

第3章 注射工艺与注射模设计

注射又称为注射成型,是塑料成型的重要生产方法之一。注射不仅应用于热塑性塑料,部分热固性塑料也可采用注射成型。

3.1 注射工艺概述

3.1.1 注射工艺过程

注射是通过注射机来实现的。注射机分为柱塞式注射机和螺杆式注射机两大类。

注射成型是把塑料原料放入料筒中,经过加热熔化,使之成为高黏度的熔体。用柱塞或者螺杆作为加压工具,使熔体以较高的压力和极快的速度通过喷嘴注入模具的型腔中,然后经过凝固、冷却,从模具中脱出,成为塑件。

注射工艺过程一般包括成型前的准备、注射过程和塑件的后处理三个阶段。

1. 成型前的准备

1) 原料与处理

为了保证注射成型的正常进行和注射质量,在注射成型前应做一定的准备工作,如对塑料原料进行外观检验和工艺性能测试等。

2) 预热嵌件

对于有嵌件的塑件,由于金属与塑料的收缩率不同,嵌件周围的塑料容易形成收缩应力或者出现裂纹。成型前可对嵌件进行预热,以减小成型时与塑料熔体的温差,避免因收缩应力而产生裂纹,有时还需对模具进行预热。

3) 选择脱模剂

为使塑件脱模容易,个别模具型腔或模具型芯还需涂上脱模剂,如硬脂酸锌、液体石蜡及硅油等。

4) 清洗料筒

当改变产品、更换原料或颜色时,均需清洗料筒。通常,柱塞式料筒可拆卸清洗,而螺杆式料筒可采用对空注射法清洗。

2. 注射过程

完整的注射过程包括加料、塑化、充模、保压倒流、冷却和脱模六个阶段。

1) 加料

将粒状或粉状塑料加入注射机料斗,由柱塞或螺杆带入料筒进行加热。

2) 塑化

成型塑料在注射机料筒内经过筒外的电加热和摩擦热加热,使粉状或粒状的固态物料熔化的过程称为塑化。

3) 充模

塑化好的塑料熔体在注射机柱塞或螺杆的推进作用下,以一定的压力和速度经过喷嘴,通过模具的浇注系统进入模具型腔并充满型腔的各部位,这一阶段称为充模。

充模过程是模具注射成型中最重要的过程,它将直接影响注塑件的质量。塑料熔体的流动是非牛顿流动,黏度大,压力损耗大,其流动过程比较复杂。

4) 保压倒流

充模结束后,仍需保持注射机柱塞或螺杆的压力,以便对型腔内部进行保压或者补料,补充型腔中塑料的收缩。保压时间应适当,过长的保压时间容易使塑件产生应力,引起塑件翘曲或开裂。

如果浇口尚未凝结时结束保压,柱塞或螺杆后退以后,由于型腔中的熔料压力比浇口压力高,很容易发生型腔中熔料倒流的现象,使塑件产生收缩、变形及质地疏松等缺陷。因此,保压时间长短特别重要。

5) 冷却

当浇口处的塑料熔体完全凝固,柱塞或螺杆后退以后,型腔内的塑料继续冷却、硬化和定型,脱模时,型腔内的塑件应具有足够的刚度。随着冷却时间增加,型腔内温度持续下降,塑料收缩,压力逐渐下降。

开模时,型腔内的最低压力值与外界大气压力值之差称为残余压力,残余压力大小与塑件保压时间的长短有关。当残余压力为正时,脱模困难;当残余压力为负时,脱模容易,但塑件表面或内部容易产生真空泡;当残余压力接近于零时,不但脱模便利,而且能获得满意的塑件。

塑件的冷却速度对注塑质量也有很大影响。如果冷却过急,容易使塑件产生应力,引起翘曲变形等。

6) 脱模

塑件在型腔中固化、冷却后,即可开模,利用脱模机构推出塑件。脱模机构应该根据成型零件的具体情况设计,比较简单的模具,也可采用标准化的脱模机构。

3. 塑件的后处理过程

由于塑化不均匀或塑料在型腔内的结晶、分子取向和冷却的不均匀或者金属嵌件的影响等原因,使塑件内有残余应力,导致塑件产生变形或开裂。一般可对塑件进行一些适当的后处理,来消除残余应力。常用的后处理方法有退火和调湿两种。

退火处理是将塑件放在定温的加热介质中,如热水、热油、热空气或者液体石蜡等,保温一段时间,然后缓慢冷却。退火温度一般在塑件使用温度以上 $10\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至热变形温度以下 $10\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间。保温时间与塑料品种、塑件的厚度等有关。

调湿处理主要用于吸湿性强且又容易氧化的聚酰胺等材料的塑件。该处理过程是将这类塑件放在热水中处理,这样不仅隔绝空气、消除内应力,而且可调整塑件含水量,加速达到吸湿平衡,稳定其尺寸。调湿处理的温度一般为 $100\sim 121\text{ }^{\circ}\text{C}$,其时间取决于塑料的品种、塑件形状与壁厚和结晶度的大小等。调湿完成后,应缓慢冷却至室温。

3.1.2 常用注塑材料

根据成型工艺的性能不同,塑料可分为热塑性塑料和热固性塑料。

1. 热塑性塑料

热塑性塑料是可以多次反复加热而仍具有可塑性的塑料。这类塑料的合成树脂分子结构呈线型或支链型,通常互相缠绕但并不联结在一起,受热后能软化或熔融,从而可以进行成型加工。冷却后固化,如再加热,又可变软,可如此反复进行多次。常见的热塑性塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、有机玻璃、聚酰胺、聚甲醛、ABS、聚碳酸酯、聚苯醚、聚砜和聚四氟乙烯等。

选用热塑性塑料时,主要考虑以下工艺特性。

1) 收缩性

塑件在从模具中取出冷却到室温的过程中,由于材料热胀冷缩、成型工艺条件和模具结构等原因,发生尺寸收缩的特性称为塑料的收缩性。为此,通常需要在设计模具型腔和型芯时予以补偿。

收缩会造成结晶后的热塑性塑料内应力强、塑件内的残余应力大、分子取向性强,与热固性塑料相比,热塑性塑料具有较大的收缩率。

浇口形式和尺寸直接影响料流方向、密度分布、保压补缩作用及成型时间等,从而间接影响了热塑性材料的收缩性能。如采用直接浇口,当浇口截面大时收缩小,但方向性明显。另外,模具温度、注射压力和保压时间等成型条件对塑件收缩均有直接影响。模具温度高,熔料冷却慢、密度高,这样体积变化就大,收缩大。模具温度分布是否均匀,也直接影响塑件各部分收缩量的大小及方向性。注射压力高,熔料黏度变小,脱模后弹性回跳大,收缩就会减小。保压时间对收缩性也有影响,保压时间长,收缩相对小一些,但方向性明显。

在设计模具时,应根据所选用塑料的具体收缩范围、塑件壁厚和形状、工艺装备等情况,按经验确定塑件各部位的收缩率,再计算模具型腔尺寸。对于精度要求较高的塑件,设计模具时应留有修模余地,试模后根据情况,再逐步修正模具,以达到塑件最终尺寸和精度的要求。

2) 流动性

塑料在一定温度与压力下填充型腔的能力称为流动性。塑性材料的流动性,可从塑料的相对分子质量、熔融指数、表观黏度等来进行分析。相对分子质量小、熔融指数高、表观黏度小的材料,相对流动性好。

一般流动性好的塑料有尼龙、聚乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯和醋酸纤维等。流动性中等的塑料有改性聚苯乙烯(如ABS、AS)和有机玻璃等。流动性差的塑料有聚碳酸酯、聚苯醚和氟塑料等。

影响流动性的因素包括温度、压力以及模具结构等。料温高则塑料的流动性大,料温对流动性的影响大小也是因塑料不同而异的,成型时可通过调节温度来控制流动性。当注射机注射压力增大时,塑料受剪切作用大,其流动性也随之增大,特别是聚乙烯和聚甲醛,对压力的反应比较敏感,成型时可通过调节注射压力来控制其流动性。

另外,模具浇注系统的形式、尺寸和布置,冷却系统设计的合理性等因素都直接影响到熔料在型腔内的流动性。设计模具时应根据所用塑料的流动性,设计合理的模具结构。

3) 结晶性

塑料的结晶现象是指部分塑料由熔融状态到冷凝的过程中,高分子聚合物由无次序的自由运动状态而逐渐变为有次序的正规模型的现象。结晶塑料具有较大的收缩率,不宜做高精度的塑件。

4) 热敏性

某些塑料过热时,会出现变色、降聚和分解的现象,具有这种特性的塑料称为热敏性塑料,如硬聚氯乙烯和聚甲醛等。

塑料的热敏性要求模具浇注系统和冷却系统设计合理,防止塑料某处温度过高;另外,也可在塑料中加入热稳定剂。

5) 应力开裂和熔融破裂

有些塑料对应力敏感,成型后容易形成残余应力,进而发生开裂现象。为此,需要在原料中加提高抗裂性的附加剂,还应注意原料的干燥程度。同时,应选用合理的成型条件,模具设计中,应增大脱模斜度,选用合理的进料口和顶出机构,注意适当调节料温、模温、注射压力及冷却时间等工艺条件。

6) 热性能指标和冷却速度

每种热塑性塑料都有不同的比热容、热导率和热变形温度等热性能参数,选用时要充分考虑这些因素。如比热容大的塑料在塑化时需要的热量大,那么就需要选用大的注射机;热变形温度高的塑料冷却时间短,但要防止脱模后的冷却变形;热导率低的塑料,冷却速度相对较慢,要注意有足够的时间充分冷却。

2. 热固性塑料

热固性塑料在开始受热时其分子结构为线型,可以软化或熔融,经过一次受热后这些分子逐渐结合成网状结构,成为既不熔化也不能溶解的物质。此时,即使加热到接近分解的温度也无法软化,而且也不能溶解在溶剂中。常用的热固性塑料有酚醛塑料、氨基塑料、环氧树脂和不饱和聚酯等。

选用热固性塑料时,主要考虑收缩性、流动性和硬化特性三方面性能。

1) 收缩性

相对于热塑性塑料,热固性塑料的收缩率要小些。成型时塑料分子按方向排列,使塑件呈现各向异性,一般沿料流方向收缩大、强度高,与料流垂直的方向收缩小、强度低。

每种塑料的收缩性各不相同,同类塑料在不同的条件下,其收缩情况及方向性也各不相同。塑件的形状、尺寸和壁厚等因素对收缩性能有很大影响;模具的分型面及加压方向、浇注系统的形式和尺寸,对塑件的收缩性能也有很大影响;同时,具体的成型工艺包括成型温度、成型压力和保压时间等,这些因素对收缩性能都有影响。

2) 流动性

流动性是热固性塑料模具设计时必须考虑的一个重要的工艺参数。选用塑料的流动性必须与塑件要求、成型工艺及成型条件相适应。对面积大、有窄缝或者薄壁的复杂形状塑件,应选用流动性好的塑料。

3) 硬化特性

热固性塑料在成型过程中,在加热加压的条件下软化成可塑性熔融状态,可以填充型腔,但与此同时,热固性塑料也在发生缩合反应,密度不断增加,流动性迅速下降,直到最后固化。对于硬化速度快的塑料,模具设计时要注意便于装料。

3.2 注射模的结构

注射模的结构取决于所选用的注射机类型、塑料制品的结构特点及一次注射成型制品

的数量等因素。

3.2.1 注射模的基本构造和特点

注射模主要由成型零件、浇注系统、导向机构、推出机构、调温系统、排气槽及模架等几个部分组成,有时还需要有侧抽芯机构。

1. 成型零件

成型零件主要由型芯(凸模)和凹模组成。它利用型芯形成制品的内表面形状,利用凹模形成制品的外表面形状,合模后型芯和凹模便构成了模具的型腔,如图 3-1 所示。

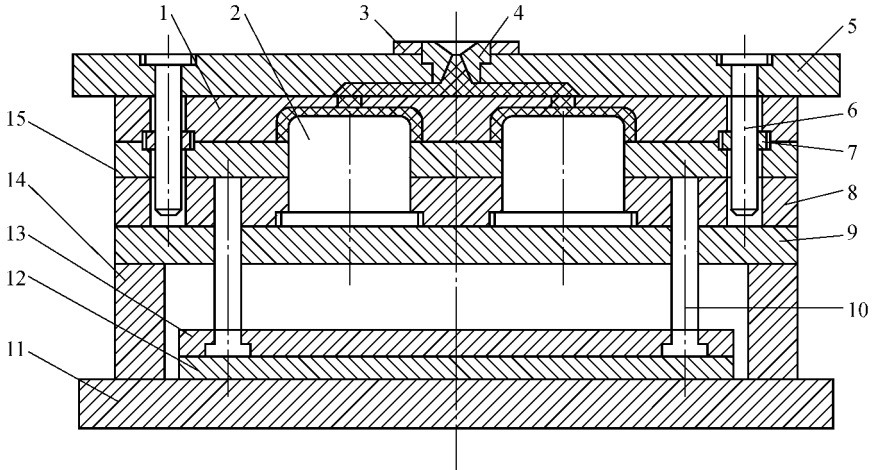


图 3-1 注射模的结构

- 1—中间板；2—型芯；3—定位圈；4—浇口套；5—定模板；6—导柱；7—导套；
8—凸模固定板；9—动模垫板；10—推杆；11—动模板；12—推板；
13—推杆固定板；14—垫块；15—推件板

根据制造工艺的要求,有时型芯或凹模可以由若干拼块组成,有时则做成整体,易损坏、难加工的部位常采用镶件。

2. 浇注系统

浇注系统的作用是将塑料熔体由注射机喷嘴射入型腔的进料通道。它主要由主流道、分流道、浇口和冷料穴组成。浇注系统的设计十分重要,它直接关系到塑件的成型质量和生产效率。

3. 导向机构

导向机构的主要作用是确保动模与定模合模时能准确对中,避免制品推出过程中模具中零件发生碰撞和干涉。导向机构的结构形式常采用导柱与导套,有时还需在动模和定模上分别设置互相吻合的内外锥面来辅助定位。

4. 推出机构

推出机构的作用是在开模过程中,将塑件及其在流道内的凝料推出或拉出型腔。它主要由推杆、推杆固定板、推板及拉料杆等组成。其中,推杆固定板和推板的作用是夹持推杆。在推板中一般还固定有复位杆,复位杆的作用是合模时使推出机构复位。

5. 调温系统

调温系统的主要作用是满足注射工艺对模具温度的要求。一般热塑性塑料注射模,主

要是在模具内开设冷却水通道,利用循环流动的冷却水带走模具的热量;模具的加热也可用冷却水通道通热水或蒸汽来实现,另外,还可在模具内部和周围安装电加热元件。

6. 排气槽

排气槽的主要作用是将成型过程中的气体充分排出。常采用在分型面处开设排气沟槽的方法,有时根据实际情况,也不必另外开设排气沟槽。对于小型的塑件,如分型面之间存在有微小的间隙,可直接利用分型面排气;另外,模具的推杆或型芯与模具的配合间隙均可起排气作用。

7. 侧抽芯机构

对于某些带有侧孔的塑件,被推出前须先进行侧向分型,抽出侧向型芯后方能顺利脱模,此时需要在模具中设置侧抽芯机构。

3.2.2 注射模的分类

注射模的分类方法很多,按注射成型工艺特点可分为热塑性注射模、热固性注射模、低发泡塑料注射模和精密注射模等;按使用注射机的不同可分为卧式注射模、立式注射模和角式注射模;按注射模总体结构特征可分为单分型面注射模、双分型面注射模、带有活动镶件的注射模、带侧向分型抽芯的注射模和自动卸螺纹的注射模等。

1. 单分型面注射模

单分型面注射模又称为双板式注射模,此类模具只需一次分型即可顺利取出制品。一般凸模在动模板上,凹模在定模板上。单分型面注射模是注射成型中最简单、应用最广泛的一种模具,通常以分型面为界将整个模具分为动模和定模两个部分。一部分型腔在动模,另一部分型腔在定模。如图3-2所示为带侧向分型的单分型面注射模结构。

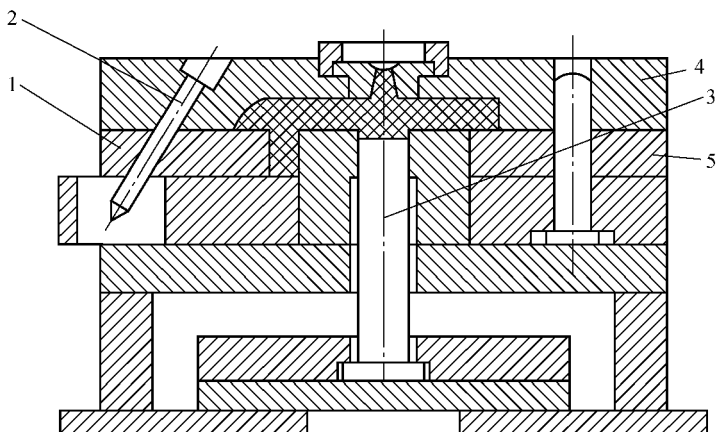


图3-2 带侧向分型的单分型面注射模

1—侧型芯滑块; 2—斜销; 3—推杆; 4—定模板; 5—动模板

单分型面注射模结构简单、操作方便,但是除采用直浇口外,型腔的浇口位置只能选择在制品的侧面。

2. 双分型面注射模

双分型面注射模的主要特点是注射模从两个不同的分型面分别取出流道凝料和塑件。

与单分型面注射模相比,双分型面注射模在动模板与定模板之间增加了一块中间板,也称为活动浇口板,故双分型面注射模又称为三板式注射模,见图 3-1。在定模板与中间板之间设置流道,在中间板与动模板之间设置型腔,中间板适用于采用点浇口进料的单型腔或多型腔模具。开模时,中间板与定模板做定距离的分离,以便取出两块板之间流道内的凝料,然后,利用推件板将包紧在型芯上的塑件顶出。

双分型面注射模能在塑件的中心部位设置点浇口,但是制造成本较高、结构复杂、开模行程较大。

3. 带有活动镶件的注射模

对于外形结构复杂的塑件,无法通过简单的分型从模具内取出塑件,这时可在模具中设置活动镶件和活动的侧向型芯或板块,如图 3-3 所示。脱模时,将活动部件连同塑件一起移出模外,然后用手工或简单工具将它们与塑件分开。当这些活动镶件嵌入模具时,应保证可靠定位。带有活动镶件的注射模生产效率不高,一般用于小批量生产或试生产。

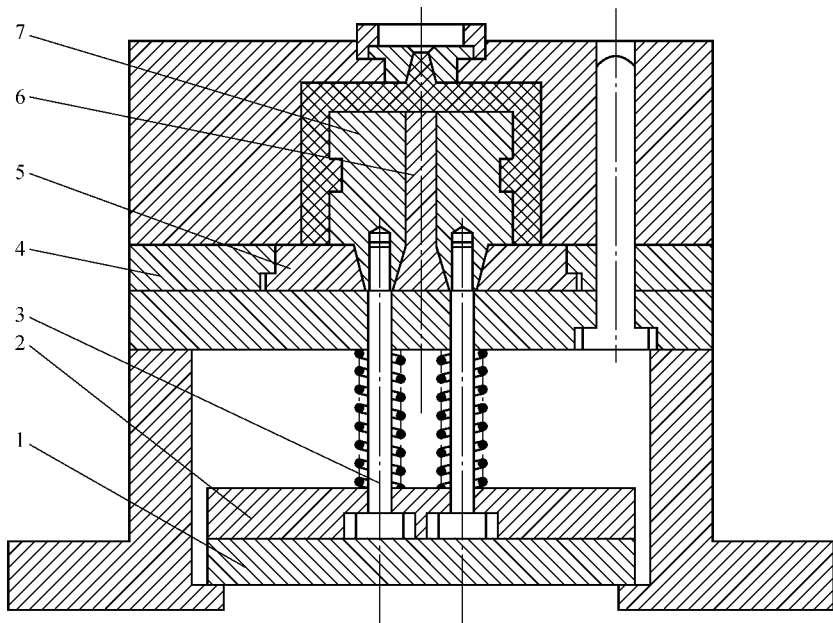


图 3-3 带有活动镶件的注射模

1—推板；2—推杆固定板；3—推杆；4—动模板；5—凸模滑套；6—导向楔块；7—活动楔块

4. 带侧向分型抽芯的注射模

当塑件上有侧孔或侧凹时,需要设置由斜销或斜滑块等组成的侧向分型抽芯机构,见图 3-2,使侧型芯做横向移动。在开模时,利用斜导柱的倾斜角度,带动侧型芯横向移动,使侧型芯与塑件分离,然后再利用推杆将塑件从型芯上推出。除斜销和斜滑块等机构利用开模力做简单的机械侧向抽芯外,有时根据需要,还可以在模具中装设液压缸或气压缸等助力部件,带动侧型芯做侧向分型抽芯动作。在有侧孔或侧凹的塑件生产中,这类模具被广泛地应用。

5. 自动卸螺纹的注射模

当要求带有内螺纹或外螺纹的塑件能自动脱模时,可在模具中设置转动的螺纹型芯或

型环,利用机构的旋转运动,带动螺纹型芯或型环转动,将螺纹塑件脱出;也可用专门的传动机构,带动螺纹型芯或型环转动,将螺纹塑件脱出。

如图3-4所示为自动卸螺纹的注射模,用于直角式注射机,由注射机合模机构的丝杠带动螺纹型芯旋转,以便与塑件相脱离。

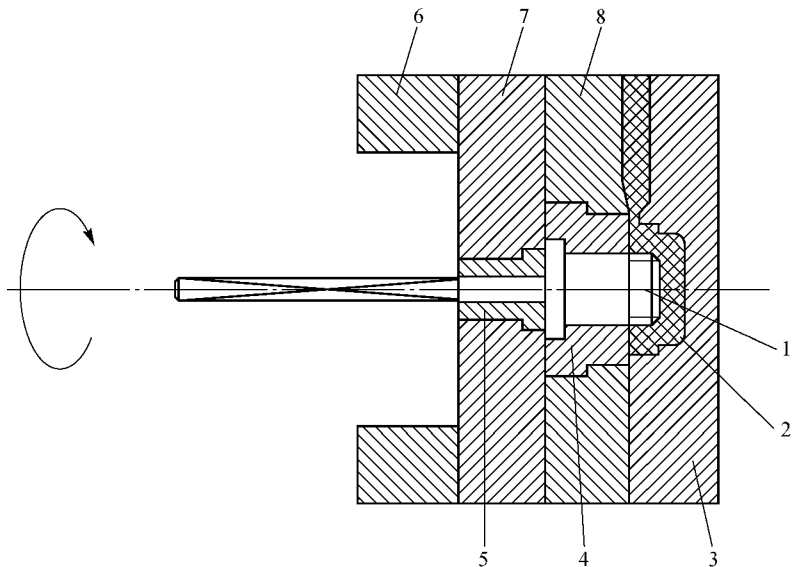


图3-4 自动卸螺纹注射模

1—螺纹型芯; 2—塑件; 3—定模板; 4、5—衬套; 6—模脚; 7—动模垫板; 8—动模板

6. 无流道凝料注射模

无流道凝料注射模简称为无流道注射模,分为热流道注射模和绝热流道注射模两种。其工作原理是通过采用对流道加热或绝热的办法,来保证从注射机喷嘴到浇口处之间的塑料保持熔融状态,使得注射成型后流道内没有塑料凝料。无流道凝料注射模可以提高生产率,节约塑料,保证注射压力在流道中的传递,有利于改善塑件的质量,容易实现自动化。但模具成本高,对于浇注系统和控温系统的要求也高,因此,对塑件形状和塑料有限制。

7. 推出机构设在定模的注射模

一般当注射模开模后,塑件均留在动模一侧,故推出机构也设在动模一侧。这种形式最常用、最方便,但有时由于塑件的特殊要求或形状的限制,塑件必须留在定模内时,就应在定模一侧设置推出机构,以便塑件能从定模内脱出。定模一侧的推出机构一般由动模通过拉板或链条来驱动。

3.3 注射工艺性分析

1. 注射量

注射机标称注射量的表示方法有容量和质量两种。一般国产标准注射机的注射量均以容量表示,单位为 mL。模具设计时,应使一个注射成型周期内所需注射的塑料熔体在注射

机额定注射量的 80% 以内,需注入模具内的塑料熔体的容量或质量,应为塑件和浇注系统两部分的容量或质量之和。

一般情况下,模具设计时仅考虑最大注射量,但有时还应注意注射机能处理的最小注射量。如对于热敏性塑料,最小注射量应不小于注射机额定注射量的 20%,因为注射量过小时,塑料在料筒内停留的时间将过长,会使塑料高温分解,影响制件的质量和性能。

2. 模具填充速度和压力

模具的填充速度(又称为注射速度)是熔料被注射进入模具型腔的线性速度。在注塑的填充阶段,必须控制好熔料的射速以使产品获得最佳的质量和加工性能。注射速度的设定一般在产品设计时就应完成,通常,在产品壁厚设计和塑料特性允许的情况下,应选择较快的射速。一般来说,薄壁件需要极快的注射速度以确保填充饱满;而厚壁件则需要慢的射速以防止空穴的形成。但是,射速过快容易使原料过热,还容易在塑件浇口位置附近产生熔料注塑痕迹,尤其是当模具采用针状小浇口或排气不好时,熔料以高速注塑经过浇口时,熔料内会产生很大的剪切应力,使熔料温度剧烈上升,引起塑料分解,高温的熔料再加上模具型腔内难以排出的空气,甚至可能使塑件出现灼烧和碳化变黑现象;而注射速度过慢,产品则会出现填充不满等缺陷。

在实际生产中,无论使用什么数值的注射速度,都应尽可能在一个较大的范围内,以便于生产。对于不同经验的技术人员,同一产品的注射速度也可能不同。一般可采用分段注塑,在不同填充阶段以不同的速度将熔料注入型腔,这样可以避免塑件的某些外观缺陷,如蛇纹、飞边、毛刺和灼烧等现象;而且控制熔料的分段射速还可以影响产品的分子排列和内应力的大小,从而提高生产率。

为了确保注射机的注射速度达到并保持所要求的数值,注射压力要适当。若注射压力太低,熔料进入模具时所受阻力将使注射速度不能达到预先设定的数值。注射时的最大压力不能超过注射机额定的注射压力。

影响塑件成型所需注射压力的因素包括塑料品种、注射机类型、喷嘴形式、塑件形状的复杂程度以及浇注系统等。实际生产中,确定制品成型所需的注射压力需参考各种塑料的注射成型工艺数据,根据其影响因素综合考虑,一般塑件的成型注射压力为 70~150 MPa。随着计算机技术的发展,可采用计算机模拟的方法确定注射压力的预测值。

3. 锁模力

高压塑料熔体充满型腔时,会产生一个很大的沿分型面分开的胀模力,其大小与浇注系统在分型面上投影面积以及型腔内塑料熔体的平均压力有关。该力必须小于注射机额定的锁模力,否则在注射成型时会因锁模不紧而发生溢边、跑料等现象。

锁模力是指在注射时,为克服型腔内熔体对模具的胀模力,注射机施加给模具的一个锁紧力。对于不同的模具,锁模力的大小是不同的。在调置锁模力时,并非锁模力越大越好,而是要结合具体模具和所用注射机的大小,以及模具和产品的外观、形状来考虑。显然,从经济和技术角度来分析,锁模力的数值应是越小越好,因此,在满足产品注塑需要的前提下,尽可能地降低锁模力。锁模力较低,可以减少注射机和模具的磨损程度,减少能源的消耗;而且,较小的锁模力也可提高模具型腔的排气能力,使模具的填充更加容易。

锁模力的确定必须从分析型腔压力入手。型腔压力常采用经验估计的方法来确定。一般成型中、小型塑件时,型腔压力取 20~40 MPa。对于流动性差、形状复杂、精度要求高的塑件,成型时需要较高的型腔压力。

随着计算机技术的发展,利用注塑流动和保压模拟软件来预测成型时所需的锁模力的方法被广泛应用。

4. 模具温度

注射成型过程中,模具的温度对塑件的质量影响也很大。一般来说,在注射的开始阶段,模具温度太低,不利于产品的成型,为此可适当提高模具温度。当模具温度提高时,塑件的总收缩量会增加,如果配合适当的注射压力或射速,就可生产出尺寸稳定的塑件。通常提高模具的温度有利于熔融塑料的填充,但相应会延长注射周期。

模温主要是通过模具冷却系统控制。可通过冷却液的温度和冷却液的流量来具体实现,也可采用冷却机或模温机加以控制。

5. 成型周期

完成一次注射成型过程所需的时间称为成型周期,如图 3-5 所示。

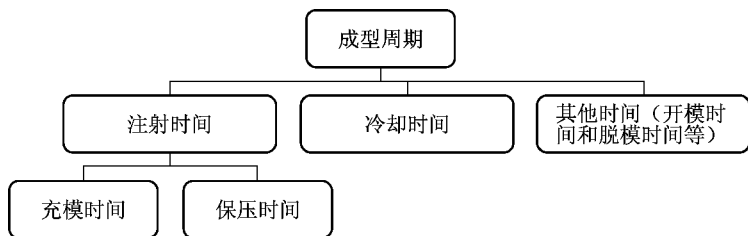


图 3-5 注射成型周期图

在整个成型周期中,注射时间和冷却时间最为重要,注射时间和冷却时间的多少对成型塑件的质量有决定性的影响。冷却时间主要取决于塑件的壁厚、模具温度和塑料的热性能等。

成型周期的长短直接影响生产率和设备利用率。因此,实际生产中,在保证产品质量的前提下,应尽量缩短成型周期中各阶段的时间。

3.4 浇注系统设计

3.4.1 浇注系统概述

1. 浇注系统的组成和作用

浇注系统是指在模具中,塑料熔体从注射机喷嘴出来到达模具型腔之前在模具中所流经的通道。其作用是将塑料熔体从喷嘴处平稳地引进模具型腔,并在熔体充模和固化定型过程中保持注射压力,最终获得组织致密、外形清晰、表观光洁和尺寸精确的塑料制品。

浇注系统可分为普通浇注系统 and 无流道浇注系统两大类,普通浇注系统又分为直浇口式浇注系统和横浇口式浇注系统两种。直浇口式浇注系统的结构如图 3-6 所示,其特点是浇注系统中的主流道(也称为外浇口)垂直于模具分型面,直浇口式浇注系统适用于立式和卧式注射模(或注射机)。横浇口式浇注系统的结构如图 3-7 所示,其特点是系统中的主流道平行于模具分型面,只适用于直角式注射模(或注射机)。

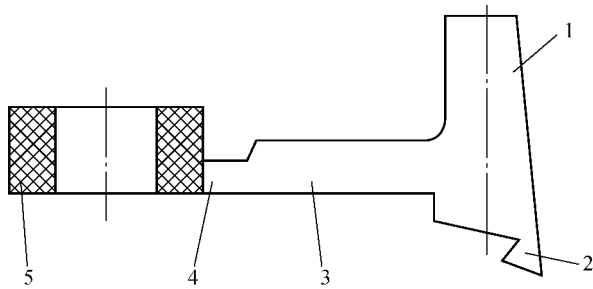


图 3-6 直浇口式浇注系统

1—主流道；2—冷料穴；3—分流道；4—浇口；5—塑件

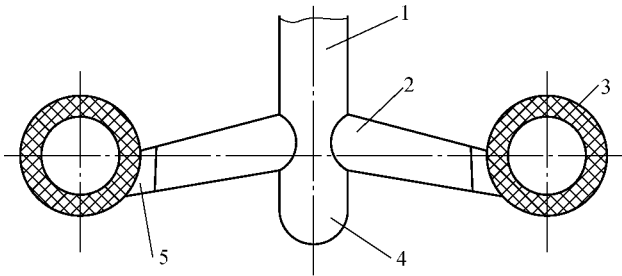


图 3-7 横浇口式浇注系统

1—主流道；2—分流道；3—塑件；4—冷料穴；5—浇口

浇注系统一般包括主流道、分流道、浇口和冷料穴四个部分。

1) 主流道

从注射机喷嘴与模具接触处开始到分流道为止，这一段熔料通道称为主流道，它负责将塑料熔体从喷嘴引入模具。

2) 分流道

分流道位于主流道与浇口之间，是塑料熔体由主流道流入模具型腔的过渡段，它负责将熔体的流向进行平稳的转换。单型腔模具可不设分流道，在多型腔模具中分流道具有将塑料熔体向各个模腔分配的作用。

3) 浇口

分流道与模具型腔之间长度很短、截面又很狭窄的最后一段料流通道称为浇口。狭窄的浇口截面，可以使经过分流道之后，压力和温度都有所下降的塑料熔体产生一个加速度和较大的剪切热，这样可以保证熔体充模时具有较快的流动速度和较好的流动性；注塑结束后，便于浇口内冷却固化后的塑料熔体断裂，使塑件与废料容易分离，便于塑件脱模。

浇口长度短、截面狭窄，浇口内可容纳的塑料熔体体积就很小，塑料熔体容易冷却固化，有助于防止压力不足或保压时间过短而引起的倒流现象。

4) 冷料穴

冷料穴一般开设在主流道末端，在分流道较长的情况下，分流道的末端也可设冷料穴。冷料穴的作用是收集每次注射成型时，流动熔体前端的冷料，避免这些冷料进入模具型腔，影响塑件成型质量，同时避免这些冷料堵塞浇口。

2. 浇注系统的设计原则

1) 流程要短

在满足成型及型腔排气要求的前提下,浇注系统长度应尽量缩短,而且路线要尽量平直,这样可以减小注射压力和塑料熔体的热量损失,缩短充模时间。

2) 防止型芯变形和嵌件位移

设计浇注系统时,应尽量避免通过系统的塑料熔体正面冲击模具型腔内尺寸较小的型芯或嵌件,以防止型芯发生变形和嵌件位移。

3) 防止塑件变形和翘曲

设计浇注系统时,应考虑如何减小浇口附近的残余应力,以防止因残余应力过大而造成塑件变形和翘曲等缺陷。

4) 合理设置冷料穴

冷料穴设计不当,会造成塑件成型缺陷。

3.4.2 主流道设计

主流道是连接注射机料筒喷嘴和注射模具的桥梁,是熔融的塑料进入模具型腔时最先经过的地方,其结构如图 3-8 所示。主流道的大小和塑料进入型腔的速度及充模时间的长短有着密切的关系。

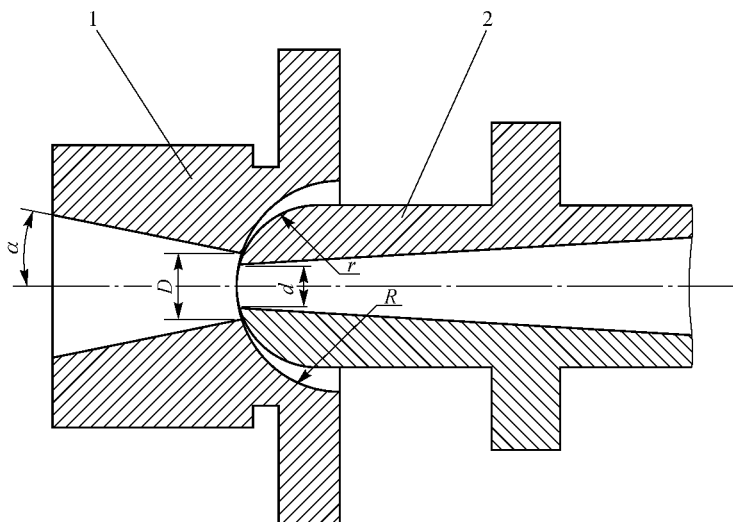


图 3-8 主流道浇口套与注射机喷嘴的结构

1—主流道浇口套；2—注射机喷嘴

一般主流道不直接开设在定模板上,而是制成单独的主流道浇口套镶在定模板上。只有部分小型注射模,生产批量不大,或者主流道方向与锁模方向垂直的注射模,不用设置主流道浇口套,而开设在定模板上。主流道浇口套是注射机喷嘴在模具上的座垫,注射时,它承受着注射机喷嘴端部的压力,同时也承受模具型腔的冲压力的反作用力。

主流道的设计要点如下:

(1)为便于凝料从主流道中拉出,需要将主流道设计成圆锥形,锥度为 $2^{\circ}\sim 6^{\circ}$ 。若锥度过大会造成压力减弱,流速减慢,塑料容易形成涡流,且熔体前进时易混进空气,在塑件表面或内

部产生气孔;锥度过小,注射阻力增大,热量损耗大,使得表面黏度上升,造成注射困难。

(2)浇口套进口的直径应比注射机喷嘴孔直径大 $1\sim 2\text{ mm}$ 。若浇口套进口的直径等于或小于注射机喷嘴直径,注射成型时会造成死角,并积存塑料,使得注射压力下降,注射结束后脱模困难。

(3)浇口套内孔出料口处(大端)一般应设计成半径为 $0.5\sim 3\text{ mm}$ 的圆角。

(4)浇口套与注射机喷嘴接触处球面的圆弧度要吻合。浇口套球面半径要比注射机喷嘴球面半径大 1 mm 左右。

(5)浇口套的长度,也就是主流道长度,应尽量短,这样可以减少冷料回收量,减少压力损失和热量损失。

(6)浇口套内表面有一定的粗糙度要求。一般 Ra 在 $0.8\sim 1.6\ \mu\text{m}$ 之间,这样可以保证料流顺利,脱模容易。

(7)浇口套的长度应与定模板的厚度一致。

浇口套部位是热量比较集中的地方,为了保证注射工艺和塑件的质量,可以根据需要增加冷却设备。浇口套结构形式如图3-9所示。图3-9(a)为整体式结构,即定位圈与浇口套为一体,压装在定模板内,一般用于小型模具;图3-9(b)为定位圈与浇口套分开结构,主要用于中型和大型模具。

浇口套常用材料为45钢、T8A和T10A等,淬火硬度为 $53\sim 58\text{ HRC}$ 。

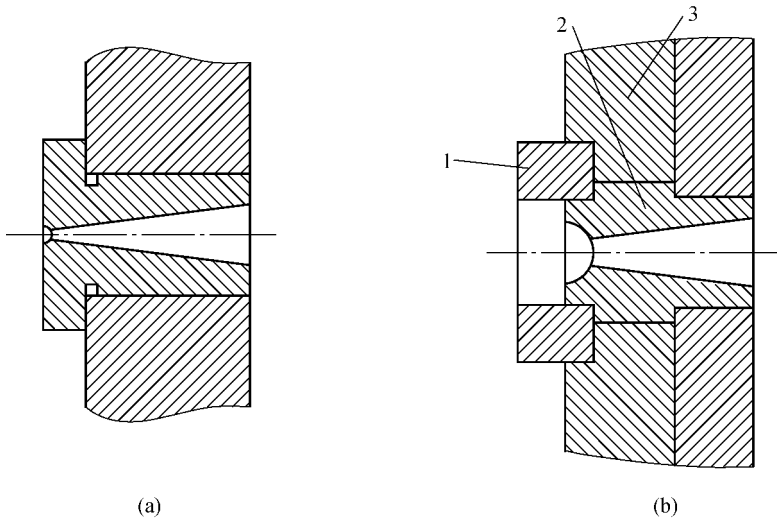


图3-9 浇口套结构

1—定位圈; 2—浇口套; 3—定模板

3.4.3 冷料穴设计

注射机未注射塑料之前,喷嘴前端的熔融塑料温度较低,容易形成冷料。两次注射间隔也容易形成冷料,为了保证注塑质量,必须有储存这些冷料的空间,为此,在进料口末端的动模板上开设一洞穴,或者在流道的末端开设洞穴,这个洞穴就是冷料穴。

在注射时必须防止冷料进入流道或模具型腔内,否则将会堵塞流道、减缓料流速度,而且冷料一旦进入模具型腔,将会造成塑件上的缺陷。

开模时,为了能从浇口套内拉出进料口的冷料,使之与注射机喷嘴分离,一般采取在冷

料穴的末端设置拉料杆的方法。拉料杆一般由注射机顶出机构的顶板带动。

常见的冷料穴有带 Z 形头拉料杆的冷料穴和带球形头拉料杆的冷料穴两种形式。

1. 带 Z 形头拉料杆的冷料穴

带 Z 形头拉料杆的冷料穴的结构,是在冷料穴的底部设置一根 Z 形头的拉料杆,这是最常用的一种冷料穴形式。如图 3-10 所示,拉料杆头部的 Z 形勾状物可以将主流道的凝料勾住,而拉料杆是固定在推杆上的,因此,开模时凝料可以和拉料杆一起被推出机构从模具中推出。

与带 Z 形头拉料杆的冷料穴同类型的还有带推杆的倒锥形的冷料穴,开模时靠冷料穴的倒锥推出凝料,如图 3-11 所示。

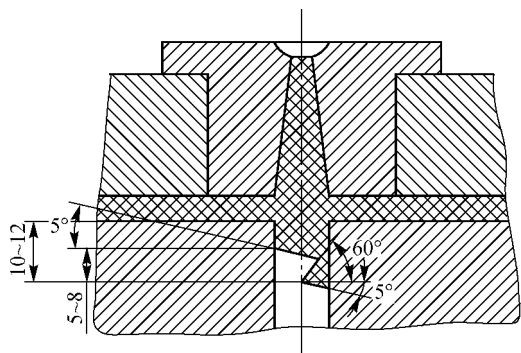


图 3-10 带 Z 形头拉料杆的冷料穴

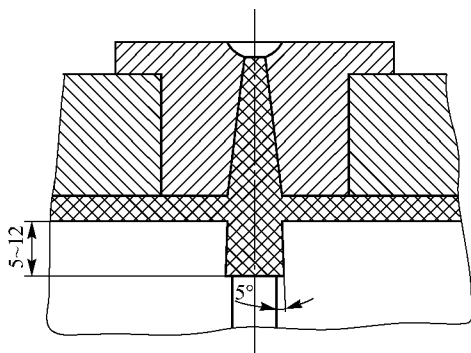


图 3-11 带推杆的倒锥形冷料穴

2. 带球形头拉料杆的冷料穴

带球形头拉料杆的冷料穴是在借助推板脱模的模具中专用的,如图 3-12 所示。当冷料进入冷料穴后,紧包在拉料杆的球形头上,开模后,推件板从型芯上推出制品时,凝料也被从球形头拉料杆上刮下来。

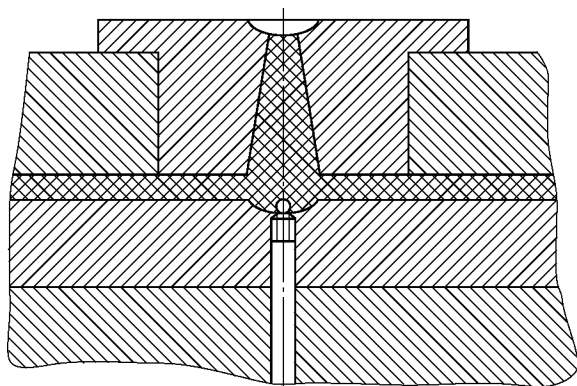


图 3-12 带球形头拉料杆的冷料穴

3.4.4 分流道设计

分流道是主流道与浇口之间的进料通道。当塑料熔体从主流道进入多型腔模具的各个型腔时起分流和转向的作用。分流道的设计要求是使塑料熔体在流动中热量和压力损失最

小,而且使流道中的塑料量尽量地少。

1. 分流道截面形状和尺寸

分流道的截面形状及尺寸大小,应根据塑件的成型体积、塑件壁厚、塑件形状、所用塑料的工艺特性、注塑速率、分流道长度等因素来确定。常见的分流道截面形状有圆形、梯形、U形、半圆形及矩形等,如图 3-13 所示,其性能特点见表 3-1。

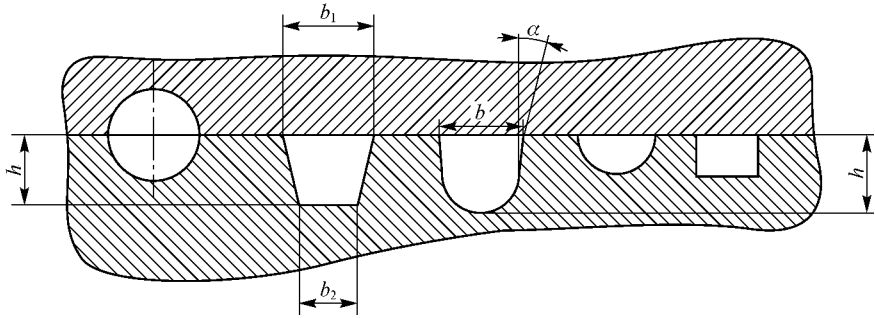


图 3-13 分流道截面形状和尺寸

表 3-1 常见分流道截面形状的性能特点

特征 截面形状	热量损失	加工性能	流动阻力	效果
圆形	小	较难	小	最佳
梯形	较小	易	较小	良
U形	较小	易	小	佳
半圆形	较大	易	较大	一般
矩形	大	易	大	不良

圆形截面分流道的表面积最小,但需要开设在分型面的两侧,而且要求相对应两部分必须吻合,对加工要求较高;梯形及 U 形截面分流道加工较容易,且热量损失和流动阻力均不大,为最常用的形式;半圆形和矩形截面分流道的表面积较大,较少采用。

热固性塑料注射模从传热面积考虑,其分流道最好是采用半圆形截面或正方形截面;热塑性塑料注射模从传热面积考虑,其分流道的截面形状则应采用圆形,但从加工方便出发应选梯形及 U 形截面。

通常圆形截面分流道的直径在 2~12 mm 之间;在选用流动性较好的塑料,而且分流道长度很短时,直径可取最小值 2 mm;对流动性较差的塑料,直径可大至 12 mm;一般塑料常取 5~6 mm。

梯形截面分流道尺寸可按以下比例选取: $h=2/3b_1$ 、 $b_2=3/4b_1$, b_1 要根据成型条件和模具结构形式具体确定,当塑件壁厚在 3.5 mm 以下,塑件质量小于 200 g 时,一般 b_1 取值在 5~10 mm 之间。

U 形截面分流道宽度 b 为其圆弧半径 r 的两倍,倾斜角 α 取 $5^\circ\sim 10^\circ$ 。分流道长度通常为主流道大端直径的 1~2.5 倍,一般取 8~30 mm。分流道表面粗糙度要求不高,通常 R_a 为 1.25~2.5 μm 即可。

2. 分流道的布置

当模具采用多型腔结构时,要尽量采取平衡布置的方式,如图 3-14 所示。其中,图

3-14(a)和图 3-14(b)为均等对称平衡布置,这样塑料在每个型腔的压力和流量是相同的;图 3-14(c)和图 3-14(d)为对称但不均等布置,距离主流道远的型腔的填充速度要慢些,因此,必须采取平衡措施,如把距离主流道远的型腔的进料口加大等。

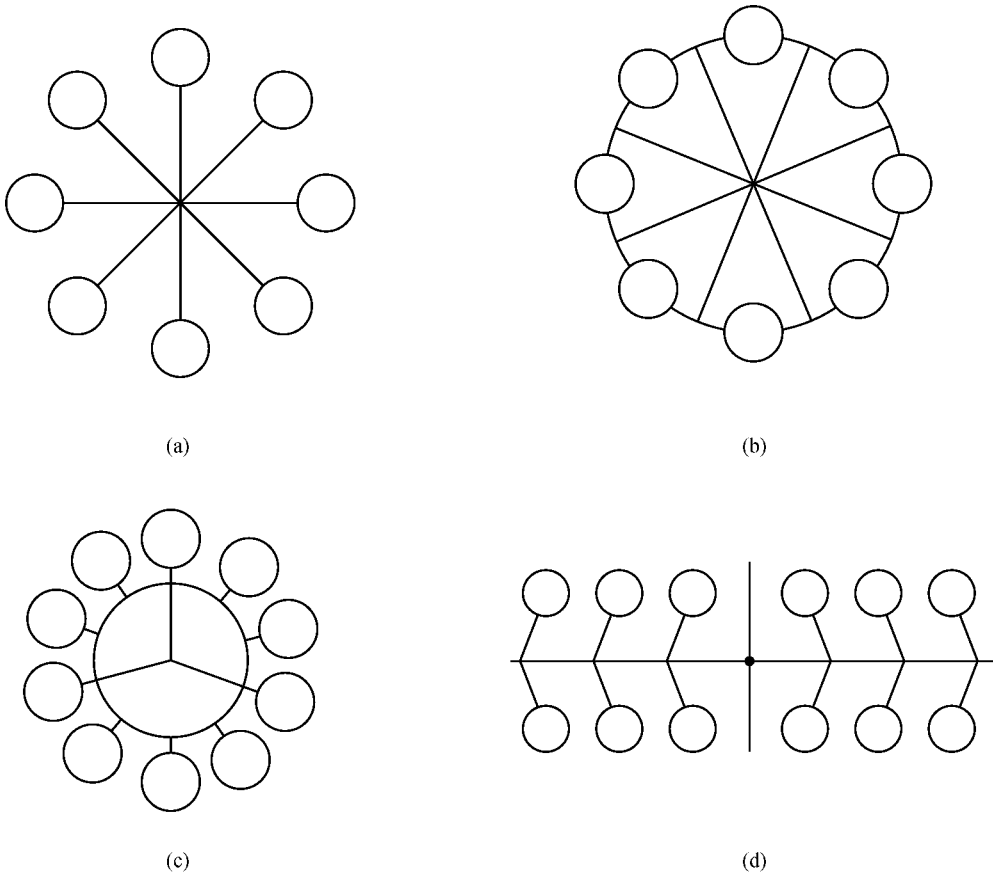


图 3-14 多型腔分流道布置图

3.4.5 浇口设计

浇口是指浇注系统中连接分流道与型腔的狭窄熔体通道。浇口形状的设计与位置的选择恰当与否和塑件注射成型的质量密切相关。

浇口的形式很多,尺寸也各不相同,按其结构形式和特点一般可分为直接浇口、点浇口、侧浇口和潜伏浇口四种形式。

1. 直接浇口

直接浇口又称为主流道型浇口,其结构如图 3-15 所示,塑料熔体由主流道从模具上端直接进入型腔。其特点是流动阻力小、流程短。但由于注射压力直接作用在塑件上,所以容易产生较大的残余应力,而且去除浇口比较困难,浇口去除后会留有较大的痕迹,影响塑件的质量。直接浇口多用于成型大中型、长流程、深型腔筒形或壳形塑件。

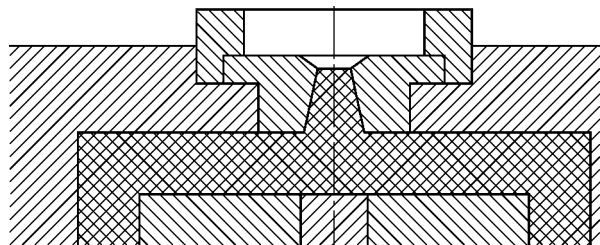


图 3-15 直接浇口

2. 点浇口

点浇口又称为针点浇口或菱形浇口,是一种截面尺寸很小的浇口,如图 3-16 所示。

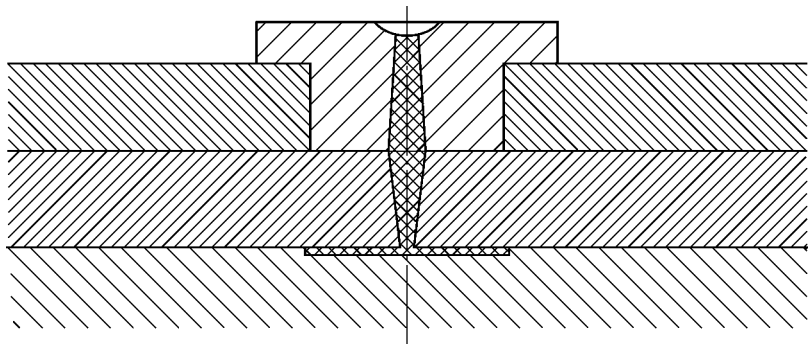


图 3-16 点浇口

点浇口前后存在较大的压力差,这样可增大塑料熔体的剪切速率,从而产生较大的剪切热,使熔体的表观黏度下降,增加流动性,有利于型腔的填充。

点浇口的缺点是不利于成型流动性差的塑料及热敏性塑料,也不利于成型平薄、易变形及形状非常复杂的塑件。模具需增加一个分型面,以便浇口凝料脱模。

3. 侧浇口

侧浇口的结构如图 3-17 所示。侧浇口常开设在分型面上,浇口的大小可以调节,形状简单、加工和修整方便,去除浇口容易且不留明显痕迹。

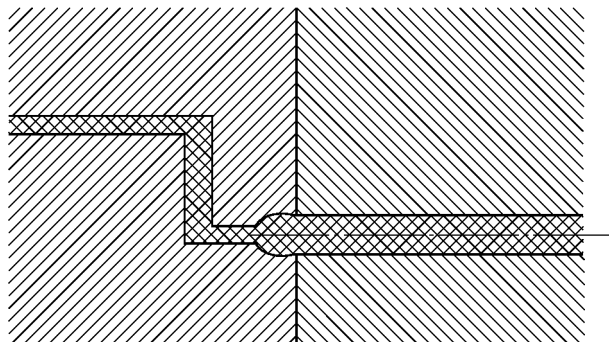


图 3-17 侧浇口

侧浇口的位置可以根据塑件的形状灵活选择,应用比较广泛,普遍用于中小型塑件的多

型腔模具,且对各种塑料的成型适应性均较强。但这种浇口拐角流程长,且热量损失大,成型的塑件往往有熔接痕迹存在,注射压力损失也比较大,不利于深型腔塑件排气。

4. 潜伏浇口

潜伏浇口又称为剪切浇口。这类浇口的分流道位于模具的分型面上,而浇口却斜向开设在模具的隐蔽处。塑料熔体通过型腔的侧面或推杆的端部充入型腔,因而塑件外表面不受损伤,不致因浇口痕迹而影响塑件的表面质量与美观。

潜伏浇口一般是圆形截面。浇口的锥角 β 多取 $10^\circ\sim 20^\circ$,倾斜角 α 为 45° 。浇口尺寸 D 为 $0.8\sim 2\text{ mm}$,根据具体塑件尺寸确定。脱模时,推杆切断进料口,可实现注射自动化操作,缺点是隧道斜孔的加工比较困难。

潜伏浇口有拉切式和推切式两种结构形式,分别如图3-18和图3-19所示。浇口与型腔相连时的角度,形成了能切断浇口的刃口,刃口在脱模或分型时形成的剪切力可将浇口自动切断,但是,韧性好的塑料不宜采用。

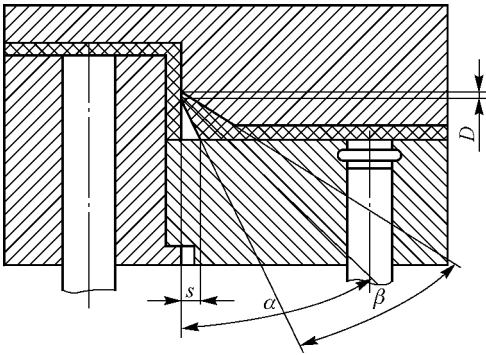


图 3-18 拉切式潜伏浇口

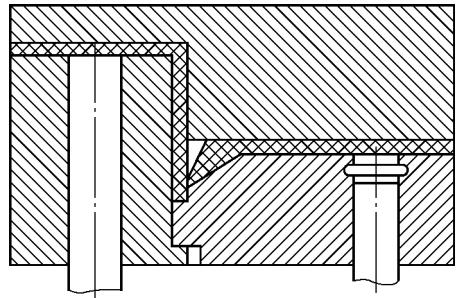


图 3-19 推切式潜伏浇口

3.5 成型零件设计

3.5.1 成型零件工作尺寸计算

成型零件是指构成模具型腔,直接与塑料接触,决定塑件形状及尺寸公差的零件。成型零件工作尺寸指直接用来构成塑件型面的尺寸,包括型腔和型芯的径向尺寸、深度和高度尺寸,螺纹成型零件的径向尺寸和螺距尺寸等。

1. 影响塑件尺寸精度的因素

1) 塑料成型的收缩率

塑件成型后的收缩率变化与塑料的品种、塑件形状、塑件尺寸、塑件壁厚、成型工艺条件以及模具的结构等因素有关,所以确定准确的收缩率是很困难的。工艺条件发生变化时,会造成收缩率的波动,一般计算收缩率时取其平均值。

$$S_{cp} = \frac{S_{max} + S_{min}}{2} \quad (3-1)$$

式中, S_{cp} 为塑料平均收缩率; S_{max} 为塑料最大收缩率; S_{min} 为塑料最小收缩率。

2) 模具成型零件的设计制造误差

模具成型零件的制造精度是影响塑件尺寸精度的重要因素之一。模具成型零件的制造精度越高,塑件尺寸精度也越高。通常成型零件制造公差值 δ_z 取塑件公差值 Δ 的 $1/6 \sim 1/3$ 。

3) 成型零件的磨损

模具在使用过程中,塑料熔体的冲刷、脱模时与塑件的摩擦、成型过程中可能产生的腐蚀性气体的锈蚀等,均会造成模具成型零件的磨损,使得型腔尺寸变大,型芯尺寸减小。

这种由于磨损而造成的模具成型零件尺寸的变化与塑件的产量、原材料及模具等都有关系。

2. 成型零件的尺寸计算

在计算成型零件的工作尺寸时,对于塑件生产批量小、且模具表面耐磨性好的模具,磨损量应取小值;对于玻璃纤维做原料的塑件,磨损量应取大值;对于与脱模方向垂直的成型零件的表面,磨损量应取小值;而与脱模方向平行的成型零件的表面,磨损量应取大值;对于中、小型塑件,模具的成型零件最大磨损量可取塑件公差的 $1/6$;对于大型塑件,模具的成型零件最大磨损量应取塑件公差的 $1/6$ 以下。

如图 3-20、图 3-21 和图 3-22 所示为塑件尺寸与模具成型零件尺寸的关系,模具成型零件尺寸决定于塑件尺寸。

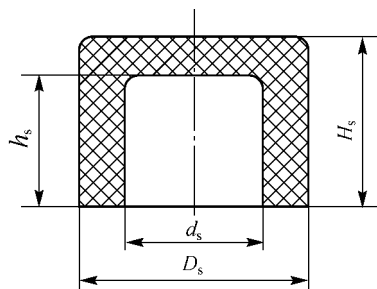


图 3-20 塑件尺寸

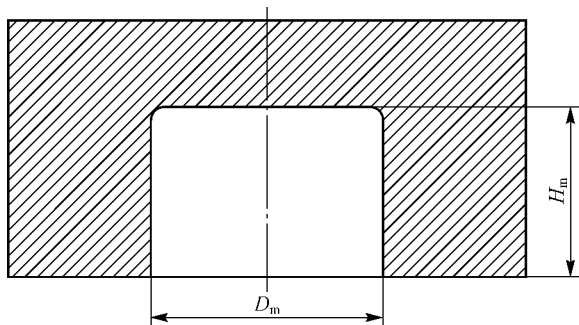


图 3-21 型腔尺寸

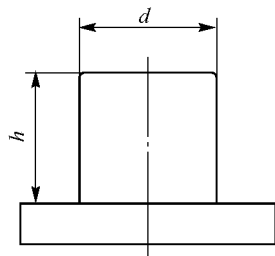


图 3-22 型芯尺寸

塑件尺寸与模具成型零件工作尺寸的取值规定见表 3-2。成型零件工作尺寸的计算公式见表 3-3。

表 3-2 成型零件工作尺寸规定

塑件尺寸	塑件尺寸规定		成型零件尺寸规定		
	基本尺寸	偏差	零件名称	基本尺寸	偏差
外形尺寸 D, H	最大尺寸 D_s, H_s	负偏差 $-\Delta$	型腔	最小尺寸 D_m, H_m	δ_z
内尺寸 d, h	最小尺寸 d_s, h_s	正偏差 $+\Delta$	型芯	最大尺寸 d, h	δ_z

表 3-4 尺寸计算公式

名称	尺寸类型	计算公式
螺纹型芯	大径	$d_{m大} = (D_{s大} + D_{s大} S_{cp} + \Delta_z) - \delta_0^0$
	中径	$d_{m中} = (D_{s中} + D_{s中} S_{cp} + \Delta_z) - \delta_m^0$
	小径	$d_{m小} = (D_{s小} + D_{s小} S_{cp} + \Delta_z) - \delta_1^0$
	螺距	$P_1 = (P + PS_{cp}) \pm \delta_p$
螺纹型环	大径	$D_{m大} = (d_{s大} + d_{s大} S_{cp} - \Delta_z) \delta_0^0$
	中径	$D_{m中} = (d_{s中} + d_{s中} S_{cp} - \Delta_z) \delta_m^0$
	小径	$D_{m小} = (d_{s小} + d_{s小} S_{cp} - \Delta_z) \delta_1^0$
	螺距	$P_1 = (P + PS_{cp}) \pm \delta_p$

注： $d_{m大}$ 、 $d_{m中}$ 、 $d_{m小}$ 分别为螺纹型芯的大径、中径、小径； $D_{m大}$ 、 $D_{m中}$ 、 $D_{m小}$ 分别为螺纹型环的大径、中径、小径； $d_{s大}$ 、 $d_{s中}$ 、 $d_{s小}$ 分别为塑件外螺纹的大径、中径、小径； $D_{s大}$ 、 $D_{s中}$ 、 $D_{s小}$ 分别为塑件内螺纹的大径、中径、小径； S_{cp} 为塑料平均收缩率； Δ_z 为塑件螺纹中径公差； P_1 、 P 分别为内、外螺纹和塑件的螺距； δ_0 、 δ_m 、 δ_1 、 δ_p 分别为螺纹型芯和螺纹型环的大径、中径、小径和螺距的公差。

3.5.2 凹模壁厚及底板厚度的设计

为了保证所设计模具具有足够的刚度和强度，凹模壁厚及底板厚度必须满足要求。塑料模具的工作环境，具有一定的温度和压力，模具型腔在成型过程中会受到熔体的高压作用，如果型腔侧壁和底板的厚度过小，就可能因强度不够而产生塑性变形甚至破坏，也可能因刚度不足而产生挠曲变形，导致溢料和出现飞边，从而降低塑件尺寸精度和质量。因此，必须对型腔壁厚和底板厚度进行强度和刚度校核，来确定其具体尺寸。

计算凹模壁厚及底板厚度时应考虑的因素有很多。

1. 需要总体考虑的问题

模具型腔壁厚的计算应以成型过程中型腔受到的最大压力为准。注射成型时，最大压力是在熔体充满型腔的瞬间产生的。在随后的保压过程中，随着塑料熔体的冷却和浇口的凝结，型腔内部的压力会逐渐降低，开模时接近常压。

大型模具型腔的主要问题是刚度不足，型腔壁厚应以满足刚度条件为准；对于小型的模具型腔，在发生大的弹性变形前，其内应力往往超过了模具材料的许用应力，因此，强度不足是主要问题。设计时，型腔壁厚应以满足强度条件为准。

型腔壁厚的强度计算条件是型腔在各种受力形式下，受到的最大应力值不得超过模具材料的许用应力，即

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma] \quad (3-2)$$

型腔壁厚的刚度计算条件是型腔弹性变形的最大值不超过允许变形量，即

$$\delta_{\max} \leq [\delta] \quad (3-3)$$

2. 防止产生溢料

塑件成型过程中，型腔内由于高压熔体的注入，使得模具型腔的配合面会产生间隙，若间隙过大则会出现溢料，因此，在不产生溢料的前提下，将允许的最大间隙值作为型腔的刚度条件。

3. 保证塑件的尺寸精度

对于个别部位的尺寸精度要求比较高的塑件，必须保证模具型腔具有很好的刚性，以确保塑料熔体注入型腔时不产生过大的变形。这样，型腔的允许变形量需要根据塑件尺寸和

公差值来确定,由塑件尺寸精度确定刚度条件。

4. 保证塑件顺利脱模

如果型腔刚度不足,在熔体高压作用下型腔会产生过大的弹性变形,当变形量超过塑件的收缩率时,塑件将被型腔紧紧包住,以致难以脱模。因此,型腔的弹性变形量应小于塑件壁厚的收缩量,即

$$[\delta] < tS \quad (3-4)$$

式中, $[\delta]$ 为能保证塑件顺利脱模时,型腔的允许弹性变形量(mm); t 为塑件的壁厚(mm); S 为塑件的收缩率。

通常情况下,塑料的收缩率都比较大,型腔的弹性变形量不会超过塑料的收缩值,所以型腔的刚度要求主要考虑满足不溢料和塑件的精度要求。

设计时,由型腔的形状、结构、模具材料的许用应力、型腔的允许弹性变形量以及型腔内熔体的最大压力等综合决定型腔尺寸是根据强度条件计算,还是根据刚度条件计算。在以上各因素一定的条件下,当所设计的模具以强度条件计算出的尺寸和以刚度条件计算出的尺寸相等时,该尺寸即为强度条件和刚度条件计算的分界值。一般来说,当分界值不好确定时,可分别按强度条件和刚度条件计算出壁厚,取其中较大值作为模具型腔的壁厚。

由于模具型腔的形状和结构形式多种多样,成型过程中模具的受力情况也非常复杂,一些参数很难确定。因此,要对型腔壁厚作精确的力学计算是非常困难的。通常可从实用观点出发,根据实际情况,建立接近实际的力学模型,以确定较为实际的计算参数,采用工程上常用的近似算法。对于不规则的型腔,一般可简化为规则的矩形型腔和圆形型腔进行近似计算。

型腔底板厚度的计算方法同样可以按刚度条件计算,也可以按强度条件计算。底板厚度的计算要根据其支撑形式进行简化,建立力学模型,然后进行计算。

3.5.3 成型零件结构设计

成型零件包括型腔、型芯、各种成型杆和成型环。型腔总体结构应根据塑料的性能和塑件的形状、尺寸及使用要求等确定。

1. 镶嵌式型腔

成型塑件外形的型腔,一般设在定模一边,型腔可以在定模板上直接加工成整体式型腔。整体式型腔只适用于形状简单的塑件,大多数模具采用镶嵌式型腔。

型腔的镶嵌形式有多种。如图 3-25(a) 所示为最常用的形式,套板加工成通孔,型腔模加工成台肩状,从背后镶入到套板中,嵌件压入后牢固可靠。对于圆柱形型腔,为防止转位,可设置止转销。如图 3-25(b) 所示为套板加工成盲孔,型腔模从前面镶入到套板中,该结构模板强度好,适用于大型塑件,但嵌件与模板的配合加工、装卸均较困难。如果型腔底部形状较复杂且由于其他原因不允许作成通孔时,可采用局部嵌入结构,如图 3-25(c) 所示。

2. 镶嵌式型芯

型芯的镶嵌形式也有多种。如图 3-26(a) 所示为通孔镶嵌形式,模板制成通孔,将型芯镶入,该结构便于机械加工而且可以减轻型芯重量,还可以和型腔模板通孔一起加工,保证同心度;如图 3-26(b) 所示为将模板加工成盲孔,将型芯镶入到模板中,该结构适用于形状复杂,加工工作量大的型芯;如图 3-26(c) 所示为将模板加工成盲孔,将型芯镶入到模板中,而且可以预先在模板上加工出需要的形状,以代替部分型芯。

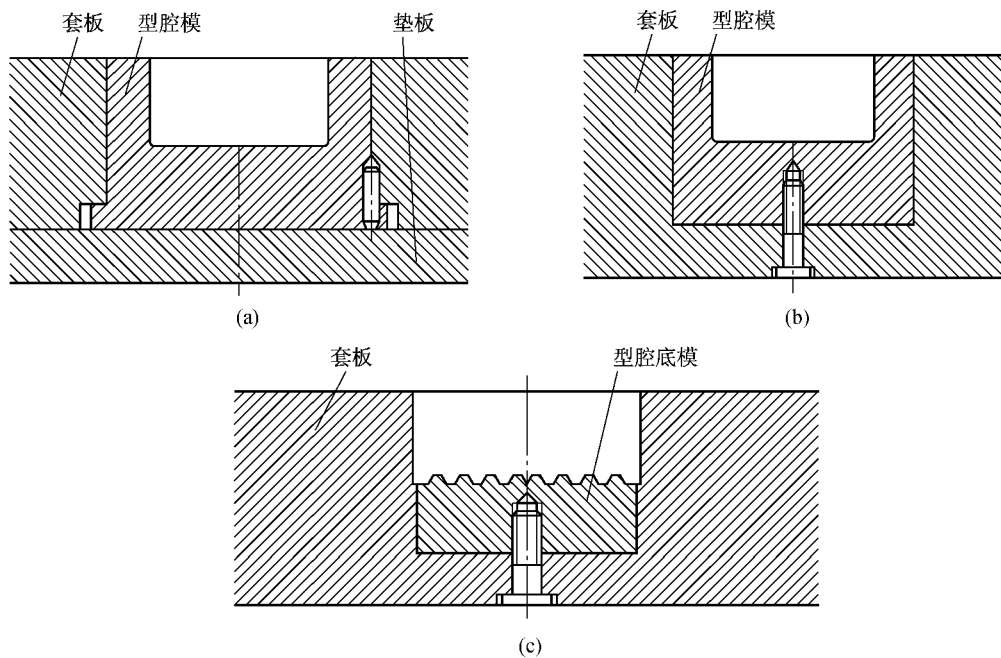


图 3-25 镶嵌式型腔

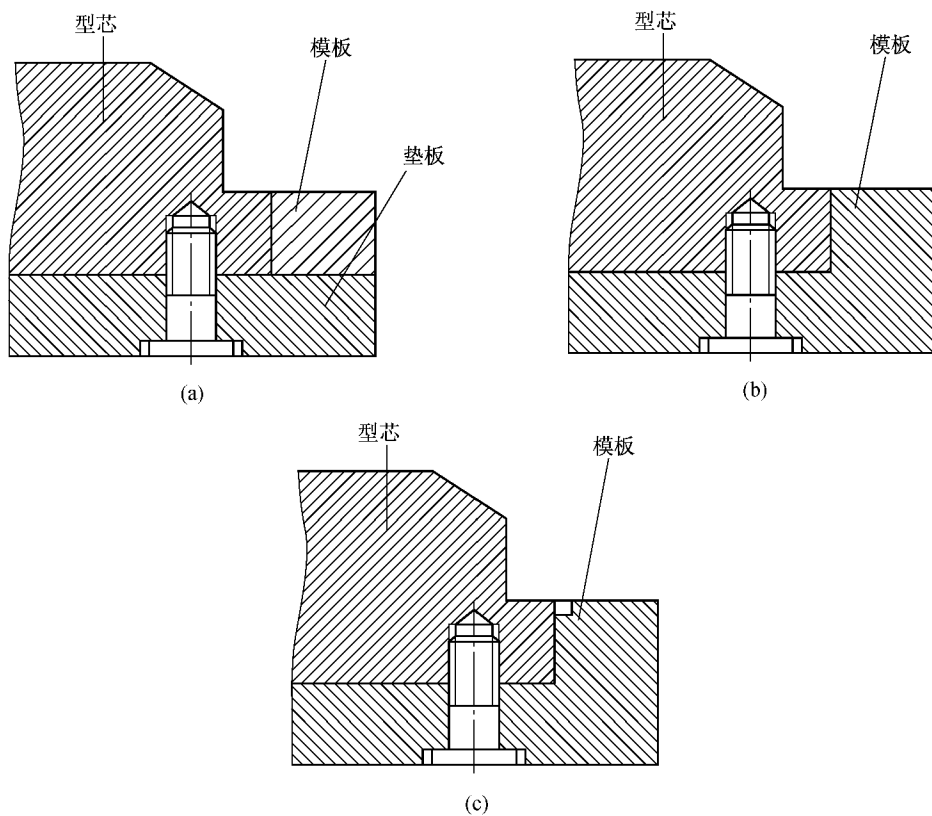


图 3-26 镶嵌式型芯

3. 螺纹型芯与螺纹型环

1) 螺纹型芯

当成型塑件要求有内螺纹时,需要采用螺纹型芯,其结构形式如图 3-27 所示。

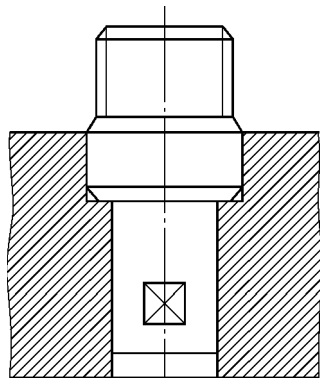


图 3-27 螺纹型芯

2) 螺纹型环

当成型塑件要求有外螺纹时,需要采用螺纹型环,其结构形式如图 3-28 所示。

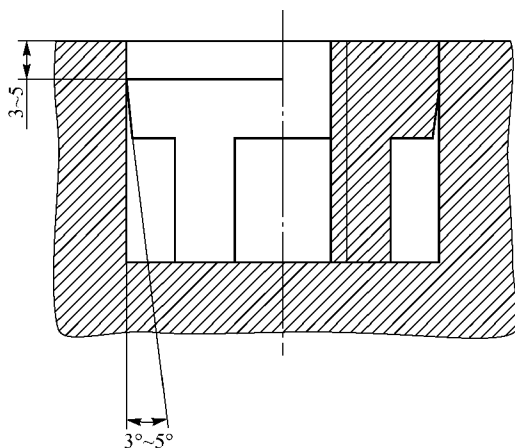


图 3-28 螺纹型环

3.6 运动机构设计

3.6.1 导向机构设计

1. 导向机构的作用

导向机构主要有导柱导向和锥面定位两种形式。注射模工作过程中,为了保证动模和定模在合模时的正确定位以及脱模机构的准确平稳导向,必须设置开合模导向机构。导向机构有定位、导向和承受载荷的作用。

1) 定位作用

在模具装配和开合模过程中,避免动模和定模的错位,以保证塑件的形状和尺寸精度。

2) 导向作用

合模时通过导向零件,引导动模和定模准确闭合。

3) 承受载荷

导向机构承受的载荷主要包括两个方面,一是塑料熔体在充型过程中产生的侧向压力,二是推板脱模机构或三板式模具中承受推板或者型腔板载荷。

2. 导向机构的设计

导柱导向机构主要由导柱和导套组成,根据具体的模具结构,导柱既可以设置在动模一侧,也可以设置在定模一侧。

1) 导柱

导柱的结构形式多种多样。如图 3-29(a)所示为无导套导柱,除安装部分的台肩外,长度的其余部分直径相同,加工方便;如图 3-29(b)所示为有肩导柱,除安装部分的台肩外,固定配合部分直径比导向工作部分直径大,一般与导套外径一致;如图 3-29(c)所示为用于需要固定在两块板上的有肩导柱,这种结构不常用。

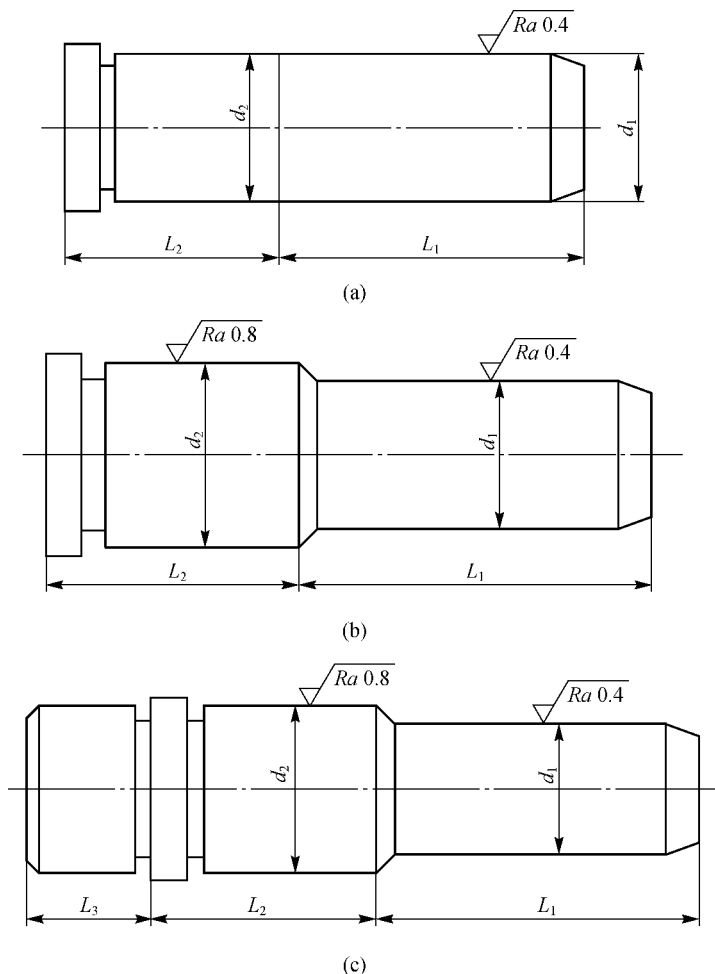


图 3-29 导柱的结构形式

导柱的直径可查阅模具设计手册,导向部分的长度,一般取插入半模厚度的一半以上即可。导柱固定部分的长度一般取直径的1.5倍左右。导柱应具有良好的耐磨性,内部坚韧而不易折断,多采用20钢(表面渗碳、淬火处理)或T10钢(淬火处理),硬度为50~55 HRC。

导柱通常都均布在模具分型面的四周,导柱中心至模具边缘应有足够的距离,以保证模具强度。为确保合模时只能按一个方向合模,避免错位,导柱的布置可采用等直径导柱不对称布置或不等直径导柱对称布置的方式,如图3-30所示。

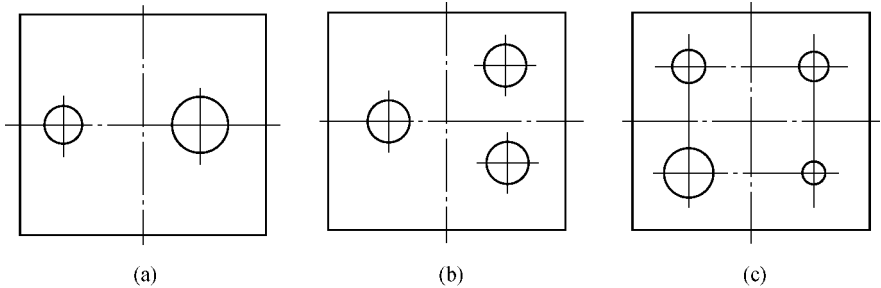


图 3-30 导柱的布置

2) 导套

如图3-31(a)所示为直导套,结构简单,加工方便,用于简单模具导向精度要求不高的场合。如图3-31(b)所示为带头导套,结构较复杂,用于精度要求较高的场合,应用较为广泛。这种导套的固定孔可以与导柱的固定孔同时加工,保证加工精度。如图3-31(c)所示为用于两块板固定场合的带头导套。

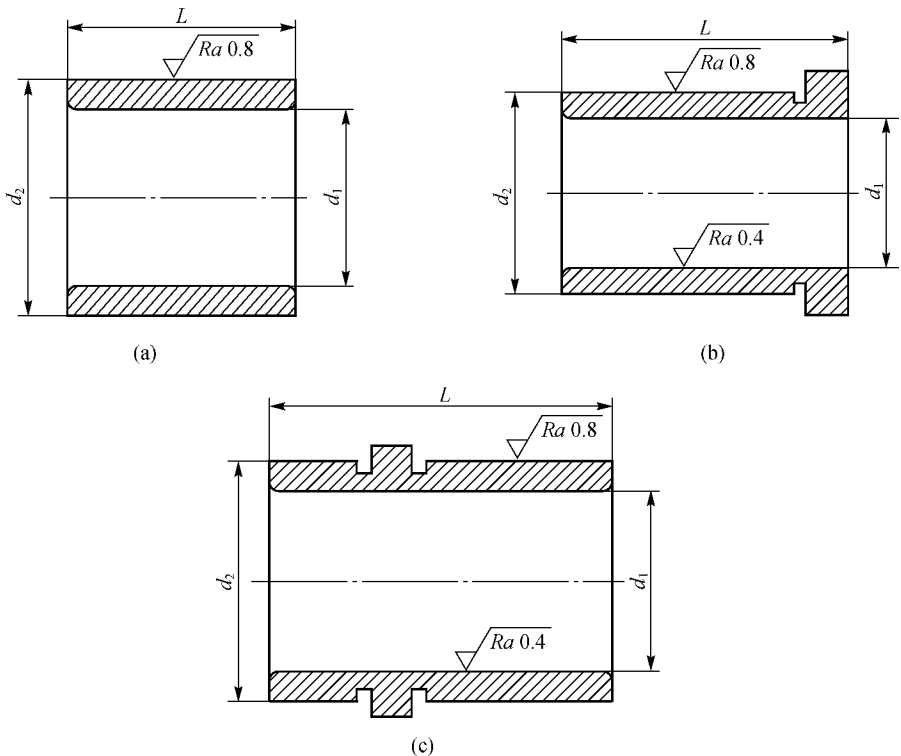


图 3-31 导套的结构形式

导套的内径、导向部分长度以及固定部分的长度取决于导柱的直径和导向部分长度。

导套材料可用与导柱相同的材料或用耐磨材料制造,如铜合金。导套的硬度应略低于导柱硬度,这样可以减少导柱的磨损。

导柱导向机构在合模时虽然对中性好,但由于导柱与导套有配合间隙,定位精度不可能很高。另外,当注射成型的侧向压力很大时,容易造成导柱的弯曲变形,甚至使导柱卡死。因此,对于较大的模具应增设锥面定位导向装置。该装置结构简单、定位精度高、容易调整、便于更换,如图 3-32 所示。

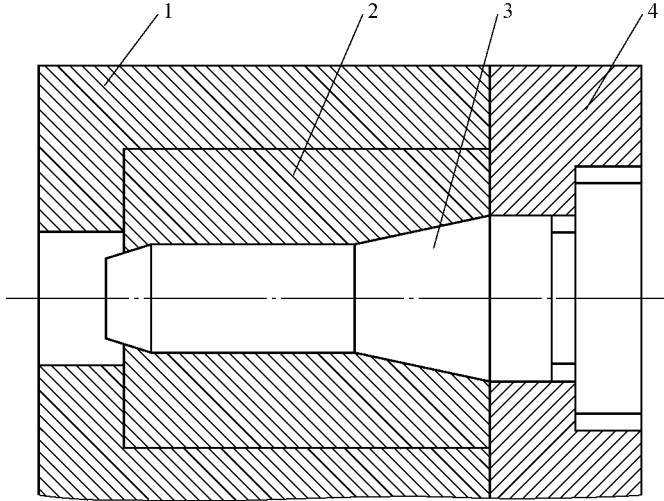


图 3-32 锥面定位导向机构

1—动模; 2—导套; 3—锥形柱; 4—定模

3.6.2 推出机构设计

在注塑成型的每个周期中,将塑件及浇注系统凝料从模具中脱出的机构称为推出机构,也称为顶出机构或脱模机构。推出机构的动作通常由安装在注射机上的机械顶杆或液压缸的活塞杆来完成。

1. 推出机构的结构

推出机构一般由推出零件、推杆固定板与推板、复位零件和导向零件等组成,如图 3-33 所示。

2. 推出机构的分类

按动力来源分类可分为手动推出机构、机动推出机构、液压或气动推出机构。

1) 手动推出机构

手动推出机构指当模具分开后,由人工操纵脱模机构使塑件脱出,它可分为模内手动推出机构和模外手动推出机构两种。这类结构多用于形状复杂,不能设置推出机构的模具。在塑件结构简单、产量很少的情况下,为了节约成本,也可以考虑手动推出机构。

2) 机动推出机构

机动推出机构是利用注射机的开模动力来驱动模具上的推出机构,实现塑件自动脱模。这

类模具结构复杂、生产效率很高,多用于生产批量大的情况,但是可能会对塑件造成冲击。

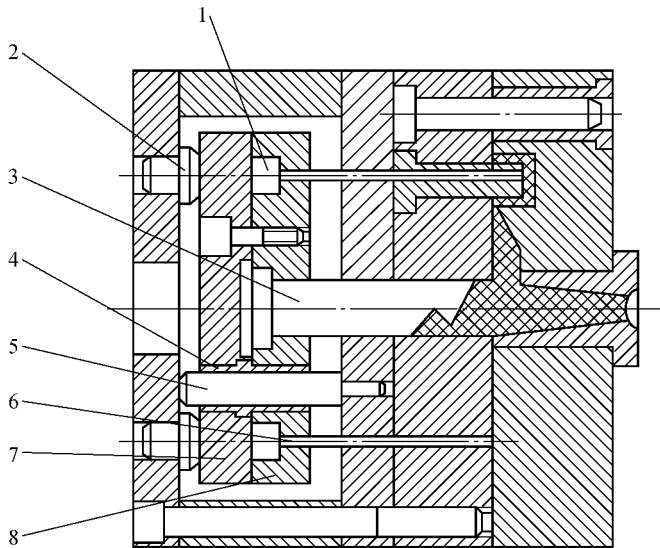


图 3-33 推出机构

1—推杆；2—支撑钉；3—拉料杆；4—导套；5—导柱；6—复位杆；
7—推板；8—推杆固定板

3) 液压或气动推出机构

液压或气动推出机构是指在注射机或模具上设置专用的液压或气压传动装置,通过模具上的推出机构将塑件推出模外或将塑件吹出模外。

推出机构按照模具的结构特征可分为一次推出机构、定模推出机构、二次推出机构、浇注系统凝料的推出机构和带螺纹塑件的推出机构等。单分型面注射模常用的是一次推出机构。

3. 推出机构的设计要求

推出机构的结构设计要求随制件形状、结构的不同而不同。

1) 塑件留在动模一侧

在模具的结构设计上应尽量保证塑件留在动模一侧,大多数注射机的推出机构都设在动模一侧。

2) 塑件不变形、不损坏

塑件在推出过程中不变形、不损坏是推出机构应该达到的基本要求。设计模具时,要正确分析塑件对模具型芯包紧力的大小以及分布情况,并建立合适的数学模型,通过计算来选择合适的推出方式、推出位置、型腔的数量和推出面积等。

3) 保证塑件的外观质量

对于外观质量要求较高的塑件,推出的位置可设计在塑件内部,这样可避免损伤塑件的外观。而且推出力的作用点应尽可能靠近型芯,并且是塑件上强度、刚度最大的地方,如凸台等部位。

4) 推出机构能够准确复位

在推出机构推出塑件后,为进行下次工作循环,必须使推出机构合模时能够准确复位。

常采用的复位形式有复位杆复位、弹簧复位和液压复位等。

除以上几点要求之外,推出机构在推出与复位过程中,要求其工作准确可靠、动作灵活、制造容易、配换方便。另外,推出机构本身要有足够的强度和刚度。

3.6.3 侧向分型与抽芯机构设计

分型面确定以后,当塑件在与开模方向垂直的内侧或外侧有孔、凹穴或凸台时,模具必须有能够侧向分型和抽芯的机构,以便在塑件脱模推出之前先将侧向成型零件抽出,否则塑件就无法脱模。带动侧向成型零件作侧向分型、抽芯和复位的整个机构称为侧向分型与抽芯机构。

侧向分型与抽芯机构按动力来源的不同,一般可分为手动侧向分型与抽芯机构、机动侧向分型与抽芯机构和液压或气动侧向分型与抽芯机构三大类。

1. 侧向分型与抽芯机构的结构形式

1) 手动侧向分型与抽芯机构

手动侧向分型与抽芯机构是利用人工对模具进行侧向分型和抽芯。该类机构,劳动强度大、生产效率低、难以获得较大的抽芯力;但模具结构简单、成本低。手动侧向分型与抽芯机构常用于产品的试制、小批量生产或无法采用其他侧向抽芯的模具中。

手动侧向分型与抽芯机构可分为两类:一类是模内手动侧向分型与抽芯机构,另一类是模外手动侧向分型与抽芯机构。

(1) 模内手动侧向分型与抽芯机构。模内手动侧向分型与抽芯机构是指在开模前或开模后,在塑件还未推出之前,用手动完成模具上的侧向分型与抽芯动作,然后把塑件推出模外,其结构如图 3-34 所示。

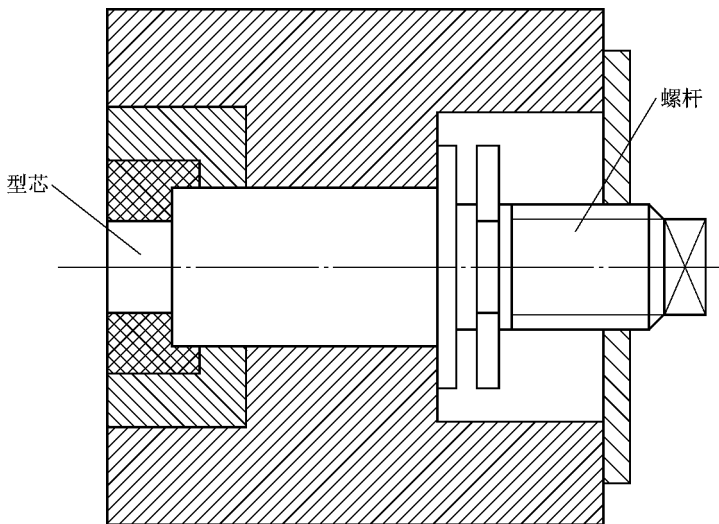


图 3-34 模内手动侧向分型与抽芯机构

(2) 模外手动侧向分型与抽芯机构。模外手动侧向分型与抽芯机构如图 3-35 所示。注射成型后,镶块或活动型芯连同塑件一起脱出模具,然后将活动型芯从塑件上取下,以备下一次注射成型时使用。

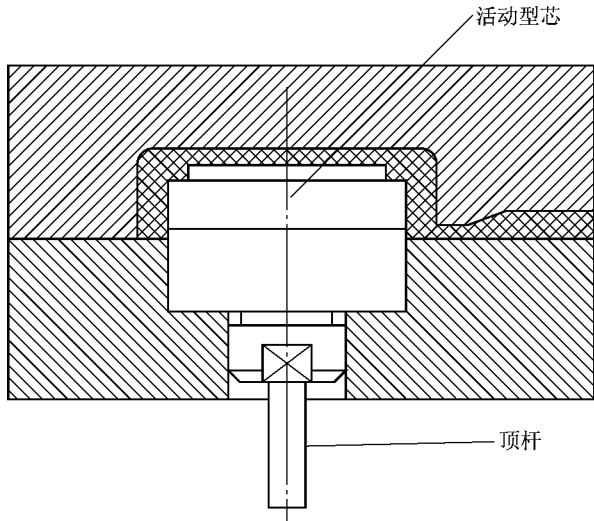


图 3-35 模外手动侧向分型与抽芯机构

2) 机动侧向分型与抽芯机构

机动侧向分型与抽芯机构在开模时利用注射机的开模力作为动力,通过机械传动零件(如斜导柱、弯销等),带动侧向成型零件,使其侧向分型或侧向抽芯;合模时又通过传动零件使侧向成型零件复位。

机动侧向分型与抽芯机构的结构比较复杂,但抽芯力大、生产效率高、容易实现自动化,在生产中的应用较为广泛。

根据传动零件的不同,机动侧向分型与抽芯机构可分为斜导柱侧向分型与抽芯机构和斜滑块侧向分型与抽芯机构等不同类型。

(1) 斜导柱侧向分型与抽芯机构。斜导柱侧向分型与抽芯机构主要由斜导柱、侧型芯、楔紧块和滑块等组成,如图 3-36 所示。斜导柱也称为斜销,它靠开模力来驱动,从而产生侧向抽芯力,迫使侧型芯和滑块沿着导滑槽向外移动,达到侧向抽芯的目的。

侧型芯是成型塑件上侧凹或侧孔的零件,滑块与侧型芯既可做成整体式,也可做成组合式。导滑槽是保持滑块运动方向的支撑零件,要求滑块在导滑槽内运动平稳,无上下窜动和卡紧现象。由弹簧、螺钉和限位块等组成的复位机构,可以保证合模时斜导柱能准确地插入滑块的斜孔,实现复位。楔紧块的作用是在注射成型时,承受滑块传来的侧向推力,避免滑块产生位移或使斜导柱因受力过大而产生弯曲。

(2) 斜滑块侧向分型与抽芯机构。在塑件的侧凹或孔较浅处,抽芯距离不大,但侧凹的成型面积较大,需要较大抽芯力的情况下,可以采

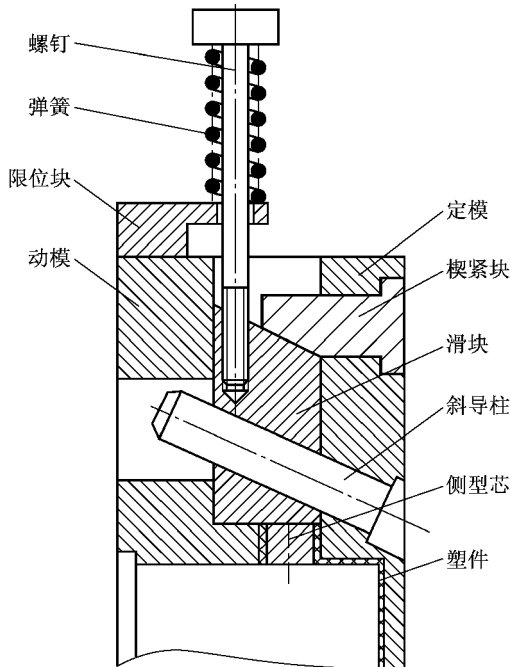


图 3-36 斜导柱侧向分型与抽芯机构

用斜滑块机构进行侧向抽芯,其结构如图3-37所示。

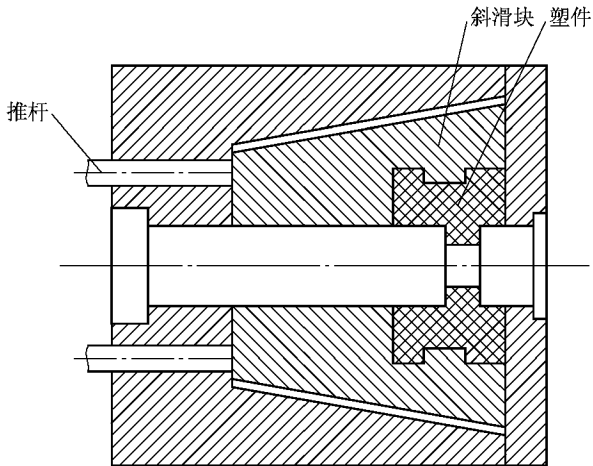


图 3-37 斜滑块侧向分型与抽芯机构

斜滑块侧向抽芯的特点是利用推出机构的推力,驱动滑块斜向运动,在塑件被推出脱模的同时,由滑块完成侧向分型和抽芯动作。

采用推杆直接推动斜滑块运动时,由于存在加工制造误差,可能会出现推力不均的现象,这时可以在推杆与斜滑块之间加设一个推板使推力均匀。

3) 液压或气动侧向分型与抽芯机构

液压或气动侧向分型与抽芯机构是利用液压力或者气压力作为动力,利用专门的抽芯液压缸或汽缸,依靠液压缸或汽缸的活塞运动实现侧向分型与抽芯以及复位等动作,其结构如图 3-38 所示。

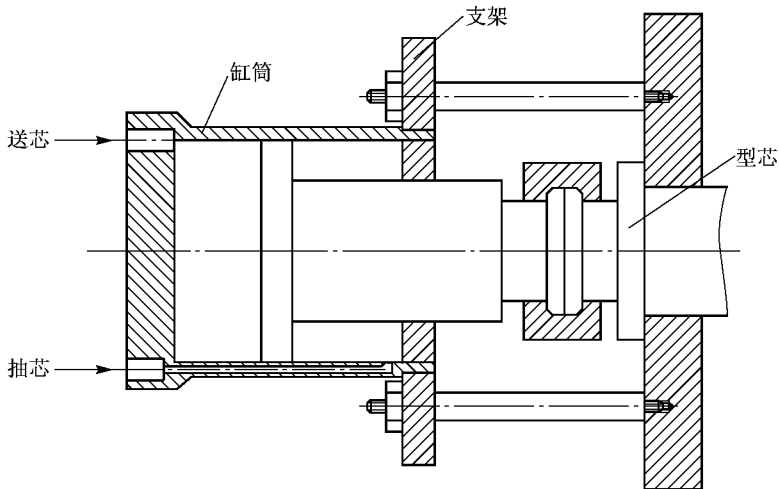


图 3-38 液压或气动侧向分型抽芯机构

该类机构动作平稳、抽芯力大、抽芯距较长,抽芯的时间顺序可以根据需要自由设置。

通常在塑件的侧向有较深的孔,侧向的抽芯力和抽芯距都很大,而且用斜销或斜滑块等侧向抽芯机构无法完成抽芯时,往往优先考虑采用液压或气动侧向分型与抽芯机构。

现代塑料注射机上通常配有液压抽芯的油路及控制系统,所以在注射成型时常采用液

压侧向分型与抽芯机构,有时也采用气动侧向分型与抽芯机构。

液压侧向抽芯机构在设计时,要注意液压缸的选择、安装及液压抽芯与复位的时间顺序等问题。液压缸的选择要按计算的侧向抽芯距离的长短来确定,液压缸的固定应视具体情况而定,安装时还应注意侧向型芯的锁紧形式、抽芯与复位的时间顺序等。

2. 抽芯力和抽芯距的确定

由于塑料制件被紧包在侧向型芯上,因此,在侧向分型与抽芯机构的设计中,侧向分型与抽芯的力一定要合适,不能小于需要的抽芯力。

影响抽芯力大小的因素很多也很复杂,包括成型塑件侧向表面积的大小和几何形状的复杂程度等。表面积越大、形状越复杂,所需的抽芯力越大;侧向型芯部分的塑件壁厚越大,则凝固收缩越大,所需抽芯力就越大;同一抽芯机构上布置的侧向型芯越多,相应需要的抽芯力也越大;侧型芯成型部分的脱模斜度越小,所需的抽芯力越大;另外,注塑的保压时间、模具温度、塑料的品种和性能等都会对抽芯力的大小造成影响。

侧向分型与抽芯机构的侧向抽芯距也是一个重要的设计参数。通常侧向抽芯距比塑件侧凹、侧孔的深度或侧向凸台的高度大 $2\sim 3$ mm。当塑件的形状和结构比较特殊时,要综合考虑塑件形状及模具结构等因素对抽芯距的影响,来确定抽芯距。

本章小结

本章介绍注射工艺和注射模具的设计。首先,介绍了注射工艺过程、常用的注塑材料;然后对注射模的基本构造、特点以及分类进行详细的说明,并介绍注塑的工艺性因素;最后针对注射模的浇注系统、成型零件以及导向、推出和抽芯等运动机构,从基本构造、工作原理和设计要求几个方面进行了详细论述。

习 题 3

- 3-1 简述注射工艺过程包括哪些内容?
- 3-2 常用的注塑材料有哪几种?其特点是什么?
- 3-3 注射模的基本结构和特点有哪些?
- 3-4 注射模按照总体结构特征一般可分为哪几类?各有什么特点?
- 3-5 影响注射的工艺性因素有哪些?
- 3-6 注射模的浇注系统由哪几部分组成?
- 3-7 浇注系统各部分的作用是什么?
- 3-8 浇注系统的设计原则有哪些?
- 3-9 主流道的特点和设计要点有哪些?
- 3-10 冷料穴的结构形式有哪些?
- 3-11 分流道的结构形式有哪些?
- 3-12 如何进行分流道的平衡布置?
- 3-13 浇口的结构形式有哪些?各有什么特点?

- 3-14 影响塑件尺寸精度的因素有哪些？
- 3-15 成型零件的尺寸计算包括哪些尺寸？各如何计算？
- 3-16 计算凹模壁厚及底板厚度时应考虑哪些因素？
- 3-17 成型零件结构有哪几种形式？各有什么特点？
- 3-18 导向机构的作用是什么？由哪几部分组成？
- 3-19 推出机构的组成结构有哪些？如何分类？
- 3-20 推出机构的设计要求有哪些？
- 3-21 侧向分型与抽芯机构的结构形式有哪些？各有什么特点？
- 3-22 抽芯力和抽芯距如何确定？