式 (1-4)。

$$t_1 \geq 3t \quad (1-1)$$

$$H_1 \leq H \quad (1-2)$$

$$D = H_2 \geq H \quad (1-3)$$

$$D_1 \geq (1.5 \sim 3)D \quad (1-4)$$

式中 t_1 ——轮缘宽度 (mm);
 h ——齿全高 (mm);
 H_1 ——辐板厚度 (mm);
 H ——轮缘厚度 (mm);
 D ——轴孔直径 (mm);
 D_1 ——轮毂外径 (mm);
 H_2 ——轮毂厚度 (mm);
 t ——齿高 (mm)。

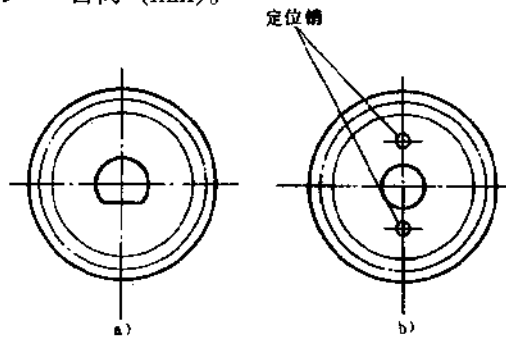


图 1-16 塑料齿轮与轴的固定形式
 a) 轴与孔部分平面配合 b) 轴与孔用定位销固定

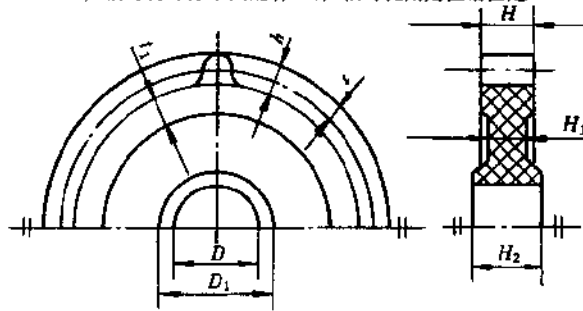


图 1-17 齿轮各部分尺寸

9. 如何设计带镶嵌件的塑件?

在设计带镶嵌件的塑件时, 应尽量满足以下要求。

1) 保证镶嵌件在模具中正确定位和牢靠固定, 以防模塑过程中镶嵌件发生位移和变形。

对于细长杆状镶嵌件, 在模具中伸出的自由长度均不应超过定位部分直径的两倍, 如果伸出部分过长, 应在模具上设计支柱予以支承, 如图 1-18 所示。但应注意塑件因支柱留下的孔应不影响塑件的使用及美观。

2) 应防止模塑时塑料挤入镶嵌件上的顶留孔或螺紋中, 为此, 可采用图 1-19 和图 1-20 的结构。

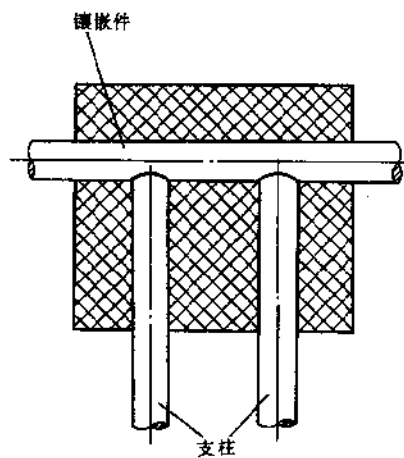


图 1-18 细长镶嵌件在模具内的支承方法

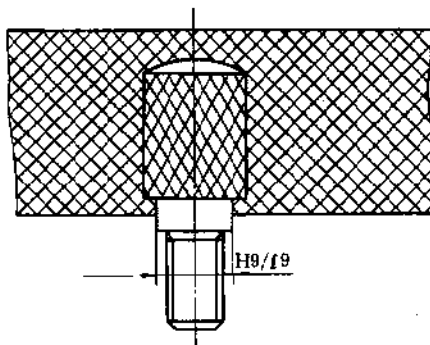


图 1-19 圆柱形镶嵌件在模具内的固定方法

3) 镶嵌件嵌入部分受力时不能转动或拔出, 其结构如图 1-21 所示, 图 1-21a 是中间压扁; 图 1-21b 是中间开孔、切边或折弯; 图 1-21c 是两端翻边。

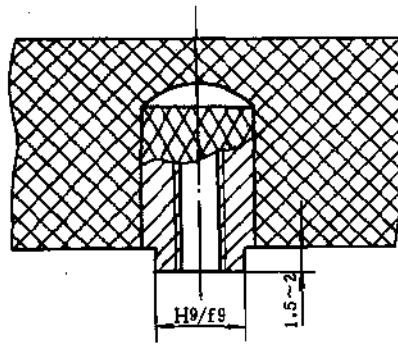


图 1-20 圆环镶嵌件在模具内的固定方法

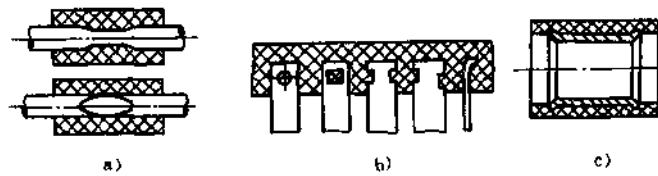
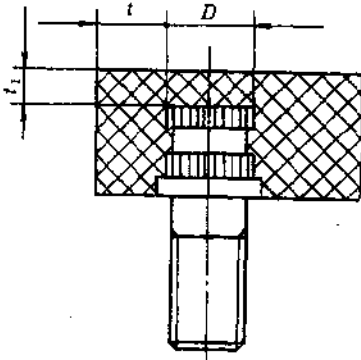


图 1-21 镶嵌件嵌入部分的结构形式

a) 中间压扁 b) 开孔、切边或折弯 c) 两端翻边

4) 镶嵌件周围的塑料必须有足够的厚度。酚醛塑料镶嵌件周围塑料层厚度可参考表 1-12。

表 1-12 金属镶嵌件周围塑料层厚度 (mm)



| 金属镶嵌件直径 D | 周围塑料层最 小厚度 t | 顶部塑料层最 小厚度 t ₁ |
|--------------|--------------------|---------------------------------|
| 4 以下 | 1.5 | 0.8 |
| >4~8 | 2.0 | 1.5 |
| >8~12 | 3.0 | 2.0 |
| >12~16 | 4.0 | 2.5 |
| >16~25 | 5.0 | 3.0 |

10. 塑料模如何分类?

塑料模的分类方法较多,一般采用以下几种:

(1) 按成形方法分类

- 1) 注射成形模具(又称注塑模)。它主要成形热塑性塑件。
- 2) 压缩模塑模具(又称压塑模或压模)。它主要成形热固性塑件。
- 3) 传递模塑模具(又称挤塑模、压注模)。它主要成形热固性塑件。
- 4) 挤出成形模具(又称机头)。它主要成形热塑性塑件。
- 5) 中空吹塑模具。它主要成形热塑性塑件。
- 6) 真空成形模具。它主要成形热塑性塑件。
- 7) 其他模具。如浇注成形模具发泡模等,此类模具应

用较少。

(2) 按模具中型腔数目分类

1) 单型腔模具。一副模具中只有一个型腔，每次只成形一个塑件。

2) 多型腔模具。一副模具中有两个以上的型腔，每次能成形两个以上的塑件。

(3) 按模具在成形设备上安装的方式分类

1) 固定式模具。这种模具固定安装在所用成形设备上。塑件在模具型腔中冷却定型后，采用机动方式把塑件由模具型腔中脱出。

2) 半固定式模具。这种模具的一部分固定在所用成形设备上，另一部分不固定在成形设备上，开模后不固定部分可移出所用成形设备，采用手工方式把塑件由模具型腔中取出。合模前再把该不固定部分推入所用设备中，然后合模。

3) 活动式模具。这种模具不固定在所用设备上。安装镶嵌件、加料、合模、开模，由模具型腔中取出塑件及清理模具等都是在成形设备外进行。只有塑件成形是在所用成形设备中完成。

11. 塑料模有哪些基本结构零件？

按用途，塑料模的基本结构零件可分为两大类。

(1) 成形零件 它是决定塑件尺寸和形状的关键零件。

(2) 结构零件 塑料模中除成形零件以外的其他零件。

如图 1-22 所示，型芯 4、凹模 5 为成形零件。浇注系统——主浇道衬套 8、拉料杆 1；导向零件——导柱 3；定模板 10；顶出机构零件——推杆 2、推杆固定板 14、推板 15；支承零件——定模座板 9、定模板 10、动模板 11、支承板

12、动模支架 13 均属结构零件。

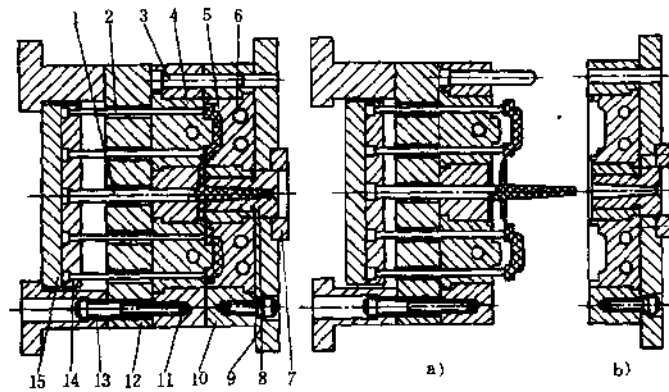


图 1-22 固定式注射模的基本结构

1—拉料杆 2—推杆 3—导柱 4—型芯 5—凹模 6—冷却通道
7—定位环 8—主浇道衬套 9—定模座板 10—定模板 11—动模板
12—支承板 13—动模支架 14—推杆固定板 15—推板

12. 塑料模的凹模主要分几类？组合凹模常见的组合方式有哪几种？

塑料模的凹模是成形塑件外形的主要零件，按其结构可分为两大类，一类是整体式凹模，另一类是组合式凹模，前者如图 1-23 所示。

组合式凹模常见的组合方式有：

(1) 整体嵌入式组合凹模 用多型腔成形小型的塑件时，可单独加工单个型腔，然后嵌入模板中。它的优点是，其中某个型腔损坏后可单独更换，不至于报废整副模具。其结构见图 1-24。

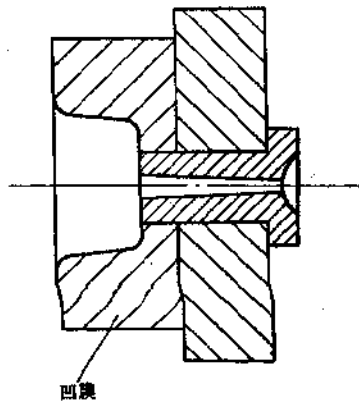


图 1-23 整体式凹模

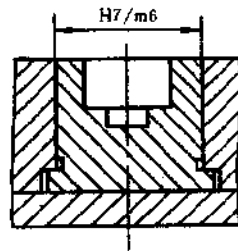


图 1-24 整体嵌入式组合凹模

(2) 局部镶嵌式凹模 凹模的局部如果特别容易损坏, 或加工比较困难, 这时需把凹模的这一部分单独加工, 然后镶入凹模中去。其结构如图 1-25。

(3) 镶拼组合凹模 整个凹模可由几部分镶拼而成。例如:

1) 当凹模型腔底部比较复杂时, 可把凹模做成通孔型的, 再镶上底部, 如图 1-26 所示。

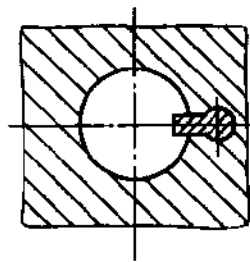


图 1-25 局部镶嵌式组合凹模

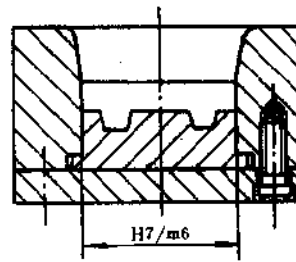


图 1-26 凹模底部镶拼结构

2) 对于大型凹模，其侧壁常采用拼块结构，如图 1-27 所示。

(4) 瓣合式凹模 对于侧壁有凹陷或凸台的凹模，为了塑件成形后便于起模，凹模由两瓣或多瓣组成，如图 1-28 所示。

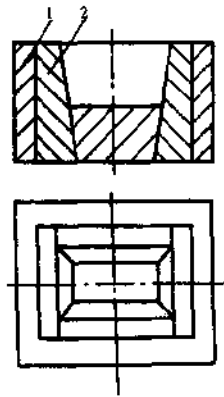


图 1-27 凹模侧壁为镶拼的结构

1—模套 2—拼块

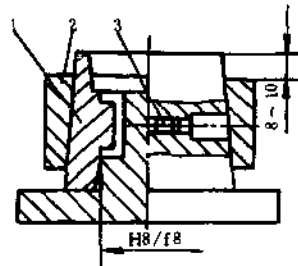


图 1-28 两瓣组合式凹模

1—拼块(瓣) 2—模套 3—导销

13. 塑料模的型芯主要分几类？有哪几种固定方式？

型芯是成形塑件内孔的零件。

(1) 型芯按其结构分类 可分为整体式和组合式两大类。整体式的结构牢固，但需用模具钢多，成本较高。其结构如图 1-29a 所示。

形状复杂的型芯宜做成组合式，这样可以简化加工工艺。但设计和制造时必须注意拼接要牢靠、严密。

(2) 型芯的固定方式

1) 整体式型芯与固定板的固定方式，如图 1-29 所示。

其中图 1-29b、图 1-29c 用螺钉、销钉连接，图 1-29d 用台阶连接，其连接牢固可靠，是一种常用的连接方法。

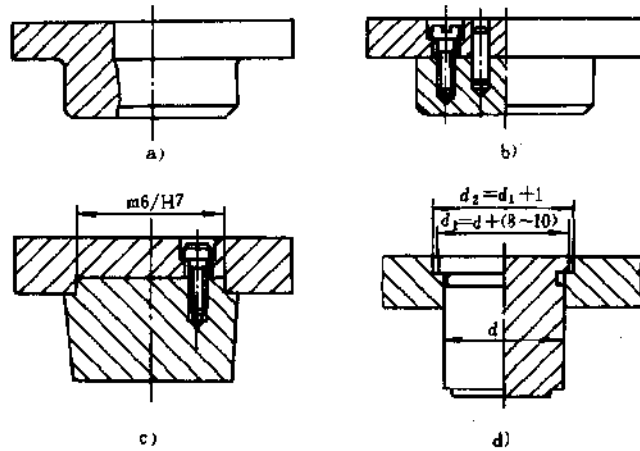


图 1-29 型芯的结构形式

a) 型芯与固定板一体 b)、c) 用螺钉、销钉连接 d) 型芯镶入固定板内

2) 镶拼组合式型芯的固定方式，如图 1-30 所示。其图 1-30a 中两个小型芯如果靠得太近时，应采用图 1-30b 的结构，以免热处理时两孔薄壁处出现裂纹。

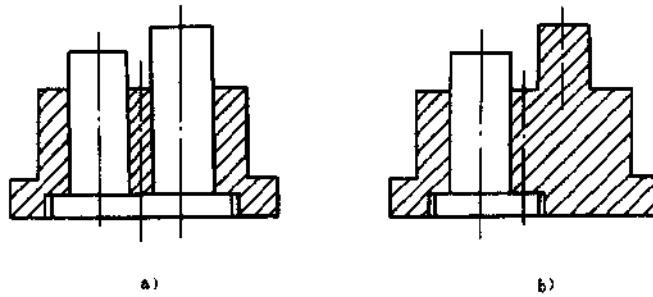


图 1-30 镶拼组合型芯
a) 改进前结构 b) 改进后结构

14. 小型芯成形孔时应注意哪些问题？

小型芯成形孔时应注意以下问题：

1) 对于细而长的小型芯要注意在成形过程中的位移和弯曲，如图1-31所示。其中图1-31a型芯的一端固定在型芯固定板上，而另一端不固定，这种结构在成形时型芯易弯曲。同时，要注意型芯上端不能碰到定模板上，要留有 $0.05\sim 0.1\text{mm}$ 的间隙。图1-31b是由分别固定于定模和动模的上、下两段型芯组成。为了补救由于上、下两段型芯在加工或安装时形成的偏心误差，两段型芯的直径要相差 $0.5\sim 1.0\text{mm}$ 。由于上、下两段型芯的长度较短，在成形时不易弯曲。上、下两段型芯间不能相碰，中间留 $0.05\sim 0.1\text{mm}$ 间隙。图1-31c型芯的上端插入定模的孔中，型芯和孔的配合为 $H8/f8$ ，这样型芯的两端都固定，加强了型芯的稳定性，成形时也不易弯曲。

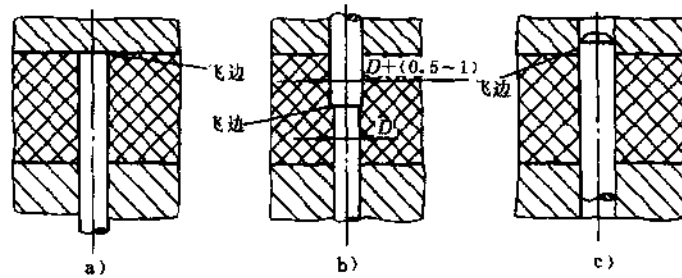


图 1-31 通孔的成形方法

- a) 型芯一端固定时 b) 型芯由上、下两型芯组成
c) 型芯上端插入定模孔中

2) 对于成形孔或槽的小型芯，一般是单独加工，然后

镶嵌到固定板上。这时要注意固定的牢固性和防止成形时塑料进入固定孔中。

3) 对于非圆形的型芯，其连接固定部分最好做成圆形，如图 1-32 所示。其中图 1-32a 是以台阶固定，图 1-32b 是以弹簧垫圈及螺母固定。

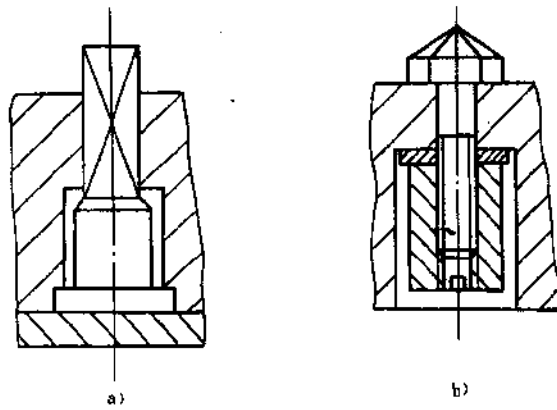


图 1-32 非圆形型芯的固定方式
a) 台阶固定 b) 用弹簧垫圈及螺母固定

15. 成形复杂孔时，型芯常采用什么结构？

成形复杂孔时，型芯常采用拼合式结构，如图 1-33 所示。图 1-33a 中，塑件上的孔为一矩形斜孔，如果采用整体式结构，成形此孔的型芯只能靠动、定模分开才能抽出，这实际上是不可能的。如果在模具中另设抽芯机构，就加大了模具结构的复杂性。如果采用图 1-33b 的结构，成型此孔的型芯由上、下两型芯拼合而成，上型芯固定在定模部分，下

型芯固定在动模部分，在动、定模分开时两型芯很容易抽出，这样，模具结构就简单多了。

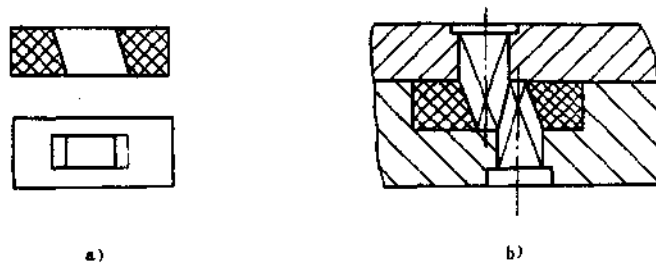


图 1-33 复杂孔的成形方法
a) 塑件 b) 模具

16. 螺纹型芯的结构和固定方式是什么？

螺纹型芯用来成形塑件的螺孔，有时也用来固定带螺孔的镶嵌件。

塑件成形后，需把螺纹型芯从塑件上拧下来，主要采用机械和手工两种方式。后者是将螺杆随塑件一起从模内脱出，在模外用手拧下。

对于手工方式而言，螺纹型芯的结构和固定方式有以下要求。

1) 螺纹型芯在成形时应可靠。为了防止塑料挤入螺纹型芯的固定孔中，可采用图 1-34 的结构和固定方式。

①当螺纹型芯成形塑件上的螺孔时，用图 1-34a、b、c 的结构形式。图 1-34a 是利用锥面起定位和密封作用；图 1-34b 是采用圆柱形台阶定位并防止型芯下沉，这种定位比较准确；图 1-34c 靠倒角密封，下面加垫板防止螺纹型芯下沉。

②当螺纹型芯是用来固定镶嵌件时，采用图 1-34d、e、

f 结构形式。图 1-34d 是采用锥面及倒角来防止塑料挤入螺纹型芯的固定孔中；图 1-34e 是将镶嵌件下端嵌入模体，这种结构既增加了镶嵌件的稳定性，又能防止塑料挤入镶嵌件的螺孔及固定孔中，尤其适于直径小于 3mm 的螺纹型芯；当镶嵌件的螺孔小于 M3.5mm 时可采用图 1-34f 的形式，将螺纹型芯制成光杆（直径等于镶嵌件螺孔的内径），这样可以省去从塑件上拧下螺纹型芯的工作。

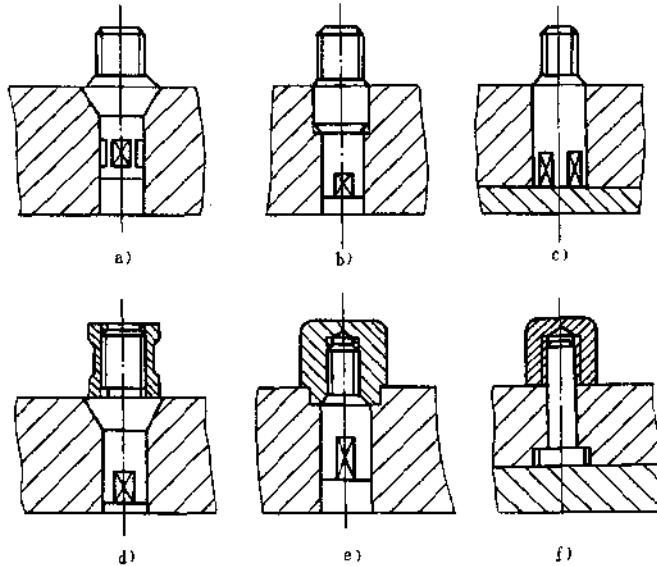


图 1-34 在动模（或下模）上螺纹型芯的结构及固定形式

a)、b)、c) 成形螺孔 d)、e)、f) 固定镶嵌件

2) 螺纹型芯的结构简单，便于制造、便于塑件起模和型芯的装拆。为此，一般将型芯的尾部制成四方形或相对两面加工成平行平面。

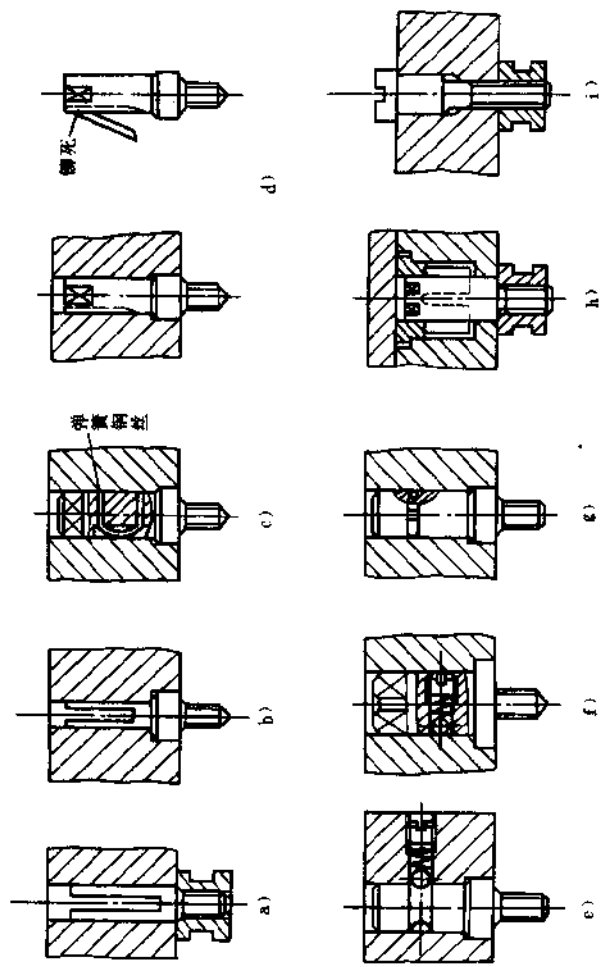


图 1 35 在定模(或上模)上螺旋型芯的结构及固定方式

3) 采用具有弹力和豁口及其他弹性装置将螺纹型芯支撑在孔内,以防成形时型芯脱落或移动,成形后随塑件一起顶出,在模外从塑件上拧下,其结构如图 1-35 所示。图 1-35a、b 为豁口柄结构,适用于直径小于 8mm 的螺纹型芯;图 1-35c、d 为弹簧结构,适用于直径 5~10mm 的型芯;图 1-35e 为直径大于 10mm 的型芯;图 1-35f 适用于直径大于 15mm 的大型芯;图 1-35g 为弹簧卡圈结构,将弹簧卡圈装在型芯杆的圆周槽内;图 1-35h 是弹簧夹头结构,这种结构使用可靠、但结构复杂;图 1-35i 是利用螺钉固定带螺孔的镶嵌件,固定可靠并能按要求使塑件留在定模中,一般用于移动式模具上,但安装镶嵌件及拆卸螺钉较麻烦。

17. 螺纹型环的类型、用途和固定方式是什么?

螺纹型环按结构可分为两大类,一类是整体式,另一类是组合式,如图 1-36 所示。

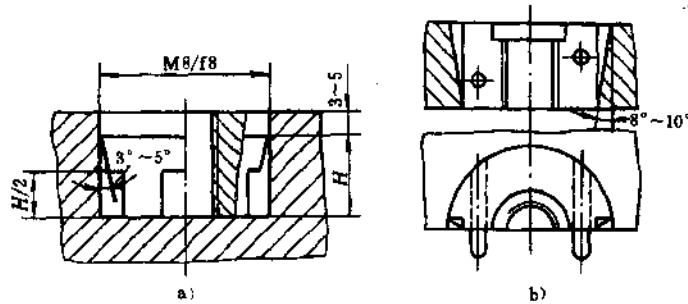


图 1-36 螺纹型环的结构

a) 整体式 b) 组合式

螺纹型环的用途有两个,一个是成形塑件上的外螺纹;另一个是固定带有外螺纹的镶嵌件。

螺纹型环的固定方式如图 1-37 所示。图 1-37a 为成形塑件上的外螺纹之用，图 1-37b 为固定镶嵌件的外螺纹之用。

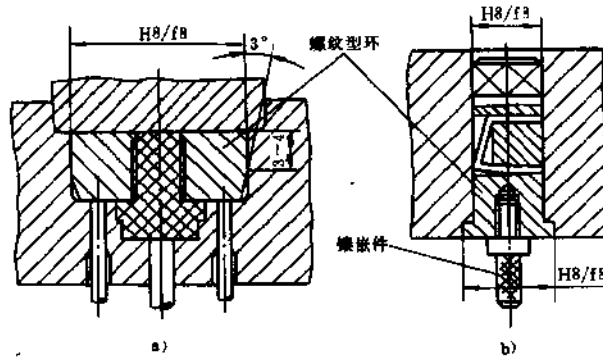


图 1-37 螺纹型环的类型及其固定
a) 成形塑件外螺纹 b) 固定带有外螺纹的镶嵌件

18. 塑料齿轮型腔的主要结构如何?

塑料齿轮的成形型腔的凹槽是塑料齿轮塑件的齿形，而型腔的齿形则是塑料齿轮塑件的凹槽。由于型腔比较复杂，常采用机械加工、冷挤压、电火花、浇注锌基合金等方法加工。根据这些特点，型腔的结构常采用整体嵌入式，如图 1-38 所示。

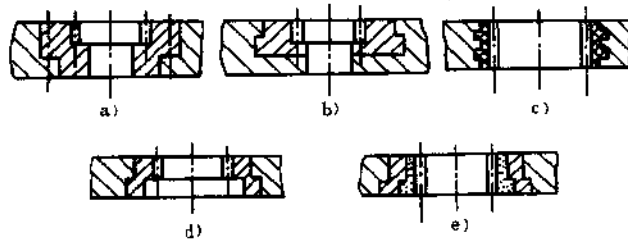


图 1-38 齿轮成形用型腔的结构形式
a) 冷挤压型腔 b) 超塑性成形型腔 c) 浇注锌基合金或模压耐高温型腔 d) 机械加工型腔 e) 电铸型腔

19. 分型面的形状有几种？选择分型面的一般原则是什么？

设计塑料成形模具时，分型面的选择是一个重要的设计内容，分型面选择合理，模具结构简单，塑件容易成形，并且塑件质量高。如果分型面选择不合理，模具结构变得复杂，塑件成形困难，并且塑件质量差。

(1) 分型面的形状 主要有平面、斜面、阶梯面、曲面等，如图 1-39 所示。

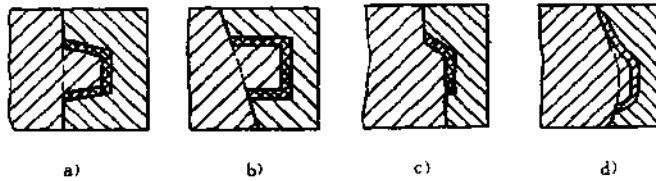


图 1-39 分型面的形状
a) 平面 b) 斜面 c) 折面 d) 曲面

(2) 选择分型面的一般原则

1) 为了便于塑件起模，分型面一般使塑件在开模时留在下模或动模上。这是因为模具的推出机构一般都设在下模或动模上，如图 1-40 所示。图 1-40a 为型腔在下模（或动模）上，型芯在上模（或定模），开模后由于塑件收缩而包紧型芯留在上模（或定模）上，故使起模困难。图 1-40b 塑件留在下模（或动模）上，故起模容易。当塑件外形简单，而内孔较多或有较复杂的内凹时，塑件收缩必然留在型芯上，若采用图 1-40c 结构，起模较困难，而采用图 1-40d 的结构，起模较简单。当塑件带有金属镶嵌件时，由于镶嵌件

不易收缩，对型芯无包紧力，结果带镶嵌件的塑件留在型腔内，而不会留在型芯上，故采用图 1-40e 时起模困难，而采用图 1-40f 时起模容易。

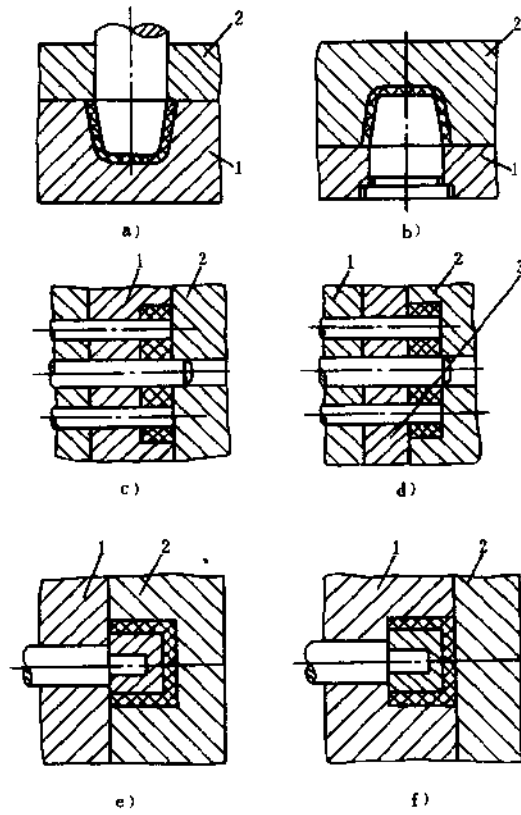


图 1-40 塑件的留模方式

a)、c)、e) 设计不合理 b)、d)、f) 设计合理
1—动模(下模) 2—定模(上模) 3—推件板

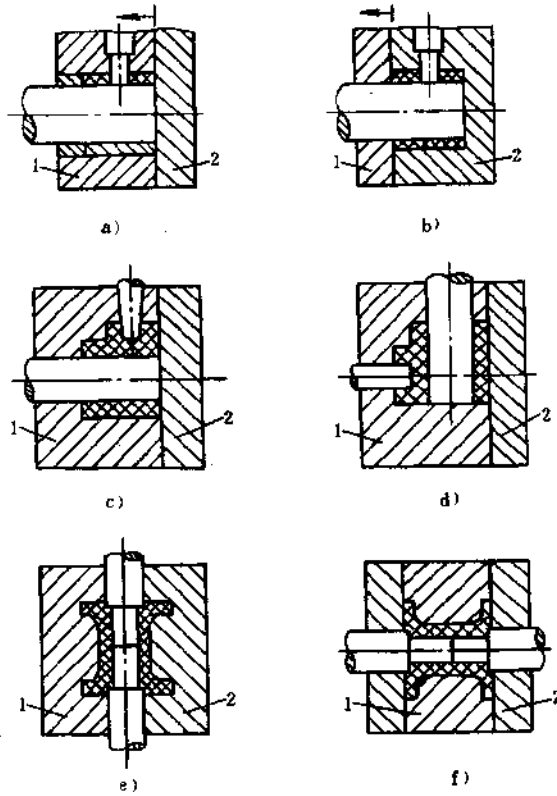


图 1-41 分型面对侧向分型与抽芯的影响
 a)、c)、e) 设计合理 b)、d)、f) 设计不合理
 1—动模 2—定模

2) 选择分型面时，应尽量只采用一个与开模方向垂直的分型面，并尽量避免侧向抽芯与侧向分型。如果塑件有侧凹或侧孔必须采用侧向分型或抽芯时，应遵循图 1-41 所示的原则。图 1-41a 将侧型芯设在动模上，便于抽芯，图 1-

41c 将抽芯距离大的放在开模方向，而将抽芯距离小的放在侧向；图 1-41e 是把投影面积大的分型面设在垂直于开模方向上，而把面积小的作成侧向分型，这些均合理。要避免图 1-41b、d、f 的不合理设计。图 1-41b 将侧型芯设在定模上不便抽芯；图 1-41d 将抽芯距离大的放在侧向分型上；图 1-41f 则可能由于侧滑块锁不紧而严重溢料。

3) 对有同轴度要求的塑件，模具设计时应将有同轴度要求的部分设计在同一模板内，如图 1-42 所示。由于 D 对 d 有同轴度要求，所以，图 1-42a 结构合理，而图 1-42b 结构不合理。另外，分型面应选在不影响塑件外观和塑件飞边容易修整的部位，图 1-42d 破坏了塑件的表面质量是不可取的，应采用图 1-42c 的结构。

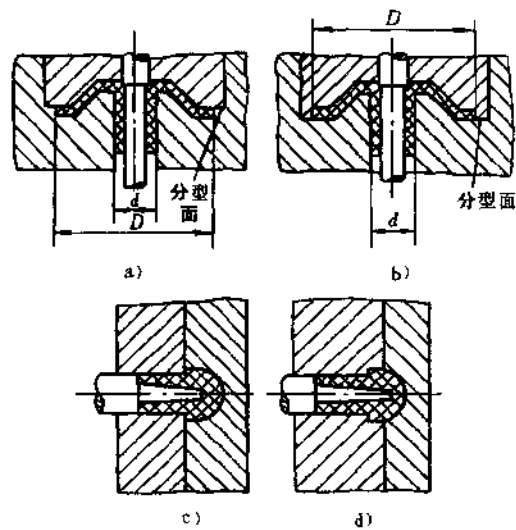


图 1-42 分型面对塑件质量的影响
a)、c) 结构合理 b)、d) 结构不合理

4) 分型面的选择有利于防止溢料。当塑件在分型面上的投影面积接近于注射机的最大注射面积时,就有可能产生溢料。对于一个弯板形塑件,采用图 1-43a 的成形方法比采用图 1-43b 合理;对于流动性好的塑料采用图 1-43d 的结构可防止溢料过多、飞边过大,并使飞边呈垂直状,便于去除。若采用图 1-43c 的结构,飞边呈水平状,不易去除。

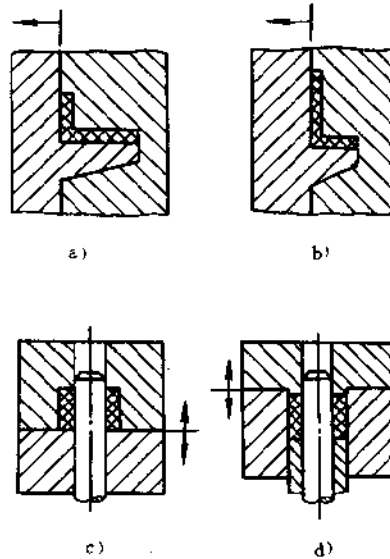


图 1-43 分型面对溢料飞边大小的影响
a) 合理 b) 不合理 c) 不合理 d) 合理

5) 分型面的选择应有利于排气。为此,一般分型面应与熔体流动的末端重合,如图 1-44 所示。其中图 1-44a、c 结构合理,而图 1-44b、d 结构不合理。

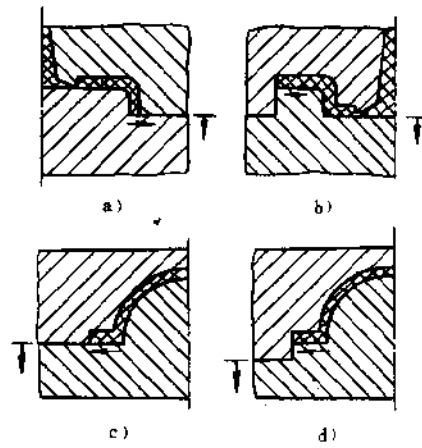


图 1-44 分型面对排气的影响

a)、c) 结构合理 b)、d) 结构不合理

6) 对高度较高的塑件，其外观无严格要求时，可将分型面选择在中间，如图 1-45a 所示。图 1-45b 不合理。

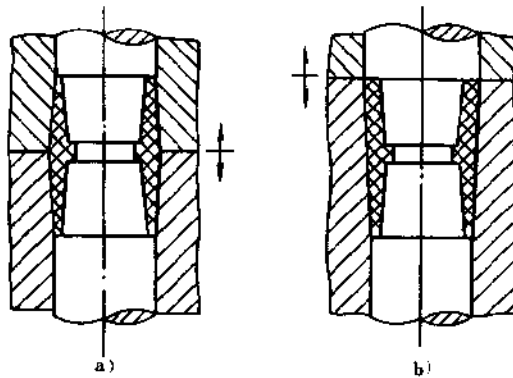


图 1-45 分型面对起模斜度的影响

a) 结构合理 b) 结构不合理

20. 型腔和型芯的径向尺寸如何计算?

型腔和型芯的径向尺寸计算见公式(1-5)和公式(1-6)。

(1) 型腔径向尺寸计算

$$L_M = \left(L_s + L_s S_{cp} \% - \frac{3}{4} \Delta \right) \begin{matrix} + \delta_z \\ 0 \end{matrix} \quad (1-5)$$

式中 L_M ——型腔径向尺寸 (mm);

L_s ——塑件名义尺寸 (mm);

S_{cp} ——所用塑料的平均收缩率;

δ_z ——模具制造公差, 一般 δ_z 为 $\Delta/3$;

Δ ——塑件允许公差值 (负偏差), 即塑件尺寸为 $L_s \begin{matrix} 0 \\ -\Delta \end{matrix}$, 如果塑件上原有公差的标注方法与此不相符合, 则应按此规定换为单向负偏差。

(2) 型芯的径向尺寸计算

$$l_M = \left(l_s + l_s S_{cp} \% + \frac{3}{4} \Delta \right) \begin{matrix} 0 \\ -\delta_z \end{matrix} \quad (1-6)$$

式中 l_M ——型芯径向尺寸 (mm);

l_s ——塑件名义尺寸 (mm);

S_{cp} ——所用塑料的平均收缩率;

δ_z ——模具制造公差, 一般 δ_z 为 $\Delta/3$;

Δ ——塑件允许公差值 (正偏差), 即塑件尺寸为 $l_s \begin{matrix} +\Delta \\ 0 \end{matrix}$, 如果塑件上原有公差的标注方法与此不相符合, 则应按此规定换为单向正偏差。

为了起模方便, 大多数模具的型腔或型芯侧壁都应设计起模斜度。当起模斜度不包括在公差范围内时, 塑件外形只检验大端尺寸 (即所计算型腔的径向尺寸), 内形只检验小端尺寸 (即所计算型芯的径向尺寸)。

对于精度要求高的塑件，计算所得尺寸可取小数点后第二位，第三位四舍五入；对于精度要求低的塑件，可取小数点后第一位，第二位四舍五入。

21. 型腔深度和型芯高度如何计算？

型腔深度和型芯高度的计算见公式(1-7)和公式(1-8)。

(1) 型腔深度计算

$$H_M = \left(H_s + H_s S_{cp} \% - \frac{2}{3} \Delta \right) \begin{matrix} + \delta_z \\ 0 \end{matrix} \quad (1-7)$$

式中 H_M ——型腔深度 (mm)；

H_s ——塑件高度名义尺寸 (mm)；

S_{cp} ——见公式 (1-6)；

δ_z ——模具制造公差，一般 δ_z 为 $\Delta/3$ ；

Δ ——塑件公差 (负偏差)，即塑件尺寸为 $H_s \begin{matrix} 0 \\ -\Delta \end{matrix}$ ，如果塑件上原有公差的标注方法与此不相符合，则应按此规定换为单向负偏差。

(2) 型芯高度计算

$$h_M = \left(h_s + h_s S_{cp} \% + \frac{2}{3} \Delta \right) \begin{matrix} 0 \\ -\delta_z \end{matrix} \quad (1-8)$$

式中 h_M ——型芯高度 (mm)；

h_s ——塑件名义尺寸 (mm)；

Δ ——塑件允许的公差值 (正偏差)，即塑件为 $h_s \begin{matrix} +\Delta \\ 0 \end{matrix}$ ，如果塑件上原有公差标注方法与此不相符合则应按此规定换为单向正偏差；

S_{cp} 、 δ_z ——见公式 (1-5)。

在设计压缩模时，如果采用溢式或半溢式成形，不可忽略飞边厚度波动对塑件高度的影响，所以，型腔深度的计算

需考虑飞边厚度对塑件高度所造成的误差 δ_f , δ_f 一般取 0.1~0.2mm, 以纤维为填料的塑料取 0.2~0.4mm。

对于精度要求高的塑件, 计算结果取小数点后的第二位, 第三位四舍五入; 精度要求低的塑件, 计算结果取小数点后第一位, 第二位四舍五入。

22. 型芯之间或成形孔之间中心距如何计算?

型芯之间或成形孔之间中心距计算见公式 (1-9)。

$$C_M = (C_s + C_s S_{cp} \%)^{\pm \delta_z / 2} \quad (1-9)$$

式中 C_M ——模具型芯或成形孔中心距 (mm);

C_s ——塑件中心距的名义尺寸 (mm);

S_{cp} ——见公式 (1-5);

δ_z ——模具制造公差, 一般取 $\Delta/3$; 塑件上中心距尺寸公差, 一般采用双向等值公差 $\pm \Delta/2$ 标注。

23. 图 1-46 所示塑件的材料为聚氯乙烯 (硬), 如何确定模具型腔的内径、型腔的深度、型芯的直径、型芯的高度及两小孔中心距?

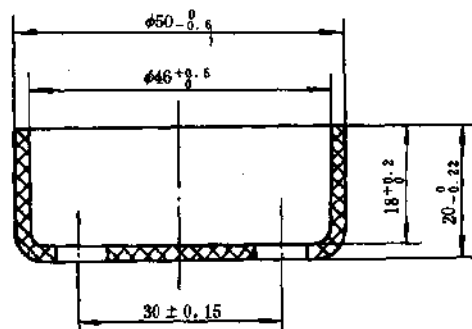


图 1-46 型腔的内径、深度、型芯直径、高度计算塑件图

由附录表 2 查知该塑料平均收缩率为 0.8。

(1) 型腔内径计算 型腔内径按公式 (1-5) 计算。

$$L_M = \left(L_s + L_s S_{cp} \% - \frac{3}{4} \Delta \right) \begin{matrix} + \delta_x \\ 0 \end{matrix}$$

由图 1-46 知: $L_s = 50\text{mm}$, $S_{cp} = 0.8$, $\Delta = 0.6\text{mm}$,

$$\delta_x = \frac{\Delta}{3} = 0.6/3 = 0.2\text{mm}。$$

将 L_s 、 S_{cp} 、 Δ 及 δ_x 代入公式 (1-5), 得

$$L_M = \left(50 + 50 \times 0.008 - \frac{3}{4} \times 0.6 \right) \begin{matrix} + 0.2 \\ 0 \end{matrix} = \\ 49.95 \begin{matrix} + 0.2 \\ 0 \end{matrix} \text{mm}$$

(2) 型腔深度计算 型腔深度按公式 (1-7) 计算。

$$H_M = \left(H_s + H_s S_{cp} \% - \frac{2}{3} \Delta \right) \begin{matrix} + \delta_x \\ 0 \end{matrix}$$

由图 1-46 知: $H_s = 20\text{mm}$, $S_{cp} = 0.8$, $\Delta = 0.22\text{mm}$,

$$\delta_x = \Delta/3 = 0.22/3 = 0.07\text{mm}。$$

将 H_s 、 S_{cp} 、 Δ 及 δ_x 代入公式 (1-7) 得

$$H_M = \left(20 + 20 \times 0.008 - \frac{2}{3} \times 0.22 \right) \begin{matrix} + 0.07 \\ 0 \end{matrix} = \\ 20.01 \begin{matrix} + 0.07 \\ 0 \end{matrix} \text{mm}$$

(3) 型芯直径的计算 型芯直径按公式 (1-6) 计算。

$$l_M = \left(l_s + l_s S_{cp} \% + \frac{3}{4} \Delta \right) \begin{matrix} 0 \\ - \delta_x \end{matrix}$$

由图 1-46 知: $l_s = 46\text{mm}$, $\Delta = 0.5\text{mm}$, $\delta_x = \Delta/3 = 0.5/3 \approx 0.17\text{mm}$ 。

将 l_s 、 Δ 、 δ_x 代入公式 (1-6) 得

$$l_M = \left(46 + 46 \times 0.8 \% + \frac{3}{4} \times 0.5 \right) \begin{matrix} 0 \\ - 0.17 \end{matrix} =$$

$$46.75 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.17 \end{smallmatrix} \text{mm}$$

(4) 型芯高度计算 型芯高度计算按公式 (1-8) 计算。

$$h_M = \left(h_s + h_s S_{cp} \% + \frac{2}{3} \Delta \right) \begin{smallmatrix} 0 \\ -\delta_z \end{smallmatrix}$$

由图 1-46 知: $h_s = 18\text{mm}$, $\Delta = 0.2\text{mm}$, $\delta_z = \frac{\Delta}{3} = \frac{0.2}{3} = 0.07\text{mm}$ 。

将 h_s 、 Δ 、 δ_z 代入公式 (1-8) 得

$$h_M = \left(18 + 18 \times 0.8\% + \frac{2}{3} \times 0.2 \right) \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.07 \end{smallmatrix} = 18.27 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.07 \end{smallmatrix} \text{mm}$$

(5) 两小孔中心距的计算 两小孔中心距按公式 (1-9) 计算。

$$C_M = (C_s + C_s S_{cp} \%) \pm \delta_z / 2$$

由图 1-46 知: $C_s = 30\text{mm}$, $\delta_z = \frac{\Delta}{3 \times 2} = \frac{0.15 \times 2}{3 \times 2} = \pm 0.05$

将 C_s 、 δ_z 、 S_{cp} 代入公式 (1-9) 得:

$$C_M = (30 + 30 \times 0.8\%) \pm 0.05 = 30.24 \pm 0.05\text{mm}$$

24. 型芯 (或成形孔) 中心到成形面间的距离如何计算?

型芯 (或成形孔) 中心到成形面间的距离如图 1-47 所示, 其计算方法如下。

(1) 凹模内的型芯中心到侧壁距离的计算

$$L_M = \left(L_s + L_s S_{cp} - \frac{\Delta}{24} \right) \pm \delta_z / 2 \quad (1-10)$$

- 式中 L_M ——凹模内的型芯中心到侧壁的距离 (mm);
 L_s ——塑件上的孔中心到外侧边距离的名义尺寸 (mm);
 δ_z ——见公式 (1-5);
 Δ ——塑件上的孔中心到外侧边的距离公差, 标注时一般采用双向等值公差 ($\pm \Delta/2$) 表示。

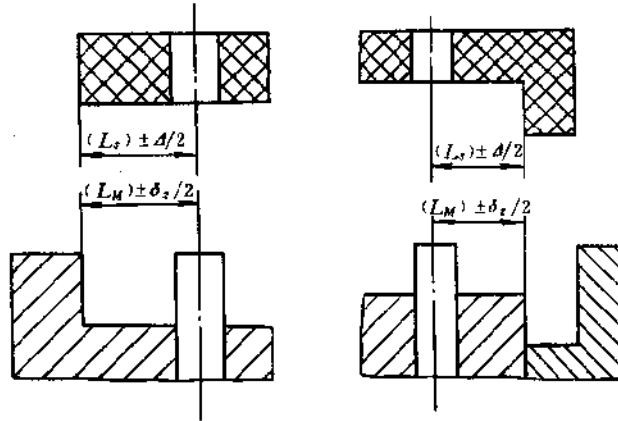


图 1-47 型芯中心到成形面的距离

(2) 大型芯上的小型芯中心到大型芯外侧壁间距离的计算

$$L_M = \left(L_s + L_s S_{cp} \% + \frac{\Delta}{24} \right)^{\pm \delta_z/2} \quad (1-11)$$

- 式中 L_M ——大型芯上的小型芯中心到大型芯外侧壁间的距离 (mm);
 L_s ——塑件上的孔中心到内壁距离的名义尺寸 (mm);
 δ_z ——见公式 (1-5);

Δ ——塑件上的孔中心到内壁距离公差，标注时一般采用双向等值公差（ $\pm\Delta/2$ ）表示。

25. 螺纹型芯和螺纹型环的尺寸如何计算？

(1) 螺纹型芯尺寸的计算

1) 中径的计算见公式 (1-12)。

$$d_{2M} = (D_{2s} + D_{2s}S_{cp}\% + b)_{-\delta_z^0} \quad (1-12)$$

式中 d_{2M} ——螺纹型芯中径 (mm)；

D_{2s} ——塑件内螺纹中径名义尺寸 (mm)；

S_{cp} ——见公式 (1-5)；

b ——塑件螺纹中径公差，其值可参照金属螺纹公差标准 GB197—81，可选最低级精度；

δ_z ——螺纹中径制造公差，一般取 $\delta_z = b/5$ 或查表 1-13。

表 1-13 普通螺纹型芯和型环直径的制造公差 (mm)

| 螺纹类型 | 螺纹直径 D 或 d | 制造公差 δ_z | | | 螺纹直径 D 或 d | 制造公差 δ_z | | |
|------|-------------------|-----------------|------|------|-------------------|-----------------|------|------|
| | | 大径 | 中径 | 小径 | | 大径 | 中径 | 小径 |
| 粗牙 | 3~12 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 36~45 | 0.05 | 0.04 | 0.05 |
| | 14~33 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 48~68 | 0.06 | 0.05 | 0.06 |
| 细牙 | 4~22 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 6~27 | 0.03 | 0.02 | 0.03 |
| | 24~52 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 30~52 | 0.04 | 0.03 | 0.04 |
| | 56~68 | 0.05 | 0.04 | 0.05 | 56~72 | 0.05 | 0.04 | 0.05 |

2) 大径的计算见公式 (1-13)。

$$d_M = (D_s + D_s S_{cp}\% + b)_{-\delta_z^0} \quad (1-13)$$

式中 d_M ——螺纹型芯大径 (mm)；

D_s ——塑件内螺纹大径名义尺寸 (mm);

S_{cp} ——见公式 (1-5);

b ——见公式 (1-12);

δ_z ——螺纹型芯大径制造公差, 一般取 $\delta_z = b/4$ 或查表 1-13。

3) 小径的计算见公式 (1-14)。

$$d_{1M} = (D_{1s} + D_{1s}S_{cp}\% + b)_{-\delta_z}^0 \quad (1-14)$$

式中 d_{1M} ——螺纹型芯小径 (mm);

D_{1s} ——塑件内螺纹小径名义尺寸 (mm);

S_{cp} ——见公式 (1-5);

b ——见公式 (1-12);

δ_z ——螺纹型芯小径制造公差, 其值一般取 $b/4$ 或查表 1-13。

4) 螺距的计算见公式 (1-15)。

$$P_M = (P_s + P_s S_{cp}\%)_{\pm \delta'_z/2} \quad (1-15)$$

式中 P_M ——螺纹型芯螺距 (mm);

P_s ——塑件内螺纹螺距名义尺寸 (mm);

S_{cp} ——见公式 (1-5);

δ'_z ——螺纹型芯螺距制造公差, 其值可查表 1-14。

表 1-14 螺纹型芯和型环的螺距制造公差 (mm)

| 螺纹直径 D 或 d | 配合长度 L | 制造公差 δ'_z |
|----------------|----------|------------------|
| 3~10 | ~12 | 0.01~0.03 |
| 12~22 | >12~20 | 0.02~0.04 |
| 24~68 | >20 | 0.03~0.05 |

(2) 螺纹型环尺寸的计算

1) 中径的计算见公式 (1-16)。

$$D_{2M} = (d_{2s} + d_{2s}S_{cp}\% - b) \overset{\delta_z}{0} \quad (1-16)$$

式中 D_{2M} ——螺纹型环中径 (mm);
 d_{2s} ——塑件外螺纹中径名义尺寸 (mm);
 S_{cp} ——见公式 (1-5);
 b ——见公式 (1-12);
 δ_z ——螺纹型环中径制造公差, 其值取 $b/5$ 或查表 1-13。

2) 大径的计算见公式 (1-17)。

$$D_M = (d_s + d_s S_{cp}\% - b) \overset{\delta_z}{0} \quad (1-17)$$

式中 D_M ——螺纹型环大径 (mm);
 d_s ——塑件外螺纹大径名义尺寸 (mm);
 S_{cp} ——见公式 (1-5);
 b ——见公式 (1-12);
 δ_z ——螺纹型环大径制造公差, 其值取 $b/4$ 或查表 1-13。

3) 小径的计算见公式 (1-18)。

$$D_{1M} = (d_{1s} + d_{1s} S_{cp}\% - b) \overset{\delta_z}{0} \quad (1-18)$$

式中 D_{1M} ——螺纹型环小径 (mm);
 d_{1s} ——塑件外螺纹小径名义尺寸 (mm);
 S_{cp} ——见公式 (1-5);
 b ——见公式 (1-12);
 δ_z ——螺纹型环小径制造公差, 其值取 $b/4$ 或查表 1-13。

4) 螺距的计算见公式 (1-19)。

$$P'_M = (P'_s + P'_s S_{cp}\%) \pm \frac{\delta'_z}{2} \quad (1-19)$$

式中 P'_M ——螺纹型环螺距 (mm);

P' ——塑件外螺纹螺距名义尺寸 (mm);

S_p ——所用塑料的平均收缩率;

δ'_z ——螺纹型环螺距制造公差, 其值可查表 1-14。

螺纹型芯和螺纹型环的螺距, 由于考虑了塑料的收缩率, 计算结果是一个带不规则小数的数值。为了便于加工, 可根据以下原则进行修正。

①当收缩率相同或相近的塑料外螺纹与内螺纹相配合时, 可以不考虑收缩率。

②当塑件螺纹与金属螺纹配合时, 可在中径公差范围内, 用上述方法加大型芯中径或缩小型环中径 (大径和小径也同样按比例增大或减小) 来补偿塑件螺距的累计误差, 而不再计算螺距的收缩率。但配合使用的螺纹长度 L 有一定限制, 其值可查表 1-15。

表 1-15 螺距不放收缩率的可以配合螺纹的极限长度

| 螺纹 代号 | 螺距 P /mm | 中径 公差 b /mm | 收 缩 率 S | | | | | | | |
|----------|------------------|------------------------|---------------------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| | | | 0.2 | 0.5 | 0.8 | 1 | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 2 |
| | | | 可以配合螺纹的极限长度 L_{max} /mm | | | | | | | |
| M3 | 0.5 | 0.12 | 26 | 10.4 | 6.5 | 5.2 | 4.3 | 3.5 | 2.9 | 2.6 |
| M4 | 0.7 | 0.14 | 32.5 | 13 | 8.1 | 6.5 | 5.4 | 4.3 | 3.6 | 3.3 |
| M5 | 0.8 | 0.15 | 34.5 | 13.8 | 8.6 | 6.9 | 5.8 | 4.6 | 3.8 | 3.5 |
| M6 | 1.6 | 0.17 | 38 | 15 | 9.4 | 7.5 | 6.3 | 5 | 4.2 | 3.8 |
| M8 | 1.25 | 0.19 | 43.5 | 17.4 | 10.9 | 8.7 | 7.3 | 5.8 | 4.8 | 4.4 |
| M10 | 1.5 | 0.21 | 46 | 18.4 | 11.5 | 9.2 | 7.7 | 6.1 | 5.1 | 4.6 |
| M12 | 1.75 | 0.22 | 49 | 19.6 | 12.3 | 9.8 | 8.2 | 6.5 | 5.4 | 4.9 |
| M14 | 2.0 | 0.24 | 52 | 20.8 | 13 | 10.4 | 8.7 | 6.9 | 5.8 | 5.2 |

(续)

| 螺纹 代号 | 螺距 P_s /mm | 中径 公差 b /mm | 收 缩 率 S | | | | | | | |
|----------|--------------------|------------------------|---------------------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| | | | 0.2 | 0.5 | 0.8 | 1 | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 2 |
| | | | 可以配合螺纹的极限长度 L_{max} /mm | | | | | | | |
| M16 | 2.0 | 0.24 | 52 | 20.8 | 13 | 10.4 | 8.7 | 6.9 | 5.8 | 5.2 |
| M20 | 2.5 | 0.27 | 57.5 | 23 | 14.4 | 11.5 | 9.6 | 7.1 | 6.4 | 5.8 |
| M24 | 3.0 | 0.29 | 64 | 25.4 | 15.9 | 12.7 | 10.6 | 8.5 | 7.1 | 6.4 |
| M30 | 3.5 | 0.31 | 66.5 | 26.6 | 16.6 | 13.3 | 11 | 8.9 | 7.4 | 6.7 |

26. 组合式圆形型腔的侧壁厚度和底板厚度如何计算?

组合式圆形型腔和底板的受力如图1-48所示。

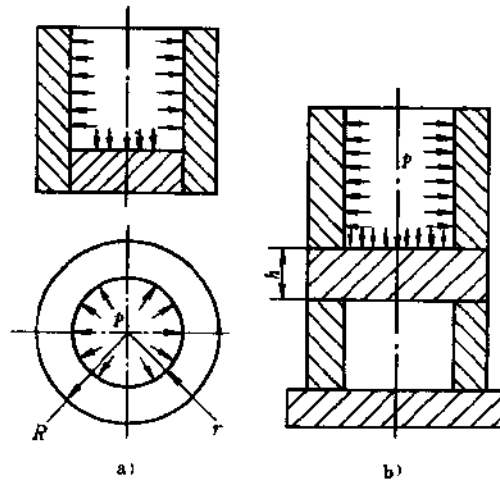


图 1-48 组合式圆形凹模和底板

(1) 型腔侧壁厚度的计算

1) 按刚度计算见公式 (1-20)。

$$t = R - r = r \sqrt{\frac{1 - \mu + \frac{E[\delta]}{rp}}{\frac{E[\delta]}{rp} - \mu - 1}} \quad (1-20)$$

- 式中 t ——型腔侧壁厚度 (mm);
 R ——型腔外径 (mm);
 r ——型腔内径 (mm);
 $[\delta]$ ——型腔弹性变形增大量, 其值见表 1-16;
 p ——型腔内塑料熔体压力 (MPa);
 E ——型腔材料的弹性模量 (MPa), 碳素钢 $E = 2.1 \times 10^5$ MPa;
 μ ——泊松比, 碳素钢取 0.25。

表 1-16 不发生溢料的 $[\delta]$ 值

| 粘度特性 | 塑料品种举例 | 允许变形值 $[\delta]$ /mm |
|-------|--------------|------------------------|
| 低粘度塑料 | PA、PE、PP、POM | $\leq 0.025 \sim 0.04$ |
| 中粘度塑料 | PS、ABS、PMMA | ≤ 0.05 |
| 高粘度塑料 | PC、PSF、PPO | $\leq 0.06 \sim 0.08$ |

2) 按强度计算见公式 (1-21)。

$$t = r \left(\sqrt{\frac{[\sigma]}{[\sigma] - 2p}} - 1 \right) \quad (1-21)$$

式中 $[\sigma]$ ——型腔材料的许用应力 (MPa)。对 45 钢而言, $[\sigma] = 160$ MPa, 一般常用模具钢 $[\sigma] = 200$ MPa。

其余符号见公式 (1-20)。

(2) 型腔底板厚度的计算

1) 按刚度计算见公式 (1-22)。

$$h = \sqrt[3]{0.74 \frac{pr^4}{E[\delta]}} \quad (1-22)$$

式中 h ——型腔底板厚度。

其余符号见公式 (1-20)。

2) 按强度计算见公式 (1-23)。

$$h = \sqrt{\frac{1.22pr^2}{[\sigma]}} \quad (1-23)$$

式中符号见公式 (1-20)、(1-21) 和 (1-22)。

27. 整体式圆形型腔的侧壁厚度和底板厚度如何计算?

整体式圆形型腔受力与变形如图 1-49 所示。

(1) 型腔侧壁厚度的计算 由于侧壁变形受到底板的约束,在一定高度范围内半径增量较小,愈接近底部愈小。在侧壁和底板交界处可认为接近于零。高于 H 的型腔可以按组合式侧壁厚度计算公式 (1-20)、(1-21) 计算。高度 H 的计算见公式 (1-24)。

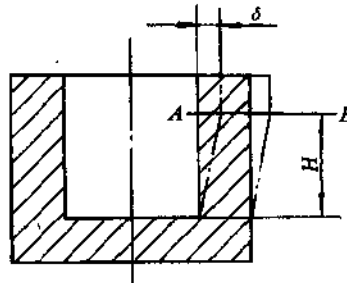


图 1-49 整体式圆形型腔侧壁受力与变形图

$$H = \sqrt[4]{2r(R-r)^3} \quad (1-24)$$

式中 H ——型腔侧壁临界高度 (mm);

r ——型腔内半径 (mm);

R ——型腔外半径 (mm)。

(2) 底板厚度的计算

1) 按刚度计算见公式 (1-25)。

$$h = \sqrt{0.175 \frac{pr^4}{E[\delta]}} \quad (1-25)$$

式中 h ——型腔底板厚度 (mm);

r ——型腔内半径 (mm);

p ——型腔内塑料熔体压力 (MPa);

E ——型腔材料的弹性模量 (MPa)。碳素钢 $E = 2.1 \times 10^5$ MPa;

$[\delta]$ ——型腔弹性变形增量, 其值见表 1-16。

2) 按强度计算见公式 (1-26)。

$$h = \sqrt{\frac{3pr^2}{4[\sigma]}} \quad (1-26)$$

式中 $[\sigma]$ ——型腔材料的许用应力 (MPa)。45 钢的

$[\sigma] = 160$ MPa, 一般模具钢的 $[\sigma] =$

200 MPa。其他符号见公式 (1-25)。

28. 组合式矩形型腔的侧壁厚度和底板厚度如何计算?

组合式矩形型腔的结构及变形情况如图 1-50 所示。型腔侧壁和底板厚度的计算方法如下。

(1) 型腔侧壁厚度的计算

1) 按刚度计算见公式 (1-27)。

$$t = l_1 \sqrt[3]{\frac{pl_1 H_1 \beta}{32EH\varphi[\delta]}} \quad (1-27)$$

- 式中 t ——型腔侧壁厚度 (mm);
 l_1 ——型腔长边长度 (mm);
 l_2 ——型腔短边长度 (mm);
 p ——型腔内塑料熔体压力 (MPa);
 H ——型腔侧壁总高 (mm);
 H_1 ——型腔深度 (mm);
 β ——考虑短边影响的系数, 根据型腔边长比 $\alpha = l_2/l_1$, 查表 1-17;
 E ——型腔材料的弹性模量 (MPa), 碳素钢的 $E = 2.1 \times 10^5 \text{MPa}$;
 φ ——考虑了相邻侧壁伸长量 $\Delta l_2/2$ 影响的系数, 取值查表 1-17;
 $[\delta]$ ——型腔弹性变形增大值, 其值查表 1-16。

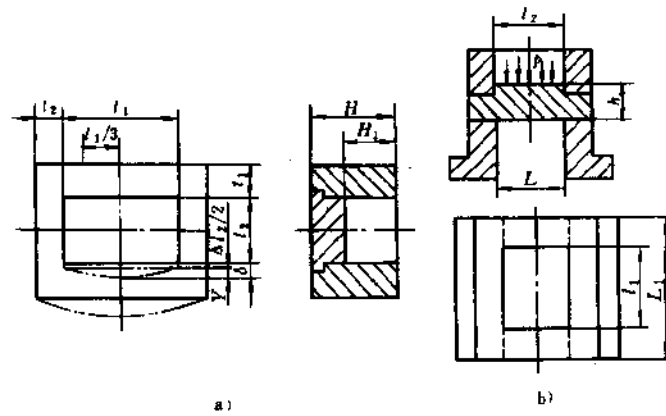


图 1-50 组合式矩形型腔结构及变形情况

表 1-17 由矩形型腔边长比 α 确定的系数

| $\alpha = l_2/l_1$ | β | γ | φ |
|--------------------|---------|----------|-----------|
| 0.1 | 1.36 | 0.91 | 0.91 |
| 0.2 | 1.64 | 0.84 | 0.87 |
| 0.3 | 1.84 | 0.79 | 0.83 |
| 0.4 | 1.96 | 0.76 | 0.79 |
| 0.5 | 2.00 | 0.75 | 0.76 |
| 0.6 | 1.96 | 0.76 | 0.72 |
| 0.7 | 1.84 | 0.79 | 0.67 |
| 0.8 | 1.64 | 0.84 | 0.61 |
| 0.9 | 1.36 | 0.91 | 0.54 |
| 1.0 | 1.00 | 1.00 | 0.44 |

2) 按强度计算见公式 (1-28)

$$t = \sqrt{\frac{pH_1 l_1^2 \gamma}{2H[\sigma]}} \quad (1-28)$$

式中 γ ——系数, 见表 1-17。

其余符号见公式 (1-27)。

(2) 组合式矩形型腔底板厚度的计算

1) 按刚度计算见公式 (1-29)。

$$h = \sqrt[3]{\frac{5pl_1 L^4}{32EL_1[\delta]}} \quad (1-29)$$

式中 L ——支架间距 (mm);

l_1 ——型腔长边长度 (mm);

h ——型腔底边厚度 (mm);

L_1 ——底板总长度 (mm)。

其余符号见公式 (1-27)。

2) 按强度计算见公式 (1-30)。

$$h = \sqrt{\frac{3pl_1L^2}{4L_1[\sigma]}} \quad (1-30)$$

式中 L_1 ——底板总长 (mm);

$[\sigma]$ ——型腔材料的许用应力 (MPa)。

其余符号见公式 (1-29) 和公式 (1-27)。

29. 整体式矩形型腔的侧壁厚度和底板厚度如何计算?

整体式矩形型腔的结构及变形情况, 如图 1-51 所示。
型腔侧壁和底板厚度按以下公式计算。

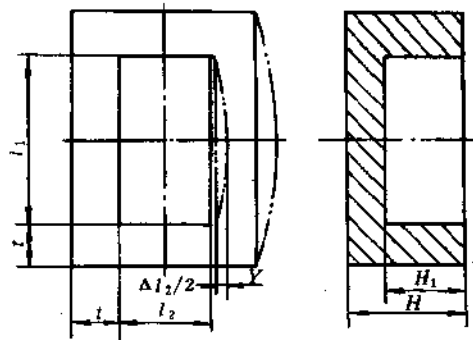


图 1-51 整体式矩形型腔的结构及变形情况

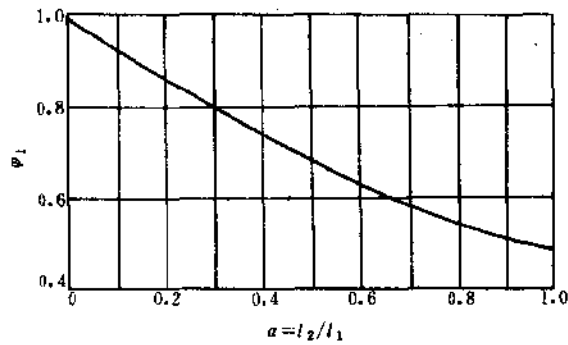
(1) 整体式矩形型腔侧壁厚度的计算 见公式 (1-31),
适用于型腔底部厚度约为 (0.25~0.3) l_1 的模具。

$$t = H_1 \sqrt[3]{\frac{CpH_1}{E\varphi_1[\delta]}} \quad (1-31)$$

式中 t ——型腔侧壁厚度 (mm);
 C ——系数。根据 H_1/l_1 的比, 查表 1-18;
 φ_1 ——考虑两相邻侧壁伸长量 $\Delta l_2/2$ 影响的系数, 根据边长的比 α 查图 1-52。
 其余符号见公式 (1-27)。

表 1-18 系数 C 值及 W 值

| H_1/l_1 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 1.5 | 2.0 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C | 0.930 | 0.570 | 0.330 | 0.188 | 0.117 | 0.073 | 0.045 | 0.031 | 0.015 | 0.006 | 0.002 |
| W | 0.108 | 0.130 | 0.148 | 0.163 | 0.176 | 0.187 | 0.197 | 0.205 | 0.219 | 0.235 | 0.254 |

图 1-52 φ_1 值的确定

(2) 整体式矩形型腔底板厚度的计算

1) 按刚度计算见公式 (1-32)。

$$h = \sqrt[3]{\frac{C' \rho l_2^4}{E[\delta]}} \quad (1-32)$$

式中 h ——型腔底板厚度 (mm);

l_2 ——型腔短边长度 (mm);

C' ——系数，由型腔边长边 l_2/l_1 值查表 1-19c。
其余符号见公式 (1-27)。

表 1-19 四边固定矩形板 C' 值表

| l_1/l_2 | C' | l_1/l_2 | C' |
|-----------|--------|-----------|--------|
| 1 | 0.0138 | 1.6 | 0.0251 |
| 1.1 | 0.0164 | 1.7 | 0.0260 |
| 1.2 | 0.0188 | 1.8 | 0.0267 |
| 1.3 | 0.0209 | 1.9 | 0.0272 |
| 1.4 | 0.0226 | 2.0 | 0.0277 |
| 1.5 | 0.0240 | | |

2) 按强度计算见公式 (1-33)。

$$h = \sqrt{\frac{pl_2^2}{2(1+\alpha)[\sigma]}} \quad (1-33)$$

式中 l_2 ——型腔短边长度 (mm);

α ——型腔边长比, $\alpha = l_2/l_1$ 。

其余符号见公式 (1-27)。

30. 塑料模合模导向装置的作用是什么?

塑料模合模导向装置的作用主要是:

1) 导向作用。当动模与定模, 或当上模与下模合模时, 导向装置先导向, 型芯和型腔再合模, 这样可避免型芯与型腔发生碰撞而损坏。

2) 定位作用。由于导向装置导向精度较高, 同时是先导向后合模, 所以保证了型芯与型腔的相对位置。

3) 承受一定侧压力。由于塑料模的型腔的形状不一定

都对称，所以，型腔内呈熔融状态的塑料对型腔壁的作用力也不一样，这时导向装置可承受一定的侧压力。

31. 导向装置的设计原则是什么？

一般导向装置采用导柱、导套结构。导向装置的设计原则如下：

1) 一般导柱的数量取2~4个。有时为了防止动、定模或上、下模装反了，可将导柱设计为不对称式，或将导柱直径设计为不等的，如图1-53所示。

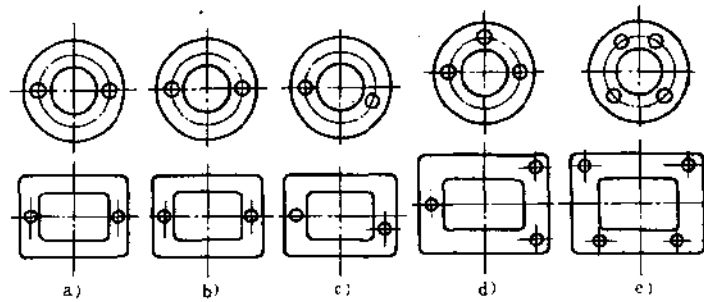


图 1-53 导柱的布置形式

a) 直径相等位置对称 b) 直径不等 c) 位置不对称
d) 三个导柱 e) 四导柱距离不等

2) 对于压缩模，导柱通常安装在上模；对于注射成形模，导柱可安装在动模，也可安装于定模。

3) 导柱和导套（或导向孔）距模板边缘应有足够的距离。

4) 固定导柱的孔径与固定导套的孔径最好相等, 这样容易保证两孔的同轴度和尺寸精度, 如图 1-54 所示。

5) 导柱的引导部分应做成锥形或球形, 其高度应比型芯高, 如图 1-55 所示。

6) 导柱、导套的材料最好选用 20 钢表面渗碳淬火处理。这样表面硬度高、耐磨, 而心部软, 具有韧性。

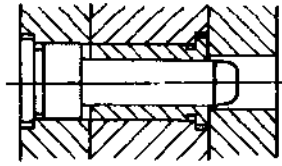


图 1-54 台阶式导柱导向装置

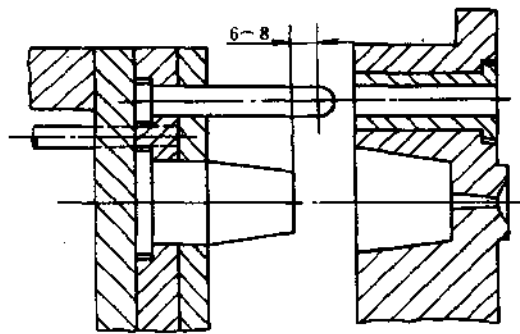


图 1-55 模具导柱导向装置

32. 导柱的结构特点是什么?

导柱的结构主要有台阶式, 铆合式和斜导柱三种, 其结构特点是:

1) 台阶式导柱如图 1-56 所示。图 1-56a 为带头导柱, 一般用于简单模具; 图 1-56b、c 为带肩导柱 I 和带肩导柱 II。图 1-56b 一般用于大型和精度要求高的模具, 与导套配合使

用:如果固定板较薄,可采用带肩导柱Ⅱ,其固定部分分为两段,分别固定在两块模板上,兼用于推出机构的导向。

2) 铆合式导柱如图 1-57 所示,只能用于小型简单的移动式模具。

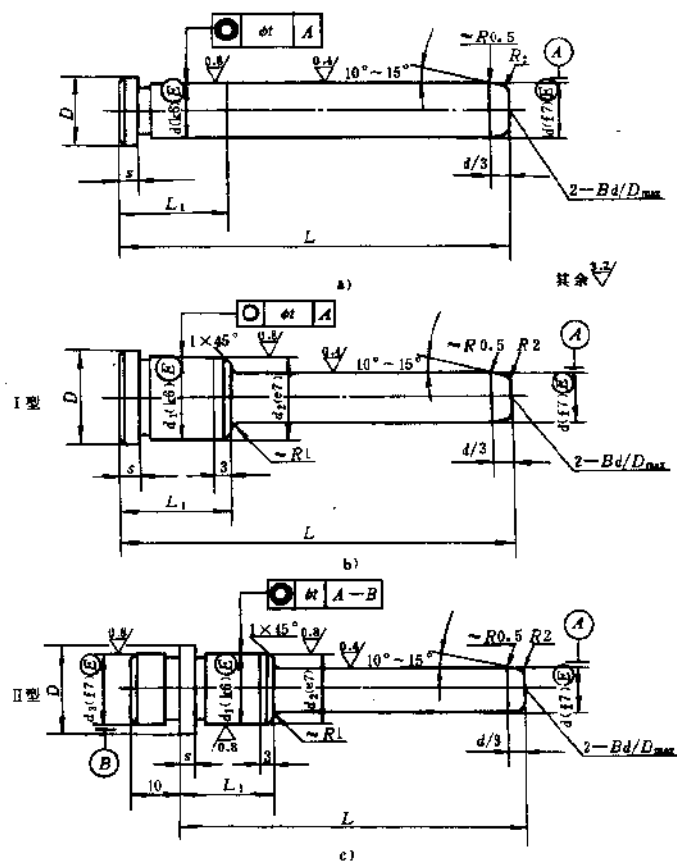


图 1-56 台阶式导柱的结构形式
a) 带头导柱 b)、c) 带肩导柱 (I型、II型)

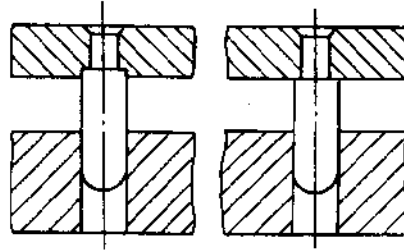


图 1-57 铆合式导柱

3) 斜导柱如图 1-58 所示, 用于侧向分型抽芯机构, α 角取决于斜导柱孔的倾斜角度。

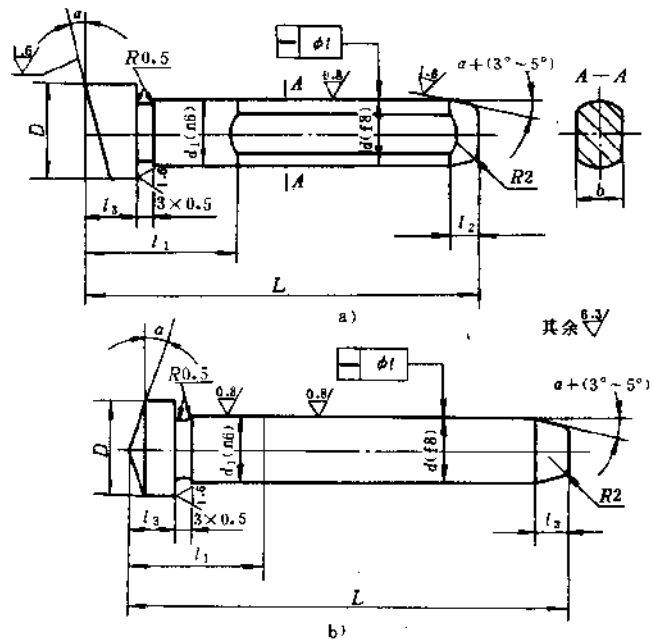


图 1-58 斜导柱结构

a) I型 b) II型

33. 导套的结构特点是什么？

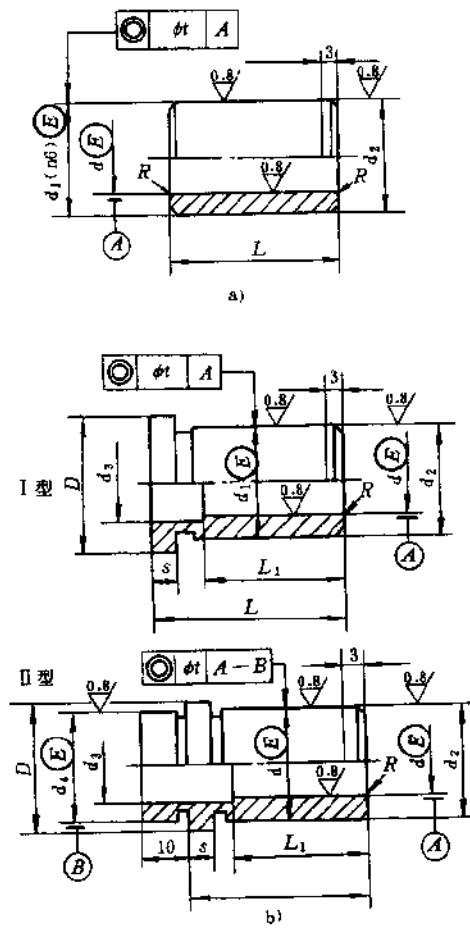


图 1-59 导套的结构形式

a) 直导套 b) 带凸肩导套 (I型、II型)

导套主要有直导套和带凸肩导套两种，如图 1-59 所示。图 1-59a 为直导套，用于小型简单模具，其配合形式如图 1-60 所示；图 1-59b 为带凸肩的导套，主要用于精度较高的大型模具，如图 1-61 所示。

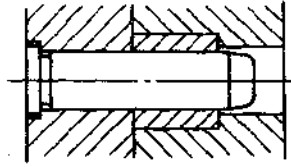


图 1-60 直导套配合形式

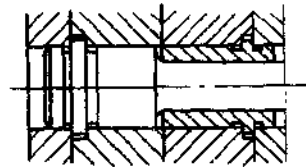


图 1-61 带凸肩导套的配合形式

34. 何谓塑料模的支承零件?

所谓支承零件即指在模具中起装配、定位及安装作用的零件，典型组合如图 1-62 所示。

1) 动模（或上模）座板和定模（或下模）座板。它是动模（或上模）和定模（或下模）的基座。动模座板（或上模座板）是固定在注射机的移动模板上（或油压机的滑块上）。定模座板（或下模座板）是固定在注射机的固定模板上（或油压机的工作台上）。因此，座板的外形尺寸和固定孔必须同设备上的固定板相应尺寸一致。

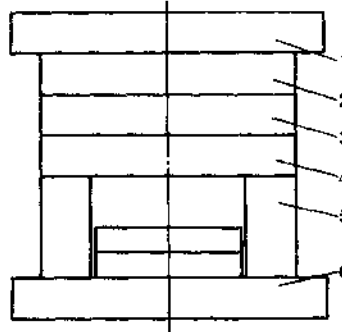


图 1-62 支承零件的典型组合

1—定模座板 2—定模板 3—动模板
4—支承板 5—垫块 6—动模座板

2) 动模（或上模）固定板、定模（或下模）固定板。它的作用是固定型芯、凹模、导柱和导套等零件。

3) 支承板（底板）。支承板承受型芯和凹模等传递来的成形压力。支承板应具有足够的强度和刚度，在成形压力的作用下不发生变形和断裂。

4) 垫块。垫块的作用有两个：其一是使支承板和动模座板之间形成用于推出机构运动的空间；其二是调节模具总高度。模具总高度 H 应小于设备的最大装模空间 H_{\max} ，大于设备的最小装模空间 H_{\min} ，即

$$H_{\min} < H < H_{\max}$$

同时还应注意两边垫块高度应一致。

垫块与支承板、座板的组装形式如图 1-63 所示。

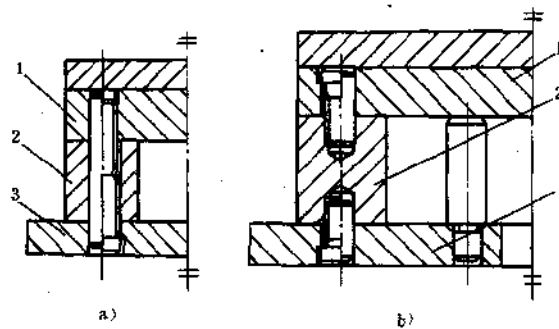


图 1-63 垫块的连接

1—支承板（底板） 2—垫块 3—动模座板

35. 电阻加热器的加热参数如何计算？

模具温度对塑件质量有很大影响。模温过低，塑料熔体流动性差，容易产生充不满型腔和使塑件产生熔接痕。所

以,需对模具加热。模具加热的方式很多,其中,电阻加热应用最广。电阻加热中电热棒加热又为最普遍。

加热参数的计算如下:

1) 加热器总功率的计算见公式(1-34)。

$$P = qm \quad (1-34)$$

式中 P ——电功率 (W);

m ——模具质量 (kg);

q ——每千克模具维持成形温度所需的电功率 (W/kg), 其值见表 1-20。

表 1-20 q 值表

| 模 具 类 型 | $q / (W/kg)$ | |
|---------|--------------|--------|
| | 采用加热棒时 | 采用加热圈时 |
| 小 型 | 35 | 40 |
| 中 型 | 30 | 50 |
| 大 型 | 25 | 60 |

2) 单个电热棒的功率。总的电功率计算之后,即可根据电热板的尺寸确定电热棒的数量,进而计算电热棒的功率,采用并联接法时,单个电热棒的功率计算见公式(1-35)。

$$P_1 = \frac{P}{n} \quad (1-35)$$

式中 P ——模具加热器的总功率 (W);

P_1 ——每根电热棒的功率 (W);

n ——电热棒的根数。

根据每根电热棒的功率 P_1 值查表可选择标准的电热棒尺寸,见附录表 10。

也可以先选择适当功率的电热棒,然后根据公式 1-35

确定加热棒的数量。在选择电热棒时，要注意其外形与安装空间相符。

36. 塑料模冷却装置的设计原则是什么？

在塑件成形过程中，如果模温过高，成形收缩率就大，塑件变化也相应增加，并且容易造成溢料和粘模。对于热固性塑料还会产生过热导致变色、发脆、强度降低等。模温高使塑件冷却时间加长，降低了生产率。所以，一般模具均应设计冷却装置，以控制其温度。

冷却装置的设计原则为：

1) 冷却通道的布置应合理。

①当塑件壁厚基本均匀时，冷却通道与型腔表面距离最好相等。当塑件壁厚不均匀时，应在厚壁处加强冷却，如图 1-64 所示。图 1-64a 为冷却通道的分布与型腔轮廓相吻合；图 1-64b 为冷却通道离厚壁处近，离薄壁处较远。

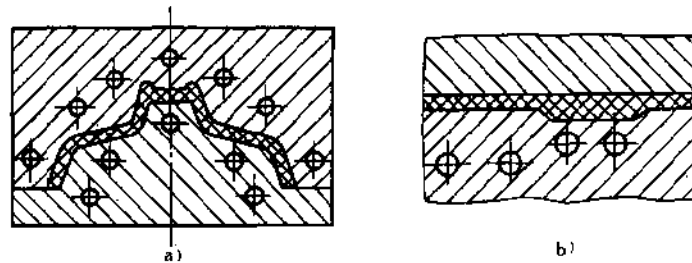


图 1-64 冷却通道的布置示意图

a) 冷却通道与型腔表面距离相等 b) 厚壁处加强冷却

②塑料熔体在充填型腔过程中，一般在浇口附近温度较高，因而，应加强浇口附近的冷却，为此，冷却水应从浇口附近开始流向其他地方，如图 1-65 所示。

- 2) 冷却通道应避免靠近可能产生熔接痕的部位。
 3) 冷却回路的结构应便于加工和清理, 其通道孔径一般为 8~12mm。

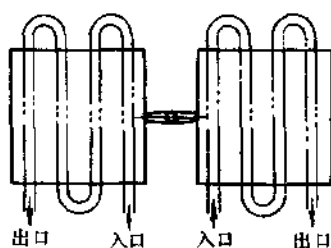


图 1-65 冷却通道的布置示意图

37. 冷却装置的主要计算内容是什么?

塑料模的冷却装置主要是通冷却水冷却塑件。其冷却水量(体积)的计算见公式(1-36)

$$V = \frac{nm\Delta h}{60\rho c_p(t_1 - t_2)} \quad (1-36)$$

- 式中 V ——所需冷却水的体积 (m^3/min);
 m ——包括浇注系统在内的每次注入模具的塑料质量 (kg);
 n ——每小时注射的次数;
 ρ ——冷却水在使用状态下的体积质量 (kg/m^3);
 c_p ——冷却水的比热容 ($\text{J}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$);
 t_1 ——冷却水出水口温度 ($^\circ\text{C}$);
 t_2 ——冷却水入水口温度 ($^\circ\text{C}$);
 Δh ——从熔融状态的塑料进入型腔时的温度到塑件冷却至脱模温度为止, 塑料所放出的热焓量 (J);

kg), 其值见表 1-21。

求出所需冷却水的体积后, 再根据流速确定模具上的冷却水通孔径, 见表 1-22。

表 1-21 常用塑料在凝固时所放出的热量

| 塑 料 | $\Delta h / (\text{kJ/kg})$ | 塑 料 | $\Delta h / (\text{kJ/kg})$ |
|---------|-----------------------------|----------|-----------------------------|
| 高压聚乙烯 | 583.33~700.14 | 尼 龙 | 700.14~816.48 |
| 低压聚乙烯 | 700.14~816.48 | 聚 甲 醛 | 420.00 |
| 聚 丙 烯 | 583.33~700.14 | 醋酸纤维素 | 289.38 |
| 聚 苯 乙 烯 | 280.14~349.85 | 丁酸-醋酸纤维素 | 259.14 |
| 聚 氯 乙 烯 | 210.00 | ABS | 326.76~396.48 |
| 有 机 玻 璃 | 285.85 | AS | 280.14~349.85 |

表 1-22 冷却流道的稳定湍流速度、流量、流通直径

| 冷却流道直径 d/mm | 最低速度 $v / (\text{m/s})$ | $V / (\text{m}^3/\text{min})$ |
|----------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 8 | 1.66 | 5.0×10^{-3} |
| 10 | 1.32 | 6.2×10^{-3} |
| 12 | 1.10 | 7.4×10^{-3} |
| 15 | 0.87 | 9.2×10^{-3} |
| 20 | 0.66 | 12.4×10^{-3} |
| 25 | 0.53 | 15.5×10^{-3} |

注: 在 10℃ 的条件下 $Re=10000$ (Re 为雷诺准数)。

第二章 注射模塑工艺及设备

38. 注射模塑工艺过程包括哪些内容？

注射模塑工艺过程主要包括成形前的准备、注射、塑件后处理三个过程。

(1) 注射成形前的准备 主要有以下几项准备工作：原料的检验和预处理、镶嵌件的预热、料筒的清洗和起模剂的选用等。

(2) 注射过程 完整的注射过程包括加料、塑化、注射、保压、冷却和起模等步骤。

(3) 塑件的后处理 后处理的目的是主要是消除塑件的内应力，避免塑件在使用过程中产生变形或开裂。塑件后处理的主要方法是退火处理和调湿处理。

39. 注射成形前要做哪些准备工作？

在注射成形前应做如下准备工作：

(1) 原材料的检验和预处理 在成形前应对原料进行外观和工艺性能检验。内容包括色泽、粒度和均匀性、流动性、热稳定性、水分含量等。塑件需要什么颜色，在成形前应先在原料中加入所需的着色剂。如果在原料中加入颜色母料则效果更好。

对于吸水性强的塑料，在成形前必须进行干燥处理。如不干燥处理，塑件表面易出现银丝、气泡、斑纹等缺陷。尤其

是聚碳酸酯、聚酰胺、聚砜、聚甲基丙烯酸甲酯等塑料在成形前必须进行干燥处理。而对不易吸水的塑料,如聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛等,只要包装、运输、贮存好,一般不用干燥处理。另外,聚苯乙烯、ABS塑料往往也进行干燥处理。

干燥处理的方法:小批量生产大多采用热风循环干燥烘箱或红外线加热烘箱进行干燥处理;大批量生产则采用负压沸腾干燥或真空干燥。应注意干燥温度不宜过高,时间不宜过长。如果干燥温度超过玻璃化温度或熔点,会使塑料结块,造成加料困难。对于热稳定性差的塑料还会引起变色、降解。干燥后的塑料应马上使用,否则要加以妥善贮存,以防再受潮。

(2) 镶嵌件的预热 为了满足导电和强度的要求,塑件内常要嵌入镶嵌件。成形后镶嵌件周围由于镶嵌件与熔料之间的温差产生较大的内应力,导致镶嵌件四周强度下降,甚至出现裂纹。因此,成形前需对金属镶嵌件进行预热,以降低温差,减小内应力。对于成形时容易开裂的塑料,如聚碳酸酯、聚砜、聚苯醚等,其镶嵌件尤其需要预热。较大型镶嵌件也要预热。对于成形时不易产生裂纹的塑料,在镶嵌件较小时可以不预热。预热温度因不同材料而异,镀锌或镀铬件一般为 $110\sim 130^{\circ}\text{C}$,无镀层的铝合金、铜合金为 150°C 。

(3) 料筒的清洗 在注射成形前,如果料筒中残存的塑料与将要使用的新料品种不同或颜色不同,一般料筒都要进行清洗。

对于螺杆式注射机通常采用直接换料清洗。清洗时,如果新塑料成形温度高于残存料的成形温度,应将料筒温度升高到新料的最低成形温度后再加入新料,连续“对空注射”,直到残存料全部清洗完毕,方可调整温度,进行正常生产。

如果新料的成形温度低于残存料的成形温度，则应将料筒温度升高到残存料的最好流动温度后，切断电源，用新料在降温下清洗。如果成形温度高，而残料又是热敏性塑料，如聚氯乙烯、聚甲醛、聚三氟氯乙烯等，则应选热稳定性好的塑料作过渡换料，如聚苯乙烯、低体积质量的聚乙烯等，先换出热敏性塑料，再用新料换出热稳定性好的塑料。

目前已研制出一种新的料筒清洗剂，适用于成形温度范围在 180~280℃ 的各种热塑性塑料的清洗。

(4) 起模剂的选用 在注射成形后，如果工艺条件合理，模具设计正确，塑件起模较顺利。如果工艺条件控制欠佳或塑件形状复杂，起模就更困难。为此，在实际生产中常使用起模剂，减小起模中的困难。

常用的起模剂有三种：一种是硬脂酸锌，除聚酰胺外，一般塑料均可使用；一种是液体石蜡（白油），用于聚酰胺塑件；第三种是硅油，它的润滑效果良好，但价格较贵，使用较麻烦，需配制成甲苯溶液，涂抹在模腔表面，并且还要加热干燥。

40. 什么是塑化过程？影响塑化的主要因素是什么？如何控制塑化压力？

塑化过程是：从料斗落入料筒中的塑料，随着螺杆的转动向前输送。在输送过程中，塑料原料被逐渐压实，原料中的气体由加料口排除。在料筒外电加热和螺杆转动时剪切热的作用下，原料变为粘流态，并在螺杆的前部形成一定的压力。当螺杆头部熔料的压力大于螺杆的背压时，螺杆便开始后退，这时螺杆头部的熔料逐渐增多，增至所需的注射量时（即螺杆退回一定距离时），计量装置撞击限位开关，螺杆即

停止转动和后退。

影响塑化的主要因素是螺杆的转速、螺杆背压和料筒温度。调节螺杆的转速，可以改变原料在料筒中的停留时间。塑料被剪切的程度也随着改变。对热敏性或高粘度的塑料，螺杆转速应降低。有时为了在规定的冷却时间内塑化出足够的熔融塑料，则需要加快螺杆的转速。螺杆的背压增大，螺杆退回的时间增长，即增加了塑化时间，这样，熔融状态塑料的体积质量加大，塑化更完全。料筒温度对塑料塑化质量的影响很大，应合理控制。

塑化压力是通过调节螺杆的背压来实现的。

41. 注射模塑最主要的工艺条件是什么？

注射模塑最主要的工艺条件是料筒温度和喷嘴温度、注射压力和注射速度、成形周期（包括注射时间、高压保持时间、冷却时间等）。

(1) 料筒和喷嘴温度 确定料筒和喷嘴的温度要考虑以下因素：

1) 塑料的熔点和软化点。如果是结晶性塑料则料筒和喷嘴的温度应高于熔点；如果是无定型塑料、料筒和喷嘴温度要高于其流动温度。

2) 塑料的分子量。高分子量，即熔融粘度较高者，料筒及喷嘴的温度要高一些；低分子量，即熔融粘度较低者，料筒及喷嘴温度要低一些。

3) 注射机的类型。柱塞式注射机所需料筒温度较高，螺杆式注射机所需料筒温度较低。因为，螺杆式注射机具有剪切摩擦热、原料层薄，并且有搅拌混合作用。

4) 塑件的壁厚。薄壁塑件需要有较高的料筒温度，以

提高塑料的流动性，使其易于充满模具型腔；厚壁塑件需较低的料筒温度。因为，塑料较易充满模具型腔。

料筒温度的分布情况，一般是靠近料斗一端温度较低，而接近喷嘴一端较高。有一点必须注意，在注塑过程中不宜突然停车时间太长，否则塑料容易在料斗落料处粘住，造成再开车时落料困难。

喷嘴温度通常取比料筒最高温度略低一些，以防止塑料粘料的流涎现象。但也不能太低，太低易堵塞喷嘴或积聚在喷嘴处的冷料有进入型腔的可能。

判定料筒及喷嘴温度是否合适有两种方法：一种是熔体对空注射法；另一种是塑件直观分析法。

所谓熔体对空注射法，是在喷嘴和模具主流道脱离的状态下，用低压注射，使熔融塑料自喷嘴孔中缓慢流出。这时用眼睛观察射出的料流，若无毛刺、变色、银丝、起泡且外观光滑，则说明料筒及喷嘴温度合适。

所谓塑件直观分析法，就是通过熔体对空注射法试验以后，用初步选定的注射压力、注射时间、冷却时间及模具温度等工艺条件试生产，取得塑件后进行分析。若无毛刺、银丝、波纹、气泡、变色、溢边等缺陷，则表示料筒及喷嘴温度合适。

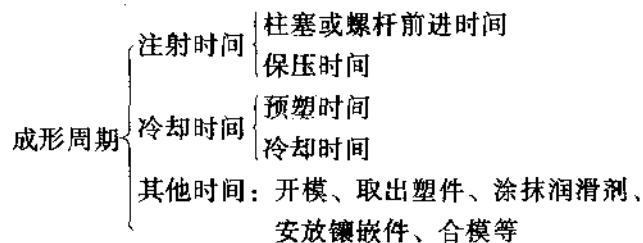
操作时一般以附录表 4 作为参考，并通过自己的实践，找出合适的温度。

(2) 注射压力和速度 注射压力和速度对熔料充模起决定性的作用。注射压力的大小取决于塑料品种、注射机的类型、塑件的形状和模具结构等，其值可参考附录表 4，然后根据操作实践加以调整。

(3) 成形周期 成形周期是指完成一次注射成形过程所

需的时间。

成形周期主要包括下述内容：



在成形周期中，最重要的是注射时间和冷却时间，它对塑件质量有决定性的影响。注射时间是指柱塞或螺杆从开始前进到开始后退所需要的时间。在整个注射时间中，大约只有3~10s是塑料充模时间，其余均为保压时间。保压的作用，一方面是将熔融状态的熔料不断补充入模具型腔，供塑件冷却凝固收缩之需要，防止发生缺料，产生缩孔、疏松等废品；另一方面是使塑件在模具型腔中，在一定压力下逐渐冷却。为了完成补料的作用，应注意料筒内有足够的剩料——缓冲垫，一般缓冲垫的厚度为10~20mm。

高压注射时间（即快速注射时间）一般为3~5s，很少有超过10s的，因时间太长，对塑件无益，而有害于设备。

冷却时间系指从注射结束到开模这一段时间。一般冷却时间的长短应以塑件起模时不变形、不挠曲为原则。太长的冷却时间不仅降低生产率，而且还会造成塑件起模困难。

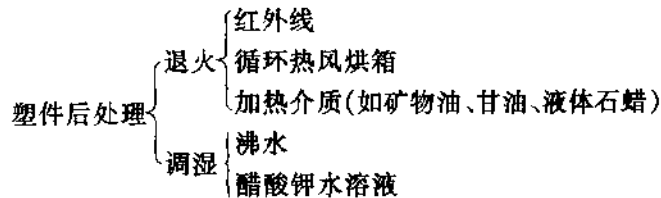
成形周期的具体参数可参考附录表4。

42. 什么是塑件的后处理？其主要方法有哪几种？各有何特点？

无论是厚壁塑件或是带金属镶嵌件的塑件，即使在成形

加工过程中采取了模具加热、金属镶嵌件预热等措施，但在塑件内部仍不可避免地残存部分应力。有些塑料，如聚酰胺等，用它注射成形的塑件内应力大、尺寸不稳定。为了消除塑件内的残余应力而对塑件所采取的处理方法叫塑件后处理。

塑件后处理主要有退火和调湿两种方法。



退火一般适用于除聚酰胺以外的各类塑料。退火温度以高于实际使用温度 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ ，或低于塑料热变形温度 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 为宜，退火时间以塑料品种及塑件厚度而定。一般取 $4\sim 24\text{h}$ 。

调湿主要用于聚酰胺类塑件。因为聚酰胺塑料在高温下接触空气容易氧化，故把它浸入沸水或醋酸钾水溶液中。一方面隔绝空气加热退火，另一方面达到吸湿平衡。调湿温度为 $100\sim 120^{\circ}\text{C}$ 。调湿时间取决于塑件厚度，厚度在 $1.5\sim 6\text{mm}$ 范围内的尼龙 6，调湿时间取 $2\sim 96\text{h}$ 。

凡退火或调湿的塑件，在达到所需温度和时间以后，一定要缓慢降温至室温。如果突然冷却或冷却速度太快，则塑件内部又会产生新的内应力。

43. 按外形特点，注射机可分为哪几类？各有什么优缺点？

按外形特点，注射机可分为立式注射机、卧式注射机和

90°角式注射机。

(1)立式注射机的优缺点 立式注射机的优点是:注射机占地面积小,模具安装、拆卸较方便,较易在模具内安放镶嵌件。其缺点是:塑件自模具中顶出以后,通常用手取下,不易实现全自动操作,只适宜设计小型注射机(60g以下);大型立式注射机则重心偏高,稳定性不好,料斗离地面较高,加料困难。

(2)卧式注射机的优缺点 卧式注射机的优点是:机体较低,容易操作和加料;塑件脱出模具后可自动落下,故可实现自动操作,注射机的重心较低,安装稳定,适合于大中型注射机的设计制造。其缺点是占地面积较大,模具安装比较麻烦,安放镶嵌件较困难,而且不稳。

(3)90°角式注射机的优缺点 90°角式注射机的优点是:机床占地面积介于立式与卧式注射机之间;适用于中心部分不允许留有浇口痕迹的平面塑件。其缺点是:加料较困难;镶嵌件安放较困难,而且不稳,只适合于小型注射机的设计,因此,其应用没有立式和卧式那样普遍。

44. 注射机主要由哪几部分组成? 各部分的结构和作用是什么?

注射机主要由注射系统、锁模系统、液压传动系统和电器控制系统等四部分组成。卧式注射机的外形如图 2-1 所示。

(1)注射系统 注射系统是注射机最主要的部分。它的主要作用是使塑料均匀的塑化,并达到流动状态,在很高的压力和较快的速度下注射入模具。

柱塞式注射机的注射系统如图 2-2 所示。单螺杆往复式注射机的注射系统如图 2-3 所示。它们均由料斗、料筒、喷

嘴、加料计量装置及注射座组成。它们的结构和作用分别是：

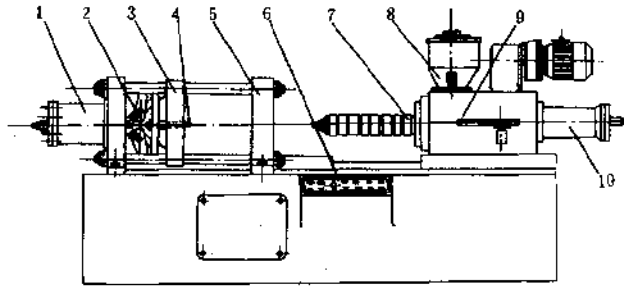


图 2-1 卧式注射机外形

1—锁模油缸 2—锁模机构 3—动模板 4—顶杆 5—定模板 6—
控制台 7—料筒及加热器 8—料斗 9—定量供料装置 10—注射缸

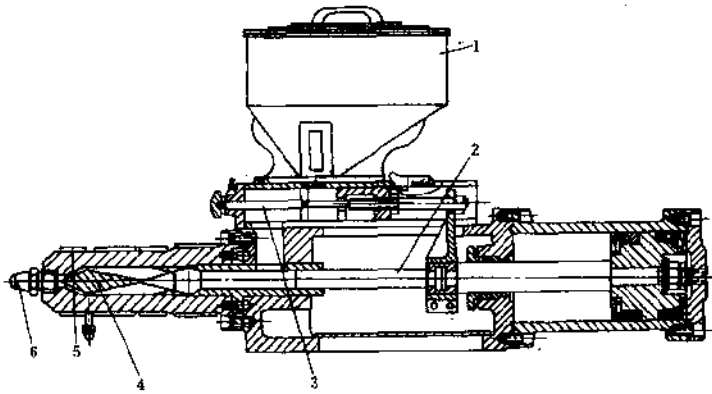


图 2-2 柱塞式注射机注射系统结构图

1—料斗 2—注射活塞 3—加料装置 4—分流梭 5—电热圈 6—喷嘴

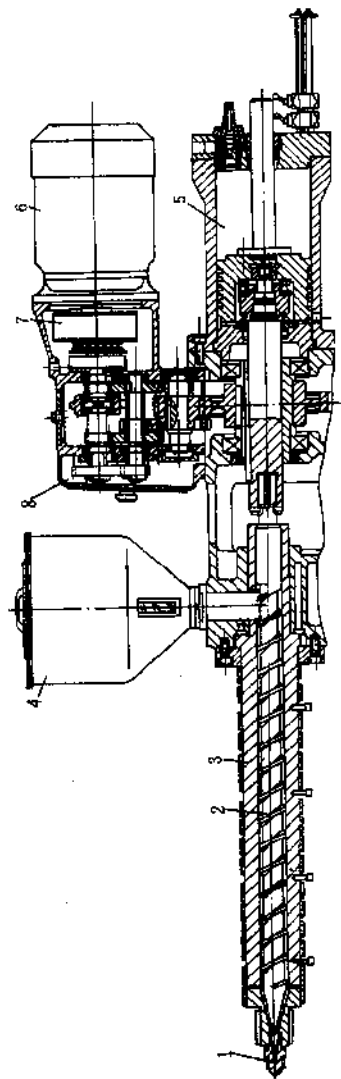


图 2-3 单螺杆往复式注射机的注射系统结构图
 1—喷嘴 2—螺杆 3—料筒 4—加料斗 5—注射油缸 6—电动机 7—液压离合器 8—齿轮变速箱

1) 料斗。它的外形呈漏斗状。由于它所处的位置较高,一般超过操作者的水平视线,因此,在料斗下部装一玻璃视窗,以观察料斗内的存料情况。料斗的容量并不需要太大,原因是存料过多会出现重新吸湿和较小颗粒或粉末从较大颗粒中沉积出来,影响加料。料斗的体积一般为注射机 1~2h 左右的用料即可。

2) 料筒。它的主要作用是加热熔化塑料,使之成为粘流态的流体。为了使塑料加热到预定的温度,料筒的外壁必须装有电热圈。在整个料筒上分成 2~3 个加热区,一般靠近料斗一端温度较低,靠近喷嘴一端温度较高。在每一加热区内装一热电偶并与恒温控制仪表相连接。料筒内壁的通道呈流线型,各转角处要采用大的圆弧过渡。料筒的材料应采用耐腐蚀的合金钢,淬火后镀铬,以保证在高温下不与塑料发生作用。

3) 喷嘴。喷嘴是起连接料筒和模具的桥梁作用。喷嘴的种类很多,有通用式、延伸式、弹簧针阀式等,其中通用式喷嘴使用较多。

4) 加料计量装置。每次从料斗进入料筒的塑料量,必须与每次从料筒内注射出去的塑料量(即塑件加上浇注系统的塑料量)相等。这样,才能控制塑料在料筒内的停滞时间,保证塑化均匀。为此,必须设加料计量装置。

柱塞式注射机的定积加料计量装置如图 2-4 所示。柱塞式注射机的定量加料器如图 2-5 所示。它的工作原理如下:

加料时,根据所需的注射量,调整好重锤 3 (或砝码),当盛料器 5 中没有塑料,或有塑料但没有达到所需的质量时,杠杆 2 处于水平位置。这时杠杆压合触点开关,使电磁铁 6 通电,振动器发生振动,从料斗 1 内落下的塑料进入盛

料器，当盛料器中的塑料达到所需量时，杠杆将失去平衡，离开触点开关，电磁铁因断电而停止工作。在柱塞退回时，支杆4向上顶出盛料器，塑料便落入料筒。此时，由于盛料器中没有塑料，于是杠杆又重新回到原来的水平位置，开始下一个加料过程。

单螺杆往复注射机是采用定积计量方法，即由螺杆预塑的行程来度量，只要调整限位开关控制预塑螺杆后退的总行程，以及控制好影响熔料密度的工艺条件（背压、塑化温度）等，就可实现高精度的计量。

5) 注射座。注射座是用来连接与固定塑化部件、注射油缸、移动油缸等的重要组件，

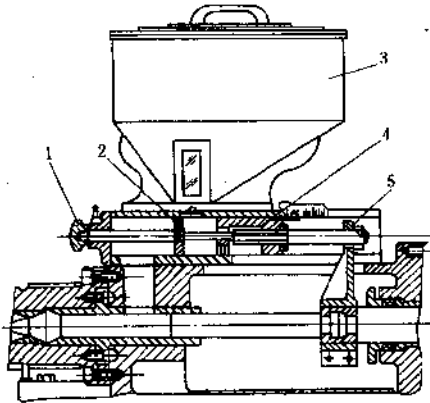


图 2-4 柱塞式注射机的定积加料计量装置图
1—调节螺母 2—固定板 3—料斗
4—推料板 5—传动臂

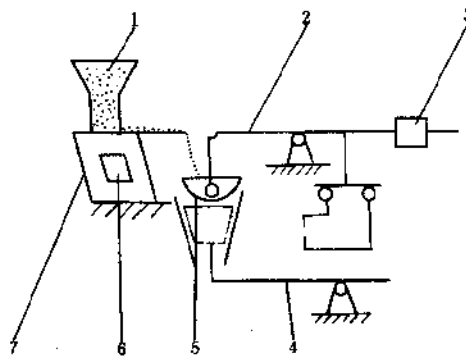


图 2-5 柱塞式注射机的定量加料器图
1—料斗 2—杠杆 3—重锤 4—支杆
5—盛料器 6—电磁铁 7—振荡器

是注射系统的安装基准。

(2) 锁模系统 在注射成形时, 熔融塑料通常以高压注射入模具型腔中, 因此, 模具必须具有足够的锁模压力, 否则就会使分型面离缝而产生塑件溢边或塑料喷出等现象。为了使锁模系统具有足够的锁模压力, 以及在开模和闭模的始末具备必要的缓冲作用, 注射机必须设有锁模机构。锁模机构大致可以分为下列三种基本类型: 全液压式锁模机构、全机械式锁模机构和液压—机械组合式锁模机构。

液压—机械组合式锁模机构的结构如图 2-6 所示。图中所示液压肘节式是最常见的。液压柱塞同第一肘节相连接, 并与支撑移动模板的第二肘节相结合装配。闭模时, 液压柱塞迅速向前移动, 直接推动装有模具的移动模板, 当模具将近闭合时, 肘节缓慢伸长, 起缓冲作用, 并撑住移动模板, 锁模压力直接由肘节承受, 因而, 运转自如, 锁模效果好。为减少肘节转动部分的磨损, 锁模系统设计有手动或自动输油润滑器, 定期给转动部件输送润滑油。这种结构的优点是肘节机构有自锁作用, 模具闭锁牢固; 模具启闭时间较短以及在接近闭模时锁模压力增大、锁模速度降低, 因此, 起缓冲作用。

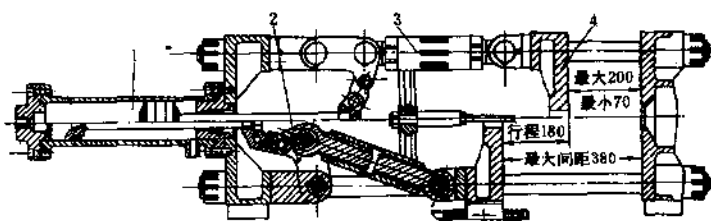


图 2-6 液压肘节式锁模机构图

1—操纵油缸 2—肘节机构 3—调节模具高度用螺母 4—移动模板

(3) 液压系统和电器控制系统 液压、电器系统是为了保证注射机按工艺过程的要求（压力、速度、时间、温度）和动作程序准确有效地进行工作而设置的动力和控制系统。

液压系统主要由各种液压元件和回路及其附属设备组成。电器控制则主要由各种电器和仪表组成。图 2-7 为一柱塞式注射机液压系统示意图。液压系统的主体传动是油泵将压力油送到两个四通滑阀，其中一个变换锁模系统的油流方向，使模具闭合或开启；另一个变换注射系统的油流方向，驱动柱塞注射或退回。

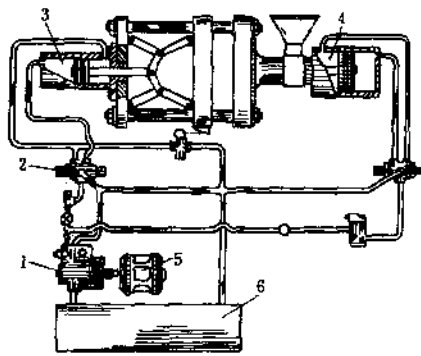


图 2-7 柱塞式注射机液压系统示意图

1—油泵 2—四通滑阀 3—移动油缸
4—注射油缸 5—电动机 6—油箱

四通滑阀大都用液压操纵（有时也用电磁铁操纵），因此，在液压系统中除主油路之外，还有由细油管组成的控制油路。控制油路中的油流方向由操纵开关控制。操纵开关由电磁铁或手动控制。由时间继电器控制操纵开关的电磁化时间可实现自动化操作。

45. 柱塞式注射机的注射模塑原理是什么？有哪些优缺点？

柱塞式注射机的注射模塑原理如图 2-8 所示。先由注射机的合模机构带动模具的动模部分与定模部分合模，如图

2-8b 所示。然后注射机的柱塞将塑料推进到加料筒中，使其熔融成粘流态。在高压下，高速地通过喷嘴和模具的浇注系统进入型腔。充满型腔的熔体在型腔中保压冷却定型。然后，柱塞复位，料斗中的塑料又落入料筒。合模机构带动动模部分把模具打开，由推件板把塑件由型芯 1 上推下，如图 2-8c 所示。

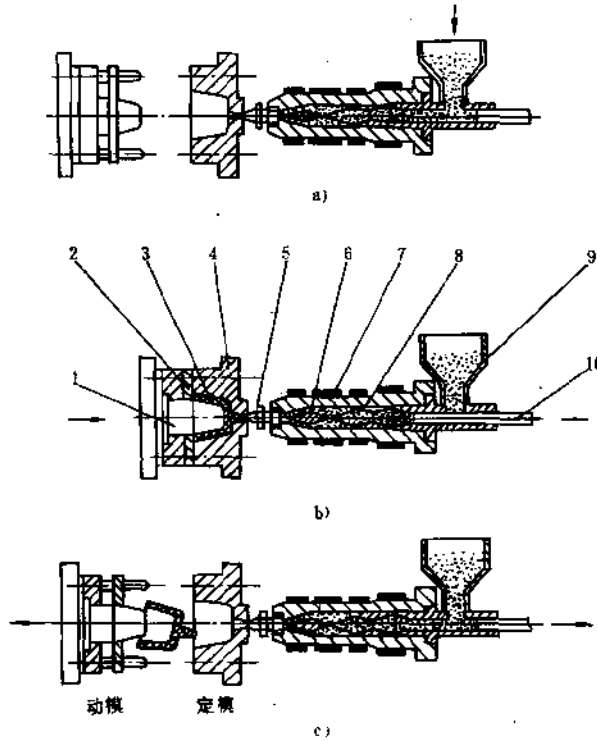


图 2-8 柱塞式注射机注射成型原理图

1—型芯 2—推件板 3—塑件 4—凹模 5—喷嘴
6—分流梭 7—加热器 8—料筒 9—料斗 10—柱塞

柱塞式注射机的结构比较简单是其优点，但它也存在塑化不均匀、注射压力损失大、注射量小（一般在60g以下）等缺点。

46. 螺杆式注射机的注射成型原理是什么？有哪些优缺点？

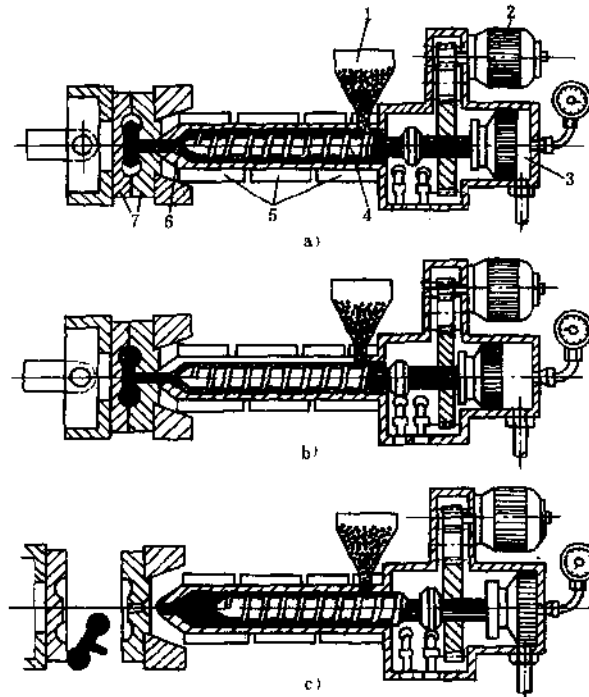


图 2-9 螺杆式注射机注射成型原理图

1—料斗 2—螺杆转动传动装置 3—注射油缸 4—螺杆
5—加热器 6—喷嘴 7—模具

螺杆式注射机的模塑原理如图 2-9 所示。先是动模部分和定模部分合模，接着注射油缸活塞推动螺杆按要求的注射压力和注射速度将已塑化好的塑料经喷嘴及模具的浇注系统射入型腔，如图 2-9a 所示。当塑料充满型腔后，螺杆继续对塑料保持一定的压力，促使塑料补充塑件冷却收缩所需之料，同时阻止塑料倒流，如图 2-9b 所示。经一定时间的保压后，注射油缸活塞压力消失，螺杆开始转动。这时，由料斗落入料筒的塑料在料筒中塑化。当模具型腔内的塑件冷却定型后，模具打开，在模具推出机构的作用下，塑件由模具型腔中脱出，如图 2-9c 所示。

与柱塞式注射机相比，螺杆式注射机的优点是，塑料在料筒内得到很好的塑化，塑件的质量较高；注射量大。缺点是价格比柱塞式注射机高。

47. 国产注射机合模部分的基本参数是什么？注射机型号及主要技术规格是什么？

几种国产注射机合模部分的参数如下。

- 1) XS-Z-60 塑料注射成形机合模参数如图 2-10 所示。
 - 2) XS-ZY-125 塑料注射成形机合模参数如图 2-11 所示。
 - 3) XS-ZY-1000 注射成形机合模参数如图 2-12 所示。
 - 4) SYS-30 立式注射机成形合模参数如图 2-13 所示。
- 注射机型号及主要技术规格见附录表 1。

常用注射机代号的含义是（以 XS-ZY-500 塑料注射机为例）：

- X——（成）形（机）；
- S——塑料；

Z——注射；
 Y——螺杆式；
 500——公称注射量 500cm^3 。

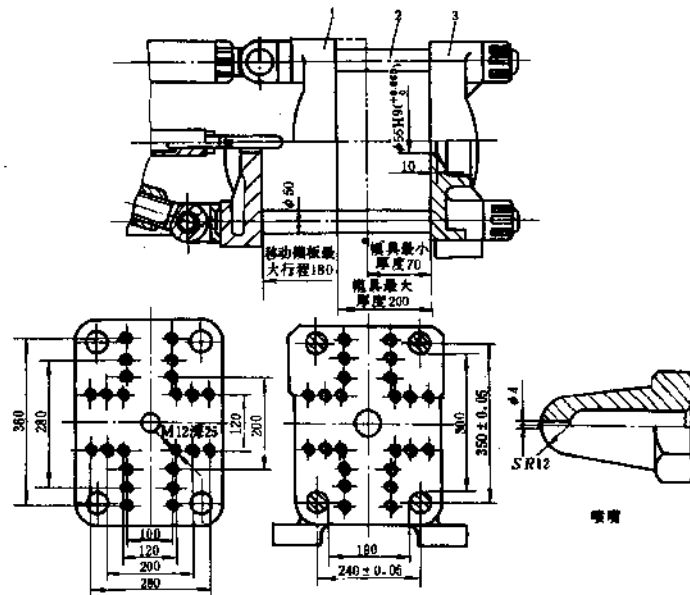


图 2-10 XS-Z-60 塑料注射成形机合模部分图

1—移动模板 2—拉杆 3—固定模板

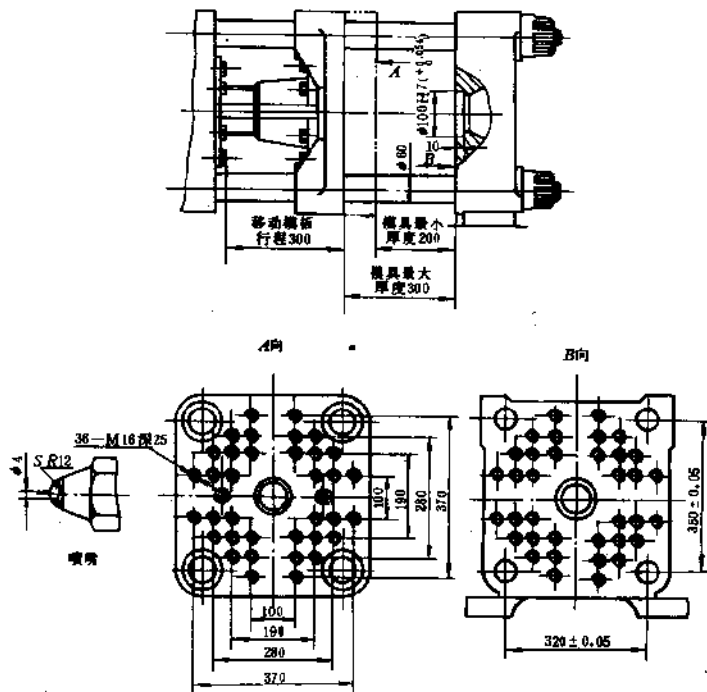


图 2-11 XS-ZY-125 塑料注射成形机合模部分图

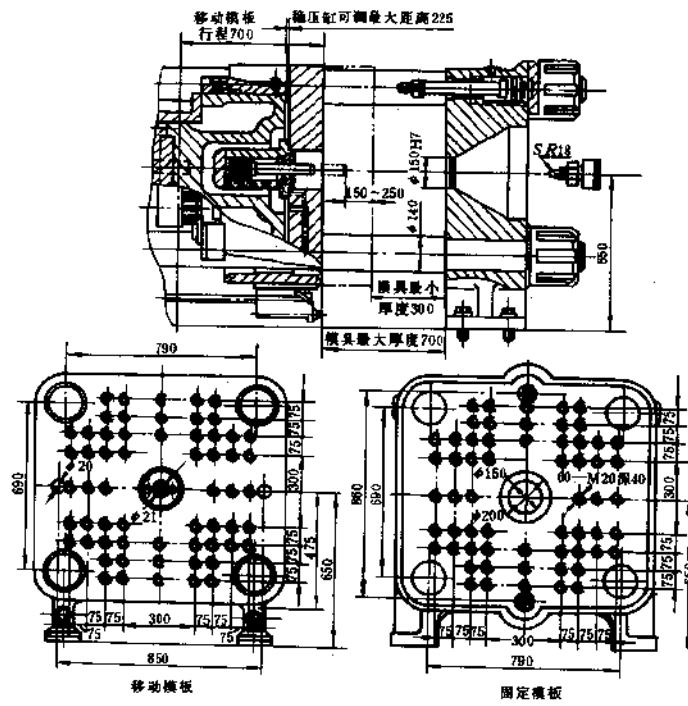


图 2-12 XS-ZY-1000 注射成形机合模部分图

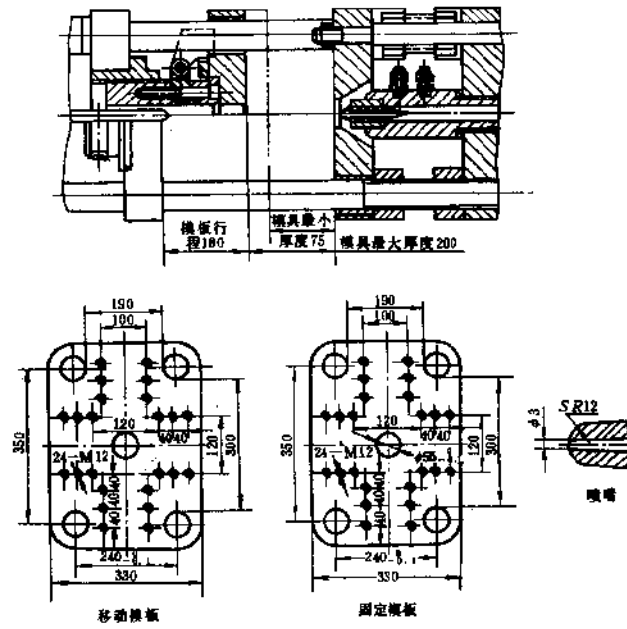


图 2-13 SYS-30 立式注射成形机合模部分图

第三章 注射模的设计

48. 注射模主要有哪几种结构? 在设计时应考虑哪些问题?

(1) 注射模的结构 注射模的结构是由注射机的形式和塑件的复杂程度等因素决定的。一般由动模和定模两部分组成。注射前动模和定模闭合形成形腔和浇注系统, 成形后动模和定模分开, 取出塑件。按照结构功能, 注射模由成形零部件、浇注系统、导向部分、分型抽芯机构、顶出装置、冷却、加热系统、排气系统等部分组成。按注射模的总体结构特征, 常用的注射模有以下几种。

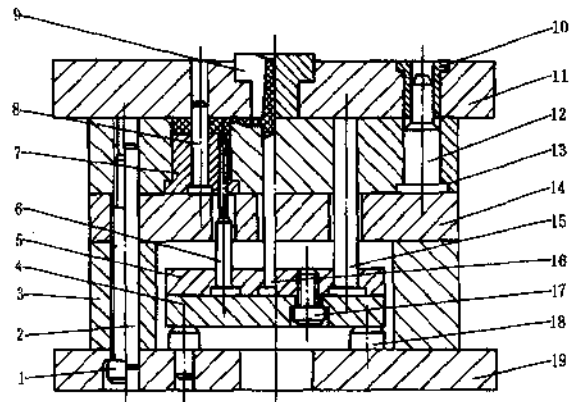


图 3-1 单分型面注射模

1—螺钉 2—圆柱销 3—垫块 4—推板 5—推杆固定板 6—推杆 7—镶块 8—型芯 9—浇口套 10—导套 11—定模座板 12—导柱 13—动模板 14—底板 15—回程杆 16—拉料杆 17—螺钉 18—挡钉 19—动模座板

1) 单分型面注射模, 如图 3-1 所示。它是注射模中最简单的一种。对于卧式或立式注射机用的单分型面注射模, 主浇道设在定模一侧, 分浇道设在分型面上, 开模后塑件连同浇注系统凝料一起留在动模一侧。动模上有顶出装置, 用于顶出塑件及浇注系统凝料。

2) 双分型面注射模 (三开模), 如图 3-2 所示。它有一个可移动的活动板 11。开模时活动板 11 与定模座板 12 作定距离分离, 以便取出两板间的浇注系统凝料。双分型面注射模主要用于点浇口进料的模具。

3) 带有活动镶件的注射模, 如图 3-3 所示。模具中有活动镶件 9、12。开模时塑件与活动镶件一块起模, 在模外进行分离。

4) 侧向分型抽芯注射模, 如图 3-4 所示。当塑件有侧孔或侧凹时采用此结构。当开模时, 利用开模力带动侧型芯作横向移动, 使塑件与侧型芯分离。

5) 定模带顶出装置的注射模, 如图 3-5 所示。一般注射模开模后塑件留在动模一侧。但在塑件有特殊要求时, 开模后塑件可留在定模一侧。此时, 顶出装置不能设在动模上而应设在定模上。图 3-5 中塑件 (塑料牙刷) 开模后留在定模上, 由动模一侧的拉板 8 带动定模一侧的起模板 7, 将塑件从凸模 (型芯) 11 上强制脱下。

(2) 设计注射模时应考虑的问题

- 1) 应了解所用塑料的性能。
- 2) 应了解成形塑件的用途, 对其进行工艺分析。
- 3) 应选择合理的分型面及浇口位置, 确定其浇注系统的形式。
- 4) 应考虑模具顶出机构的结构形式。

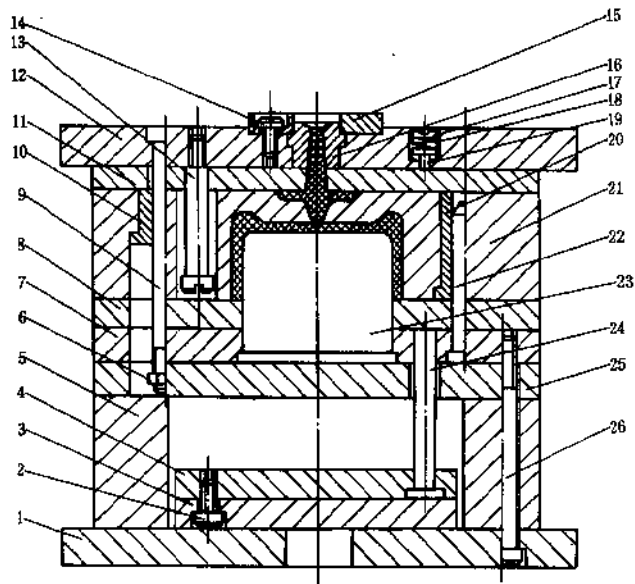


图 3-2 双分型面注射模

1—动模座板 2—螺钉 3—推板 4—推杆固定板 5—垫块 6—螺母
 7—型芯固定板 8—推件板 9—拉杆 10—导套 I 11—活动板 12—
 定模座板 13—定距螺钉 14—螺钉 15—定位圈 16—浇口套 17—
 螺塞 18—弹簧 19—推销 20—导套 II 21—型腔板 22—导柱 23—
 型芯 24—推杆 25—底板 26—螺钉

5) 有侧孔及侧凹时应考虑侧向分型抽芯机构。

6) 模具有关尺寸与所用注射机的关系，包括注射机的最大注射量、锁模力、装模部分的尺寸等。

7) 应考虑模具的排气系统、加热或冷却系统的设计。

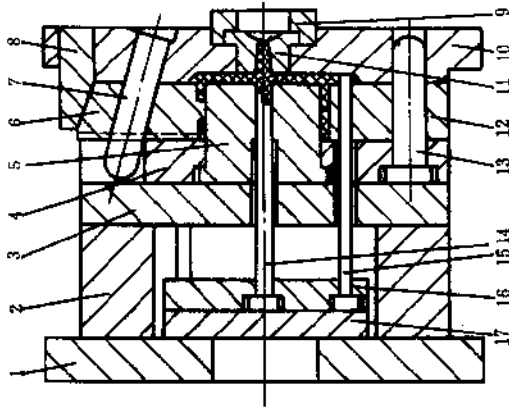


图 3-4 侧向分型抽芯注射模

- 1—动模底板 2—支架 3—动模垫板 4—固定板
- 5—型芯 6—侧型芯滑块 7—斜导柱 8—压紧楔形块
- 9—定位环 10—定模板 11—主流道衬套 12—动模板
- 13—导柱 14—拉料杆 15—顶杆 16—顶出杆固定板 17—顶出底板

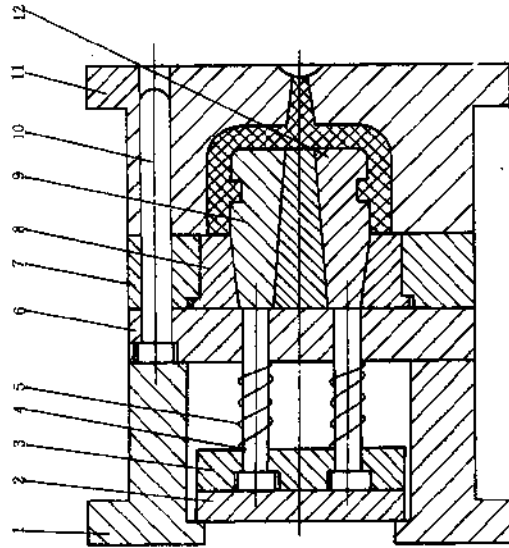


图 3-3 带活动零件的模具

- 1—垫块 2—推板 3—推杆固定板 4—推杆 5—弹簧
- 6—底板 7—动模板 8—活动零件套 9—活动零件1
- 10—导柱 11—定模板 12—活动零件2

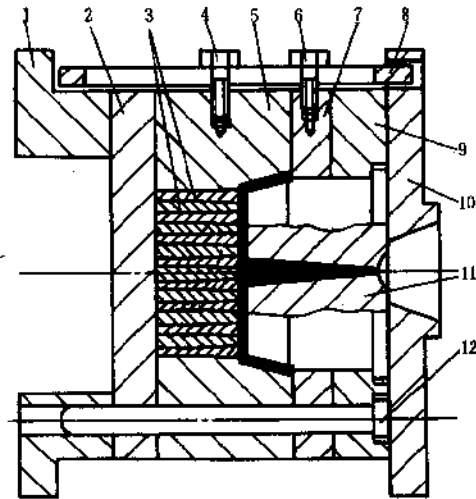


图 3-5 定模设顶出装置的注射模

1—模脚 2—动模垫板 3—成形镶片 4—螺钉 5—动模 6—螺销钉
7—脱模板 8—拉板 9—定模板 10—定模底板 11—凸模(型芯)
12—导柱

49. 双分型面注射模的动作原理是什么?

双分型面注射模亦称三开模，如图 3-6 所示。它的动作原理是，定距拉板 8 固定在定模座板 14 上，限位钉 10 固定在活动板 15 上。开模后在弹簧 11 的作用下，A 面首先分型。活动板 15 与定模座板 14 分开并随动模部分移动，把主浇道凝料从浇口套 13 中拉出。当限位钉 10 与定距拉板 8 长槽底部接触后，活动板 15 便停止移动，这时 B 面分型。因模内的塑件紧抱型芯 9，所以，塑件随型芯 9 继续移动，这时点浇口拉断。当动模部分移动到一定的位置时，注射机的顶杆推动推板 3，使与之固定在一起的推杆固定板 4 及推杆 2 运动，推动推件板 16 将塑件由型芯 9 上推出。

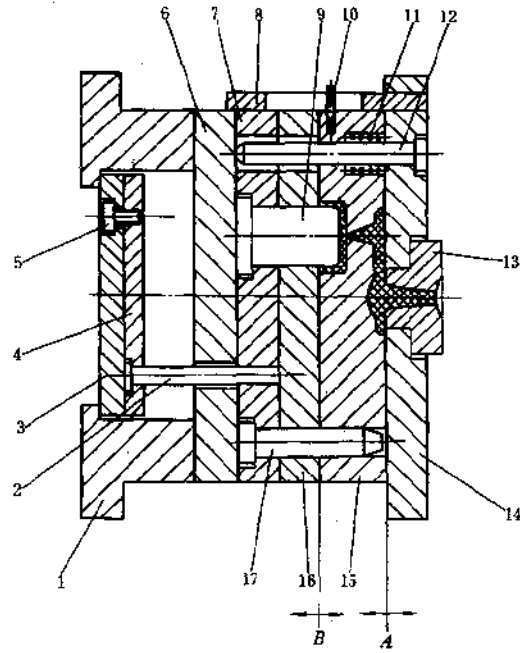


图 3-6 三开模的动作原理图

1—支座 2—推杆 3—推板 4—推杆固定板 5—螺钉 6—动模底板
7—型芯固定板 8—定距拉板 9—型芯 10—限位钉 11—弹簧
12—弹簧导柱 13—浇口套 14—定模座板 15—活动板 16—推件
板 17—导柱

50. 设计注射成形模如何校核注射压力?

注射机的最大注射压力应稍大于塑件所需的注射压力。

即

$$p_{机} \geq p_{件} \quad (3-1)$$

式中 $p_{机}$ ——注射机的最大注射压力 (Pa);
 $p_{件}$ ——塑件成型时所需的注射压力 (Pa)。

$\rho_{机}$ 见附表 1, $\rho_{件}$ 见附表 4。

51. 设计注射成形模如何校核注射量?

注射机的最大注射量应稍大于塑件的质量或体积 (其中包括浇注系统的凝料和飞边)。注射机一般的注射量最好控制在注射机最大注射量的 80% 以内。

1) 以最大注射体积标注时, 注射量的校核见公式(3-2)。

$$KV_{机} \geq V = \sum_{i=1}^n V_i + V_{浇} \quad (3-2)$$

式中 $V_{机}$ ——注射机的最大注射量 (cm^3);

V ——塑件的体积 (cm^3);

V_i ——一个塑件的体积 (cm^3);

n ——型腔数;

$V_{浇}$ ——浇注系统凝料的体积 (cm^3);

K ——注射机最大注射量的利用系数, K 取 0.8。

由于塑料的体积与压缩率有关, 所以, 所需塑料的体积为

$$V_{料} = K_{压} V \quad (3-3)$$

式中 $K_{压}$ ——压缩率, 可查表 3-1;

$V_{料}$ ——塑料的体积 (cm^3)。

表 3-1 某些热塑性塑料的体积质量及压缩率

| 塑料名称 | 体积质量 $\rho / (\text{g}/\text{cm}^3)$ | 压缩率 $K_{压}$ |
|-------|--------------------------------------|-------------|
| 高压聚乙烯 | 0.91~0.94 | 1.84~2.30 |
| 低压聚乙烯 | 0.940~0.965 | 1.725~1.909 |
| 聚丙烯 | 0.90~0.91 | 1.92~1.96 |
| 聚苯乙烯 | 1.04~1.06 | 1.90~2.15 |
| 硬聚氯乙烯 | 1.35~1.45 | 2.3 |

(续)

| 塑料名称 | 体积质量 $\rho / (\text{g}/\text{cm}^3)$ | 压缩率 $K_{\text{压}}$ |
|---------|--------------------------------------|--------------------|
| 软聚氯乙烯 | 1.16~1.35 | 2.3 |
| 尼龙 | 1.09~1.14 | 2.0~2.1 |
| 聚甲醛 | 1.4 | 1.8~2.0 |
| ABS | 1.0~1.1 | 1.8~2.0 |
| 聚碳酸酯 | 1.2 | 1.75 |
| 醋酸纤维素塑料 | 1.24~1.34 | 2.40 |
| 聚丙烯酸酯塑料 | 1.17~1.20 | 1.8~2.0 |

2) 以最大注射量标注时, 注射量的校核见公式 (3-4)。

$$Km_{\text{机}} \geq m = \sum_{i=1}^n m_i + m_{\text{浇}} \quad (3-4)$$

式中 $m_{\text{机}}$ ——注射机的最大注射量 (g);

m ——塑件的质量 (g);

m_i ——一个塑件的质量 (g);

n ——型腔数;

K ——注射机最大注射量的利用系数, K 取 0.8;

$m_{\text{浇}}$ ——浇注系统凝料的质量 (g)。

上式计算中, 注射机的最大注射量是以成形聚苯乙烯为标准而规定的。当成形其他塑料时, 注射量的校核见公式 (3-5)。

$$m'_{\text{机}} = m_{\text{机}} \frac{\rho}{\rho_0} \quad (3-5)$$

式中 $m'_{\text{机}}$ ——成形其他塑件时注射机的最大注射量 (g);

$m_{\text{机}}$ ——注射机规定的最大注射量 (g);

ρ ——其他塑料在常温下的体积质量 (g/cm^3);

ρ_0 ——聚苯乙烯在常温下的体积质量 (g/cm^3), $\rho_0 = 1.04 \sim 1.06 \text{g}/\text{cm}^3$ 。

52. 在设计注射成形模时, 如何校核锁模力? 如何确定模内型腔数?

(1) 锁模力的校核 锁模力(合模力)是注射机的合模装置对模具最大的夹紧力, 其作用是防止注射成形时模具分型面张开。其计算方法见公式(3-6)。

$$F_{\text{机}} \geq K_1 p A_{\text{分}} \quad (3-6)$$

或 $F_{\text{机}} \geq p_{\text{模}} A_{\text{分}}$

式中 $F_{\text{机}}$ ——注射机的公称锁模力 (N);

$p_{\text{模}}$ ——型腔内熔体的压力 (Pa), 查表 3-2;

$A_{\text{分}}$ ——型腔及浇注系统在分型面上的投影面积之和 (m^2);

p ——注射机的柱塞或螺杆施加于塑料上的压力 (Pa), 查附录表 1;

K_1 ——压力损耗系数, 一般取 $1/3 \sim 1/2$ 。

(2) 模内型腔数的确定

1) 按注射机的最大注射量确定型腔数, 见公式(3-7)。

$$n = \frac{K m_{\text{机}} - m_{\text{浇}}}{m_i} \quad (3-7)$$

式中 $m_{\text{机}}$ ——注射机最大注射量 (g);

m_i ——1 个塑件的质量 (g);

$m_{\text{浇}}$ ——浇注系统凝料的质量 (g);

K ——注射机最大注射量的利用系数, K 取 0.8。

2) 按注射机的锁模力确定型腔数, 见公式(3-8)。

表 3-1;

$$n = \frac{F_{机} - p_{单} A_{浇}}{p_{单} A_i} \quad (3-8)$$

式中 $F_{机}$ ——注射机的公称锁模力 (N);

$p_{单}$ ——单位投影面积上所需的锁模力 (Pa), $p_{单} =$

Kp , $K=0.25\sim 0.5$, p 同公式 (3-6);

$A_{浇}$ ——浇注系统在分型面上的投影面积 (m^2);

A_i ——1 个型腔在分型面上的投影面积 (m^2)。

表 3-2 模内的平均压力

| 塑件特点 | 模内平均压力 $p_{模}$ /MPa | 举 例 |
|--------------------|------------------------|--------------------------------|
| 容易成形塑件 | 24.5 | PE、PP、PS 等壁厚均匀的日用品、容器类制品 |
| 一般塑件 | 29.4 | 在模温较高下, 成形薄壁容器类型件 |
| 中等粘度塑料和有精度要求的塑件 | 34.3 | ABS、PMMA 等有精度要求的工程结构件, 如壳体、齿轮等 |
| 加工高粘度塑料、高精度、充模难的塑件 | 39.2 | 用于机器零件上高精度的齿轮、凸轮等 |

53. 注射成形机的喷嘴与注射成形模的主浇道衬套有什么关系?

为了保证注射成形时主浇道衬套处不积存熔料, 便于主浇道凝料的起模, 模具的主浇道衬套与注射机的喷嘴应具有公式 (3-9)、公式 (3-10) 的关系, 如图 3-7 所示。

$$R = r + (1\sim 2) \quad (3-9)$$

$$D = d + (0.5\sim 1) \quad (3-10)$$

式中 R ——模具主流道衬套始端的球面半径 (mm);
 r ——注射机喷嘴前端的球面半径 (mm);
 D ——模具主流道衬套的小端直径 (mm);
 d ——注射机喷嘴前端的孔径 (mm)。

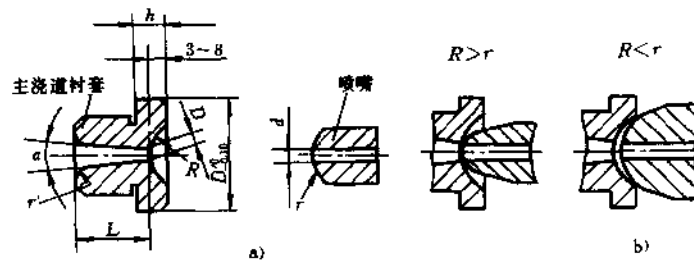


图 3-7 注射机喷嘴与模具主流道衬套的关系
 a) 合理 b) 不合理

54. 注射机的固定模板定位孔与注射模定位圈有什么关系?

注射模的定位圈凸出定模座板部分的径向名义尺寸与注射机的固定模板定位孔的径向名义尺寸相同, 两者呈 H9/f9 配合。而其模具定位圈高出定模座板的高度的计算见公式 (3-11)。

$$h_{\text{圈}} = h_{\text{孔}} - (1 \sim 2) \quad (3-11)$$

式中 $h_{\text{圈}}$ ——注射模定位圈凸出定位座板的高度 (mm);
 $h_{\text{孔}}$ ——注射机的固定模板定位孔的深度 (mm)。

55. 注射机的装模空间与注射模的轮廓尺寸有什么关系?

注射机的装模空间与注射模的轮廓尺寸之间应满足公式

(3-12) 的关系。

$$H_{\min} \leq H \leq H_{\max} \quad (3-12)$$

式中 H ——注射模的闭合高度 (mm);

H_{\max} ——注射机的最大闭合高度 (mm);

H_{\min} ——注射机的最小闭合高度 (mm)。

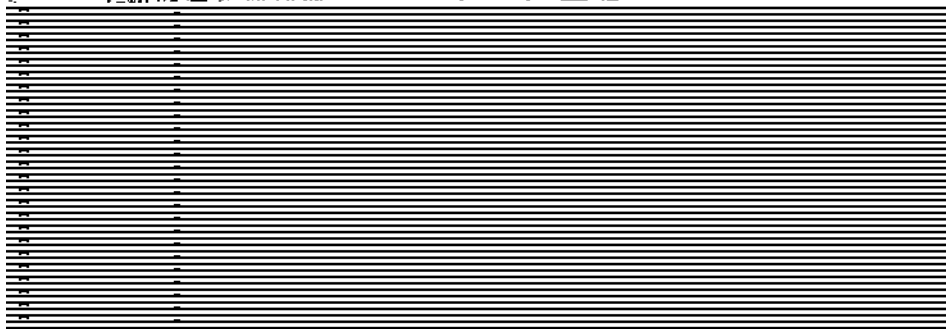
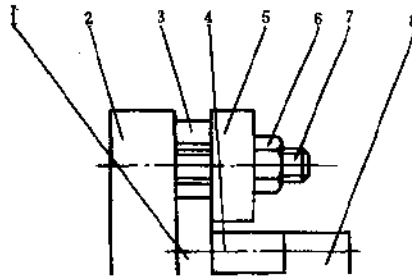
此外, 注射模的外形尺寸应小于注射机拉杆之间的距离, 以便模具的安装。同时, 注射模的外形尺寸还应考虑用压板把模具安装在注射机的移动模板及固定模板上的安装尺寸。

56. 注射模在注射机上的安装有哪几种紧固方式?

注射模的定模部分安装在注射机的固定模板上; 而动模部分安装在注射机的移动模板上, 主要采用下述两种紧固方式。

(1) 螺钉紧固

采用此种紧固方式应注意模具座板上 (动、定模座板) 孔的位置及尺寸应和注射机移动模板上或固定模板



螺钉和压板的数目动、定模各用2~4个。

57. 如何校核注射机的开模行程与顶出装置?

注射机的开模行程必须大于取出塑件所需的开模距离,这样才能把塑件由模具内取出。

(1) 注射机最大开模行程与模具厚度无关 它的行程大小由注射机连杆机构(或移模缸)的最大冲程决定。这主要是指液压机械联合作用的合模机构的注射机,如XS-Z-30、XS-Z-60、XS-ZY-125、XS-ZY-350、XS-ZY-500、XS-ZY-1000和G54-S200等。

1) 单分型面注射模,如图3-9所示,其开模行程的校核见公式(3-13)。

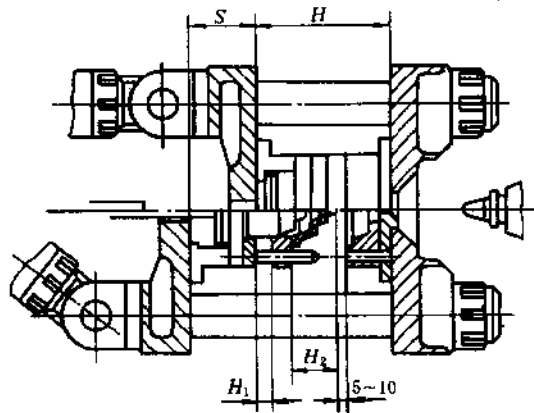


图 3-9 单分型面模具开模行程的校核

$$S \geq H_1 + H_2 + (5 \sim 10) \quad (3-13)$$

式中 S ——注射机的最大开模行程 (mm);

H_1 ——塑件推出距离 (mm);

H_2 ——塑件高度 (mm)。

2) 双分型面注射模, 如图 3-10 所示。开模行程的校核见公式 (3-14)。

$$S \geq H_1 + H_2 + a + (5 \sim 10) \quad (3-14)$$

式中 a ——取出浇注系统凝料所需的定模座板与中间板分开的距离 (mm)。

其余符号见公式 (3-13)。

(2) 注射机最大开模行程与模具厚度有关 这主要是指 90° 角式注射机, 如 SYS-20、SYS-45 等及全液压合模机构的注射机, 如 XS-ZY-250。

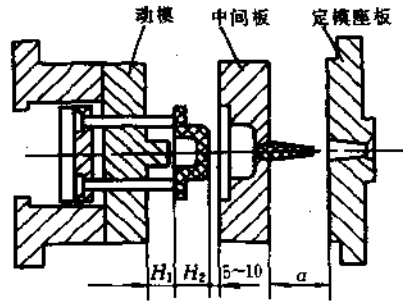


图 3-10 双分型面注射模开模行程的校核

1) 单分型面注射模, 如图 3-11 所示, 其开模行程的校核见公式 (3-15)。

$$S_{机} \geq H + H_1 + H_2 + (5 \sim 10) \quad (3-15)$$

式中 $S_{机}$ ——注射机固定模板与移动模板之间的最大距离 (mm);

H ——模具的闭合高度 (mm);

H_1 ——塑件推出高度 (mm);

H_2 ——塑件高度 (mm)。

2) 双分型面注射模, 开模行程的校核见公式 (3-16)。

$$S_{机} \geq H + H_1 + H_2 + a + (5 \sim 10) \quad (3-16)$$

式中 a ——取出浇注系统凝料所需的定模座板与中间板分开的距离 (mm)。
其余见公式 (3-15)。

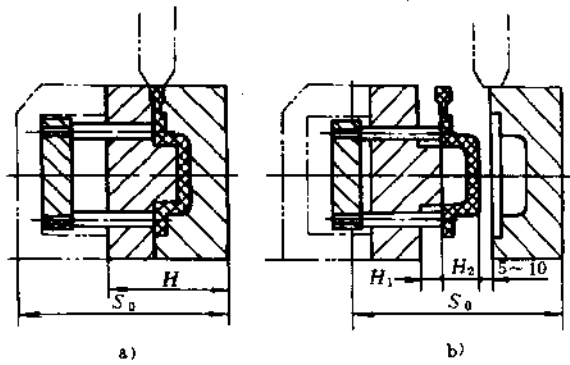


图 3-11 注射机开模行程与模具闭合有关时开模行程校核
a) 闭模 b) 开模

(3) 有侧向抽芯时开模行程的校核 模具的侧向抽芯多采用斜导柱侧向分型和抽芯机构来完成, 其结构如图 3-12 所示。其开模行程的校核见公式 (3-17)、公式 (3-18)。

1) 当 $H_4 > H_1 + H_2$ 时:

$$S \geq H_4 + (5 \sim 10) \quad (3-17)$$

式中 H_4 ——完成侧向抽芯距离 $S_{抽}$ 所需的开模距离 (mm)。

S ——有侧向抽芯时的开模行程 (mm);

H_1 ——塑件的推出高度 (mm);

H_2 ——塑件高度 (mm)。

2) 当 $H_4 < H_1 + H_2$ 时:

$$S \geq H_1 + H_2 + (5 \sim 10) \quad (3-18)$$

式中符号均同公式 (3-17)。

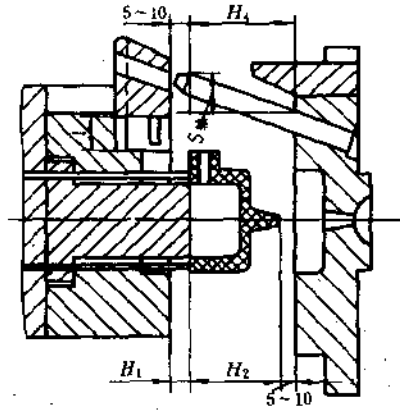


图 3-12 有侧向抽芯时开模行程校核

58. 注射模的普通浇注系统由哪几部分组成？各部分的确切位置在哪里？

注射模的普通浇注系统由主浇道、分浇道、浇口、冷料穴四部分组成。它们的确切位置如图 3-13 所示。

1) 主浇道：从注射机的喷嘴与模具接触的部分起到分浇道为止的一段流道。

2) 分浇道：从主浇道的末端到浇口为止的一段浇道。

3) 浇口：从分流

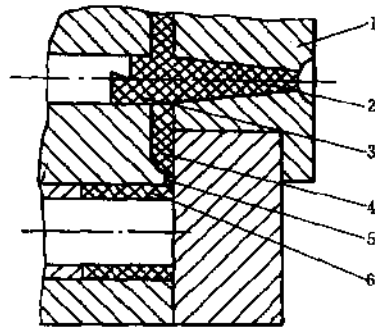


图 3-13 普通浇注系统

1—主浇道衬套 2—主浇道 3—冷料穴
4—分浇道 5—浇口套 6—型腔

道的末端到模具型腔为止的一段狭窄的浇道。

4) 冷料穴：一般设为主浇道末端的对面，有时也设在分浇道的末端。

59. 如何设计普通浇注系统的主浇道？

普通浇注系统的主浇道，如图 3-14 所示。

设计主浇道应遵循以下原则。

1) 主浇道一般位于模具中心线上，需与注射机的喷嘴轴线相重合。

2) 在卧式和立式注射机中，主浇道轴线应垂直于分型面。为了便于主浇道凝料的脱出，主浇道应设计成圆锥形，其锥角为 $2^\circ \sim 6^\circ$ ，小端直径 $D > d + (0.5 \sim 1\text{mm})$ (d 是注射机喷嘴孔的直径)。主浇道内壁的

表面粗糙度 R_a 值小于 $0.4\mu\text{m}$ 。

3) 主浇道的长度一般应小于 60mm 。

4) 主浇道大端与分浇道相接部分应采用圆弧过渡，圆角半径 $r = 1 \sim 3\text{mm}$ 。

5) 由于主浇道要与高温塑料流首先接触，同时，要与注射机的喷嘴频繁接触而发生碰撞，容易损坏，所以，一般要设计主浇道衬套固定于定模座板内。主浇道衬套的结构如

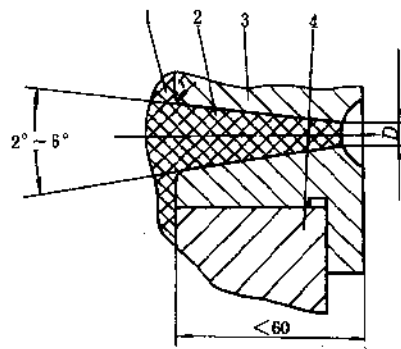


图 3-14 普通浇注系统的主浇道
1—分浇道 2—主浇道 3—主浇道衬套
4—定模座板

图 3-15 所示。

6) 主浇道衬套的硬度要低于注射机喷嘴的硬度。

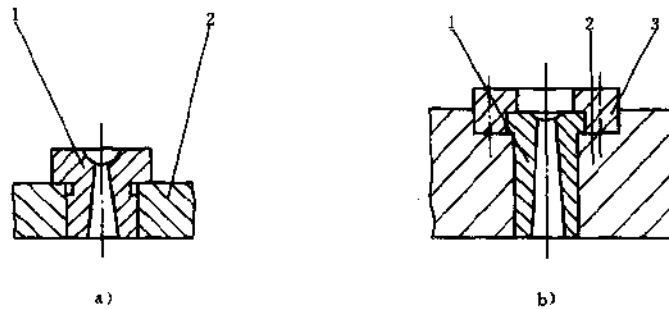


图 3-15 主浇道衬套的结构

a) 一般结构 b) 带定位圈的结构

1—主浇道衬套 2—定模座板 3—定位圈

60. 如何设计普通浇注系统的分浇道?

单型腔模一般不设分浇道,多型腔模一般均应设计分浇道。分浇道的设计应遵照以下各点进行。

1) 从主浇道来的熔融塑料能均衡地以最短的流程到达各浇口并同时充满各型腔。型腔和分浇道的排列有平衡式和非平衡式两种,如图 3-16 及图 3-17 所示。平衡式的特点是各分浇道的长度、截面形状和尺寸均相同。因此,设计时最好采用平衡式。

2) 分浇道一般只开设在动模或定模一边。

3) 在考虑型腔与分浇道布置时,最好使型腔和分浇道在分型面上的总投影面积的几何中心和锁模力的中心相重合。

4) 分浇道内壁的表面粗糙度 R_a 取 $1.6\mu\text{m}$,这样,分浇道外层料流较内层料流的流速低,容易冷却而形成保温层。

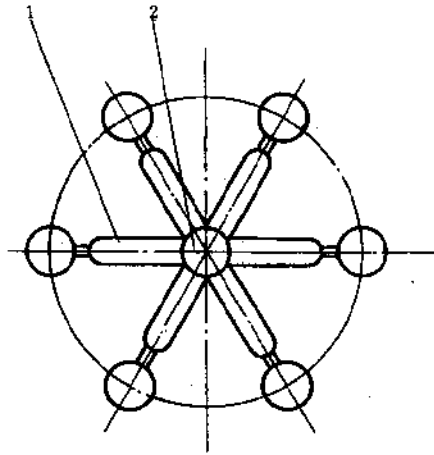


图 3-16 平衡式分布的分浇道
1—分浇道 2—主浇道

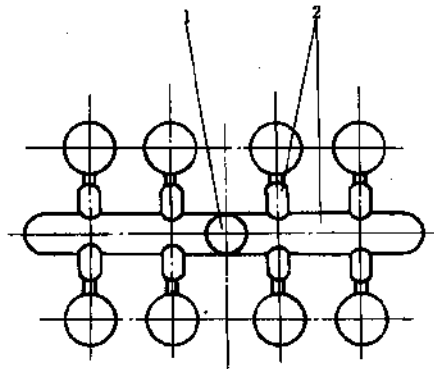


图 3-17 非平衡式分布的分浇道
1—主浇道 2—分浇道

5) 常见的分浇道的截面形状如图 3-18 所示。其中，梯形截面分浇道是最常采用的，其尺寸选取参见表 3-3。

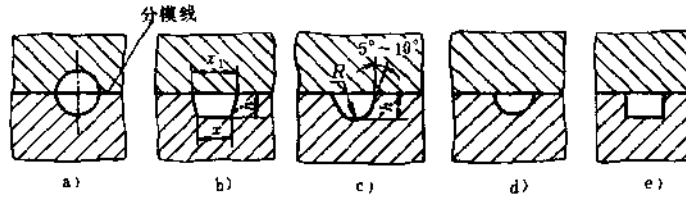


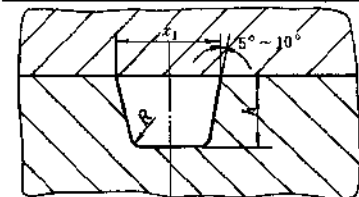
图 3-18 分浇道横截面形状

a) 圆形 b) 梯形 c) U形 d) 半圆形 e) 矩形

表 3-3 常用分浇道的横截面及其尺寸 (mm)

| | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----|---|-------|----|-------|------|-----|----|
| | <i>d</i> | 5 | 6 | (7) | 8 | (9) | 10 | 11 | 12 |
| | <i>R</i> | 2.5 | 3 | (3.5) | 4 | (4.5) | 5 | 5.5 | 6 |
| | <i>h</i> | 6 | 7 | (8.5) | 10 | (11) | 12.5 | 13 | 15 |
| | <i>x₁</i> | 5 | 6 | (7) | 8 | (9) | 10 | 11 | 12 |

(续)



| | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-------|-----|-------|-----|-----|-----|
| R | 1~5 | 1~5 | (1~5) | 1~5 | (1~5) | 1~5 | 1~5 | 1~5 |
| h | 3.5 | 4 | (4.5) | 5 | (6) | 6.5 | 7 | 8 |

注：表中带括号的尺寸不推荐采用。

6) 分浇道与浇口的连接形式如图 3-19 所示。

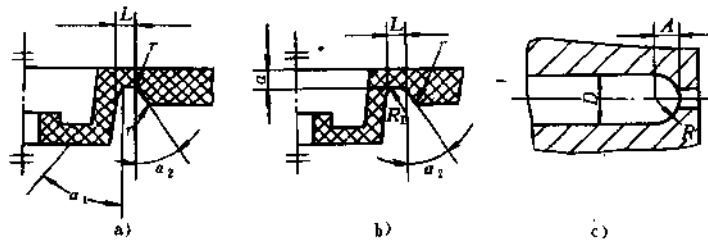


图 3-19 分浇道与浇口的连接形式

a) 斜面连接 b) 圆弧连接 c) 宽度方向连接

61. 浇口的基本作用是什么？浇口位置的选择原则是什么？

浇口是浇注系统中截面最小的部分。当熔融的塑料流通过浇口时，流速加快，同时，由于摩擦作用，塑料流的温度升高、粘度降低，流动性提高，有利于充满型腔。所以，浇口的表面粗糙度 R_a 值不大于 $0.4\mu\text{m}$ 。浇口的大小对塑件是否成形和成形后的质量有很大关系。所以，在设计浇口尺寸时应选

择偏小者,通过试模,根据实际成形情况,逐步修改增大。

浇口位置的选择有以下原则:

1) 浇口设置在正对型腔壁或粗大型芯的方位,使高速料流直接冲击在型腔壁或型芯壁上,从而改变流向,降低流速,平稳地充满型腔,可避免熔体破裂现象,消除塑件上明显的熔接痕,如图3-20所示。

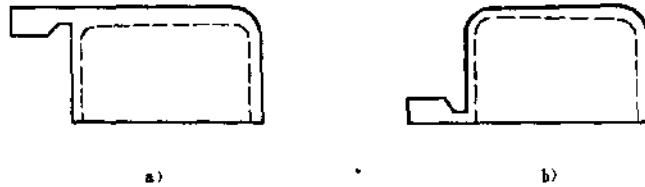


图3-20 冲击浇口克服熔体喷射现象

a) 浇口未冲击型芯 b) 浇口冲击型芯

2) 浇口的位置应开设在塑件截面最厚处,以利于熔体填充及补料,如图3-21所示。图3-21a的浇口开在薄壁处,由于塑件厚薄不均匀,收缩时得不到补料,塑件会出现凹痕等缺陷;图3-21b的浇口选在厚壁处,浇口处冷却较慢,塑件内部容易得到补料,故不易出现凹痕等缺陷。

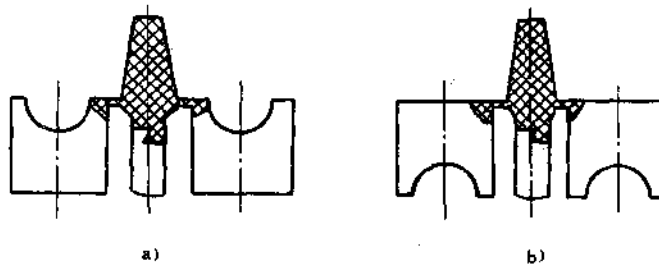


图3-21 浇口位置对塑件收缩的影响

a) 浇口开在薄壁处 b) 浇口开在厚壁处

3) 浇口的位置应使熔体流程最短, 流向变化最小, 能量损失最小, 如图 3-22 所示。图 3-22a 为侧浇口, 其流程长, 流向变化多, 气体不易排出; 往往造成顶部缺料或产生气泡。图 3-22b、c 均为中心进料, 流程短, 有利排气, 避免产生熔接痕。

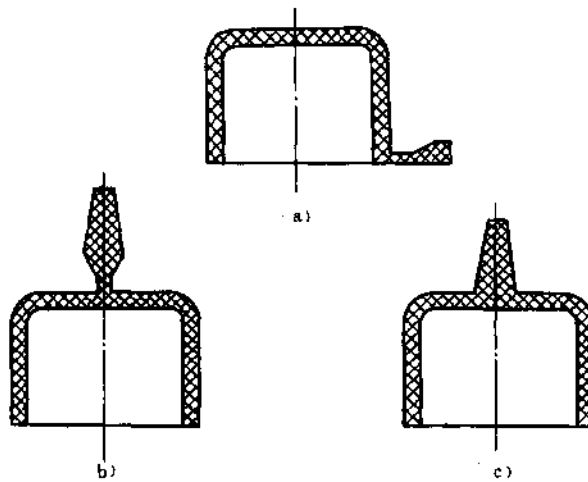


图 3-22 浇口位置对填充的影响

a) 侧浇口 b) 点浇口 c) 直接浇口

4) 浇口的位置应有利于型腔内气体的排出。若进入型腔的塑料过早地封闭排气系统, 型腔内的气体就不能顺利排出。故在型腔最后充满处应设排气槽。

5) 避免塑件产生熔接痕。产生熔接痕的原因有以下几方面。

① 浇口数量多, 产生熔接痕的可能就大, 如图 3-23 所示。所以在无特殊需要时, 最好不要设两个以上浇口。

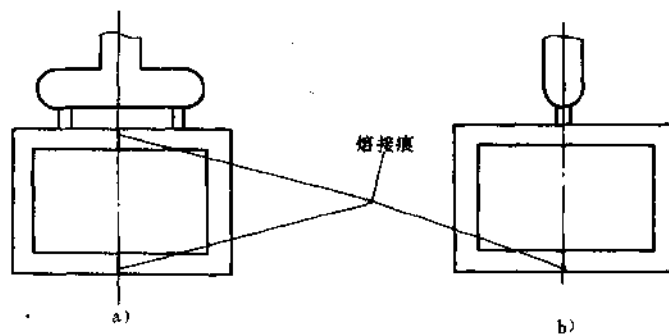


图 3-23 浇口数量对熔接痕数量的影响

a) 两个浇口 b) 1个浇口

②浇口位置选择不当，也容易产生熔接痕，如图 3-24 所示。图中塑件为一齿轮，一般不允许有熔接痕，特别是在齿形部分。采用侧浇口时，易产生熔接痕，并且去除浇口时容易损伤齿形。采用中心浇口，不但不会产生熔接痕，而且在去除浇口时不易损伤齿形。所以，在选择浇口位置时应使熔料流从主浇道到型腔各处的流程差不多一样。

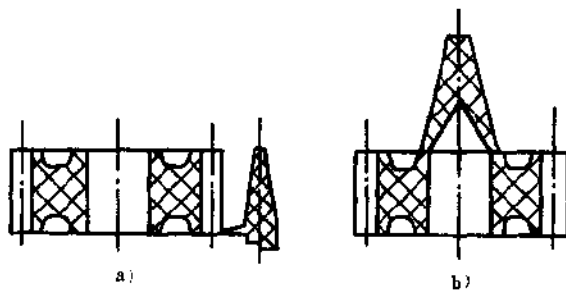


图 3-24 齿轮类塑件的浇口位置

a) 侧浇口 b) 中心浇口

③模具设计时在熔接处的外侧开设溢料槽，以便料流前面的冷料先进入溢料槽，如图 3-25 所示。这样也可以避免产生熔接痕。

6) 防止料流将型芯或嵌件挤压变形。特别是具有细长型芯的筒形塑件，应避免偏心进料，以防型芯弯曲，如图 3-26 所示。图 3-26a 采用侧浇口一

侧进料，料流单边冲击型芯，使型芯偏斜，导致塑件壁厚不均匀。图 3-26b 为改两侧进料，防止了型芯偏斜，但两者均不利于排气。图 3-26c 采用点浇口顶部进料，既可防止型芯偏斜，又有利于型腔内气体的排出。

7) 浇口位置应尽量避免由于高分子定向作用造成的不利影响，利用高分子定向作用产生的有利影响。

如图 3-27 所示，注塑一带有金

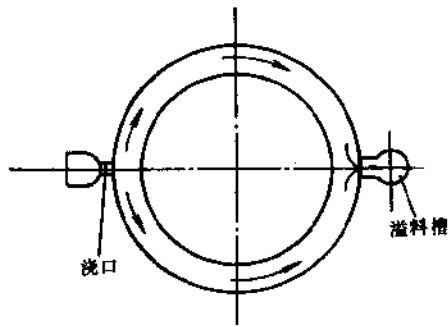


图 3-25 开设冷料槽以增加熔接强度

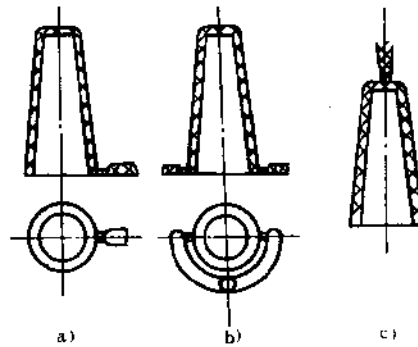


图 3-26 改变浇口位置防止型芯变形
a) 一侧进料 b) 两侧进料 c) 顶部中心进料

属镶嵌件的聚苯乙烯塑件，如果浇口设在 A 处，则高分子定向作用力和塑料流对镶嵌件产生的切向拉应力相垂直，塑件可能在镶嵌件四周开裂，如果浇口设在 B 处，则高分子定向作用力与塑件成型收缩对金属镶嵌件形成的切向拉力相一致，则塑件不易破裂。

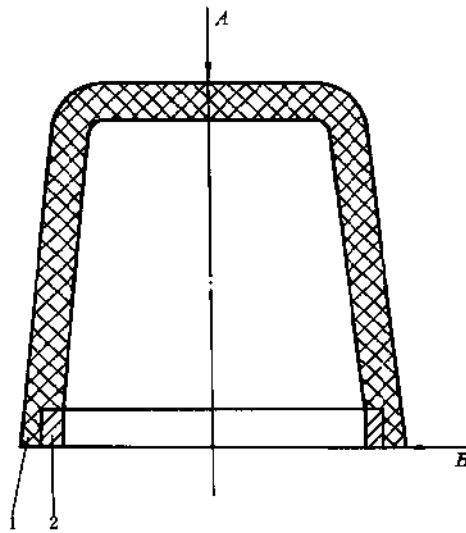


图 3-27 浇口位置对定向作用的影响
1—塑件 2—镶嵌件

62. 直接浇口的结构形式如何？有什么优缺点？

直接浇口的结构形式如图 3-28 所示。

(1) 直接浇口的优点

- 1) 从注射机喷嘴来的熔融塑料直接通过浇口进入型腔，所以，流程短，压力损耗小，保压补缩作用强。
- 2) 模具结构简单、成本低。

3) 浇注系统耗料少。

(2) 直接浇口的缺点

1) 清除浇口不便。同时，塑件上有明显的浇口痕迹，影响塑件表面美观。

2) 浇口部位热量集中，内应力大，易产生气孔及缩孔等缺陷。

直接浇口一般是单型腔模具，适用于成形深腔的壳形和箱形塑件。

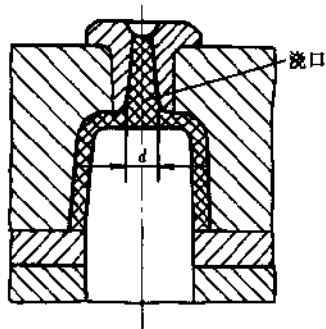


图 3-28 直接浇口

63. 点浇口的结构形式如何？有什么优缺点？

点浇口的结构形式如图 3-29 所示，其尺寸如图 3-30 所示。

(1) 点浇口的优点

1) 熔融塑料流通过浇口时流速增高，加上摩擦力的作用，塑料流的温度升高，这样，能获得外形清晰，表面光泽的塑件。

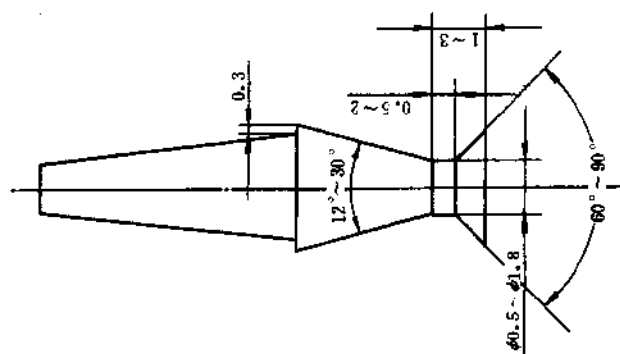


图 3-30 点浇口的尺寸

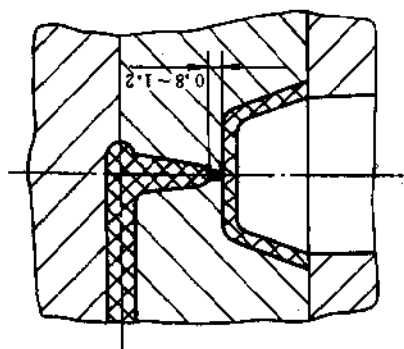


图 3-29 点浇口

2) 开模后点浇口可自动拉断, 有利于自动化操作。去除浇口以后, 塑件上留下的痕迹不明显, 不影响塑件表面的美观。

(2) 点浇口的缺点

1) 注射压力损失较大, 对塑件成形不利。

2) 模具结构较复杂, 一般采用双分型面模具(三开模)才便于脱出浇道凝料。

3) 由于浇口附近的流速过高, 造成分子高度定向, 增加局部应力, 易发生开裂现象。为此必须采取如图 3-31 所示的补救方法。即在不影响塑件使用的前提下, 加大浇口对面塑件的壁厚, 并使其呈圆弧过渡。

4) 大型塑件采用一个点浇口时易产生翘曲变形。故应采用几个点浇口同时进料, 如图 3-32 所示。

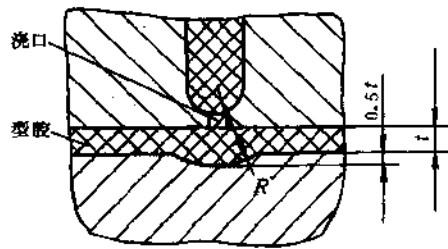


图 3-31 薄壁塑件用点浇口

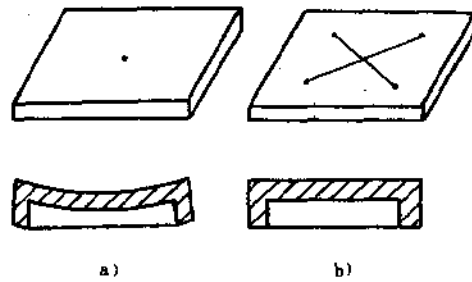


图 3-32 设置多浇口以减小变形

a) 一个点浇口 b) 多个点浇口

64. 潜伏式浇口的结构形式如何？有什么优缺点？

潜伏式浇口的结构如图 3-33 所示。

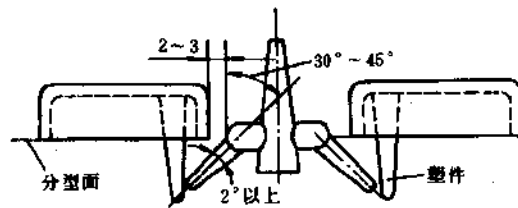


图 3-33 潜伏式浇口

(1) 潜伏式浇口的优点

- 1) 潜伏式浇口一般设在塑件侧面较隐蔽处，所以，不影响塑件的美观。
- 2) 塑件成形后顶出时浇口与塑件自动拉断，所以，易实现生产自动化。

(2) 潜伏式浇口的缺点 由于潜伏式浇口潜入分型面的下面，沿斜向进入型腔，所以，给加工带来一定的困难。

65. 侧浇口的结构形式如何？有什么优缺点？

侧浇口的结构形式如图 3-34 所示。

(1) 侧浇口的优点

- 1) 侧浇口一般开设在模具的分型面上，截面形状为矩形，容易加工，是广泛采用的一种浇口形式。
- 2) 侧浇口可以根据塑件的形状特点和充模需要，灵活地选择浇口位置。如框形或环形塑件可以设在外侧或内侧。
- 3) 侧浇口一般适用于多型腔模具，一模出多件，大大提高劳动生产率。

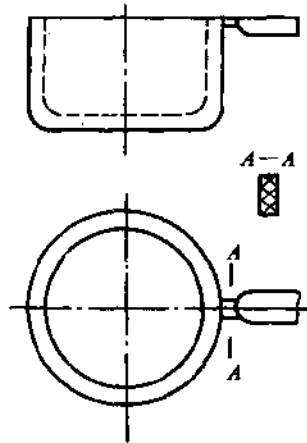


图 3-34 侧浇口

4) 去除浇口容易。

(2) 侧浇口的缺点

1) 压力损失大, 保压补缩作用比直接浇口小。

2) 对于壳形件不便排气。还容易产生熔接痕、缩孔等缺陷。

热塑性塑料用注射模的侧浇口尺寸见表 3-4。

表 3-4 侧浇口尺寸 (mm)

| 塑料 | 壁厚 t | 塑件复杂性 | 厚度 a | 宽度 b | 长度 l |
|------|--------|-------|---------|-------------------------------------|--------|
| 聚乙烯 | <1.5 | 简单 | 0.5~0.7 | 中、小型塑件 (3~10) a 大型塑件 $>10a$ | 0.7~2 |
| | | 复杂 | 0.5~0.6 | | |
| 聚丙烯 | 1.5~3 | 简单 | 0.6~0.9 | | |
| | | 复杂 | 0.6~0.8 | | |
| 聚苯乙烯 | >3 | 简单 | 0.8~1.1 | | |
| | | 复杂 | 0.8~1.0 | | |

(续)

| 塑料 | 壁厚 t | 塑件复杂性 | 厚度 a | 宽度 b | 长度 l |
|------|--------|-------|---------|----------------------------------|--------|
| 有机玻璃 | <1.5 | 简单 | 0.6~0.8 | 大型制品 >10 a 中小型制品 (3~10) a | 0.7~2 |
| | | 复杂 | 0.5~0.8 | | |
| ABS | 1.5~3 | 简单 | 1.2~1.4 | | |
| | | 复杂 | 0.8~1.2 | | |
| 聚甲醛 | >3 | 简单 | 1.2~1.5 | | |
| | | 复杂 | 1.0~1.4 | | |
| 聚碳酸酯 | <1.5 | 简单 | 0.8~1.2 | | |
| | | 复杂 | 0.6~1.0 | | |
| 聚苯醚 | 1.5~3 | 简单 | 1.3~1.6 | | |
| | | 复杂 | 1.2~1.5 | | |
| 聚砜 | >3 | 简单 | 1.0~1.6 | | |
| | | 复杂 | 1.4~1.6 | | |

66. 扇形浇口的结构形式如何? 有什么优缺点?

扇形浇口的结构形式如图 3-35 所示。

扇形浇口的优点是, 熔融状的塑料流经过浇口时, 在横向得到更为均匀的分配, 可降低塑件的内应力和减少带入空气的可能性, 避免塑件产生变形和气泡。故扇形浇口常用来成形宽度较大的薄片状塑件。

扇形浇口的缺点是, 沿塑件一侧壁有比较长的剪切痕, 影响塑件外表的美观; 成形后去除浇口的工作量大, 增加了塑件成本。

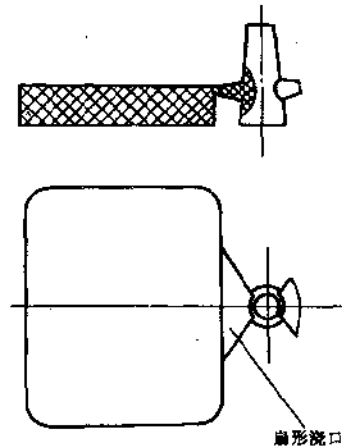


图 3-35 扇形浇口

67. 平缝式浇口的结构形式如何？有什么优缺点？

平缝式浇口的结构形式如图 3-36 所示。

平缝式浇口的优点是，熔融态的塑料流经浇口时以较低的速度、平行均匀地流入型腔，降低了塑件的内应力和带人空气的可能性，减少了因取向而产生的翘曲变形。故对于大面积的扁平塑件，最适于采用平缝式浇口。

平缝式浇口的缺点是，成形后去除浇口的工作量大，增加了塑件成本；沿塑件一侧壁有一比较长的剪切痕，影响塑件外表的美观。

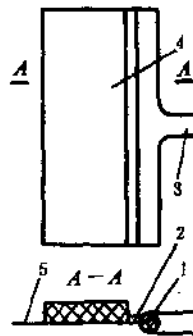


图 3-36 平缝式浇口
1—平行浇道 2—浇口 3—分浇道 4—塑件 5—分型面

68. 圆环形浇口的结构形式如何？有什么优缺点？

圆环形浇口的结构形式如图 3-37 所示。

圆环形浇口的优点是，料流沿着浇口的圆周均匀进入型腔，不但空气容易排除，而且可避免熔接痕的产生。故该浇口特别适合于圆筒形塑件和中间带孔的塑件。

圆环形浇口的缺点是，浇口常需用车削的方法才能去除。因此，去除浇口比较麻烦。

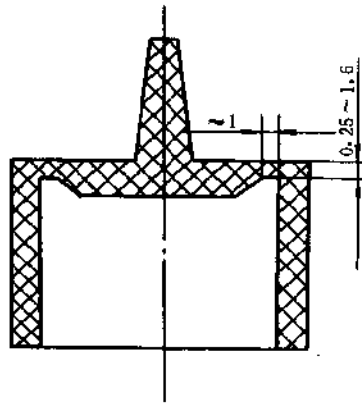


图 3-37 圆环形浇口

69. 轮辐式浇口的结构形式如何？有什么优缺点？

轮辐式浇口的结构形式如图 3-38 所示。

轮辐式浇口的优点是，在整个圆周上通过几小段圆弧进料，因而，进料较均匀。与圆环形浇口相比，去除浇口容易。耗料少。它适用于圆筒形塑件和中间带孔的塑件。这种结构在型芯的上部定位，增加了型芯的稳定性。

其缺点是，由于注射时它是沿着圆周上几小段圆弧进料，塑件上有几条拼合缝，对塑件的强度有一定影响。

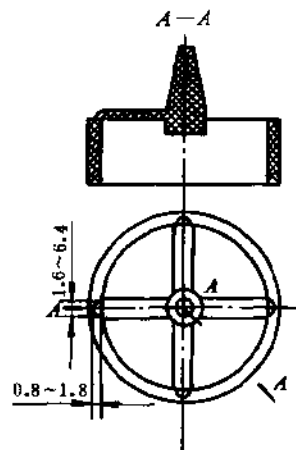


图 3-38 轮辐式浇口

70. 爪形浇口的结构形式如何？有什么优缺点？

爪形浇口的结构形式如图 3-39 所示。

爪形浇口的优点是：

1) 爪形浇口是沿圆周的几个点进料，其分浇道与爪口不在一个平面内，型芯的顶端伸入定模内，起定位作用，保证了塑件内孔及外形的同心度要求。因此，它适用于管状塑件，特别是内孔较小或同心度要求高的塑件。

2) 浇口去除容易。

爪形浇口的缺点是，塑件上有几条拼合缝，影响了塑件的强度。

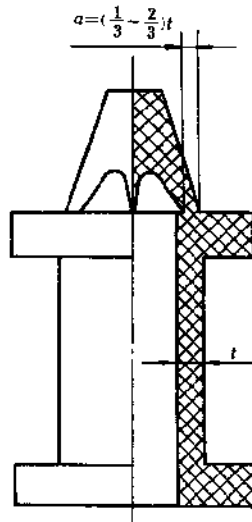


图 3-39 爪形浇口

71. 护耳式浇口的结构形式如何？有什么优缺点？

护耳式浇口的结构形式如图 3-40 所示。

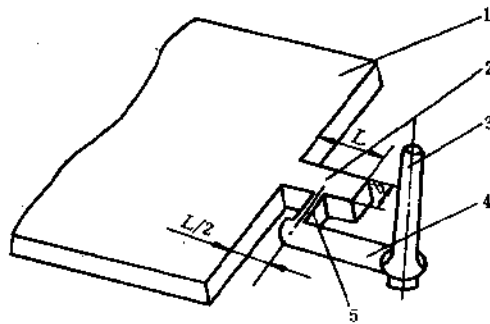


图 3-40 护耳式浇口

1—塑件 2—护耳 3—主浇道 4—分浇道 5—浇口

护耳式浇口的优点是，当熔融的塑料流通过浇口进入护耳时，由于摩擦作用，温度升高，提高了塑料的流动性。由于浇口与护耳呈 90° 角，使得塑料流冲击在护耳的对面壁上，降低了流速、改变了方向，平稳而均匀地进入型腔。浇口离型腔又较远，所以，浇口处的残余应力不会影响塑件，塑件内的内应力较小。它适用于制造透明度高和要求无内应力的塑件。

护耳式浇口的缺点是去除浇口较麻烦。

72. 普通浇注系统中冷料穴和拉料杆的作用是什么？

1) 冷料穴的作用是用来储藏注射间隔期间喷嘴前端的冷料，防止冷料进入型腔而影响塑件的质量。

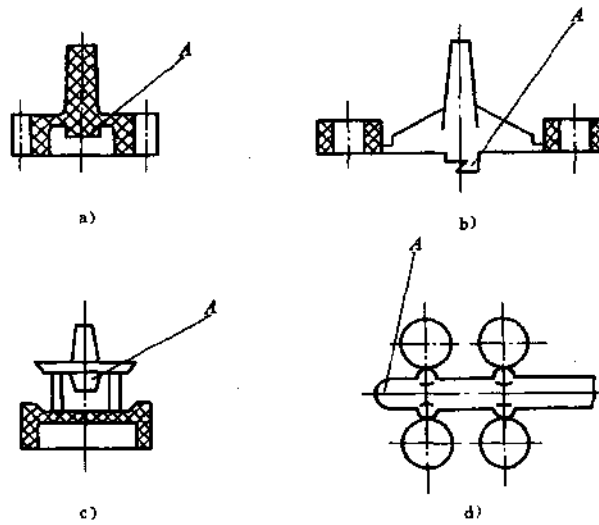


图 3-41 冷料穴

a)、b)、c) 冷料穴设为主浇道正对面的动模上 d) 分浇道末端设冷料穴

①卧式或立式注射机用模具的冷料穴，一般都设在主浇道正对面的动模上，其直径稍大于主浇道大端的直径。当分浇道较长时，可在料流的末端延长一小段作为冷料穴，其结构如图 3-41 所示。图中 A 所指部位即为冷料穴。

②90°角式注射机用注射模的冷料穴，通常为为主浇道的延长部分，如图 3-42 所示。

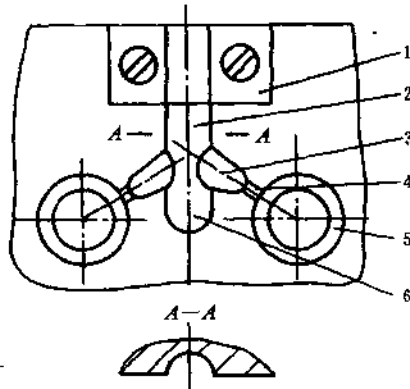


图 3-42 90°角式注射机用注射模的冷料穴

1—镶块 2—主浇道 3—分浇道
4—浇口 5—型腔 6—冷料穴

2) 拉料杆的作用，开模时把主浇道凝料从主浇道衬套中拉出来和把冷料从冷却穴中顶出去。

73. 带钩形拉料杆和底部带推杆的冷料穴的结构形式如何?

1) 带钩形 (Z 形) 拉料杆的结构形式如图 3-43 所示。拉料杆头部的钩形可将主浇道凝料钩住，开模时将其从主浇道中拔出。因为，拉料杆的尾部是固定在模具推杆固定板上，所以，在塑件推出的同时，凝料也被推出。模外取出塑件时，用手朝着拉料钩的侧面稍为移动，就可将塑件和浇注系统凝料一同取下。

有的塑件在脱模时不能左右移动。在这种情况下，不能

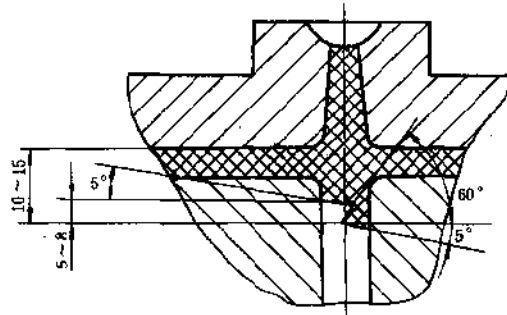


图 3-43 拉钩形 (Z 形) 拉料杆的结构形式

采用钩形拉料杆。

2) 底部带推杆的冷料穴的结构形式如图 3-44 所示, 图 a 为倒锥形冷料穴, 图 b 为圆环槽冷料穴。它们的凝料推出杆均固定在模具推杆固定板上。开模时利用倒锥或圆环槽的作用将主浇道凝料从主浇道中拔出, 然后利用推杆强制推出冷料穴中的凝料。

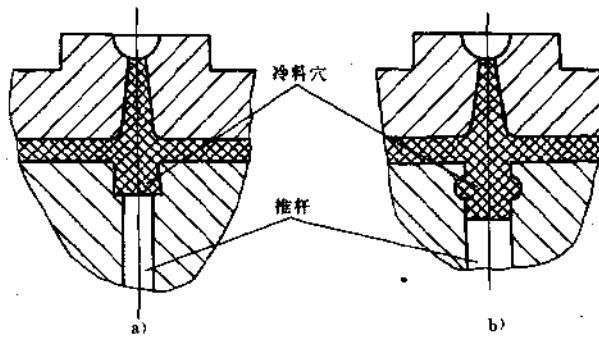


图 3-44 底部带推杆的冷料穴的结构形式
a) 倒锥形冷料穴 b) 圆环槽冷料穴

由于这两种结构形式取出凝料时塑件不需要横向移动，所以，在生产中容易实现自动化。但是，只适用于弹性较好的塑料成形。

74. 球头拉料杆的结构形式如何？

球头拉料杆的结构形式如图 3-45 所示。其中图 3-45a 是一种典型结构，图 b、图 c 是由图 a 演变而来的两种变形结构。

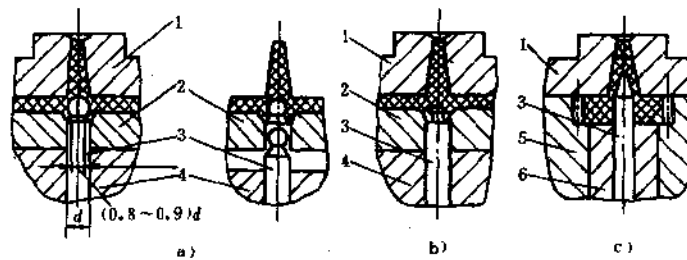


图 3-45 球头拉料杆的结构形式

a) 球头拉料杆 b) 菌形拉料杆 c) 锥形拉料杆

1—定模 2—推件板 3—拉料杆 4—型芯固定板 5—凹模 6—推块

熔融塑料进入冷料穴后，紧包在拉料杆的球头上，开模时将主浇道凝料从主浇道衬套中拉出。球头拉料杆的底部固定在动模一边的型芯固定板上，不随顶出机构运动。当推件板推动塑件时，就将主浇道凝料从球形头拉料杆上强制脱出。所以，这种拉料杆用于塑件以推件板为起模机构的模具中。

由球形拉料杆演变出图 3-45b 所示的菌形拉料杆和图 c 所示的锥形拉料杆两种形式。

菌形拉料杆的作用原理同球形拉料杆。锥形拉料杆没有

储存冷料的作用，它依靠塑料收缩的包紧力将主浇道拉出。为了增加锥面摩擦力可采用小锥度或增加锥面的表面粗糙度来实现。锥形拉料杆的尖锥还起分流作用，常用于成形带有中心孔塑件的单型腔模具。

75. 无拉料杆冷料穴的结构形式如何？

无拉料杆冷料穴的结构形式如图 3-46 所示。在主浇道对面的动模板上开一锥形凹坑。为了拉住主浇道的凝料，在锥形凹坑的锥壁上钻一个平行另一锥边、深度不深的小孔。开模时靠小孔的作用将主浇道凝料从主浇道中拉出来。推出时推杆顶在塑件上或分浇道上，这时，小孔内的凝料先向小孔的轴线移动，然后被全部拔出。

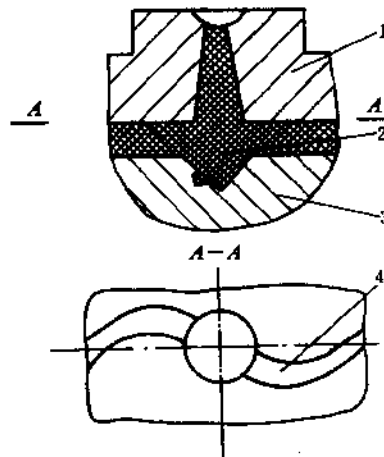


图 3-46 无拉料杆冷料穴的结构形式

为了使小孔中
1—定模 2—冷料穴 3—动模 4—分流道
的凝料沿着小孔的轴线移动，需将分浇道设计成 S 形。

76. 塑料注射模的排气系统有什么作用？有哪几种排气方式？

排气系统的作用是将型腔中原有的空气及成形过程中产生的气体顺利地排出，以免塑件产生气泡、疏松等缺陷。

排气方式有两种，其一是利用模具的排气系统排气，另一种是利用模具的分型面及各部分零件的配合间隙排气，如图 3-47 所示。

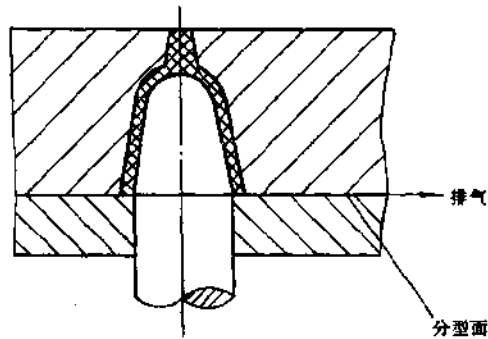


图 3-47 利用分型面排气

设计排气系统的排气槽时，应遵循以下原则。

- 1) 排气槽尽量开设在分型面上，这样，如果分型面上因设排气槽而产生飞边，也很容易随塑件脱出。
- 2) 排气槽最好设在塑料流的末端，以利于排气。
- 3) 一般排气槽开设在分型面凹模一侧，槽深取 $0.025 \sim 0.1\text{mm}$ ，槽宽取 $1.5 \sim 6.0\text{mm}$ ，以不产生飞边为限。
- 4) 排气口不应正对着操作工人，以防熔料喷出而伤害工人。

77. 塑料注射模的引气系统有什么作用？有哪几种引气方式？

对于一些大型深壳塑件，注射成形后，型腔内的气体被

排除，塑件内孔表面与型芯之间基本形成真空，塑件难以起模。如果强行起模，塑件会受到损坏。为此，设计引气系统，引入空气，以便于塑件起模。

常见的引气方式有下述几种：

1) 镶拼式侧隙引气。如图 3-48 所示，在镶块侧面的局部开设引气槽。一般开设在型腔与镶块的配合面之间，并延续到模外。型腔和镶块之间的排气槽深不大于 0.05mm，以免溢料堵塞。延长至模外的深度为 0.2~0.8mm。

2) 气阀式引气。如图 3-49 所示，当熔体注射充模时，由于熔体的压力将阀门紧紧压住，处于关闭状态。开模时，靠弹簧弹力将阀门推开，空气便能引入。

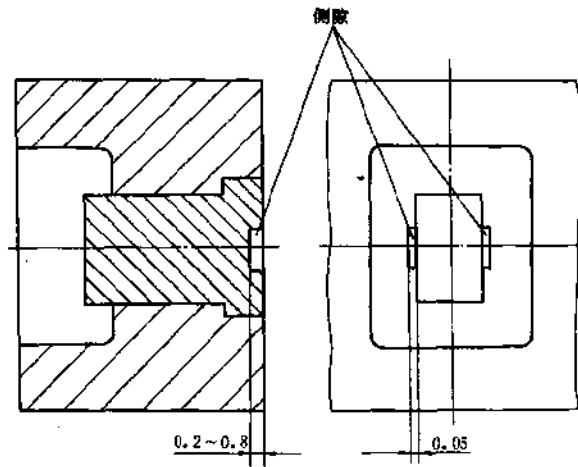


图 3-48 镶拼式侧隙引气

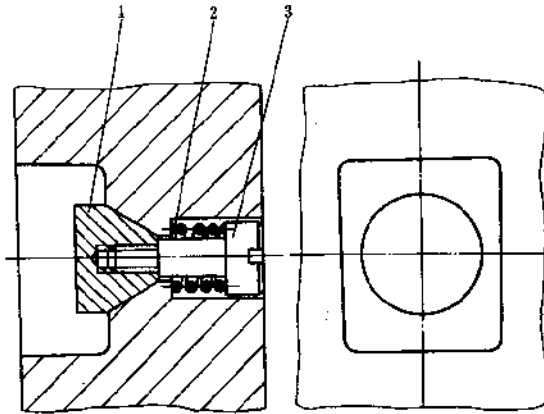


图 3-49 气阀式引气

1—阀门 2—弹簧 3—螺钉

78. 注射模侧向分型抽芯机构主要分为哪几类？

按其动力来源，注射模侧向分型与抽芯机构主要分为手动、机动、气动或液压传动三大类。

1) 手动侧向分型抽芯机构。它的抽芯方法是在开模后依靠人工将侧型芯和塑件一起从模内取出，在模外将塑件与侧型芯分开，或在开模前用人工直接把侧型芯拔出。

2) 机动侧向分型抽芯机构。它的抽芯方法是开模时依靠注射机的开模力，通过传动零件，将侧型芯抽出。这种方法应用十分广泛。按其传动方式又可分为斜导柱分型抽芯机构、斜滑块分型抽芯机构、齿轮、齿条抽芯机构等。

3) 气动或液压传动侧向分型抽芯机构。它依靠液压系统或气动系统抽出侧型芯。由于抽芯机构必需配备气动或液压元件，故结构较复杂，一般应用较少。

79. 侧向分型抽芯机构的抽芯距如何确定?

侧向分型抽芯机构的抽芯距是指侧型芯从成型位置抽到不妨碍塑件取出位置时,在抽拔方向所移动的距离。

(1) 塑件上带有侧孔的抽芯距 如图 3-50 所示,带有侧孔深度为 H 时,抽芯距的确定见公式 (3-19)。

$$S_{\text{抽}} = H + (2 \sim 3) \quad (3-19)$$

式中 $S_{\text{抽}}$ ——抽芯距 (mm);

H ——孔深 (mm)。

(2) 塑件为圆形骨架时的抽芯距

1) 型腔为二等分瓣合模,如图 3-51 所示,其滑块抽芯距的确定见公式 (3-20)。

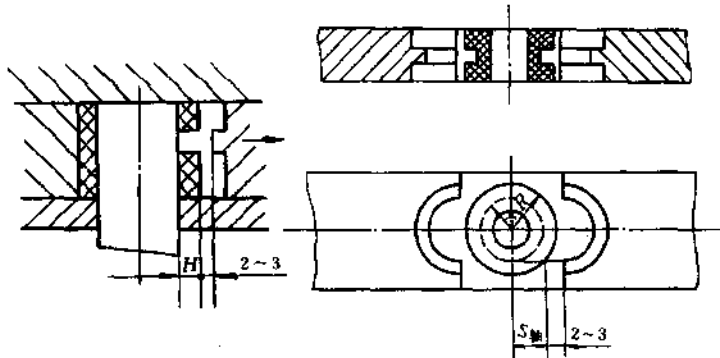


图 3-50 带侧孔塑件抽芯距

图 3-51 圆形骨架型腔为二等分瓣合模

$$S_{\text{抽}} = \sqrt{R^2 - r^2} + (2 \sim 3) \quad (3-20)$$

式中 R ——塑件最大外形半径 (mm);

r ——塑件最小外形半径 (mm);

$S_{\text{抽}}$ ——抽芯距 (mm)。

2) 型腔为多瓣拼合模时,抽芯距 $S_{抽}$ 的确定见公式(3-21)。

$$S_{抽} = S + (2 \sim 3) \quad (\text{mm}) \quad (3-21)$$

式中 S —— $R \sin \theta / \sin \beta$, $\theta = 180^\circ - \beta - \alpha$, $\alpha = \arcsin (r \sin \beta / R)$ 。三等分滑块拼合时, $\beta = 120^\circ$;
四等分滑块拼合时, $\beta = 135^\circ$, 五等分滑块拼合时, $\beta = 144^\circ$;

R ——塑件最大外形半径 (mm);

r ——塑件最小外形半径 (mm)。

80. 什么是侧向分型抽芯机构的抽芯力? 如何计算?

塑件在型腔内冷凝收缩时对型芯侧壁产生包紧力, 其受力情况如图 3-52 所示。

当把侧型芯由塑件侧孔中开始抽出时所需的抽拔力称为起始抽芯力。以后继续把侧型芯抽至不妨碍塑件推出的位置所需的抽拔力称为相继抽芯力。

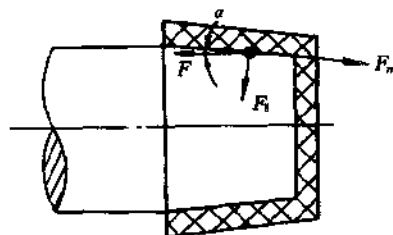


图 3-52 塑件抽芯起模力的分析

F_m —摩擦力 F_y —正压力 F —抽芯力

由于起始抽芯力大于相继抽芯力, 故在计算抽芯力时, 只要计算起始抽芯力即可。

抽芯力的计算为

1) 通孔 $F_{抽}$ 的计算见公式 (3-22)

$$F_{抽} = \frac{F_y \cos \alpha (f - \tan \alpha)}{1 + f \sin \alpha \cos \alpha} \quad (3-22)$$

式中 α ——起模斜度, $\alpha = 1^\circ \sim 2^\circ$;

f ——摩擦系数, $f = 0.15 \sim 1.0$;

F_y ——对型芯的正压力(Pa), F_y 按公式(3-23)计算。

$$F_y = pA \quad (3-23)$$

式中 p ——塑件收缩对型芯单位面积的正压力 (Pa)。当塑件在模内冷却时, $p = 19.6\text{MPa}$; 当塑件在模外冷却时, $p = 3.92\text{MPa}$;

A ——塑件包紧型芯的侧面积 (m^2)。

2) 不通孔 $F_{\text{抽}}$ 的计算。对于不通孔的壳形塑件在顶出时还要克服大气压力造成的阻力 $F_{\text{气}}$ 。 $F_{\text{气}}$ 的计算见公式(3-24)。

$$F_{\text{气}} = 0.1A' \quad (3-24)$$

式中 $F_{\text{气}}$ ——由于大气压力造成的阻力 (N);

A' ——垂直于抽芯方向型芯的投影面积 (m^2)。

故总的抽芯力为 $F_{\text{抽}}$ 与 $F_{\text{气}}$ 之和, 见公式 (3-25)。

$$F_{\text{总}} = F_{\text{抽}} + F_{\text{气}} \quad (3-25)$$

81. 斜导柱分型抽芯机构中的斜导柱如何设计?

斜导柱是斜导柱分型抽芯机构中的关键零件。斜导柱的设计主要包括确定斜导柱的截面形状、倾斜角、截面尺寸、长度和安装孔的位置等五方面的内容。

(1) 斜导柱截面形状的设计 常用的斜导柱截面形状有圆形和矩形两种。其中圆形用得最多。结构如图 3-53 所示。

(2) 斜导柱斜角的设计 斜导柱的斜角 α 是斜导柱抽芯机构中的一个重要参数。由于一般注射机的开模力较大, α 值的选取应使斜导柱所承受的弯曲力最小。一般情况下 $\alpha = 15^\circ \sim 20^\circ$ 时已能满足抽芯的要求。

(3) 斜导柱截面尺寸的设计 斜导柱截面尺寸的大小取决于所受的弯矩, 如图 3-54 所示。而弯矩取决于抽芯力和斜导柱的斜角及斜导柱的工作长度。

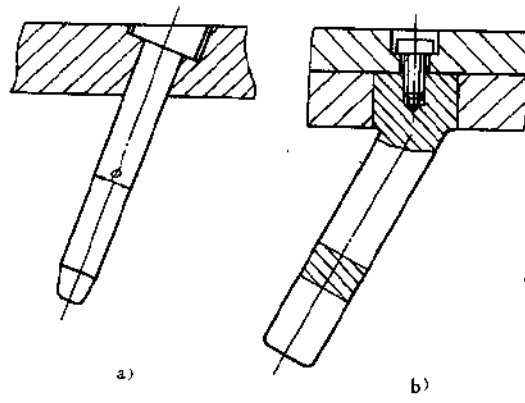


图 3-53 斜导柱的截面形状

a) 圆形 b) 矩形

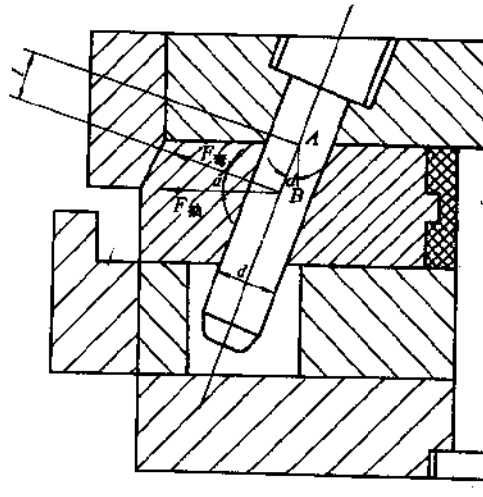


图 3-54 确定斜导柱截面尺寸

1) 圆形截面时,斜导柱的直径计算见公式(3-26)。在实际生产中可根据斜角及所承受的最大弯曲力可直接查表得出

$$d = \sqrt[3]{\frac{F_{\text{弯}} l}{0.1 [\sigma]}} \quad (3-26)$$

式中 d ——斜导柱的直径 (mm);

l ——弯曲力作用点 (B) 距斜导柱伸出部分根部 (A) 的距离 (mm);

$[\sigma]$ ——斜导柱材料的许用弯曲应力 (MPa), 对于碳素钢, $[\sigma] = 137.2 \text{MPa}$;

$F_{\text{弯}}$ ——斜导柱承受的最大弯曲力,按公式(3-27)计算。

$$F_{\text{弯}} = \frac{F_{\text{抽}}}{\cos \alpha} \quad (3-27)$$

式中 $F_{\text{抽}}$ ——抽芯力 (N);

α ——斜导柱的斜角, 一般 $\alpha = 15^\circ \sim 20^\circ$ 。

2) 矩形截面时,斜导柱截面的高度计算见公式(3-28)。

$$h = \sqrt[3]{\frac{9F_{\text{弯}} l}{[\sigma]}} \quad (3-28)$$

式中 h ——矩形斜导柱截面的高度 (mm);

$F_{\text{弯}}$ ——见公式(3-27);

$[\sigma]$ ——见公式(3-26)。

矩形截面时斜导柱截面的宽度 b 取 $2/3h$ 。

(4) 斜导柱长度的设计 斜导柱的长度如图 3-55 所示, 其计算见公式(3-29)。

$$\begin{aligned} L &= l_1 + l_2 + l_4 + l_5 \\ &= \frac{D}{2} \operatorname{tg} \alpha + \frac{\delta}{\cos \alpha} + \frac{S_{\text{抽}}}{\sin \alpha} + (5 \sim 10) \end{aligned} \quad (3-29)$$

- 式中 l_1 ——斜导柱台肩固定部分中点到最高点
在轴线投影长度 (mm);
- l_2 ——斜导柱固定部分长度 (mm);
- l_4 ——斜导柱工作部分长度 (mm);
- l_5 ——斜导柱引导部分长度 (mm);
- $l_5 = 5 \sim 10 \text{mm}$;
- L ——斜导柱总长 (mm);
- D ——斜导柱固定部分台肩直径 (mm);
- d ——斜导柱工作部分的直径 (mm);
- δ ——固定斜导柱模板厚度 (mm);
- $S_{\text{抽}}$ ——抽芯距 (mm)。

对于圆形截面的斜导柱, 抽出滑块的最终点是在斜导柱的 B 点, 而不是 C 点。

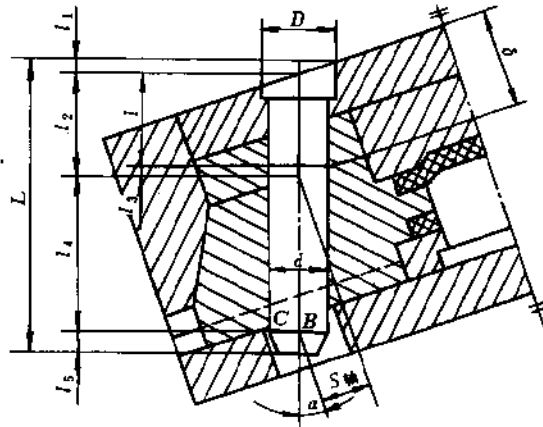


图 3-55 确定斜导柱的长度

(5) 斜导柱孔位置的设计 如图 3-56 所示, 在滑块顶面长度的 $1/2$ 处取 B 点, 通过 B 点作出斜导柱斜角为 α 的直线与固定斜导柱模板顶面处相交于 A 点, 取 A 点到模具型腔中心线距离 (调整为整数), 即为孔距尺寸 a 。

滑块分型面上斜导柱孔的位置应位于滑块的中心线上。加工斜导柱孔时, 一般将滑块装入模具动模板的导滑槽内, 在动、定模合紧后一起加工。

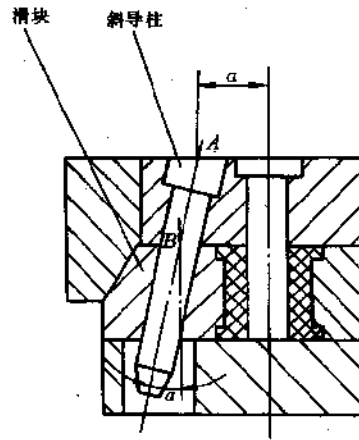


图 3-56 斜导柱孔位置的设计

82. 斜导柱分型抽芯机构中的滑块、导滑槽如何设计?

设计斜导柱分型抽芯机构中的滑块、导滑槽应从三个方面来考虑。

(1) 侧型芯与滑块的连接形式 为了侧型芯便于加工及维修, 一般将侧型芯与滑块做成组合式的。即侧型芯单独加工, 然后安装在滑块上, 其连接方式如图 3-57 所示。图 3-57a 是把侧型芯固定在型芯压板上, 然后再用螺钉或销钉把型芯压板固定在滑块上。由于这种形式便于安装和维修, 所以, 得到广泛的应用。如果型芯是圆形, 且直径较小时, 可用螺钉顶紧, 如图 3-57b 所示。如果侧型芯为薄片时, 可在

侧型芯的上面加压板，然后用螺钉或销钉与滑块连接，如图 3-57c 所示。

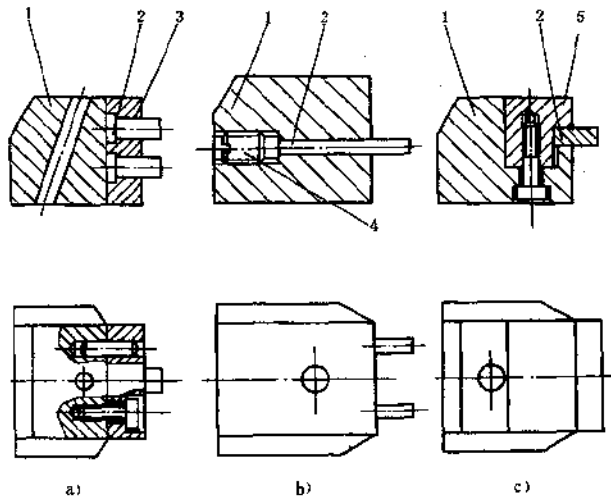


图 3-57 侧型芯与滑块的连接形式

a) 型芯压板式 b) 螺钉顶紧式 c) 上压板式

1—滑块 2—侧型芯 3—型芯压板 4—紧固螺钉 5—压板

(2) 滑块的导滑形式 为了保证侧型芯可靠地抽出和复位，滑块运动平稳、无上下窜动或卡死现象，滑块与导滑槽必须很好地配合，其配合形式如图 3-58 所示。图 3-58a 为整体式滑块和整体式导滑槽。其结构紧凑，但加工导滑槽较困难，精度难保证。主要用于小型模具的抽芯机构。图 3-58b 为组合式，加工容易，精度能保证。图 3-58c 滑块是整体的，导滑槽是组合的，导滑槽的基准由滑块来定，简化了装配工艺。

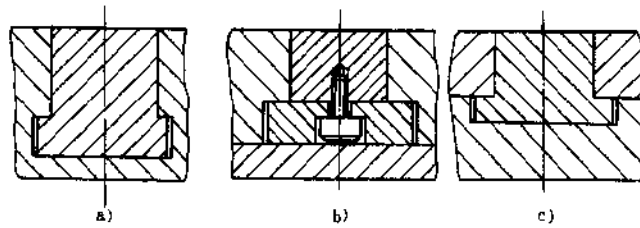


图 3-58 滑块的导滑形式

a) 整体式 b) 滑块组合式 c) 导滑槽组合式

(3) 滑块的定位装置 为了保证合模时斜导柱伸出端准确可靠地进入滑块的斜孔，开模后，滑块完成抽芯动作时必须停留在一定位置上，必须设计滑块的定位装置。其结构如图 3-59 所示。其中，图 3-59a 是利用弹簧的弹力使滑块靠在

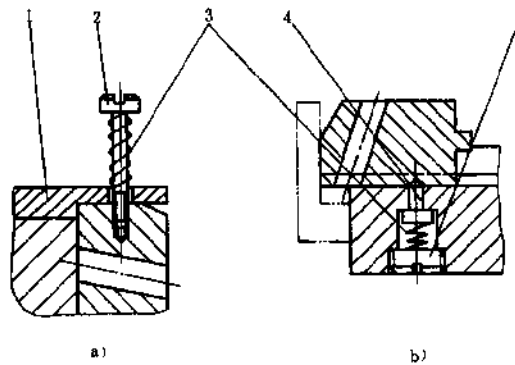


图 3-59 滑块的定位装置

a) 利用弹簧、限位挡块定位 b) 利用弹簧活动定位销定位

1—限位挡块 2—螺钉 3—弹簧 4—活动定位销 5—紧定螺钉

限位挡块上定位的。这种形式在模具的任何方向抽芯都可采用，故应用较广泛。图 3-59b 是利用弹簧、活动定位销定位。

(4) 滑块斜孔与斜导柱的配合 一般留 0.5mm 的间隙 (斜导柱尺寸为 $d \pm 0.05$)，这样，在开模的瞬间有一个很小的空行程，使侧型芯在未抽动前强制塑件脱出定模型腔 (或型芯) 一定距离，并使楔紧块先脱离滑块，然后进行抽芯。

83. 斜导柱分型抽芯机构中的楔紧块如何设计？

设计斜导柱分型抽芯机构中的楔紧块从以下三方面进行考虑。

1) 楔紧块的作用是，在注射成形中，型腔内呈熔融状态的塑料对侧型芯有一个压力，这个力通过滑块传给斜导柱，致使细长杆状的斜导柱变形，甚至断裂。设计楔紧块来压紧滑块，不使滑块产生位移，从而消除斜导柱所受弯曲力，这样，既保证了斜导柱不变形，又保证了塑件侧孔的精度。

2) 楔紧块的形式如图 3-60 所示。图 3-60a 是用螺钉、销钉把楔紧块固定在定模板上。这种形式，制造和调整都较方便，易于装配，应用广泛。图 3-60b 用于滑块承受大的侧压力的模具。这种形式把楔紧块整体镶入定模板中，刚性较好，修配方便。

3) 楔紧块的楔角为

$$\alpha' = \alpha + (2^\circ \sim 3^\circ) \quad (3-30)$$

式中 α ——斜导柱的斜角。

当模具一开模，楔紧块就让开，滑块作抽芯动作。如果 $\alpha' < \alpha$ ，楔紧块就让不开，抽芯就无法实现。

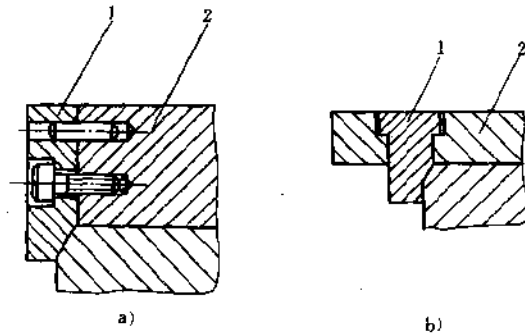


图 3-60 楔紧块的形式

a) 螺钉、销钉紧固 b) 整体镶入式

1—楔紧块 2—定模板

84. 斜导柱在定模、滑块在动模中的斜导柱分型抽芯机构的结构形式如何？

斜导柱在定模、滑块在动模中的斜导柱分型抽芯机构的结构形式，如图 3-61 所示。图中斜导柱 3 固定在定模座板 2 上，滑块 8 可以在动模板 7 的导滑槽内滑动，侧型芯 5 用销钉固定在滑块 8 上。开模时，开模力通过斜导柱作用于滑块上，迫使滑块在动模板导滑槽内向左滑动，直到斜导柱全部脱离滑块，即完成抽芯动作。然后，由顶出机构中的推管 6 把塑件从型芯上顶出。限位挡板 9、弹簧 10 及螺钉 11 组成定位装置，保证滑块抽芯后的最终位置，保证合模时斜导柱能准确地进入滑块的斜孔内，使滑块向右运动到达成形位置。在成形过程中，型腔内呈熔融状态的塑料，对滑块有一定的侧压力，使滑块产生向左位移的可能，楔紧块 1 可以锁住滑块，使侧型芯保持正确位置。

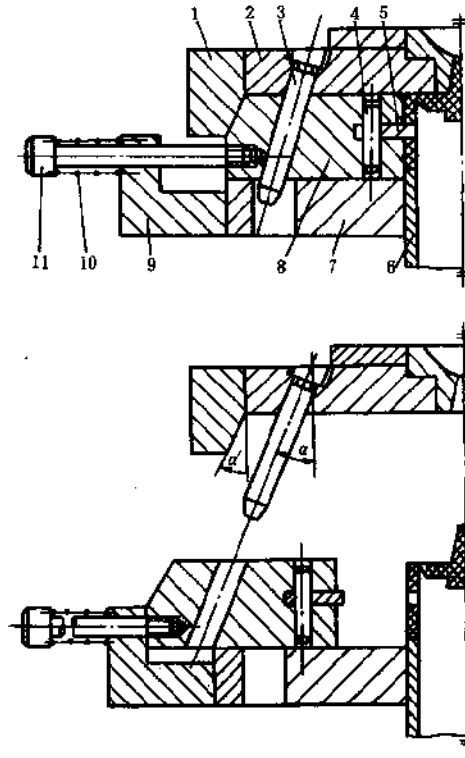


图 3-61 斜导柱分型抽芯机构的结构

1—楔紧块 2—定模座板 3—斜导柱 4—销钉 5—侧型芯 6—推管
7—动模板 8—滑块 9—限位挡块 10—弹簧 11—螺钉

85. 斜导柱在动模、滑块在定模中的斜导柱分型抽芯机构的结构形式如何?

斜导柱在动模、滑块在定模的斜导柱分型与抽芯机构主要有两种结构形式。

1) 如图 3-62 所示, 型腔由两瓣组成。上、下两瓣型腔块上开斜导柱孔, 型腔块的导滑槽开在定模板上。斜导柱和型腔块的导柱孔之间间隙较大, 一般为 $Z = 1.6 \sim 3.5 \text{mm}$, 使得上、下两瓣型腔块分开前, 动、定模先分开一个距离 $L = Z / \sin \alpha$ 。固定在动模上的型芯也从塑件中抽出距离 L , 然后靠斜导柱推动两瓣型腔块, 使塑件与两瓣型腔块脱离。

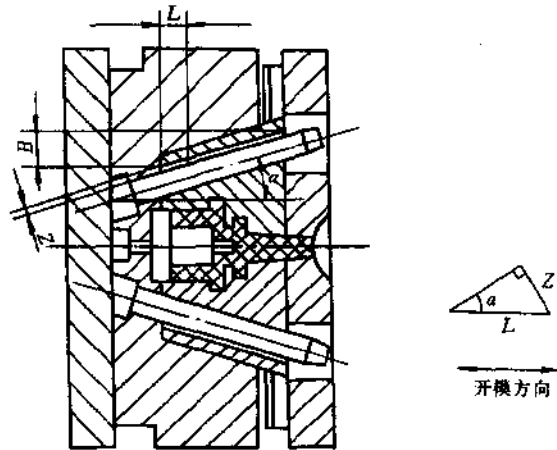


图 3-62 斜导柱在动模中的结构 I

2) 如图 3-63 所示, 滑块的导滑槽及定位装置均开在定模板上。型芯 1 与固定板 11 有一定距离的相对运动。开模时, 由于弹簧 B 及顶销 14 的作用, 首先从 A 面分型。型芯 1 被塑件包紧不动, 固定板 11 相对型芯移动, 塑件仍留在定模型腔内。这时固定在固定板 11 上的斜导柱 2 带动滑块 4 向左运动, 完成侧抽芯动作。继续开模时, 型芯 1 的台肩与固定板 11 相碰, 型芯 1 带着塑件从定模型腔中脱出, 模具从 B 面分开, 最后由推件板 10 把塑件由型芯 1 上推出。

这种结构适于抽芯力不大、抽芯距小的深罩形塑件。

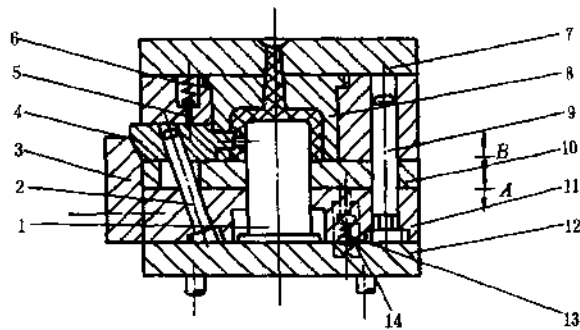


图 3-63 斜导柱在动模中的结构 II

1—型芯 2—斜导柱 3—楔紧块 4—滑块 5—定位钉 6—弹簧 7—定模座板 8—凹模 9—导柱 10—推件板 11—固定板 12—动模座板 13—弹簧 14—顶梢

86. 斜导柱与滑块同在定模中的斜导柱分型抽芯机构的结构形式如何?

斜导柱与滑块同在定模中的斜导柱分型抽芯机构常用的结构形式,如图 3-64 所示。它的特点是模具设有定距分型拉紧机构。开模时,侧型芯先从塑件中脱出,然后动模部分的下型芯带着塑件脱离型腔。拉紧机构常采用弹簧螺钉或定距拉紧机构。

它的作用原理是,开模时凹模板 6 在弹簧 5 的作用下,使分型面 I 首先分开,滑块 1 在斜导柱 2 的作用下开始向左运动,当凹模板 6 移动到起限位作用的定距螺钉 4 的台肩时,即停止移动,同时完成侧抽芯动作。这时,动模部分继续移动,分型面 II 分开,塑件紧抱着下型芯 8 而脱离凹模板。最后 III 面分开,塑件被推件板 7 从下型芯 8 上推出。

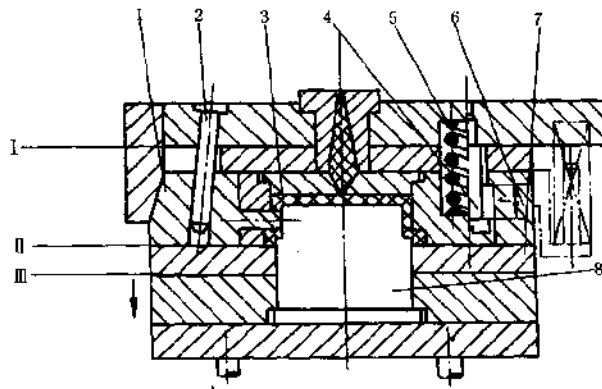


图 3-64 弹簧螺钉式定距分型拉紧机构

1—滑块 2—斜导柱 3—型芯 4—定距螺钉 5—弹簧
6—凹模板 7—推件板 8—下型芯

图 3-65 是几种常见的模外定距分型方式。其动作原理如下：

定距拉板固定在定模板上，螺钉或销钉固定在动模部分的凹模板上，在如图 3-64 所示弹簧 5 的作用下，I 面分开。

当螺钉碰到定距拉板的内槽底部时，动模部分的凹模板停止运动，如图 3-65a 所示。

当销钉碰到 T 形定距拉板的 T 形凸肩时，动模部分的凹模板停止运动，如图 3-65b 所示。

当销钉碰到定距拉板的通槽底部时，动模部分的凹模板停止运动，如图 3-65c 所示。

挂钩 1 固定在定模板上，挂钩 2 固定在动模部分的凹模板上，在弹簧的作用下，I 面分型，当挂钩 2 钩住挂钩 1 时，动模部分的凹模板停止运动，如图 3-65d 所示。

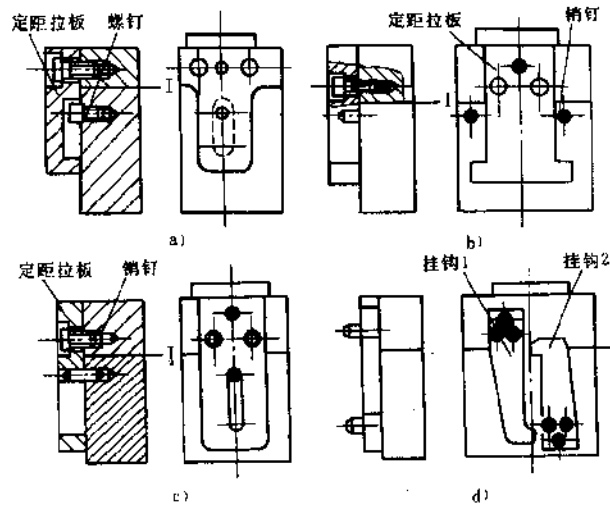


图 3-65 模外定距方式

- a) 螺钉与不通槽定位 b) 销钉与 T 形板定位
c) 螺钉与通槽定位 d) 挂钩定位

87. 滑块导滑的斜滑块分型抽芯机构的结构形式如何?

滑块导滑的斜滑块分型抽芯机构主要分两种形式。

(1) 斜滑块外侧分型抽芯机构 当塑件侧面的孔或槽较浅, 所需抽芯距不大, 但成形面积较大, 需要较大的抽芯力时, 常采用此种结构。其结构形式如图 3-66 所示。

此结构的特点是:

1) 当推杆 2 推动斜滑块 3 时, 推管 1 同时从型芯上推出塑件, 即推出塑件与抽芯 (或分型) 动作同时进行。

2) 因斜滑块 3 的刚性好, 能承受较大的抽芯力。所以, 斜滑块 3 的斜角可比斜导柱抽芯机构中的斜角大, 但一般不得大于 30° 。

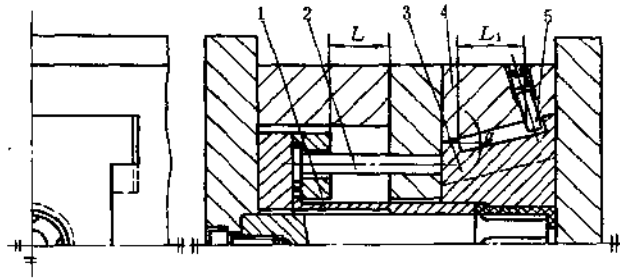


图 3-66 T形槽式斜滑块外侧分型抽芯机构
1—推管 2—推杆 3—斜滑块 4—模套 5—限位销

(2) 斜滑块内侧分型抽芯机构 当成形带有内侧凸形的塑件时采用此结构，其结构形式如图 3-67 所示。在推杆 4 推出斜滑块时，内侧抽芯和推出塑件同时进行。

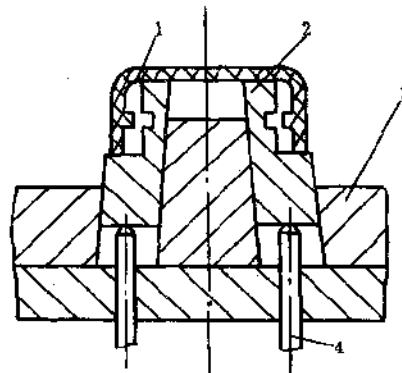


图 3-67 斜滑块内侧分型抽芯机构
1—塑件 2—斜滑块 3—动模板 4—推杆

88. 设计斜滑块分型抽芯机构应注意哪些问题？

1) 塑件在斜滑块分型抽芯注射模中的位置选择是否合

理，对塑件能否顺利起模关系很大。如图 3-68 所示，图 a 成形塑件孔的型芯在定模，开模时型芯首先从塑件中抽出，然后推杆推动斜滑块而分型，这样，塑件会粘附在附着力较大的斜滑块一边，使塑件不易起模。图 b 将塑件调转 180°，型芯设在动模上，因有较长型芯定向，所以，塑件能很顺利地

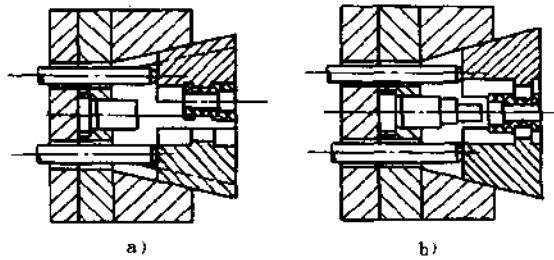


图 3-68 塑件位置的合理选择

a) 型芯在定模 b) 型芯在动模

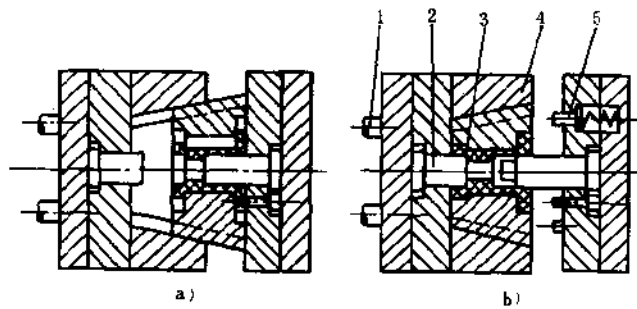


图 3-69 开模时斜滑块止动的方法

a) 开模时斜滑块留在定模 b) 开模时斜滑块留在动模

1—推杆 2—型芯 3—斜滑块 4—锥模套 5—止动钉

2) 设计注射模时,斜滑块一般设在动模部分。但有时因塑件的结构特点,定模部分的包紧力可能大于动模部分,在开模时斜滑块留在定模,可能损坏塑件或塑件留在定模无法取出。如图 3-69a 所示。

为此,在模具结构上必须设有斜滑块止动装置,如图 3-69b 所示。这样,在开模时,由于止动钉 5 在弹簧力的作用下压紧斜滑块 3,使斜滑块在开模时不动,待塑件脱离定模型芯后,在推杆的作用下,斜滑块才分型抽芯,取出塑件。

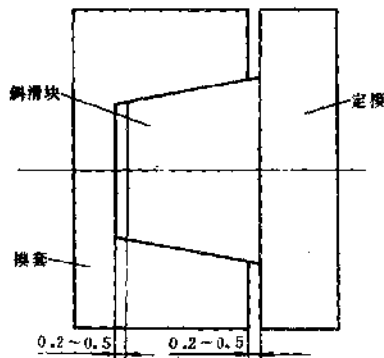


图 3-70 斜滑块与模套的配合

3) 为了保证斜滑块在合模时拼合紧密,在注射成形时不产生溢料,要求斜滑块的底部与模套之间留有 $0.2 \sim 0.5\text{mm}$ 的间隙。同时,还必须高出模套 $0.2 \sim 0.5\text{mm}$,以保证斜滑块与模套的配合面出现磨损时,还能保持紧密的拼合,如图 3-70 所示。

89. 什么是注射成形模的推出机构? 推出机构分几类?

在注射成形的每一循环中,当成形结束后,将模具打开,把塑件由模具型腔中或型芯上推出,这种推出塑件的机构,称为模具的推出机构。

(1) 按照推出机构的动力来源分类 模具的推出机构可以分为下述四类:

1) 手动推出机构。由人工操纵推出机构来推出塑件。

这种机构多设在注射机不设推出装置的定模一方。

2) 机动推出机构。它是靠注射机的开模动作, 通过推出机构推出塑件。这一类应用十分广泛。

3) 液压推出机构。它是靠注射机上专门设置的顶出油缸推出塑件。

4) 气动推出机构。它是利用压缩空气为动力, 推动推出机构推出塑件。

(2) 按照模具结构分类 模具的推出机构可分为下述四类:

- 1) 简单推出机构。
- 2) 双推出机构。
- 3) 顺序推出机构。
- 4) 带螺纹塑件的推出机构。

90. 注射成形模的推杆推出机构的结构形式如何?

注射成形模的推杆推出机构的结构形式, 如图 3-71 所示。

当开模到一定位置时, 注射机的大顶杆推动推板 17 向上运动, 固定在推杆固定板 16 上的推杆 3 也向上运动, 把塑件由型芯 4 上推出。件 9 是拉料杆, 开模时, 它把主流道凝料由主流道衬套中拉出。推出时, 使浇注系统凝料同塑件一起被推出模外。件号 10 是复位杆, 它的作用是合模时, 使推杆回到注射成形前需要的位置。闭模时, 复位杆的上顶面与分型面齐平。为了保证推出机构的导向精度, 防止推杆在推出过程中歪斜致使推出机构卡死, 推出机构要设推出导柱 1、推出导套 2。为了使推板 17 与动模座板 18 之间由面接触变为点接触, 应设挡钉 19, 这样给加工及维修带来很大方便。

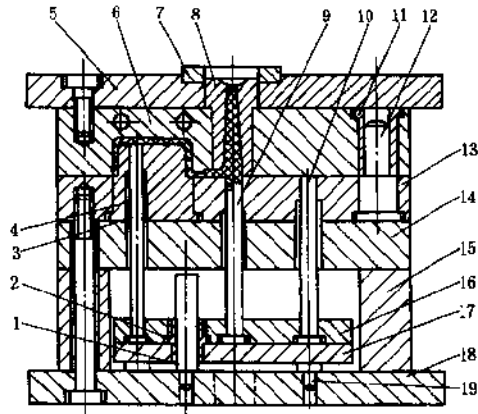


图 3-71 注射模的推杆推出机构

1—推出导柱 2—推出导套 3—推杆 4—型芯 5—定模座板 6—凹模 7—定位圈 8—主浇道衬套 9—拉料杆 10—复位杆 11—导套 12—导柱 13—动模板 14—支承板 15—垫块 16—推杆固定板 17—推板 18—动模座板 19—挡钉

91. 如何设计注射成型模的推杆推出机构?

推杆推出机构是属于简单的推出机构，只作一次动作即可将塑件由模具型腔内或型芯上推出。

在设计推杆推出机构时应考虑以下问题。

(1) 推杆的形状和尺寸 推杆截面形状如图 3-72 所示。

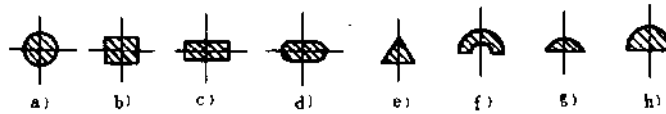


图 3-72 推杆的截面形状

a) 圆形 b) 方形 c) 矩形 d) 椭圆形 e) 三角形
f) 半圆环形 g) 弓形 h) 半圆形

1) 圆形推杆应用最广泛。因为它制造简单，更换方便，设置位置的自由度大。在整体式型腔或在镶嵌件上设置圆形推杆更为方便。但是在推出斜度小和脱模阻力大的管形和箱形塑件时，不宜采用圆形推杆。

2) 在型腔或镶嵌件的拼合处设置推杆时，可采用方形或矩形。

3) 成形推杆还可以直接参与成形，根据成形需要，其截面可做成相应的形状。

4) 细长杆的推杆可将后部加粗成台阶形，一般应使 $d_1 = 2d$ ，如图 3-73b 所示。

5) 根据需要、节约材料、制造方便，可以制成组合式的推杆，如图 3-73c 所示。其中上

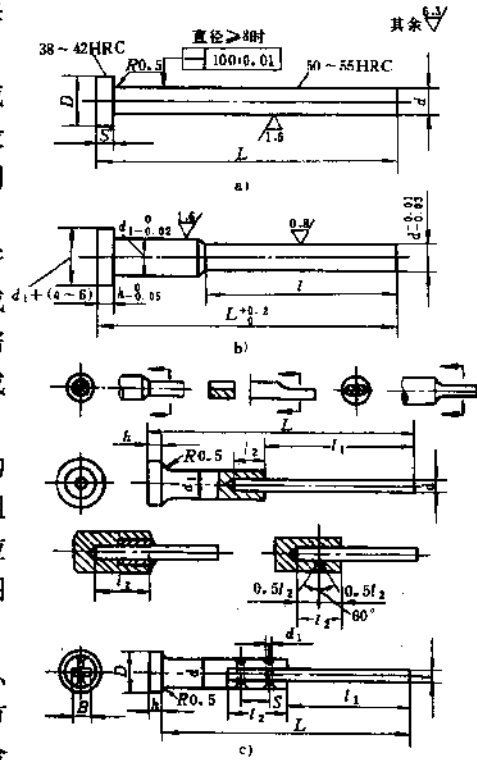


图 3-73 推杆形状

a) 直圆柱体 b) 台阶形 c) 组合式

图为将细长的推杆采用过渡配合插入后面部分；中图为将细长的推杆焊在后面部分上；下图为将细长的推杆铆接到后面部分上。

6) 对于一些配合间隙要求很小的推杆,其推杆端部可以做成锥形,如图 3-74 所示。这种形状的推杆,在推出时与塑件接触面大,推出塑件不易变形。同时,推出塑件时型腔表面与塑件之间迅速进气,便于起模。锥面配合角度一般取 60° 。

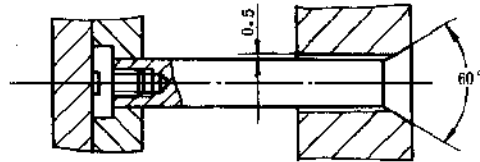


图 3-74 锥面推杆

(2) 推杆的固定形式 推杆与推杆固定板的连接形式如图 3-75 所示。其中,图 a 为常见形式,应用最广泛;图 b 是用垫圈来代替推杆固定板上的沉头,以简化加工。图 c 是用螺母拉紧推杆。图 d 是用紧固螺钉顶紧推杆。图 e 用螺钉紧固推杆。图 f 是采用铆接的形式。在图 a、图 b 和图 d 中推杆与推杆固定板的孔间留 1mm 的间隙。

(3) 推杆设计应注意下列事项

1) 推杆应尽量短,在推出时,一般将塑件推到高于型腔(或型芯)顶面 10mm 左右。推杆的端面一般应高出所在型腔的底面或型芯的顶面 $0.05 \sim 0.1\text{mm}$,否则会影响塑件的使用。

2) 推杆与其配合孔一般采用 H9/f9 的配合,保持一定的同轴度,避免在推出时卡住,配合长度取推杆直径的 $1.5 \sim 2$ 倍,通常不小于 12mm。非配合部分孔加大 $0.5 \sim 1.0\text{mm}$ 。

3) 在确保塑件推出的前提下,推杆数量不宜过多,以简化模具结构,减少对塑件表面质量的影响。

4) 在推杆推出机构中一定要设计复位机构。

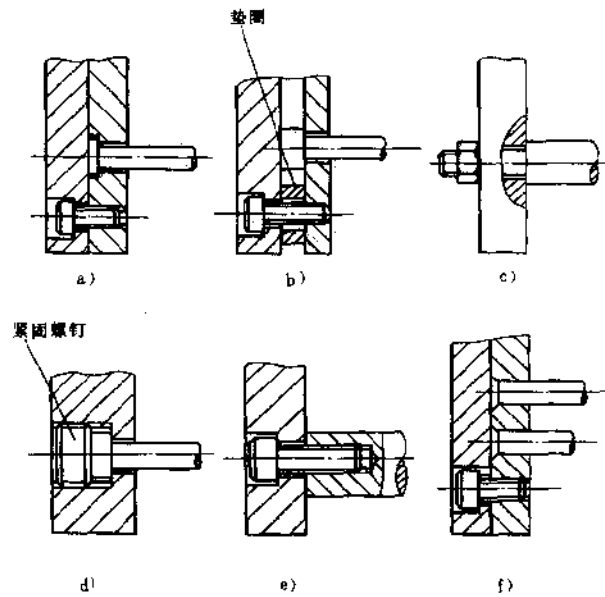


图 3-75 推杆固定形式

- a) 常用形式 b) 加垫圈 c) 螺母拉紧推杆 d) 紧固螺钉顶紧推杆
e) 螺钉紧固推杆 f) 铆接推杆

92. 注射成形模推管推出机构的结构形式如何?

对于中心带孔的圆筒形塑件或局部是圆筒形的塑件，可用推管推出机构进行起模。这种机构动作稳定、可靠，在塑件上不留任何痕迹。

推管推出机构的常用结构形式如图 3-76 所示。其中，图 a 表示型芯以台肩形式固定在动模座板上，型芯较长，但结构可靠。图 b 表示推管在凹模板内移动，可缩短推管和型芯的长度，但凹模板的厚度增加。设计推管推出机构一定要设计复位机构。

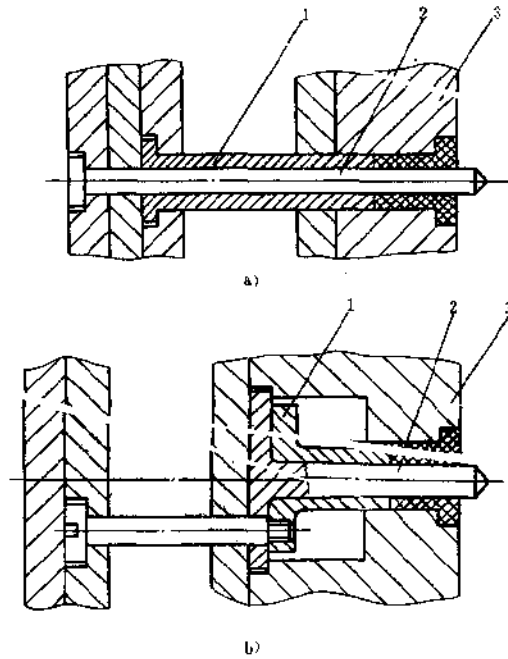


图 3-76 推管推出机构

a) 型芯固定在动模座板上 b) 推管在凹模板内移动
1—推管 2—型芯 3—凹模板

93. 注射成形模的推件板推出机构的结构形式如何?

(1) 结构形式 对于一些深腔薄壁的容器、罩子、壳形体,以及不允许有推杆痕迹的塑件的起模,均可采用推件板推出机构。推件板推出机构在起模时沿塑件整个周边进行推出,因此,起模力大而均匀,运动平稳,无明显的推出痕迹。

推件板推出机构的结构形式如图 3-77 所示。其中,图 a 是推杆推动推件板把塑件由型芯上推出。推件板的导向是利

用模具的动、定模导向装置中的导柱。这种形式应用较广泛。图 b 的结构特点是推件板由定距螺钉拉住，以防止推件板脱落。图 c 的特点是推件板镶入动模板内，模具结构紧凑。推件板上的斜面是为了在合模时便于推件板的复位。图 d 是利用注射机的两侧顶杆推动推件板。模具结构简单，但推件板的长度应设计得足够长，以两侧顶杆能顶上为原则。图 e 区别于图 b 之处是定距螺钉的安装相反。图 f 的结构特点是推件板在弹簧力作用下进行塑件的脱模，适用于推出距离不大的场合。

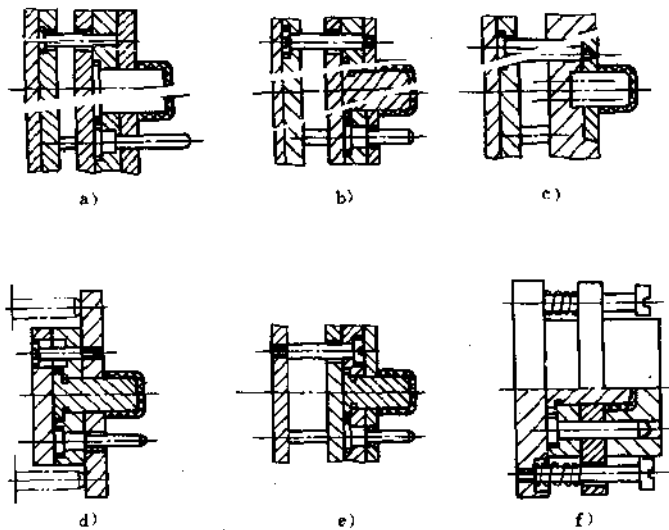


图 3-77 推件板推出机构的结构形式

a) 常用形式 b) 定距螺钉拉住推件板式 c) 推件板镶入动模板内
d) 注射机的双顶杆顶推件板 e) 定距螺钉顶推件板 f) 弹力推件板

(2) 推件板与型芯的配合形式 推件板与型芯表面摩擦产生损伤后，会影响塑件的表面粗糙度和造成起模困难。所

以，应正确选择推件板与型芯的配合形式。常用的配合形式如图 3-78 所示。其中，图 a 配合间隙较大，两者接触面摩擦小，适用于塑件高度小并具有一定起模斜度、塑料流动性较差的情况下。图 b 是推件板在推出塑件时不与型芯表面接触，故型芯表面不磨损，其配合锥度还起到辅助定位作用。此结构适合推出厚壁塑件。图 c 表示推件板与型芯采用锥面接触。其优点是配合对正好，成形时不产生飞边。适用于流动性好的塑料，但不适用于起模斜度很小而高度又不大的塑件。而图 d 则适用于起模斜度很小、高度又大的塑件。

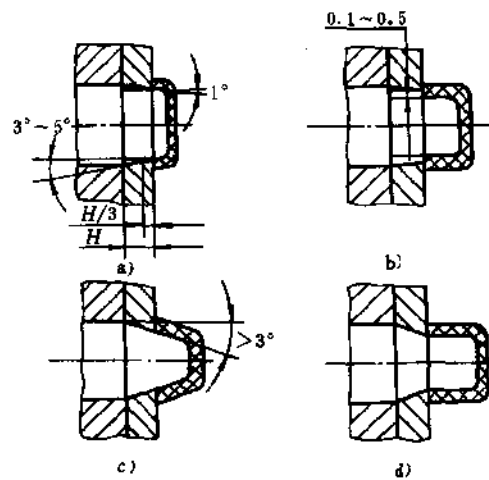


图 3-78 推件板与型芯的配合形式

- a) 推件板与型芯为大间隙配合 b) 推件板与型芯不接触 c) 推件板与型芯为锥面接触 d) 起模斜度小、高度大的塑件所用推件板

(3) 推件板的局部镶嵌组合结构 推件板与塑件接触的部位应具有一定的硬度和表面粗糙度。如果推件板全部淬火,可能因淬火变形而影响孔的精度。因此,可采用局部镶嵌或组合式。其镶嵌形式如图 3-79 所示。图 a 对圆形件可用 H7/r6 配合,这种形式应用较广泛。图 b 采用铆接法将两者连接在一起,铆合后上、下平面应磨平。图 c 为在推件板较厚时采用螺钉连接的形式。这种形式便于镶嵌件的更换。

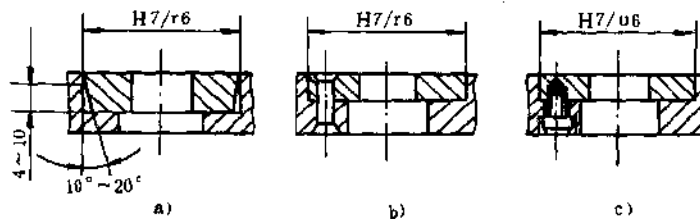


图 3-79 推件板镶嵌形式

a) 常用形 b) 铆接形 c) 螺钉连接式

推件板推出机构不必另设复位机构,在合模过程中,推件板靠合模力的作用回到初始位置。

94. 注射成形模的推块推出机构的结构形式如何?

对于平板状带凸缘的塑件,表面不允许有顶杆的痕迹,且平面度要求较高时,可采用推块推出机构,其结构形式如图 3-80 所示。图 a 中的推块复位是靠主浇道中熔体压力来实现的。图 b 中的推块复位是靠复位杆来实现的。

此结构推块是型腔的一部分，因此，应有较高的硬度和较细的表面粗糙度，与型腔、型芯的配合精度要高，推件时要求滑动灵活、不溢料。

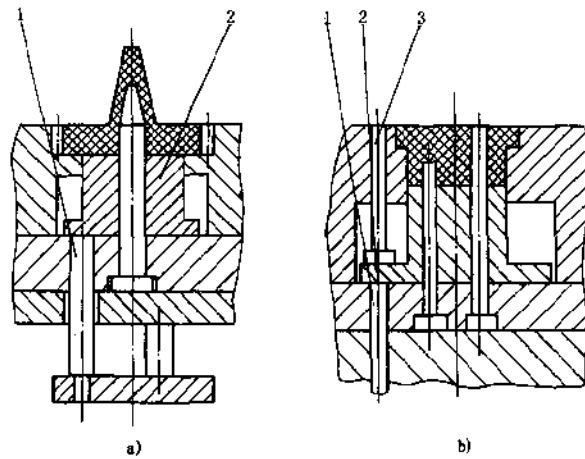


图 3-80 推块推出机构

a) 推块靠熔料压力复位 b) 推块靠复位杆复位
1—推杆 2—推块 3—复位杆

95. 注射成型模的活动镶块或凹模推出机构的结构形式如何？

活动镶块的结构形式如图 3-67 所示。

凹模推出机构的结构形式如图 3-81 所示。其结构原理为，推杆 1 推动型腔板 2 使塑件由型芯 3 上推出，然后用手将塑件从型腔板上取下。

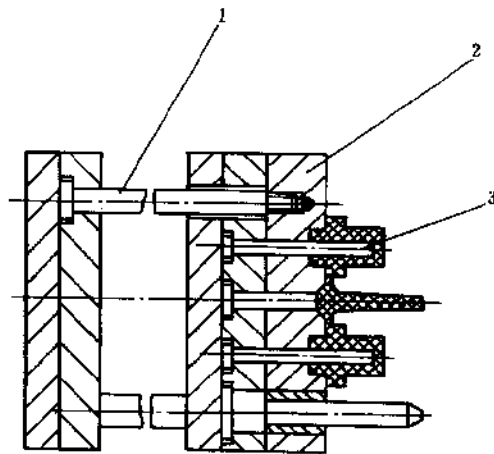


图 3-81 凹模推出机构的形式
1—推杆 2—型腔板 3—型芯

96. 注射成型模的联合推出机构的结构形式如何？

对于复杂塑件的成形，需要几种推出机构的联合应用。

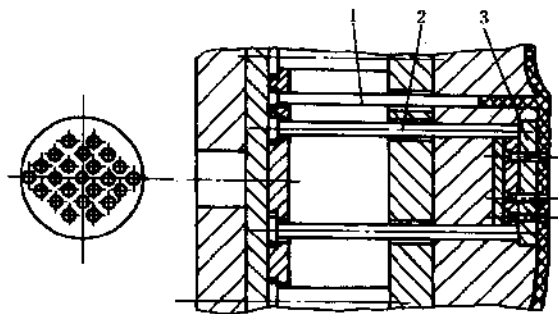


图 3-82 推杆、推块联合推出机构
1—成形推杆 2—推杆 3—推块

1) 推杆和推块联合推出机构, 其结构形式如图 3-82 所示。由于塑件是带有多个小孔的平板形, 为了避免塑件的变形或损坏, 推出机构采用推杆和推块的联合形式。

2) 推杆与推管联合作用的推出机构, 如图 3-83 所示, 推出时, 推杆 1 通过圆柱销 3 带动推管 4 共同将塑件从动模中推出。此结构适用于较长管状塑件的起模。

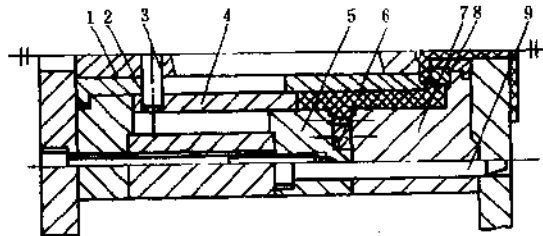


图 3-83 推杆与推管联合作用推出机构

1—推杆 2—型芯 3—圆柱销 4—推管 5—动模型腔板 6—齿轮环
7—定模型腔板 8—金属镶嵌件 9—导柱

97. 如何设计注射成形模推出机构的辅助零件?

为了保证推出机构在合模时能可靠复位, 故应设计复位零件; 要保证推出机构运动灵活, 不产生卡死现象, 必须设计导向零件; 这些零件称为辅助零件。

(1) 复位零件 在推出机构完成塑件起模后, 为了继续注射成形, 推出机构必须恢复到原来位置。除了推件板起模外, 其他起模形式均需设复位零件。固定式注射模常用的复位形式有复位杆式、推杆兼作复位杆式和弹簧复位式三种。

1) 复位杆, 又称反顶杆或回程杆。它的作用是使推出机构在推出塑件后回到注射成形前需要的位置。复位杆也是

固定在推杆固定板上。它的上顶面同模具的分型面齐平。见图 3-71 中件 10。

2) 推杆兼作复位杆, 如图 3-84 所示, 由于合模时推杆的上顶面与分型面齐平, 因此, 开模时靠它把塑件从型芯上推出, 合模时靠它将推出机构复位。

3) 弹簧复位。这种推出机构利用弹簧的弹力使推出机构复位, 其结构如图 3-85 所示。图 a 是在弹簧的内孔中装一定位杆, 以免弹簧工作时偏斜。图 b 是把弹簧直接套在推杆上。应用此结构时必须注意保持弹簧有足够的弹力。

(2) 导向零件 例如在推杆推出机构中, 推杆在模具中作往复滑动。除推杆的一部分同模具间采用间隙配合外, 其余部分都处于浮动状态。尤其是在卧式注射机中, 推杆固定板和推板的重量都作用于推杆上。在推出过程中塑件的反推阻力不均匀还

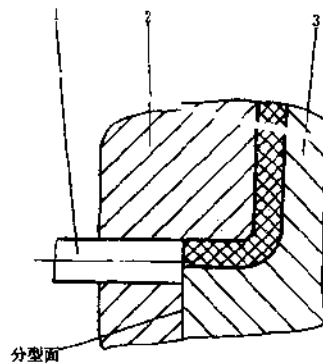


图 3-84 推杆兼作复位杆
1—推杆 2—型芯 3—凹模

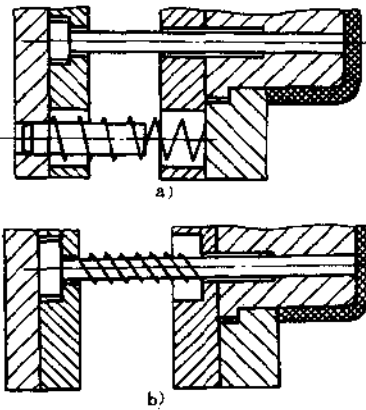


图 3-85 弹簧复位
a) 推杆与弹簧分开
b) 弹簧套在推杆上

会使推杆固定板倾斜。这些都使推杆承受横向负荷，可能导致推杆变形，甚致断裂。为了防止上述现象的发生，常采用导向零件来承受上述负荷。

导向零件的结构如图 3-86 所示。图 a 是导柱与导柱孔配合导向。导柱除导向外，还起支承作用，以增强动模底板的刚度。图 b 是导柱与导套配合导向。导柱也起支承作用。图 c 也是导柱与导套配合导向，但导柱不起支承作用。其中图 b 应用广泛。

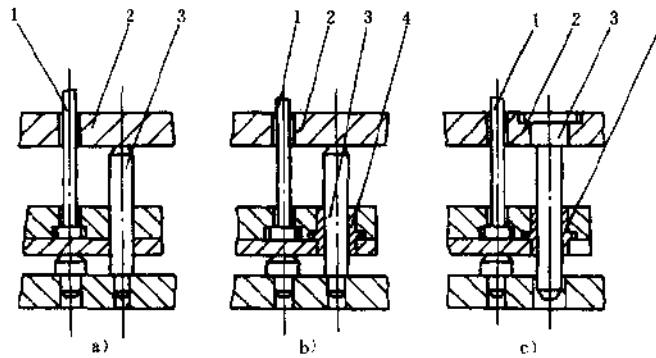


图 3-86 推出机构的导向零件

- a) 导柱与导柱孔配合导向 b) 导柱与导套配合导向，导柱起支撑作用 c) 导柱与导套配合导向，导柱不起支撑作用
1—推杆 2—动模底板 3—导柱 4—导套

98. 注射成形模的二级推出机构的结构形式如何？

一般塑件的脱模动作都是一次完成的。但是，遇到下面两种情况中的任何一种时，都需要采用二级推出机构。

1) 在一次推出动作完成后，塑件仍难以取出或不能自由落下。

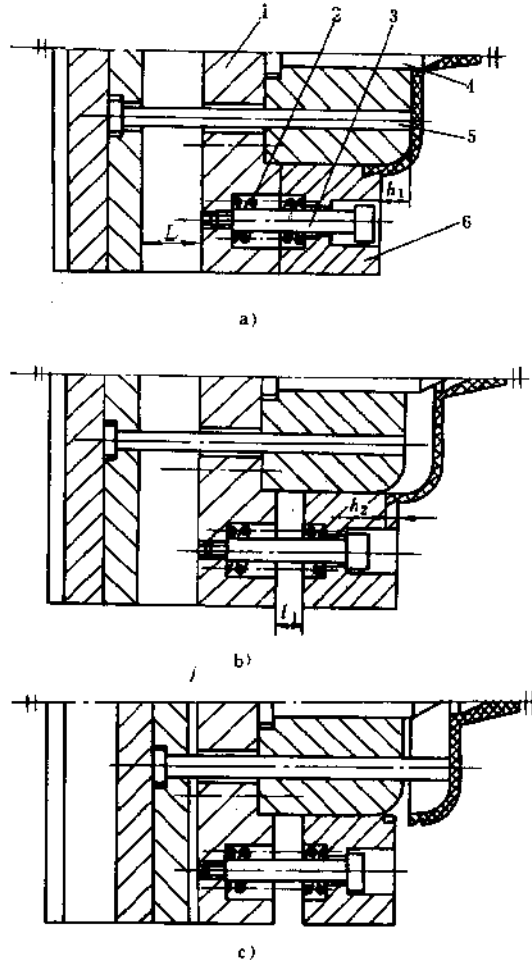


图 3-87 弹簧—推件板二级推出机构
 a) 合模状态 b)、c) 开模状态
 1—支承板 2—弹簧 3—限位螺钉 4—型芯 5—推杆
 6—动模板 (推件板)

2) 在一次推出脱模时, 由于受力过大而使塑件变形或破裂。

二级推出机构的目的是分散脱模力, 保证塑件完好地脱模。

二级推出脱模机构的结构形式如图 3-87 所示。这种机构称为弹簧—推件板二级推出机构。图 a 为合模状态。开模时靠弹簧的弹力推动动模板 6 (又是推件板), 使塑件脱离型芯, 实现第一次推出动作, 推出距离由限位螺钉 3 控制, l_1 应大于 h_1 , 如图 b 所示。继续开模时, 由推杆 5 将塑件强行从动模板 6 中推出, 完成第二次推出动作。推杆推出的距离 L 应大于 $l_1 + h_2$, 如图 c 所示。

这种结构形式适用于推出距离不大的场合。

99. 注射成形模的双推出机构的结构形式如何?

在设计注射成形模时, 为了脱模方便, 一般都将塑件留在动模一边。但有时受塑件形状的影响, 成形塑件也可留在定模一边。个别情况下塑件既可留在动模一边, 也可能留在定模一边。这时就必须考虑在动、定模上都设置推出机构——双推出机构。

双推出机构的结构形式如图 3-88 所示。该结构在定模设推杆 3, 在动模设推件板 2。当塑件包紧动模型芯的力和附着凹模镶件 4 的力差别不大, 开模后塑件可能留在动模, 也可能留在定模。对于成形面积大的罩形塑件特别有用。

推出的过程是, 开模时, 先在弹簧 5 的作用下, 定模板 6 与定模座板 7 分开, 拉出主浇道凝料。分开距离由圆柱销 8 和拉板 9 控制。当拉板 9 与圆柱销相接触时, 定模板 6 与推件板 2 开始分型。此时, 在小弹簧作用下, 通过推杆 3 推

动塑件，不让塑件留在凹模镶件 4 内，而留在动模上，然后由推杆 1 推动推件板 2 将塑件推出。

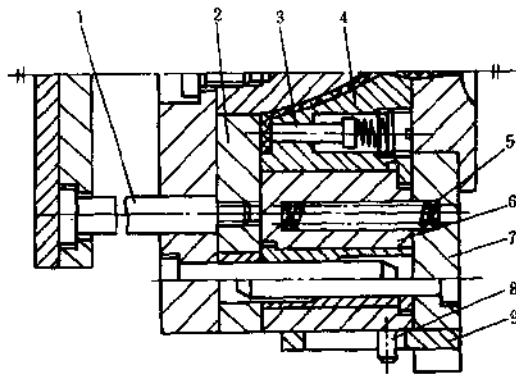


图 3-88 定模推杆、动模推件板的双推出机构

1、3—推杆 2—推件板 4—凹模镶件 5—弹簧 6—定模板
7—定模座板 8—圆柱销 9—拉板

100. 注射成形模的顺序推出机构的结构形式如何？

根据塑件形状需要，模具分型时先把定模分开，然后分开动模，从而使塑件脱模。实现这个过程的机构称为顺序推出机构，其结构如图 3-89 所示。

该过程的动作原理是，导柱 2 固定在定模座板 4 上，在圆柱面上开一长圆槽，在对应导柱孔内装定距螺钉 1。中间板 3 与定模座板 4 中间有一弹簧 5。开模时，在弹簧 5 的作用下，使定模座板 4 与中间板 3 首先分型，即 I 面分开，拉出主浇道凝料，当定距螺钉 1 与导柱 2 长圆槽下部相碰时，I 面分型结束。继续开模时，主分型面 II 分开，由设在动模一侧的推出机构将塑件推出模外。

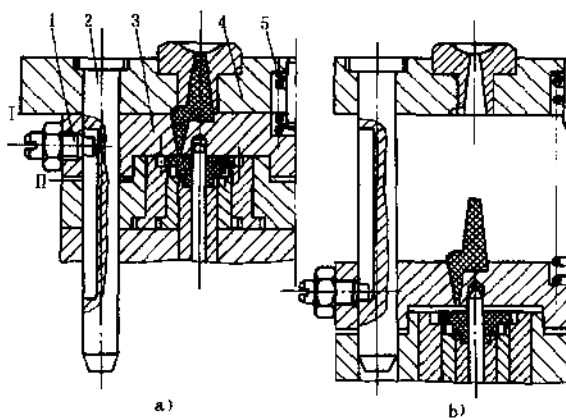


图 3-89 导柱弹簧式定距分型机构

a) 合模 b) 开模

1—定距螺钉 2—导柱 3—中间板 4—定模座板 5—弹簧

101. 设计带螺纹塑件的起模机构时应注意哪些问题？

设计带螺纹塑件的起模机构时应注意以下两个问题。

(1) 对塑件的要求 塑件成形后要从螺纹型芯或螺纹型环上脱出，两者作相对运动。因此，塑件的外形或端面需有防止转动的花纹或图案，如图 3-90 所示。

(2) 对模具的要求 当凹模与螺纹型芯同设在动模时，凹模就可保证塑件不转动。但当凹模与螺纹型芯不可能同时设在动模时，如凹模在定模，螺纹型芯在动模，即模具开模后，塑件就离开凹模，留在螺纹型芯上并同它一起转动，不能脱出。因此，需要在模具上设计止转机构。

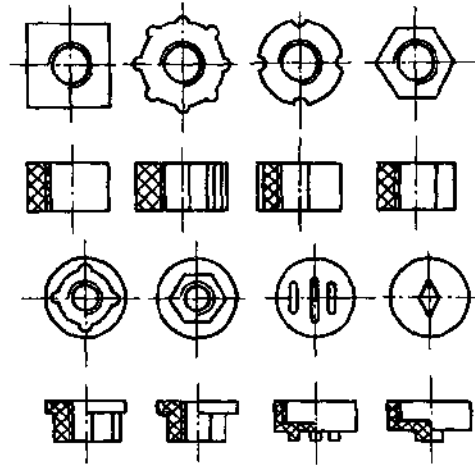


图 3-90 塑件的防转外形和端面

102. 强制脱出带螺纹塑件的起模机构的结构形式如何?

(1) 利用塑件的弹性强制起模 其结构如图 3-91 所示。它适用于聚乙烯、聚丙烯等具有较好弹性的塑件。通常采用推件板起模。

(2) 利用硅橡胶螺纹型芯强制起模 其结构如图 3-92 所示。此结构是利用具有弹性的硅橡胶来制造型芯。开模时,在弹簧 2 的作用下,使 A 面首先分开,退出橡胶螺纹型芯 3 中间的芯杆,橡胶螺纹型芯 3 收缩成锥形。继续开模时,主分型面 B 分开,并在注射机顶杆作用下,通过推杆 1 将塑件推出。图 3-91a 为闭模状态,图 b 为开模状态。

带有强制脱出带螺纹塑件的脱出机构的模具结构简单,用于成形精度要求不高,螺纹形状比较容易脱出的圆螺纹塑件。

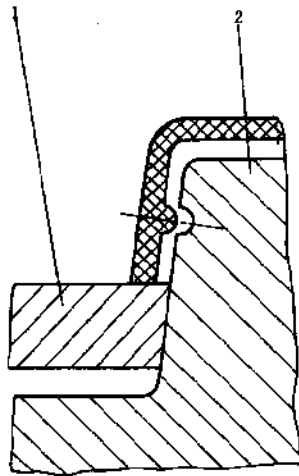


图 3-91 利用塑件的弹性强制起模
1—推件板 2—型芯

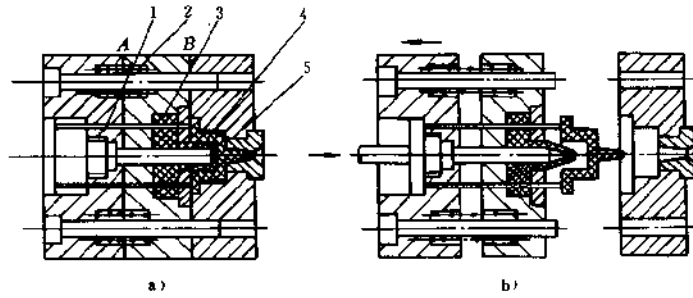


图 3-92 利用硅橡胶螺纹型芯强制顶出
a) 闭模 b) 开模
1—推杆 2—弹簧 3—硅橡胶螺纹型芯 4—塑件 5—凹模

103. 手动脱出带螺纹塑件的起模机构的结构形式如何?

手动脱出带螺纹塑件的起模机构有三种常见形式,如图 3-93 所示。其中,图 a 为模内手动脱出螺纹塑件的形式,在塑件起模之前,必须先拧下螺纹型芯。设计时必须使螺纹型芯两端的螺距相等。图 b、图 c 为活动的螺纹型芯和螺纹型环在开模后随塑件一起顶出,在机外脱模。该形式操作麻烦,需备有数个螺纹型芯或螺纹型环交替使用。在机外还需有取出螺纹型芯和型环的装置。但模具结构简单。

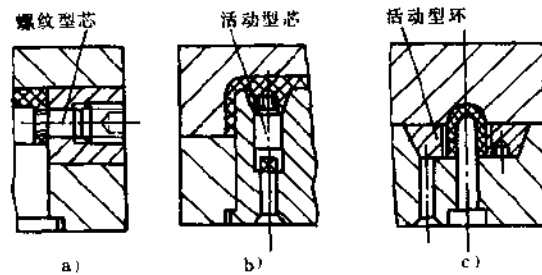


图 3-93 手动脱出螺纹常见形式

a) 脱出螺纹型芯 b) 脱出活动型芯 c) 脱出活动螺纹型环

在特殊情况下,可以采用模内设有换向机构的手动起模结构,其结构形式如图 3-94 所示。

这种结构的作用原理是,开模后,用手柄摇动轴 1,通

过齿轮 2、齿轮 3 的传动，使螺纹型芯 7 按旋出方向旋转。弹簧 4 在脱出塑件的过程中，始终顶住活动型芯 6，使其随塑件向脱出方向移动，其顶面与塑件始终接触，防止塑件跟随螺纹型芯 7 转动，从而使塑件顺利起模。

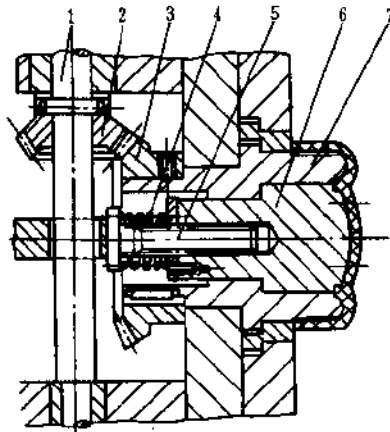


图 3-94 模内手动脱出螺纹塑件机构

1—轴 2、3—齿轮 4—弹簧 5—花键轴 6—活动型芯 7—螺纹型芯

104. 机动脱出带螺纹塑件的起模机构的结构形式如何？

机动脱出带螺纹塑件的起模机构的结构形式如图 3-95 所示。此结构为齿轮、齿条机构。开模时，装在定模座板 6 上的齿条 1 带动齿轮 2、齿轮 3 转动，使其螺纹型环 4 按旋出方向旋转，将塑件脱出。塑件靠浇注系统凝料止转。

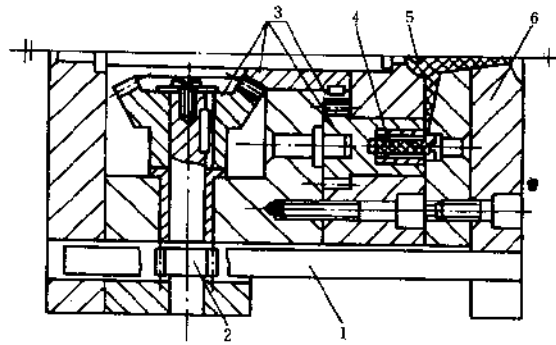


图 3-95 齿轮、齿条脱螺纹机构

1—齿条 2、3—齿轮 4—螺纹型环 5—拉料杆 6—定模座板

第四章 压缩模塑工艺及模具设计

105. 压缩模塑的工艺流程有哪些？

压缩模塑的工艺流程主要有加料、合模、排气、固化、起模、模具清理等。如果塑件有镶嵌件，应在加料前将其安放好。

(1) 镶嵌件的安放 塑件中的镶嵌件一般是作为导体或使塑件与其他零件连接用。大的镶嵌件在放入模具内之前应先预热。镶嵌件的安放要求位置准确、平稳，避免造成废品和损坏模具。

(2) 加料 加料的关键是加料量要准确。加料的计量方法有重量法及容量法两种。重量法比较准确，但也比较麻烦，每次加料前都必须称料。容量法不如重量法准确，但操作简便。

(3) 合模 加料后即进行合模，合模采用先快后慢的方法。为了缩短模塑周期和避免塑料在合模之前发生化学反应，在凸模未接触塑料之前应尽快合模。当凸模接触塑料之后，应放慢合模速度，避免镶嵌件或模具损坏，并有利于型腔内空气的排除。

(4) 排气 模压热固性塑料时，必须排除塑料中的水分和易挥发物变成的气体及化学反应时产生的气体。排气应力求迅速，并要在塑料处于可塑状态下进行。通常排气次数为1~2次，每次时间约几秒至20s。

(5) 固化 热固性塑料模压成形时,对固化阶段的要求是,在成形压力和成形温度下保持一定时间,使高分子交联反应进行到要求的程度。在固化过程中应注意固化速度和固化程度两方面的问题。

1) 固化速度通常以 1mm 厚度的试样硬化所需要的时间来表示。控制固化速度十分重要。若固化速度慢,则成形周期长、生产效率低。若固化速度太快,形状复杂的塑件则不能成形,因为,塑料未充满型腔就固化了。

2) 固化程度对塑件质量影响很大。固化不足的塑件其机械强度、电绝缘性、耐腐蚀性等性能都降低了。固化过度时,不仅上述性能降低,而且脆性增大,容易变色。

(6) 起模 将成形后的塑件由模具的型腔内或型芯上脱出的工序称为起模。起模的方式较多,有手工起模、机动起模、液压或气动起模等,其中以机动起模应用最广泛。

(7) 模具的清理 塑件起模后要及时清除掉模具型腔内或型芯上的废料。清理的方法可以用压缩空气吹净或用铜刮刀刮去。

106. 压缩模塑的主要工艺条件有哪些?如何确定?

压缩模塑主要的工艺条件有成形温度、成形压力和模压时间。

(1) 成形温度 成形温度是指压制时所规定的模具温度。在这个温度下,塑料由玻璃态转变为粘流态,再转变为固态。模具温度不等于型腔内塑料的温度,塑料最高温度比模具温度高,这是由于塑料交联反应时放热的结果。成形温度过高或过低都会降低塑料的强度。成形温度高,固化加快、模压时间缩短,但塑料充满型腔困难,塑件表面无光

泽，甚至出现变形、开裂等缺陷。如果成形温度过低，则固化速度减慢、模压时间增长。所以，成形温度对塑件质量和生产周期影响很大。

(2) 成形压力 成形压力是指模压时压力机对塑件分型面上单位投影面积的压力。它的作用是使塑料充满型腔和让粘流态的塑料在压力作用下固化，以期增加塑件的体积质量。

成形压力的计算见公式 (4-1)。

$$p = \frac{F_{机}}{A} \quad (4-1)$$

式中 p ——成形压力 (Pa)；

$F_{机}$ ——所用压力机的公称压力 (N)，计算时取公称压力的 80%~90%；

A ——塑件在分型面上的投影面积 (m^2)。

成形压力大，塑件的体积质量高，力学性能随之提高。反之，成形压力小，塑件的体积质量低，力学性能也随之下降。

塑料的流动性小、固化速度快、填料纤维长、压缩率高以及塑件形状复杂，厚度大者所需的成形压力大。经过正确预热的塑料比不预热者所需的成形压力较小。

在一定的温度范围内，提高模具温度可以降低成形压力，但不能超过允许的塑化温度。

提高成形压力有利于提高塑料的流动性，有利于充满型腔以及提高固化速度。但成形压力大，消耗能量大，并易损坏模具。因而应选择适当的成形压力。

(3) 模压时间 成形压力一定时，成形温度愈高，模压时间愈短。在保证塑件质量的前提下，提高成形温度，也可

以减少模压成形时间，从而提高劳动生产率。

表面积大的塑件，由于塑料在型腔中受热面积大，塑料流动时摩擦热多，所以，模压时间短。

塑件厚度大的模压时间长。否则，会造成塑件内层固化程度不足。

不溢式压缩模排除气体和挥发物困难，所以，模压时间比溢式压缩模长。

经过预压成锭料和预热的塑料，模压时间比粉料和不预热的要短。

成形压力大的模压时间短。

增长模压时间，对塑件的物理性能和力学性能并无好处，相反会降低塑件的强度和电性能。但模压时间过短，造成塑件“欠熟”，亦影响塑件的质量。

常用热固性塑料压缩模塑的工艺条件见附录表 6。

107. 压缩模塑前有哪些准备工作？

压缩模塑前主要有预压、预热和干燥两项准备工作。

(1) 预压 利用预压模将粉状或纤维状的热固性塑料在预压机上压成质量一定、形状一定的锭料。模塑时，直接加入锭料即可。

预压有以下优点：

1) 模压成形时加料简单。锭料的形状可制成与塑件相似，这样，便于成形。

2) 降低压制时塑料的压缩率，从而减小模具加料腔的尺寸。

3) 可以提高预热温度，缩短成形时间。

4) 避免加料时粉料飞扬，改善工人的劳动条件。

对于生产批量比较小的塑件，在压缩模塑前也可不预压，直接将粉料或片料等加入型腔中。

(2) 预热和干燥 有的塑料在模塑前要进行预热，以便去除料中的水分和挥发物，同时提高塑料的温度。通过预热和干燥的塑料可以缩短模压时间，提高塑件的物理性能及力学性能。同时还能提高塑料熔体的流动性，降低成形压力，提高模具寿命。

预热和干燥一般是采用烘箱。烘箱内设有强制空气循环的控制装置，其温度在 40~230℃ 范围内，根据塑料种类来调节。

108. 按模具在压力机上的固定方式，压缩模可分为几类？有何特点？

按模具在压力机上的固定方式，压缩模可分为移动式、半固定式和固定式三类。

(1) 移动式压缩模 这类模具在成形后可以移出压力机。加料、开模和取件等工序均为手工操作。它的特点是模具结构简单、成本低、制造周期短。但工人劳动强度大，模具易磨损。它适用于压制批量不大的中小型塑件。

(2) 半固定式压塑模 这类模具一般为上模固定在压机上，下模不固定，成型后移出下模，用手工或模外卸模装置取出塑件。此类模具的特点是便于加料和安放镶嵌件。但工人的劳动强度仍较大。

(3) 固定式压缩模 这类模具的上、下模都固定在压力机上，开模、合模、从模具型腔和型芯中推出塑件都在压力机上进行。它的特点是工人劳动强度小、生产效率高、安全、模具寿命长。但与前两类模具相比，模具结构较复杂，

成本较高。

109. 按上、下模配合特征，压缩模可分为几类？有哪些特点和优、缺点？

按上、下模配合特征，压缩模可分为溢式压缩模、半溢式压缩模和不溢式压缩模三类。

(1) 溢式压缩模（敞开式压缩模）溢式压缩模的结构形式如图 4-1 所示。

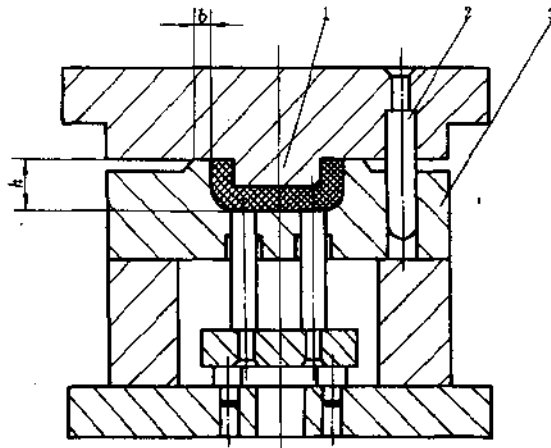


图 4-1 溢式压缩模

1—凸模 2—导柱 3—凹模

1) 溢式压缩塑的特点如下：

- ① 无加料腔，塑料直接加入型腔内，型腔总高度 h 就是塑件的高度。
- ② 凸模与凹模无配合部分。
- ③ 宽度为 b 的环形面积是挤压面，合模时塑料受压缩。

合模到终点时，挤压面完全闭合。因挤压面比较窄，所以，塑件的飞边较薄。

2) 溢式压缩模的优点如下：

- ①结构简单、成本低。
- ②塑件易取出，尤其是扁平件可以不用推出机构。
- ③由于无加料腔，操作者易接近型腔底部，安放镶嵌件方便。

3) 溢式压缩模的缺点如下：

①合模太快时，塑料容易溢出，浪费原料。一般加料量应大于塑件质量的5%左右。合模太慢，塑料在挤压面迅速固化，又会使飞边增厚。由于飞边沿着挤压面呈水平状，所以，去除较困难，不适合压制带状、片状或纤维填料的塑料。最好采用颗粒料或预压锭料。

②由于凸、凹模的配合完全靠导柱定位，所以，配合精度较低。因此，不宜成形薄壁和壁厚均匀性要求高的塑件。

(2) 半溢式压缩模（半封闭式压缩模）半溢式压缩模的结构如图4-2所示。

1) 半溢式压缩模的特点如下：

①在型腔上方设一断面尺寸大于型腔断面尺寸的加料腔，凸模与加料腔呈间隙配合(H9/f9)。

②加料腔与型腔分界处有一环形挤压面，其宽度约4~5mm，凸模下压到与挤压面接触为止。

③压制时溢料比溢式压缩模小，所以，能得到高度基本一致的塑件。

④加料时按体积计量，比较简单。

2) 半溢式压缩模的优点如下：

①由于加料腔的断面尺寸较凹模型腔断面尺寸大，凸模

不与凹模侧壁相接触，因而不会损伤凹模侧壁。

②当凹模外形轮廓形状复杂时，可以将凸模与加料腔周边配合面形状简化，便于加工凸模及加料腔。

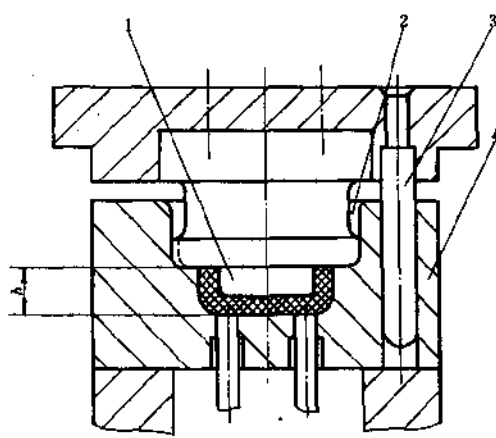


图 4-2 半溢式压缩模

1—凸模 2—加料腔 3—导柱 4—凹模

③应用较广泛。适用于压制流动性较好及形状较复杂的带镶嵌件的塑料。

3) 半溢式压缩模的缺点是，由于有挤压边缘，不宜压制以布片或长纤维作填料的塑件。

(3) 不溢式压缩模（封闭式压缩模）该模的结构形式如图 4-3 所示。

1) 不溢式压缩模的特点如下：

①模具的加料腔为型腔上部的延续，无挤压面。压力机所施加的压力几乎都作用到塑件上。

②不溢式压缩模的凸模与加料腔单边间隙为 0.075mm ，配合长度不宜过大，不配合部分可将凸模断面减小。

2) 不溢式压缩模的优点如下:

①压制时, 因塑件承受压力大, 故塑件的体积质量大, 质量高。

②塑件的飞边很薄, 而且呈垂直分布, 用平磨的方法即可去除。

③适于压制形状复杂、薄壁及深形等塑件。对塑料要求不严, 可以压制棉布、玻璃布或长纤维填充的塑料。

3) 不溢式压模的缺点如下:

①由于溢出量少, 加料量的多少直接影响塑件的高度, 所以, 每次加料都必须准确称量。

②由于加料腔断面尺寸与型腔断面尺寸相同, 凸模与加料腔内壁有摩擦, 不可避免地划伤加料腔的内壁, 所以, 塑件在压制成形后出模时会划伤外侧面。

③模具必须设推出机构, 否则塑件难以取出。

④一般为单型腔模, 生产效率较低。

110. 压缩模由哪些基本部分组成?

压缩模的结构如图 4-4 所示。该模具总体上由上模和下

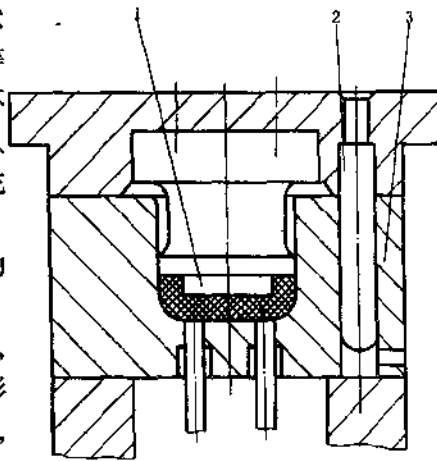


图 4-3 不溢式压缩模

1—凸模 2—导柱 3—凹模

模两大部分组成。上模安装在压力机的滑块上，下模安装在压力机的工作台上。模具由成形零件、加料腔、导向机构、侧向分型抽芯机构、脱模机构和加热系统六大部件组成。

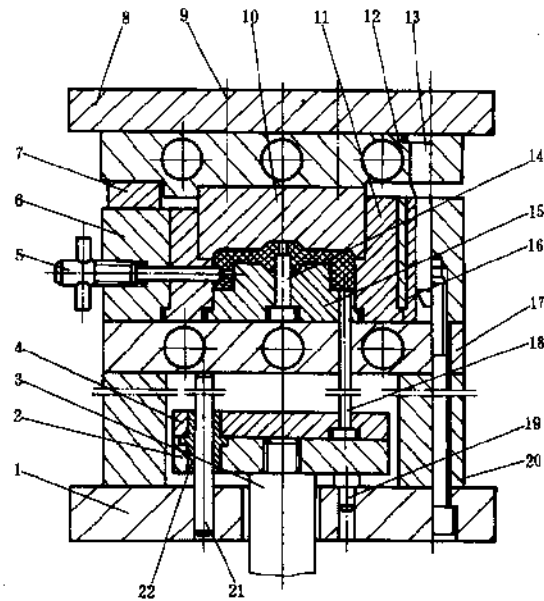


图 4.4 压缩模的结构

1—下模座板 2—推板 3—尾轴 4—推杆固定板 5—侧型芯 6—凹模固定板 7—承压板 8—上模座板 9—螺钉 10—上凸模 11—凹模镶件 12—上加热板 13—导柱 14—型芯 15—下凸模 16—导套 17—下加热板 18—推杆 19—挡钉 20—垫块 21—推板导柱 22—推板导套

(1) 成形零件 成形零件是直接成形塑件的关键零件。模具闭合时形成所要求的型腔。如图 4.4 中由上凸模 10、下凸模 15、凹模镶件 11、侧型芯 5 和型芯 14 构成的模具型腔。

(2) 加料腔 由于塑料原料与塑件相比具有较小的体积质量，成型前仅靠型腔一般无法容纳全部的原料，因此，必须在型腔上部设一加料腔，见图 4-4 中凹模镶件 11 的上部。

压缩模与注射模一样，也分单型腔和多型腔模。对于多型腔的压缩模，其加料腔有两种形式，如图 4-5 所示。

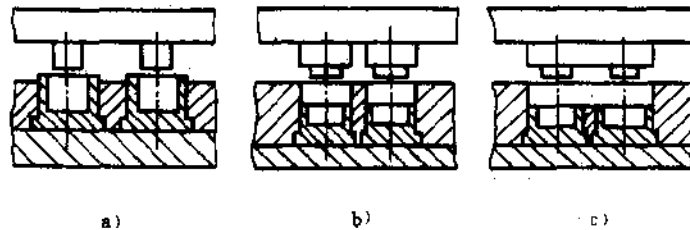


图 4-5 多型腔模及其加料腔

a)、b) 每个型腔有单独加料腔 c) 多个型腔共用一个加料腔

1) 每个型腔都有自己的加料腔，如图 4-5a、b 所示。这种形式的优点是，如果个别型腔损坏，可以停止对该型腔内加料，而不影响整副压缩模的使用。但该模具的加料比较麻烦。

2) 多个型腔共用一个加料腔，如图 4-5c 所示。这种形式的优点是加料方便，模具的轮廓尺寸较小；缺点是个别型腔损坏时，整副模具都不能使用。

(3) 导向机构 该模具的导向机构由导柱 13 和导套 16 组成（见图 4-4）。导向机构用来保证上、下模合模时的对中性。为了保证模具的推出机构正常运动，该模具在下模座板 1 上设有推板导柱 21，在推板 2、推杆固定板 4 上设有推板导套 22。

(4) 侧向分型抽芯机构 当压制带有侧孔和侧凹的塑件时, 模具必须设有侧向分型抽芯机构。如图 4-4 所示, 因压制的塑件有侧孔, 所以, 在顶出前用手转动丝杠抽出侧型芯 5。

(5) 脱模机构 塑件成型后依靠脱模机构由模内顶出。如图 4-4 所示, 脱模机构由推杆 18、推杆固定板 4、推板 2 和与压力机顶杆相连接的尾轴 3 等组成。

(6) 加热系统 热固性塑料压制成形时需要在较高的温度下进行, 因此, 模具必须加热。常见的加热方法是电加热。图 4-4 中上加热板 12、下加热板 17 分别对凹模和凸模加热, 在加热板的孔中插入电加热棒。

11.1. 塑料压制用压力机按传动方式主要分哪几类?

按传动方式, 塑料压制用压力机可分为机械式和液压式两种。

1) 常见的机械式塑料压制用压力机有螺旋式压力机。它是通过一根垂直安装的可升降的旋转螺杆来推动活动横梁作往复运动。为了增大压力机的压力, 螺杆顶上带有一个转盘, 而转盘的旋转运动系由带轮、摩擦轮带动的。小型的可用手推动转盘旋转。机械式压力机的压力不准确, 运动噪声大, 目前应用较少。

2) 液压式压力机, 简称液压机, 它是热固性塑料模压成型的主要设备。我国标准的液压机以立式为主。机架结构可分为框架连接和立柱连接两类。框架式一般用于中、小型压力机, 立柱式常用于大、中型压力机。加压形式一般为上压式。上、下模分别安装在滑块及工作台上, 工作时滑块带动下模下降进行压制, 工作台下设有液压顶出装置, 可供各

类压缩模进行批量生产时顶出塑件。

压制用压力机的结构形式如图 4-6 所示。

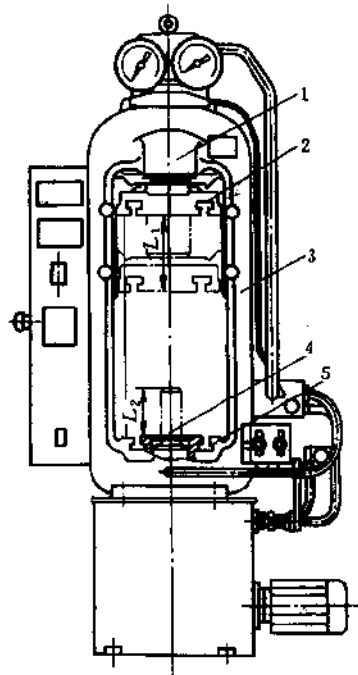


图 4-6 上压式框架型液压机

1—液压缸 2—活动横梁 3—框架 4—顶出机构 5—下工作台

112. 油压机的结构及传动原理是什么？

(1) 油压机的结构 油压机的结构由主体（也称主机）和液压传动系统两大部分组成。

1) 油压机的主体用来完成塑件的压制工作，其结构如图 4-7 所示。滑块和工作台用 4 根立柱和 12 个螺母将它们

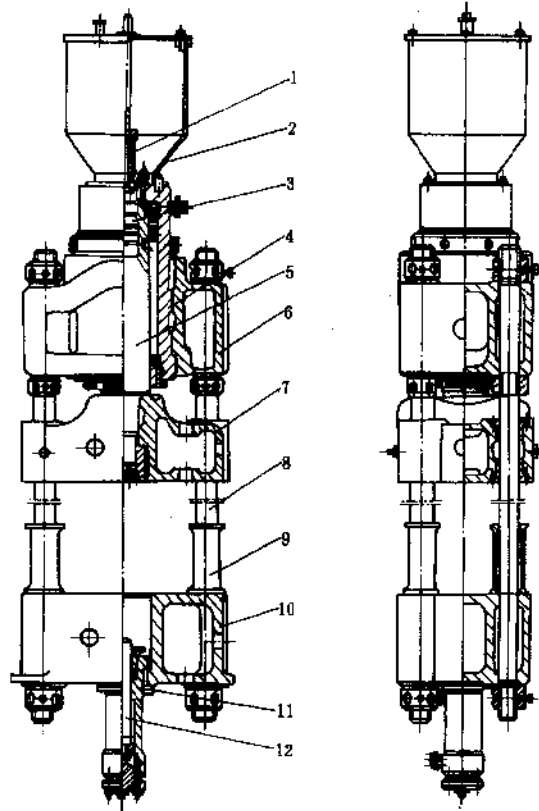


图 4-7 油压机结构图

1—充油阀 2—油筒 3—活塞 4—主缸 5—活塞杆 6—上横梁 7—滑块 8—立柱 9—限位套 10—工作台 11—顶出缸 12—顶出活塞

刚性地连接起来，形成一个刚性框架。滑块套在四根立柱的中部，它可以沿立柱上、下滑动，活塞杆的下端与滑块连接在一起。当活塞在主缸内上、下移动时，滑块以4个立柱为导向也随着上、下运动。上模装在滑块上，下模固定在工作

台上。4个限程套套在4个立柱上，它的作用是防止滑块到最下位置时从主缸中脱落。顶出缸装在工作台的中心孔中，缸中装有顶出活塞，用以顶出塑件。主缸的上端装有充油灌，可快速向主缸中充油。

2) 液压传动系统包括动力装置、操纵机构、执行机构和辅助装置等。

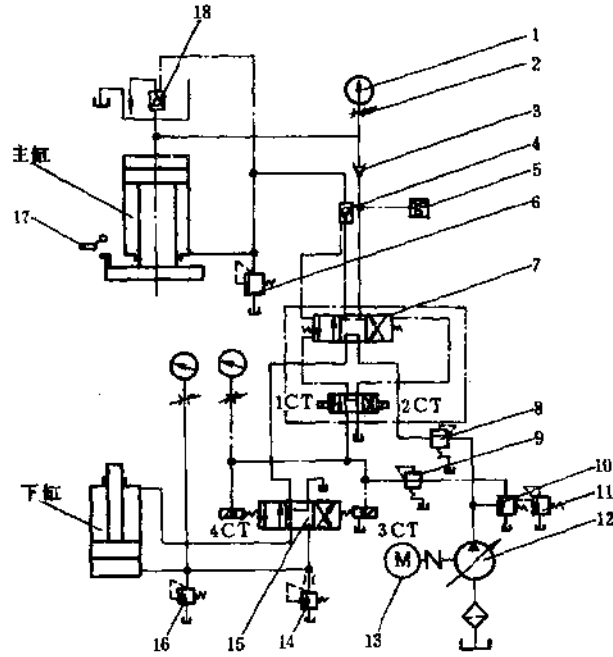
①动力装置包括油泵和其他属于能源的附件，用以将机械能传给工作介质——油，使油得到压力能。

②操纵机构包括压力阀、流量阀、换向阀和各种不同的阀类以及电器装置，通过它们来控制、调节油流的压力、流量、速度和方向，从而满足油压机工作性能的要求。

③执行机构又称液压机构，包括旋转式电动机及各种往复油缸，把油的压力能转换成机械能，输送到工作机构上去。

④辅助装置包括油箱、油管、接头、蓄油器、冷却器以及各种控制仪表等。

(2) 油压机的传动原理 如图 4-8 所示。这个传动系统由一个变量轴向柱塞泵供油，利用各种阀来控制主缸的升降以及顶出缸的顶出和回程。主缸的工作压力由溢流阀 11 来调节，运动速度由改变泵的流量来调节。顺序阀 8 调整到进油压力大于一定值时才打开，其作用是使主缸或顶出缸停止工作时（即油泵卸荷时），控制油路仍有足够的压力。主缸油路的回油要经过控制顶出缸运动的电动滑阀 15 才能返回油池，从而保证了顶出缸只有处于下端位置或停止位置时，主缸才能运动。而顶出下缸的进油要经过控制主缸运动的电液动阀 7，保证了主缸只有处于停止时，顶出缸才能运动，这样就能够避免两缸动作的不协调。



动作顺序表

| 动作名称 | 电磁铁 | | | 电动机 |
|------------|-----|--|--|-----|
| | | | | |
| 电机启动 | | | | |
| 上滑块快速下行并保压 | | | | |
| 保压 | | | | |
| 卸压快速回程 | | | | |
| 回程停止 | | | | |
| 顶出包活塞顶出 | | | | |
| 退回 | | | | |
| 停止 | | | | |
| 紧急停止 | | | | |

图 4-8 油压机油路系统图

1—压力表 2—可变节流阀 3—单向阀 4—液控单向阀 5—压力继电器 6、10、11、14—溢流阀 7—电液动阀 8—顺序阀 9—减压阀 12—变量泵 13—电动机 15—电液滑阀 16—安全阀 17—行程开关 18—液控单向阀

油压机的工作过程如下：

1) 空程回路 当油泵起动，油压机不工作时，油通过顺序阀 8、电液动阀 7 及电动滑阀 15 流回油箱。

2) 工作回路 1CT 通电，电液动阀 7 的电磁阀（先导阀）开时将液控单向阀 4 打开，油泵输出的油经顺序阀 8、电液动阀 7 及单向阀 3 进入主缸上腔，主缸下降。主缸下腔的油经液控单向阀 4、电液动阀 7 及电动滑阀 15 流回油箱，油压机开始工作。主缸下降的初期，由于活塞和滑块的自重而迅速下降，油泵流量较小，不能及时补充上腔空出的体积而形成真空，这时，油压机顶部的充液筒的油液，在大气压的作用下打开液控单向阀 18，便使主缸上腔迅速补油，当固定在上滑块上的上模接触塑料后，便立即进行加压。当主缸上腔的压力达到所要求的数值时（从压力表可以看出）由压力继电器 5 控制，将 1CT 断电，电液动阀 7 处于中间位置，主缸上腔和液控单向阀 18 以及单向阀 3 均被封闭。同时油泵卸荷，油压机进入保压状态，由时间继电器控制保压时间。到了预定时间，时间继电器动作，使 2CT 通电，进入主缸的油路换向。由于主缸下腔的有效面积较小，活塞便带动滑块快速回程，这时，下腔的油是压力油，所以，把液控单向阀 18 打开，上腔的油流回充液筒。当筒中的油装满后，多溢的油就流回油箱。上滑块上升碰到行程开关 17 时，使 2CT 断电，电液动阀 7 处于中间位置，主缸停止不动。如将 3CT 通电，油经电液动阀 7 及电动滑阀 15 流入顶出缸下腔，活塞上升，塑件被顶出。将 4CT 通电，油流入顶出缸上腔，活塞下降回程，一个压塑过程结束。

113. 国产塑料压制用液压机的技术规格有哪些?

Y71-100 型塑料制品液压机如图 4-9 所示, YB32-200 型四柱万能液压机如图 4-10 所示, 其技术规格见表 4-1。

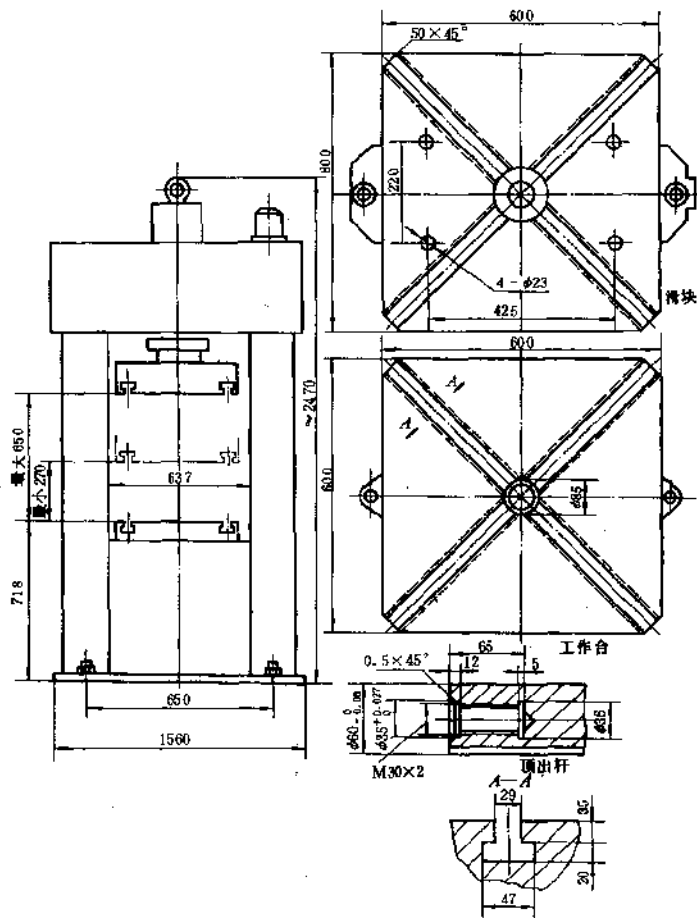


图 4-9 Y71-100 型塑料制品液压机

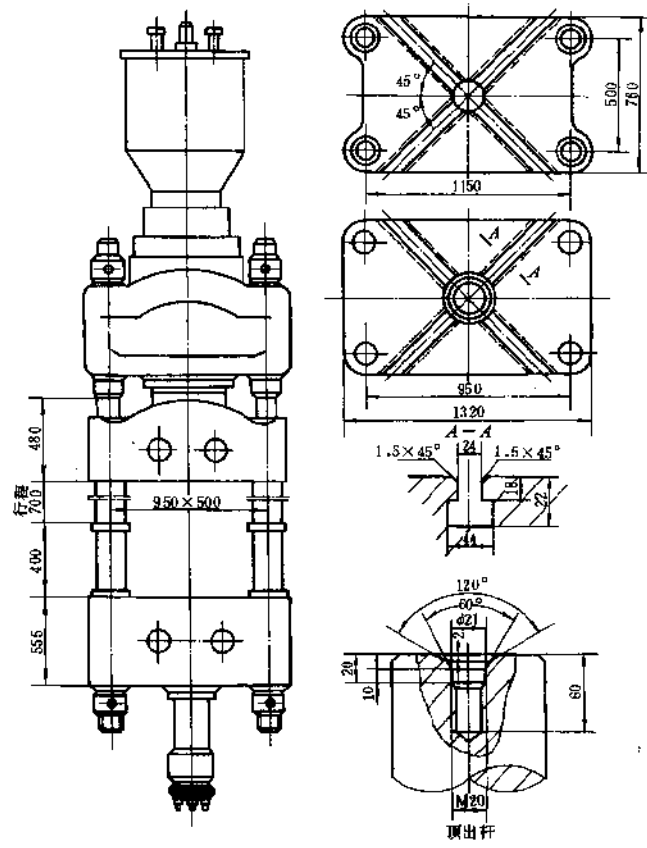


图 4-10 YB32-200 型四柱万能液压机

表 4-1 液压

| 常用液压机型号 | 特 征 | 液压部分 | | |
|---------------------|------------------|-------------|-------------|---------------------|
| | | 公称压力 /kN | 回程压力 /kN | 工作液最大压力 p /MPa |
| 45~58 | 上压式、框架结构、 下顶出 | 450 | 68 | 32 |
| YA71-45 | 上压式、框架结构、 下顶出 | 450 | 60 | 32 |
| SY71-45 | 上压式、框架结构、 下顶出 | 450 | 60 | 32 |
| YX (D) -45 | 上压式、框架结构、 下顶出 | 450 | 70 | 32 |
| Y32-50 | 上压式、框架结构、 下顶出 | 500 | 105 | 20 |
| YB32-63 | 上压式、框架结构、 下顶出 | 630 | 133 | 25 |
| BY32-63 | 上压式、框架结构、 下顶出 | 630 | 190 | 25 |
| YX-100 | 上压式、框架结构、 下顶出 | 1000 | 500 | 32 |
| Y71-100 | 上压式、框架结构、 下顶出 | 1000 | 200 | 32 |
| ICH-100 | 上压式、框架结构、 下顶出 | 1000 | 500 | 32 |
| Y32-100 | 上压式、柱式结构、 下顶出 | 1000 | 230 | 20 |
| Y32-200 | 上压式、柱式结构、 下顶出 | 2000 | 620 | 20 |
| YB32-200 | 上压式、柱式结构、 下顶出 | 2000 | 620 | 20 |
| YB71-250 | 上压式、柱式结构、 下顶出 | 2500 | 1250 | 30 |
| SY-250 | 上压式、柱式结构、 下顶出 | 2500 | 1250 | 30 |
| ICH-250 | 上压式、柱式结构、 下顶出 | 2500 | 1250 | 30 |
| Y32-300 YB32-300 | 上压式、柱式结构、 下顶出 | 3000 | 400 | 20 |
| Y31-63 | — | 630 | 300 | 32 |
| Y71-63 | — | 630 | 300 | 32 |
| Y32-100A | — | 1000 | 160 | 21 |
| Y33-300 | — | 3000 | — | 24 |

机技术规格

| 封闭高度 H/mm | 滑块最大 行程 S/mm | 顶出部分 | | | 附 注 |
|-----------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| | | 顶出杆最大 顶出力 $/\text{kN}$ | 顶出杆最大 回程力 $/\text{kN}$ | 顶出杆最大 行程 S_1/mm | |
| 650 | 250 | — | — | 150 | — |
| 750 | 250 | 12 | 3.5 | 175 | — |
| 750 | 250 | 12 | 3.5 | 175 | — |
| — | 250 | — | — | 150 | — |
| 600 | 400 | 7.5 | 3.75 | 150 | — |
| 600 | 400 | 9.5 | 4.7 | 150 | — |
| 600 | 400 | 18 | 10 | 130 | — |
| 650 | 380 | 20 | — | 165 (自动) 280 (手动) | — |
| 650 | 380 | 20 | — | 165 (自动) 280 (手动) | 滑块没有四孔 |
| 650 | 380 | 20 | — | 165 (自动) 250 (手动) | 滑块没有四孔 |
| 900 | 600 | 15 | 8 | 180 | — |
| 1100 | 700 | 30 | 8.2 | 250 | — |
| 1100 | 700 | 30 | 15 | 250 | — |
| 1200 | 600 | 34 | — | 300 | — |
| 1200 | 600 | 34 | — | 300 | 工作台有三个顶出杆, 滑块上有两孔 |
| 1200 | 600 | 63 | — | 300 | 工作台有三个顶出杆, 滑块上有两孔 |
| 1240 | 800 | 30 | 8.2 | 250 | — |
| — | 300 | 0.3 (手动) | — | 130 | — |
| 600 | 300 | 0.3 (手动) | — | 130 | — |
| 850 | 600 | 16.5 | 7 | 210 | — |
| 1000 | 600 | — | — | — | — |

114. 压力机有关参数的校核内容有哪些?

压力机有关参数的校核内容主要有最大压力的校核、开模力的校核、脱模力的校核、闭合高度与压缩模闭合高度间关系的校核、工作台结构及尺寸与压缩模关系的校核、顶出机构与压缩模推出装置间关系的校核等。

(1) 压力机最大压力的校核 校核压力机最大压力的目的有两个：一个是为了在已知压力机公称压力和塑件尺寸的情况下，计算模具内开设型腔的合理数目；另一个是在已知型腔数目和塑件尺寸时，选择压力机的公称压力。压力机的公称压力与压制塑件所需的总成形压力之间的关系见公式(4-2)。

$$F_{\text{模}} \leq KF_{\text{机}} \quad (4-2)$$

式中 $F_{\text{模}}$ ——模压所需的成形总压力 (N)；

$F_{\text{机}}$ ——压力机公称压力 (N)；

K ——修正系数， $K=0.75\sim 0.90$ ，根据压力机新旧程度而定。

模压所需的成形总压力的计算见公式(4-3)。

$$F_{\text{模}} = pAn \quad (4-3)$$

式中 A ——每一型腔在分型面上的投影面积 (m^2)。对于溢式和不溢式压缩模，其值等于塑件最大轮廓的水平投影面积。对于半溢式压缩模，其值等于加料腔的水平投影面积；

n ——压缩模内加料腔个数。单型腔压缩模 $n=1$ ；

对于共用加料腔的多型腔压缩模 $n=1$ ，这时 A 应等于共用加料腔的水平投影面积；

p ——压制时单位成形压力 (Pa)，其值可查表 4-2。

表 4-2 压制时单位成形压力 p (MPa)

| 塑件的特征 | 粉状酚醛塑料 | | 布基填料的 酚醛塑料 | 氨基塑料 | 酚醛石 棉塑料 |
|-------------------------|-------------|-------------|---------------|-----------------|------------|
| | 不预热 | 预热 | | | |
| 扁平厚壁塑件 | 12.26~17.16 | 9.81~14.71 | 29.42~39.23 | 12.26~ 17.16 | 44.13 |
| 高 20~40mm, 壁厚 4~6mm | 12.26~17.16 | 9.81~14.71 | 34.32~44.13 | 12.26~ 17.16 | 44.13 |
| 高 20~40mm, 壁厚 2~4mm | 12.26~17.16 | 9.81~14.71 | 39.23~49.03 | 12.26~ 17.16 | 44.13 |
| 高 40~60mm, 壁厚 4~6mm | 17.16~22.06 | 12.26~15.40 | 49.03~68.65 | 17.16~ 22.06 | 53.94 |
| 高 40~60mm, 壁厚 2~4mm | 22.06~26.97 | 14.71~19.61 | 58.84~78.45 | 22.06~ 26.97 | 53.94 |
| 高 60~100mm, 壁厚 4~6mm | 24.52~29.42 | 14.71~19.61 | — | 24.52~ 29.42 | 53.94 |
| 高 60~100mm, 壁厚 2~4mm | 26.97~34.32 | 17.16~22.06 | — | 26.97~ 34.32 | 53.94 |

当选择需要的压力机公称压力时，将公式 (4-3) 代入公式 (4-2)，得公式 (4-4)。

$$F_{机} = \frac{pAn}{K} \quad (4-4)$$

当压力机已定时，可按公式 (4-5) 计算多型腔模的型腔数。

$$n = \frac{KF_{机}}{pA} \quad (4-5)$$

当压力机的公称压力超出模压所需要的压力时，应调节压力机的工作液体的工作压力，此时压力机的压力由压力机活塞面积和工作液体的压力确定，见公式 (4-6)。

$$F_{机} = p_{机} A_{机} \quad (4-6)$$

式中 $p_{机}$ ——压力机工作液体的工作压力（由压力表读出）（Pa）；

$A_{机}$ ——压力机活塞面积（ m^2 ）；

$F_{机}$ ——压力机的压力（N）。

(2) 开模力的校核 开模力的大小与成形压力成正比、其值还关系到压缩模连接螺钉的大小及数量。

1) 开模力的计算见公式（4-7）。

$$F_{开} = K_1 F_{模} \quad (4-7)$$

式中 $F_{开}$ ——开模力（N）；

$F_{模}$ ——模压所需的成形总压力（N）；

K_1 ——系数，对于形状简单的塑件取0.1~0.15，形状复杂的塑件取0.2。

2) 螺钉数量的计算见公式（4-8）。

$$n_{螺} = \frac{F_{开}}{f} \quad (4-8)$$

式中 $n_{螺}$ ——螺钉数量；

$F_{开}$ ——开模力（N）；

f ——每个螺钉所承受的负荷，查表4-3。

(3) 脱模力的校核 脱模力的计算见公式（4-9）。选用压力机的顶出力应大于脱模力。

$$F_{脱} = A_1 p_1 \quad (4-9)$$

式中 $F_{脱}$ ——塑件脱模力（N）；

A_1 ——塑件侧面积之和（ m^2 ）；

p_1 ——塑件与金属的结合力（Pa）。一般木纤维和矿物填料取0.49MPa，玻璃纤维取1.47MPa。

(4) 压力机的闭合高度与压缩模闭合高度间关系的校核
 压力机滑块的行程和滑块与工作台之间的最大和最小开距
 直接关系到能否完全开模取出塑件。模具设计时可按公式
 (4-10)、公式 (4-11) 进行计算。

表 4-3 螺钉负荷表 (N)

| 螺钉规格 | 材料: 45 | 材料: T10A | 备 注 |
|------|-----------------------|-----------------------|---|
| | σ_b/MPa | σ_b/MPa | |
| | 490.33 | 980.67 | |
| M5 | 1323.90 | 2598.76 | 对于成形压力大于 500kN 的大型模具, 连接螺钉用的材料可选 T10A、T10, 但不 应经淬火处理 |
| M6 | 1814.23 | 3628.46 | |
| M8 | 3432.33 | 6766.59 | |
| M10 | 5393.66 | 10787.32 | |
| M12 | 7943.39 | 15788.71 | |
| M14 | 10787.32 | 21770.76 | |
| M16 | 15200.31 | 30302.55 | |
| M18 | 18240.37 | 36480.74 | |
| M20 | 23634.03 | 47268.05 | |
| M22 | 29714.15 | 59428.30 | |
| M24 | 34127.14 | 68156.22 | |

$$h_{\max} \leq H_{\max} - h' - h'' - (10 \sim 20) \quad (4-10)$$

$$h_{\min} \geq H_{\min} + (10 \sim 15) \quad (4-11)$$

式中 h_{\max} —— 模具最大闭合高度 (mm);
 h_{\min} —— 模具最小闭合高度 (mm);
 H_{\max} —— 压力机滑块与工作台的最大开距 (mm);
 H_{\min} —— 压力机滑块与工作台的最小开距 (mm);

h'' ——塑件最大高度 (mm);

h' ——凸模高度 (mm)。

若不能满足公式 (4-11), 则应在压力机的滑块、工作台间加垫板。公式 (4-10) 适用于固定式压缩模。对于利用开模力完成侧向分型或侧向抽芯的模具, 以及利用开模力脱出螺纹型芯等, 模具所需的开模距离可能还要长些, 视具体情况而定。对于移动式模具, 当采用卸模架安放在压力机上脱模时, 应考虑模具与上、下卸模架组合后的总高度, 以能放入上、下加热板为宜。

(5) 压力机工作台的结构及尺寸与压缩模关系的校核 压缩模宽度应小于压力机立柱或框架之间的距离, 使压缩模能顺利地通过立柱或框架之间。

压力机的滑块、工作台常开设 T 形槽, 有的 T 形槽沿对角线交叉开设, 有的平行开设。压缩模一般用压板及压板螺钉固定, 这时, 压缩模的上、下座板需设计 15~30mm 的突缘台阶。压缩模的外形尺寸不仅要小于滑块、工作台的尺寸, 同时还要考

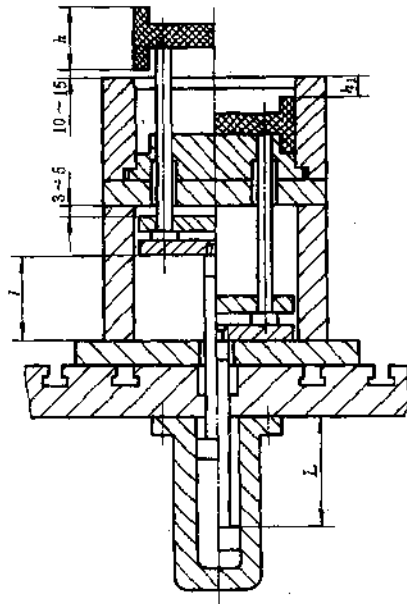


图 4-11 塑件推出行程

虑留出压板的安装空间。

(6) 压力机顶出机构与压缩模推出装置关系的校核 固定式压缩模成形塑件的推出,一般由压力机顶出机构推动模具的推出机构来完成。压力机顶出机构通过尾轴、中间接头或拉杆等零件与模具推出机构相连接。因此,设计模具时,应对压力机的顶出机构及连接模具推出机构的有关尺寸进行校核。

模具所需的推出行程应小于压力机最大的顶出行程。同时,压力机的顶出行程必须保证塑件高出型腔表面 10mm 以上,以便取出塑件。其关系如图 4-11 所示,并应符合公式(4-12)的要求。

$$l = h + h_1 + (10 \sim 15) \leq L \quad (4-12)$$

式中 L ——压力机顶出杆最大行程 (mm);

l ——塑件需推出高度 (mm);

h ——塑件最大高度 (mm);

h_1 ——塑件离加料腔上平面的高度 (mm)。

115. 如何确定塑件在压模内的加压方向?

所谓加压方向即凸模作用方向。也就是模具的轴线方向。在确定加压方向时应考虑下列因素。

1) 有利于压力传递。要避免在加压过程中压力传递距离太长,以致压力损失过大,如图 4-12 所示,图 a 为圆筒形的塑件,一般沿着轴线加压。当圆筒太长,成形压力不易均匀地作用在全长范围内时,可采用不溢式压缩模,增加型腔压力。当塑件仍由于长度过长而在内部出现疏松时,可将塑件横放,采用图 b 横向加压的方法。这种方法的缺点是在塑件外圆将产生两条飞边而影响美观。

2) 便于加料。如图 4-13 所示, 同一塑件的两种加压方法, 图 a 为加料腔直径大, 便于加料, 图 b 为加料腔直径小而不便于加料。

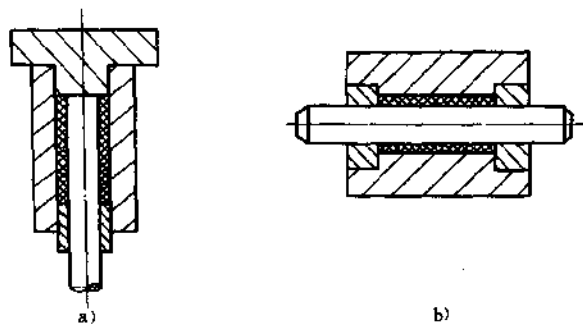


图 4-12 有利于传递压力的加压方向

a) 沿轴线加压 b) 横向加压

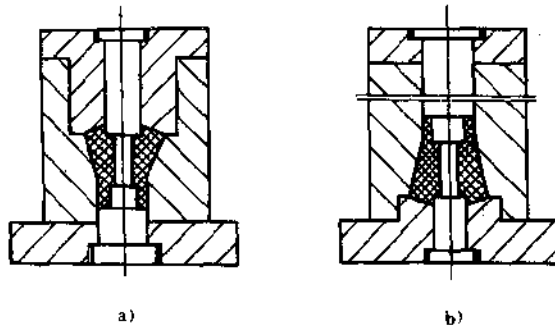


图 4-13 便于加料的加压方向

a) 加料腔直径大 b) 加料腔直径小

3) 便于安装和固定镶嵌件。当塑件上有镶嵌件时, 应首先考虑将镶嵌件安装于下模, 如图 4-14 所示。若将镶嵌件安装在上模, 如图 a 所示, 既不方便, 又可能因镶嵌件安

装不牢固而掉下来，以致损坏模具；若将镶嵌件安装在下模，如图 b 所示，不但操作方便，而且可利用镶嵌件来推出塑件，且在塑件上不留下任何推出的痕迹。

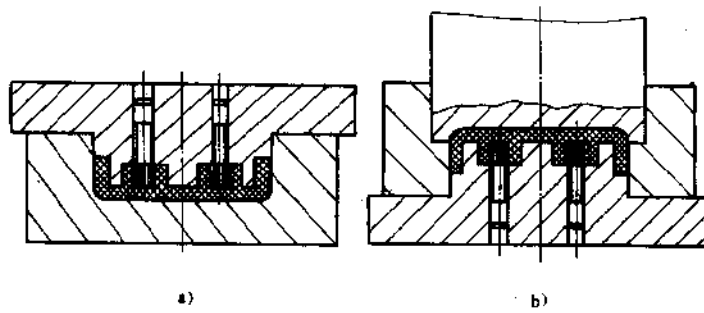


图 4-14 便于安放镶嵌件的加压方向

a) 镶嵌件在上模 b) 镶嵌件在下模

4) 保证凸模的强度。上凸模的形状愈简单愈好，如图 4-15 所示，图 a 的凸模形状简单，宜于采用，图 b 形状复杂，尽量不用。

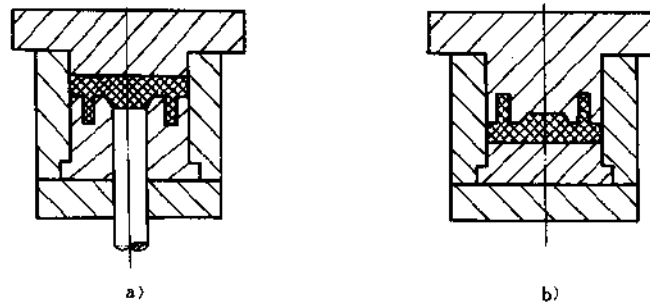


图 4-15 有利于加强凸模强度的加压方向

a) 凸模形状简单 b) 凸模形状复杂

5) 长型芯应位于加压方向。当利用开模力作侧向分型抽芯时, 宜把抽拔距离短的型芯放在侧向, 而把抽拔距离长的型芯放在加压方向上 (即开模方向上)。

6) 保证重要尺寸的精度。沿加压方向的塑件高度尺寸会因飞边厚度不同和加料量的多少而变化, 尤其是不溢式压缩模。故精度要求高的尺寸不宜设计在加压方向上。

7) 便于塑料的流动。应使料流方向和加压方向一致。

116. 压缩模的凸、凹模主要由哪几部分组成? 各部分的作用是什么?

如图 4-16 和图 4-17 所示, 压缩模通常由引导环 (l_2)、配合环 (l_1)、挤压环 (l_3)、储料槽 (Z)、排气溢料槽、加料腔等六部分组成。图 4-16 为不溢式压缩模, 图 4-17 为半溢式压缩模。

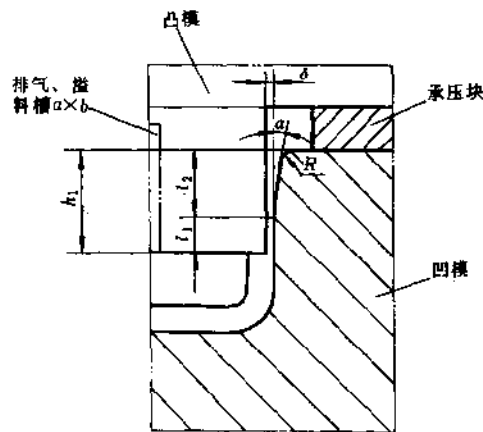


图 4-16 不溢式压缩模常用组合形式

各部分的作用和参数如下：

(1) 引导环 (l_2) 它的作用是引导凸模进入凹模部分。除加料腔很浅的模具外 (小于 10mm)，一般加料腔上部均设一段很长的引导环 (l_2)。引导环有一斜角 α ，环口呈圆角 R ，以便凸模进入凹模，减少凸、凹模侧壁之间的摩擦。对于不溢式压缩模还可避免推出塑件时划伤其外侧面。压缩时有利于排气。移动式压缩模 $\alpha = 20' \sim 1^\circ 30'$ ，固定式压缩模 $\alpha = 20' - 1^\circ$ ，一般高度取 5~10mm。当 $h_1 > 30\text{mm}$ 时，取 10~20mm。引导环应保证塑料熔融时，凸模已进入配合环。

(2) 配合环 (l_1) 它是与凸模配合的部位，保证凸、凹模正确定位，阻止溢料。但排气必须畅通。

凸、凹模间的配合间隙 δ 应保证不产生溢料，对于不溢式压缩模， δ 还应尽量不划伤塑件。 δ 一般取

0.025~0.075mm，图 4-17 半溢式压缩模常用组合形式也可采用 H8/f8 或 H9/f9 配合。

配合长度 (l_1) 移动式模具取 4~6mm，固定式模具当加料腔高度 $h_1 > 30\text{mm}$ 时，可取 8~10mm。

(3) 挤压环 (l_3) 一般半溢式压缩模才设挤压环。它的

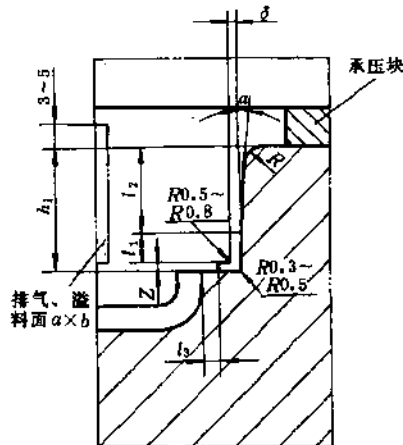


图 4-17 半溢式压缩模常用组合形式

作用是限制凸模下行的位置,并保证最薄的飞边。一般中、小型塑件,模具用钢较好时,可取 $2\sim 4\text{mm}$,大型模具可取 $3\sim 5\text{mm}$ 。采用挤压环时,凸模端圆角 R 取 $0.5\sim 0.8\text{mm}$,凹模端圆角 R 取 $0.3\sim 0.5\text{mm}$,这样,可增加凸、凹模的强度。

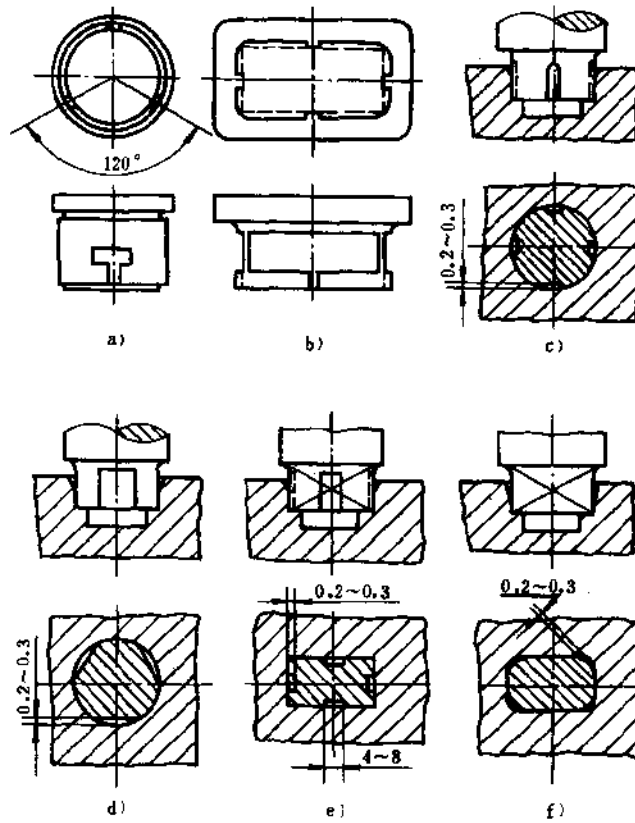


图 4-18 排气溢料槽

a)、b) 用于移动式半溢式压缩模 c)、d)、e)、f) 用于固定式半溢式压缩模

(4) 储料槽 (Z) 它的作用是储存余料, Z 过大易发生塑件缺料, 过小则影响塑件精度及使飞边增厚。

(5) 排气溢料槽 成型时必须把产生的气体及溢料排出模外。一般通过压制过程中的排气操作或利用凸、凹模配合间隙来排出, 但当压制形状复杂的塑件及流动性较差的纤维填料的塑料时, 则应在凸模上选择适当位置开设排气槽, 经试模后, 再决定排气溢料槽的位置和尺寸。排气槽的形式及尺寸如图 4-18 所示。其中, 图 a、图 b 为移动式半溢式压缩模排气溢料槽; 图 c、图 d、图 e、图 f 为固定式半溢式压缩模排气溢料槽。

(6) 加料腔 它用于盛塑料原料。其体积除应保证容纳塑件所需的塑料原料外, 还应留有 5~10mm 深的空间。

117. 溢式压缩模的凸、凹模有哪几种配合形式?

溢式压缩模没有配合环, 凸模与凹模在分型面接触。为了减少溢料量, 其接触面应光滑平整。其配合形式如图 4-19 所示, 图 a 所示, 凸、凹模的接触面为紧紧围绕在下模

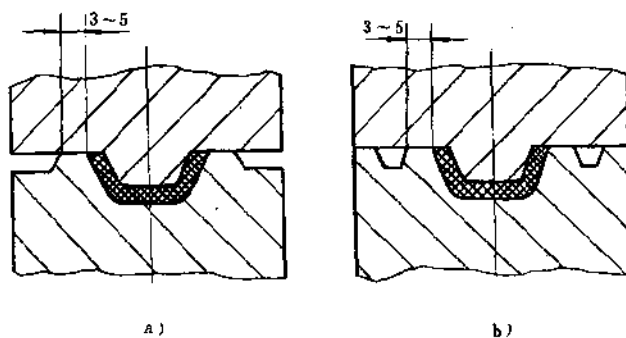


图 4-19 溢式压缩模型腔配合形式
a) 无溢料槽 b) 有溢料槽

型腔周边的环形，其宽度为3~5mm，多余的塑料可通过环形面积溢出。图b所示，在距型腔3~5mm处围绕下模型腔四周为挤压面，在挤压面以外开溢料槽，在溢料槽之外再增加承压面。这样可避免挤压面过早变形和磨损，不致使口部变成倒锥形。

118. 不溢式压缩模的凸、凹模如何配合？

不溢式压缩模凸、凹模的配合结构如图4-20所示。其特点是加料腔断面尺寸与型腔断面尺寸相同，两者之间不存在挤压面。其单边配合间隙为0.025~0.075mm，或采用H9/f9配合。如果凸、凹模间隙过小，凸、凹模易擦伤、咬死。如果凸、凹模间隙过大，压制时会造成严重的溢料。凸、凹模的配合环高度(l_1)如图4-16所示，移动式模具取4~6mm，固定式模具当加料腔高度 $h_1 \geq 30\text{mm}$ 时，可取8~10mm。

固定式模具的推杆(见图4-20)或模具的活动下模与对应孔之间的配合长度不宜太长，其有效配合长度 h 按表4-4选取。孔的不配合部分可以加大孔径。

上述不溢式压缩模凸、凹模配合形式的最大缺点是凸模与加料腔侧壁有摩擦，使得加料腔侧壁损伤。这样，不但塑件脱模困难，而且塑件

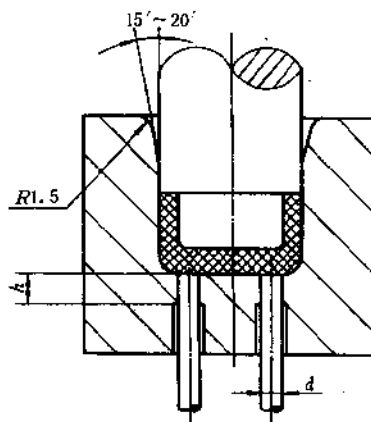


图4-20 不溢式压缩模型腔配合形式

的外表面也会被损伤的加料腔侧壁划伤。克服这一缺点可采用以下两种方法。

表 4-4 推杆或凸模直径与配合高度的关系 (mm)

| 推杆或下凸模直径 d | <5 | >5~10 | >10~50 | >50 |
|--------------|----|-------|--------|-----|
| 配合长度 h | 4 | 6 | 8 | 10 |

1) 如图4-21a所示,将凹模内成形部分垂直向上延长0.8mm,然后向外扩0.3~0.5mm,以减小脱模时塑件与加料腔侧壁的摩擦。这时在凸模和加料腔之间形成了一个环形储料槽。设计时凹模上的0.8mm和凸模上的1.8mm可适当增减,但不宜增减太大,否则单边间隙0.1mm部分太高,在凸模下压时环形储料槽中的塑料不容易通过间隙而进入型腔。

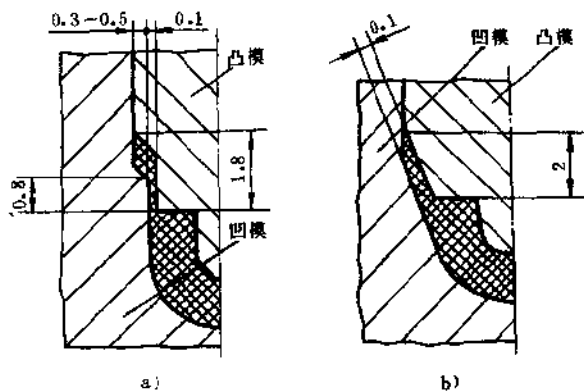


图 4-21 改造的不溢式压缩模配合形式

a) 用于直壁塑件 b) 用于带斜边的塑件

2) 图4-21b所示的配合形式最适于压制带斜边的塑件。将型腔上端按塑件侧壁相同的斜度适当延长,高度增加

2mm左右，横向增加值由塑件侧壁斜度决定，以此避免塑件在脱模时与加料腔侧壁摩擦。

119. 半溢式压缩模的凸、凹模如何配合？

半溢式压缩模的最大特点是带有水平的挤压面，如图4-22所示。挤压面的宽度不应太小，否则压制时承受的单位压力太大，会使凹模边缘向里倾斜而形成倒锥形，妨碍塑件顺利脱模。一般挤压面宽度为2~5mm。

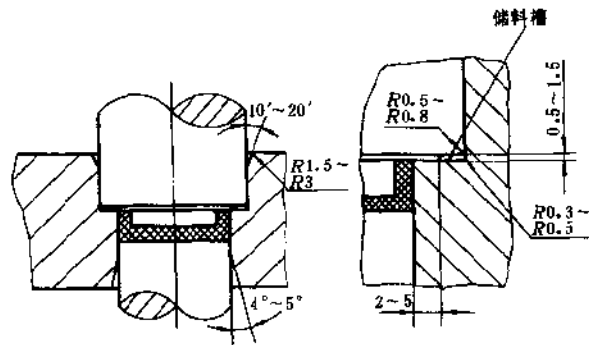


图 4-22 半溢式压缩模型腔配合形式

为了使压力机的余压不致全部由挤压面承受，在半溢式压缩模上还必须设计承压面。在承压面接触时，凸、凹模之间仍应留有 0.03 ~ 0.05mm 的间隙。移动式半溢式压缩模一般是用凸模固定板与加料腔上平面作承压面，

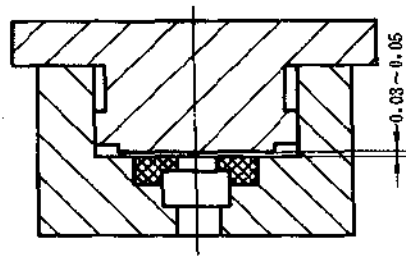


图 4-23 承压面与挤压面的关系

如图 4-23 所示。固定式半溢式压缩模在上模板与加料腔上平面之间应设承压板，并通过调整承压板的厚度来调节凸模与挤压面之间的间隙（见图 4-4 中件号 7）。

承压板通常只有几小块，对称地布置在加料腔上平面的四周，其形状可做成圆形、矩形或弧形，如图 4-24 所示。承压板厚度一般为 8~10mm。

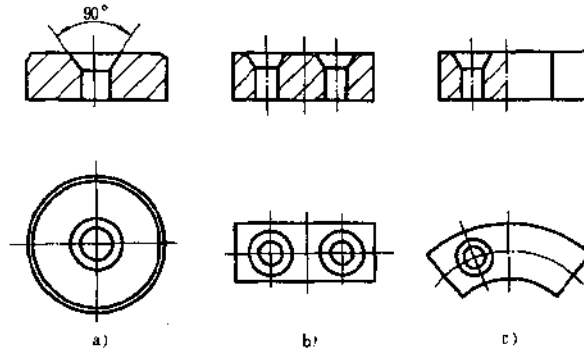


图 4-24 承压板
a) 圆形 b) 矩形 c) 圆弧形

120. 压缩模凹模加料腔的尺寸如何计算？

压缩模凹模的加料腔是装塑料原料的容器。其体积要足够大，以防压制时原料溢出模外。对于不溢式加料腔，它是型腔向上的延伸。对于半溢式压缩模设在型腔的上部，形状可做成圆形、矩形等。加料腔的尺寸计算，可先计算出压制塑件所需塑料的体积（ $V_{\text{料}}$ ），然后再计算加料腔的高度。

(1) 塑料体积的计算 见公式 (4-13)。

$$V_{\text{料}} = V_{\rho v} = mv \quad (4-13)$$

式中 $V_{\text{料}}$ ——塑件所需塑料原料的体积 (cm^3);
 V ——塑件的体积 (cm^3);
 v ——塑料的比体积 (cm^3/g), 见表 4-5;
 ρ ——塑料的体积质量 (g/cm^3), 见表 4-6;
 m ——塑件质量 (g)。

塑料体积也可按塑料原料在成形时的体积压缩比来计算, 见公式 (4-14)。

$$V_{\text{料}} = VK \quad (4-14)$$

式中 $V_{\text{料}}$ ——塑料原料的体积 (cm^3);
 V ——塑件的体积 (cm^3);
 K ——塑料的压缩比, 见表 4-6。

表 4-5 常用压制用塑料的比体积

| 塑料种类 | 比体积 $v/(\text{cm}^3/\text{g})$ |
|------------|--------------------------------|
| 酚醛塑料 (粉料) | 1.8~2.8 |
| 氨基塑料 (粉料) | 2.5~3.0 |
| 碎布塑料 (片状料) | 3.0~6.0 |

表 4-6 常用热固性塑料的体积质量和压缩比

| 塑料 | 体积质量 $\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)$ | 压缩比 K | |
|----------|------------------------------------|-----------|---------|
| 酚醛塑料 | 木粉填充 | 1.34~1.45 | 2.5~3.5 |
| | 石棉填充 | 1.45~2.00 | 2.5~3.5 |
| | 云母填充 | 1.65~1.92 | 2~3 |
| | 碎布填充 | 1.36~1.43 | 5~7 |
| 脲醛塑料纸浆填充 | 1.47~1.52 | 3.5~4.5 | |
| 三聚氰胺甲醛塑料 | 纸浆填充 | 1.45~1.52 | 3.5~4.5 |
| | 石棉填充 | 1.70~2.00 | 3.5~4.5 |
| | 碎布填充 | 1.5 | 6~10 |
| | 棉短线填充 | 1.5~1.55 | 4~7 |

(2) 加料腔高度的计算 各种典型的塑件成型情况如图 4-25 所示。

1) 不溢式压缩模 (见图 4-25a) 的加料腔高度 H 的计算, 见公式 (4-15)。

$$H = \frac{V_{\text{料}} + V_1}{A} + (0.5 \sim 1.0) \quad (4-15)$$

式中 H ——加料腔高度 (cm);

$V_{\text{料}}$ ——塑料原料体积 (cm^3);

V_1 ——下凸模凸出部分的体积 (cm^3);

A ——加料腔的断面积 (cm^2)。

2) 不溢式压缩模, 可压制薄壁而高的杯形塑件 (见图 4-25f)。由于型腔体积大, 塑料原料体积较小, 原料装入后尚未充满型腔, 这时型腔 (包括加料腔) 总高度可在塑件高度上再加 10~20mm, 见公式 (4-16)。

$$H = h + (1 \sim 2) \quad (4-16)$$

式中 H ——型腔总高度 (cm);

h ——塑件高度 (cm)。

3) 半溢式压缩模 (见图 4-25b), 由于塑件在加料腔下边成形, 其加料腔高度 H 的计算见公式 (4-17)。

$$H = \frac{V_{\text{料}} - V_0}{A} + (0.5 \sim 1.0) \quad (4-17)$$

式中 V_0 ——加料腔以下型腔体积 (cm^3);

式中其他符号见公式 (4-15)。

4) 半溢式压缩模, 塑件一部分在挤压面以上成形 (见图 4-25c), 其加料腔高度 H 的计算见公式 (4-18)。

$$H = \frac{V_{\text{料}} - (V_2 + V_3)}{A} + (0.5 \sim 1.0) \quad (4-18)$$

式中 V_2 ——塑料在凹模中的体积 (cm^3);

V_3 ——塑料在凸模的凹入部分的体积 (cm^3)。

式中其他符号见公式 (4-15)。

在合模时,塑料不一定先充满凸模的凹入部分,所以,不扣除 V_3 更为保险,故加料腔高度 H 的计算见公式(4-19)。

$$H = \frac{V_{\text{料}} - V_2}{A} + (0.5 \sim 1.0) \quad (4-19)$$

式中符号见公式 (4-18)。

5) 带中心导柱的半溢式压缩模 (见图 4-25d) 的加料腔高度 H 的计算见公式 4-20。

$$H = \frac{V_{\text{料}} + V_4 - (V_2 + V_3)}{A} + (0.5 \sim 1.0) \quad (4-20)$$

式中 V_4 ——在加料腔内导柱的体积 (cm^3)。

式中其他符号见公式 (4-18)。

计算时也可不扣除凸模凹入部分的体积 V_3 , 按公式 (4-21) 计算。

$$H = \frac{V_{\text{料}} + V_4 - V_2}{A} + (0.5 \sim 1.0) \quad (4-21)$$

式中符号见公式 (4-20)。

6) 多型腔压缩模 (见图 4-25e) 的加料腔高度计算见公式 (4-22)。

$$H = \frac{V_{\text{料}} - nV_5}{A} + (0.5 \sim 1.0) \quad (4-22)$$

式中 V_5 ——单个型腔能容纳塑料原料的体积 (cm^3);

n ——在一个共用加料腔内压制的塑件数量。

式中其他符号见公式 (4-20)。

对于压缩比特别大的以碎布为填料或以纤维为填料的塑料,为了降低加料腔高度,可采取分次加料的方法,即第一

次加料后压缩，然后再进行第二次加料，再压缩，直到加足为止。也可以采用预压锭料，这样，加料腔的高度可减小。

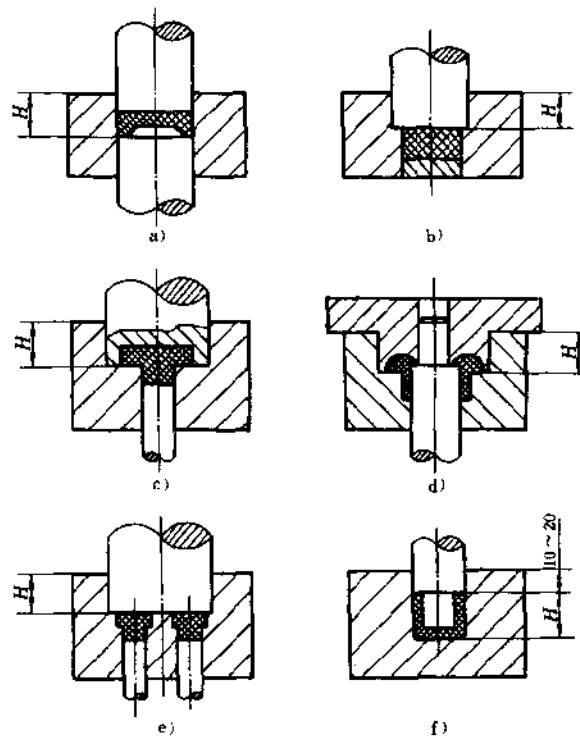


图 4-25 加料腔高度计算图

a)、f) 用于不溢式压缩模 b)、c)、d)、e) 用于半溢式压缩模

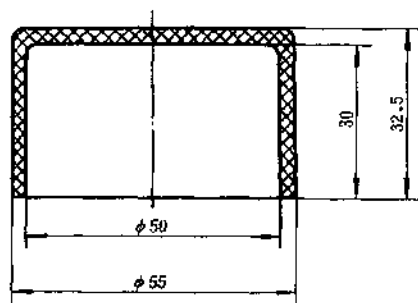
121. 如何确定图 4-26 所示加料腔的直径和深度？并画出该模具的结构草图。

(1) 加料腔直径的计算

$$D = 55 + 3 \times 2 = 61\text{mm}$$

(2) 塑件体积 $V_{\text{件}}$ 的计算

$$V_{\text{件}} = \frac{\pi}{4} \times 55^2 \times 32.5 - \frac{\pi}{4} \times 50^2 \times 30 = 18300.3\text{mm}^3$$



- 技术要求
1. 塑件材质为木粉填充的酚醛塑料。
 2. 溢料体积为塑件体积的3%。
 3. 挤压环单边宽度为3mm。
 4. 压缩比 K 取3.5。
 5. 模具为半固定式半溢式单型腔压缩模。

图 4-26 塑件图

(3) 溢料体积 $V_{\text{溢}}$ 的计算

$$V_{\text{溢}} = V_{\text{件}} \times 3\% = 18300.3 \times 3\% = 549\text{mm}^3$$

(4) 塑件与溢料总体积 $V_{\text{总}}$ 的计算

$$V_{\text{总}} = V_{\text{件}} + V_{\text{溢}} = 18300.3 + 549 = 18849.3\text{mm}^3$$

(5) 塑料原料的体积 $V_{\text{料}}$ 的计算

$$V_{\text{料}} = KV_{\text{总}} = 3.5 \times 18849.3 = 65972.6\text{mm}^3$$

(6) 加料腔的横截面积 A 的计算

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} \times 61^2 = 2921\text{mm}^2$$

(7) 型腔体积 V_0 的计算

$$V_0 = \frac{\pi}{4} \times 55^2 \times 32.5 = 77175.3\text{mm}^3$$

(8) 中间型芯所占体积 $V_{\text{芯}}$ 的计算

$$V_{\text{芯}} = \frac{\pi}{4} \times 50^2 \times 30 = 58875 \text{mm}^3$$

(9) 加料腔高度 H 的计算

$$\begin{aligned} H &= \frac{V_{\text{料}} + V_{\text{芯}} - V_0}{A} + 10 \\ &= \frac{65972.6 + 58875 - 77175.3}{2921} + 10 \\ &= 26.3 \text{mm} \end{aligned}$$

该模具的结构草图如图 4-27 所示。

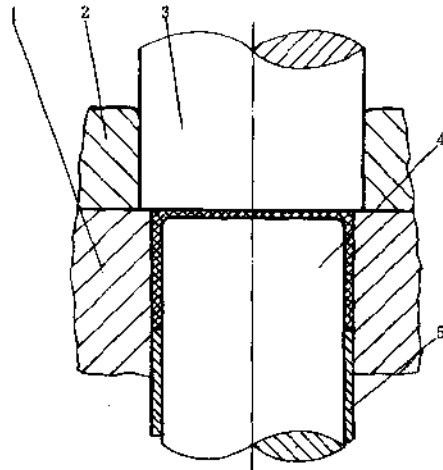


图 4-27 模具结构草图

1—型腔板 2—加料腔 3—上凸模 4—下凸模 5—推管

122. 压缩模推出机构与压力机顶出杆主要采用什么连接方式?

压缩模的推出机构与压力机的顶出杆主要有两种连接方式：间接连接和直接连接。

(1) 间接连接 压力机的顶出杆与压缩模的推出机构不直接相连,而是采用如图4-28所示的间接连接方式。如果压力机顶出杆能伸出

压力机工作台面,且伸出高度足够时,将压缩模安装好后直接调节顶出杆的顶出距离就可以进行操作。当压力机的顶出杆不能伸出工作台面,及极限位置仅与工作台面齐平时,必须在压力机的顶出杆的端部旋入一适当长的尾轴。尾轴的长度等于塑件推出高度加上压缩模下模座板厚度和挡钉头部的厚度。当模具装在压力机上前,可先将尾轴装在压力机顶出杆上。由于尾轴可沉入压力机工作台面之下,并且不与压缩模相连,故模具安装较为方便。这种连接方式仅在压力机顶出杆上升时才

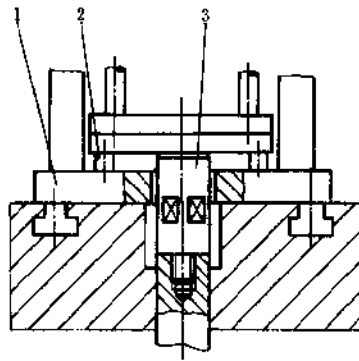


图 4-28 与尾轴间接连接的推出机构
1—下模座板 2—挡钉 3—尾轴

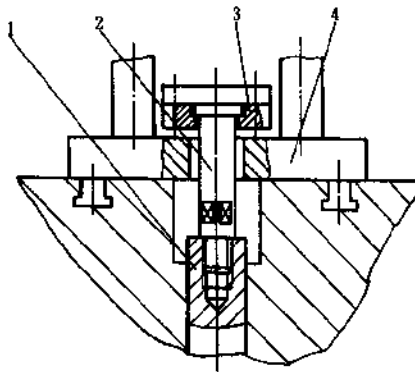


图 4-29 压力机顶出杆带螺孔
1—压力机顶出杆 2—尾轴 3—推板
4—下模座板

发生作用。当压力机的顶出杆返回时，尾轴与压缩模的推板相脱离。

(2) 直接连接 该连接方式如图 4-29、图 4-30、图 4-31 所示。其中，图 4-29 是用尾轴的轴肩连接在压缩模推出机构的推板上，尾轴可在推板内转动，以便装模时将它头部的螺纹部分拧在压力机顶出杆的中心螺孔内。

图 4-30 为压力机顶出杆的头部为 T 形槽时采用的连接方式。图 4-31 为在带中心螺纹孔的压力机顶出杆的端部连接一个带 T 形槽的中间轴，然后再与尾轴相连。T 形槽与尾轴的连接尺寸如图 4-32 所示。尾轴在推板上连接的螺纹直径依具体情况而定，一般取 M16 ~ M30。连接螺纹长度 L 应比压缩模推板厚度小 0.5 ~ 1mm。尾轴直径 D 比

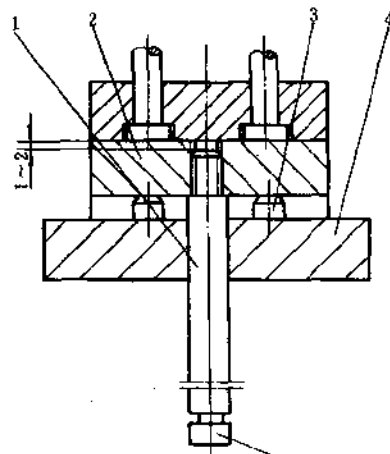


图 4-30 压力机顶出杆带 T 形槽
1—尾轴 2—推板 3—挡钉 4—下模座板

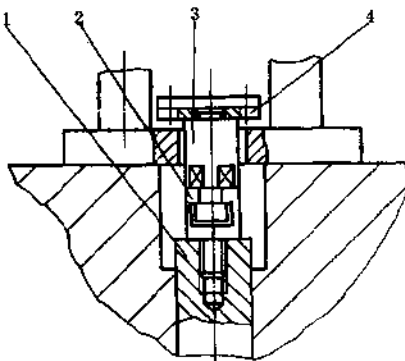


图 4-31 压力机顶出杆加中间轴、尾轴的结构形式
1—压力机顶出杆 2—中间轴 3—尾轴 4—推板

压力机顶出杆直径小 $1.0\sim 2.0\text{mm}$ 。尾轴细颈部分直径 D_1 和接头直径 D_2 比 T 形槽对应尺寸小 $1.0\sim 2.0\text{mm}$ ，尾轴细颈部分高度 h_1 比 T 形槽对应尺寸大 $0.5\sim 1.0\text{mm}$ 。接头高度 h_2 比 T 形槽对应尺寸小 $0.5\sim 1\text{mm}$ 。尾轴高度 h 应由顶出高度和压缩模下模座模厚度及挡钉头部厚度等决定。

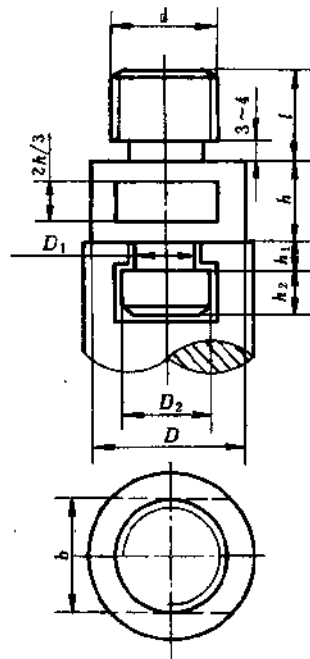


图 4-32 尾轴尺寸

123. 固定式压缩模的推出机构主要采用什么形式?

固定式压缩模的推出机构形式很多，其中主要的有推杆推出机构、推管推出机构、推件板推出机构、凹模推出机构和二级推出机构等。

(1) 推杆推出机构 由于热固性塑件具有良好的刚性，所以，推杆推出是压制热固性塑件最常用的推出机构，如图 4-33 所示。该机构结构简单，但在塑件上会留下推杆的痕迹。推杆推出机构常安装在压缩模的下模，推杆应尽量靠近型芯，应尽量避免塑件的外表面及安装基面。如果推杆需设置在塑件的安装基面上，一般推杆不能比基面低，应压入塑件内 0.1mm 左右。推杆的固定方法和配合如图 4-34 所示。

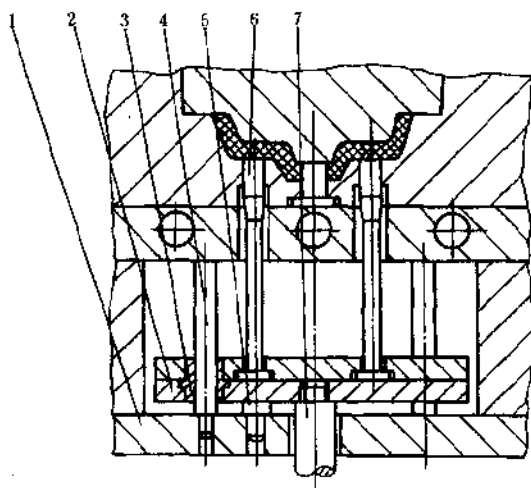


图 4-33 推杆推出机构

1—下模座板 2—推板 3—导套 4—导柱 5—挡钉 6—推杆 7—尾轴

(2) 推管推出机构 空心薄壁塑件常用推管推出机构，如图 4-35 所示。其特点是塑件受力均匀，运动平稳可靠。

(3) 推件板推出机构 对于脱模容易产生变形的薄壁塑件或平板塑件多采用此机构。由于压缩模的型芯多设在上

模，因此，推件板亦多装在上模，如图 4-36 所示，但如果型芯设在下模，则推件板也相应地装在下模。

推件板推出机构的动作原理是，因为凸模 5 在上模，所以，开模以后塑件紧抱凸模 5 而留在上模。在压力机的滑块上安装有打杆 2，打杆向下打击推件板 1，推件板 1 将塑件从凸模 5 上推下。

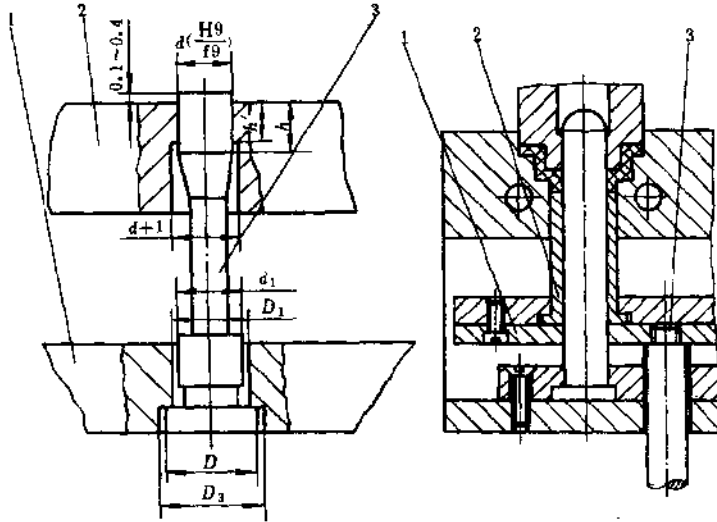


图 4-34 推杆的固定方法及配合
 $h' = h - (1 \sim 2)$ $d_1 = d + (3 \sim 5)$
 $D_1 = d_1 + (0.2 \sim 0.8)$ $D_3 = D + (1 \sim 2)$
 1—推杆固定板 2—型腔板 3—推杆

图 4-35 推管推出机构
 1—推板 2—推管 3—尾轴

推件板推出距离 L 由限位螺母调节。该推出机构适用于单型腔或型腔少的压缩模。因为，当型腔较多时推件板易发生卡死在型芯上的现象。

(4) 其他推出机构 压缩模的推出机构除上述三种常用

机构外，还有凹模推出机构、二级推出机构等。

1) 凹模推出机构如图 4-37 所示，上、下模分型后，塑件留在下模内，利用推出机构将凹模 3 推起，这时塑件与型芯 4 分开。塑件因冷却收缩，很容易从凹模 3 中取出。

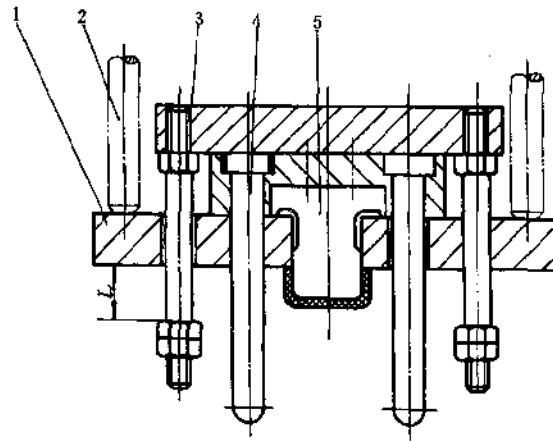


图 4-36 推件板推出机构

1—推件板 2—打杆 3—限位螺母 4—导柱 5—凸模

2) 二级推出机构如图 4-38 所示，由于塑件表面有许多肋模，压制以后用一次推出机构推出比较困难，因而采用二次推出机构。推出开始时，推杆 1 和弹簧支撑的推杆 2 同时作用，将塑件连同活动下模 4 推起，解脱了外围型腔壁对塑件的包紧力，待弹簧支撑的推杆 2 上的螺母碰到下加热板（支承板）3 后，弹簧支撑的推杆 2 和与之连接在一起的活动下模 4 停止前进，推杆 1 继续向上运动，使塑件与活动下模 4 分离而脱模。

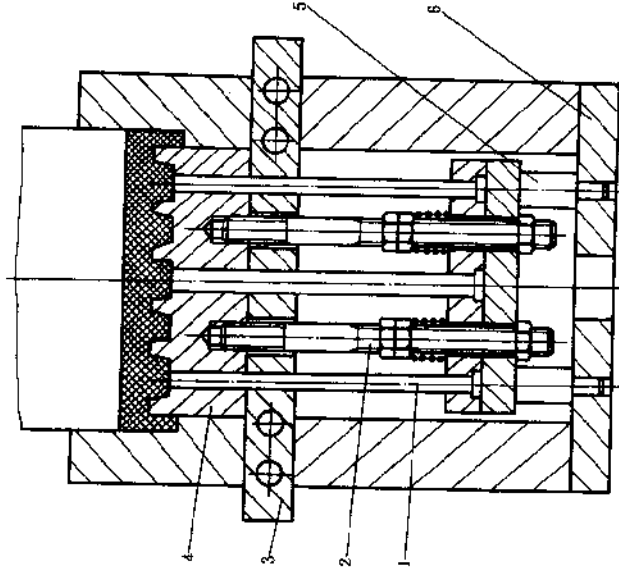


图 4-38 二级推出机构
1—推杆 2—弹簧支撑的推杆 3—下加热板
4—活动下模 5—挡钉 6—下模座板

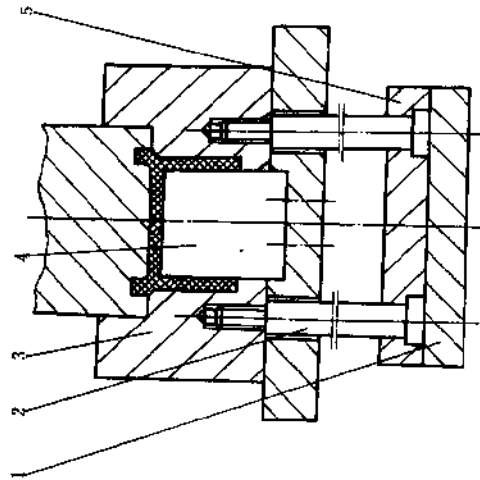


图 4-37 凹模推出机构
1—推板 2—推杆 3—凹模 4—型芯
5—推杆固定板

124. 移动式压缩模采用什么脱模方式?

移动式压缩模常采用卸模架脱模,即用卸模架将模具分开,取出塑件。根据压缩模的结构,卸模架常用以下三种形式。

(1) 一个水平分型面的压缩模采用的卸模架 其结构如图 4-39 所示。

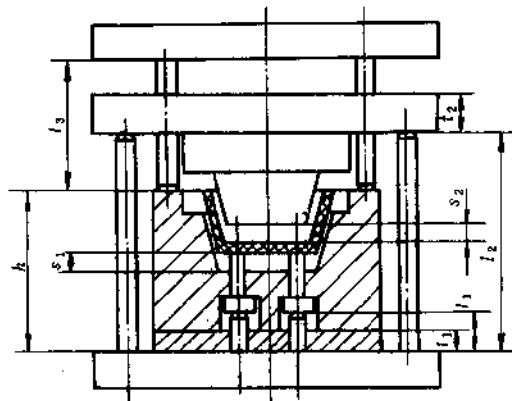


图 4-39 一个分型面压缩模的卸模架

1) 下卸模架推出塑件推杆长度的计算见公式 (4-23)。

$$l_1 = s_1 + t_1 + 3 \quad (4-23)$$

式中 l_1 ——推杆长度 (mm);

s_1 ——塑件与型腔脱开的最小距离 (mm);

t_1 ——从开始进入模具到与推杆接触的行程 (mm)。

2) 下卸模架分模推杆长度的计算见公式 (4-24)。

$$l_2 = s_1 + s_2 + h + 5 \quad (4-24)$$

式中 l_2 ——分模推杆长度 (mm);
 s_2 ——上凸模与塑件脱开所需的距离 (mm);
 h ——下模高度 (mm)。

式中其他符号见公式 (4-23)。

3) 上卸模架分模推杆长度的计算见公式 (4-25)。

$$l_3 = s_1 + s_2 + t_2 + 10 \quad (4-25)$$

式中 l_3 ——分模推杆长度 (mm);
 t_2 ——上模座板的厚度 (mm)。

式中其他符号见公式 (4-24)。

(2) 两个水平分型面的移动式压缩模采用上、下卸模架其结构如图 4-40 所示。模架结构参数的计算如下:

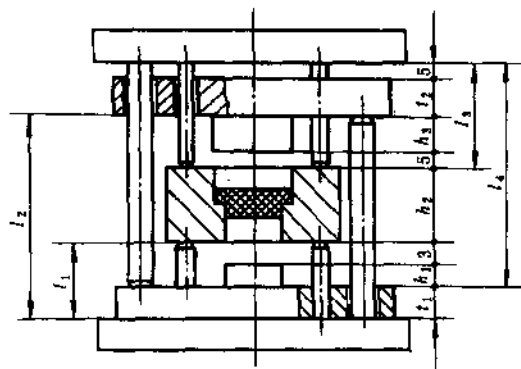


图 4-40 两个水平分型面移动式压缩模卸模架

1) 下卸模架短推杆长度的计算见公式 (4-26)。

$$l_1 = t_1 + h_1 + 3 \quad (4-26)$$

式中 l_1 ——短推杆长度 (mm);
 h_1 ——下凸模脱出所需的最小高度 (mm); 此式中等于下凸模高度, 有时小于下凸模高度;

t_1 ——下模座板厚度 (mm)。

2) 下卸模架长推杆长度的计算见公式 (4-27)。

$$l_2 = t_1 + h_1 + h_2 + h_3 + 8 \quad (4-27)$$

式中 l_2 ——长推杆长度 (mm);

h_2 ——凹模高度 (mm);

h_3 ——上凸模脱出时所需高度 (mm); 此式中等于上凸模高度, 有时可小于上凸模高度。

其他符号同公式 (4-26)。

3) 上卸模架短推杆长度的计算见公式 (4-28)。

$$l_3 = h_3 + t_2 + 10 \quad (4-28)$$

式中 l_3 ——短推杆的长度 (mm);

t_2 ——上模座板的厚度 (mm)。

其他符号同公式 (4-27)。

4) 上卸模架长推杆的长度计算见公式 (4-29)。

$$l_4 = h_1 + h_2 + h_3 + t_2 + 13 \quad (4-29)$$

式中 l_4 ——长推杆的长度 (mm)。

其他符号同公式 (4-27)、(4-28)。

(3) 两个水平分型面并带有瓣合凹模的压缩模采用的上、下卸模架 其结构如图 4-41 所示。此结构的特点是卸模架将上凸模、下凸模、模套和凹模四者分开, 塑件留在瓣合凹模内, 最后打开瓣合凹模取出塑件。分模后, 瓣合凹模卡在上、下卸模架的短推杆之间, 上、下凸模和模套被分别推开。

模架结构参数的计算如下:

1) 下卸模架短推杆长度 l_1 的计算见公式 (4-30)。

$$l_1 = h_1 + t_1 + 5(\text{mm}) \quad (4-30)$$

式中 h_1 ——下凸模脱出所需的最小高度 (mm); 此式中

等于下凸模高度，有时小于下凸模高度；

t_1 ——下模座板厚度 (mm)。

2) 中间主型芯有脱模斜度时，下卸模架长推杆长度的计算 因中间主型芯有脱模斜度，故只需抽出 $h_1 + 5\text{mm}$ 的距离，塑件即可从主型芯上脱下。锥形瓣合凹模小端与模套齐平，由下卸模架的长推杆顶起模套和上凸模，则下卸模架长推杆长度的计算见公式 (4-31)。

$$l_2 = h_1 + h_2 + h_3 + t_1 - h_4 + 8 \quad (4-31)$$

式中 l_2 ——下卸模架长推杆长度 (mm)；

h_2 ——瓣合凹模高度 (mm)；

h_3 ——上凸模与瓣合凹模脱开所需的距离 (mm)；一般小于或等于上凸模高度；

h_4 ——模套高度 (mm)。

式中其他符号同公式 (4-30)。

3) 上卸模架短推杆长度的计算见公式 (4-32)。

$$l_3 = h_3 + t_2 + 10 \quad (4-32)$$

式中 l_3 ——上卸模架短推杆长度 (mm)；

t_2 ——上凸模座板厚度 (mm)。

式中其他符号同公式 (4-31)。

4) 上卸模架长推杆长度的计算见公式 (4-33)。

$$l_4 = h_1 + h_2 + h_3 + t_2 + 15 \quad (4-33)$$

式中 t_2 ——上凸模座板厚度 (mm)。

式中其他符号同公式 (4-30)、(4-31)。

使用卸模架时应注意，同一分型面上所使用的推杆高度必须一致，以免因推出偏斜而损坏压缩模或塑件。

使用卸模架的移动式压缩模必须安装手柄，以便操作者在卸模过程中搬动或翻转高温模具。

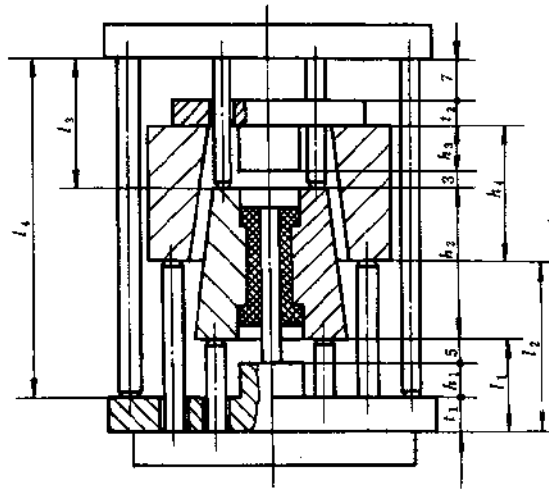


图 4-41 两个水平面带有瓣合凹模卸模架

125. 压缩模的机动侧向分型抽芯机构的结构形式如何?

压缩模的侧向分型抽芯机构与注射模相似，但不完全相同。注射模是先合模后注入塑料，而压缩模是先加料后合模。因此，注射模的某些侧向分型机构不能用于压缩模。例如以开合模驱动的斜导柱侧向分型，如果用于型腔为两瓣组成的压缩模，则由于加料时瓣合模型腔处于开启状态而无法加料。另外，由于压缩模受力状况比较恶劣，因此，侧向分型抽芯机构应有足够的强度。

压缩模的机动侧向分型抽芯机构主要有斜滑块分型抽芯机构、斜导柱和弯销抽芯机构三种形式。

(1) 斜滑块分型抽芯机构 此结构为模框导滑式斜滑块分型抽芯机构，如图 4-42 所示。其动作原理是，斜滑块 11 安放在带有导轨的模框 8 中，当推杆 6 推起斜滑块时，斜滑块即开始分离，完成分型动作。为了防止斜滑块滑出模框，所以，在斜滑块上开一长槽，并在模框上加定位螺钉 10 予以限位。

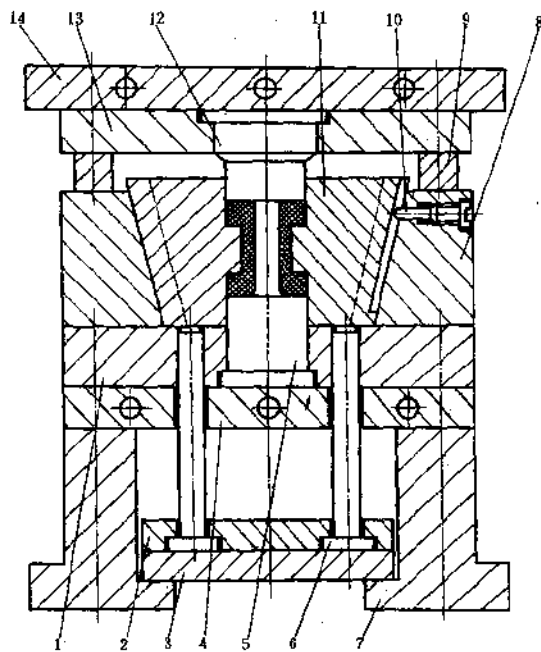


图 4-42 压缩模斜滑块分型抽芯

1—下凸模固定板 2—推杆固定板 3—推板 4—支承板(加热板)
5—下凸模 6—推杆 7—支架 8—模框 9—承压板 10—定位螺钉
11—斜滑块 12—上凸模 13—上凸模固定板 14—上模座板

(2) 弯销抽芯机构 图 4-43 所示为弯销抽芯机构，图中滑块 6 上有两个侧型芯，在凸模下降到最低位置时，侧型芯向前运动到所需要的位置；由限位块 3、螺钉 4、弹簧 5 组成的定位装置使滑块保持抽芯后的最终位置，以保证合模后弯销能准确地进入滑块的斜孔。弯销应有足够的强度。

(3) 压缩模的斜导柱抽芯机构 与注射模的斜导柱抽芯机构相同。

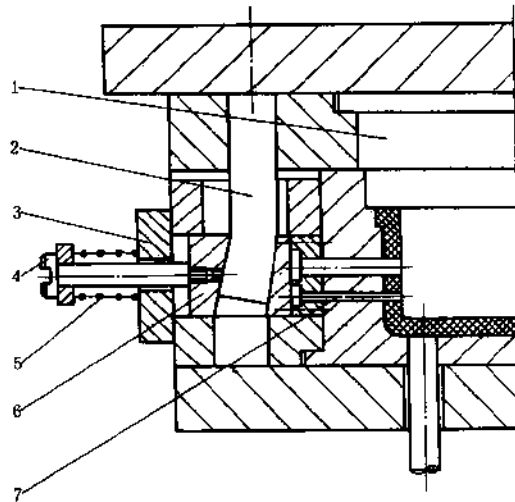


图 4-43 压缩模弯销侧抽芯

1—凸模 2—弯销 3—限位块 4—螺钉 5—弹簧 6—滑块 7—侧型芯

126. 压缩模的手动模外分型抽芯机构的结构形式如何？

目前、压缩模还大量使用手动模外分型抽芯，这是因为该方式的模具结构简单，但其劳动强度大、效率低。

手动模外分型抽芯机构如图 4-44 所示。该模所压制的塑件内外均有螺纹，凹模 5 由两半组成，由模套 3 紧固，塑件的内螺纹靠上型芯 6、下型芯 8 成形，外螺纹由凹模 5 成形。由于上型芯 6 和下型芯 8 头部均带有内六角孔，开模时，首先用搬手旋出上型芯 6，然后用卸模架推出凹模、塑件及下型芯 8，最后松开下型芯 8，取出塑件。

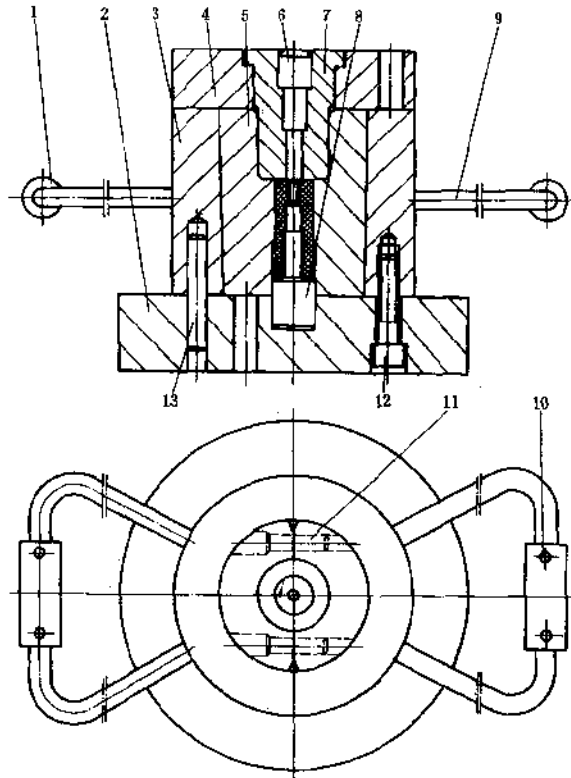


图 4-44 手动模外分型抽芯压缩模

1—套筒 2—下模座板 3—模套 4—上模板 5—凹模 6—上型芯
7—凸模 8—下型芯 9—手柄 10、13—销钉 11—导钉 12—螺钉

第五章 其他模塑工艺及模具设计

127. 热固性塑料传递模塑与压缩模塑的主要区别是什么？

热固性塑料传递模塑是在加料前模具便闭合，塑料原料在单独的加料腔中加热，使其呈熔融状态，然后在压力作用下通过模具的浇注系统高速压入型腔，在型腔内继续受热、受压而固化成形的一种工艺。它与压缩模塑一样，都有加料腔、型腔，都是在液压机上压制的。但是，它们仍有许多不同，其主要区别是：

1) 热固性塑料传递模塑是先合模后浇注成形，而压缩模塑则是先加料后合模，在型腔中加热、加压成形。

2) 传递模有浇注系统，而压缩模没有浇注系统。

3) 传递模塑在成形过程中的气体积在型腔内不易排除，所以，一般需开设排气槽；压缩模塑时有排气动作，模塑中产生的气体可通过排气动作而排除，一般不需另设排气槽。

128. 普通压力机用热固性塑料移动式传递模的结构形式如何？简述模塑的工艺流程。

移动式传递模的结构形式如图 5-1 所示。模具的闭合、加料、卸模、取件等都是手工进行的。合模时，在压力机外上模板 7 沿导柱 II 4 放到凹模 6 的上方，下模板 2 用螺钉与型芯固定板 3 紧固在一起，然后沿导柱 I 1 放在凹模 6 的下方，这时模具闭合。在上模板 7 的上平面上放上加料腔 8

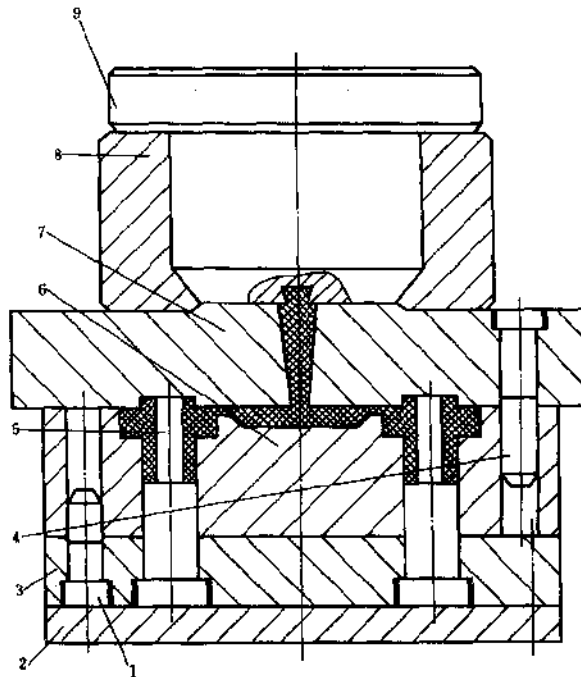


图 5-1 移动式传递模

1—导柱Ⅰ 2—下模板 3—型芯固定板 4—导柱Ⅱ 5—型芯
6—凹模 7—上模板 8—加料腔 9—柱塞

(件7、件8靠件7上平面的定位凸台定位)。将称量好的塑料倒入加料腔8内，然后装入柱塞9，把模具推到压力机工作台上，开始对加料腔及模具加热（压力机的滑块和工作台都装有电加热板），使塑料变成熔融状态，将熔融塑料加压通过模具浇注系统进入型腔，并在型腔中保温、保压成形。成形后的塑件随同整副模具一起拖出工作台，在机外卸模

(或用卸模架在机内卸模)，取出塑件。

这种模具结构简单，但操作过程中工人劳动强度大，生产效率低，适用于小批量生产。

129. 普通液压机用热固性塑料固定式传递模的结构形式如何？

固定式传递模的结构形式如图 5-2 所示。它的上、下模

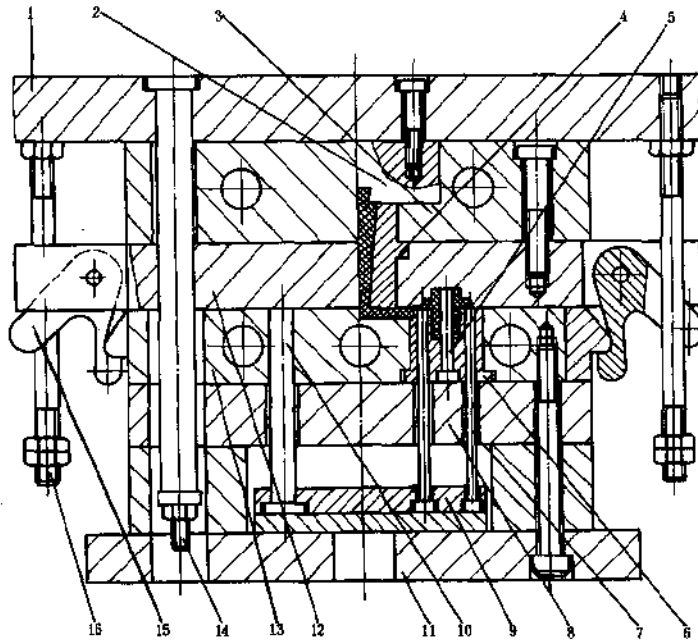


图 5-2 固定式传递模

- 1—上模座板 2—柱塞 3—加料腔 4—主流道衬套 5—型芯 6—凹模镶件 7—推杆 8—支承板 9—推杆固定板 10—复位杆 11—下模座板 12—上凹模板 13—凹模固定板 14—定距拉杆 15—拉钩 16—拉杆

座板固定在压力机的滑块和工作台上。开模时，柱塞 2 上升，脱离加料腔 3 并拔出主浇道凝料。当柱塞上升到一定距离后，拉杆 16 上的螺母碰到拉钩 15，使拉钩与凹模固定板 13 脱钩。由于定距拉杆 14 的作用，使上凹模 12 与凹模固定板 13 分开，此时，加料腔 3、上凹模板 12、主浇道衬套 4 为一整体，悬在上、下模之间，最后由压力机顶杆通过推板推动推杆 7，将塑件推出凹模。

130. 在设计热固性塑料传递模时，如何选择液压机？

热固性塑料在传递模塑时所用液压机，一般分普通液压机和专用液压机两种。

(1) 普通液压机的选择 选用普通液压机时，必须考虑液压机的公称压力与加料腔横截面积之比，其比必须大于或等于挤压时所需要的单位压力。单位压力的计算见公式 (5-1)。

$$\frac{F_{机}}{A} = p \geq q \quad (5-1)$$

式中 $F_{机}$ ——液压机的公称压力(N)；

p ——单位挤压力(Pa)；

A ——加料腔的横截面积(m^2)；

q ——挤压时需要的单位压力(Pa),见表 5-1。

(2) 专用液压机的选择 热固性塑料传递模塑的专用液压机，实际上是双压式液压机。它们都有两个液压缸，一个液压缸起锁模作用，称为主缸，另一个液压缸通过柱塞起挤塑作用，称为辅助缸。主缸压力比辅助缸压力大得多，以防溢料。所以，在选用专用液压机时，两个缸都要分别校核。

表 5-1 传递模塑单位压力

| 塑 料 | 填 料 | 传递模塑单位压力 q/MPa |
|--------|------|-------------------------|
| 酚醛塑料 | 木 粉 | 58.84~68.65 |
| | 玻璃纤维 | 78.45~117.68 |
| | 布 屑 | 68.65~78.45 |
| 三聚氰胺 | 矿 物 | 68.65~78.45 |
| 三聚氰胺 | 石棉纤维 | 78.45~98.07 |
| 环氧树脂 | | 3.92~9.81 |
| 硅酮树脂 | | |
| 胺基塑料 | | 68.65 |
| DAP 塑料 | | 49.03~58.84 |

1) 辅助缸公称压力的校核。柱塞加压用辅助缸公称压力的校核见公式(5-2)。

$$F_{机} \geq Aq \quad (5-2)$$

式中 $F_{机}$ ——辅助缸公称压力(N);

A ——加料腔横截面积(m^2);

q ——挤塑单位压力(Pa),见表 5-1。

2) 主缸锁模力的校核。在成形时,为了不使模具的分型面张开,必须使主缸的锁模力大于型腔和浇注系统投影面积之和与塑料单位挤塑压力乘积的 1.1~1.25 倍,见公式(5-3)。

$$F'_{机} > (1.1 \sim 1.25) A'q \quad (5-3)$$

式中 $F'_{机}$ ——主缸公称压力(N);

A' ——型腔和浇注系统在分型面上的投影面积之和(m^2);

q ——挤塑单位压力(Pa),见表 5-1。

131. 如何设计热固性塑料传递模的加料腔?

加料腔的作用是盛装所需的塑料,并将其加热成为熔融状态,在由柱塞传来的液压机的压力作用下通过模具浇注系统进入型腔。所以,加料腔要承受一定的温度和压力,必须具有一定的强度。

(1) 加料腔的结构 移动式传递模加料腔的结构如图 5-3 所示。固定式传递模加料腔的结构如图 5-2 中件 3 所示。

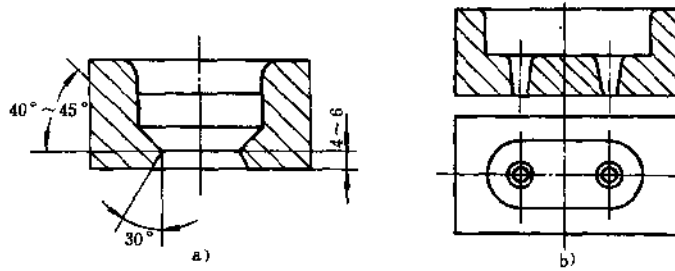


图 5-3 移动式加料腔

a) 常用结构 b) 用于加料腔下多个流道的模具

(2) 加料腔横截面积的确定

1) 普通液压机用传递模的加料腔横截面积的计算见公式(5-4)。

$$A = (1.1 \sim 1.25) A' \quad (5-4)$$

式中 A ——加料腔的横截面积(m^2);

A' ——型腔与浇注系统在分型面上投影面积之和(m^2)。

2) 专用液压机用固定式传递模的加料腔横截面积的计算见公式(5-5)。

$$A = \frac{F_{机}}{q} \quad (5-5)$$

式中 A ——加料腔的横截面积(m^2);

$F_{机}$ ——辅助缸的公称压力(N);

q ——挤塑单位压力(Pa),见表 5-1。

3) 垂直分型模具的加料腔横截面积的计算见公式(5-6)。该模具既可用于普通液压机,又可用于专用液压机,其结构如图 5-4 所示。

$$A = 2A' \operatorname{tg}(\theta - \varphi) \quad (5-6)$$

式中 A ——加料腔的横截面积(m^2);

A' ——型腔和浇注系统在垂直分型面上投影面积之和(m^2);

θ ——模块与模套的拼合角度($^\circ$),一般取 12° 以上;

φ ——摩擦角($^\circ$),一般取 8° 。

(3) 加料腔体积的确定 加料腔体积的计算见公式(5-7)。

$$V = V_{料} K \quad (5-7)$$

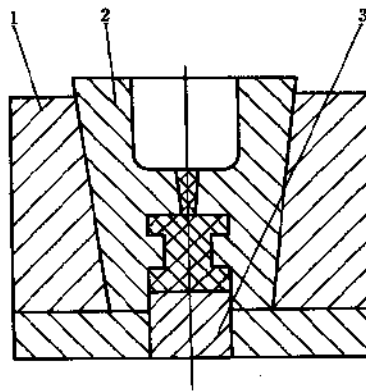


图 5-4 垂直分型面模具加料腔

1—模套 2—模块 3—垫块

式中 V ——加料腔的体积(mm^3);
 $V_{\text{料}}$ ——塑件与浇注系统的体积之和(mm^3);
 K ——压缩比,见表 4-6。

(4) 加料腔高度的确定 加料腔高度的计算见公式 (5-8)。

$$h = \frac{V}{A} + (8 \sim 15) \quad (5-8)$$

式中 h ——加料腔的高度 (mm);
 V ——加料腔的体积 (mm^3);
 A ——加料腔的横截面积 (mm^2)。

(5) 加料腔位置的设计 加料腔应尽量布置在型腔中心位置上,这样受力均匀。如果偏离一端,则另一端分型面容易翘起而产生溢料。

132. 如何设计热固性塑料传递模的柱塞? 加料腔和柱塞的配合关系如何?

柱塞的作用是把液压机的压力传给加料腔内的塑料,使呈熔融状态的塑料压入模具浇注系统,进入型腔成形。

(1) 柱塞的结构 如图 5-5 所示。

移动式传递模的柱塞一般采用图 5-5a、b 的形式。固定式传递模的柱塞一般采用图 5-5c、d 的形式。

(2) 加料腔与柱塞的配合关系 如图 5-6 所示。加料腔与柱塞间的配合一般采用 H9/f9; 柱塞高度 H' 应比加料腔的高度 H 小 0.5~1mm。同时,在底部转角处两者应有 0.3~0.5mm 的储料间隙; 加料腔与上模座板定位凸台的配合高度之差为 0~0.1mm。

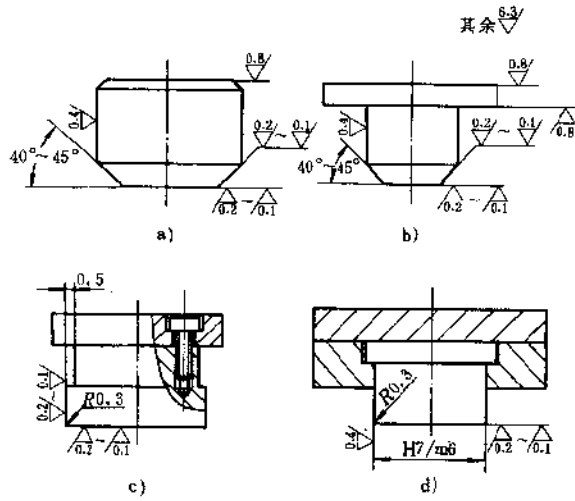


图 5-5 传递模柱塞

a)、b) 移动式传递模用柱塞 c)、d) 固定式传递模用柱塞

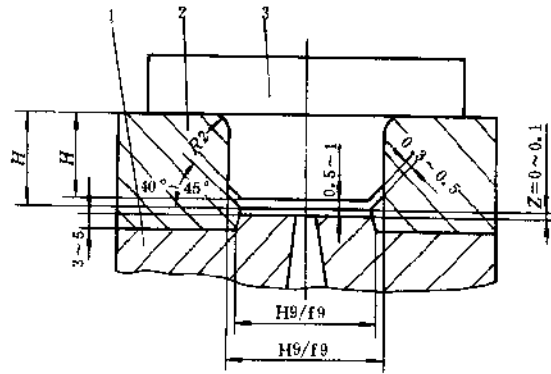


图 5-6 加料腔与柱塞的配合关系

1—上模座板 2—加料腔 3—柱塞

(3) 加料腔、柱塞和定位凸台的推荐尺寸见表 5-2、表 5-3、表 5-4。

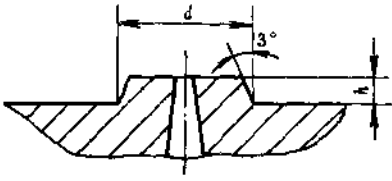
表 5-2 加料腔的推荐尺寸 (mm)

| 简 图 | D | d | d_1 | h | H |
|-----|-----|-----------------|-----------------|---------------|--------------|
| | 100 | $30^{+0.045}_0$ | $24^{+0.03}_0$ | $3^{+0.05}_0$ | 30 ± 0.2 |
| | | $35^{+0.05}_0$ | $28^{+0.033}_0$ | | 35 ± 0.2 |
| | | $40^{+0.05}_0$ | $32^{+0.039}_0$ | | 40 ± 0.2 |
| | 120 | $50^{+0.06}_0$ | $42^{+0.039}_0$ | $4^{+0.05}_0$ | 40 ± 0.2 |
| | | $60^{+0.06}_0$ | $50^{+0.039}_0$ | | 40 ± 0.2 |
| | | | | | 40 ± 0.2 |

表 5-3 柱塞的推荐尺寸 (mm)

| 简 图 | D | d | d_1 | H | h | |
|-----|-----|------------------------|---------------|----------------|-----|----------------|
| | 100 | $30^{+0.025}_{-0.085}$ | $23^{+0.1}_0$ | 26.5 ± 0.1 | 120 | |
| | | $35^{+0.032}_{-0.100}$ | $27^{+0.1}_0$ | | | 31.5 ± 0.1 |
| | | $40^{+0.032}_{-0.100}$ | $31^{+0.1}_0$ | | | 36.5 ± 0.1 |
| | 120 | $50^{+0.04}_{-0.12}$ | $41^{+0.1}_0$ | 35.5 ± 0.1 | 25 | |
| | | $60^{+0.04}_{-0.12}$ | $49^{+0.1}_0$ | | | |
| | | | | | | |

表 5-4 定位凸台的推荐尺寸 (mm)

| 简 图 | d | h |
|---|--------------------------|-------------------|
|  | $24.3_{-0.053}^{+0.023}$ | $3_{-0.025}^{+0}$ |
| | $28.3_{-0.053}^{+0.023}$ | |
| | $32.3_{-0.064}^{+0.025}$ | |
| | $42.4_{-0.064}^{+0.025}$ | $4_{-0.05}^{+0}$ |
| | $50.4_{-0.064}^{+0.025}$ | |

133. 如何设计热固性塑料传递模的浇注系统?

热固性塑料传递模的浇注系统与注射模的浇注系统相似, 它是由主浇道、分浇道、浇口、反料槽等组成, 如图 5-7 所示。

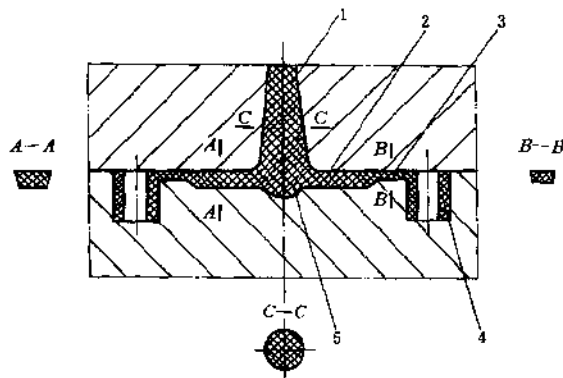


图 5-7 浇注系统

1—主浇道 2—分浇道 3—浇口 4—型腔 5—反料槽

(1) 主浇道的设计 主浇道是指从加料腔与模具相接触的部位起到分流道始端为止的那段浇道。传递模塑时, 熔融

塑料首先经过主浇道，因此，主浇道的形状及大小直接影响塑料流动的速度及充模时间。

主浇道的形式主要有正圆锥形、倒圆锥形和带分流锥的三种形式。如图 5-8、图 5-9、图 5-10 所示。其中，图 5-8 为正圆锥形主浇道，该形式应用最广泛。用于多型腔传递模时，为了开模时能自动拉出，它和注射机一样常采用拉料杆；图 5-9 为倒锥形，开模时主流道凝料与塑件分离，并借助柱塞端面的拉料槽将主流道凝料拉出。该形式拉出主流道凝料较麻烦；图 5-10 是采用分流器的结构形式，当塑件较大或型芯分布远离模具中心时采用此结构。当型腔沿圆周分布时，分流器可采用圆锥形；当型腔呈两排并列分布时，分流器可采用矩形棱台状，流道宽度一般取 1~1.5mm。

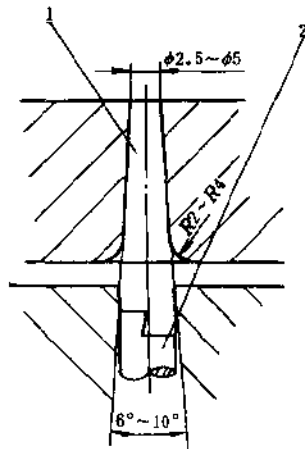


图 5-8 正圆锥形主浇道

1—主浇道 2—拉料杆

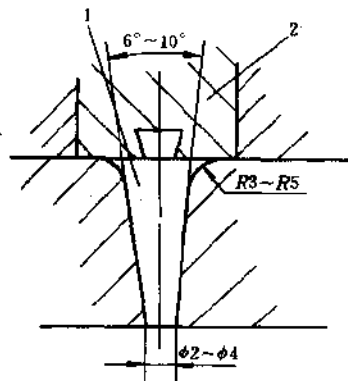


图 5-9 倒锥形主浇道

1—主浇道 2—柱塞

(2) 分浇道的设计 分浇道指主浇道末端与浇口之间的一般浇道。分浇道的长度应尽量短，一般为主浇道大端直径

的1~2.5倍。分浇道最好开设在脱模时塑件留在模具一边的分型面上。分浇道的截面形状常取梯形，其截面尺寸如图5-11所示。

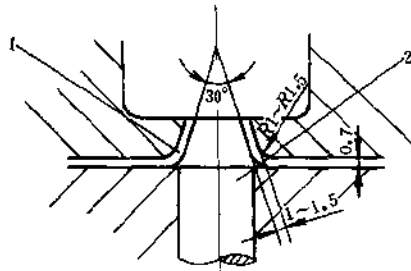


图 5-10 带分流器的主浇道
1—主浇道 2—分流器

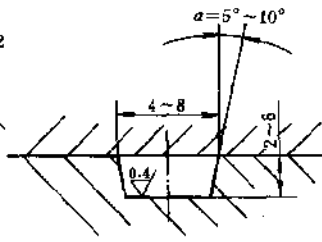


图 5-11 梯形分浇道的形状和尺寸

(3) 浇口的设计 浇口是分浇道与型腔之间的狭窄浇道，其作用是使熔融塑料获得较高流速及理想流态。浇口的位置应有利于塑料充满型腔；应避免塑件的重要表面；避免熔体直接冲击镶嵌件及型芯。浇口的截面形状常取矩形，其尺寸见表5-5。

表 5-5 梯形截面浇口的宽度和厚度 (mm)

| 浇口面积 s (mm ²) | 宽度 b | 厚度 a |
|-----------------------------|--------|--------|
| ~2.5 | 5 | 0.5 |
| >2.5~3.5 | 5 | 0.7 |
| >3.5~5.0 | 7 | 0.7 |
| >5.0~6.0 | 6 | 1.0 |
| >6.0~8.0 | 8 | 1.0 |
| >8.0~10.0 | 10 | 1.0 |
| >10.0~15.0 | 10 | 1.5 |
| >15.0~20 | 10 | 2.0 |

(4) 反料槽的设计 反料槽是位于正对着主浇道大端动模

板上的凹穴，其作用是使塑料熔体集中流动，以增大熔体进入型腔时的流速。设计反料槽时只要直径比主浇道大端直径稍大即可。

设计浇注系统时还应注意下述几个问题。

①浇注系统总长（包括主浇道、分浇道、浇口）不应超过 60~100mm。

②浇道应尽量平直圆滑，尽量避免弯折，以保证塑料尽快充满型腔。

③浇注系统有拼合面时必须防止溢料，以免取出浇注系统时发生困难。

134. 如何设计热固性塑料传递模的排气槽？

传递模需要及时排除型腔内原有的空气、塑料受热后挥发的气体及交联反应所产生的气体，因此，传递模需开排气槽。排气槽开设的位置应按以下原则确定。

①排气槽应开在料流末端，以利于排气。

②应开设在靠近镶嵌件或薄壁处，以提高熔接强度。

③最好开设在分型面上，以利于清除飞边。

对于小型传递模也可以不开设排气槽，直接利用模具的活动型芯或推杆的配合间隙排气。

排气槽的尺寸视塑件大小和排气槽的数量而定，对于中小型塑件，设在分型面上的排气槽深度为 0.04~0.13mm，宽度为 3.2~6.4mm。

135. 管材挤出成形的过程有哪些？

管材挤出成形是塑料成形的主要方法之一。挤出管材所用的设备有挤出机、机头、定型装置、冷却槽、牵引设备和

切割设备等。挤出工艺过程如图 5-12 所示。即在挤出机料筒中塑化好的塑料在一定压力作用下，沿着螺杆的螺纹槽进入机头，通过机头的环形通道成形管材。然后经定型套定型和冷却装置的冷却，最后由牵引装置带动，通过切割装置，加工成所需长度的管材。

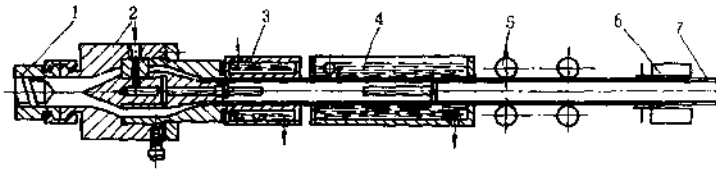


图 5-12 管材挤出工艺过程示意图

1—挤出机料筒 2—机头 3—定型套 4—冷却装置 5—牵引装置
6—切割装置 7—塑料管

136. 管材挤出机的料筒、螺杆与机头的结构及作用有哪些？

管材挤出使用的设备主要是挤出机，目前使用最多的是单螺杆挤出机。它的基本结构包括传动装置、加料装置、料筒、螺杆、机头等五个部分。其中，与挤出工艺直接有关的是料筒、螺杆和机头。

(1) 料筒 料筒是挤出机的主要部件之一。它的作用是与螺杆一起使塑料塑化，并使塑料受到一定的压力，挤出时料筒内的压力可达 55MPa，工作温度一般为 180~250℃。料筒外部有加热和冷却装置。料筒与机头间有过滤板（栅板）。

(2) 螺杆 螺杆是挤出机的“心脏”。通过螺杆的转动使料筒中的塑料塑化并不断送往料筒前端，并获得一定的压

力和摩擦热。一般螺杆的结构如图 5-13 所示。螺杆的直径 D 是螺杆的基本参数，螺杆的长径比 (L/D) 是螺杆的重要参数，目前长径比多为 25 左右，长径比大的，塑化均匀。

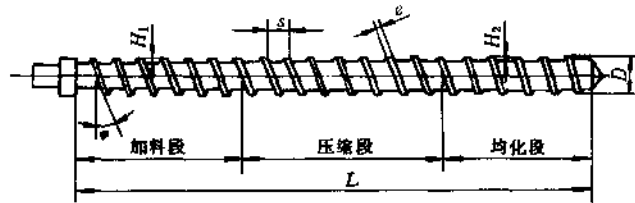


图 5-13 螺杆结构示意图

H_1 —加料段螺槽深度 H_2 —均化段螺槽深度 D —螺杆直径 φ —螺旋角
 L —螺杆长度 e —螺棱宽度 s —螺距

螺杆的工作部分分为三段，即加料段、压缩段和均化段。塑料在一定温度下经过这三段后，由玻璃态转化为粘流态。

1) 加料段的作用是将由料斗加入的固态塑料加热，并向前送至压缩段。该段螺槽是等距等深的，其横截面不变。在加料段塑料仍是固体状态。

2) 压缩段又称熔化段。该段螺杆的作用除了把塑料向前输送外，还要对塑料进行压缩，使塑料密实，并使塑料中的空气压回加料段。由于料筒外加热器的加热和螺杆、料筒的搅拌、剪切产生的摩擦热的作用，温度逐渐上升，使塑料从固态逐渐熔融为粘流态。这段螺槽深度应是逐渐减小的，减小的程度取决于塑料的压缩比。

3) 均化段的作用是将压缩段送来的熔融塑料进一步均匀塑化，并使其定量、定压、定温地由机头挤出。这段螺槽的横截面可以是恒等的，但比前两段小。

在实际生产中，三段螺杆的长度与结构主要取决于塑料的性质和塑件。因挤出成形塑料的品种很多，不可能一种塑

料用一根螺杆，应根据塑料的特性，尽可能考虑各种塑料的共性来设计螺杆，使一根螺杆能同时用于数种塑料的挤出。

(3) 机头 机头是挤出成型的主要部件。挤管机头按管材出口方向分为直向（直通）和横向两种。常用的是直向挤管机头，其结构如图 5-14 所示。

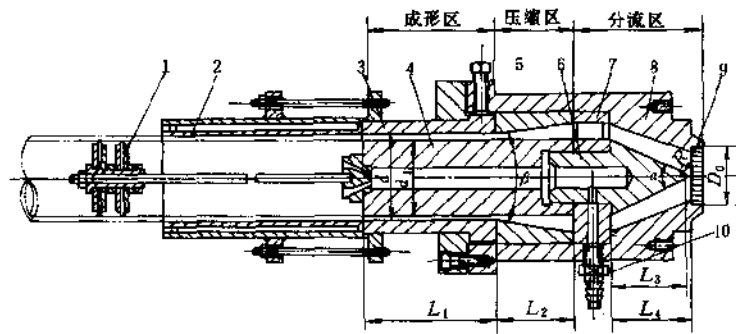


图 5-14 直向挤管机头

- 1—气塞 2—定型套 3—口模 4—芯模 5—调节螺钉 6—分流器
7—分流器支架 8—机头体 9—过滤板 10—空气进口接头

机头的作用是成形和定型。

1) 成形 从料筒中输送到挤管机头的熔体，首先要经过过滤网和过滤板 9（栅板），将料流的螺旋运动变成直线运动，同时阻止未熔化的塑料或其他杂物进入机头。另外，过滤网和过滤板 9 增加了熔体流动的阻力，使料筒中的熔体具有一定的压力。

熔体通过过滤板 9 之后，需经过分流区、压缩区和成形区而形成管材。在分流区，熔体遇到分流器 6 后变成薄环状，再经过分流器支架 7 得到进一步塑化。熔体进入压缩区后，由于通道截面逐步缩小，所以压力逐步增大，熔体再次

得到塑化，从而使通过分流器支架 7 后所形成的接缝得到良好地熔接。在压缩区应有一定的压缩比，压缩比等于分流器支架 7 出口处的横截面积与口模 3 和芯模 4 之间形成的环状通道横截面积之比，一般取 3~6。成形区是由口模 3 和芯模 4 之间形成的环状通道。熔体经过成形区使经过几次阻流的不够平稳的状态逐渐平稳下来，成形为所需的管材。

2) 定型 从机头挤出的管材必须经过定型装置进行冷却定型，方可得到合格的管材。定型方法有外径定型法和内径定型法两种。由于我国塑料管尺寸标准一般是以外径来标定的，故一般采用外径定型法。外径定型法是以定型套内径为标准，这就要求在塑料管的外表面与定型套的内表面间有良好接触的情况下冷却。该种定型法有两种接触方法，即内压法和真空法。内压法是从分流器支架 7 通入压缩空气，由图 5-14 件 10 经芯模 4 内孔到达塑料管内孔，由于离定型套 2 一定距离装有伸入塑料管内孔的气塞（见图 5-14 件 1），使得管内保持着比大气压大而又恒定的压力，从而使塑料管的外壁紧贴在定型套的内壁上。

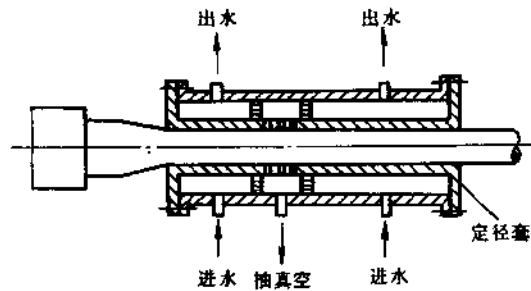


图 5-15 真空法外径定型装置

真空法是采用塑料管外抽真空的办法，使塑料管外表面与定型套内表面接触，如图 5-15 所示。机头与定型套相距 20~50mm，塑料管先空冷，然后进入定型套进行定型。但当塑料管的直径较大时，采用该法难以控制管材的圆柱度。它适用于结晶性塑料管的生产。

137. 管材挤出成型的主要工艺参数有哪些？如何控制？

管材挤出成型的主要工艺参数有温度、挤出速率、牵引速度和压力等。

(1) 温度 包括料筒温度、机头温度。温度是影响塑料塑化及管材成型质量的主要因素。温度过低，塑化质量不好，管材挤出成型质量差，温度过高，塑料易分解，一般控制在成型温度的下限为宜。这时，由于塑料管离开口模时粘度较大，有助于准确定型，并减轻冷却系统的负担，提高生产率。具体温度参考表 5-6。

(2) 挤出速率 挤出速率主要决定于螺杆转速，螺杆转速可在一定范围内调节，以适应不同管材挤出的需要。提高螺杆转速可以提高产量，但如果转速过快，则塑化质量不高，管材内壁粗糙，强度下降。具体参数参考表 5-6。

(3) 牵引速度 牵引速度影响管材的壁厚和直径大小。一般牵引速度应比挤出速度稍快一些。

(4) 压力 一般使用压缩空气通过内压法使管材定型，压力控制在 0.02~0.05MPa，并保持压力稳定。

挤出成形的典型工艺参数参考表 5-6。

管材挤出时，由于工艺参数控制不当，可能产生各种问题，其产生的原因和解决的方法见附录表 5。

表 5.6 管材挤出成形的典型工艺参数

| 工 艺 条 件 | 原 料 品 种 | | | | | | |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 尼龙 1010 | 聚全氟乙丙烯 | 聚乙烯 | ABS | 聚 枫 | 聚碳酸酯 | |
| 料筒温度/°C | 后 | 250~270 | 160~180 | 120~140 | 165~170 | 250~265 | 220~250 |
| | 中 | — | 260~280 | — | — | 300~325 | — |
| 机头温度/°C | 前 | 260~280 | 310~330 | 150~170 | 170~180 | 310~330 | 230~255 |
| | 后 | 240~250 | 320 | 155~165 | 165~175 | 250~270 | 210~230 |
| 前 | 210~230 | 200~220 | | | | | |
| 口模温度/°C | | 200~210 | 310~320 | 150~160 | 155~160 | 260~270 | 200~210 |
| 螺杆形式 | | 突变压缩 | 突变压缩 | 渐变压缩 | 渐变压缩 | 渐变压缩 | 渐变压缩 |
| 螺杆转速 $n/(r/min)$ | | 15 | 4.2 | 22 | 10.5 | 4.2 | 10.5 |

| | | | | | | |
|---------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| 口模内径 D_0/mm | 44.8 | 11 | 45 | 33 | 12.7 | 33 |
| 模芯外径 D_1/mm | 38.5 | 5 | 25 | 26 | 10 | 26 |
| 口模平直部分长度 l_1/mm | 45 | — | 50 | 50 | 20 | 87 |
| l_1/δ 比值 | 15 | — | 5 | 14.3 | 20 | 24 |
| 管材内径 d_1/mm | 25 | 3 | 20 | 25.5 | 8 | 25.5 |
| 管材外径 d_0/mm | 31.3 | 5.9 | 40 | 32.5 | 10 | 32.8 |
| 拉 伸 比 | ≈ 1.5 | ≈ 3.5 | ≈ 1.17 | ≈ 1.02 | ≈ 1.7 | ≈ 0.97 |
| 真空定型直径 d/mm | 31.7 | 6 | 40.2 | 33 | 7.9 | 33 |
| 真空定型与口模间隙 l/mm | 20 | 20 | 25 | 25 | 35 | |
| 冷却槽水温/ $^{\circ}\text{C}$ | 室温 | 室温 | 室温 | 室温 | 90 | |

注： l_1/δ 比值中 l_1 为口模、模芯平直部分（即定型部分）长度； δ 为口模与模芯的间隙。

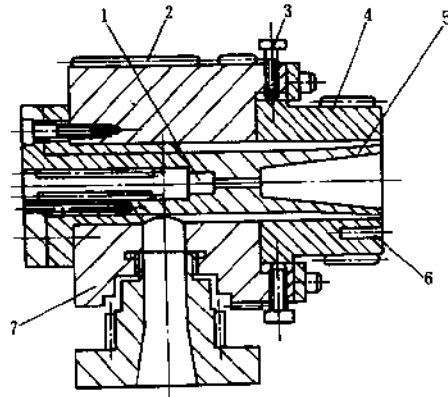


图 5-17 弯管式机头

1—进气口 2—电加热器 3—调节螺钉 4—口模 5—芯模
6—测温孔 7—机体

1) 直管式机头如图 5-16 所示。它具有分流器支架和定型段长度较长的特点, 适用于薄壁小口径管材的挤出。

2) 弯管式机头如图 5-17 所示。它没有分流器支架, 型芯容易加热, 定型段长度不很长, 大小口径的管材都适用。

3) 旁侧式机头如图 5-18 所示。它亦没有分流器支架, 芯轴可以加热, 定型段长度不太长, 大小口径的管材均适用。

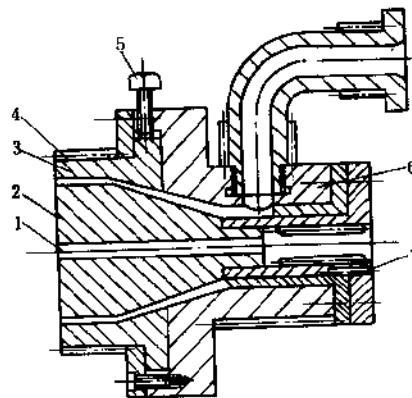


图 5-18 旁侧式机头

1—进气孔 2—芯模 3—口模 4—电加热器 5—调节螺钉 6—机体 7—测温孔

139. 管材挤出机头的口模和芯模如何设计?

(1) 口模的设计 口模是成形管材外表面的零件, 其结构如图 5-19 所示。

口模内径不等于塑料管外径, 因为从口模挤出的管坯, 由于压力突然降低, 塑料因弹性恢复而发生管径膨胀。同时, 管坯在冷却和牵引作用下, 管径会发生缩小。目前还没有理论计算公式

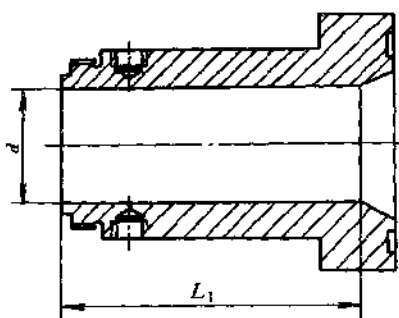


图 5-19 口模的结构

计算其膨胀和收缩的值, 一般按经验公式 (5-9) 确定。

$$d = \frac{D}{K} \quad (5-9)$$

式中 d ——口模内径(mm);

D ——管材外径(mm);

K ——系数, 一般取 1.04~1.08。

口模定型段长度 L_1 可按管材外径或管材壁厚来确定, 见公式(5-10)、公式(5-11)。

$$L_1 = (0.5 \sim 3)D \quad (5-10)$$

或

$$L_1 = (8 \sim 15)t \quad (5-11)$$

式中 D ——管材外径(mm);

t ——管材壁厚(mm)。

(2) 芯模的设计 芯模是成形管材内表面的零件, 如图

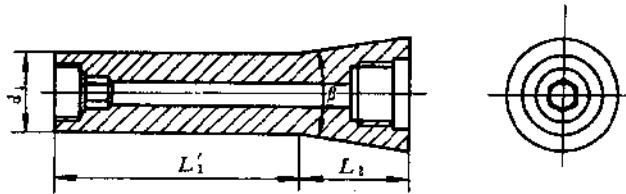


图 5-20 芯模结构

5-20 所示。

直管机头芯模与分流器用螺纹连接。芯模的结构应有利于熔体的流动,有利于消除熔体经过分流器后形成的结合缝。芯模有收缩角 β ,对于粘度较高的硬聚氯乙烯, β 角一般取 $30^\circ \sim 50^\circ$;对于粘度低的塑料, β 可取 $45^\circ \sim 60^\circ$ 。芯模的定型段长度 L_1 与口模的 L_1 相等。 L_2 的计算见公式(5-12)。

$$L_2 = (1.5 \sim 2.5)D_0 \quad (5-12)$$

式中 D_0 ——过滤板(栅板)出口处的直径(mm);

L_2 ——压缩段长度(mm)。

芯模直径 d_1 的计算见公式(5-13)。

$$d_1 = d - 2\delta \quad (5-13)$$

式中 d_1 ——芯模直径(mm);

d ——口模内径(mm);

δ ——芯模与口模之间的间隙(mm)。

δ 不等于管材的壁厚, δ 的计算见公式(5-14)。

$$\delta = \frac{t}{K_1} \quad (5-14)$$

式中 t ——管材壁厚(mm);

K_1 ——系数,一般取 $1.16 \sim 1.20$ 。

为了使管材壁厚均匀,必须设置调节螺钉,如图 5-16 中件 3,以便安装和调整口模与芯模之间的间隙。调节螺钉

的数量一般为4~8个。

140. 管材挤出机头的分流器和分流器支架的结构形式如何? 如何计算?

(1) 分流器 分流器的作用是使熔体料层变薄, 以便均匀加热, 使之进一步塑化。分流器的结构如图 5-21 所示。

分流器与过滤板之间的距离一般取 10~20mm。保持分流器与过滤板之间有一定距离的作用是使通过过滤板的熔体汇集。因此, 该距离过小, 熔体流速不稳定、不均匀; 距离过大, 熔体在此空间时间较长, 高分子材料容易产生分解。

分流器的扩张角 α 太大, 熔体流动阻力增大, α 过小, 势必增大分流器锥部的长度。

一般取 $60^\circ \sim 90^\circ$ 为宜。用于硬聚氯乙烯时 $\alpha \leq 60^\circ$ 。

分流锥长度 L_3 的确定见公式(5-15)。

$$L_3 = (1 \sim 1.5) D_0 \quad (5-15)$$

式中 D_0 ——过滤板出口处直径(mm)。

分流器头部圆角 r 一般取 0.5~2mm。

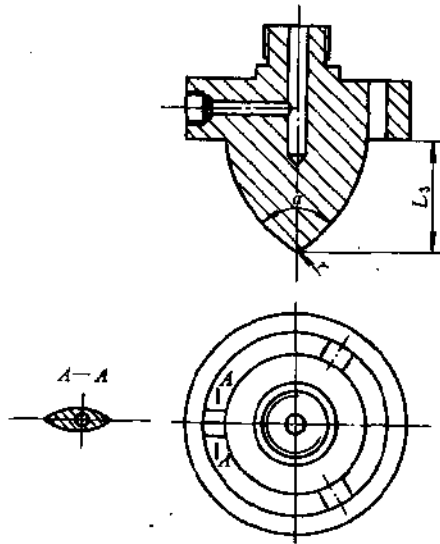


图 5-21 分流器及其支架

(2) 分流器支架 分流器支架与分流器可制成整体式的,如图 5-21 所示。也可制成分体式(组合式)的。整体式用于中小型机头,组合式用于大型机头。分流器支架上的分流肋一般设 3~8 根。分流肋应制成流线型。在满足强度的前提下,其宽度和长度应尽量小。而且,出料端的角度应小于进料端的角度。

分流器支架设进气孔和导线孔,用以通入压缩空气,应用内压法使管材外径规则定型和冷却。导线孔是用于内部装置电热器时输入导线的。

141. 中空塑件吹塑成形的工艺过程是什么? 有哪些吹塑方法?

中空塑件吹塑成形是把塑料型坯放于模具中,然后合模,借助压缩空气吹胀、定型、冷却而得到一定形状的中空塑件的方法。

根据成形工艺过程的不同,吹塑有挤出吹塑中空成形、注射吹塑中空成形、注射延伸吹塑中空成形、多层吹塑中空成形和片板吹塑中空成形等方法。其中应用较多的是挤出吹塑中空成形和注射吹塑中空成形两种。

(1) 挤出吹塑中空成形

它的成形过程如图 5-22 所示。用挤出机挤出中空塑料型坯

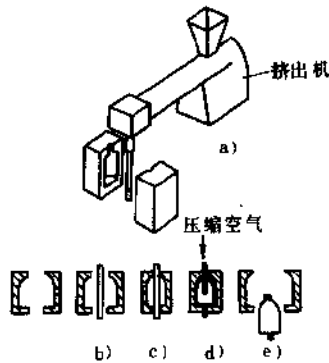


图 5-22 挤出吹塑中空成形

a) 挤出型坯 b) 型坯放入模内

c) 合模 d) 吹塑 e) 脱模

(见图 a),然后将此型坯迅速放入对开的模腔内(图 b),将

模具闭合（见图 c），向型坯内通入压缩空气，使型坯膨胀附着在模腔壁上而成形（见图 d），最后保压、冷却、定型、放气、塑件脱模。这种成型方法的特点是设备及模具结构简单。

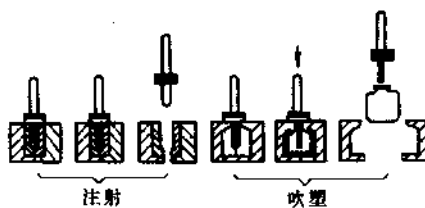


图 5-23 注射吹塑中空成形

(2) 注射吹塑中空成形 该法是用注射机在注射模中制成型坯，然后把热的型坯放入中空吹塑模具中吹塑成形，如图 5-23 所示。由于注射型坯有底，因此，塑件底部没有拼合缝，强度高，塑件壁厚比较均匀。

142. 中空塑件挤出吹塑成型的主要工艺条件有哪些？

中空塑件挤出吹塑成型的工艺条件主要有温度（包括料筒、机头和模具的温度）、螺杆转速以及充气压力等。次要的工艺条件还有充气及冷却时间等。

对于加工温度的控制以及螺杆转速的选择，应保证既能挤出光滑而均匀的塑料型坯，又不会使挤压传动系统超负荷运转。一般尽可能采用较低的加工温度和较快的螺杆转速，否则由于型坯的粘度较低、挤出速度慢和塑料自重作用而引起型坯下垂，造成塑件壁厚悬殊大，甚至无法成形。此外，还要考虑塑料型坯有倾向于向冷的邻近金属表面流动的特性，应使模具型腔、模芯的温度比较均匀。

就充气压力而言，一般控制在 $0.2 \sim 0.7\text{MPa}$ 范围内。主要根据塑料熔融粘度的高低来确定其大小，粘度低者，如尼龙、聚乙烯等易于流动吹胀，充气压力可小些；粘度高

者,如聚碳酸酯、聚甲醛等流动及吹胀性差,充气压力需大一些。具体参数可以通过递增压力的方法来确定。即在某一充气压力下,塑件的外形轮廓、螺纹、花纹、商标、字母等最清晰,超过此压力时清晰程度不再提高,则此充气压力合适。

表 5-7 为几种有代表性的塑料中空塑件成形工艺条件。

表 5-7 几种代表性塑料中空塑件成形工艺条件

| 工 艺 条 件 | 醋酸纤维 | 硬聚氯乙烯 | 聚乙烯 | 尼龙 1010 | 聚碳酸酯 | |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|
| | 电筒 | 500ml 瓶 | 浮球 | 100ml 瓶 | 圆筒 | |
| 料筒温度/℃ | 后 | 110~115 | 145~150 | 140~150 | 140~170 | 220~240 |
| | 中 | 130~135 | 150~155 | | 215~225 | 240~260 |
| | 前 | 150~155 | 165~168 | 155~160 | 210~215 | 240~260 |
| 机头温度/℃ | 160~162 | 165~170 | 160 | 210~215 | 190~210 | |
| 口模温度/℃ | 160 | 180 | 160 | 180~190 | 190~200 | |
| 螺杆形式 | 渐变压缩 | 渐变压缩 | 渐变压缩 | 突变压缩 | 渐变压缩 | |
| 型坯挤出时间/s | 22 | 30 | 15 | 20 | 60 | |
| 充气时间/s | 12 | 15 | 15 | 10 | 20~30 | |
| 冷却时间/s | 3 | 3 | 5 | 5 | 10~15 | |
| 总周期/s | 45 | 55 | 40 | 40 | 120 | |
| 吹气压力/MPa | 0.3~0.35 | 0.4 | 0.3~0.4 | 0.2~0.3 | 0.7 | |
| 吹气方法 | 顶吹 | 顶吹 | 顶吹 | 顶吹 | 顶吹 | |
| 吹胀比 | 1.5:1 | 2:1 | 2.5:1 | 2:1 | 1.6:1 | |
| 产品质量/g | 50~55 | 75~80 | 80 | 7 | 300 | |
| 螺杆转速/(r/min) | 16.5 | 16.5 | 22 | 12 | 11.5 | |
| 挤压机 | φ45mm 立式挤压机 | φ45mm 立式挤压机 | φ89mm 卧式挤压机 | φ30mm 卧式挤压机 | φ50mm 立式挤压机 | |

143. 吹塑成形用挤压机的主要形式有哪几种？

吹塑成形用挤压机主要有两种形式。一种是通用的卧式挤压机,另一种是立式挤压机。前者用于大部分热塑性塑料,后者主要用于热敏性塑料。

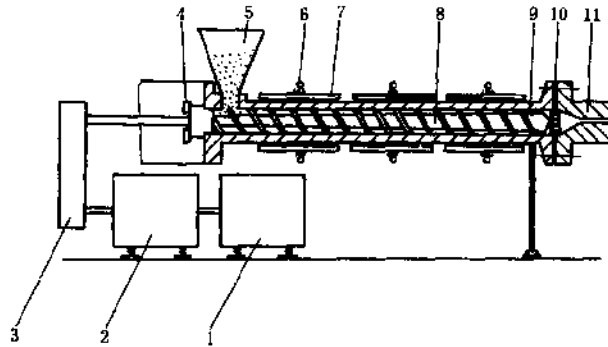


图 5-24 单螺杆挤压机

1—电动机 2—变速箱 3—传动机构 4—止推轴承 5—料斗 6—冷却系统 7—加热器 8—螺杆 9—料筒 10—过滤板及滤网 11—机头口模

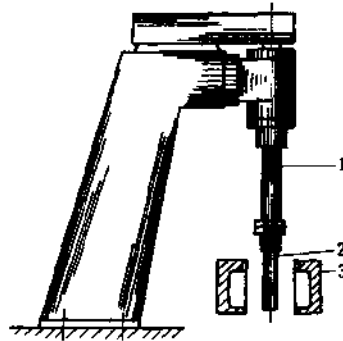


图 5-25 立式挤压机

1—立式挤压机 2—型坯 3—模具

卧式挤压机中单螺杆挤压机是目前应用最广泛的一种,其结构形式如图5-24所示。立式挤压机的典型结构如图5-25所示。

144. 中空吹塑成型型坯所用机头有哪两种形式? 如何设计机头和口模?

中空吹塑成型加工型坯所用挤压机有卧式挤压机和立式挤压机两种类型,因此,所用机头也有两种形式。卧式挤压机采用转角式机头(亦称十字形机头),其结构如图5-26所示。立式挤压机采用一线式机头,其结构如图5-27所示。

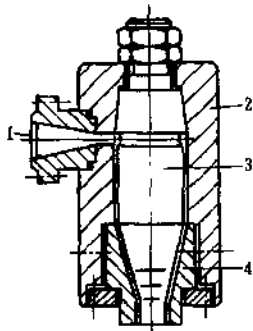


图 5-26 角式机头

1—接挤压机 2—机头
3—模芯 4—模套

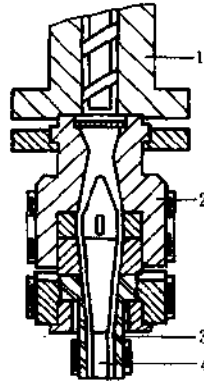


图 5-27 一线式机头

1—挤压机 2—机头
3—模套 4—模芯

吹塑成形的机头和口模的设计与管材挤出成形的机头和口模设计相似。但有其自身的特点,主要是决定最初间隙宽度和吹胀比。

1) 机头和口模最初间隙宽度的计算,见公式(5-16)。

$$G = aBW \quad (5-16)$$

式中 G ——间隙宽度(mm);

W ——型坯厚度(mm);

B ——吹胀比;

a ——校正系数, a 一般取1~1.5。

2) 型坯的吹胀比(即型坯直径与塑件最大直径之比)可达1:4,一般取1:2。

145. 中空塑件吹塑模具的设计要点是什么?

中空塑件吹塑模具的设计要点主要有以下几方面:

(1) 夹坯口的设计 吹塑成形模具夹坯口的结构形式如图5-28所示。夹坯口的作用主要是在模具闭合的同时切断余料和在吹胀之前在模内夹持封闭型坯的作用。因此,夹坯口的角度和宽度对塑件质量有很大的影响,特别是上部刃口,如果夹坯口宽度太小和角度太大,都会造成塑件的接缝质量下降,甚至会出现裂缝。而且型坯上部的夹持能力也会削弱,很可能造成吹胀之前型坯塌落,如图5-29b所示。与之相反,如果夹坯口宽度太大和角度太小,则可能出现模具闭合不紧和型坯切不断的现象。一般夹坯口宽度选用1~2mm,角度取 15° ~ 30° ,如图5-29a所示。

为了防止型坯塌落,又要便于余料的清除,可设计两道夹口,如图5-30所示。

(2) 余料槽的设计 由图5-28可以看到,A、B处的余料刚好落在模具的分型面内,它将影响模具的闭合。所以,应在模具的相应部分开设余料槽容纳余料。余料槽的大小应根据型坯夹持后余料的宽度和厚度来确定,以模具能够

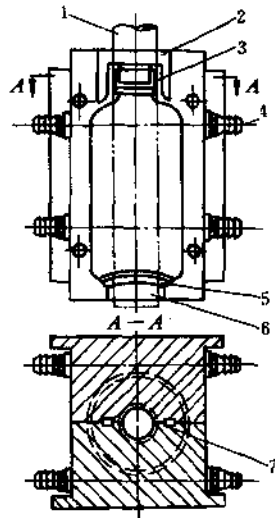


图 5-28 夹坯口

1—型坯 2、6—余料槽
3、5、7—切口 4—冷却水嘴

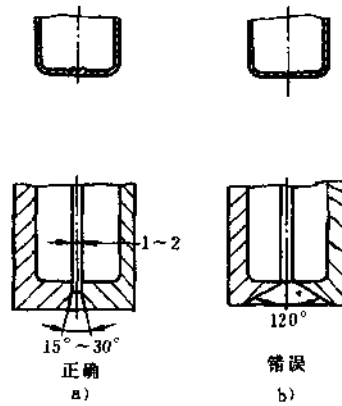


图 5-29 夹坯口形状图

闭合严密为准。

(3) 排气孔的设计 模具闭合后,型腔呈封闭状态,所以,应考虑型坯吹胀时模腔内原有空气的排除问题。排气不良会使塑件表面出现斑纹、麻坑或成形不完整等缺陷。排气孔可开设在模具分型面上,尺寸为 $\phi 0.5 \sim \phi 1.0\text{mm}$,也可开在模具的“死角”部位。

(4) 加热或冷却装置的设计 须根据塑料品种的不同来设计加热或冷却装置。一般如聚碳酸酯、聚砜、聚甲醛等塑料,模具需设计加热装置。但是,如

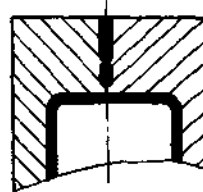


图 5-30 两道夹口

聚酰胺类、聚氯乙烯及聚苯乙烯等塑料，模具需设计冷却装置。塑件在模内的冷却时间是影响生产率的一个重要因素，在保证塑件各部位都能均匀冷却的前提下，冷却时间越短越好。厚壁部分往往是影响冷却时间的主要因素，因此，可根据塑件各部分的壁厚差异进行分段冷却。例如，塑件是个瓶子，瓶口部分一般较厚，故应重点考虑。目前，冷却型腔的方法主要是在模体上开设冷却水管道，通水冷却。需加强冷却部分，可考虑在模体的局部开设冷却管道。

(5) 吹气装置和锁模机构的设计 根据模具所用压缩空气吹入方法的不同，如图 5-31 所示，应考虑吹气装置及在锁模机构上的安装方法。锁模机构可用液压传动或机械传动两种方式，并且都要保证有足够的锁模力，以防型坯吹胀时模具开裂。锁模时两块模板要保证同步进行。

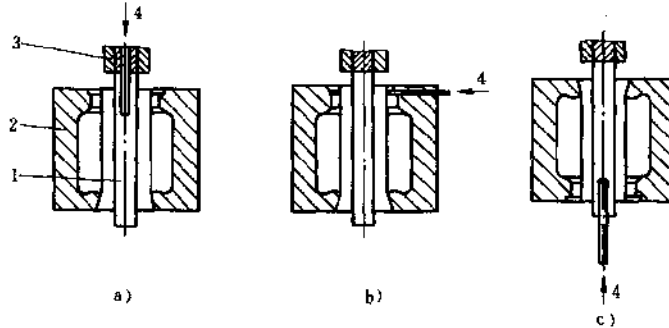


图 5-31 吹气装置

a) 顶吹法 b) 横吹法 c) 底吹法

1—型坯 2—模具 3—机头口模 4—压缩空气入口

146. 吹塑薄膜法成形的工艺过程是什么？

吹塑薄膜法成形的工艺过程如图 5-32 所示。由挤出机

塑化好的熔融塑料通过件3（机头连接器）进入吹塑薄膜的机头。由件11（芯模）和件12（口模）之间的环形间隙挤出，形成薄壁管坯。挤出的管坯由件1（进气孔）引入的压缩空气，通过芯模

的中心通孔把管坯吹胀成管状薄膜，并以压缩空气的压力来控制薄膜的厚度。吹塑出来的薄膜仅在空气中冷却是不够的，自然冷却不仅由于时间长使冷凝线位置伸长，而且加长了机头与夹辊间的距离。因此，一般在口模出口处设件5（冷却风环），通过它对薄膜起加强冷却和定径作用。为了使压缩空气均匀地吹在薄膜上，冷却风环内设折流板使压缩空气缓冲后，再吹向

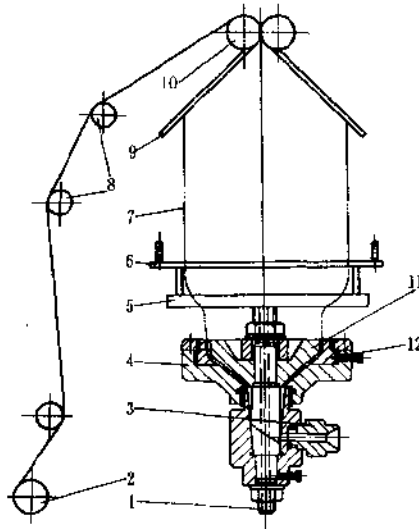


图 5-32 吹塑薄膜设备及工艺过程示意图

- 1—进气孔 2—卷取辊 3—机头连接器
4—口模套 5—冷却风环 6—调节器 7—吹胀管膜 8—导辊 9—人字板 10—牵引辊 11—芯模 12—口模

薄膜。薄膜与冷却风环不接触，它们之间留有一定的间隙，故冷却是借空气的对流来实现的。薄膜经冷却定径以后，通过件9（人字板）逐渐折拢成双层平膜，人字板间的夹角一般取 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。最后通过件10（牵引辊）、件8（导辊）和件2（卷取辊）卷取成捆。该过程是连续性的生产。

147. 吹塑薄膜法成形的工艺条件有哪些?

吹塑薄膜通常采用单螺杆挤出机挤出。挤出机的规格根据塑料特性、薄膜的宽度及厚度而定。为保证薄膜的质量,一种规格的挤出机只能适应于吹塑少数几种规格的薄膜。这是因为以大的挤出速率来生产窄而薄的薄膜时,在快速牵引下冷却较困难;而以小的挤出速率来生产宽而厚的薄膜时,塑料处于高温的时间较长,薄膜质量差,生产率低。常见塑料吹塑薄膜用挤出机螺杆的工艺参数见表 5-8。

表 5-8 几种吹塑薄膜用挤出机螺杆的工艺参数

| 原 料 | | 聚氯乙烯(粉料) | | 聚乙烯 | 聚丙烯 |
|-------------------|-----|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|
| | | 软 质 | 硬 质 | | |
| 工艺参数 | | | | | |
| 螺杆类型 | | 计量型 计量段长 3D | 计量型 计量段长 4D | SJ-65A | JB-45 |
| 直径 D/mm | | 65 | 25 | 65 | 45 |
| 长径比 L/D | | 12 | 20 | 20 | 20 |
| 压缩比 ϵ | | 3.6 | 3.5~4 | 3.1 | 3.8 |
| 槽深/mm | 加料段 | 10 | 3.5~4 | 10 | 7.25 |
| | 均化段 | 2.4 | 1 | 3 | 1.75 |
| 过滤网/mm | | 0.28 | 0.28 | 0.18×0.154 ×0.18 | 0.18×0.154 ×0.154 ×0.18 |
| 螺杆转速 $n/(r/min)$ | | 200 | 40~50 | 10~90 | 10~90 |
| 牵引线速度 $v/(m/min)$ | | | 10 | 10 | 20 |
| 挤出速率 $Q/(kg/h)$ | | 200 | 3.5 | 30 | 16 |
| 薄膜厚度 S/mm | | 0.05~0.08 | 0.05~0.06 | 0.08 | 0.03 |

注:聚氯乙烯软质为高速吹膜,硬质为热缩性薄膜。

除了上述设备条件外，还有直接成形挤出工艺条件，如温度、吹胀比与牵引比、冷却速度等。

1) 温度。吹塑薄膜时，料筒、机头和连接器的温度都应控制。温度过高，生产的薄膜发脆，抗拉强度明显下降；温度过低，塑料塑化不充分，熔体流动和吹胀不好，薄膜抗拉强度和冲击强度低，表面光泽度低，透明度下降，甚至出现明显的熔接痕。常见塑料吹塑薄膜成形的温度见表 5-9。

表 5-9 吹塑温度范围

| 塑料种类 | | 温度 $t/^\circ\text{C}$ | | |
|--------------|-------|-----------------------|---------|---------|
| | | 料 筒 | 连接器 | 机 头 |
| 聚氯乙烯 (粉料) | 高速吹膜 | 160~175 | 170~180 | 185~190 |
| | 热收缩薄膜 | 170~185 | 180~190 | 190~195 |
| 聚 乙 烯 | | 130~160 | 160~170 | 150~160 |
| 聚 丙 烯 | | 190~250 | 240~250 | 230~240 |
| 复合薄膜 | 聚乙烯 | 120~170 | 210~220 | 200 |
| | 聚丙烯 | 180~210 | 210~220 | 200 |

2) 吹胀比与牵引比。吹胀比是吹塑薄膜时吹胀管膜直径与口膜直径的比值。牵引比是薄膜纵向伸长的倍数（即夹辊伸长速度与管膜实际挤出速度的比值）。为了获得良好的薄膜，吹胀比和牵引比最好相等，这样，薄膜纵向和横向性能一致。吹胀比愈大，薄膜的透明度和光泽度愈好。但吹胀比过大会导致吹胀管膜不稳定，致使薄膜厚度不均匀和容易产生皱纹。一般吹胀比取 2~3。

3) 冷却速度。冷却速度愈快，吹胀管膜上的冷冻线离口膜愈近；冷却速度愈慢，冷冻线离口膜愈远，薄膜的横向

容易撕裂。冷却速度适中，薄膜冷却均匀，透明度和光泽度好。当然，冷冻线离口模远近还与牵引速度、挤出温度和薄膜厚度等因素有关。当牵引速度愈快、挤出温度愈高，薄膜厚度愈大时，冷冻线离口模愈远，相反就愈近。冷却速度依靠调节冷却装置来获得。

由于工艺条件欠佳，在吹塑过程中出现的问题、产生的原因及排除的方法见附录表 9。

148. 吹塑薄膜芯棒式机头的结构形式如何？有何特点？

吹塑薄膜芯棒式机头的结构形式如图 5-33 所示。塑料熔体自挤出机的过滤板（栅板）挤出，通过机颈 5 到达芯棒轴 7 时，被分成两股并沿芯棒轴的分料线流动，然后在芯棒小头处重新汇合，沿着口膜 2 和芯棒 1 之间环状空隙挤成管坯。芯棒轴中通入压缩空气将管坯吹胀成管膜。

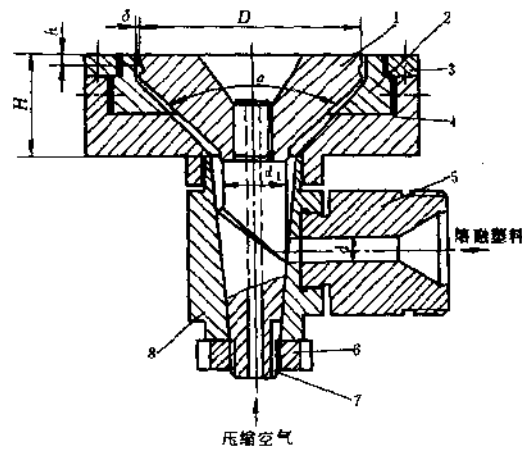


图 5-33 芯棒式机头

1—芯棒（芯模） 2—口模 3—压紧圈 4—上模体 5—机颈 6—螺母
7—芯棒轴 8—下模体

吹塑薄膜芯棒式机头的特点是，机头内部通道空腔小，存料少，塑料不易分解，适于加工聚氯乙烯塑料。但熔体经过 90° 角拐弯，各处流速不等。同时，由于熔体长时间单向作用于芯棒，使芯棒中心线偏于与进料方向相反的方向，即产生“偏中”，所以，薄膜厚度不均匀。

149. 吹塑薄膜十字形机头的结构形式如何？有何特点？

吹塑薄膜十字形机头的结构形式如图 5-34 所示。其特点是出料均匀，薄膜厚度容易控制；芯轴不受侧压力，不会产生“偏中”现象。但机头内腔大，存料多，塑料易分解。该机头适于加工热稳定性好的塑料，而不适于加工热稳定差的塑料，如聚氯乙烯等。

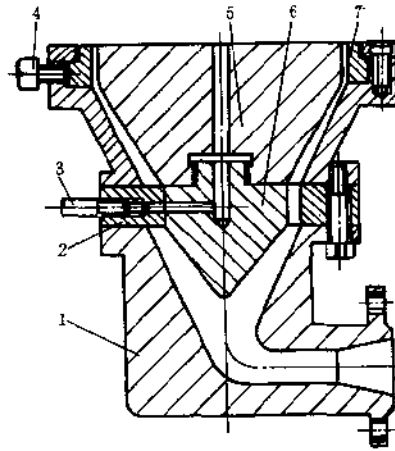


图 5-34 十字型机头

1—机体 2—分流器支架 3—进气管 4—调节螺钉 5—芯轴
6—分流器 7—口模

150. 吹塑薄膜螺旋式机头的结构形式如何？有何特点？

吹塑薄膜螺旋式机头的结构形式如图 5-35 所示。塑料熔体从中央进口 9 挤入，通过带有多个螺旋槽的螺旋芯棒 7 在定型区前汇合，到达均匀状态后，从口模 1 及芯膜 2 之间的环形间隙挤出。

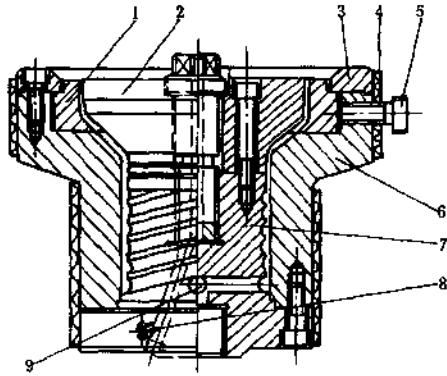


图 5-35 螺旋式机头

1—口模 2—芯模 3—压紧圈 4—加热器
5—调节螺钉 6—机体 7—螺旋芯棒 8—气
体进口 9—中央进口

该机头的特点是机头内熔体压力大，出料均匀，薄膜厚度容易控制，薄膜性

能好。但是结构复杂，拐角多。该机头适于加工聚丙烯、聚乙烯等粘度小且不易分解的塑料。

151. 吹塑薄膜旋转式机头的结构形式如何？有何特点？

旋转式机头的结构如图 5-36 所示。

该机头的特点是芯模 10 和口模 11 都能单独旋转。芯模和口模分别由直流电动机带动，能够同速旋转，也能异速旋转，既能同向旋转，又能异向旋转。所以，薄膜厚度均匀，厚度公差可达 0.0001mm。它的应用范围较广，对热稳定性塑料或热敏性塑料均可成型。

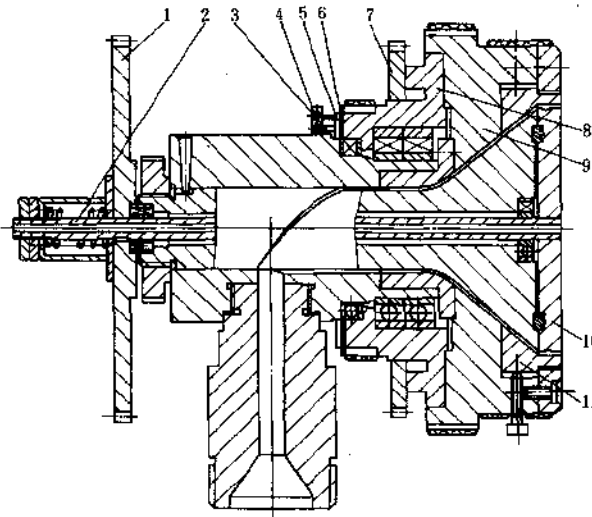


图 5-36 旋转式机头

1、7—齿轮 2—空心轴 3、5—铜环 4—炭刷 6—绝缘环 8—口
模支持体 9—机头旋转体 10—芯模 11—口模

152. 吹塑薄膜机头的几何参数有哪些？如何确定？

吹塑薄膜机头的几何参数有环形缝隙宽度 δ 、芯棒扩张角和压缩比等。如芯棒式机头（见图 5-33）所示。

(1) 环形缝隙宽度 δ 如果 δ 太小，则机头内反压力太大，影响产量；如果 δ 太大，要得到一定厚度的薄膜，必须加大吹胀比和牵引比，一般选 0.4~1.2mm 范围内。

(2) 机头定型区高度 h $h > 15\delta$ ，以便控制薄膜厚度。

(3) 芯棒小头到机头出口处的距离 H 该距离应不小于芯棒轴直径 d_1 的两倍，以利于熔体很好地汇合。

(4) 芯棒扩张角度 α α 一般取 $80^\circ \sim 90^\circ$ ，最大可达 100° ，但 α 过大会增加熔体流动的阻力。

(5) 压缩比 机头进口部分的横截面积与出口部分横截面积之比，称之为压缩比。一般压缩比至少为 2。但压缩比过大，熔体流动阻力增大。

153. 真空成形的工艺过程有哪些？

真空成形是把热塑性塑料板、片固定在模具上用辐射加热器进行加热，使之软化。用真空泵把板材和模具之间的空气抽掉，借大气的压力使板材覆盖在模具上而成形。冷却后塑件收缩，用压缩空气将塑件从模具中脱出。

154. 真空成型的主要方法有几种？

真空成型的主要方法有阴模真空成形、阳模真空成形、阴阳模真空成形、吹泡真空成形、柱塞推下真空成形和带有气体缓冲装置的真空成形等。

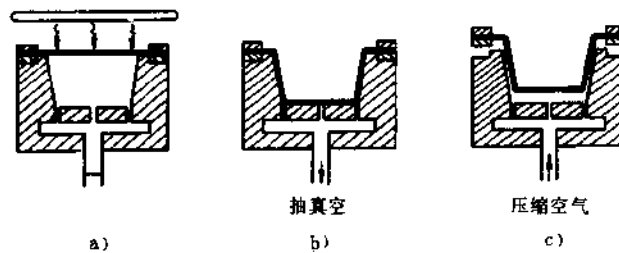


图 5-37 阴模真空成形法

a) 加热塑料板 b) 抽真空 c) 取出塑件

(1) 阴模真空成形 其成形方法如图 5-37 所示。图 a 是用加热器加热塑料板，图 b 是当塑料软化后将加热器拿

走，用真空泵抽走型腔内的空气，使其成为真空，在塑料板上方大气压力的作用下，塑料板就紧贴在阴模上。图 c 是塑件经冷却定型后，在阴模下方通入压缩空气，取出塑件。板材固定在阴模上方时，在固定部分必须加密封圈，以防板材和型腔间漏气。

用阴模成形法成形的塑件，外表面精度较高，一般用于成形深度不大的塑件。

(2) 阳模真空成形 其成形方法如图 5-38 所示。其中，图 a 把塑料板置于阳模顶面以上一定高度，并用辐射加热器进行加热；图 b 为塑料板软化后移向阳模；图 c 为抽真空，塑料板紧贴在阳模上成形。

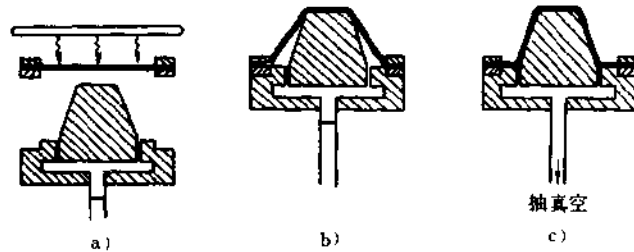


图 5-38 阳模真空成形法

a) 加热 b) 移向阳模 c) 抽真空成形

由于塑料板在加热时是悬空的，塑料板和阳模便不能过早地接触。否则，过早地粘附在阳模上，将导致塑件壁厚不均匀。此法比阴模真空成形的壁厚均匀。

(3) 阴阳模先后抽真空成形 其成形方法如图 5-39 所示。其中，图 a 为把塑料板紧固在阴模上，并用辐射加热器对其加热，当达到软化温度以后，移开加热器；图 b 为通过阳模吹入少量压缩空气，阴模微抽真空，使塑料板在阴模内

呈鼓形，这时阳模插入吹鼓的塑料板中；图 c 为成形后，去除真空状态，从阴模吹入压缩空气，阳模抽真空，使塑料板紧贴在阳模的外表面上。

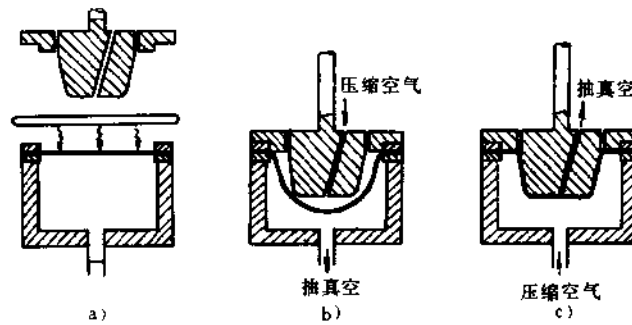


图 5-39 阴阳模先后抽真空成形法

a) 加热 b) 阴阳模成形 c) 阳模抽真空

该法的优点是把软化了的塑料板吹鼓，使塑料板拉伸后再成形，因此，塑件壁厚较均匀，可用于深腔塑件成形。

(4) 吹泡真空成形 其成形方法如图 5-40 所示。其中，图 a 为把塑料板紧固在阴模上，并用辐射加热器将其加热，塑料板软化后移去加热器。图 b 为通过阴模将塑料板吹鼓后把阳模顶出，停止吹气。图 c 为阳模抽真空，塑料板紧贴在阳模的外表面上。该方法成形塑件的壁厚较均匀。

(5) 柱塞推下真空成形 其成形方法如图 5-41 所示。其中，图 a 为塑料板紧固在阴模上，并用辐射加热器将其加热，待塑料板软化后将加热器拿走，然后把柱塞置于塑料板上方一定高度上。图 b 为用柱塞将塑料板推下，这时，阴模里的空气被压缩，软化了的塑料板在柱塞的推力下和阴模内空气的移动而延伸。图 c 为阴模内抽真空，塑料板紧贴在阴

模内而成形。此法的优点是将塑料板在成形前预先拉伸，塑料壁厚均匀，用于成形深腔的塑件。其缺点是在塑件上残留柱塞的痕迹。

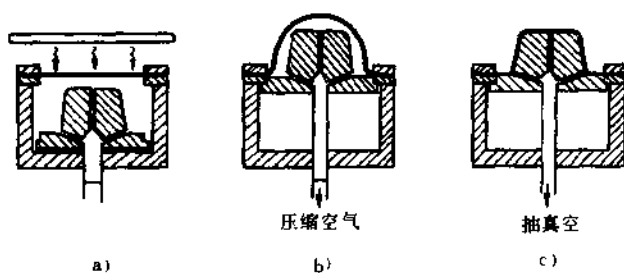


图 5-40 吹泡真空成形法

a) 加热 b) 阴阳模成形 c) 阳模抽真空

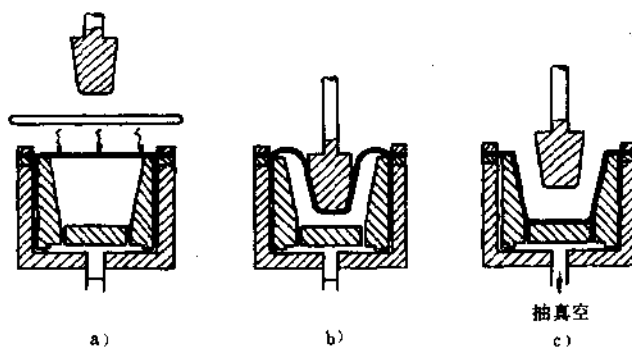


图 5-41 柱塞推下真空成形法

a) 加热 b) 柱塞推下 c) 阴模内抽真空

(6) 带有气体缓冲装置的真空成形 其成形方法如图 5-42 所示。其中，图 a 为用框架把塑料板夹紧，并把塑料板置于阴模上方一定高度处，用辐射加热器对其加热。图 b 为把软化后的塑料板和框架一起轻轻地压向阴模，然后向阴模

内吹入压缩空气把塑料板吹鼓,多余的气体从塑料板和阴模之间的缝隙中排出。同时,从板材的上面通过柱塞的孔吹出已加热的空气,这时板材就在两个空气缓冲层之间。图 c、图 d 表示柱塞继续下降。图 e 为停止吹压缩空气,并将阴模抽真空,柱塞升起,这时塑料板紧贴在阴模的内表面上成形。

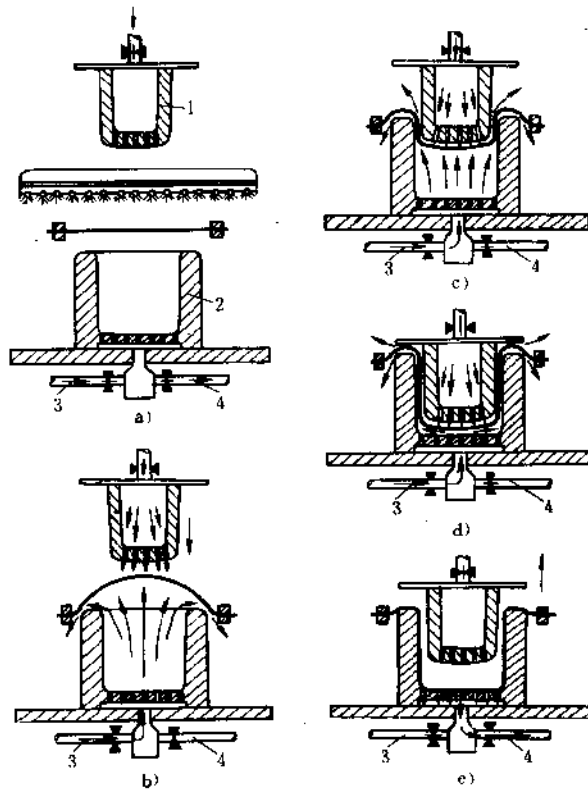


图 5-42 带有气体缓冲装置的真空成形
a)加热 b)板材在两个空气缓冲层之间 c)、d)柱塞下降 e)阴模抽真空
1—柱塞 2—阴模 3—空气管路 4—真空管路

155. 真空成形模具结构设计包括哪些内容?

真空成形模具结构设计主要包括确定抽气孔的大小和位置、型腔尺寸、阴、阳模的表面粗糙度、边缘密封结构和加热、冷却装置等内容。

(1) 抽气孔的大小和位置 抽气孔必须满足在很短的时间内将空气抽出和塑件上不留下抽气孔痕迹的要求。一般常用的通气孔直径取 0.5~1mm, 最大不得超过塑料

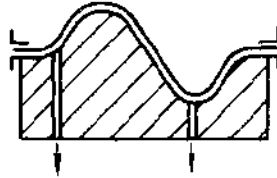


图 5-43 抽气孔位置

板厚度的一半。抽气孔的位置一般位于塑料板与模具相接触的部分, 如图 5-43 所示。即阴模最低点及转角处, 特别是轮廓复杂的地方, 抽气孔更应该集中。对于小型塑件, 孔间距可取 20~30mm, 大型塑件的孔间距可适当增加。

(2) 阴阳模尺寸 真空成形模具的阴、阳模尺寸的计算方法与注射模型腔、型芯尺寸的计算相同。但必须考虑塑料的收缩率。真空成形塑件的收缩量, 大约 1/2 是塑件从模具中取出时产生的, 1/4 是在取出后在室温下 1h 内产生的, 其余 1/4 是在以后的 8~24h 内产生的。一般在阴模上成形的塑件, 其收缩量比在阳模上成形的塑件大 25%~50%。因为, 塑件贴在阴模的内壁上不如贴在阳模上那样牢固, 而且塑件从模具中取出以前就开始收缩了, 阳模可以阻止其收缩。影响塑件收缩的因素很多, 所以, 预先精确确定某一塑件的收缩率是困难的。如果生产批量较大, 尺寸精度要求又高时, 最好先用石膏模型试制出塑件, 测得其收缩率, 以此作为设计模具的依据。

(3) 阴、阳模的表面粗糙度 如果阴、阳模的粗糙度太高，塑件成型后粘附在其表面上不易脱模，即使有顶出装置，脱模后也容易变形。真空成型的阴、阳模表面加工后，最好用磨料打磨或进行喷砂处理。

(4) 边缘密封结构 为了不使阴模外面的空气进入真空室（阴模与塑料板之间），因此，在塑料板与模具接触的边沿应设置密封装置，如图 5-44 所示。其中，图 a 为阳模成形的加热状态；图 b 为阳模上升后的闭合状态，此时，密封圈已起作用，抽真空后即可成形；图 c 是阴模成形时密封圈的位置。

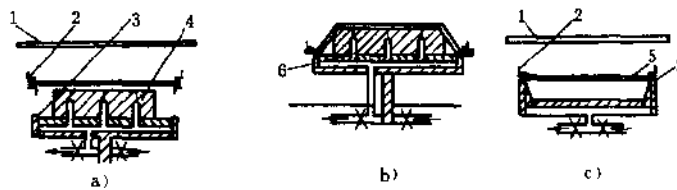


图 5-44 边缘密封结构

a) 阳模成形的加热状态 b) 阳模上升后的闭合状态

c) 阴模成形时密封圈的位置

1—加热板 2—夹紧框 3—密封垫 4—阳模 5—塑料板 6—真空孔

(5) 加热、冷却装置 加热器多用电热丝加热，电热丝的加热温度可达 $350\sim 450^{\circ}\text{C}$ ，对于不同塑料板的成形温度，一般通过调节加热器和塑料板之间的距离来实现，如图 5-45 所示。通常采用的距离为 $80\sim 120\text{mm}$ 。

模具温度过低，塑料板与阴模或阳模一接触就会产生冷

斑或内应力，以致开裂；模具温度过高，塑料板可能粘在阴模或阳模上，塑件脱模困难。因此，模具温度一般控制在 50°C 左右为宜。

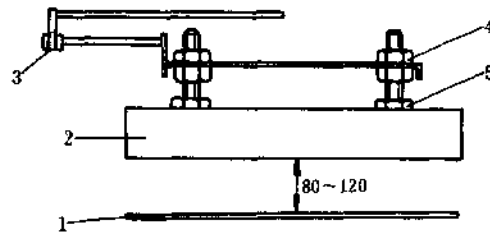


图 5-45 加热器和板材间距调节装置

1—塑料板 2—加热器 3—连杆 4—调节螺母 5—固定螺母

塑件的冷却除自然冷却外，还要增设风冷或水冷装置来加速冷却。风冷用电风扇即可；水冷可用喷雾式和模内开冷却水槽的方法。冷却水槽应沿塑件周边设置，距阴模或阳模表面 8mm 以上，以免产生冷斑。冷却水槽的开设方法是将铜管或不锈钢铸入模具内。对于小型模具，管径为 $3\sim 8\text{mm}$ ，对于大型模具，管径为 12mm 左右。

156. 如何选择真空成形模具的使用材料？

目前，真空成形模具使用的材料有金属、非金属两类。

(1) 非金属模 对于试制或小批量生产可选用木材或石膏作为模具材料。由于真空成形压力极低,故对强度要求不高。木材的优点是加工容易,缺点是使用时间较长后,纹路有突起现象,影响塑件的表面粗糙度。一般常用木材有榉木和桦木。石膏模制作方便,价格便宜,但强度较低。为了提高石膏模的强度,可在石膏中加入10%~30%的水泥,并放置铁丝加固。

真空成形模还可选用环氧树脂、酚醛树脂和聚酯作材料。

非金属材料制作的真空成形模具导热性能差,可防止塑件出现冷斑。但散热慢,模温逐渐升高,冷却时间增长,生产率低。

(2) 金属模 金属模一般采用铝。因为铝容易加工、耐用、成本低,耐腐蚀性好。用壁厚10~20mm的铝板加工的模具,其强度就足够了。

157. 压缩空气成形的工艺过程有哪些?

压缩空气成形是借助压缩空气的压力,将加热软化的塑料板压入模具型腔而成形的方法。其工艺过程如图5-46所示。其中,图a是开模状态;图b是合模后加热过程,从模具型腔内通入微压空气,使塑料板直接接触加热板而加热;图c为塑料板加热后,停止向模具型腔内通微压空气,改由模具上方通入压力为0.8MPa的预热空气。这样就使软化的塑料板紧贴在模具型腔的内表面上;图d是塑料板在模具型腔内冷却定型后,加热板下降一定距离,切除余料;图e为塑件被压缩空气由模具型腔中吹起。

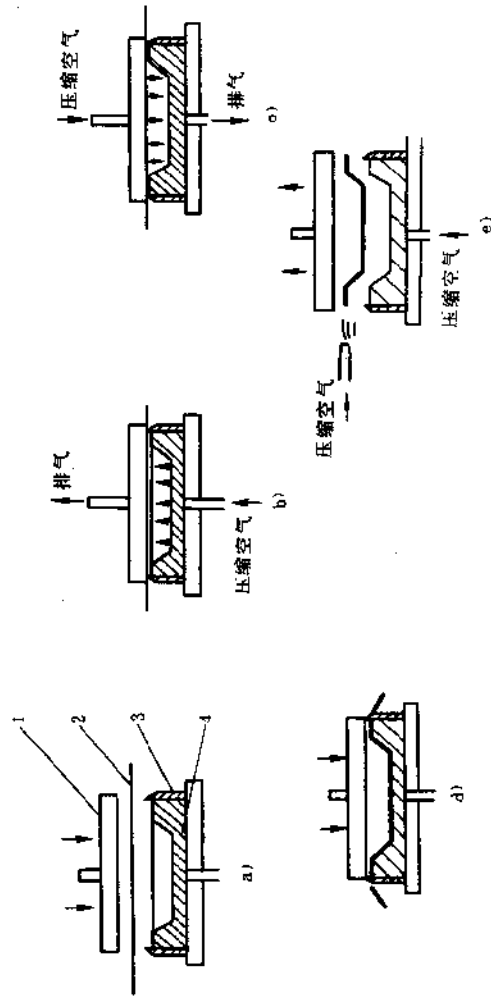


图 5-46 压缩空气成形的工艺过程
 a) 开模状态 b) 加热 c) 通入预热空气 d) 定型、切除余料 e) 吹起塑件
 1—加热板 2—塑料板 3—型刃 4—阴模

158. 压缩空气成形模的设计要点是什么？

压缩空气成形模的结构如图 5-47 所示。其型腔与真空成形模的阴模基本相同。但有两点与真空成形模不同。

1) 真空成形模具上的抽气孔在压缩空气成形模中作为

排气孔用。排气孔的尺寸取决于塑料的性能和板材的厚度。在不影响塑件美观的前提下，直径可以大些，因为，对排气孔的要求是快速将模具型腔内空气排出。压缩空气成形模具还必须设

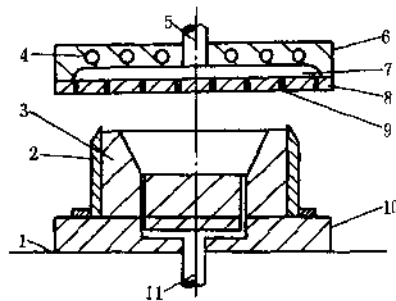


图 5-47 压缩空气成形用的模具
1—工作台 2—型刃 3—型腔 4—加热棒
5—压缩空气管 6—加热板 7—热空气室
8—面板 9—空气孔 10—底板 11—通气孔

吹气孔，使预热的压缩空气吹在软化的塑料板上，使之紧贴在模具型腔上而成形，吹气孔可以大些，但管路尽量避免弯折。

2) 压缩空气成形模具在模具边缘设置型刃，型刃的形状及尺寸如图 5-48 所示。型刃不可太锋利，以避免与塑料板一接触就切断而影响成形；型刃也不能太钝，太钝会使余料切不下来。常用的型刃是把顶端削平 0.1~0.15mm，以 $R=0.05\text{mm}$ 的圆弧与两侧面相连，型刃的角度以 $20^\circ\sim 30^\circ$ 为宜，型刃的顶端必须比模具型腔的端面高出板材厚度 0.1mm，如图 5-49 所示。这样，可使放在型腔端面上的塑料板同加热板之间形成间隙，如图 5-50 所示。此间隙可使

塑料板在成形期间不与加热板接触，以避免塑料板过热而使塑件产生缺陷。安装时，型刃和型腔之间应留 $0.25 \sim 0.50\text{mm}$ 的间隙作为空气的通路，也易于模具的安装。为了系紧塑料板，防止成形中收缩，必须凭借型刃将塑料板均匀地压在加热板上，所以，型刃与加热板应有极高的平行度和平面度，如图 5-51 所示。为此，常将橡胶缓冲垫置于型刃之下，以校正误差，用较小的力也能均匀地切断塑件的余料。为了能修正 0.2mm 左右的平行度，缓冲垫必须有充分的压缩性能吸收误差，对每 10mm 型刃长度能耐 882.6N 的切断负荷。

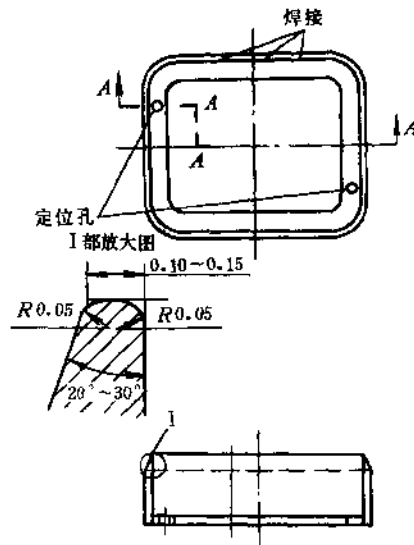


图 5-48 型刃的形状与尺寸

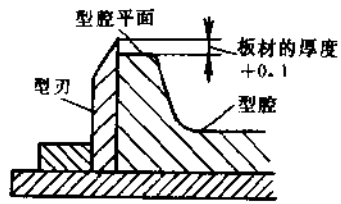


图 5-49 型刃顶端形状

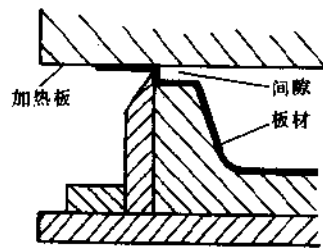


图 5-50 模具成形状态

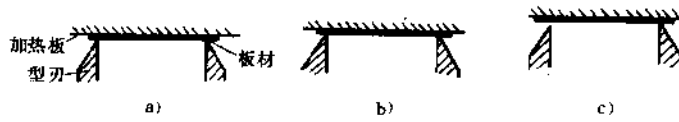


图 5-51 型刃的安装

a) 型刃与加热板平行 b) 由于平行度不好过早切断的情况 c) 由于平行度不好板材没有固紧, 产生漏泄空气的情况

第六章 模具制造

159. 外圆柱表面的加工路线是什么？

外圆柱表面常用的加工方法有车削、磨削、超精加工及研磨。获得不同精度和表面粗糙度的一般加工路线如图 6-1 所示。表中加工路线 1 用于精度要求不高的有色金属和不淬硬的铁（黑色）金属工件；加工路线 2 用于精度要求不高的

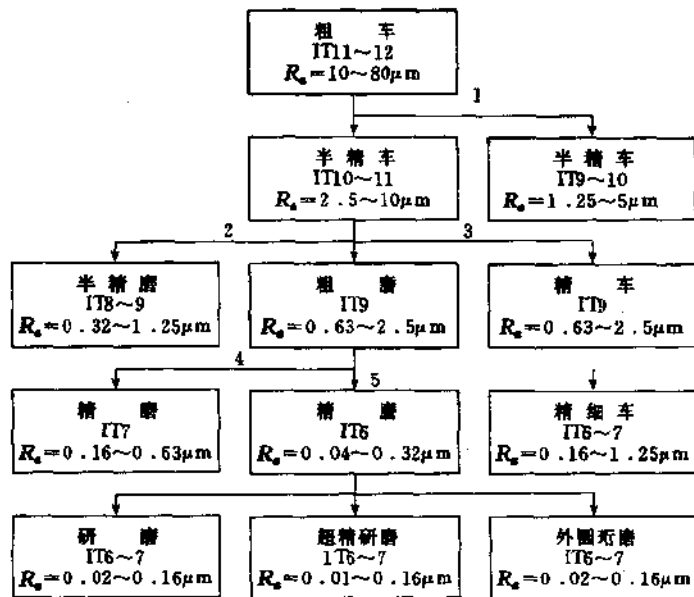


图 6-1 外圆柱表面的加工路线

淬硬铁（黑色）金属工件；加工路线3主要用于精度要求高的有色金属工件；加工路线4主要用于精度要求高的铁（黑色）金属工件；加工路线5用于精度和表面粗糙度有特殊要求的铁（黑色）金属工件。

160. 孔的加工路线是什么？

塑料模上孔的机械加工方法主要有钻孔、扩孔、镗孔、铰孔、磨孔、珩磨孔和研磨孔等。获得不同精度和表面粗糙度

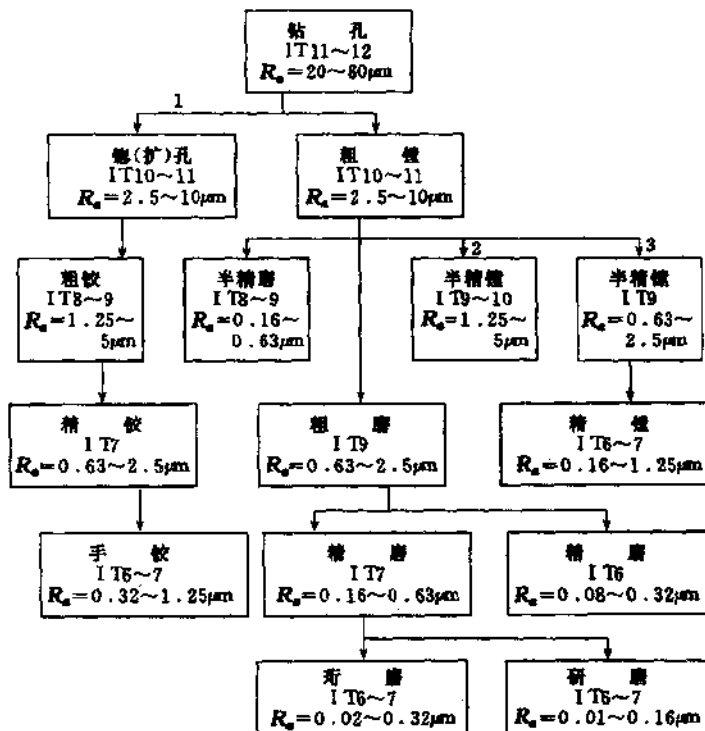


图 6-2 孔的加工路线

的一般机械加工路线如图 6-2 所示。图中加工路线 1 用于不淬硬的钢材和有色金属工件。该路线加工时，工件以孔本身定位，加工的位置精度较低，但生产率较高；路线 2 用于精度要求不高的不淬硬钢件和有色金属件，路线 3 用于精度要求较高的不淬硬钢件和有色金属件；路线 4 和路线 5 主要用于要求淬硬的钢件。按路线 2~5 加工时，工件都用其他表面定位，故加工后位置精度较高，而生产率较低。

161. 孔系的主要加工方法是什么？

塑料模零件上一系列有相互位置精度要求的孔称为孔系。孔系加工除了要保证孔本身的精度外，还要保证孔与孔之间的位置精度，各平行孔之间的轴线平行度，各同轴孔之间的轴线同轴度、孔的轴线与基准面之间的平行度和垂直度等。孔系加工时，一般先加工好基准面，然后再加工所有的孔。孔系的加工方法有精密划线加工、定位套加工、找正加工、坐标加工和在坐标镗床上加工等方法。

(1) 精密划线加工 如图 6-3 所示，钻模板上有三个孔要加工，先以两个侧面 A 和 B 为基准，在划线平板上精确地划出各孔的中心线，如图 b 所示。钻孔时先用比孔的直径小 1.5~3mm 的钻头钻孔，钻后检验孔中心位置，若有偏差可用整形锉来修正，然后再将孔径适当扩大，再检验、修正，直到孔的位置达到要求为止。最后进行粗铰和精铰。该法加工孔的中心位置精度可以达到 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

(2) 定位套加工 如图 6-4 所示，首先在工件的表面上划出各孔的中心线，按照中心线把各孔加工成比孔的直径小 3~5mm 的螺纹孔。在各孔的位置上安装一个经淬硬和精确研磨过的“定位套”，用螺钉轻轻固定后，再用千分尺、量

块等精确地调整各定位套的位置，然后拧紧螺钉。将装有定位套的工件装到车床的卡盘或铣床的工作台上，用千万表按定位套的外圆找正被加工孔的中心位置后，拆去定位套，最后进行镗孔。这样逐个地找正，逐个地镗孔，可使孔的位置精度提高至 $\pm 0.015\text{mm}$ 。因此，常用该法来加工精度要求较高的孔系。

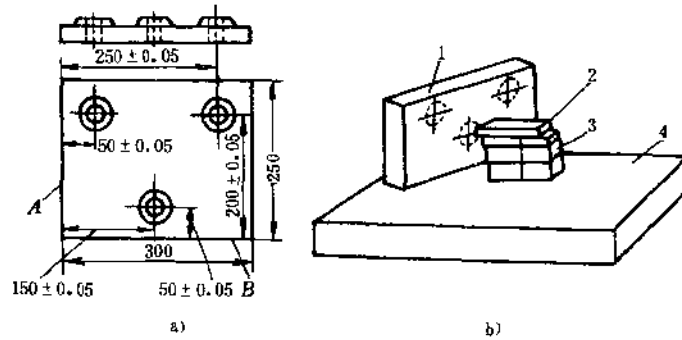


图 6-3 按精密划线加工孔系

1—工件 2—划线板 3—量块 4—划线平板



图 6-4 定位套的安装与调整

(3) 找正加工 如图 6-5 所示，该法是用精密心轴和量块来找正孔的位置。将心轴插入机床主轴孔内，然后用一定尺寸的量块组合来校正主轴位置，如图 6-3a 所示。加工好

一个孔后，将心轴分别插进主轴孔和已加工的孔内，按图 6.5b 的方法校正主轴，然后加工下一个孔。校正时要用塞尺测量量块与心轴之间的间隙，以免心轴与量块直接接触而产生变形，影响加工精度。此法的缺点是加工精度受操作水平和找正方法的影响很大。用这种方法可使孔中心距的精度达到 $\pm 0.015\text{mm}$ 。

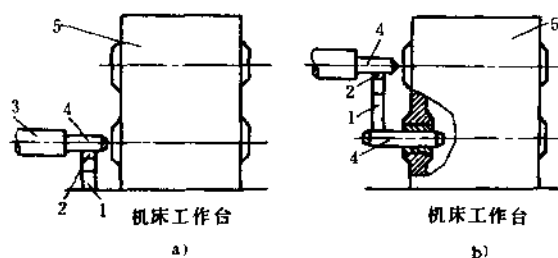


图 6-5 用心轴块规找正

1—量块 2—塞尺 3—主轴 4—心轴 5—工件

(4) 坐标加工 将被加工孔系的孔间距尺寸换算成两个互相垂直的坐标尺寸，然后按此坐标尺寸，精确地调整机床主轴与工件之间在水平和垂直方向上的相互位置，来保证孔心距尺寸的精度。如图 6-6 所示的两孔，当孔 O_1 镗完后，只要将工作台横向移动 X ，主轴头垂直移动 Y 来镗 O_2 孔，就能保证孔心距 L 。

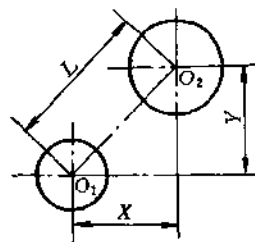


图 6-6 孔心距与坐标尺寸

(5) 坐标镗床加工 坐标镗床是利用坐标加工法原理工作的高精度镗床。它的坐标测量系统带有误差补偿装置的精密丝杠或带有游标的精密直尺以及作准确读数的光学装置来控制工作台准确移动的坐标尺寸。机床还附有精密的回转工

作台和其他附件。在坐标镗床上既可以进行钻、铰、铰、镗、镗孔与精铣平面等加工，又可进行精密划线及检验在其他机床上加工的零件。

162. 在坐标镗床上如何加工孔系？

在坐标镗床上加工孔系可按下列步骤。

1) 工件在工作台上定位。工件放在工作台上后，应使其基面与工作台的运动方向平行，即使工件进入机床的坐标系。图 6-7 所示为利用带千分表的中心校准器来使工件的一个基准面与工作台纵向运动方向平行。当工作台带动工件纵向移动时，千分表的测头测量工件 1、2 两处的读数应相同（两点间的距离应尽量远一点）。测量以后将工件用压板紧固在工作台上。紧固后还应使工作台纵向和横向移动，再次检查工件的位置是否变动。

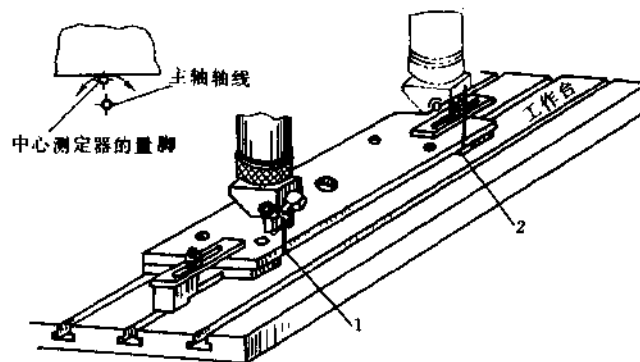


图 6-7 用中心校准器定位

2) 求工件基面的坐标。工件在工作台上定位后，应求出基准面的坐标，以便根据基准面的坐标算出各孔中心位置的坐标。可以利用中心测定器和量块确定工件侧平面（基准

面)坐标的位置。用手柄旋转主轴,并移动工作台,使主轴轴线与量块中心重合,再按量块尺寸的一半移动工作台,使主轴轴线与工件的侧平面重合,从测量装置中读出工件侧平面的坐标。图 6-8 所示为工件以外圆或内孔作基准时,用中心测定器确定其外圆及内孔中心坐标位置的例子。图 6-9 所示为用光学中心测定器和精密角铁求工件侧平面坐标的方法。光学测定器借助其锥柄插入主轴孔中,从目镜 3 中可以看到精细的十字刻线,其交点与测定器的轴线相重合。角铁 1 的两个内平面是经精密加工成互相垂直的,角铁的顶面上有精细刻线 2,它与角铁内垂直面处于同一平面内,将此角铁放在工件的侧(基准)面处,移动工作台,便从目镜 3 中观察到角铁刻线 2 与测定器中的十字刻线重合,便可读得侧平面的坐标位置。工件上如果划有各孔的中心线,利用测定器便可使主轴轴线直接与孔的中心相重合。

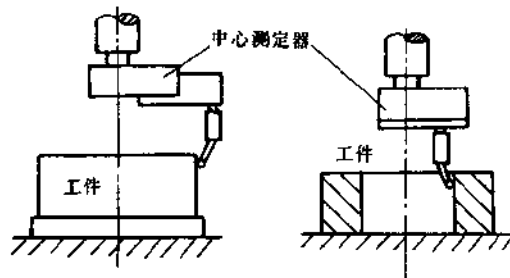


图 6-8 确定外圆或内孔的中心坐标

3) 加工各孔。工件基准面坐标定出后,便可按图样要求求出各孔的坐标,然后按此坐标移动工作台,使被加工孔的中心正对主轴轴线,即可进行孔的加工。直径大于 20mm 的孔应先在其他机床上加工预孔,直径小于 20mm 的孔可以在镗床上直接钻孔。钻孔前先用刚度大、刃磨正确的中心钻

钻出中心孔。当孔间距离尺寸公差大于 $\pm 0.015\text{mm}$ 时, 钻孔后便可直接进行铰孔。孔间距离精度要求较高时, 应采用精镗。

4) 回转台的使用。如果需要在工件上加工沿圆周分布的一系列孔时, 则需用安装在机床工作台上的回转台。先使回转台的中心与主轴轴线相重合, 读出回转台中心的坐标, 然后将工件装在回转台的工作台上, 按图 6-10 所示的方法使工件的基准中心与回转台中心相重合, 再将工作台移动一段距离 R (即各孔所在圆周的半径), 使被加工孔的中心处于机床主轴轴线的正下方, 即可钻第一个孔的中心孔, 再旋转回转台使工件上第二个孔的中心处于主轴的正下方, 钻第二个孔的中心孔, 以此类推。待所有孔的中心孔钻完后, 更换刀具逐次进行钻孔、扩孔、铰孔或镗孔等。

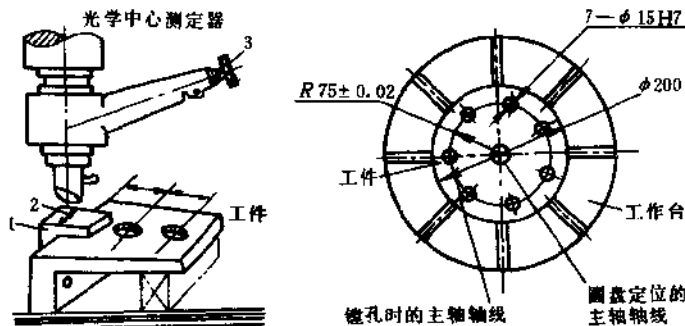


图 6-9 光学中心测定器的使用 图 6-10 加工沿圆周分布的孔系
1—角铁 2—刻线 3—目镜

163. 平面的加工路线是什么

平面的加工方法有车削、刨削、铣削、磨削、研磨等。获得不同精度和表面粗糙度的一般机械加工路线如图 6-11 所示。

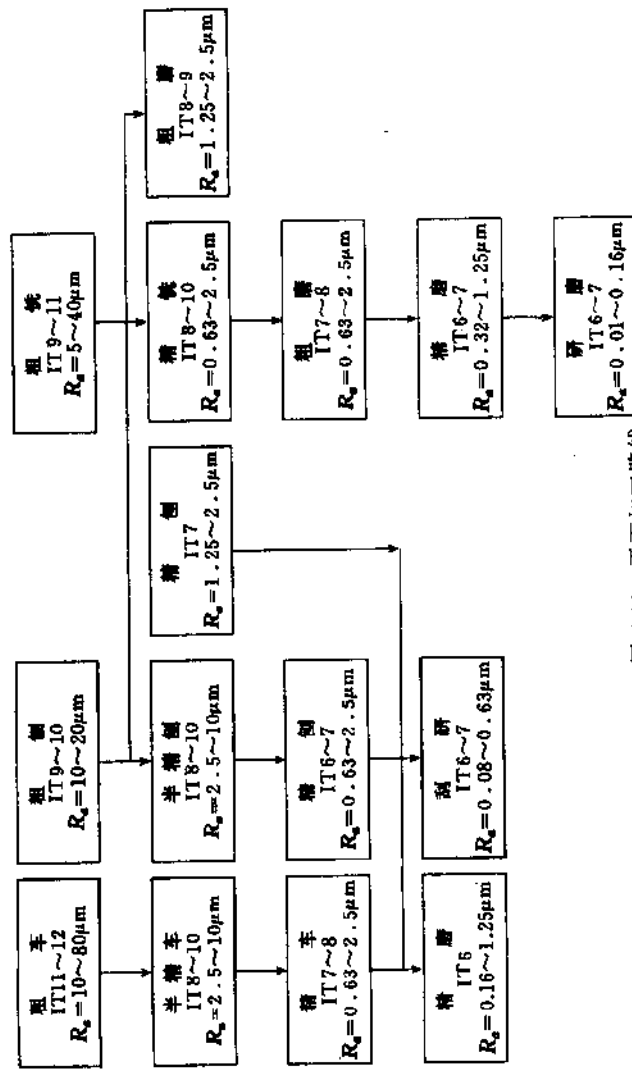


图 6-11 平面加工路线

164. 平面的几种主要加工方法是什么?

平面的主要加工方法有刨削、铣削、磨削、研磨、刮研等。

(1) 平面的刨削 刨削是平面加工中采用最早的加工方法。目前在成批生产,特别是窄长平面的加工时多采用刨削。它的优点是万能性好,机床调整方便,刨刀结构简单。近年来,则利用精细刨代替刮研来加工导轨和精密的平板。精细刨就是精刨以后进行时效处理,然后利用宽而平直刃口的刨刀,以很低的切削速度在工件表面上切去一层极薄的金属层。精细刨的加工余量一般为 $0.1\sim 0.6\text{mm}$ 。第一次进给为校准进给(粗刨),切削深度 $t=0.08\sim 0.12\text{mm}$,以后各次走刀才是精细刨削,切削深度 $t=0.01\sim 0.03\text{mm}$ 。切削速度 $v=2\sim 12\text{m/min}$ 。由于切削力很小,工件发热和变形亦很小。在一般情况下,加工面的表面粗糙度可达到 $R_a=0.63\sim 2.5\mu\text{m}$ (钢件)和 $R_a<0.63\mu\text{m}$ (铸铁件),平面度误差不大于 $0.02/1000\text{mm}$ 。

(2) 平面的铣削 铣削是平面加工中应用很普遍的加工方法,且铣削比刨削的生产率高。平面的铣削方式有端面铣和圆周铣两种,如图6-12所示。目前常采用端面铣,因为端面铣的加工质量和生产率都比圆周铣高。但在单件或小批量生产中也采用圆周铣。

铣削加工的精度通常较刨削差。一般粗铣平面的平面度误差为 $0.15/1000\sim 0.3/1000\text{mm}$,表面粗糙度 $R_a=5\sim 40\mu\text{m}$;半精铣平面度误差为 $0.1/1000\sim 0.2/1000\text{mm}$,表面粗糙度 $R_a=2.5\sim 20\mu\text{m}$;精铣平面度误差为 $0.04/1000\sim 0.08/1000\text{mm}$,表面粗糙度 $R_a=1.25\sim 10\mu\text{m}$;高速精细铣

平面度误差为 $1000:0.02 \sim 0.04\text{mm}$ ，表面粗糙度 $R_a = 0.16 \sim 1.25\mu\text{m}$ ，切削速度 v 可达 $200 \sim 400\text{m/min}$ （钢件）和 $1000 \sim 2000\text{m/min}$ （有色金属），进给量 $S = 0.03 \sim 0.1\text{mm/齿}$ ；切削深度 $t = 0.2 \sim 1\text{mm}$ 。

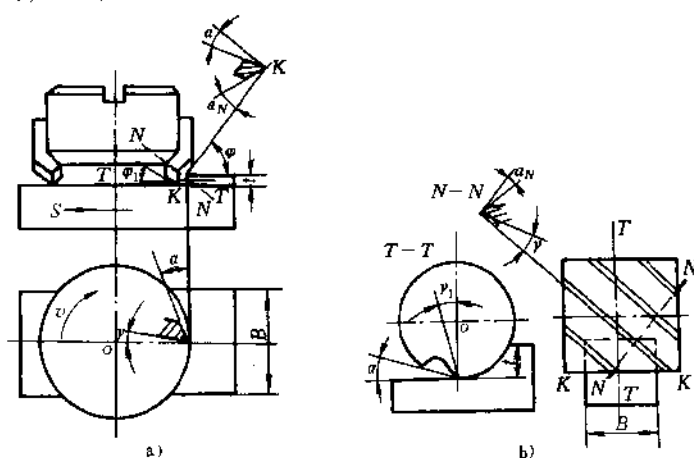


图 6-12 端面铣和圆周铣

a) 端面铣 b) 圆周铣

(3) 平面磨削 磨削多用于平面的半精加工和精加工。平面磨削有圆周磨削和端面磨削两种方式，如图 6-13 所示。

1) 圆周磨削如图 6-10a、b 所示。砂轮的工作面是圆周表面，磨削时砂轮与被加工面的接触面积小，发热少而散热快，冷却排屑好，能获得较高的加工精度和表面质量。

2) 端面磨削如图 6-10c、d 所示。砂轮的工作表面是端面，砂轮与工件接触面积较大，易发热，散热和冷却排屑较差，砂轮磨损不均匀，故加工质量差。但磨头主轴伸出长度较短，刚性好，能采用较大的磨削量，故生产效率高。

一般精磨平面时表面平面度可达到 $1000:0.02/1000 \sim$

0.03/1000mm, 表面粗糙度 $R_a = 0.16 \sim 1.25 \mu\text{m}$ 。

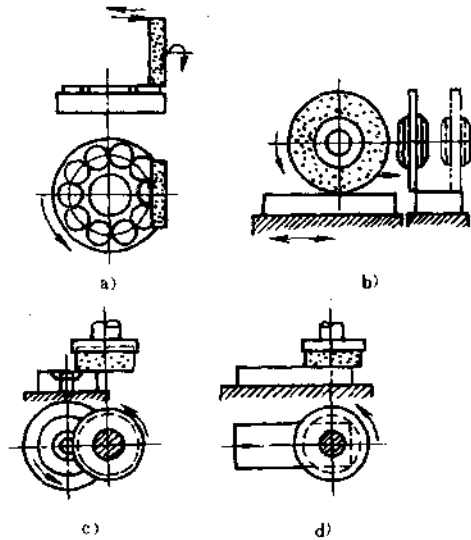


图 6-13 平面磨削方式

a)、b) 圆周磨削 c)、d) 端面磨削

(4) 平面的研磨 研磨平面可达到很高的加工精度 (IT6 级以上) 和很细的表面粗糙度 $R_a = 0.01 \sim 0.16 \mu\text{m}$ 。它是用软材料制作研具, 用很细的自由金刚砂作磨料, 施以较小的压力去除余量。经研磨的量块尺寸精度达 $\pm 0.2 \mu\text{m}$, 测量面的平面度 $\pm 0.07 \mu\text{m}$, 两测量面平行度 $0.2 \mu\text{m}$, 表面粗糙度 $R_a < 0.02 \mu\text{m}$ 。

(5) 平面的刮研 刮研能使两个平面达到良好地接触, 刮研的花纹可存储润滑油成为具有润滑油膜的滑动面。平面刮研前必须进行预加工, 一般采用宽刃精细刨削。精铣后的表面和磨削后的表面是不适于刮研的。

表示刮研表面质量的指标是单位面积上接触点的数目。比如，测量仪的固定结合面需刮研到 2~4 点/cm²，测量仪导轨面需刮研到 3~4 点/cm²，精密平板和钢直尺要求刮研到 4~5 点/cm²。

刮研的工具是刮研平板和刮刀，刮刀刀头的几何形状如图 6-14 所示，可用高速钢或硬质合金制作。刮研时先在工件表面薄薄地抹上一层红丹粉；然后把刮研平板放在工件表面上来回推动若干次，移去

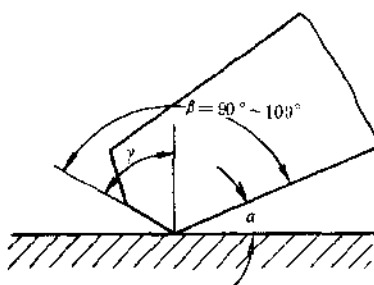


图 6-14 刮刀刀头形状

平板后，用刮刀将工件表面上的亮点刮去。以此类推，直到接触点数目达到要求为止。刮研余量一般为 0.1~0.3mm。

165. 电火花线切割加工原理是什么？线切割机按尺寸可分为哪三种？

电火花线切割的原理是利用电火花放电使金属熔化或汽化，并把熔化或汽化了的金属去掉，从而实现各种形状金属零件的加工。在线切割中电极丝与高频脉冲电源的负极相接，工件则与电源的正极相接，利用线电极与工件之间产生的火花放电而腐蚀工件，同时，工件则按照所需的形状移动，这样便将一定形状的工件切割下来，如图 6-15 所示。在切割加工时，电极丝亦连续移动，使新的电极丝不断地补充和替换在电蚀加工区受到损耗的电极丝，同时，电极丝的移动也有利于屑末的排除，从而避免了电极损耗对加工精度的影响。

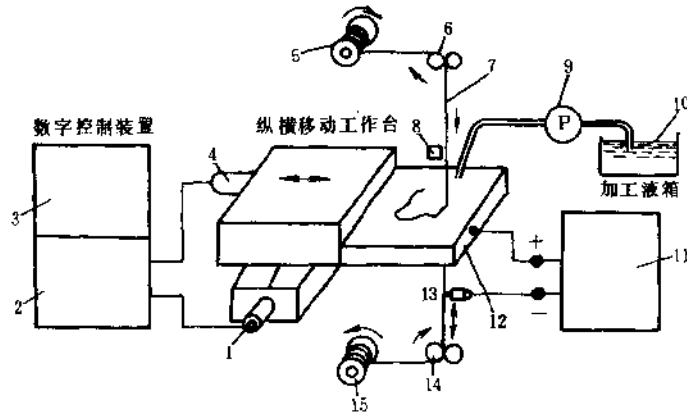


图 6-15 电火花线切割加工原理图

1—Y 轴马达 2—伺服电机 3—控制电器 4—X 轴马达 5—供给丝卷
6—制动器 7—金属丝 8、13—导向器 9—泵 10—脱离子水 11—加工
电源 12—被加工物 14—卷绕滚子 15—卷绕丝卷

线切割的电极丝为非常细的钼丝，直径为 $0.04 \sim 0.2\text{mm}$ ，对于形状复杂的模具，例如 $0.05 \sim 0.07\text{mm}$ 的窄缝， $R = 0.03\text{mm}$ 的小圆角半径，不用镶拼结构即能直接加工出来。表面粗糙度为 $R_a 1.6 \sim 0.8\mu\text{m}$ 时，加工精度可达 $\pm 0.01\text{mm}$ ，生产率为 $20 \sim 30\text{mm}^2/\text{min}$ 。

线切割机床可分为小型、中型和大型三种，小型的加工尺寸范围是 $150\text{mm} \times 100\text{mm} \times 60\text{mm}$ （长 \times 宽 \times 厚），中型的加工范围为 $320\text{mm} \times 200\text{mm} \times 70\text{mm}$ ；大型的加工范围为 $500\text{mm} \times 400\text{mm} \times 100\text{mm}$ 。

线切割可加工精密细小、形状复杂的模具和零件，解决了许多机械加工困难或根本无法解决的加工问题。

166. 电火花线切割机床的基本结构是什么？

目前国内使用的电火花切割机床，应用最广泛的是数字程序控制线切割机床，其结构由主机、高频脉冲电源和数字程序控制台等三部分组成。

(1) 主机 主机由纵横移动工作台、电极丝驱动装置等部分组成，其结构如图 6-16 所示。

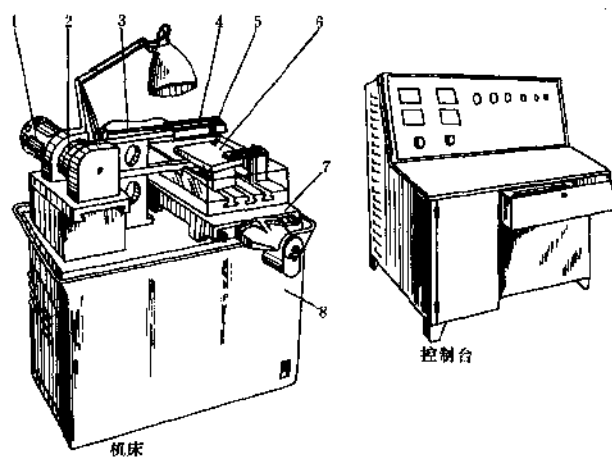


图 6-16 数控线切割机床

1—电动机 2—贮丝筒 3—钼丝 4—丝架 5—导轮 6—工件
7—十字拖板 8—机身

1) 纵横移动工作台由下拖板、中拖板和上拖板组成，其结构如图 6-17 所示。下拖板 2 固定在机身 1 上，中拖板 3 可作横向（X 方向）移动，上拖板 4 则作纵向（Y 方向）移动。上拖板与中拖板、中拖板与下拖板之间均采用滚动导轨及在 V 形槽中放钢球。

工作台的上平面用来装夹工件。线切割加工时通过工作台在 X、Y 方向的移动来实现工件的进给运动。而工作台在互相垂直的两个方向的移动是由两个步进电动机 (5 和 6) 分别带动的。步进电动机的特点是可以随时正转和反转。控制台每发一个进给信号, 步进电动机就走一步, 即旋转 3° , 经过一对齿轮减速 (3:25) 后, 带动丝杠旋转, 使工作台前进或后退 0.001mm 。

2) 电极丝驱动装置的结构如图 6-16 所示。电动机 1 直接带动贮丝筒 2 旋转, 使绕在贮丝筒上的钼丝 3 经过丝架 4 上的导轮 5 来回作高速运动, 走速为 $8\sim 10\text{m/s}$ 。电极丝相当于一般机床的刀具, 通过驱动装置给以一定的拉力, 使之均匀行走, 方可获得足够的加工精度。

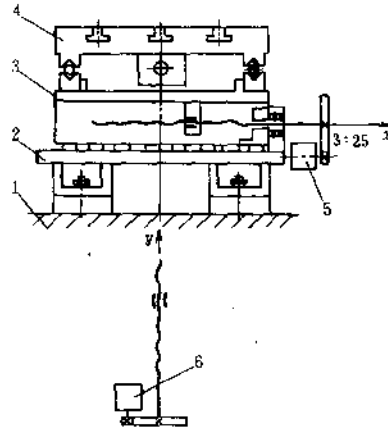


图 6-17 十字拖板

1—机身 2—下拖板 3—中拖板
4—上拖板 5、6—步进电动机

另外, 因为线切割所用电源是脉冲电源, 在加工过程中必须在脉冲间歇时间内及时把已蚀除下来的金属微粒从加工区中排除出去, 使电极丝与工件间的介质迅速恢复绝缘状态, 保证火花放电不会变为连续的弧光放电, 否则就不能实现线切割加工。因此, 线切割机床还设有工作液循环系统, 在加工过程中将工作液不断地冲入电极丝与工件间隙之间。目前, 一般采用 5% 的乳化油水溶液作为工作液体。采用这种工作液

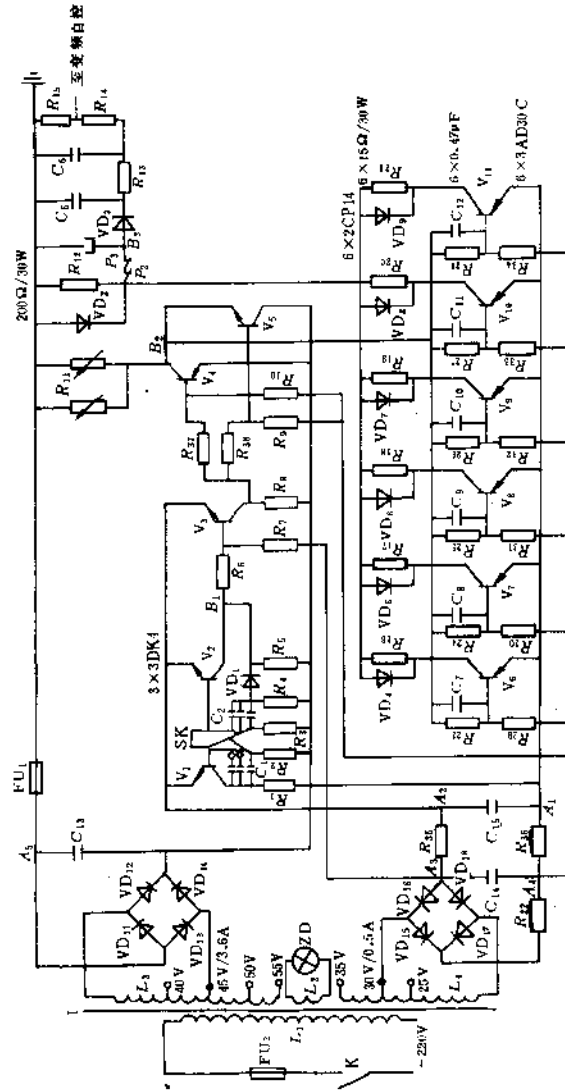


图 6-18 高频脉冲电源线路图

R_1 —200Ω R_2 —11kΩ R_3 —11kΩ R_4 —510Ω R_5 —200Ω R_6 —1.5kΩ R_7 —4.7kΩ R_8 —4.7kΩ R_9 —11kΩ
 R_{10} —11kΩ R_{11} 、 R_{12} —100Ω/50W R_{13} —750Ω R_{29} — R_{34} —750Ω R_{37} — R_{38} —200Ω C_1 —0.01μF C_2 —1000pF
 C_3 —1000μF/150V C_4 —1000μF/50V C_5 —2000μF/25V C_6 — C_8 —0.01μF D_{11} — D_{14} —2CZ14C D_{15} — D_{18} —
 2CZ11 D_1 —2AK2 D_2 —2CZ14C D_3 —2CPI4 R_{14} —39kΩ R_{15} —1.5kΩ

可以得到较高的生产率,同时工件切割表面粘附物较少,易清除,使用时也比油类介质安全。

(2) 高频脉冲电源 加在电极丝与工件间隙上的电压必须是脉冲电压,否则放电将成为连续的电弧。高频脉冲电源的性能好坏直接影响工件的表面质量和生产率。当前用于线切割机的电源有电子管式和晶体管式两种。晶体管式高频电源在生产中得到广泛应用,电路原理如图 6-18 所示。电源由主振级、前置放大级、功放级和整流电源四部分组成。

主振级是由晶体管 V_1 、 V_2 构成的多谐振荡器。它产生具有给定要求的脉冲波,作为信号源。用示波器观察图中 B_1 点的波形时,如图 6-19 所示。在需要改变工作频率和脉冲宽度时,可适当调整电容 C_1 和 C_2 来实现。

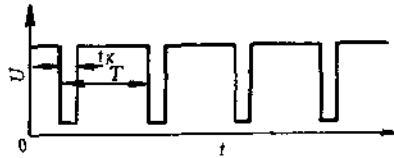


图 6-19 主振级的输出波形

前置放大级的作用是将主振级输出的脉冲电压信号进行整形放大,使它有足够

的功率来推动输出级工作。这里采用两级放大,第一级放大采用 $3DK_4$ 开关晶体管(V_3),对主振级输出波形进行整形放大。第二级放大采用两只并联的 $3AK34C$ 大功率开关晶体管(V_4 和 V_5),以输出足够大的功率信号来推动功率放大级。

功率放大级给电极与工件间提供强大的脉冲电流,以满足切割工艺的要求。它采用 6 只并联的 $3AD30C$ 低频大功率晶体管。用示波器观察 $V_6 \sim V_{11}$ 各晶体管集电极的波形时,它们应基本相同,见图 6-20。

整流电源包括 $VD_{11} \sim VD_{14}$ 构成的桥式整流和 $VD_{15} \sim$

VD₁₈构成的桥式整流，用于供给直流电。

(3) 数字程序控制台 控制台是一架小型专用电子计算机。根据零件图样由电脑或人按数控计算机规定的要求，编制加工过程的程序。

用人编制程序时，按规定的编码把程序打成穿孔纸带，用输入机输入电子计算机。计算机按照人的加工指令，自动进行计



图 6-20 功放级的输出波形

算，并发出控制步进电动机的进给信号，从而实现加工过程的自动控制。工件的加工过程如图 6-21 所示。

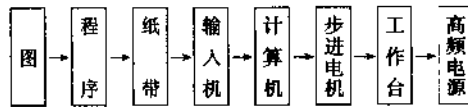


图 6-21 工件的加工过程

167. 整体式塑料模型腔的加工方法主要有几种?

整体式塑料模型腔的加工方法主要有通用机床加工法、专用机床加工法和新工艺加工法三种。

(1) 通用机床加工法 该法主要靠工人的技术，采用立铣、工具铣等作粗加工或半精加工，然后由钳工修磨、抛光型腔。这种加工方法生产率低、成本高，质量不易保证。

(2) 专用机床加工法 该方法主要采用仿型铣作粗加工或半精加工，再用高精度的仿型磨床或坐标磨床等精加工型腔。

(3) 新工艺加工法 目前经常采用的有电火花加工、冷

挤压型腔、精密铸造、电铸型腔、电解加工等加工方法。由于型腔的形状比较复杂，尺寸精度较高，一般要求公差等级为 IT9。型腔的表面粗糙度较细，一般为 $R_a = 0.16 \sim 0.08 \mu\text{m}$ 。型腔经精加工后，往往达不到这样细的表面粗糙度要求，因此，精加工后需对型腔进行抛光加工。采用手工修磨抛光劳动强度大，效率低，所以，当前采用了多种新的抛光设备和抛光技术，使用较多的有手动软轴抛光磨头、超声波抛光机、电解抛光、挤压珩磨等。

对于小批量塑件用的模具型腔可以采用快速简易的制模工艺，主要有超塑成形、快速电铸、低熔点合金制模、金属喷镀和环氧树脂制模等，这些方法制模周期短、成本低。

168. 型腔电火花加工的基本原理是什么？

电火花加工原理是建立在工件与电极之间脉冲放电时的电腐蚀现象。电火花加工装置原理如图 6-22 所示。工具电极 2 和工件 3 相对置于绝缘的工作液 4（如煤油）中，并分别与直流电源 E 的负、正极相连接。脉冲发生器 1 由限流电阻 R 和电容器 C 构成，它的作用是利用电容 C 的充电和放电，把电源 E 的直流电转变为脉冲电流。当接上 100~250V 的直流电源 E 后，通过限流电阻 R 使电容器 C 充电，于是电容器两端的电压由零按指数曲线逐渐增高，电极与工件之间的电压也同时升高，当电压升高到等于该间隙的击穿电压时，间隙被击穿而产生火花放电。电容器将所储存的能量瞬时地在电极与工件之间放出，形成脉冲电流。由于放电时间很短，并且发生在放电区的小点上，所以，能量高度集中，放电区的电流密度很大，温度很高，高达 1000℃ 左右，引起金属材料的熔化或汽化。在电、热和流体动力的综合作

用下，熔化或汽化了的金属被抛入工作液中冷却而成球状小颗粒，电极和工件表面被腐蚀成一个小凹坑，如图 6-23 所示。当工具电极与工件之间的间隙未击穿时电阻很大，击穿后电阻迅速减小到几乎为零，随之电容器的能量瞬时装完，电压迅速降至接近于零，介质立即恢复绝缘状态，而把间隙电流切断。此后，电容器再次充电，又重复上述放电过程。一次火花放电产生一个小凹坑，由于多次火花放电的累积，工件表面则由无数小凹坑所组成，如图 6-24 所示。电极不断下降，金属表面也不断被蚀掉，这样电极的轮廓形状便可复制在工件上而达到加工的目的。

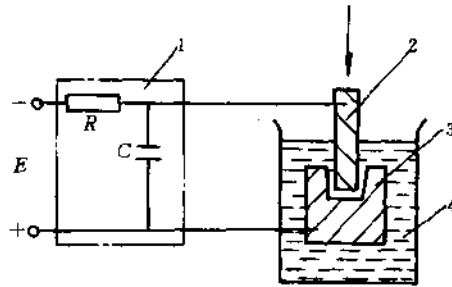


图 6-22 电火花加工装置原理图
1—脉冲发生器 2—工具电极 3—工件
4—工作液

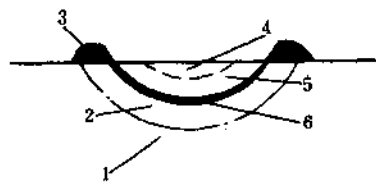


图 6-23 小凹坑的形成
1—无变化区 2—热影响区 3—凸起
4—汽化区 5—熔化区 6—凝固区

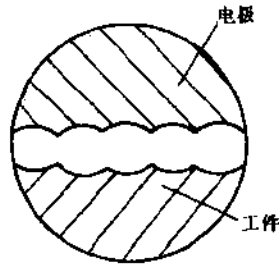


图 6-24 间隙放大图

169. 线切割加工与电火花成形加工有何不同? 它有何特点?

线切割是线电极电火花切割的简称。它的基本原理与电火花成形加工一样,也是利用工具电极对工件进行脉冲放电腐蚀来实现加工目的的。所不同的是线切割加工不需要制作成形电极,而是采用细金属丝作为工具电极。

线切割加工的特点是:

- 1) 由于不需要制作成形电极,故大大简化了模具加工过程。
- 2) 可方便地加工内、外成形表面,从而克服了成形磨削不宜加工内成形表面和电火花穿孔不能加工外成形表面的缺点。
- 3) 加工中电极丝处于高速移动中,而且采用阳极加工,电极丝损耗极小。因此,不仅节约了材料,也有利于提高加工精度。

170. 线切割有哪三种? 目前使用最广的是哪种?

线切割按其轨迹的控制方式可分为靠模仿型控制线切割、光电跟踪控制线切割和数字程序控制线切割三种类型。目前广泛使用的是数字程序控制线切割,它已发展到用计算机直接控制(简称 CNC)和群控(简称 DNC)的新阶段。

171. 线切割数字程序控制的基本原理是什么? 如何计算偏差? 如何判别终点?

(1) 线切割数字程序控制的基本原理 任何曲线均可分解成直线和圆弧两部分。因此,任何曲线均可用直线或圆弧

来逼近。逼近所采用的方法称为逐点比较法。所谓逐点比较法,即是每进给一步,就比较一下切割点与所要求的曲线位置的偏离情况,不断进行修正,步步逼近所要加工的曲线。如图 6-25 所示, oM 为所需要加工的直线,坐标原点取在直线的起点上, $M(4,6)$ 为终点。加工开始时,先从坐标原点 o 沿 $+x$ 方向走一步到 $A(1,0)$ 点, A 点在直线 oM 的下方。如果继续沿 $+x$ 方向走,就离直线 oM 更远了。为了逼近直线,第二步应沿 $+y$ 方向走一步到 $B(1,1)$ 点,这点仍在直线 oM 的下方,所以,第三步应继续沿 $+y$ 方向走一步到 $C(1,2)$ 点。 C 点在 oM 的上方,如果仍沿 $+y$ 方向走一步,则离 oM 又远了,因此,第四步应沿 $+x$ 方向走到 $D(2,2)$ 点。 D 点在 oM 的下方,故第五步应沿 $+y$ 方向走到 $E(2,3)$ 点。 E 点在直线 oM 上,数控装置规定,加工点在直线上与在直线上方是一样的,故下一步应沿 $+x$ 方向走至 $F(3,3)$ 点。如此继续走下去,直至终点 $M(4,6)$,这种逐点比较法主要是通过控制步进电动机的进给来实现的。在数控机床上由两台步进电动机带动横向拖板和纵向拖板作 x 方向和 y 方向的运动,两拖板不能同时移动,只能分别进给,依次逐点比较,达到步步向加工线逼近的目的。它的工作过程如图 6-26 所示,电动机每进给一步后,必须进行偏差判别和终点判别,才能决定下一步的进给。

同理,弧线的切割也是用逐点比较的方法来控制

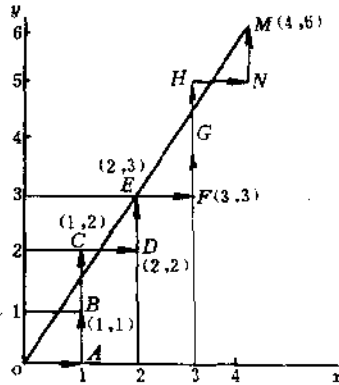


图 6-25 逐点比较法加工直线

的。如图 6-27 所示，逆时针方向切割圆弧时，坐标原点取在圆心 o 上，从起点 A 开始，每走一步由控制装置进行运算比较，然后发出向给定圆弧靠近的走步命令，如此逐步比较，直至切割到圆弧的终点 B 为止。

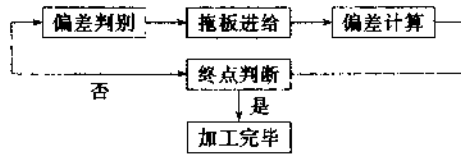


图 6-26 逐点比较法的工作节拍

(2) 偏差的计算

1) 当加工直线时，如图 6-28 所示，加工第一象限的斜线 oA ，取斜线的起点 o 作为切割坐标的原点， A 为终点，其坐标为 (x_e, y_e) 。若某一时刻的加工点为 $M(x_M, y_M)$ ，为了判别 M 点是在 oA 线的上、下方或是线上，可用加工点同起点连线 oM 的斜率与被加工斜线 oA 的斜率之差来表示，称为偏差。即

$$\operatorname{tg} \alpha_M - \operatorname{tg} \alpha = \frac{y_M}{x_M} - \frac{y_e}{x_e} = \frac{x_e y_M - y_e x_M}{x_M x_e} \quad (6-1)$$

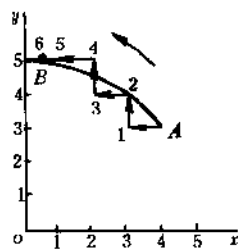


图 6-27 逐点比较法加工圆弧

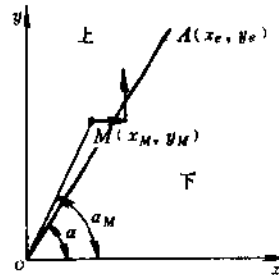


图 6-28 直线的偏差判别

数控装置规定,不论在哪个象限, x 、 y 的坐标只取绝对值,而不考虑符号,故 $x_M x_e > 0$ 。则 $\operatorname{tg} \alpha_M - \operatorname{tg} \alpha$ 与 $x_e y_M - y_e x_M$ 的符号相同。因此,可取后者为 M 点的加工偏差 F_i , 即

$$F_i = x_e y_M - y_e x_M \quad (6-2)$$

若 M 点在斜线上或斜线的上方时, 则

$$F_i \geq 0$$

若 M 点在斜线的下方时, 则

$$F_i < 0$$

因此,可根据 F_i 的符号来判断加工点与被加工斜线的相对位置,从而确定加工点下一步的走向。但计算中涉及到加工点的坐标和终点的坐标比较麻烦,故实际使用中可采用递推法更为简便。

所谓递推法,即是每进给一步时,新加工点的偏差用前一点的加工偏差来推算。假设加工点 M 在斜线的下方,即 $F_i < 0$, 下一步应沿 $+y$ 方向走到新的加工点 M' , 则 $x'_M = x_M$; $y'_M = y_M + 1$ 。

M' 点的偏差计算式为

$$F_{i+1} = x_e y_{M'} - y_e x_{M'} = x_e (y_M + 1) - y_e x_M = F_i + x_e \quad (6-3)$$

同理可求得加工点在斜线上或斜线上方时 (即 $F_i \geq 0$) 沿 $+x$ 方向走到新加工点 M' 的偏差计算公式, 即

$$F_{i+1} = F_i + y_e \quad (6-4)$$

这样,新加工点 M' 的坐标为 $(x_M + 1, y_M)$ 。

计算中仅使用终点的坐标,而不必计算加工点的具体坐标,这样,就大大简化了每个切割点的计算过程。

2) 当加工圆弧时,如图 6-29 所示,以逆时针方向切割第一象限圆弧 \widehat{AB} , 其半径为 R , 取其圆心 o 为坐标原点。

若某一时刻的加工点为 M ，其坐标值为 (x_M, y_M) ，加工点到圆心的距离为 R_M ，只要比较 R 与 R_M 或 R^2 与 R_M^2 ，即可知道 M 点是在圆弧内还是在圆弧外，或是在圆弧上。

若取 R_M^2 与 R^2 的差值作为偏差，则 M 点的加工偏差 F_i 为

$$F_i = R_M^2 - R^2 = x_M^2 + y_M^2 - R^2 \quad (6-5)$$

若 M 点在圆弧上或在圆弧外时，则

$$F_i \geq 0$$

若 M 点在圆弧内时，则

$$F_i < 0$$

因此，可根据 F_i 的符号，判断出加工点与圆弧之间的相对位置，从而确定下一步的走向。

采用递推法简化可得，当 $F_i < 0$ 时，则

$$F_{i-1} = F_i + 2y_M + 1 \quad (6-6)$$

当 $F_i \geq 0$ 时，则

$$F_{i+1} = F_i - 2x_M + 1 \quad (6-7)$$

与斜线偏差计算不同的是。圆弧偏差在运算过程中，必须计算出加工点的坐标值 (x_M, y_M) 才能求出偏差。

(3) 终点的判别 数控线切割机的终点判断是通过控制某个拖板 (x 拖板或 y 拖板) 进给的总长度来实现的。在数控装置中设立一个计数器 J 来进行计数。加工前，预先将从起点到终点向 y 拖板进给的总长度送入 J 计数器，如图 6-17 所示，图中 y 向拖板的进给总长度为 $6\mu\text{m}$ ，在逐点比较运算过程中， y 向拖板每进给一步，计数器 J 就减去 1，当计数器减至 0 时，则表示已到终点，于是该线段加工结

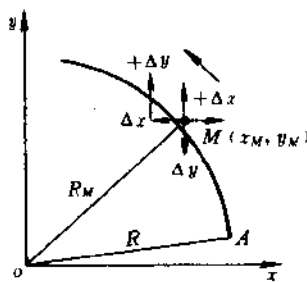


图 6-29 圆弧的偏差判别

束。也可以选用 x 拖板进给总长度来进行终点判断，前者称为计 y ，用 G_y 表示，后者称为计 x ，用 G_x 表示。计数方向 (G_x 或 G_y) 的选取主要考虑有利于提高加工精度。

172. 数控程序的格式是什么形式的？其含义如何？

常用数控线切割机的程序格式为

$BXBYRJZ$

其含义是：

B 为分隔符号，它将 X 、 Y 、 J 三项数码分开，以免执行指令时混淆。

X 、 Y 为切割点的坐标值，输入时只输入坐标的绝对值，单位为 μm 。当 X 或 Y 为零时，可以不写，但分隔号“ B ”必须保留。

J 为计数长度。计数长度是指被加工图线在计数方向上投影长度的总和，单位为 μm 。 J 的数值必须填写足 6 位数。

G 为计数方向。

加工斜线时，计数方向按图 6-30 所示选取。当斜线终点坐标在阴影区域（以 45° 为界）内，计数方向取 G_y ，反之取 G_x 。斜线正好在 45° 线上时，计数方向任取，即

$|x_e| > |y_e|$ 时，取 G_x

$|y_e| > |x_e|$ 时，取 G_y

$|x_e| = |y_e|$ 时，任取

加工圆弧时，计数方向按图 6-31 选取。圆弧终点坐标在阴影区域内，计数方向取 G_x ，反之取 G_y 。若终点正好在 45° 线上时，计数方向任取。即

$|x_e| > |y_e|$ 时，取 G_y

$|y_e| > |x_e|$ 时，取 G_x

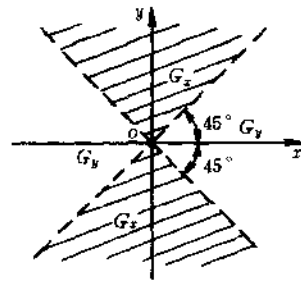
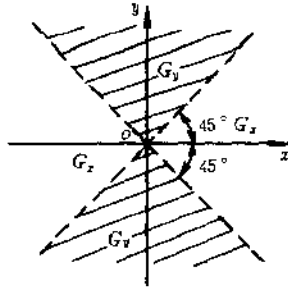


图 6-30 加工直线的计数方法 图 6-31 加工圆弧的计数方法

$|x_e| = |y_e|$ 时, 任取

Z 为加工指令。它是用来区分被加工图线的不同状态和所在的象限, 并用以传达对机床发出的加工“命令”。机床根据命令, 正确地选用偏差计算公式, 自动地进行偏差计算和控制步进电动机进给, 从而实现线切割机的加工自动化。

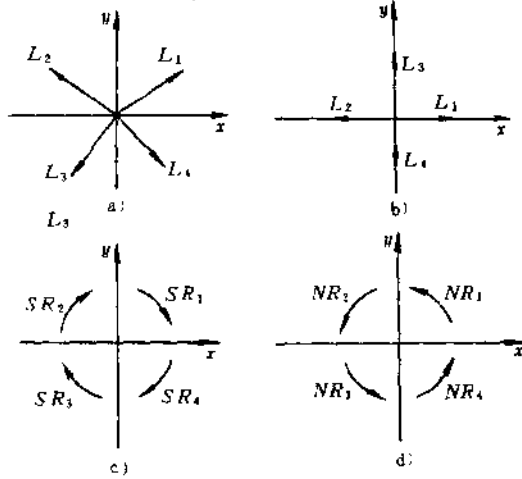


图 6-32 加工指令

Z 指令共有 12 种, 如图 6-32 所示。以 L 表示直线 (斜线), R 表示圆弧, S 表示顺圆, N 表示逆圆, 字母下标数字 1、2、3、4 表示象限。

173. 如何人工编制凸、凹模的线切割加工程序?

线切割加工程序的编制是根据工件设计尺寸, 并考虑电极丝半径、放电间隙以及凸、凹模配合间隙对加工尺寸的影响, 在保证一定精度的条件下, 求得相应交点 (电极中心轨迹交点) 的数据和各种指令, 按加工顺序逐段编制而成的。

编程的方法有手工编程和自动编程两种, 手工编程是基本的和常用的方法。引入计算机及相应的程序语言和输入设备即可实现自动编程。

(1) 人工编程的步骤

1) 根据装夹方法和切割方向, 确定相应的坐标系 (称统一坐标系)。为了简化计算, 一般应尽量选择图形的对称轴作为坐标轴。

2) 按选定电极丝半径 r , 放电间隙 δ 、凸、凹模的单面配合间隙 a 确定电极丝中心偏离图形等距线的距离 f (称补偿距离) 值, 如图 6-33 所示。若凸模与凹模设计时的公称尺寸相同, 要求凸模按凹模配制单面间隙值 a , 则凹模应补偿的距离为

$$f_1 = r + \delta \quad (6-8)$$

凸模应补偿的距离

$$f_2 = r + \delta - a \quad (6-9)$$

式中 r ——电极丝半径 (mm);

δ ——单面放电间隙 (mm), 一般为 0.01mm;

a ——凸模按凹模配制的单面间隙值 (mm)。

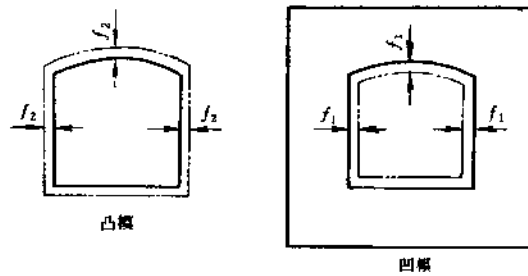


图 6-33 钼丝中心轨迹

3) 按图形平均尺寸, 计算电极丝中心轨迹(图形的等距线)交点的统一坐标值。

4) 根据交点统一坐标值, 按图形加工顺序逐段编制切割程序。

5) 检查和校验。

(2) 编程实例, 编制如图 6-34 所示的凸凹模的切割程序。钼丝直径为 0.1mm, 单面放电间隙为 0.01mm。要求加工到图示的设计尺寸。

1) 确定统一坐标系, 如图 6-35 所示。取对称轴 ox 为 x 轴, o 为原点。

2) 确定补偿距离。

$$f = r + \delta = 0.05 + 0.01 = 0.06\text{mm}$$

钼丝中心的轨迹如图 6-33 双点划线所示。

3) 计算钼丝中心轨迹交点(线与线, 圆弧与圆弧, 圆弧与线的交点)坐标(统一坐标)值。

由图示尺寸可直接得到交点 A 、 B 、 C 、 D 及曲线 DE 的圆心 o_1 坐标值: $A(-6.96, -2.11)$, $B(-3.74, -2.11)$, $C(-3.74, -0.81)$, $D(-3, -0.81)$, $o_1(-3, -2.75)$ 。

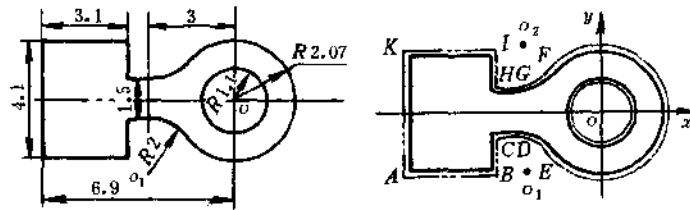


图 6-34 凸凹模设计图

图 6-35 凸凹模编程示意图

求 E 点的坐标值。因为 o_1 的直线方程为

$$y = 2.75/3x$$

所以, E 点的坐标值可通过解下面方程组求得

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 2.13^2 \\ 2.75x - 3y = 0 \end{cases}$$

$$y_E = -1.4393$$

$$x_E = -1.5700$$

运用对称性原理,便可求出: $F(-1.57, 1.4393)$, $G(-3, 0.81)$, $H(-3.74, 0.81)$, $I(-3.74, 2.11)$, $K(-6.96, 2.11)$, \widehat{FG} 的圆心 $o_2(-3, 2.75)$ 。

凸凹模型孔的半径 $R = 1.1 - 0.06 = 1.04\text{mm}$

4) 填写好程序单。若先切割圆孔, 然后按 $BCDE$ - $FGHIJKAB$ 的顺序切割, 则填写好的程序单见表 6-1。

填写程序单时, 除安排切割工件图形线段的程序外, 还要安排切入、切出、停机拆丝或穿丝及空走等程序。

另外, 编程计算是按统一坐标系来求得各交点坐标值。而加工程序中的数码和指令则是按切割坐标系确定的, 因此, 应根据交点的统一坐标平行位移求得切割坐标值。

表 6-1 凸、凹模加工程序单

| 程序 | B | x | B | y | J | | | | | | G | z | 备注 | |
|----|---|------|---|------|---|---|---|---|---|---|---|----------------|-----------------|------------|
| | | | | | B | | | | | | | | | |
| 1 | B | | B | | B | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | G _x | L ₃ | 穿丝切割 |
| 2 | B | 1040 | B | | B | 0 | 0 | 4 | 1 | 6 | 0 | G _y | SR ₂ | |
| 3 | B | | B | | B | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | G _x | L ₁ | |
| 4 | B | | B | | B | | | | | | | | D | 拆卸钼丝 |
| 5 | B | | B | | B | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | G _y | L ₄ | 空走 |
| 6 | B | | B | | B | 0 | 0 | 3 | 7 | 4 | 0 | G _x | L ₃ | 空走 |
| 7 | B | | B | | B | | | | | | | | D | 重新装上钼丝 |
| 8 | B | | B | | B | 0 | 1 | 2 | 1 | 9 | 0 | G _y | L ₂ | 切入并加工 BC 段 |
| 9 | B | | B | | B | 0 | 0 | 0 | 7 | 4 | 0 | G _x | L ₁ | |
| 10 | B | | B | 1940 | B | 0 | 0 | 0 | 6 | 2 | 9 | G _y | SR ₁ | |
| 11 | B | 1570 | B | 1439 | B | 0 | 0 | 5 | 6 | 4 | 1 | G _y | NR ₃ | |
| 12 | B | 1430 | B | 1311 | B | 0 | 0 | 1 | 4 | 3 | 0 | G _x | SR ₄ | |
| 13 | B | | B | | B | 0 | 0 | 0 | 7 | 4 | 0 | G _x | L ₃ | |
| 14 | B | | B | | B | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | G _y | L ₂ | |
| 15 | B | | B | | B | 0 | 0 | 3 | 2 | 2 | 0 | G _x | L ₃ | |
| 16 | B | | B | | B | 0 | 0 | 4 | 2 | 2 | 0 | G _y | L ₄ | |
| 17 | B | | B | | B | 0 | 0 | 3 | 2 | 2 | 0 | G _x | L ₁ | |
| 18 | B | | B | | B | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | G _y | L ₄ | 退出 |
| 19 | B | | B | | B | | | | | | | | D | 加工结束 |

例如,表 6-1 中的程序 9 为加工直线 CD 段的程序,在统一坐标系中,起点 C(-3.74, -0.81); 终点 D(-3, -0.81)。则终点 D 的切割坐标值为

$$x'_D = -3 - (-3.74) = 0.74\text{mm}$$

$$y'_D = -0.81 - (-0.81) = 0\text{mm}$$

因此,该段程序为 $BBB000740G_xL_{10}$

又如表 6-1 中程序 12 为加工圆弧 FG 段的程序,在统一坐标中,起点 $F(-1.57, 1.4393)$, 终点 $G(-3, 0.81)$, 圆心 $o_2(-3, 2.75)$ 。则圆弧的起点切割坐标值为

$$x'_F = -1.57 - (-3) = +1.43\text{mm}$$

$$y'_F = 1.4393 - 2.75 = -1.3107\text{mm}$$

圆弧终点的坐标值为

$$x'_G = -3 - (-3) = 0\text{mm}$$

$$y'_G = 0.81 - 2.75 = -1.94\text{mm}$$

由于终点在切割坐标的 y 轴上, 故计数方向为 G_x ; 起点在第三象限 (x'_F 为正; y'_F 为负), 走顺圆, 故加工指令为 SR_4 , 其程序为

$$B1430B1311B001430G_xSR_4$$

174. 型腔电火花加工如何选择电极材料? 如何确定电极尺寸?

电极用材料有纯铜、石墨、铸铁、钢、黄铜、铜钨合金、银钨合金等。其中应用最多的是纯铜和石墨。选择电极应考虑型腔的形状、大小和脉冲电源的种类。一般晶体管脉冲电源采用铜电极, 可控硅脉冲电源采用石墨电极。铜电极适用于小型腔、高精度型腔的加工, 石墨电极适用于大、中、小各种型腔的加工。

电极尺寸的计算见公式 (6-10) ~ 公式 (6-12)。

1) 水平尺寸的计算见公式 (6-10)。水平尺寸是指电极

与机床主轴头进给方向垂直的断面尺寸,可按式计算。

$$X_d = X_g \pm K(X_p + \delta_j - X_c - X_j) \quad (6-10)$$

式中 X_d ——电极的水平尺寸 (mm);

X_g ——工件的水平尺寸 (mm);

K ——与图样尺寸注法有关的系数。当图中型腔尺寸完全注在边界上时, $K=2$; 一端以中心线或非边界线为基准时, $K=1$; 图线上的型腔中心距及角度尺寸、电极相应尺寸不缩不放时, $K=0$;

X_p ——电极单面平动量尺寸 (mm)。一般情况下,粗加工规准 $I_m=20\sim 30A$ 时, $X_p=0.5\sim 0.6mm$;

X_c ——粗规准时电极侧面单向损耗量 (mm)。当粗加工时,电极侧面由于“二次放电”引起电极的损耗量,可取 $X_c=0.05mm$ 左右;

δ_j ——精加工最后一档规准的侧面火花单面间隙 (mm)。当表面粗糙度达 $R_a=0.8\mu m$ 时的电规准, $\delta_j=0.02mm$ 左右;

X_j ——平动时电极侧面的单面损耗量 (mm)。 $X_j=(0.2\sim 0.25)(X_p - \delta_c)$, δ_c 为粗规准时的火花放电间隙,一般取 $0.2\sim 0.3mm$, X_j 一般不超过 $0.1mm$;

\pm ——型腔凸出部分,其相应的电极为凹入部分,尺寸应放大,取“+”值;型腔凹入部分,其相应电极为凸出部分,尺寸应缩小,取“-”值。

2) 垂直尺寸的计算见公式 (6-11)。垂直尺寸是指电极与机床主轴进给方向平行的尺寸。

$$Y_d = Y_g + Y_j + Y_c - \delta_j \quad (6-11)$$

式中 Y_d ——电极垂直方向的有效加工尺寸 (mm);
 Y_g ——型腔的垂直尺寸 (mm);
 Y_c ——粗加工时电极端面的损耗量 (mm);
 δ_j ——精加工最后一档规准时端面放电间隙 (mm), 其值很小, 一般略去不计;
 Y_j ——中、精加工时电极端面的损耗量 (mm)。

在确定电极的垂直尺寸时, 主要考虑的是电极端面的损耗。当用长脉冲负极性进行粗加工时, 其电极的端面相对损耗率可控制在 0.5% 以下, 中、精加工时端面相对损耗率一般为 20%~25%。为了减小中、精加工时端面的损耗, 则应减少加工余量, 一般不大于 0.5mm。此时, $Y_c = 0.05Y_g$, $Y_j = (0.2 \sim 0.25) \times 0.5\text{mm}$, 最后将结果再加上 8~10mm。即

$$Y_d = Y_g + Y_c + Y_j + (8 \sim 10) \quad (6-12)$$

式中符号同公式 (6-11)。

电极的制造公差, 一般取型腔相应尺寸差的 1/3~1/2, 即电极加工精度比型腔高 1~2 级。

175. 型腔电火花加工中坯件应做哪些准备工作?

型腔电火花加工中坯件应先做以下准备工作:

(1) 坯件的预加工 为了节省电火花加工时间, 坯件一般用机械加工方法去除大部分加工余量。预加工时应注意余量合适、均匀, 以免影响表面粗糙度和增大电极损耗, 一般加工余量为 0.8~1.5mm。型腔中的通孔应尽量先加工出来, 并兼作通油孔。对尺寸较小, 深度较浅或结构复杂的型腔, 亦可直接进行电火花加工。

(2) 热处理 一般情况下, 型腔的热处理淬火安排在电火花加工后进行, 这样, 型腔加工后的钳工抛光容易, 淬透

层深。但型腔变形大，故对于精度要求高、热处理容易变形的型腔坯件仍应先进行热处理。

(3) 其他准备工作 型腔坯件在电火花加工前还应先进行除锈、去磁处理，并磨平上、下两平面。根据型腔坯件和电极定位对准方法的不同，在型腔坯件表面上划出型腔的轮廓和中心线或加工基准面，以利于电极和型腔坯件的校正定位。

176. 型腔冷挤压主要有哪几种成形方式？

型腔冷挤压主要有敞开式和封闭式两种成形方式。

(1) 敞开式 敞开式型腔冷挤压时，型腔坯件的外面不使用模套，如图 6-36 所示。当凸模压入型腔坯件时，金属不受限制地向周围流动，在型腔坯件的顶面上有向下凹陷的现象。因此，冷挤压后尚需进行适当的机械加工。这种方式适用于形状简单、精度要求不高的型腔。

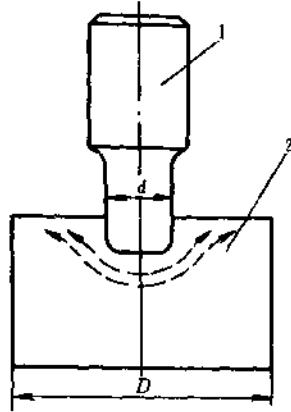


图 6-36 敞开式型腔冷挤压
1—凸模 2—模坯

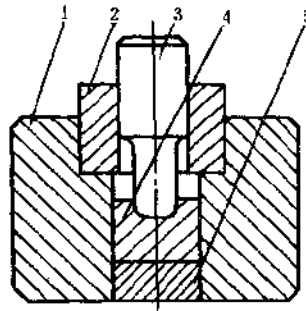


图 6-37 封闭式型腔冷挤压
1—模套 2—导向套 3—凸模
4—模坯 5—垫板

(2) 封闭式 封闭式型腔冷挤压是采用反挤压的形式，在型腔坯件外面加上模套，如图 6-37 所示。挤压时，型腔坯件在凸模作用下迫使金属在凸模和模套之间的环形间隙里向上流动，与凸模作用方向相反。此法成形的型腔形状、尺寸精度较高，表面粗糙度亦高，并且避免了型腔顶面出现凹陷的现象。但所需挤压力较大。适用于挤压面积小，精度要求高的型腔。

177. 型腔冷挤压冲头的材料如何选择？冲头的结构如何确定？

(1) 冷挤压冲头的选材 一般形状简单的冲头可采用碳素工具钢制造，如 T8A、T10A、T12A 等；形状、结构复杂程度中等的冲头可采用合金工具钢制造，如 CrMn、9SiCr 等；形状复杂的冷挤压冲头常用 Cr12、Cr12MoV 等合金工具钢制造。前两种冲头能承受的单位挤压力为 $(2 \sim 2.5) \times 10^3 \text{MPa}$ ，后者能承受的单位挤压力为 $(2.5 \sim 3) \times 10^3 \text{MPa}$ 。冲头均经过淬火处理，挤压软质材料时，一般淬硬到 60~63HRC，挤压硬质材料时淬硬到 61~64HRC。

(2) 冲头结构的确定 挤压型腔的冲头，其形状如图 6-38 所示。

确定冲头结构时应考虑以下几方面：

1) 冲头成形部分长度 l 应大于型腔实际深度 h_0 ，冲头进入型腔坯件的深度应大于型腔所需尺寸，一般按公式 (6-13) 计算。

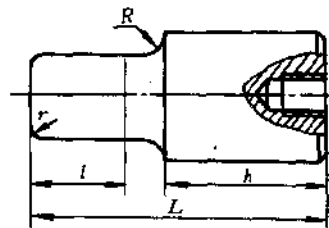


图 6-38 凸模的形状

$$l > (1.1 \sim 1.3) h_0 \quad (6-13)$$

式中 l ——冲头成形部分长度 (mm);

h_0 ——型腔实际深度 (mm)。

2) 冲头导向部分长度 h 一般取型腔最大深度的 1.5~2 倍, 与导向套的配合按 H9/48 或 H9/49。

3) 冲头过渡部分应圆滑, 以减少应力集中现象。圆角半径一般取 $R = 5 \sim 15\text{mm}$ 。

4) 成形部分的公称尺寸与型腔图样尺寸一致, 即不放余量。精度一般应比型腔高一级, 表面粗糙度 $R_a < 0.1\mu\text{m}$ 。

178. 冷挤压用型腔坯件的材料、形状及尺寸如何确定?

型腔坯件的材料一般选用低、中碳钢和低合金钢及铝合金和铜合金等。

型腔坯件的形状一般选圆柱体, 如图 6-39 所示。型腔坯件的尺寸一般按经验公式 (6-14)、公式 (6-15) 或公式 (6-16) 确定。

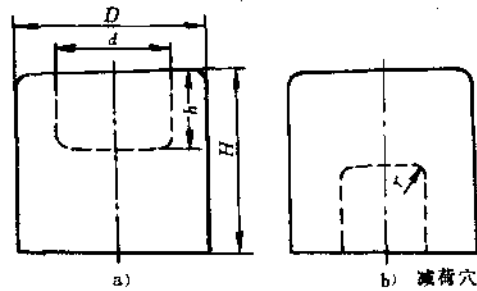


图 6-39 模坯的形状和尺寸

$$D = (1.4 \sim 2)d \quad (6-14)$$

$$H = (2 \sim 3)h \quad (6-15)$$

$$H = h + (0.5 \sim 1.5)d \quad (6-16)$$

式中 D ——型腔坯件的外径 (mm);
 H ——型腔坯件高度 (mm);
 d ——型腔直径 (mm);
 h ——型腔深度 (mm)。

为了减小挤压力, 提高型腔坯件的塑性, 消除内应力, 降低温度, 一般在冷挤压之前进行一次去应力退火。型腔坯件的顶面挤压后成为型腔的内表面, 所以, 坯件顶面必须经过磨削、研磨和抛光加工, 表面粗糙度应达 $0.2\mu\text{m}$ 。

179. 冷挤压用模套的材料如何选择? 结构如何确定?

在封闭式型腔冷挤压时, 型腔坯件一般是放在模套中进行的。目前常用模套材料有中碳钢和中碳合金钢、高碳工具钢, 如 45、T7、50、T8 等。

模套的常用结构有整体式和多层组合式两种。

(1) 整体式模套 整体式模套有直孔式和锥孔式两种, 如图 6-40 所示。模套的大孔用于安放导向套, 小孔放置型腔坯件。直孔型模套小孔脱模斜度很小, 单边约 1° 左右, 型腔坯件放在孔内的垫板上。锥孔模套有较大的起模斜度, 单边约 $3^\circ \sim 5^\circ$, 型腔坯件放入小孔后, 离下面垫板还有一段距离, 因此, 挤压时型腔坯件先向下移动, 直到和垫板接触。金属变形时的流向是一部分与冲头运动方向相同, 另一部分与冲头运动方向相反, 属于复合挤压。由于金属向两个方向流动, 所以, 型腔成形较为清晰。模套的外径和内径之比 $D/d = 4 \sim 6$ 较合适。通常, 整体式模套只适用于形状筒

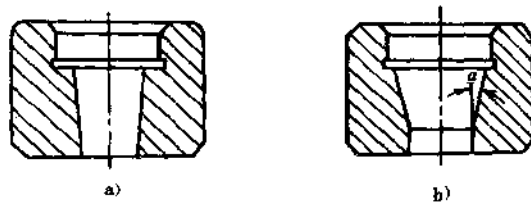


图 6-40 整体式模套结构
a) 直孔式模套 b) 锥孔式模套

单纯铝及纯铜等材料的挤压成形。

(2) 组合模套 其结构如图 6-41 所示。组合模套是以相互间具有适当过盈量的双层或多层模套压合而成的。在型腔挤压中使用的组合模套多为双层结构。其内层模套亦可制成直孔或锥孔形式。组合模套适合于冷挤压低、中碳钢和低合金钢等。

为了模套获得较高强度，常采用淬火后进行中温回火热处理，其硬度为 40 ~ 48HRC。

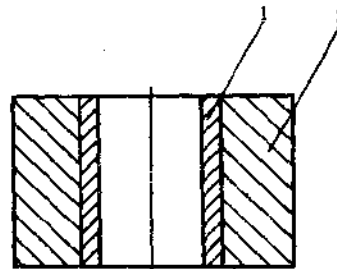


图 6-41 组合式模套结构
1—内层模套 2—外层模套

180. 如何确定型腔冷挤压力?

目前，型腔冷挤压力常用经验公式 (6-17) 进行估算。

$$P = \frac{1}{10} pF \quad (6-17)$$

式中 P ——冷挤压力 (N);

p ——单位挤压力 (Pa)。对于硬铝合金 p 值约为 1200MPa, 低碳钢 $p \approx 1800 \sim 2200$ MPa, 合金

钢 $p = 2500\text{MPa}$;

F ——挤压作用面积 (m^2)。

181. 型腔冷挤压时如何润滑?

型腔冷挤压时, 为了防止冲头与型腔坯件之间粘附咬住, 同时减小挤压力, 提高冲头寿命, 在型腔冷挤压时应进行润滑。润滑的简便方法是将冲头去油、清洗后, 在硫酸铜饱和溶液中浸渍 3~4s, 并涂以凡士林或用机械油稀释的二硫化钼即可。较好的方法是将冲头进行镀铜或镀锌处理, 而对型腔坯件进行磷酸盐表面处理, 在挤压时用二硫化钼等作润滑剂。

型腔坯件的磷酸盐处理, 就是将型腔坯件放入磷酸盐溶液中进行浸渍, 使金属表面形成一层不溶于水的金属磷酸盐薄膜。这种磷化层是多孔性的组织, 一般厚度为 5~15 μm , 与基体金属结合十分牢固, 并能贮存润滑剂, 可以保证高温下冲头与型腔坯件分隔开, 从减少冷挤压时的摩擦力。磷化层的耐热性可达 600 $^{\circ}\text{C}$, 可以防止在挤压过程中由于发热而产生的粘附咬住现象。

182. 型腔的陶瓷型铸造工艺过程是什么?

陶瓷型是用能耐高温的耐火材料作为造型材料, 水解硅酸乙酯作为粘结剂, 在催化剂的作用下, 经过灌浆、结胶、起模以及焙烧等一系列工序, 就形成了陶瓷型。再经过合型、浇注和清砂出件, 就可获得所需的铸件。

陶瓷精密铸造工艺过程如图 6-42 所示。首先准备两只模型 (又称精母模和粗母模), 一只用于作水玻璃砂底套 (见图 a 中的 A 模), 另一只用于灌陶瓷浆料的精模 (见图 a

中 B 模)。A 模的各面 (除与型板接触的底面外) 均应比 B 模放大 10mm 左右厚的灌浆层。将 A 模放在型板上, 外面套以砂箱, 上面放两根圆棒, 以便在砂套上做出两个直孔。其中一个作为出气孔用, 另一个作为灌注陶瓷浆料用, 再填以水玻璃砂, 棒击紧实后起模, 打气眼, 吹二氧化碳硬化, 即可做出所需的水玻璃砂底套 (简称砂套), 如图 b 所示。然后在灌浆用的 B 模外套以砂套, 使砂套与 B 模间产生一定空间, 将搅拌均匀的浆料从灌浆孔倒入并充满空间, 如图 c 所示。待陶瓷浆料结胶、硬化、起模后, 立即点燃铸型, 并吹入压缩空气燃烧, 如图 d 所示。待火自行熄灭后, 放入高温炉中焙烧, 就成为所需的陶瓷铸型, 如图 e 下部所示。

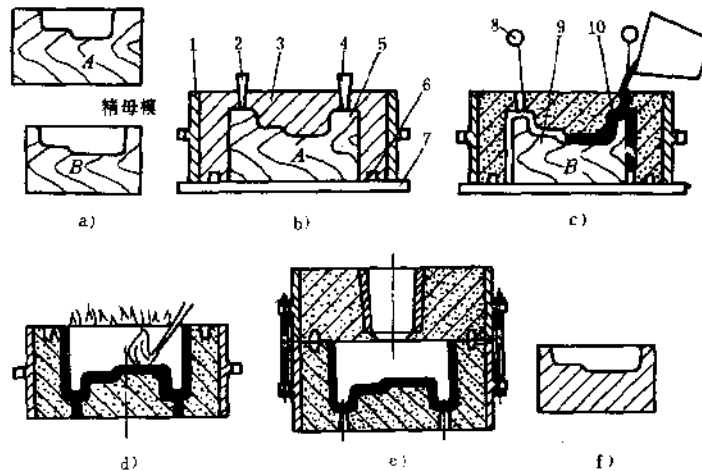


图 6-42 陶瓷型铸造工艺过程示意图

a) 制造母模 b) 砂套造型 c) 灌浆 d) 起模喷烧
e) 烘干、合箱、浇注 f) 铸件

1—砂箱 2、4—排气孔木模 3—水玻璃砂 5—粗母模 6—定位销
7—平板 8—通气针 9—精母模 10—陶瓷浆层

183. 型腔的电解加工原理是什么？

电解加工是利用金属在电解液中发生阳极溶解的原理，将工件加工成形的一种方法。

电解加工成形的原理如图 6-43 所示。加工时，在型腔坯件与工具电极之间接上低电压（5~25V）、大电流（1000~10000A）的直流稳压电源，型腔坯件接阳极，工具电极接阴极。两极之间保持一定的电解间隙（0.1~1.0mm），在间隙中通过高速（常用 10~40m/s）流动的电解液（一般为 8%~12% 浓度的氯化钠水溶液）。电流接通后，便在型腔坯件表面不断产生阳极溶解。由于阴极和阳极之间各点距离不等，电流密度也就不等，图 b 中以直线的疏密程度表示电流密度的大小，于是工件表面产生阳极溶解的速度也不等。在阴、阳极距离最近的地方，通过的电流密度最大（一般为 $10\sim 70\text{A}/\text{cm}^2$ ），所以，此处阳极的溶解速度最快，随着阴极的不断送进（一般为 $0.4\sim 1.5\text{mm}/\text{min}$ ），工件表面就不断被电解，电解产物不断被电解液冲走，直至工件表面形成与阴极工作面的形状基本吻合为止，如图 c 所示。

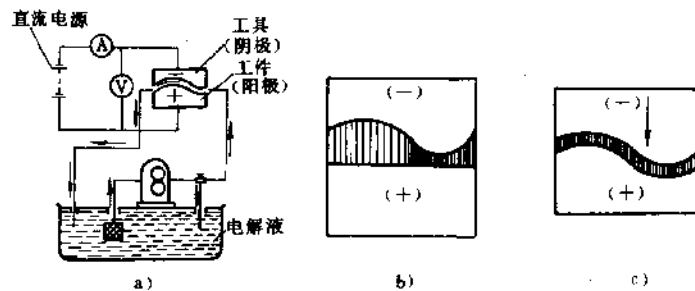


图 6-43 电解加工示意图

184. 电铸型腔的工艺原理及型腔制作的工艺过程是什么？

电铸型腔工艺是利用电镀的原理，在预先按型腔所需的形状、尺寸做成的胎模面上，镀上一层适当厚度的镍（或铜），然后将这层镍壳从胎模上脱下，外形经过机械加工后，镶入模套内作为型腔。为了保证型腔具有足够的强度和刚度，镀层厚度一般为6~8mm。电镀时间约需8d左右。其抗拉强度一般为 $(1.4 \sim 1.6) \times 10^9 \text{Pa}$ ，硬度为35~50HRC，铸成后不需热处理。

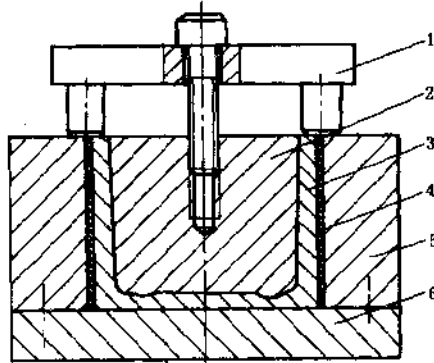


图 6-44 电铸型腔与模套组合
1—卸模架 2—胎模 3—电铸型腔 4—无机
粘结剂 5—模套 6—垫板

图 6-44 所示为已经电铸好的型腔与模套组合的示意图。首先将电铸型腔上端不规则部分加工掉，再以顶面为基准加工底面及四周，然后将电铸型腔外形和模套内腔分别涂上一层薄薄的无机粘合剂，将电铸型腔连同胎模一起装入模套内，并清除多余的粘合剂。待粘牢后再用卸模架将胎模取出，于是便获得所需的型腔。

185. 超塑合金塑料模型腔制造的工艺过程是什么？

所谓超塑合金即指经过超塑处理后得到的强度低、塑性

很高的材料。这种材料容易成形，在成形后再经强化处理便可得所需强度的型腔。例如， $ZnAl_{22}$ 合金为六方晶格的 $2(Al) + \beta(Zn)$ 两相共析合金，在经过如图 6-45 所示的超塑性处理后，便可获得抗拉强度 $\sigma_b < (1 \sim 10) \times 10^7 Pa$ ，伸长率 $\delta > 300\% \sim 1000\%$ 的超塑性性能。对于这种处于高塑性、低强度的材料，只要施加一定的压力即能任意变形。成型的型腔再经过如图 6-46 所示的强化处理，就会失去超塑性，恢复力学性能。 $ZnAl_{22}$ 合金的成分、性能见表 6-2。

用 $ZnAl_{22}$ 超塑合金制造塑料模型腔的工艺过程简述如下。

(1) 凸模的制备

按塑件的形状、尺寸和精度等要求，设计制造挤压型腔用的凸模。凸模材料常选用黑色金属（不用淬火）或 HPb59-1 铅黄铜制造，形状复杂的凸模可采用组合式或焊接后修整成形。凸模的制造精度和表面粗糙度的要求均应比型腔的要求高一级。

凸模工作部分的计算见公式 (6-18)

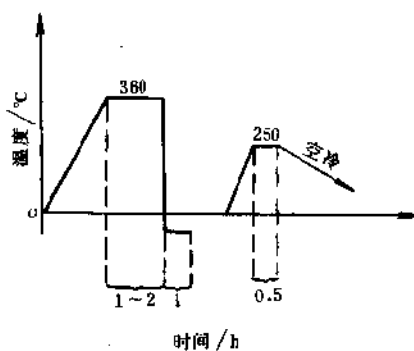


图 6-45 $ZnAl_{22}$ 超塑处理工艺

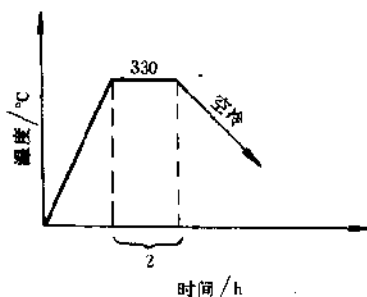


图 6-46 $ZnAl_{22}$ 强化处理工艺

和公式 (6-19)。

表 6-2 超塑合金 ZnAl₂₂ 的成分、性能

| 主要成分/% | | | | 熔点 /°C | 体积质量 /g/cm ³ | 在 250°C 时 | |
|-----------------------|-------------|-----------------------|----|-----------------------|----------------------------|------------------------|-------------|
| Al | Cu | Mg | Zn | | | σ_b /Pa | δ /% |
| 20~40 | 0.4~1.0 | 0.001~ 0.04 | 余量 | 420~500 | 5.4 | 0.86×10^7 | 1125 |
| 恢复常温后 | | | | 强化处理后 | | | |
| σ_b /Pa | δ /% | HBS(Pa) | | σ_b /Pa | δ /% | HBS(Pa) | |
| $(30-33) \times 10^7$ | 28~33 | $(59-79) \times 10^7$ | | $(40-43) \times 10^7$ | 7~11 | $(84-110) \times 10^7$ | |

$$d = D(1 + \psi) \quad (6-18)$$

$$h = H(1 + \psi) + \Delta \quad (6-19)$$

式中 d ——凸模外径制造尺寸(mm);

D ——型腔尺寸(mm);

ψ ——ZnAl₂₂材料收缩率, $\psi = 0.003 \sim 0.006$;

h ——凸模有效长度尺寸(mm);

H ——型腔深度尺寸(mm);

Δ ——分型面的修切量, 取 $\Delta = 0.5 \sim 2$ mm。

(2) 型腔坏件的制备及处理 一般情况下, 原材料在出厂时均已经过超塑性处理, 所以, 只需选择合适的板材或棒材, 经切削加工为所需坏件, 即可进行挤压成形。挤压出的型腔应进行强化处理, 以提高其力学性能。

(3) 型腔坏件外框的制备 外框的作用是把型腔坏件放入外框内, 在凸模挤压成型压力的作用下, 挤成型腔, 并让 ZnAl₂₂ 流动充满外框, 达到镶嵌组合的目的。外框的结构如图 6-47 所示。为了克服 ZnAl₂₂ 合金在收缩时产生的松动,

须在外框两端加工出沉坑，以及在内径加工多处沟槽，如图中“a”处。

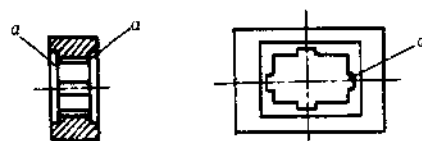


图 6-47 型块外框

(4) 温度和设备 $ZnAl_{22}$ 合金只有在 $250^{\circ}C$ 的条件下才能出现超塑性能。型腔在挤压时，型腔坯件及凸模等均保持 $250^{\circ}C$ 的恒温。为实现该条件，一般采用电加热圈或电加热板，并配上自动控温仪表。

挤压设备可用油压机、机械压力机等。挤压力可按经验公式 (6-20) 计算。

$$P = Fq \quad (6-20)$$

式中 P ——设备压力 (N)；

F ——凸模与型腔坯件的接触面积 (m^2)；

q ——单位压力 (Pa)， $q = (2 \sim 10) \times 10^7 Pa$ 。

(5) 润滑 常用的润滑剂为 295 硅脂、201 甲基硅油、硬脂酸锌等。

(6) 超塑成形 启动压力机对凸模加压，并在 $250^{\circ}C$ 的条件下保压 $1 \sim 10min$ ，使 $ZnAl_{22}$ 合金的流动性和填充性得到充分的发挥，即可压出型腔。

186. 照相腐蚀在塑料模型腔制造中如何应用？

利用照相腐蚀工艺可在塑料模型腔表面上加工出所需的花纹、图案、字迹等。照相腐蚀工艺即在型腔工作表面上均匀地喷涂一层感光胶，胶膜经底板曝光后发生化学变化，感

光后的胶膜不仅不溶于水，而且还增强了抗腐蚀的能力，而未感光的胶膜则溶于水，经水洗后，该部分的金属便裸露出来，在腐蚀液的浸蚀下，能获得所需的花纹图案。

照相腐蚀的工艺过程如图 6-48 所示。

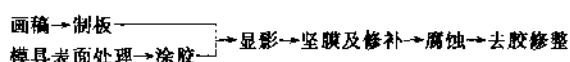


图 6-48 照相腐蚀的工艺过程

(1) 型腔表面的清洗 可用汽油、苯或去污粉等去油，用水冲洗干净、烘干。

(2) 涂胶 用电炉将型腔加热至 50℃ 左右即可涂胶。感光胶的配方有多种，聚乙烯醇感光胶是其中一例，其配方为：

| | |
|------|--------|
| 聚乙烯醇 | 45~60g |
| 重铬酸铵 | 10g |
| 水 | 1000ml |

配制时，先将聚乙烯醇溶解于 900ml 的水中蒸煮 3h。将重铬酸铵溶解于 100ml 的水中，倒入聚乙烯醇溶液里，再隔水蒸煮 0.5h 即可。注意避光保存。

涂胶时用压缩空气将感光胶喷涂在型腔表面上。

(3) 贴底片或透光图案纸 将已准备好的图案底片平整地贴附在型腔表面上。该图案拷贝制作的好坏，以及贴附的平整情况，将直接影响以后腐蚀的质量。

(4) 曝光 曝光时应注意将型腔各处感光均匀。感光时间的长短可根据拷贝的深浅而定，一般根据经验确定。

(5) 显影、冲洗 将曝光后的型腔放入 40~50℃ 的热水中浸 30s 左右，让未感光部分的胶膜溶解于水中，然后放入碱性紫染料 SBN 内进行显影，再在流水中洗净后凉干或

吹干。

(6) 坚膜及修补 将已显影的型腔放入电热恒温干燥箱中进行烘焙，温度控制在 $150 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 左右，时间为 $5 \sim 20\text{min}$ ，以提高胶膜的粘附性与耐蚀性。型腔表面需腐蚀处若有余膜，可用刀或针尖将余膜修除；缺膜可用印刷油墨修补，在不需腐蚀的地方，为防止酸蚀应涂以虫胶片或凡立水保护。

(7) 腐蚀 应根据不同的被腐蚀材料，选用不同的腐蚀液。钢型腔的腐蚀液为三氯化铁水溶液，腐蚀可用浸蚀的方法或喷射进行。一般腐蚀深度可达 0.3mm 。

(8) 去胶、修整 将腐蚀好的型腔进行清洗、去胶、烘干后，再进行必要的钳工修整。

187. 塑料模型腔精整加工中电解抛光的原理及特点是什么？

电解抛光是利用电化学阳极溶解的原理对金属表面进行抛光的一种表面加工方法。电解抛光示意图如图 6-49 所示。图 a 中，件 6 为阳极，即要抛光的型腔，件 2 为阴极，即用铅金属制成的与型腔相似的工具电极。两者之间保持一定的电解间隙。当电解液中通以直流电后，随着阳极表面发生电化学溶解，在型腔表面上被一层溶化的阳极金属和电解液所组成的粘膜所覆盖，它的粘度很高，导电性能很低。由于型腔表面高低不平，在凹入的地方粘膜较厚，电阻较大；在凸出的部位粘膜较薄，电阻较小，如图 b 所示。因此，凸出部分的电流密度比凹入部分的大，溶解较快，经过一段时间以后，就逐渐将不平的金属表面蚀平，从而得到与机械抛光相同的效果。

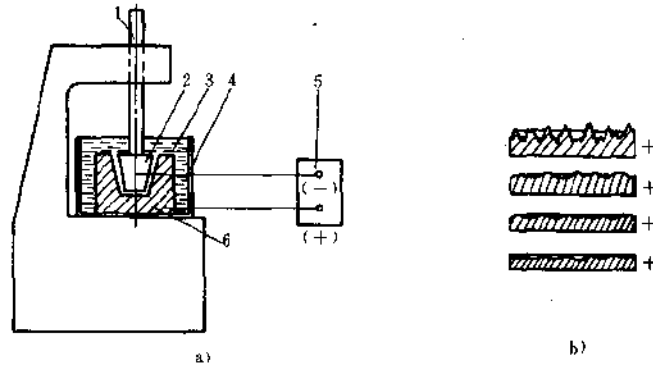


图 6-49 电解抛光示意图

a) 电解抛光设备 b) 型腔表面

1—主轴头 2—阴极 3—电解液 4—电解槽 5—电源 6—阳极(工件)

电解抛光的特点是：

1) 电火花加工后的型腔表面通过电解抛光后，其表面粗糙度可在 $R_a = 2.5 \sim 1.25 \mu\text{m}$ 的基础上提高到 $R_a = 0.63 \sim 0.32 \mu\text{m}$ 。

2) 效率高。如加工余量为 $0.1 \sim 0.15 \text{mm}$ ，电解抛光的时间仅需 $10 \sim 15 \text{min}$ 。

3) 型腔表面在电解抛光之前应无缺陷，如果有缺陷，经电解抛光后会更加明显地暴露出来。

4) 型腔表面经电解抛光后尺寸略有改变，因此对尺寸精度要求高的塑件，则不宜采用。

188. 型腔精整加工中超声波抛光的原理及工艺特点是什么？

超声波机械加工是利用超声波的能量，通过机械装置对工件进行加工的方法。超声波是频率超过两万次的弹性波，

其波长短、频率高，具有较强的束射性能，使能量高度集中。超声波抛光是利用超声波作为动力，推动细小的磨粒以极高的速度冲击工件表面，从工件上“刺”下无数的材料微粒，而达到加工的目的，如图 6-50 所示。利用换能器 1 将输入的超声频电振荡转换成机械振动，然后将超声机械振动传给变幅杆 2 加以放大，再传至固定在变幅杆端部的工具头 3 上，使工具头产生超声频率的振动。在工具头 3 与工件 5 之间，放入悬浮液 4，并使工具头轻轻地压在工件上。由于工具头以超声频率振动，振幅为 15~30 μm ，振动功率为 100~1000W，液体分子及混在液

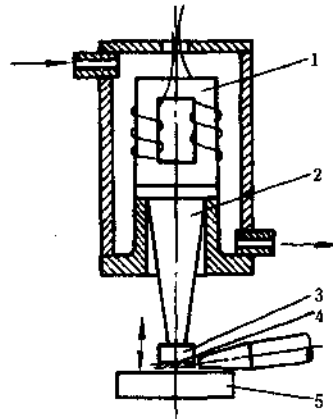


图 6-50 超声波抛光加工示意图
1—换能器 2—变幅杆 3—工具头
4—混有磨粒的悬浮液 5—工件

体中的固体磨粒得到一个极高的瞬时加速度，撞击和抛磨加工表面，将局部材料破坏成粉末，并从工件上打击下来。同时，工作液受工具头端部的超声振动的作用而产生高频、交变的液压正、负冲击波和空穴现象。正冲击波迫使工作液钻入被加工材料的微细裂缝，加强了机械的破坏作用；负冲击波造成局部真空，形成液体空腔来破坏被加工材料，即所谓空穴作用。当液体空穴闭合时，又产生很强的冲击波；从而强化了加工过程。此外，液压冲击波也使磨料工作液在加工间隙中强迫循环，使变钝的磨粒翻滚更新，以利于从工件表面产生微量的碎裂和剥蚀，从而实现超声波抛光。

超声抛光的主要工艺特点是：

- 1) 一般粗规准加工后的抛光余量为 0.15mm 左右，经中、精规准电火花加工后的抛光余量为 0.02~0.05mm。
- 2) 加工精度可达 $\pm 0.05 \sim \pm 0.01\text{mm}$ 。抛光前工件的表面粗糙度应不大于 $R_a = 1.25 \sim 2.5\mu\text{m}$ ，经抛光后可达 $R_a = 0.63 \sim 0.08\mu\text{m}$ 或更高。
- 3) 一般情况下，抛光处的表面粗糙度从 $R_a = 5\mu\text{m}$ 减小到 $R_a = 0.04\mu\text{m}$ 的抛光速度为 $10 \sim 15\text{min}/\text{cm}^2$ 。
- 4) 抛光工序分为粗抛和精抛两个阶段。精抛时为防止工件表面划伤，可用药棉或尼龙拭纸垫在工具端部，蘸以微粉（常用 Fe_2O_3 ）作磨料进行抛光。粗、中抛光用水作工作液，细、精抛光用煤油作工作液，亦可干抛。

189. 型腔精整加工中挤压珩磨抛光的原理及工艺特点是什么？

挤压珩磨是将磨料均匀地分布于半流动状态的粘弹性物质内，在一定压力下强迫通过被加工表面，由于磨料的压力摩擦和切削作用，将工件表面的凸出部分去除。挤压珩磨机床的结构原理如图 6-51 所示。需抛光的型腔安装并固定在由机床上、下固定压板所压紧的夹具中。上、下固定压板分别与介质挤压筒相连。加工时，磨料流体介质先充满下部介质挤压筒，由活塞通过液压作用将磨料流体介质向上挤压，使其通过固定在夹具中的型腔表面（图中为通孔）而产生摩擦抛光或去除毛刺的作用，随后进入到上部介质挤压圆筒中，当充满后又被反挤回下部，如此反复上、下挤压，使磨料流体介质反复通过型腔的加工表面而达到抛光的目的。

珩磨抛光的工艺特点是：

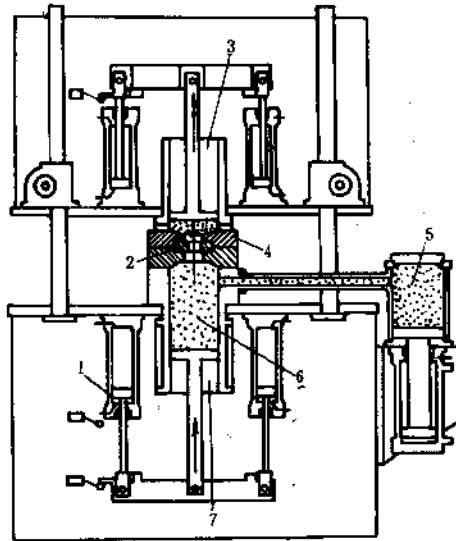


图 6-51 挤压研磨机床结构原理图

1—液压活塞 2—工件 3—上部介质挤压筒 4—夹具 5—磨料流体
介质容器 6—被挤压通过工件的磨料流体介质 7—下部介质挤压筒

1) 磨料流体介质是一种半固体状态的可塑性柔软的物质，其流动性较差，而具有粘弹性质。一般由基本介质、添加剂、磨料三种成分均匀混合而成。基本介质是一种半固体、半液体状态的硅高分子聚合物，具有粘弹性质，主要起粘结磨料颗粒并产生压力的作用。添加剂是为基本介质获得更为理想的粘性、稠度和稳定性而加入的成分，它包括增塑剂、减粘剂、润滑剂等。磨料一般使用氧化铝、碳化硼、碳化硅或金刚石粉，其粒度在 $46^{\#} \sim W5$ 范围内，含量为 $10\% \sim 60\%$ 。

2) 磨料流体介质的挤压力一般在 $(1 \sim 15) \times 10^6 \text{Pa}$ 范围内，目前多数采用低压 $(1 \sim 4) \times 10^6 \text{Pa}$ 抛光。磨料流体

介质的流速一般为 $0 \sim 190 \text{L/min}$ ，一般抛光的循环次数为 $30 \sim 50$ 次。

3) 夹具是挤压珩磨的重要组成部分，需按工件的具体形状、尺寸和加工要求来设计，如图 6-52 所示。夹具的作用是使磨料流体介质按规定路线集中通过所加工的表面。与手工抛光相比，加工时间可减少 90% 以上。

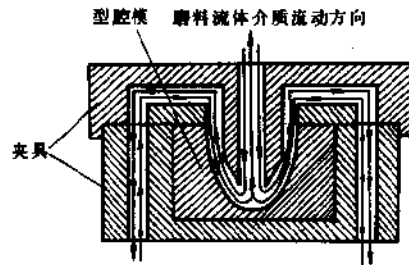


图 6-52 型腔抛光夹具结构示意图

190. 塑料模过盈配合零件如何装配?

过盈配合零件装配之前，必须检查其过盈量和压入端的导入斜度等，在符合要求后方可压入。图 6-53 所示为浇口套压入模板。按压入工艺要求，压入端应有导入斜度，但为了避免溢料又不允许模板孔口有此导入斜度。为此，将浇口套的压入端倒圆角并增高 Δ ， Δ 在压装后磨去。图 6-54 所示为导钉的压入。对拼的模块常用两导钉定位，拼块在热处理后其导钉孔的形状和孔距都有所变化，因此，在压入导钉之前，应将两半拼块合拢用研棒研正导钉孔。若两半拼块都较厚时，只能分别研磨导钉孔，但外形需留加工余量，待导钉装入后再加工外形。

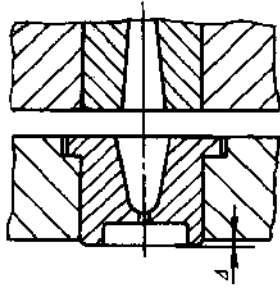


图 6-53 浇口套压入模板

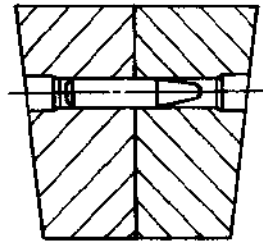


图 6-54 对拼模块的导钉

根据热胀冷缩的原理，可将导入零件进行冷冻处理后压入更为方便，最理想的冷冻液是液氮。

191. 塑料模导柱、导套如何镗孔及装配？

导柱、导套组成了塑料模的导向装置。导向装置除具有导向作用外，还有定位作用及承受一定侧压力的作用。导柱、导套分别安装在动模板和定模板上，其相对位置误差要求在 0.01mm 以内。在精密坐标镗床上分别在动模板及定模板镗孔能达到精度要求。亦可采用一般的加工方法，将动模板、定模板用定位焊或装夹的方法使它们合在一起，然后在车床、铣床或镗床上进行加工。对于需淬硬的模板，如果在热处理前已加工好导柱和导套孔，那么，热处理后将产生变形，使两孔相对位置发生变化而不能满足导向的要求。因此，热处理前必须预留磨削余量，以便淬硬后用坐标磨床磨孔，或在淬硬的模板孔（孔径加大）内压入软套或软芯，再在软芯上镗导柱和导套孔。

由于模具的结构和装配方法各不相同，所以，导柱、导套的加工工序也不一样，一般有下列两种情况。

1) 先加工导柱、导套孔, 再修正模板上的型腔凹模固定孔。它适用于动、定模板上的型腔凹模固定孔的形状与尺寸一致, 而且采用将动、定模板叠合后一起加工固定孔的情况。这时可利用导柱、导套定位。对于不规则主体形状的型腔, 装配合模时很难找正相对位置, 如图 6-55 所示, 这时可利用导柱、导套定位, 用以加工正确的固定孔。

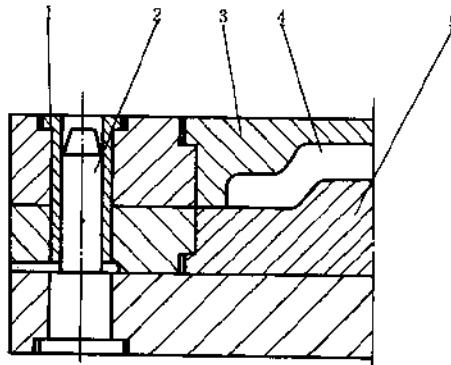


图 6-55 找正相对位置困难的型腔
1—导套 2—导柱 3—定模型腔
4—型腔 5—动模型芯

2) 在动模、定模经修正及安装之后, 再安排导柱, 导套孔的加工。它适用于在合模时动、定模之间能正确找正的模具, 如图 6-56 所示。合模时可由动模的小型芯穿入定模镶块孔中来找正位置。

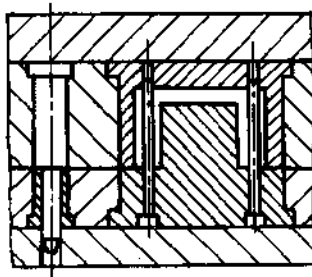


图 6-56 动、定模间有正确配合要求的结构

192. 塑料模制成后如何试模?

以注射模为例,现将塑料模制成后的试模过程简述如下。

(1) 装模 装模包括预检、装模、紧固、校正推杆推出距离、调节闭模松紧度和接通冷却水管或加热器等内容。

在模具装上注射机以前,应根据图样对其检验,以便及时发现问题。模具检验合格后,把模具吊装入注射机内。当模具定位圈装入注射机上固定模板的定位孔后,用极慢的速度闭模,使动模和定模轻轻压紧,然后上压板压紧。根据模具的大小,压板可用4~8块。上压板时,注意压板要平,如图6-57所示。模具紧固后,便慢慢开模,直至注射机的移动模板停止后退。这时应调节注射机的顶杆位置,使模具上的顶杆固定板和动模底板之间留有不小于5mm的间隙,以防止损坏模具而又能顶出塑件。之后,主要靠目测和经验来调节闭模的松紧程度,即在闭模时,对于液压双肘节锁模机构来说,肘节先快后慢,既不很自然,又不太勉强地伸直时,闭模的松紧度就正合适。对于需要加热的模具,应在模具到达规定温度后再校正闭模松紧度。最后接通冷却水管或加热器。

(2) 试模 试模前应检验原料是否合格,然后根据推荐的工艺参数将料筒和喷嘴加热。判断温度是否合适的最好方法,是在喷嘴与模

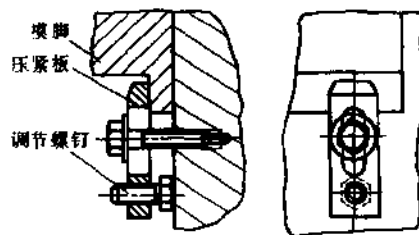


图 6-57 模具的紧固

具主流道脱开的情况下，用较低的注射压力，使塑料自喷嘴中缓慢地流出，并观察料流。如果没有硬块、气泡、银丝、变色等情况，料流光滑明亮，说明料筒和喷嘴温度比较合适，可以开始试模。在开始试模时，可以先选择低压、低温和较长时间下成形。然后按照压力、时间、温度先后顺序变化。压力小，塑件充不满，应增加注射压力。当提高注射压力仍无显著效果时，再考虑温度和时间。延长一段时间后塑件仍充不满时，再提高料筒的温度。但不能升温太高、太快，以免塑料过热发生降解，一般升温 15min 左右为宜。在注射壁厚而面积大的塑件时，一般采用高速注射。对于壁厚而面积小的塑件采用低速注射。在高速和低速都能充满型腔的情况下，除玻璃纤维增强塑料外，均采用低速注射。对于粘度高和热稳定性差的塑料，采用较慢的螺杆转速及略低的背压加料和预塑；对于粘度低和热稳定性好的塑料，可采用较快的螺杆转速和略高的背压。在喷嘴温度合适的情况下，采用喷嘴固定形式可提高生产率。但喷嘴温度太低或太高时，需要采用每成形周期向后移动喷嘴的形式。成形的塑件符合图样要求即说明模具合格。最后将模具由注射机上卸下，清理干净，涂上防锈油，入库保存，并建立该模具档案。

193. 塑料模如何维修？

模具在使用过程中会产生磨损，有时还会产生不正常的损坏。不正常的损坏是由于操作不当而造成的，一般有下面三种情况。

- 1) 可能由于镶嵌件未放稳就合模，使模具局部型腔损坏。
- 2) 型芯较细，注射时被塑料流冲歪或是塑件脱模时困

难而用锤重力敲击，使型芯弯曲。

3) 分型面使用一段时间后不严密，溢边太厚，影响塑件质量。

在以上情况下，只需局部修复即可。修复方法是：

- ①更换损坏件。根据图样，拆下损坏件，换一新件。
- ②对于未淬火的型腔，可用铜焊或局部镶嵌的方法修复。
- ③淬火的型腔可用环氧树脂等塑料粘补。
- ④如果分型面不严密、溢料多，可把分型面磨平，再把型腔加工到原来的深度。

还应注意使设备处于良好的工作状态。当设备损坏、导轨磨损严重时，均能使模具在合模时发生不应有的冲击而损坏。

194. 如何选择塑料模零件的材料和热处理？

当前，塑料模所用材料大多数是沿用传统的结构钢和工具钢，尤其是正火状态的 45 钢应用最广泛。塑料模用钢见表 6-3。

近来还研制了一些塑料模专用钢：

(1) 易切削塑料模具钢 对于形状复杂、要求热处理变形小的型腔、型芯或加工流动性差、低塑性和添加无机纤维的增强塑料用模具，要求具有高硬度和高耐磨性，过去常采用合金工具钢制造，但这些钢的冷、热加工性较差。为了改善这些钢的切削加工性，在钢中加入硫、硒、钙等元素，就成为易切削塑料钢。例如在 4Cr5MoSiV1 中加入 w_S 为 0.08%~0.12% 的硫即成为易切削钢，这种钢经调质处理后，硬度为 40~44HRC。该钢进行切削加工非常容易，可

获得很细的表面粗糙度。

表 6-3 塑料模用钢

| 类 别 | 钢 号 |
|----------|--|
| 渗碳钢 | 10、20、20Cr、12CrNi2、12CrNi3、12Cr2Ni4、20Cr2Ni4 |
| 调质钢 | 45、55、40Cr、3Cr2Mo、4Cr3Mo3SiV、4Cr5MoSiV 4Cr5MoSiV1、5CrNiMo、5CrMnMo |
| 高碳工具钢 | T10、T12、7CrMn2WMo、7CrMnNiMo Cr2Mn2SiWMoV、Cr6WV、Cr12、Cr12MoV、 9Mn2V、CrWMn、MnCrWV、Cr2(GCr15) |
| 耐蚀钢 | 4Cr13、9Cr18、Cr18MoV、Cr14Mo、Cr14Mo4V、1Cr17Ni2 |
| 低碳马氏体时效钢 | 18Ni-250、18Ni-300、18Ni-350 |

(2) 预硬钢 该种钢在供应时已经进行热处理，硬度达到 25~35HRC 或更高。这种钢作塑料模的成型零件，经加工后不再进行热处理。例如，PMS 钢，它是一种低碳的析出硬化型时效结构钢，其化学成分为： $w_C \leq 0.2\%$ 、 $w_{Mn} \leq 2\%$ 、 $w_{Ni} \leq 4\%$ 、 $w_{Al} = 1\%$ 左右、 $w_{Cu} = 0.8\%$ 及少量 Mo，其余为 Fe。为了改善切削加工性，可加入少量的硫，这种钢供应状态为空冷淬火或空冷淬火加回火时效，回火时效后，尺寸变化很小，其硬度为 30~45HRC。在这个硬度范围内有良好的切削加工性，加工后不需要进行热处理。

(3) 耐蚀钢 使模具具有耐蚀性能的方法有镀铬或直接采用不锈钢、耐蚀塑料模具钢等。不锈钢虽然具有一定的耐蚀性，但力学性能和工艺性能都存在一定缺点。而 PCR 耐蚀塑料模具钢是一种时效硬化不锈钢，经淬火加回火时效处理后，不仅在含氟、氯等腐蚀介质中具有优良的耐蚀性，而且具有较高的强度，较好的热处理性能，切削加工性能及抛光性能，因此，它适于制造精密耐蚀塑料模。

塑料模零件的常用材料及热处理见表 6-4。

表 6-4 塑料模零件常用材料及热处理

| 零件类别 | 零件名称 | 材料牌号 | 热处理方法 | 硬度 | 说明 | |
|------|--|----------------------|--------------|----------------|-------------------------------------|--|
| 成型零件 | 凹模 型芯(凸模) 螺纹型芯 螺纹型环 成形镶嵌件 成形推杆等 | T8A、T10A | 淬火 | 54~58 HRC | 用于形状简单的小型芯、型腔 | |
| | | CrWMn、9Mn2V | 淬火 | 54~58 HRC | 用于形状复杂、要求热处理变形小的型腔、型芯或镶嵌件和增强塑料的成形模具 | |
| | | Cr12 Cr4W2MoV | | | | |
| | | 20CrMnMo 20CrMnTi | 渗碳、 淬火 | | | |
| | | 5CrMnMo 40CrMnMo | 渗碳、 淬火 | 54~58 HRC | 用高耐磨、高强度和高韧性的大型型芯、型腔 | |
| | | 3Cr2W8V 38CrMoAlA | 调质、 氮化 | 1000HV | 用于形状复杂、要求耐腐蚀的高精度型腔、型芯 | |
| | | 45 | 调质、 | 22~26 HRC | 用于形状简单、要求不高的型腔、型芯 | |
| | | | 淬火 | 43~48 HRC | | |
| | 20 15 | 渗碳、 淬火 | 54~58 HRC | 用于冷压加工的型腔 | | |
| 模体零件 | 垫板(支承板)、 浇口板、锥模套 | 45 | 淬火 | 43~48 HRC | | |
| | 动、定模板、 动、定模座板 | 45 | 调质 | 230~270 HBS | | |

(续)

| 零件类别 | 零件名称 | 材料牌号 | 热处理方法 | 硬度 | 说 明 |
|--------|-------------------|----------|-----------|----------------|-----|
| 模体零件 | 固定板 | 45 | 调质 | 230~270 HBS | |
| | | Q235A | | | |
| | 推件板 | T8A、T10A | 淬火 | 54~58 HRC | |
| | | 45 | | | 调质 |
| 浇注系统零件 | 主浇道衬套、拉料杆、拉料套、分流锥 | T8A、T10A | 淬火 | 50~55 HRC | |
| 导向零件 | 导柱 | 20 | 渗碳、 淬火 | 56~60 HRC | |
| | 导套 | T8A、T10A | 淬火 | 50~55 HRC | |
| | 限位导柱、推板导柱、推板导套、导钉 | T8A、T10A | 淬火 | 50~55 HRC | |
| 抽芯机构零件 | 斜导柱、滑块、斜滑块 | T8A、T10A | 淬火 | 54~58 HRC | |
| | 楔紧块 | T8A、T10A | 淬火 | 54~58 HRC | |
| | | 45 | 淬火 | 43~48 HRC | |
| 推出机构零件 | 推杆(卸模杆) 推管 | T8A、T10A | 淬火 | 54~58 HRC | |
| | 推块 复位杆 | 45 | 淬火 | 43~48 HRC | |

(续)

| 零件类别 | 零件名称 | 材料牌号 | 热处理方法 | 硬度 | 说 明 |
|--------|--------------------|----------|-------|--------------|------|
| 推出机构零件 | 挡 板 | 45 | 淬火 | 43~48 HRC | 或不淬火 |
| | 推杆固定板、卸 模杆固定板 | 45、Q235A | | | |
| 定位零件 | 圆锥定位件 | T10A | 淬火 | 58~62 HRC | |
| | 定位圈 | 45 | | | |
| | 定距螺钉 限位钉 限制块 | 45 | 淬火 | 43~48 HRC | |
| 支承零件 | 支承柱 | 45 | 淬火 | 43~48 HRC | |
| | 垫 块 | 45、Q235A | | | |
| 其他零件 | 加料圈、柱塞 | T8A、T10A | 淬火 | 50~55 HRC | |
| | 手柄、套筒 | Q235A | | | |
| | 喷嘴、水嘴 | 45、黄铜 | | | |
| | 吊 钩 | 45 | | | |

注：1. 螺纹型芯的热处理硬度也可取 40~45HRC。

2. Q235A 系原 A3 (GB700—79)。

附

表 1 注射机技

| 型 号 | SYS-10 | SYS-30 | SYS-20- 直角 | XS-ZS-22 | XS-Z-30 | XS-ZY-60 |
|-------------------------------|--------|--------|---------------|---------------|------------|------------|
| 螺杆(柱塞) 直径/mm | 22 | 28 | 22 | 25,20 (柱塞) | 28 (柱塞) | 38 (柱塞) |
| 最大理论注射 容量/cm ³ | 10g | 30g | 20g | 30,20 | 30 | 60 |
| 注射压力 (kg/cm ²) | 1500 | 1570 | 1200 | 750,1170 | 1190 | 1220 |
| 锁模力/kN | 150 | 500 | 200 | 250 | 250 | 500 |
| 最大注射面积 /cm ² | 45 | 130 | 45 | 90 | 90 | 130 |
| 最大模具厚度 H/mm | 180 | 200 | 250 | 180 | 180 | 200 |
| 最小模具厚度 H ₁ /mm | 100 | 70 | 50 | 60 | 60 | 70 |
| 模板最大距离 L ₀ /mm | — | — | | 340 | 340 | 380 |
| 模板行程 L ₁ /mm | — | — | | 160 | 160 | 180 |
| 喷嘴圆弧半径 R/mm | 12 | 12 | — | 12 | 12 | 12 |
| 喷嘴孔径 d/mm | 2.5 | 3 | | 2 | 2 | 4 |

录

术规范及特性

| XS-ZY-125 | G54-S 200/400 | SZY-300 | XS-ZY-500 | XS-ZY-1000 | SZY-2000 | XS-ZY-4000 |
|------------------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 30,42,45 | 55 | 45,60 | 55,65,75 | 70,80,90 | 90,110,120 | 110,130,145 |
| 104,125,146 | 200,400 | 180,320 | 475,665,880 | 1000,1300,1650 | 1400,2000,2500 | 2800,4000,5000 |
| 1460,1190,1040,900 (300) 320 | 1090 2540 645 | 1250,700 1500 — | 1450,1040,780 3500 1000 | 1780,1365,1080 4500 1800 | 1350,900,755 6000 2600 | 1470,1060,850 10000 3800 |
| 300 | 406 | 不用垫板 355 用垫板 280 | 450 | 第一档位置 600 第二档位置 600 | 不用垫板 800 用垫板 500 | — |
| 200 | 165 | 不用垫板 205 用垫板 130 | 300 | 第一档位置 370 第二档位置 150 | 不用垫板 500 用垫板 280 | — |
| 600 | 260 | 用垫板 620 不用垫板 695 | 950 | 1300 | 1550 | — |
| 300 | 666 | 340 | 300 | 700 | 755 | — |
| 12 | 18 | 12 | 18 | 18 | 18 | — |
| 4 | 4 | — | 3,5,6,8 | 7.5 | 10 | — |

| 型 号 | SYS-10 | SYS-30 | SYS-20- 直角 | XS-ZS-22 | XS-Z-30 | XS-ZY-60 |
|---------------|--------|--------|---------------|---|----------------------|---|
| 喷嘴移动距离 /mm | — | — | | — | — | 120 |
| 顶出形式 | — | — | — | 四侧没有 顶杆, 机械 顶出 | 四侧没有 顶杆, 机械 顶出 | 中心没有 顶杆, 机械 顶出 |
| 其 他 | — | — | — | 可供双色 注射用注 塞缸直径 120mm, 注 射总压力 73.5kN, 开模力 26.4kN 速 率: 50 cm ² / min (25)29 (20) | | 顶杆顶出 最大距离 140mm 台 板最小间距 50mm, 最大 380mm |

(续)

| XS-ZY-125 | G54-S 200/400 | SZY-300 | XS-ZY-500 | XS-ZY-1000 | SZY-2000 | XS-ZY-4000 |
|-------------------------------|---|---|--------------------------------------|--|-------------------------------------|---|
| 210 | 310 | 喷嘴允许伸出定模板装模面 25 | 280 | 490 | 480 喷嘴可伸出定模板装模面 25 | — |
| 两侧没有顶杆,机械顶出 | 动模板,开模时,模具顶杆固定板上的顶杆通过动模板与顶板相碰,机械顶出塑件 | 中心及上、下两侧没有顶杆,机械顶出 | 中心液压顶出,顶出距 100mm,两侧顶杆机械顶出,液压顶出力 42kN | 中心液压顶出,两侧顶杆机械顶出 | 中心液压顶出,顶出距 125mm,顶出力 120kN,两侧顶杆机械顶出 | 中心液压顶出,两侧机械顶出 |
| 总力 28kn 吨开模力 8kN 顶杆最大距离 190mm | 最大开距时,动模板装模面到顶板距离 L_2 为 190mm 总力 1030kN,顶杆最大顶出距离 240mm. | 动模板分固定及可移两块,两者最大调节距离 75mm 设有装模用垫板可进一步调节模具允许高度范围 | | 抱闸式锁模机械,有两档定位位置,可调节模具允许高度,开模力 180--460kN,机架上方两拉杆可移出,便于安装大模具。总力 980kN,开模力 100kN,液压顶出力 950kN,最大顶出距 190mm | 机架上方两拉杆可移,便于安装大模具 | 设有专用油路系统,供安装液压抽芯装置 开模力 650kN 中心顶出 160kN 顶出距 150mm 注射总力 1400kN |

表 2 常用热塑性塑料

| 塑料名称 | | 聚氯乙烯 | | 聚乙烯 | |
|------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|------------|
| | | 硬 | 软 | 高密度 | 低密度 |
| 体积质量 | $\rho/(\text{kg}/\text{dm}^3)$ | 1.35~1.43 | 1.16~1.35 | 0.94~0.97 | 0.91~0.93 |
| 比体积 | $v/(\text{dm}^3/\text{kg})$ | 0.69~0.74 | 0.74~0.86 | 1.03~1.06 | 1.08~1.10 |
| 吸水率 24h | $w_{p,c} \times 100$ | 0.07~0.4 | 0.15~0.75 | <0.01 | <0.01 |
| 收缩率 | s | 0.6~1.0 | 1.5~2.5 | 1.5~3.0 | |
| 熔点 | $t/^\circ\text{C}$ | 160~212 | 110~160 | 105~137 | 105~125 |
| 热变形温度 | $t/^\circ\text{C}$ | 0.46MPa | 67~82 | 60~82 | |
| | | 0.185MPa | 54 | 48 | |
| 抗拉屈服强度 | σ_b/MPa | 35.2~50 | 10.5~24.6 | 22~39 | 7~19 |
| 拉伸弹性模量 | E/MPa | 2.4~ 4.2×10^3 | | 0.84~ 0.95×10^3 | |
| 抗弯强度 | σ_f/MPa | ≥ 90 | | 20.8~40 | 25 |
| 冲击强度 | $a_K/(\text{kJ}/\text{m}^2)$ | 无缺口 | | 不断 | 不断 |
| | $a_K/(\text{kJ}/\text{m}^2)$ | 缺口 | 58 | 65.5 | 48 |
| 硬度 | — | 16.2HBS R110~120 | 邵氏 A96 | 2.07HBS 邵氏 D60~70 | 邵氏 D41~46 |
| 体积电阻率 | $\rho_v/(\Omega \cdot \text{cm})$ | 6.71×10^{13} | 6.71×10^{13} | $10^{15} \sim 10^{16}$ | $>10^{16}$ |
| 击穿强度 | $E/(\text{kV}/\text{mm})$ | 26.5 | 26.5 | 17.7~19.7 | 18.1~27.5 |

料的主要技术指标

| 聚丙烯 | | 聚苯乙烯 | | | | 苯乙烯共聚 | | |
|--------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--|
| 纯 | 玻纤增强 | 一般型 | 抗冲击型 | 20%~30% 玻纤增强 | AS (无填料) | ABS | 20%~40% 玻纤增强 | |
| 0.90~ 0.91 | 1.04~ 1.05 | 1.04~ 1.06 | 0.98~ 1.10 | 1.20~ 1.33 | 1.08~ 1.10 | 1.02~ 1.16 | 1.23~ 1.36 | |
| 1.10~ 1.11 | | 0.94~ 0.96 | 0.91~ 1.02 | 0.75~ 0.83 | | 0.86~ 0.98 | | |
| 0.01~ 0.03 | 0.05 | 0.03~ 0.05 | 0.1~0.3 | 0.05~ 0.07 | 0.2~0.3 | 0.2~0.4 | 0.18~ 0.4 | |
| 1.0~ 3.0 | 0.4~0.8 | 0.5~0.6 | 0.3~0.6 | 0.3~0.5 | 0.2~0.7 | 0.4~0.7 | 0.1~0.2 | |
| 170~176 | 170~180 | 131~165 | | | | 130~160 | | |
| 102~115 | 127 | | | | | 90~108 | 104~121 | |
| 56~67 | | 65~96 | 64~92.5 | 82~112 | 88~104 | 83~103 | 99~116 | |
| 37 | 78~90 | 35~63 | 14~48 | 77~106 | 63~84.4 | 50 | 59.8~ 133.6 | |
| | | 2.8~ 3.5×10 ³ | 1.4~ 3.1×10 ³ | 3.23× 10 ³ | 2.81~ 3.94× 10 ³ | 1.8×10 ³ | 4.1~ 7.2×10 ³ | |
| 67.5 | 132 | 61~98 | 35~70 | 70~119 | 98.5~ 133.6 | 80 | 112.5~ 189.9 | |
| 78 | 51 | | | | | 261 | | |
| 3.5~4.8 | 14.1 | 0.54~ 0.86 | 1.1~ 23.6 | 0.75~13 | | 11 | | |
| 8.65HBS R95~105 | 9.1HBS | M65~80 | M20~80 | M65~90 | M80~90 | R9.7121 | M65~ 100 | |
| >10 ¹⁶ | | >10 ¹⁶ | >10 ¹⁶ | >10 ¹³ ~ 10 ¹⁷ | >10 ¹⁶ | 6.9× 10 ¹⁵ | | |
| 30 | | 19.7~ 27.5 | | | 15.7~ 19.7 | | | |

| 塑料名称 | | 苯乙烯 改性聚甲 基丙烯酸 酯 (372) | 聚 | | |
|--------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| | | | 尼龙 1010 | 30%玻纤 增强尼龙 1010 | 尼龙 6 |
| 体积质量 | $\rho/(\text{kg}/\text{dm}^3)$ | 1.12~ 1.16 | 1.04 | 1.19~ 1.30 | 1.10~ 1.15 |
| 比体积 | $v/(\text{dm}^3/\text{kg})$ | 0.86~ 0.89 | 0.96 | 0.77~ 0.84 | 0.87~ 0.91 |
| 吸水率 (24h) | $w_{p,c} \times 100$ | 0.2 | 0.2~0.4 | 0.4~1.0 | 1.6~3.0 |
| 收缩率 | s | | 1.3~2.3 (纵向) 0.7~1.7 (横向) | 0.3~0.6 | 0.6~1.4 |
| 熔点 | $T/^\circ\text{C}$ | | 205 | | 210~225 |
| 热变形温度 | $T/^\circ\text{C}$ | 0.46MPa | | 148 | 140~176 |
| | | 0.185MPa | 85~99 | 55 | 80~120 |
| 抗拉屈服强度 | σ_t/MPa | 63 | 62 | 174 | 70 |
| 拉伸弹性模量 | E_t/MPa | 3.5×10^3 | 1.8×10^3 | 8.7×10^3 | 2.6×10^3 |
| 弯曲强度 | σ_f/MPa | 113~130 | 88 | 208 | 96.9 |
| 冲击强度 | $a_n/(\text{kJ}/\text{m}^2)$ | 无缺口 | 不断 | 84 | 不断 |
| | $a_g/(\text{kJ}/\text{m}^2)$ | 缺口 | 0.71~ 1.1 | 25.3 | 18 |
| 硬 度 | — | M70~85 | 9.75HBS | 13.6HBS | 11.6HBS M85~ 114 |
| 体积电阻系数 | $\rho_v/(\Omega \cdot \text{cm})$ | $>10^{14}$ | 1.5×10^{15} | 6.7×10^{15} | 1.7×10^{16} |
| 击穿强度 | $E/(\text{kV}/\text{mm})$ | 15.7~ 17.7 | 20 | >20 | >20 |

(续)

| 酰胺 | | | | | | | 聚甲醛 |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 30% 玻纤 增强尼龙 6 | 尼龙 66 | 30% 玻纤 增强尼龙 66 | 尼龙 610 | 40% 玻纤 增强尼龙 610 | 尼龙 9 | 尼龙 11 | |
| 1.21~ 1.35 | 1.10 | 1.35 | 1.07~ 1.13 | 1.38 | 1.05 | 1.04 | 1.41 |
| 0.74~ 0.83 | 0.91 | 0.74 | 0.88~ 0.93 | 0.72 | 0.95 | 0.96 | 0.71 |
| 0.9~1.3 | 0.9~1.6 | 0.5~1.3 | 0.4~0.5 | 0.17~ 0.28 | 0.15 | 0.5 | 0.12~ 0.15 |
| 0.3~0.7 | 1.5 | 0.2~0.8 | 1.0~2.0 | 0.2~0.6 | 1.5~2.5 | 1.0~2.0 | 1.5~3.0 |
| | 250~265 | | 215~225 | | 210~215 | 186~190 | 180~200 |
| 216~264 | 149~176 | 262~265 | 149~183 | 215~226 | | 68~150 | 158~174 |
| 204~259 | 82~121 | 245~262 | 57~100 | 200~225 | | 47~55 | 110~157 |
| 164 | 89.5 | 146.5 | 75.5 | 210 | 55.6 | 54 | 69 |
| | 1.25~ 2.88× 10 ³ | 6.02~ 12.6× 10 ³ | 2.3×10 ³ | 11.4× 10 ³ | | 1.4×10 ³ | 2.5×10 ³ |
| 227 | 126 | 215 | 110 | 281 | 90.8 | 101 | 104 |
| 80 | 49 | 76 | 82.6 | 103 | 不断 | 56 | 202 |
| 15.5 | 6.5 | 17.5 | 15.2 | 38 | | 15 | 15 |
| 14.5HBS | 12.2HBS R100~ 118 | 15.6HBS M94 | 9.52HBS M90~ 113 | 14.9HBS | 8.31HBS | 7.5HBS R100 | 11.2HBS M78 |
| 4.77×10 ¹⁵ | 4.2× 10 ¹⁴ | 5×10 ¹⁵ | 3.7× 10 ¹⁶ | >10 ¹⁴ | 4.44× 10 ¹⁵ | 1.6× 10 ¹⁵ | 1.87× 10 ¹⁴ |
| | >15 | 16.4~ 20.2 | 15~25 | 23 | >15 | >15 | 18.6 |

| 塑料名称 | | 聚碳酸酯 | | 氯化 聚醚 | 聚 纯 | |
|--------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|-----|
| | | 纯 | 20%~30% 短玻纤增强 | | | |
| 体积质量 | $\rho/(\text{kg}/\text{dm}^3)$ | 1.20 | 1.34~1.35 | 1.4~ 1.41 | 1.24 | |
| 比体积 | $v/(\text{dm}^3/\text{kg})$ | 0.83 | 0.74~0.75 | 0.71 | 0.80 | |
| 吸水率 (24h) | $w_{p,c} \times 100$ | 0.15 23°C, 50% RH | 0.09~0.15 | <0.01 | 0.12~ 0.22 | |
| 收缩率 | s | 0.5~0.7 | 0.05~0.5 | 0.4~ 0.8 | 0.5~0.6 | |
| 熔点 | $T/^\circ\text{C}$ | 225~250 | 235~245 | 178~ 182 | 250~280 | |
| 热变形温度 | $t/^\circ\text{C}$ | 0.46MPa | 132~141 | 146~149 | 141 | 182 |
| | | 0.185MPa | 132~138 | 140~145 | 100 | 174 |
| 抗拉屈服强度 | σ_b/MPa | 72 | 84 | 32 | 82.5 | |
| 拉伸弹性模量 | E/MPa | 2.3×10^3 | 6.5×10^3 | 1.1×10^3 | 2.5×10^3 | |
| 抗弯强度 | σ_f/MPa | 113 | 134 | 49 | 104 | |
| 冲击强度 | $a_k/(\text{kJ}/\text{m}^2)$ | 无缺口 | 不断 | 57.8 | 不断 | 202 |
| | | 缺口 | 55.8~90 | 10.7 | 10.7 | 15 |
| 硬度 | — | 11.4HBS M75 | 13.5HBS | 4.2 HBS R100 | 12.7HBS M69、 M120 | |
| 体积电阻率 | $\rho_v/(\Omega \cdot \text{cm})$ | 3.06×10^{17} | 10^{17} | 1.56×10^{16} | 9.46×10^{16} | |
| 击穿强度 | $E/(\text{kV}/\text{mm})$ | 17~22 | 22 | 16.4~ 20.2 | 16.1 | |

注：同一品种的塑料，因生产厂、生产日期和批量不同，技术指标会有差

(续)

| 碳 | | 聚苯醚 | 氟塑料 | | | 醇酸 纤维素 | 聚酰亚胺 (包封级) |
|-------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------|
| 30% 玻纤增强 | 聚芳碳 | | 聚四氟 乙 烯 | 聚三氟 氧 乙 烯 | 聚偏二 氟 乙 烯 | | |
| 1.34~1.40 | 1.37 | 1.06~ 1.07 | 2.1~2.2 | 2.11~ 2.3 | 1.76 | 1.23~ 1.34 | 1.55 |
| 0.71~0.75 | 0.73 | 0.93~ 0.94 | 0.45~ 0.48 | 0.43~ 0.47 | 0.57 | 0.75~ 0.81 | |
| <0.1 | 1.8 | 0.06 | 0.005 | 0.005 | 0.04 | 1.9~6.5 | 0.11 |
| 0.3~0.4 | 0.5~0.8 | 0.4~0.7 | 3.1~7.7 | 1~2.5 | 2.0 | 0.3~ 0.42 | 0.3 |
| | | 300 | 327 | 260~280 | 204~285 | | |
| 191 | | 180~204 | 121~126 | 130 | 150 | 49~76 | 288 |
| 185 | | 175~193 | 120 | 75 | 90 | 44~88 | 288 |
| >103 | 98.3 | 87 | 14~25 | 32~40 | 46~49.2 | 13~59 (断裂) | 18.3 |
| 3.0×10^3 | | 2.5×10^3 | 0.4×10^3 | $1.1 \sim$ 1.3×10^3 | $0.84 \times$ 10^3 | $0.46 \sim$ 2.8×10^3 | |
| >180 | 154 | 140 | 11~14 | 55~70 | | 14~110 | 70.3 |
| 46 | 102 | 100 | 不断 | | 160 | | |
| 10.1 | 17 | 13.5 | 16.4 | 13~17 | 20.3 | 0.86~ 11.7 | |
| 14HBS | 14HBS R110 | 13.3HBS R118~ 123 | R58 邵氏 D50~65 | 9~13 HBS 邵氏 D74~78 | 邵氏 D80 | R35~ 125 | 肖氏 D50 |
| $>10^{16}$ | $1.1 \times$ 10^{17} | $2.0 \times$ 10^{17} | $>10^{18}$ | $>10^{17}$ | 2×10^{14} | $10^{10} \sim$ 10^{14} | 8×10^{14} |
| 20 | 29.7 | 16~20.5 | 25~40 | 19.7 | 10.2 | 11.8~ 23.6 | 28.5 |

异, 应以具体产品的检验说明书为准。

表3 常用热固性塑

| 塑料型号 | | R121、R126、R128、 R131、R132、R133、 R135、R136、R137、 R138 | R131 R135 | D131 D133 D135 | D138 |
|--------|-----------------------------------|---|--------------|-------------------------|-------------------------|
| 颜色 | | 黑、棕 | 红、绿 | 黑、棕 | 黑、棕 |
| 体积质量 | $\rho/(\text{kg}/\text{dm}^3)$ | ≤ 1.50 | | ≤ 1.50 | ≤ 1.50 |
| 比体积 | $v/(\text{dm}^3/\text{kg})$ | ≤ 2.0 | | ≤ 2.0 | ≤ 2.0 |
| 收缩率 | s | 0.5~1.0 | | 0.5~1.0 | 0.5~1.0 |
| 吸水性 | $w_s/(\text{mg}/\text{cm}^2)$ | | | ≤ 0.8 | ≤ 0.8 |
| 拉西格流动性 | l/mm | 100~190 | | 80~180 | 100~180 |
| 马丁耐热性 | $t/^\circ\text{C}$ | | | ≥ 120 | ≥ 120 |
| 冲击强度 | $a/(\text{kJ}/\text{m}^2)$ | ≥ 5 | | ≥ 6 | ≥ 6 |
| 抗弯强度 | σ_f/MPa | ≥ 60 | | ≥ 70 | ≥ 70 |
| 表面电阻率 | ρ_s/Ω | | | $\geq 1 \times 10^{11}$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ |
| 体积电阻率 | $\rho_v/(\Omega \cdot \text{cm})$ | | | $\geq 1 \times 10^{10}$ | $\geq 1 \times 10^{10}$ |
| 击穿强度 | $E/(\text{kV}/\text{cm})$ | | | ≥ 12 | ≥ 12 |

料的主要技术指标

| D141 D144 D145 | D151 | D141 | U1601 U1501 | U165 | U2101 U8101 | U2301 |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 黑、棕 | 黑、棕 | 红、绿 | 黑、棕 | 黑、棕 | 本 | 本 |
| ≤ 1.45 | ≤ 1.40 | ≤ 1.50 | ≤ 1.45 | ≤ 1.40 | ≤ 2.0 | ≤ 2.0 |
| ≤ 2.0 | ≤ 2.0 | ≤ 2.0 | ≤ 2.0 | ≤ 2.8 | | |
| 0.5~1.0 | 0.5~1.0 | 0.5~1.0 | 0.5~1.0 | 0.5~1.0 | | 0.4~0.9 |
| ≤ 0.8 | ≤ 0.7 | ≤ 0.8 | ≤ 0.5 | ≤ 0.8 | | ≤ 0.25 |
| 80~180 | 80~180 | 80~180 | 100~200 | 80~180 | 80~100 | 80~180 |
| ≥ 120 | ≥ 120 | ≥ 120 | ≥ 115 | ≥ 110 | ≥ 130 | ≥ 140 |
| ≥ 6 | ≥ 6 | ≥ 6 | ≥ 5 | ≥ 5 | ≥ 3 | ≥ 3 |
| ≥ 70 | ≥ 70 | ≥ 70 | ≥ 65 | ≥ 65 | | |
| $\geq 1 \times 10^{11}$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ | $\geq 5 \times 10^{13}$ | $\geq 5 \times 10^{13}$ | $\geq 1 \times 10^{13}$ | $\geq 1 \times 10^{13}$ |
| $\geq 1 \times 10^{10}$ | $\geq 1 \times 10^{10}$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ | $\geq 5 \times 10^{12}$ | $\geq 5 \times 10^{12}$ | $\geq 1 \times 10^{13}$ | $\geq 1 \times 10^{13}$ |
| ≥ 12 | ≥ 12 | ≥ 10 | ≥ 13 | ≥ 13 | ≥ 12 | ≥ 13 |

| 塑料型号 | | P2301 | P3301 | P7301 | P2701 |
|--------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 颜色 | | 本、褐 | 本 | 本、黑 | 本、黑 |
| 体积质量 | $\rho/(\text{kg}/\text{dm}^3)$ | ≤ 1.90 | ≤ 1.85 | ≤ 1.95 | ≤ 1.60 |
| 比体积 | $v/(\text{dm}^3/\text{kg})$ | | | | |
| 收缩率 | s | 0.3~0.7 | 0.2~0.5 | 0.3~0.7 | 0.5~0.9 |
| 吸水性 | $w_s/(\text{mg}/\text{cm}^2)$ | ≤ 0.25 | ≤ 0.25 | ≤ 0.25 | ≤ 0.25 |
| 拉西格流动性 | l/mm | 80~180 | 80~180 | 80~180 | 80~180 |
| 马丁耐热性 | $t/^\circ\text{C}$ | ≥ 140 | ≥ 140 | ≥ 150 | ≥ 140 |
| 冲击强度 | $a/(\text{kJ}/\text{m}^2)$ | ≥ 6 | ≥ 2 | ≥ 3 | ≥ 4 |
| 抗弯强度 | σ_f/MPa | ≥ 80 | ≥ 40 | ≥ 50 | ≥ 55 |
| 表面电阻率 | ρ_s/Ω | $\geq 5 \times 10^{13}$ | $\geq 5 \times 10^{13}$ | $\geq 1 \times 10^{14}$ | $\geq 1 \times 10^{13}$ |
| 体积电阻率 | $\rho_v/(\Omega \cdot \text{cm})$ | $\geq 1 \times 10^{13}$ | $\geq 1 \times 10^{13}$ | $\geq 1 \times 10^{14}$ | $\geq 1 \times 10^{13}$ |
| 击穿强度 | $E/(\text{kV}/\text{cm})$ | ≥ 12 | ≥ 12 | ≥ 12 | ≥ 12 |

(续)

| Y2304 | A1501 | SS802 | H161 | E631 E431 | E731 |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 本 | 黑、棕 | 黑、棕 | 黑、棕、 红、绿 | 黑、棕 | 黑 |
| ≤ 1.90 | ≤ 1.45 | ≤ 1.60 | ≤ 1.50 | ≤ 1.70 | ≤ 1.80 |
| | ≤ 2.0 | | ≤ 2.0 | ≤ 2.0 | |
| 0.4~0.7 | 0.5~1.0 | 0.4~0.8 | 0.5~0.9 | 0.2~0.6 | |
| ≤ 0.25 | ≤ 0.8 | ≤ 0.3 | ≤ 0.40 | ≤ 0.50 | ≤ 0.20 |
| 100~200 | 80~180 | 100~200 | 100~190 | 80~180 | ≥ 160 |
| ≥ 125 | ≥ 120 | ≥ 120 | ≥ 125 | ≥ 140 | ≥ 140 |
| ≥ 6 | ≥ 5.5 | ≥ 6 | ≥ 6 | ≥ 4.5 | ≥ 2.5 |
| ≥ 90 | ≥ 65 | ≥ 65 | ≥ 70 | ≥ 60 | |
| $\geq 1 \times 10^{14}$ | $\geq 1 \times 10^{13}$ | $\geq 1 \times 10^{12}$ | $\geq 1 \times 10^{12}$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ |
| $\geq 1 \times 10^{14}$ | $\geq 5 \times 10^{12}$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ | $\geq 1 \times 10^{10}$ | $\geq 1 \times 10^{10}$ |
| ≥ 16 | ≥ 13 | ≥ 13 | ≥ 13 | ≥ 12 | ≥ 12 |

| 塑料型号 | | J1503 | J8603 | M441 | M4602 |
|--------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|-------------|
| 颜色 | | 黑、褐 | 黑 | 黑 | 本 |
| 体积质量 | $\rho/(\text{kg}/\text{dm}^3)$ | ≤ 1.45 | ≤ 1.60 | ≤ 1.80 | ≤ 1.90 |
| 比体积 | $v/(\text{dm}^3/\text{kg})$ | ≤ 2.0 | | | |
| 收缩率 | s | 0.5~1.0 | 0.5~0.9 | | |
| 吸水性 | $w_s/(\text{mg}/\text{cm}^2)$ | ≤ 0.80 | ≤ 0.30 | ≤ 0.20 | ≤ 0.50 |
| 拉西格流动性 | l/mm | 100~200 | 100~190 | 100~180 | 80~200 |
| 马丁耐热性 | $t/^\circ\text{C}$ | ≥ 125 | ≥ 125 | ≥ 150 | |
| 冲击强度 | $a/(\text{kJ}/\text{m}^2)$ | ≥ 8 | ≥ 8 | ≥ 4 | ≥ 3.5 |
| 抗弯强度 | σ_f/MPa | ≥ 60 | ≥ 60 | ≥ 70 | |
| 表面电阻率 | ρ_s/Ω | $\geq 1 \times 10^{12}$ | $\geq 1 \times 10^{12}$ | | |
| 体积电阻率 | $\rho_v/(\Omega \cdot \text{cm})$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ | | |
| 击穿强度 | $E/(\text{kV}/\text{cm})$ | ≥ 12 | ≥ 13 | | |

(续)

| MS802 | H161-Z | H1601-Z | D151-Z | T171 | T661 |
|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|-------------|
| 黑 | 黑 | 黑、棕 | 黑 | 黑、绿 | 本 |
| ≤ 1.50 | ≤ 1.45 | ≤ 1.45 | ≤ 1.45 | ≤ 1.45 | ≤ 1.65 |
| | ≤ 2.0 | ≤ 2.0 | ≤ 2.0 | | |
| 0.4~0.8 | 0.6~1.0 | 0.6~1.0 | 0.6~1.0 | 0.6~1.0 | 0.5~0.9 |
| ≤ 0.30 | ≤ 0.40 | ≤ 0.40 | ≤ 0.70 | ≤ 0.50 | ≤ 0.40 |
| 100~200 | >200 余料 0.1~0.5 克 | >200 余料 0.1~0.5 克 | | ≥ 140 | 120~200 |
| ≥ 110 | ≥ 125 | ≥ 125 | ≥ 120 | ≥ 120 | ≥ 125 |
| ≥ 5 | ≥ 6 | ≥ 6 | ≥ 6 | ≥ 6 | ≥ 6 |
| ≥ 55 | ≥ 70 | ≥ 70 | ≥ 70 | ≥ 70 | ≥ 70 |
| | $\geq 1 \times 10^{12}$ | $\geq 1 \times 10^{12}$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ | | |
| | $\geq 1 \times 10^{11}$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ | $\geq 1 \times 10^{10}$ | | |
| | ≥ 13 | ≥ 13 | ≥ 12 | | |

| 塑 料 型 号 | | 塑 33-3 | 塑 33-5 | MP-1 | A1(脲甲醛塑料) | |
|---------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | | | | 粉 | 粒 |
| 颜 色 | | 蓝灰 | 蓝灰 | 蓝灰 | | |
| 体积质量 | $\rho/(\text{kg}/\text{dm}^3)$ | ≤ 1.80 | ≤ 2.10 | ≤ 2.00 | ≤ 1.50 | ≤ 1.50 |
| 比 体 积 | $v/(\text{dm}^3/\text{kg})$ | ≤ 2.0 | | | ≤ 3.0 | ≤ 2.0 |
| 收 缩 率 | s | 0.4~0.8 | 0.2~0.6 | 0.1~0.4 | 0.4~0.8 | 0.4~0.8 |
| 吸 水 性 | $w_s/(\text{mg}/\text{cm}^2)$ | ≤ 1.00 | ≤ 0.80 | ≤ 0.40 | 0.50 | ≤ 0.50 |
| 拉西格流动性 | l/mm | 120~200 | 120~190 | | 140~200 | 140~200 |
| 马丁耐热性 | $t/^\circ\text{C}$ | ≥ 140 | ≥ 150 | ≥ 180 | ≥ 100 | ≥ 100 |
| 冲击强度 | $a/(\text{kJ}/\text{m}^2)$ | ≥ 4.5 | ≥ 2.5 | ≥ 15 | ≥ 8 | ≥ 7 |
| 抗弯强度 | σ_f/MPa | ≥ 70 | ≥ 50 | ≥ 80 | ≥ 90 | ≥ 90 |
| 表面电阻率 | ρ_s/Ω | $\geq 1 \times 10^{12}$ | $\geq 1 \times 10^{12}$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ |
| 体积电阻率 | $\rho_v/(\Omega \cdot \text{cm})$ | $\geq 1 \times 10^{12}$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ | $\geq 1 \times 10^{10}$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ | $\geq 1 \times 10^{11}$ |
| 击穿强度 | $E/(\text{kV}/\text{cm})$ | ≥ 12 | ≥ 12 | ≥ 11 | ≥ 10 | ≥ 10 |

注：同一型号的塑料，因生产厂、生产日期和批量不同，技术指标会略有

(续)

| A2 (半透明聚甲 醛塑料粉) | 聚邻苯二甲酸二丙烯酸酯 (DAP) | | 4250 (有机硅 塑料粉) | KH-612 (硅酮塑料) |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|------------------|
| | D100 (长玻纤*增强) | D200 (短玻纤增强) | | |
| | | | | |
| ≤ 1.50 | ≤ 1.70 | ≤ 1.70 | 1.75~1.95 | 2.03 |
| ≤ 3.0 | | | | |
| 0.4~0.8 | 0.1~0.3 | 0.4~0.8 | ≤ 0.5 | 0.76 (成形后) |
| | | | | |
| 140~200 | 好 | 好 | 100~160 | 30 |
| ≥ 90 | | 130~190 | | |
| ≥ 7 | ≥ 35 | ≥ 20 | | |
| ≥ 90 | >80 | 70~100 | | |
| | 1.5×10^{12} | 1.2×10^{16} | | |
| | 3.87×10^{15} | 5.5×10^{15} | | |
| | 13 | 15 | | |

差异,应以具体产品的检验说明书为准。

表4 常用热塑性塑料

| 塑料名称 | | 硬聚氯乙烯 | 低压聚乙烯 | 聚丙烯 | |
|--------------------|-------------|---------|----------------------------------|---------|-----------------|
| | | | | 纯 | 20%~40% 玻纤增强 |
| 注射机类型 | | 螺杆式 | 柱塞式 | 螺杆式 | |
| 预热和 干燥 | 温度 t (°C) | 70~90 | 70~80 | 80~100 | |
| | 时间 t (h) | 4~6 | 1~2 | 1~2 | |
| 料筒温度 /°C | 后段 | 160~170 | 140~160 | 160~180 | 成形温度 230~290 |
| | 中段 | 165~180 | | 180~200 | |
| | 前段 | 170~190 | 170~200 | 200~220 | |
| 喷嘴温度/°C | | | | | |
| 模具温度/°C | | 30~60 | 60~70 (高密度) 35~55 (低密度) | 80~90 | |
| 注射压力 p /MPa | | 80~130 | 60~100 | 70~100 | 70~140 |
| 成形时间 /s | 注射时间 | 15~60 | 15~60 | 20~60 | |
| | 高压时间 | 0~5 | 0~3 | 0~3 | |
| | 冷却时间 | 15~60 | 15~60 | 20~90 | |
| | 总周期 | 40~130 | 40~130 | 50~160 | |
| 螺杆转速 n / (r/min) | | 28 | | 48 | |
| 后处理 | 方 法 | | | | |
| | 温度/°C | | | | |
| | 时间/h | | | | |
| 说 明 | | | | | |

注射成形的工艺参数

| ABS | | 聚苯乙烯 | | 聚甲醛 (共聚) | 氯化聚醚 |
|----------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 通用级 | 20%~40% 玻纤增强 | 纯 | 20%~30% 玻纤增强 | | |
| 螺杆式 | | 柱塞式 | | 螺杆式 | 螺杆式 |
| 80~85 2~3 | | 60~75 2 | | 80~100 3~5 | 100~105 1.0 |
| 150~170 165~180 180~200 | 成形温度 260~290 | 140~160 170~190 | 成形温度 260~280 | 160~170 170~180 180~190 | 170~180 185~200 210~240 |
| 170~180 | | | | | 170~180 |
| 50~80 | 75 | 32~65 | | 90~120① | 80~110① |
| 60~100 | 106~281 | 60~110 | 56~160 | 80~130 | 80~120 |
| 20~90 0~5 20~120 50~220 | | 15~45 0~3 15~60 40~120 | | 20~90 0~5 20~60 50~160 | 15~60 0~5 20~60 40~130 |
| 30 | | 48 | | 28 | 28 |
| 红外线 灯、烘箱 70 2~4 | | 红外线灯、 烘箱 70 2~4 | | 红外线灯、 鼓风烘箱 140~145 | |
| AS的 成形条件 与上相似 | | 丁苯橡胶改 性的聚苯乙烯 的成形条件与 上相似 | | 均聚的成形 条件与上相似 | |

| 塑料名称 | | 聚碳酸酯 | | 聚 砜 | 聚芳砜 |
|-------------------|--------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | | 纯 | 30% 玻纤增强 | | |
| 注射机类型 | | 螺杆式 | | 螺杆式 | 螺杆式 |
| 预热和 干燥 | 温度/℃ | 110~120 | | 120~140 | 200 |
| | 时间/h | 8~12 | | >4 | 6~8 |
| 料筒温度 /℃ | 后段 | 210~240 | 成形温度 210~300 | 250~270 | 310~370 |
| | 中段 | 230~280 | | 280~300 | 345~385 |
| | 前段 | 240~285 | | 310~330 | 385~420 |
| 喷嘴温度/℃ | | 240~250 | | 290~310 | 380~410 |
| 模具温度/℃ | | 90~110 ^② | 90~110 ^① | 130~150 ^② | 230~250 ^① |
| 注射压力 p /MPa | | 80~130 | 80~130 | 80~200 | 150~200 |
| 成形时间 /s | 注射时间 | 20~90 | | 30~90 | 15~20 |
| | 高压时间 | 0~5 | | 0~5 | 0~5 |
| | 冷却时间 | 20~90 | | 30~60 | 10~20 |
| | 总周期 | 40~190 | | 65~150 | |
| 螺杆转速 n /(r/min) | | 28 | | 28 | |
| 后处理 | 方 法 | 红外线灯、 鼓风烘箱 | | 红外线灯、 鼓风烘箱、 甘油 | |
| | 温度/℃ 时间/h | 100~110 8~12 | | 110~130 4~8 | |
| 说 明 | | | | | |

(续)

| 聚苯醚 | 氟 塑 料 | | 醋酸纤维素 | 聚酰胺 | 改性聚甲基 丙烯酸甲酯 (372) |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | 聚三氟 氯乙烯 | 聚全氟 乙丙烯 | | | |
| 螺杆式 | 螺杆式 | 螺杆式 | 柱塞式 | 螺杆式 | 柱塞式 |
| 130 4 | | | 70~75 4 | 130 4 | 70~80 4 |
| 230~240 250~280 260~290 | 200~210 285~290 275~280 | 165~190 270~290 310~330 | 150~170 170~190 | 240~270 260~290 280~315 | 160~180 |
| 250~280 | 265~270 | 300~310 | | 290~300 | 210~240 |
| 110~ 150 ^① | 110~130 ^① | 110~130 ^① | 20~80 | 130~150 ^① | 40~60 |
| 80~200 | 80~130 | 80~130 | 60~130 | 80~200 | 80~130 |
| 30~90 0~5 30~60 70~160 | 20~60 0~3 20~60 50~130 | 20~60 0~3 20~60 50~130 | 15~45 0~3 15~45 40~100 | 30~60 0~5 20~90 60~160 | 20~60 0~5 20~90 50~150 |
| 28 | 30 | 30 | | 28 | |
| 红外线 灯、甘油 150 1~4 | | | | 红外线灯、 鼓风烘箱 150 4 | 红外线灯、 鼓风烘箱 70 4 |
| | | 无增塑剂类 | | | |

| 塑料名称 | | 聚 | | | |
|-------------------|--------------|---|--------------------|---------|-----------------|
| | | 尼龙 1010 | 35%玻纤增 强尼龙 1010 | 尼龙 6 | 30%玻纤增 强尼龙 6 |
| 注射机类型 | | 螺杆式 | | 螺杆式 | |
| 预热和 干燥 | 温度/℃ | 100~110 | | 100~110 | |
| | 时间/h | 12~16 | | 12~16 | |
| 料筒温度 /℃ | 后段 | 190~210 | 成形温度 | 220~300 | 成形温度 |
| | 中段 | 200~220 | | | |
| | 前段 | 210~230 | | | |
| 喷嘴温度/℃ | | 200~210 | 190~250 | | 227~316 |
| 模具温度/℃ | | 40~80 | | | 70 |
| 注射压力 p /MPa | | 40~100 | 80~100 | 70~120 | 70~176 |
| 成形时间 /s | 注射时间 | 20~90 | | | |
| | 高压时间 | 0~5 | | | |
| | 冷却时间 | 20~120 | | | |
| | 总周期 | 45~220 | | | |
| 螺杆转速 n /(r/min) | | | | | |
| 后处理 | 方 法 | | | | |
| | 温度/℃ 时间/h | | | | |
| 说 明 | | 1. 预热和干燥均采用鼓风烘箱。 2. 凡潮湿环境使用的塑料, 应进行调湿处理, 在 | | | |

① 模具宜加热。

(续)

| 酰 | | 胺 | | |
|------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|
| 尼龙 66 | 20~40 玻纤 增强尼龙 66 | 尼龙 610 | 尼龙 9 | 尼龙 11 |
| 螺杆式 | | 螺杆式 | 螺杆式 | 螺杆式 |
| 100~110 12~16 | | 100~110 12~16 | 100~110 12~16 | 100~110 12~16 |
| 245~350 | 成形温度 | 220~300 | 220~300 | 180~250 |
| | 230~280 | | | |
| | 110~120* | | | |
| 70~120 | 80~130 | 70~120 | 70~120 | 70~120 |
| | | | | |
| | | | | |

油、水、盐水

90~100

4

100~120℃水中加热 2~18h.

表 5 注射模型的缺陷及其可能产生原因的分析

| 制品缺陷 | 产生的原因 |
|----------|--|
| 1. 制品不足 | (1) 料筒、喷嘴及模具温度偏低 (2) 加料量不够 (3) 料筒剩料太多 (4) 注射压力太低 (5) 注射速度太慢 (6) 浇道或浇口太小, 浇口数目不够, 位置不当 (7) 模腔排气不良 (8) 注射时间太短 (9) 浇注系统发生堵塞 (10) 原料流动性太差 |
| 2. 制品溢边 | (1) 料筒、喷嘴及模具温度太高 (2) 注射压力太大, 锁模力不足 (3) 模具密封不严, 有杂物或模板弯曲变形 (4) 模腔排气不良 (5) 原料流动性太大 (6) 加料量太多 |
| 3. 制品有气泡 | (1) 塑料干燥不良, 含有水分、单体、溶剂和挥发性气体 (2) 塑料有分解 (3) 注射速度太快 (4) 注射压力太小 (5) 模温太低、充模不完全 (6) 模具排气不良 (7) 从加料端带入空气 |
| 4. 制品凹陷 | (1) 加料量不足 (2) 料温太高 (3) 制品壁厚或壁薄相差大 (4) 注射及保压时间太短 |

(续)

| 制品缺陷 | 产生的原因 |
|---------------|---|
| 4. 制品凹陷 | (5) 注射压力不够 (6) 注射速度太快 (7) 浇口位置不当 |
| 5. 熔接痕 | (1) 料温太低, 塑料流动性差 (2) 注射压力太小 (3) 注射速度太慢 (4) 模温太低 (5) 模腔排气不良 (6) 原料受到污染 |
| 6. 制品表面有银丝及波纹 | (1) 原料含有水分及挥发物 (2) 料温太高或太低 (3) 注射压力太低 (4) 浇道浇口尺寸太大 (5) 嵌件未预热或温度太低 (6) 制品内应力太大 |
| 7. 制品表面有黑点及条纹 | (1) 塑料有分解 (2) 螺杆转速太快, 背压太高 (3) 塑料碎屑卡入柱塞和料筒间 (4) 喷嘴与主浇道吻合不好, 产生积料 (5) 模具排气不良 (6) 原料污染或带进杂质 (7) 塑料颗粒大小不均匀 |
| 8. 制品翘曲变形 | (1) 模具温度太高, 冷却时间不够 (2) 制品厚薄悬殊 (3) 浇口位置不当, 数量不够 (4) 顶出位置不当, 受力不均 (5) 塑料大分子定向作用太大 |

(续)

| 制品缺陷 | 产生的原因 |
|--------------|--|
| 9. 制品尺寸不稳定 | (1) 加料量不稳 (2) 原料颗粒不匀, 新旧料混合比例不当 (3) 料筒和喷嘴温度太高 (4) 注射压力太低 (5) 充模保压时间不够 (6) 浇口、浇道尺寸不均 (7) 模温不均匀 (8) 模具设计尺寸不准确 (9) 脱模杆变形或磨损 (10) 注射机的电气, 液压系统不稳定 |
| 10. 制品粘模 | (1) 注射压力太高, 注射时间太长 (2) 模具温度太高 (3) 浇口尺寸太大和位置不当 (4) 模腔光洁度不够 (5) 起模斜度太小, 不易脱模 (6) 顶出位置结构不合理 |
| 11. 主浇道粘模 | (1) 料温太高 (2) 冷却时间太短、主浇道料尚未凝固 (3) 喷嘴温度太低 (4) 主浇道无冷料井 (5) 主浇道光洁度差 (6) 喷嘴孔径大于主浇道直径 (7) 主浇道衬套弧度与喷嘴弧度不吻合 (8) 主浇道斜度不够 |
| 12. 制品内冷块或僵块 | (1) 塑化不均匀 (2) 模温太低 (3) 料内混入杂质或不同牌号的原料 |

(续)

| 制品缺陷 | 产生的原因 |
|--------------|---|
| 12. 制品内冷块或僵块 | (4) 喷嘴温度太低 (5) 无主浇道或分浇道冷料井 (6) 制品重量和注射机最大注射量接近, 而成形时间太短 |
| 13. 制件分层脱皮 | (1) 不同塑料混杂 (2) 同一种塑料不同级别相混 (3) 塑化不均匀 (4) 原料污染或混入异物 |
| 14. 制品褪色 | (1) 塑料污染或干燥不够 (2) 螺杆转速太大, 背压太高 (3) 注射压力太大 (4) 注射速度太快 (5) 注射保压时间太长 (6) 料筒温度过高, 致使塑料、着色剂或添加剂分解 (7) 浇道、浇口尺寸不合适 (8) 模具排气不良 |
| 15. 制品强度下降 | (1) 塑料分解 (2) 成形温度太低 (3) 熔接不良 (4) 塑料潮湿 (5) 塑料混入杂质 (6) 浇口位置不当 (7) 制品设计不当, 有锐角缺口 (8) 围绕金属嵌件周围的塑料厚度不够 (9) 模具温度太低 (10) 塑料回料次数太多 |

表6 常用热固性塑料模塑成形工艺参数

| 塑料型号 | 预热条件 | | 成形温度 /℃ | 成形压力 p /MPa | 保持时间 / (min/ mm) | 说 明 |
|----------------------------------|----------|---------------------|--|------------------|------------------------|--|
| | 温度 /℃ | 时间 /min | | | | |
| R128、R131、 R133、R135、 R138 | | | 160~175 | >25 | 0.8~1.0 | 1. 有机硅塑料(4250)成形后需高温热处理固化 |
| D131、D133、 D141、D144、 D151 | 100~140 | 根据塑 件大小和 要求选定 | 155~165 | >25 | 0.6~1.0 | |
| D138 | 100~140 | | 160~180 | >25 | 0.6~1.0 | |
| U1601 | 140~160 | 4~8 | 155~165 | >25 | 1.0~1.5 | 2. 硅酮塑料(KH-612)的固化剂为碱式碳酸钙、苯甲酸,二次固化条件为200℃, 2h |
| U2101、U8101 U2301 | 150~160 | 5~10 | 165~180 | >30 | 2.0~2.5 | |
| P2301、P3301、 P2701、P7301 | 150~160 | 5~10 | 160~170 | >40 | 2.0~2.5 | |
| Y2301 | 120~160 | 5~30 | 160~180 | >30 | 2.0~2.5 | |
| A1501 | 140~160 | 4~8 | 150~160 | >25 | 1.0~1.5 | 3. 挤塑成形压力: 酚醛塑料取50~80MPa, 纤维填料的塑料取80~120MPa, 环氧、硅酮等低压封装用塑料取2~10MPa。模具温度一般取130~190℃ |
| S5802 | 100~130 | 4~6 | 145~160 | >25 | 1.0~1.5 | |
| H161 | 120~130 | 4~8 | 155~165 | >25 | 1.0~1.5 | |
| E431 | | | 155~165 | >25 | 1.0~1.5 | |
| E631 | 130~150 | 6~8 | 155~165 | 25~35 | 1.0~1.5 | |
| E731 | 120~150 | 4~10 | 150~155 | >30 | 1.0~1.5 | |
| J1503 | 125~135 | 4~8 | 165~175 | >25 | 1.0~1.5 | |
| J8603 | 135~145 | 5~10 | 160~175 | >25 | 1.5~2.0 | |
| M441 M4602 M5802 | 120~140 | 4~6 | 150~160 | 25~35 | 1.0~1.5 | |
| T171、T661 | | | 155~165 | 25~35 | 1.0~1.5 | |
| H161-Z | | | 料筒前 80~95 料筒后 40~60 模具内 170~190 | 80~160 | 0.3~0.5 | |

(续)

| 塑料型号 | 预热条件 | | 成形温度 /℃ | 成形压力 p/MPa | 保持时间 /(min/ mm) | 说 明 |
|-----------------|----------|--------------|--|---------------|-----------------------|--|
| | 温度 /℃ | 时间 /min | | | | |
| H1601-Z | | | 料筒前 80~95 料筒后 40~60 模具内 180~200 | 80~160 | 0.5~0.7 | 1. 有机硅塑料(4250)成形后需高温热处理固化 2. 硅酮塑料(KH-612)的固化剂为碱式碳酸钙、苯甲酸,二次固化条件为200℃, 2h 3. 挤塑成形压力: 酚醛塑料取50~30MPa 纤维填料的塑料取80~120MPa, 环氧、硅酮等低压封装用塑料取2~10MPa。 模具温度一般取130~190℃ |
| D151-Z | | | 料筒前 80~95 料筒后 40~60 模具内 170~190 | | 0.3~0.5 | |
| MP-1 | 115~125 | 10~15 | 135~145 | >40 | 2.0 | |
| 塑 33-3 | 100~120 | 6~10 | 160~175 | >35 | 2.0~2.5 | |
| 塑 33-5 | 115~125 | 6~8 | 150~165 | >35 | 2.0~2.5 | |
| A1 (粉) | | | 薄壁塑件 140~150 | 25~35 | 薄壁塑件 0.5~1.0 | |
| A1 (粒) | | | 一般塑件 135~145 | | 一般塑件 1.0 | |
| A2 | | | 大型厚件 125~135 | | 大型厚件 1.0~2.0 | |
| 4250 | 115~120 | 5~7 | 165~175 | 35~45 | 2.0~3.0 | |
| KH-612 | 配制工艺 | | 160~180 | 1~10 | 2.0~5.0 | |
| | 90~100 | 湿 炼 25~40 | | | | |
| D100 (长玻纤增强) | | | 130~160 | 20~30 | 1.0~2.0 | |
| D200 (短玻纤增强) | | | 130~160 | 20~30 | 1.0~2.0 | |

表7 一般热固性塑料产生废品的类型、原因及处理方法

| 废品类型 | 产生的原因 | 处理的方法 |
|------------|---|---|
| 1. 表面起泡或鼓起 | (1) 塑料中水分与挥发物的含量太大 (2) 模具过热或过冷 (3) 模压压力不足 (4) 模压时间过短 (5) 塑料压缩率太大, 所含空气太多 (6) 加热不均匀 | (1) 将塑料进行干燥或预热后再加入模具 (2) 适当调节温度 (3) 增加压力 (4) 延长模压时间(指固化阶段) (5) 将塑料进行预压或用适当的分配方式使有利于空气的逸出。对于疏松状塑料, 宜将塑料堆成山峰状, 且不宜使峰顶平坦或下陷 (6) 改进加热装置 |
| 2. 翘曲 | (1) 塑料固化程度不足 (2) 模具温度过高或凸凹两模的表面温差太大, 致使制品各部间的收缩率不一致 (3) 制品结构的刚度不足 (4) 制品壁厚与形状过分不规则致使料流固化与冷却不均匀, 从而造成各部分的收缩不一致 (5) 塑料流动性太大 (6) 闭模前塑料在模内停留的时间过长 (7) 塑料中水分或挥发物含量太大 | (1) 增加固化时间 (2) 降低温度或调整凸凹两模的温差在 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 的范围内, 最好相同 (3) 设计制品时应考虑增加制品的厚度或增添加强肋 (4) 改用收缩率小的塑料; 相应调整各部分的温度; 预热塑料; 变换制品的设计 (5) 改用流动性小的塑料 (6) 缩短塑料在闭模前停留于模内的时间 (7) 预热塑料 (8) 可用制品在模具内冷却的方法消除, 但如此即延长模压周期或需用几付模具, 对生产不够经济。如特殊需要也可采用 |

(续)

| 废品类型 | 产生的原因 | 处理的方法 |
|-------------------------------------|---|---|
| 3. 欠压 (即制品没有完全成形, 不均匀, 制品全部或局部成疏松状) | (1) 压力不足 (2) 上料份量不足 (3) 塑料的流动性大或小 (4) 闭模太快或排气太快, 使塑料自模具溢出 (5) 闭模太慢或模具温度过高, 以致有部分塑料发生过早的固化 | (1) 增大压力 (2) 增加料量 (3) 改用流动性适中的塑料, 或在模压流动性大的塑料时缓缓加大压力; 而在模压流动性小的塑料时则增大压力与降低温度 (4) 减慢闭模与排气的速度 (5) 加快闭模或降低模具温度 |
| 4. 裂缝 | (1) 嵌件与塑料的体积比率不当或配入的嵌件太多 (2) 嵌件的结构不正确 (3) 模具设计不当或顶出装置不好 (4) 制品各部分的厚度相差太大 (5) 塑料中水分和挥发物含量太大 (6) 制品在模内冷却时间太长 | (1) 制品应另行设计或改用收缩率小的塑料 (2) 改用正确的嵌件 (3) 改正模具或顶出装置的设计 (4) 改正制品的设计 (5) 预热塑料 (6) 缩短或免去在模内冷却的时间 |
| 5. 表面灰暗 | (1) 模面的表面粗糙度太大 (2) 润滑剂质量差或用量不够 (3) 模具温度过高或过低 | (1) 仔细清理模具并加强维护; 抛光或镀铬 (2) 改用适当的润滑剂 (3) 校正模具温度 |
| 6. 表面出现斑点或小缝 | 塑料内含有外来杂质, 尤其是油类物质; 或者是模具没有得到很好的清理 | 塑料应过筛, 防止外来杂质的沾染, 仔细清理模腔 |

(续)

| 废品类型 | 产生的原因 | 处理的方法 |
|------------------|---|---|
| 7. 制品变色 | 模具温度过高 | 降低模温 |
| 8. 粘模 | (1) 塑料中可能无润滑剂或用量不当 (2) 模面表面粗糙度粗 | (1) 塑料内应加入适当的润滑剂 (2) 细化模面表面粗糙度 |
| 9. 飞边太厚 | (1) 上料量过多 (2) 塑料流动性太小 (3) 模具设计不当 (4) 导合钉的套筒被堵塞 | (1) 准确加料 (2) 预热塑料, 降低温度及增大压力 (3) 改正设计错误 (4) 清理套筒 |
| 10. 表面呈桔皮状 | (1) 塑料在高压下闭模太快 (2) 塑料流动性太大 (3) 塑料颗粒太粗 (4) 塑料水分太多(暴露太多) | (1) 降低闭模速度 (2) 改用流动性较小的塑料或将原用塑料进行烘焙 (3) 预热塑料, 将粗颗粒料模压薄壁长流距的制品 (4) 进行干燥 |
| 11. 脱模时呈柔软状 | (1) 塑料固化程度不够 (2) 塑料水分太多(暴露太久) (3) 模具上润滑油用得太多 | (1) 增长模压周期(指固化阶段)或者提高模压温度 (2) 预热塑料 (3) 不用或少用 |
| 12. 制品尺寸不合要求 | (1) 上料量不准 (2) 模具不精确或已磨损 (3) 塑料不合规格 | (1) 调整上料量 (2) 修理或变换模具 (3) 改用符合规格的塑料 |
| 13. 电性能不合要求 | (1) 塑料水分太多 (2) 塑料固化程度不够 (3) 塑料中含有金属污物或油脂等杂质 | (1) 预热塑料 (2) 增长模压周期或提高模温 (3) 防止外来杂质 |
| 14. 机械强度差与化学性能低劣 | (1) 塑料固化程度不够, 一般是由模温太低造成的 (2) 模压压力不足或上料量不够 | (1) 增加模具温度与模压周期(指固化阶段) (2) 增加模压压力和上料量 |

表 8 挤出管材的反常现象、原因及其消除方法

| 出现的问题 | 原因 | 消除方法 |
|--------------|---|--|
| 1. 管材内外表面毛糙 | (1) 塑料中水分含量过大 (2) 料温太低 (3) 机头与口模内部不洁净 (4) 挤出速率太快 | (1) 干燥塑料 (2) 适当提高温度 (3) 清理机头与口模 (4) 降低螺杆转速 |
| 2. 制品带有焦粒或变色 | (1) 挤压温度过高 (2) 机头与口模内部不洁净或有死角 | (1) 降低温度 (2) 清理机头与口模, 改进机头与口模的流线型 |
| 3. 管材起皱 | (1) 料流发生脉动 (2) 牵引速度不平稳 | (1) 须检查发生脉动的原因, 并采取相应的措施, 放慢挤出速度和严格控制温度 (2) 检查牵引装置使达到平稳 |
| 4. 管壁厚度不均 | (1) 芯棒和模套定位不正 (2) 口模各点温度不均 (3) 牵引位置偏离挤出机的轴线 | (1) 校正其相对位置 (2) 校正温度 (3) 校正牵引的位置 |
| 5. 管材口径不圆 | (1) 定型套口径不圆 (2) 牵引前部的冷却不足 | (1) 掉换或改正定型套 (2) 校正冷却系统或放慢挤出速度 |
| 6. 管材口径大小不同 | (1) 挤出温度有波动 (2) 牵引速度不均 | (1) 控制温度恒定 (2) 检查牵引装置, 使达到平衡 |
| 7. 制品带有杂质 | (1) 滤网破损或滤网不够细 (2) 塑料发生降解 (3) 用料中加入的重用料太多 | (1) 掉换滤网 (2) 校正各段温度 (3) 降低重用料的比率 |

表 9 吹塑薄膜的反常现象、原因及其消除方法

| 出现的问题 | 原因 | 消除方法 |
|----------|-------------------------|-------------------------------|
| 1. 光学性能差 | (1) 熔体温度偏低 (2) 吹胀比过小 | (1) 提高挤出温度 (2) 提高吹胀比 (4:1) |

(续)

| 出现的问题 | 原因 | 消除方法 |
|-------------------------|---|--|
| 1. 光学性能差 | (3) 冷却太慢 | (3) 加快冷却速度 |
| 2. 单向强度偏低 | (1) 横直两向的定向作用不平衡 | (1) 调整牵伸比与吹胀比 |
| 3. 薄膜撕裂强度偏低 | (1) 熔体温度偏高 (2) 定向作用不够 (3) 冷却太快 | (1) 降低挤出温度 (2) 增加吹胀比 (3) 减慢冷却 |
| 4. 薄膜变色 | (1) 树脂发生降解 | (1) 降低料温 |
| 5. 鱼眼泡 | (1) 树脂发生降解 | (1) 降低料温 |
| 6. 薄膜中出现痕迹 | (1) 口模不洁净 (2) 发生降解 | (1) 清理口模 (2) 降低挤出温度 |
| 7. 薄膜厚度不均 | (1) 口模出料不均 | (1) 调整口模缝隙宽度 (2) 调整模口各点的温度 (3) 调整冷却风环的位置 |
| 8. 厚度与宽度发生波动 (管泡不稳定) | (1) 料流出现脉动 (2) 压缩空气压力不稳定 (3) 外面空气流不稳定 | (1) 放慢挤出速度和严格控制温度 (2) 检查供气系统有无漏气或障碍, 并作适当处理 (3) 设法使外在空气流稳定 |
| 9. 薄膜发皱 | (1) 薄膜厚度不均 (2) 口模各部温度不均 | (1) 参见第7条 (2) 调整温度使其均匀 |
| 10. 薄膜两层发粘 | (1) 冷却不够 (2) 润滑剂用量不够 | (1) 增强冷却效果 (2) 适当增加润滑剂用量 |

表 11 电阻丝规格

| 圆形镍铬电 阻丝直径 d (mm) | 断 面 积 A (mm ²) | 最大允许 电 流 I (A) | 当加热至 400℃时 每米电阻丝的电阻 R (Ω/m) | 每米电阻 丝的质量 m (g/m) |
|---------------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 0.5 | 0.196 | 4.2 | 6 | 1.61 |
| 0.6 | 0.283 | 5.5 | 4 | 2.31 |
| 0.8 | 0.503 | 8.2 | 2.25 | 4.12 |
| 1.0 | 0.785 | 11 | 1.5 | 6.44 |
| 1.2 | 1.131 | 14 | 1 | 9.27 |
| 1.5 | 1.767 | 18.5 | 0.61 | 14.5 |
| 1.8 | 2.545 | 23 | 0.45 | 20.9 |
| 2.0 | 3.142 | 25 | 0.36 | 25.8 |
| 2.2 | 3.801 | 28 | 0.29 | 31.2 |

主要参考文献

- 1 翁其金主编。冷冲压与塑料成型——工艺及模具设计（下册）（中等专业学校试用教材）。北京：机械工业出版社，1992
- 2 塑料模设计手册编写组编。塑料模设计手册。北京：机械工业出版社，1984
- 3 一机部材料研究所等编。工程塑料应用。上海：上海人民出版社，1971
- 4 成都科技大学等三校合编。塑料成型模具。北京：轻工业出版社，1987
- 5 机械工业部统编。冲压工工艺学（初级本）。北京：科学普及出版社，1983
- 6 姚开彬、单根全编。工模具制造工艺学。南京：江苏科技出版社，1988
- 7 任鸿烈、冯良为编著。塑料成型模具制造技术。广州：华南理工大学出版社，1990
- 8 黄毅宏主编，模具制造工艺。北京：机械工业出版社，1985

目 录

前言

| | |
|--|----|
| 第一章 基础知识 | 1 |
| 1. 塑料可分为哪几种? 其特点是什么? | 1 |
| 2. 什么是塑料的收缩性? 影响塑料收缩性的基本因素 有哪些? | 2 |
| 3. 什么是塑料的比体积和压缩率? | 2 |
| 4. 热塑性塑料在恒定压力下, 随温度的变化呈现 哪几种状态? | 3 |
| 5. 塑件的尺寸、公差及表面质量有什么要求? | 4 |
| 6. 对塑件的几何形状有什么要求? | 7 |
| 7. 模塑成形对塑件螺纹有什么要求? | 14 |
| 8. 模塑对塑料齿轮有什么要求? | 17 |
| 9. 如何设计带镶嵌件的塑件? | 19 |
| 10. 塑料模如何分类? | 21 |
| 11. 塑料模有哪些基本结构零件? | 22 |
| 12. 塑料模的凹模主要分几类? 组合凹模常见的组合方 式有几种? | 23 |
| 13. 塑料模的型芯主要分几类? 有几种固定方式? | 25 |
| 14. 小型芯成形孔时应注意哪些问题? | 27 |
| 15. 成形复杂孔时, 型芯常采用什么结构? | 28 |
| 16. 螺纹型芯的结构和固定方式是什么? | 29 |
| 17. 螺纹型环的类型、用途和固定方式是什么? | 32 |
| 18. 塑料齿轮型腔的主要结构如何? | 33 |
| 19. 分型面的形状有几种? 选择分型面的一般原则 是什么? | 34 |

| | |
|---|-----------|
| 20. 型腔和型芯的径向尺寸如何计算? | 40 |
| 21. 型腔深度和型芯高度如何计算? | 41 |
| 22. 型芯之间或成形孔之间中心距如何计算? | 42 |
| 23. 图 1-46 所示塑件的材料为聚氯乙烯(硬), 如何确定 模具型腔的内径、型腔的深度、型芯的直径、型芯的 高度及两小孔中心距? | 42 |
| 24. 型芯(或成形孔)中心到成形面间的距离 如何计算? | 44 |
| 25. 螺纹型芯和螺纹型环的尺寸如何计算? | 46 |
| 26. 组合式圆形型腔的侧壁厚度和底板厚度 如何计算? | 50 |
| 27. 整体式圆形型腔的侧壁厚度和底板厚度 如何计算? | 52 |
| 28. 组合式矩形型腔的侧壁厚度和底板厚度 如何计算? | 53 |
| 29. 整体式矩形型腔的侧壁厚度和底板厚度 如何计算? | 56 |
| 30. 塑料模合模导向装置的作用是什么? | 58 |
| 31. 导向装置的设计原则是什么? | 59 |
| 32. 导柱的结构特点是什么? | 60 |
| 33. 导套的结构特点是什么? | 63 |
| 34. 何谓塑料模的支承零件? | 64 |
| 35. 电阻加热器的加热参数如何计算? | 65 |
| 36. 塑料模冷却装置的设计原则是什么? | 67 |
| 37. 冷却装置的主要计算内容是什么? | 68 |
| 第二章 注射模塑工艺及设备 | 70 |
| 38. 注射模塑工艺过程包括哪些内容? | 70 |
| 39. 注射成形前要做哪些准备工作? | 70 |
| 40. 什么是塑化过程? 影响塑化的主要因素是什么? 如何 | |

| | |
|---|-----------|
| 控制塑化压力? | 72 |
| 41. 注射模塑最主要的工艺条件是什么? | 73 |
| 42. 什么是塑件的后处理? 其主要方法有哪几种? 各有 什么特点? | 75 |
| 43. 按外形特点, 注射机可分为哪几类? 各有什么 优缺点? | 76 |
| 44. 注射机主要由哪几部分组成? 各部分的结构和作用 是什么? | 77 |
| 45. 柱塞式注射机的注射模塑原理是什么? 有哪些 优缺点? | 83 |
| 46. 螺杆式注射机的注射模塑原理是什么? 有哪些 优缺点? | 85 |
| 47. 国产注射机合模部分的基本参数是什么? 注射机型号及 主要技术规格是什么? | 86 |
| 第三章 注射模的设计 | 91 |
| 48. 注射模主要有哪几种结构? 在设计时应考虑哪些 问题? | 91 |
| 49. 双分型面注射模的动作原理是什么? | 95 |
| 50. 设计注射成形模如何校核注射压力? | 96 |
| 51. 设计注射成形模如何校核注射量? | 97 |
| 52. 在设计注射成形模时, 如何校核锁模力? 如何确定 模内型腔数? | 99 |
| 53. 注射成形机的喷嘴与注射成形模的主浇道衬套 有什么关系? | 100 |
| 54. 注射机的固定模板定位孔与注射模定位圈 有什么关系? | 101 |
| 55. 注射机的装模空间与注射模的轮廓尺寸有 什么关系? | 101 |
| 56. 注射模在注射机上的安装有哪几种紧固方式? | 102 |

| | |
|---|-----|
| 57. 如何校核注射机的开模行程与顶出装置? | 103 |
| 58. 注射模的普通浇注系统由哪几部分组成? 各部分的 确切位置在哪里? | 106 |
| 59. 如何设计普通浇注系统的主浇道? | 107 |
| 60. 如何设计普通浇注系统的分浇道? | 108 |
| 61. 浇口的基本作用是什么? 浇口位置的选择原则 是什么? | 111 |
| 62. 直接浇口的结构形式如何? 有什么优缺点? | 116 |
| 63. 点浇口的结构形式如何? 有什么优缺点? | 117 |
| 64. 潜伏式浇口的结构形式如何? 有什么优缺点? | 120 |
| 65. 侧浇口的结构形式如何? 有什么优缺点? | 120 |
| 66. 扇形浇口的结构形式如何? 有什么优缺点? | 122 |
| 67. 平缝式浇口的结构形式如何? 有什么优缺点? | 123 |
| 68. 圆环形浇口的结构形式如何? 有什么优缺点? | 124 |
| 69. 轮辐式浇口的结构形式如何? 有什么优缺点? | 124 |
| 70. 爪形浇口的结构形式如何? 有什么优缺点? | 125 |
| 71. 护耳式浇口的结构形式如何? 有什么优缺点? | 126 |
| 72. 普通浇注系统中冷料穴和拉料杆的作用是什么? | 127 |
| 73. 带钩形拉料杆和底部带推杆的冷料穴的结构形式 如何? | 128 |
| 74. 球头拉料杆的结构形式如何? | 130 |
| 75. 无拉料杆冷料穴的结构形式如何? | 131 |
| 76. 塑料注射模的排气系统有什么作用? 有哪一种 排气方式? | 131 |
| 77. 塑料注射模的引气系统有什么作用? 有哪一种 引气方式? | 132 |
| 78. 注射模侧向分型抽芯机构主要分为哪几类? | 134 |
| 79. 侧向分型抽芯机构的抽芯距如何确定? | 135 |
| 80. 什么是侧向分型抽芯机构的抽芯力? 如何计算? | 136 |
| 81. 斜导柱分型抽芯机构中的斜导柱如何设计? | 137 |

| | |
|---|-----|
| 82. 斜导柱分型抽芯机构中的滑块、导滑槽 | |
| 如何设计? | 141 |
| 83. 斜导柱分型抽芯机构中的楔紧块如何设计? | 144 |
| 84. 斜导柱在定模、滑块在动模中的斜导柱分型抽芯机构的 结构形式如何? | 145 |
| 85. 斜导柱在动模、滑块在定模中的斜导柱分型抽芯机构的 结构形式如何? | 146 |
| 86. 斜导柱与滑块同在定模中的斜导柱分型抽芯机构的 结构形式如何? | 148 |
| 87. 滑块导滑的斜滑块分型抽芯机构的结构 形式如何? | 150 |
| 88. 设计斜滑块分型抽芯机构应注意哪些问题? | 151 |
| 89. 什么是注射成形模的推出机构? 推出机构 分几类? | 153 |
| 90. 注射成形模的推杆推出机构的结构形式如何? | 154 |
| 91. 如何设计注射成形模的推杆推出机构? | 155 |
| 92. 注射成形模推管推出机构的结构形式如何? | 158 |
| 93. 注射成形模的推件板推出机构的结构形式如何? | 159 |
| 94. 注射成形模的推块推出机构的结构形式如何? | 162 |
| 95. 注射成形模的活动镶块或凹模推出机构的结构形式 如何? | 163 |
| 96. 注射成形模的联合推出机构的结构形式如何? | 164 |
| 97. 如何设计注射成形模推出机构的辅助零件? | 165 |
| 98. 注射成形模的二级推出机构的结构形式如何? | 167 |
| 99. 注射成形模的双推出机构的结构形式如何? | 169 |
| 100. 注射成形模的顺序推出机构的结构形式如何? | 170 |
| 101. 设计带螺纹塑件的起模机构时应注意哪些问题? | 171 |
| 102. 强制脱出带螺纹塑件的起模机构的结构形式 如何? | 172 |
| 103. 手动脱出带螺纹塑件的起模机构的结构形式 | |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 如何? | 174 |
| 104. 机动脱出带螺纹塑件的起模机构的结构形式 | |
| 如何? | 175 |
| 第四章 压缩模塑工艺及模具设计 | 177 |
| 105. 压缩模塑的工艺过程有哪些? | 177 |
| 106. 压缩模塑的主要工艺条件有哪些? 如何确定? | 178 |
| 107. 压缩模塑前有哪些准备工作? | 180 |
| 108. 按模具在压力机上的固定方式, 压缩模可分为几类? | |
| 有何特点? | 181 |
| 109. 按上、下模配合特征, 压缩模可分为几类? 有哪些特点和 | |
| 优、缺点? | 182 |
| 110. 压缩模由哪些基本部分组成? | 185 |
| 111. 塑料压制用压力机按传动方式主要分哪几类? | 188 |
| 112. 油压机的结构及传动原理是什么? | 189 |
| 113. 国产塑料压制用液压机的技术规格有哪些? | 194 |
| 114. 压力机有关参数的校核内容有哪些? | 198 |
| 115. 如何确定塑件在压模内的加压方向? | 203 |
| 116. 压缩模的凸、凹模主要由哪几部分组成? 各部分的 | |
| 作用是什么? | 206 |
| 117. 溢式压缩模的凸、凹模有哪几种配合形式? | 209 |
| 118. 不溢式压缩模的凸、凹模如何配合? | 210 |
| 119. 半溢式压缩模的凸、凹模如何配合? | 212 |
| 120. 压缩模凹模加料腔的尺寸如何计算? | 213 |
| 121. 如何确定图 4-26 所示加料腔的直径和深度? 并画出该 | |
| 模具的结构草图。 | 217 |
| 122. 压缩模推出机构与压力机顶出杆主要采用什么 | |
| 连接方式? | 219 |
| 123. 固定式压缩模的推出机构主要采用什么形式? | 222 |
| 124. 移动式压缩模采用什么脱模方式? | 227 |

| | |
|---|------------|
| 125. 压缩模的机动侧向分型抽芯机构的结构形式如何? | 231 |
| 126. 压缩模的手动模外分型抽芯机构的结构形式如何? | 233 |
| 第五章 其他模塑工艺及模具设计 | 235 |
| 127. 热固性塑料传递模塑与压缩模塑的主要区别是什么? | 235 |
| 128. 普通压力机用热固性塑料移动式传递模的结构形式如何? 简述模塑的工艺流程。 | 235 |
| 129. 普通液压机用热固性塑料固定式传递模的结构形式如何? | 237 |
| 130. 在设计热固性塑料传递模时, 如何选择液压机? | 238 |
| 131. 如何设计热固性塑料传递模的加料腔? | 240 |
| 132. 如何设计热固性塑料传递模的柱塞? 加料腔和柱塞的配合关系如何? | 242 |
| 133. 如何设计热固性塑料传递模的浇注系统? | 245 |
| 134. 如何设计热固性塑料传递模的排气槽? | 248 |
| 135. 管材挤出成形的过程有哪些? | 248 |
| 136. 管材挤出机的料筒、螺杆与机头的结构及作用有哪些? | 249 |
| 137. 管材挤出成型的主要工艺参数有哪些? 如何控制? | 253 |
| 138. 挤出机头主要分几类? 管材挤出机头主要有几种结构形式? | 256 |
| 139. 管材挤出机头的口模和芯模如何设计? | 258 |
| 140. 管材挤出机头的分流器和分流器支架的结构形式如何? 如何计算? | 260 |
| 141. 中空塑件吹塑成形的工艺过程是什么? 有哪些吹塑方法? | 261 |

| | |
|---|------------|
| 142. 中空塑件挤出吹塑成型的主要工艺条件有哪些? | 262 |
| 143. 吹塑成型用挤压机的主要形式有哪几种? | 264 |
| 144. 中空吹塑成型型坯所用机头有哪两种形式? 如何设计 机头和口模? | 265 |
| 145. 中空塑件吹塑模具的设计要点是什么? | 266 |
| 146. 吹塑薄膜法成形的工艺过程是什么? | 268 |
| 147. 吹塑薄膜法成形的工艺条件有哪些? | 270 |
| 148. 吹塑薄膜芯棒式机头的结构形式如何? 有何特点? | 272 |
| 149. 吹塑薄膜十字形机头的结构形式如何? 有何特点? | 273 |
| 150. 吹塑薄膜螺旋式机头的结构形式如何? 有何特点? | 274 |
| 151. 吹塑薄膜旋转式机头的结构形式如何? 有何特点? | 274 |
| 152. 吹塑薄膜机头的几何参数有哪些? 如何确定? | 275 |
| 153. 真空成形的工艺过程有哪些? | 276 |
| 154. 真空成型的主要方法有几种? | 276 |
| 155. 真空成型模具结构设计包括哪些内容? | 281 |
| 156. 如何选择真空成型模具的使用材料? | 283 |
| 157. 压缩空气成形的工艺过程有哪些? | 284 |
| 158. 压缩空气成型模的设计要点是什么? | 286 |
| 第六章 模具制造 | 289 |
| 159. 外圆柱表面的加工路线是什么? | 289 |
| 160. 孔的加工路线是什么? | 290 |
| 161. 孔系的主要加工方法是什么? | 291 |
| 162. 在坐标镗床上如何加工孔系? | 294 |
| 163. 平面的加工路线是什么? | 296 |
| 164. 平面的几种主要加工方法是什么? | 298 |

| | |
|---|-----|
| 165. 电火花线切割加工原理是什么? 线切割机床按其尺寸可分为哪三种? | 301 |
| 166. 电火花线切割机床的基本结构是什么? | 303 |
| 167. 整体式塑料模型腔的加工方法主要有几种? | 307 |
| 168. 型腔电火花加工的基本原理是什么? | 308 |
| 169. 线切割加工与电火花成形加工有何不同? 它有何特点? | 310 |
| 170. 线切割有哪三种? 目前使用最广的是哪种? | 310 |
| 171. 线切割数字程序控制的基本原理是什么? 如何计算偏差? 如何判别终点? | 310 |
| 172. 数控程序的格式是什么形式的? 其含义如何? | 315 |
| 173. 如何人工编制凸、凹模的线切割加工程序? | 317 |
| 174. 型腔电火花加工如何选择电极材料? 如何确定电极尺寸? | 321 |
| 175. 型腔电火花加工中坯件应做哪些准备工作? | 323 |
| 176. 型腔冷挤压主要有哪几种成形方式? | 324 |
| 177. 型腔冷挤压冲头的材料如何选择? 冲头的结构如何确定? | 325 |
| 178. 冷挤压用型腔坯件的材料、形状及尺寸如何确定? | 326 |
| 179. 冷挤压用模套的材料如何选择? 结构如何确定? | 327 |
| 180. 如何确定型腔冷挤压力? | 328 |
| 181. 型腔冷挤压时如何润滑? | 329 |
| 182. 型腔的陶瓷型铸造工艺过程是什么? | 329 |
| 183. 型腔的电解加工原理是什么? | 331 |
| 184. 电铸型腔的工艺原理及型腔制作的工艺过程是什么? | 332 |
| 185. 超塑合金塑料模型腔制造的工艺过程是什么? | 332 |
| 186. 照相腐蚀在塑料模型腔制造中如何应用? | 335 |
| 187. 塑料模型腔精整加工中电解抛光的原理及特点 | |

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 是什么? | 337 |
| 188. 型腔精整加工中超声波抛光的原理及工艺特点 | |
| 是什么? | 338 |
| 189. 型腔精整加工中挤压珩磨抛光的原理及工艺特点 | |
| 是什么? | 340 |
| 190. 塑料模过盈配合零件如何装配? | 342 |
| 191. 塑料模导柱、导套如何镗孔及装配? | 343 |
| 192. 塑料模制成后如何试模? | 345 |
| 193. 塑料模如何维修? | 346 |
| 194. 如何选择塑料模零件的材料和热处理? | 347 |
| 附录 | 352 |
| 表 1 注射机技术规范及特性 | 352 |
| 表 2 常用热塑性塑料的主要技术指标 | 356 |
| 表 3 常用热固性塑料的主要技术指标 | 362 |
| 表 4 常用热塑性塑料注射成形的工艺参数 | 370 |
| 表 5 注射模塑的缺陷及其可能产生原因的分析 | 376 |
| 表 6 常用热固性塑料模塑成形工艺参数 | 380 |
| 表 7 一般热固性塑料产生废品的类型、原因及 处理方法 | 382 |
| 表 8 挤出管材的反常现象、原因及其消除方法 | 385 |
| 表 9 吹塑薄膜的反常现象、原因及其消除方法 | 385 |
| 表 10 电热棒标准 | 387 |
| 表 11 电阻丝规格 | 388 |
| 主要参考文献 | 388 |