

第 1 章 概 论

1.1 塑料模具基本概念

日常生活中到处可见塑料制品。日用品(如塑料饭碗、脸盆、水桶、手机外壳等)和经常接触的家用电器(如电视机、收录机、计算机等)产品外壳等都是塑料制品。在工业设备中也经常看到塑料零件,那么这些塑料制品是怎样做成的呢?

塑料是由从石油生产出来的合成树脂加入增塑剂、稳定剂、填料等物质而组成的,原料为小颗粒状或粉状。如果将这些小颗粒塑料加热熔化成液体,注入到一个具有所需产品形状的型腔中,待塑料冷却后取出,就得到了与型腔形状一样的塑件,这个具有型腔的部件称为模具,因为它专门用于制作塑料件(简称塑件),所以通常称为塑料模具。

1.2 注塑模具基本结构

下面以一个简单的例子来说明注塑模具结构的各个组成部分。

如图 1-1 所示的塑料盆,制作它的模具是怎样组成的呢?

首先在两块金属板上挖出与盆一样形状的型腔,其中一块金属板挖成盆外形的型腔(俗称凹模板),如图 1-2 所示,另一块做成盆内部形状,如图 1-3 所示(俗称凸模板),两块合起来构成完整的盆形状的型腔。为了注入塑料,通常在凹模板上开一个进料口,如图 1-4 所示。现在只要把熔融的塑料从这个进料口注入型腔,待塑料冷却后打开,取出塑料件就得到了塑料盆。

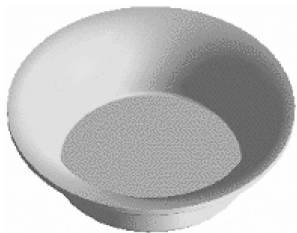


图 1-1 塑料盆

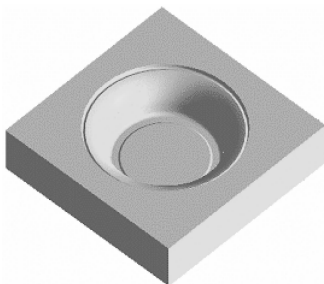


图 1-2 凹模板

工艺上通常采用注塑机将小颗粒塑料熔融并以一定的速度和压力向模具内注射塑料,注塑机外形如图 1-5 所示,注塑成型过程如图 1-6 所示。

现在要考虑的问题是怎样将凹、凸模板安装到注塑机上,又怎样将凹、凸模板以正确的位置准确地闭合,以及怎样将冷却后凝固在型腔里的塑料件取出来?

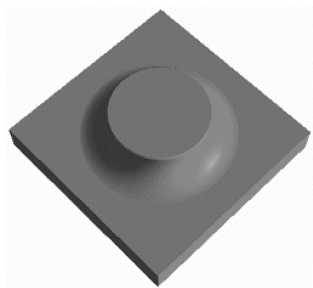


图 1-3 凸模板

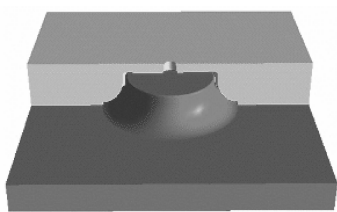


图 1-4 凹、凸合模状态剖面图

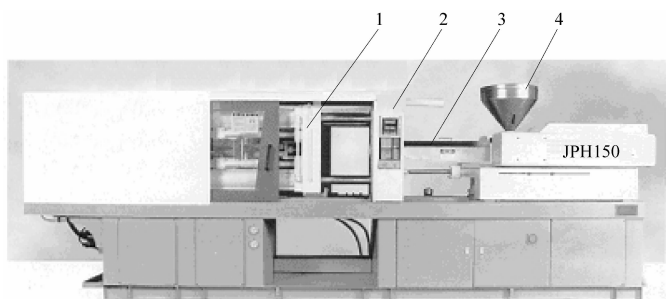


图 1-5 注塑机外形

1—动模座；2—定模座；3—喷塑枪；4—料斗

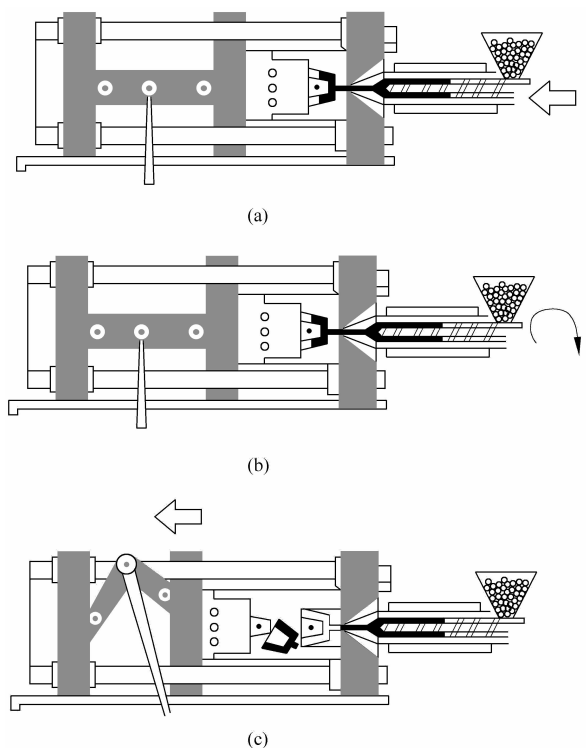


图 1-6 注塑成型过程

(a) 射出；(b) 保压, 冷却；(c) 顶出

下面再介绍模具的其他部分。

凹、凸模构成零件形状的型腔,因受高温,且与塑件摩擦,所以制作它的材料各方面性能要好,当然价格也高。为降低成本,凹、凸模板在满足塑料制品形状大小的前提下做得尽可能小,同时分别将凹、凸模固定在较大的、价格低廉的金属板上,见图 1-7。这两块大一点的金属板分别称为凹、凸模固定板。

为了使得凹、凸模准确对位合模,分别在凹、凸模固定板上装有 4 根导柱与导套,见图 1-8。

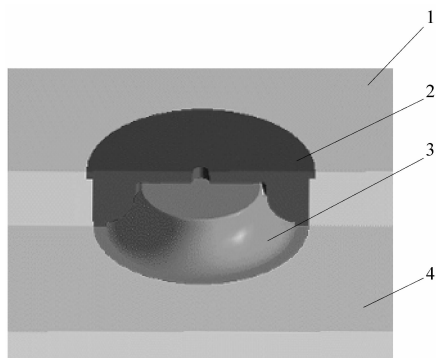


图 1-7 凹、凸模固定装置剖面图

1—凹模固定板; 2—凹模; 3—凸模; 4—凸模固定板

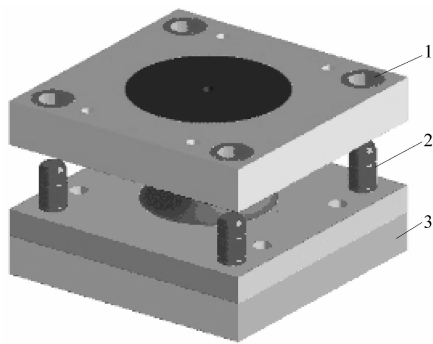


图 1-8 凹、凸模准确合模

1—导套; 2—导柱; 3—支承板

另外,由于塑件冷却收缩包紧在凸模上,所以在凸模的一侧还应装有带有几根顶料杆的顶出机构。为此,在凸模一侧支承板下面安装两块垫铁,以形成用于顶出机构运动的空间,以便开模后将塑件顶出模具外;为了在合模时,顶料杆能返回到原来的位置,还设置了回程杆,见图 1-9。

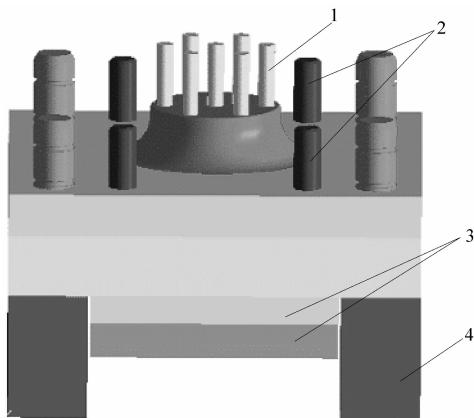


图 1-9 模具的顶出与回程机构

1—顶料杆; 2—回程杆; 3—顶料杆固定板; 4—垫铁

通常以凹、凸模为界,将凹模及其固定板连接在大一点的金属板上(俗称定模座板),依靠这块金属板将凹模及其固定板安装在注塑机的定模座上。另外,为方便安装模具,使得注

塑机喷嘴与主浇套口对准,因此在定模座板上安装了定位环;又因为进料道与高温塑料和注塑机喷嘴反复接触和碰撞,所以采用性能较好的材料单独制作一个主浇套,安装在定模座板内,见图 1-10。将凸模及其固定板、顶出机构一起安装在另一块大一点的金属板(俗称动模座板)上,将这块板安装在注塑机的动模座上,见图 1-11。将两部分合在一起就形成了一套完整的模具,见图 1-12。

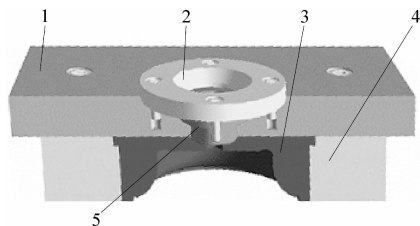


图 1-10 定模

1—定模座板; 2—定位环; 3—凹模;
4—凹模固定板; 5—主浇套

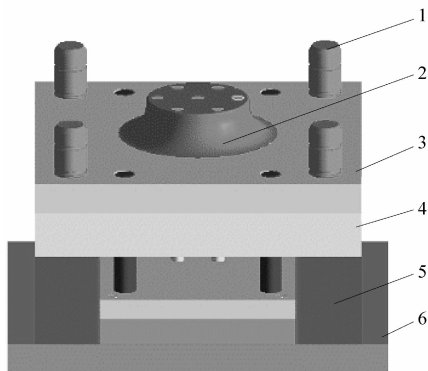


图 1-11 动模

1—导柱; 2—凸模; 3—凸模固定板;
4—支承板; 5—垫铁; 6—动模座板

为了更好地看清楚模具各零部件之间的装配关系,这里分别制作了模具的剖面图(见图 1-13)和爆炸图(见图 1-14)。

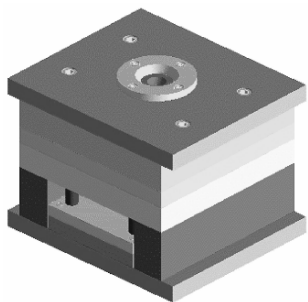


图 1-12 完整的模具

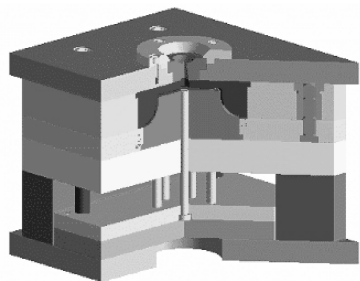


图 1-13 模具剖面图

定模部分借助于定模座板及定位环安装在注塑机的定模座上,动模部分借助于导柱对准位置将动模座板安装在注塑机的动模座上,见图 1-15。

在合模状态下,注塑机将熔融的塑料以一定的压力和速度通过模具进料口注入型腔,保压与冷却一段时间后,注塑机动模座后退打开模具,带动模具的凸模部分(此时塑料件抱紧在凸模上)退至一定位置时,注塑机动模座后面一顶杆往前推进,通过模具动模板上的孔,推动模具顶出机构将塑料件推出,见图 1-16。合模时由凹模板碰回程杆而使顶出机构复位。

以上介绍的是很简单的注塑模具,当然,很多塑料产品比这复杂得多,但模具的基本结构组成是一样的,通常模具的模架(包括定模板、动模板、凹凸模固定板、导柱导套、顶出机构、回程杆等)以及一些配件(如浇口套、顶杆)是标准的,有专门的厂家生产。设计制作

模具时,根据开合模方式、塑料件脱模方式和塑料件尺寸大小等因素选购模架类型、模架尺寸大小及一些标准配件,但凹、凸模零件要根据塑料产品的形状自己加工制造。

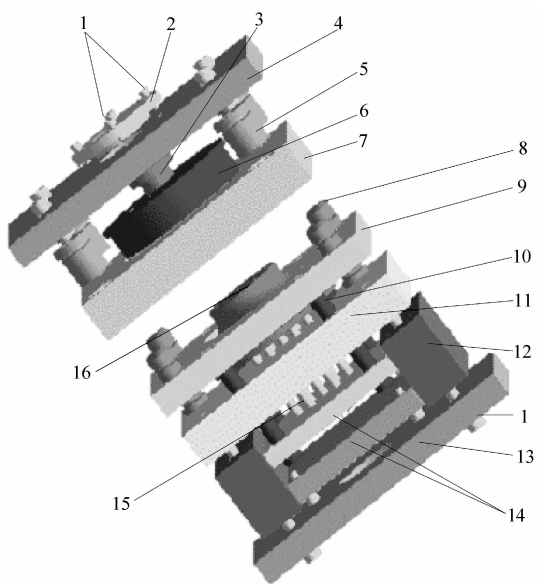


图 1-14 模具爆炸图

1—螺钉；2—定位环；3—主浇套；4—定模座板；5—导套；6—凹模；7—凹模固定板；8—导柱；9—凸模固定板；10—回程杆；11—支承板；12—垫铁；13—动模座板；14—顶料杆固定板；15—顶料杆；16—凸模

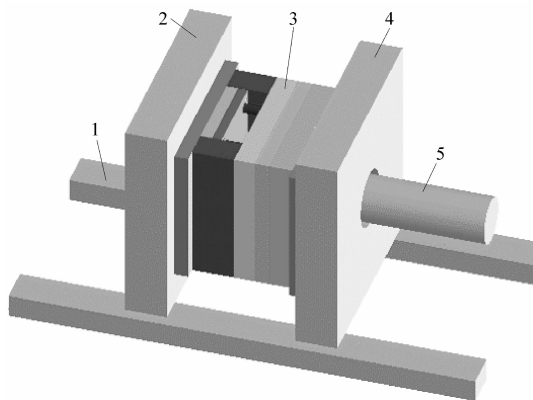


图 1-15 模具在注塑机上合模状态

1—注塑机导轨；2—动模座；3—模具；
4—定模座；5—注塑机喷枪

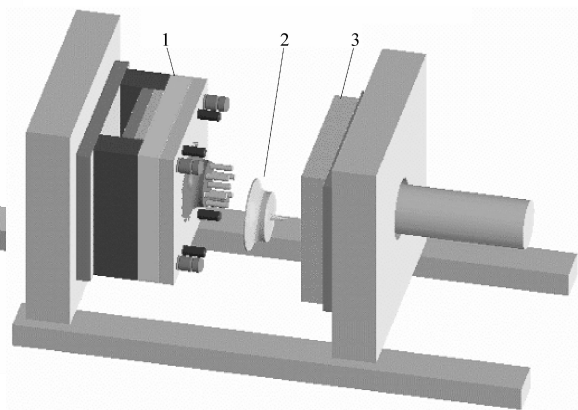


图 1-16 开模并顶出塑件

1—动模；2—塑件；3—定模

后面章节将分别详细介绍各种注塑模具的结构,注塑模具设计的方法、步骤,标准模架类型以及模具的各种标准零部件及其他类型的塑料模具。

1.3 塑料模具分类

不同的塑料成型方法使得塑料成型模具的原理和结构不同。按照成型方法的不同,可将塑料成型模具分为以下几类。

1. 注塑模具

注塑模具又称注射模具,这种模具的基本构成和成型工艺特点在前面已经讲过。注塑模具主要用于热塑性塑料制品的成型,近年来也越来越多地用于热固性塑料制品的成型,注塑成型在塑料制品成型中占有很大比重,世界上塑料成型模具的产量半数以上是注塑模具。

2. 压塑模具

这种模具的成型工艺特点是将塑料直接加在敞开的模具型腔(加料室)内,然后合模,塑料在热和压力作用下呈熔融状态后,以一定压力充满型腔。压塑模具多用于热固性塑料,其成型塑件大多用于电器开关的外壳和日常生活用品。

3. 挤出模具

挤出模具又称挤出机头。挤出成型是用电加热的方法使塑料成为流动状态,然后在一定压力作用下使它通过机头口模获得连续的型材。它广泛应用于管材、棒材、板材、薄膜、电线电缆包层及其他异型材的成型。

4. 吹塑模具

将挤出或注塑出来的尚处于塑化状态的管状坯料,趁热放到模具型腔内,然后立即在其中心通以压缩空气,管状坯料膨胀而紧贴于模具型腔壁上,冷硬后即可得一中空制品。这种制品成型方法所用的模具叫吹塑模具。

除上面所列举的几种塑料模具外,还有压注模具、真空成型模具、泡沫塑料成型模具等。

思考题和习题

- 1.1 简述注塑成型过程的组成部分及各部分的作用。
- 1.2 注塑模具由哪些基本零部件组成?
- 1.3 为什么顶出机构一般要设置在动模?
- 1.4 为什么浇口套与凹凸模要单独制造?

第2章 塑料概论

2.1 塑料组成及分类

2.1.1 塑料组成

塑料是以高分子合成树脂为主要成分,且在加工过程中能流动成型材料。塑料大多含有添加剂,其组成成分及其作用如下。

1. 合成树脂

合成树脂决定塑料的类型(热塑性或热固性)和基本性能,如机械、物理、电、化学性能等,并且在成型时,将塑料的其他成分粘合在一起。

2. 填充剂

填充剂又称填料,在塑料中起到增量和改性作用,塑料加入填充剂后,不仅能使塑料的成本大大降低,而且还能使塑料的性能得到显著改善。如酚醛树脂中加入木粉后,既克服了它的脆性,又降低了成本。用玻璃纤维作为填充剂,能使塑料的机械性能大幅度地提高。有的填充剂可以使塑料具有树脂所没有的性能,如导电性、导磁性等。

填料按其形状分为粉状、纤维状和片状三类。粉状填料有木粉、滑石粉、石墨、金属粉等;纤维状填料有玻璃纤维、石棉纤维、碳纤维等;片状填料有玻璃布、石棉布等。

3. 增塑剂

增塑剂是为改善塑料的性能和提高柔软性而加入塑料中的一种高沸点的有机物质。树脂中加入增塑剂后,增塑剂加大了塑料分子间的距离,因而削弱了大分子间的作用力,树脂分子在较低的温度下容易滑移从而具有良好的可塑性和柔软性。

常用的增塑剂有邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯、癸二酸二丁酯、癸二酸二辛酯、磷酸三苯酯等。

4. 着色剂

着色剂又称色料,主要起美观和装饰作用。在塑料中加入色料,还能改善塑件的耐候性,尤其是提高抗紫外线能力。如用炭黑着色后就能在一定程度上有助于防止光老化。

着色剂包括无机颜料、有机颜料和染料三大部分。无机颜料(如钛白粉、铬黄、镉红、群青等)是不溶解的固体有色物质,与被着色物以机械拼合方式着色,具有良好的耐光性、耐热性与化学稳定性,但色泽不太理想。染料(如分散红)以溶解方式扩散在塑料中,其染色力强,色泽鲜艳,但耐光性、耐热性与化学稳定性较差。有机颜料的特性介于二者之间。要使塑料具有特殊的光学性能,可在塑料中加入珠光色料、荧光色料等。

5. 稳定剂

稳定剂是指能阻缓材料变质的物质。它分为光稳定剂、热稳定剂、抗氧剂等,常用的稳定剂有水杨酸苯酯、三盐基性硫酸铅、硬脂酸钡等。

6. 润滑剂

为改进塑料熔体的流动性,减少塑料对设备和模具的摩擦,以及改进塑件表面质量而加入的一类添加剂称为润滑剂。常用的润滑剂有石蜡、硬脂酸等。

2.1.2 塑料分类

塑料的品种繁多,按其加工性能不同可分为热塑性塑料和热固性塑料。

热塑性塑料是指合成树脂都是线型或支链型高聚物,在特定温度范围内能反复加热和冷却硬化的塑料。

热固性塑料的合成树脂加热前是线型结构,加热初期具有可熔性和可塑性,但加热到一定温度后,分子呈现网状结构并硬化定型,不再可熔和可塑。

常用的热塑性塑料和热固性塑料见表 2-1。

表 2-1 常用塑料名称及代号

类 别	汉 语 名 称	英文代号
热塑性塑料	聚乙烯	PE
	聚丙烯	PP
	聚苯乙烯	PS
	聚氯乙烯	PVC
	聚甲基丙烯酸甲酯(有机玻璃)	PMMA
	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物	ABS
	丙烯腈-苯乙烯共聚物	AS
	聚对苯二甲酸乙二(醇)酯	PET
	聚对苯二甲酸丁二(醇)酯	PBT
	聚酰胺(尼龙)	PA
	聚甲醛	POM
	聚碳酸酯	PC
	聚苯醚	PPO
	聚砜	PSU
热固性塑料	酚醛塑料	PF
	脲甲醛	UF
	三聚氰胺甲醛	MF
	环氧树脂	EP

2.2 塑料材料的使用性能

2.2.1 聚乙烯(PE)

聚乙烯树脂为白色半透明粒料,手触似蜡。按密度不同可分为低密度、高密度、线形低密度聚乙烯等类别。

低密度聚乙烯(LDPE)的密度为 0.910~0.925g/cm³,质轻,柔性、耐寒性、耐冲击性较好。广泛用于生产薄膜、管材等。

高密度聚乙烯(HDPE)的密度为 $0.941\sim 0.965\text{g/cm}^3$,机械强度、硬度等比低密度聚乙烯高。广泛用于生产各种瓶、罐、盆、桶、渔网、捆扎带及管材、异型材等产品。

线形低密度聚乙烯(LLDPE)是一种新型聚乙烯,密度为 $0.915\sim 0.935\text{g/cm}^3$,其性能与低密度聚乙烯近似而又兼具高密度聚乙烯的特点。

聚乙烯普遍具有优异的电绝缘性能,且介电性能与频率、温度及湿度无关,因此,常用作高频电绝缘材料,如通信、探测等设备中使用的高频电线电缆绝缘层。另外,聚乙烯能耐大多数无机酸、碱、盐的侵蚀,且使用温度不超过 100°C 。

2.2.2 聚丙烯(PP)

聚丙烯树脂为无色透明、有一定光泽的刚性粒料。PP 比水轻(密度为 $0.90\sim 0.91\text{g/cm}^3$),其电绝缘性能和耐化学腐蚀性能与聚乙烯相同,但其机械强度、硬度较高(接近 PS 和硬 PVC)。PP 的使用温度较高,在 120°C 下可长时间使用,具有优异的抗疲劳弯曲性能,常温下可经受 300 万次的弯折。

聚丙烯树脂的最大缺点是耐老化性能差,所以聚丙烯塑料通常需添加抗氧剂和紫外线吸收剂。另外,在低温下,PP 的耐冲击的性能也较差。

聚丙烯塑料广泛用于食品容器、厨房用品、医疗器具、瓶盖、框体、洗衣机面板、高档玩具、具有铰链结构的箱体等。它的薄膜产品主要用作包装袋、捆扎带、编织带和绳索等。

2.2.3 聚苯乙烯(PS)

通用型的聚苯乙烯树脂是无色透明的玻璃状粒料,其制品掉在地上或敲打时发出清脆的响声。PS 易燃,离开火源后会继续燃烧,有浓烟。

聚苯乙烯的密度为 $1.04\sim 1.09\text{g/cm}^3$,透明度达 $88\%\sim 92\%$,仅次于有机玻璃(PMMA),且具有优异的着色性能。制品的尺寸稳定性非常好,最高连续使用温度为 $60\sim 80^\circ\text{C}$ 。它还具有一般塑料的电绝缘性能和耐化学腐蚀性能。

聚苯乙烯的缺点是制品具有较大的脆性,易受冲击而开裂,制品表面受摩擦而易起刮痕。在聚苯乙烯树脂中加入橡胶成分可使其耐冲击性提高 $5\sim 10$ 倍,但会失去透明特性。

聚苯乙烯塑料广泛用于家用器皿、玩具、生活和文教用品、家电、轻工仪表的壳体、灯等。发泡型的聚苯乙烯塑料用于防震、隔音材料及电冰箱衬里等。

2.2.4 AS 树脂

AS 树脂是以聚苯乙烯为主要成分,与丙烯腈共聚而成的,透明而稍带黄色,通常使用的是呈现微蓝的透明色,透明度达 90% 。它是一种质硬而强度高的材料,在机械强度、耐热性、耐油性、耐化学腐蚀性能等方面优于通用型的聚苯乙烯树脂。

AS 塑料广泛用于家电、汽车零件、照明器材、文教用品等,它还经常与 ABS 树脂掺和使用。

2.2.5 聚氯乙烯(PVC)

聚氯乙烯树脂为白色粉末状,形同面粉,燃烧时发出刺激性气味,离火自动熄灭。由于其成型温度范围比较窄($170\sim 190^\circ\text{C}$),因此,一般需要加入增塑剂、稳定剂等材料,根据增塑

剂加入量的不同分为硬聚氯乙烯塑料和软聚氯乙烯塑料。

硬聚氯乙烯塑料是聚氯乙烯树脂加入少量增塑剂、稳定剂等材料后造粒而成。它具有高的机械强度和韧性,对水、酸、碱有极强的抵抗力和稳定性,电气绝缘性能好。主要缺点是热稳定性和耐冲击力差,最高使用温度不超过 80°C 。这类塑料主要用于制造板、片、管、棒、各种型材等挤出成型产品,以及弯头、三通阀、泵、电线槽板等注塑产品。

软聚氯乙烯塑料一般含有较多增塑剂,柔软而富有弹性,耐光性、耐寒性好,耐化学腐蚀性能优异,但机械强度、电气绝缘性能、耐磨性等不及硬聚氯乙烯,使用过程中容易出现增塑剂挥发、迁移、抽出等现象。这类塑料主要用于生产薄膜、人造革、电线电缆绝缘层、输液管及包扎带等产品。

2.2.6 聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)

聚甲基丙烯酸甲酯树脂为无色透明颗粒,也可制成粉末状。它具有高度的透明洁净性和优异的透光性能,可代替无机玻璃,故俗称有机玻璃。该材料抗冲击、耐震性好,并具有良好的电绝缘性、着色性、耐候性和二次加工性。但它能溶于有机溶剂,受无机酸的腐蚀。

有机玻璃广泛用于汽车、摩托车的安全玻璃、仪表罩以及工艺美术品、文教用品、假牙等。

2.2.7 ABS 树脂

ABS 树脂为微黄色或白色不透明颗粒料,无毒无味;是丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物。丙烯腈使聚合物耐油、耐热、耐化学腐蚀;丁二烯使聚合物具有卓越的柔性、韧性;苯乙烯赋予聚合物良好的刚性和加工流动性。因此,ABS 树脂具有突出的力学性能和良好的综合性能,ABS 塑料的表面可以电镀。但它的使用温度不高,不超过 80°C 。

ABS 塑料广泛用于制造汽车内饰件、电器外壳、手机、电话机壳、旋钮、仪表盘、容器等,也可生产板材、管材等产品。

2.2.8 聚酰胺(PA)

聚酰胺的国外商品名为尼龙,是淡黄色透明或半透明颗粒。尼龙是这一类塑料的总称,较常用的有尼龙 6、尼龙 66、尼龙 1010 等。尼龙具有优异的耐磨性和自润滑性能,它的耐磨性高于铜。它还具有很高的机械强度和韧性,耐弱碱和一般的有机溶剂,使用温度一般在 $-40\sim+100^{\circ}\text{C}$ 。不足之处是它的吸水性较大,影响尺寸的稳定性。尼龙树脂中还经常加入玻璃纤维填料提高抗冲击强度。

尼龙材料广泛用于仪表零件(线圈骨架、开关、接插件、垫圈、外壳)、机械零件(齿轮、轴承、凸轮、衬套)等。

2.2.9 聚甲醛(POM)

聚甲醛树脂为白色粉末,经造粒后为白色或淡黄色半透明有光泽的硬粒。它具有优异的机械性能,特别是弹性模量高,回弹性很好,冲击强度和耐疲劳强度十分突出。其耐磨性和自润滑性能优异,仅次于尼龙。POM 的电气绝缘性能、尺寸稳定性好,耐有机溶剂,但不耐强酸、碱和氧化剂。其热稳定性差,加热时易分解,易燃,紫外线作用易老化。

聚甲醛塑料广泛用于精密齿轮、轴承、凸轮、轴套等家电产品内部的传动部件及汽车零件、塑料拉链和薄壁制品等。

2.2.10 聚碳酸酯(PC)

聚碳酸酯树脂为无色透明颗粒料,无毒无味。该树脂具有卓越的冲击强度、耐蠕变性;有较高的耐热性、耐寒性($-100\sim+140^{\circ}\text{C}$);透明度较好,可见光的透过率达90%以上;其拉伸强度、弯曲强度、刚性及电气绝缘性能也很突出。PC的不足之处是疲劳强度低,塑件内应力大,容易开裂,塑件的耐磨性较差。

聚碳酸酯塑料广泛用于制造齿轮、轴承等机械零件,接线板、骨架等电子仪器仪表零件以及沙管等纺织器材。

2.2.11 聚苯醚(PPO)

聚苯醚树脂一般为白色或微黄色固体颗粒,具有较高的耐热性能和耐化学腐蚀性能;其高温蠕变性能在热塑性塑料中是最好的;在长时间负荷作用下,尺寸没有明显的变化;它的电绝缘性能也很好;长期使用温度为 $-127\sim+121^{\circ}\text{C}$ 。其不足之处是疲劳强度低,塑件内应力大,容易开裂。

聚苯醚塑料适合于制造耐高温、防火工程产品,广泛用于电子电器、机械、汽车工业部件。

2.2.12 聚砜(PSU)

聚砜树脂是白色细粉丝状晶体,造粒后为琥珀色的透明颗粒料,也有的是象牙色的不透明颗粒。它耐热性好,使用温度高,可在 150°C 下长期使用,并有较好的抗低温性,在 -100°C 下仍能保留75%的机械强度,它的耐蠕变性、电绝缘性、耐化学腐蚀性、尺寸稳定性、耐燃性均优。与ABS一样,聚砜塑件的表面也可电镀。其不足之处是耐疲劳强度差,塑件内应力大,容易开裂,不能用于受振动负荷的结构零件。

聚砜塑料主要用来制造对尺寸精度、热稳定性、刚性要求高的电子电信零件(如天线罩、齿轮、骨架等)和汽车部件,还可以代替金属和玻璃用于宇宙航天、人造卫星、飞机等各个方面。

2.2.13 聚对苯二甲酸类树脂

聚对苯二甲酸酯类树脂包括聚对苯二甲酸乙二(醇)酯(PET)和聚对苯二甲酸丁二(醇)酯(PBT)。

PET塑料具有良好的耐热性、电绝缘性和耐化学腐蚀性。以前多作为纤维使用(即涤纶纤维),后又用于薄膜,其薄膜的韧性在热塑性塑料薄膜中最好,并具有优良的耐候性、透光性,使用温度达 120°C 。目前广泛用于生产中空容器,被人们称为“聚酯瓶”;还可用来制造胶卷筒、胶带等。

PBT塑料具有与PET塑料相同的机械性能、化学性能、热性能。其长期使用温度达 150°C ,且尺寸稳定性好,摩擦系数低,可减少对金属或其他零件的磨损。主要用于耐热电器产品的壳体。

2.2.14 酚醛塑料(PF)

纯净的酚醛树脂(处于初级反应阶段)可以是黏稠黄色半透明液体,也可以是酷似松香的固体,它们几乎没有单独的使用价值,而以酚醛树脂为基础加入填料制成的各种酚醛塑料种类很多,应用也十分广泛。常用的主要有以下几种。

1. 酚醛压缩粉

俗称电木粉,在树脂中加入木粉得到的塑料。它成本低,电绝缘性能好,大量用于制造普通的电绝缘零件,如电器开关、仪表外壳、旋钮等。

2. 纤维状酚醛塑料

在树脂中加入纤维状填料得到的塑料,它主要提高塑料的冲击强度。如玻璃纤维填充的酚醛塑料强度大,有优良的耐热性和耐化学腐蚀性,用于制造骨架、开关、凸轮等;石棉纤维填充的酚醛塑料有卓越的耐热性、耐化学腐蚀性和耐磨性,用于制造摩擦垫片、制动块等。

3. 层状酚醛塑料

在片状填料上浸渍酚醛树脂溶液制得的塑料。它可以制造层压板、卷绕制品等,例如玻璃布层塑料可以用作地下输油管道的外保护层。

2.2.15 氨基塑料

氨基树脂的主要品种有脲甲醛树脂(UF)和三聚氰胺甲醛树脂(MF)。以氨基树脂为基础添加填充剂、固化剂、润滑剂、着色剂等可制成各种氨基塑料。

1. 脲甲醛塑料

俗称电玉粉,纯净的脲甲醛树脂无色透明,着色性能特别优异,制品形同玉石,表面硬度较高,耐电弧性较好,能耐弱酸弱碱,但耐水性差。其用来制造电子绝缘零件,如插座、开关、旋钮等,还可作为木材的粘结剂,制造胶合板。

2. 三聚氰胺甲醛塑料

它的压塑粉又称密胺塑料,无毒无味,塑件外观可与瓷器媲美,硬度、耐热性、耐水性均比脲甲醛塑料好,耐电弧性较好,耐酸、碱,但价格较贵。它目前是塑料餐具和桌面装饰层压塑料板的主要材料,也广泛用于制造电子绝缘零件。

2.2.16 环氧树脂(EP)

环氧树脂品种多,产量大,其中应用比较广泛的是双酚 A 型环氧树脂,它为黏稠液体或低熔点脆性固体。环氧树脂在硬化剂的作用下可交联形成网状结构而固化,不产生气泡,制品可低压成型。它的最突出的优点是粘结能力很强,耐酸、碱和有机溶剂,比酚醛树脂具有更高的机械强度,耐热性也高。主要制品包括电气开关装置、仪表盘、印刷电路板、耐压容器等,还广泛用于无线电元件的密封、绝缘、浇铸、防腐涂层和油漆涂料。

2.3 塑料成型工艺特性

塑料原料在加工成为产品的过程中会表现出一系列特性,这些特性与塑料的品种、成型方法和条件、模具结构等密切相关,掌握它们有利于合理地选择成型工艺条件和设计模具,

达到控制产品质量的目的。

2.3.1 收缩性

塑件从模具中取出冷却至室温后尺寸发生缩小变化的特性称为收缩性。收缩有如下几种形式。

1. 线尺寸收缩

它主要是由塑料的热胀冷缩引起的。塑料原料在模具中从熔化状态冷却至固体,要发生收缩;制品从模具中取出时,由于树脂的热膨胀系数要比制作模具的金属材料的热膨胀系数大也要发生收缩。收缩的程度主要取决于塑料的品种和模具的温度。

2. 收缩方向性

塑料成型时,其分子会沿一定的方向流动和排列,使塑件出现各向异性,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。其结果使塑件发生翘曲、变形、裂纹,在挤塑和注塑成型中,这种现象更为明显。收缩方向性与模具的结构密切相关。

3. 后收缩

在成型过程中,受到各种成型因素的影响,塑件内存在残余应力,塑件脱模后,残余应力发生变化,使塑件发生再收缩。一般塑件脱模后要经过 24 小时,其尺寸才基本稳定。

4. 后处理收缩

有时塑件按其性能和工艺要求,在成型后需进行热处理,热处理后塑件的尺寸也会发生收缩。

对高精度塑件,必须考虑后收缩、后处理收缩给塑件尺寸形状带来的误差。

衡量塑件收缩程度大小的参数称为收缩率。影响成型时收缩率波动的因素主要有以下几个方面:

(1) 塑料品种。热塑性塑料收缩率一般大于热固性塑料,结晶型塑料大于非结晶型塑料。

(2) 成型压力。对注塑成型而言,注塑压力对收缩率影响最明显,提高注塑压力可以使收缩率减小。

(3) 熔体温度。提高熔体温度,有利于向模腔内传递成型压力,将制品压实,减少收缩率;但熔体温度的提高会使熔体比容增大,热胀冷缩大,收缩率大。熔体温度对制品收缩率的影响是上述两种相反因素叠加的结果。

(4) 模具温度。一般来说,提高模具温度可以使制品收缩率增大。对结晶型塑料来说,模具温度升高可使制品有较长的冷却时间,使结晶度提高,收缩率增大更明显。

(5) 保压时间。延长保压时间,可以使制品收缩率减小。

(6) 模具浇口尺寸。浇口尺寸增大,有利于向模腔内传递成型压力,将制品压实,减少收缩率。

对于一个规定尺寸精度的制品,当塑料材料选定和模具设计完毕后,应在生产中对工艺参数进行正确调节和控制,减少收缩率的波动。

2.3.2 流动性

塑料在一定温度和压力下填充模具型腔的能力称为流动性。每一品种的塑料其流动性

通常分为3个或3个以上不同的等级,以供不同塑件及成型工艺选用。

按模具设计的要求可将常用的热塑性塑料的流动性分为3类。流动性好的有尼龙、聚乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯;流动性中等的有ABS、AS、有机玻璃、聚甲醛、PET、PBT;流动性差的有硬聚氯乙烯、聚碳酸酯、聚苯醚、聚砒。

影响流动性的因素主要有以下几个方面:

1. 塑料品种

塑料成型时的流动性好坏主要决定树脂的性能。但各种助剂对流动性也有影响,增塑剂、润滑剂能增加流动性,填料的形状、大小对流动性也会有有一定的影响。

2. 模具结构

模具浇注系统的结构、尺寸、冷却系统的布局以及模腔结构的复杂程度等直接影响塑料在模具中的流动性。

3. 成型工艺

对注塑成型而言,注塑压力对流动性影响较明显,提高注塑压力,可以增加流动性,尤其对PE、POM塑料更敏感。料温高,流动性也增加,聚苯乙烯、聚丙烯、硬聚氯乙烯、聚碳酸酯、聚苯醚、聚砒、AS、ABS、酚醛塑料等塑料的流动性随温度的变化较大。

2.3.3 结晶性

塑料的结晶是指塑料由熔融状态到冷却固化的过程中,分子发生有规则排列的现象。一般说来,结晶型塑料是不透明或半透明的,非结晶型塑料是透明的。但也有例外的情况,如ABS是非结晶型塑料但不透明。

结晶型塑料成型加工时应注意以下方面:

(1) 熔化时需要的热量多,设备的塑化能力要强。

(2) 冷却时放出的热量大,模具要加强冷却。

(3) 成型收缩大,容易出现方向性收缩,应注意选择浇口位置、数量和工艺条件。

2.3.4 吸湿性、热敏性

根据塑料与水分子亲疏程度的差别,塑料大致分为吸湿性和不吸湿性两种。吸湿性塑料有聚碳酸酯、聚苯醚、聚砒、有机玻璃、尼龙、ABS、酚醛塑料、氨基塑料等,不吸湿性塑料有聚乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、聚甲醛等。

塑料中的水分在高温下变成气泡存在于塑件中使塑件变形、表面质量差或机械强度下降,热固性塑料成型时还会严重阻碍化学反应的发生。因此,生产前塑料原料一定要干燥。

有些塑料对热比较敏感,在料温高和受热时间长的情况下就会产生变色、甚至分解,这种特性叫热敏性。如硬聚氯乙烯、聚甲醛等。热敏性塑料在成型时应严格控制料温和成型周期,也可在塑料中加入热稳定剂。

2.3.5 应力开裂

有些塑料在成型时易产生内应力,塑件在外力或溶剂作用下会发生开裂现象。为此,对塑料进行干燥,合理选择成型条件,正确设计塑件结构和模具结构,对塑件进行后处理等都有利于减少或消除内应力。常见塑料的成型工艺特性见表2-2。

表 2-2 塑料的成型工艺特性

塑料名称	成型工艺特性
聚乙烯	1. 流动性好,溢边值 0.02mm;收缩大,容易发生歪、翘、斜等变形 2. 需要冷却时间长,成型效率不太高 3. 模具温度对收缩率影响很大,缺乏稳定性 4. 塑件上有浅侧凹,也能强行脱模
聚丙烯	1. 流动性好,溢边值 0.03mm 2. 容易发生翘曲变形,塑件应避免尖角、缺口 3. 模具温度对收缩率影响大,冷却时间长 4. 尺寸稳定性好
聚苯乙烯	1. 流动性好,溢边值 0.03mm 2. 塑件易产生内应力,顶出力应均匀,塑件需要后处理 3. 宜用高料温、高模温、低注塑压力成型
聚氯乙烯	1. 热稳定性差,应严格控制塑料成型温度 2. 流动性差,模具流道的阻力应小 3. 塑料对模具具有腐蚀作用,模具型腔表面应进行处理(镀铬)
PMMA	1. 流动性中等偏差,宜用高注塑压力成型 2. 不要混入影响透明度的异物,防止树脂分解,要控制料温、模温 3. 模具流道的阻力应小,塑件尽可能有大的脱模斜度
ABS	1. 吸湿性强,原料要干燥 2. 流动性中等,宜用高料温、高模温、高注塑压力成型;溢边值 0.04mm 3. 尺寸稳定性好 4. 塑件尽可能有大的脱模斜度
AS	1. 流动性好,成型效率高 2. 成型部位容易产生裂纹,模具应选择适当的脱模方式,塑件应避免侧凹结构 3. 不易产生溢料
尼龙	1. 吸湿性强,原料要干燥 2. 流动性好,溢边值 0.02mm 3. 收缩大,要控制料温、模温,特别注意控制喷嘴温度 4. 在型腔和主流道上易出现黏模现象
聚甲醛	1. 热稳定性差,应严格控制塑料成型温度 2. 流动性中等,流动性对压力敏感,溢边值 0.04mm 3. 模具要加热,要控制模温
聚碳酸酯	1. 熔融温度高,需要高料温、高注塑压力成型 2. 塑件易产生内应力,原料要干燥,顶出力应均匀,塑件需要后处理 3. 流动性差,模具流道的阻力应小,模具要加热
聚苯醚	1. 流动性差,对温度敏感,冷却固化速度快,成型收缩小 2. 宜用高速、高注塑压力成型 3. 模具流道的阻力应小,模具要加热,要控制模温
聚砒	1. 流动性差,对温度敏感,凝固速度快,成型收缩小 2. 成型温度高,宜用高注塑压力成型 3. 模具流道的阻力应小,模具要加热,要控制模温
酚醛塑料	1. 适用于压塑成型,部分适用于传递成型,个别适用于注塑成型 2. 原料应预热、排气 3. 模温对流动性影响大,160℃时流动性迅速下降 4. 硬化速度慢,硬化时放出热量大

续表

塑料名称	成型工艺特性
氨基塑料	1. 适用于压塑成型、传递成型 2. 原料应预热、排气 3. 模温对流动性影响大,要严格控制温度 4. 硬化速度快,装料、合模和加压速度要快
环氧树脂	1. 适用于浇注成型、传递成型、封装电子元件 2. 流动性好,收缩小 3. 硬化速度快,装料、合模和加压速度要快 4. 原料应预热,一般不需排气

2.4 塑料成型原理

塑料模塑成型的方法很多,它主要包括注塑成型、压塑成型、挤出成型、吹塑成型等方法。下面介绍几种主要的模塑成型方法的原理。

2.4.1 注塑成型

注塑成型是目前塑料加工中最普遍采用的方法之一,注塑成型制品约占塑料制品总量的20%~30%。该方法适用于全部热塑性塑料和部分热固性塑料。其成型周期短,花色品种多,制品尺寸稳定,产品易更新换代,生产可自动化、高速化,具有极高的经济效益。

注塑成型所用的设备为注塑成型机和注塑模具。注塑模具依其制品的形状而定,没有统一的标准。注塑成型机按其结构分为柱塞式和螺杆式两类,按其外形特征分为立式、卧式、角式、转盘式等多种。目前使用量最大的是往复螺杆式注塑成型机。

一台通用的往复螺杆式注塑机主要包括注塑装置、合模装置、液压传动系统和电气控制系统,如图2-1所示。

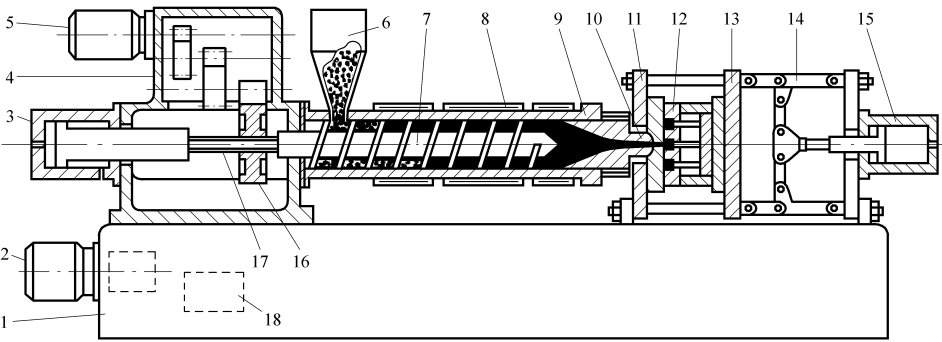


图 2-1 往复螺杆式注塑机结构示意图

- 1—机座; 2—电动机及油泵; 3—注塑油缸; 4—齿轮箱; 5—齿轮传动电动机; 6—料斗;
7—螺杆; 8—加热器; 9—料筒; 10—喷嘴; 11—定模板; 12—模具; 13—动模板;
14—锁模机构; 15—锁模油缸; 16—螺杆传动齿轮; 17—螺杆花键槽; 18—油箱

1. 注塑装置

主要由塑化部件(螺杆、料筒、喷嘴及其加热部件所组成)以及料斗、计量装置、传动装置、注塑油缸等组成。其主要作用是将塑料原料均匀塑化,并以合适的压力和速度将一定量的塑料熔体注射到模具型腔中。

2. 合模装置

主要由固定模板、移动模板、拉杆、合模油缸、连杆机构、调模装置、制品顶出装置等组成。其主要作用是实现模具的开、合模及制品顶出。

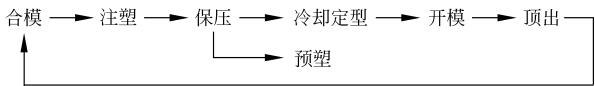
3. 液压传动和电气控制系统

液压系统由各种液压元件和回路等组成。电气控制系统由单片机、电器和仪表等组成。液压传动系统和电气控制系统有机地结合对注塑机提供动力和实施控制,保证注塑机按工艺要求(温度、压力、速度、时间等)和动作顺序准确有效地工作。

4. 注塑成型的工艺过程

先将塑料原料经过料斗加入注塑机料筒内,由于料筒外面有电热圈加热而使塑料熔融,在注塑机螺杆旋转推进的高压下熔融塑料受到剪切和挤压,进一步“塑化”成为具有良好的流动性与可塑性的塑料熔体,然后在螺杆的推动下塑料熔体经喷嘴进入模具型腔,充满模腔后,于模腔中冷却、固化、定型,最后,打开模具,取出塑件。

注塑成型的工艺流程为:



从该工艺流程可以看出,注塑成型是一个循环过程,完成注塑成型需要经过预塑、注塑、冷却定型 3 个阶段,如图 2-2 所示。

1. 预塑阶段

螺杆开始旋转,将后端从料斗来的塑料向螺杆前端输送,塑料在高温和剪切力的作用下塑化均匀并逐步聚集在料筒的前部,当熔融塑料越积越多时,压力越来越大,最后克服螺杆背压将螺杆逐步往后推,当料筒前部的塑料达到所需的注塑量时,螺杆停止转动和后退,预塑阶段结束。

2. 注塑阶段

螺杆在注塑油缸的压力作用下向前移动,将储存在料筒前部的塑料以多级速度和压力向前推压,经过流道和浇口注入已闭合的模具型腔中。

3. 冷却定型阶段

塑料在模具型腔中经过保压,防止塑料倒流直到模具浇口固化,最后冷却定型。

2.4.2 压塑成型

压塑成型是将粉状、颗粒状或纤维状物料放入成型温度下的模具型腔中,然后闭模加压,使其成型并固化的方法。它可用于热固性塑料和热塑性塑料成型,但主要用于热固性塑料。

压塑成型常用设备为液压机和压塑模。图 2-3 为典型的液压机结构,液压机由机身(包括上、下横梁及立柱等)、工作油缸、活动横梁、顶出机构、液压和电气控制系统等组成。工作油缸安装在上横梁上,活动横梁与工作油缸的活塞联结成整体,以立柱为导向上下运动,模具一般放置在下横梁表面,工作油缸内产生的力量通过模具向塑料施加成型所需的压力。

压塑成型工艺过程为:将预热、预压的塑料原料定量地加入已预热的凹模内,然后合模,置于压机上加压加热;塑料在型腔内受热受压,熔融塑化后向型腔各部位充填,多余部分从分型面溢出成为飞边;经一定时间的化学反应,塑料充分固化定型,卸压开模后取出制品。图 2-4 为压塑模具结构。

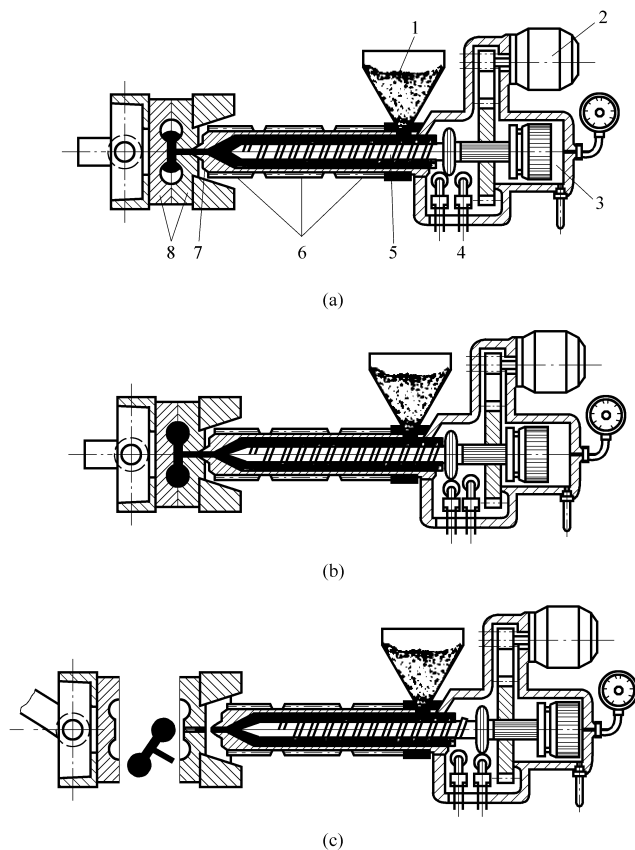


图 2-2 注塑成型工作循环

1—料斗；2—螺杆传动装置；3—注塑油缸；4—计量装置；5—螺杆；6—加热装置；7—喷嘴；8—模具

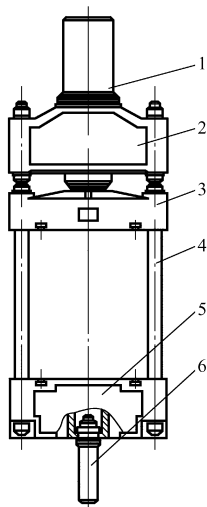


图 2-3 典型的液压机结构

1—工作油缸；2—上横梁；3—活动横梁；
4—立柱；5—下横梁；6—顶出缸

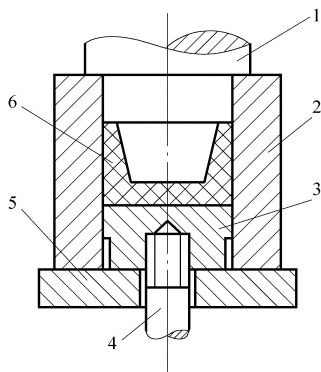


图 2-4 压塑模具示意图

1—上凸模；2—凹模；3—下凸模；
4—顶杆；5—下压板；6—制件

2.4.3 吹塑成型

吹塑成型包括两大类,一类是吹塑薄膜,另一类是吹塑中空制品。用作吹塑薄膜的塑料有 PVC,PE,PP,PS,PA 等多种热塑性塑料,用作吹塑中空制品的塑料有 PE,PP,PVC,PC,PET,PBT 等。

1. 吹塑薄膜的工艺过程

如图 2-5 所示,由挤出机塑化好的物料经环状口模成圆筒状被挤出,再在膜管中鼓入定量的压缩空气,使之横向吹胀,经过冷却的膜管被导入牵引辊叠成双折薄膜,以恒定的速度进入卷取装置而得到制品。

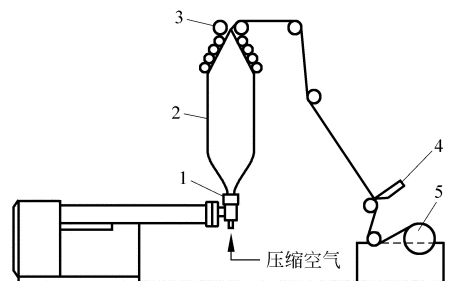


图 2-5 吹塑薄膜工艺过程

1—管坯挤出；2—吹气膨胀；3—冷却牵引；4—切断；5—辊圈

2. 中空制品的工艺过程

中空制品的工艺随方法不同而异,分为挤出吹塑和注射吹塑两种。

(1) 挤出吹塑是由挤出机挤出管状型坯,而后趁热将型坯放入打开的瓣合模内,夹紧并通入压缩空气进行吹胀以使其达到模腔形状,在保持一定时间、压力的情况下经冷却定型后,打开模具取出制品。如图 2-6 所示,图(a)为挤出管状型坯,放入打开的瓣合模内;图(b)为模具夹紧,并在下方通入压缩空气;图(c)为打开模具取出制品。

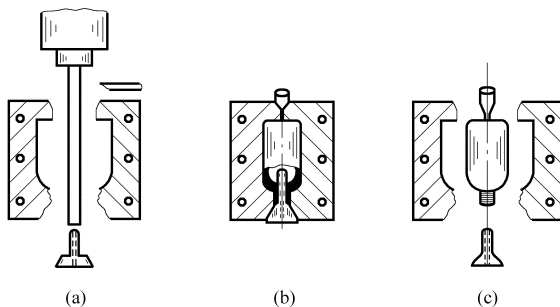


图 2-6 挤出吹塑工艺过程

(2) 注射吹塑是由注塑机将熔融物料注入注塑模内形成管坯,开模后管坯留在芯模上,而后趁热将型坯放入打开的瓣合模内并夹紧,从芯模原设通道引入压缩空气,使型坯吹胀,达到模腔形状,在保持一定时间、压力的情况下经冷却定型后,打开模具取出制品,如图 2-7 所示。